



LIMITER LE LESSIVAGE DES NITRATES

Essai de longue durée
Site de THIBIE (Marne)

Résultats acquis de 1991 à 2008

AREP

Complexe Agricole du Mont Bernard
Route de Suippes
51035 CHALONS EN CHAMPAGNE
Tel : 03 26 64 62 78 Fax : 03 26 68 58 12

LIMITER LE LESSIVAGE DES NITRATES

Essai longue durée AREP

site de THIBIE (Marne)

couplé avec le site INRA de Fagnières

1ère phase :

Résultats acquis entre 1991 et 2003

SOMMAIRE

	pages
en résumé	3
l' AREP	4
Protocole d'étude	5
les 14 traitements étudiés	6
les doses d'azote épandues	7
principales mesures et observations	8
Dispositif	9
Situation à gérer	10
sol et climat	11
quantités d'eau drainées	13
périodes de drainage	15
azote minéral du sol: reliquats après récolte et début drainage	16
quantités d'azote drainées	18
concentration en nitrates de l'eau qui percole	18
Les cultures intermédiaires	19
durée de vie	20
interculture betterave-pois	20
interculture pois-blé	21
interculture blé-betterave	22
performance	23
matière sèche produite	24
azote absorbé	25
consommation d'eau	26
Les profils d'azote dans le sol	29
suivi de l'azote minéral du sol	30
interculture betterave-pois	30
interculture pois-blé	33
interculture blé-betterave	36
Les quantités d'eau drainées	39
par type d'interculture	
Les concentrations en nitrates de l'eau	41
eau des bougies poreuses	42
Les profils profonds	45
Les quantités d'azote drainées	50
par type d'interculture et régime de fertilisation azotée	
Les rendements et qualité des cultures principales	51
Enjeux de la fertilisation azotée	52
rendements et qualité du blé	53
rendements et qualité de la betterave	55
rendements et qualité du pois	56
Le devenir de l'azote recyclé	60
azote absorbé par les cultures fertilisées	61
blé	62
betterave	62
témoins sans engrais	63
blé	64
betterave	66
relation azote exporté - azote absorbé	67
efficacité de la fertilisation	68
blé	68
betterave	69
minéralisation nette du sol	70
courbes de réponse aux doses d'engrais	73
blé	74
betterave	76
bilan entrées-sorties d'azote	78
Etude complémentaire	80
Cultures intermédiaires et diversité microbienne des sols	

ANNEXES résultats chiffrés

- annexe 1 quantités d'eau drainées sous cases
- annexe 2 quantités d'azote minéral du sol
- annexe 3 concentrations en nitrates eau des bougies
- annexe 4 profils profonds: concentrations en nitrates de l'eau
- annexe 5 minéralisation nette

En résumé

Une Association régionale (l'AREP)

encadre les travaux et dégage les moyens nécessaires au suivi de cet essai de longue durée.

Le protocole d'étude

Une rotation BETTERAVE-POIS de printemps BLE d'hiver pour créer différents types d'intercultures. Les cultures sont présentes tous les ans.

Une comparaison de traitements qui combinent la **fertilisation** normale (bilan), la fertilisation réduite de 35 % sur la betterave et le blé, et la couverture ou non du sol durant les intercultures.

Le **radis** est la principale culture intermédiaire retenue, sauf entre betterave et pois (céréale en culture intermédiaire), vu la date d'arrachage des betteraves.

Une autre rotation BETTERAVE – BLE – ORGE d'hiver est aussi mise en place pour mesurer l'effet du pois dans le lessivage des nitrates.

Ces traitements sont cumulés durant toute la durée de l'essai.

Mesures des concentrations en nitrates de l'eau qui percole : l'eau est captée par des bougies poreuses installées à 1 mètre de profondeur, tous les traitements de l'essai, dans un sol de craie à poches, filtrant, à drainage essentiellement vertical.

Mesures des quantités d'eau qui drainent : sous les cases lysimétriques de la station INRA de Fagnières, à proximité du site de Thibie.

Mesures des concentrations et des quantités d'azote minéral du sol par des **profils profonds** réalisés tous les 3 ans : le « ventre » d'azote descend de 40 à 50 cm par an. Les concentrations en nitrates passe sous le seuil de 50 mg/l avec le cumul des cultures intermédiaires et se rapproche des concentrations observées sous allée enherbée non cultivée.

Les 3 objectifs de l'essai :

- 1- **Limiter les pertes d'azote** : la technique la plus efficace est la couverture systématique du sol durant l'automne et le début hiver et cumulée. Cette pratique marginalise l'effet de la sous fertilisation seule et même cumulée des cultures principales. Cette pratique abaisse les concentrations en nitrates sous le seuil des 50 mg / litre.
- 2- **Maintenir le niveau de productivité** et de qualité des cultures principales : La sous fertilisation pénalise les rendements et la teneur en protéines des céréales. L'introduction et le cumul de cultures intermédiaires a non seulement maintenu, mais augmenté la productivité des cultures principales sur ce site d'essai.
- 3- **Récupérer tout ou partie de l'azote** non lessivé : Le cumul de cultures intermédiaires a augmenté la productivité ce qui a marginalisé les différences de conseil de fertilisation azotée minérale. Le cumul de cultures intermédiaires se traduit par une augmentation de la minéralisation nette de quelque 9 Kg d'azote par hectare et par an.

L' AREP

Association Régionale pour l'Etude des Productions céréalières et betteravières en Champagne crayeuse

L'association, sous la Présidence de M. Jean COLLARD, regroupe les principales organisations professionnelles, les organismes économiques des départements des Ardennes, de la Marne et de l'Aube et des Instituts :

Chambre d'Agriculture de la Marne
Chambre d'Agriculture de l'Aube
FDSEA de l'Aube
Fédération des coopératives céréalières de la Marne
Coopérative Agricole de Juniville
Champagne Céréales
Cristal Union
Téréos
Institut Technique de la Betterave
ARVALIS Institut du végétal

Parcellaire, gestion des cultures

M. Daniel COLLARD à Thibie

Maîtrise d'oeuvre

ARVALIS Institut du Végétal
Equipe régionale Champagne-Ardenne
et plus particulièrement G. AUBRION

Partenariat

Agence de l'Eau Seine-Normandie
Conseil Régional de Champagne Ardenne
Conseil Général de la Marne

Appui scientifique

INRA Stations de Laon-Reims

Protocole d'étude

**Objectifs : Mesurer les effets
de la réduction de fertilisation azotée
combinée ou non
aux cultures intermédiaires**

et cumulées sur toute la durée de l'essai

Supports : 2 sites proches

Site de THIBIE

**Grandes parcelles menées avec matériel agricole
Bougies poreuses à 1 m de profondeur**

Site de FAGNIERES

**Station météorologique
Cases lysimétriques (2 mètres)
Conduites culturales identiques à celles du site de Thibie**

Cultures principales :

Rotation BETTERAVE- POIS- BLE

3 types d'intercultures

**Conduites culturales adaptées au contexte régional
Conduite azotée de référence par méthode du bilan**

Autre rotation sans pois

Cultures intermédiaires :

Céréale entre betterave et pois

Radis entre blé et betterave

Dactyle puis radis entre pois et blé

Les 14 traitements étudiés sur le site de Thibie

Les 14 traitements (parcelles) étudiés à THIBIE :

La rotation triennale de base correspond à la succession BETTERAVE-POIS de printemps-BLE d'hiver.

Les traitements 1 à 6 sont conduits sans cultures intermédiaires, avec ou sans réduction de fumure azotée sur betterave et blé.

Les traitements 7 à 12 reprennent les mêmes successions de cultures et niveaux de fumure azotée, mais avec introduction systématique de cultures intermédiaires.

Le traitement 13 correspond au traitement « déchaumage plus intensif ».

Le traitement 14 reçoit une rotation sans pois.

Les niveaux de fumure azotée et l'introduction des cultures intermédiaires sont cumulés sur la durée totale de l'essai.

n° traitement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
cipan	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	sans ci	sans ci
dose azote	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	déchaumage e +	rotation sans pois

année récolte

protocole 1	année récolte													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
interculture	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv	ORGE hiv
interculture	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.
interculture	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv
interculture	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.
interculture	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv
interculture	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.
interculture	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv
interculture	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.
interculture	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv
interculture	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.	BETT.
interculture	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS	POIS
interculture	BETT.	BETT.	POIS	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv	BLE hiv

Les doses totales d'azote (engrais) épandues en unités par ha

Doses totales d'engrais épandues par année et par traitement :

- Traitements dits « N BILAN » : Les doses totales d'engrais à épandre sont calculées à partir de la mesure des reliquats du sol en sortie d'hiver et de la méthode du bilan additif type INRA (reliquats et logiciel d'interprétation : CAMA Reims).
- Traitements dits « N REDUIT » : réduction forfaitaire de 35 % de la dose bilan.

n° traitement	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14			
	engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N	
cipan	sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci		sans ci	
cumul azote	N bilan		N réduit		N bilan		N réduit		N bilan		N réduit		N bilan		N réduit		N bilan		N réduit		N bilan		N réduit		sans déchaumage +		rotation sans pois			
année récolte	engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N		engrais N	
1990	blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri		blé agri	
interculture	BETT. 160		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		POIS 0		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170		ORGE hiv 170	
interculture	POIS 0		POIS 0		BLE hiv 200		BLE hiv 130		BETT. 160		BETT. 160		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100	
interculture	BLE hiv 200		BLE hiv 130		BETT. 140		BETT. 140		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0	
interculture	BETT. 160		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		BLE hiv 210		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135	
interculture	POIS 0		POIS 0		BLE hiv 210		BLE hiv 135		BETT. 135		BETT. 135		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90		BETT. 90	
interculture	BLE hiv 200		BLE hiv 130		BETT. 150		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0	
interculture	BETT. 160		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		BLE hiv 210		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135		BLE hiv 135	
interculture	POIS 0		POIS 0		BLE hiv 200		BLE hiv 150		BETT. 150		BETT. 150		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100		BETT. 100	
interculture	BLE hiv 200		BLE hiv 135		BETT. 150		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0	
interculture	BETT. 160		BETT. 105		POIS 0		POIS 0		BLE hiv 250		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160		BLE hiv 160	
interculture	POIS 0		POIS 0		BLE hiv 250		BLE hiv 160		BETT. 160		BETT. 160		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105		BETT. 105	
interculture	BLE hiv 230		BLE hiv 135		BETT. 150		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0		POIS 0	
interculture	BETT. 150		BETT. 100		POIS 0		POIS 0		BLE hiv 230		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150		BLE hiv 150	
interculture																														

Principales mesures et observations

Sur le site de THIBIE

Cultures principales

Rendements aux normes,
qualité protéique ou saccharimétrique
exportations d'azote,
azote absorbé par la plante entière

Cultures intermédiaires

Production de matière sèche à date de destruction
Teneur en azote
Azote absorbé par la plante

Azote minéral du sol

Sur profil de 0 à 110 cm
Azote ammoniacal et nitrique du sol

A 4 dates type :

Après récolte de la culture principale,
A date de destruction de la culture intermédiaire,
A date de début drainage,
En sortie d'hiver

Profils d'azote minéral profonds

A intervalle régulier (tous les 4 ans)
Mesure de l'azote minéral et de la concentration en nitrate de l'eau du sol
Par horizon de 25 cm
Sur une profondeur de 4 ou 6 ou 10 mètres
selon les années de mesure

Concentration en nitrate de l'eau

Sur l'eau sortie des bougies poreuses
A chaque récupération d'eau

Sur le site INRA de FAGNIERES

Données météorologiques

Pluie, températures, ...

Drainage de l'eau

Périodes et quantités
Sous les cases lysimétriques
Avec les mêmes cultures principales ou intermédiaires
et les mêmes fertilisations azotées minérales
que celles des traitements retenus sur le site de Thibie

dispositif

site de Thibie

Parcelles élémentaires de 18 m x 50 m pour conduite culturale avec du matériel agricole.

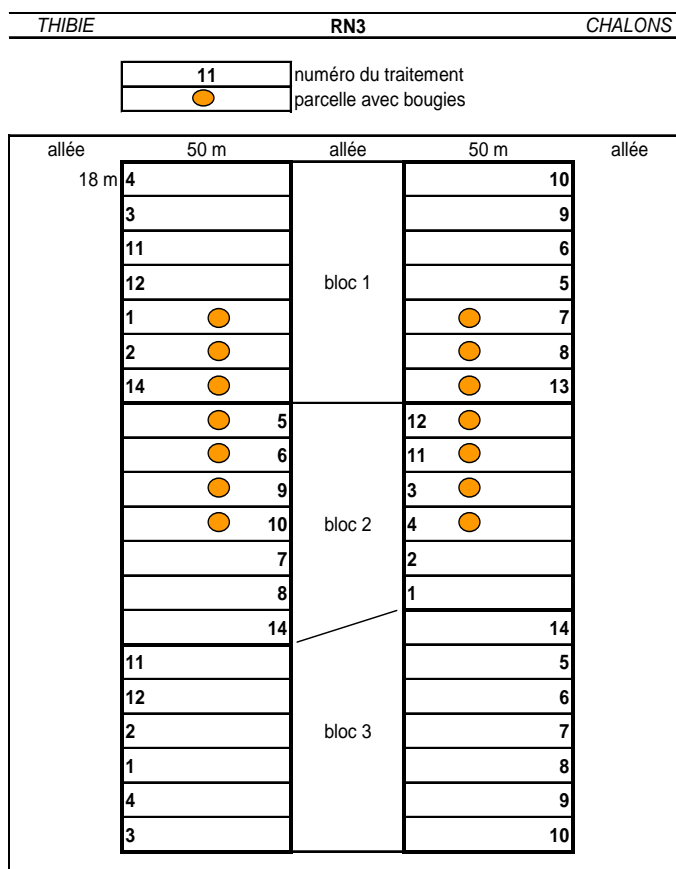
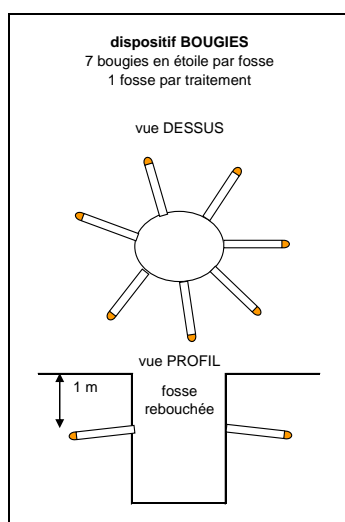
3 répétitions pour les traitements 1 à 12 et 14

1 répétition pour le traitement 13.

Bougies poreuses installées vers 1 mètre de profondeur sur une seule répétition.

7 bougies en « étoile » par parcelle élémentaire.

Récupération d'eau par mise en dépression et aspiration.



site INRA de Fagnières

5 km du site de Thibie

Station météorologique

6 cases lysimétriques, sol proche de celui de Thibie
Récupération d'eau par drainage vertical, à 2 m de profondeur

Situation à gérer

Sol

Climat (pluviométrie)

Quantités d'eau drainées sous cases

Reliquats azotés (*après culture, ...*)

Situations pédologique et climatique

Le sol

Le sol du site de Thibie est une rendzine brune développée sur sol de craie à poches de cryoturbation (peu de poches). L'horizon de surface humifère (zone de labour) est peu profond : 20 -25 cm. L'horizon avec poches de cryoturbation est plus hétérogène avec des poches de couleur ocre et des cheminées composées de cailloux crayeux redressés.

A la base (vers 80 -90 cm) on trouve la craie gélifractée sur plusieurs mètres de profondeur.

L'analyse type de cette rendzine est indiquée dans le tableau ci-contre (source : *Eléments d'agronomie champenoise – Connaissance des sols et de leur fonctionnement – Rendzines sur craie et sols associés – JL BALLIF, H GUERIN et JC MULLER – INRA*)

composition type de rendzine brune sur craie à poches

déterminations	unité	horizon surface	zone à poches
cailloux	pour mille	0	10
graviers	pour mille	40	150
terre fine	pour mille	960	840
argile	pour mille	295	283
limon fin	pour mille	305	352
limon grossier	pour mille	235	156
sable fin	pour mille	61	85
sable grossier	pour mille	104	124
matière organique	pour mille	25.6	3.3
pH eau		8.2	8.8
calcaire total	CaCO3 pour mille	4270	7470
calcaire actif	CaCO4 pour mille	1180	2230
carbone	C pour mille	149	19
azote	N pour mille	177	2.2
C/N		8.4	8.64

Le drainage

La parcelle plate, la nature du sol se traduit par une percolation de l'eau essentiellement verticale.



La pluviométrie

Le site de Thibie est proche (3 km) de la station météorologique de Fagnières (Chalons en Champagne -Marne).

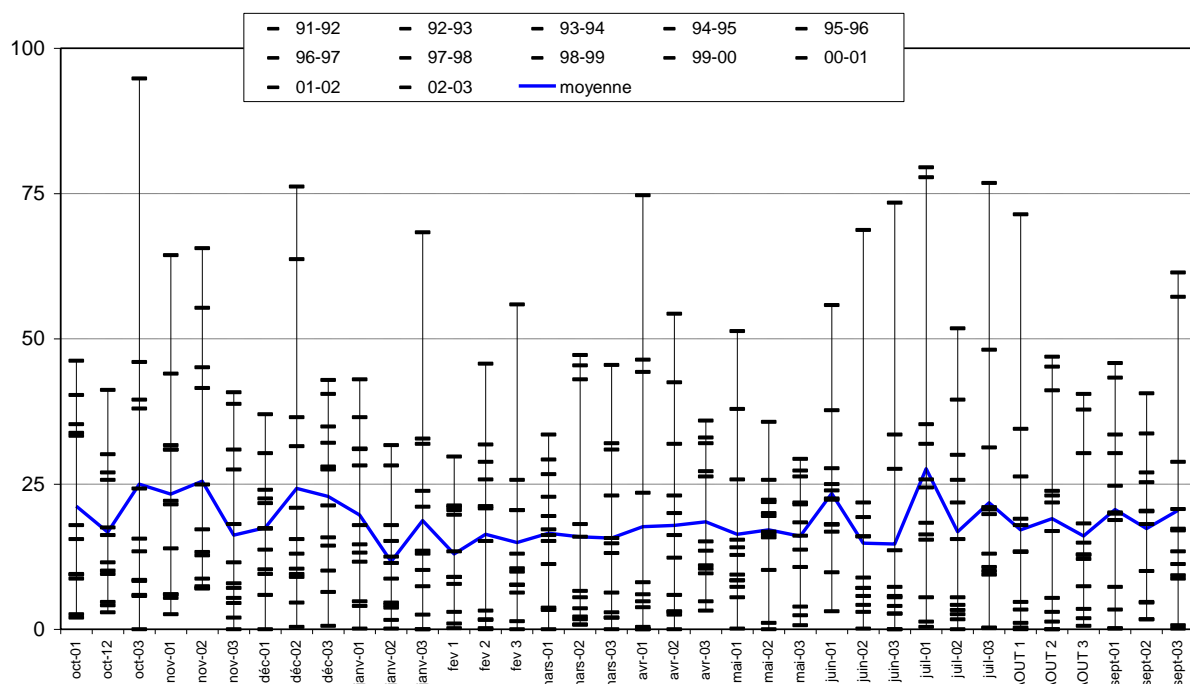
La pluviométrie relevée pour la période correspondant à la durée de l'essai est indiquée – par décade - dans le tableau ci-après :

La pluviométrie

pluviométrie décadaire en mm relevée à Fagnières 51

	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
oct-01	2	9	35	3	40	34	10	16	18	33	46	9
oct-12	27	12	16	5	3	10	26	18	4	30	10	41
oct-03	6	40	8	38	9	6	0	95	16	13	24	46
nov-01	14	22	5	6	3	31	44	6	32	31	22	64
nov-02	42	45	7	17	13	66	55	7	13	25	7	9
nov-03	0	31	5	2	7	28	12	18	5	39	41	8
déc-01	0	37	23	30	10	14	24	17	22	17	6	10
déc-02	32	10	76	5	9	21	37	13	64	10	0	16
déc-03	16	1	35	28	32	6	10	14	43	21	41	28
janv-01	5	15	43	31	18	4	28	13	12	31	0	37
janv-02	4	32	18	11	2	5	28	13	0	4	15	9
janv-03	0	13	21	68	10	3	0	32	7	33	14	24
fev 1	8	0	20	21	3	9	1	13	21	30	21	9
fev 2	21	2	3	15	32	29	0	21	26	2	46	0
fev 3	0	8	11	21	10	56	6	13	21	8	26	1
mars-01	3	0	15	20	4	11	23	29	17	34	16	27
mars-02	18	1	16	45	1	7	6	4	2	47	43	2
mars-03	46	3	15	23	16	2	2	13	32	31	6	0
avr-01	6	24	44	0	0	0	75	8	4	46	0	5
avr-02	16	6	3	32	3	0	43	54	20	23	12	3
avr-03	11	5	27	33	3	14	15	10	36	26	10	32
mai-01	14	6	13	0	8	38	15	9	26	8	51	7
mai-02	1	20	22	26	17	20	0	10	22	16	16	36
mai-03	22	11	18	27	22	4	14	2	26	1	16	29
juin-01	56	10	28	22	3	17	24	38	23	18	18	25
juin-02	6	22	3	16	7	69	19	9	0	16	7	4
juin-03	34	3	6	0	7	73	4	28	3	14	0	6
juil-01	24	1	0	18	16	15	6	32	78	80	26	35
juil-02	6	26	40	3	0	30	22	4	16	52	3	2
juil-03	13	21	48	31	0	21	9	0	77	10	11	20
AOUT 1	13	0	1	5	18	35	3	26	19	71	13	0
AOUT 2	23	1	41	0	45	0	3	22	47	5	17	24
AOUT 3	18	1	4	13	38	30	12	15	2	41	13	7
sept-01	7	20	46	43	0	20	30	0	25	34	19	3
sept-02	5	34	25	20	18	5	27	20	10	41	2	2
sept-03	17	57	9	29	9	0	13	61	17	21	11	1
cumul annuel	534	543	750	707	436	729	645	704	803	961	627	579

Répartition des quantités de pluie décadaires relevées à Fagnières, en mm



Situation à gérer : Les quantités d'eau drainées

Le site de Thibie est proche de la station météorologique et des cases lysimétriques. de l'INRA sur la station Fagnières.

6 cases ont été couplées aux traitements de l'essai longue durée de Thibie et reçoivent les mêmes cultures principales et les mêmes intercultures que celles implantées sur le site de Thibie.

Les traitements qui correspondent à la réduction de fertilisation azotée n'y sont pas représentés. On suppose que les différences de cycles végétatifs, de productivité, ... liés à la réduction de fertilisation ont peu d'effet sur les bilans hydriques.

Ces cases lysimétriques permettent de collecter l'eau qui percole à 2 mètres de profondeur. Les quantités d'eau drainées sont indiquées ci-après par type d'interculture :

moynne quantité d'eau drainée en mm
de 91-92 à 2002-2003 compris

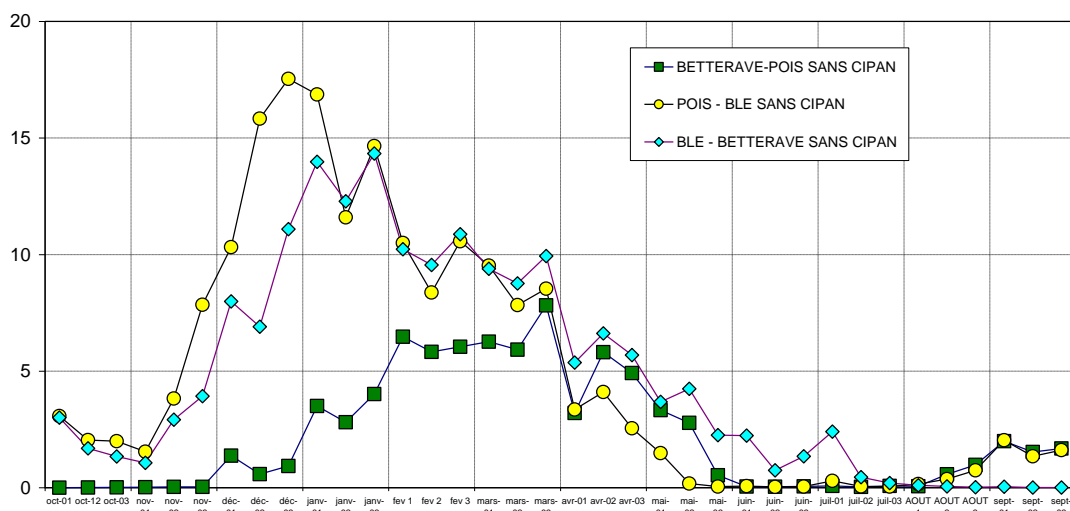
	BETTERAVE POIS SANS CIPAN	POIS - BLE SANS CIPAN	BLE - BETTERAVE SANS CIPAN
oct-01	0.0	3.1	3.0
oct-12	0.0	2.0	1.7
oct-03	0.0	2.0	1.3
nov-01	0.0	1.5	1.1
nov-02	0.0	3.8	2.9
nov-03	0.0	7.8	3.9
déc-01	1.4	10.3	8.0
déc-02	0.6	15.8	6.9
déc-03	0.9	17.5	11.1
janv-01	3.5	16.9	14.0
janv-02	2.8	11.6	12.3
janv-03	4.0	14.7	14.3
fev 1	6.5	10.5	10.2
fev 2	5.8	8.4	9.5
fev 3	6.0	10.6	10.9
mars-01	6.3	9.5	9.4
mars-02	5.9	7.8	8.8
mars-03	7.8	8.5	9.9
avr-01	3.2	3.4	5.4
avr-02	5.8	4.1	6.6
avr-03	4.9	2.5	5.7
mai-01	3.3	1.5	3.7
mai-02	2.8	0.2	4.2
mai-03	0.5	0.1	2.3
juin-01	0.0	0.1	2.2
juin-02	0.0	0.0	0.7
juin-03	0.1	0.0	1.3
juil-01	0.1	0.3	2.4
juil-02	0.0	0.1	0.5
juil-03	0.1	0.0	0.2
aout 1	0.1	0.2	0.1
aout 2	0.6	0.4	0.1
aout 3	1.0	0.7	0.0
sept-01	2.0	2.0	0.0
sept-02	1.5	1.3	0.0
sept-03	1.7	1.6	0.0

Les périodes de drainage se situent durant les intercultures, quand le sol est nu, après les récoltes des cultures principales, en moyenne de Novembre à Mai.

Les répartitions et les quantités moyennes sont quasiment similaires après POIS ou après BLE d'hiver.

Par contre, LA BETTERAVE est une culture récoltée plus tardivement et « asséchante ». Après betterave, le drainage est décalé et surtout nettement inférieur à ceux quantifiés après pois ou blé.

répartition du drainage décadaire en mm par type d'interculture (moyenne 12 ans d'essai)



Le drainage fluctue aussi en fonction des années.

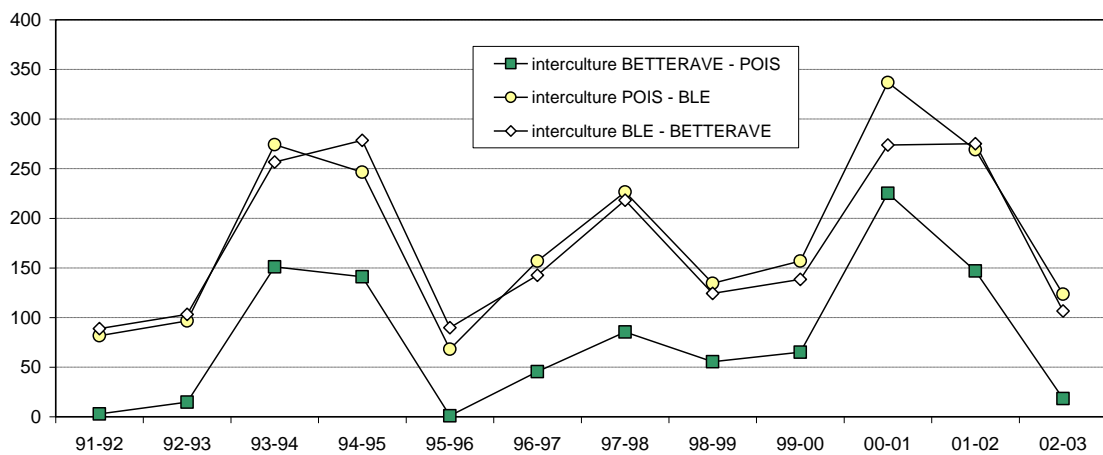
Quantité d'eau (mm) drainée sous cases Fagnières
par année (Octobre à Septembre) et par type d'interculture

	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
interculture BETTERAVE - POIS sans CI	3	15	151	141	1	45	85	55	65	225	147	18
interculture POIS - BLE sans CI	82	97	274	246	68	157	226	134	157	337	269	124
interculture BLE - BETTERAVE sans CI	89	103	257	279	90	142	218	124	138	274	275	107
déchaumage intensif	89	15	274	279	1	157	208	53	150	262	140	118
autre rotation SANS POIS	89	103	151	279	90	45	208	121	64	262	268	18
ALLEE engazonnée pérenne	90	117	319	266	113	92	130	111	70	154	180	181

Le graphique qui suit reprend les valeurs indiquées ci-dessus.

Forte variation des quantités d'eau drainées (quelque 200 mm) selon les années sèches ou pluvieuses.

Certaines années, il n'y a aucun drainage, surtout après betterave.



Ce sont ces quantités d'eau drainées sous cases lysimétriques qui servent de base au calcul des quantités d'azote perdues sous les parcelles.

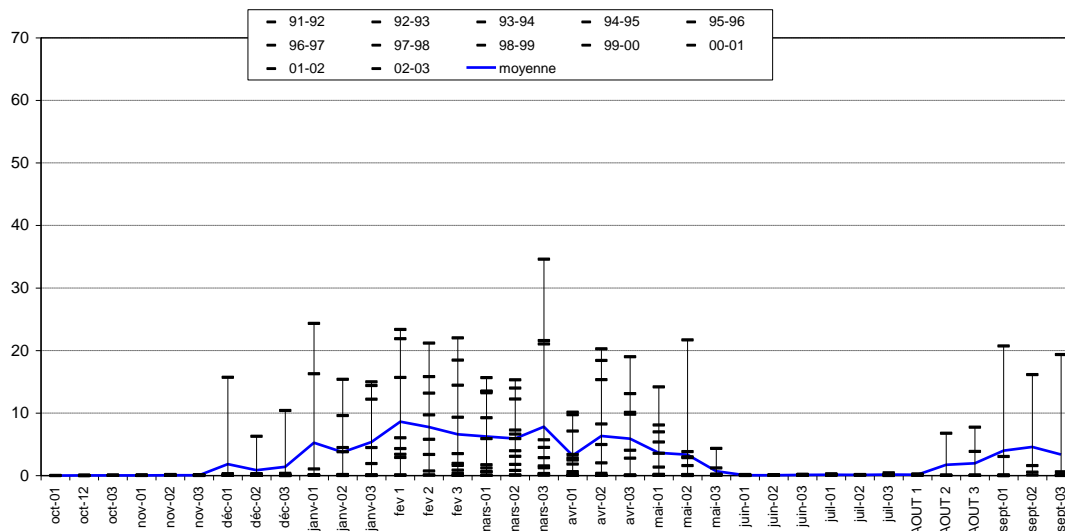
Ces mesures ont aussi été réalisées sur les parcelles avec cultures intermédiaires.

Les périodes de drainage et quantités d'eau drainées.

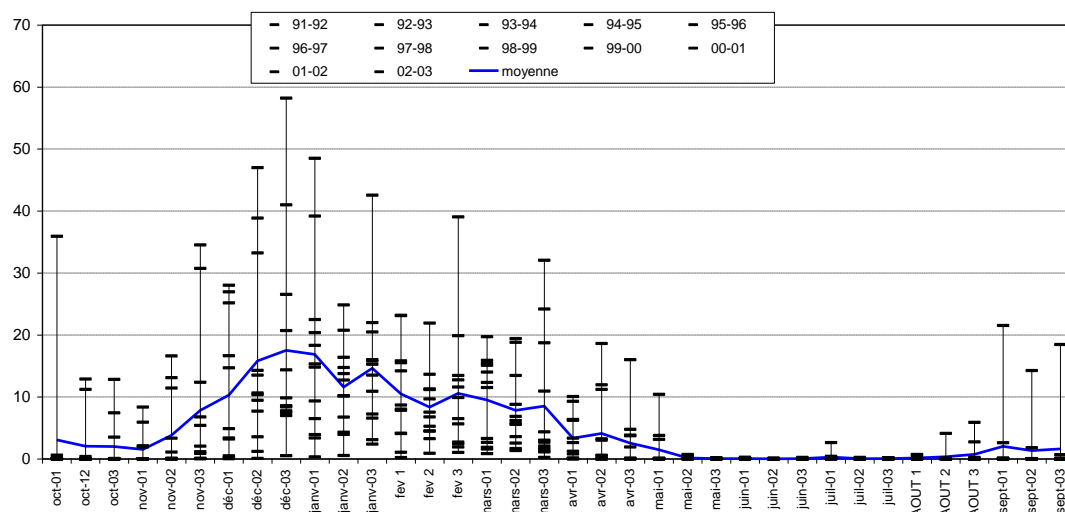
Valeurs indiquées en ANNEXE 1.

Les graphiques ci-après positionnent les valeurs en mm et les répartitions des drainages décadaires (eau en mm) selon les types d'intercultures et pour toutes les années de l'essai.

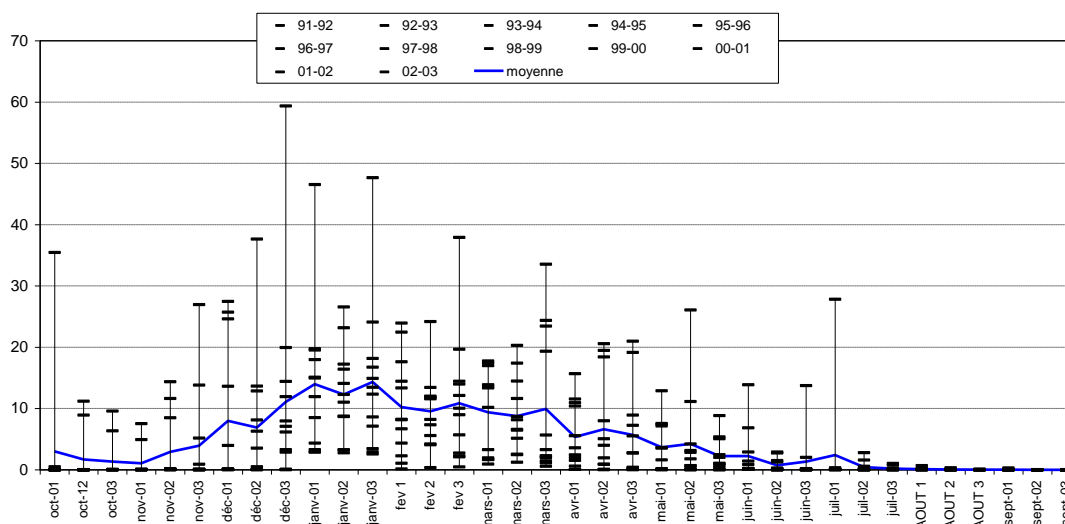
Drainage (mm eau) sous interculture BETTERAVE -POIS



Drainage (mm eau) sous interculture POIS- BLE



Drainage (mm eau) sous interculture BLE - BETTERAVE



Situation à gérer : **Les reliquats d'azote minéral dans le sol.**

La rotation retenue est la rotation BETTERAVE- - POIS – BLE.

Elle permet d'étudier 3 types d'intercultures plus ou moins tardives et longues selon la date de récolte de la culture 1 et la date de semis de la culture 2.

On peut aussi analyser ces intercultures sous l'angle des reliquats d'azote minéral du sol, pour analyser les quantités susceptibles d'être entraînées avec l'eau qui draine.

Les reliquats d'azote minéral dans le sol ont été théoriquement mesurés à 4 périodes :

- après récolte RAR
- à destruction de la culture intermédiaire RDCI
- début drainage RDD
- sortie hiver (fin Février) RSH

Mais selon la nature de la culture principale, certaines périodes peuvent être confondues. Voir tableau ci-contre.

périodes de mesures des reliquats azotés du sol

après POIS	RAR	RDCI	RDD		RSH
après BLE	RAR		RDD = RDCI		RSH
après BETTERAVE		RAR		RDD	RSH = RDCI

Les reliquats d'azote après récolte.

THIBIE- Reliquats azotés APRES RECOLTE 0-110 cm en Kg N NO3 /ha (traitements 1-3-5)

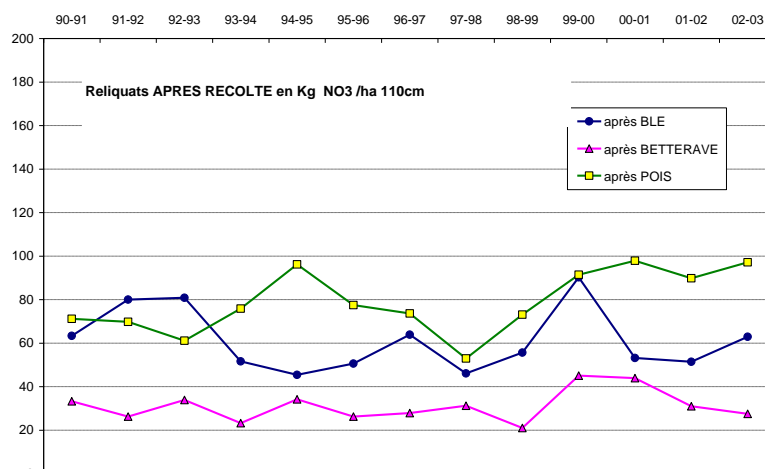
interculture	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	moenne
N MIN NO3+NH4														
après BLE	92.6	88.7	88.7	58.5	54.9	62.3	79.2	66.7	67.2	101.0	63.7	61.6	70.9	
après BETTERAVE	48.4	37.8	43.6	29.3	48.2	29.8	37.4	43.4	32.3	55.5	57.3	40.3	33.2	
après POIS	84.1	77.8	69.0	83.9	104.9	88.8	91.8	63.9	83.9	100.3	109.8	96.1	104.3	
NO3														
après BLE	63.3	80.0	80.9	51.6	45.4	50.6	63.9	46.1	55.6	90.3	53.2	51.4	62.9	61
après BETTERAVE	33.3	26.2	33.9	23.2	34.2	26.2	27.9	31.2	21.0	45.1	43.9	31.0	27.5	31
après POIS	71.2	69.8	61.1	75.9	96.2	77.5	73.6	52.9	73.1	91.4	97.9	89.8	97.2	79
NH4														
après BLE	29.3	8.7	7.9	6.9	9.4	11.7	15.3	20.6	11.6	10.8	10.6	10.2	8.0	
après BETTERAVE	15.1	11.6	9.7	6.1	14.1	3.5	9.6	12.2	11.3	10.4	13.3	9.3	5.7	
après POIS	12.9	8.1	7.8	8.0	8.7	11.4	18.2	11.0	10.8	8.9	11.9	6.3	7.1	

La date de récolte de la betterave est évidemment plus tardive que celle du pois de printemps ou celle du blé d'hiver.

Le tableau ci-dessus précise les reliquats d'azote minéral du sol mesurés sur une profondeur de 110 cm après récolte de la culture fertilisée à la dose bilan.

Le graphique ci-contre ne représente que la fraction nitrrique NO3 la plus importante – et ce pour toute la durée de l'essai dans.

La betterave laisse moins d'azote dans le sol que le blé, qui lui-même en laisse moins que le pois.



Les reliquats d'azote début drainage.

THIBIE- Reliquats azotés DEBUT DRAINAGE 0-110 cm en Kg N NO3 /ha

Reliquats nitriques Début Drainage

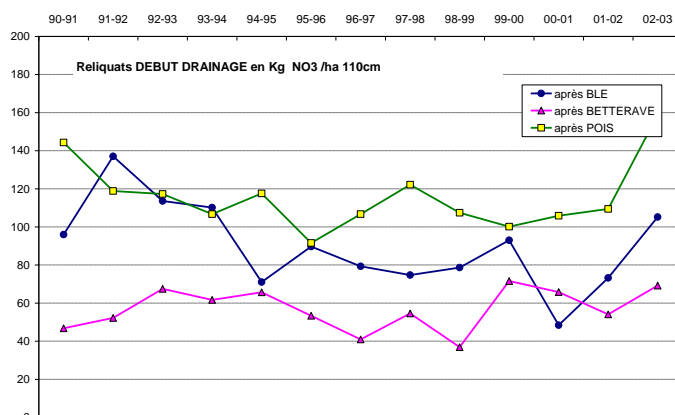
interculture NO3	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	moyenne
après BLE	96	137	114	110	71	90	79	75	79	93	48	73	105	90
après BETTERAVE	47	52	68	62	66	53	41	55	37	72	66	54	69	57
après POIS	144	119	117	107	118	92	107	122	107	100	106	109	159	116

différence entre Début Drainage et Après Récolte

après BLE	32.6	57.0	32.8	58.5	25.6	39.1	15.4	28.6	23.0	2.8	-4.7	21.8	42.3
après BETTERAVE	13.5	26.0	33.6	38.5	31.5	27.1	13.0	23.4	15.9	26.5	21.9	23.1	41.7
après POIS	73.1	49.1	56.1	30.8	21.4	14.1	33.0	69.2	34.3	8.7	8.0	19.6	61.6

Les quantités d'azote nitrique mesurées à la période début drainage sont les quantités d'azote potentiellement entraînées avec l'eau qui draine.

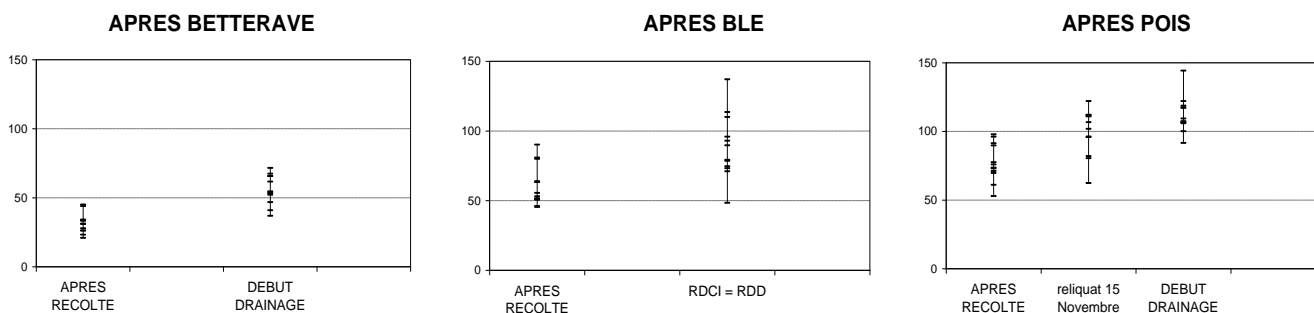
La hiérarchie entre cultures reste identique à celle notée à la période « après récolte ». Les quantités ont légèrement augmentées, ceci étant probablement dû à la minéralisation de l'humus du sol et des résidus de récolte.



Récapitulatif :

Evolution des quantités d'azote nitrique du sol entre la période après récolte et la période début drainage.

Chaque tiret correspond à une valeur annuelle.



Situation à gérer : **Les quantités d'azote drainées.**

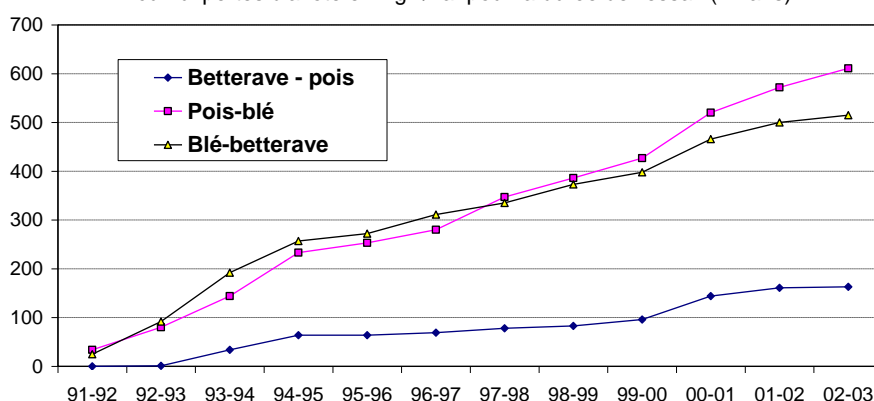
Les quantités d'azote drainées résultent des quantités d'eau qui percolent et des concentrations en azote de cette eau.

Les quantités d'azote drainées (en KgN par ha) sont indiquées dans le tableau ci-contre en fonction des années et du type d'interculture.

Cumulées sur les 12 années de l'expérimentation, elles peuvent atteindre quelque 500 à 600 Kg N par ha entre pois et blé ou entre blé et betterave. Les pertes sont plus limitées après betterave car les quantités d'eau qui percolent sont inférieures

interculture	Betterave - pois	Pois-blé	Blé-betterave
91-92	0	34	25
92-93	1	46	67
93-94	33	64	100
94-95	30	89	65
95-96	0	20	15
96-97	5	27	39
97-98	9	67	24
98-99	5	39	38
99-00	13	41	25
00-01	48	93	68
01-02	17	52	34
02-03	2	39	15
moyenne	14	51	43

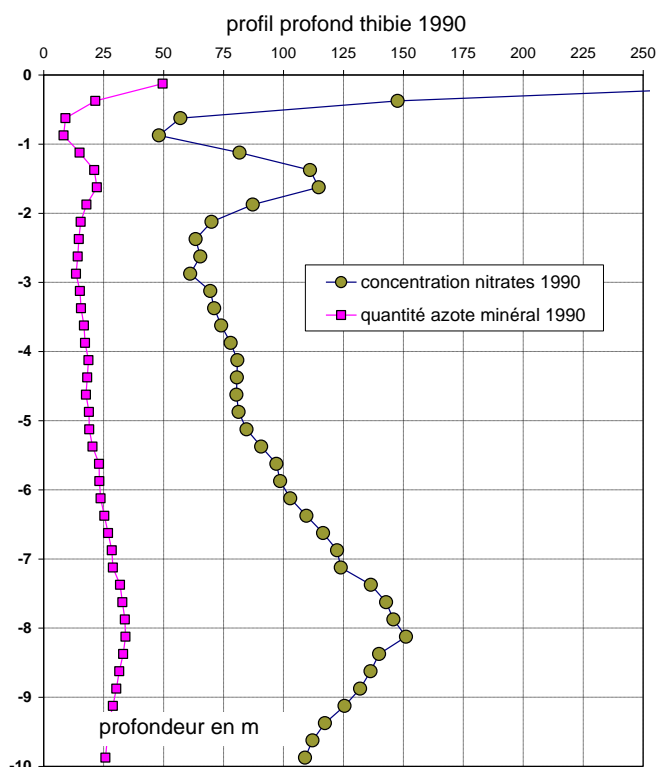
cumul pertes d'azote en KgN/ha pour la durée de l'essai (12 ans)



Situation à gérer : **La concentration en nitrates de l'eau qui percole.**

Le graphique ci-contre indique les valeurs des quantités d'azote (en KgN par ha) et des concentrations en nitrates (en mg/l) mesurées au début de l'essai (1990), sur 10 mètres de profondeur, par horizon de 25 cm.

Si les quantités d'azote sont difficiles à interpréter, les concentrations en nitrates de l'eau qui percolent sont nettement au-dessus des normes proposées. La réduction de ces teneurs est l'enjeu principal de l'expérimentation mise en place.



Les cultures intermédiaires

Pièges A Nitrates CIPAN

Choix

Durée de vie

Matière sèche produite

Azote absorbé

Consommation d'eau

L'espèce semée en interculture est indiquée
dans le tableau du chapitre PROTOCOLE

Durée de vie des cultures intermédiaires

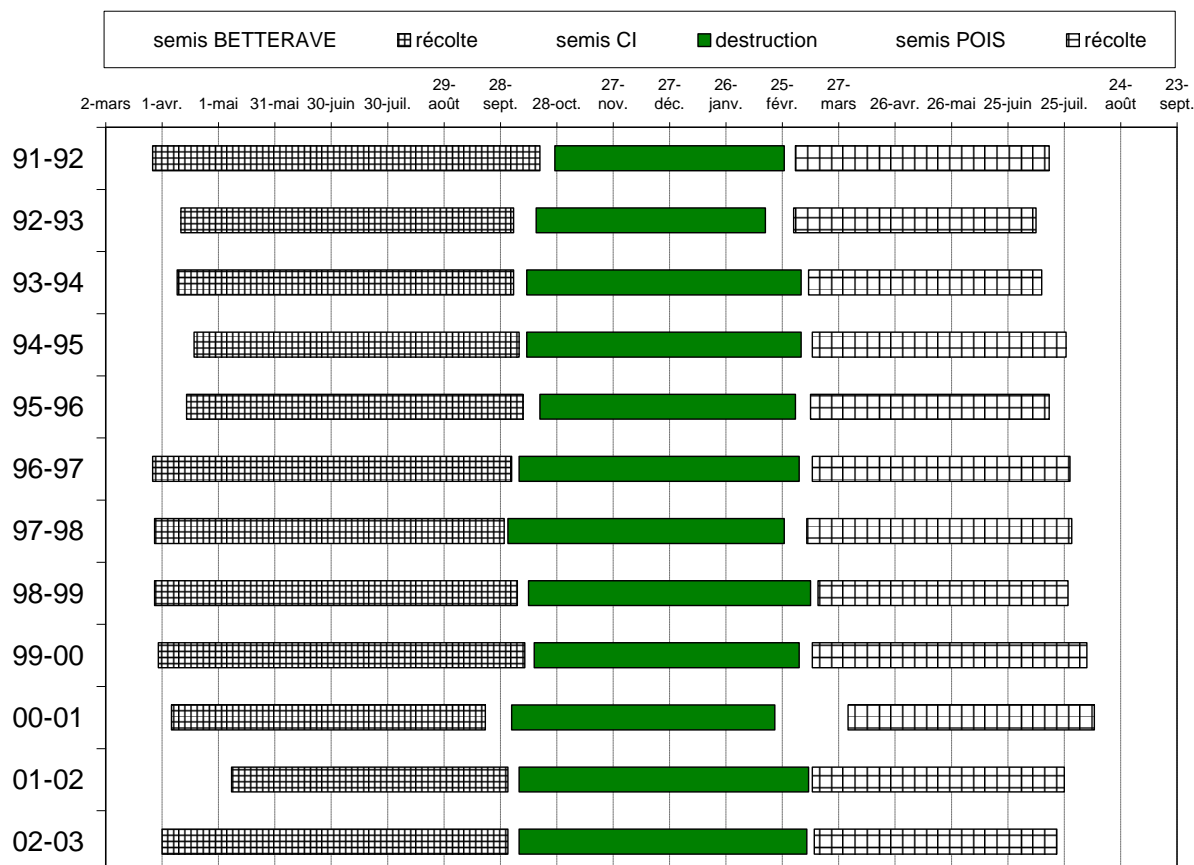
Interculture BETTERAVE – POIS

La culture intermédiaire retenue est une céréale (**le BLE d'hiver ou l'ORGE d'hiver**) pour toute la durée de l'essai.

