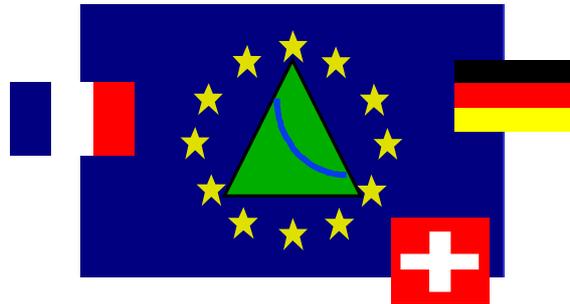


**ITADA**

**Institut Transfrontalier  
d'Application et de Développement Agronomique**

**Grenzüberschreitendes Institut  
zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft**



**DYNAMIQUE ET GESTION DE L'AZOTE DANS  
LES ROTATIONS CULTURALES D'EXPLOITA-  
TIONS BIOLOGIQUES**

**SANS OU PAUVRES EN ELEVAGE**

**RAPPORT FINAL DU PROJET A 1.5 (1996-1999)**

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

# ITADA

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

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

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

## Le projet A 1.5 :

**« Dynamique et gestion de l'azote dans les rotations culturales d'exploitations biologiques sans ou pauvres en élevage »**

a été réalisé par :

Dr Vetter, M. Miersch (IfuL) :	Chef de projet
J. Weissbart (OPABA) :	Partenaire
Dr Freyer, K. Rennenkampf (FiBL)	Partenaires
Organisme associé :	Beratungsdienst Öko. Landbau Emmendingen

---

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, Müllheim (IfuL)  
Organisation professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, Schiltigheim (OPABA)  
Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Frick (FiBL)

## Abréviations :

AGÖL	Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau
Ba-Wü	Baden-Württemberg
CH	Schweiz (Suisse)
C.I.	Culture Intermédiaire
D	Deutschland (Allemagne)
DOK-Versuch	Fruchtfolge-Versuch des Forschungsinstituts für biologischen Landbau in CH-Frick (Vergleich <u>d</u> ynamisch, <u>o</u> rganisch, <u>k</u> onventionell)
DWD	Deutscher Wetterdienst
F	Frankreich
FF	Fruchtfolge
FM	Frischmasse (Matière fraîche)
GV	Großvieheinheit (Unité gros Bétail)
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LEL	Landesanstalt für Entwicklung Landwirtschaft und der ländlichen Räume Baden-Württemberg
LfL	Landesanstalt für Flurneuordnung Baden-Württemberg
K	Kalium (potasse)
KG	Kleegrass
MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich
MLR	Ministerium ländlicher Raum Baden-Württemberg
N	Stickstoff (azote)
N <sub>min</sub>	mineralischer Stickstoff = Nitrat und Ammonium (azote minéral nitrates et ammonium)
NWCH	Nordwestschweiz
ÖL	ökologischer Landbau
OPABA	Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace
ORE-D	Oberrhenebene Mitte-Süd; deutscher Teil (Plaine du Rhin Supérieur Centre Sud (partie allemande))
ORE-F	Oberrhenebene Mitte-Süd; französischer Teil (Plaine du Rhin Supérieur Centre Sud (partie française))
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmittel
SAU	surface agricole utilisée
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung des Landes Baden-Württemberg
STH	surface toujours en herbe
TM (TS)	Trockenmasse (Trockensubstanz) Matière sèche
UGB	unité de gros bétail
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Winterweizen
ZF	Zwischenfrucht (culture intermédiaire)

## Sommaire

<b>1 Structure du projet.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Position du problème et objectifs .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Materiel et Méthodes .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Exploitation des données disponibles sur la région d'étude .....</b>	<b>7</b>
3.1.1 Bade-Wurtemberg.....	7
3.1.2 Alsace.....	8
3.1.3 Suisse.....	8
<b>3.2 Enquêtes réalisées auprès d'exploitations bio pauvres en élevage .....</b>	<b>9</b>
3.2.1 données enquêtées en Bade et en Alsace .....	9
3.2.2 bilan en éléments nutritifs au niveau des exploitations .....	11
<b>3.3 Expérimentations complémentaires .....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Démonstration de la dynamique de l'azote d'une rotation culturale type en agriculture biologique sans élevage sur le site de Müllheim (D) .....	11
3.3.2 essais avec des cultures intermédiaires gélives à Müllheim (D).....	12
3.3.3 essais avec des engrais organiques et des cultures intermédiaires à Herbsheim (F) .....	13
3.3.4 essais avec des engrais organiques et des cultures intermédiaires à - Volgelsheim F .....	14
3.3.5 Calcul du lessivage de nitrates dans le sol .....	15
<b>3.4 exploitation systématique des références bibliographiques sur la dynamique de l'azote en agriculture biologique .....</b>	<b>20</b>
<b>4 Résultats et discussion.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 assolement et structures des exploitations biologiques du Rhin supérieur</b>	<b>25</b>
<b>4.2 bilan en azote des exploitations bio pauvres en élevage .....</b>	<b>28</b>
4.2.1 fixation N <sub>2</sub> par les Légumineuses .....	28
4.2.2 bilans en éléments nutritifs des exploitations bio du Rhin supérieur .....	32
<b>4.3 Lessivage en azote occasionné par l'eau drainante sous systèmes conduits biologiquement.....</b>	<b>35</b>
4.3.1 études analogues décrites dans les publications .....	35
4.3.2 Considérations générales au sujet du lessivage en nitrates pendant l'hiver dans le Rhin supérieur.....	37
4.3.3 Dynamique de l'azote et lessivage en fonction des cultures et des techniques culturales.....	41
4.3.3.1 le mélange trèfle-graminée et sa destruction.....	41
4.3.3.2 cultures protéagineuses .....	45

4.3.3.3 céréales et cultures intermédiaires.....	49
4.3.3.4 fertilisants organiques .....	54
4.3.3.5 cultures récoltées tardivement et cultures à problèmes .....	58
4.3.3.6 pertes d'azote à Müllheim : résumé .....	62
4.3.4 Un cadre d'estimation pour des valeurs moyennes $N_{\min}$ à l'entrée de l'hiver en agriculture biologique.....	64
<b>4.4 Rentabilité de l'agriculture biologique.....</b>	<b>66</b>
4.4.1 rendements et prix.....	66
4.4.2 soutien public de l'agriculture biologique .....	67
4.4.3 coûts en production biologique.....	68
<b>4.5 Protection de la nappe phréatique par l'intermédiaire de l'agriculture biologique ? .....</b>	<b>69</b>
4.5.1 Encouragement de l'agriculture biologique en périmètres de captage protégés : la situation en Allemagne .....	69
4.5.2 Scénario : le passage à l'agriculture biologique dans le périmètre de captage protégé de Weisweil .....	74
4.5.2.1 la réalité : assainissement de la qualité de l'eau potable de la commune de Weisweil par une agriculture conventionnelle respectueuse de l'environnement.....	74
4.5.2.2 le scénario : assainissement de la qualité de l'eau potable de la commune de Weisweil par une agriculture biologique ? .....	80
<b>5 Résumé .....</b>	<b>84</b>
<b>6 Bibliographie .....</b>	<b>86</b>
<b>7 Annexes .....</b>	<b>99</b>

# 1 Structure du projet

## Organismes participants :

### Conduite de projet

Dr. R. Vetter, M. Miersch (à partir du 17.02.97)  
Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IfUL)  
Auf der Breite 7  
D-79379 Müllheim  
Tel. 07631/3684-0

### Partenaires de projet :

J. Weissbart  
Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace (O.P.A.B.A.)  
F-Schiltigheim  
  
Dr. B. Freyer, K. Rennenkampff  
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) (*institut de recherche en agri-bio*)  
CH-Frick

### Associés :

J. Schlickenrieder  
Beratungsdienst ökologischer Landbau (*service de conseil en agriculture biologique*)  
D-Emmendingen-Hochburg

### Collaborateurs :

K. Hansmann, K. Heitz, T. Michaelis, H. Mielke (*champs d'essais à l' IfUL*)  
J. Heise, B. Mühlhoff (*stagiaires IfUL*)  
R. Prox (Werkvertragsnehmer am IfUL)  
C. Schaub (Chambre d'Agriculture Bas-Rhin, F-Schiltigheim)  
Nombreuses exploitations biologiques badoises et alsaciennes

### Coordination et traductions

Secrétariat ITADA, F-Colmar

### Rédacteurs du rapport de synthèse final

M. Miersch, Dr. R. Vetter

### Durée du projet :

01.09.1996 au 31.08.1999

### Objectifs généraux :

Extrait de la Déclaration Commune valant convention de création de l'institut transfrontalier d'application et de développement agronomique (ITADA) :

*„...Compte tenu de l'importance de la nappe phréatique dont bénéficie la région du Rhin supérieur, le Land du Bade Wurtemberg , tout comme ses partenaires français, recherchent la meilleure compatibilité entre agriculture et protection de l'environnement, en particulier en ce qui concerne la préservation de la qualité de la nappe phréatique. Considérant l'existence dans nos régions frontalières de conditions de production comparables et de demandes écologiques croissantes à l'encontre de la production agricole, il est souhaitable d'étudier, de développer, d'expérimenter et d'optimiser en commun des méthodes de production économiquement viables et respectueuses de l'environnement ...“*

## 2 Position du problème et objectifs du projet

### Position du problème

Par le renoncement à l'usage de fertilisants chimiques de synthèse et de produits de phytopharmacie ainsi que par le maintien d'élevage traditionnel (pas de hors sol), l'agriculture biologique peut être perçue à sa base comme un système de production respectueux de la qualité des eaux souterraines. De plus, dans la conjoncture actuelle des marchés, cela représente pour les exploitations adaptées, une possibilité d'assurer ses revenus.

L'agriculture biologique pourrait ainsi d'un côté, contribuer à une diminution de la problématique des nitrates dans les eaux souterraines en plaine du Rhin Supérieur et de l'autre côté, améliorer les revenus des agriculteurs.

Toutefois, même dans les exploitations en agriculture biologique, le risque de lessivage de nitrates vers la nappe phréatique n'est pas nul. Comme l'approvisionnement en azote des cultures intervient principalement de façon indirecte à partir de processus propres au sol et à la maîtrise limitée, des lessivages de nitrates peuvent se produire si l'utilisation du sol n'est pas adaptée aux conditions locales. Des études sur l'influence de facteurs individuels comme par exemple l'organisation de la rotation ou bien le travail du sol (façons culturales et dates d'intervention) sur la dynamique de l'azote ont déjà été effectuées. Il manque par contre une analyse simultanée de tous les facteurs d'influence du travail du sol et du milieu avec pour but d'estimer les pertes de nitrates en provenance des systèmes d'exploitation de l'agriculture biologique.

De plus, les études ont jusqu'à présent été essentiellement conduites chez des exploitations biologiques traditionnelles (mixtes) possédant de l'élevage. Hors, en raison de la supériorité relative des productions végétales, la plupart des agriculteurs de la région sont aujourd'hui à la tête d'exploitations sans (ou pauvre) en élevage, et ceci est également vrai pour celles en agriculture biologique. Peu de connaissances existent sur les systèmes de production et les flux en azote pour ces exploitations biologiques.

En agriculture biologique, les exploitations pauvres ou sans élevage se différencient généralement nettement des exploitations possédant des productions animales :

- une fertilisation directe à partir de déjections animales n'est pas envisageable ou bien de manière très limitée. C'est pourquoi, chez ces exploitations, on s'intéresse de plus en plus à l'utilisation d'engrais organique riches en azote commercialisés (par ex. le Guano, les farines de plumes ou de cornes), afin éviter les „faims d'azote“, par exemple, au printemps chez les céréales à paille.
- Parallèlement, l'azote globalement accumulé par les cultures de légumineuses (mélanges trèfle-graminées des jachères, cultures de protéagineux) doit être conservé dans le sol jusqu'à la croissance de la culture suivante. Dans ces exploitations sans élevage, l'azote des jachères à base de trèfle ne peut pas être, via l'alimentation des animaux, immobilisé temporairement dans les déjections animales. La fixation de l'azote par les cultures intermédiaires prend donc une importance particulière pour ces exploitations.

Dans le cas d'une exploitation des terres inadaptée, il existe donc un danger potentiel, dans ces exploitations sans ou avec peu d'élevage, de voir un décalage entre les époques de besoins des cultures et celles de libération d'azote par le sol. Cela peut aboutir à une alimentation des cultures carencée en azote et conduire à des pertes de rendement. De la même façon, on peut aussi observer un lessivage de nitrates vers la nappe, principalement pendant la période hivernale.

De telles pertes d'azote ont des incidences économiques considérables pour les exploitations, car cet azote inexploité ne peut qu'en faible mesure être "remplacé" par des apports de fertilisants achetés à l'extérieur. Un élargissement de la surface de mélanges trèfle ou luzerne-graminées conduit à des alourdissements importants des charges pour les exploitations sans élevage, car il n'y a en règle générale pas d'exploitation de la biomasse produite (jachère).

## **Objectifs :**

1. La gestion de l'azote des exploitations en agriculture biologique et pauvres en élevage doit être optimisée afin de renforcer la rentabilité de ces exploitations et d'éviter ou réduire les pertes de nitrates vers la nappe phréatique.
2. pour un périmètre protégé de captage des eaux (W.S.G.), on doit étudier un scénario de transformation à grande échelle de l'agriculture vers le "bio". Ce scénario doit être ensuite comparé à d'autres mesures visant la réduction des nitrates dans les eaux souterraines.

## **3 Matériel et Méthodes**

### **3.1 Exploitation des données existantes dans la région d'étude**

#### **3.1.1 Bade-Wurtemberg**

##### **Exploitation des données de MEKA**

Les exploitations du Bade-Wurtemberg doivent pour bénéficier des aides financières publiques à l'introduction ou pour le maintien de pratiques culturales biologiques souscrire un contrat dans le cadre de MEKA, programme agri-environnemental d'allègement des marchés et de compensation de l'entretien au paysage culturel. Les agriculteurs doivent alors produire des renseignements sur l'exploitation des terres chaque année et pour chaque lopin de parcelle. De plus, le parc en animaux d'élevage doit être donné par chaque exploitation. La description des conduites parcellaires pour les années 1994 à 1996 a été mise à disposition du projet itada grâce à l'aide des bureaux de l'office de l'aménagement du territoire rural du Land (LfL 1997 [546]).

Les données suivantes sont disponibles pour les exploitations biologiques du Bade-Wurtemberg, qui ont contracté un contrat MEKA :

- Année contractuelle
- Numéro de commune
- Numéro d'exploitation
- Classe de l'exploitation pour ce qui concerne le chargement en bétail : plus petite ou plus grande que 0,5 UGB/ha de S.A.U.
- Numéro de territoire
- Numéro de parcelle
- Numéro de lopin
- Taille de la parcelle [ha]
- Code d'exploitation

Les données ont été communiquées par le LfL sous le dBASE-Format puis exploitées à l'IfUL à l'aide de la base de données MS-Access. Grâce au numéro parcellaire, les données relatives à une même parcelle sur plusieurs années ont pu être mises en relation.

## Validité des données

Pour l'année 1996, les données recueillies via les contrats MEKA concernaient 35.109 ha de SAU, ce qui représentait 80 % des surfaces en agriculture biologique du land de Bade-Wurtemberg qui se montaient à un total de 43.963 ha en 1996 (source : Regierungspräsidium Karlsruhe 1997).

Apparemment, toutes les exploitations biologiques n'ont donc pas établi de contrat de soutien à l'introduction ou au maintien de pratiques biologiques. Il semble que pour les fermes entièrement en élevage sur pâturages, il existe des programmes de soutien encore plus intéressants que les mesures proposées par MEKA (déclaration personnelle de Mr Rupp, MLR). Cependant, comme les données MEKA ont été exploitées dans le cadre du projet, surtout pour ce qui concerne les productions végétales et que très peu d'exploitations spécialisées uniquement dans l'élevage se retrouvent dans la région d'étude, **les résultats présentés issus de l'exploitation des données MEKA peuvent être considérés comme représentatifs de nettement plus que 80 % des surfaces concernées.**

## Limitation de la région d'étude

Les exploitations de la région d'étude sont identifiées grâce à leur numéro de commune.

**La région d'étude pour le côté allemand „Rhin supérieur centre-sud“ a ainsi été définie à 104 communes (cf. l'aperçu en annexe), qui correspondaient en même temps aux critères suivants :**

1. Les communes se trouvent dans la zone INTERREG 'Rhin supérieur centre-sud', ce qui signifie dans un des Land – bzw Stadtkreise (*circonscriptions équivalentes à des sous-préfectures*) Ortenau, Emmendingen, Freiburg, Breisgau-Hochschwarzwald, Lörrach ou Waldshut.
2. Les communes se trouvent la région de comparaison 3 'paline du Rhin' du Land de Bade-Wutemberg (MLR, 1995 [554]).

### **3.1.2 Alsace**

Pour l'Alsace, il a été possible d'exploiter les données de l'OPABA qui réalise des enregistrements pour les exploitations biologiques de la région. Les exploitations alsaciennes ont été séparées par le partenaire de projet, M. Weissbart, en deux groupes : celles situées sur le territoire enquêté (plaine du Rhin) et celles situées en dehors (ce qui signifie en secteurs de collines sous vosgiennes ou bien dans les vosges).

### **3.1.3 Suisse**

Les données exploitées sur l'agriculture biologique suisse ont été fournies par le FiBL sur la base de ses services de contrôles d'exploitations.

## **3.2 Enquêtes réalisées auprès d'exploitations biologiques pauvres en élevage**

### **3.2.1 Enquêtes en Bade-Wurtemberg et en Alsace**

Afin de disposer d'informations précises sur la pratique de l'agriculture biologique dans le Rhin supérieur, il a été décidé de conduire une enquête spécifique au projet, sur les exploitations sans ou avec peu d'élevage. Pour ce faire, des questionnaires homogènes et communs ont été réalisés afin d'enquêter les caractéristiques de production dans la partie badoise et la partie alsacienne. Un modèle du questionnaire d'enquête se trouve en annexe.

Les données concernant le site, la rotation, le travail du sol, la fertilisation, les produits importés et exportés de l'exploitation et les rendements ont été enquêtées sur 10 exploitations badoises et six alsaciennes.

Les données collectées dans les deux pays ont été codées afin de faciliter une exploitation commune à l'aide de logiciels informatiques.

Le tableau 1 montre quelques données recueillies pour le questionnaire Nr 9 : „techniques culturales pour la production de blé d'hiver après jachère“ (cf. annexe).

**Tableau 1: ex. pour l'introduction de données en traitement informatique, ici : questionnaire Nr. 9 'techniques culturales pour la production de blé d'hiver après jachère'**

Betr.Nr.	Kultur	Code (Kultur)	Vorkultur	Code (Vork.)	Gültigkeit	Monat	Monats-hälfte	Gerät	Arbeiten (m)	Code (Gerät)	Mengen (dt/ha)	Anmerkungen
Exploitation N°	Culture	Code (Kultur)	Précédent	Code (Préc.)	validité	mois	Quinzaine	Outil	Largeur de travail (m)	Code (Outil)	Quantité (qx/ha)	Remarques
27	Blé hiver	115	jachère	511	1	10	2	3-labour en planches	1,05	1002		Jachère avec un mélange de légumineuses
27	Blé hiver	115	jachère	511	1	11	1	Herse rotative / semoir	2,5	3022	2,0	entreprise
27	Blé hiver	115	jachère	511	1	3	2	Herse étrille	6	4633		Hatzenbichler; 2 Überfahrten u. Kleegeige
27	Blé hiver	115	jachère	511	1	7	2	Battage entreprise		5096		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	8	1	Cultivateur	3	1423		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	9	1	Cultivateur	3	1423		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	10	1	Cultivateur	3	1423		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	10	1	4-labour en planches total	1,4	1023		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	10	2	Herse	4,8	1407		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	11	1	Préparation du lit de semences	4,8	1407		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	11	1	Semis	3	3003	2,3	Semoir
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	2	1	Épandage de poudre de rochel	10	2602	8	
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	3	1	Fertilisation avec biovegetal	10	2602	2,5	
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	3	2	Fertilisation potassique	10	2602	5	
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	3	2	Binage	3	4242		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	4	1	Herse étrille	3	4613		
28	Blé hiver	115	jachère	511	1	7	2	Battage entreprise	5,2	5097		

source: projet ITADA

### **3.2.2 Balance en éléments nutritifs au niveau de l'exploitation**

Avec l'outil appliqué 'hoffer 2' mis au point sur MS-Excel (Maier 1997 [545]), des bilans ont été réalisés au niveau de l'exploitation, également appelés bilans Import-Export- ou bilans Input-Output. Les données nécessaires furent relevées lors des enquêtes réalisées auprès des exploitations biologiques pauvres en élevage dans le cadre du projet.

Le programme „hoffer 2“ calcule à partir de données sur l'élevage les quantités de déjections animales qui correspondent à l'exploitation.

On considère le niveau des pertes globales (volatilisation, lessivage) à 30 % de l'azote contenu dans les déjections animales propres à l'exploitation. Cette quantité est déduite des exportations.

Cette démarche ne s'applique par contre pas aux engrais organiques achetés (importés).

Les importations d'éléments nutritifs par les semences ou les plants n'ont pas été prises en considération.

## **3.3 Expérimentations complémentaires**

### **3.3.1 Démonstration de la dynamique de l'azote dans une rotation culturale type dans des conditions d'exploitation biologique sans élevage à Müllheim**

Sur les surfaces de Müllheim conduites depuis 1977 en agriculture biologique, la rotation en place depuis 1994 est la suivante :

1. Mélange trèfle-graminées (jachère)
2. Blé d'hiver + culture intermédiaire gélive
3. Culture de printemps (orge de printemps, maïs grain, tournesol) et éventuellement culture intermédiaire gélive
4. Protéagineux (pois, soja)
5. Seigle d'hiver (ou blé d'hiver) + culture intermédiaire gélive
6. Culture de printemps (orge de printemps, tournesol)

Les données caractérisant le site expérimental et les techniques de production sont rapportées en annexe.

Avec la mise en œuvre du projet ITADA, des prélèvements pour un suivi de l'azote minéral du sol ont été initiés. Les échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une tarière installée sur un châssis auto-porté (Pürckhauer-Bohrstock). 8 échantillons ont été prélevés par parcelle puis mélangés et homogénéisés pour réaliser un prélèvement représentatif pour les horizons ( 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) qui était ensuite congelé à -18 °C. L'analyse de la teneur en nitrates a ensuite été faite sur échantillons séchés par le laboratoire du LUFA Augustenberg.

Afin de pouvoir évaluer le lessivage de nitrates se produisant dans le sol, la teneur en eau des échantillons a également été enregistrée à partir de décembre 1997.

Il a été par contre renoncé à la mesure de l'azote ammoniacal car selon Scheffer et Schachtschabel 1992 [555], la nitrification est plus rapide que la transformation ammoniacale, ce qui fait que sous les conditions des sols en aérobie de nos régions européennes on ne retrouve quasiment pas d'azote ammoniacal.

### 3.2.2 Essais avec des cultures intermédiaires gélives à Müllheim

#### Questions posées

Test des cultures gélives au niveau de :

1. Dynamique  $N_{\min}$  et lessivage de l'azote dans le sol
2. absorption d'azote par les cultures intermédiaires
3. rendement de la culture suivante

#### Parcelles expérimentales

1997/98 : Winkelmaten West, argilo-limoneux, 4,6 % Humus

1998/99 : Hacher Weg West, limon moyennement sableux, 1,9 % Humus

#### Dispositifs expérimentaux :

Dispositif blocs randomisé (plan d'essai en annexe) à quatre répétitions avec :

1. moutarde
2. féverole
3. phacélie
4. mélange engrais verts de printemps (SZF4)<sup>\*)</sup>
5. jachère spontanée
6. jachère nue

<sup>\*)</sup> = mélange composé de 22 % Trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum*), 14 % Pois fourrager (*Pisum arvense*), 14 % Gesse (*Lathyrus sativus*), 28 % Vesce commune de printemps (*Vicia sativa*), 2 % Phacélie, 20% Sarrasin (*Fagopyrum esculentum*)

**Tableau 2 : extrait de la rotation des essais cultures intermédiaires à Müllheim**

	<b>Winkelmaten West</b>	<b>Hacher Weg West</b>
1996	Trèfle-graminée (jachère)	
1997	Blé d'hiver et	Trèfle-graminée (jachère)
	<b><u>Essai cultures intermédiaires</u></b>	
1998	tournesol	Blé d'hiver et
		<b><u>Essai cultures intermédiaires</u></b>
1999		Orge de printemps

#### **techniques culturales Winkelmaten West**

05.08.97 récolte du blé (46 q/ha)  
07.08.97 chaulage, 3 t/ha chaux magnésique  
08.08.97 déchaumage  
13.08.97 déchaumage  
18.08.97 déchaumage  
19.08.97 semis des couverts : herse rotative, semoir expérimental, rouleau  
30.09.97 déchaumage uniquement pour la variante jachère nue

#### **Techniques culturales Hacher Weg West**

22.07.98 récolte blé (26 q/ha)  
23.07.98 mulch de paille et déchaumage  
17.08.98 préparation du semis avec Rototiller  
19.08.98 semis des couverts avec semoir expérimental  
16.10.98 déchaumage uniquement pour la variante jachère nue

#### **Méthodes expérimentales**

- **Teneur du sol en eau et en nitrates** : prise d'échantillons avec l'outil (Pürckhauer Bohrstock) mécanique; 3 prises par parcelle et par horizon. Tenenur en eau et nitrates déterminées par le LUFA Augustenberg.

- **Croissance des couverts** : sur chaque parcelle, la partie aérienne a été coupée sur 0,5 m<sup>2</sup> le 03.11.97. La teneur en eau de la biomasse récoltée a été déterminée après étuvage à 105 °C.
- **Teneur en azote de la biomasse** : pour chaque parcelle, 4 sous échantillons de la biomasse aérienne ont été réunis pour faire un échantillon moyen envoyé au LUFA Augustenberg qui a mesuré la teneur en azote totale.
- Le lessivage en nitrates a été calculé pour le profil 0-90 cm selon la méthode Rohmann 1996 [322] (chapitre 3.3.5.)

### **3.2.3 Essais avec des fertilisants organiques et des cultures intermédiaires à Herbsheim F**

#### **Questions posées**

Quels effets ont l'apport de fumier composté et la mise en place de cultures intermédiaires sur la teneur en nitrates du sol et le rendement des cultures ?

#### **Variantes**

1. témoin : pas de fertilisants, pas de cultures intermédiaires
2. pas de fertilisation, culture intermédiaire
3. fertilisation avec fumier composté et culture intermédiaire

#### **Dispositif expérimental**

essai appliquée sur une exploitation en agriculture biologique sans élevage  
une bande de 9 x 50 m par variante

#### **Site**

Ferme Raymond Hurstel  
67230 Herbsheim  
lot parcellaire 'Strengen' (commune de Rossfeld), 1,38 ha  
parcelles 32, 33, 34  
type de sol : limon argilo-sableux

#### **Cultures**

1994 pois-avoine-feverole en mélange  
1995 orge d'hiver et culture intermédiaire (pois-avoine-feverole en mélange)  
1996 Maïs grain  
**1997 Blé d'hiver avec culture intermédiaire moutarde**  
**1998 Féverole**  
**1999 Triticale (+ pois)**

#### **Techniques culturales (celles de l'agriculteur)**

Cf. annexe

### Méthodes expérimentales

- **Nitrates du sol** : prises d'échantillons par l'automate „Pürckhauer Bohrstock. 10 prises par variante suivant une diagonale puis mélange pour réalisation d'un échantillon moyen congelé à -18 °C et analysé par la SADEF. Les nitrates et l'azote ammonium ont été dosés par la méthode KCL. Les résultats se rapportent à la fraction fine et sèche du sol.
- **Rendement grain du blé d'hiver** : quatre parcelles de 100 m<sup>2</sup> ont été récoltées et pesées dans chaque variante.
- **Rendement en paille du blé d'hiver** : des prélèvements manuels ont été faits sur 4 x 0,25 m<sup>2</sup> par Variante. La teneur en eau de la paille a été déterminée par étuvage à 105°C.
- **Croissance de la culture intermédiaire** : prélèvement pour chaque variante sur 3 x 0,25 m<sup>2</sup> des plantes avec leurs racines. La teneur en eau a été déterminée par étuvage à 105°C.
- **Teneur en azote du blé** : les échantillons de chacune des quatre coupes réalisées pour le rendement par variante ont été réunis pour faire un échantillon moyen qui a été analysé par la SADEF selon la méthode DUMAS.
- **Teneur en azote de la paille du blé** : les quatre sous échantillons sont réunis en un échantillon moyen qui a été analysé par la SADEF selon la méthode DUMAS.
- **Teneur en azote de la biomasse de la culture intermédiaire** : 3 sous échantillons par variante ont été réunis et analysés par la SADEF selon la méthode DUMAS.
- **Teneurs N-P-K du compost** : un échantillon moyen composé de 6 à 10 prises a été réalisé avant l'épandage du compost. L'échantillon a été conservé au frais jusqu'à l'analyse par la SADEF selon la méthode Kjeldahl. Les éléments P et K ont été mesurés à partir des cendres par HCL (ICP AEM).

### **3.3.4 Essais avec des fertilisants organiques et des cultures intermédiaires à Volgelsheim F**

#### Questions posées

Quels effets ont l'apport de fumier composté et la mise en place de cultures intermédiaires sur la teneur en nitrates du sol et le rendement des cultures ?

#### Variantes

1. Témoin : pas de fertilisants, pas de cultures intermédiaires
2. pas de fertilisation, culture intermédiaire
3. culture intermédiaire et fertilisation avec fumier composté
4. culture intermédiaire et fertilisation avec du fumier composté et des engrais organiques achetés

#### Dispositif expérimental

essai appliquée sur une exploitation en agriculture biologique sans élevage  
une bande de 9 x 50 m par variante

#### Site

Alfred et Dany Schmidt  
Pulvermühle

68600 Volgelsheim  
parcelle 'Muehlfeld', 2,34 ha  
type de sol : limon argilo-sableux, calcique (23,4 % CaCO<sub>3</sub>)

### **Cultures**

1995 blé hiver  
1996 épeautre avec culture intermédiaire (mélange pois-avoine-féverole)  
**1997 Poireau**  
1998 mélange orge-avoine-pois avec culture intermédiaire (mélange pois-avoine-féverole)  
1999 blé hiver

### **Techniques culturales (celles de l'agriculteur)**

voir annexe

### **Méthodes expérimentales**

voir chapitre 3.2.3

### **3.3.5 Calcul du lessivage en nitrates dans le sol**

Le lessivage en nitrates dans le sol a été calculé à Müllheim (voir ci dessous) suivant Rohmann 1996 [322]. Pour ce faire, un programme spécifique a été développé et implanté sur le microordinateur Sharp 1500 A.

La **capacité au champ** du sol a été mesurée en 1994. Le type de sol et la teneur en humus (matière organique) également (analyse par la LUFA Augustenberg).

Les **précipitations** ont été enregistrées directement sur place par la station de l'IfUL à Müllheim (Site = 'Aussiedlerhöfe'). De courtes défaillances de cette station ont été compensées par les données provenant du service de la protection des cultures (station à Müllheim, site sur l'exploitation „Busch”).

L'évaluation de l' **Evapotranspiration** a été calculée en 1997/98 à partir des données du service de la protection des cultures pour la Station de Müllheim, en 1998/99 à partir des données de service de la météorologie allemande.

**Les teneurs en nitrates et en eau du sol** ont été mesurées régulièrement à intervalles de trois semaines (voir chapitre 0 et 3.2.2).

### **Lessivage en nitrates dans le sol suivant Rohmann 1996 [322]**

Principe : le lessivage en nitrates intervenant sous les horizons du sol étudiés a été calculé pour chaque événement pluvieux. Les valeurs de départ pour les teneurs en eau et en nitrates sont issues de prélèvements du sol du champ d'expérimentation.

#### Démarche :

1. introduire les valeurs de départ
2. Comptabiliser toutes les séquences pluvieuses au champ jusqu'à la prochaine prise de termination  $N_{\min}$ .
- 3. Comparer les valeurs  $N_{\min}$  calculées avec celles mesurées.**
4. Si les valeurs calculées et mesurées convergent, alors le lessivage en nitrates en provenance du dernier horizon est plausible.
5. Si la teneur mesurée  $N_{\min}$  du profil s'est accentuée par rapport à la dernière mesure, il est accepté que l'azote minéral supplémentaire provient de la minéralisation. Dans ce cas, il convient de reconsidérer à la hausse les valeurs de départ pour la suite du calcul.

6. Si la teneur mesurée  $N_{\min}$  du profil s'est fortement réduite depuis le prélèvement précédent, plus qu'il n'était attendu suivant la perte de nitrates de l'eau drainante, il convient de tester pour le reste des nitrates d'autres possibilités d'explication. Il est possible que les nitrates aient disparus suite à une dénitrification (pour des sols saturés en eau) sous forme gazeuse et qu'ils soient immobilisés par des bactéries ou bien absorbés par des plantes.

Le modèle est décrit en détail dans les Tableau 3 et 4.

Tableau 3 : les variables du modèle Rohmann

Grandeurs fixes		Avant état a		Événement plu- vieux a → b	Après état b	
Horizon	Capacité au champ (FK)	Teneur en eau (W)	Teneur nitrates (N)	Pluie (P) et drainage (S)	Teneur en eau (W)	Teneur nitrates (N)
surface (0)				↓ P		
horizon 1	FK1 [mm]	Wa1 [mm]	Na1 [kg/ha]	↓ SW0, SN0 a → b	Wb1 [mm]	Nb1 [kg/ha]
horizon 2	FK2 [mm]	Wa2 [mm]	Na2 [kg/ha]	↓ SW1, SN1 a → b	Wb2 [mm]	Nb2 [kg/ha]
horizon 3	FK3 [mm]	Wa3 [mm]	Na3 [kg/ha]	↓ SW2, SN2 a → b	Wb3 [mm]	Nb3 [kg/ha]
		↓	↓	↓ SW3, SN3, cN, NN, WW		

SWi quantité d'eau drainante, qui quitte l'horizon i [mm]

SNi Charge en nitrate, qui quitte l'horizon i [kg/ha]

cN concentration en nitrate dans l'eau drainante issue de l'horizon 3 [mg/l]

NN Charge en nitrate issue de l'horizon 3, total = addition de tous les événements pluvieux

WW quantité d'eau drainante issue de l'horizon 3, total = addition de tous les événements pluvieux [mm]

Source : document réalisé pour le projet

Tableau 4: le déroulement du programme Rohmann- (toune pour chaque épisode pluvieux entre deux mesures de  $N_{min}$  au champ)

<b>Label</b>	<b>Déroulement</b>	<b>Explication et commentaire</b>
<b>Start</b>	NN = 0 WW = 0	Perte totale en nitrates du dernier horizon après toutes les périodes pluvieuses = 0 Perte totale en eau du dernier horizon après toutes les périodes de pluie = 0
<b>Pluie</b>	Retour pour tous les épisodes pluvieux SW0 = P - Evapotranspiration	Fraction de l'eau de pluie qui part en drainage dans le sol . „les pertes par transpiration peuvent être calculées par les méthodes disponibles (comme c'est le cas dans l'étude présentée) ou estimées forfaitairement à 10 % de s pluviométries en période sans végétation en sols de grandes cultures (Rohmann 1996 [322]).
<b>Drainage</b>	SN0 = 0 Incidence pour tous les horizons	postulat ici : pas de nitrates dans l'eau de pluie ici : calcul par ex. pour l'horizon1. On calcule de la même manière pour les horizons suivants
	Si $Wa1 + SW0 \leq FK1$ , alors il n'y a pas de drainage. Sinon on va plus loin	L'eau drainée coule dans l'horizon suivant que si l'horizon est saturé d'eau
	$Wb1 = FK1$	Horizon1 est saturé en eau
	$SW1 = Wa1 + SW0 - FK1$	Quantité d'eau drainante qui quitte l'horizon 1 (excédentaire)
	$c = (Na1 + SN0)/(Wa1+SW0)$	Zone de mélange : l'eau qui pénètre dans l'horizon se mélange à l'eau déjà présente. Il en résulte une eau mélangée dotée d'une nouvelle concentration en azote c [kg/mm].
	$Nb1 = c \times Wb1$	Nouvelle quantité d' N dans l'horizon 1
	$SN1 = c \times SW1$	quantité d' N dans l'eau drainante (charge en N), qui quitte l'horizon 1
<b>Décompte à continuer</b>	Retour au drainage et calcul analogue les horizons 2 et 3. Puis encore plus loin	

Suite page suivante

<b>Label</b>	<b>Déroulement</b>	<b>Explication et commentaire</b>
	$NN = NN + SN3$	Les pertes en N de l'horizon précédent sont totalisées (Ho 3)
	$WW = WW + SW3$	Les pertes en eau du dernier horizon (Ho 3) sont additionnées
<b>B → a</b>	Retour pour tous les horizons	L'état b devient l'état a avant le prochain épisode pluvieux
	$Wa1 = Wb1$	
	$Na1 = Nb1$	
	Retour à <b>b</b> → <b>a</b> et calcul analogue pour les horizons 2 et 3. Puis avancer plus loin	
	Retour à <b>pluie</b> et calcul analogue pour tous les événements pluvieux. Puis avancer plus loin si $WW = 0$ , aller à édition. Sinon aller plus loin	Si il n'y a pas d'eau drainante issue du dernier horizon, alors on ne peut pas calculer de concentration en N de l'eau drainante
	$cN = (NN \times 443) / WW$	Concentration en nitrates de l'eau drainante [mg/l]
<b>Edition</b>	Émission de Nb1 ... Nb3, cN, NN et WW	
<b>Ende</b>		

#### Sous - programme

<b>Pas de drainage</b>	$Wb1 = SW0 + Wa1$	Additionner l'eau drainante de l'horizon supérieur et la teneur en eau de l'horizon
	$Nb1 = SN0 + Na1$	Additionner la charge en N qui provient de l'horizon supérieur à la teneur en N de l'horizon
	$SW1 = 0$	Pas de drainage
	$SN1 = 0$	Pas de charge en N dans l'eau drainante
	Retour à <b>continuer le décompte</b>	

Source : document propre au projet

### 3.4 Exploitation systématique des références bibliographiques sur la dynamique de l'azote en agriculture biologique

La littérature disponible sur la question a été systématiquement exploitée afin de pouvoir décrire les valeurs  $N_{\min}$  rencontrées avant l'hiver en agriculture biologique. Seuls ont été retenus les auteurs qui ont réalisé des mesures dans les conditions de production de l'agriculture biologique. Les sources exploitées (avant tout les publications et les monographies) sont celles où en plus des valeurs  $N_{\min}$  d'entrée d'hiver, on disposait de données sur la nature du site, de la rotation culturale et des techniques de production.

Comme valeurs  $N_{\min}$  d'entrée hiver, il a été retenu en règle générale les mesures du mois de novembre, comme c'est le cas pour les échantillons de contrôles effectués dans le cadre de la SchALVo dans le Bade-Wurtemberg. Si plusieurs valeurs étaient disponibles sur novembre, on a alors retenu la valeur moyenne. Si aucune donnée n'était disponible en novembre, on alors retenu les mesures effectuées dans la dernière décade d'octobre, lorsque les sols comptaient parmi le grand groupe des sols „sableux“ (AG Boden 1994). Les mesures faites en décembre n'ont été acceptées que de manière exceptionnelle.

La moyenne des répétitions, pour un niveau d'un facteur donné, fut en règle générale retenue pour valeur  $N_{\min}$  d'entrée d'hiver. On a aussi retenu les sources où seules des valeurs moyennes  $N_{\min}$  issues de valeurs „compilées“ étaient disponibles (par ex. des moyennes sur plusieurs années ou lieux) sans toutefois leur attribuer plus de poids

Au total, c'est plus de 294 valeurs  $N_{\min}$  d'entrée hiver qui ont été retenus en provenance de 22 sources différentes.

Bachinger 1996 [312], Berg et al. 1997 [201], FAC 1995 [216], Faßbender et al. 1996 [45], Faßbender et al. 1993 [300], Fiegenbaum 1993 [299], Foerster und Meyercordt 1994 [228], Heß 1989 [242], Heß et al. 1994 [243], Justus und Köpke 1995 [157], König 1996 [137], Landwirtschaftskammern 1998 [535], Loges 1998 [541], Michel 1993 [301], Möller und Reents 1995 [12], Peters et al. 1990 [162], Piorr 1992 [266], Reents 1991 [53], Roth 1992 [303], Scheller 1993 [217], Schmidt 1997 [329], Schmidtke und Har-rach 1989 [257]

Le Tableau 5 décrit toutes les variables qui lors de l'exploitation des sources bibliographiques ont été prises en considération et la figure 1 le montre en suivant le déroulement du temps Les données ont été travaillées à l'aide du tableur MS-Excel.

L'exploitation finale, l'illustration des valeurs moyennes  $N_{\min}$  avant entrée de l'hiver et la discussion se fait essentiellement suivant les classes indiquées en caractères gras dans le tableau 5.