La récolte de la betterave est assez précoce (par rapport aux dates d'arrachage de la région champenoise).

La céréale est semée dès l'arrachage de la betterave puis détruite mécaniquement et enfouie peu avant le semis du pois.

Le graphique et le tableau ci-après indiquent la durée de vie de la céréale-interculture entre la betterave et le pois.



BETTERAVE		BLE ou ORGE interculture		POIS	
semis	récolte	semis	récolte	semis	récolte
29-mars-91	19-oct.-91	27-oct.-91	29-févr.-92	4-mars-92	17-juil.-92
7-avr.-92	5-oct.-92	17-oct.-92	16-févr.-93	3-mars-93	10-juil.-94
9-avr.-93	5-oct.-93	12-oct.-93	7-mars-94	11-mars-94	13-juil.-94
18-avr.-94	8-oct.-94	15-oct.-94	10-mars-95	13-mars-95	26-juil.-95
14-avr.-95	10-oct.-95	19-oct.-95	5-mars-96	12-mars-96	17-juil.-96
27-mars-96	4-oct.-96	8-oct.-96	6-mars-97	13-mars-97	28-juil.-97
28-mars-97	30-sept.-97	2-oct.-97	26-févr.-98	10-mars-98	29-juil.-98
28-mars-98	7-oct.-98	13-oct.-98	12-mars-99	16-mars-99	27-juil.-99
30-mars-99	11-oct.-99	16-oct.-99	6-mars-00	13-mars-00	6-août-00
6-avr.-00	20-sept.-00	4-oct.-00	21-févr.-01	1-avr.-01	10-août-01
8-mai-01	2-oct.-01	8-oct.-01	11-mars-02	13-mars-02	25-juil.-02
1-avr.-02	2-oct.-02	8-oct.-02	10-mars-03	14-mars-03	21-juil.-03

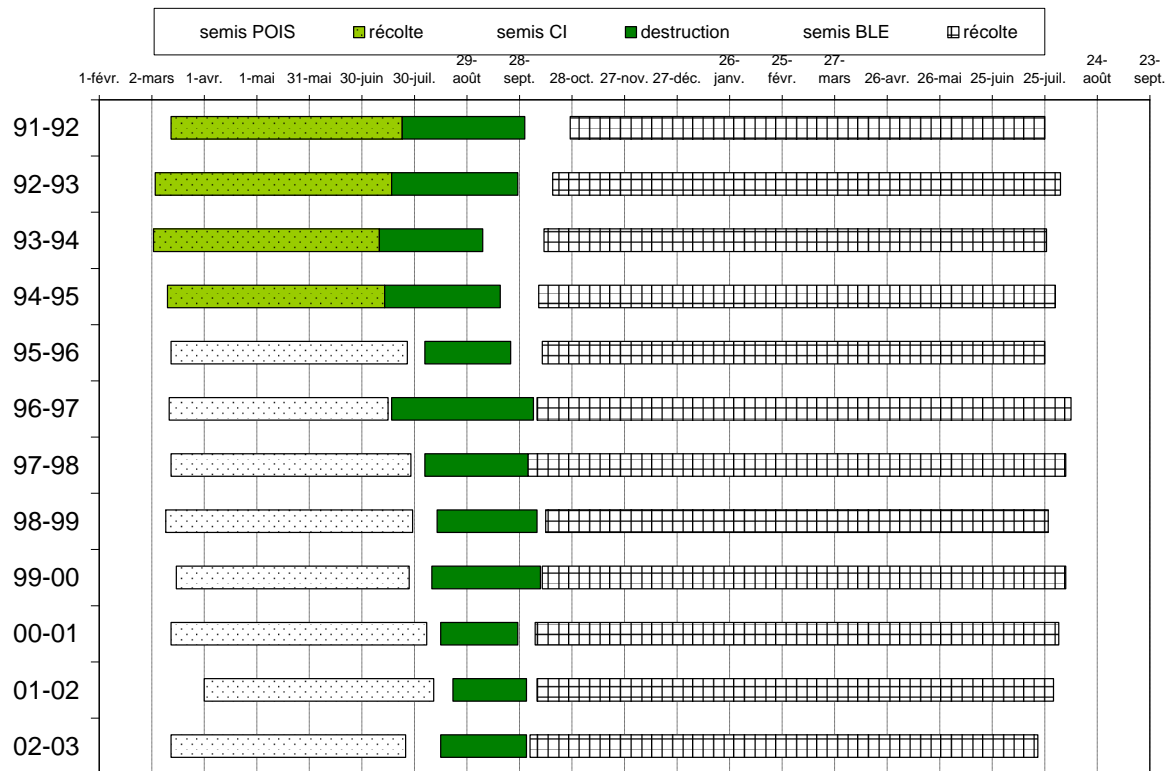
Interculture POIS – BLE

2 cultures intermédiaires ont été retenues :

- le **DACTYLE** (91-92 à 94-95) semé avec le pois, qui se développe après la récolte du pois .
- le **RADIS** depuis l'interculture 1995-1996, semé après la récolte du pois.

Les 2 cultures intermédiaires sont détruites mécaniquement et enfouies peu avant le semis du blé.

Le graphique et le tableau ci-après indiquent la durée de vie du dactyle puis du radis entre le pois et le blé.



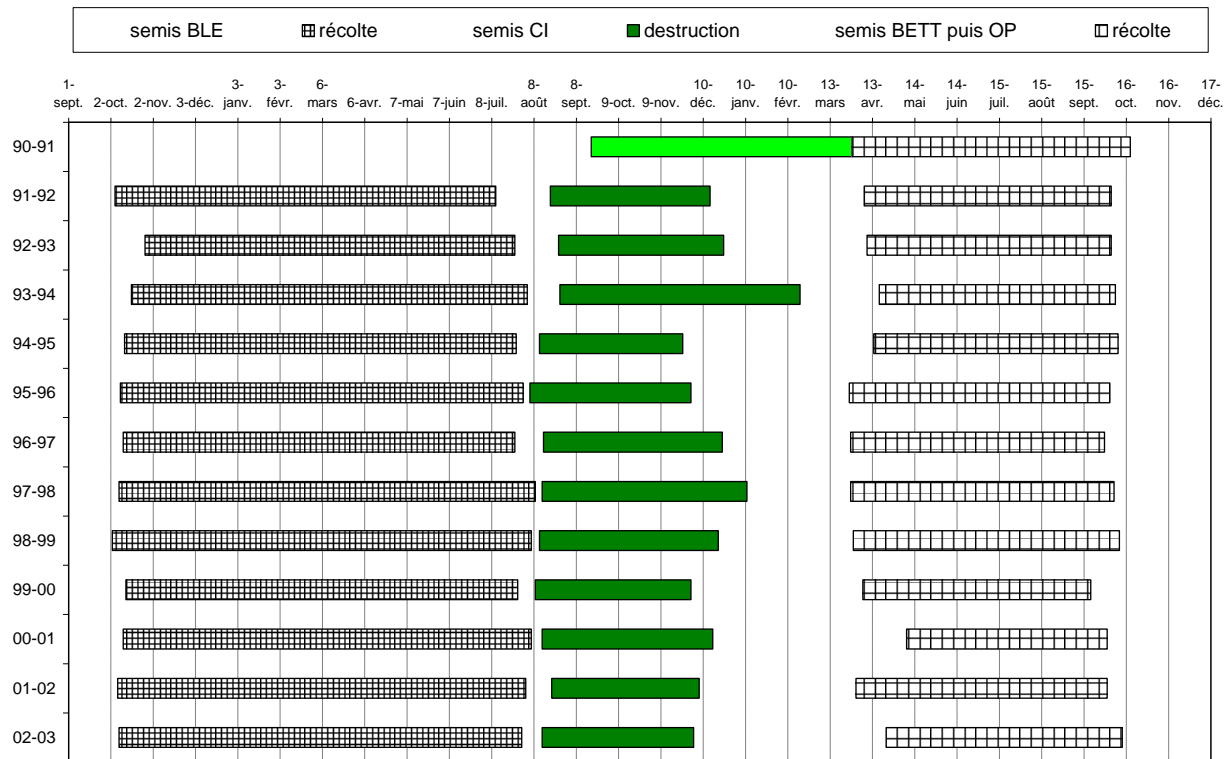
POIS		DACTYLE ou RADIS		BLE	
semis	récolte	semis	récolte	semis	récolte
13-mars-91	23-juil.-91	13-mars-91	1-oct.-91	27-oct.-91	25-juil.-92
4-mars-92	17-juil.-92	10-mars-92	27-sept.-92	17-oct.-92	3-août-93
3-mars-93	10-juil.-93	9-mars-93	7-sept.-93	12-oct.-93	26-juil.-94
11-mars-94	13-juil.-94	15-mars-94	17-sept.-94	9-oct.-94	31-juil.-95
13-mars-95	26-juil.-95	5-août-95	23-sept.-95	11-oct.-95	25-juil.-96
12-mars-96	15-juil.-96	17-juil.-96	6-oct.-96	8-oct.-96	9-août-97
13-mars-97	28-juil.-97	5-août-97	3-oct.-97	3-oct.-97	6-août-98
10-mars-98	29-juil.-98	12-août-98	8-oct.-98	13-oct.-98	27-juil.-99
16-mars-99	27-juil.-99	9-août-99	10-oct.-99	11-oct.-99	6-août-00
13-mars-00	6-août-00	14-août-00	27-sept.-00	7-oct.-00	2-août-01
1-avr.-01	10-août-01	21-août-01	2-oct.-01	8-oct.-01	30-juil.-02
13-mars-02	25-juil.-02	14-août-02	2-oct.-02	4-oct.-02	21-juil.-03

Interculture BLE – BETTERAVE

La culture intermédiaire retenue est le **RADIS** pour toute la durée de l'essai.

Sa durée de vie est assez longue : elle débute dès la récolte du blé mais se termine début décembre avec une destruction mécanique ou le gel.

Le graphique et le tableau ci-après indiquent la durée de vie du radis entre le blé et la betterave.



BLE		RADIS		BETTER	
semis	récolte	semis	récolte	semis	récolte
		19-sept.-90	29-mars-91	29-mars-91	19-oct.-91
5-oct.-90	11-juil.-91	20-août-91	15-déc.-91	7-avr.-92	5-oct.-92
27-oct.-91	25-juil.-92	26-août-92	25-déc.-92	9-avr.-93	5-oct.-93
17-oct.-92	3-août-93	27-août-93	19-févr.-94	18-avr.-94	8-oct.-94
12-oct.-93	26-juil.-94	12-août-94	25-nov.-94	14-avr.-95	10-oct.-95
9-oct.-94	31-juil.-95	5-août-95	1-déc.-95	27-mars-96	4-oct.-96
11-oct.-95	25-juil.-96	15-août-96	24-déc.-96	28-mars-97	30-sept.-97
8-oct.-96	9-août-97	14-août-97	11-janv.-98	28-mars-98	7-oct.-98
3-oct.-97	6-août-98	12-août-98	21-déc.-98	30-mars-99	11-oct.-99
13-oct.-98	27-juil.-99	9-août-99	1-déc.-99	6-avr.-00	20-sept.-00
11-oct.-99	6-août-00	14-août-00	17-déc.-00	8-mai-01	2-oct.-01
7-oct.-00	2-août-01	21-août-01	7-déc.-01	1-avr.-02	2-oct.-02

Performance des cultures intermédiaires

Fertilisation azotée, Matière sèche produite, Azote absorbé

Ce tableau indique pour chaque culture intermédiaire des 6 traitements (7 à 12) : La quantité de matière sèche fabriquée, la teneur en azote et la quantité d'azote contenu donc prélevé. Ces quantités sont relatives aux seules parties aériennes mais le radis a été arraché avec la partie racinaire facilement accessible. A noter (traitements 11 et 12) que 2 cultures intermédiaires ont été fertilisées avec un apport de 60 unités d'azote. Toutes les autres sont conduites sans fertilisation azotée propre.

traitement	7				8				9				10				11				12			
	AVEC CI N bilan	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien	AVEC CI N REDUIT	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien	AVEC CI N bilan	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien	AVEC CI N REDUIT	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien	AVEC CI N bilan	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien	AVEC CI N réduit	cipau Q ms aérien Kg/ha	teneur N% ms	cipau Q Nabs Kg N/ha aérien
1990	blé agri				blé agri				blé agri				blé agri				blé agri				blé agri			
1990	seigle	1357	2.50	34	seigle	1357	2.50	34	blé agri			blé agri				blé agri				blé agri				
1991	BETT.				BETT.				POIS			POIS				ORGE hiv				ORGE hiv				
1991	blé	111	4.03	5	blé	116	4.04	5	POIS			POIS				ORGE hiv				ORGE hiv				
1992	POIS				POIS				POIS			POIS				BETT.				BETT.				
1992	dactyle	4348	1.39	59	dactyle	4752	1.31	62	BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1993	BLE hiv				BLE hiv				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1993	radis	374	4.45	17	radis	372	4.26	16	BLE hiv			BLE hiv				POIS			POIS					
1994	BETT.				BETT.				POIS			POIS				POIS				POIS				
1994	orge hiver	1283	2.88	37	orge hiver	1199	2.85	34	POIS			POIS				BLE hiv			BLE hiv					
1995	POIS				POIS				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1995	radis	1710	2.59	44	radis	1797	2.46	44	BLE hiv			BLE hiv				BETT.			BLE hiv					
1996	BLE hiv				BLE hiv				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1996	radis	931	3.02	27	radis	791	2.90	23	BLE hiv			BLE hiv				orge hiver			orge hiver					
1997	BETT.				BETT.				POIS			POIS				POIS				POIS				
1997	orge hiver	894	3.79	34	orge hiver	888	3.79	34	POIS			POIS				BLE hiv			BLE hiv					
1998	POIS				POIS				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1998	radis	1099	3.33	37	radis	1099	3.13	35	BLE hiv			BLE hiv				BETT.			BLE hiv					
1999	BLE hiv				BLE hiv				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
1999	radis	1170	2.24	26	radis	1150	2.33	27	BLE hiv			BLE hiv				BETT.			BLE hiv					
2000	BETT.				BETT.				POIS			POIS				POIS				POIS				
2000	orge hiver	1331	3.24	43	orge hiver	1325	3.01	40	POIS			POIS				BLE hiv			BLE hiv					
2001	POIS				POIS				BLE hiv			BLE hiv				BETT.				BETT.				
2001	radis	1395	3.21	44	radis	1573	3.20	51	BLE hiv			BLE hiv				BETT.			BLE hiv					
2002	BLE hiv				BLE hiv				BETT.			BETT.				POIS			POIS					
2002	radis	1215	2.50	30	radis	1311	2.39	31	BLE hiv			BLE hiv				POIS			BLE hiv					
2003	BETT.				BETT.				POIS			POIS				BLE hiv			BLE hiv					

Les quantités de matière sèche produites :

matière sèche produite par les cultures intermédiaires en Kg MS /ha - par type d'interculture et par fumure azotée cumulée

interculture BETTERAVE - POIS

culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	moyenne
	BLE	BLE	BLE	OH	BLE	OH	OH	BLE	BLE	OH	BLE	BLE	
Thibie MS ci Kg/ha sole N bilan	111	250	210	1283	189	184	894	405	495	1331	928	448	609
Thibie MS ci Kg/ha sole N REDUIT	116	253	211	1199	201	165	888	372	484	1325	881	444	595

interculture POIS - BLE

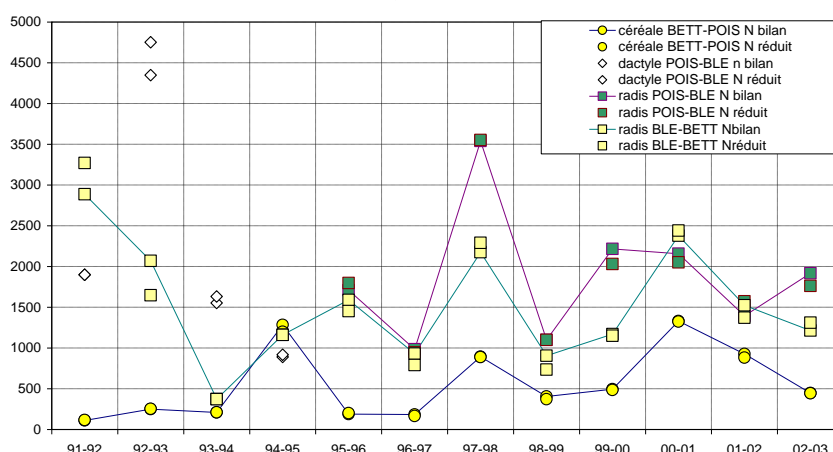
culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	radis seul
	DACT.	DACT.	DACT.	DACT.	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	
Thibie MS ci Kg/ha	1898	4348	1553	890	1710	985	3540	1099	2216	2157	1395	1918	1878
Thibie MS ci Kg/ha sole N REDUIT	1898	4752	1631	918	1797	946	3552	1099	2031	2051	1573	1761	1851

interculture BLE - BETTERAVE

culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	
	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	
Thibie MS ci Kg/ha	2887	2070	374	1163	1590	931	2175	906	1170	2378	1523	1215	1532
Thibie MS ci Kg/ha sole N REDUIT	3271	1647	372	1160	1453	791	2291	734	1150	2441	1371	1311	1499

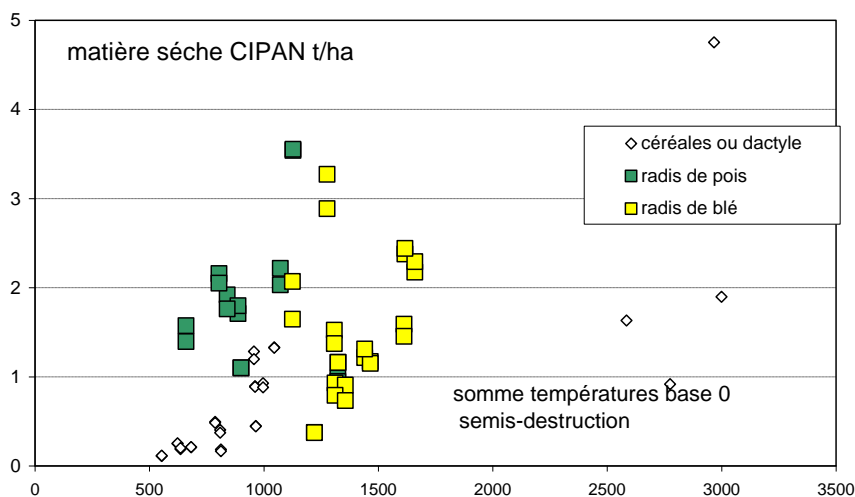
Un effet année important ...
Les céréales sont moins « productives » que le radis.
Peu d'effet du régime de fertilisation azotée de la betterave et du blé.

quantité de matière sèche aérienne en Kg / ha des cultures intermédiaires



A sommes de températures (base zéro) équivalentes entre semis et destruction, la quantité de matière sèche produite par le radis est plus importante après pois qu'après blé.

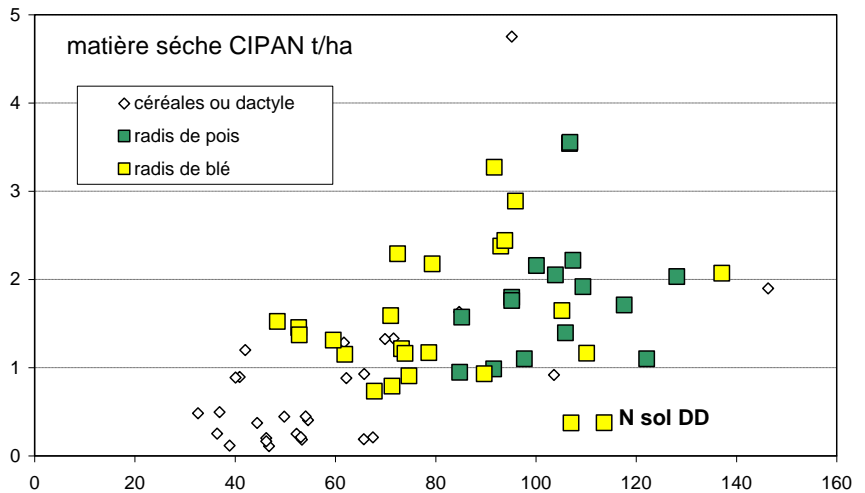
Ceci est probablement lié à la minéralisation de l'azote du pois alors que la paille de blé consomme de l'azote du sol après son enfouissement. L'implantation est aussi moins bonne après paille de céréale.



Ce graphique met en relation la quantité de matière sèche fabriquée par la culture intermédiaire et la quantité d'azote minéral du sol en début drainage (Nsol DD en Kg N NO3 sur 110 cm) dans les parcelles sans culture intermédiaire.

Même résultat avec le reliquat après récolte.

Liaison lâche mais qui existe, surtout en considérant que les radis après pois ont eu une durée de vie inférieure à celle des radis de blé (voir graphique précédent).



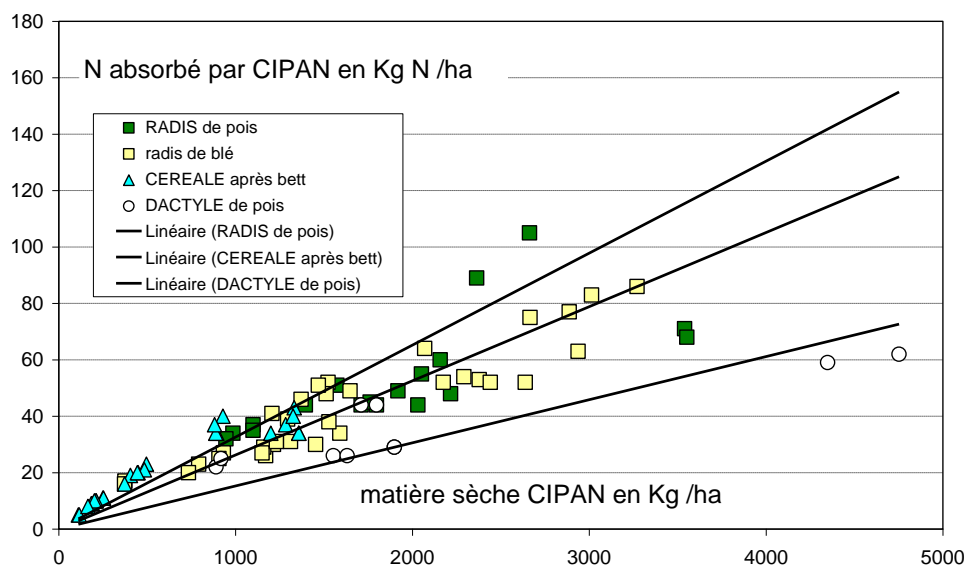
Les quantités d'azote N prélevées

Les quantités d'azote N contenues dans les cultures intermédiaires (*parties aériennes telles que définies précédemment*) sont relativement proportionnelles aux quantités de matière sèche fabriquées

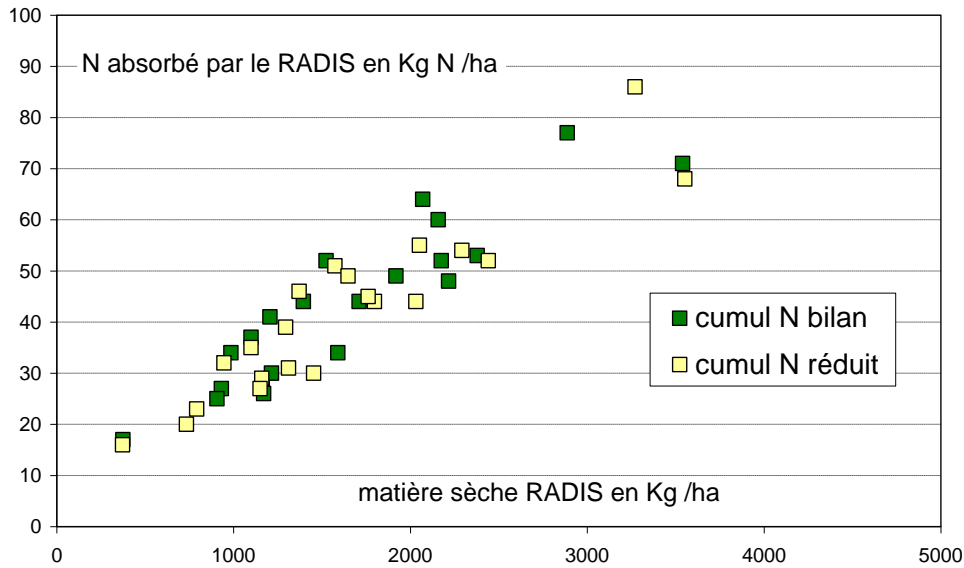
Les radis sont les plus représentés, et 2 tonnes de matière sèche de radis contiennent quelque 50 unités d'azote en moyenne.

Le dactyle est moins performant : 2 tonnes correspondent à 30 unités d'azote environ.

Les céréales (blé ou orge d'hiver) semblent plus performantes mais se sont peu développées dans l'essai (quantités de matière sèche inférieures à 1,5 t/ha).



A noter aussi que la croissance du radis n'a pas été affectée par l'historique de fertilisation azotée des parcelles (*cumul N bilan contre cumul N réduit*).



Consommation d'eau par les cultures intermédiaires

Parmi les oppositions à l'implantation des cultures intermédiaires, on cite souvent leur consommation en eau, au détriment des quantités d'eau restituées aux nappes.

Cette consommation est appréciée ici par les différences de drainage mesurées dans les cases lysimétriques de l'INRA Fagnières.

A noter que les cultures intermédiaires implantées sur les cases se sont mieux développées que celles du site principal de Thibie.

drainage annuel **eau** en mm par type d'interculture

interculture BETTERAVE - POIS

culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	moyenne
	BLE	BLE	BLE	OH	BLE	OH	OH	BLE	BLE	OH	BLE	BLE	
drainage (mm) sous N bilan sans CI	3	15	151	141	1	45	85	55	65	225	147	18	79
drainage (mm) sous N bilan AVEC CI	2	20	184	126	1	49	87	53	69	234	156	18	83
écart en mm	1	-5	-33	16	0	-4	-2	2	-3	-9	-9	1	
Thibie MS ci Kg/ha	113.5	251.5	210.5	1241	195	174.5	891	388.5	489.5	1328	904.5	446	

interculture POIS - BLE

culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	radis seul		
	DACT.	DACT.	DACT.	DACT.	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS			
drainage (mm) sous N bilan sans CI	82	97	274	246	68	157	226	134	157	337	269	124	184		
drainage (mm) sous N bilan AVEC CI	63	78	255	258	65	127	161	128	119	255	239	117	151		
écart en mm	19	19	19	-12	3	30	65	7	38	82	30	7			
Thibie MS ci Kg/ha	1898	4550	1592	904	1754	965.5	3546	1099	2124	2104	1484	1840	1864		
production sur cases MS ci Kg/ha							production sur cases	2228	3270	1826	2310	4780	4067	5021	3357

interculture BLE - BETTERAVE

culture intermédiaire	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03			
	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS	RADIS			
drainage (mm) sous N bilan sans CI	89	103	257	279	90	142	218	124	138	274	275	107	175		
drainage (mm) sous N bilan AVEC CI	46	54	185	198	46	107	164	103	95	248	221	64	128		
écart en mm	43	49	71	81	43	35	55	21	43	26	54	43			
Thibie MS ci Kg/ha	3079	1859	373	1162	1522	861	2233	820	1160	2410	1447	1263	1516		
production sur cases MS ci Kg/ha							production sur cases	738	3516	2310	2759	6023	6119	2848	3473

Quantités d'eau drainées sous les cases lysimétriques (en mm)

- par décade : moyenne sur toute la durée de l'essai

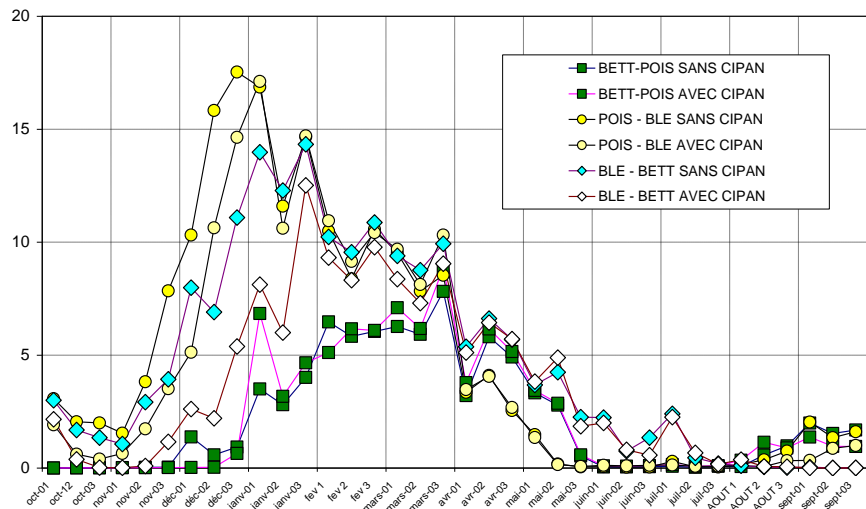
- par type d'interculture avec ou sans cultures intermédiaires

moyennes drainage en mm 91-92 à 02-03 compris

	BETT- POIS SANS CIPAN	BETT- POIS AVEC CIPAN	POIS - BLE SANS CIPAN	POIS - BLE AVEC CIPAN	BLE - BETT SANS CIPAN	BLE - BETT AVEC CIPAN
oct-01	0.0	0.0	3.1	1.9	3.0	2.2
oct-12	0.0	0.0	2.0	0.6	1.7	0.4
oct-03	0.0	0.0	2.0	0.4	1.3	0.0
nov-01	0.0	0.0	1.5	0.6	1.1	0.0
nov-02	0.0	0.0	3.8	1.7	2.9	0.1
nov-03	0.0	0.0	7.8	3.5	3.9	1.2
déc-01	1.4	0.0	10.3	5.1	8.0	2.6
déc-02	0.6	0.0	15.8	10.6	6.9	2.2
déc-03	0.9	0.6	17.5	14.6	11.1	5.4
janv-01	3.5	6.8	16.9	17.1	14.0	8.1
janv-02	2.8	3.2	11.6	10.6	12.3	6.0
janv-03	4.0	4.7	14.7	14.7	14.3	12.5
fev 1	6.5	5.1	10.5	10.9	10.2	9.3
fev 2	5.8	6.2	8.4	9.1	9.5	8.3
fev 3	6.0	6.1	10.6	10.4	10.9	9.8
mars-01	6.3	7.1	9.5	9.7	9.4	8.4
mars-02	5.9	6.2	7.8	8.1	8.8	7.3
mars-03	7.8	8.9	8.5	10.3	9.9	9.0
avr-01	3.2	3.8	3.4	3.5	5.4	5.1
avr-02	5.8	6.2	4.1	4.1	6.6	6.4
avr-03	4.9	5.2	2.5	2.7	5.7	5.7
mai-01	3.3	3.4	1.5	1.4	3.7	3.8
mai-02	2.8	2.9	0.2	0.2	4.2	4.9
mai-03	0.5	0.6	0.1	0.1	2.3	1.8
juin-01	0.0	0.1	0.1	0.1	2.2	2.0
juin-02	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	0.8
juin-03	0.1	0.1	0.0	0.1	1.3	0.6
juil-01	0.1	0.2	0.3	0.1	2.4	2.3
juil-02	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	0.7
juil-03	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
AOUT 1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4
AOUT 2	0.6	1.1	0.4	0.1	0.1	0.1
AOUT 3	1.0	0.9	0.7	0.3	0.0	0.1
sept-01	2.0	1.4	2.0	0.3	0.0	0.0
sept-02	1.5	1.0	1.3	0.9	0.0	0.0
sept-03	1.7	1.0	1.6	1.0	0.0	0.0

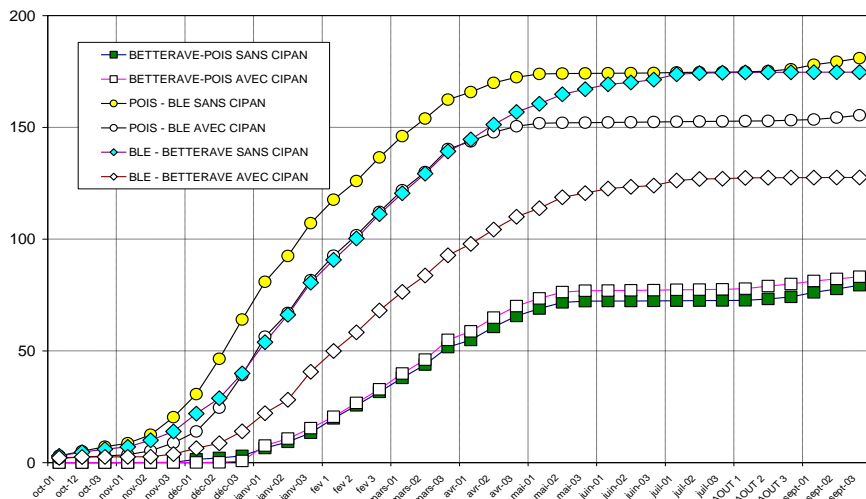
Répartition des quantités d'eau drainées par type d'interculture.

Moyenne 1991-92 à 2002-03 compris.



Mêmes données mais ici cumulées sur l'année moyenne. Drainage plus faible après betterave.

Peu d'effet de la culture intermédiaire sauf pour le RADIS entre BLE et BETTERAVE qui a consommé quelque 40-50 mm en moyenne.



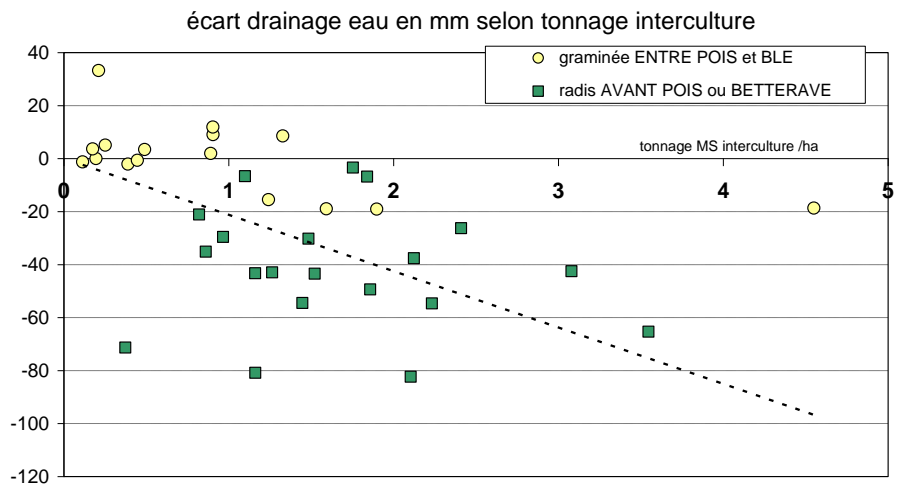
Relation entre drainage et quantité de matière sèche des cultures intermédiaires

Ces graphiques mettent en relation les tonnages de matière sèche « aérienne » fabriqués par les cultures intermédiaires, Et les écarts de drainage d'eau mesurés à Fagnières sous les cases lysimétriques.

Dans le graphique ci-contre, les tonnages indiqués sont les tonnages fabriqués sur le site de Thibie.

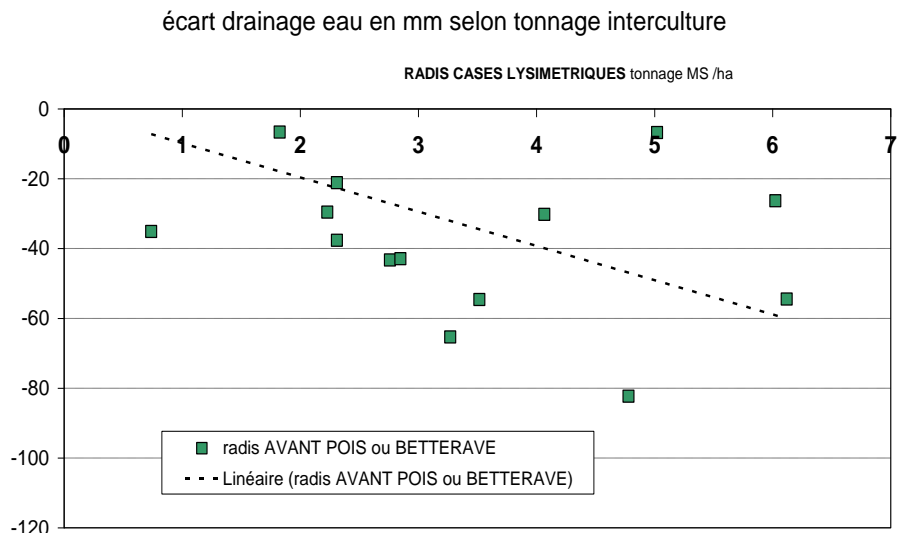
Les graminées, peu productives n'ont pas provoqué d'écart de drainage.

La tendance donnée par le radis est peu précise. Néanmoins, en corrélant les quantités de matière sèche fabriquée sur le site de Thibie et les écarts de drainage, on pourrait chiffrer à 40 mm la fabrication de 2 tonnes de matière sèche.



En considérant les matières sèches fabriquées sur les surfaces limitées des **cases**, et qui sont plus importantes que celles mesurées sur le site de Thibie, les 2 tonnes de matière sèche provoquent un écart de drainage de quelque 20 mm.

L'ordre de grandeur se situe probablement entre ces deux chiffres.



Profils d'azote dans le sol

**Effet des cultures intermédiaires
et
de la réduction de fumure azotée
sur
les quantités d'azote minéral du sol**

voir annexe 2

Suivi de l'azote minéral du sol.

RAPPEL 1 :

Les quantités d'azote minéral dans le sol ont été théoriquement mesurées à 4 périodes :

- après récolte RAR
- à destruction de la culture intermédiaire RDCI
- début drainage RDD
- sortie hiver (fin Février) RSH

Mais selon la nature de la culture principale, certaines périodes peuvent être confondues. Voir tableau ci-contre.

périodes de mesures des reliquats azotés du sol

après POIS	RAR	RDCI	RDD		RSH
après BLE	RAR		RDD = RDCI		RSH
après BETTERAVE	RAR		RDD		RSH = RDCI

RAPPEL 2 : la réduction de fertilisation azotée, et l'introduction systématique de cultures intermédiaires sont combinées et CUMULEES dans les différents traitements de l'essai, de 1990-91 à 2002-2003.

dates des mesures des reliquats azotés du sol

RAR= reliquats après récolte RDCI = destruction cultures intermédiaires RDD = début drainage RSH = sortie hiver

interculture BETTERAVE - POIS

RAR	18/10/91	05/10/92	05/10/93	13/10/94	13/10/95	08/10/96	30/09/97	06/10/98	09/10/99	20/09/00	04/10/01	02/10/02
RDD	03/12/91	30/11/92	15/12/93	19/12/94	05/12/95	28/11/96	04/12/97	25/11/98	01/12/99	21/11/00	28/11/01	03/12/02
RSH= RDCI	19/02/92	08/02/93	14/02/94	13/02/95	14/02/96	19/02/97	11/02/98	25/02/99	15/02/00	20/02/01	28/02/02	19/02/03

interculture POIS - BLE

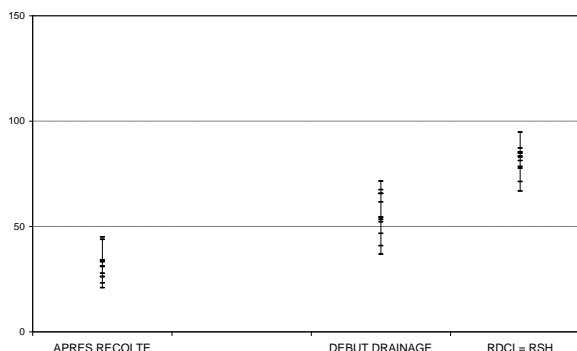
RAR	18/07/91	18/08/92	15/07/93	20/07/94	16/08/95	18/07/96	31/07/97	30/07/98	03/08/99	10/08/00	07/08/01	01/08/02
RDCI	15/10/91	22/09/92	06/09/93	16/09/94	25/09/95	30/09/96	30/09/97	06/10/98	09/10/99	26/09/00	04/10/01	02/10/02
RDD	03/12/91	30/11/92	15/12/93	19/12/94	05/12/95	28/11/96	04/12/97	25/11/98	01/12/99	21/11/00	28/11/01	03/12/02
RSH	19/02/92	08/02/93	14/02/94	13/02/95	14/02/96	19/02/97	11/02/98	25/02/99	15/02/00	20/02/01	28/02/02	19/02/03

interculture BLE - BETTERAVE

RAR	18/07/91	17/08/92	10/08/93	01/08/94	17/08/95	26/07/96	14/08/97	11/08/98	03/08/99	10/08/00	07/08/01	01/08/02
RDCI=RDD	03/12/91	30/11/92	15/12/93	19/12/94	21/11/95	28/11/96	04/12/97	25/11/98	01/12/99	21/11/00	28/11/01	03/12/02
RSH	19/02/92	08/02/93	14/02/94	13/02/95	14/02/96	19/02/97	11/02/98	25/02/99	15/02/00	20/02/01	28/02/02	19/02/03

Interculture BETTERAVE - POIS

Valeurs des reliquats azotés nitriques dans le sol (0-110 cm) du traitement de base N bilan sans cultures intermédiaires



interculture BP
APRES RECOLTE

DEBUT DRAINAGE
RDCI = RSH

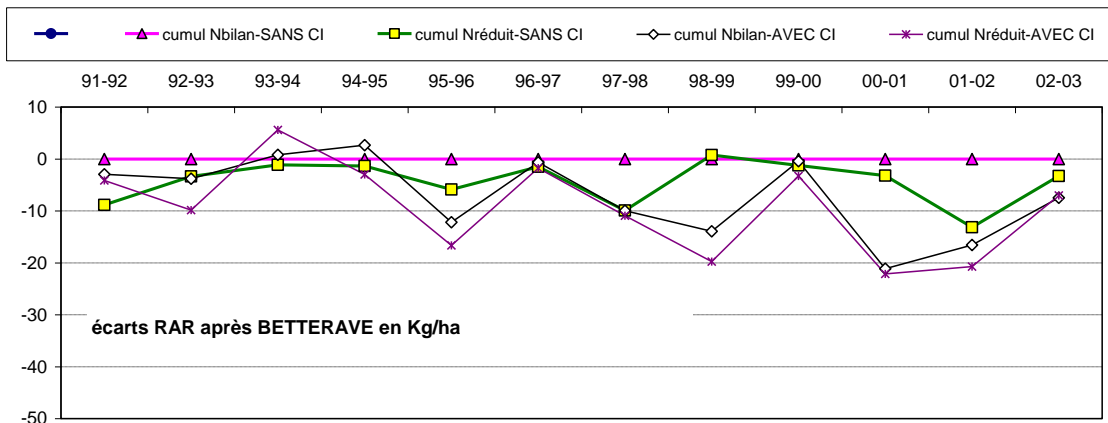
91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
33	26	34	23	34	26	28	31	21	45	44	31
47	52	68	62	66	53	41	55	37	72	66	54
79	85	85	95	81	71	78	84	67	87	85	83

Interculture BETTERAVE - POIS

Evolution des reliquats nitriques APRES RECOLTE (RAR sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI	33.3			23.2			27.9			45.1		
2	cumul Nréduit-SANS CI	24.4			21.9			17.9			41.9		
7	cumul Nbilan-AVEC CI	30.3			25.9			17.9			23.9		
8	cumul Nréduit-AVEC CI	29.2			20.3			17.0			22.9		
3	cumul Nbilan-SANS CI			33.9			26.2			21.0			31.0
4	cumul Nréduit-SANS CI			32.8			24.7			19.7			27.7
9	cumul Nbilan-AVEC CI			34.7			25.6			20.6			23.5
10	cumul Nréduit-AVEC CI			39.4			24.5			17.7			23.9
5	cumul Nbilan-SANS CI		26.2			34.1			31.2			43.9	
6	cumul Nréduit-SANS CI		22.9			28.3			32.0			30.8	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		22.4			21.9			17.3			27.3	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		16.4			17.5			11.5			23.2	

Ecarts en Kg NO₃ / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »
Reliquats faibles, moins de reliquats après cumul de cultures intermédiaires.

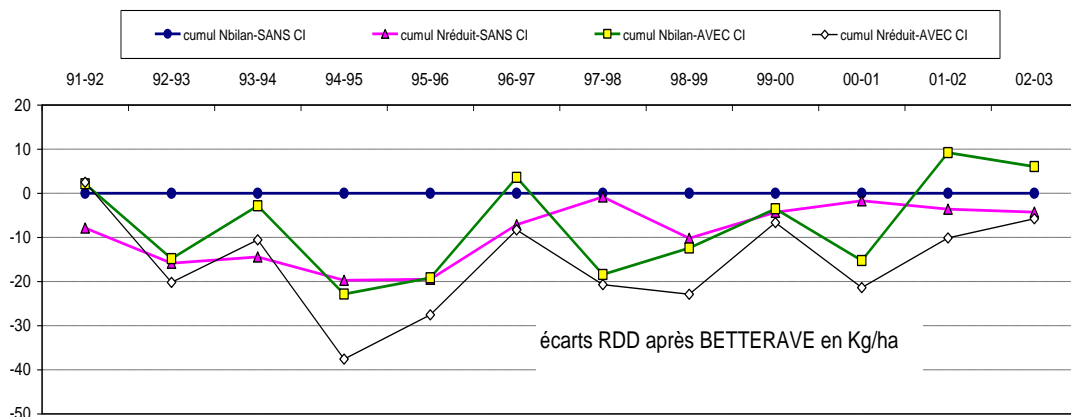


Interculture BETTERAVE - POIS

Evolution des reliquats nitriques DEBUT DRAINAGE (RDD sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI	46.8			61.7			40.9			71.6		
2	cumul Nréduit-SANS CI	38.9			42.0			40.1			69.9		
7	cumul Nbilan-AVEC CI	48.9			38.8			22.5			56.3		
8	cumul Nréduit-AVEC CI	49.2			24.1			20.2			50.2		
3	cumul Nbilan-SANS CI			67.5			53.3			36.9			54.1
4	cumul Nréduit-SANS CI			53.1			46.2			32.6			49.8
9	cumul Nbilan-AVEC CI			64.7			56.9			33.4			60.1
10	cumul Nréduit-AVEC CI			56.9			45.0			30.3			48.3
5	cumul Nbilan-SANS CI		52.2			65.7			54.6			65.7	
6	cumul Nréduit-SANS CI		36.4			46.2			44.4			62.2	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		37.4			46.5			42.2			75.0	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		32.0			38.1			31.7			55.6	

Ecarts en Kg NO₃ / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »
Reliquats faibles, moins de reliquats après cumul de cultures intermédiaires.