**Tableau 5: variables, qui ont été prises en considération lors de l'exploitation de la bibliographie sur les valeurs  $N_{\min}$  en agriculture biologique**

- Lorsqu'aucune mesure n'a été réalisée, on retrouve **0** (Null) (cela vaut par ex. pour les colonnes culture intermédiaire ou type de fertilisation).
- Lorsqu'aucune donnée n'était disponibles, on retrouve **k.A.**.

Nr.	Nom de la colonne	unité	explication	exemple
1	litnr	Zahl	Numéro bibliographique correspondant à la source dans le tableau Excel 'Literatur'. Bernd: débute avec le nombre 560	170
2	kultur	Text	Nom de la culture, après qui une mesure $N_{\min}$ a été faite	Seigle d'hiver
3	Kku	ordinal	<b>Classe de culture :</b> <b>1 trèfle ou luzerne en mélanges avec graminées</b> <b>2 protéagineux</b> <b>3 céréales</b> <b>4 culture sarciée, légumes</b> <b>5 pomme de terre</b>	3
4	Ertrag / rendement	[qx./ha]	Rendement de la culture exprimé suivant les teneurs en eau habituelles, pour les plantes fourragères en matière sèche.	55
5	Ertrklasse Classe de rendement	ordinal	Évaluation du rendement : 1 = supérieur à la moyenne pour le site 2 = moyen 3 = inférieur à la moyenne	1
6	Date de prélèvement	[kgN/ha]	Pour une profondeur 0-90 cm et un prélèvement de novembre. En cas de données portant sur d'autres niveaux, le spécifier (par ex. 'Nmin 0-60 cm)	13
7	Mois de mesure	[Monat]	Mois de mesure du $N_{\min}$ . En général 11 = Novembre	11
8	précédent	Text	Nom du précédent	Blé d'hiver
9	Kvor (culture précédente)	ordinal	<b>Classe de précédent :</b> <b>0 pas trèfle ou luzerne</b> <b>1 trèfle ou luzerne</b>	0
10	Dernière légumineuse culture principale	Text	Nom de la dernière Légumineuse en <u>culture principale avant la culture considérée</u>	Mélange Luzerne-graminées

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Spaltenname	unité	explication	exemple
11	Abstandlegu / écart der-nière legumineuse	[Jahre/an]	Écart de la dernière légumineuse en culture principale (1 = année d'avant (culture précédente))	2
12	Culture intermédiaire précédente	Texte	Nom de la C.I. <u>avant</u> la culture	0
13	Bodenart/type de sol	Texte	Type de sol de l'horizon Ap. Si aucune info. n'est disponible sur la nature du sol, type de sol ou autre donnée sur le sol	uL / limon (lehm)
14	<b>Kbo (c. sol)</b>	<b>ordinal</b>	<b>Classe de type de sol</b> <b>1 groupe principal des sables ('sols légers')</b> <b>2 autres classes que les sables ('sols lourds')</b>	<b>2</b>
15	Teneur en humus	[%]	Teneur en humus dans la partie superficielle du sol (teneur totale en carbone x 1,724)	1,84
16	<b>Khu (c. hu)</b>	<b>ordinal</b>	<b>Classe de teneur en humus :</b> <b>1 &lt; 2,5 % Humus</b> <b>2 ≥ 2,5 % Humus</b>	<b>1</b>
17	Météo automne	Text	Données sur la météo entre la récolte et le prélèvement N <sub>min</sub> -en lien avec la minéralisation N (ex. 'humide et chaud' ou 'très sec')	Pas de particularité
18	Travail superficiel	[Anzahl]	Nombre de passages de travail superficiel du sol	1
19	Date de travail superficiel	[Monat]	Période de travail superficiel du sol. Si le travail du sol est étalé sur plusieurs mois, indiquer la période (ex. 8-9)	8
20	Date de travail profond	[Monat]	Mois ou le travail su sol profond a été effectué	10
21	<b>Kumb /classe retour-nement du trèfle/luzerne</b>	<b>ordinal</b>	<b>Classe 'travail du sol de trèfle/luzerne-graminées</b> <b>1. avant Octobre</b> <b>2. Octobre à Décembre avant la mesure de Nmin</b> <b>3. après la mesure de Nmin ou pas de travail du sol</b> (s'il s'agit d'une autre culture que trèfle/luzerne, cette cellule reste vide)	<b>2</b>
22	Type de fertilisant	Text	Nom du fertilisant qui a été épandu dans la période post-récolte du précédent et avant le prélèvement Nmin	Purin 1:1,5 et fumier com-posté
23	Quantité de fertilisant	[qx/ha, m³/ha]	Quantité de fertilisant	20 et 300
24	Date d'épandage (période)	[Monat/Jahr]	00 = année précédente, 01 = année de l'échantillon	3/1 et 8/1
25	Quantité N	[kg/ha]	Quantité N apporté par le fertilisant	k.A.

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Nom de colonne	unité	explication	exemple
26	KDü	ordinal	Classe de fertilisation en fin d'été-automne (après la récolte de la culture jusqu'au prélèvement Nmin) : 0 ≤ 50 kg N/ha 1 > 50 kg N/ha (les données relatives au précédent ou à la période de végétation de la culture ne sont pas pris en compte ici)	0
27	Culture intermédiaire	Text	C.I. mise en place après la récolte de la culture. Si l'installation est faite en semis sous couvert, indiquer 'US' pour sous semis (ex. US trèfle blanc-graminées). Une culture de trèfle/Luzerne-graminées semée de Juillet à Septembre est aussi prise comme C.I.	Winterwicke
28	Mois de semis	[Monat]	Mois du semis de la C.I. Si semis sous couvert, mois de récolte de la culture principale	8
29	Réussite de la C.I.	ordinal	[0 = échec, 1 = succès]	k.A.
30	KZF (c. ci.)	ordinal	Classe de réussite de la C.I. 0 échec ou pas de succès 1 réussite de la C.I.	0
31	KZFArt (c. ci. Site)	ordinal	Classe du type de C.I. 1 légumineuse grosse graine pure 2 trèfle, trèfle-graminée ou mélange légumineuse grosse graine -autres espèces 3 autres espèces que légumineuses	2
32	remarques	Text	Par exemple, des remarques d'auteurs, pour les références de l'es-sai DOC, ont été notés le niveau de fertilisation et l'année	O1 85

Source : document propre au projet

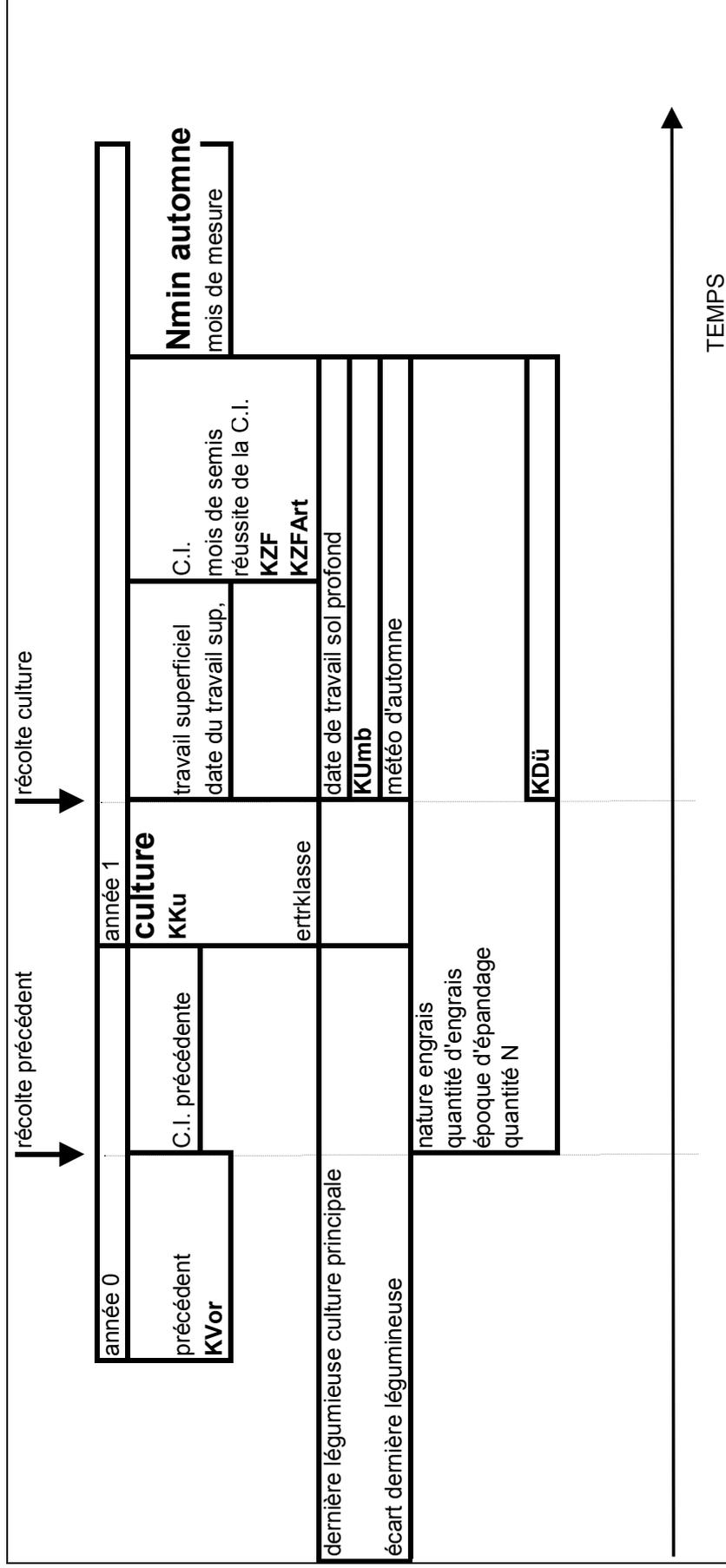


Figure 1 : les variables du Tableau 5 classées suivant le temps (déroulement chronologique)

Source : travail propre au projet

## 4 Résultats et discussion

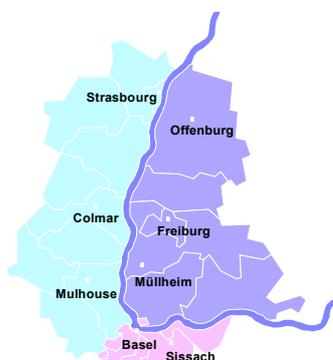
### 4.1 Assolement et structures des exploitations en agriculture biologique dans le Rhin supérieur

La partie sud du Rhin supérieur, ou bien „REGIO“ comme on surnomme cette région frontalière au nord-ouest de la Suisse, dans le sud de la Bade et au sud de l'Alsace, constitue une unité naturelle à l'intérieur de deux espaces économique et trois nations.

Cet espace naturel est limité par les montagnes moyennes que sont la Forêt noire, les Vosges et le Jura. L'élément central qui marque le paysage est la plaine du Rhin, avec ses sols hétérogènes mais le plus souvent fertiles et un climat assez doux marqué par sa tendance à la sécheresse estivale. Les régions sont principalement caractérisées, pour l'Alsace par des grandes cultures intensives parmi lesquelles le maïs domine, le pays de Bade par les grandes cultures et un fort développement des cultures spéciales et le N.O. de la Suisse par des pâturages essentiellement extensifs.

Malgré des conditions naturelles proches, l'agriculture biologique s'est développée dans chacun des trois pays de manière très différente. Ainsi, la part des surfaces exploitées en agri-bio en Suisse était en 1997 de 8,4 %, en Bade du sud de 3,2 % (1996) et en Alsace de 0,9 % (Tableau 6). Les exploitations biologiques du Rhin supérieur sont fortement plus grandes que les conventionnelles et sont dans leur majorité des exploitations à titre principal (Tableau 7).

**Tableau 6 : l'agriculture biologique dans le Rhin supérieur**



	Südbaden 1996	Alsace 1997	NO-CH 1997
Total S.A.U. [ha]	209.795	332.885	43.310
Dont . part en agriculture biologique [%]	3,2	0,9	8,4
Part d'exploitations en agri-biologique [%]	1,9	0,5	6,7

Sources : LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]

**Tableau 7: exploitations agricoles du Rhin supérieur, comparaison entre exploitations conventionnelles et biologiques**

Region, année	Type expl.	Nombre expl.	Part d'expl. à activité princ. [%]	Ø SAU [ha] (activité princ. et sec.)
Südbaden, 1995	toutes	21688	24	9,4
Südbaden, 1996	bio	335	ca. 70 <sup>1)</sup>	20,1
Alsace, 1997	toutes	16340	57	20,4
Alsace, 1997	bio	83	93	36,7
NWCH, 1997	bio	171	77	21,2

<sup>1)</sup> estimation faite à partir des données du service de conseil à l'Agri-Bio de Breisgau-Schwarzwald e.V.

Dans les exploitations de la REGIO, on ne trouve que peu d'élevage. Ceci est également vrai pour les exploitations de l'agriculture biologique (Tableau 8 et 9). En particulier dans la

plaine, en raison de la forte prépondérance des grandes cultures, le cheptel est en constant recul.

**Tableau 8 : cheptel des exploitations biologiques, 1997**

Region	Alsace sans plaine	Plaine du Rhin (Alsace)	NO-CH	CH
chargement [GV/ha]	0,60	0,42	0,90	0,97

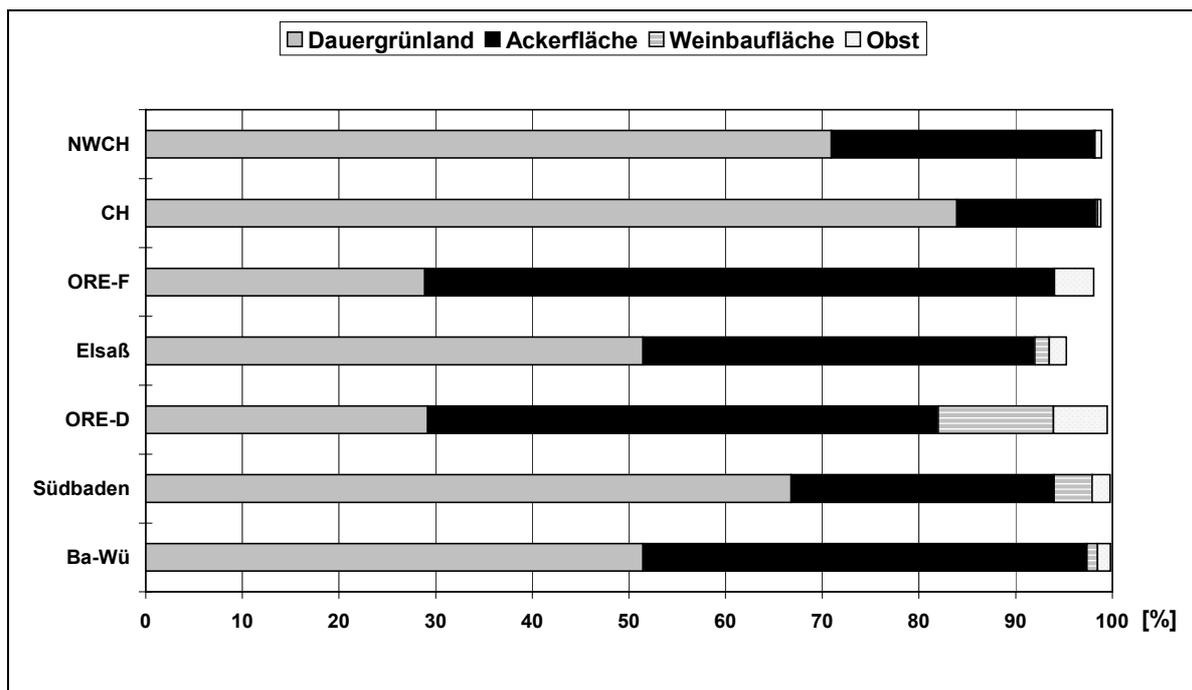
**Tableau 9 : surfaces exploitées par les exploitations biologiques pauvres et riches en élevage, 1996 B.W.**

	Toutes exploi- tations	exploitations ≤ 0,5 GV/ha	exploitations > 0,5 GV/ha
<b>Total Bade-Wurtemberg</b>	16.121 ha 100 %	4.951 ha <b>31 %</b>	11.170 ha <b>69 %</b>
<b>Plaine Rhin supérieur centre- Sud (partie allemande)</b>	1.178 ha 100 %	857 ha <b>73 %</b>	321 ha <b>27 %</b>

**Source** : calculs personnels sur la base des données issues des contrats MEKA (LfL 1997)

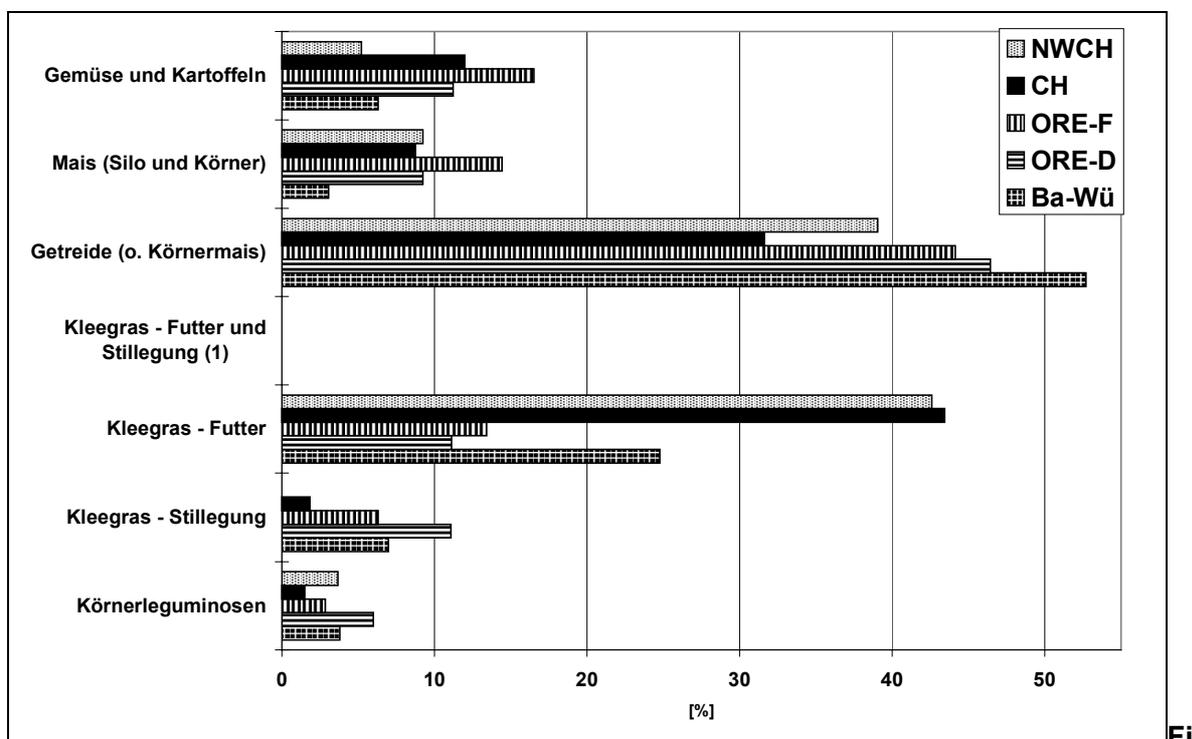
Au niveau de l'assolement des exploitations biologiques, des différences importantes existent entre les régions (figure 2). Dans le N-O de la Suisse et dans le Bade-Wurtemberg (pris dans sa globalité), la part des pâturages est nettement prédominante, alors que dans la plaine du Rhin, aussi bien du côté alsacien que du côté badois, elle devient inférieure à 30 %, laissant place à la dominante grandes cultures.

Si l'on compare l'assolement des exploitations biologiques de la plaine du Rhin (ORE-D und ORE-F) avec l'assolement de toutes les exploitations biologiques du Bade-Wurtemberg, on retrouve des différences notables. Dans la plaine du Rhin, il y a beaucoup moins de trèfle/luzerne et de céréales à paille. Le maïs et les légumes en Rhin supérieur ont une importance beaucoup plus forte qu'en moyenne pour le Land de Bade-Wurtemberg.



**Figure 2 : S.A.U. des exploitations biologiques 1997 (D 1996) par région**

Sources : calculs personnels sur la base des informations du LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]



**Figure 3 : assolement des exploitations biologiques 1997 (D 1996) par région**

Sources : calculs personnels sur la base des informations LfL 1997 [546], OPABA 1998 [547], Agrarstatistik Schweiz 1997 [548], Bundesamt für Statistik 1997 [549], Hartnagel et al. 1998 [550]

## 4.2 La gestion de l'azote en exploitations biologiques pauvres en élevage

### 4.2.1 Fixation de l'azote N<sub>2</sub> par les Légumineuses

Les tableaux 10 et 11 résument l'information rassemblée dans la bibliographie au sujet de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les légumineuses. Les légumineuses retenues sont les espèces cultivées dans les exploitations enquêtées dans le Rhin supérieur. Il est à remarquer que la fixation d'azote atmosphérique sous jachère de trèfle-graminées, très fréquente dans les exploitations biologiques sans élevage de la plaine du Rhin, est plus faible de 60 % que celle d'une prairie trèfle-graminées exploitée par coupe successives. Les raisons à cela sont :

- a) La masse végétale qui reste en place sous forme de mulch après la fauche de la jachère entrave la repousse de la végétation.
- b) Le mulch est en partie minéralisé et contribue à l'apport d'une partie des besoins du trèfle-graminées, lequel - un peu comme après une fumure minérale - ajuste sa fixation symbiotique N<sub>2</sub> (Loges 1998 [541])

Sous des jachères de trèfle régulées par coupe et mulch, laissé en place, il n'est donc pas à craindre, comme cela a été souvent supposé, une accumulation démesurée d'azote qui pourrait après retournement de la jachère se minéraliser de manière incontrôlée.

En exploitations sans élevage, qui exportent les protéagineux (par vente) en dehors de l'exploitation et ne les utilisent pas pour l'alimentation du bétail, il existe une différence entre l'azote fixé symbiotiquement et l'azote exporté, seulement faiblement positive et ou parfois des soldes négatifs pour la balance en azote des parcelles (Mayer et Heß 1997 [145]).

Pour l'appréciation de la fixation de l'azote par les légumineuses, il n'existe encore pas de procédé général valable. Beaucoup d'auteurs ont donc seulement évalué le rendement de la fixation symbiotique d'organes végétatifs isolés et le plus souvent superficiels. Une comparaison du rendement de la fixation en N<sub>2</sub> de légumineuse doit donc mentionner à côté de la méthode également les organes concernés. Au delà, le rendement de la fixation symbiotique est fortement influencé par le pH du sol et les disponibilités en potassium et en phosphore. Des fortes concentrations de nitrates dans le sol peuvent aussi diminuer les quantités d'azote fixé [Schmidtke 1997 [316]).

**Tableau 10 : Fixation N<sub>2</sub> annuelle par les légumineuses selon différents auteurs et valeurs utilisées en référence dans les essais du projet**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Culture	rendement (aérien)	TM/FM	Literatur, eigen	FIBL	Hofter 2	Valeurs appliquées		sources/remarques
	[dt/ha]		[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/ha]	
Jachère de trèfle violet	90	TM	2,0	-	-	2,0	180	Loges 1998 [541], Loges et Taube 1999 [474]
Jachère de trèfle violet, 5 an	-	-	-	-	-	-	72	Comme le trèfle-graminées, car pendant les 5 ans de jachère, des graminées s'installent
Trèfle violet exploité par coupes	90	TM	1,3/3,1*)	3,7	2,4	3,0	270	Schnotz sans données annuelles [39], Schmidtke 1997 [316], Loges 1998 [541]
Jachère de trèfle-graminées	90	TM	0,8	-	-	0,8	72	Loges 1998 [541]
Trèfle-graminées exploité par coupes	90	TM	1,5/2,3*)	2,1	1,35/1,70**)	2,0	180	Schnotz sans données annuelles [39], Schmidtke 1997 [316], Loges 1998 [541], Boller 1988 [107], Boller and Nösberger 1987 [68]
Jachère féverole/vesce	-	-	-	-	-	-	178	Idem féverole
Luzerne exploitée par coupes	90	TM	-	4,1	2,9	3,5	315	

Colonne 2: rendements issus de l'enquête conduite dans le Rhin supérieur (voir. chap. 4.1.1); sinon estimation sur la base de la bibliographie

Colonne 3: FM = matière fraîche TM = matière sèche (ou abréviation = MS)

Colonne 4: valeur moyenne trouvée dans la biblio du projet

Colonne 5: valeurs du FIBL 1998 [544], Annexe, aperçu 4

Colonne 6: valeur de l'exploitation 2 1997 [545]

Colonne 9: source de la bibliographie de projet

\*) N-estimée seulement pour la végétation aérienne / N-estimée pour la partie aérienne et **racines**  
 \*\*) variable, suivant les rapports entre espèces du mélange trèfle/Graminées : (50:50)/(70:30)

Tableau 11 : fixation N<sub>2</sub> annuelle de Légumineuses suivant différents auteurs et les valeurs utilisées pour les essais du projet

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Culture	rendement (aérien) [dt/ha]	TM/FM	Literatur, eigen	FIBL	Hofor 2	Valeurs appliquées		
			<b>fixation N<sub>2</sub> annuelle</b>					
			[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/dt TM]	[kg/ha]	sources/remarques
Féverole 14 % humidité	37	FM (Korn)	5,6	3,9	5,8	5,6	178	Panse et al. 1995 [286], Justus und Köpke 1995 [157], Rennie und Dubetz 1986 [261], Hauser 1987 [220], Schmidtke 1996 [28]
Pois 14 % humidité	37	FM (Korn)	4,2	3,3	5,1	4,2	134	Panse et al. 1995 [286], Rennie und Dubetz 1986 [261], Schmidtke 1996 [28]
Soja, 14 % humidité	22	FM (Korn)	-	4,4	-	4,4	83	Aperçu de bibliographie Weitbrecht 1998 [543]
Légumineuse p, 14 % humidité	30	FM (Korn)	-	-	-	4,2	108	kg N <sub>2</sub> fix/q TM comme pour le pois
Mélange céréales-protéagineux, 14 % humidité	42	FM (Korn)	nur N <sub>2</sub> fix/ha	-	-	-	65	Justus et Köpke 1995 [157] et Schmidtke 1998 [146]
Culture intermédiaire avec légumineuses 82 % humidité	150	FM	-	2,0	1,1 - 2,0 ***	1,5	41	
Prairie	-	-	-	1,0	****	-	30	

Colonne 2: rendements issus de l'enquête conduite dans le Rhin supérieur (voir. chap. 4.1.1); sinon estimation sur la base de la bibliographie

Colonne 3: FM = matière fraîche TM = matière sèche

Colonne 4: valeur moyenne trouvée dans la biblio du projet

Colonne 5: valeurs du FIBL 1998 [544]. Annexe, aperçu 4

Colonne 6: valeur de l'exploitation 2 1997 [545]

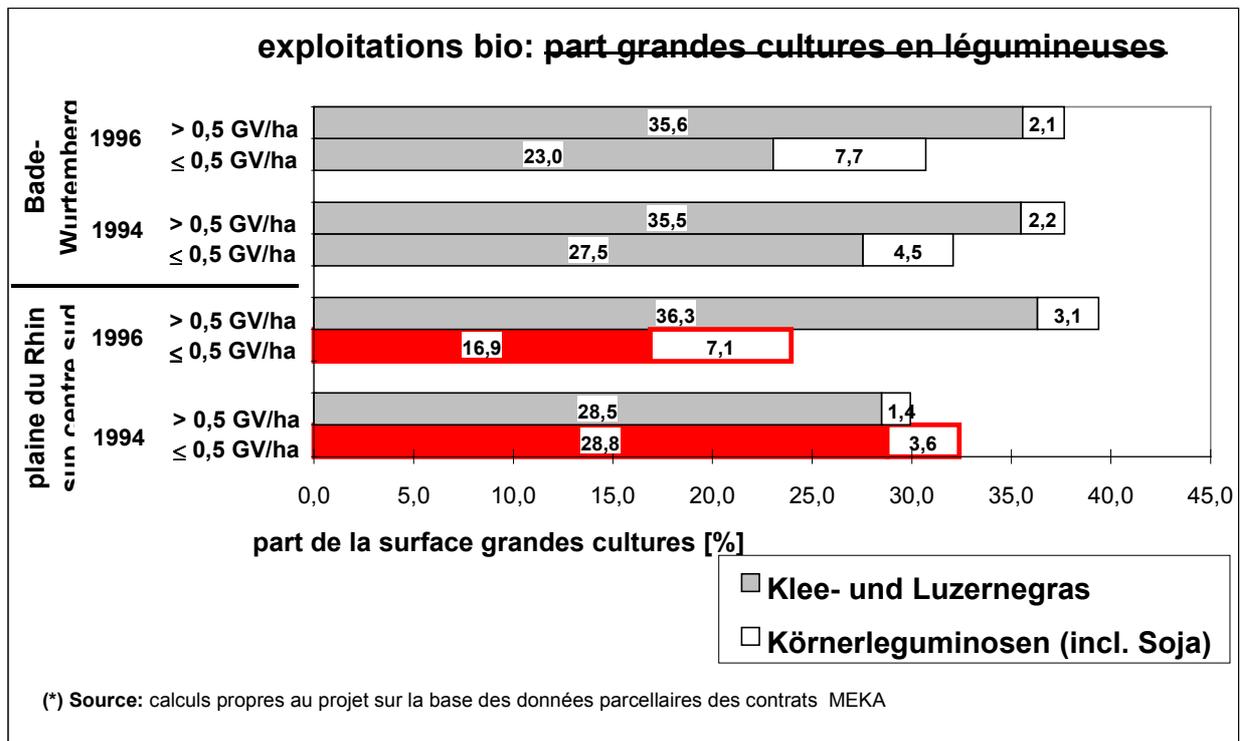
Colonne 9: source de la bibliographie de projet

\*\*\*) variable entre Trèfle d'Alexandrie, trèfle-graminées et quantités de légumineuses

\*\*\*\*) forfaitairement 30 kg N/ha

en ce qui concerne la mise en culture de légumineuses, il y a des évolutions dans le temps perceptibles. Si l'on compare la part des légumineuses dans la surface des grandes cultures d'un côté entre la partie allemande de la plaine du Rhin supérieur (ORE-D) et le Bade Wurtemberg dans sa globalité, et entre les années 1994 et 1996 d'un autre côté, et si l'on distingue de plus la mise en production entre les exploitations à faible chargement (< 0,5 UGB/ha) en animaux et celles à fort chargement (> 0,5 UGB/ha), on aboutit aux constats suivants (figure 4) :

- pour les exploitations à fort chargement en animaux du Bade-Wurtemberg, la proportion de légumineuses est voisine de 38 % lors des deux années ; il en est de même dans la plaine du Rhin (ORE-D) 1996.
- Les exploitations à faible chargement en animaux ont augmenté leur part de protéagineux entre 1994 et 1996 dans le Bade Wurtemberg comme dans la plaine du Rhin (ORE-D), la part du trèfle/luzerne a baissé dans le même temps.
- Les exploitations pauvres en élevage prépondérantes en plaine du Rhin (ORE-D) ont réduit leur part totale de légumineuses d'une façon importante entre 1994 et 1996. Cette régression est totalement à porter à la réduction de la surface en trèfle/luzerne-graminées car la part en protéagineux est passée de 3,6 % à 7,1 % sur la même période.



**Figure 4 : place des cultures de légumineuses en Bade-Wurtemberg et en Rhin supérieur**

#### 4.2.2 Bilans en éléments nutritifs des exploitations biologiques du Rhin supérieur

La Figure 5 indique les soldes des bilans en azote de 16 exploitations biologiques pauvres en élevage dans un cas en tenant compte de la fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses cultivées et dans l'autre sans en tenir compte. La fixation N<sub>2</sub> a été calculée à partir des valeurs mentionnées dans les tableaux 10 et 11.

Si l'on ne prend pas en compte la fixation symbiotique en N<sub>2</sub>, alors les exploitations 13 et 16 montrent un solde négatif du bilan en azote. Le solde nettement positif des exploitations 3 et 5 est atteint par l'achat important de fertilisants du commerce d'environ 1,6 DE/ha de SAU par an (Tableau 12).

**Tableau 12 : achat d'engrais organiques contenant de l'azote dans les exploitations biologiques enquêtées dans le Rhin supérieur en moyenne des années concernées**

1	2	3	4	5	6
Pays	Nr.	Achat-N [DE/ha SAU]	Cheptel [UGB/ha]	En bio depuis	Années en- quêtées
F	1	<b>0,64</b>	0,00	1994	95-97
F	2	<b>1,05</b>	0,02	1972	95-97
F	3	<b>1,59</b>	0,07	1988	95-97
F	4	<b>0,93</b>	0,09	1965	95-97
F	5	<b>1,60</b>	0,27	1995	95-97
F	6	<b>0,08</b>	0,31	1989	95
D	21	<b>0,00</b>	0,02	1988	94-96
D	22	<b>0,00</b>	0,00	1991	94-96
D	23	<b>0,00</b>	0,10	1992	94-96
D	24	<b>0,00</b>	0,09	1988	95-96
D	25	<b>0,00</b>	0,24		94-97
D	26	<b>0,00</b>	0,03	1995	94-96
D	27	<b>0,00</b>	0,00	1993	94-97
D	28	<b>0,26</b>	0,22	1980	94-97
D	29	<b>0,00</b>	0,16	1955	94-97
D	30	<b>0,12</b>	0,15	1991	94-97
<b>F</b>	<b>Moy</b>	<b>1,05</b>	0,15		
<b>D</b>	<b>Moy</b>	<b>0,04</b>	0,10		

Colonne 2 : Nr. exploitation; colonne 3 : 1 DE correspond à 80 kg N

En tenant compte de la fixation N<sub>2</sub> par les légumineuses, il s'ensuit pour la majorité des exploitations des soldes du bilan en azote compris entre -20 et +30 kg N/ha. Quatre exploitations se retrouvent toutefois largement au delà de ces valeurs et montrent des bilans qui peuvent être supérieurs à 80 kg N/ha.

Pour ce qui concerne les bilans en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (Figure 6), on peut remarquer que les exploitations D se démarquent, à l'exception de l'exploitation D-28, par des valeurs négatives, alors que les soldes des exploitations alsaciennes, F-1 à F-5, qui achètent des engrais organiques sont positifs.

Freyer et Pericin 1996 [138] ont communiqué pour les exploitations suisses, principalement avec élevage et présentant des soldes de bilans en azote de l'ordre de  $-20$  kg N/ha (sans tenir compte de la fixation symbiotique des légumineuses), des valeurs de  $-3,6$  kg/ha pour  $P_2O_5$  et de  $-2,8$  kg/ha pour  $K_2O$ .

Stein-Bachinger et Bachinger 1997 [18] ont trouvé pour trois exploitations pauvres en élevage des moyennes de soldes de bilans en éléments nutritifs proches :  $-15,8$  kg N/ha (sans tenir compte des légumineuses),  $-3,3$  kg  $P_2O_5$ /ha et  $-3,7$  kg  $K_2O$ /ha.

Horlacher und Gamer 1998 [556] ont par contre donné, pour les exploitations conventionnelles du Bade-Wurtemberg, un bilan moyen faisant état d'un solde en N de  $+49$  kg N/ha an.

La majorité des exploitations enquêtées dans la plaine du Rhin supérieur indique des soldes en bilans d'éléments nutritifs qui peuvent être considérés comme supportables par l'environnement. Selon le LUFA, 1998 [534], le domaine de tolérance pour le solde du bilan en azote est de  $-50$  à  $+50$  kg N/ha avec un Optimum à  $+20$  kg N/ha. Même avec une part de légumineuses supérieure à 30 % de l'assolement, (D-21 et D-24), on ne retrouve pas de solde en azote problématique. Le solde du bilan N de  $+66,0$  kgN/ha pour l'exploitation badoise D-22 est atteint par la présence d'une jachère quinquennale qui couvrait 53 % des terres arables et s'arrêtait peu de temps après la période d'étude. Les surplus en azote de l'exploitation alsacienne F-4 sont provoqués, en plus de l'achat d'engrais organique, par la forte part de légumineuses dans l'assolement.

Pour les exploitations du sud de la Bade, les soldes des bilans en  $K_2O$  et  $P_2O_5$  restent à l'intérieur du domaine de tolérance défini par le VDLUFA 1998 [534] (  $-15$  à  $+15$  kg  $P_2O_5$ /ha et  $-50$  à  $+50$  kg  $K_2O$  /ha). Les soldes positifs élevés de quelques exploitations alsaciennes ne peuvent être expliquées que par le recours à des grosses quantités d'engrais organiques du commerce. Tant qu'une carence marquée du sol en ces éléments n'est pas relevée, l'utilisation de telles quantités d'engrais est problématique. Il serait souhaitable pour ces exploitations de revoir leur pratique de fertilisation.

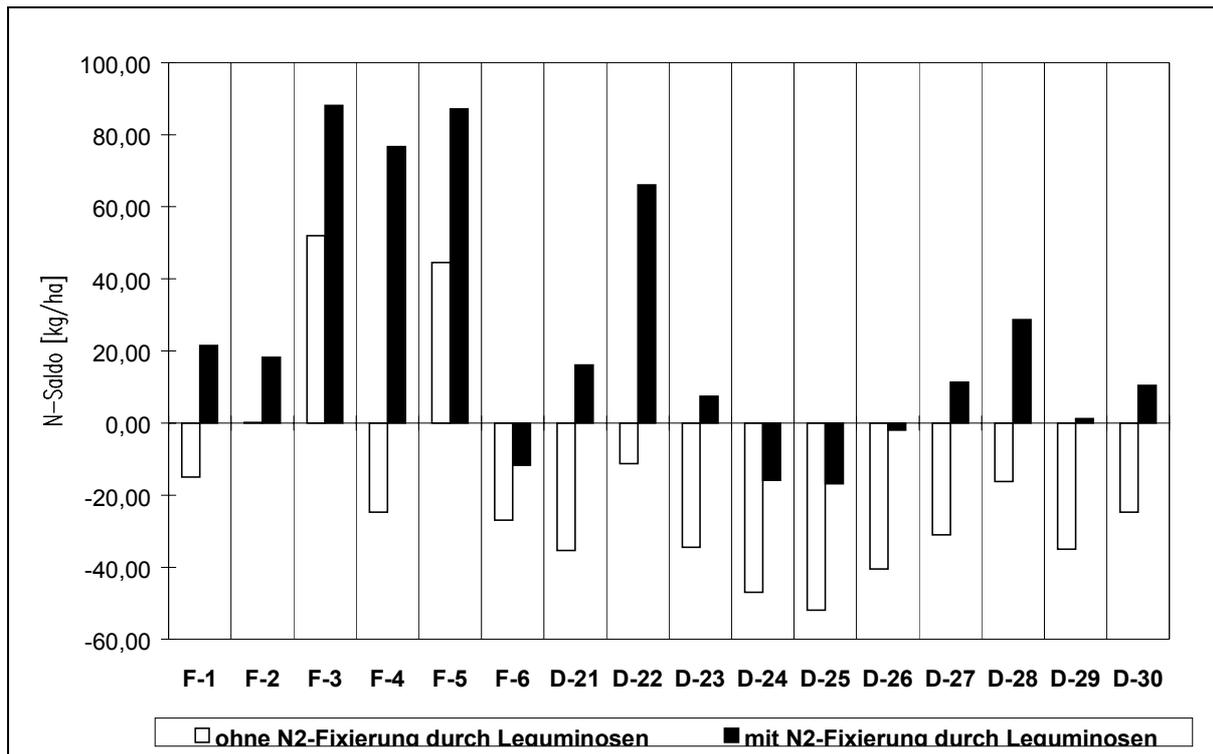


Figure 5 : Soldes des bilans N des exploitations biologiques du Rhin supérieur (avec ou sans prise en compte de la fixation N<sub>2</sub> des légumineuses)

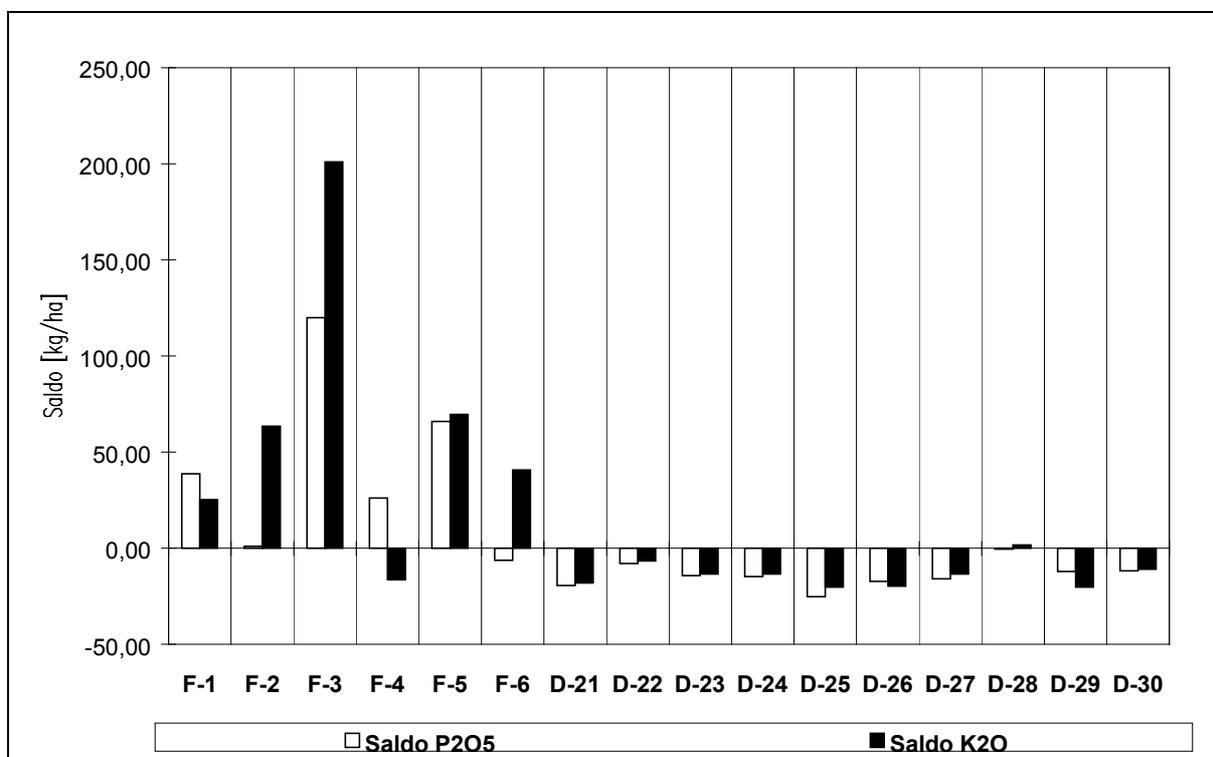


Figure 6: soldes des bilans en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des exploitations biologiques du Rhin supérieur enquêtées

## **4.3 Lessivage en azote occasionné par l'eau drainante sous des conditions d'exploitations biologiques**

### **4.3.1 Etudes comparables décrites dans la bibliographie**

Plusieurs auteurs ont cherché à comparer les pertes en azote sous des conditions d'exploitations conventionnelles et biologiques (tableau 13). Dans trois études, les pertes sous conditions biologiques ont été nettement plus faibles que sous conditions conventionnelles. Si l'on établit le niveau de pertes en nitrates sous un système conventionnel à 100 %, alors les pertes sous un système biologique tombent à 56 % (Feige et Röthlingsdörfer 1990 [60]), à 70 % (Matthey 1992 [205]) ou encore à 53 % (Paffrath 1993 [551]). Peters et al. 1990 [162] communiquent par contre des niveaux de pertes en nitrates sensiblement identiques pour les deux systèmes. Dans cette dernière étude, les surfaces proches de l'exploitation étaient cultivées en légumes et recevaient en moyenne pour les années d'étude 180 kg N/ha en fumier bovin.