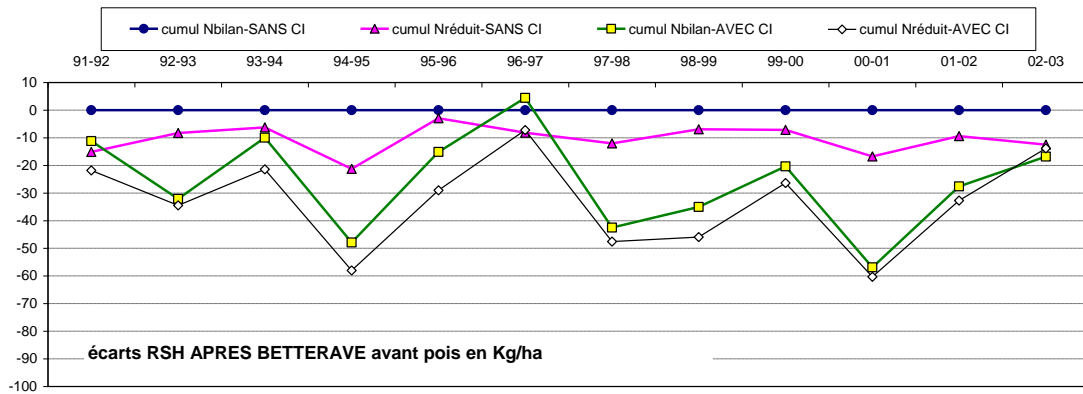


Interculture BETTERAVE - POIS

Evolution des reliquats nitriques SORTIE HIVER (RSH sur 110 cm)

traitements	interculture	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI	78.5			94.8			77.7			87.3		
2	cumul Nréduit-SANS CI	63.4			73.6			65.7			70.5		
7	cumul Nbilan-AVEC CI	67.3			46.9			35.2			30.4		
8	cumul Nréduit-AVEC CI	56.7			36.8			30.2			26.9		
3	cumul Nbilan-SANS CI			85.4			71.4			66.9			83.0
4	cumul Nréduit-SANS CI			79.1			63.2			59.7			70.5
9	cumul Nbilan-AVEC CI			75.4			75.8			46.5			66.2
10	cumul Nréduit-AVEC CI			63.9			64.2			40.5			69.1
5	cumul Nbilan-SANS CI		84.8			81.3			83.5				85.3
6	cumul Nréduit-SANS CI		76.5			78.4			76.6				75.9
11	cumul Nbilan-AVEC CI		52.7			66.2			48.5				57.7
12	cumul Nréduit-AVEC CI		50.3			52.3			37.6				52.6

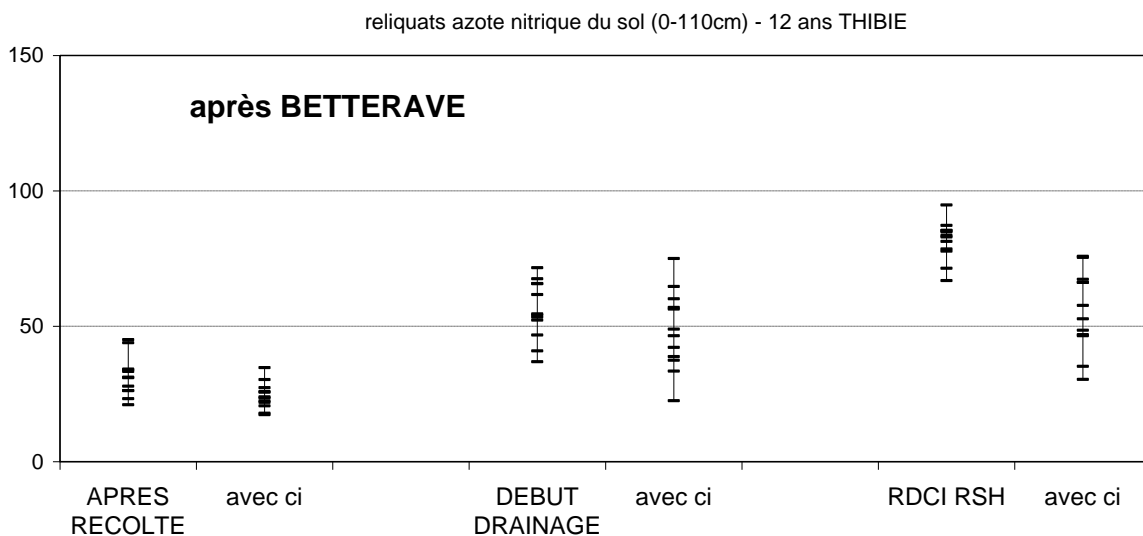
Ecarts en Kg NO₃ / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »
Fort effet du cumul de cultures intermédiaires, fumure azotée réduite ou non.



Interculture BETTERAVE - POIS

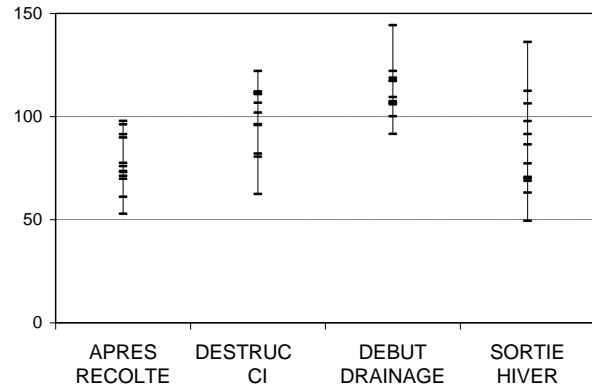
Récapitulatif

Evolution des reliquats azotés nitriques (traitements N bilan) AVEC ou SANS cultures intermédiaires cumulées sur 12 ans.



Interculture POIS - BLE

Valeurs des reliquats azotés nitriques dans le sol (0-110 cm)
du traitement de base N bilan sans cultures
intermédiaires



interculture
APRES RECOLTE
DESTRUC CI
DEBUT DRAINAGE
SORTIE HIVER

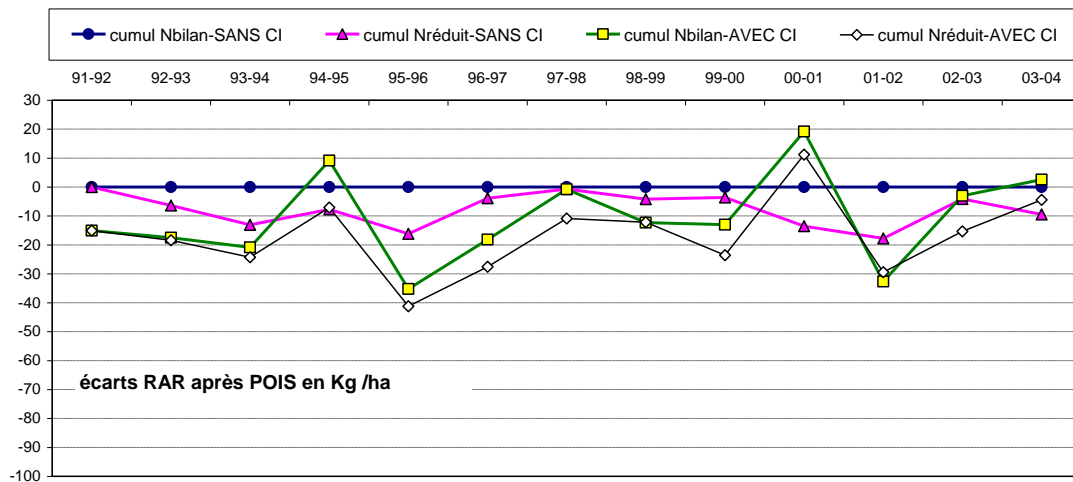
	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
APRES RECOLTE	71	70	61	76	96	78	74	53	73	91	98	90
DESTRUC CI	112	112	62	82	107	81	112	96	111	102	96	122
DEBUT DRAINAGE	144	119	117	107	118	92	107	122	107	100	106	109
SORTIE HIVER	136	113	71	77	106	92	87	98	70	49	69	63

Interculture POIS - BLE

Evolution des reliquats nitriques APRES RECOLTE (RAR sur 110 cm)

traitements		interculture	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI			69.8			96.2			52.9			97.9	
2	cumul Nréduit-SANS CI			63.4			80.0			48.7			80.1	
7	cumul Nbilan-AVEC CI			52.2			61.0			40.6			65.2	
8	cumul Nréduit-AVEC CI			51.3			55.0			40.7			68.4	
3	cumul Nbilan-SANS CI		71.2			75.9			73.6			91.4		
4	cumul Nréduit-SANS CI		71.2			68.2			72.9			77.9		
9	cumul Nbilan-AVEC CI		56.1			85.0			72.9			110.6		
10	cumul Nréduit-AVEC CI		56.1			68.8			62.8			102.6		
5	cumul Nbilan-SANS CI			61.1			77.5			73.1			89.8	
6	cumul Nréduit-SANS CI			48.1			73.6			69.5			85.6	
11	cumul Nbilan-AVEC CI			40.3			59.3			60.1			86.8	
12	cumul Nréduit-AVEC CI			36.9			49.9			49.5			74.4	

Ecarts en Kg NO₃ / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »

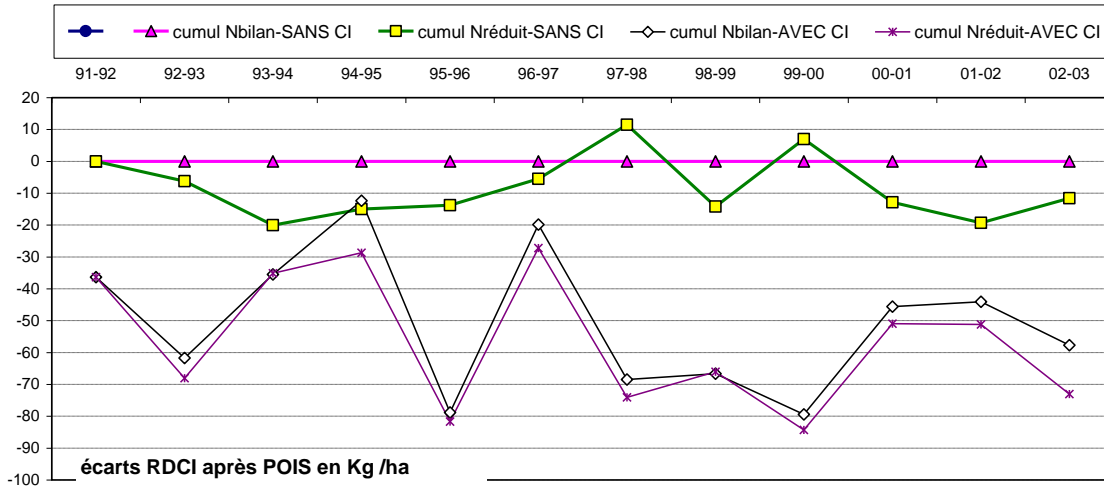


Interculture POIS - BLE

Evolution des reliquats nitriques A DESTRUCTION des cultures intermédiaires (RDCI sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI		111.6			106.7			96.3			95.9	
2	cumul Nréduit-SANS CI		105.3			92.9			82.1			76.6	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		49.8			27.8			29.6			51.8	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		43.5			25.0			30.2			44.6	
3	cumul Nbilan-SANS CI	111.6			82.0			112.2			101.9		
4	cumul Nréduit-SANS CI	111.6			67.0			123.7			89.1		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	75.2			69.6			43.7			56.3		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	75.2			53.4			38.1			51.0		
5	cumul Nbilan-SANS CI			62.4			80.5			110.9			122.1
6	cumul Nréduit-SANS CI			42.3			75.0			117.9			110.5
11	cumul Nbilan-AVEC CI			26.9			60.6			31.5			64.4
12	cumul Nréduit-AVEC CI			27.3			53.3			26.6			49.0

Ecarts en Kg NO3 / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »
Fort effet des cultures intermédiaires.

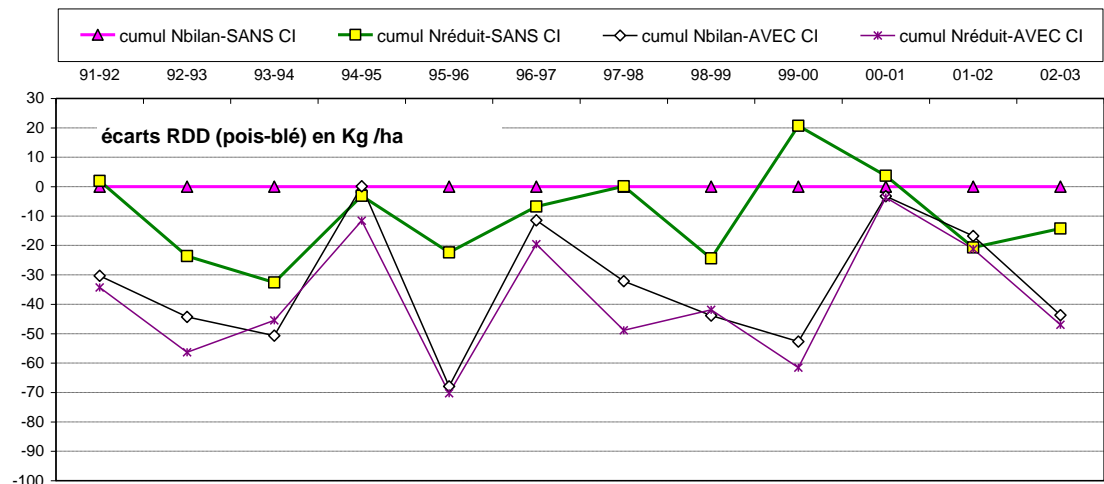


Interculture POIS - BLE

Evolution des reliquats nitriques DEBUT DRAINAGE (RDD sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI		118.8			117.6			122.1			105.9	
2	cumul Nréduit-SANS CI		95.2			95.2			97.7			85.2	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		74.5			49.6			78.3			89.1	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		62.5			47.3			80.2			84.6	
3	cumul Nbilan-SANS CI	144.3			106.7			106.7			100.1		
4	cumul Nréduit-SANS CI	146.3			103.6			106.8			103.9		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	114.0			106.8			74.5			96.9		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	110.0			95.1			57.8			96.4		
5	cumul Nbilan-SANS CI			117.2			91.6			107.4			109.4
6	cumul Nréduit-SANS CI			84.7			84.8			128.1			95.2
11	cumul Nbilan-AVEC CI			66.5			80.1			54.8			65.7
12	cumul Nréduit-AVEC CI			71.7			72.0			45.9			62.5

Ecarts en Kg NO3 / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »

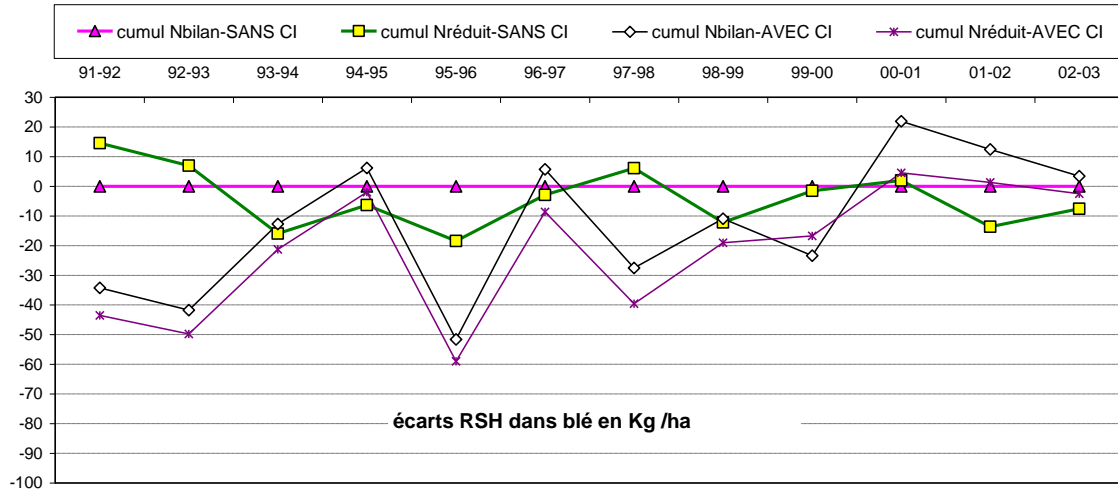


Interculture POIS - BLE

Evolution des reliquats nitriques SORTIE HIVER (RSH dans blé sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI		112.5			106.3			97.8			68.8	
2	cumul Nréduit-SANS CI		119.4			87.8			85.6			55.1	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		70.8			54.6			86.9			81.2	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		62.7			47.3			78.8			70.1	
3	cumul Nbilan-SANS CI	136.2			77.3			86.5			49.4		
4	cumul Nréduit-SANS CI	150.7			71.0			92.7			51.4		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	102.0			83.5			59.0			71.3		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	92.7			75.4			47.0			53.9		
5	cumul Nbilan-SANS CI			70.7			91.5			69.9			63.1
6	cumul Nréduit-SANS CI			54.8			88.6			68.4			55.5
11	cumul Nbilan-AVEC CI			58.0			97.2			46.6			66.5
12	cumul Nréduit-AVEC CI			49.4			82.8			53.2			60.6

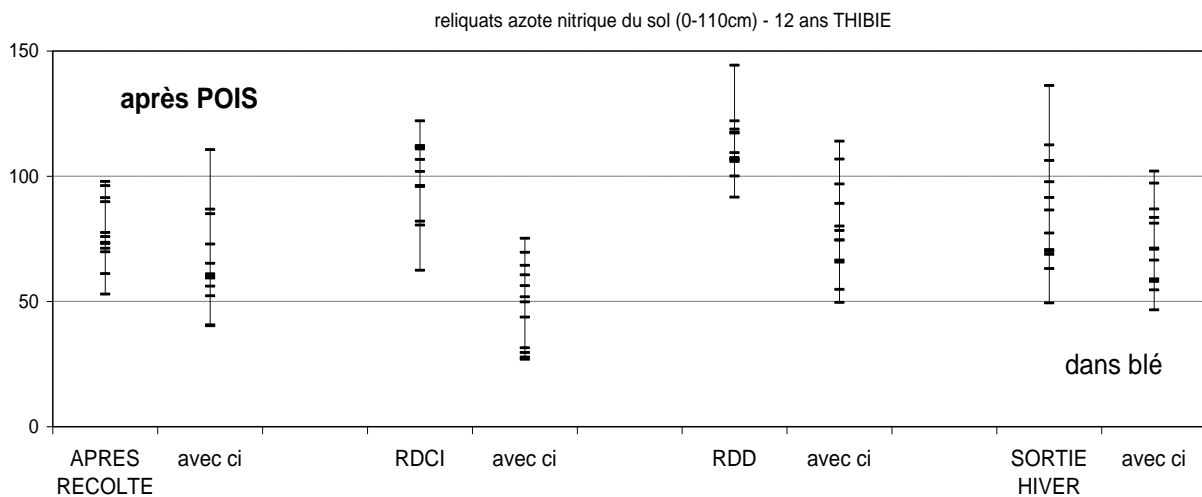
Ecarts en Kg NO3 / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »



Interculture POIS - BLE

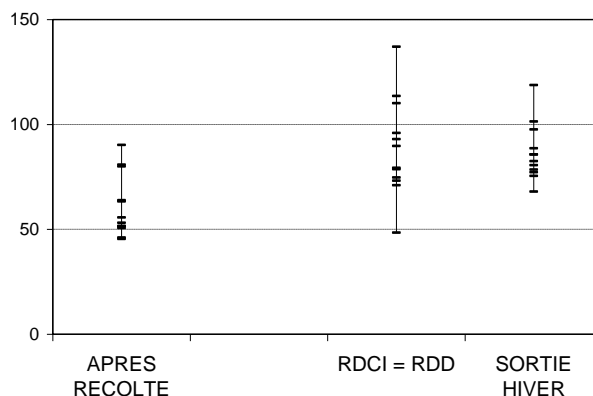
Récapitulatif

Evolution des reliquats azotés nitriques (traitements N bilan) AVEC ou SANS cultures intermédiaires cumulées sur 12 ans.



Interculture BLE - BETTERAVE

Valeurs des reliquats azotés nitriques dans le sol (0-110 cm)
du traitement de base N bilan sans cultures
intermédiaires



interculture
APRES RECOLTE

RDCI = RDD
SORTIE HIVER

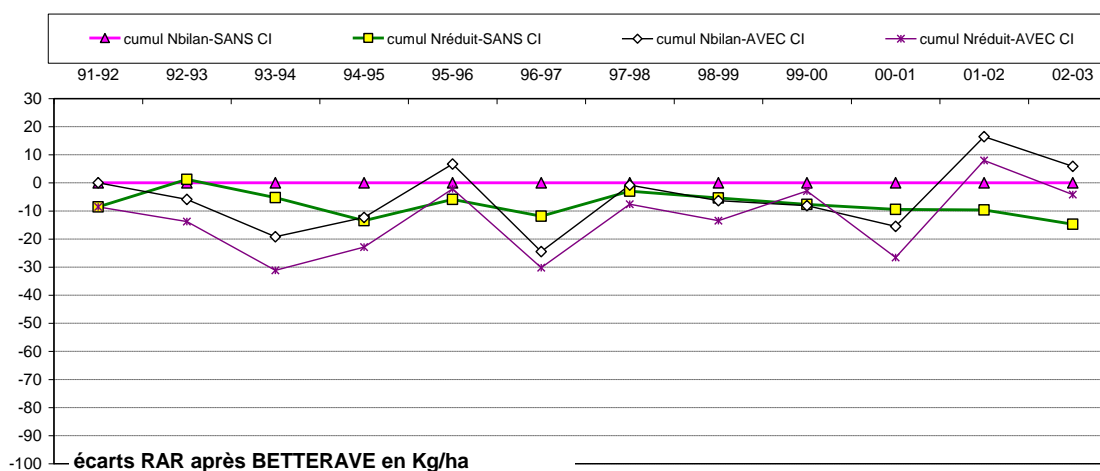
	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
APRES RECOLTE	63	80	81	52	45	51	64	46	56	90	53	51
RDCI = RDD	96	137	114	110	71	90	79	75	79	93	48	73
SORTIE HIVER	98	119	86	101	77	89	81	86	76	79	68	83

Interculture BLE - BETTERAVE

Evolution des reliquats nitriques APRES RECOLTE (RAR sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul N bilan-SANS CI			80.9			50.6			55.6		51.4	
2	cumul N réduit-SANS CI			75.6			38.7			47.9		36.7	
7	cumul N bilan-AVEC CI			61.7			26.1			47.5		57.3	
8	cumul N réduit-AVEC CI			49.7			20.4			52.7		47.2	
3	cumul N bilan-SANS CI		80.0			45.4		46.1			53.2		
4	cumul N réduit-SANS CI		81.3			39.5		40.7			43.5		
9	cumul N bilan-AVEC CI		74.2			52.1		39.8			69.6		
10	cumul N réduit-AVEC CI		66.3			43.3		32.6			61.1		
5	cumul N bilan-SANS CI	63.3			51.6		63.9			90.2			
6	cumul N réduit-SANS CI	54.8			38.2		61.0			80.8			
11	cumul N bilan-AVEC CI	63.3			39.3		63.1			74.7			
12	cumul N réduit-AVEC CI	54.8			28.8		56.3			63.7			

Ecarts en Kg NO₃ / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »

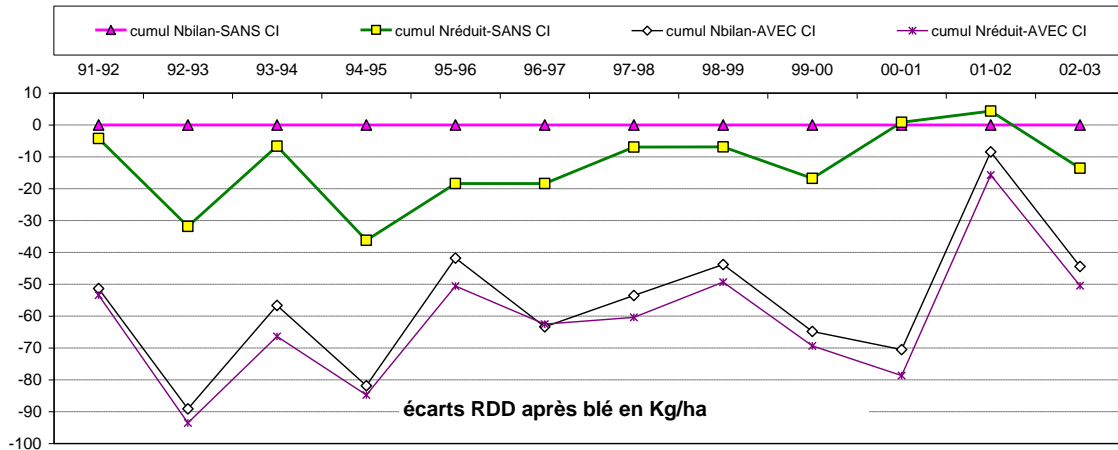


Interculture BLE - BETTERAVE

Evolution des reliquats nitriques DEBUT DRAINAGE (RDD sur 110 cm)

traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI			113.6			89.7			78.6		73.2	
2	cumul Nréduit-SANS CI			107.0			71.3			61.9		59.6	
7	cumul Nbilan-AVEC CI			57.0			26.3			13.8		28.8	
8	cumul Nréduit-AVEC CI			47.2			27.2			9.3		22.7	
3	cumul Nbilan-SANS CI		137.1			71.0			74.7			48.4	
4	cumul Nréduit-SANS CI		105.2			52.7			67.8			52.8	
9	cumul Nbilan-AVEC CI		48.0			29.2			30.9			40.0	
10	cumul Nréduit-AVEC CI		43.5			20.5			25.3			32.7	
5	cumul Nbilan-SANS CI	95.9			110.1			79.3			93.0		
6	cumul Nréduit-SANS CI	91.7			73.9			72.4			93.8		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	44.6			28.3			25.8			22.5		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	42.5			25.3			18.9			14.3		

Ecarts en Kg NO3 / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »

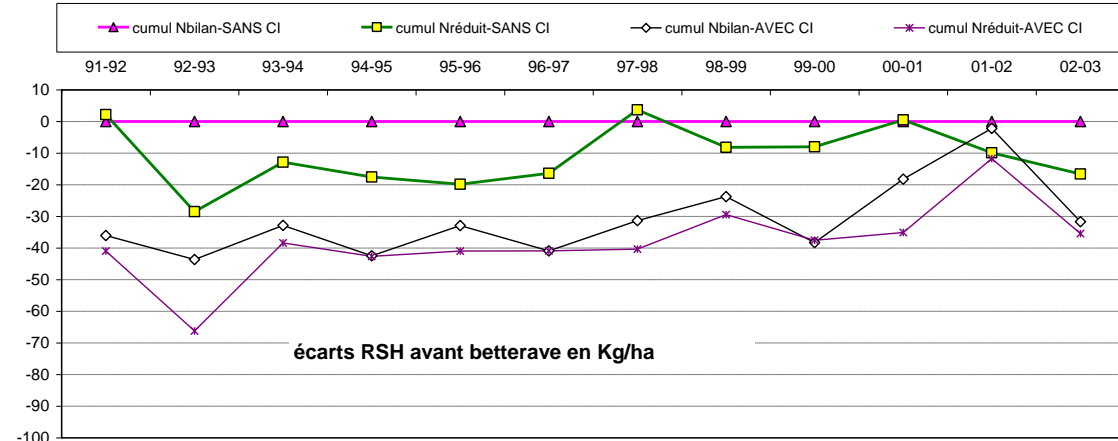


Interculture BLE - BETTERAVE

Evolution des reliquats nitriques SORTIE HIVER (RSH sur 110 cm)

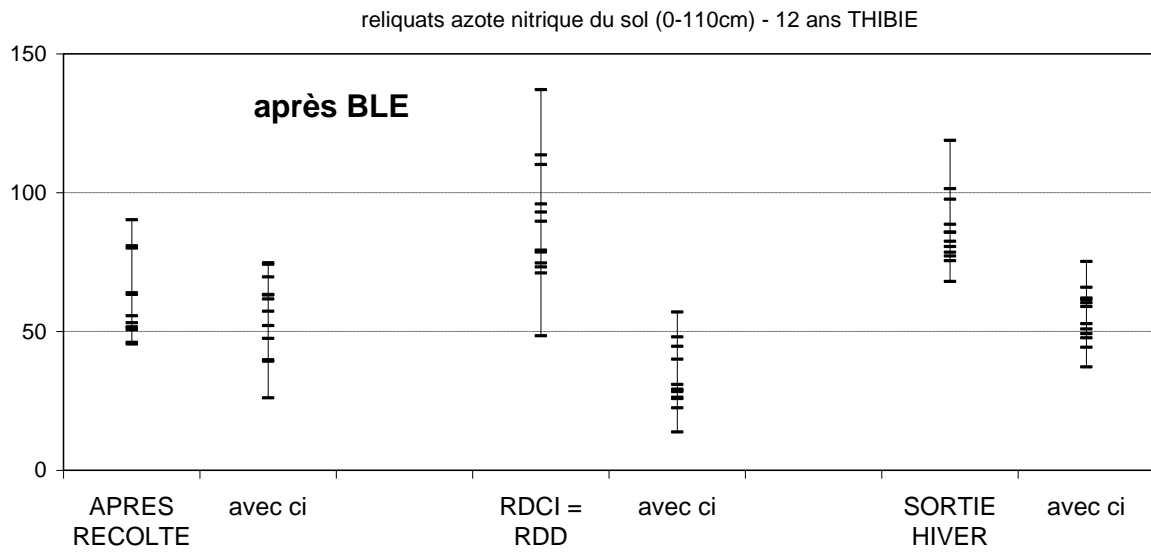
traitements		interculture											
		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1	cumul Nbilan-SANS CI			85.7			88.6			75.5		82.5	
2	cumul Nréduit-SANS CI			72.8			72.3			67.5		65.9	
7	cumul Nbilan-AVEC CI			52.8			47.7			37.2		50.9	
8	cumul Nréduit-AVEC CI			47.3			47.7			37.9		47.1	
3	cumul Nbilan-SANS CI		118.8			77.2			85.7			68.0	
4	cumul Nréduit-SANS CI		90.3			57.4			77.5			58.2	
9	cumul Nbilan-AVEC CI		75.2			44.3			62.0			65.9	
10	cumul Nréduit-AVEC CI		52.6			36.3			56.3			56.3	
5	cumul Nbilan-SANS CI	97.6			101.4			80.6			78.5		
6	cumul Nréduit-SANS CI	99.7			83.8			84.2			79.0		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	61.5			59.0			49.2			60.3		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	56.6			58.8			40.2			43.4		

Ecarts en Kg NO3 / ha par rapport au traitement « N bilan sans culture intermédiaire »



Interculture BLE - BETTERAVE
Récapitulatif

Evolution des reliquats azotés nitriques (traitements N bilan) AVEC ou SANS cultures intermédiaires cumulées sur 12 ans.



Quantités d'eau drainées

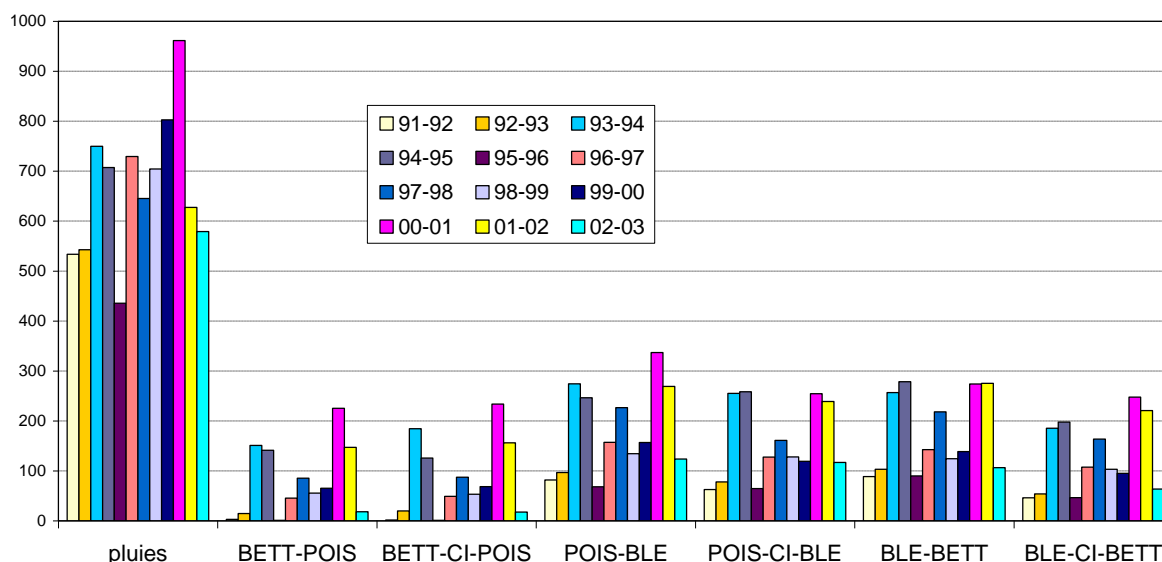
Périodes de drainage

Les valeurs ci-contre et le graphique qui suit indiquent les quantités de pluies annuelles (Octobre à Septembre) et les quantités d'eau drainées par année et par type d'interculture.

Ces mesures ont été réalisées sous les cases lysimétriques de Fagnières

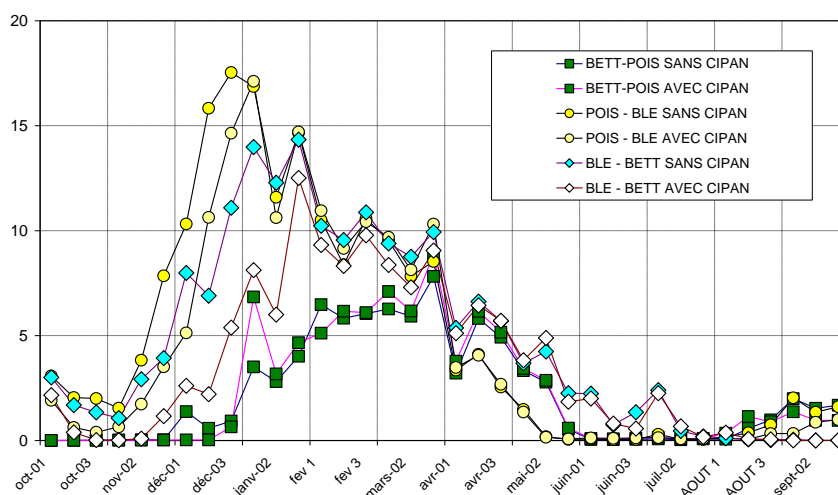
	pluies	BETT-POIS	BETT-CI-POIS	POIS-BLE	POIS-CI-BLE	BLE-BETT	BLE-CI-BETT
91-92	534	3	2	82	63	89	46
92-93	543	15	20	97	78	103	54
93-94	750	151	184	274	255	257	185
94-95	707	141	126	246	258	279	198
95-96	436	1	1	68	65	90	46
96-97	729	45	49	157	127	142	107
97-98	645	85	87	226	161	218	164
98-99	704	55	53	134	128	124	103
99-00	803	65	69	157	119	138	95
00-01	961	225	234	337	255	274	248
01-02	627	147	156	269	239	275	221
02-03	579	18	18	124	117	107	64
moyennes	668	79	83	181	155	175	128

mm pluies et mm drainés (en 1 an) selon cultures et intercultures (cases Fagnières)



Comme déjà commenté plus haut, le graphique ci-contre indique les quantités moyennes d'eau drainées par décade.

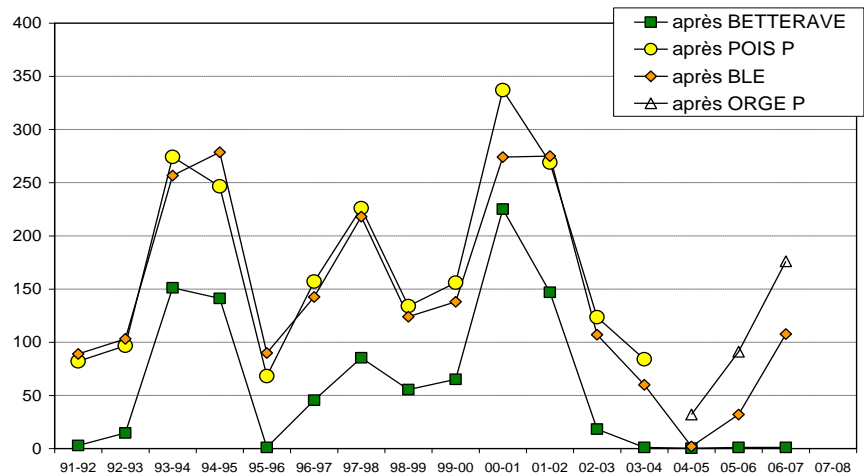
Il indique le décalage de période de drainage, surtout au niveau de l'interculture BLE-BETTERAVE quand on introduit une culture intermédiaire.



Le graphique ci-contre indique les quantités d'eau drainées selon les années et le type d'interculture (déjà commenté plus haut p14).

La variabilité inter annuelle est importante.

Le drainage après betterave est toujours plus faible et peut même être nul certaines années à hiver peu pluvieux.

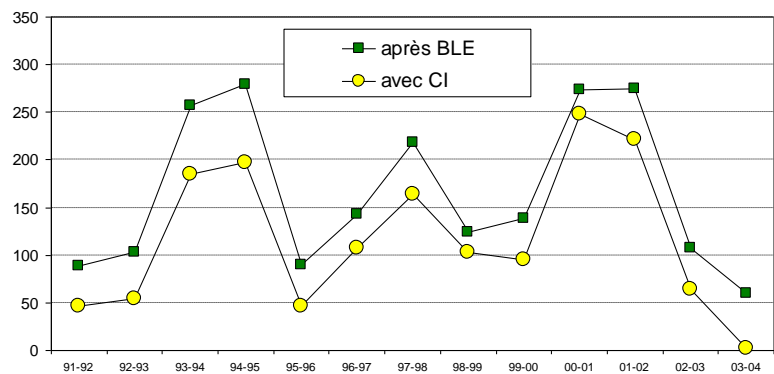
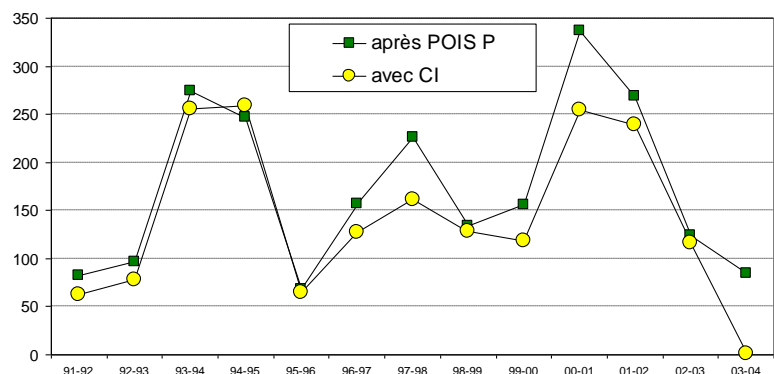
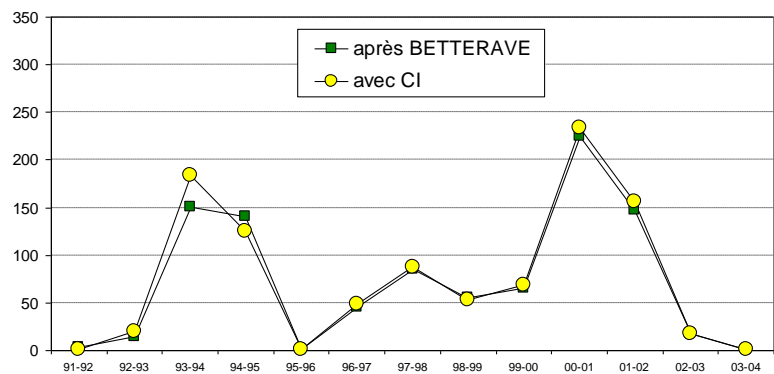


Les 3 graphiques qui suivent représentent encore les mêmes quantités d'eau drainées.

Mais la différence entre les 2 courbes indique le « poids » de la culture intermédiaire.

La culture intermédiaire réduit les quantités d'eau drainées, surtout si elles sont implantées après pois ou après blé.

En moyenne, la culture intermédiaire a réduit le drainage de 4, 25, et 47 mm respectivement après betterave, pois et blé.



concentration en nitrates

de l'eau qui draine

**Effet des cultures intermédiaires
et
de la réduction de fumure azotée
sur**

**la concentration en nitrates de l'eau
mesurée
dans l'eau captée
par les bougies poreuses
à 1 m de profondeur**

Ensemble des résultats en ANNEXE 3

Profils profonds

Ensemble des résultats en ANNEXE 4

la concentration en nitrates de l'eau des bougies

Les concentrations en nitrates de l'eau captée à partir des bougies poreuses sont reportées en annexe 3.

Ces concentrations ont été affectées aux quantités d'eau drainées et mesurées sous les cases lysimétriques de Fagières, pour calculer les quantités d'azote « perdues ».

En tendance générale :

Le tableau et le graphique ci-contre indiquent les concentrations moyennes en nitrates de l'eau captée par les bougies poreuses.

Toutes dates de mesures confondues, sur les 12 ans de durée de l'essai.

Ces concentrations sont classées en fonction de la nature (et de la durée) de l'interculture.

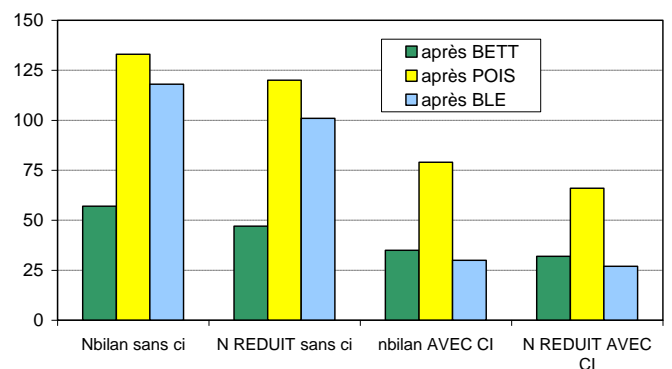
A noter la hiérarchie entre cultures, la betterave est une culture qui consomme l'eau et l'azote ...

Entre pois et blé, l'interculture est courte et le blé est la plante qui couvre le sol durant l'automne – hiver.

A noter le rôle des cultures intermédiaires, nettement plus important que celui de la réduction de fertilisation azotée.

concentration moyenne de l'eau en NITRATES
interculture courte entre pois et blé

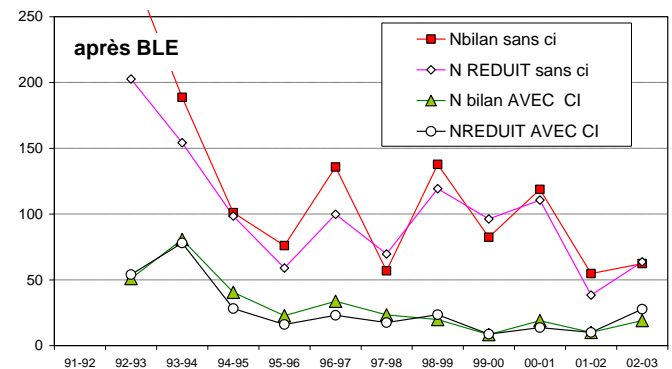
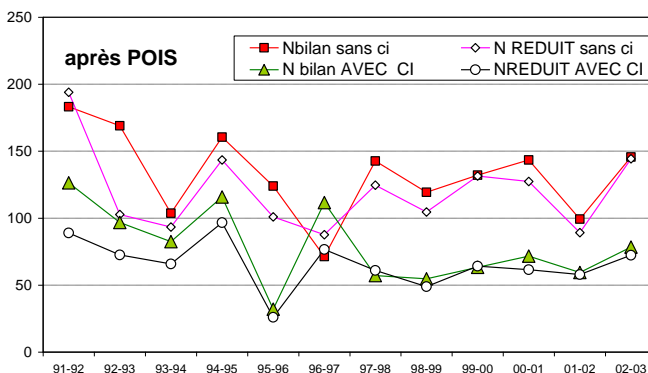
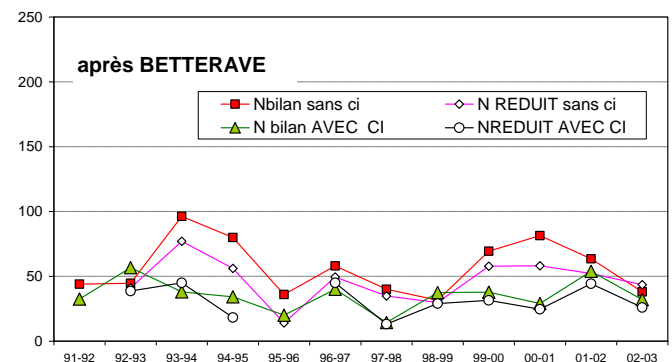
traitement cumulé	après BETT	après POIS	après BLE	moyenne
N bilan sans ci	57	133	118	103
N REDUIT sans ci	47	120	101	89
n bilan AVEC CI	35	79	30	48
N REDUIT AVEC CI	32	66	27	42



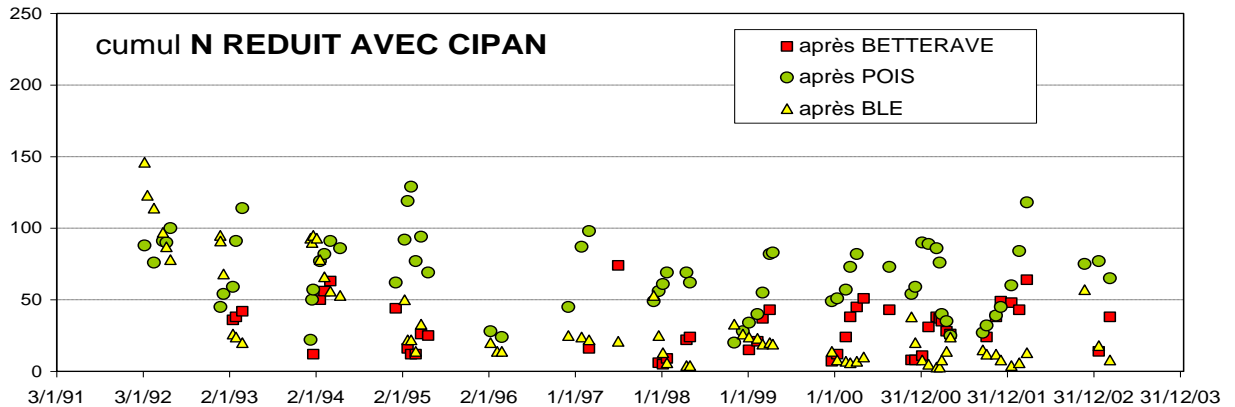
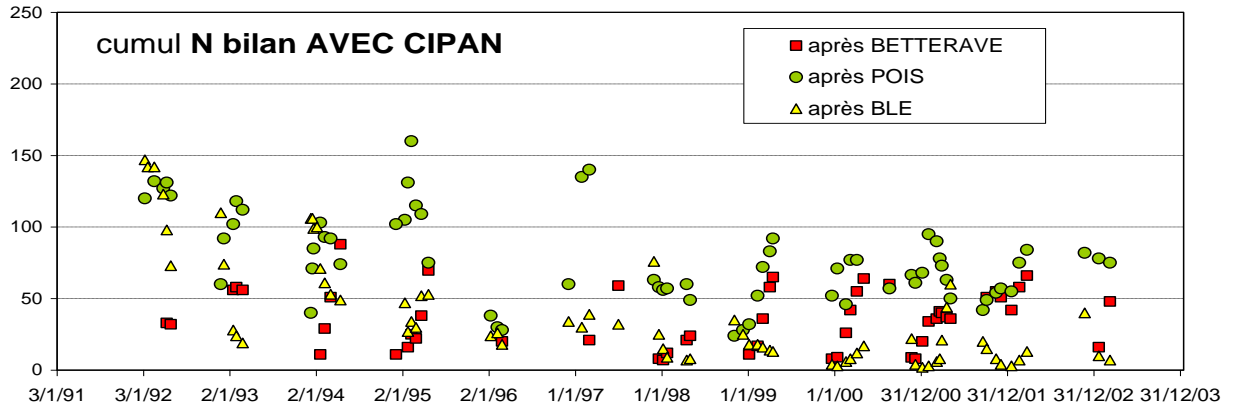
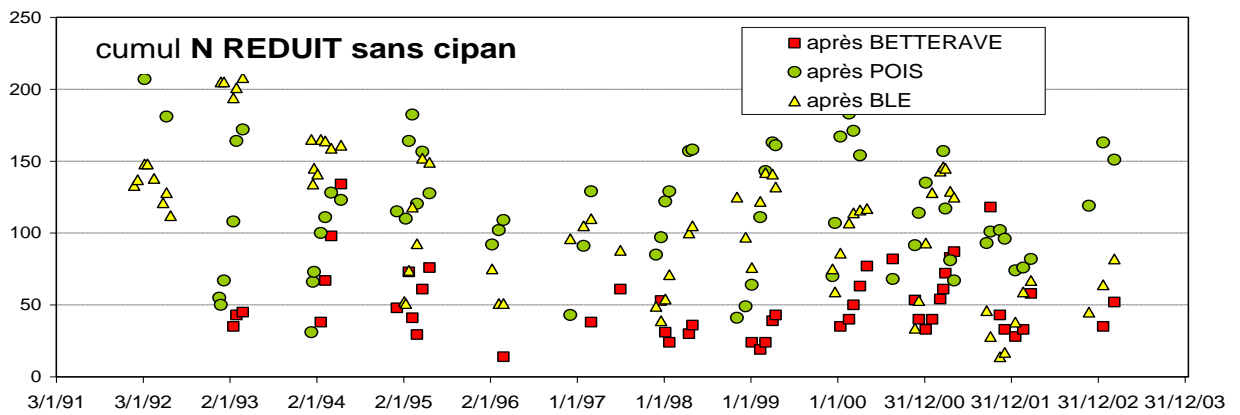
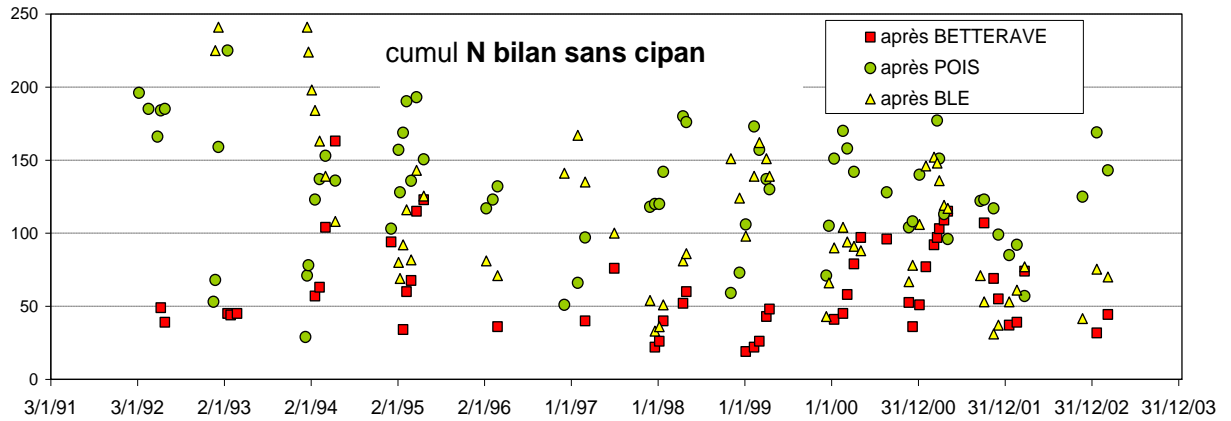
Evolution moyenne par année et par type d'interculture :

Interculture BETTERAVE-(céréale)-POIS
Interculture POIS-(dactyle puis radis)-BLE
Interculture BLE-(radis)-BETTERAVE

Remarque : les concentrations élevées après blé au début de l'essai ne sont pas expliquées et sont peut-être liées aux pratiques culturales antérieures à la mise en place de l'essai.