Heß et al. 1994 [243] mentionnent deux autres études qui ont montré que l'agriculture biologique eu égard du danger de pollution de la nappe par les nitrates est à juger comme plus favorable que l'agriculture conventionnelle. En Bavière, sous des surfaces exploitées conventionnellement, on a pu mettre en évidence à l'aide de forage en profondeur à 10 m, des teneurs en nitrates de l'eau drainante en moyenne à 79 mg/l sous des surfaces exploitées avec élevage et de 42 mg/l pour les surfaces sans élevage.

Sous les surfaces exploitées en agriculture biologique, on a retrouvé seulement une moyenne de 27 mg Nitrat/l. C'est seulement sous paturages exploités conventionnellement que l'on a pu mesuré une concentration en nitrates encore plus faible (Brandhuber et Hege 1991). Des résultats analogues ont été communiqués en Hollande à l'issue d'une comparaison entre différents systèmes d'exploitations. dans les eaux drainantes, la teneur issue des surfaces exploitées en système biologique était en moyenne pour la rotation de 14 mg Nitrat/l alors que pour celle issue des surfaces exploitées en conventionnel, on retrouvait 45 mg Nitrat/l. Pour les surfaces exploitées selon la production intégrée, la teneur était intermédiaire avec une moyenne de 36 mg/l (Vereijken et Wijnands 1990).

**Tableau 13 : études comparables sur les pertes en nitrates sous conditions d'exploitation biologique / conventionnelle**

Sources	Durée d'étude	Champ d'investigation de l'étude, Site	Méthode	Pertes en moyenne des années d'étude [kg N/ha x Jahr]
Feige und Röhlingsdörfer 1990 [60]	1984 - 1989	comparaison bio.-dyn. - conventionnel, avec 4 ha de rotation type, sol brun à Pseudogley à poches de grès	analyse permanente (toute l'année) de l'eau drainée	bio.-dyn.: 28 convent.: 50
Peters et al. 1990 [162]	1986 - 1988	comparaison bio.-dyn. - conventionnel, chacun une parcelle, Podsol à silex ou gravier	Pertes calculée à partir de $N_{min}$ + bilan en eau	bio.-dyn.: 54 <sup>(1)</sup> convent.: 58
Matthey 1992 [205]	1989 - 1991	Parcelles drainées en Schleswig-Holstein, dont 9 en exploitations biologiques et 88 en conventionnelles	Analyse de l'eau drainée entre déb. Octobre et fin Mars	bio., toutes surfaces : 21 (3 - 26) <sup>(2)</sup> conv., céréales et colza: 30 (10 - 101)
Paffrath 1993 [551]	1988 - 1992	Trois parcelles en fermes (bio.-dyn.) et exploitations comparables (prod. Intégrée) avec rotation type	Pertes calculée à partir de $N_{min}$ + bilan en eau	bio.-dyn.: 20 prod. intégrée: 38

<sup>(1)</sup> parcelle proche de la ferme, épandage de 180 kg N/ha x an en fumier bovin en moyenne de la durée d'étude, une année avec production de légumes

<sup>(2)</sup> plus petit domaine d'études : pour parcelles biologiques : 6 x parcelles cultivées, 3 x pâtûres, parcelles réparties sur 3 espaces naturels différents

Dans une étude sur les rotations de Haas et al. 1998 [552], le système d'exploitation biologique a conduit à une réduction du lessivage en nitrates à 45 % du lessivage potentiel occasionné en conduite conventionnelle (Tableau 14).

**Tableau 14 : quantité de nitrates restant à l'entrée de l'hiver dans le sol 0-1,50 m (exploitation conventionnelle = 100) selon Haas et al. 1998 [552], page 103, légèrement complété**

	biologique	intégrée	Conventionnelle
<b>Site 'Werthhof'</b>			
Betterave à sucre	63	82	100 (= 83 kg N/ha)
Blé d'hiver	18	92	100 (= 90 kg N/ha)
Trèfle-gram./féverole (bio) ou orge d'hiver (intégrée. et conv.)	49	60	100 (= 30 kg N/ha)
<b>Valeur moy. 'Werthhof'</b>	<b>41</b>	<b>83</b>	<b>100 (= 68 kg N/ha)</b>
<b>Site 'Rheinfähre'</b>			
Pomme de terre	65	90	100 (= 132 kg N/ha)
Seigle hiver	22	75	100 (= 72 kg N/ha)
Trèfle-gram./pois (bio) ou orge hiver (intégrée. et conv.)	42	100	100 (= 36 kg N/ha)
<b>Valeur moy. 'Rheinfähre'</b>	<b>49</b>	<b>87</b>	<b>100 (= 80 kg N/ha)</b>
<b>Valeur moy.(Werthhof, Rheinfähre)</b>	<b>45</b>	<b>85</b>	<b>100 (= 74 kg N/ha)</b>

**Les expériences rapportées indiquent que l'agriculture biologique en règle générale conduit à des pertes en nitrates vers les eaux souterraines nettement réduites par rapport aux conduites traditionnelles ou même de production intégrée.**

#### **4.3.2 Considérations générales au sujet du lessivage de nitrates pendant la période hivernale dans le Rhin supérieur**

Comme le nitrate est soluble dans l'eau et est un anion qui n'est pas absorbé aux colloïdes du sol, il peut être facilement lessivé. Le lessivage des nitrates dans les sols est étroitement lié avec l'eau drainante. Les nitrates qui restent dans le sol après la période de végétation peuvent, pendant la période hivernale (d'octobre à mars), lors des mouvements descendants à l'eau dans le sol, être facilement lessivés au delà de la zone d'enracinement des cultures. L'importance du lessivage hivernal de nitrates dépend alors :

1. de la quantité de nitrates présente dans le sol à la fin de la période végétative
2. du renouvellement de l'eau souterraine,
3. de l'importance de la libération des nitrates par la réserve d'azote organique du sol pendant la période de drainage,
4. de l'importance des pertes sous forme gazeuse par dénitrification pendant la période de drainage,
5. et de l'absorption d'azote possible par les plantes pendant la période de drainage,

Le **renouvellement de l'eau souterraine** peut être apprécié par des pratiques empiriques. Dans une équation de Renger 1992 [18] développée pour les terres arables, on introduit pour le calcul : les pluviométries hivernales et estivales, la capacité au champ du sol sur la profondeur d'enracinement, la remontée par capillarité de l'eau souterraine (seulement si influence de la nappe phréatique sur le sol), et l'évapotranspiration potentielle (par ex selon Haude).

Pour les **estimations de possibles lessivages de nitrates en Rhin supérieur** suivantes, on a retenu le renouvellement de la nappe de Renger 1992 [18] pour les sites éloignés de la nappe. Ceci a été intégré au modèle de Rohmann 1996 [322] (chapitre 3.3.5), afin de calculer les pertes de nitrates pour des sols de différentes capacités au champ. Pour ce faire, il a été simplement admis d'un côté que la quantité de nitrates qui est présente dans le profil du sol à la fin de la végétation est totalement disponible pour le lessivage et que de l'autre côté il n'y a pas de nouveaux nitrates libérés par le stock d'azote organique du sol. Il est donc supposé que les autres voies de pertes de nitrates, comme l'absorption par les plantes ou la dénitrification sont compensées par les libérations en provenance de la minéralisation de l'azote organique du sol.

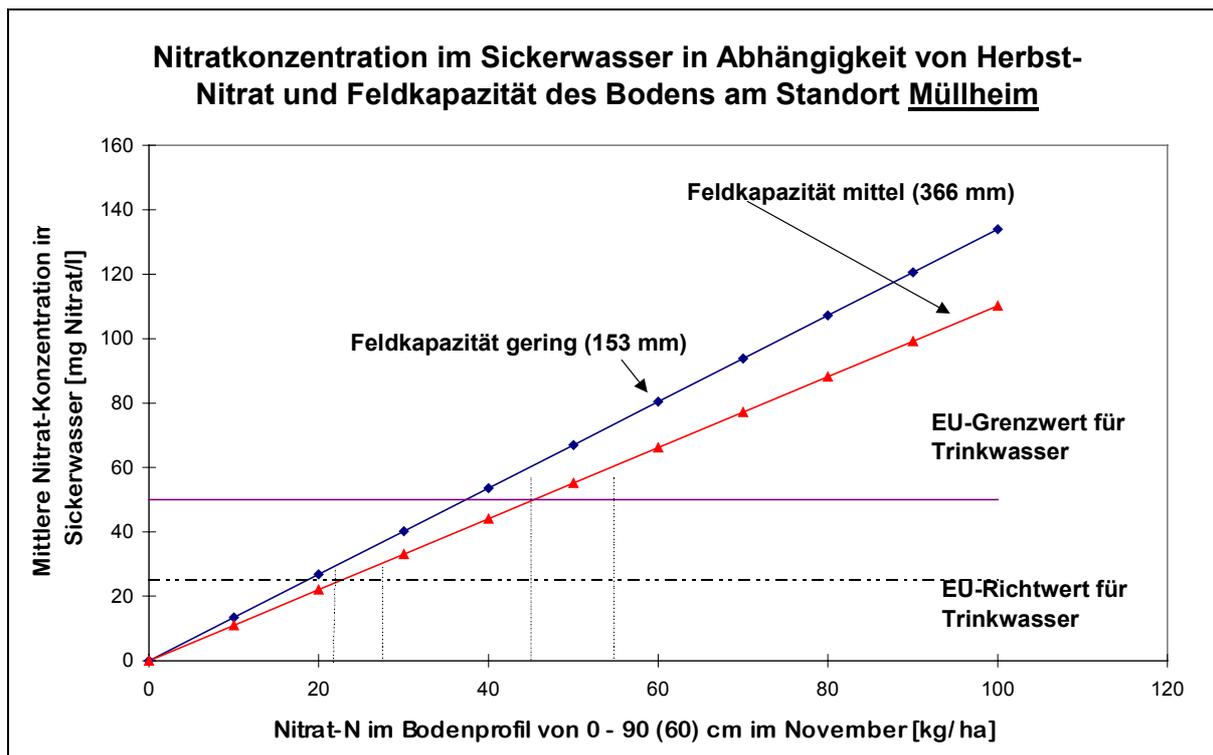
Un système d'exploitation doit être considéré comme respectueux de la nappe phréatique si la concentration en nitrates de l'eau drainée sous les sols reste en dessous de la limite européenne de 50 mg nitrates /l établie pour l'eau destinée à la consommation humaine. Un système de cultures qui serait considéré comme assainissant pour la nappe serait, en se référant à Rohmann et Rödelsperger 1994 [445], devrait produire une eau drainée ne dépassant pas la valeur <sup>1</sup> européenne objectif de 25 mg nitrates/l.

Afin de produire de manière respectueuse de l'environnement sur le site de Müllheim (735 mm de pluviométrie annuelle en moyenne), il convient pour des sols dotés d'une faible capacité au champ d'assurer à la fin de la période végétative une teneur en nitrates qui ne dépasse pas en moyenne 38 kg N/ha (figure 7). Pour des sols à la capacité au champ moyenne, la tolérance s'élève jusqu'à environ 46 kg N/ha. Un système de production considéré comme assainissant pour la nappe devrait se limiter en moyenne par an à respectivement 18 et 23 kg N/ha (Figure 7).

Sur le site de Rheinfelden en vallée du Rhin supérieur, la situation est encore différente en raison de la pluviométrie moyenne (1 118 mm/an) annuelle significativement plus forte (Figure 8).

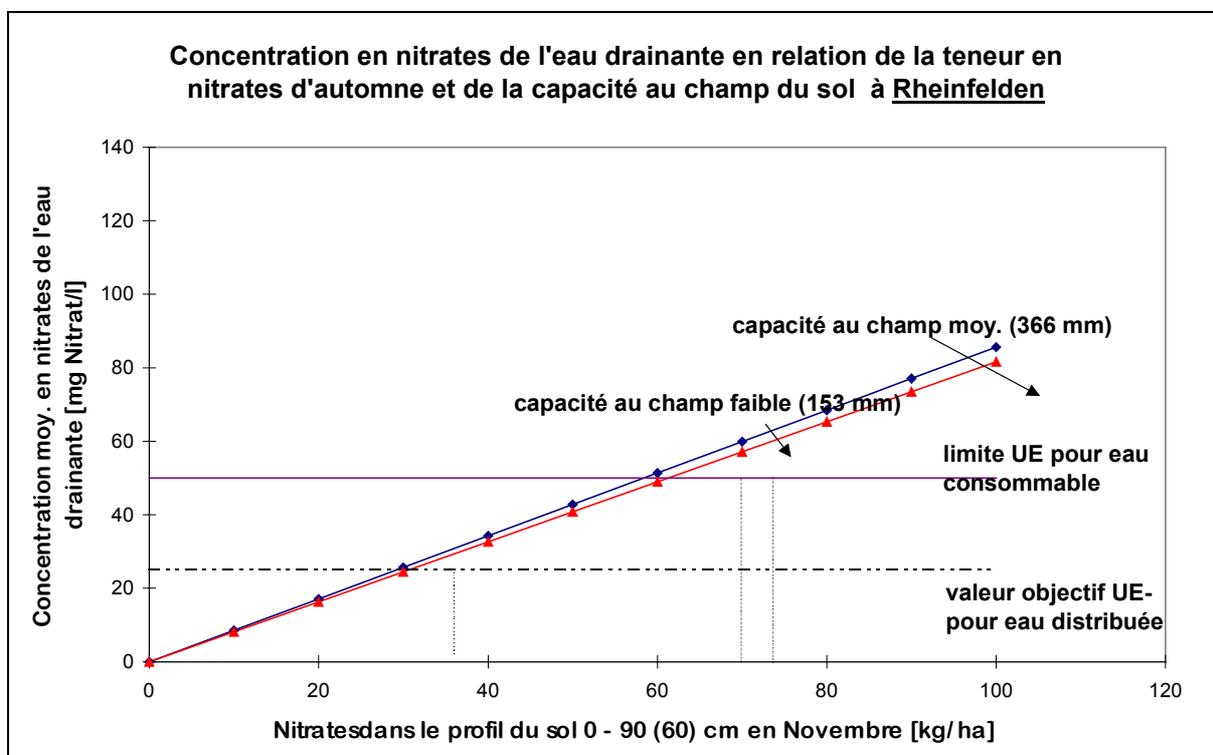
A cause d'une vitesse de renouvellement de la nappe plus forte, en comparaison de Müllheim, de la dilution des nitrates qui intervient alors dans l'eau de percolation, l'influence de la capacité au champ passe au second plan. Afin d'obtenir un système de production respectueux de la nappe, il convient à Rheinfelden en moyenne pluriannuelle d'assurer une concentration en nitrates du sol ne dépassant pas environ 60 kg N/ha à l'entrée de l'hiver, et pour un système de production assainissant pour la nappe, il faudrait descendre à une valeur maximale de 30 kg N/ha.

A côté de la **concentration en nitrates de l'eau qui percole**, critère qui intéresse essentiellement les gestionnaires de la qualité de l'eau, il est aussi intéressant pour l'agriculteur de connaître la **perte totale d'azote** due au lessivage. C'est notamment vrai pour les exploitations biologiques où la compensation des pertes d'azote par lessivage est liée à des coûts beaucoup plus élevés qu'en agriculture conventionnelle. Sur le site de Müllheim, suivant la capacité au champ du sol, 63 % (sol à capacité moyenne) à 91 % (sol à faible capacité) des nitrates d'entrée hiver sont perdus par lessivage (figure 9). A Rheinfelden, les pertes en nitrates d'automne par lessivage sont comprises entre 85 % (sol à moyenne capacité) et 98 % (sol à faible capacité).



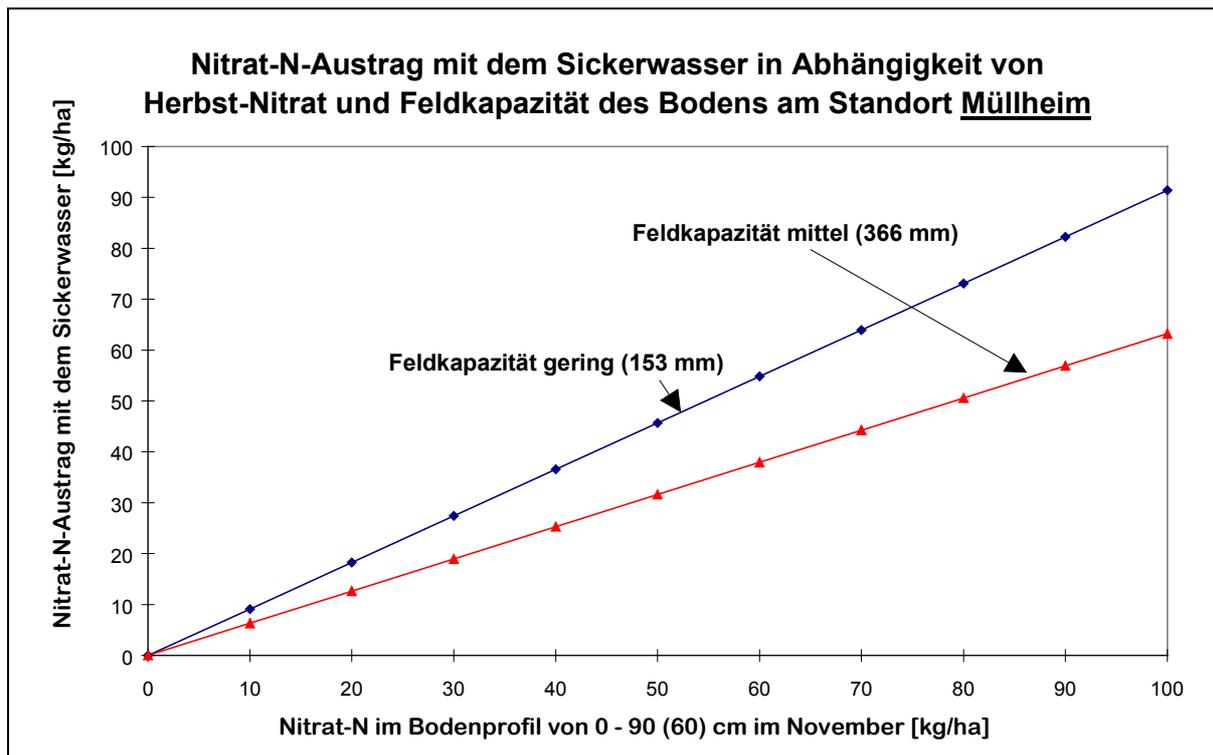
**Figure 7**

Bases de calcul : somme pluviométrie annuelle à Neuenburg sur 30 ans (1968 - 1997) = 735 mm (DWD). Renouvellement de la nappe calculé selon Renger 1992 [18] pour les sols arables; Postulat : 1. Sols éloignés de la nappe; 2. Évapotranspiration annuelle selon HAUDE = pluvio. Annuelle x 0,704. Concentration en nitrates de l'eau drainante calculée selon Rohmann 1996 [322] suivant l'hypothèse d'une répartition égale dans le profil du sol (Rohmann et Rödelsperger 1994 [445]).



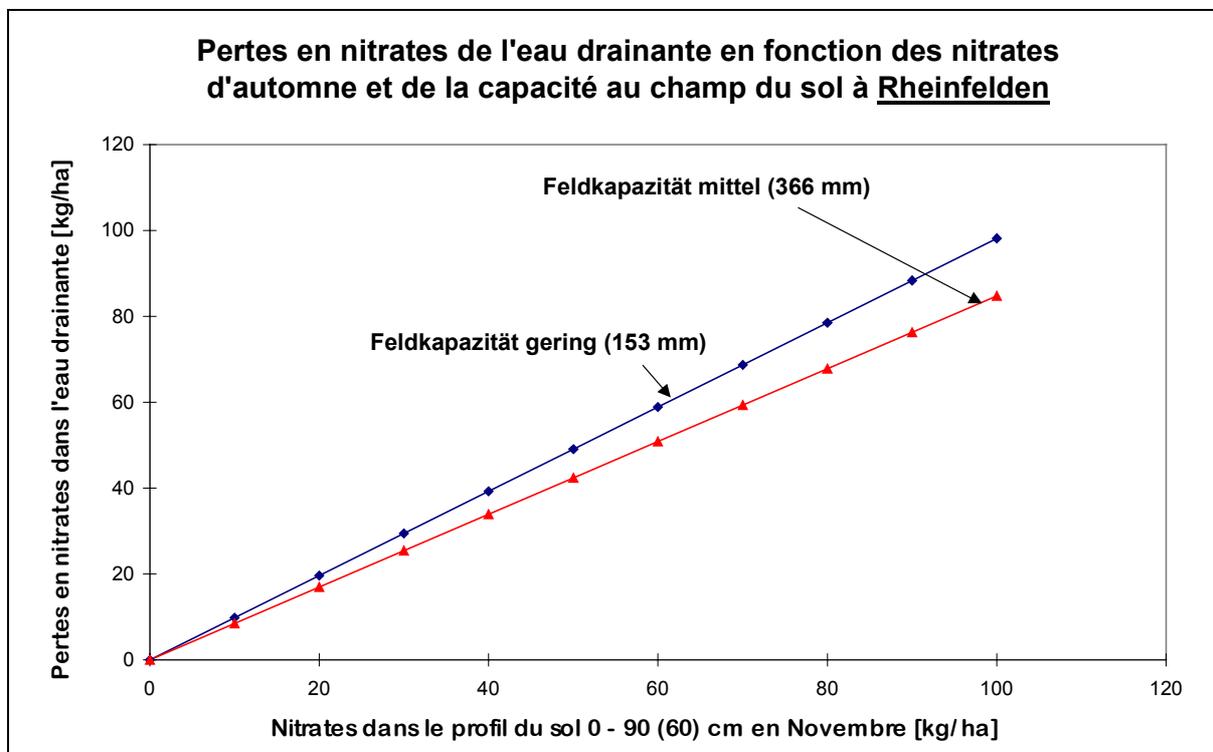
**Figure 8**

Bases de calcul : somme pluviométrie annuelle sur 30 ans (1969 - 1998) = 1 118 mm (DWD). Renouvellement de la nappe calculé selon Renger 1992 [18] pour les sols arables; Postulat : 1. Sols éloignés de la nappe; 2. Évapotranspiration annuelle selon WENDLING au lieu de. Concentration en nitrates de l'eau drainante calculée selon Rohmann 1996 [322] suivant l'hypothèse d'une répartition égale dans le profil du sol (Rohmann et Rödelsperger 1994 [445]).



**Figure 9**

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags in Neuenburg im 30-jährigen Mittel (1968 - 1997) = 735 mm (DWD). Grundwasserneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. jährliche Evapotranspiration nach HAUDE = Jahressumme Niederschlag x 0,704. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).



**Figure 10**

Berechnungsgrundlagen: Jahressumme des Niederschlags im 30-jährigen Mittel (1969 - 1998) = 1118 mm (DWD). Grundwasserneubildung berechnet nach Renger 1992 [18] für Ackerböden; Annahmen: 1. grundwasserferne Böden; 2. Evapotranspiration nach WENDLING statt HAUDE. Nitrat-Konzentration im Sickerwasser berechnet nach Rohmann 1996 [322] unter der Annahme gleichmäßiger Nitratverteilung im Profil (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]).

### 4.3.3. Dynamique de l'azote et lessivage de de l'azote en fonction des cultures et des conduites culturales

#### 4.3.3.1 Trèfle-graminées et retournement

Sous des **couverts de trèfle-graminées en végétation active**, dans les essais conduits dans le cadre du projet, il n' a été retrouvé que de petites quantités de  $N_{min}$ , généralement en dessous de 10 kg N/ha (Figure 11 et Figure 13), toutefois avant le retournement (autres valeurs en annexe). Ces valeurs sont confirmées par des données retrouvées dans la bibliographie (par ex. Scheller 1993 [217], S. 228)

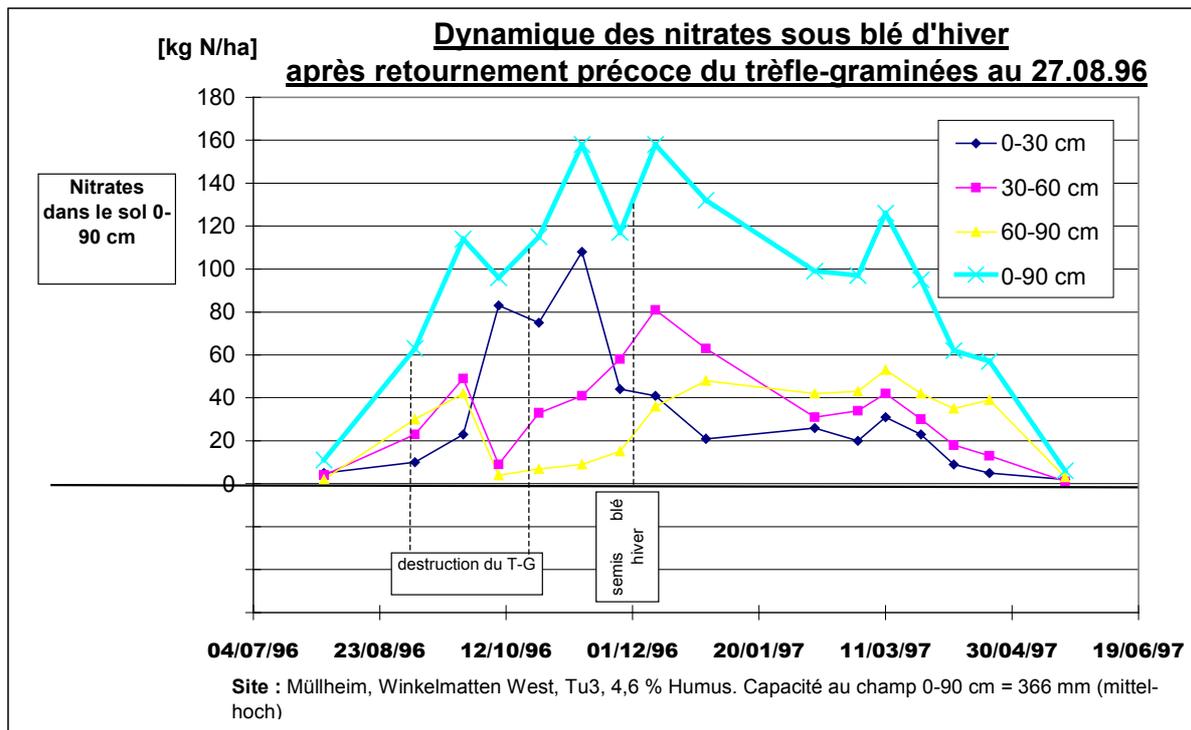
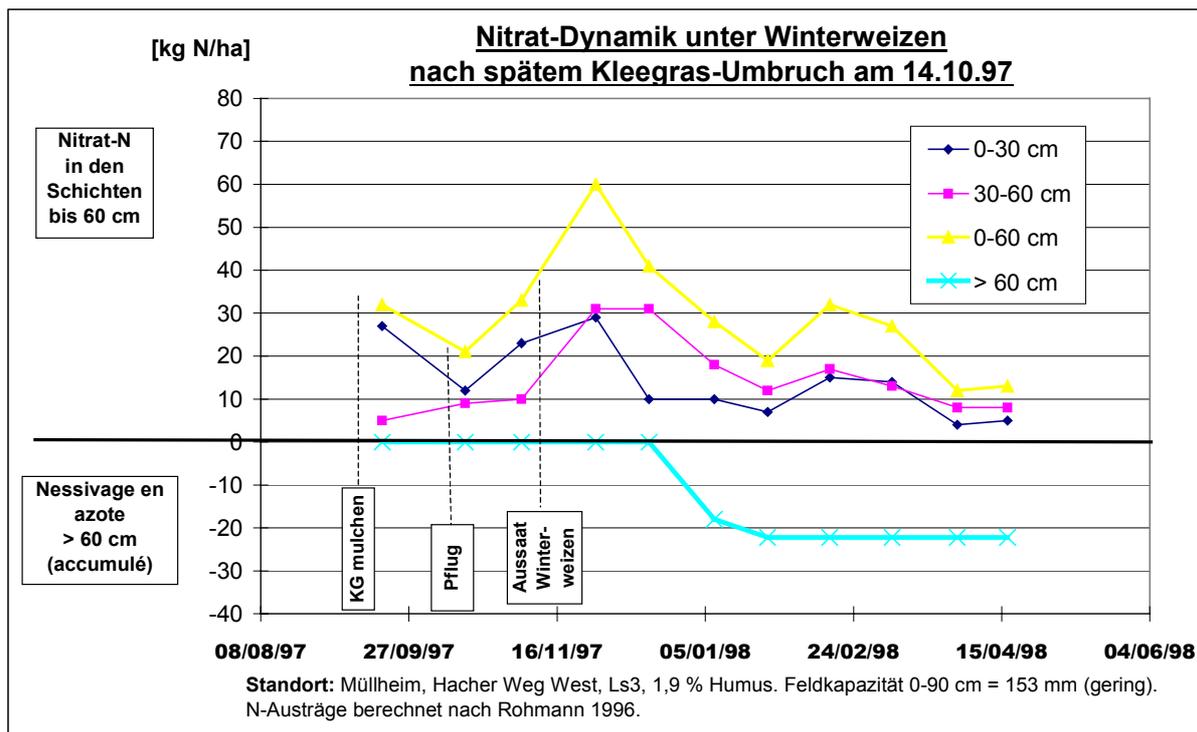
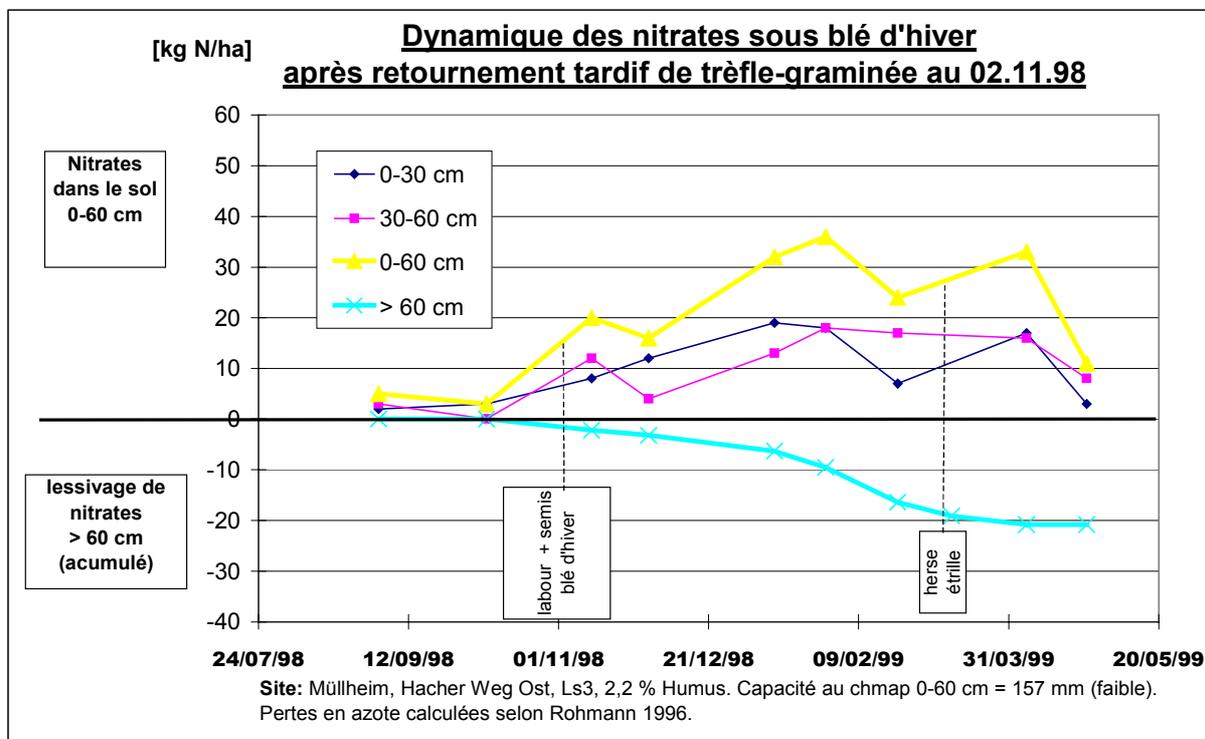


Figure 11 : dynamique des nitrates après retournement de trèfle-graminées (T-G) à Müllheim dans les années 1996/97



**Figure 12 : dynamique des nitrates après retournement de trèfle-graminées (T-G) à Müllheim dans les années 1997/98**



**Figure 13 : dynamique des nitrates après retournement de trèfle-graminées (T-G) à Müllheim dans les années 1998/99**

Des quantités de  $N_{\min}$  renforcées peuvent se retrouver peu de temps après le broyage et le mulch du couvert d'une jachère composée de trèfle-graminées (T-G). Ainsi, il a été mesuré dans nos propres essais sous T-G le 18.09.97, 32 kg N/ha (Figure 12). Cette valeur peut être expliquée par la coupe de la végétation et le mulch réalisés le 22.08.97. Le mulch resté en place a empêché la repousse de la végétation et l'absorption d'azote par le T-G. En même temps, à l'occasion de fortes pluies au début de septembre 1997, des molécules organiques solubles ont pu se trouver lessivées en dessous de la couche du mulch, lesquelles ont pu être minéralisées par la biomasse microbienne du sol. De telles observations ont déjà été rapportées par Scheller 1993 [217], S. 158.

**Après la fin de période végétative**, on peut retrouver sous un couvert de T-G encore en place (= non retourné) une légère remontée des  $N_{\min}$  dans le profil du sol. En prenant en considération toutes les références bibliographiques, il est retrouvé en moyenne sous un couvert trèfle-graminée avant l'hiver une valeur  $N_{\min}$  de 19 kg N/ha (Tableau 15).

Ce n'est qu'au retournement de la végétation du trèfle-graminée que le dynamique de l'azote se renforce significativement. La destruction du T-G par l'outil Kemink du 27.08.96 au 14.10.96 (Figure 11) avec un total de six passages de travail du sol a conduit à une très forte minéralisation si bien qu'au 10.12.96, 158 kg N/ha se retrouvait dans le profil du sol. La teneur élevée en humus du site (4,6 %) doit être responsable, en liaison avec le travail intensif du sol, de cette forte minéralisation. Dans la bibliographie, il a été fait état pour un retournement précoce du T-G (avant octobre) de valeurs  $N_{\min}$  d'avant hiver de 65 kg N/ha en moyenne, si le sol reste nu après la destruction du couvert. Pour un retournement précoce du T-G et une occupation du sol par une culture ou un engrais vert, la valeur moyenne  $N_{\min}$  n'est plus que de 40 kg N/ha à l'entrée de l'hiver (tableau 15).

La minéralisation qui se produit jusqu'au repos végétatif après retournement précoce du couvert T-G est aussi influencée par la teneur en humus du sol et l'âge de la végétation. Pour un retournement précoce et un sol laissé nu, et une teneur en humus du sol inférieure à 2,5 %, il a été mentionné en moyenne de toutes les sources bibliographiques exploitées une valeur  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver voisine de 57 kg N/ha. Pour des teneurs en humus supérieures à 2,5 %, la quantité  $N_{\min}$  moyenne monte alors à 74 kg N/ha. Des retournements précoces avec un sol laissé nu conduisent en moyenne des résultats communiqués pour un couvert d'un an d'âge à une quantité  $N_{\min}$  de 56 kg N/ha alors que pour un couvert agé de plusieurs années et des conditions analogues, on retrouve une valeur  $N_{\min}$  nettement plus forte de 81 kg N/ha (Tableau 15).

Un retardement du retournement du couvert T-G à la fin de l'automne réduit fortement la minéralisation en azote du sol avant l'hiver et limite ainsi le potentiel de lessivage en azote qui y correspond. Dans les essais conduits dans le cadre du projet, on a retrouvé en hiver après retournement du couvert effectué selon le cas, de mi-octobre à début novembre (Figure 12 et Figure 13), une quantité de nitrates dans le sol variant entre 16 et maximum 60 kg N/ha. En moyenne des références bibliographiques, on peut retenir pour un retournement tardif du T-g de mi-octobre à décembre, une quantité  $N_{\min}$  de 42 kg N/ha à l'entrée de l'hiver (voir Tableau 15).

La quantité de nitrates est effectivement lessivée après le retournement d'un couvert de trèfle-graminée dépend, à côté de la capacité au champ du sol avant tout de la dynamique de la minéralisation en azote et de la répartition des pluies. Les courbes des Figure 12 et Figure 13 ont été établies sur deux parcelles voisines dotées d'une faible capacité au champ, mais sur deux années successives. Sur les deux parcelles, après un retournement tardif du trèfle-graminée il a été observé un lessivage équivalent de 22 à 21 kg N/ha de nitrates. En hiver 1997/98 (Figure 12), le lessivage de nitrates résultait d'une assez forte minéralisation après la destruction du T-G couplée à des précipitations élevées de novembre à mi-janvier. Par contre durant l'hiver 1998/99 (Figure 13), la minéralisation de l'azote après le retournement du T-G a été stoppée jusqu'au printemps et les précipitations moyennes de novembre

à mars ont conduit à un lessivage en nitrates longtemps retardé et de plus faible intensité que l'année précédente. Cependant, au total, la même quantité de nitrates fut finalement lessivée pour chacune des deux années.

**Tableau 15 : valeurs moyennes  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver après ou sous couvert de trèfle/luzerne-graminées dans les publications en agriculture biologique en relation avec le site et les techniques culturales**

1	2	3	4	5	6	7
n	$N_{\min}$	précédent	Humus	C.I.	Retournement	remarques
Pas de retournement ou bien au printemps						
15	<b>19</b>	k. D.	k. D.	-	<b>après 12</b>	$N_{\min}$ -mesuré sous couvert vivant
Retournement tardif						
22	<b>42</b>	k. D.	k. D.	-	<b>10-12</b>	Retournement avant la mesure $N_{\min}$
Retournement précoce avec ou sans C.I. postérieure						
50	<b>58</b>	k. D.	k. D.	<b>k. D.</b>	<b>avant 10</b>	
35	<b>65</b>	k. D.	k. D.	<b>Non</b>	<b>avant 10</b>	Pas de C.I.
15	<b>40</b>	k. D.	k. D.	<b>Oui</b>	<b>avant 10</b>	Avec C.I.
Retournement précoce avec des âges variables du couvert						
20	<b>56</b>	<b>kein KG</b>	k. D.	<b>Non</b>	<b>avant 10</b>	Couvert d'un an
14	<b>81</b>	<b>KG</b>	k. D.	<b>Non</b>	<b>avant 10</b>	Couvert pluriannuel
Retournement précoce, pour des taux d'humus variables						
18	<b>57</b>	k. D.	<b>&lt; 2,5 %</b>	<b>non</b>	<b>avant 10</b>	
15	<b>74</b>	k. D.	<b>≥ 2,5 %</b>	<b>non</b>	<b>avant 10</b>	

k. D. = pas de distinction pour ce paramètre.