**Variation des concentrations à chaque mesure
par traitement et par type d'interculture :**



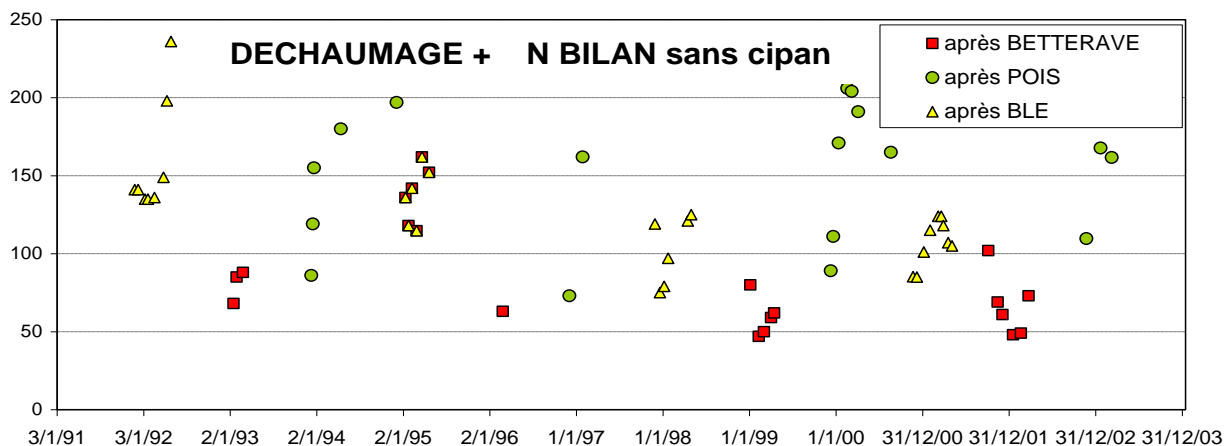
Variation des concentrations Autres traitements (déchaumage intensif et assolement sans pois)

Les cultures ne sont pas présentes tous les ans

Rotation BETTERAVE-POIS-BLE avec déchaumage plus intense

Cette modalité n'est comparées qu'au traitement 5 qui a les mêmes cultures principales pour l'année considérée, avec le même niveau de fertilisation azotée cumulé.

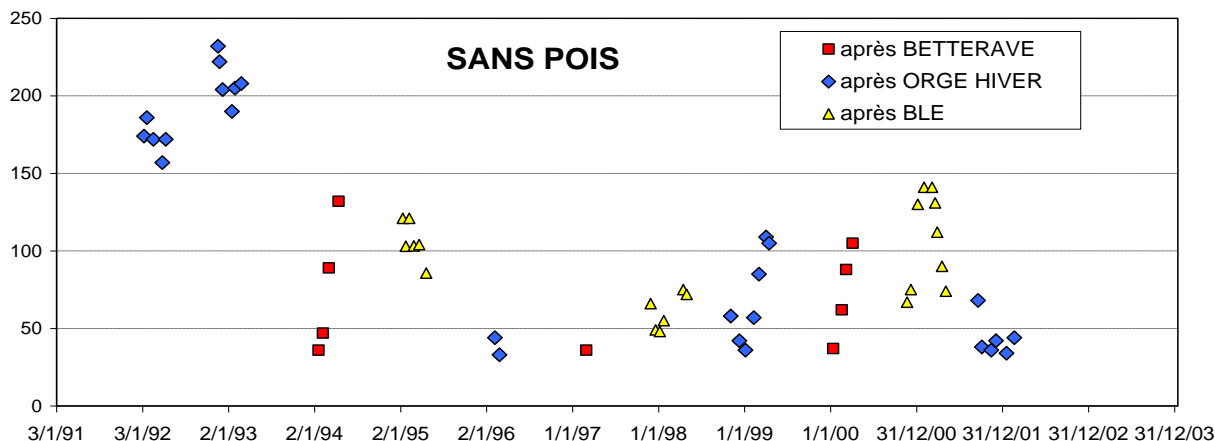
traitement cumulé	après BETT	après POIS	après BLE	moyenne
traitement 5 seul	47	115	96	86
déchaumage +	87	166	127	127



Rotation BETTERAVE-BLE-ORGE HIVER (SANS POIS)

Remarque : les concentrations élevées après orge d'hiver au début de l'essai ne sont pas expliquées et sont peut-être liées aux pratiques cultures antérieures à la mise en place de l'essai.

traitement cumulé	après BETT	après BLE	après OH	moyenne
N bilan sans ci	70	94	114	93
à partir de 1994	70	94	55	73



Les profils profonds

Mesure et suivi de l'azote minéral du sol et des concentrations en nitrates de l'eau du sol

Ensemble des résultats en ANNEXE 4

Les profils profonds ont été réalisés en collaboration avec les équipes de l'INRA Laon-Reims.

Réalisation tous les 3 ans environ, à l'issue de chaque rotation.

Mesure de l'azote minéral et des concentrations en nitrates de l'eau par horizon de 25 centimètres ?

date profils	traitements	nombre profils par traitement	profondeur
automne 1990	ensemble essai	4	10 mètres
automne 1993	1-2-7-8-13-14-allée	3	6 mètres
automne 1996	1-2-7-8-allée	3	6 mètres
automne 1999	1-2-7-8-13-allée	3	6 mètres
automne 2003	1-2-7-8-allée	3	6 mètres
automne 2008	1-7-allée	3	6 mètres

Profil de départ en 1990

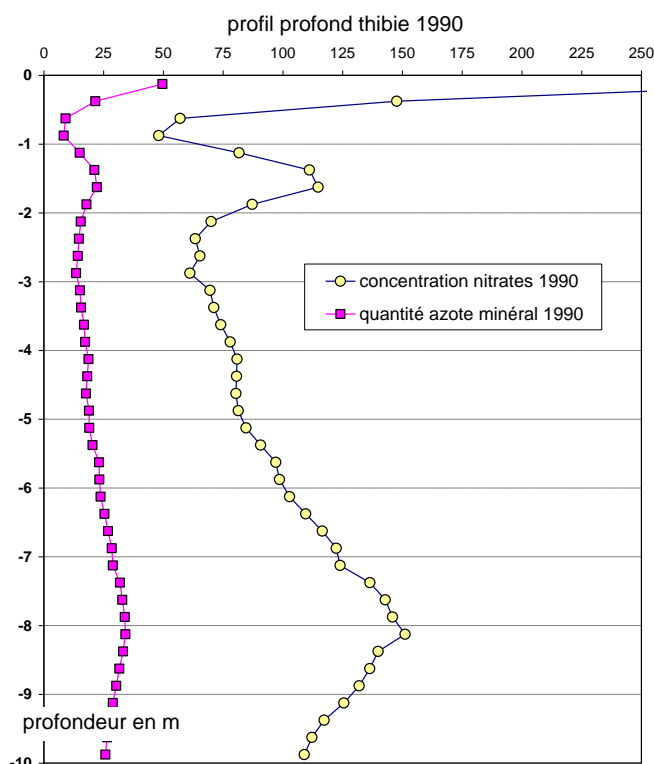
Le graphique ci-contre indique les moyennes (à partir de 4 profils)

- des quantités d'azote minéral en Kg/ha ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) et
- des concentrations en nitrates de l'eau en mg/l

mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 10 mètres de profondeur.

Elles sont la conséquence des itinéraires culturaux pratiqués avant l'implantation de l'essai.

La relative constance de l'humidité (22 à 26 % en % terre sèche) contribue à la bonne corrélation entre concentrations en nitrates de l'eau et quantités d'azote minéral.



Les graphiques qui suivent n'indiquent que l'évolution des concentrations en nitrates de l'eau des profils.

Profils 1993

Le graphique ci-contre n'indique que les moyennes (à partir de 3 profils)

- des concentrations en nitrates de l'eau en mg/l

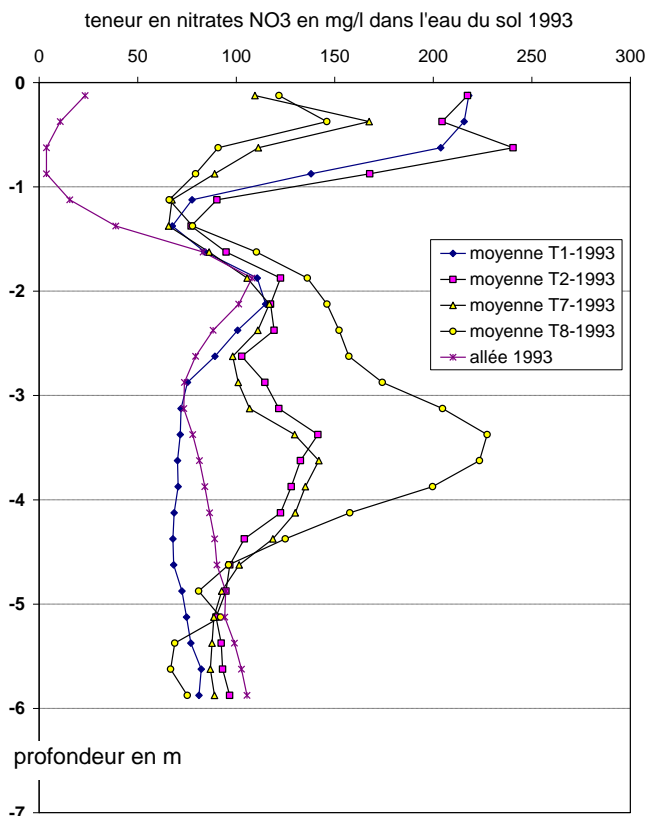
mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

Les différentes courbes distinguent les différences provoquées par la différenciation des traitements (fertilisation azotée et présence de cultures intermédiaires).

L'effet des traitements commence à se faire dans les horizons de surface. Les traitements 7 et 8 avec cultures intermédiaires se détachent des traitements 1 et 2.

C'est surtout l'allée enherbée et non fertilisée qui traduit les plus faibles concentrations en nitrates.

Sous 1,5 m, on retrouve les effets des itinéraires culturaux antérieurs à la mise en place de l'essai.



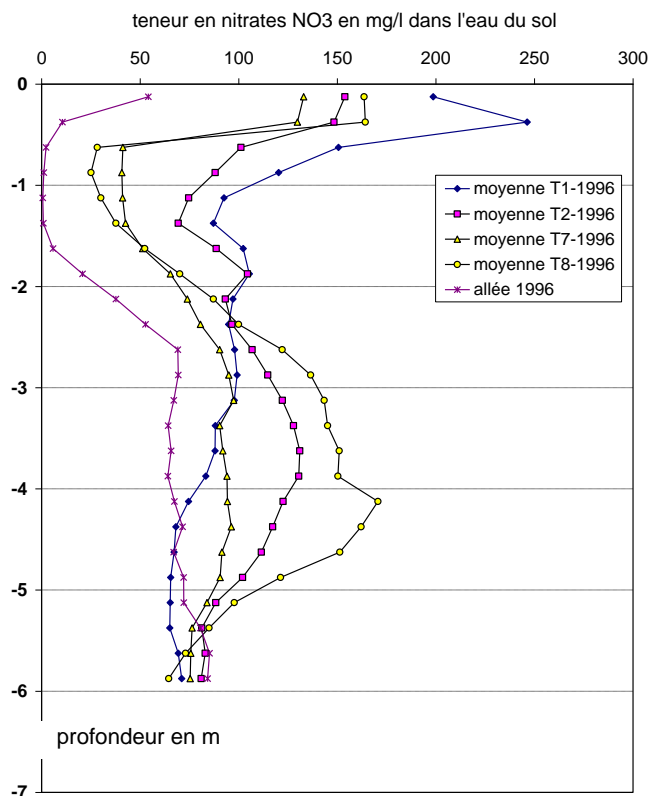
Profils 1996

Moyennes (à partir de 3 profils) des concentrations en nitrates de l'eau en mg/l mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

Les traitements 7 et 8 avec cultures intermédiaires se détachent des traitements 1 et 2. et passent sous les valeurs de 50 mg/l.

Les teneurs en nitrates sous l'allée enherbée et non fertilisée deviennent nulles.

Les effets des traitements se font sentir jusqu'à 2,5 mètres de profondeur.



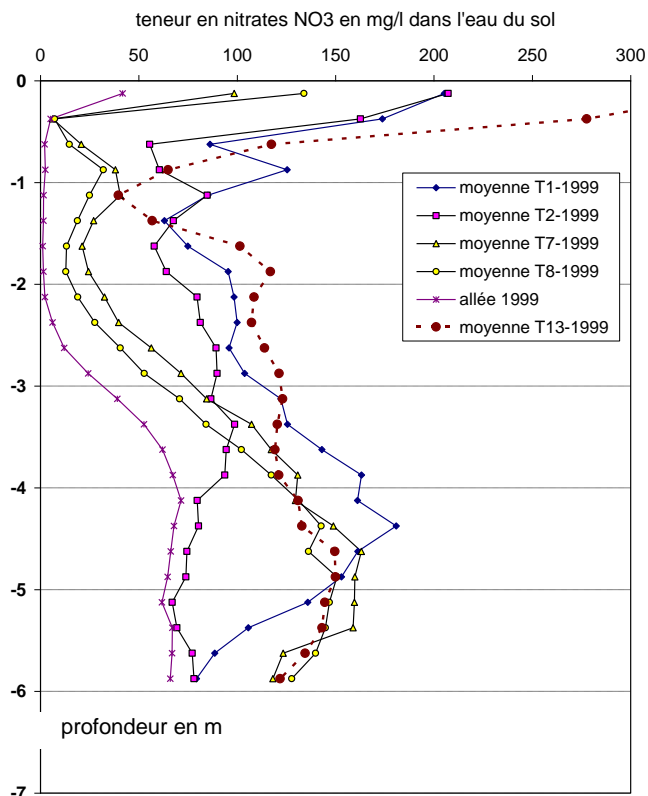
Profils 1999

Moyennes (à partir de 3 profils) des concentrations en nitrates de l'eau en mg/l mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

Les effets des traitements se font sentir jusqu'à 3,5 m -4 m de profondeur.

Les concentrations en nitrates des traitements avec cultures intermédiaires (7 et 8) se distinguent toujours et s'approchent des concentrations relevées dans les allées enherbées et non fertilisées.

Les concentrations relevées sous le traitement 13 (déchaumage plus intense) se distinguent à peine de celles du traitement de référence 1.



Profils 2003

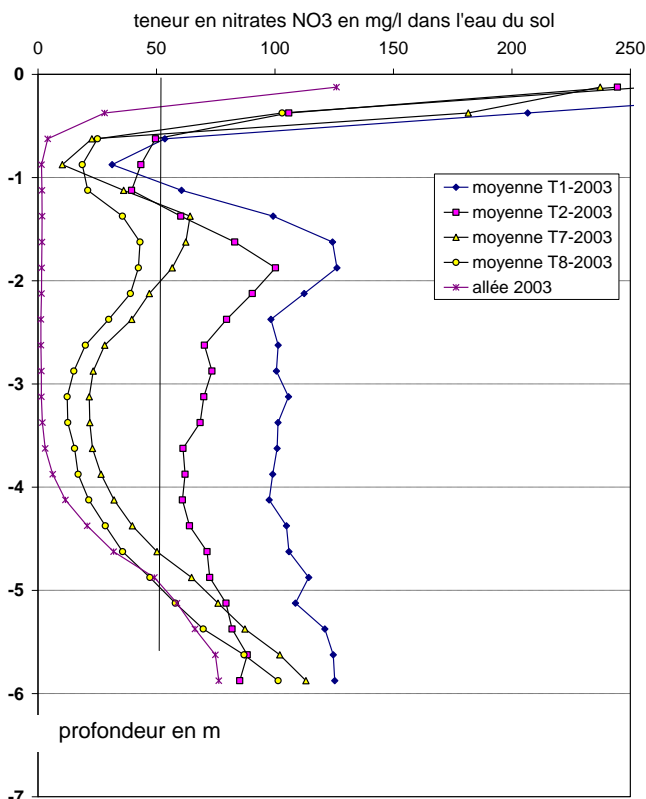
Ces profils constituent l'information principale mesurée sur le site de Thibie.

Ils indiquent les concentrations moyennes (à partir de 3 profils) en nitrates de l'eau en mg/l mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

Les effets des traitements se font sentir jusqu'à 5,5 m de profondeur.

L'effet des traitements avec cultures intermédiaires cumulées (7 et 8) se distinguent toujours et les concentrations en nitrates sont globalement inférieures à 50 mg /l.

L'effet de la fertilisation réduite est net quand on ne cumule pas de cultures intermédiaires (T1 et T2). Mais il se marginalise avec l'introduction des cultures intermédiaires (T7 et T8).



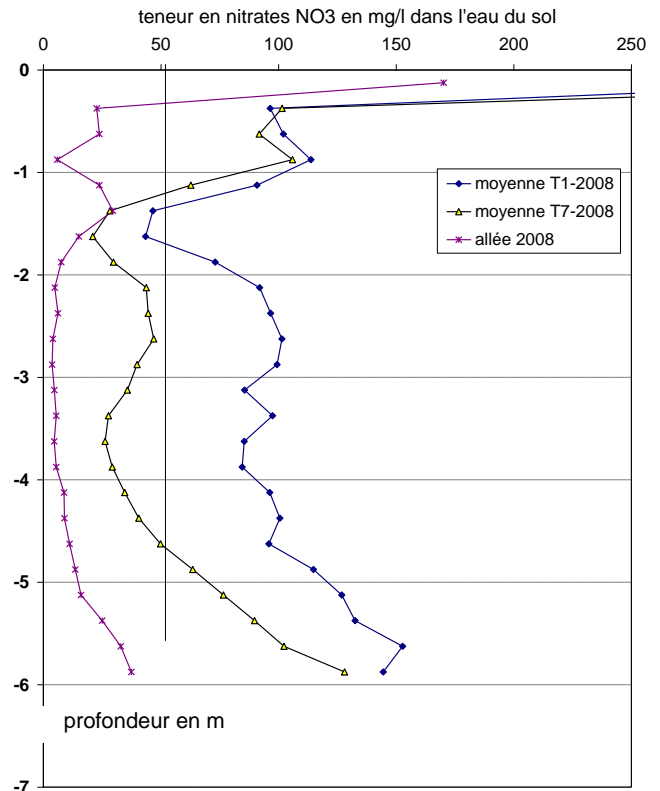
Profils 2008

Les seuls traitements 1 et 7 ont été poursuivis durant la 2^{ème} phase de l'essai (2004-2008).

Graphique : concentrations moyennes (à partir de 3 profils) en nitrates de l'eau en mg/l mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

On retrouve l'information décrite plus haut : fort effet du cumul des cultures intermédiaires (traitement 7) mis en regard des concentrations mesurées sous le traitement 1 ou sous les allées enherbées.

L'effet des conduites culturales se traduit maintenant vers 6 m de profondeur.



Profils sous allées

L'évolution des profils des concentrations en nitrates de l'eau réalisés sous les allées enherbées et non fertilisées, permet de mesurer la vitesse de descente des fronts d'azote en profondeur.

En 1996, le profil est appauvri en nitrates jusqu'à 2,5 mètres.

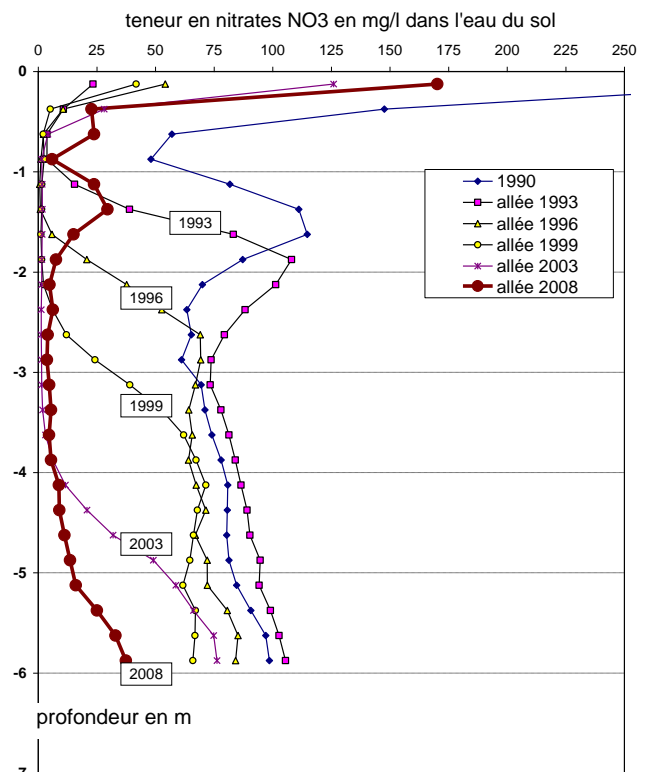
En 1999, cette profondeur atteint presque 4 mètres.

En 2003 : 5,5 mètres.

En 2008, plus de 6 mètres.

Cette évolution indique la vitesse des effets des traitements culturaux de surface.

La vitesse des effets est de l'ordre de 40-45 centimètres par an, ce qui corrobore toutes les publications antérieures faisant état de cette vitesse de migration verticale des fronts d'azote en sols de craie.



Si la nappe est à 10 mètres de profondeur, il faudra attendre quelque 20 ans pour modifier ses concentrations en nitrates en modifiant les pratiques de surface.

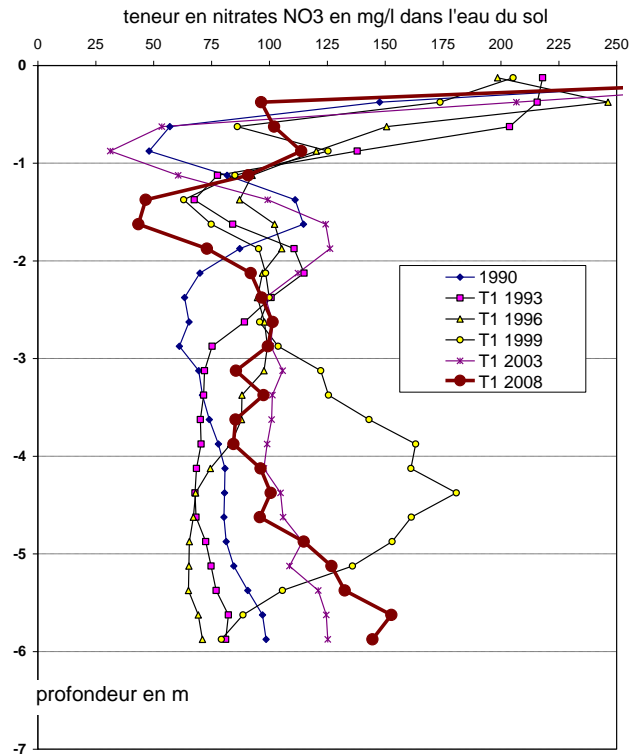
Complément :

Profils sous traitement 1

Evolution des profils des concentrations en nitrates de l'eau réalisés sous le seul traitement 1, fertilisé à dose N bilan sans cultures intermédiaires.

Pour mesurer la relative constance des concentrations dans le temps si on excepte le ventre à 4 mètres de 1999 et inexplicable.

Et pour valider les effets des conduites culturales précédentes qui confirment le plus fort impact des cultures intermédiaires, opposé à celui de la réduction de fertilisation azotée.



Quantités d'azote drainées

Les quantités d'eau drainées, avec les concentrations en nitrates respectives, donnent des quantités d'azote drainées (en Kg N par ha).

Ces quantités sont moyennées par année, par régime de fertilisation azotée cumulée et par type d'interculture.

interculture	Betterave - pois	Pois-blé	Blé-betterave
91-92	0	34	25
92-93	1	46	67
93-94	33	64	100
94-95	30	89	65
95-96	0	20	15
96-97	5	27	39
97-98	9	67	24
98-99	5	39	38
99-00	13	41	25
00-01	48	93	68
01-02	17	52	34
02-03	2	39	15
moyennes	14	51	43

Betterave - pois	Pois-blé	Blé-betterave
sol nu N REDUIT	sol nu N REDUIT	sol nu N REDUIT
0	36	25
1	25	47
27	59	87
17	79	64
0	16	12
5	32	31
5	58	30
5	30	33
11	42	29
34	81	60
13	49	26
2	39	16
10	46	38

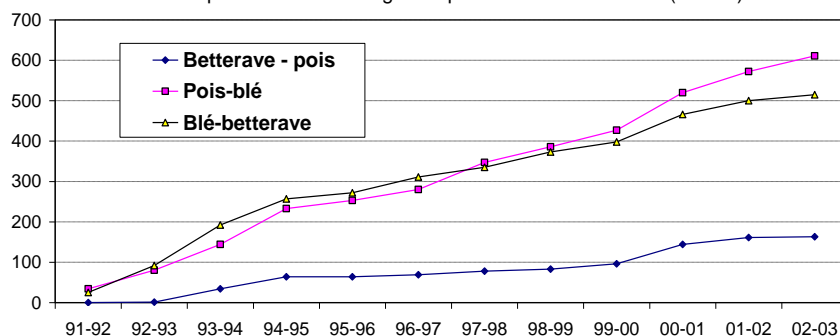
Betterave - pois	Pois-blé	Blé-betterave
avec CI N bilan	avec CI N bilan	avec CI N bilan
0	18	9
3	19	3
15	51	30
10	68	18
0	4	2
4	36	8
4	21	4
7	16	4
9	18	3
18	39	11
20	33	4
2	21	1
8	29	8

Betterave - pois	Pois-blé	Blé-betterave
avec CI N réduit	avec CI N réduit	avec CI N réduit
0	13	9
2	13	3
17	40	31
6	57	13
0	4	2
4	25	5
3	22	3
4	14	5
7	16	2
14	35	6
18	35	4
2	19	2
6	24	7

Ces données sont reprises dans les graphiques ci-contre, mais CUMULEES sur les 12 années de l'essai.

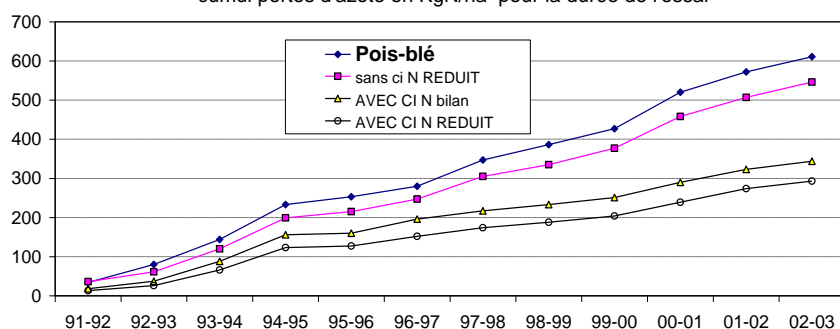
La comparaison entre les 3 types d'interculture (*sans culture intermédiaire et sans réduction de fertilisation azotée*) distingue l'après betterave car le drainage « eau » est plus limité derrière cette culture (*voir précédemment*).

cumul pertes d'azote en KgN/ha pour la durée de l'essai (12 ans)



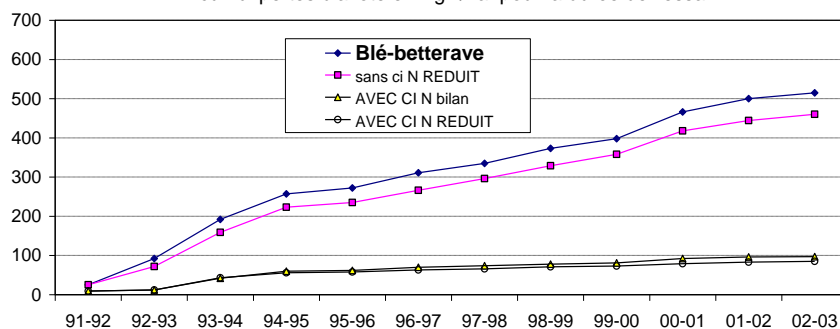
Les 2 graphiques ci-contre (intercultures pois-blé et blé-betterave) indiquent les effets de la réduction de fertilisation ou/et les effets de la culture intermédiaire sur la réduction des pertes d'azote.

cumul pertes d'azote en KgN/ha pour la durée de l'essai



Les pertes d'azote sont les résultantes des différences de 25 ou de 47 mm d'eau drainées cumulées aux différences de concentrations en nitrates commentées plus haut.

cumul pertes d'azote en KgN/ha pour la durée de l'essai



Elles permettent encore de souligner le rôle des cultures intermédiaires, avant celui de la réduction de fertilisation azotée.

Effet sur le rendement et la qualité

des cultures principales

Ensemble des résultats en ANNEXE 3

Enjeux de la fertilisation azotée

Variabilité interannuelle des rendements

Courbes de réponse à la fertilisation azotée

Les graphiques ci-après indiquent- pour toutes les années d'expérimentation - les rendements obtenus sur le blé et la betterave selon les doses d'azote testées : 0 , bilan moins 35 % et bilan (après cultures intermédiaires).

Ils indiquent aussi la variabilité des rendements obtenus selon les années sur le même site d'expérimentation de Thibie.

Courbes de réponse du blé

Plutôt une réponse linéaire entre les témoins non fertilisés et les rendements obtenus à la dose bilan.

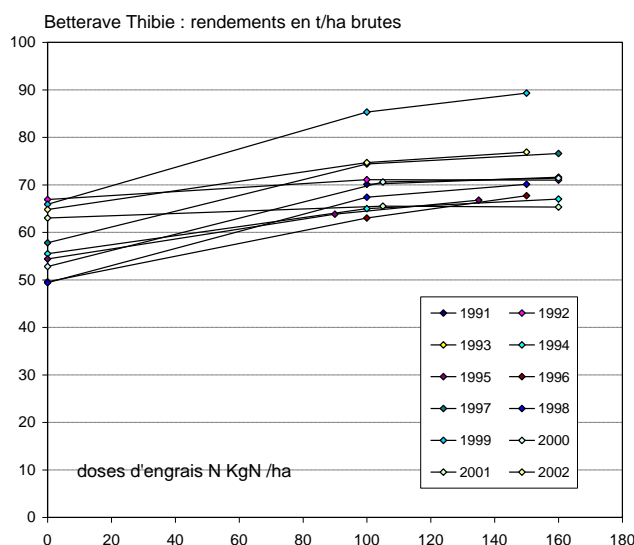
Quelque 45 q/ha en moyenne pour les rendements sans azote, 70 q/ha pour les parcelles à doses bilan moins 35 %, et environ 90 Q/ha pour les parcelles fertilisées à doses bilan.



Courbes de réponse de la betterave

Une réponse plus « plate » que celle du blé.

Quelque 60 t/ha en moyenne pour les rendements sans azote, 70 t/ha pour les parcelles à doses bilan moins 35 %, et presque le même résultat pour les parcelles fertilisées à doses bilan.



Rendement et qualité du blé

Fertilisation azotée minérale

Rendements

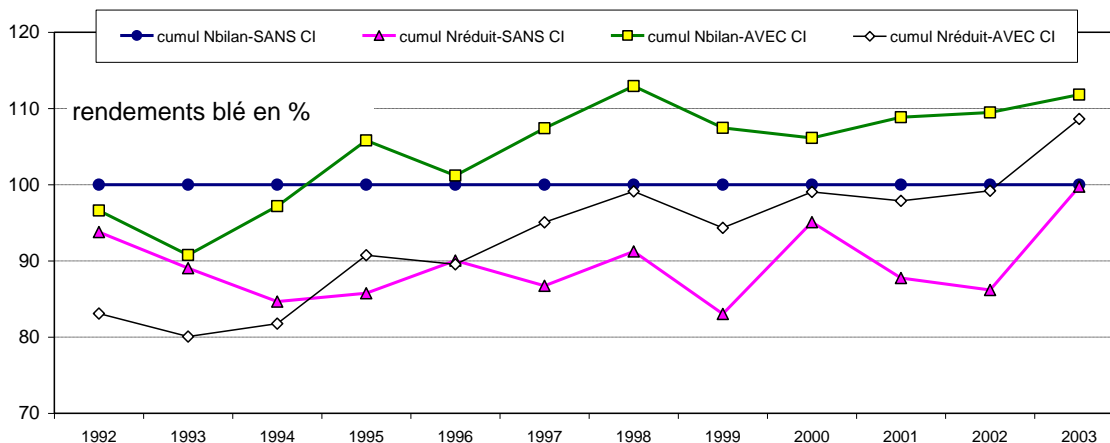
THIBIE- FERTILISATION azotée minérale des BLES en doses N totales /ha

rotation *BETTERAVE - POIS - BLE*

traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		200			200			200			230	
2	cumul Nréduit-SANS CI		130			130			135			150	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		200			200			200			230	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		130			130			135			150	
3	cumul Nbilan-SANS CI	200			210			200			250		
4	cumul Nréduit-SANS CI	130			135			150			160		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	200			210			200			250		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	130			135			150			160		
5	cumul Nbilan-SANS CI			210			210			250			230
6	cumul Nréduit-SANS CI			135			135			160			150
11	cumul Nbilan-AVEC CI			210			210			250			230
12	cumul Nréduit-AVEC CI			135			135			160			150

THIBIE- RENDEMENTS du BLE en q/ha 15%

traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		83.2			95.3			95.2			92.5	
2	cumul Nréduit-SANS CI		74.1			85.8			79.9			79.7	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		75.5			96.5			103.8			101.2	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		66.6			85.4			90.8			91.7	
3	cumul Nbilan-SANS CI	77.7			86.3			92.5			96.1		
4	cumul Nréduit-SANS CI	72.9			74.0			84.4			84.3		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	75.1			91.3			104.5			104.6		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	64.6			78.3			91.7			94.1		
5	cumul Nbilan-SANS CI			90.1			81.5			89.6			80.1
6	cumul Nréduit-SANS CI			76.3			70.7			85.2			79.9
11	cumul Nbilan-AVEC CI			87.5			87.5			95.1			89.6
12	cumul Nréduit-AVEC CI			73.6			77.4			88.7			87.0



Le blé suit le pois dans la rotation triennale.

Dans le graphique ci-dessus, les rendements du blé sont exprimés en pourcents du rendement du blé du traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).

La seule réduction de fertilisation azotée cumulée pénalise systématiquement le rendement de quelque 10 % (sauf en 2003).

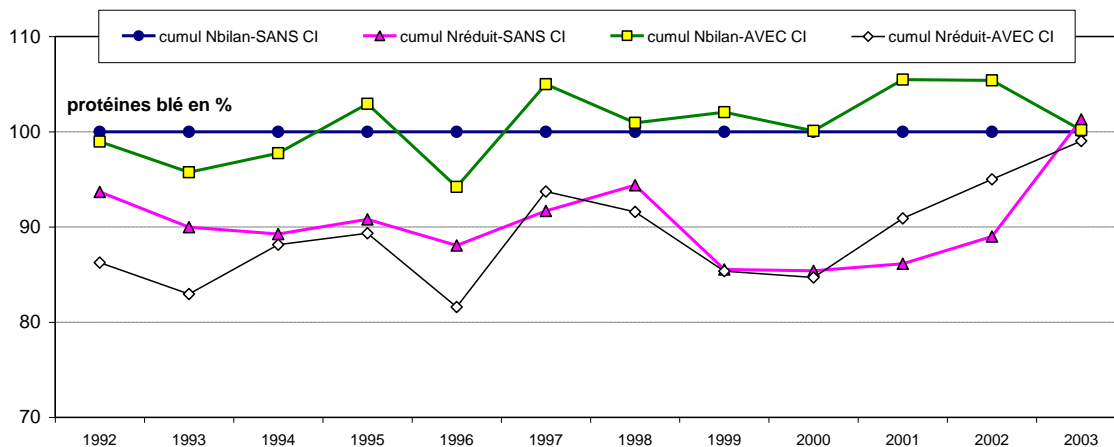
L'introduction de cultures intermédiaires augmente le rendement de près de 10 % si on excepte les résultats des premières années, avec du dactyle comme culture intermédiaire et remplacé par le radis à partir de 1995-1996.

Le cumul fertilisation réduite et cultures intermédiaires voit le rendement du blé progresser régulièrement pour atteindre (voire dépasser en fin d'essai) le rendement 100 % du blé du traitement de base.

Blé : Qualité protéique

THIBIE- PROTEINES du BLE en N %ms x 5,7

traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		11.4			11.5			10.8			10.3	
2	cumul Nréduit-SANS CI		10.2			10.1			9.5			9.2	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		10.9			10.8			11.1			10.9	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		9.4			9.3			9.5			9.8	
3	cumul Nbilan-SANS CI	10.8			11.7			10.7			12.1		
4	cumul Nréduit-SANS CI	10.1			10.7			10.1			10.4		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	10.7			12.1			10.8			12.7		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	9.3			10.5			9.8			11.0		
5	cumul Nbilan-SANS CI			10.1			10.3			11.4			12.4
6	cumul Nréduit-SANS CI			9.0			9.4			9.7			12.6
11	cumul Nbilan-AVEC CI			9.9			10.8			11.4			12.4
12	cumul Nréduit-AVEC CI			8.9			9.6			9.6			12.3



Dans le graphique ci-dessus, les protéines des grains de blé à la récolte sont exprimés en pourcents des protéines du blé du traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).

Les cultures intermédiaires sont « relativement neutres » : les teneurs en protéines ne sont pas significativement différentes de celles du traitement de base 100 .

C'est la réduction de fertilisation azotée minérale – avec ou sans cumul de cultures intermédiaires – qui baisse la teneur en protéines de quelque 10 %.

La « remontée » relative en fin d'essai est inexpliquée.

Blé : complément phase 2 (2004 à 2008)

Voir aussi rapport spécifique PHASE 2.

Le blé est encore cultivé dans la phase 2 de l'essai longue durée de Thibie.

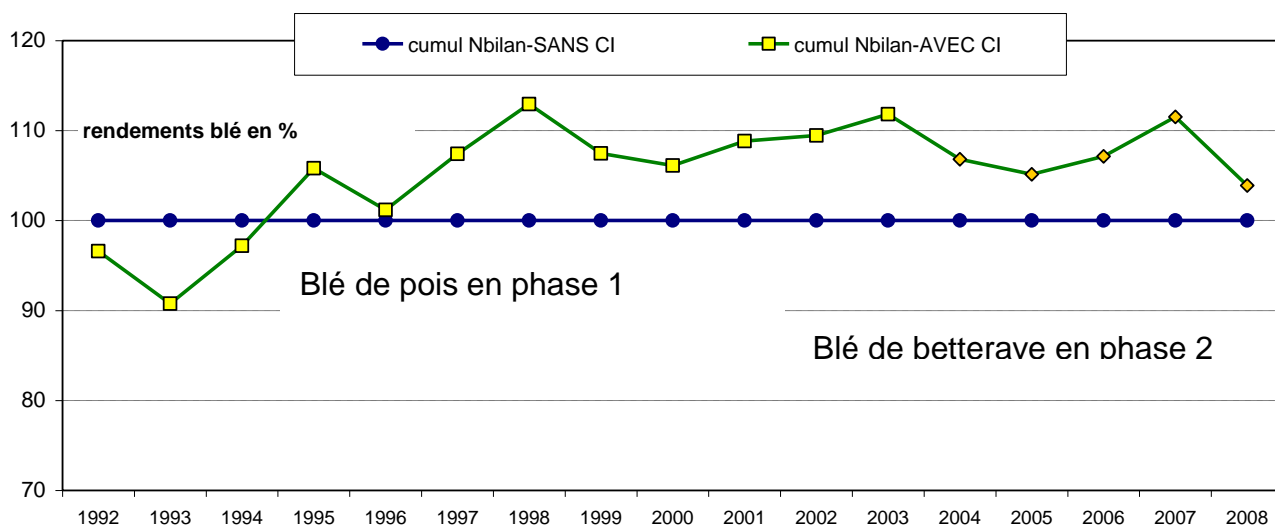
Mais dans cette phase 2, il suit une betterave dans la rotation Betterave - Blé - Orge de printemps , et cette interculture ne laisse plus de temps pour implanter une culture intermédiaire.

Par contre la comparaison avec et sans culture intermédiaire se poursuit et se cumule à la comparaison de la phase 1 de l'essai.

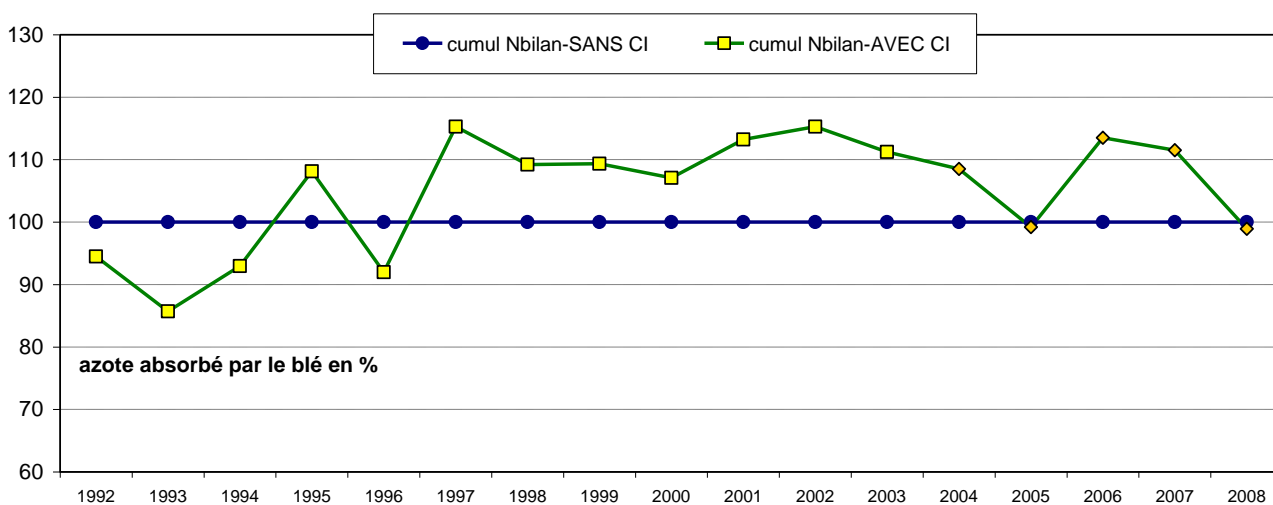
Betterave – Blé – Orge ou Betterave – Blé – *radis* – Orge – *radis* – Betterave ...

Les graphiques ci-après prolongent l'information commentée plus haut et issue de la phase 1 de l'essai.

Evolution des rendements en %



Evolution de l'azote absorbé par les parties aériennes %



Rendement et qualité de la betterave

Fertilisation azotée minérale

A noter que les mêmes doses ont été épandues sur tous les traitements en 1993 et en 2003.

THIBIE- FERTILISATION azotée minérale des BETTERAVES en doses N totales /ha

traitements	traitements	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	160			160			160			160			150
2	cumul Nréduit-SANS CI	100			100			100			105			150
7	cumul Nbilan-AVEC CI	160			160			160			160			150
8	cumul Nréduit-AVEC CI	100			100			100			105			150
3	cumul Nbilan-SANS CI			140			150			150			150	
4	cumul Nréduit-SANS CI			140			100			100			100	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			140			150			150			150	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			140			100			100			100	
5	cumul Nbilan-SANS CI		160			135			150			160		
6	cumul Nréduit-SANS CI		100			90			100			105		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		160			135			150			160		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		100			90			100			105		

Rendements de la betterave

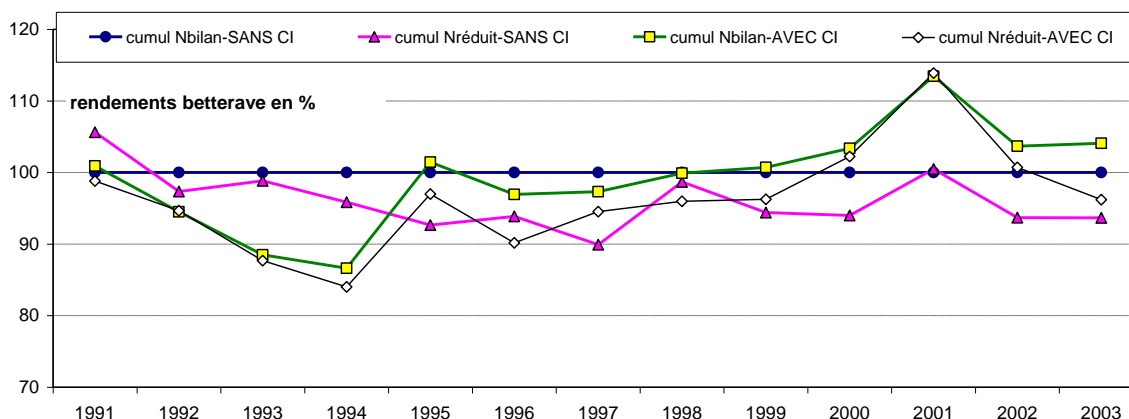
THIBIE- RENDEMENTS des BETTERAVES en t/ha brutes

traitements	traitements	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	71.0			77.3			78.7			69.1			58.8
2	cumul Nréduit-SANS CI	75.0			74.1			70.8			64.9			55.1
7	cumul Nbilan-AVEC CI	71.6			67.0			76.6			71.4			61.2
8	cumul Nréduit-AVEC CI	70.1			65.0			74.4			70.6			56.6
3	cumul Nbilan-SANS CI			79.2			69.9			88.6			74.1	
4	cumul Nréduit-SANS CI			78.2			65.6			83.7			69.4	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			70.1			67.7			89.3			76.9	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			69.4			63.0			85.3			74.7	
5	cumul Nbilan-SANS CI		75.2			65.8			70.2			57.5		
6	cumul Nréduit-SANS CI		73.2			61.0			69.3			57.8		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		71.0			66.8			70.1			65.3		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		71.1			63.8			67.4			65.5		

Dans le graphique ci-dessous, les rendements de la betterave sont exprimés en pourcents du rendement obtenu la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires). C'est ce traitement qui assure toujours les meilleurs rendements sauf en 2001 où il a été particulièrement affecté.

De 1992 à 1994, la pénalité des traitements avec cultures intermédiaires est liée au **semis sous couvert** de la betterave, sans enfouissement du radis, même s'il était détruit par le gel.

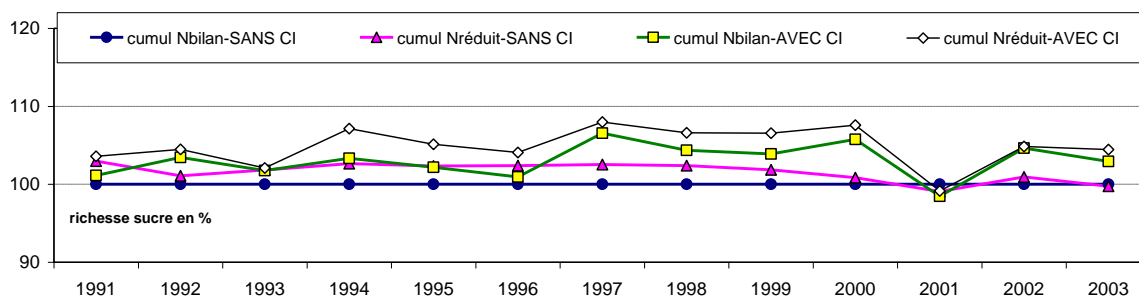
Cette pratique a été abandonnée à partir de 1995, avec enfouissement du radis avant semis de la betterave.



Richesse saccharimétrique

THIBIE- Richesse saccharimétrique des betteraves en %

traitements		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	16.8			17.4			17.4			16.4			17.9
2	cumul Nréduit-SANS CI	17.3			17.9			17.9			16.5			17.8
7	cumul Nbilan-AVEC CI	17.0			18.0			18.6			17.3			18.4
8	cumul Nréduit-AVEC CI	17.4			18.6			18.8			17.6			18.7
3	cumul Nbilan-SANS CI			16.4			17.9			16.8			16.5	
4	cumul Nréduit-SANS CI			16.7			18.3			17.1			16.6	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			16.7			18.2			17.4			17.2	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			16.7			18.6			17.9			17.3	
5	cumul Nbilan-SANS CI		18.5			16.9			17.9			15.3		
6	cumul Nréduit-SANS CI		18.7			17.3			18.3			15.1		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		19.2			17.3			18.7			15.0		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		19.4			17.8			19.1			15.1		

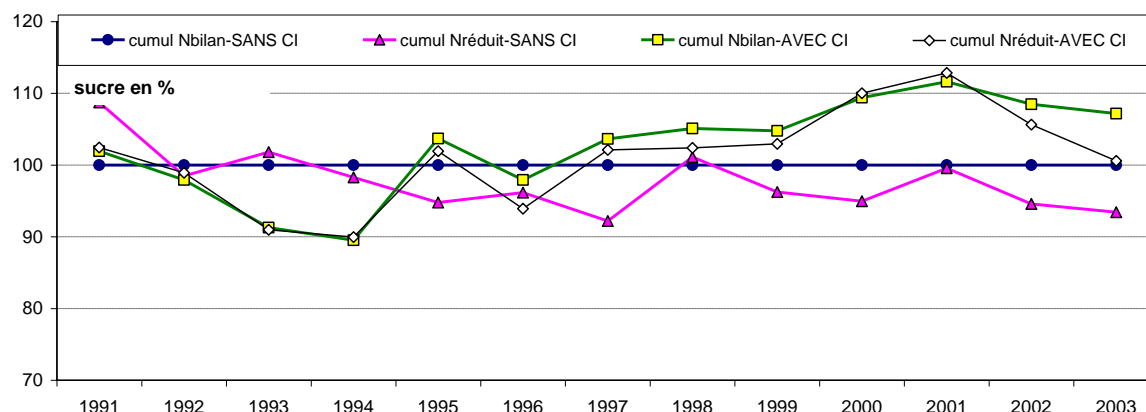


La richesse saccharimétrique étant inversement proportionnelle à l'absorption de l'azote, la réduction de la fertilisation, et surtout l'introduction des cultures intermédiaires, améliorent la richesse en sucre des betteraves.

Rendements en sucre

THIBIE- SUCRE des betteraves: quantités produites en T/ha

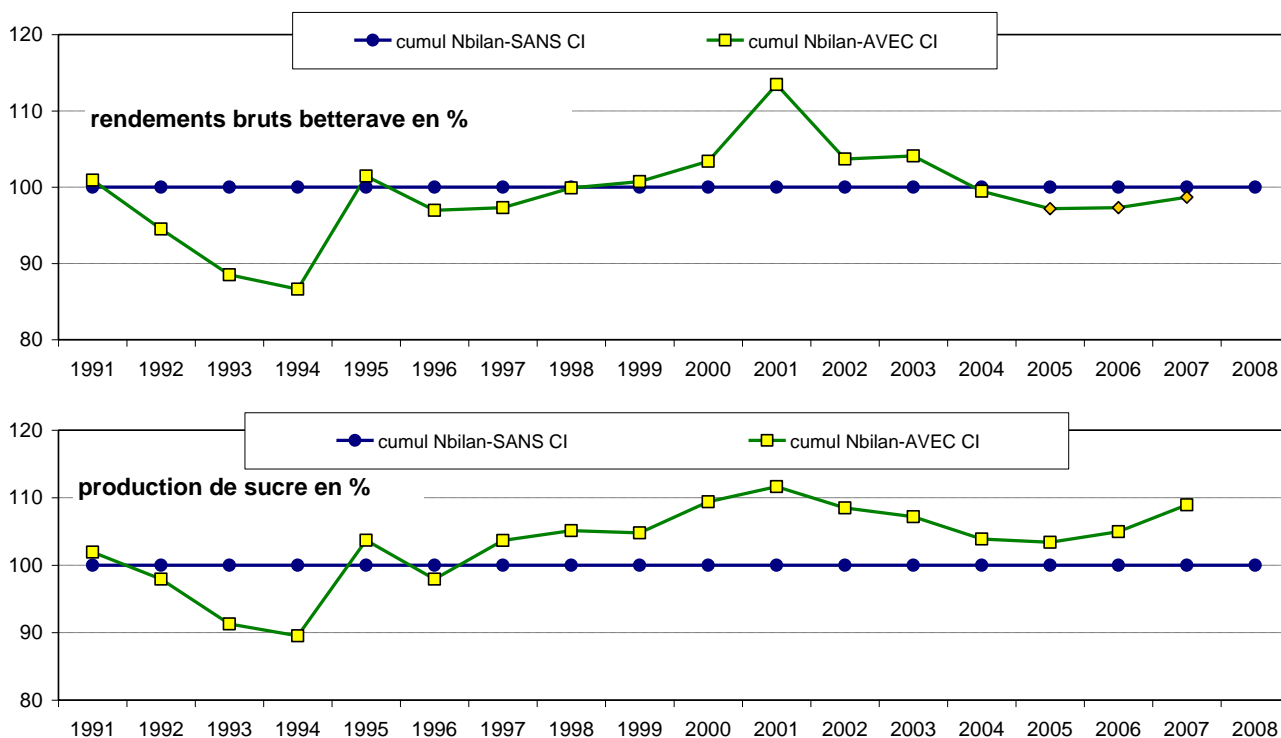
traitements		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	11.9			13.5			13.7			11.3			10.5
2	cumul Nréduit-SANS CI	12.9			13.2			12.6			10.7			9.8
7	cumul Nbilan-AVEC CI	12.1			12.0			14.2			12.4			11.2
8	cumul Nréduit-AVEC CI	12.2			12.1			14.0			12.4			10.6
3	cumul Nbilan-SANS CI			12.7			12.5			14.8			12.2	
4	cumul Nréduit-SANS CI			13.0			12.0			14.3			11.6	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			11.6			12.2			15.6			13.2	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			11.6			11.7			15.3			12.9	
5	cumul Nbilan-SANS CI		13.9			11.1			12.6			8.8		
6	cumul Nréduit-SANS CI		13.7			10.5			12.7			8.7		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		13.6			11.5			13.2			9.8		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		13.8			11.3			12.9			9.9		



Dans le graphique ci-dessus, les rendements en sucre sont exprimés en pourcents du rendement obtenu la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires). Sans les résultats des premières années de l'essai (betterave semée sous mulch de radis), le cumul de cultures intermédiaires dans la rotation est globalement positive, même avec fertilisation azotée réduite.

Complément betterave- voir aussi compte rendu de la phase 2

Comme pour le blé, la betterave a encore été cultivée durant la phase 2 de l'essai, après orge de printemps. La comparaison avec ou sans cultures intermédiaires cumulées perdure.



Rendement et qualité du pois

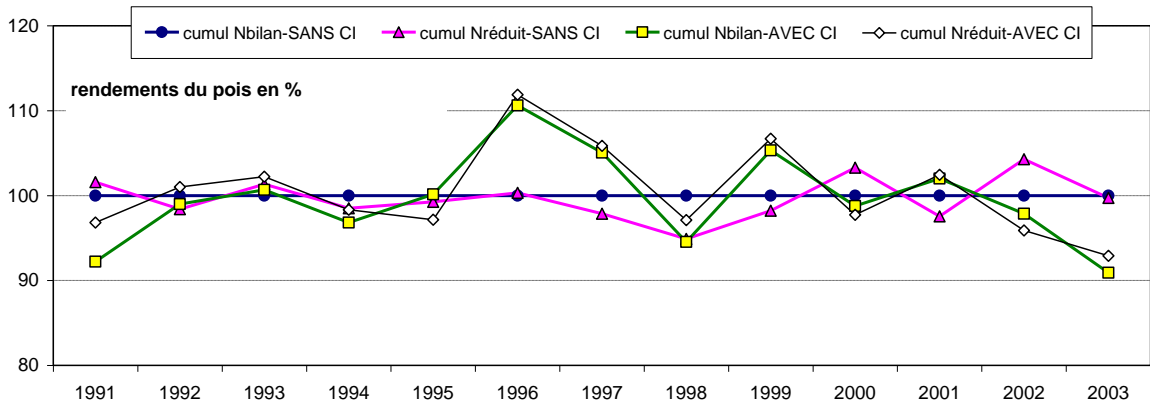
Fertilisation azotée minérale

Le pois n'a jamais reçu de fertilisation azotée pour lui-même. Le vocable N réduit qui lui est consacré correspond au cumul de fertilisation réduite sur les deux autres cultures de l'assolement.

Rendements du pois en q/ha 14 %

THIBIE- RENDEMENTS du POIS en q/ha 14 %

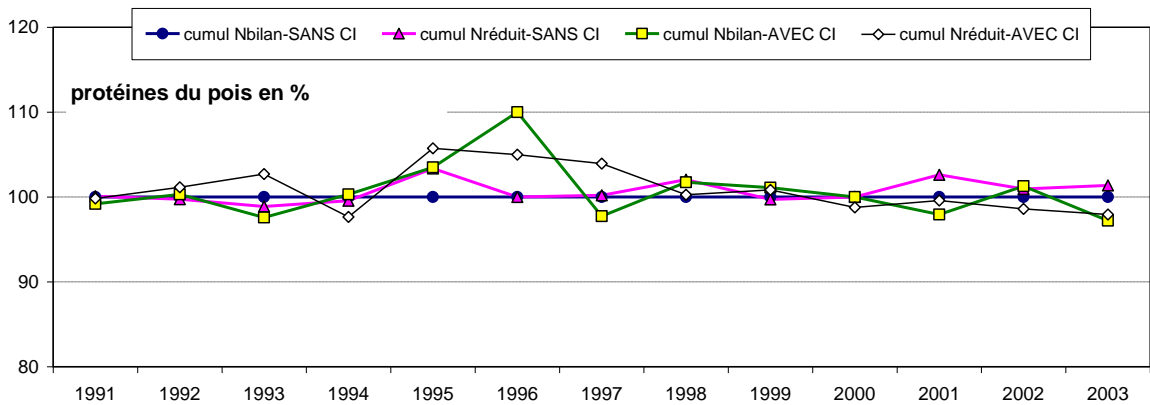
traitements		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		49.6			66.9			58.7			45.0		
2	cumul Nréduit-SANS CI		48.8			66.4			55.7			43.9		
7	cumul Nbilan-AVEC CI		49.1			67.0			55.5			45.9		
8	cumul Nréduit-AVEC CI		50.1			65.0			57.0			46.1		
3	cumul Nbilan-SANS CI	56.5			53.7			51.3			48.6			35.2
4	cumul Nréduit-SANS CI	57.4			52.9			50.2			50.2			35.1
9	cumul Nbilan-AVEC CI	52.1			52.0			53.9			48.0			32.0
10	cumul Nréduit-AVEC CI	54.7			52.8			54.3			47.5			32.7
5	cumul Nbilan-SANS CI			44.8			32.0			50.8			55.9	
6	cumul Nréduit-SANS CI			45.4			32.1			49.9			58.3	
11	cumul Nbilan-AVEC CI			45.1			35.4			53.5			54.7	
12	cumul Nréduit-AVEC CI			45.8			35.8			54.2			53.6	



Dans le graphique ci-dessus, les rendements du pois sont exprimés en pourcents du rendement obtenu la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires). Globalement, l'historique de réduction de fertilisation azotée n'a pas d'effet sur le rendement du pois. L'historique de cultures intermédiaires donne des résultats plus aléatoires, mais de faible répercussion dans l'ensemble.

Protéines du pois en N 6.25 %ms

Dans le graphique ci-dessous, les teneurs en protéines du pois sont exprimées en pourcents de la teneur obtenue la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).



Récapitulatif (rendements)

Moyennes 91 ou 1992 à 2003 inclus.

Effet du cumul de niveau de fertilisation azotée, avec ou sans cumul de cultures intermédiaires à Thibie.

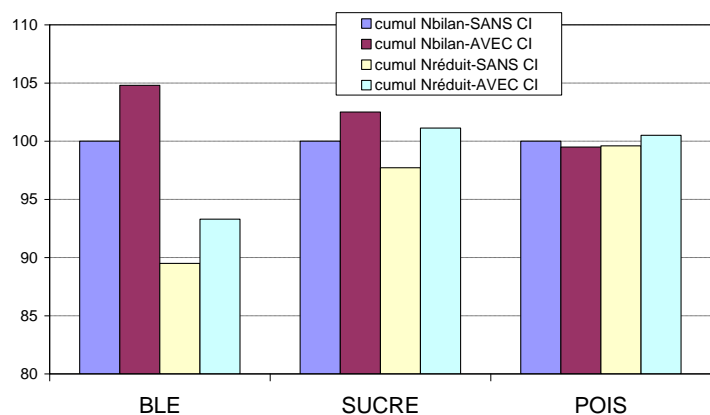
Base 100 % pour toutes les cultures principales du traitement de référence.

Effet sur le rendement :

Rendements en % des cultures de la rotation de base.

effet sur le rendement en %

	BLE	SUCRE	POIS
cumul N bilan-SANS CI	100	100	100
cumul N bilan-AVEC CI	104.8	102.5	99.5
cumul N réduit-SANS CI	89.5	97.7	99.6
cumul N réduit-AVEC CI	93.3	101.1	100.5



**Le devenir de l'azote
recyclé**

par les cultures intermédiaires

Azote absorbé

Témoins sans azote

Efficiencce de la fertilisation azotée

Minéralisation nette

Courbes de réponse aux engrais azotés

Azote absorbé par les cultures fertilisées

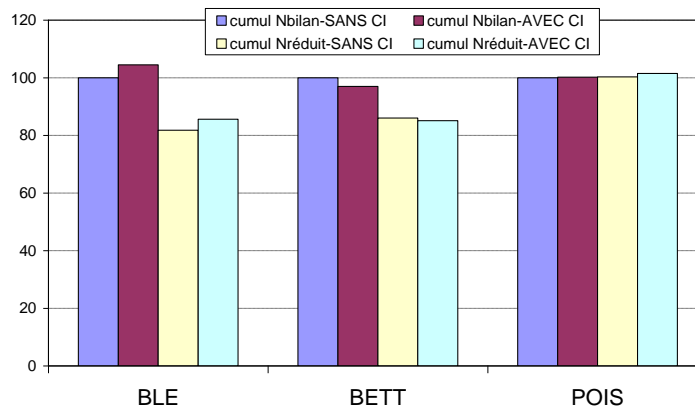
Azote absorbé = azote contenu en Kg N /ha dans les parties aériennes du blé à la récolte, dans l'ensemble racines et feuilles pour les betteraves à la récolte.

récapitulatif

Moyennes 91 ou 1992 à 2003 inclus.
Azote absorbé (ou exporté pour le pois) en % des cultures de la rotation de base.

effet sur l'azote absorbé (exporté pour pois) en %

	BLE	BETT	POIS
cumul N bilan-SANS CI	100	100	100
cumul N bilan-AVEC CI	104.5	97.0	100.2
cumul N réduit-SANS CI	81.8	86.0	100.3
cumul N réduit-AVEC CI	85.6	85.1	101.5



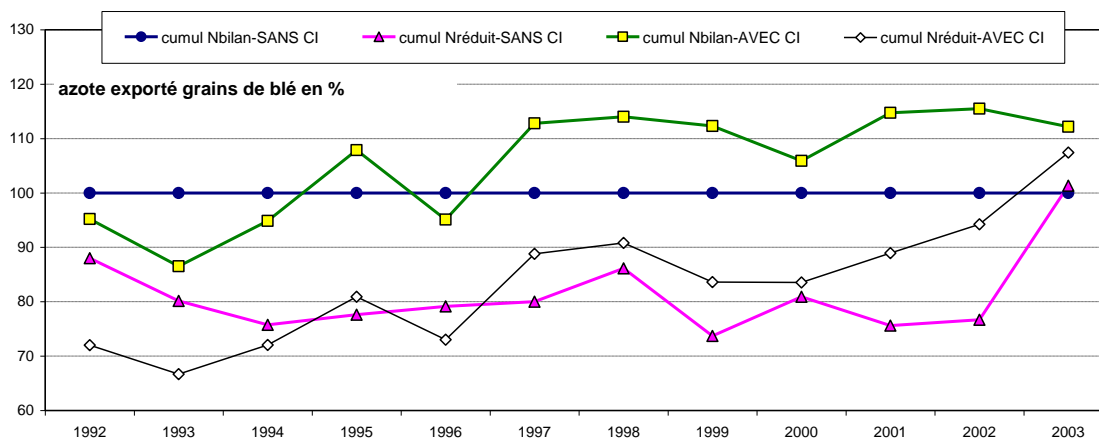
azote EXPORTE avec les grains de blé

C'est le rendement matière sèche du grain récolté multiplié par sa teneur en azote.

THIBIE- AZOTE EXPORTE par le blé en Kg N /ha

traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
cumul N bilan-SANS CI		141			163			157			143	
cumul N réduit-SANS CI		113			129			113			109	
cumul N bilan-AVEC CI		122			155			174			165	
cumul N réduit-AVEC CI		94			119			128			134	
cumul N bilan-SANS CI	125			152			148			173		
cumul N réduit-SANS CI	110			118			127			131		
cumul N bilan-AVEC CI	119			164			168			198		
cumul N réduit-AVEC CI	90			123			134			154		
cumul N bilan-SANS CI			136			125			152			148
cumul N réduit-SANS CI			103			100			123			150
cumul N bilan-AVEC CI			129			141			161			166
cumul N réduit-AVEC CI			98			111			127			159

Dans le graphique ci-dessus, l'azote N exporté par le grain à la récolte est exprimé en pourcents de l'azote exporté par le blé du traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).

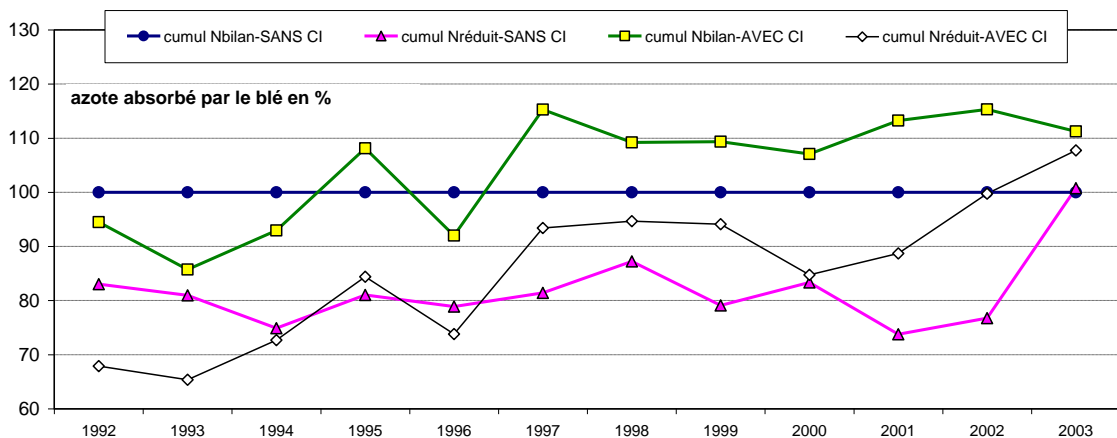


azote ABSORBE par le blé (parties aériennes seules = paille + grain)

THIBIE- AZOTE ABSORBE parties aériennes seules (paille+grain) en Kg N /ha

traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		178			212			205			193	
2	cumul Nréduit-SANS CI		144			167			162			148	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		152			195			236			222	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		116			156			193			192	
3	cumul Nbilan-SANS CI	168			227			217			242		
4	cumul Nréduit-SANS CI	139			184			189			179		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	158			245			237			275		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	114			192			206			215		
5	cumul Nbilan-SANS CI			175			186			217			198
6	cumul Nréduit-SANS CI			131			152			181			200
11	cumul Nbilan-AVEC CI			162			215			232			221
12	cumul Nréduit-AVEC CI			127			174			184			214

Dans le graphique ci-dessus, l'azote N absorbé par la plante à la récolte est exprimé en pourcents de l'azote absorbé par le blé du traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).



Il existe une certaine proportionnalité entre azote exporté et azote absorbé.

En général, le rendement est proportionnel à l'azote absorbé.

Dans cet essai, les différences d'azote absorbé dans les différents traitements de l'essai traduisent les mêmes écarts que ceux signalés plus haut avec les rendements

Azote absorbé par la BETTERAVE

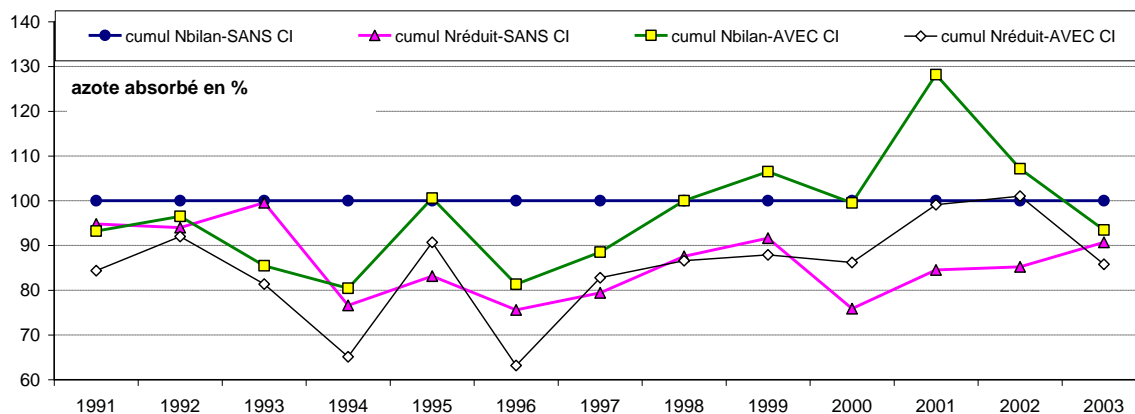
La betterave suit le blé dans la rotation triennale.

Dans le graphique ci-dessous, l'azote absorbé par la betterave est exprimé en pourcents de l'azote absorbé la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).

L'azote absorbé correspond à la quantité d'azote N contenu dans les feuilles et les racines à la récolte de la betterave.

THIBIE- AZOTE ABSORBE par les betteraves(feuilles + racines) en Kg N / ha

traitements		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	192			235			209			203			183
2	cumul Nréduit-SANS CI	182			180			166			154			166
7	cumul Nbilan-AVEC CI	179			189			185			202			171
8	cumul Nréduit-AVEC CI	162			153			173			175			157
3	cumul Nbilan-SANS CI			220			209			215			196	
4	cumul Nréduit-SANS CI			219			158			197			167	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			188			170			229			210	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			179			132			189			198	
5	cumul Nbilan-SANS CI		200			172			209			220		
6	cumul Nréduit-SANS CI		188			143			183			186		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		193			173			209			282		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		184			156			181			218		



Si on excepte le résultat obtenu à la récolte 2001, tous les traitements et surtout le cumul de cultures intermédiaires freine l'absorption de l'azote par la betterave par rapport aux quantités mesurées dans le traitement de base (N bilan sans culture intermédiaire = 100 % dans le graphique ci-dessus).

Témoins sans engrais Annuels et pérennes

Annuel = témoin sans azote uniquement pour l'année considérée, les années antérieures ayant reçu le régime de fertilisation azotée défini pour chaque traitement.

Pérenne = témoin sans azote cumulé plusieurs années dans la même zone, avec les régimes de cultures intermédiaires définis au protocole et cumulés.

BLE : évolution des témoins non fertilisés ANNUELS (betterave fertilisée)

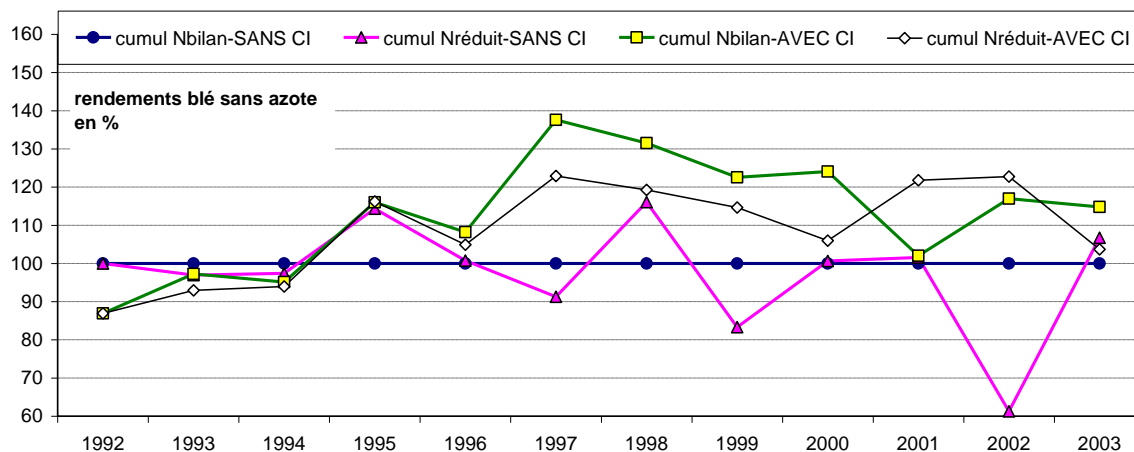
THIBIE- passé de FERTILISATION azotée minérale des BLES non fertilisés

		rotation BETTERAVE - POIS - BLE											
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI	0	0	160	0	0	160	0	0	160	0	0	150
2	cumul Nréduit-SANS CI	0	0	100	0	0	100	0	0	105	0	0	150
7	cumul Nbilan-AVEC CI	0	0	160	0	0	160	0	0	160	0	0	150
8	cumul Nréduit-AVEC CI	0	0	100	0	0	100	0	0	105	0	0	150
3	cumul Nbilan-SANS CI	0	140	0	0	150	0	0	150	0	0	150	0
4	cumul Nréduit-SANS CI	0	140	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0
9	cumul Nbilan-AVEC CI	0	140	0	0	150	0	0	150	0	0	150	0
10	cumul Nréduit-AVEC CI	0	140	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0
5	cumul Nbilan-SANS CI	160	0	0	135	0	0	150	0	0	160	0	0
6	cumul Nréduit-SANS CI	100	0	0	90	0	0	100	0	0	105	0	0
11	cumul Nbilan-AVEC CI	160	0	0	135	0	0	150	0	0	160	0	0
12	cumul Nréduit-AVEC CI	100	0	0	90	0	0	100	0	0	105	0	0

- RENDEMENTS** blé témoins annuels

THIBIE- RENDEMENTS du BLE en q/ha 15% - témoins sans engrais azoté annuels

		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI		37.5			54.9			49.9			52.9	
2	cumul Nréduit-SANS CI		36.3			55.3			41.6			32.4	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		36.4			59.4			62.2			61.9	
8	cumul Nréduit-AVEC CI		34.8			57.6			57.2			65.0	
3	cumul Nbilan-SANS CI	45.2			31.4			47.3			35.6		
4	cumul Nréduit-SANS CI	45.2			35.9			54.9			36.2		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	39.3			36.5			62.2			36.3		
10	cumul Nréduit-AVEC CI	39.3			36.5			56.4			43.4		
5	cumul Nbilan-SANS CI			31.7			35.9			44.0			40.1
6	cumul Nréduit-SANS CI			30.9			32.8			44.3			42.8
11	cumul Nbilan-AVEC CI			30.2			49.4			54.6			46.0
12	cumul Nréduit-AVEC CI			29.8			44.1			46.6			41.6

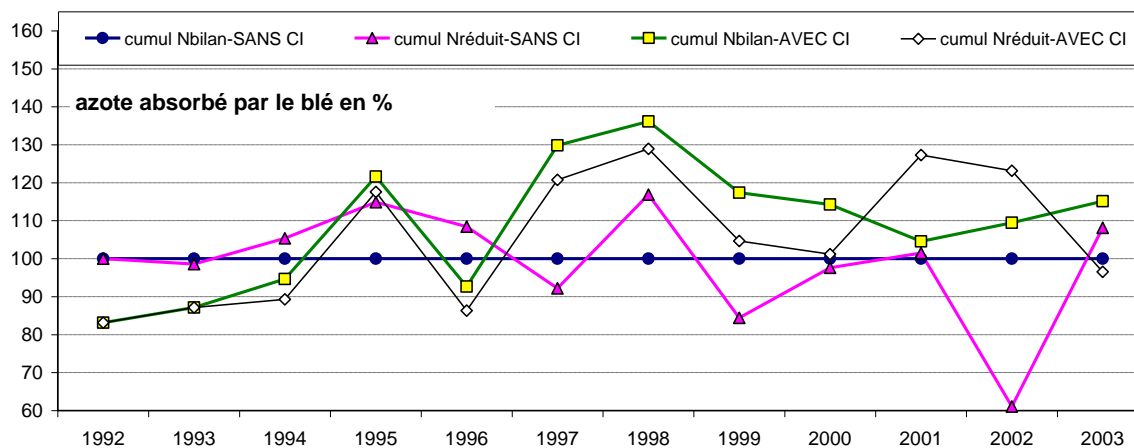


Dans le graphique ci-dessus, les rendements du blé sont exprimés en pourcents du rendement obtenu la même année sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires). Peu d'influence du niveau de fertilisation antérieur, mais le blé suit le POIS.

• AZOTE ABSORBE blé témoins annuels

THIBIE- AZOTE ABSORBE sans engrais azoté parties aériennes seules (paille+grain) en Kg N /ha

traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul N bilan-SANS CI		70			95			104			95	
2	cumul N réduit-SANS CI		69			103			87			58	
7	cumul N bilan-AVEC CI		61			88			122			104	
8	cumul N réduit-AVEC CI		61			82			108			117	
3	cumul N bilan-SANS CI	83			74			83			66		
4	cumul N réduit-SANS CI	83			85			97			67		
9	cumul N bilan-AVEC CI	69			90			113			69		
10	cumul N réduit-AVEC CI	69			87			107			84		
5	cumul N bilan-SANS CI			56			77			84			86
6	cumul N réduit-SANS CI			59			71			82			93
11	cumul N bilan-AVEC CI			53			100			96			99
12	cumul N réduit-AVEC CI			50			93			85			83



Dans le graphique ci-dessus, l'azote absorbé par le blé est exprimé en pourcents de l'azote absorbé par le témoin annuel, la même année, sur le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires).

Effet des cultures intermédiaires plus important et souvent positif.

BLE : évolution des témoins non fertilisés PERENNES

THIBIE- passé de FERTILISATION azotée minérale des BLES non fertilisés PERENNES

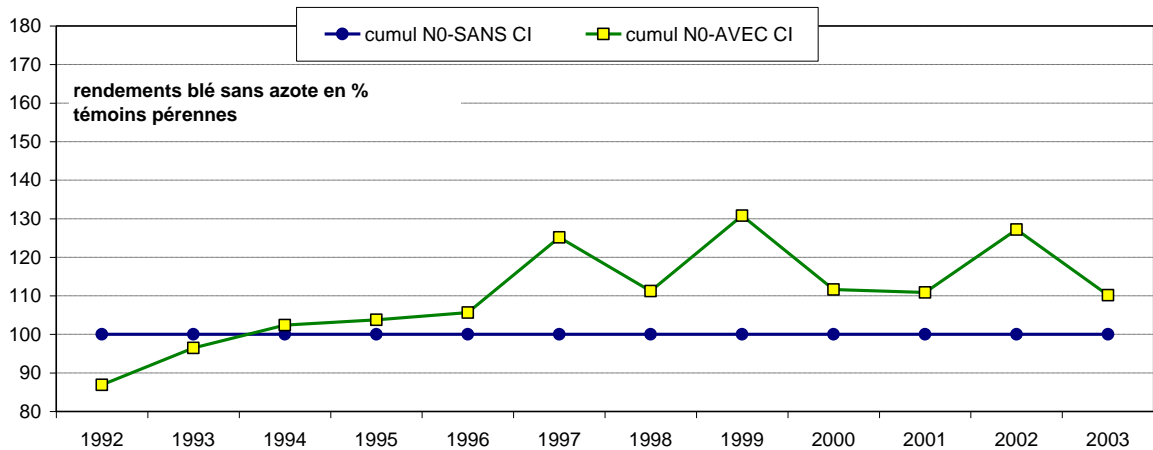
rotation BETTERAVE - POIS - BLE

traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1-2	cumul N0-SANS CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	cumul N0-AVEC CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	cumul N0-SANS CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10	cumul N0-AVEC CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	cumul N0-SANS CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	cumul N0-AVEC CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- **RENDEMENTS** blé témoins sans azote pérennes

THIBIE- RENDEMENTS du BLE en q/ha 15% - sans engrais azoté

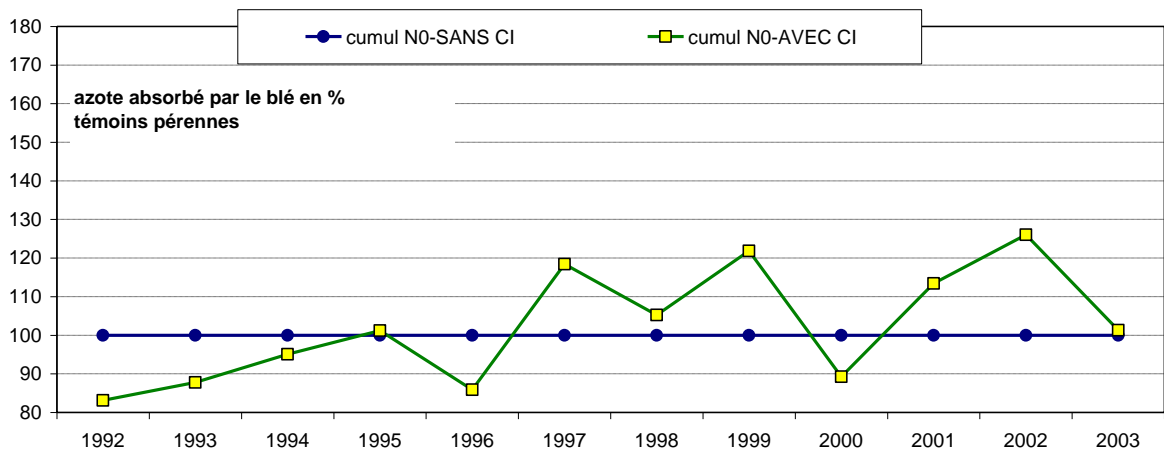
traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1-2	cumul N0-SANS CI		36.9			51.3			43.9			42.0	
7-8	cumul N0-AVEC CI		35.6			54.2			57.5			53.4	
3-4	cumul N0-SANS CI	45.2			33.9			48.9			35.9		
9-10	cumul N0-AVEC CI	39.3			35.2			54.4			39.8		
5-6	cumul N0-SANS CI			27.7			35.4			42.5			33.4
11-12	cumul N0-AVEC CI			28.4			44.3			47.5			36.8



- **AZOTE ABSORBE** blé témoins sans azote pérennes

THIBIE- AZOTE ABSORBE sans engrais azoté parties aériennes seules (paille+grain) en Kg N /ha

traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1-2	cumul N0-SANS CI		70			99			92			73	
7-8	cumul N0-AVEC CI		61			85			112			92	
3-4	cumul N0-SANS CI	83			83			96			67		
9-10	cumul N0-AVEC CI	69			84			101			76		
5-6	cumul N0-SANS CI			51			76			93			75
11-12	cumul N0-AVEC CI			48			90			83			76



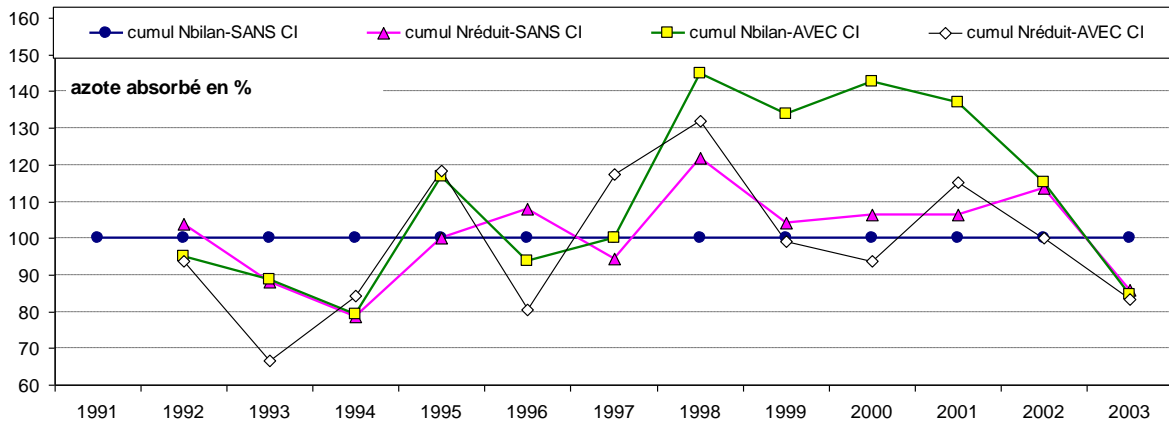
Une petite tendance à l'augmentation des fournitures azotées du sol avec le cumul des cultures intermédiaires.

A mettre en relation avec la rubrique MINERALISATION NETTE plus loin.

BETTERAVE : azote absorbé par les témoins non fertilisés ANNUELS

THIBIE- AZOTE ABSORBE par les betteraves(feuilles + racines) en Kg N / ha TEMOINS ANNUELS

traitements		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumul Nbilan-SANS CI				154			109			94			143
2	cumul Nréduit-SANS CI				121			103			100			123
7	cumul Nbilan-AVEC CI				122			109			134			121
8	cumul Nréduit-AVEC CI				130			128			88			119
3	cumul Nbilan-SANS CI			168			112			124			126	
4	cumul Nréduit-SANS CI			148			121			129			143	
9	cumul Nbilan-AVEC CI			149			105			166			145	
10	cumul Nréduit-AVEC CI			112			90			123			126	
5	cumul Nbilan-SANS CI		158			114			69			138		
6	cumul Nréduit-SANS CI		164			114			84			147		
11	cumul Nbilan-AVEC CI		150			133			100			189		
12	cumul Nréduit-AVEC CI		148			135			91			159		

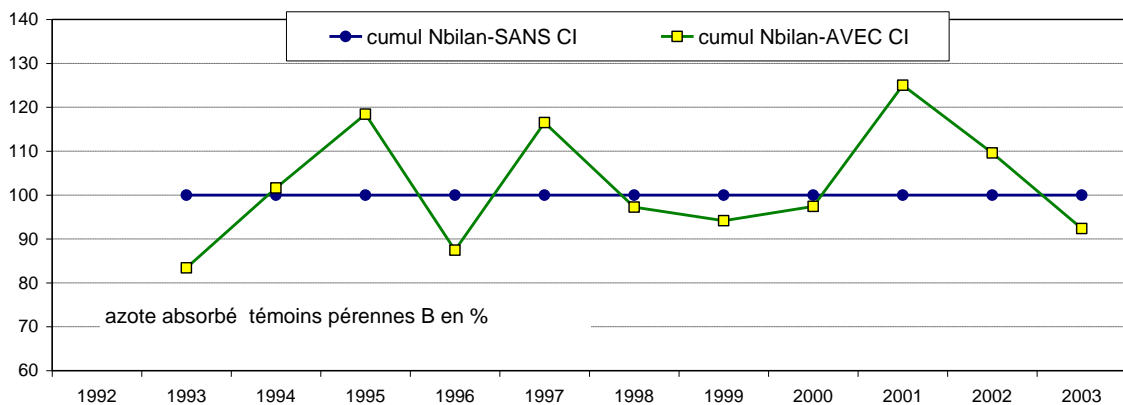


Dans le graphique ci-dessus, l'azote absorbé par la betterave non fertilisée est exprimé en pourcents de l'azote absorbé, la même année, par le traitement de base (N bilan et sans cultures intermédiaires). L'effet des cultures intermédiaires est moins marqué, sauf de 1998 à 2001.

BETTERAVE : azote absorbé par les témoins non fertilisés PERENNES

THIBIE- AZOTE ABSORBE par les betteraves(feuilles + racines) en Kg N / ha TEMOINS PERENNES

traitements		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	cumulSANS CI			124			100			96			105
7	cumulAVEC CI			126			117			94			97
3	cumulSANS CI		133			92			112			115	
9	cumulAVEC CI		111			80			105			126	
5	cumulSANS CI				101			91			142		
11	cumulAVEC CI				119			88			178		

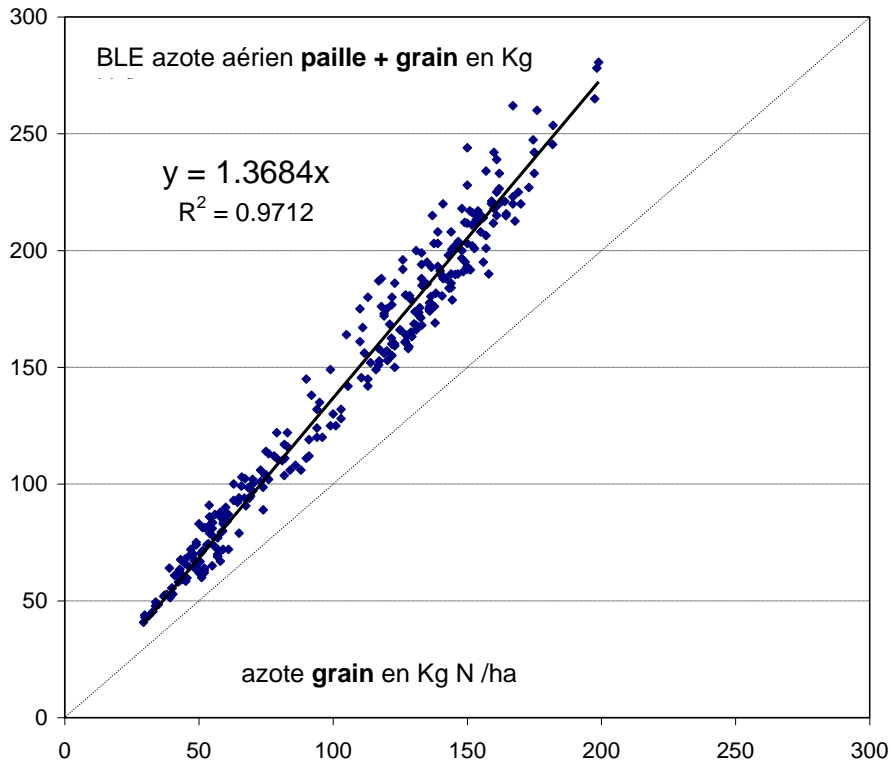


Forte variabilité mais peu d'effet du cumul de cultures intermédiaires.

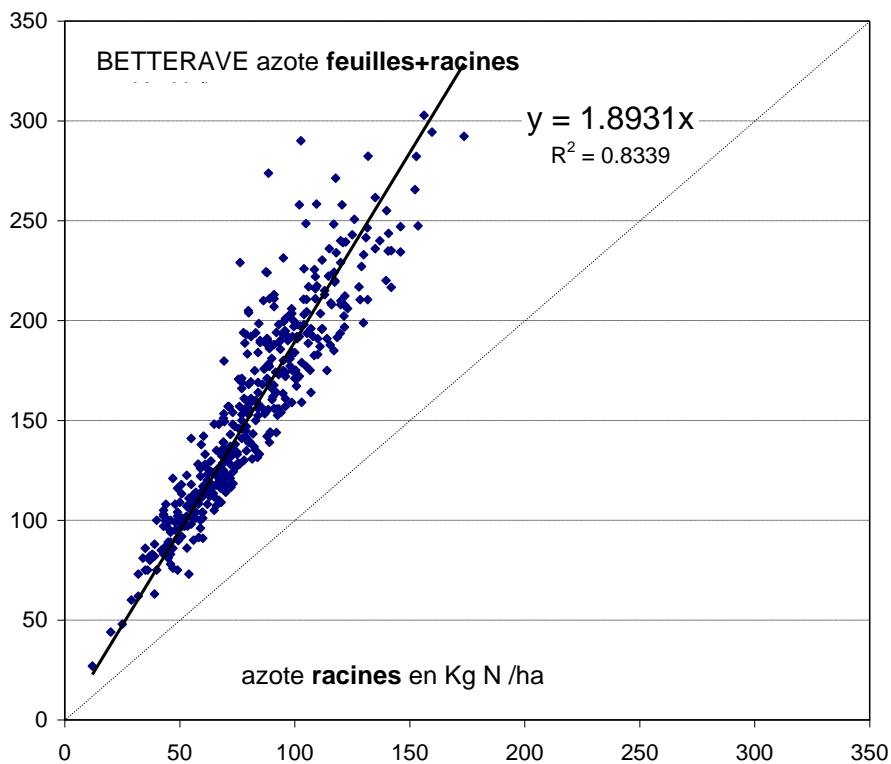
Complément
Relation entre azote exporté et azote absorbé
en Kg N/ha

Toutes mesures sur tous blocs, toutes années

BLE



BETTERAVE



Effizienz de la fertilisation azotée

Coefficient apparent d'utilisation

Sur BLE

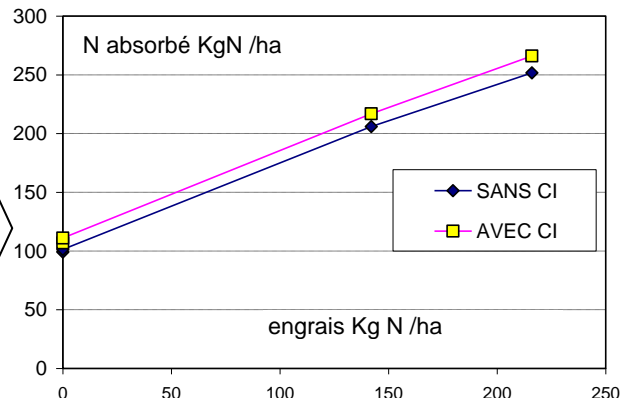
Les tableaux et graphiques ci-après mettent en relation la moyenne des doses d'engrais azotés épandues sur blé (kg N/ha) et la moyenne des quantités d'azote contenues dans les plantes entières à maturité (azote absorbé = (azote paille + azote grain) x 1.25 en Kg N/ha)

Les témoins sans azote retenus sont les témoins annuels.

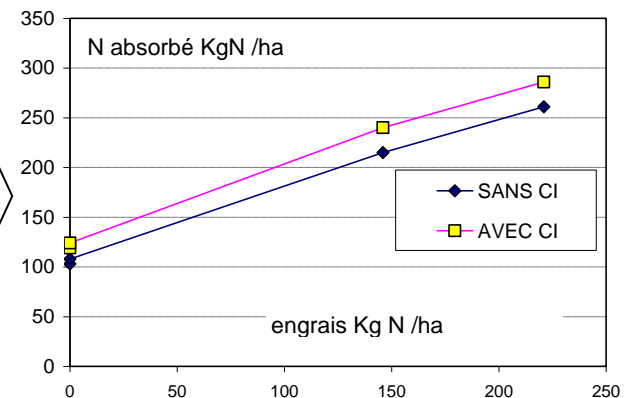
La première série correspond à la moyenne générale des résultats acquis de 1992 à 2003.

La seconde série correspond à la séquence 1996-2003, avec le seul radis comme culture intermédiaire avant blé.

MOYENNE 12 ANS 1992-2003	moyenne N ABS	
	moyenne dose engrais N/ha	
		SANS CI
cumul Nréduit-SANS CI	0	99
cumul Nbilan-SANS CI	0	101
cumul Nréduit-AVEC CI	142	206
cumul Nbilan-AVEC CI	216	252
		AVEC CI
cumul Nréduit-AVEC CI	0	107
cumul Nbilan-AVEC CI	0	111
cumul Nréduit-SANS CI	142	217
cumul Nbilan-SANS CI	216	266



1996-2003 (radis avant blé)			
témoins 0 annuels	engrais	SANS CI	AVEC CI
cumul Nréduit-SANS CI	0	103	
cumul Nbilan-SANS CI	0	108	
cumul Nréduit-AVEC CI	146	215	
cumul Nbilan-AVEC CI	221	261	
cumul Nréduit-AVEC CI	0		119
cumul Nbilan-AVEC CI	0		124
cumul Nréduit-SANS CI	146		240
cumul Nbilan-SANS CI	221		286



Le parallélisme des segments de droites indique une même efficacité (coefficient d'utilisation apparent) des engrais azotés selon les traitements avec ou sans cultures intermédiaires.

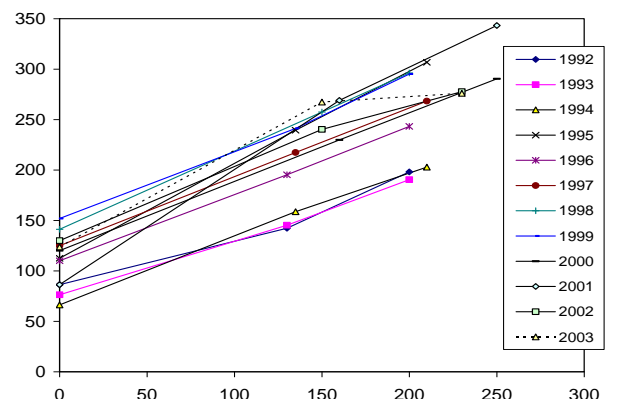
D'autre part, le cumul des cultures intermédiaires se traduit par une différence de fournitures azotées en provenance du sol de quelque 25 unités en moyenne annuelle.

Annexe (graphique ci-contre) : dispersion des quantités d'azote absorbées par le blé, selon les années, dans le traitement avec cultures intermédiaires cumulées.

Peu de variation du coefficient apparent d'utilisation si on excepte les résultats 2003.

Les 3 années à faible valeur correspondent aux blés semés après dactyle.

De plus, la linéarité des mesures par année montre que les doses bilan appliquées aux blés de l'essai ne relèvent pas de la sur-fertilisation.