**Colonne 1** : n = nombre de références trouvées dans la bibliographie.

**Colonne 2** : valeurs moyennes  $N_{\min}$ -du profil avant hiver (i.d.R. 0 - 90 cm) en kg N/ha issues des sources biblio.

**Colonne 4** : teneur en Humus du sol (horizon superficiel).

**Colonne 5** : culture intermédiaire réussie ?

**Colonne 6** : Période de destruction du couvert Trèfle-Graminée. 10 = Octobre, 12 = Décembre

Source : production propre au projet

Les valeurs  $N_{\min}$  trouvées dans les références bibliographiques sous ou après un couvert trèfle-graminées sont très cohérentes avec les valeurs des contrôles d'automne (Tableau 15) effectués dans le cadre de SchALVO sur les surfaces conduites en agriculture biologique dans les périmètres de captage protégés en Bade-Wurtemberg. Après une jachère qui est habituellement constituée d'un couvert de trèfle-graminées en agriculture biologique et qui est retournée après un an, la moyenne des valeurs retrouvées avant hiver de 1996 à 1998 est de 37 kg N/ha (Tableau 16). Ce chiffre est à comparer avec celui retrouvé dans les publications pour un retournement tardif entre octobre et décembre = 42 kg N/ha (Tableau 15), car en périmètre de captage protégé, la destruction de la culture intermédiaire est autorisée seulement à partir du 15 novembre. Les deux valeurs sont très cohérentes et la différence de 5 kg N/ha en plus pour le chiffre issu des sources bibliographiques peut s'expliquer par la prise en compte de retournement du T-G dès octobre ce qui en règle générale conduit à des minéralisation en azote plus forte que pour les destructions plus tardives.

Pour les légumineuses fourragères aussi – en règle générale le mélange trèfle-graminées en exploitations biologiques – les valeurs mentionnées dans les références bibliographiques (tableau 15), convergent vers les moyennes de SchALVO (tableau 16) obtenues pour les exploitations biologiques dans le Bade-Wurtemberg, si l'on tient compte des cultures suivant le T-G (tableau 17).

71 % retournement de printemps (culture suivante = poursuite du T-G ou culture de printemps) x 19 kg N/ha (Tableau 15)  
 + 29 % retournement d'automne (culture suivante = céréale d'hiver) x 42 kg N/ha (Tableau 15)  
 = 26 kg N/ha = valeur moyenne de SchALVO pour les légumineuses fourragères (Tableau 16)

**Comme les valeurs citées dans le tableau 15, provenant de la bibliographie semblent très plausibles (comme démontré), elles sont retenues pour l'estimation des valeurs -  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver (Aperçu 1 dans le Chapitre 4.3.4).**

**Tableau 16: valeurs moyennes  $N_{\min}$  retrouvées dans les contrôles SchALVO pour les surfaces en agriculture biologique : années 1996 - 1998:**

Culture	Nombre d'échantillons	Valeur moyenne $N_{\min}$ à l'entrée de l'hiver
légumineuses fourragères	337	26
jachère	36	37

Source : calculs personnel sur la base des données communiquées par le LUFA 1999 [553]

**Tableau 17: Assolement des exploitations biologiques en Bade-Wurtemberg 1996 : culture succédant au trèfle- et Luzerne- graminées 1995**

Culture suivante	Part [%]
Trèfle-gram. = couvert pluriannuel (i.e. pas de retournement)	62
Cultures de printemps (i.e. le plus souvent retournement de printemps)	9
Céréale d'hiver (i.e. retournement d'automne)	29

Source : appréciation personnelle suivant LfL 1997 [546]

Dans le Rhin supérieur, les agriculteurs ont adopté, même en dehors des périmètres de capatage protégés, le retournement tardif du couvert trèfle-graminées avant la mise en place d'une céréale d'hiver. Seules deux exploitations parmi celles enquêtées (une en Sud-Bade et l'autre en Alsace) ont retourné leur trèfle-graminée avant octobre. Le plus courant est un retournement entre octobre et décembre.

#### 4.3.3.2 Protéagineux

Après la récolte de féverole ou de pois protéagineux, on retrouve une forte minéralisation d'azote du sol en raison des résidus de récolte de ces légumineuses qui sont facilement dégradables. Sans la mise en place d'une culture intermédiaire après la récolte du protéagineux, on peut selon les publications faites, tabler à l'entrée de l'hiver sur une valeur  $N_{\min}$  de 66 kg N/ha (Tableau 18). Pour la féverole, on peut diminuer la valeur  $N_{\min}$  d'entrée hiver par réduction de l'écartement entre rangs et la mise en place d'une culture intermédiaire par semis sous couvert ou de post-récolte (Justus und Köpke 1995 [157], Justus 1996 [280]). Dans les études bibliographiques on retrouve en moyenne derrière une féverole ou un pois suivi d'une culture intermédiaire, une valeur  $N_{\min}$  ramenée à 39 kg N/ha (Tableau 18).

Dans les périmètres de capatage protégés du Bade-Wurtemberg, la valeur moyenne  $N_{\min}$  trouvée derrière protéagineux à l'entrée de l'hiver dans les années 1996-98 est de 42 kg

N/ha (Tableau 19). Cette valeur est assez proche de la valeur de 39 kg N/ha (Tableau 18) retrouvée dans les publications pour une féverole suivie d'une culture intermédiaire. Cette convergence est plausible car en règle générale on laisse les resemis de féverole pousser comme couverture du sol après la récolte.

**Tableau 18: Valeur moyenne  $N_{\min}$  après protéagineux relevée dans les publications en agriculture biologique avec ou sans semis de culture intermédiaire**

1	2	
n	$N_{\min}$	
33	<b>54</b>	Toutes références
19	<b>66</b>	Pas de culture intermédiaire
12	<b>39</b>	Culture intermédiaire réussie

**Colonne 1:** n = nombre de références trouvées dans la bibliographie

**Colonne 2:** valeur moyenne  $N_{\min}$  à l'entrée d'hiver Profil (i.d.R. 0 - 90 cm) en kg N/ha des références trouvées .

Source : travail personnel

**Tableau 19 : Valeur moy.  $N_{\min}$  entrée hiver issue des contrôles SchALVO sur les surfaces conduites en agriculture biologique : années 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):**

Culture	Nombre d'échantillons	Valeur moy. $N_{\min}$ entrée hiver
Protéagineux	143	<b>42</b>

Source : travail personnel

Dans les essais conduits dans le cadre du projet, après une culture de pois sans culture intermédiaire après récolte (Figure 14), on retrouve dans un sol à fort teneur en humus (4,7 % Humus dans les horizons superficiels) une minéralisation extrêmement forte. Dans ces situations d'exception, la mise en place d'une culture intermédiaire est particulièrement nécessaire, afin d'éviter des quantités d'azote minéral très élevées dans le sol avant l'hiver. Sur le site de F-Herbsheim (Figure 21 du chapitre 4.3.3.4), on a retrouvé après une féverole sans C.I. et pour un sol riche en humus, une valeur  $N_{\min}$  comparable à celle citée dans la littérature (76 kg N/ha au 10.11.1998).

**Comme cela vient d'être montré, les valeurs issues des références bibliographiques du tableau 1 semblent plausibles, elles sont donc transposées dans le cadre d'estimation des valeurs moyennes  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver (aperçu dans le chapitre 4.3.4).**

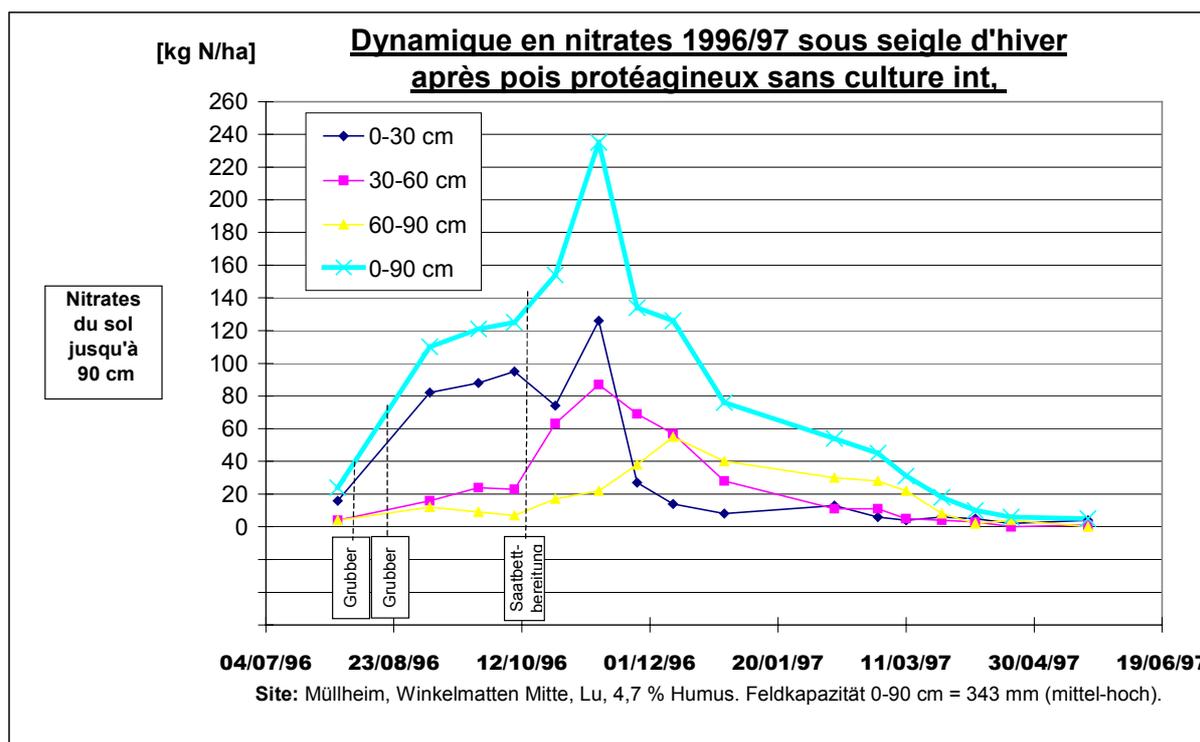


Figure 14 : dynamique des nitrates après une culture de pois à Müllheim en 1996/97

La production de soja biologique du Rhin supérieur mérite une attention particulière vis à vis de la dynamique de l'azote. La demande d'un producteur de tofu en marchandises produites régionalement (Miersch 1998, Miersch 1999) à conduit du coté allemand du Rhin supérieur à une progression rapide des surfaces cultivées (1997 : ~ 40 ha, 1998 : ~. 80 ha, 1999 : ~120 ha). Contrairement au pois et féverole, le soja ne peut pas à cause de la tardivité de la récolte (septembre/octobre) permettre la mise en place d'une culture intermédiaire pour l'absorption de l'azote à l'automne.

Dans les essais du projet, après culture de soja, il a été retrouvé à l'entrée de l'hiver une valeur en nitrates de 57 kg N/ha pour une parcelle à forte teneur en humus (figure 15) et 49 kg N/ha pour un site avec une teneur en humus moyenne (figure 16). Des valeurs dans cet ordre de grandeur ont été communiquées en 1988 pour les périmètres de captage protégés en sud-Bade et en Bade-Wurtemberg (tableau 20). Il est à remarquer que les quantités de nitrates après soja sont inférieures à celles retrouvées derrière les autres protéagineux. Des données comparables ne sont pas disponibles pour les années suivantes car la culture du soja a atteint son plus haut niveau dans le sud-Bade à la fin des années 80 (1988: 1200 ha) puis a presque totalement disparue à cause de la chute du prix mondial.

Pour le cadre d'estimation des valeurs moyennes de  $N_{min}$  avant hiver (Aperçu en chapitre 4.3.4), on retiendra la valeur de 45 kg N/ha. Cette valeur approchée devra être confirmée ou affinée par des études complémentaires.

Tableau 20 : Quantité de nitrates retrouvée après culture en périmètres de captage protégés en 1988 en kg N/ha (DSF 1989)

	Südbaden	Baden-Württemberg
Soja	49	42
Céréale	51	63
Protéagineux	73	86

Source : recherche personnelle

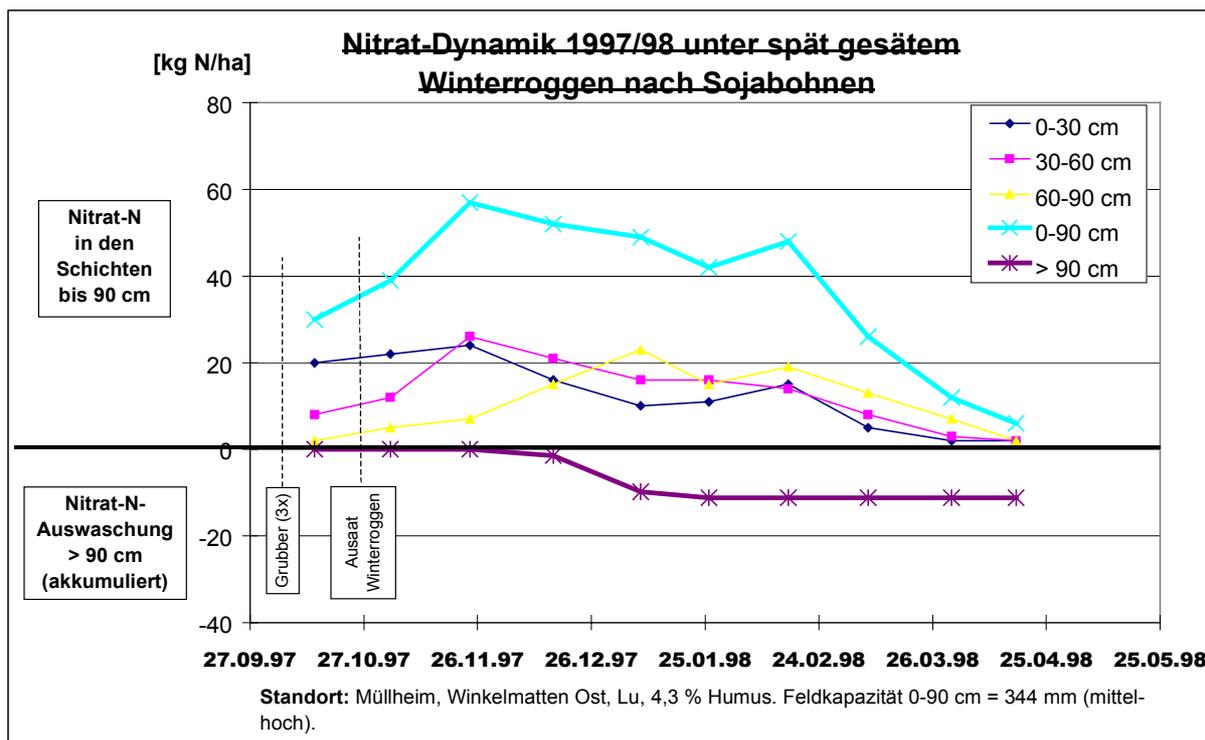


Figure 15 : dynamique des nitrates après Soja à Müllheim en 1997/98

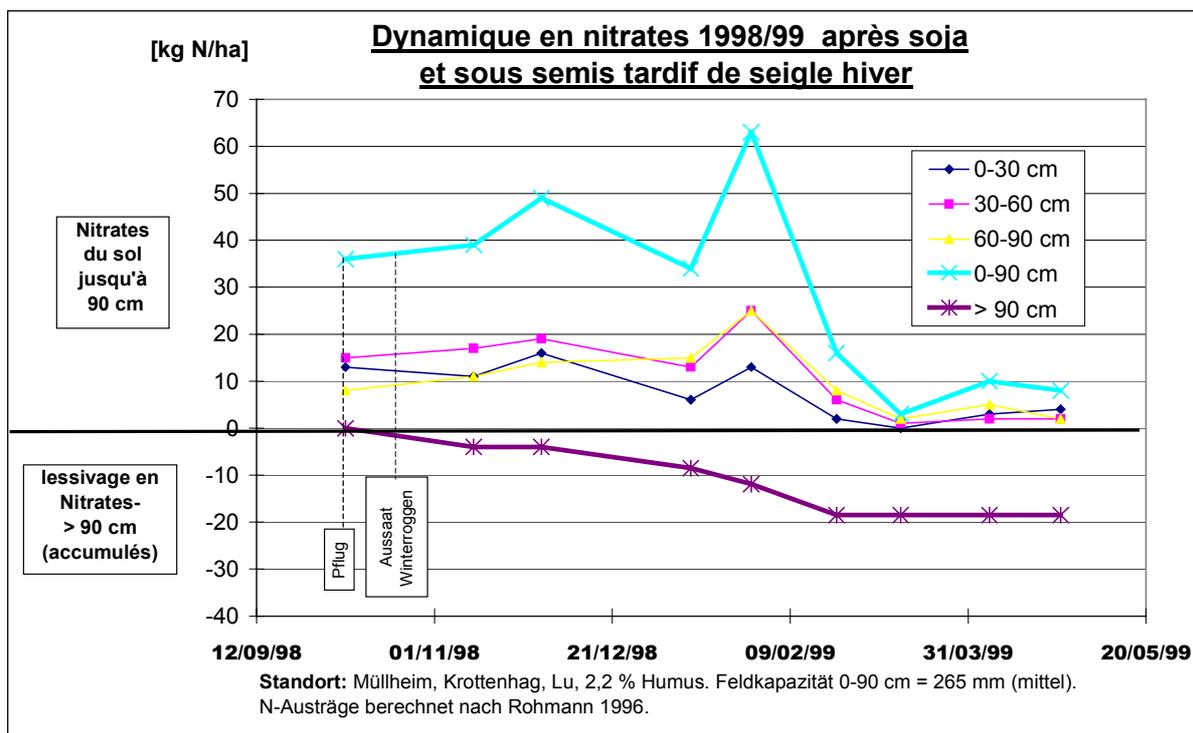


Figure 16 : dynamique en nitrates après Soja à Müllheim en 1998/99

Dans les essais du projet, des quantités de nitrates comprises entre 11 kg N/ha (Figure 15) et 19 kg N/ha (Figure 16) ont été lessivées après culture de soja. Ce faible lessivage-mesuré à partir des teneurs en nitrates du sol mesurées pendant l'hiver- doivent être rapportées à la propriété du seigle de pouvoir absorber tôt des quantités d'azote significatives.

### 4.3.3.3 Céréales et cultures intermédiaires

Dans les essais conduits dans le cadre du projet avec des **cultures intermédiaires gélives** après blé d'hiver, la quantité d'azote absorbée en moyenne de toutes les variantes par la partie aérienne du couvert fut en 1997 de 70 kg N/ha et en 1998 de 21 kg N/ha (figure 17). Dans les deux années, la phacélie a immobilisé plus d'azote que la moyenne et la moutarde nettement moins que la moyenne. La moindre absorption d'azote par la moutarde n'est pas due à une plus faible production de biomasse mais une teneur en azote plus faible de la matière sèche produite – en comparaison des autres variantes de couvert. L'absorption d'azote étonnante des couverts spontanées qui pour les deux années ont procuré des prélèvements d'azote comparables aux variantes semées, s'explique essentiellement par la densité de peuplement en ravenelles (*Raphanus raphanistrum*).

L'**absorption d'azote** des couverts nettement plus élevée en 1997 – en moyenne 49 kg N/ha de plus qu'en 1998 – est expliquée par les différences de disponibilité en azote dans le sol après déchaumage et semis des couverts. Dans le sol très humifère de 1997, les valeurs en nitrates les plus élevées constatées lors du prélèvement du 18.09 ont été de 69 kg N/ha (Figure 18) alors qu'en 1998, le maximum observé au 02.09 était de 34 kg N/ha soit tout juste la moitié (Figure 19). Des observations analogues ont été réalisées à F-Herbsheim en 1997 (Tableau 21 et Figure 20).

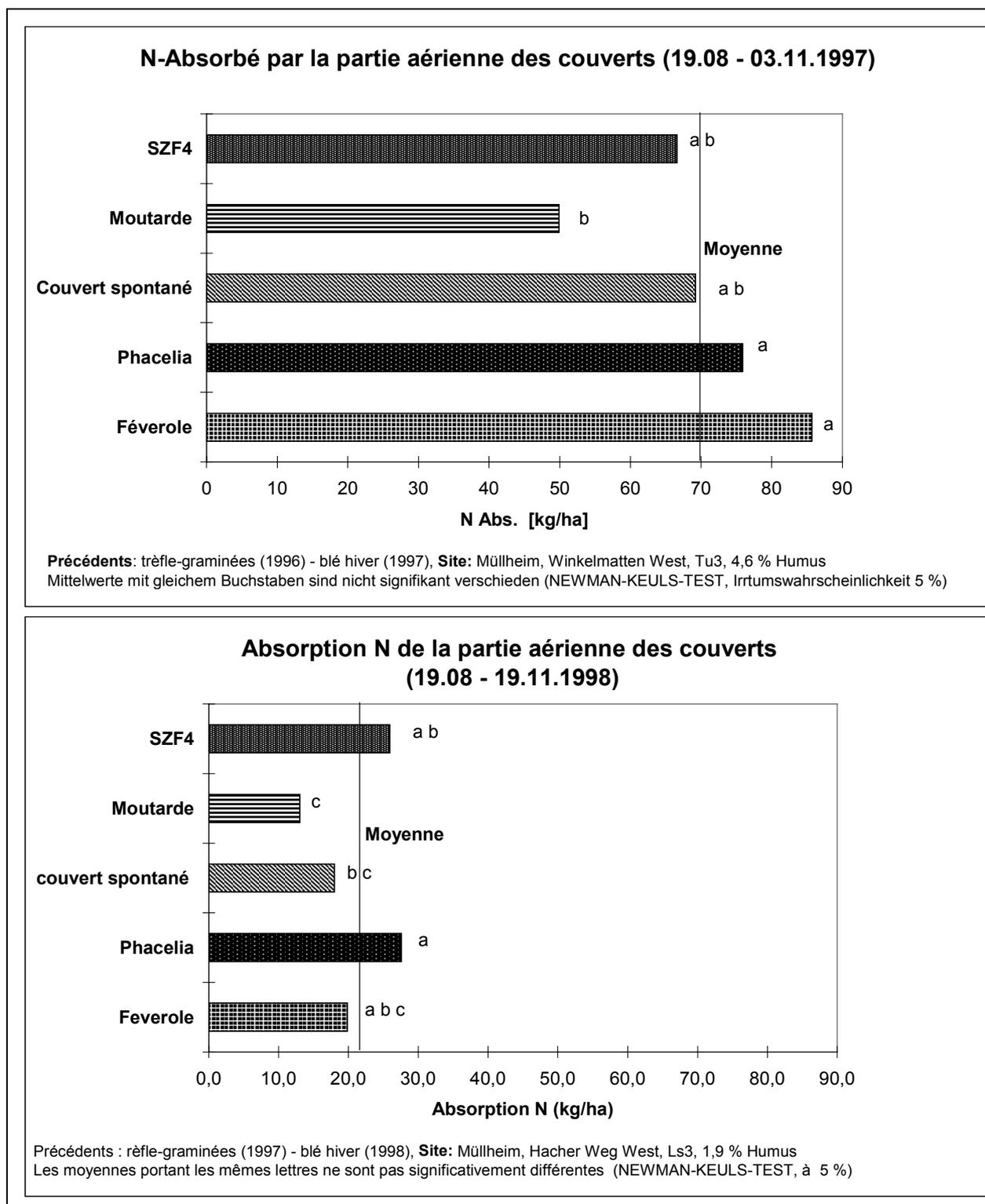
Une offre en azote multipliée par 2,2 pour la variante fertilisée du précédent à paille par rapport à celle non fertilisée, a conduit pour la moutarde semée en culture intermédiaire à une absorption d'azote multipliée par 2,6 par rapport à la parcelle sans fertilisant.

**Tableau 21 : Absorption en N de la partie aérienne de la moutarde en culture intermédiaire 10.09.97 - 28.10.97, essai fertilisation de Herbsheim 1997**

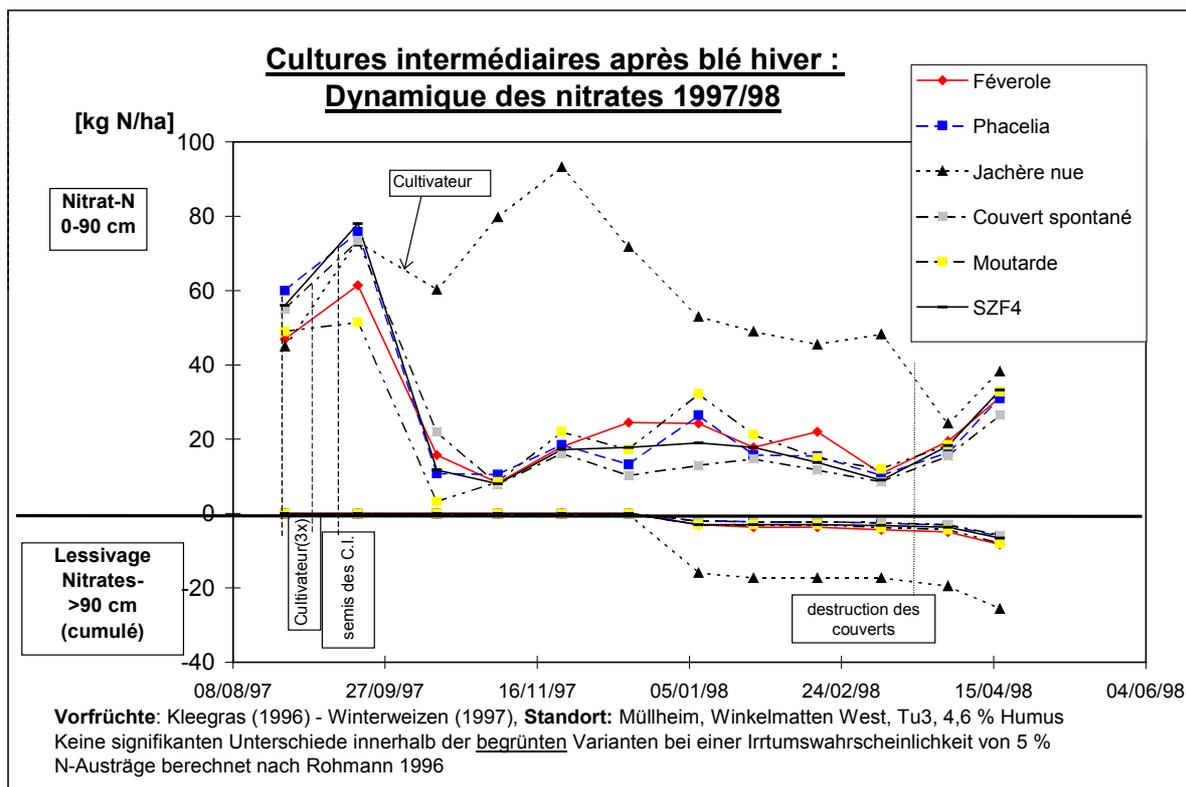
Variante	max N <sub>min</sub> (25.09.97) [kg N/ha]	N-absorbé [kg/ha]	Teneur N de la MS [%]
2 pas de fertilisation, C.I. moutarde après la récolte du blé	44	22	2,4
3 fertilisation avec fumier composté, moutarde après la récolte du blé	95	57	3,5

Source : résultats propres au projet

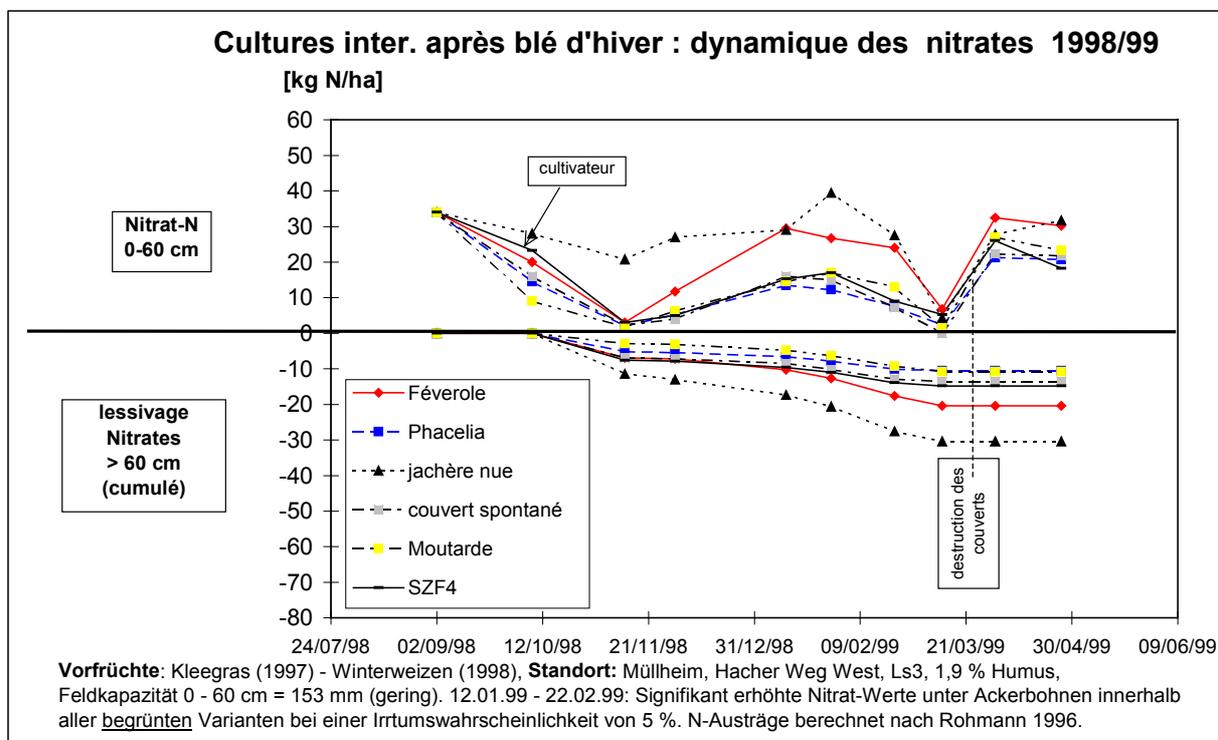
A Müllheim, toutes les variantes de couvert ont pour les années d'expérimentation largement réduites la quantité de nitrates présente dans le sol jusqu'aux premières fortes gelées (début novembre 1997 / mi novembre 1998) comme on le voit dans les figures 18 et 19. Jusqu'à ce moment, des différences significatives au niveau des quantités d'azote présentes dans le sol n'ont pas pu être mises en évidence entre les différents couverts. Après la destruction des végétations il a été observé dans les deux essais une légère remontée des nitrates du sol. Cette remontée fut particulièrement marquée après féverole en hiver 1998/99. Lors de trois rendez-vous de prélèvements, entre le 12.01.99 et le 22.02.99, la teneur en nitrates du sol fut plus forte sous féverole que sous les autres variantes testées (Figure 19). Une remontée de la teneur en nitrates après des couverts purs de protéagineux a été également signalée par d'autres auteurs (par ex. König 1996 [137]).



**Figure 17 : prélèvement d'azote des couverts semés à Müllheim en 1997 et 1998**



**Figure 18 : Dynamique des nitrates sous cultures intermédiaires après blé d'hiver à Müllheim en 1997/98**



**Figure 19 : Dynamique des nitrates sous cultures intermédiaires après blé d'hiver à Müllheim en 1998/99**

En hiver 1997/98, pour un sol doté d'une capacité au champ moyenne à élevée, il n'a été observé qu'un faible lessivage de nitrates de 6 à 8 kg N/ha sous les cultures intermédiaires gelées (figure 18). En 1998/99, pour un sol doté d'une faible capacité au champ, on a enregistré une perte de 11 à 15kg N/ha et 20 kg N/ha sous féverole (figure 19).

Le lessivage en nitrates fut nettement moindre que sous jachère nue sous laquelle les pertes ont atteint 26 kg N/ha (hiver 1997/98) à 30 kg N/ha (hiver 1998/99). Les résultats obtenus dans nos essais sont confirmés par les travaux de König 1996 [137]. Il a trouvé pour des sols à faible réserve hydrique des lessivages en nitrates significativement plus élevés sous C.I. faite de légumineuses à grosses graines que sous des couverts constitués d'espèces non légumineuses ou de mélanges de légumineuses plus autres espèces.

Aucune différence significative n'a pu être observée au **niveau du rendement des cultures suivantes** entre les différentes variantes de C.I. (Tableau 21). Pour ce qui est du tournesol en 1998, il se peut que le site doté d'un fort taux d'humus (4,6 % Humus) ait nivellé les arrière effets des couverts de C.I. L'orge de printemps a atteint derrière la C.I. féverole un rendement (36,4 q/ha) sensiblement au dessus de la moyenne. En raison d'effets blocs importants, cette différence n'a pas pu être significativement mise en évidence au niveau de l'analyse statistique.

**Tableau 22 : rendements des cultures suivantes après les cultures intermédiaires à Müllheim**

	<b>1998</b>	<b>1999</b>
	<b>Rdt Tournesol [dt/ha]</b>	<b>Rdt orge printemps [dt/ha]</b>
SZF4	31,0	32,0
Moutarde	33,5	34,3
Couvert spontané	31,9	31,9
Phacelia	33,5	28,9
Féverole	33,7	36,4
<b>Moyenne de toutes les variantes</b>	<b>32,7</b>	<b>32,7</b>

Aucune différence significative selon le (NEWMAN-KEULS-TEST, à 5 %)

Source : projet ITADA

Dans les références bibliographiques, il est rapporté l'importance des cultures intermédiaires pour la conservation de l'azote après une céréale et la valorisation des quantités d'azote minéral  $N_{min}$  présentes dans le sol à l'entrée de l'hiver. Une valeur moyenne de 42 kg N/ha est retrouvée après céréale sans couverture du sol par une culture intermédiaire à l'automne contre 28 kg N/ha seulement avec C.I. (Tableau 23). Si le couvert du sol est constitué d'une association légumineuse-autres espèce(s), la valeur  $N_{min}$  d'entrée hiver est nettement plus forte (27 kg N/ha) qu'avec un couvert sans légumineuses (16 kg N/ha). Des semis derrière céréale de C.I. constituée de légumineuses grosses graines pures conduisent en moyenne des travaux rapportés par les publications à une valeur  $N_{min}$  d'entrée hiver élevée (40 kg N/ha) qui est assez proche de la valeur sans C.I. (Tableau 23). Pour des sols à fort taux d'humus (> à 2,5 %), la mise en place d'une culture intermédiaire est particulièrement appropriée. Avec de tels sols, on retrouve (Tableau 23) avec C.I. une moyenne de 26 kg N/ha ce qui est environ la moitié de ce qui est mesuré sans C.I. (48 kg N/ha)

**Tableau 23 : valeur moyenne  $N_{\min}$  après céréale d'après les publications en agriculture biologique en fonction de la teneur en humus et le semis d'une C.I.**

1	2	3	4	5
n	$N_{\min}$	Humus	ZF	remarques
Céréale sans différenciation				
138	<b>33</b>	k. D.	k. D.	
Influence de la culture intermédiaire				
87	<b>28</b>	k. D.	ja	Pas de distinction de la C.I.
20	<b>40</b>	k. D.	ja	CI = protéagineux
47	<b>27</b>	k. D.	ja	CI = trèfle, trèfle-graminée, mélanges de protéagineux + espèces non légumineuses
19	<b>16</b>	k. D.	ja	CI = non légumineuses
37	<b>42</b>	k. D.	nein	Pas de CI
Effet de la teneur en humus				
24	<b>40</b>	< 2,5 %	nein	
11	<b>48</b>	≥ 2,5 %	nein	
69	<b>29</b>	< 2,5 %	ja	
16	<b>26</b>	≥ 2,5 %	ja	

**Colonne 1 :** n = nombre de sources dans la bibliographie

**Colonne 2 :** valeur moyenne  $N_{\min}$ -avant hiver (i.d.R. 0 - 90 cm) en kg N/ha issue des sources bibliographiques.

**Colonne 3 :** teneur en humus des horizons superficiels.

**Colonne 4 :** C.I. réussie ?

Source : projet ITADA

Pour les **parcelles exploitées en agriculture biologique**, dans le cadre des contrôles effectués à l'automne pour **SchALVO** dans les périmètres de captage d'eau protégés du Bade-Wurtemberg, il a été retrouvé en moyenne des années 1996 - 1998 une valeur  $N_{\min}$ -de 30 kg N/ha à l'entrée de l'hiver après céréale (Tableau 24). Cette valeur, qui au premier regard paraît élevée, est en fait plausible compte tenue des références bibliographiques (Tableau 23) puisque la plupart des exploitations biologiques ne sèment pas des cultures intermédiaires sans légumineuses<sup>1</sup>.

**Comme les valeurs du Tableau 23 issues de l'analyse des références bibliographiques est confirmé par les résultats de nos propres essais et par ceux des contrôles de SchALVO, on les retiendra dans le cadre de l'évaluation des valeurs moyennes de  $N_{\min}$  d'entrée hiver (Aperçu 1 dans le Chapitre 4.3.4).**

**Tableau 24 : valeurs  $N_{\min}$  issues des contrôles SchALVO sur les surfaces exploitées en biologique en 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):**

Culture	Nombre d'échantillons	Valeur moy. $N_{\min}$ entrée hiver
Céréale	1150	<b>30</b>

Source : travail personnel dans le cadre du projet

<sup>1</sup> Par cette considération, il est supposé que la pratique de semis de cultures intermédiaires derrière céréale est la même pour les exploitations biologiques du Rhin supérieur que dans l'ensemble (Tableau 25) du Bade-Wurtemberg.

**Tableau 25 : mise en place de culture intermédiaire derrière céréales dans les exploitations biologiques du Rhin supérieur**

Céréale avec C.I. composée de légumineuses et de mélanges avec d'autres espèces	61 %
Céréale avec C.I. composée d'espèces non légumineuses	6 %
Céréale sans C.I.	33 %

Source : données propres au projet itada

**Des couverts testés dans nos essais, il peut être conseillé pour la préservation de la nappe phréatique et pour les exploitations biologiques dans le Rhin supérieur, d'utiliser sans limitation pour la réalisation d'une culture intermédiaire les espèces suivantes : moutarde, phacélie et le mélange d'espèces de printemps SZF4. Les féveroles ne doivent pas être utilisées dans les sols dotés d'une faible capacité hydrique (sols légers). La moutarde et la phacélie sont particulièrement avantageuses pour ce qui est du coût des semences (Tableau 26), elles ne contribuent toutefois pas - comme les féveroles ou le mélange SZF4 - à assurer une partie des besoins en azote de l'exploitation.**

**Tableau 26 : doses de semis et coûts des semences de plantes à couverture des sols**

Culture intermédiaire	Dose de semis [kg/ha]	Prix des semences [DM/ha]
Mourtarde, MAXI, résistante aux nématodes	25	100,--
moutarde, non résistante nématode (non testé)	25	40,--
Féverole, CONDOR	180	210,--
Féverole, semences de ferme (non testé)	180	90,--
Phacelia	10	55,--
SZF4 <sup>*)</sup>	50	155,--
Couvert spontané (repousses)	-	-

<sup>\*)</sup> = mélange de 22 % trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum*), 14 % pois fourrager (*Pisum arvense*), 14 % gesse (*Lathyrus sativus*), 28 % Vesce commune (*Vicia sativa*), 2 % Phacelia, 20% Sarrasin (*Fagopyrum esculentum*)

Source : document propre au projet

#### 4.3.3.4 Fertilisants organiques

Comme déjà décrit dans le chapitre 4.2.2, des engrais organiques du commerce ont été utilisés surtout chez les exploitations alsaciennes (tableaux en annexe). Dans l'essai de Herbsheim – F, l'apport de 15 T de fumier composté (environ 89 kg N) après blé d'hiver le 26.08.97 a conduit à une minéralisation en azote nettement plus forte que pour le témoin non fertilisé (Figure 20). Toutefois, la quantité d'azote immobilisé par une moutarde semée le 10.09.97 à l'entrée de l'hiver fut identique pour la variante fertilisée et le témoin.