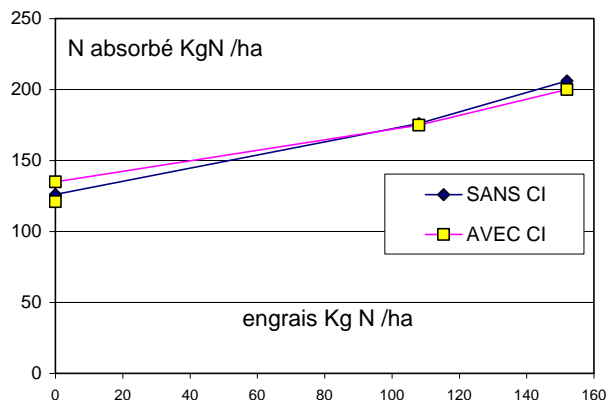
Sur BETTERAVE

Le tableaux et le graphique ci-après mettent en relation la moyenne (de 1992 à 2003) des doses d'engrais azotés épandues sur betterave (kg N/ha) et la moyenne des quantités d'azote contenues dans les plantes entières à maturité (racines = feuillage en Kg N/ha)

Les témoins sans azote retenus sont les témoins annuels.

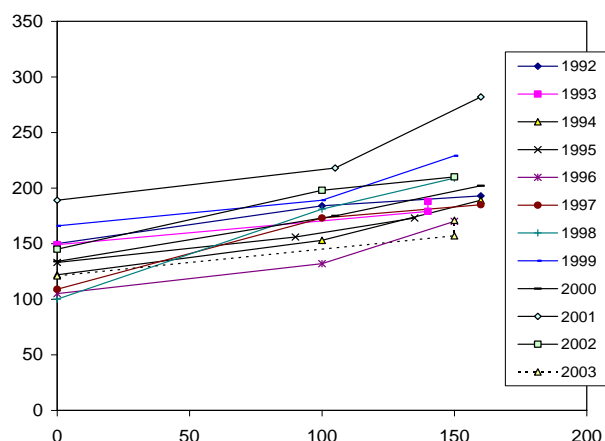
BETTERAVE 1992-2003

témoins 0 annuels	engrais	SANS CI	AVEC CI
cumul Nréduit-SANS CI	0	125	
cumul Nbilan-SANS CI	0	126	
cumul Nréduit-SANS CI	108	176	
cumul Nbilan-SANS CI	152	206	
cumul Nréduit-AVEC CI	0		121
cumul Nbilan-AVEC CI	0		135
cumul Nréduit-AVEC CI	108		175
cumul Nbilan-AVEC CI	152		200



L'historique « cultures intermédiaires » ne modifie pas l'absorption de l'azote par la betterave.

Annexe (graphique ci-contre) : dispersion des quantités d'azote absorbées par la BETTERAVE, selon les années, dans le traitement avec cultures intermédiaires cumulées.

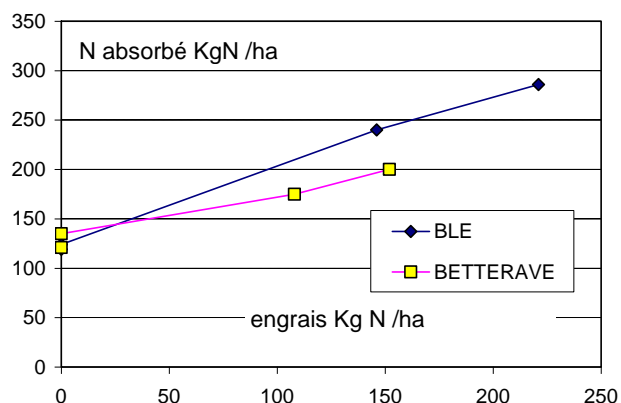


Comparaison betterave-blé

Le graphique ci-contre reprend les valeurs moyennes ci-dessus, du blé et de la betterave, dans les traitements avec cultures intermédiaires.

Les niveaux des fournitures d'azote par le sol sont identiques.

Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote est meilleur pour le blé : 75 à 81%, contre 44-47 % pour la betterave (*sous réserve que l'azote absorbé par les « parties aériennes » de la betterave- ici feuillage+racine arrachée - ne doit pas être majoré d'un coefficient racinaire comme il est fait pour le blé*).



Minéralisation nette du sol

voir annexe 5

Les quantités d'azote minéral contenues dans le sol (0-90 cm) ont été régulièrement mesurées. 4 périodes clés ont été théoriquement retenues :

- RAR = reliquats après récolte de la culture principale.
- RDCI = reliquat à date de destruction de la culture intermédiaire.
- RDD = reliquat en début de drainage.
- RSH = reliquat sortie hiver.

Certaines mesures peuvent se chevaucher en fonction du climat de l'année et surtout de la nature et du cycle de vie de la culture intermédiaire.

périodes réelles de mesures des reliquats azotés du sol

après POIS	RAR	RDCI	RDD		RSH
après BLE	RAR		RDD = RDCI		RSH
après BETTERAVE		RAR		RDD	RSH = RDCI

	phase 1	phase 2	phase 3	phase 1	suite
reliquat sol	RPR	RDD	RSH	RPR	suite
culture	écart 1	écart 2	écart 3	écart 1	suite
cipan	Nabs cipan	Nabs cipan	Nabs culture	Nabs cipan	suite
lessivage	lessivage	lessivage	lessivage	lessivage	suite
engrais			engrais		suite

La minéralisation nette est calculée phase par phase. Une phase est bornée par 2 mesures consécutives de reliquats d'azote du sol.

Le bilan d'azote minéral du sol est chiffré entre le début et la fin de chaque phase.

Il intègre le solde de reliquat entre les 2 mesures consécutives, le lessivage, l'azote absorbé par les cultures principales ou intermédiaires, et les apports d'engrais.

La phase 3 qui correspond à la culture principale (entre reliquat sortie hiver et reliquat après récolte) est affectée d'un coefficient apparent d'utilisation (CAU).

$$\text{MINERALISATION NETTE} = \frac{(\text{Reliquat sortie} - \text{reliquat entrée} + \text{lessivage} + \text{N absorbé cultures} - \text{engrais})}{\text{CAU}}$$

Remarque :

la minéralisation nette n'est pas calculée pour la phase qui correspond à la culture du POIS.

Plus 9 unités par an avec les cultures intermédiaires

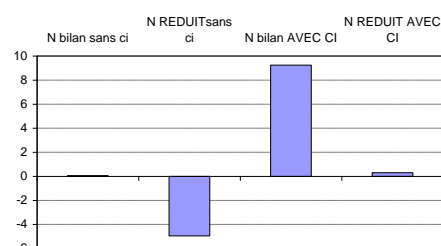
Après cumul de toutes les « minéralisations nettes » de toutes les phases, sur la durée des 12 années d'essai,

les cumuls qui correspondent aux traitements de l'essai sont ramenés à l'échelle de l'année (cumuls divisés par 12). Les différences sont indiquées dans le tableau et le graphique ci-contre.

Le régime « fertilisation réduite » induit une baisse de minéralisation annuelle.

Le régime « Nbilan AVEC cultures intermédiaires » induit une augmentation de minéralisation nette de quelque 9 Kg d'azote par ha et par an.

	MIN NETTE Kg N /ha	écart
N bilan sans ci	107	0.0
N REDUITsans ci	102	-4.9
N bilan AVEC CI	116	9.2
N REDUIT AVEC CI	107	0.3



Minéralisation nette cumulée

Les graphiques ci-après indiquent les valeurs des minéralisations nettes cumulées sur les 12 ans d'expérimentation.

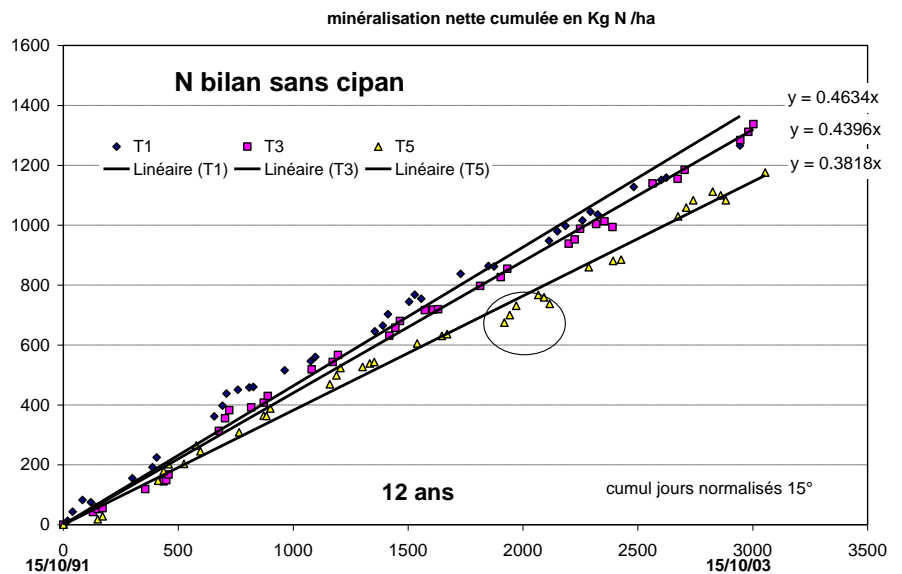
Les dates de mesures sont traduites en jours normalisés, cumulés à partir de la date de la première mesure (15 octobre 1991) jusqu'au 16 octobre 2003, ce qui correspond à 3000 jours normalisés.

Traitements 1-3-5

N bilan sans culture intermédiaire

Traitement 1 très similaire au traitement 3.

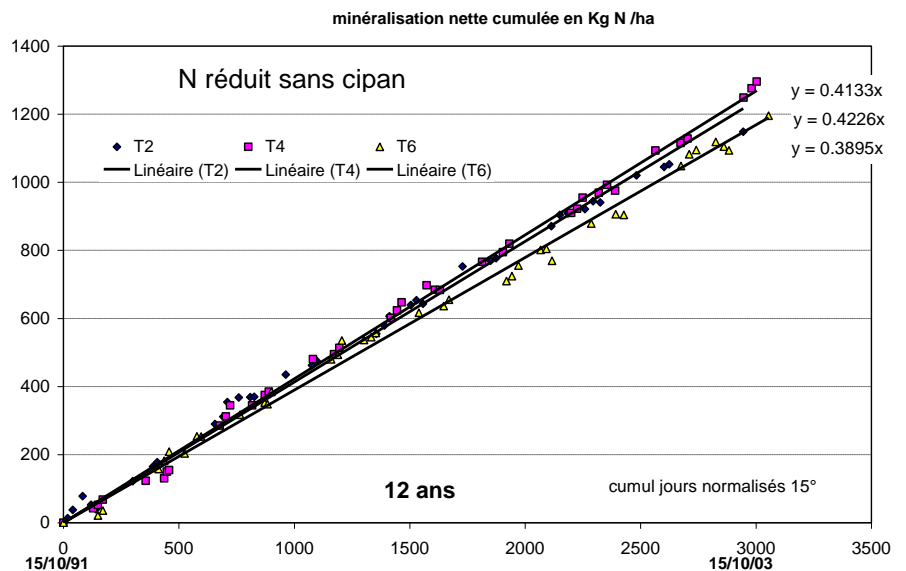
Le traitement 5 se distingue des 2 premiers, mais surtout à cause de l'écart noté vers les 2000 jours normalisés.



Traitements 2-4-6

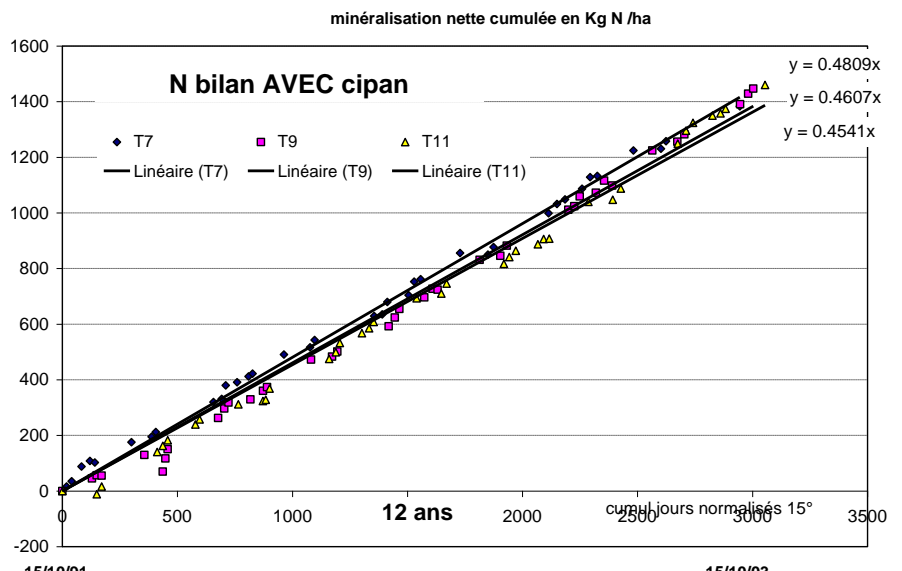
N réduit sans culture intermédiaire

Traitements très similaires entre eux.

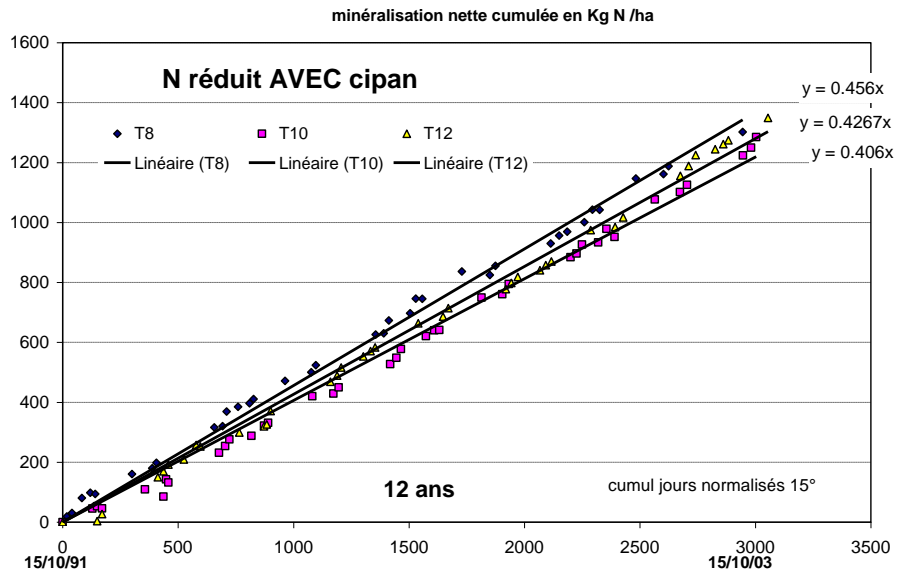


Traitements 7-9-11

N bilan avec culture intermédiaire



Traitements 8-10-12
N réduit avec culture intermédiaire



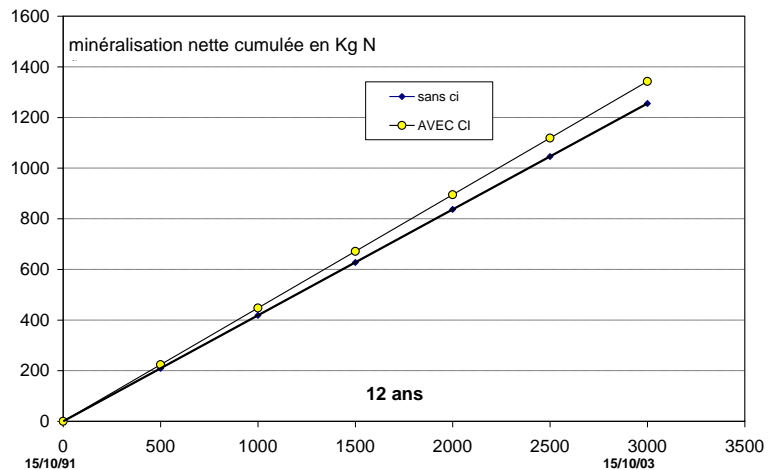
Les pentes de chaque droite de tendance sont reportées et classées dans le tableau ci-contre.

Elles indiquent toutes une tendance générale de minéralisation nette chiffrée à quelque 0,4 Kg N par jour normalisé.

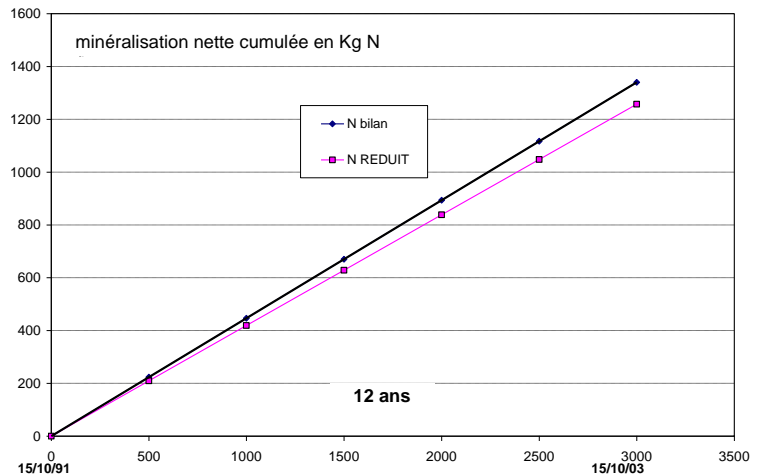
Les différences entre traitements de l'essai sont indiquées par moyennes ou effets simples.

COURBES DE TENDANCE		a (y=ax)	moyenne cipanxN	effet cipan	effet N réduit
N bilan sans ci	T1	0.4634	0.4283	0.4184	0.4468
	T3	0.4396			
	T5	0.3818			
N REDUITsans ci	T2	0.4133	0.4085	0.4184	0.4190
	T4	0.4226			
	T6	0.3895			
N bilan AVEC CI	T7	0.4809	0.4652	0.4474	
	T9	0.4607			
	T11	0.4541			
N REDUIT AVEC CI	T8	0.4560	0.4296	0.4474	
	T10	0.4060			
	T12	0.4267			

Effet cumul de cultures intermédiaires



Effet réduction de fertilisation azotée



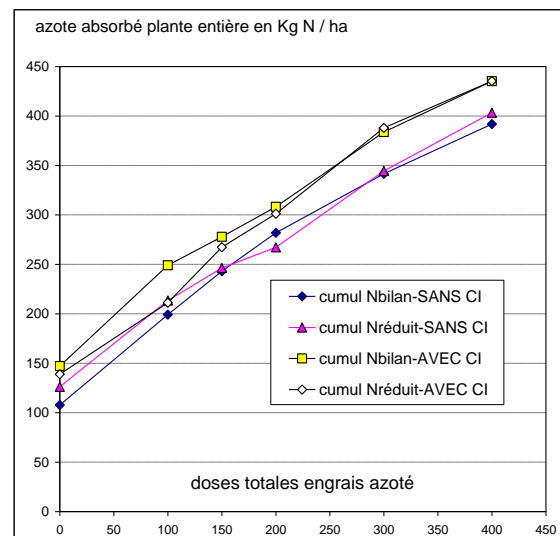
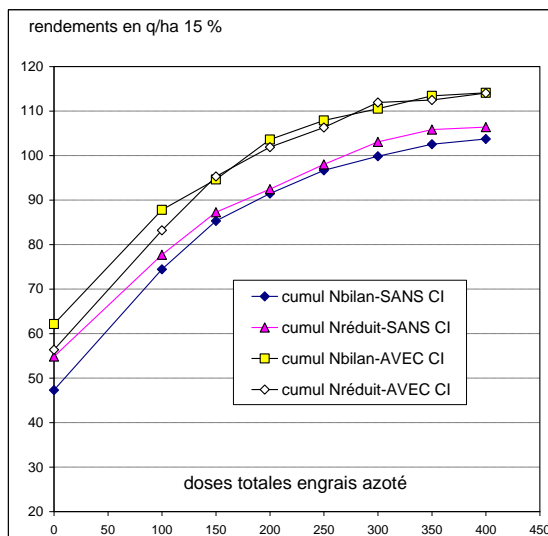
Courbes de réponse aux doses d'azote

Certaines années, des courbes de réponse aux doses croissantes d'engrais minéral azotée ont été testées sur les cultures principales.
Avec pour objectif de mesurer l'éventuel effet de l'historique des traitements sur la gestion de la fertilisation azotée.

1998 – Courbes de réponse sur blé

1998 - Courbes de réponse à l'azote sur blé selon historique des parcelles

composantes du rendement						Azote absorbé								
traitement	solution N		P1000G 15%	G/m2	Epis /m2	rapport	rendement grain	rendement paille	azote grain	azote paille	aerien	coeff 1.3	utilisation	
	DOSES N engrais Kg N /ha	RENDT 15%				P/G MS	G qMS/ha	P qMS/ha	NG Kg N / ha	NP Kg N / ha	N P+G Kg N / ha	N P+G+R Kg N / ha	CAU %	
cumul N bilan SANS CI	0	47.3	50.3	9388	350	1.26	40.2	50.6	58	25	83	108		
	100	74.4	52.1	14292	430	1.15	63.3	72.4	105	48	153	199	91	
	150	85.3	52.2	16332	482	1.13	72.5	82.1	125	62	187	243	90	
	200	91.4	52.2	17524	491	1.09	77.7	84.4	146	71	217	282	87	
	250	96.7	54.6	17693	479									
	300	99.9	54.9	18171	479									
	350	102.5	54.5	18829	491									
400	103.7	55.5	18692	493										
cumul N réduit SANS CI	0	54.9	50.7	10779	357	1.28	46.6	59.3	65	32	97	126		
	100	77.7	51.3	15125	443	1.16	66.0	76.9	109	55	164	213	87	
	150	87.3	52.2	16729	483	1.12	74.2	83.0	131	59	189	246	80	
	200	92.5	53.0	17446	508	1.10	78.6	86.7	147	59	205	267	71	
	250	98.0	54.0	18170	469									
	300	103.1	54.9	18783	525									
	350	105.8	55.0	19257	511									
400	106.4	54.6	19509	535										
cumul N bilan AVEC CI	0	62.1	51.1	12176	371	1.25	52.8	65.7	77	36	113	147	102	
	100	87.8	53.0	16548	462	1.12	74.6	83.7	121	71	192	249	87	
	150	94.6	53.2	17790	487	1.10	80.4	88.6	143	71	214	278	87	
	200	103.6	53.0	19565	508	1.01	88.1	89.0	166	71	237	308	81	
	250	107.9	53.3	20236	526									
	300	110.5	53.9	20500	515									
	350	113.4	54.7	20734	523									
400	114.1	54.9	20795	539										
cumul N réduit AVEC CI	0	56.4	50.9	11072	347	1.23	47.9	58.9	73	32	107	139		
	100	83.2	52.4	15892	413	1.15	70.7	81.1	107	55	162	211	72	
	150	95.3	54.1	17620	429	1.09	81.0	88.1	139	66	206	267	86	
	200	101.9	53.5	19035	476	1.04	86.6	89.9	160	71	232	301	81	
	250	106.3	53.8	19770	483									
	300	111.9	54.9	20377	511									
	350	112.5	53.8	20926	501									
400	114.0	53.7	21250	524										



Réponse jusqu'à des doses conséquentes.

Net effet de l'historique « cultures intermédiaires » par augmentation de productivité, mais sans décalage des doses optimales d'engrais

Pas d'effet de l'historique « fertilisation azotée ».

1999 – Courbes de réponse sur blé

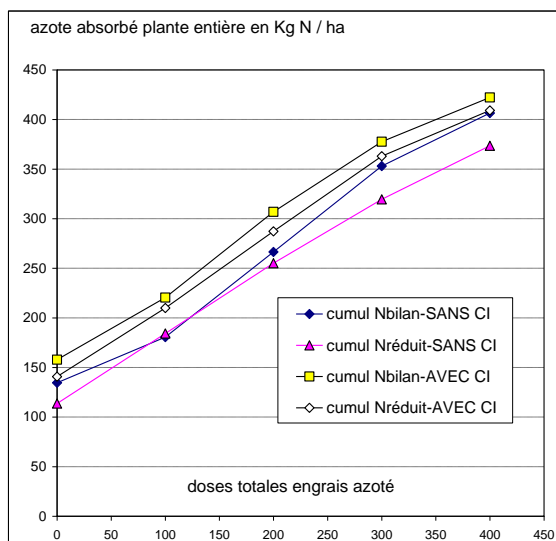
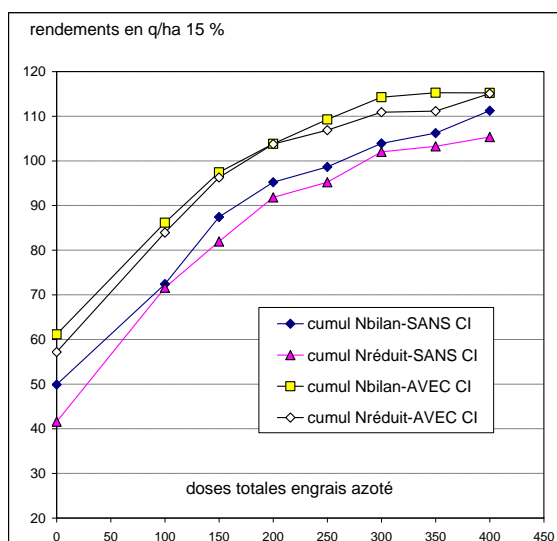
Même type de réponses que celles obtenues en 1998

Net effet de l'historique « cultures intermédiaires » par augmentation de productivité, mais sans décalage des doses optimales d'engrais

Pas d'effet de l'historique « fertilisation azotée ».

1999 - Courbes de réponse à l'azote sur blé selon historique des parcelles

composantes du rendement						Azote absorbé							
traitement	solution N		P1000G 15%	G/m2	Epis /m2	rapport P/G MS	rendement grain G qMS/ha	rendement paille P qMS/ha	azote grain NG Kg N / ha	azote paille NP Kg N / ha	aerien N P+G Kg N / ha	coeff 1.3 N P+G+R Kg N / ha	utilisation CAU %
	DOSES N engrais Kg N /ha	RENDT 15%											
cumul Nbilan SANS CI	0	49.9	51.4	9658	365	1.22	42.4	51.4	72	31	103	135	46
	100	72.4	50.5	14385	377	1.13	61.5	69.2	96	42	139	181	
	150	87.4	49.6	17666	398	0.88	80.9	71.5	153	52	205	266	
	200	95.2	51.5	18529	443								
	250	98.6	52.7	18719	438								
	300	103.9	52.4	19842	472	0.95	88.3	83.7	195	77	272	353	
	350	106.2	52.6	20231	456								
400	111.2	52.0	21412	481									
cumul Nréduit SANS CI	0	41.6	49.4	8388	318	1.28	35.3	44.8	59	29	87	114	70
	100	71.6	49.6	14440	373	1.12	61.5	69.0	95	46	142	184	
	150	81.9	51.0	16038	400	1.02	77.4	78.6	145	51	196	255	
	200	91.8	51.5	17515	450								
	250	95.2	49.3	19324	406								
	300	102.0	52.0	19623	470	0.99	86.7	86.1	181	65	246	320	
	350	103.2	52.2	19767	444								
400	105.3	51.6	20408	481									
cumul Nbilan AVEC CI	0	61.2	52.7	11615	360	1.13	52.0	59.2	86	36	121	158	62
	100	86.1	50.8	16985	401	1.04	73.2	75.8	121	49	170	220	
	150	97.4	51.7	18861	446	0.96	88.2	84.9	172	64	236	307	
	200	103.8	51.9	20010	445								
	250	109.3	51.5	21265	489								
	300	114.3	52.4	21831	515	0.93	97.1	89.9	214	76	290	378	
	350	115.3	52.8	21425	485								
400	115.2	49.6	22515	517									
cumul Nréduit AVEC CI	0	57.2	54.0	10584	368	1.15	48.6	55.9	76	32	108	141	69
	100	83.9	51.6	16261	418	1.02	71.3	72.9	117	44	161	210	
	150	96.3	52.8	18241	446	0.97	84.7	82.7	165	56	221	287	
	200	103.8	52.1	20038	459								
	250	106.9	51.0	21011	470								
	300	110.9	51.5	21587	528	0.93	94.3	87.9	204	75	279	363	
	350	111.1	51.9	21516	485								
400	115.1	50.7	22688	540									



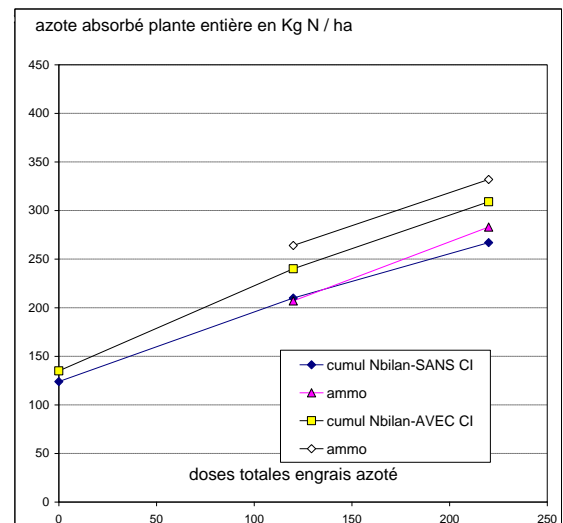
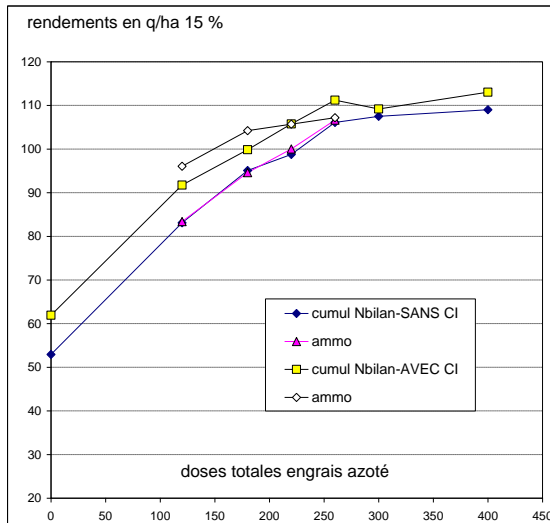
2001 – Courbes de réponse sur blé

Courbes de réponse en fin d'expérimentation, pour mesurer le seul effet du cumul des cultures intermédiaires.

La comparaison entre formes d'engrais (tout ammonitrate contre tout solution 39) est introduite pour vérifier si l'augmentation de productivité lié au cumul de « cultures intermédiaires » n'est pas provoqué par le seul effet « valorisation de l'azote ».

2001 - Courbes de réponse à l'azote sur blé selon historique des parcelles

composantes du rendement							Azote absorbé								
traitement	solution et ammonitrate	DOSES N engrais Kg N / ha	RENDT 15%	P1000G 15%	G/m2	Epis / m2	rapport	rendement grain	rendement paille	azote grain	azote paille	aerien	coeff 1.3	utilisation	
							P/G MS	G qMS/ha	P qMS/ha	NG Kg N / ha	NP Kg N / ha	N P+G Kg N / ha	N P+G+R Kg N / ha	CAU %	
cumul Nbilan SANS CI	0		52.9	49.4	10747	312	1.26	45.0	56.7	69	26	95	124	72	
	120		83.1	47.0	17690	378	1.11	70.6	78.7	118	43	161	210		
	180		95.1	47.7	19952	431									
	220		98.8	48.8	20268	409									
	260		106.1	48.0	22130	427									
	300		107.5	49.7	21646	467									
	400		109.0	48.4	22513	482	1.04	84.0	87.2	152	53	205	267	65	
	ammonitrate	120		83.4	47.3	17653	356	1.06	70.9	75.0	119	40	159	207	69
	ammonitrate	180		94.6	46.7	20247	424								
	ammonitrate	220		100.0	48.0	20820	447	1.02	85.0	86.5	162	56	218	282	72
ammonitrate	260		106.7	47.0	22714	485									
cumul Nbilan AVEC CI	0		61.9	49.7	12455	350	1.15	52.6	60.6	82	22	104	135	88	
	120		91.8	46.9	19587	441	1.06	78.0	82.7	130	55	185	240		
	180		99.9	47.7	20924	454									
	220		105.8	48.0	22022	472	1.05	89.9	94.1	172	66	238	309	79	
	260		111.2	48.4	22972	505									
	300		109.2	48.9	22379	464									
	400		113.0	47.9	23606	491									
	ammonitrate	120		96.1	48.5	19799	420	1.06	81.7	86.4	146	57	203	264	108
	ammonitrate	180		104.2	47.7	21875	486								
	ammonitrate	220		105.7	47.5	22229	499	1.09	89.9	98.2	179	76	255	332	90
ammonitrate	260		107.2	47.3	22657	539									



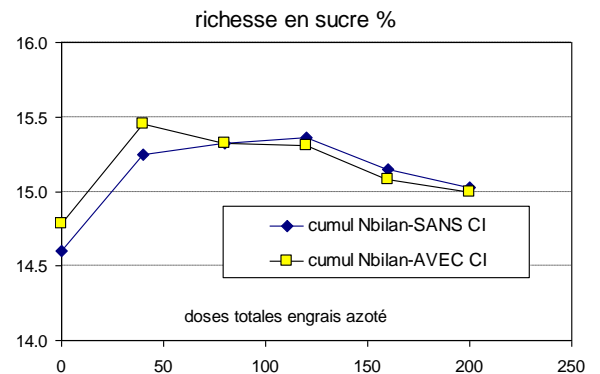
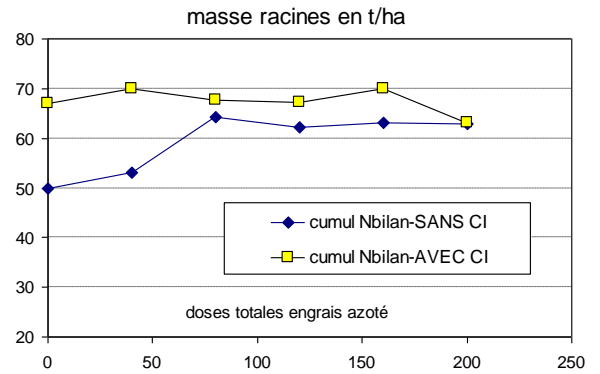
Quelle que soit la forme de l'engrais, l'effet du cumul de cultures intermédiaires se traduit toujours par une augmentation de productivité du blé.

2001 – Courbes de réponse sur BETTERAVE

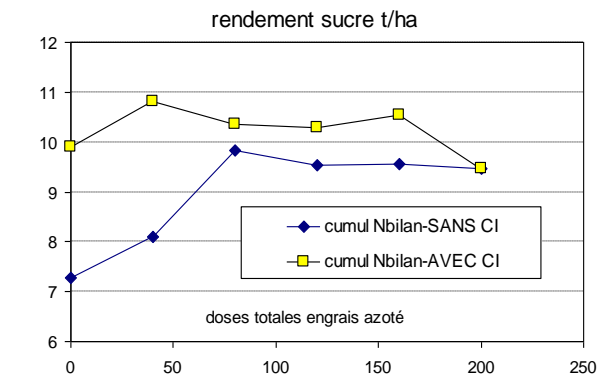
Courbes de réponse en fin d'expérimentation, pour mesurer le seul effet du cumul des cultures intermédiaires.

2001 - Courbes de réponse à l'azote sur betterave selon historique des parcelles

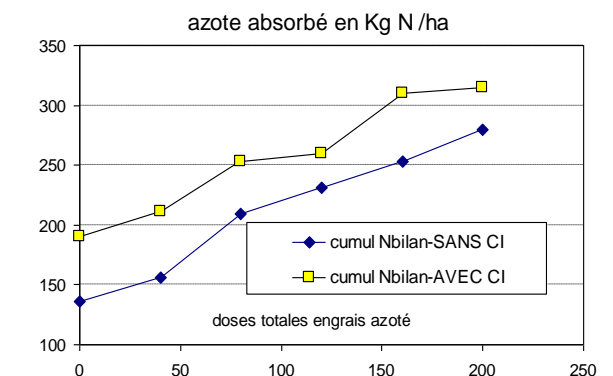
traitement	DOSES N engrais Kg N/ha	rendement			Azote absorbé à la récolte		
		RACINES t/ha	richesse en %	SUCRE t/ha	racines Kg N / ha	feuilles Kg N / ha	total Kg N / ha
cumul N bilan SANS CI	0	49.8	14.60	7.28	62	74	136
	40	53.0	15.25	8.11	69	86	156
	80	64.2	15.32	9.84	87	121	209
	120	62.1	15.36	9.54	89	142	231
	160	63.1	15.15	9.55	96	157	253
200	62.9	15.03	9.47	100	180	280	
cumul N bilan AVEC CI	0	67.1	14.78	9.91	80	110	190
	40	70.0	15.45	10.81	83	128	211
	80	67.6	15.32	10.35	97	157	253
	120	67.3	15.31	10.30	101	159	260
	160	70.0	15.08	10.55	107	203	310
200	63.2	15.00	9.47	103	212	315	



Forte différenciation des courbes de réponse. Le cumul de cultures intermédiaires a permis de réduire fortement la quantité d'azote optimale, tout en maintenant, voire en améliorant la productivité.



Le cumul des cultures intermédiaires s'est traduit par une absorption accrue d'azote (quelque 50 unités).



2002 – Courbes de réponse sur BETTERAVE

Courbes de réponse en fin d'expérimentation, pour mesurer le seul effet du cumul des cultures intermédiaires.

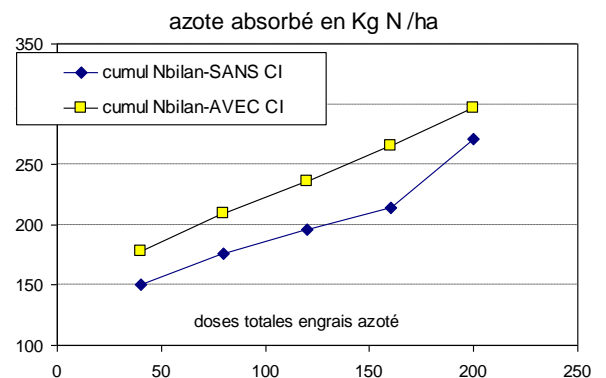
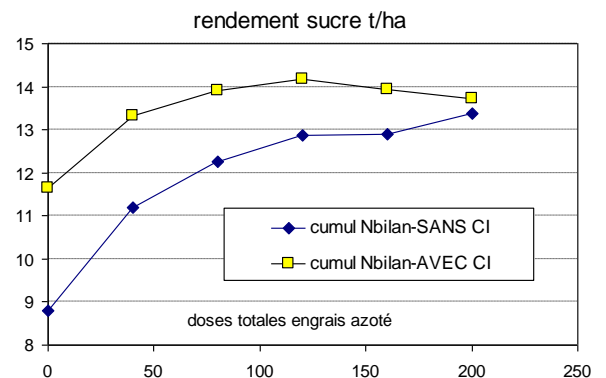
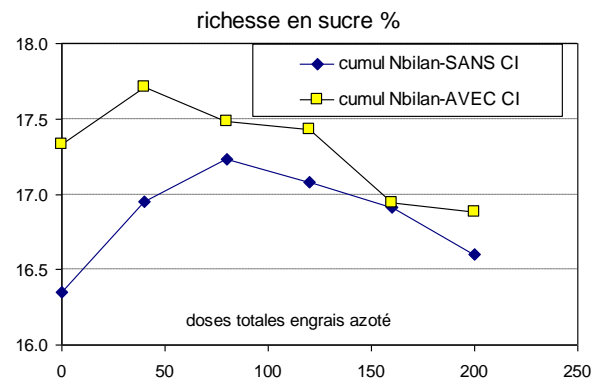
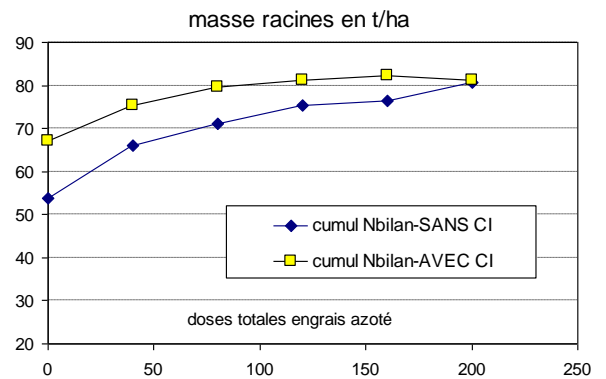
2002 - Courbes de réponse à l'azote sur betterave selon historique des parcelles

traitement	DOSES N engrais Kg N /ha	rendement			Azote absorbé à la récolte		
		RACINES t/ha	richesse en %	SUCRE t/ha	racines Kg N / ha	feuilles Kg N / ha	total Kg N / ha
cumul Nbilan SANS CI	0	53.9	16.35	8.80	75	75	150
	40	66.1	16.95	11.20	90	86	176
	80	71.1	17.23	12.26	93	103	196
	120	75.4	17.08	12.88	101	113	214
	160	76.3	16.91	12.90	122	149	271
200	80.6	16.60	13.38				
cumul Nbilan AVEC CI	0	67.2	17.33	11.65	94	84	178
	40	75.3	17.71	13.32	107	102	209
	80	79.5	17.48	13.91	108	129	236
	120	81.3	17.43	14.17	125	141	265
	160	82.3	16.94	13.93	138	160	297
200	81.3	16.88	13.72				

Malgré l'absorption accrue d'azote dans le traitement « cultures intermédiaires », la richesse saccharimétrique est plus importante .

Comme en 2001, forte différenciation des courbes de réponse. Le cumul de cultures intermédiaires a permis de réduire la quantité d'azote optimale, en améliorant la productivité.

Le cumul des cultures intermédiaires s'est traduit par une absorption accrue d'azote (quelque 30 à 50 unités).



Bilan entrées-sorties d'azote

Sur les 13 ans d'expérimentation, les quantités « entrées » correspondent à la somme des quantités d'engrais apportées.

Sur les 13 ans d'expérimentation, les quantités « sorties » correspondent à la somme des quantités exportées avec les récoltes. Les cultures intermédiaires et les résidus de récolte ont été enfouis.

Les bilans ci-contre intègrent ou non les exportations du pois, sachant que le pois n'a jamais été fertilisé en azote.

Il faudrait remplacer le non-apport d'azote du pois un équivalent 200 unités d'engrais (pour chaque pois) pour retrouver les ratios entrée/sortie obtenu avec les seules betteraves et blés.

Dans cette hypothèse de ratios équivalents, chaque pois correspond à un apport théorique de quelque 200 unités d'azote.

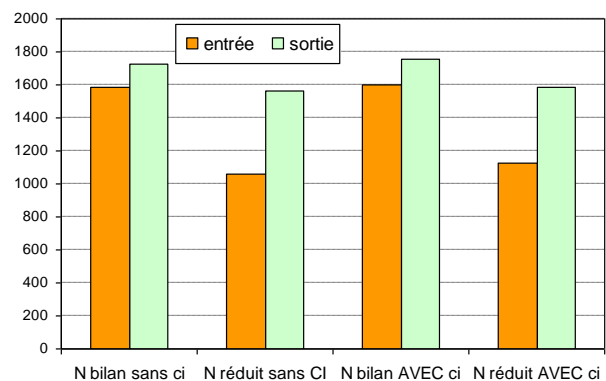
Kg N/ha en 13 ans **AVEC POIS**

	entrée	sortie
N bilan sans ci	1582	1723
N réduit sans CI	1062	1560
N bilan AVEC ci	1597	1753
N réduit AVEC ci	1127	1584

SANS POIS

	entrée	sortie
N bilan sans ci	1582	1059
N réduit sans CI	1062	894
N bilan AVEC ci	1597	1088
N réduit AVEC ci	1127	913

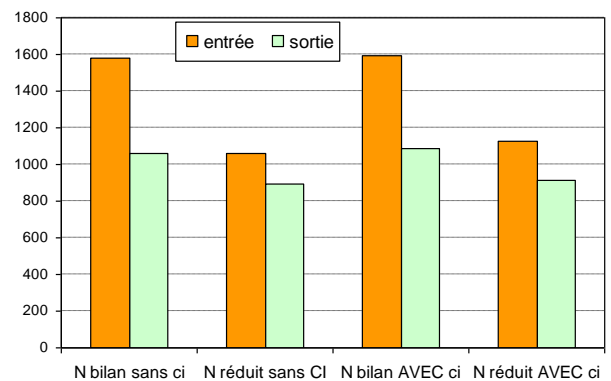
entrées et sorties d'azote en Kg N /ha en 13 ans **avec pois**



Le cumul de cultures intermédiaires n'a pas modifié ce bilan.

Le cumul de réduction de fertilisation améliore sensiblement ce bilan.

entrées et sorties d'azote en Kg N /ha en 13 ans **SANS pois**



Bilan entrées-sorties d'azote

Quantités d'engrais azotés apportées et exportations en Kg N /ha

n° traitement		1		3		5				
cipan		sans ci		sans ci		sans ci				
cumul azote		N bilan		N bilan		N bilan				
année récolte		engrais export		engrais export		engrais export				
protocole 1	1990	blé agri		blé agri		blé agri				
	interculture									
	1991	BETT.	160	102	POIS	0	170	ORGE hiv	170	108
	interculture									
	1992	POIS	0	149	BLE hiv	200	125	BETT.	160	101
	interculture									
	1993	BLE hiv	200	141	BETT.	140	114	POIS	0	126
	interculture									
	1994	BETT.	160	122	POIS	0	169	BLE hiv	210	136
	interculture									
	1995	POIS	0	219	BLE hiv	210	152	BETT.	135	98
	interculture									
	1996	BLE hiv	200	163	BETT.	150	84	POIS	0	95
	interculture									
	1997	BETT.	160	100	POIS	0	148	BLE hiv	210	125
	interculture									
1998	POIS	0	179	BLE hiv	200	148	BETT.	150	96	
interculture										
1999	BLE hiv	200	156.7	BETT.	150	120	POIS	0	150.3	
interculture										
2000	BETT.	160	86	POIS	0	163	BLE hiv	250	152	
interculture										
2001	POIS	0	150.1	BLE hiv	250	172.8	BETT.	160	81	
interculture										
2002	BLE hiv	230	142.5	BETT.	150	94	POIS	0	163	
interculture										
2003	BETT.	150	106	POIS	0	115	BLE hiv	230	148	
interculture										
AVEC POIS	total parcelle	1620	1816	1450	1775	1675	1579			
AVEC POIS	moyenne traitement			1582	1723	ratio	1.09			
SANS POIS	total parcelle	1620	1119	1450	1010	1675	1048			
SANSPOIS	moyenne traitement			1582	1059	ratio	0.67			

n° traitement		2		4		6			
cipan		sans ci		sans ci		sans ci			
cumul azote		N réduit		N réduit		N réduit			
année récolte		engrais export		engrais export		engrais export			
	blé agri	blé agri		blé agri		blé agri			
	interculture								
	BETT.	100	99	POIS	0	170	ORGE hiv	110	82
	interculture								
	POIS	0	146	BLE hiv	130	110	BETT.	100	100
	interculture								
	BLE hiv	130	113	BETT.	140	109	POIS	0	126
	interculture								
	BETT.	100	92	POIS	0	164	BLE hiv	135	103
	interculture								
	POIS	0	224	BLE hiv	135	118	BETT.	90	90
	interculture								
	BLE hiv	130	129	BETT.	100	76	POIS	0	96
	interculture								
	BETT.	100	83	POIS	0	145	BLE hiv	135	100
	interculture								
	POIS	0	173	BLE hiv	150	127	BETT.	100	86
	interculture								
	BLE hiv	135	113	BETT.	100	114	POIS	0	147.3
	interculture								
	BETT.	105	72	POIS	0	168	BLE hiv	160	123
	interculture								
	POIS	0	150.2	BLE hiv	160	130.7	BETT.	105	79
	interculture								
	BLE hiv	135	109.2	BETT.	100	78	POIS	0	172
	interculture								
	BETT.	150	96	POIS	0	116	BLE hiv	150	150
	interculture								
	1085	1599	1015	1626	1085	1454			
			1062	1560	ratio	1.47			
	1085	906.2	1015	862.7	1085	912			
			1062	893.6	ratio	0.84			

n° traitement		7		9		11				
cipan		AVEC CI		AVEC CI		AVEC CI				
cumul azote		N bilan		N bilan		N bilan				
année récolte		engrais export		engrais export		engrais export				
protocole 1	1990	blé agri		blé agri		blé agri				
	interculture	seigle								
	1991	BETT.	160	97	POIS	0	171	ORGE hiv	170	114
	interculture	blé		dactyle		radis				
	1992	POIS	0	148	BLE hiv	200	119	BETT.	160	101
	interculture	dactyle		radis		blé				
	1993	BLE hiv	200	122	BETT.	140	98	POIS	0	124
	interculture	radis		blé		dactyle				
	1994	BETT.	160	88	POIS	0	163	BLE hiv	210	129
	interculture	orge hiver		dactyle		radis				
	1995	POIS	0	226	BLE hiv	210	164	BETT.	135	100
	interculture	radis		radis		blé				
	1996	BLE hiv	200	155	BETT.	150	79	POIS	0	106
	interculture	radis		orge hiver		radis				
	1997	BETT.	160	93	POIS	0	151	BLE hiv	135	141
	interculture	orge hiver		radis		radis				
1998	POIS	0	172	BLE hiv	200	168	BETT.	150	101	
interculture	radis		radis		blé					
1999	BLE hiv	200	174	BETT.	150	137	POIS	0	160	
interculture	radis		blé		radis					
2000	BETT.	160	93	POIS	0	161	BLE hiv	250	161	
interculture	orge hiver		radis		radis					
2001	POIS	0	149	BLE hiv	250	198	BETT.	160	96	
interculture	radis		radis		blé					
2002	BLE hiv	230	165	BETT.	150	103	POIS	0	162	
interculture	radis		blé		radis					
2003	BETT.	150	101	POIS	0	102	BLE hiv	230	166	
interculture	radis		radis							
AVEC POIS	total parcelle	1620	1783	1510	1814	1660	1661			
AVEC POIS	moyenne traitement			1597	1753	ratio	1.10			
SANS POIS	total parcelle	1620	1088	1510	1066	1660	1109			
SANSPOIS	moyenne traitement			1597	1088	ratio	0.68			

n° traitement		8		10		12			
cipan		AVEC CI		AVEC CI		AVEC CI			
cumul azote		N réduit		N réduit		N réduit			
année récolte		engrais export		engrais export		engrais export			
	blé agri	blé agri		blé agri		blé agri			
	interculture	seigle							
	BETT.	100	90	POIS	0	171	ORGE hiv	110	80
	interculture	blé		dactyle		radis			
	POIS	0	152	BLE hiv	130	90	BETT.	100	93
	interculture	dactyle		radis		blé			
	BLE hiv	130	94	BETT.	140	98	POIS	0	133
	interculture	radis		blé		dactyle			
	BETT.	100	78	POIS	0	162	BLE hiv	210	98
	interculture	orge hiver		dactyle		radis			
	POIS	0	225	BLE hiv	135	123	BETT.	90	95
	interculture	radis		radis		blé			
	BLE hiv	130	119	BETT.	100	64	POIS	0	103
	interculture	radis		orge hiver		radis			
	BETT.	100	93	POIS	0	162	BLE hiv	135	111
	interculture	orge hiver		radis		radis			
	POIS	0	175	BLE hiv	150	134	BETT.	100	95
	interculture	radis		radis		blé			
	BLE hiv	135	128	BETT.	100	114	POIS	0	162
	interculture	radis		blé		radis			
	BETT.	105	88	POIS	0	157	BLE hiv	160	127
	interculture	orge hiver		radis		radis			
	POIS	0	153	BLE hiv	160	154	BETT.	105	88
	interculture	radis		radis		blé			
	BLE hiv	135	134	BETT.	100	99	POIS	0	154
	interculture	radis		blé		radis			
	BETT.	150	92	POIS	0	104	BLE hiv	150	159
	interculture	radis		radis					
	1085	1621	1075	1632	1220	1498			
			1127	1584	ratio	1.406			
	1085	916	1075	876	1220	946			
			1127	912.7	ratio	0.81			

Etude complémentaire 1

L'ESITPA de Rouen, le laboratoire BIOSOL, l'INRA en partenariat avec l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, ont voulu comprendre l'origine éventuelle des différences de rendement liées au cumul des cultures intermédiaires sur le site de Thibie.