Après que le couvert moutarde fut détruit au début de janvier, il y eut un apport de 20 T supplémentaires de fumier composté (environ 110 kg N/ha), les valeurs  $N_{min}$  augmentèrent plus fortement pour la variante fertilisée pour atteindre un niveau 1,6 fois plus élevée que pour la parcelle témoin, début avril 1998. Il est donc probable que la féverole semée fin mars n'ait fixé que beaucoup moins d'azote atmosphérique dans la parcelle fertilisée que dans le témoin, en raison de la forte disponibilité en azote minéral pendant la période végétative qui a suivie

Après la récolte de la féverole, la minéralisation en azote qui est déjà importante derrière protéagineux (Chapitre 4.3.3.2), a été encore renforcée dans la variante avec fertilisation par un apport supplémentaire de 20 T de fumier composté (env. 100 kg N) en été (Figure 21). Comme aucune culture intermédiaire n'a été mise en place, les valeurs  $N_{\min}$  ont monté dans le sol pour atteindre le 10.11.98, 102 kg N/ha pour la variante fertilisée et 76 kg N/ha dans la partie témoin.

**En conclusion, on peut constater : à Hersheim, l'essai a permis de tester une pratique habituelle de fertilisation de l'exploitation avec un fumier composté acheté. Au total, 55 t/ha de fumier composté, soit environ 290 kg N/ha ont été apportés avant et après une culture de féverole.**

**Cette pratique de fertilisation est à proscrire totalement tant sous l'angle de l'alimentation optimale en azote d'une exploitation biologique que bien évidemment sous l'angle environnemental.**

**Cette façon de fertiliser est toutefois éloignée des pratiques usuelles de la majorité des exploitations biologiques du Rhin supérieur.**

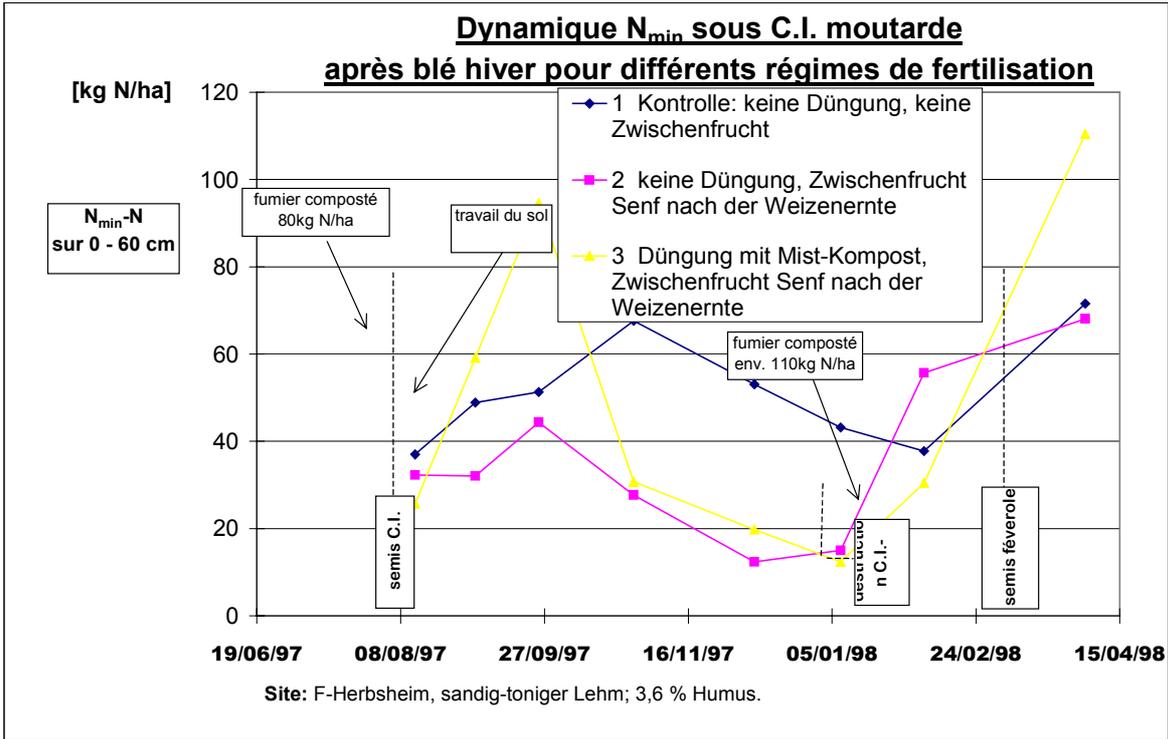


Figure 20

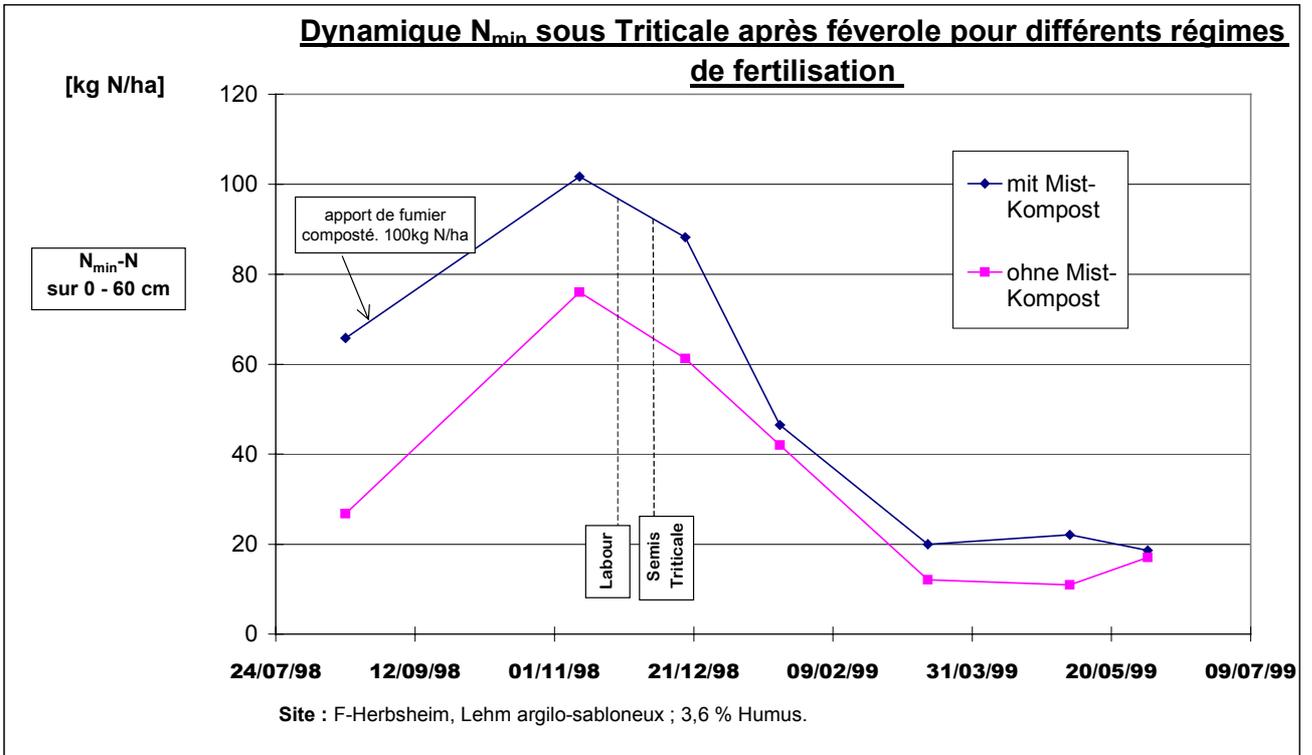
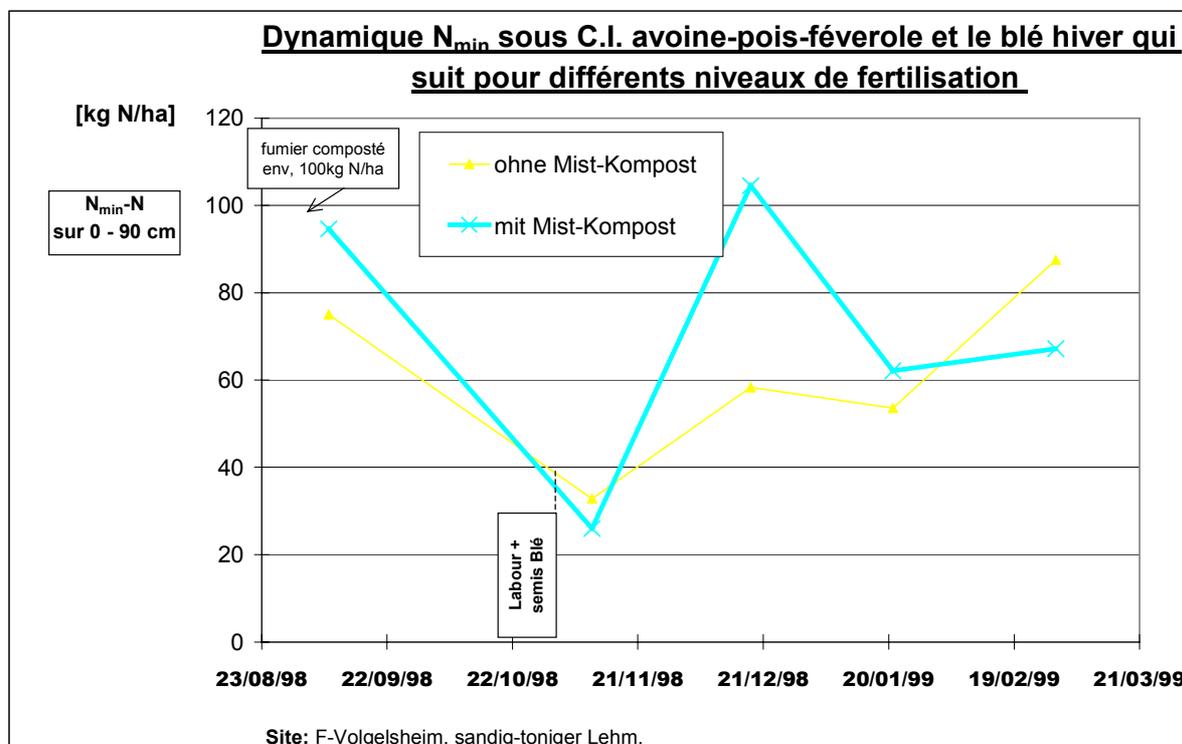


Figure 21

Sur l'essai de Volgelsheim – F, une fertilisation de 20 t/ha de fumier composté (env. 100 kg N/ha), réalisée après la récolte d'une association orge-avoine, a aussi conduit à un renforcement non souhaitable de la minéralisation en azote ( Figure 22). Il est vrai que grâce au semis d'une culture intermédiaire composée d'un mélange avoine-pois-féverole, la valeur  $N_{min}$  du profil a tout d'abord diminué, mais après sa destruction et le semis d'un blé d'hiver au début de novembre, la valeur  $N_{min}$  de la variante fertilisée est ensuite remontée à 105 kg N/ha au 08.12.98. L'écart enregistré avec le résultat du témoin non fertilisé fut de 47 kg N/ha de plus dans le profil mesuré ( Figure 22).

Il a donc été mis en évidence par les essais conduits à Herbsheim et Volgelsheim que l'épandage de fumier composté en fin d'été agit sur la dynamique de l'azote avant l'hiver de manière particulièrement défavorable à la préservation de la qualité de la nappe phréatique.

**Les engrais organiques doivent principalement être épandus au printemps afin de minimiser les pertes en azote. Une application avant culture de protégéineux est à proscrire.**



**Figure 22**

#### 4.3.3.5 Cultures de récolte tardive et „cultures à problèmes“

Les cultures à récolte tardive sont à considérer séparément du point de vue de la dynamique de l'azote en hiver car il ne peut y avoir de semis de culture intermédiaire après elles.

Pour la culture de pomme de terre, il n'y a pas eu d'essai propre au projet. Les données trouvées dans la bibliographie indiquent qu'après pomme de terre, il est régulièrement retrouvé des quantités importantes  $N_{\min}$  avant l'hiver (Tableau 27). Möller und Reents 1995 [12] rapportent en agriculture biologique la forte minéralisation après récolte de pomme de terre aux facteurs suivants : le précédent à pomme de terre est souvent une légumineuse, en règle générale il y a apport de fertilisants organiques et forte aération du sol par le buttage puis l'arrachage de la culture.

Il n'y a quasiment pas de résultats traitant de la fixation de l'azote par des cultures intermédiaires après pomme de terre (tableau 27). Heß et al. 1994 [243] ont pu réduire la quantité d'azote présente à l'entrée de l'hiver par la mise en place d'une moutarde à 75 kg N/ha contre 150 kg N/ha en l'absence de culture intermédiaire. Möller et Reents 1995 [12] ont mesuré en novembre sous blé d'hiver qui succédait à une pomme de terre mais qui était semé dans un couvert de moutarde encore en place, 35 kg/ha Nitrates contre 18 kg Nitrates/ha sous la moutarde seule sans semis de blé. Pour les variantes sans culture intermédiaire, au même moment, en fonction de la date de semis du blé, on a pu mesurer entre 45 et 80 kg N/ha dans le sol.

**Tableau 27 : valeurs moyennes  $N_{\min}$  après pomme de terre trouvées dans les publications ayant trait à l'agriculture biologique et en fonction du semis d'une culture intermédiaire et du précédent trèfle-graminée**

1	2	
n	$N_{\min}$	
18	<b>93</b>	Tous sites avec PdT cumulés
11	<b>84</b>	Sans culture intermédiaire
3	<b>(42)</b>	avec culture intermédiaire réussie
4	<b>154</b>	Précédent trèfle-graminée, 2,8 % Humus, C.I. mal implantée, travail du sol après PdT en Octobre (FAC 1995 [216])

**Colonne 1 :** n = nombre de références trouvées dans les publications.

**Colonne 2 :** valeurs  $N_{\min}$ -avant hiver (i.d.R. 0 - 90 cm) en kg N/ha

Source : document propre au projet

Dans les contrôles d'automne de SchALVO sur les surfaces exploitées en biologique en Bade-Wurtemberg, il a été trouvé en moyenne après pomme de terre une valeur  $N_{\min}$  avant hiver de 60 kg N/ha (Tableau 28). Dans la pratique de l'agriculture biologique, où les cultures intermédiaires après pomme de terre sont plutôt des exceptions, on a retrouvé manifestement moins d'azote minéral avant hiver que ce que laissait craindre l'exploitation de la bibliographie (il est vrai peu fournie).

**Dans le cadre d'estimation des valeurs moyennes  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver, (Aperçu dans le chapitre 4.3.4), on se doit cependant de retenir plutôt des valeurs fortes (pessimistes) :**

**Pour pomme de terre sans culture intermédiaire, on retiendra une  $N_{\min}$  de 90 kg N/ha et avec culture intermédiaire 50 kg N/ha.**

**Tableau 28 : valeurs moyennes  $N_{\min}$  issues de SchALVO-pour des surfaces exploitées en agriculture biologique en 1996 - 1998 (LUFA 1999 [553]):**

Culture	Nombre d'échantillons	Valeurs moy. $N_{\min}$ du sol
Pommes de terre	135	60
Mais	110	34
Légumes	113	60

Source : travail propre au projet

Après culture de **maïs**, en moyenne de trois années de suivi des surfaces en agriculture biologique en périmètres de captage protégés du Bade-Wurtemberg, il a été trouvé la valeur À l'entrée de l'hiver 34 kg N/ha (Tableau 28). Des résultats propres au projet ne sont disponibles que pour une année et dans un sol à fort taux d'humus (Figure 23). Sur ce site, il a été mesuré en Novembre 1996, 78 kg Nitrates/ha. Dans la bibliographie, il n'a pas été retrouvé en agriculture biologique de références sur la dynamique de l'azote après maïs.

Pour le **tournesol** aussi, en raison de sa faible importance en agriculture biologique, il n'a pas été possible de trouver de références dans les publications. Des essais propres au projet ont été conduits dans un sol à fort taux d'humus. En hiver 1998/99, il n'a été retrouvé au maximum que 38 kg Nitrates/ha (Figure 24). **Dans le cadre d'estimation des valeurs moyennes  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver, (Aperçu dans le chapitre 4.3.4), on retiendra jusqu'à plus d'informations pour le Maïs et le tournesol 35 kg N/ha.**

**Les cultures légumières sont un autre domaine où la dynamique de l'azote reste encore peu limpide.** D'un côté, il y a peu de résultats d'expérimentations, et de l'autre côté, les espèces répertoriées sous le vocable légumes sont nombreuses avec de grosses différences dans la conduite du travail du sol et de la fertilisation. Enfin, il convient assurément de faire la distinction entre les productions de plein champ et les cultures maraîchères particulièrement intensives.

Dans les essais conduits dans le cadre du projet itada, à Volgelsheim, il a été mesuré sous différentes variantes de fertilisation de poireau, des quantités  $N_{\min}$  déjà très élevées dans le sol pendant la période de végétation (Figure 25). Les parcelles fertilisées avaient toutefois reçues en janvier 1997 environ 308 kg N/ha sous forme de 45 T de fumier composté. La variante 4 avait de plus fait l'objet d'un apport supplémentaire en Mai 1997 d'encre 69 kg N/ha sous forme d'engrais organique du commerce. Le sol a été préparé mécaniquement à plusieurs reprises avant la plantation de poireaux en juin. Enfin, la parcelle avait déjà reçu du fumier composté les années précédentes.

Dans l'essai DOK (FAC 1995 [216]) il a été trouvé en 1987 après betterave rouge une valeur  $N_{\min}$  de 38 kg N/ha en moyenne de quatre variantes. Pour ce qui est des carottes, Bachinger 1996 [312] communique des valeurs entrée hiver de 33 kg N/ha.

Sous les surfaces de légumes produites selon l'agriculture biologique, il a été retrouvé dans les périmètres de captage du Bade-Wurtemberg en moyenne des années 1996 à 1998 une valeur  $N_{\min}$  entrée d'hiver de 60 kg N/ha (Tableau 28). Comme cette valeur moyenne a été obtenue à partir de 113 échantillons, ce qui la fiabilise, elle **sera retenue dans le cadre d'estimation des valeurs moyennes  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver, (Aperçu dans le chapitre 4.3.4).**

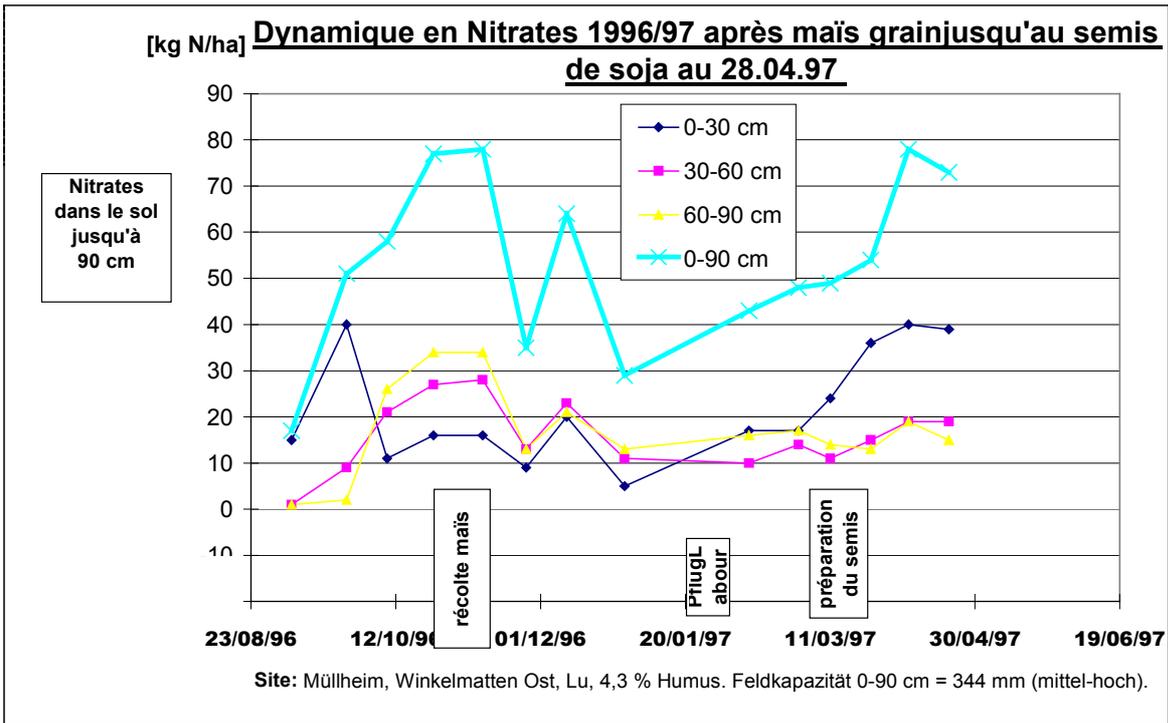


Figure 23

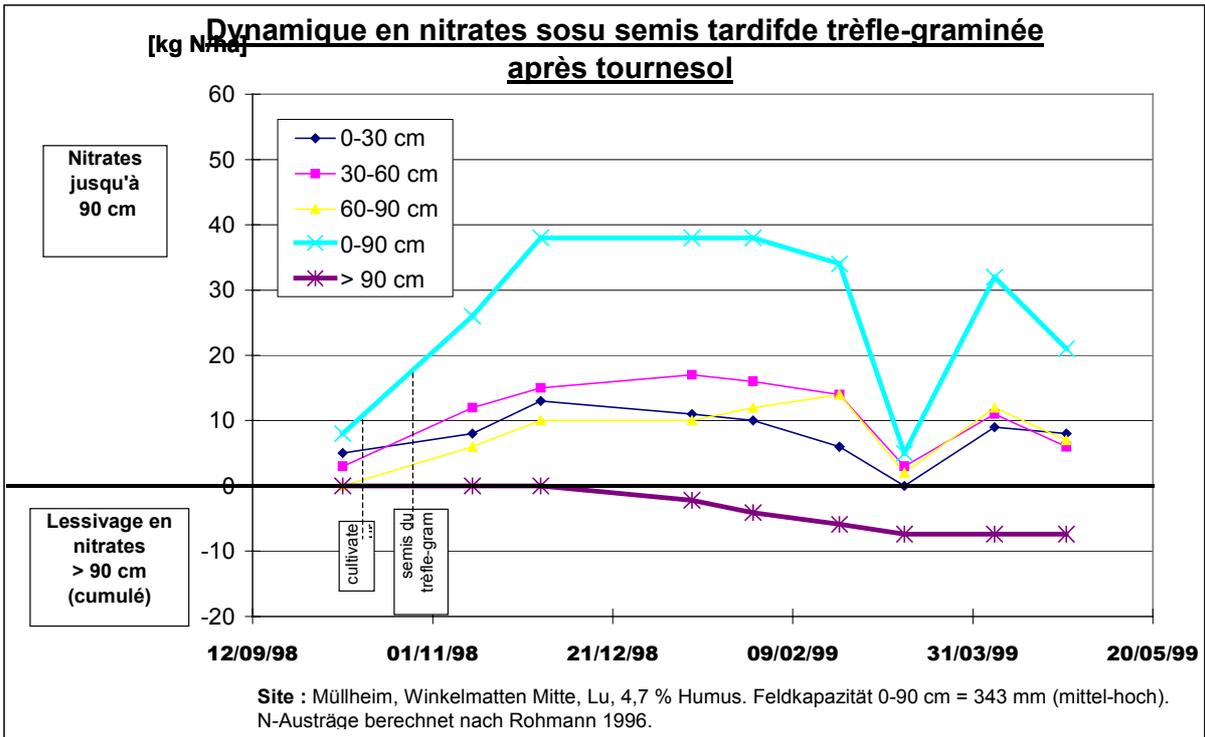
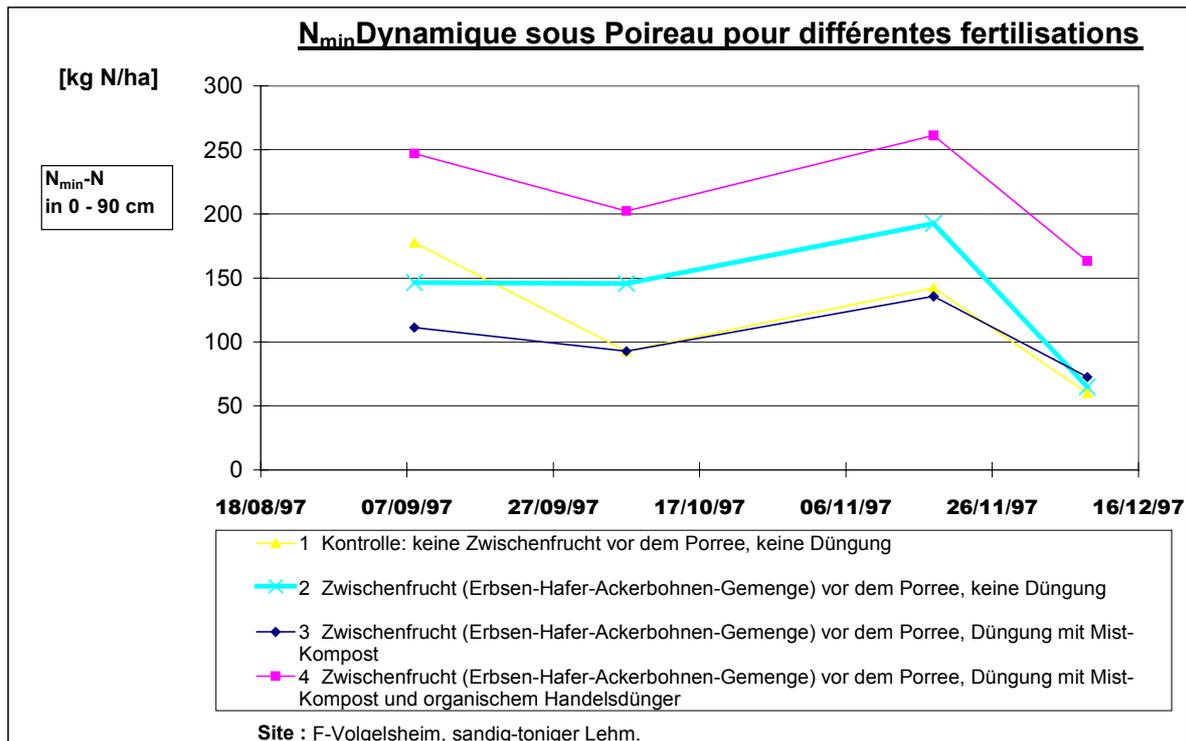


Figure 24



**Figure 25**

Légende :

1 : témoin : pas de culture intermédiaire, pas de fertilisation

2 : C.I. (pois-avoine-féverole) avant le poireau, pas de fertilisation

3 : C.I. (pois-avoine-féverole) avant le poireau, fertilisation avec du fumier composté

4 : C.I. (pois-avoine-féverole) avant le poireau, fertilisation avec fumier composté et engrais organiques du commerce

#### 4.3.3.6 Pertes en azote à Müllheim : synthèse

Dans le Tableau 29, les pertes en azote sur le site de Müllheim sont rassemblées. Ces pertes ont déjà été commentées en partie dans les chapitres précédents en relation avec la dynamique de l'azote suivant les différentes cultures.

**En moyenne de toutes les rotations et des deux périodes de lessivage étudiées, il y a eu une perte de 10 kg N/ha.** Cette valeur très faible, s'inscrit loin en dessous des valeurs des travaux analogues, dans lesquels des niveaux de pertes de 20 à 28 kg N/ha étaient communiqués (Chapitre 4.3.1). Il convient ici de prendre en considération qu'il y a dans les essais conduits des rotations comprenant beaucoup d'éléments positifs pour la préservation de l'eau souterraine, comme le retournement tardif du trèfle-graminées, des cultures intermédiaires sans légumineuses ou bien en mélanges avec d'autres espèces, renoncement aux cultures de pomme de terre ou de légumes, pas d'emploi d'engrais organiques, travail du sol pour semis de printemps qu'à la sortie de l'hiver...

Comme il est tombé durant les années d'étude plus de pluies qu'en années moyennes, (Tableau 30), il est possible que la cadence de prélèvements de sol pour détermination de la teneur en eau et en nitrates (toutes les trois semaines) est été trop peu resserrée ? Il pourrait donc être possible que des lessivages élevés soient intervenus, pour des valeurs de nitrates observées chutant fortement entre deux dates de prélèvements, en lien avec de fortes précipitations, qui n'ont pas été enregistrées par le modèle de calcul, mais doivent être interprétées comme des pertes de dénitrification.

A l'orde de grandeur des faibles pertes en nitrates, cela ne change cependant rien, comme les considérations de plausibilité suivantes l'indiquent : en moyenne des parcelles et des années d'études, il ya eu une quantité de nitrates à l'entrée d'hiver mesurée de 21 kg N/ha (Tableau 29). La capacité au champ moyenne des parcelles étudiées atteint 271 mm. Dans ces conditions, en liaison avec le chapitre 4.3.3 et la figure 9, il faut s'attendre à une perte en nitrates d'environ 15 kg N/ha.

**Tableau 29 : Nitrates entré hiver et pertes hivernales d'azote à Müllheim en moyenne des séquences de rotations et des deux périodes hivernales**

Parcelle	1997/98	(Nitrat-N)	1998/99	(Nitrat-N)
		N-Austrag [kg N/ha]		N-Austrag [kg N/ha]
Hacher Weg West FK = 153 mm 1,9 % Humus	Après retournement trèfle-graminée Et sous blé hiver	(47) 22	Après blé hiver Sous C.I. Phacelia	(2) 11
Winkelmatten West FK = 366 mm 4,6 % Humus	Après blé H sous C.I. SZF 4	(14) 7	Après tournesol	(26) 8
Krottenhag FK = 265 mm 2,2 % Humus	Après orge de print. Et sous C.I. Phacelia	(10) 3	Après soja et sous seigle hiver	(39) 19
Winkelmatten Ost FK = 344 mm 4,3 % Humus	Après soja et sous seigle hiver	(53) 11	Après seigle H et sous C.I. Phacelia	(1) 5
Winkelmatten Mitte FK = 343 mm 4,7 % Humus	Après seigle H et sous C.I. SZF 4	(14) 7	Après tournesol et sous trèfle-gram.	(26) 7
Hacher Weg Ost FK = 157 mm 2,2 % Humus	Après orge de print. Et sous trèfle-gram.	(5) 3	Après retournement trèfle –gram. Et sous blé Hiver	(20) 21
<b>Valeur moy. Tou- tes parcelles</b>		<b>(24) 9</b>		<b>(19) 12</b>
<b>Valeurs moy. toutes parcelles et sur deux années</b>		<b>(21 kg Nitrat-N/ha en Novembre) 10 kg N/ha pertes</b>		

- Chiffre entre parenthèses (**Nitrat-N**) = Nitrates dans le profil du sol en Novembre en kg N/ha
- **Pertes N** = à partir du profil du sol en kg N/ha, calculé suivant Rohmann 1996 [322]
- FK = capacité au champ sur 0 - 60 cm pour Hacher Weg Ost und West, sinon sur 0 - 90 cm

Source production propre au projet

**Tableau 30 : sommes de pluviométries durant les semestres (été et hiver) 1997/98 et 1998/99 à Müllheim et sur une moyenne de 30 ans à Neuenburg**

Sommes des pluviométries mm	Avril à Septembre	Octobre à Mars
Müllheim 1997/98	447	378
Müllheim 1998/99	529	350
Neuenburg 1968 - 1997	428	300

Source : projet itada et en partie Données du service Météo Deutschen Wetterdienstes pour Neuenburg

#### **4.3.4 Un cadre d'estimation pour les valeurs moyennes d'azote minéral $N_{\min}$ avant l'hiver en agriculture biologique.**

Après la discussion dans le chapitre précédent de la dynamique de l'azote en lien avec la nature des cultures et les techniques culturales, il est maintenant dressé un cadre d'estimation des valeurs moyennes  $N_{\min}$  en agriculture biologique (Aperçu 1). Les valeurs présentées dans ce cadre ont été – comme cela a été précédemment discuté en détail – tout d'abord appréciées à l'aide des références bibliographiques en agriculture biologique disponibles puis confrontées aux résultats des essais propres au projet ou aux résultats issus des contrôles des années 1996-98 dans le cadre de SchALVO, tout ceci afin d'en juger la plausibilité.

Le cadre d'estimation proposé n'est pas un modèle de pronostic pour certaines années ou certains sites. Dans ce cadre sont regroupées des valeurs moyennes valables sur plusieurs années et sur une grande région qui peuvent être prises comme références pour des exploitations biologiques. Avec ces valeurs moyennes de quantité d'azote minéral présentes à l'entrée de l'hiver, on peut, en tenant compte de l'arrière fond sols et climat, estimer pour une région considérée quelle contribution à la protection de la nappe phréatique un système d'exploitation du territoire calé sur le modèle de l'agriculture biologique peut avoir. Au chapitre 4.5.2 est développé un exemple d'application de ce cadre pour le périmètre de captage protégé de Weisweil dans le Rhin supérieur.

Le cadre est aussi un instrument à la disposition des exploitations biologiques individuelles, à l'aide duquel l'efficience en azote sur le long terme de toutes les opérations agronomiques peut être jugée.

Tandis que les valeurs  $N_{\min}$  d'entrée hiver sont bien fiables pour les cultures les plus fréquentes comme le trèfle-graminée, la féverole, les pois et les céréales, il y a encore des besoins de travaux de recherche pour préciser les valeurs pour des cultures comme la pomme de terre, les légumes de plein champ, le maïs, le tournesol et le soja. Encore plus que dans d'autres régions, la justesse de cette grille d'appréciation des valeurs  $N_{\min}$  d'entrée d'hiver tient dans le Rhin supérieur où les surfaces exploitées en agriculture biologique concernent plus qu'en moyenne les légumes, le maïs et aussi le soja, particulièrement des valeurs admissibles pour ces cultures.

## Aperçu 1 : cadre d'appréciation des valeurs moyennes $N_{\min}$ à l'entrée d'hiver [kg N/ha] en agriculture biologique

---

### Postulats :

- Pas d'épandage d'effluents d'élevage en fin d'été/automne
- Achat d'engrais organiques max. 0,5 DE/ha x an (correspond à max 40 kg N/ha x an)
- Pas de sols humifères (aux % d'humus élevés)

### 1. Trèfle-graminée/Luzerne-graminée

- Sous T-G, pas de retournement ou bien au print 19
- Après T-G, retournement tardif (Octobre à Décembre) 42
- Après T-G, retournement précoce (av Octobre), pas de C.I. 65
  - Parcelle avec T-G pluriannuel + 15
  - Parcelle avec teneur en humus > 2,5 % + 20
- Après T-G, retournement précoce (av Octobre), avec C.I. 40

### 2. Protéagineux

- après Féverole/pois sans C.I. ou semis sous couvert 66
  - Parcelle avec taux humus > 2,5 % + 20
- après Féverole/pois avec C.I. ou semis sous couvert 39
- après soja 45

### 3. Céréale

- après céréale sans C.I. 42
  - Parcelle avec taux humus > 2,5 % + 10
- après céréale avec C.I. protéagineux 40
- après céréale avec C.I. trèfle, T-G ou association Protéagineux-non légumineuses 27
- après céréale avec C.I. non légumineuses 16

### 4. Pomme de terre

- après P.de T sans C.I. 90
  - Parcelle avec taux humus > 2,5 % + 20
- Après PdT avec C.I. 50

### 5. Culture particulière

- après légumes de plein champ 60
    - Parcelle avec taux humus > 2,5 % + 20
  - Après maïs ou tournesol 35
    - Parcelle avec taux humus > 2,5 % + 20
-

## 4.4 Rentabilité de l'agriculture biologique

### 4.4.1 Rendements et prix

Dans le cadre du travail engagé dans ce projet, les rendements et les prix des principales cultures du Rhin supérieur ont été enregistrés lors des enquêtes (tableau 31) et ont fourni ainsi les bases d'une approche de la rentabilité. Les rendements moyens et les prix relevés sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs (par ex. Franzmann et Ebert 1996 [487]). Il convient de remarquer la forte variabilité entre les rendements enquêtés. En dehors d'une commercialisation valable des produits, il apparaît que la réussite de l'exploitation dépend également des connaissances agronomiques du chef d'exploitation.

**Tableau 31 : rendements et prix des principales cultures en agriculture biologique dans le Rhin supérieur**

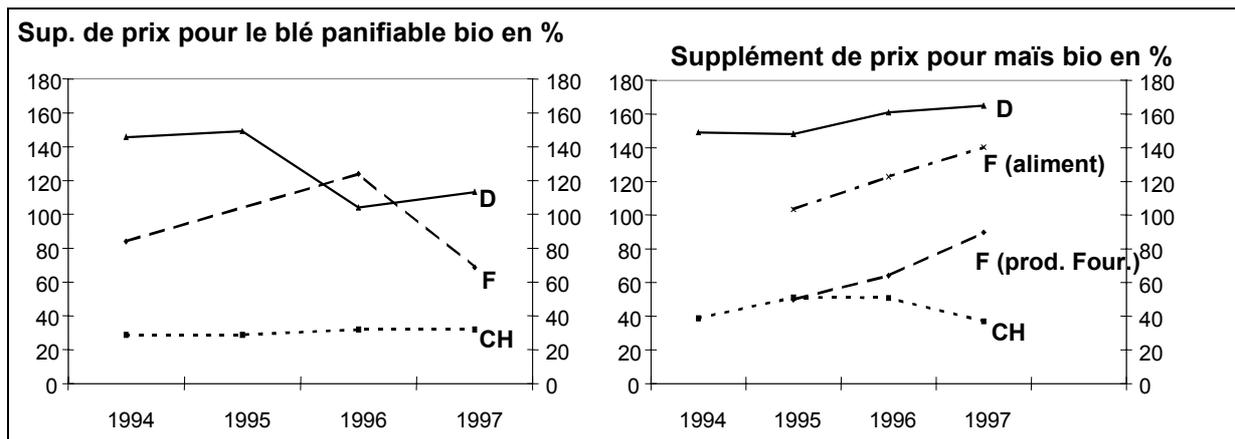
1	2	3	4	5
Culture	n	Rendement moyen (q/ha)	Variation (q/ha)	Prix 1997 (DM/q, H.T..)
Féverole	7	37	25-55	41 - 55
Epeautre	11	35	19-53	
Avoine	7	35	29-40	55
Maïs grain	10	63	37-80	58
Seigle	5	33	29-35	52 - 60
Soja	8	21	15-35	100
Orge de print.	4	41	30-51	55 (orge brassicole)
Blé de print.	7	34	29-45	50 - 60 (blé panifiable)
Tournesol	3	22	19-25	74
PdT consom.	5	197	100-340	65
Orge hiver	6	43	30-51	
Blé hiver	13	41	31-53	50 - 60 (blé panifiable)

Colonne 2 : nombre d'exploitations enquêtées pour cette culture en Südbaden et en Alsace

Colonne 3 : Rendement moyen pluriannuelle des exploitations enquêtées

Colonne 5 : prix au producteur payés par les grossistes dans le Rhin supérieur

En plus des aides publiques incitatives, les écarts de prix au producteur entre les produits biologiques et conventionnels ainsi que leurs évolutions sont décisifs pour la conversion d'une exploitation. La figure 26 montre l'évolution des suppléments de prix pour des marchandises significatives pour la plaine du Rhin comme le blé panifiable et le maïs-grain. Les écarts de prix avec le conventionnel, est le plus faible en Suisse pour les deux produits concernés. Les suppléments de prix en faveur du biologique ont sans doute un faible poids par rapport aux paiements directs instaurés en Suisse pour la décision de la conversion d'une exploitation. Dans les trois pays, les prix du conventionnel comme du biologique ont baissé sur les dernières années en raison d'une offre abondante. A l'exception du blé panifiable en Suisse, le prix des marchandises bio n'a pas été lié à celui du conventionnel et a varié annuellement en fonction de la situation des ventes sur chacun des marchés biologiques. L'écart de prix entre conventionnel et biologique s'est renforcé pour le maïs grain (un signe de la demande toujours plus importante dans le secteur de l'alimentation fourragère biologique).



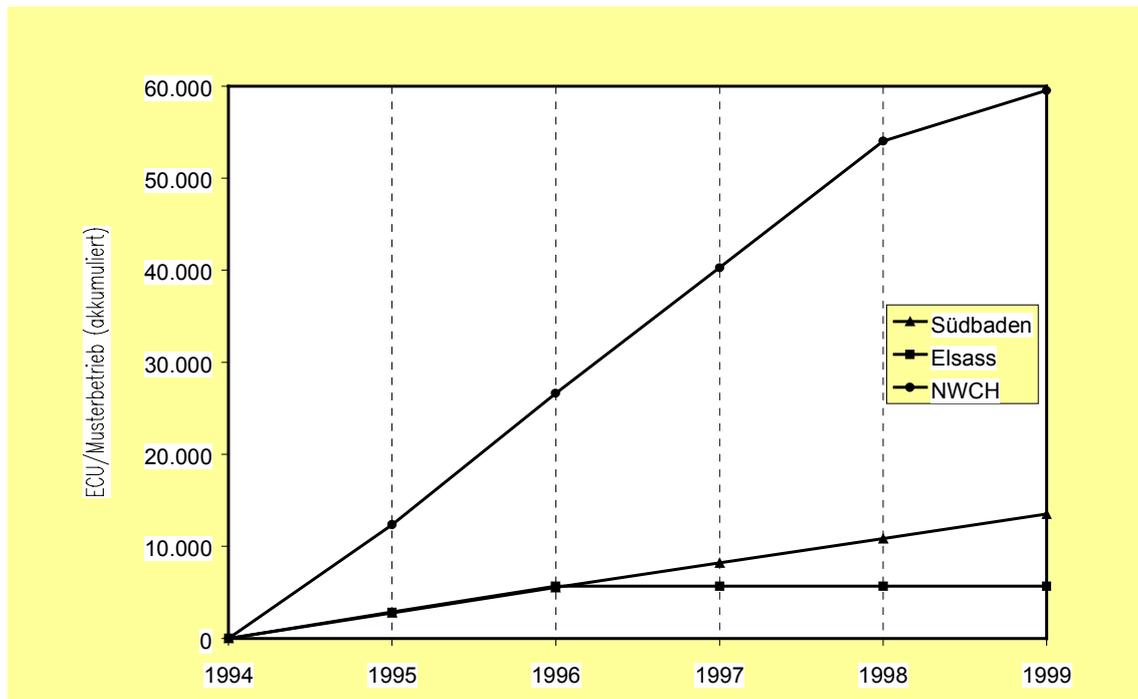
**Figure 26 : Evolution des prix au producteur dans les trois régions du Rhin supérieur. Supplément de prix pour les produits bio vis à vis des marchandises conventionnelles au niveau grossistes (données en %). Source : enquêtes du projet, LfL 1997, SBV 1996, LBL 1997, FiBL 1997.**

#### 4.4.2 Soutien publique à l'agriculture biologique

Dans le cadre des mesures de soutien publique mises en œuvre dans les trois régions, les paiements directs en lien avec la surface exploitée a sans aucun doute la plus forte signification. Par l'introduction du programme agri-environnemental communautaire (EWG 2078/92) et l'article Art. 31b de la loi agricole en Suisse, il a été mis en place au début des années 90 un cadre réglementaire favorable à une croissance potentielle du secteur biologique.

Une comparaison des paiements directs attribués pour un „modèle“ d'exploitation biologique (12 ha grandes cultures, 7 ha prairies permanentes, 1 ha légumes) sur 5 ans montre que pour la Suisse, l'aide est plus élevée de 46.000 ECU que pour le sud-Bade et de 53.850 ECU que pour l'Alsace (cf Fig. 1). Il est donc réalisé en Suisse un encouragement à la conversion plus important par l'importance des paiements directs. Le soutien procuré en France est plus faible car les aides à la conversion ne sont versées que pendant 2 années contre 5 en Suisse et en Bade Wurtemberg.

En Bade-Wurtemberg, les exploitations reçoivent également un versement annuel 140 DM par hectare pour la mise en place de cultures intermédiaires, à condition de semer avant le 15 septembre et de retourner le couvert après le 15 novembre.



**Figure 27 : comparaison des aides publiques au revenu cumulées pour l'agriculture biologique pour un modèle d'exploitation (12 ha grandes cultures, 7 ha prairies permanentes, 1 ha légumes), conversion à partir de 1995**

#### 4.4.3 Coûts en agriculture biologique

(Fisel et Lang 1997 [98], Redelberger 1997 [488], Walter 1999 [532], Schulze-Pals [88], Nieberg 1999[530])

En agriculture biologique, il faut que les cultures de ventes „financent“ également les indispensables cultures intermédiaires et les jachères. Il y a donc plus d'intérêt à calculer une **marge brute moyenne de la rotation** plutôt qu'une marge brute par culture.

Il convient également de prendre en considération que selon la directive U.E. 2091/92, les récoltes des **deux premières années de conversion** ne doivent être vendues que comme marchandises conventionnelles ou servir à l'alimentation animale.

Les **charges variables** sont en moyenne pour l'agriculture biologique plus faibles qu'en agriculture conventionnelle. Les économies d'intrants sont faites par renoncement à l'emploi de fertilisants minéraux et de produits phytosanitaires chimiques. Les charges en semences biologiques sont en revanche plus élevées qu'en agriculture conventionnelle. Les charges variables en machines sont comparables pour les deux modes d'exploitation.

Les **charges fixes** annuelles pour les exploitations de grandes cultures ne sont dans la plupart des situations pas modifiées quand l'acquisition de nouveaux outils (par ex. herse étrille) peut être compensée par la vente d'outils ou de machines devenues inutiles (par ex. appareil pulvérisateur pour traitement phytosanitaire). Toutefois, les frais de contrôle et les cotisations d'adhésion à des groupements ou des syndicats viennent en plus.

Avec la conversion à l'agriculture biologique, il y a également une évolution au niveau des **besoins en temps de travail**. Même si en règle générale pour les céréales le temps consacré à la culture diminue malgré les passages de desherbage mécanique, il convient de retenir que la mise en place de cultures intermédiaires et le broyage-mulchage des jachères (réalisé à plusieurs reprises) occasionnent une augmentation du temps de travail.

Ainsi, pour une exploitation qui a une rotation de cultures à récolte par moissonneuse-batteuse, il faut s'attendre à une augmentation de la charge de travail d'environ 1,5 unité

horaire/ha. Si l'on ne réalise aucune mise en place de culture intermédiaire par semis sous couvert, le semis de celles-ci après récolte occasionne alors une sévère pointe de travail. Enfin, il faut aussi compter sur plus de temps consacré à la partie administrative du travail, par exemple pour la réalisation des documents de contrôle.

## **4.5 La protection de la nappe phréatique par l'intermédiaire de l'agriculture biologique ?**

### **4.5.1 Développement de l'agriculture biologique dans les périmètres de captage protégés : la situation en Allemagne**

Ci dessous, il est décrit l'encouragement de l'agriculture biologique par une structure d'approvisionnement en eau dans un périmètre de captage protégé en Allemagne. Les éléments de base proviennent d'une enquête de Société d'Agriculture Biologique, qui fut réalisée auprès de 146 entreprises de distribution d'eau, parmi lesquelles 26 soutiennent l'agriculture biologique par différentes mesures (AGÖL u. BUND 1997 [407], p. 88).

Tout d'abord sont résumées les situations initiales de plusieurs entreprises d'approvisionnement en eau. Ensuite, les motivations pour le soutien à l'agriculture biologique sont abordées. Puis sont rassemblées les différentes mesures mises en œuvre par ces distributeurs pour la protection de l'eau distribuée. En conclusion sont présentées les résultats déjà atteints par le développement de l'agriculture biologique au niveau de la protection de l'eau.

#### **a) Situation initiale**

En 1997, parmi les quelques 1100 entreprises de distribution d'eau (Wasserversorgungsunternehmen (WVU)) en Allemagne (BGW 1995), 26 entreprises soutenaient activement l'agriculture biologique et 98 d'entre elles déclaraient s'intéresser à un encouragement futur. La situation de départ des distributeurs d'eau qui soutiennent déjà l'agriculture biologique se présente de différentes manières. Des données précises sont disponibles pour les 10 entreprises suivantes, principalement des distributeurs pour des agglomérations : Stadtwerke = distributeur municipal, Wasserverband= syndicat des eaux

- Stadtwerke Göttingen : de Göttingen
- Stadtwerke Dortmund
- Kommunale Wasserwerke Leipzig
- Stadtwerke Osnabrück
- Stadtwerke München
- Stadtwerke Augsburg
- Stadtwerke Regensburg (REWAG)
- Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
- Interessengemeinschaft der Wasserversorgungsunternehmen Weser / société d'intérêt des entreprises distributrices d'eau de la Weser
- Zweckverband Zornedinger Gruppe (München)

(AGÖL u. BUND 1997 [407], S.89)

La **pollution de la nappe phréatique en nitrates ou en produits pesticides** est sur les sites des distributeurs d'eau précédemment cités très variable : tandis que la teneur en nitrates de l'eau souterraine de certaines sociétés avait déjà approché la valeur limite de 50 mg/l, celle-ci n'atteignait pour d'autres que des valeurs en comparaison encore modestes. La teneur en nitrates de l'eau du robinet de l'entreprise Düstrup de la municipalité d'Osnabrück

arrive avec 40 mg nitrates /l près de la valeur limite, le maximum de la charge en nitrates n'étant attendue que pour les prochaines années. Des valeurs analogues élevées ont été mesurées dans la nappe phréatique proche de la surface tout comme dans les prélèvements faits au niveau des captages de sources individuelles par le syndicat des eaux de la Frieze du nord à Oldenburg. Dans le périmètre de captage protégé de Schotterebene' au sud-ouest de Munich (Zornedinger Gruppe) le seuil a été dépassé en 1990 en Desethylatrazin, un produit dérivé d'une matière active de produit phytosanitaire.

Les valeurs en nitrates dans l'eau distribuée au robinet des Munichois est par contre avec 15 mg/l nettement en dessous des valeurs limites. La situation qui prévaut au niveau de la distribution de Regensburg est analogue (28 mg/l).

La part de la surface agricole utilisée vis à vis de la surface totale des périmètres de captage protégés est très variable et se retrouve entre 34 % (Zornedinger Gruppe) et 64 % (Stadtwerke Regensburg).

### **b) Motivations pour le soutien de l'agriculture biologique**

En raison des situations de départ très variables selon les distributeurs d'eau, les raisons de l'encouragement à l'agriculture biologique se distinguent aussi. La motivation principale est toutefois dans tous les cas la protection active de la nappe par une diminution attendue des apports en azote dans l'eau souterraine.

Le Dr. D. Wummel, Directeur de la „Wasserwerke“ de Leipzig exprime les motivations de son soutien à l'agriculture biologique : *„l'agriculture biologique avec ses pratiques culturales conformes à la nature représente de toutes les formes d'agriculture celle qui offre les meilleures garanties pour une exploitation des sols respectueuse de l'environnement et de l'eau. [...] Les méthodes d'exploitation du sol restrictives . [...] protègent les sols et ainsi l'eau souterraine des apports de nitrates et de pesticides.* (Wummel 1997 [414], p. 4).

Cette appréciation est aussi soutenue par Wismeth et Neuerburg 1997 [417]. Ainsi, les exploitations conduites selon l'agriculture biologique sont largement respectueuses des obligations mises en place dans les périmètres de captage protégés (tableau 32).

**Tableau 32 : exigences de la protection des eaux souterraines à l'agriculture et leur degré de satisfaction par l'agriculture biologique**

OBLIGATIONS EN PÉRIMÈTRE PROTÉGÉ (WSG)	degré de satisfaction par l'agriculture biologique
<b>Application de produits phytosanitaires</b>	
• Limitation de l'usage de produits phyto	++
• Interdiction de l'usage de produits phyto	++
<b>Fertilisation</b>	
• interdiction / limitation de fertilisants minéraux azotés	++
• périodes d'interdiction d'épandage d'effluents d'élevage	+
• limitation des quantités d'engrais organiques	+
• limitation du chargement animal à max. 2 GV/ha	++
• interdiction d'apports d'engrais org. En Zone II	-
• interdiction d'apports de boues d'épuration	++
<b>Rotation</b>	
• limitation / interdiction des cultures de légumineuses	-
• mise en place de cultures intermédiaires	+
• retournement des C.I., Légumineuses exigée juste avant semis d'une culture exigeante en azote	+
• si possible couverture permanente /longue durée des sols (limitation de l'érosion des sols)	+ / ++

++: exigences pleinement satisfaites  
applications correctes)

+: exigences satisfaites en partie (pour des

-: à l'envers des exigences

Source: Wismeth et Neuerburg 1997 [417], S.146

Particulièrement pour les distributeurs d'eau qui ne rencontrent jusqu'à présent que des teneurs en nitrates assez limitée au niveau de leur ressource, l'aide au développement de l'agriculture biologique se fait en tenant compte du proverbe : „mieux vaut prévenir que guérir“. Les coûts du traitement technique d'eaux non aux normes, pour les rendre consommables, pourraient être ainsi évités (Wummel 1997 [414], p. 2).

Du point de vue des entreprises qui gèrent l'approvisionnement en eau, le développement de l'agriculture biologique est aussi avantageuse car le contrôle externe des agriculteurs est aussi assuré. Le contrôle des techniques agricoles serait ainsi complètement remis à une structure tiers et les relations entre les agriculteurs et les distributeurs de l'eau grandement soulagées (AGÖL u. BUND 1997 [407], p.91).

### **c) Mesures en faveur du développement de l'agriculture biologique**

Cinq principaux points sont identifiés au niveau du soutien des distributeurs d'eau.

Soutien de la commercialisation des produits agricoles biologiques, achat de terres agricoles à l'intérieur du périmètre de captage et réalisation de contrats de fermage avec des exploitations biologiques, paiements directs liés à la surface occupée (soutien par la surface au sol), la conversion des exploitations en propriété de l'entreprise et le travail d'information- médiation.

Le Tableau 33 montre quelles mesures utilisent les distributeurs d'eau.

**Tableau 33 : Mesures de soutien à l'agriculture biologique mises en œuvre par différentes entreprises de distribution d'eau**

	Soutien du marché	Fermage des terres appartenantes à l'entreprise	Soutien par paiements directs aux surfaces	Conversion des exploitations appartenant à l'entreprise	Travail médiatique
Stadtwerke Augsburg	X		X		X
Stadtwerke Göttingen	X				X
Wasserwerke Leipzig	X		X	X	X
Stadtwerke München	X		X		X
Stadtwerke Osnabrück	X	X			X
Stadtwerke Regensburg	X	X	X		X
IG Weser	X				X
Zweckverband Zorneding			X		X
Stadtwerke Dortmund				X	X
Oldenburgisch - Ostfriesischer Wasserverband				X	X

Source: travail propre au projet, suivant données AGÖL u. BUND 1997 [407]

Tandis que certains distributeurs tels que la Stadtwerke Osnabrück ou de Regensburg, en arrivaient à **louer gratuitement leurs terres** à des agriculteurs les exploitant en mode biologique, d'autres comme la Stadtwerke Augsburg ou Leipzig ont payé lors de la conversion des exploitations des **primes de soutien** pendant plusieurs années. Les aides ont porté sur une période de 5 à 6 ans et pour un montant de 280 DM/ha (Wasserwerke Leipzig), 350 DM/ha (Stadtwerke Augsburg) à 650 DM/ha (Zweckverband Zorneding).

Alors qu'un soutien supplémentaire par des programmes publics étatiques (double encouragement) n'est pas possible en Saxe, celui-ci n'était pas écarté dans la région de Munich (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 89ff). A côté des aides liées à la surface, des aides financières ont aussi été garanties pour l'acquisition de machines telles que par ex. les herses étrilles.

Dans le domaine du soutien de la commercialisation il existe plusieurs cheminements : plusieurs entreprises ont soutenus la vente des produits biologiques dans leur propres restauration collective ou bien d'autres structures publiques telles que les hospitaux, les foyers de personnes âgées ou des cantines pour enfants. D'autres entreprises soutiennent des projets régionaux de commercialisation, comme par ex. le site de cure biologique de Bad Laer (Stadtwerke Osnabrück). La compagnie municipale de Göttingen a pour sa part passé un contrat d'analyse du marché et de la demande en produits agricoles biologiques.

Des **exploitations biologiques pilotes** comme la „Wassergut Canitz“ à Leipzig, le „Lettenhof“ et la „Ohler Mühle“ dans la région de Dortmund ou le „Projekt Ökologischer Landbau Thülsfelde“ du Landkreis Cloppenburg ont été soutenus par des entreprises de distribution de l'eau. Dans ces exploitations biologiques publiques ou appartenant aux entreprises distributrices d'eau, il ya un intensif travail de médiatisation et d'information. Des tableaux d'illustration et des voies d'enseignement ont été mis en place sur le thème de la protection de la nappe phréatique et de l'agriculture biologique s'adressant aussi bien à l'agriculteur qu'au consommateur. Toutes les entreprises d'approvisionnement en eau présentées indiquent supporter le travail de communication sur l'agriculture biologique en périmètres de captage protégés (AGÖL u. BUND 1997 [407], S. 89ff).

#### **d) Réussites**

Des données permettant de savoir si les soutiens systématiques à l'établissement de l'agriculture biologique en périmètres protégés permettent de réduire les teneurs en nitrates ne sont pas encore disponibles. La „Wasserwerke“ Leipzig est la seule à indiquer que cela améliorerait la qualité de l'eau distribuée. On pourrait alors renoncer à l'investissement en procédés de traitement des eaux pour l'élimination des nitrates. Les coûts du soutien des exploitations biologiques, (3 Pfennig = 10 centimes par m<sup>3</sup> d'eau potable) seraient reportés vers le consommateur. La Wasserwerke Leipzig prévoit de développer encore dans le futur la collaboration avec les exploitations biologiques (Wummel 1997 [414], S. 2; AGÖL u. BUND 1997 [407], S.100f).

Le syndicat des eaux de Oldenburgh-Ostfrieze indique un recul considérable de la charge en nitrates des eaux souterraines proches de la surface dans les écoulements des secteurs du projet. Ainsi, la concentration en nitrates à un point de mesure serait tombé de 125 mg/l en Octobre 1993 à 18 mg/l en Avril 1997 (AGÖL u. BUND 1997 [407], p. 100,106).

La région de captage des eaux de Mangfalltal, d'où l'on tire 80 % de l'eau distribuée à la ville de Munich, a été convertie en grande partie à l'agriculture biologique. Près de 70 % des surfaces utiles agricoles dans le périmètre de captage sont exploitées en agriculture biologique (AGÖL u. BUND 1997 [407], S.103ff).

A Göttingen, l'effort principal a été porté sur la commercialisation des produits bio. De nouvelles structures de commercialisation ont pu voir le jour. Il y a eu une bonne perception des nombreuses actions engagées auprès des consommateurs qui ont confirmé le chemin tracé. Dans le futur il est prévu de mettre en palce d'autres actions de soutien à la vente dans les commerces de la distribution alimentaire, le développement d'un guide bio ainsi qu'un programme d'éveil des enfants à l'environnement pour les écoles primaires.

Le Tableau 34 résume les réussites concernant la réduction des nitrates dans les eaux souterraines proches de la surface, l'extension des surfaces exploitées en agriculture biologique ou encore les actions de communication ou de commercailisation. Toutes les entreprises d'approvisionnement en eau se déclarent satisfaites des projets mis en place et ont l'intention une intensification dans le futur de leur programme de soutien.

**Tableau 34 : Réussites atteintes par les distributeurs d'eau à l'aide du soutien à l'agriculture biologique**

<b>Distributeur</b>	<b>Succès dus à l'aide du soutien à l'agriculture biologique</b>
Stadtwerke Augsburg	10 ha en périmètre de captage exploités en biologique ; établissement d'un fond commun de commercialisation
Stadtwerke Göttingen	Succès de la commercialisation des produits bio par le rassemblement de différentes institutions dans une initiative commune (nexus)
Wasserwerke Leipzig	1300 ha en périmètre de captage exploités en biologique
Stadtwerke München	70 % de la SAU (= 1.699 ha) du périmètre de captage Mangfalltal en agriculture biologique
Stadtwerke Osnabrück	54 ha en périmètre de captage exploités en biologique, réduction de la teneur en nitrates dans lessols et l'eau exploitée
Stadtwerke Regensburg	39 ha en périmètre de captage exploités en biologique
IG Weser	Mise en place réussie de nouvelles voies de commercialisation
Zweckverband Zorneding	100 ha en périmètre de captage exploités en biologique
Stadtwerke Dortmund	200 ha en périmètre de captage exploités en biologique
Oldenburgisch - Ostfriesischer Wasserverband	240 ha en périmètre de captage exploités en biologique; teneur en nitrates dans la nappe de surface en net recul, développement d'actions de (in)formation - conseil

Source : travail personnel, suivant données AGÖL u. BUND 1997 [407], S.89 ff

#### **4.5.2 Scénario : la conversion de l'agriculture du secteur de Weisweil à l'agriculture biologique**

##### **4.5.2.1 La réalité : amélioration de la qualité de l'eau de la commune de Weisweil par une agriculture conventionnelle respectueuse de l'environnement**

###### **a) La raison de l'assainissement**

Des concentrations de plus de 50 mg/l sont enregistrées au nord du Kaiserstuhl dans le secteur de la commune de Weisweil depuis le début des années 80 et les teneurs restent depuis constantes autour de 60 mg/l (Rohmann et Rödelsperger 1994 [445], S. 1; ALLB Emmendingen 1999). Le seuil de 50 mg/l établi par le décret sur l'eau potable du 22.05.1986 est donc dépassé en permanence si bien que la commune de Weisweil ne peut exploiter ses puits de captage qu'avec une dérogation exceptionnelle (conformément au § 4 du décret sur l'eau potable). Cette autorisation par dérogation provisoire a été liée entre autres à l'élaboration et la conduite d'un concept d'assainissement de l'eau. Pour le développement d'un concept d'agriculture permettant d'améliorer la situation de la qualité de l'eau souterraine et l'établissement d'un inventaire et des analyses nécessaires, la commune de Weisweil s'est adressée au centre de technologie de l'eau (DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)) de Karlsruhe.

L'ancien périmètre de captage protégé fut en 1993 porté de 7,5 ha à environ 553 ha. Les périmètres de protection I et II incluent dès lors environ 4 ha et la zone III a 211 ha et la zone III b 338 ha (Landratsamt Emmendingen 1995 [422], S.2). Pour l'assainissement, une zone cœur de l'action fut définie d'une dimension de 105 ha incluant les principaux secteurs bassins versants des eaux à protéger (Landratsamt Emmendingen 1995 [42], S.2).

## **b) description du site et objectifs d'assainissement**

Les surfaces exploitées en agriculture dans le périmètre de captage protégé sont principalement petites et les parcelles de plus de 1 ha sont des exceptions (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg 1996 [455]).

Au total, on retrouve plus de 100 agriculteurs pour les surfaces concernées par les périmètres de captages .

Les assolements dans le périmètre de captage de Weisweil ont été estimés au printemps 1995 par une enquête (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.8):

Maïs	ca. 50 %
céréales	ca. 25 %
tournesol	ca. 10 %
jachère	ca. 7 %
pomme de terre	ca. 4 %
pépinières	ca. 4 %

Les sols du périmètre de captages sont des Lehm sableux (AG Boden 1994, S. 301) et atteignent des capacités au champ en moyenne d'environ 330 mm pour un profil 0- 90 cm (Rohmann et Rödelsperger 1994 [445], S.17). La pluviométrie annuelle moyenn est d'environ 700 mm (Tableau 35). Le renouvellement annuel de la nappe atteint environ 160 mm (Rohmann et Rödelsperger 1994 [445], S.7).

**Tableau 35 : répartition mensuelle des précipitations moyennes sur les années 1984 à 1993 pour la commune Weisweil**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
mm	31	35	36	56	86	73	88	60	75	56	46	54	696

Quelle: Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]

Avant l'engagement de l'action d'assainissement, les sols étaient connus pour posséder des valeurs NO<sub>3</sub> élevées à l'automne. le Tableau 36 des résultats de mesures effectuées pour différents types de cultures.

**Tableau 36 : teneurs en nitrates en 1993 en périmètre de captage protégé avant l'action d'assainissement**

Profondeur	pépinières	Plante sar-clée	Mais	jachère	tournesol	céréales
0-30 cm	29	23	21	21	12	13
30-60 cm	65	24	22	k.A.	11	11
60-90 cm	131	24	25	k.A.	11	9
<b>0-90 cm</b>	<b>225</b>	<b>71</b>	<b>68</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>33</b>

Source : Rohmann und Rödelsperger 1994 [445]

Si l'on recoupe ces valeurs avec les estimations d'occupations des sols on retrouve une valeur pondérée moyenne de 60 kg N/ha pour l'horizon du sol 0-90 cm (Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.15). Cela conduit alors selon le modèle de calcul du lessivage Rohmann und Rödelsperger 1994 [445], S.18) et pour une vitesse de renouvellement de la nappe de 160 mm/an à une **concentration moyenne en nitrates de l'eau qui percole voisine de 75 mg/l**. La valeur seuil des 50 mg/l est donc largement franchie.

Pour l'assainissement de l'eau souterraine du secteur central défini il a été alors établie une valeur objectif de teneur en nitrates dans les sols à l'automne  $\leq 20 \text{ kg NO}_3/\text{ha}$ , correspondant à une concentration moy. de 25 mg/l dans l'eau de percolation (Nauwerck 1997 [463], Rohmann 1995 [447]).

La durée nécessaire à l'assainissement pour le retour à une valeur inférieure au seuil réglementaire a été estimée par le TZW de Karlsruhe à 8 à 11 ans (1998 [460] , S.6).

### **c) mesures d'assainissement et paiements compensatoires**

Dans les grandes lignes, les agriculteurs des 553 ha du périmètre de captage protégé de Weisweil durent respecter des règles analogues à celles édictées dans le cadre du décret SchALVO et qui sont appliquées pour tous les périmètres protégés du Bade-Wurtemberg. De plus il s'applique aussi les règles complémentaires qui prévalent pour la fertilisation azotée dans tous les périmètres protégés. Dans le cadre d'une action d'enquête conduite par l'administration („Intensiv-NID“), les valeurs des sols en nitrates ont été mesurées au printemps pour une série de parcelles afin de pouvoir adapter le niveau de fertilisation en azote à la minéralisation en azote du sol plus exactement.

De plus, pour les exploitations situées dans la zone cœur (105 ha) du programme d'assainissement, il est possible d'établir un contrat avec le Land de Bade-Wurtemberg. Pour les agriculteurs concernés, les règles suivantes s'appliquent alors :

**Règles SchALVO + mesures supplémentaires = rotations „assainissantes“<sup>2</sup>**  
(TZW Karlsruhe 1998 [460], Annexe 6)

---

<sup>2</sup> Il ne s'agit pas là de rotation pris au sens agronomique strict du terme mais plutôt d'orientations de parties des successions culturales et des pratiques culturales qui y sont liées

les successions culturales établies pour l'assainissement prévoyaient les mesures suivantes (TZW Karlsruhe 1998 [460], Anlage 8) :

- Pomme de terre demi-tardive, mise en palce de culture intermédiaires avec une préparation du sol limitée, pas de travail du sol en hiver, travail du sol et destruction de la C.I. au printemps avant semis d'une culture
- Betterave à sucre, pas de travail du sol en hiver, laisser les feuilles de betterave en place, travail du sol au printemps avant semis d'une culture
- Variété précoce de maïs, culture intermédiaire gélive (moutarde, orge de print.), pas de travail du sol, travail du sol au printemps avant semis d'une culture, si possible semis sous mulch
- Variété de maïs précoce avec semis sous couvert de C.I. (ray-grass), pas de travail du sol en hiver, travail du sol et destruction de la C.I. au printemps avant semis d'une culture
- Variété précoce de maïs, culture intermédiaire résistante au gel (navette), pas de travail du sol en hiver, travail du sol et destruction de la C.I. au printemps avant semis de la culture suivante
- Travail du sol si possible avec le minimum de passages

Respecter :

- Apport de lisier uniquement comme fumure stater raisonnée et sur un couvert végétal poussant
- La date la plus précoce de travail du sol au printemps est le 15 février. Il convient aussi de s'assurer que le travail du sol n'intervient pas avant plus de 4 semaines avant le semis envisagé de la culture de printemps (Landratsamt Emmendingen 1998 [457])

Pour la mise en place de la succession culturale assainissante, l'agriculteur obtient une **compensation financière** particulière pour les handicaps économiques subits, à la condition qu'il ne perçoive rien dans le cadre de SchALVO. (= 310 DM/ha par an).

Les aides financières prévues dans le cadre d'adhésion à des mesures du programme MEKA restent par contre inchangées et attribuées sans lien avec les mesures spéciales du contrat d'assainissement mis en place.

Le **montant du contrat de base pour l'assainissement** a été fixé à 350 DM/ha. Les contraintes économiques occasionnées par le respect du contrat sont évaluées chaque année par une commission d'estimation (composée de représentants du TZW de Karlsruhe, du bureau de l'agriculture, du Regierungspräsidium et du BLHV) et sont indemnisées par le Land Bade-Wurtemberg.

La compensation forfaitaire qui est fixée chaque année est calculée comme suivant :  
compensation forfaitaire = contrat de base + mesures économiques + influence variétale

A titre d'exemple, le calcul en 1998 pour la variété de maïs HELIX de la compensation forfaitaire a été conduit ainsi :

Contrat de base d'assainissement	350 DM
Fertilisation dans le rang du semis	30 DM
Binages supplémentaires	25 DM
Contraintes de récolte (pesée, enregistrement)	40 DM
Compensation due à la variété	275 DM
<hr/>	
Compensation globale (HELIX)	720 DM

La réduction de rendement due à la culture d'une variété précoce de maïs par rapport à une variété tardive est évaluée sur une surface de comparaison située en périmètre de capatage protégé (WSG) vis à vis d'une variété tardive. En 1998, la différence estimée atteignait 12 q/ha qui conduisait à la compensation variétale de 275 DM/ha (IfUL 1999).

Au lieu d'une compensation forfaitaire il peut être aussi garanti une compensation spécifique à l'exploitation. Pour cela l'agriculteur doit produire des preuves (bulletins de pesées) sur les rendements atteints de ses variétés précoces et tardives, les prix obtenus et les frais de séchage (Kansy 1998 [468]. La compensation spécifique est donc synonyme pour l'agriculteur de plus d'efforts et de temps passés.

**De cette manière, les dispositions concernant les modalités d'exploitation dans la zone coeur du secteur protégé ont fait l'objet en 1998 d'un règlement aux agriculteurs d'un montant total de 111 000 DM par le land (1997 = 56 000 DM).**

#### **d) Evolution de l'assainissement dans les années 1995 - 1997**

Pendant l'assainissement, il n'y a pas eu de transformations notables au niveau de l'assolement dans le périmètre de captage protégé. Seule la surface en tournesol (1993 encore environ 10 % de la SAU) fut presque totalement écartée. Le maïs avec 61 % de la SAU continue d'être la culture prépondérante suivie par les céréales à paille avec 18 % de la SAU (Tableau 37).

**Tableau 37: assolement en périmètre protégé à Weisweil en moyenne des années 1995 et 1996**

<b>Culture</b>	<b>Surface [ha]</b>	<b>Surface [%]</b>
Mais	338,5	61,2
céréale	97,1	17,6
jachère	30,8	5,6
Pomme de terre	19,2	3,5
pépinières	14,0	2,5
arboriculture	13,2	2,4
paturages	12,5	2,3
particuliers	27,5	5,0
<b>TOTAL</b>	<b>552,7</b>	<b>100</b>

Source : calcul personnel IfUL 1996 [442] et IfUL 1997 [435]

A partir de 1996, toutes les mesures d'assainissement ont été appliquées : décret sur les périmètres de captage protégés avec service intensif de calcul de la fertilisation azotée (NID) dans toute le périmètre de captage et de manière complémentaire la conclusion des contrats d'assainissement dans la zone coeur de l'opération d'assainissement. Dans cette dernière zone, les teneurs en nitrates d'après récolte furent en 1996 et 1997 nettement inférieures à celles rencontrées habituellement dans les périmètres de captage protégés (Tableau 38). L'objectif de 20 kg N/ha a été déjà presque atteint dans la zone coeur de l'opération pour les surfaces en plantes sarclées et en céréales ou bien dépassé (Tableau 39). Par contre, les valeurs en nitrates restèrent encore nettement au dessus de cette valeur objectif pour les surfaces en maïs.

**Tableau 38 : teneurs moyennes en nitrates après récolte (kg N/ha) dans le périmètre de captage Weisweil**

Année	Reliquats nitrates en kg N/ha					
	Zone cœur opération		Reste périmètre protégé		total périmètre prot.	
	Ø	davon Mais	Ø	davon Mais	Ø	dont Mais
1995	35	39	43	45	42	44
1996	22	27	36	36	33	34
1997	28 (24)	33 (27)	46	47	41	43
1998	21 (20)	24 (21)	39	43	35	38
Ø 1996-98	24	28	40	42	36	38

- Werte in ( ) = Vertragsflächen. 27 von 32 Landwirten in der Kernsanierungszone haben z. B. 1997 Sanierungsverträge abgeschlossen.
- 1995: erstes Jahr mit „Intensiv-NID“. Die neue WSG-Verordnung tritt im Dezember 1995 in Kraft.
- 1996: zweites Jahr mit „Intensiv-NID“ und erstes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1997: drittes Jahr mit „Intensiv-NID“ und zweites Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1998: viertes Jahr mit „Intensiv-NID“ und drittes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen

Quelle: Eigener Entwurf, nach TZW Karlsruhe 1998 [460] und Kansy 1999 [557]

**Tableau 39 : teneurs moyennes en nitrates après récolte (kg N/ha) dans la zone cœur de l'opération d'assainissement**

profil	Reliquats nitrates en kg N /ha											
	Cult. sarclée			Mais			céréales			Valeur moy. globa-		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
0-30 cm	18	8	9	15	8	11	11	6	7	13	7	10
30-60 cm	17	8	9	13	10	13	10	9	6	12	9	10
60-90 cm	16	6	4	11	9	9	6	5	2	10	7	7
0-90 cm	51	22	22	39	27	33	27	20	15	35	22	27

- 1995: erstes Jahr mit „Intensiv-NID“. Die neue WSG-Verordnung tritt im Dezember 1995 in Kraft.
- 1996: zweites Jahr mit „Intensiv-NID“ und erstes Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen
- 1997: drittes Jahr mit „Intensiv-NID“ und zweites Jahr mit WSG-Verordnung + Sanierungsverträgen

Quelle: Eigener Entwurf, nach TZW Karlsruhe 1998 [460]

#### 4.5.2.2 Le scénario : assainissement de l'eau distribuée à Weisweil par l'agriculture biologique ?

Dans la suite du document, on a cherché à estimer sous la forme d'un scénario fictif, en quoi le passage à l'agriculture biologique sur le périmètre de captage protégé de Weisweil serait une mesure appropriée d'assainissement de la nappe. Pour ce faire, tout d'abord quatre rotations types ) ont été dressées pour des exploitations sans élevage du Rhin supérieur (Aperçu 2. Toutes les quatre ont une part en légumineuses de 1/6 ainsi qu'en trèfle-graminée pour jachère. Deux rotations (A et B) sont élaborées pour des sites pour lesquels la destruction du trèfle-graminée peut s'envisager au printemps avec relativement peu de problèmes (sols légers). Deux autres rotations ont été pensées pour des sols riches en argile ou des sols mal drainés, pour lesquels un retournement au printemps du trèfle-graminée conduirait à des problèmes de structure.

Alors que les rotations A et C ne contiennent que des cultures classiques, d'autres cultures particulièrement intéressantes sur le plan économique sont présentes, comme la pomme de terre et le soja pour la rotation B et le maïs grain pour la rotation D.

Les cultures de légumineuses trèfle-graminée, féverole et associations de légumineuses et autres espèces en cultures intermédiaires fixent - selon les capacités à fixer l'azote atmosphérique présentées dans les tableaux 10 et 11 dans le chapitre 4.2.1 - suffisamment d'azote pour garantir l'approvisionnement à long terme en azote des cultures de la rotation A et C. pour les rotations B et D, il convient de prévoir à long terme un achat de 16 kg N/ha (tableau 40) via des engrais organiques (fumier bovin, compost communal, engrais organique du commerce). Sur la base du cadre d'estimation des valeurs de quantités d'azote minéral présentes à l'entrée de l'hiver (Aperçu 1 dans le chapitre 4.34), on peut estimer le potentiel de lessivage en nitrates des rotations considérées, dans lesquelles pour chaque culture et par rattachement pour chaque rotation, les quantités moyennes d'azote minéral peuvent être calculées pour le profil du sol (tableau 40). Les rotations prises en considération conduiraient à des quantités moyennes d'azote minéral d'entrée hiver qui en moyenne des rotations serait entre 26 kg N/ha (rotation A) et 36 kg N/ha (rotation B). Il est à remarquer que pour le calcul de ces valeurs on a aussi pris en compte la non réussite des cultures intermédiaires (postulats du tableau 40)

Sous l'hypothèse que les rotations A à D soient appliquées chacune à 25 %, le rapport entre les différentes cultures deviendrait alors pour le périmètre protégé de Weisweil (tableau 41) proche de la situation réelle de l'assolement en agriculture biologique du Rhins supérieur. Sous ces conditions d'un **scénario d'agriculture biologique**, il y aurait en moyenne de l'année une **quantité d'azote minéral  $N_{\min}$**  avant hiver de **32 kg N/ha (tableau 42)**. Cette valeur estimée reste au dessus de la valeur  $N_{\min}$  de 24 kg N/ha trouvée dans la zone cœur de l'action d'assainissement en moyenne des années 1996 à 1998 et en dessous de la valeur trouvée dans le reste du périmètre protégé de Weisweil de 40 kg N/ha sur la même période (Tableau 42).

Le scénario d'agriculture biologique proposé pourrait donc conduire à une concentration en nitrates de l'eau filtrante de 40 mg/l si les conditions introduites dans le chapitre précédent 4.5.2.1 par Rohmann sont prises pour base de calcul.

**Ainsi, le scénario d'une agriculture biologique à Weiweil de part sa vitesse à renouveler la qualité de l'eau souterraine sensiblement plus faible serait à présenter comme un système d'exploitation des sols agricoles respectueux de la nappe plutôt qu'un système assainissant la nappe.** Pour des lieux plus riches en pluviométrie comme Rheinfeldten (chapitre 4.3.2), ce système pourrait en revanche être considéré comme approprié. Il conviendrait alors de réfléchir dans le cadre des mesures de protection de l'eau prévues par SchALVO.

De plus, afin d'arriver à obtenir des résultats aussi bons que dans les zones cœurs des actions d'assainissement, on pourrait sans doute encore développer un scénario d'agriculture biologique encore plus optimisé pour la protection de l'eau souterraine.

**Tableau 40 : rotations typiques en agriculture biologique pour le Rhin supérieur : sol-des des bilans en azote et potentiel de lessivage en nitrates**

	<b>rotation A</b>	<b>rotation B</b>	<b>rotation C</b>	<b>rotation D</b>
Sites (sols)	légers	legers	lourds	lourds
particularités	Rotation classique de cultures-graines	Rotation cultures-graines avec PdT et Soja	Rotation classique	Rotation cultures-graines avec maïs grain
N-Export [kg/ha x Jahr]	54	53	62	69
N-Import par Légumineuses [kg/ha x an]	53	37	58	53
N-Import par engrais achetés [kg/ha x an]	0	16	0	16
N-Bilan-Solde [kg/ha x an]	-1	0	-4	0
<b>Valeur moy. entrée hiver N<sub>min</sub> du profil [kg N/ha]</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>33</b>
<b>Postulats :</b>				
<b>N<sub>min</sub></b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung des Vorwinter-N<sub>min</sub>-Wertes nach Übersicht 1 in Kapitel 4.3.4</li> <li>• In zwei von zehn Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Getreide nicht.</li> <li>• In einem von 10 Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Ackerbohnen nicht (weder Unter- noch Stoppsaat).</li> <li>• In fünf von zehn Jahren gelingt die Zwischenfrucht nach Kartoffeln nicht.</li> </ul>				
<b>Nährstoffbilanzen</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf schwereren Standorten wird der langjährige Durchschnittsertrag von Ökobetrieben am Oberrhein erzielt (vgl. Kap. 4.4.1); auf den leichteren Standorten werden 90 % des Durchschnittsertrages erzielt.</li> </ul>				
<b>N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen</b> Berechnung nach Tableau 10 und Tableau 11 in Kapitel 4.2.1				

Quelle: Eigener Entwurf

En faisant abstraction des mises en place de cultures intermédiaires plus conséquentes, il s'agit pour un scénario d'agriculture biologique des pratiques habituelles mises en œuvre en agriculture biologique. C'est d'autant plus intéressant à remarquer que les autres mesures conventionnelles de protection de la nappe sont corrélatées avec des coûts élevés comme pour les compensations SchALVO, les compensations des actions d'assainissement, l'intensification du recours à NID (service de calcul de la fertilisation azotée) ou le recours à des conseillers spécialisés pour les périmètres de captage. Le scénario agriculture biologique serait un système bon marché de protection à grande échelle de la nappe qui pourrait être développé dans les exploitations pauvres ou sans élevage de la plaine du Rhin supérieur, à la condition d'avoir des marchés à capacité suffisante pour les produits biologiques.