L'objectif était d'identifier les modifications de **l'activité biologique des sols** au travers de la qualité de la matière organique.

L'analyse de la biodiversité microbienne a été effectuée grâce à l'étude des empreintes génétiques et de l'activité biologique **des communautés bactériennes et des champignons du sol**

Les prélèvements de sols – avec et sans cumul de cultures intermédiaires – ont été effectués en Avril 2003 sur sol nu et en Juillet 2004 sur sol en végétation.

Principaux résultats.

1- Impact des cultures intermédiaires sur la **biomasse microbienne** du sol :

« D'un point de vue quantitatif, les biomasses microbiennes totales sont identiques »

Avec et sans cultures intermédiaires: 1,5 million de bactéries par g de sol sec (avec) contre 1,7 million.

Avec et sans cultures intermédiaires : 11,5 et 11 micro grammes d'ADN par g de sol sec.

2- Impact des cultures intermédiaires sur la **diversité génétique bactérienne et fongique** des sols :

- Diversité fongique – (Empreintes génétiques par utilisation de 2 enzymes) : *« Pas de différences avec ou sans cultures intermédiaires »*.
- Diversité bactérienne (approche génétique par l'enzyme t-RFLP) : *« les 2 types de sols se séparent avec le prélèvement d'Avril, mais pas avec les prélèvements de Juillet. Mais difficulté de conclure vu les limites inhérentes à l'amplification génétique à paramètres variables »*

3- Impact des cultures intermédiaires sur la **diversité fonctionnelle potentielle bactérienne** des sols :

« Il semblerait que la structure des bactéries cultivables soit modifiée par l'implantation des cultures intermédiaires ».

Cette diversité fonctionnelle est évaluée en comparant les profils métaboliques. Les quantités de bactéries ensemencées ont été identiques. Seules des différences de populations (ou richesses différentes) peuvent expliquer les écarts avec ou sans cultures intermédiaires. La diversité fonctionnelle bactérienne est plus importante pour les sols avec cultures intermédiaires.

Pour en savoir plus :

ESITPA Rouen et BIOSOL 16 rue du Nord – 76000 ROUEN

Stage d'initiation à la Recherche : Samuel SARCIAUX

Maîtres de stage : Mme Karine LAVAL et Mme Isabelle GATTIN

« Effet des cultures intermédiaires pièges à nitrates sur la diversité microbiennes des sols de Champagne crayeuse ».2004

Etude complémentaire 2

Thèse soutenue par Julie CONSTANTIN, 1 Février 2010, Agro Paris Tech
Quantification et modélisation du bilan d'azote à long terme.

INRA, ARVALIS, AGRO PARIS TECH, AGENCE EAU SEINE NORMANDIE, Région PICARDIE, ABIES

extrait du résumé :

« Les cultures intermédiaires permettent de stocker du carbone et de l'azote organique, durablement, dans les sols agricoles si elles ne sont pas abandonnées ... »

Principale conclusion 1 :

Stockage du Carbone

Les mesures de stockage de CARBONE sont réalisées sur 3 essais de longue durée (Thibie, Kerlavic et Boigneville).

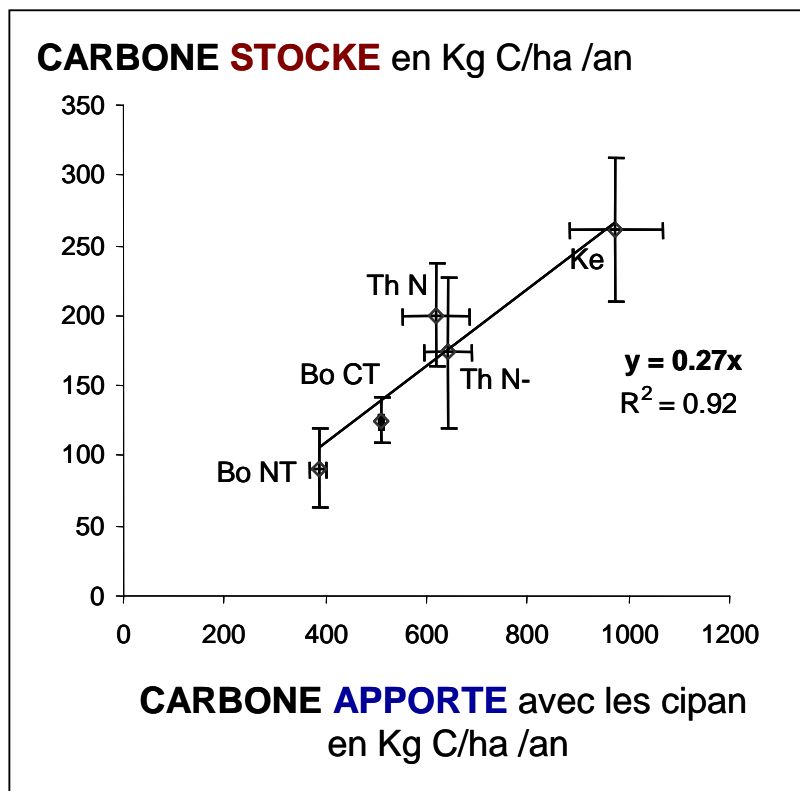
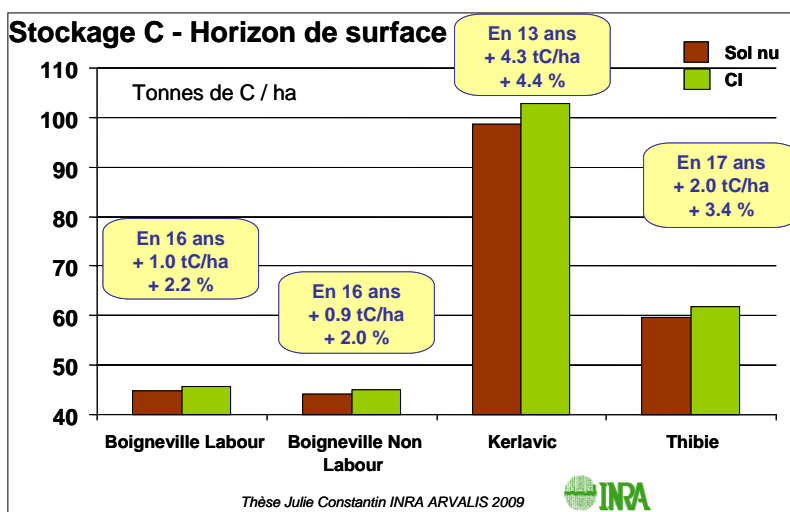
Le premier graphique ci-contre indique les tonnages de Carbone stockés sur chaque site ou traitement.

Il indique aussi l'augmentation avec cumul de cultures intermédiaires. En 17 ans de cumul, les cultures intermédiaires ont apporté 2 tonnes supplémentaires de Carbone (matière organique).

Le carbone stocké est proportionnel au carbone enfoui avec les cultures intermédiaires. La part stockée est identique pour tous les sites (la pente de la droite de régression du graphique ci-contre).

Le coefficient de restitution ($y=0,27x$) est intégré dans les modèles de suivi des teneurs en matière organique des sols.

Ce taux apparent d'humification (27%) est nettement puis élevé que celui habituellement retenu pour les pailles de céréales (entre 10 et 20 et souvent 15% du carbone apporté).



Principale conclusion 2 :

Minéralisation de l'azote

Les quantités d'azote stocké ou minéralisé sont quasiment identiques aux quantités d'azote apporté avec les cultures intermédiaires.

Les graphiques ci-contre précisent les cinétiques de minéralisation de l'azote.

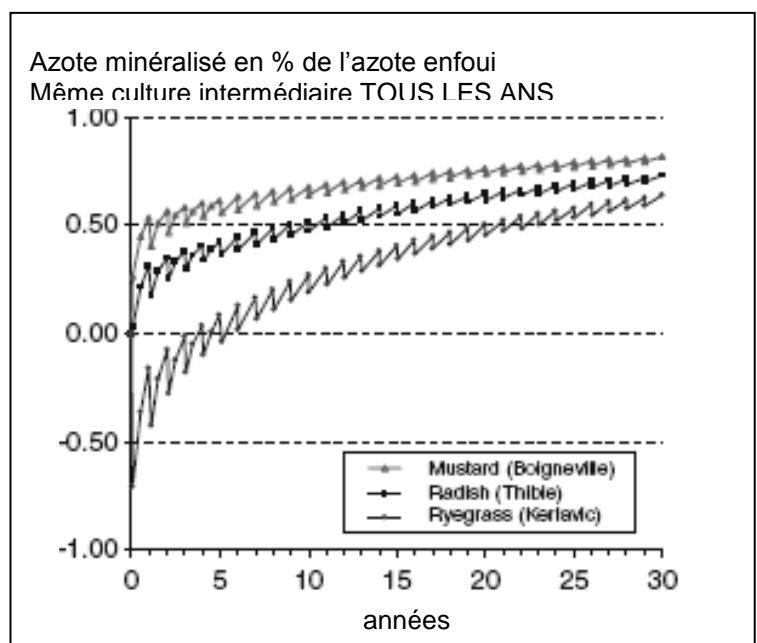
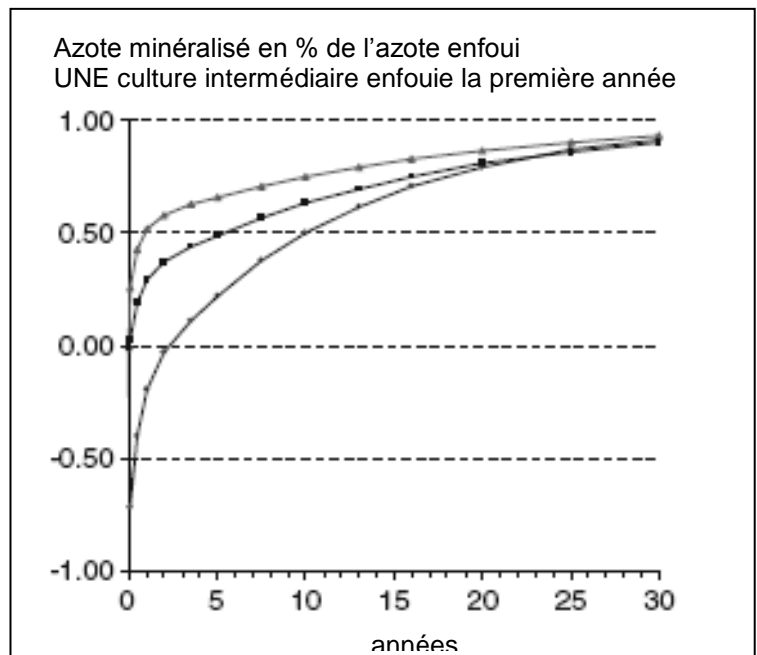
Ces cinétiques proviennent de SIMULATIONS construites par l'INRA à partir des résultats acquis sur les sites d'essais.

Le graphique du haut indique les cinétiques de minéralisation CUMULEES D'UN ENFOUISSEMENT UNIQUE de moutarde à Boigneville, de radis à Thibie et de ray-grass à Kerlavic. Ces cinétiques dépendent du rapport C/N de chacune de ces cultures intermédiaires.

Le ray-grass mobilise d'abord de l'azote du sol. Le radis et la moutarde libère de l'azote dès la première année. Au bout de 20 ans, la totalité de l'azote est quasiment minéralisé (84 à 89% de l'azote enfoui avec la culture intermédiaire).

Le graphique du bas indique les cinétiques de minéralisation des mêmes cultures intermédiaires sur les mêmes sites, MAIS AVEC DES APPORTS REPETES chaque année de ces cultures.

Au bout de 20 ans, les quantités cumulées d'azote minéralisé correspondent à 48% (courbe inférieure, ray-grass à Kerlavic) ou à 74 % (courbe supérieure, moutarde à Boigneville) du total de l'azote enfoui avec les cultures intermédiaires.



LESSIVAGE DES NITRATES

cultures intermédiaires suite

VINASSES

de distillerie de betterave

LABOUR et NON LABOUR

Essai longue durée AREP

site de THIBIE (Marne)

couplé avec le site INRA de Fagnières

2 ème phase :

Résultats acquis entre 2004 et 2008

SOMMAIRE

	pages
I' AREP	3
Dispositif	4
Protocole d'étude	5
composition de la vinasse	6
doses d'azote épandues par traitement	6
principales mesures et observations	7
Les profils profonds d'azote minéral du sol	8
Les cinétiques de minéralisation de la vinasse	9
Le radis en culture intermédiaire	10
matière sèche et azote absorbé	10
Les rendements et qualité des cultures principales	11
BLE résultats pluriannuels	12
courbes de réponse aux doses d'engrais en 2008	15
ORGE résultats pluriannuels	16
courbes de réponse aux doses d'engrais en 2008	18
BETTERAVE résultats pluriannuels	19
Les fournitures d'azote par le sol	22
Bilan entrées et sorties d'azote	23
Suivi de l'azote minéral du sol	25
reliquats azotés après récolte, à destruction cipan et en sortie hiver	
comparaison avec et sans culture intermédiaire	26
comparaison avec et sans VINASSE	27
comparaison labour - NON LABOUR	28
Le lessivage des nitrates	29
quantités d'eau drainées et périodes de drainage	29
concentrations en nitrates de l'eau issue des bougies	30

L' AREP

Association Régionale pour l'Etude des Productions céréalières et betteravières en Champagne crayeuse

L'association, sous la Présidence de M. Jean COLLARD, regroupe les principales organisations professionnelles, les organismes économiques des départements des Ardennes, de la Marne et de l'Aube et des Instituts :

Chambre d'Agriculture de la Marne
Chambre d'Agriculture de l'Aube
FDSEA de l'Aube
Fédération des coopératives céréalières de la Marne
Coopérative Agricole de Juniville
Champagne Céréales
Cristal Union
Téréos
Institut Technique de la Betterave
ARVALIS Institut du végétal

parcellaire

M. Daniel COLLARD à Thibie

Maîtrise d'oeuvre

ARVALIS Institut du Végétal
Equipe régionale Champagne-Ardenne
et plus particulièrement G. AUBRION

Partenariat

Agence de l'Eau Seine-Normandie
Conseil Régional de Champagne Ardenne
Conseil Général de la Marne

Appui scientifique

INRA Stations de Laon-Reims

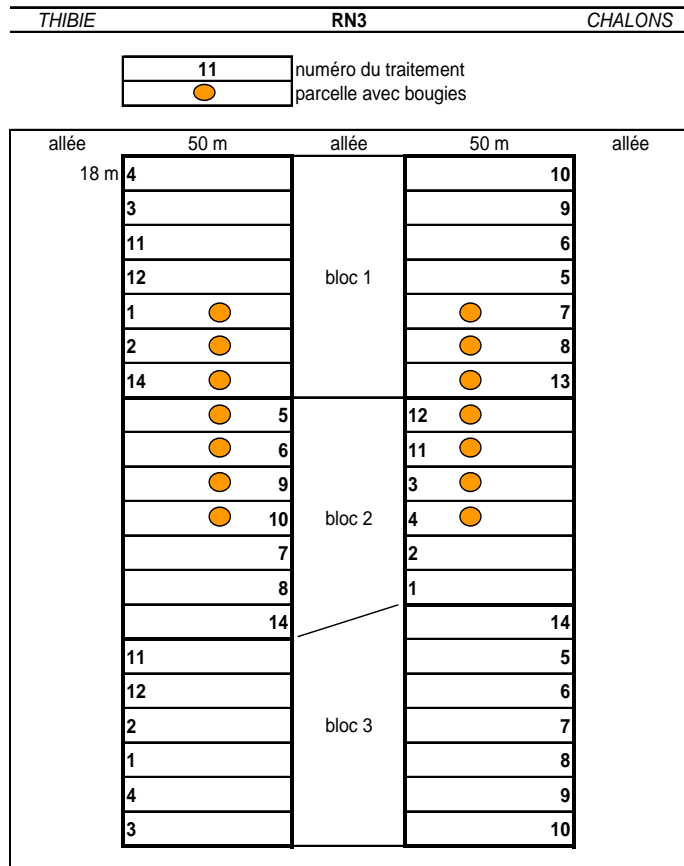
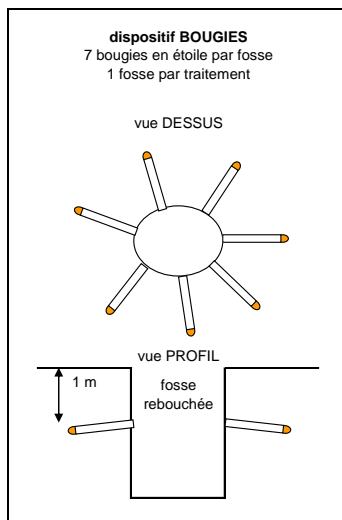
dispositif

site de Thibie

Parcelles élémentaires de 18 m x 50 m pour conduite culturale avec du matériel agricole.

3 répétitions pour les traitements 1 à 12 et 14
1 répétition pour le traitement 13.

Bougies poreuses installées vers 1 mètre de profondeur sur une seule répétition.
7 bougies en « étoile » par parcelle élémentaire.
Récupération d'eau par mise en dépression et aspiration.



site INRA de Fagnières

5 km du site de Thibie

Station météorologique

6 cases lysimétriques, sol proche de celui de Thibie
Récupération d'eau par drainage vertical, à 2 m de profondeur

Protocole d'étude phase 2

Nouveaux objectifs :

Fin 2003, le protocole étudié en phase 1 de 1991 à 2003 a été réorienté selon les nouveaux objectifs proposés par l'AREP :

- Introduction de l'**ORGE DE PRINTEMPS** dans la rotation
- Introduction de la **VINASSE DE DISTILLERIE** de betterave comme effluent résiduaire.
- Introduction du **NON LABOUR**

Le site de Thibie a été maintenu comme support de cette nouvelle étude.

Les nouveaux traitements de l'étude suivent les traitements antérieurs selon le choix suivant :

	phase 1 de 1991 à 2003	phase2 de 2004 à 2008
rotation	Betterave - Pois - Blé	Betterave - Blé - ORGE de printemps
traitements		
1-3-5	N bilan sans ci - labour	N bilan sans ci - labour maintien
2-4-6	Nréduit sans ci - labour	N BILAN avec VINASSES + CI - labour
7-9-11	N bilan avec ci - labour	N bilan avec ci - labour maintien
8-10-12	N réduit avec ci - labour	N BILAN avec ci - NON LABOUR

La comparaison AVEC et SANS cultures intermédiaires a été maintenue.

La réduction de fertilisation azotée a été abandonnée, et remplacée soit par le NON LABOUR, soit par l'ensemble VINASSES + Culture Intermédiaire (CI).

Tous les traitements sont maintenant conduits en fertilisation azotée basée sur le BILAN.

	cipan	phase 1 de 1991 à 2003						phase2 de 2004 à 2008							
		sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI		
	dose azote	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit		
	année récolte														
protocole 1	1990	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri		
	interculture														
	1991	BETT.	BETT.	POIS	POIS	ORGE hiv	ORGE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	ORGE hiv	ORGE hiv		
	interculture														
	1992	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.		
	interculture														
	1993	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS		
	interculture														
	1994	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv		
	interculture														
	1995	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.		
	interculture														
	1996	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS		
	interculture														
	1997	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv		
	interculture														
	1998	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.		
	interculture														
1999	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS			
interculture															
2000	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv			
interculture															
2001	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.			
interculture															
2002	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS			
interculture															
2003	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv	BETT.	BETT.	POIS	POIS	BLE hiv	BLE hiv			
interculture															
protocole 2		LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	NON LAB.	LABOUR	NON LAB.	LABOUR	NON LAB.		
		N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan		
		sans ci	AVEC CI	sans ci	AVEC CI	sans ci	AVEC CI	sans ci	AVEC CI	sans v.	sans v.	vinasses	sans v.		
		sans v.	vinasses	sans v.	vinasses	sans v.	vinasses	sans v.	vinasses	sans v.	sans v.	vinasses	sans v.		
		<i>fin 2003</i>			<i>ni CI ni VIN= erreur</i>			<i>vinasses mais pas CI</i>				<i>radis</i>	<i>radis</i>	<i>radis</i>	<i>radis</i>
	2004	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.		
	interculture		<i>radis vinasses</i>		<i>radis vinasses</i>										
	2005	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv		
	interculture		<i>radis vinasses</i>									<i>radis</i>	<i>radis</i>		
	2006	BETT.	BETT.	blé	blé	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	blé	blé	ORGE p	ORGE p		
	interculture														
	2007	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.		
interculture		<i>radis vinasses</i>		<i>radis vinasses</i>											
2008	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv	ORGE p	ORGE p	BETT.	BETT.	BLE hiv	BLE hiv			
interculture															

Composition type de la vinasse

et doses totales d'azote (vinasse+engrais) épandues en unités par ha

Chaque apport de vinasses a été analysé pour connaître les quantités d'azote épandues dans l'essai.

Par exemple, le tableau ci-contre indique une composition de la vinasse issue de la distillerie betteravière d'Arcis sur Aube pour 3 campagnes.

Les apports régionaux classiques sont de quelque 4 tonnes de vinasse brute à l'hectare. Ce qui correspond à **environ 70-80 unités d'azote total**.

Les apports retenus dans cette expérimentation sont des **apports de sortie récolte, avant implantation de la culture intermédiaire**.

vinasse élément	teneurs sur brut			unité
	2004	2005	2006	
Mat. Sèche	556	574	520	Kg/t
Carbone	193	188	149	Kg/t
Azote N NH4	0,79	0,38	0,7	Kg/t
C/N	6,8	8,54	10,1	
MO	387	377	334	Kg/t
N total	28,4	24	14,7	Kg/t
P2O5	3,1	5,9	2,6	Kg/t
K2O	67,9	62	47,5	Kg/t
S	10,1	7,3	11	Kg/t
NaO	12,0	12	15	Kg/t

Les doses totales d'azote (engrais et vinasse) épandues pour chaque culture, chaque traitement, chaque année, sont indiquées dans le tableau qui suit.

Les doses d'engrais apportées sont toutes calculées – par traitement - à partir des reliquats d'azote minéral du sol mesurés en sortie hiver et ajustées avec la méthode du bilan additionnel.

n° traitement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cipan	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	sans ci	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI	AVEC CI
cumul azote	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit	N bilan	N réduit
année récolte	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N
1990	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri	blé agri
interculture												
1991	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	ORGE hiv 170	ORGE hiv 110	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	ORGE hiv 170	ORGE hiv 110
interculture												
1992	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 160	BETT. 100
interculture												
1993	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 140	BETT. 140	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 140	BETT. 140	POIS 0	POIS 0
interculture												
1994	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135
interculture												
1995	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135	BETT. 135	BETT. 90	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135	BETT. 135	BETT. 90
interculture												
1996	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 130	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0
interculture												
1997	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135	BETT. 160	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 210	BLE hiv 135
interculture												
1998	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 150	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 150	BETT. 150	BETT. 100
interculture												
1999	BLE hiv 200	BLE hiv 135	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 200	BLE hiv 135	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0
interculture												
2000	BETT. 160	BETT. 105	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 250	BLE hiv 160	BETT. 160	BETT. 105	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 250	BLE hiv 160
interculture												
2001	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 250	BLE hiv 160	BETT. 160	BETT. 105	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 250	BLE hiv 160	BETT. 160	BETT. 105
interculture												
2002	BLE hiv 230	BLE hiv 135	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 230	BLE hiv 135	BETT. 150	BETT. 100	POIS 0	POIS 0
interculture												
2003	BETT. 150	BETT. 150	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 230	BLE hiv 150	BETT. 150	BETT. 150	POIS 0	POIS 0	BLE hiv 230	BLE hiv 150
interculture												
	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	LABOUR	NON LAB.	LABOUR	NON LAB.	LABOUR	NON LAB.
	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan	N bilan
	sans ci	AVEC CI	sans ci	AVEC CI	sans ci	AVEC CI	sans v.	AVEC CI	sans v.	AVEC CI	sans v.	AVEC CI
		vinasses		vinasses		vinasses		vinasses		vinasses		vinasses
	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N	engrais N
2003												
2004	BLE hiv 220	BLE hiv 220	ORGE p 140	ORGE p 140	BETT. 150	BETT. 90	BLE hiv 220	BLE hiv 220	ORGE p 140	ORGE p 140	BETT. 150	BETT. 90
interculture												
2005	ORGE p 155	ORGE p 155	BETT. 130	BETT. 110	BLE hiv 220	BLE hiv 220	ORGE p 155	ORGE p 155	BETT. 170	BETT. 170	BLE hiv 220	BLE hiv 220
interculture												
2006	BETT. 115	BETT. 145	BLE hiv 220	BLE hiv 220	ORGE p 120	ORGE p 140	BETT. 115	BETT. 145	BLE hiv 220	BLE hiv 220	ORGE p 120	ORGE p 140
interculture												
2007	BLE hiv 210	BLE hiv 210	ORGE p 145	ORGE p 110	BETT. 140	BETT. 140	BLE hiv 210	BLE hiv 210	ORGE p 145	ORGE p 110	BETT. 140	BETT. 140
interculture												
2008	ORGE p 160	ORGE p 160	BETT. 110	BETT. 70	BLE hiv 215	BLE hiv 215	ORGE p 160	ORGE p 160	BETT. 120	BETT. 150	BLE hiv 215	BLE hiv 215
interculture												

Principales mesures et observations

Sur sol de craie (3 sites)

Cinétiques de minéralisation de la vinasse de distillerie

Sur le site de THIBIE

Cultures principales

Rendements aux normes,
qualité protéique ou saccharimétrique
exportations d'azote,
azote absorbé par la plante entière

Cultures intermédiaires

Production de matière sèche à date de destruction
Teneur en azote
Azote absorbé par la plante

Azote minéral du sol

Sur profil de 0 à 110 cm
Azote ammoniacal et nitrique du sol

A 4 dates type :

Après récolte de la culture principale,
A date de destruction de la culture intermédiaire,
A date de début drainage,
En sortie d'hiver

Profils d'azote minéral profonds

A intervalle régulier (fin en 2008)
Mesure de l'azote minéral et de la concentration en nitrate de l'eau du sol
Par horizon de 25 cm
Sur une profondeur 6 mètres

Concentration en nitrate de l'eau

Sur l'eau sortie des bougies poreuses
A chaque récupération d'eau

Sur le site INRA de FAGNIERES

Données météorologiques

Pluie, températures, ...

Drainage de l'eau

Périodes et quantités
Sous les cases lysimétriques
Avec les mêmes cultures principales ou intermédiaires
et les mêmes fertilisations azotées minérales
que celles des traitements retenus sur le site de Thibie

Les profils profonds

Mesures et suivi de l'azote minéral du sol et des concentrations en nitrates de l'eau du sol

Profils 2008

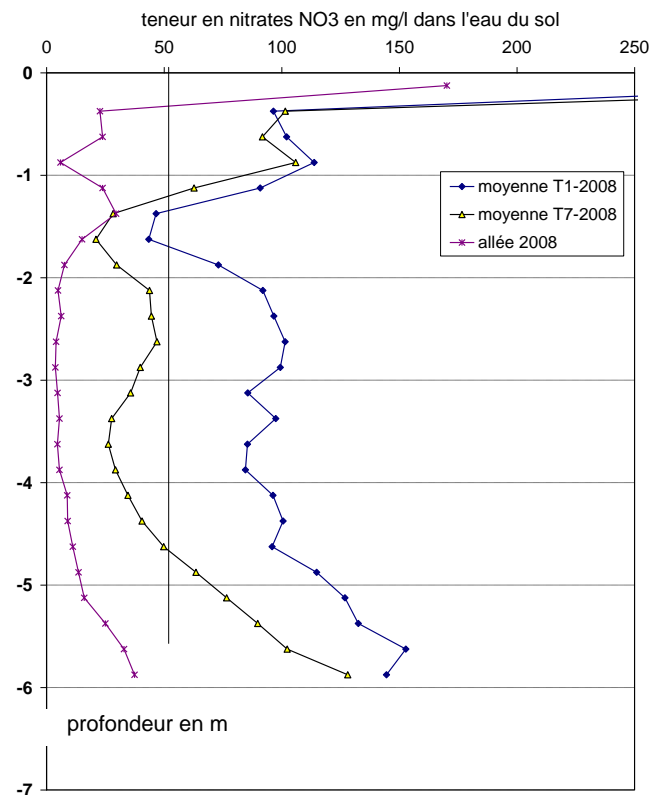
Ces mesures de l'azote minéral du sol complètent et terminent la série de mesures effectuées régulièrement durant la phase 1 de l'essai.

Vu le changement de protocole, **les seuls traitements 1 et 7 (avec et sans cultures intermédiaires cumulées) ont été analysés en 2008.**

Le graphique ci-contre indique les concentrations moyennes (à partir de 3 profils) en nitrates de l'eau en mg/l mesurées par horizon de 25 centimètres, depuis la surface jusqu'à 6 mètres de profondeur.

On retrouve l'information décrite dans le rapport d'essai « phase 1 » : fort effet du cumul des cultures intermédiaires (traitement 7 mis en regard des concentrations mesurées sous le traitement 1 ou sous les allées enherbées.

L'effet des conduites culturales différenciées depuis 1991 se traduit maintenant vers 6 m de profondeur.



Profils sous allées

L'évolution des profils des concentrations en nitrates de l'eau réalisés sous les allées enherbées et non fertilisées, permet **de mesurer la vitesse de descente des fronts d'azote en profondeur.**

En 1996, le profil est appauvri en nitrates jusqu'à 2,5 mètres.

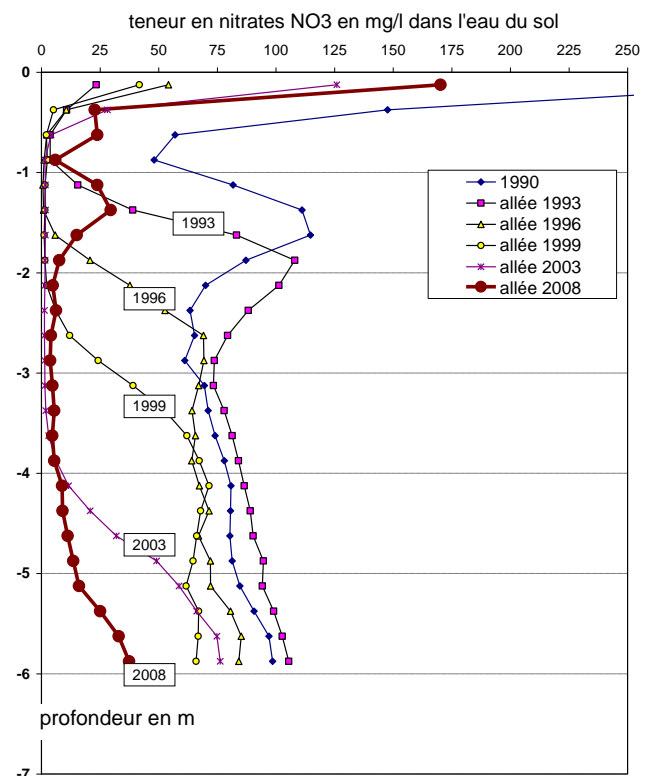
En 1999, cette profondeur atteint presque 4 mètres.

En 2003 : 5,5 mètres.

En 2008, plus de 6 mètres.

Cette évolution indique la vitesse des effets des traitements culturaux de surface.

La vitesse des effets est de l'ordre de 40-45 centimètres par an, ce qui corrobore toutes les publications antérieures faisant état de cette vitesse de migration verticale des fronts d'azote en sols de craie.



Si la nappe est à 10 mètres de profondeur, il faudra attendre quelque 20 ans pour modifier ses concentrations en nitrates en modifiant les pratiques de surface.

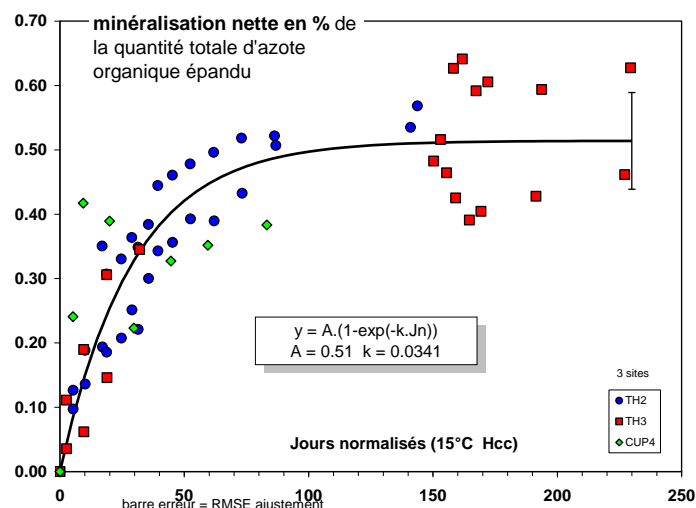
Les cinétiques de minéralisation de la vinasse

concentrée de distillerie d'Arcis sur Aube

Les cinétiques de minéralisation des vinasses ont été étudiées sur 3 sites (sols de craie) en complément de l'essai de Thibie.

Le graphique ci-contre reprend les cinétiques obtenues chaque année. L'azote minéralisé en pourcents de l'azote total apporté est mis en relation des jours normalisés (station météorologique de Fagnières près de Chalons en Champagne)

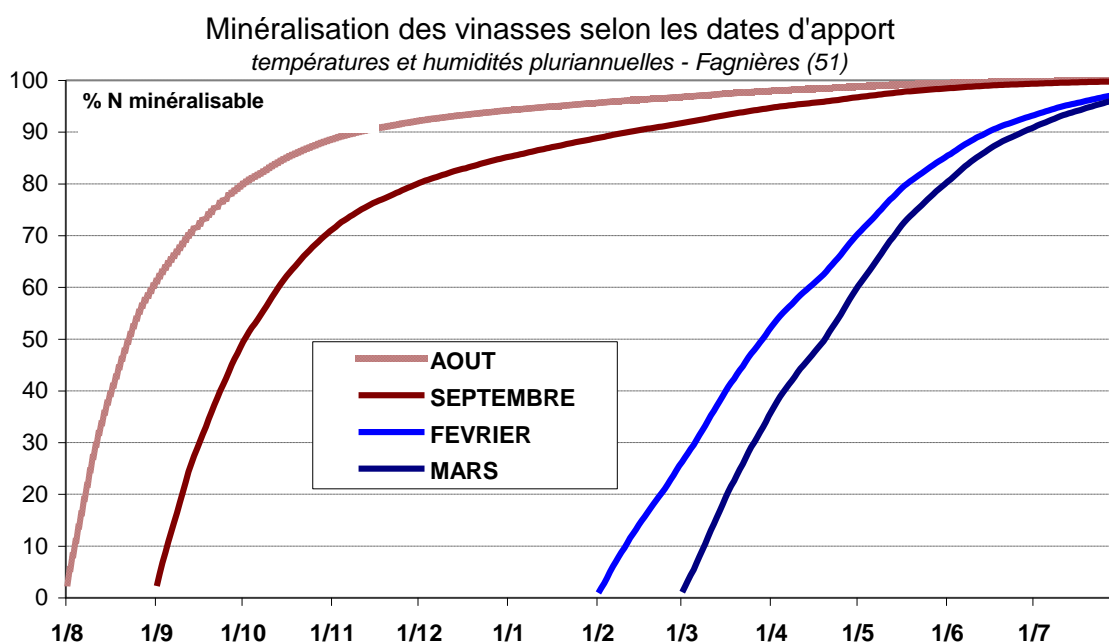
Cette étude montre que l'azote minéralisé correspond à 50 % de l'azote total apporté.



La minéralisation de l'azote organique de la vinasse est assez rapide.

Dans la simulation ci-dessous, les jours normalisés sont traduits en calendrier probable à Chalons en Champagne.

Elle montre – pour un épandage de Aout à Septembre - que 80 à 90 % de la minéralisation des vinasses est réalisée vers le 15 Novembre (date repère de destruction des cultures intermédiaires). C'est cette pratique qui a été retenue sur le site expérimental de Thibie.



Le radis en culture intermédiaire

Matière sèche produite, azote absorbé

Le radis est la seule espèce retenue comme culture intermédiaire. Il est implanté entre blé et orge et entre orge et betterave. Le blé est semé juste après l'arrachage des betteraves.

Les vinasses sont épandues sur chaumes, puis enfouies par déchaumage avant implantation du radis.

BETTERAVE
pas de ci
BLE
 radis avec ou sans vinasse
ORGE
 radis avec ou sans vinasse
BETTERAVE
etc ...

Le tableau ci-après indique les dates d'apport de vinasse, la durée de vie du radis (*la même pour les 2 types d'interculture*), les quantités de matière sèche produites et les quantités d'azote absorbées par le radis :

RADIS interculture blé-orge

	date récolte culture	épandage vinasse	KgN total /ha vinasse	date semis radis	date destruction radis
2004	29/7/04	9/8/04	92	14/8/04	11/12/04
2005	26/7/05	24/8/05	72	25/8/05	13/12/05
2006	21/7/06	8/8/06	45	17/8/06	27/12/06
2007	26/7/07	9/8/07	53	29/8/07	4/12/07

LABOUR sans vinasse	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
1.528	38.1
2.937	62.9
2.722	77
1.5115	47.5

Labour avec VINASSE	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
1.462	38.3
3.269	69.1
2.895	93.2
2.049	63.1

NON LABOUR sans vin.	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
1.231	30.8
2.638	52
3.267	90.2
1.468	50.5

RADIS interculture orge-betterave

	date récolte culture	épandage vinasse	KgN total /ha vinasse	date semis radis	date destruction radis
2004	29/7/04	9/8/04	92	14/8/04	11/12/04
2005	26/7/05	24/8/05	72	25/8/05	13/12/05
2006	21/7/06	8/8/06	45	17/8/06	27/12/06
2007	26/7/07	9/8/07	53	29/8/07	4/12/07

LABOUR sans vinasse	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
1.4362	29.1
2.574	48.5
1.954	51.3
0.686	24.4

Labour avec VINASSE	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
2.543	71.7
3.245	70.2
2.373	62.7
1.192	41.1

NON LABOUR sans vinasse	
MS t/ha	Nabsorbé KgN/ha
1.587	34.4
1.884	35.2
1.521	37.2
0.989	29.8

moyennes

1.92	47
-------------	-----------

2.38	64
-------------	-----------

1.82	45
-------------	-----------

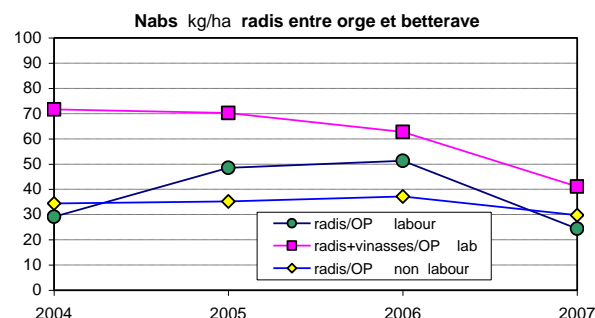
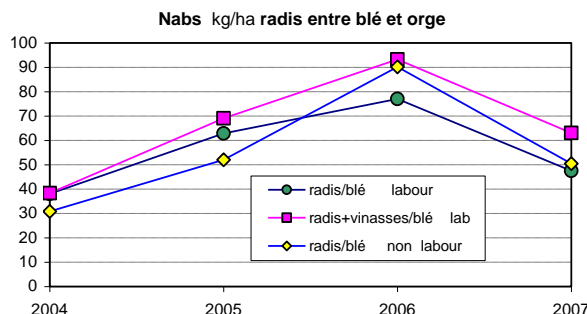
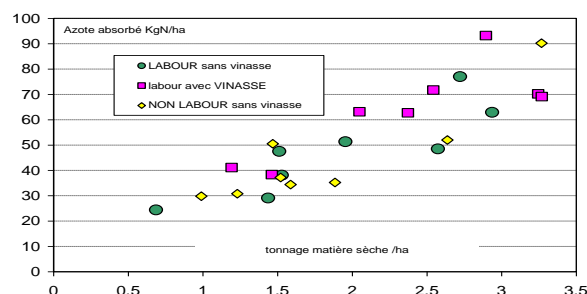
Les quantités d'azote absorbées par le radis sont globalement proportionnelles aux quantités de matière sèche produites.

Effet année important, surtout pour l'interculture blé-orge.

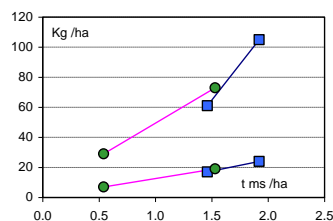
Les différences de croissance selon les traitements de l'essai sont visualisées dans les graphiques ci-contre.

L'apport de vinasse n'a pas toujours favorisé la croissance du radis (*augmentation moyenne de 0,4 à 0,5 t/ha et de 15-20 unités d'azote absorbé*), sauf entre orge et betterave, surtout en 2004 et en 2005.

Pas à peu de différence entre labour et non labour.



Radis 2005 : absorption de potassium et de phosphore en unités par ha. La vinasse apporte aussi de la potasse. Absorption proportionnelle à la masse produite mais pas de consommation de luxe.



**Effet sur le rendement
et la qualité
des cultures principales**

Résultats obtenus sur blé

Fertilisation azotée minérale

Rendements

Protéines

Azote absorbé

Blé Thibie : complément phase 1 (1991 à 2003 puis 2004 à 2008)

Voir rapport spécifique PHASE 1.

Le blé est encore cultivé dans la phase 2 de l'essai longue durée de Thibie.

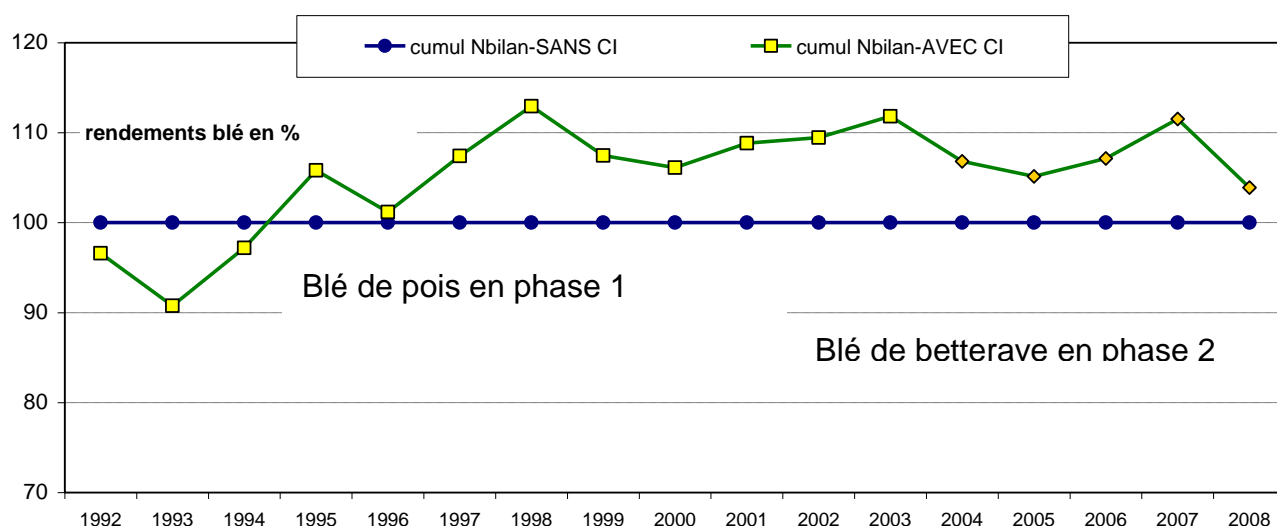
Mais dans cette phase 2, il suit une betterave dans la rotation Betterave - Blé - Orge de printemps , et cette interculture ne laisse plus de temps pour implanter une culture intermédiaire.

Par contre la comparaison avec et sans culture intermédiaire se poursuit et se cumule à la comparaison de la phase 1 de l'essai.

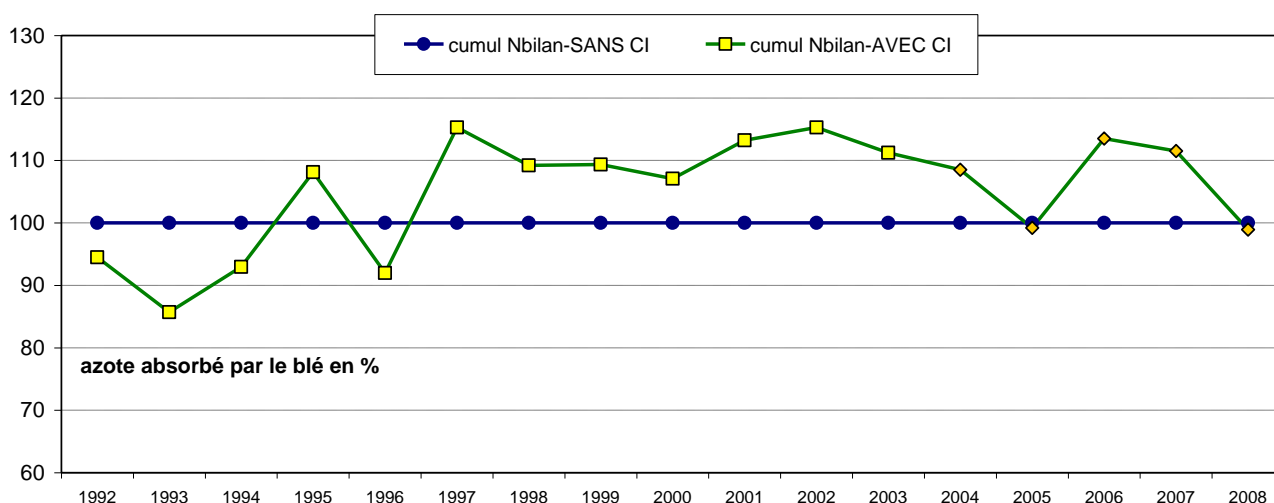
Betterave – Blé – Orge ou Betterave – Blé – *radis* – Orge – *radis* – Betterave ...

Les graphiques ci-après prolongent l'information commentée dans le rapport de la phase 1 de l'essai.

Evolution des rendements en % du traitement de référence



Evolution de l'azote absorbé à maturité en % du traitement de référence



Blé Thibie résultats phase 1 et 2

Résultats BLE d'hiver selon historiques cultureux et traitements.