## **I. Sols légers (retournement du trèfle-graminée possible au printemps)**

### **Rotation A : cultures à battre**

1. Jachère avec trèfle, destruction au printemps
2. Avoine avec C.I. Phacelia
3. Blé d'hiver avec C.I. Phacelia
4. Féverole avec semis sous couvert de ray-grass anglais
5. Seigle avec C.I. fait d'un mélange légumineuses et autres espèces
6. Orge de printemps avec trèfle-graminée (laissé en place l'année suivante)

### **Rotation B : cultures à battre et pomme de terre + soja**

1. Jachère avec trèfle, destruction au printemps
2. Pomme de terre avec C.I.
3. Seigle avec C.I. Phacelia
4. Soja
5. Blé hiver avec C.I. fait d'un mélange légumineuses et autres espèces
6. Orge de print. avec C.I. trèfle-graminée (laissé en place l'année suivante)

**Achat** de 16 kg d'azote par ha et par an sous forme d'engrais organiques et apport avant tout sur pomme de terre

## **II. Sols lourds (retournement du trèfle-graminée défavorable au printemps)**

### **Rotation C : cultures classiques à battre**

1. Jachère avec trèfle, destruction fin oct./début nov.
2. Blé hiver avec C.I. fait d'un mélange légumineuses et autres espèces
3. Orge de print. avec C.I. Phacelia
4. Féverole avec semis sous couvert de ray-grass anglais
5. Seigle avec C.I. fait d'un mélange légumineuses et autres espèces
6. Orge de print. avec C.I. trèfle-graminée (laissé en place l'année suivante)

### **Rotation D : cultures classiques à battre et maïs grain**

1. Jachère avec trèfle, destruction en nov. ou décembre
2. Maïs grain
3. Orge de print. avec C.I. Phacelia
4. Féverole avec semis sous couvert de ray-grass anglais
5. Blé hiver avec C.I. fait d'un mélange légumineuses et autres espèces
6. Orge de print. avec C.I. trèfle-graminée (laissé en place l'année suivante)

**Achat** de 16 kg d'azote par ha et par an sous forme d'engrais organiques et apport avant tout sur maïs grain

---

**Tableau 41 : rapports entre les soles des différentes cultures en périmètre protégé à Weisweil en exploitation en agriculture biologique et pour une application équilibrée des quatres rotations A à D de l'aperçu 2**

Rapport entre cultures en Ø des rotations A à D	%
Céréale	58,3
Protéagineux	16,7
Jachère	16,7
Mais grain	4,2
Pomme de terre	4,2

**Tableau 42 : quantité d'azote minéral  $N_{\min}$  à l'entrée de l'hiver en périmètre protégé de Weisweil. Comparaison du scénario agriculture biologique avec les autres résultats.**

Système d'exploitation	Valeurs $N_{\min}$ entrée hiver dans le profil [kg N/ha]
Scénario agriculture biologique (Ø A à D)	32
Zone cœur de l'action d'assainissement Weisweil (Ø 1996-98)	24
Reste du périmètre protégé Weisweil (Ø 1996-98)	40

## 5 RESUME

### Objectifs

On cherche à optimiser le management de l'azote des exploitations pauvres en (ou sans) animaux en agriculture biologique afin d'améliorer leurs performances économiques et en même temps de réduire encore les risques de lessivage de nitrates vers la nappe phréatique.

Dans le cadre du travail, on s'intéresse également à l'intérêt de convertir l'agriculture de tout un périmètre de captage protégé à l'agriculture biologique pour améliorer la qualité de l'eau souterraine.

### Méthodes

Il a été tout d'abord exploité les données disponibles sur la région d'étude. On a de plus travaillé sur la base de données enquêtées et enregistrées sur 10 exploitations badoises et six exploitations alsaciennes au niveau des importations et des exportations, des conditions agro-climatiques, du travail du sol, de la fertilisation et des rendements, puis on a établi des bilans à l'échelle de l'exploitation pour les principaux éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore et le potassium.

Dans des essais réalisés en accompagnement dans le cadre du projet, on a pu testé l'effet des cultures intermédiaires et des apports de fertilisants organiques sur les rendements des cultures suivantes et la dynamique de l'azote du sol. Les pertes en nitrates ont été calculées pour une rotation type et pour deux périodes hivernales différentes. A partir de l'exploitation systématique des sources bibliographiques et des résultats obtenus dans les essais conduits dans le cadre du projet, il a été réalisé une grille d'estimation des valeurs moyennes de reliquats d'azote minéral. Cette grille est utilisée dans l'exemple du périmètre de captage protégé de Weisweil. Le scénario de la conversion du périmètre protégé à l'agriculture biologique est comparé au train de mesures mis en place pour la réduction de la teneur en nitrates de la nappe.

### Résultats

1. Malgré des conditions naturelles voisines, l'agriculture biologique est plus ou moins développée dans les régions Bade-sud (D), Alsace (F) et la Suisse du nord-ouest. Ces différences s'expliquent principalement par :
  - la part des surfaces exploitées en agriculture biologique (CH>D>F)
  - le degré de soutien étatique par l'intermédiaire de primes (CH>D>F)
  - et la différence de prix entre les produits bio et les conventionnels (D>F>CH)
2. Si le bilan en azote à l'échelle de l'exploitation est équilibré en règle générale pour les exploitations badoises, on a par contre mis en évidence des soldes positifs des bilans des exploitations alsaciennes d'environ 80 kg N/ha. Il est urgent que ces exploitations qui ont recours régulièrement à l'importation d'engrais organiques révisent leur pratiques de fertilisation.
3. Dans les résultats des essais conduits suivant une rotation en agriculture biologique sans animaux, il a été observé (en moyenne des variantes testées et des deux années d'étude) un lessivage en azote en dessous des racines de 10 kg N/ha. D'autres auteurs ont trouvé dans les conditions de l'agri-bio des lessivages de 20 à 28 kg N/ha. La faible perte en azote par lessivage enregistrée dans le site de Müllheim (D) est plausible car différentes pratiques positives pour l'environnement ont été mises en œuvre : retournement tardif du couvert Trèfle-graminée, mise en place systématique de cultures intermédiaires, renon-

cement à la culture de pomme de terre et de légumes, pas d'emploi de fertilisants organiques et travail du sol seulement en sortie d'hiver ou au printemps.

4. Il a été réalisé une grille d'estimation des valeurs moyennes en reliquats azotés à l'entrée d'hiver en conditions d'agriculture biologique en fonction des cultures et des techniques culturales. Grâce à cette base de références, on peut estimer les valeurs de reliquats azotés qui s'établissent à l'entrée de l'hiver en conditions d'agriculture biologique en moyenne de plusieurs années et pour une grande région. Pour une région considérée, en tenant compte des conditions agro-climatiques et en prenant pour base la grille d'estimation des valeurs de reliquats azotés, on peut évaluer quelle serait la contribution d'un système de production biologique pour la protection de la qualité de l'eau souterraine. La grille représente aussi un outil au service des exploitations qui peuvent individuellement évaluer les effets à long terme de leurs techniques culturales sur l'efficacité de l'azote dans leur système.
5. L'hypothèse d'une conversion à l'agriculture biologique de l'ensemble des exploitations du périmètre de captage protégé de Wesweil (D) en utilisant la grille de références établies, conduit à une valeur de reliquat azoté d'entrée d'hiver de 32 kg N/ha. Le scénario de passage collectif à l'agriculture biologique est donc à considérer comme favorable à la qualité de la nappe mais pas comme un système permettant d'assainir rapidement l'eau souterraine à cause d'une vitesse de renouvellement de la nappe comparativement plus lente.
6. La valeur estimée de 32 kg N/ha dans le cas du scénario de l'agriculture biologique reste au dessus de la valeur de 24 kg N/ha obtenue en moyenne des années 1996-1998 dans la zone d'assainissement au coeur du périmètre de captage mais au dessous de la valeur de 40 kg N/ha trouvée sur la même période en moyenne dans le périmètre de captage protégé de Weiweil. Il serait intéressant de faire mieux que les mesures introduites actuellement par SchALVO et de réfléchir aux pratiques qui permettraient au scénario „agriculture biologique“ d'être encore optimisé pour ce qui est de la protection de l'eau et d'atteindre ainsi les résultats obtenus dans les zones d'assainissement.
7. Les mesures conventionnelles de protection de l'eau souterraine qui sont conduites dans les zones d'assainissements des périmètres de captage protégés, telle celle de Weisweil ont un coût élevé : compensations SchALVO, compensations d'assainissement, les coûts de la méthode NID et ceux des conseillers mobilisés. L'agriculture biologique serait au contraire un instrument bon marché de protection à grande échelle de la qualité de l'eau et un système d'exploitation adapté pour les exploitations sans élevage de la plaine rhénane, à la condition que le marché existe réellement pour les produits biologiques.

## 6. Bibliographie

- AG Boden, 1994:** Bodenkundliche Kartieranleitung 1994 der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AGÖL und BUND, 1997 [407]:** Wasserschutz durch Ökologischen Landbau - Leitfaden für die Wasserwirtschaft. Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V..
- Agrarstatistik Schweiz, 1997 [548]:** Kantonale Agrarstatistiken der Kantone Baselland, Aargau, und Solothurn.
- ALLB Emmendingen, 1999:** Protokoll über die Feldbegehung durch das Wasserschutzgebiet Weisweil am 14.07.1999. Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur, Emmendingen.
- ALLB Emmendingen, 1996 b [454]:** Nitrat-Informationen-Dienst (ausgefüllte Erhebungsbögen für die Untersuchung). Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur, Emmendingen.
- Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (Hrsg.), 1996 [526]:** Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. SÖL-Sonderausgabe Nr. 17, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.
- Aufhammer A., A. Fiegenbaum und E. Kübler, 1994 [211]:** Zur Problematik der Stickstoffrückstände von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Die Bodenkultur, 45 und 46.
- Bach, M., 1993 [164]:** Stickstoff-Bilanz nach PARCOM-Richtlinien für die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland (westl. Länder) bzw. im Rhein-Einzugsgebiet (deutscher Teil). Hrsg.: Institut für Landeskultur, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Bachinger, J., 1996 [312]:** Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (min., org., bio.-dyn.) auf die zeitliche Dynamik und räumliche Verteilung von bodenchem. und -mikrobiolog. Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Schriftenreihe Inst. f. biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt, Band 7.
- Berendonk, C., 1998 [485]:** Maisanbau im ökologischen Landbau. mais, 26. Jg. (4), 144-146.
- Berg, M., G. Haas und U. Köpke, 1997 [201]:** Wasserschutzgebiete: Vergleich des Nitrataustrages bei Organischem, Integriertem und konventionellem Anbau. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn., 28-34.
- Berg, M., Haas, G. und U. Köpke, 1997 [418]:** Wasserschutzgebiete: Vergleich des Nitrataustrages bei Organischem, Integriertem und Konventionellem Ackerbau. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele., 28-34.
- Berg, M., Haas, G. und U. Köpke, 1999 [480]:** Flächen- und produktbezogener Nitrataustrag bei Integriertem und Organischem Landbau in einem Wasserschutzgebiet am Niederrhein. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 239-242.
- Bergersen, F. J., G. L. Turner, R. R. Gault, D. L. Chase und J. Brockwell, 1985 [311]:** The Natural Abundance of  $^{15}\text{N}$  in an Irrigated Soybean Crop and its Use for the Calculation of Nitrogen Fixation. Austr. J. Agric. Res., 36, 411-423.
- Berner, A., D. Scherrer und T. Alföldi, 1997 [199]:** Stickstoffeffizienz von unterschiedlich aufbereiteten Misten in einer Ackerfruchtfolge auf Lößlehm. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn., 136-142.
- Berner, A., Heller, S. und P. Mäder, 1999 [477]:** Nährstoffbilanzen im biologischen Landbau. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 226-229.

- Besson, J.-M., E. Spiess und U. Niggli, 1995 [155]:** N Uptake in Relation to N Application during Two Crop Rotations in the DOC Field Trial. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture., 69-75.
- BGW, 1995:** Jahrbuch Gas und Wasser '95/96. Herausgegeben vom Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserversorgung, R. Oldenbourg Verlag München.
- Bioland und Ökoring Niedersachsen, 1995 [409]:** Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover. Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen (Hrsg.).
- Boller, B., 1988 [107]:** Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiss- und Rotklee unter Feldbedingungen. Landwirtschaft Schweiz, 1/4, 251-253.
- Boller, B.C. and J. Nösberger, 1987 [68]:** Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of 15N-fertilization. Plant and Soil, 104, 219-226.
- Bonin, G. von, 1998 [512]:** Rapsöl für Feinschmecker. bio-land, 1/98, 16.
- Brandhuber, R. und U. Hege, 1992 [22]:** Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Ackerschlägen des ökologischen Landbaus. Landwirtschaftliches Jahrbuch, 69/1, 111-119.
- Brandhuber, R. und U. Hege, 1991:** Nitratbelastung des Sickerwassers unter Acker- und Grünlandnutzung viehhaltender Betriebe. In: VDLUFA-Kongreßband 1991, 203-208.
- Brunner, H., F.X. Maidl und E. Stickel, 1996 [26]:** Ansätze zur Verbesserung des flächendeckenden Grundwasserschutzes in Bayern auf der Grundlage standortspezifischer Boden- und Klimabedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 187-188.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 1996 [533]:** Die neue Düngeverordnung.
- Claupein, W., 1994 [195]:** Zwischenfruchtanbau und Untersaaten zur Verminderung des Stickstoffaustrages - Möglichkeiten und Grenzen. KTBL 1994, 51-60.
- Dabbert, S., 1990 [57]:** Betriebswirtschaftliche Beurteilung alternativ bewirtschafteter Betriebe. Agrarwirtschaft, 39/2, 30-37.
- Dambroth, M. und T. Forche, 1993 [61]:** Einfluß der Begrünung von Stilllegungsflächen auf die Nitratkonzentration im Bodenwasser. Landbauforschung Völkenrode, 43/4, 204-210.
- Debruck, J., 1997 [167]:** Alternativ und konventionell im Vergleich. Was verschiedene Anbau- und Fruchtfolgesysteme leisten. dlz, 6, 32-34.
- Debruck, J., 1997 [472]:** Wie wirken Vinasse, Expeller, Hornspäne und Co? dlz, 6, 35-37.
- Debruck, J., 1981 [230]:** Der Einfluß der Fruchtfolge auf die Bodenfruchtbarkeit. Die Bodenkultur, 32, 207-225.
- Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, AG Bodennutzung in Wasserschutz- und -schongebieten (Hrsg.), 1992 [19]:** Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft.
- DSF, 1989:** Protokoll von der Mitgliederversammlung des Deutschen Sojaförderings 1989 am 09.12.1989 in Karlsbad/Langensteinbach
- Eltun, R., 1990 [154]:** Comparison of Nitrogen Leaching in Ecological and Conventional Cropping Systems. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 103-114.
- FAC: Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene und FiBL, Oberwil, (Hrsg.), 1995 [216]:** DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode.

- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [1]:** Die Nitratdynamik gezielt beeinflussen. bio-land, 5, 24-25.
- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [45]:** Nitratdynamik nach Klee grasumbruch auf verschiedenen Standorten. Langfassung bio-land-Artikel, 5.
- Faßbender, K., J. Heß und H. Franken, 1993 [300]:** Sommerweizen - grundwasserschonende Alternative zu Winterweizen auf leichten Böden - N-Dynamik, Ertrag und Qualität. Uli Zerger (Hrsg.): Forschung im ökologischen Landbau, SÖL-Sonderausgabe Nr. 42, 139-144.
- Feige, W. und R. Röthlingshöfer, 1990 [60]:** Nitratauswaschung aus zwei unterschiedlich bewirtschafteten Ackerböden. Kulturtechnik und Landentwicklung, 31, 89-95.
- FH Osnabrück, Fachbereich Agrarwissenschaften, Studiengang Landwirtschaft (Hrsg.), 1997 [493]:** Ergebnisberichte 1997, 91-114.
- FiBL, 1998 [544]:** Erarbeitung von Maßnahmen zur Reduktion von Nitratauswaschungen ins Grundwasser durch Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft im Klettgau. Vorstudie 1988, Teil 1: Pflanzenbau. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick.
- FiBL, 1997:** Forschungsinstitut für biologischen Landbau, diverse Preiserhebungen 1994-1997.
- Fiegenbaum, A., 1993 [299]:** Die Wirkung pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Stickstoffdynamik im System Boden-Pflanze nach Ackerbohnen. Dissertation Universität Hohenheim.
- Fisel, T. und G. Lang, 1997 [98]:** Wenn Ackerbaubetriebe auf Öko-Landbau umstellen. BLW, 47, 32-34.
- Fleischer, H., 1996 [410]:** Das Gut Canitz der Wasserwerke Leipzig. Lebendige Erde, 47. Jahrg., 5/1996, 313-317.
- Foerster, P. und A. Meyercordt, 1994 [228]:** Stickstoff-Dynamik nach Klee grasumbruch. Ökologie & Landbau, 92, 50/51.
- Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (Hrsg.), o.J. [509]:** Beratungsordner Biolandbau, Bioberatungszentrale FiBL, CH-5070 Frick.
- Franzmann A. und U. Ebert, 1996 [487]:** Höhere Gewinne durch Umstellen auf Öko-Landbau? top agrar, 11/96, 30-34.
- Frei Ming, U., T. Candinas und J.-M. Besson, 1997 [97]:** Kompost - ein wertvoller Dünger und Bodenverbesserer. Agrarforschung, 4/11-12, 463-466.
- Freyer, B. und C. Pericin, 1996 [138]:** Nährstoffhaushalt in biologisch bewirtschafteten Betrieben. Agrarforschung, 3 (1), 29-32.
- Friedel, J. K., E. Dierenbach und D. Gabel, 1997 [143]:** Öko-Äcker sind umsatzaktiver und können Stickstoff effizienter speichern. Ökologie & Landbau, 3, 14-15.
- Furrer, O. J. und W. Stauffer, 1986 [227]:** Stickstoff in der Landwirtschaft. Sonderdruck aus Gas-Wasser-Abwasser, 66(7), 460-472.
- Gabel, D., J. K. Friedel und K. Stahr, 1997 [226]:** Die Stickstoffmineralisierung im Ökologischen Landbau - Ein Vergleich zwischen Messungen in situ und unter Laborbedingungen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.
- Germeier, C. U., 1997 [495]:** Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen- und Kräuterbeisaaten. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele., 288-294.
- Germeier, C. U., 1999 [515]:** Weitreihenverfahren und Lebendmulch - neue Anbaukonzepte für den ökologischen Landbau? Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 82-85.

**Görlitz, H. und F. Asmus, 1978 [223]:** Einfluß organischer und mineralischer Düngung auf Pflanzenertrag und Stickstoffausnutzung auf einer Tieflehm-Fahlerde. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin, 22, 109-129.

**Görlitz, H. und F. Asmus, 1991 [225]:** Stickstoffdynamik und -wirkung von Stallmist- und Gülledüngung auf diluvialen sandigen Böden. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1991, 33, 164-169.

**Götze, K., 1997 [412]:** Ökologische Bewirtschaftung des Wassergutes Canitz mit dem Ziel des Trinkwasserschutzes. In: Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.

**Granstedt, A., 1995 [21]:** The mobilization and immobilization of soil nitrogen after green-manure crops at three locations in Sweden. In: Cook, H.F., H.C. Lee (Eds.): Soil Management in Sustainable Agriculture, Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Agriculture Wye College, Universität of London, 31 August to 4 September 1993, 265-275.

**Granstedt, A., 1992 [153]:** Case Studies on the Flow and Supply of Nitrogen in Alternative Farming in Sweden. I. Skilleby.Farm 1981-1987. In: A B Academic Publishers (Eds.): Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 9, 15-63.

**Gruber, H., 1994 [520]:** Wie wirtschaftlich ist Sommergetreide im ökologischen Landbau? Landpost, 24.12.1994, 82/83.

**Gruel, A., 1999 [513]:** Getreideprojekt Bioland Baden-Württemberg Rundbrief, 1/99, 8/9.

**Grundmann, J., 1986 [218]:** Einfluß langjähriger konventioneller und biologisch-dynamischer Bewirtschaftung sowie differenzierter Bodenbearbeitung auf den Humuskörper einer Rendzina (Schwäbische Alb, Enzmad) während der Vegetationsperiode der Feldfrucht Hafer. Diplomarbeit, Inst. f. Bodenkunde und Standortlehre, Universität Hohenheim, Prof. Otto.

**Haas, G., 1999 [482]:** Stickstoffeffizienz von Winterweizen: Sortenwahlkriterium im Organischen Landbau? Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 513-516.

**Haas, G. und L. Kramer, 1995 [514]:** Ölsaaten im Organischen Landbau: Perspektiven in Anbau und Ökonomie Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 209-212.

**Haas, G., M. Berg und U. Köpke, 1998 [552]:** Grundwasserschonende Landnutzung. Verlag Köster, Berlin.

**Häflinger, M. und J. Maurer, 1996 [492]:** Umstellung auf Biolandbau - Motivation und Hemmnisse. Agrarforschung, 3 (11-12), 531-534.

**HAMPL, U., 1998 [521]:** Die Bodenlebewesen gut im Futter halten. BW agrar, 24/1998, 13/14.

**Hartmann, C. und R. Aldag, 1989 [221]:** N<sub>2</sub>-Fixierung und Ertragsstruktur der Weißen Lupine (*lupinus albus* L.) im Vergleich zu *Vicia faba* L und *Glycine max* (L.) Merr. auf verschiedenen Standorten. J. Agronomy & Crop Science, 63, 201-211.

**Hauser, S., 1987 [220]:** Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation, FB Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.

**Heckemeier, K. Homburg, M. Stubbe, B. Schmidtke, K. und R. Rauber, 1999 [481]:** Einfluß des Umbruchtermines von Rotklee-Grünbrache auf Kenngrößen des Boden-N-Haushaltes sowie Sproß- und Wurzelwachstum von vier Kartoffelsorten unterschiedlichen Reifezeitpunktes. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 492-495.

**Heldt, S. und K.-J. Hülsbergen, 1997 [413]:** Untersuchungen zum Humus- und Nährstoffhaushalt im Wassergut Canitz - Forschungskonzept und erste Ergebnisse. In:

Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.

**Heldt, S., Hülsbergen, K.-J., Götze, K. und W. Diepenbrock, 1997 [408]:** Ökologischer Landbau im Trinkwasserschutzgebiet Canitz/Thallwitz - Untersuchungen zum Humus- und Nährstoffhaushalt. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen (Hrsg.), 10, 255-256.

**Hermanowski, R., 1997 [144]:** Wasserschutz durch Umstellung auf ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 3, 16-17.

**Heß, J., 1990 [63]:** Acker- und pflanzenbauliche Strategien zum verlustfreien Stickstofftransfer beim Anbau von Klee gras im Organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 241-244.

**Heß, J., 1997 [141]:** Systemimmanenter Zwang zu möglichst geschlossenen Nährstoffkreisläufen. Ökologie & Landbau, 3, 10-13.

**Heß, J., 1989 [242]:** Klee grasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Dissertation, Inst. f. Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Prof. Franken.

**Heß, J. K., Schmidtke und A. Piorr, 1994 [243]:** In: Ökologischer Landbau in Wasserschutzgebieten. SÖL-Sonderausgabe, 58, 114-137.

**Heß, J. und H. Franken, 1988 [241]:** Über die Reduzierung von Nitratverlusten nach Leguminosen durch den Anbau von Cruciferen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 57, 55-60.

**Heß, J., A. Piorr und K. Schmidtke, 1992 [66]:** Grundwasserschonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau? Veröffentlichungen des Instituts für Wasserforschung GmbH Dortmund und der Stadtwerke AG, 45.

**Heuwinkel, H., 1997 [42]:** N<sub>2</sub>-Bindung von Leguminosen in Abhängigkeit von Standort und Nutzung. In: v. Lützow, M., J. Filser, M. Kainz und J. Pfadenhauer (Hrsg.): Forschungsverbund Agrarökosysteme München, Jahresbericht 1996, Fam-Bericht 13.

**Heuwinkel, H. und R. Gutser, 1997 [44]:** Bestimmung der N<sub>2</sub>-Bindung zur N-Bilanzierung von Klee-Luzerne-Gras. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökolog. Landbau, Bonn, 272-278.

**Höllein, K., 1995 [415]:** Förderung des Ökologischen Landbaus im Einzugsbereich des Wassergewinnungsgebietes Mangfall der Wasserwerke München. In: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen.

**Horlacher, D. und W. Gamer, 1998 [556]:** Nährstoffbilanzen Baden-Württemberg. landinfo, 1/98, 9-12.

**Hydro Agri Dülmen GmbH (Hrsg.), 1993 [531]:** Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Verlagsunion Agrar.

**IfUL, 1997 [435]:** Ergebnisbericht Intensiv-NID 96 Weisweil. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

**IfUL, 1996 [442]:** Intensiv-NID im WSG Weisweil. Bericht für das Jahr 95. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

**IfUL, 1999 [470]:** Protokoll Sitzung Arbeitskreis Trinkwasserschutz am 19.01.1999 in Weisweil. Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung.

**Institut Technique de L'Agriculture Biologique (ITAB) (Hrsg.), 1995 [489]:** Guide des matières organiques.

**Janinhoff, A., 1995 [528]:** Gehört Biobetrieben wirklich die Zukunft? top agrar, 1/95, 2426.

**Jensen, E.S., 1987 [310]:** Seasonal Patterns of Growth and Nitrogen Fixation in Field-Grown Pea. Plant and Soil, 101, 29-37.

- Jordan, K., 1995 [416]:** Förderung des Ökolandbaus durch die Stadtwerke Osnabrück AG. In: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen.
- Justus, M., 1996 [280]:** Optimierung des Anbaues von Ackerbohnen: Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung zu Sommergetreide. Dissertation, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Bonn.
- Justus, M. und U. Köpke, 1991 [52]:** Ackerbohnen: Eine Gefahr für das Trinkwasser? Lebendige Erde, 2, 81-87.
- Justus, M. und U. Köpke, 1995 [157]:** Strategies to Reduce Nitrogen Losses via Leaching and to Increase Precrop Effects when Growing Faba Beans. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 145-155.
- Kage, H., 1990 [67]:** Zur Entstehung hoher Restnitratmengen im durchwurzelten Bodenraum während der Vegetationszeit von Ackerbohnen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 183-186.
- Kalk, W.-D., K.-J. Hülsbergen und S. Biermann, 1997 [163]:** Zur Stickstoffbilanzierung in Landwirtschaftsbetrieben. Landtechnik, 52,1, 44-45.
- Kansy, G., 1999 [557]:** Schriftliche Mitteilung über die Nitratwerte im WSG Weisweil 1994-1998. Regierungspräsidium Freiburg.
- Kansy, G., 1999 [465]:** Kurzbericht WSG Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- Kansy, 1998 [468]:** Kurzbericht WSG Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- Kaul, H.-P., 1996 [29]:** Menge, Zusammensetzung und Abbau von Ernterückständen öl- und eiweißreicher Körnerfrüchte. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 41-42.
- Kersebaum, K.C., 1999 [494]:** Simulation standortspezifischer Effekte unterschiedlicher Fruchtfolge- und Anbausysteme im ökologischen und konventionellen Landbau auf den Wasser- und Stickstoffhaushalt als Grundlage für regionale Szenarioenrechnungen. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 337-340.
- Kersebaum, K.C. und G. M. Richter, 1992 [65]:** Wieviel Nitrat im Winter auswäscht. DLG-Mitteilungen/agrar inform, 1, 28-30.
- Kiefer, J., 1996 a [444]:** Intensiv-NID Baumschulen 95 im WSG Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Kiefer, J., 1996 c [452]:** Intensiv NID Getreideflächen 96 im WSG Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Kleint, 1995 [446]:** Düngeempfehlungen für Baumschulbetrieb Ganter. Regierungspräsidium Freiburg.
- Koller, M., Peter, M. und A. Berner, 1999 [475]:** N-Mineralisierung organischer Handelsdünger und ihr Effekt auf den Ertrag von Kopfsalat und Blumenkohl im Frühjahr. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 105-108.
- König, U. J., 1996 [137]:** Zwischenfruchtanbau von Leguminosen. Schriftenreihe des Instituts für biologisch-dynamische Forschung e.V., Darmstadt, 6.
- König, U.J., 1995 [287]:** Optimierung des N-Umsatzes beim Leguminosen-Zwischenfruchtanbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung ökol. Landbau, Kiel, 181-184.
- Köpke, U., 1989 [232]:** Körnerleguminosen: N<sub>2</sub>-Fixierung, Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgegestaltung. Raps, 7 (2), 90-92.
- Köpke, U., 1990 [251]:** Pflanzenbauliche Strategien für einen umweltverträglichen und standortgerechten Landbau. Vorträge der 42. Hochschultagung der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn vom 20. Februar 1990 in Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 17-39.

- Köpke, U., 1987 [304]:** Symbiotische Stickstoff-Fixierung und Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Köpke, U., 1996 [518]:** Stickstoff zum Nulltarif. dlz, 2/96, 28-30.
- Köster, W., K. Severin, D. Möhring und H.-D. Ziebell, [231]:** Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen landwirtschaftlich genutzter Flächen der Bundesrepublik Deutschland von 1950 - 1986. Landwirtschaftskammer Hannover, Landwirtschaftl. Untersuchungs- und Forschungsanstalt Hameln, 48-53.
- Kreuz, B. und K. Steinbrenner, 1990 [174]:** Richtige Einordnung des Getreides in die Fruchtfolge - ökologieorientierte Produktion und volle Nutzung der Gratisfaktoren der Natur. Feldwirtschaft, 31, 6, 256-257.
- Künsemöller, H., 1998 [511]:** Raps bereitet den Boden. bio-land, 1/98, 8/9.
- Kunz, P., Beers, A., Buchmann, M. und J. Rother, 1995 [497]:** Backqualität bei Weizen aus ökologischem Landbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 97-100.
- Ladd, J.N., J.M. Oades and M. Amato, 1981 [70]:** Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field. Soil Biol. Biochem., 13, 251-256.
- Landesanstalt für Pflanzenbau (Hrsg.), 1999 [506]:** Sortenratgeber für den Anbau von Sommerweizen in Baden-Württemberg.
- Landesanstalt für Pflanzenbau (Hrsg.), 1999 [507]:** Sortenratgeber für den Anbau von Winterweizen in Baden-Württemberg.
- Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 1996 [455]:** Flurkarte des Wasserschutzgebietes Weisweil.
- Landratsamt Emmendingen, 1995 [422]:** Verordnung des Landratsamtes Emmendingen zum Schutz des Grundwassers im Einzugsbereich der Wassergewinnungsanlage Tiefbrunnen Weisweil der Gemeinde Weisweil. Landratsamt Emmendingen.
- Landratsamt Emmendingen, 1998 [457]:** Entwurf zur Änderung der Rechtsverordnung des Landratsamtes Emmendingen zum Schutz des Grundwassers im Einzugsbereich der Wassergewinnungsanlage Tiefbrunnen Weisweil. Landratsamt Emmendingen, Untere Wasserbehörde.
- Landwirtschaftskammern Westfalen-Lippe und Rheinland/Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn (Hrsg.), 1998 [535]:** Versuchs- und Demonstrationsvorhaben auf Leitbetrieben 1997. Zusammenfassung der Ergebnisse.
- LAP (Hrsg.), 1996 [334]:** Qualitätsuntersuchungen an Ernteproben aus den Landessortenversuchen 1996. Informationen für die Pflanzenproduktion, Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim, Baden-Württemberg, 14/1996, 96.
- LBL, 1997:** Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Preiskatalog 1994-1997.
- LaRue, T. A. and T. G. Patterson, 1981 [369]:** How much nitrogen do legumes fix? Advances in Agronomy, 34, 15-38.
- Leithold, G. und K.-J. Hülsbergen, 1998 [94]:** Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 1/26/105, 32-35.
- LfL, 1997:** Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft mit Landesstelle für Landwirtschaftliche Marktkunde in Baden-Württemberg (Hrsg.): Agrarmärkte, Jahreshaft 1997, ISSN 0931-5055.
- Lindloff, V., 1998 [527]:** Im "Nischenmarkt" fallen die Preise. top agrar, 4/98, 34/35.
- Loges, R., 1998 [541]:** Ertrag, Futterqualität, N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeergrasbeständen. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Band 9.

- Loges, R. und F. Taube, 1999 [474]:** Ertrag und N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 100-104.
- Loges, R., F. Taube und A. Kornher, 1997 [290]:** Ertrag, N-Fixierungsleistung sowie Ernterückstände verschiedener Rotklee- und Rotklee grasbestände. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 265-271.
- LUFA, 1999 [553]:** Auswertung ökologisch bewirtschafteter SchALVO-Flächen 1996 - 1998. Übermittelt als elektronischer Datensatz für den Dienstgebrauch. Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt des Landes Baden-Württemberg, Karlsruhe-Augustenberg.
- Lünzer, I. und H. Vogtmann (Hrsg.), o.J. [510]:** Ökologische Landwirtschaft, med-inform Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf.
- Lütke Entrup, N. und G. Stemann, 1990 [17]:** Biologische Stickstoffbindung durch Ackerbohnen und Stickstoffsicherung mit Untersaaten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 3, 285-288.
- Lütke Entrup, N., K.H. Blome und G. Stemann, 1989 [14]:** Körnerleguminosen ohne Nitratprobleme anbauen. DLG-Mitteilungen, 4, 182-191.
- Magid, J. und P. Kolster, 1995 [156]:** Modelling Nitrogen Cycling in an Ecological Crop Rotation - an Explorative Trial. In: A B Academic Publishers (Eds.): Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, 77-87.
- Maier, A., 1997 [545]:** hofor 2. Excel-Anwendung zur Erstellung von Nährstoffvergleichen. Bezug über LEL, D-73525 Schwäbisch-Gmünd.
- Makowski, N., 1998 [522]:** Winterraps ökologisch angebaut. Raps, 16. Jg. (4), 160.163.
- Mattey, J., 1992 [205]:** Nährstoffe im Dränwasser. In: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Versuchsbericht alternativer Landbau, 1991, 36-39.
- Mayer, J., 1997 [524]:** Ist die Kaliumversorgung ausreichend und gesichert? Ökologie & Landbau, 101, 30-33.
- Mayer, J. und J. Heß, 1997 [145]:** Welchen Beitrag zur Stickstoffversorgung leisten Körnerleguminosen? Ökologie & Landbau, 3, 18-22.
- Mayer, R., 1987 [49]:** Die Zufuhr von Stickstoffen zum Boden durch trockene Ablagerung und mit den Niederschlägen. In: Arbeitsgemeinschaft für ländliche Entwicklung (Hrsg.): Arbeitsergebnisse, 3, 13-19.
- Meissner, R., J. Seeger, H. Rupp und P. Schonert, 1993 [273]:** Der Einfluß von Flächenstilllegung und Extensivierung auf den Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser. Vom Wasser, 81, 185-196.
- Michel, D., 1992 [244]:** Stickstoff- und Humusreproduktionsleistung von Luzerne und Klee gras in Fruchtfolgen eines 30jährigen Dauerfeldversuches im Mitteldeutschen Trockengebiet. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1992, 35, 645-648.
- Michel, D., 1993 [301]:** Humus- und Stickstoffreproduktionsleistung von Luzerne in einem Dauerfeldversuch sowie Nmin-Dynamik während der Nutzungsdauer und nach Umbruch der Bestände. Uli Zerger (Hrsg.): Forschung im ökologischen Landbau, SÖL-Sonderausgabe Nr. 42, 145-152.
- Miersch, M., 1998:** Soja in Öko-Qualität gesucht. bio-land (1), 12-13.
- Miersch, M., 1999:** Soja auf Deutschlands Feldern. dlz (3), 74-76.
- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, 1992 [62]:** SchALVO - Leitfaden für die praktische Umsetzung.
- MLR (Hrsg.), 1995 [554]:** Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse, Wirtschaftsjahr 1994/95, Heft 44, Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg.

- Mohn, R. und H. Lukas, 1996 [529]:** Bei jeder Dezitonne Getreide fehlen im Schnitt neun Mark. LW BW, 50/96, 14-16.
- Mokry, M., 1991 [160]:** Vergleich einer Betriebs- und Flächenbilanz eines viehlosen und eines viehhaltenden Betriebes im Kraichgau. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1991, 33, 690-696.
- Möller, D. (Hrsg.: Fachbereich Agrarwissenschaften und Umweltsicherung der Justus-Liebig-Universität Gießen), 1995 [215]:** ECOSIM - ein dynamisches Systemsimulationsmodell für Betriebe des ökologischen Landbaus. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a. M..
- Möller, K. und H.J. Reents, 1995 [12]:** Stickstoffdynamik im Boden nach Kartoffeln im organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 8, 245-248.
- Möller, K. und H.J. Reents, 1999 [476]:** Einfluß verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratgehalte im Boden und das Wachstum der Folgefrucht (Kartoffeln, Weizen). Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 109-112.
- Mortiz, H., 1997 [180]:** 3 Artikel: Getreide erzeugen ohne Düngersack und Spritze, Die Verunkrautung habe ich mir schlimmer vorgestellt, Qualitätsprobleme beim Weizen. top agrar, 4/97, 102-107.
- Müller, K.-J., 1999 [502]:** Kriterien für die Entwicklung von Qualitätsweizen für leichte Standorte. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 165-168.
- Müller, M.M. and V. Sundman, 1988 [71]:** The fate of nitrogen (<sup>15</sup>N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. Plant and Soil, 105, 133-139.
- Nauwerck, 1997 [463]:** Protokoll über Besprechung der Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Kernsanierungszone Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- Nieberg, H., 1999 [530]:** Wirtschaftlichkeit der Umstellung auf ökologischen Landbau in Deutschland: Empirische Ergebnisse aus den Jahren 1990 - 1997. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 455-458.
- Niedersächsische Landesanstalt für Ökologie, 1996 [420]:** Entwicklung von Modellen zur Förderung eines gewässerschonenden ökologischen Landbaus in den Wassereinzugsgebieten der IG Weser. Niedersächsische Landesanstalt für Ökologie.
- Olbrich-Mayer, M und P. Förster, 1996 [411]:** Biologisch-Dynamische Landwirtschaft im Wassereinzugsgebiet (Interview). Lebendige Erde, 47. Jahrg. 5/1996, 318 f.
- OPABA, 1998 [547]:** Eigene Erhebungen bei den Mitgliedsbetrieben.
- Opitz von Boberfeld, W. und U. Schultheiss, 1994 [85]:** Zum Einfluß von Untersaaten zur Begrünung von Ackerbrachen auf die Vegetationsentwicklung und die Nitratdynamik. J. Agronomy & Crop Science, 172, 52-61.
- Paffrath, A., 1993 [551]:** N-Dynamik auf ausgewählten Flächen des Boschheide Hofes und des konventionellen Vergleichsbetriebes. In: Abschlußbericht Forschungs- und Entwicklungsvorhaben "Alternativer Landbau Boschheide Hof" 1979-1992. Forschung und Beratung. Wissenschaftliche Berichte über Land- und Ernährungswirtschaft in NRW, Reihe C, 49, 108-115.
- Panse, A., F. X. Maidl, F. X. Haunz und G. Fischbeck, 1995 [286]:** Umsatz von Körnerleguminosenstickstoff in einer Fruchtfolge mit Winterwizen und Wintergerste. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 8, 253-256.
- Peoples, M. B., D. F. Herridge und J. K. Ladha, 1995a [306]:** Biological Nitrogen Fixation: An Efficient Source for Sustainable Agricultural Production. Plant and Soil, 174, 3-28.
- Peoples, M. B., D. F. Herridge und J. K. Ladha, 1995b [307]:** Enhancing Legume N<sub>2</sub> Fixation through Plant and Soil management. Plant and Soil, 174, 83-101.

**Peoples, M. B., R. R. Gault, B. Lean, J. D. Sykes und J. Brockwell, 1995 [308]:** Nitrogen Fixation by Soybean in Commercial and Southern New South Wales. *Soil Biol. Biochem.*, 27, 553-561.

**Peters, M., H.-P. Blume, H. Gompel und B. Sattelmacher, 1990 [162]:** Nährstoffdynamik und -bilanz eines Podsol unter konventioneller und alternativer Ackernutzung. *J. Agronomy & Science*, Hrsg.: Paul Parey Scientific Publishers, Berlin, Hamburg, 165, 289-296.

**Piorr, A., 1992 [266]:** Zur Wirkung von residualem Klee gras- und Wirtschaftsdüngerstickstoff auf die N-Dynamik in ökologisch bewirtschafteten Böden und die N-Ernährung von Getreide. Dissertation, Agrikulturchemisches Institut, Uni Bonn.

**Pommer, G., 1993 [284]:** Fruchtfolgegestaltung und Nährstoffversorgung in viehlosen ökologischen Betrieben. *Schule und Beratung*, 2 (3), 12-16.

**Pommer, G., 1999 [517]:** Sortenempfehlungen für ökologisch wirtschaftende Betriebe 1989/99, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur.

**Pommer, G., 1994 [519]:** Backweizen aus Öko-Landbau. *BLW*, 39, 23/24.

**Preuße, T., 1991 [486]:** Ein neues Bild vom Bio-Betrieb. *DLG-Mitteilungen/agrar.inform*, 11/91, 56-60.

**Raderschall, R. und H. Gebhardt, 1990 [188]:** Feldversuche zur Nmin-Dynamik eines stauwasserbeeinflussten Plaggeneschs unter Winterzwischenfrüchten nach Anbau von Körnerleguminosen (*Vicia faba* L.). *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 153, 75-80.

**Redelberger, H., 1997 [488]:** Soll Ackerbauer Fritz Korn seinen Betrieb umstellen? *dlz*, 5/97, 46-51.

**Reents, H.-J., Möller, K. und F. X. Maidl, 1997 [503]:** Nutzung des Bodennitrats durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide als Nachfrucht von Kartoffeln. *Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau*, Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin, 129-135.

**Reents, H.J., 1991 [23]:** Nitratverlagerung nach Leguminosenumbruch in biologisch-dynamisch geführten Betrieben. *Lebendige Erde*, 6, 303-313.

**Reents, H.J., 1991 [53]:** Nitratverlagerung nach Leguminosenumbruch in biologisch-dynamisch geführten Betrieben. *Lebendige Erde*, 6, 303-312.

**Reichart, K., J. Heß und H. Franken, 1996 [27]:** Auswirkungen einer fünfjährigen Dauerbrache auf Bodeneigenschaften sowie Ertrag und Qualität der Nachfrüchte - im Vergleich zur Rotationsbrache. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, 9, 39-40.

**REKLIP, 1995:** Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd, Kartenband. Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG, Zürich.

**Renger, M., 1992 [18]:** Bestimmung der Bodenwasserhaushaltskomponenten. *DVGW-Schriftenreihe Wasser*, 72, 283-298.

**Rennie R. J. and S. Dubetz, 1986 [261]:** Nitrogen-15-Determined Nitrogen Fixation in Field-Grown, Chickpea, Lentil, Fababean and Field Pea. *Agron. J.*, 78, 654-660.

**Rohmann, U., 1996 [322]:** Nitratgehalte von Böden unter verschiedenen Nutzungsbedingungen und standortabhängige Nitratauswaschung. *TZW-Kolloquium Nitratrestgehalte in Böden und Nitratauswaschung*, 4.12.1996.

**Rohmann, U., 1995 [447]:** Rundschreiben: Sanierung des nitratbelasteten Grundwassers durch landw. Maßnahmen. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.

**Rohmann, U. und M. Rödel sperger, 1994 [445]:** Maßnahmenkombinationen und Varianten zur Sanierung des nitratbelasteten Trinkwassers der Gemeinde Weisweil. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.

**Roth, A., 1992 [303]:** Stoppelbearbeitung bei Klee grasumbruch. Diplomarbeit Universität Bonn.

- RP Freiburg, 1995 [464]:** Vertrag über die Durchführung von Sanierungsfruchtfolgen innerhalb der Kernsanierungszone des WSG für den Tiefbrunnen Weisweil. Regierungspräsidium Freiburg.
- SBV, 1996:** Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung, 1994-1996. Schweizerischer Bauernverband.
- Scheffer, B., 1996 [20]:** Abschätzung des Nitrataustrages über Bodenuntersuchungen und N-Bilanzen. Reduzierung der Nitratbelastung - Maßnahmen und Kosten.
- Scheffer, F. und P. Schachtschabel, 1992 [555]:** Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.
- Scheller, E., 1993 [217]:** Die Stickstoff-Versorgung der Pflanzen aus dem Stickstoff-Stoffwechsel des Bodens: Ein Beitrag zu einer Pflanzenernährungslehre des organischen Landbaus. ISBN 3-8236-1228-X, Verlag Josef Margraf, Weikersheim.
- Scheller, E., 1994 [490]:** Agro-Dossier "Luzerne und Trinkwasser". Schweizer Bauer, 03.12.1994, 15-19.
- Scheller, E., 1999 [501]:** Proteinqualität bei Weizen, Dinkel und Einkorn. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 121-125.
- Scheller, E., 1991 [523]:** Die Düngungspraxis im ökologischen Landbau - unverantwortlich oder wissenschaftlich fundiert? Ökologie & Landbau, 78, 12-15.
- Schenke, H. und U. Köpke, 1995 [498]:** Jauche: Effizienter Einsatz eines betriebseigenen Düngemittels. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 101-104.
- Schirmer, G. und H. Fleischer, 1995 [419]:** Förderung des ökologischen Landbaus in Wasserschutzgebieten durch die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH. In: Ökologischer Landbau und Wasserschutz - Ergebnisse einer Fachtagung vom 21.2.1995 in Hannover, Hrsg.: Bioland Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen, Ökoring Niedersachsen, 30-33.
- Schmidt, H., 1997 [329]:** Viehlose Fruchtfolge im Ökologischen Landbau - Auswirkungen systemeigener und systemfremder Stickstoffquellen auf Prozesse im Boden und die Entwicklung der Feldfrüchte. Dissertation an der Universität Gesamthochschule Kassel am Fachbereich Landwirtschaft, internationale Agrarentwicklung und ökologische Umweltsicherung.
- Schmidt, H., Fragstein, P. von und E. Kölsch, 1999 [473]:** Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze in einer viehlosen Fruchtfolge des Ökologischen Landbaus. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 97-100.
- Schmidt, H., P. v. Fragstein, E. Kölsch und P. Rakete, 1995 [64]:** Grünbrache - Grundlage von Fruchtfolgen auf viehlosen/viehharmen Betrieben. Berater-Rundbrief, Stiftung Ökologie & Landbau, 2, 3-7.
- Schmidtke, K und R. Rauber, 1990 [256]:** Gefährdet der Leguminosenanbau im ökologischen Landbau die Grundwasserqualität? bio-land, 5, 15-16.
- Schmidtke, K und T. Harrach, 1989? [257]:** Nitratverlagerung im Boden nach Kleeerasumbruch. Inst. f. Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Schmidtke, K., 1996 [28]:** Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 43-44.
- Schmidtke, K., 1996 [40]:** Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 9, 43-44.
- Schmidtke, K., 1998 [146]:** Selbstregelung der Stickstoffzufuhr im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 2, 33-37.

- Schmidtke, K., 1997 [316]:** Einfluß von Rotklee (*T. pratense* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiontische N<sub>2</sub>-Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und CaCl<sub>2</sub>-extrahierte N-Fractionen im Boden. Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, 201 S.
- Schmidtke, K., 1999 [479]:** N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 234-238.
- Schmitt, L. und Dewes, T., 1997 [496]:** N-Effizienz verschiedener, unterschiedlich terminierter Wirtschaftsdüngung im Backweizenanbau. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn; Hrsg.: U. Köpke u. J.-A. Eisele, 295-301.
- Schmitt, L., Trinks, K., Overmeyer, U. und T. Dewes, 1995 [499]:** Einfluß von Leguminosen-Untersaaten auf die Leistung von Winterweizenbeständen des Ökologischen Landbaus. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 105-108.
- Schneider, U., 1997 [505]:** Rizinusschrot: - Alternativen vorhanden? bio-land, 2/97, 18/19.
- Schneider, U. und K. Haider, 1990 [255]:** Denitrifikationsmessungen im Feld und Bestimmung der Auswaschungsverluste von Dünge- und Boden-N. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband 1990, 32, 295-300.
- Schnotz, G., [39]:** TM-Ertrags- und N-Bindungsvermögen einer Klee-Gras-Mischung im Vergleich mit deren Einzelkomponenten im Reinbestand. Versuchsbereich über das Jahr 1992 aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim.
- Schulte, G., 1996 [525]:** Nährstoffverarmung durch ökologischen Landbau? bio-land, 3/96, 26/27.
- Schulz-Marquardt, J., Weber, M. und U. Köpke, 1995 [500]:** Streifenanbau mit Sommerweizen im Wechsel mit Futterleguminosen zur Erzeugung von Qualitäts-Backweizen im Organischen Landbau. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, 109-112.
- Schulze Pals, L., 1993 [58]:** Auch für reine Ackerbaubetriebe eine Alternative? top agrar, 2, 26-30.
- Schulze-Pals, L., 1993 [88]:** Auch für reine Ackerbaubetriebe eine Alternative? top agrar, 2, 26-30.
- Spohn, L. u. W. Neuerburg, 1992 [24]:** Wie wirtschaften viehlose Bio-Betriebe? bio-land, 6, 16-18.
- Spohn, L. und W. Neuerburg, 1993 [46]:** Viehloser ökologischer Landbau. Ökologie & Landbau, 85, 43-45.
- Stein-Bachinger, K. und J. Bachinger, 1997 [516]:** Nährstoffbilanzen als Grundlage von Optimierungsstrategien für ökologisch wirtschaftende Großbetriebe Nordost-Deutschlands. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin, 109-114.
- Steinbrenner, K., 1990 [78]:** Vorfruchtparameter für die Getreidearten. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., 11, 765-772.
- Steinbrenner, K., 1991 [173]:** Schaderregerbekämpfung durch richtige Fruchtfolgegestaltung. Feldwirtschaft, 32, 1, 24-26.
- Stopes, C. und L. Woodward, 1997 [142]:** Nitratauswaschung geringer. Ökologie & Landbau, 3, 13.
- TZW Karlsruhe, 1998 [460]:** Grundwassersanierende Landbewirtschaftung im WSG Weisweil, Statusbericht 1997. Technologiezentrum Wasser Karlsruhe.
- Unkovich, M. J., J. S. Pate und J. Hamblin, 1994 [309]:** The Nitrogen Economy of Broadacre Lupin in Southwest Australia. Aust. J. Agric. Res., 45, 149-164.

- van der Ploeg, R.R., G. Machulla und H. Ringe, 1995 [55]:** Ein Mischzellenmodell zur Abschätzung der Nitratauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Winterhalbjahr. *Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 158, 365-373.
- VDLUFA (Hrsg.), 1998 [534]:** Standpunkt: Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung.
- Vereijken, P. und F. Wijnands (Hrsg.), 1990:** Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk, strategie voor bedrijf en milieu - proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond.
- Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e.V. (Hrsg.), o.J. [508]:** Ökoring-Beratungsordner, Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e.V. (Hrsg.), Walsrode.
- Vullioud, P. und A. Maillard, 1998 [484]:** Optimale Fruchtfolgen im Feldbau (2. Auflage). *Agrarforschung*, 5 (4).
- Walter, K., 1999 [532]:** Von konventionell auf ökologisch. *dlz*, 5/99, 50-54.
- Westphal, D., 1996 [47]:** Fruchtbarer Boden auch ohne Vieh. *bio-land*, 3, 8-9.
- Wismeth, D. und W. Neuerburg, 1997 [417]:** Grundwasserschutz durch ökologischen Landbau - Warum sich Wasserversorgungsunternehmen und Landwirte mit dieser umweltschonenden Form der Landwirtschaft "so schwer tun". *Wasser -Abwasser*, 1997 (3), 144 - 149.
- Wummel, J., 1997 [414]:** Wasserwirtschaft und Landwirtschaft im gemeinsamen Bestreben zum Schutz der Trinkwasserressourcen. In: *Ökologischer Landbau in Trinkwasserschutzgebieten*, Tagungsband der wissenschaftl. Tagung 27.-28.05.1997 in Nischwitz.
- Zebarth, B.J., V. Alder and R.W. Sheard, 1991 [72]:** In situ labeling of legume residues with a foliar application of a 15N-enriched urea solution. *Commun. in soil sci. plant anal.*, 22, 437-447.

## 7 ANNEXES

SCHLAG	VERSUCHSFRAGE
<b>Hacher Weg Ost</b>	<b>Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung</b>

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **230** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a  
 FLURSTÜCK: **085695-000-09166/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C  
 FLÄCHE: **7500** m<sup>2</sup>

BODEN	Typ: <b>Diluvialboden</b>	Art:	<b>Ls3</b>	Boden-/Ackerzahl:	<b>38/42</b>	pH:	<b>7,1</b>
1998	Skelettanteil 0 - 30 cm: 16 % Skelettanteil 30 - 60 cm: 46 %						
	Humus: <b>2,2</b> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : <b>14</b>	K <sub>2</sub> O: <b>21</b>	Mg: <b>9</b> mg/100g		Ges-N: <b>0,13</b> %	

### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Sommergerste mit Zwischenfrucht Senf	32,8
1995	Körnererbsen	26,0
1996	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	30,5
1997	Sommergerste mit Stoppelsaat Klee gras	27,0
1998	Klee gras (Stillegung)	-
1999	Winterweizen	44,0

### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.02.97	Einarbeitung Phacelia	Grubber, 2 x, 15 cm tief
04.03.97	Bodenbearbeitung	Kultiege, 8 cm tief
10.03.97	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
14.03.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
04.04.97	"	Striegel (BBCH 13)
09.07.97	Distelkontrolle	von Hand
30.07.97	Ernte Sommergerste	
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
19.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
28.05.98	Mulchen 1. Aufwuchs	Schlegelmulcher
08.07.98	Mulchen 2. Aufwuchs	
29.09.98	Mulchen 3. Aufwuchs	
02.11.98	Umbruch Klee gras	Pflug, 25 cm
02.11.98	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
22.03.99	Unkrautregulierung	Striegel
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen
16.04.99	Unkrautregulierung	Striegel

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sommergerste Steffi	10.03.97	20.03.97	320	158	48,6	98	12,5
Klee gras (80 % Rotklee, 20 % Welsches Weidelgras)	22.08.97	05.09.97		25			
Winterweizen Astron	02.11.98	26.11.98	420	199	45	95	12,5

SCHLAG <b>Hacher Weg West</b>	VERSUCHSFRAGE <b>Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung</b>
--------------------------------------	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **230** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a  
 FLURSTÜCK: **085695-000-09167/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C  
 FLÄCHE: **7500** m<sup>2</sup>

BODEN 1998	Typ: <b>Diluvialboden</b> Skelettanteil 0 - 30 cm: 17 % Skelettanteil 30 - 60 cm: 31 %	Art: <b>Ls3</b>	Boden-/Ackerzahl: <b>38/42</b>	pH: <b>6,9</b>
	Humus: <b>1,9</b> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : <b>15</b>	K <sub>2</sub> O: <b>16</b>	Mg: <b>10</b> mg/100g
				Ges-N: <b>0,11</b> %

#### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Körnererbsen	24,0
1995	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	26,9
1996	Sommergerste mit Stoppelsaat Klee gras	32,3
1997	Klee gras (Stillegung)	-
1998	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	26,0
1999	Sommergerste	32,0

#### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
13.06.97	Mulchen 1. Aufwuchs	Schlegel mulcher
22.08.97	Mulchen 2. Aufwuchs	Schlegel mulcher
13.10.97	Mulchen 3. Aufwuchs	Schlegel mulcher
14.10.97	Umbruch Klee gras	Pflug, 25 cm
20.10.97	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller Drillmaschine
22.07.98	Ernte Winterweizen	
23.07.98	Stroh mulchen	Schlegel mulcher
23.07.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
19.08.98	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller-Drillmaschine
16.03.99	Einarbeitung Zwischenfrucht	Kultiegge
18.03.99	Saatbettbereitung	Kultiegge 2x
18.03.99	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
22.03.99	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen
16.04.99	Unkrautregulierung	Striegel

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Klee gras (80 % Rotklee, 20 % Welsches Weidel gras)	27.08.96	10.09.96		25			
Winterweizen Astron (A6)	20.10.97	12.11.97	420	187	41,9	94	12,5
Phacelia	19.08.98			10			
Sommergerste Steffi	18.03.99	02.04.99	320	156	46,2	95	12,5

SCHLAG <b>Krottenhag</b>	VERSUCHSFRAGE <b>Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung</b>
-----------------------------	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **226** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a  
 FLURSTÜCK: **085670-000-08474/000** Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C  
 FLÄCHE: **8324** m<sup>2</sup>

BODEN 1998	Typ: <b>Diluvialboden</b>	Art: <b>Lu</b>	Boden-/Ackerzahl: <b>61/71</b>	pH: <b>6,4</b>
	Humus: <b>2,2 %</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : <b>8</b>	Mg: <b>11</b> mg/100g	Ges-N: <b>0,13 %</b>

#### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Sommergerste	34,4
1995	Kleegras (Stillegung)	-
1996	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	54,0
1997	Sommergerste mit Zwischenfrucht Phacelia	32,0
1998	Sojabohnen	8,0
1999	Winterroggen	

#### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
27.08.96	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.02.97	Einarbeitung Phacelia	Grubber, 15 cm tief
12.02.97	" "	Grubber, 15 cm tief
04.03.97	Saatbettbereitung	Kultiegge, 8 cm tief
10.03.97	Aussaat Sommergerste	Kombination Rototiller-Drillmaschine
14.03.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
04.04.97	"	Striegel (BBCH 13)
24.07.97	Ernte Sommergerste	
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
18.03.98	Einarbeitung Phacelia	Stoppelgrubber, 4 cm tief
01.04.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge, 2 Durchgänge
23.04.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreiselegge
24.04.98	Aussaat Sojabohne	pneumatische Sämaschine
05.05.98	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
13.05.98	Unkrautregulierung	Maschschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
29.05.98	Unkrautregulierung	Maschschinenhacke
18.06.98	Unkrautregulierung	Maschschinenhacke
25.09.98	Ernte Sojabohnen	
07.10.98	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
09.10.98	Bodenbearbeitung	Pflug
09.10.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
15.10.98	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
12.04.99	Unkrautregulierung	Ampfer ausstechen

#### DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	K <sub>2</sub> O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sommergerste Steffi	10.03.97	20.03.97	320	159	48,6	98	12,5
Zwischenfrucht Phacelia	22.08.97			10			
Sojabohne Batida	24.04.98	08.05.98	70	150	210	98	50,0
Sojabohne Sonja	24.04.98	08.05.98	70	94	130	97	50,0
Winterroggen Motto	15.10.98		330	119	33,7	94	12,5

SCHLAG Winkelmatten Ost	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
----------------------------	--

VERSUCHSORT: D- Müllheim Höhe: 231 m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): 730 mm/a  
 FLURSTÜCK: 085670-000-08331/000 Ø Jahrestemperatur: 9,5 °C  
 FLÄCHE: 5177 m<sup>2</sup>

BODEN	Typ: Lößboden	Art: Lu	Boden-/Ackerzahl: 75/87	pH: 6,0
1998	Humus: 4,3 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 3	Mg: 12 mg/100g	Ges-N: 0,24 %

#### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Kleegrass (Stilllegung)	-
1995	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	20,0
1996	Körnermais	74,8
1997	Sojabohnen 1)	5,8
1998	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	48,0
1999	Sonnenblumen	

#### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
05.11.96	Ernte Körnermais	
08.01.97	Grunddüngung	
28.01.97	Grundbodenbearbeitung	Pflug
07.03.97	Saatbettbereitung	Kultiegge
17.03.97	"	Kreiselegge
28.04.97	"	Kreiselegge
28.04.97	Aussaat Sojabohnen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
07.05.97	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
27.05.97	"	Maschinenhacke
11.06.97	"	Maschinenhacke
30.09.97	Ernte Sojabohnen	Schwadleger
06.07.97	"	Mähdrescher (aus Schwad)
07.10.97	Zerkleinerung Sojastroh	Schlegelmulcher
08.10.97	Stoppelbearbeitung	Grubber (3x)
08.10.97	Unkrautwurzeln (Winden) absammeln	von Hand
09.10.97	Unkrautwurzeln abschleppen	Anbauegge
13.10.97	Unkrautwurzeln abschleppen	Anbauegge
20.10.97	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller Drillmaschine
22.07.98	Ernte Winterroggen	
23.07.98	Stroh mulchen	Schlegelmulcher
23.07.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
17.08.98	Aussat Zwischenfrucht Phacelia	Kombination Rototiller-Drillmaschine
18.03.99	Einarbeitung Phacelia	Grubber
22.03.99	Bodenbearbeitung	Striegel
25.03.99	Bodenbearbeitung	Kultiegge 2x
23.04.99	Saatbettbereitung	Kultiegge 2x
23.04.99	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
03.05.99	Unkrautregulierung	Striegel
10.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
17.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
27.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
10.06.99	Unkrautregulierung + häufeln	Maschinenhacke

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Sojabohne, Sortengemenge	24.04.97	16.05.97	70				50
Winterroggen Motto	20.10.97	10.11.97	330	124	33,5	89	12,5
Phacelia	17.08.98			10			
Sonnenblume Alinka	23.04.99	07.05.99	7,5				50

#### DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	K <sub>2</sub> O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
18.08.98	Kohlensaurer Mg-Kalk	40	-	-	576	22
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

#### Bemerkungen

1) Starke Verunkrautung der Sojabohnen mit Melde und Winden-Knöterich

SCHLAG <b>Winkelmatten Mitte</b>	VERSUCHSFRAGE <b>N-Dynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung</b>
---	---

VERSUCHSORT: **D- Müllheim** Höhe: **231** m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): **730** mm/a  
 FLURSTÜCK: **085670-000-08329/000** (Teilstück) Ø Jahrestemperatur: **9,5** °C  
 FLÄCHE: **8500** m<sup>2</sup>

BODEN	Typ: <b>Lößboden</b>	Art: <b>Lu</b>	Boden-/Ackerzahl: <b>76/88</b>	pH: <b>6,6</b>
1998	Humus: <b>4,7</b> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : <b>8</b>	K <sub>2</sub> O: <b>8</b>	Mg: <b>17</b> mg/100g Ges-N: <b>0,25</b> %

#### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Winterroggen mit Zwischenfrucht Phacelia	39,0
1995	Sommergerste	50,5
1996	Körnererbsen	33,2
1997	Winterroggen mit Zwischenfruchtgemenge SZF 4 <sup>1)</sup>	49,4
1998	Sonnenblumen	27,0
1999	Stillegung	-

#### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
06.08.96	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.96	"	Stoppelgrubber
30.09.96	"	Kultiegge (2x)
12.10.96	Aussaat Winterroggen	Kombination Rototiller-Drillmaschine
05.08.97	Ernte Winterroggen	
12.08.97	Zerkleinerung Roggenstroh	Schlegelmulcher
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber (2x)
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller Drillmaschine
20.03.98	Einarbeitung Zwischenfrucht	Stoppelgrubber (4cm tief)
26.03.98	Bodenbearbeitung	Kultiegge
23.04.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreiselegge
24.04.98	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
12.05.98	Unkrautregulierung	Maschschinensacke mit Hohlschutzscheiben
02.06.98	Unkrautregulierung	Maschschinensacke
22.09.98	Ernte Sonnenblumen	
29.09.98	Stoppeln mulchen	Schlegelmulcher
09.10.98	Stoppelbearbeitung	Grubber
16.10.98	Saatbettbereitung	Kultiegge
16.10.98	Aussaat Klee gras	Kombination Rototiller-Drillmaschine
09.06.99	Aufwuchs mulchen	Schlegelmulcher

#### DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	K <sub>2</sub> O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Winterroggen Danko	12.10.96	22.10.96	310	131	38,9	92	12,5
Zwischenfrucht SZF 4 <sup>1)</sup>	22.08.97			50			
Sonnenblumen Alinka	24.04.98	05.05.98	7,5				50
Klee gras	15.10.98	26.10.98		25			

#### Bemerkungen

<sup>1)</sup> SZF 4: Gemenge aus 22 % Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), 14 % Futtererbsen (*Pisum arvense*), 14 % Platterbsen (*Gesse; Lathyrus sativus*), 28 % Sommerwicken (*Vesce commune; Vicia sativa*), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (*Sarrasin; Fagopyrum esculentum*)

SCHLAG Winkelmatten West	VERSUCHSFRAGE Demonstration der Stickstoffdynamik einer typischen Fruchtfolge unter viehloser, ökologischer Bewirtschaftung
-----------------------------	--

VERSUCHSORT: D- Müllheim Höhe: 231 m ü. NN Ø Niederschlag (Neuenburg): 730 mm/a  
 FLURSTÜCK: 085670-000-08328/000 Ø Jahrestemperatur: 9,5 °C  
 085670-000-08329/000 (Teilstück) FLÄCHE: 8500 m²

BODEN 1998	Typ: <b>Lößboden</b> Humus: 4,6 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 5	Art: <b>Tu3</b> K <sub>2</sub> O: 9	Boden-/Ackerzahl: <b>76/88</b> Mg: 18 mg/100g	pH: <b>6,1</b> Ges-N: <b>0,25 %</b>
---------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--	--	--

#### KULTUREN

Jahr	Kultur	Ertrag [dt/ha]
1994	Winterweizen mit Zwischenfrucht Phacelia	37,6
1995	Sommergerste	50,5
1996	Kleegrass (Stillegung)	-
1997	Winterweizen mit Zwischenfruchtgemenge SZF 4 <sup>1)</sup>	45,9
1998	Sonnenblumen	27,0
1999	Sojabohnen	

#### ARBEITSGÄNGE

Datum	Tätigkeit	Gerät
27.08.96	Grundbodenbearbeitung	Kemink 1
06.09.96	"	Kemink 2
19.09.96	"	Kemink 3
30.09.96	"	Kemink 4
04.10.96	"	Kemink 5
14.10.96	"	Kemink 6
25.10.96	Saatbettbereitung	Kultiege, 2 x
29.10.96	Aussaat Winterweizen	Kombination Rototiller Drillmaschine
10.02.97	Unkrautregulierung	Striegel
14.03.97	"	Striegel
18.-26.03.97	Ampferkontrolle	von Hand
04.04.97	Unkrautregulierung	Striegel (Bestockung)
08.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
13.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
18.08.97	Stoppelbearbeitung	Stoppelgrubber
22.08.97	Aussaat Zwischenfrucht	Kombination Rototiller Drillmaschine
20.03.98	Einarbeitung Zwischenfrucht	Stoppelgrubber (4cm tief)
26.03.98	Bodenbearbeitung	Kultiege
23.04.98	Saatbettbereitung	Kultiege
24.04.98	Saatbettbereitung	Kreislegege
24.04.98	Aussaat Sonnenblumen	Pneumatisches Einzelkornsägerät
12.05.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke mit Hohlschutzscheiben
02.06.98	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
22.09.98	Ernte Sonnenblumen	
29.09.98	Stoppeln mulchen	Schlegelmulcher
09.10.98	Bodenbearbeitung	Grubber
28.12.98	Grundbodenbearbeitung	Pflug
18.03.99	Bodenbearbeitung	Kultiege
22.03.99	Bodenbearbeitung	Striegel
23.04.99	Saatbettbereitung	Kultiege 2x
23.04.99	Aussaat Sojabohnen	pneumatisches Einzelkornsägerät
03.05.99	Unkrautregulierung	Striegel (blind)
19.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
27.05.99	Unkrautregulierung	Maschinenhacke
17.06.99	Unkrautregulierung + häufeln	Maschinenhacke

#### DÜNGUNG UND KALKUNG

Datum	Art	Menge [dt/ha]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	K <sub>2</sub> O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	Kalkwert [dt CaO/ha]
08.01.97	Thomasphosphat (17 %)	4	68	-	10	1,8
08.01.97	Kalimagnesia	3	-	90	30	-
07.08.97	kohlensaurer Magnesiumkalk	30	-	-	576	15,9
08.12.98	Thomasphosphat	2,8	45	-	7	1,3
09.12.98	Kalimagnesia	2	-	60	20	-

Kultur, Sorte	Aussaat	Aufgang	Dichte [kf. Kö/m²]	Menge [kg/ha]	TKG	Keimf. [%]	Reihenabst. [cm]
Winterweizen Astron	29.10.96	19.11.96	400	186	43,3	94	12,5
Zwischenfrucht SZF 4 <sup>1)</sup>	22.08.97			50			
Sonnenblumen Alinka	24.04.98	05.05.98	7,5				50
Sojabohnen Sonja/Batida	23.04.99	04.05.99	60				50

#### Bemerkungen

1)SZF 4: Gemenge aus 22% Alexandrinerklee (Trifolium alexandrinum), 14% Futtererbsen (Pisum arvense), 14% Platterbsen (Gesse; Lathyrus sativus), 28% Sommerwicken (Vesce commune; Vicia sativa), 2 % Phacelia, 20% Buchweizen (Sarrasin; Fagopyrum esculentum); 2)Rohproteingehalt bei 14 % Feuchte: 11,4 %

**Tableau 43 : teneurs en nitrates du sol (kg N/ha)**

Parcelle/Schlag	Hacher-Weg Ost			Hacher-Weg West			Winkelmatten West				Krottenhag				Winkelmatten Ost				Winkelmatten Mitte					
	Datum	0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
19.07.96								15	16	5	36													
01.08.96	19	8	27	14	3	17	5	4	2	11	12	2	4	18					16	4	4	24		
06.09.96	33	9	42	24	9	33	10	23	30	63	38	11	9	58	15	1	1	17	82	16	12	110		
25.09.96	18	16	34	29	20	49	23	49	42	114	46	-110	29	-185	40	9	2	51	88	24	9	121		
09.10.96	13	7	20	17	10	27	83	9	4	96	23	20	9	52	11	21	26	58	95	23	7	125		
25.10.96	5	1	6	4	11	15	75	33	7	115	5	5	8	18	16	27	34	77	74	63	17	154		
11.11.96	3	2	5	3	5	8	108	41	9	158	5	4	8	17	16	28	34	78	126	87	22	235		
26.11.96	2	1	3	1	1	2	44	58	15	117	5	1	2	8	9	13	13	35	27	69	38	134		
10.12.96	3	4	7	2	2	4	41	81	36	158	5	2	1	8	20	23	21	64	14	57	55	126		
30.12.96	2	2	4	2	1	3	21	63	48	132	9	2	2	13	5	11	13	29	8	28	40	76		
11.02.97	12	3	15	4	1	5	26	31	42	99	11	6	1	18	17	10	16	43	13	11	30	54		
28.02.97	4	1	5	2	1	3	20	34	43	97	15	7	4	26	17	14	17	48	6	11	28	45		
11.03.97	21	5	26	4	3	7	31	42	53	126	25	7	1	33	24	11	14	49	4	5	22	31		
25.03.97	20	9	29	3	2	5	23	30	42	95	36	12	6	54	36	15	13	54	6	4	8	18		
07.04.97	28	7	35	2	1	3	9	18	35	62	37	12	9	58	40	19	19	78	5	3	2	10		
21.04.97	10	6	16	4	3	7	5	13	39	57	21	9	6	36	39	19	15	73	2	0	4	6		
21.05.97	2	0	2	0	0	0	2	1	3	6	1	1	3	5	96	43	25	164	4	1	0	5		
25.07.97											8	3	2	13										
08.08.97							18	4	1	23									34	8	4	46		
25.08.97	32	7	39				49	6	1	56	54	22	6	82	25	5	7	37	43	12	6	61		
18.09.97	12	10	22	27	5	32	53	21	4	78	39	31	10	80					42	48	9	99		
14.10.97							7	3	2	12					20	8	2	30	3	1	1	5		
16.10.97				12	9	21					3	2	2	7										
03.11.97							6	1	1	8					22	12	5	39	11	4	12	17		
04.11.97	2	2	4	23	10	33																		
10.11.97											3	3	2	8										
24.11.97							11	4	2	17					24	26	7	57	5	3	2	10		
27.11.97	3	3	6								5	4	2	11										
29.11.97				29	31	60																		
16.12.97							7	6	5	18					16	21	15	52	12	9	5	26		
17.12.97	3	1	4	10	31	41					5	5	3	13										
08.01.98	6	4	10	10	18	28	8	6	5	19	6	4	4	14	10	16	23	49	11	11	7	29		
26.01.98	4	3	7	7	12	19	9	5	4	18	4	4	3	11	11	16	15	42	8	9	7	24		
16.02.98	8	5	13	15	17	32	7	4	3	14	21	9	8	38	15	14	19	48	24	17	9	50		
09.03.98	3	3	6	14	13	27	3	3	3	9	7	7	5	19	5	8	13	26	5	5	4	14		
31.03.98	3	1	4	4	8	12	11	4	4	18	14	9	5	28	2	3	7	12	11	5	4	20		
17.04.98	2	2	4	5	8	13	18	10	6	33	13	13	9	35	2	2	2	6	17	17	10	44		
11.05.98							40	16	8	64	28	10	13	51					27	13	9	49		
31.07.98				10	5	15									9	2	2	13						
02.09.98	2	3	5	24	10	34									28	9	3	40						
07.10.98							5	3	1	9	13	15	8	36	5	10	5	20	5	3	0	8		
08.10.98	3	0	3	4	11	15																		
12.11.98	8	12	20	2	2	4	10	11	5	26	11	17	11	39	1	0	0	1	8	12	6	26		
01.12.98	12	4	16	4	2	5	12	16	9	37	16	19	14	49	8	3	2	13	13	15	10	38		
12.01.99	19	13	32	8	6	14	32	21	13	66	6	13	15	34	12	9	3	24	11	17	10	38		
29.01.99	18	18	36	6	6	12	20	23	21	64	13	25	25	63	16	9	2	27	10	16	12	38		
22.02.99	7	17	24	3	5	8	16	20	9	45	2	6	8	16	6	7	1	14	6	14	14	34		
12.03.99				1	2	2	10	18	10	38	0	1	2	3	0	1	0	1	0	3	2	5		
06.04.99	17	16	33				39	26	18	83	3	2	5	10	14	5	4	23	9	11	12	32		
26.04.99	3	8	11				47	30	19	96	4	2	2	8	29	10	5	44	8	6	7	21		

**Tableau 44 : eau en % du poids**

Bodenschicht	Hacher-Weg Ost		Hacher-Weg West		Winkelmatten West			Krottenhag			Winkelmatten Ost			Winkelmatten Mitte		
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
24.11.97											33,1	22,7	20,13	31,2	25,75	19,9
27.11.97																
29.11.97																
16.12.97											33	25,9	20,5	29,7	25,9	19,3
17.12.97																
08.01.98	18,1	15,4	19,7	16,5				22,2	18,2	17,2	33,1	23,4	20,9	33,5	23,6	20,3
26.01.98	17,7	15,8	18,8	16,2				24,5	19,6	18,1	34	23,5	20,7	31,5	23,9	21,2
16.02.98	16,6	13,4	16,2	13,9				20,2	17,1	16,6	29,1	20,7	19,6	28	22,2	21
09.03.98	18,7	16,4	18,6	15,3				22,2	17,8	16,4	32,8	23,9	21,8	31,2	23,1	20,3
31.03.98	15,2	13,9	15,7	14,6				19,8	17,5	15	30,2	21,9	19,9	29,6	23,7	20,5
17.04.98	18,9	15,6	20,2	16,8				22,4	18,9	17,6	37,8	34	40,7	31,6	26,2	22,1
11.05.98								18,7	15,3	15,9				28,5	22,9	21
31.07.98																
02.09.98	5,8	5,3	14,3	10,7							26,4	17,6	14,1			
07.10.98					29,7	20,8	13,2	21,2	15,9	12,7	31,7	22,1	19,4	27,2	20,9	12,4
08.10.98	15,4	9														
12.11.98	18,3	15,5	19,1	16,7	33,1	24,8	20,1	21,5	18,1	15,4	33,2	23,1	20,8	28,4	22,3	20
01.12.98	20,6	15,4			38,4	26,5	21,5	24,4	18,3	17,6	35,1	25,9	21,3	32,5	23,6	21,5
12.01.99	21,6	17			38,7	26,2	20,8	26	20,3	18,5	38,9	26,7	23,4	32,8	25,5	22,6
29.01.99	20,5	17			34,4	25,2	21,5	23,5	18,8	17,5	34,7	24,1	20,8	30,1	25,5	20,7
22.02.99	19,8	17,5			35,1	26	21,5	24	18,2	15,7	34,9	24,3	21,2	32,3	24,7	22,7
12.03.99					32,3	23,8	21,2	23,1	18,4	17,1	33,3	23,1	20,7	29,1	24,5	20,9
06.04.99	18,7	14,7			30	24,5	21,4	23,6	19,9	17,3	32,6	22,9	20,4	26,5	24,2	20
26.04.99	20,4	15,8			34	24,9	20,9	24,4	20,3	17,3	30,9	22,7	20,6	29,1	23,5	20,2

**Tableau 45: eau du sol [mm/horizon]**

Bodenschicht	Hacher-Weg Ost		Hacher-Weg West		Winkelmatten West			Krottenhag			Winkelmatten Ost			Winkelmatten Mitte		
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
FK berechnet	86,9	51,1	89,3	65,4	156	109,5	100,5	118,9	90,8	69,6	139,5	109,5	100,5	139,5	109,5	100,5
FK korrigiert	80	77	77	76	150	119	97	95	91	79	140	110	95	127	115	101
24.11.97											129	102	91	122	116	90
27.11.97																
29.11.97																
16.12.97											129	117	92	116	117	87
17.12.97																
08.01.98	71	69	77	74				87	82	77	129	105	94	131	106	91
26.01.98	69	71	73	73				96	88	81	133	106	93	123	108	95
16.02.98	65	60	63	63				79	77	75	113	93	88	109	100	95
09.03.98	73	74	73	69				87	80	74	128	108	98	122	104	91
31.03.98	59	63	61	66				77	79	68	118	99	90	115	107	92
17.04.98	74	70	79	76				87	85	79	147	153	183	123	118	99
11.05.98								73	69	72				111	103	95
31.07.98																
02.09.98	23	24									103	79	63			
07.10.98					116	94	59	83	72	57	124	99	87	106	94	56
08.10.98	60	41														
12.11.98	71	70			129	112	90	84	81	69	129	104	94	111	100	90
01.12.98	80	69			150	119	97	95	82	79	137	117	96	127	106	97
12.01.99	84	77			151	118	94	101	91	83	152	120	105	128	115	102
29.01.99	80	77			134	113	97	92	85	79	135	108	94	117	115	93
22.02.99	77	79			137	117	97	94	82	71	136	109	95	126	111	102
12.03.99	0	0			126	107	95	90	83	77	130	104	93	113	110	94
06.04.99	73	66			117	110	96	92	90	78	127	103	92	103	109	90
26.04.99	80	71			133	112	94	95	91	78	121	102	93	113	106	91

**Tableau 46: utilisation d'engrais azoté organique acheté dans les exploitations Bio-enquêtées en Rhin Supérieur**

1	2	3	4	5	6
Pays	Nr.	Mois	Culture/fertilisants	q/ha	kg N/ha
<b>Blé d'hiver</b>					
F	1	Feb	dynater's 10 % N	2	20
F	2	Feb	guano 14-7-1	6	84
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3
F	4	Jan	Kompost 0,46 % N	250	115
F	6	März	guano 14-7-1	1,5	21
F	6	Apr	guano 14-7-1	1,5	21
D	28	März	Biovegetal 9-6-4	2,5	23
D	30	März	Biovegetal 9-6-4	4,5	41

<b>Epeautre</b>					
F	1	Feb	dynater's 10 % N	2	20
F	2	Feb	farine de plumes (Federmehl) 10 % N	2,5	25
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3
F	4	Jan	Kompost 0,46 % N *)	250	115
D	30	März	Biovegetal 9-6-4	4,5	41

<b>Orge d'hiver</b>					
F	2	Feb	guano 14-7-1	6	84
F	3	Feb	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	März		dynater's 10 % N	3

<b>Blé de printemps</b>					
D	28	März	Biovegetal 9-6-4	5	45
D	30	März	Biovegetal	4,5	41

<b>Orge de printemps</b>					
F	6	Apr	guano 14-7-1	1,5	21

Spalte 2: Nr. des Betriebes; \*) Einsatz nicht in jedem Jahr

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. (Suite)

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Monat	Culture/Engrais	q/ha	kg N/ha
<b>Mais grain</b>					
F	1	März	fientes de poules (Hühnermist) 1,6 % N	100	160
F	2	Dez	Kompost aus Rinder und Pferdemist (0,46 % N)	100	46
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	3	Dez	Kompost aus Pferdemist und Hühnergülle 0,6 % N	150	90
F	3	Mai	dynater's 10 % N	3	30
D	28	Apr	Sonnenblumenextraktionsschrot 2,8 % N	5	14
D	28	Mai	Sonnenblumenextraktionsschrot 2,8 % N	5	14
D	30	Apr	Biovegetal 9-6-4	2,5	23
<b>Mélange Avoine-Orge-Pois</b>					
F	4	Feb	Kompost 0,46 % N *)	150	69
<b>Mélange Avoine-Orge</b>					
D	30	März	Biovegetal	4,5	41
<b>Pomme de terre</b>					
F	1	Apr	Phénix 6 % N	2,65	16
F	2	Jan	Kompost aus Rinder und Pferdemist	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	4	Dez	Kompost 0,46 % N	500	230
F	4	März	guano 15-9-5	2	30
F	4	März	engrais 3-7-15	2	6
F	6	Nov	compost grand savay 0,4 % N	40	16
<b>Betterave fourragère</b>					
F	2	Jan	Kompost aus Rinder und Pferdemist (0,46 % N)	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
<b>Carottes</b>					
F	6	Sep	compost grand savay 0,4 % N	40	16

Spalte 2: Nr. des Betriebes; \*) Einsatz nicht in jedem Jahr

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. (suite)

1	2	3	4	5	6
Land	Nr.	Monat	Kultur/Dünger	dt/ha	kg N/ha
<b>Chou blanc</b>					
F	2	Jan	Kompost aus Rinder und Pferdemist (0,46 % N)	150 - 200	81
F	2	März	mélasse de betteraves (Vinasse) 3 % N	25	75
F	2	Mai	farine de plumes (Federmehl) 10 % N *)	5	50
<b>Celeri</b>					
F	4	Dez	Kompost 0,46 % N	500	230
F	4	Apr	engrais (3-7-15)	3	9
F	4	6	engrais (15-9-5)	4	60
<b>Asperge</b>					
F	6	Jan	compost grand savay 0,4 % N	40	16

Spalte 2: Nr. des Betriebes; \*) Einsatz nicht in jedem Jahr

**Secrétariat ITADA :**

**Bâtiment Europe, 2 allée de Herrlisheim,**

**F – 68000 COLMAR**

**Tél : 0(0.33)3.89.22.95.50 Fax : 0(0.33)3.89.22.95.59**

**E-Mail : [itada@wanadoo.fr](mailto:itada@wanadoo.fr)**