THIBIE- FERTILISATION azotée minérale des BLES en doses N totales /ha

		rotation BETTERAVE - POIS - BLE											rotation BETTERAVE - BLE - OP						
traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1	cumul Nbilan-SANS CI		200			200			200			230		Nbilan-SANS CI-Labour	220			210	
2	cumul Nrédut-SANS CI		130			130			135			150		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	200			210	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		200			200			200			230		Nbilan-AVEC CI-Labour	220			210	
8	cumul Nrédut-AVEC CI		130			130			135			150		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	220			210	
3	cumul Nbilan-SANS CI	200			210			200			250			Nbilan-SANS CI-Labour			220		
4	cumul Nrédut-SANS CI	130			135			150			160			Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour			200		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	200			210			200			250			Nbilan-AVEC CI-Labour			220		
10	cumul Nrédut-AVEC CI	130			135			150			160			Nbilan-AVEC CI - SANS Labour			220		
5	cumul Nbilan-SANS CI		210			210			250			230		Nbilan-SANS CI-Labour		220			200
6	cumul Nrédut-SANS CI		135			135			160			150		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		200			200
11	cumul Nbilan-AVEC CI		210			210			250			230		Nbilan-AVEC CI-Labour		220			200
12	cumul Nrédut-AVEC CI		135			135			160			150		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		220			200

THIBIE- RENDEMENTS du BLE en q/ha 15%

		rotation BETTERAVE - POIS - BLE											rotation BETTERAVE - BLE - OP						
traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1	cumul Nbilan-SANS CI		83.2			95.3			95.2			92.5		Nbilan-SANS CI-Labour	91.9			78.5	
2	cumul Nrédut-SANS CI		74.1			85.8			79.9			79.7		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	87.9			88.1	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		75.5			96.5			103.8			101.2		Nbilan-AVEC CI-Labour	98.1			87.6	
8	cumul Nrédut-AVEC CI		66.6			85.4			90.8			91.7		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	100.3			82.3	
3	cumul Nbilan-SANS CI	77.7			86.3			92.5			96.1			Nbilan-SANS CI-Labour			70.3		
4	cumul Nrédut-SANS CI	72.9			74.0			84.4			84.3			Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour			74.2		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	75.1			91.3			104.5			104.6			Nbilan-AVEC CI-Labour			75.3		
10	cumul Nrédut-AVEC CI	64.6			78.3			91.7			94.1			Nbilan-AVEC CI - SANS Labour			71.0		
5	cumul Nbilan-SANS CI		90.1			81.5			89.6			80.1		Nbilan-SANS CI-Labour		82.1			74.3
6	cumul Nrédut-SANS CI		76.3			70.7			85.2			79.9		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		81.5			81.6
11	cumul Nbilan-AVEC CI		87.5			87.5			95.1			89.6		Nbilan-AVEC CI-Labour		86.3			77.2
12	cumul Nrédut-AVEC CI		73.6			77.4			88.7			87.0		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		87.6			77.4

THIBIE- PROTEINES du BLE en N %ms x 5,7

		rotation BETTERAVE - POIS - BLE											rotation BETTERAVE - BLE - OP						
traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1	cumul Nbilan-SANS CI		11.4			11.5			10.8			10.3		Nbilan-SANS CI-Labour	10.1			12.1	
2	cumul Nrédut-SANS CI		10.2			10.1			9.5			9.2		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	9.8			12.2	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		10.9			10.8			11.1			10.9		Nbilan-AVEC CI-Labour	10.3			12.3	
8	cumul Nrédut-AVEC CI		9.4			9.3			9.5			9.8		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	10.2			12.2	
3	cumul Nbilan-SANS CI	10.8			11.7			10.7			12.1			Nbilan-SANS CI-Labour			12.1		
4	cumul Nrédut-SANS CI	10.1			10.7			10.1			10.4			Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour			12.3		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	10.7			12.1			10.8			12.7			Nbilan-AVEC CI-Labour			12.7		
10	cumul Nrédut-AVEC CI	9.3			10.5			9.8			11.0			Nbilan-AVEC CI - SANS Labour			12.8		
5	cumul Nbilan-SANS CI		10.1			10.3			11.4			12.4		Nbilan-SANS CI-Labour		10.6			12.1
6	cumul Nrédut-SANS CI		9.0			9.4			9.7			12.6		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		10.4			12.0
11	cumul Nbilan-AVEC CI		9.9			10.8			11.4			12.4		Nbilan-AVEC CI-Labour		10.4			11.3
12	cumul Nrédut-AVEC CI		8.9			9.6			9.6			12.3		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		10.5			11.3

THIBIE- AZOTE ABSORBE parties aériennes seules (paille+grain) en Kg N /ha

		rotation BETTERAVE - POIS - BLE											rotation BETTERAVE - BLE - OP						
traitements	traitements	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1	cumul Nbilan-SANS CI		178			212			205			193		Nbilan-SANS CI-Labour	193			185	
2	cumul Nrédut-SANS CI		144			167			162			148		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	178			211	
7	cumul Nbilan-AVEC CI		152			195			236			222		Nbilan-AVEC CI-Labour	209			208	
8	cumul Nrédut-AVEC CI		116			156			193			192		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	212			196	
3	cumul Nbilan-SANS CI	168			227			217			242			Nbilan-SANS CI-Labour			163		
4	cumul Nrédut-SANS CI	139			184			189			179			Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour			173		
9	cumul Nbilan-AVEC CI	158			245			237			275			Nbilan-AVEC CI-Labour			185		
10	cumul Nrédut-AVEC CI	114			192			206			215			Nbilan-AVEC CI - SANS Labour			172		
5	cumul Nbilan-SANS CI		175			186			217			198		Nbilan-SANS CI-Labour		174			188
6	cumul Nrédut-SANS CI		131			152			181			200		Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		162			198
11	cumul Nbilan-AVEC CI		162			215			232			221		Nbilan-AVEC CI-Labour		172			186
12	cumul Nrédut-AVEC CI		127			174			184			214		Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		178			180

Blé Thibie résultats phase 2 selon historiques cultureux et traitements.

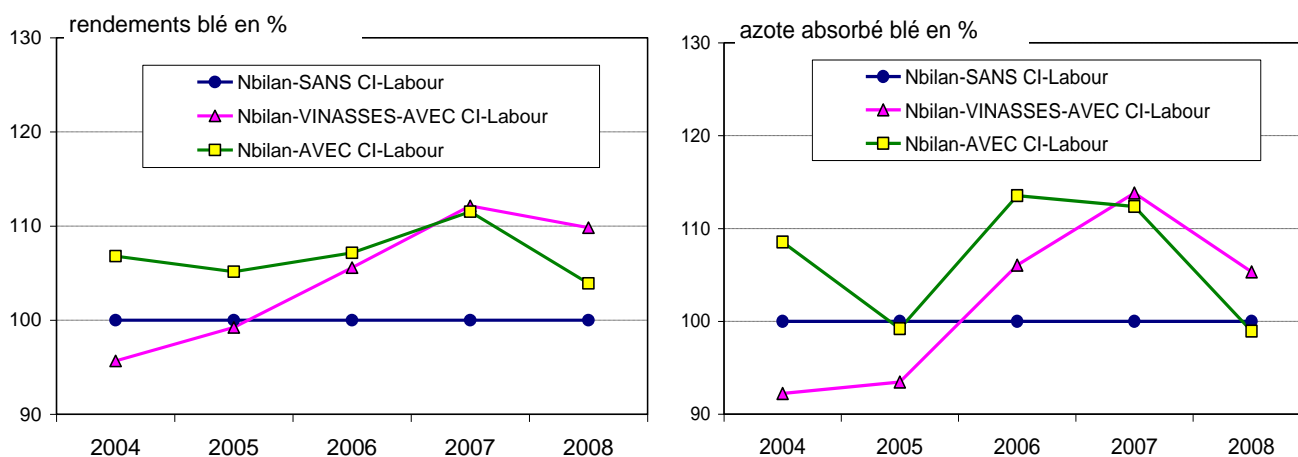
Les graphiques ci-contre n'indiquent que les résultats obtenus de 2004 à 2008. Mais ils dépendent de l'historique précédent.

Les rendements et les quantités d'azote contenues dans le blé à maturité sont indiqués en pourcents des résultats obtenus chaque année dans la traitement historique de référence.

Effet des cultures intermédiaires et des VINASSES.

L'avantage – sans vinasses – des traitements avec cultures intermédiaires prolonge les résultats acquis depuis 1991.

Le traitement avec vinasses était le traitement sous fertilisé sans cultures intermédiaires entre 1991 et 2003. La progression des rendements depuis 2004 est la double conséquence du rééquilibrage de la fertilisation et de l'introduction des cultures intermédiaires.

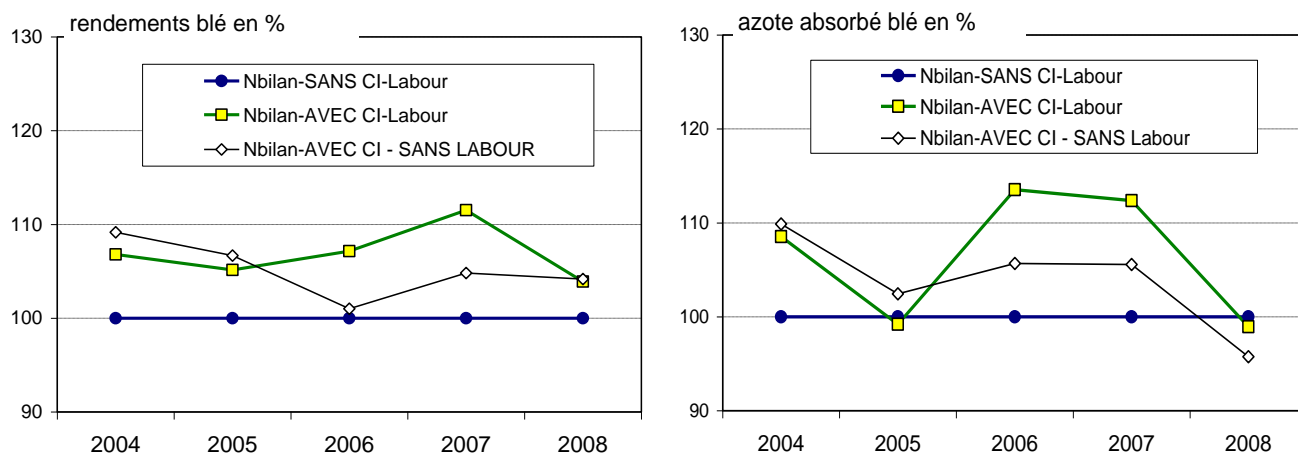


Effet du NON LABOUR.

On retrouve l'avantage des traitements avec cultures intermédiaires cumulées depuis 1991 par rapport au traitement de référence 100 % sans cultures intermédiaires.

La différence avec et sans labour (cumulé sur toutes cultures depuis 2004) n'est sensible qu'en 2006 et 2007 sur les 5 ans d'essai.

Pas de différences les premières années, alors que le traitement sans labour suit un traitement sous fertilisé entre 1991 et 2003.



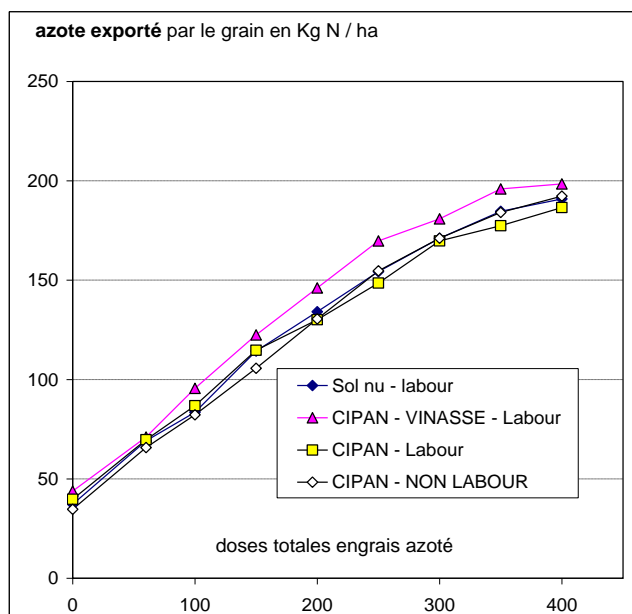
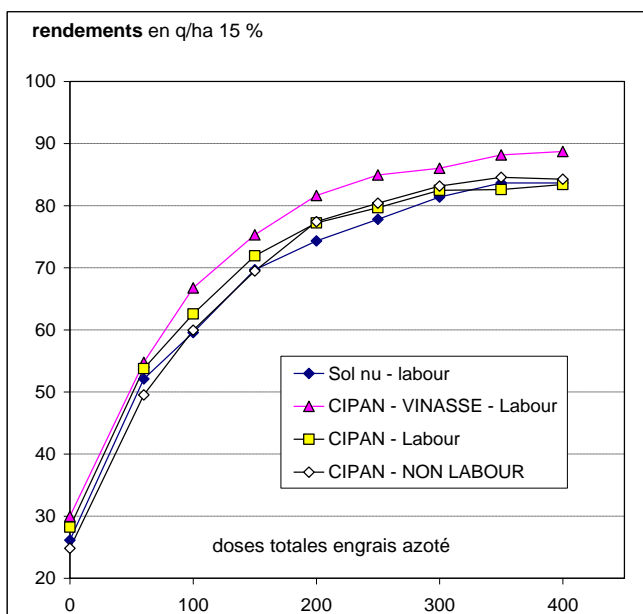
Blé Thibie: Courbes de réponse aux doses d'azote en 2008

selon l'historique des parcelles et les traitements de la phase 2

composantes du rendement

Azote absorbé

traitement	solution N DOSES N engrais Kg N/ha	RENDT 15%	P1000G 15%	G/m2	Epis /m2	Azote absorbé							
						rapport P/G MS	rendement G qMS/ha	rendement P qMS/ha	azote grain NG Kg N / ha	azote paille NP Kg N / ha	aerien N P+G Kg N / ha	coeff 1.3 N P+G+R Kg N / ha	utilisation CAU %
cumul Nbilan SANS CI puis SANS CI LABOUR	0	26.1	44.7	16626	507	1.08	22.2	24.0	37	12	50	65	90
	60	52.1				69	54	188	244				
	100	59.6				83							
	150	69.7				114							
	200	74.3				134							
	250	77.8				154							
	300	81.4				171							
350	83.7	185	191										
400	83.7	191											
cumul Nréduit SANS CI puis AVEC CI LABOUR VINASSE	0	30.0	43.1	18943	582	1.16	25.5	29.5	44	15	59	77	90
	60	54.8				71							
	100	66.7				96							
	150	75.3				122							
	200	81.6				146							
	250	84.9				170							
	300	86.0				181							
350	88.2	196	198										
400	88.7	198											
cumul Nbilan AVEC CI puis AVEC CI LABOUR	0	28.2	44.3	17430	524	1.18	24.0	28.2	40	16	55	72	85
	60	53.7				70							
	100	62.6				87							
	150	71.9				115							
	200	77.2				130							
	250	79.7				149							
	300	82.5				170							
350	82.6	177	187										
400	83.4	187											
cumul Nréduit AVEC CI puis AVEC CI NON LABOUR	0	24.8	43.5	17800	560	1.31	21.1	27.6	35	16	51	66	84
	60	49.5				66							
	100	59.9				82							
	150	69.5				106							
	200	77.4				130							
	250	80.4				155							
	300	83.1				171							
350	84.6	184	192										
400	84.3	192											



Résultats obtenus sur orge de printemps

Fertilisation azotée minérale

Rendements

Protéines

Azote absorbé

ORGE de printemps Thibie résultats phase 2

THIBIE- DOSES N sur OP

traitements		avant 2004	2004-2008	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour		155				160
2	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		155				130
7	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour		155				160
8	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		155				160
3	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour	140				145	
4	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	140				110	
9	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour	95				110	
10	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	95				130	
5	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour				120		
6	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour				140		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour				140		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour				140		

L'orge de printemps n'a été introduite qu'à la seconde phase de l'essai, à partir de 2004. Elle suit le blé d'hiver (sauf en 2004) avec un radis en interculture et un apport de vinasses pour les traitements concernés.

Les tableaux ci-contre indiquent les résultats obtenus sur ORGE de printemps selon les historiques culturaux et les traitements.

THIBIE- RENDEMENTS OP en q/ha 15 %

traitements		avant 2004	2004-2008	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour		71.8				49.9
2	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		75.1				58.2
7	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour		73.6				62.8
8	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		74.5				64.7
3	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour	68.1				54.9	
4	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	67.5				61.7	
9	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour	73.2				65.3	
10	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	69.0				67.8	
5	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour				53.3		
6	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour				74.5		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour				74.1		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour				67.6		

THIBIE- Protéines OP en N 6.25 %MS

traitements		avant 2004	2004-2008	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour		10.6				10.0
2	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		9.9				9.6
7	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour		10.0				10.1
8	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		10.1				9.9
3	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour	12.9				10.8	
4	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	12.7				10.6	
9	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour	11.6				10.7	
10	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	11.2				10.6	
5	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour				11.4		
6	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour				10.9		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour				10.6		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour				10.4		

THIBIE- AZOTE ABSORBE aérienx1.3 par OP en Kg N /ha

traitements		avant 2004	2004-2008	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour		178				116
2	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour		183				
7	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour		181				155
8	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour		182				156
3	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour	221				160	
4	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	216				178	
9	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour	212				179	
10	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	193				174	
5	cumul Nbilan-SANS CI	Nbilan-SANS CI-Labour				154		
6	cumul Nréduit-SANS CI	Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour				202		
11	cumul Nbilan-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI-Labour				192		
12	cumul Nréduit-AVEC CI	Nbilan-AVEC CI - SANS Labour				176		

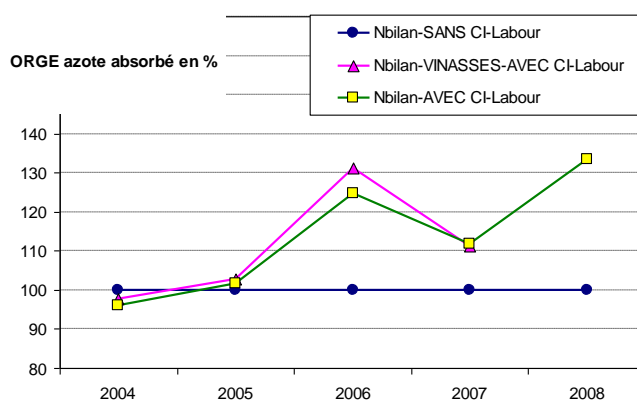
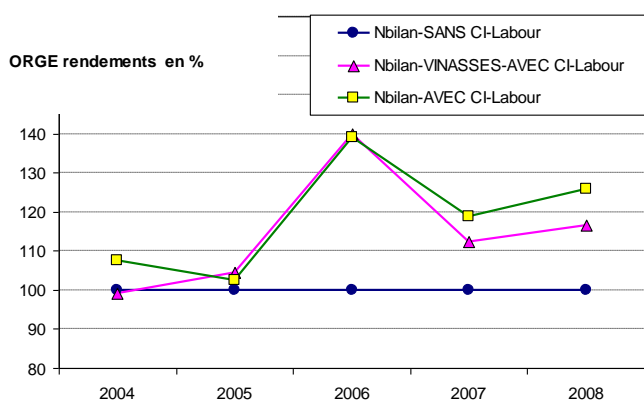
Les graphiques ci-contre n'indiquent que les résultats obtenus de 2004 à 2008. Mais ils dépendent encore de l'historique précédent.

Les rendements et les quantités d'azote contenues dans le blé à maturité sont indiqués en pourcents des résultats obtenus chaque année dans la traitement historique de référence labour sans cultures intermédiaires.

Effet des cultures intermédiaires et des VINASSES.

Les traitements avec cultures intermédiaires montrent un surplus de productivité et d'azote absorbé de quelque 10 à 20 %.

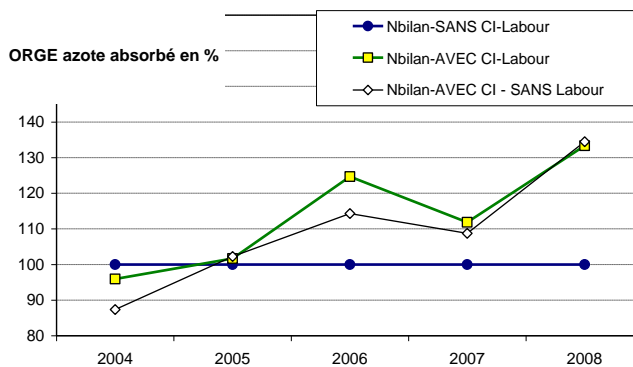
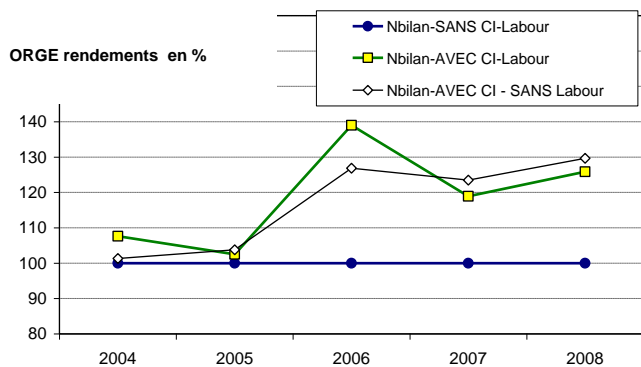
En 2003-2004, il n'y a pas eu de culture intermédiaire ni de vinasse dans le traitement dit « vinasse », à la suite d'une erreur expérimentale.



Effet du NON LABOUR.

On retrouve l'avantage des traitements avec cultures intermédiaires déjà précisé dans les lignes précédentes (par rapport au traitement de référence 100 % sans cultures intermédiaires).

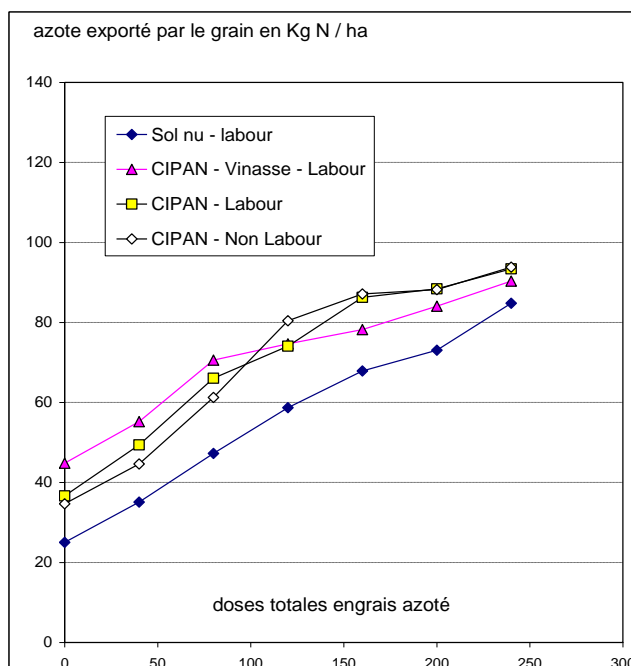
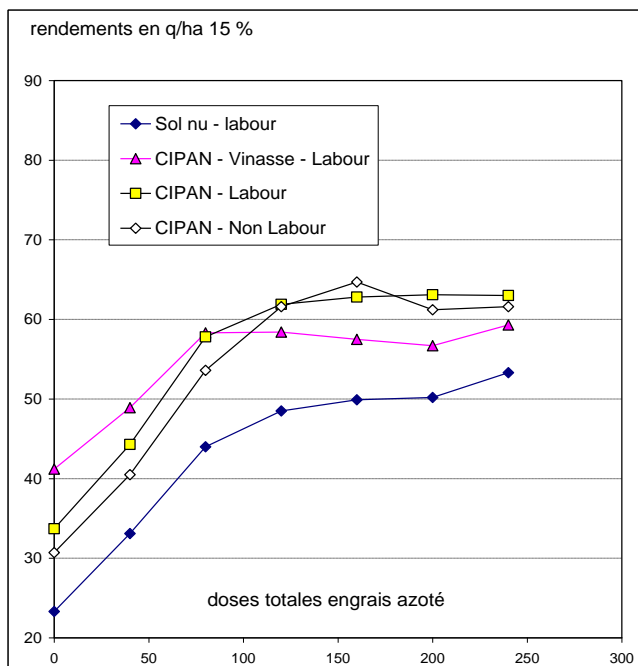
La différence avec et sans labour (cumulé sur toutes cultures depuis 2004) n'est quasiment pas sensible sur les 5 ans d'essai.



ORGE de printemps Thibie: Courbes de réponse aux doses d'azote en 2008

selon l'historique des parcelles et les traitements de la phase 2

ROTATIO N	traitement	rendement		protéines		Azote absorbé							
		solution N	RENDT	P1000G	Protéines	rapport	rendement	rendement	azote grain	azote paille	aerien	coeff 1.25	utilisation
		DOSES N engrais Kg N /ha	15%	15%	N6.25	P/G MS	G qMS/ha	P qMS/ha	NG Kg N / ha	NP Kg N / ha	N P+G Kg N / ha	N P+G+R Kg N / ha	CAU %
1		0	23.3			1.01	19.8	19.9	25	13	38	48	
1	cumul Nbilan	40	33.1		7.9				35				
1	SANS CI	80	44.0		7.8				47				
1	puis	120	48.5	43.1	8.9	0.94	41.2	39.0	59	21	89	111	53
1	SANS CI	160	49.9		10.0				68				
1	LABOUR	200	50.2		10.7				73				
1		240	53.3		11.7				85				
2		0	41.2		8.0				45	20	65	81	
2	cumul Nréduit	40	48.9		8.3				55				
2	SANS CI	80	58.3		8.9				71				
2	puis	120	58.4	46.3	9.4	1.31	49.6	65.2	75	55	133	166	71
2	AVEC CI	160	57.5		10.0				78				
2	LABOUR	200	56.7		10.9				84				
2	VINASSE	240	59.3		11.2				90				
7		0	33.7		8.0				37	17	54	68	
7	cumul Nbilan	40	44.3		8.2				49				
7	AVEC CI	80	57.8		8.4				66				
7	puis	120	61.9	45.3	8.8	1.09	52.6	56.9	74	33	119	149	68
7	AVEC CI	160	62.8		10.1				86				
7	LABOUR	200	63.1		10.3				88				
7		240	63.0		10.9				93				
8		0	30.7		8.3				35	13	48	60	
8	cumul Nréduit	40	40.5		8.1				45				
8	AVEC CI	80	53.6		8.4				61				
8	puis	120	61.6	48.8	9.6	1.05	52.4	55.1	80	33	120	150	75
8	AVEC CI	160	64.7		9.9				87				
8	NON LABOUR	200	61.2		10.6				88				
8		240	61.6		11.2				94				



Quasiment pas d'écart entre LABOUR et NON LABOUR.

Fort effet des CULTURES INTERMÉDIAIRES qui augmentent la productivité et l'azote exporté-absorbé, même des parcelles non fertilisées, sans pour autant modifier la dose optimale d'azote à apporter. Sauf pour le traitement qui reçoit de la VINASSE, où la dose optimale semble plus faible. L'azote absorbé par les plantes entières est proportionnel à l'azote exporté avec le grain.

Résultats obtenus sur betterave

Fertilisation azotée minérale

Rendements

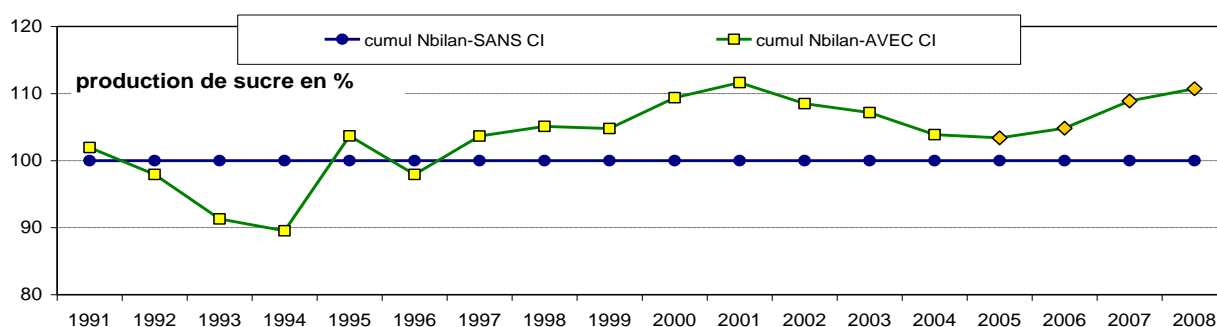
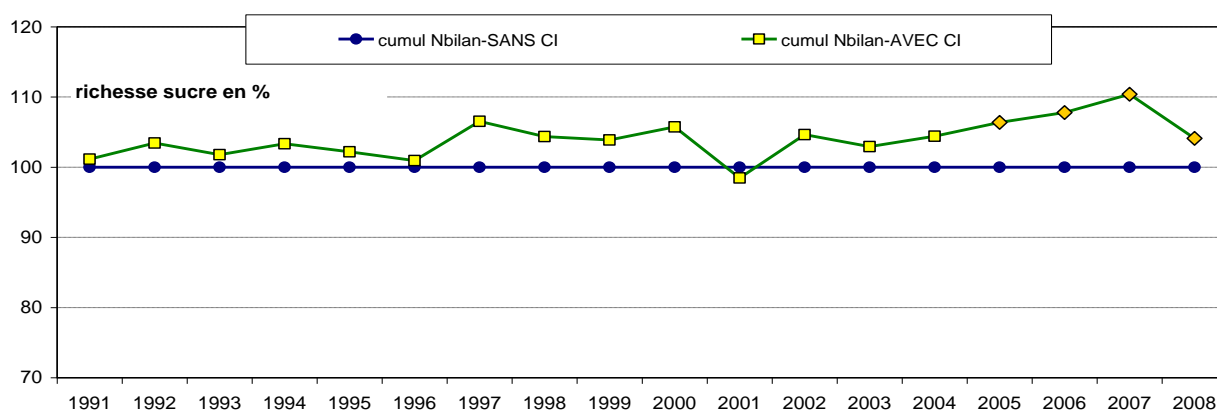
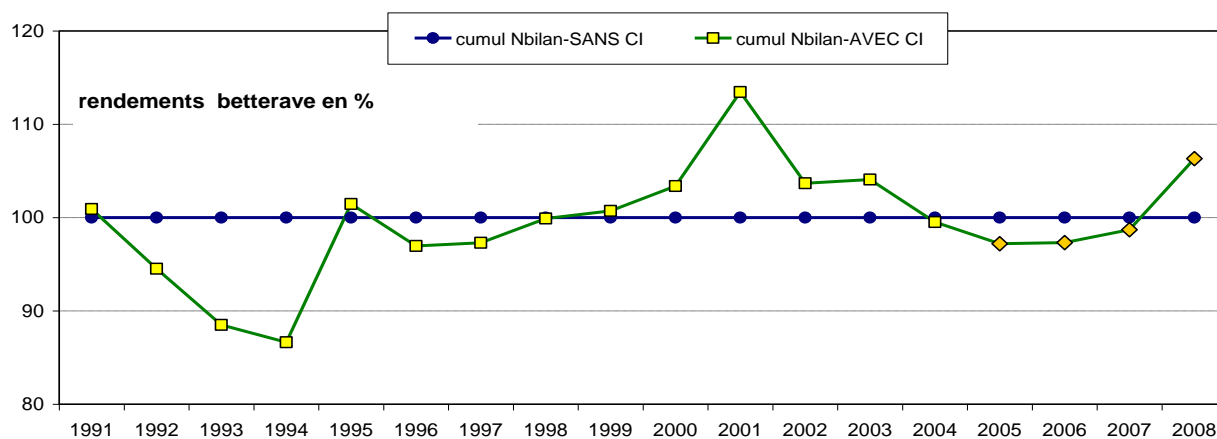
Sucre

Azote absorbé

Complément betterave- voir aussi compte rendu de la phase 1

Comme pour le blé, la betterave a encore été cultivée durant la phase 2 de l'essai, mais après orge de printemps à partir de la récolte 2005.

La comparaison avec ou sans cultures intermédiaires cumulées perdue. Les graphiques ci-après indiquent l'évolution de la productivité (rendements et sucre par hectare) et de la qualité en pourcents des résultats acquis sans cultures intermédiaires



BETTERAVE Thibie résultats phase 2 (2004 à 2008)

Résultats BETTERAVE selon historiques culturaux et traitements.

THIBIE- FERTILISATION azotée minérale des BETTERAVES en doses N totales /ha

traitements		traitements											2004 2005 2006 2007 2008						
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	160			160			160			160			150				115	
2	cumul Nréduit-SANS CI	100			100			100			105			150				145	
7	cumul Nbilan-AVEC CI	160			160			160			160			150				145	
8	cumul Nréduit-AVEC CI	100			100			100			105			150				145	
3	cumul Nbilan-SANS CI			140			150			150			150				130		110
4	cumul Nréduit-SANS CI			140			100			100			100				110		70
9	cumul Nbilan-AVEC CI			140			150			150			150				170		120
10	cumul Nréduit-AVEC CI			140			100			100			100				170		150
5	cumul Nbilan-SANS CI		160			135		150			160					150		140	
6	cumul Nréduit-SANS CI		100			90		100			105					90		140	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		160			135		150			160					150		140	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		100			90		100			105					150		140	

THIBIE- RENDEMENTS des BETTERAVES en t/ha brutes

traitements		traitements											2004 2005 2006 2007 2008						
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	71.0			77.3			78.7			69.1			58.8				85.8	
2	cumul Nréduit-SANS CI	75.0			74.1			70.8			64.9			55.1				88.1	
7	cumul Nbilan-AVEC CI	71.6			67.0			76.6			71.4			61.2				83.5	
8	cumul Nréduit-AVEC CI	70.1			65.0			74.4			70.6			56.6				82.8	
3	cumul Nbilan-SANS CI			79.2			69.9			88.6			74.1				89.1		83.4
4	cumul Nréduit-SANS CI			78.2			65.6			83.7			69.4				84.8		86.3
9	cumul Nbilan-AVEC CI			70.1			67.7			89.3			76.9				86.6		88.7
10	cumul Nréduit-AVEC CI			69.4			63.0			85.3			74.7				82.5		84.6
5	cumul Nbilan-SANS CI		75.2			65.8		70.2			57.5					81.9		84.3	
6	cumul Nréduit-SANS CI		73.2			61.0		69.3			57.8					79.8		83.5	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		71.0			66.8		70.1			65.3					81.5		83.2	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		71.1			63.8		67.4			65.5					70.2		81.0	

THIBIE- Richesse saccharimétrique des betteraves en %

traitements		traitements											2004 2005 2006 2007 2008						
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	16.8			17.4			17.4			16.4			17.9				16.4	
2	cumul Nréduit-SANS CI	17.3			17.9			17.9			16.5			17.8				17.6	
7	cumul Nbilan-AVEC CI	17.0			18.0			18.6			17.3			18.4				17.7	
8	cumul Nréduit-AVEC CI	17.4			18.6			18.8			17.6			18.7				17.7	
3	cumul Nbilan-SANS CI			16.4			17.9			16.8			16.5				17.3		18.1
4	cumul Nréduit-SANS CI			16.7			18.3			17.1			16.6				18.4		18.9
9	cumul Nbilan-AVEC CI			16.7			18.2			17.4			17.2				18.4		18.8
10	cumul Nréduit-AVEC CI			16.7			18.6			17.9			17.3				18.6		19.0
5	cumul Nbilan-SANS CI		18.5			16.9		17.9			15.3					17.0		17.3	
6	cumul Nréduit-SANS CI		18.7			17.3		18.3			15.1					17.0		19.1	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		19.2			17.3		18.7			15.0					17.8		19.1	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		19.4			17.8		19.1			15.1					17.6		19.3	

THIBIE- SUCRE des betteraves quantités produites en T/ha

traitements		traitements											2004 2005 2006 2007 2008						
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	11.9			13.5			13.7			11.3			10.5				14.1	
2	cumul Nréduit-SANS CI	12.9			13.2			12.6			10.7			9.8				15.5	
7	cumul Nbilan-AVEC CI	12.1			12.0			14.2			12.4			11.2				14.8	
8	cumul Nréduit-AVEC CI	12.2			12.1			14.0			12.4			10.6				14.7	
3	cumul Nbilan-SANS CI			12.7			12.5			14.8			12.2				15.4		15.1
4	cumul Nréduit-SANS CI			13.0			12.0			14.3			11.6				15.6		16.3
9	cumul Nbilan-AVEC CI			11.6			12.2			15.6			13.2				15.9		16.7
10	cumul Nréduit-AVEC CI			11.6			11.7			15.3			12.9				15.3		16.1
5	cumul Nbilan-SANS CI		13.9			11.1		12.6			8.8					13.9		14.6	
6	cumul Nréduit-SANS CI		13.7			10.5		12.7			8.7					13.6		15.9	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		13.6			11.5		13.2			9.8					14.5		15.9	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		13.8			11.3		12.9			9.9					12.3		15.7	

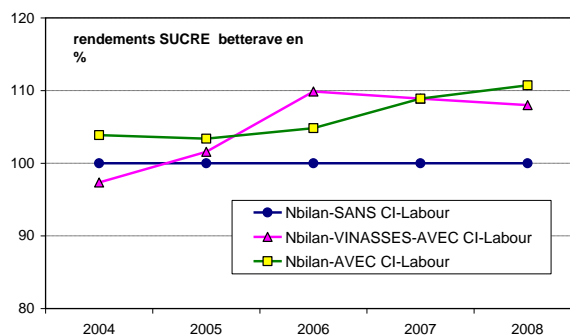
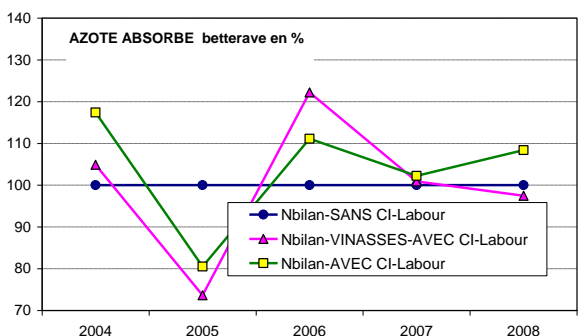
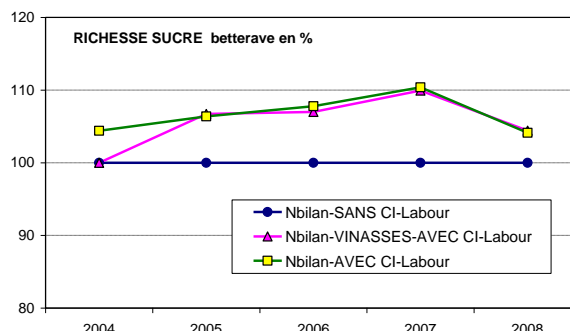
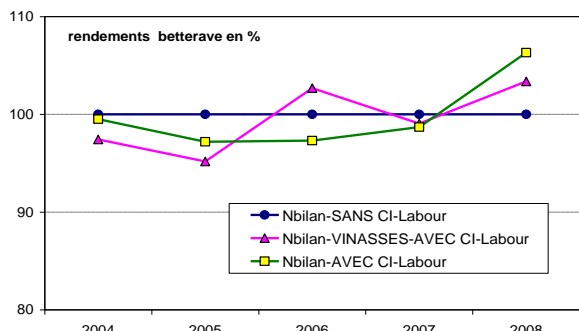
THIBIE- AZOTE ABSORBE par les betteraves(feilles + racines) en Kg N / ha

traitements		traitements											2004 2005 2006 2007 2008						
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	cumul Nbilan-SANS CI	192			235			209			203			183				234	
2	cumul Nréduit-SANS CI	182			180			166			154			166				286	
7	cumul Nbilan-AVEC CI	179			189			185			202			171				260	
8	cumul Nréduit-AVEC CI	162			153			173			175			157				214	
3	cumul Nbilan-SANS CI			220			209			215			196				277		238
4	cumul Nréduit-SANS CI			219			158			197			167				204		232
9	cumul Nbilan-AVEC CI			188			170			229			210				223		258
10	cumul Nréduit-AVEC CI			179			132			189			198				184		224
5	cumul Nbilan-SANS CI		200			172		209			220					184		223	
6	cumul Nréduit-SANS CI		188			143		183			186					193		225	
11	cumul Nbilan-AVEC CI		193			173		209			282					216		228	
12	cumul Nréduit-AVEC CI		184			156		181			218					170		195	

Les graphiques ci-contre n'indiquent que les résultats obtenus de 2004 à 2008. Mais ils dépendent encore de l'historique précédent. Les résultats sont indiqués en pourcents des résultats obtenus chaque année dans la traitement historique de référence « labour sans cultures intermédiaires ».

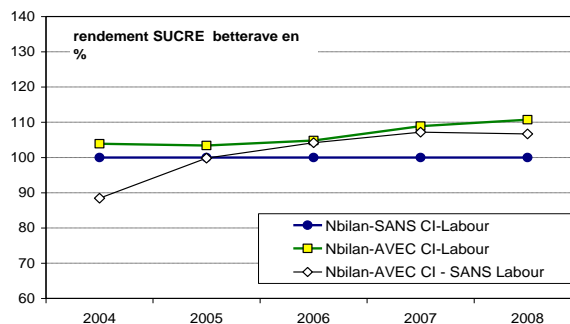
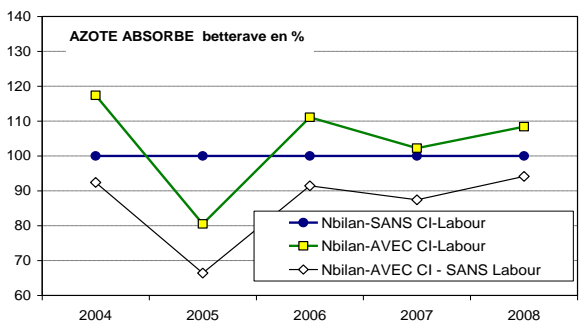
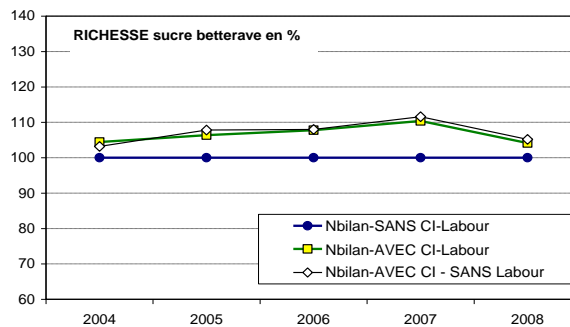
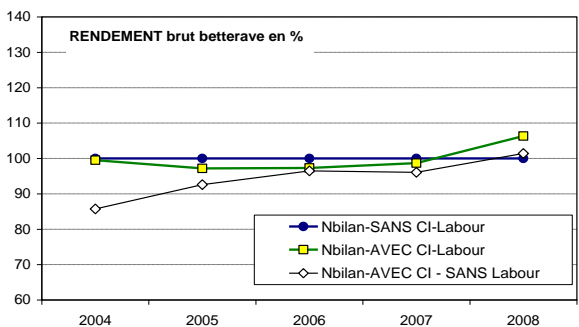
Effet des cultures intermédiaires et des VINASSES.

L'effet des cultures intermédiaires se marque surtout sur la RICHESSE EN SUCRE..
En 2003-2004, il n'y a pas eu de culture intermédiaire dans le traitement dit « vinasse », à la suite d'une erreur expérimentale.



Effet du NON LABOUR.

Moins d'azote absorbé en non labour, mais ce traitement suit le traitement moins fertilisé historiquement. Pratiquement pas de différence (sauf 1^{ère} année) au niveau de la productivité et de la qualité.



Fournitures d'azote par le sol

azote absorbé par les témoins annuels sans azote

Les fournitures d'azote par le sol sont vues au travers des quantités d'azote absorbées par les 3 cultures principales de l'essai NON FERTILISEES.

Le blé est semé à la récolte de la betterave. Pas de vinasse et pas de culture intermédiaire ...

Les vinasses sont épandues avant betterave et avant orge. Ce traitement profite plus à la betterave, avec une augmentation moyenne de quelque 40 unités pour 10 unités sur orge.

Le NON LABOUR n'augmente pas les quantités d'azote absorbées par les plantes non fertilisées.

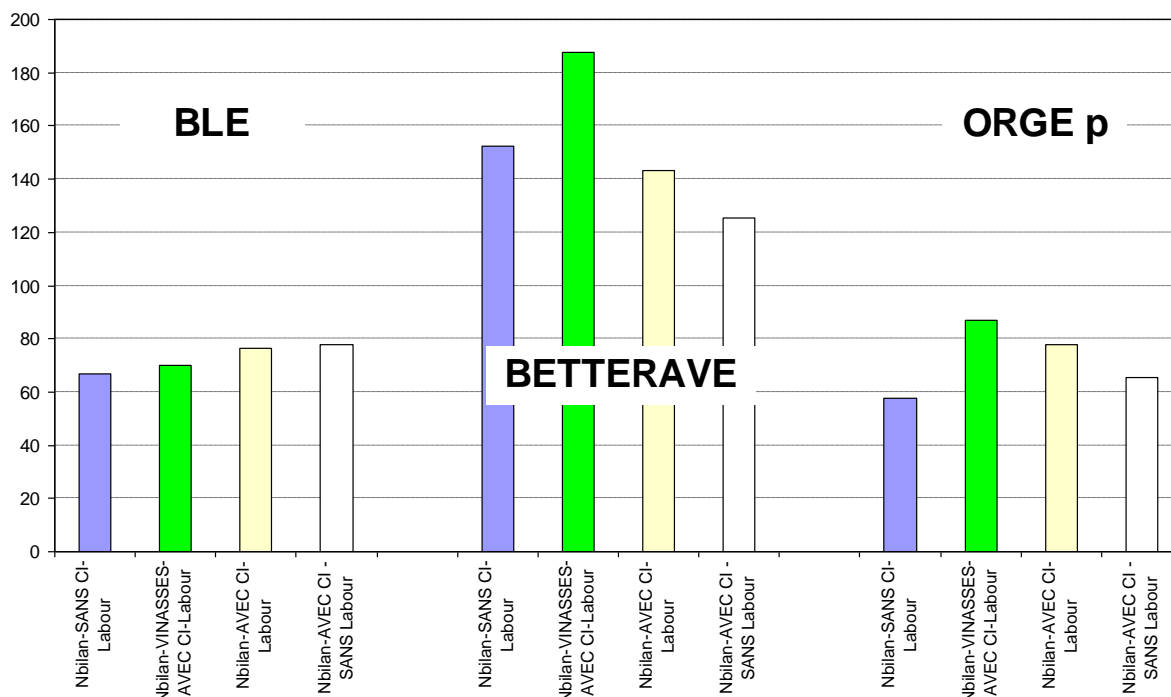
BLE non fertilisé	2004	2005	2006	2007	2008	moyennes
Nabs aérien en KgN /ha x1,25 <i>calculé</i>						
Nbilan-SANS CI-Labour	71	90	53	58	62	67
Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	68	73	63	73	74	70
Nbilan-AVEC CI-Labour	94	89	69	61	69	76
Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	121	78	56	71	63	78

BETTERAVE non fertilisé	2004	2005	2006	2007	2008	
feuilles + racines						
Nbilan-SANS CI-Labour	149	non fait	130	194	136	152
Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	193	non fait	155	207	196	188
Nbilan-AVEC CI-Labour	151	non fait	150	132	140	143
Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	129	non fait	136	164	73	126

ORGE non fertilisée	2004	2005	2006	2007	2008	hors 2004
Nabs aérien en KgN /ha x1,25 <i>calculé</i>						
Nbilan-SANS CI-Labour	118	51	72	60	48	58
Nbilan-VINASSES-AVEC CI-Labour	113	69	94	104	81	87
Nbilan-AVEC CI-Labour	149	54	83	106	68	78
Nbilan-AVEC CI - SANS Labour	130	69	60	73	60	65

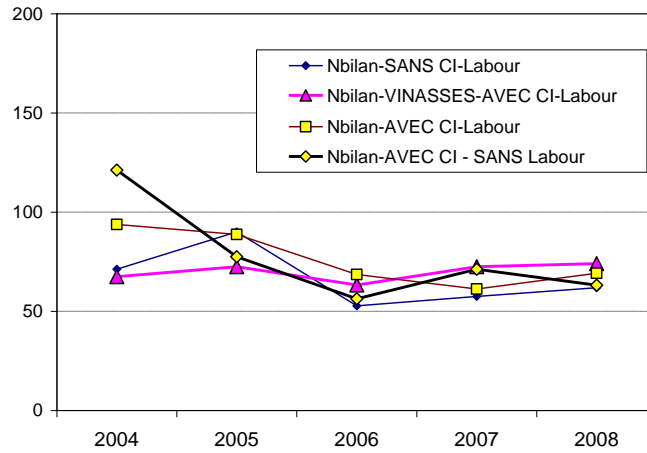
op sans vinasse 2004

quantité moyenne d'azote absorbé (KgN/ha) par les cultures NON FERTILISEES selon traitement



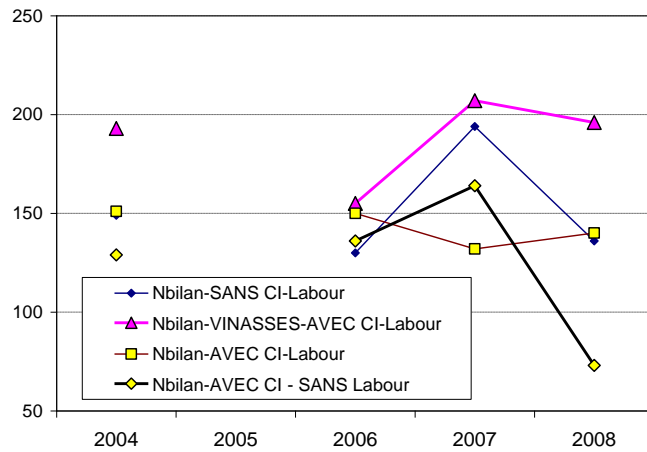
azote absorbé par les témoins annuels sans azote

Azote absorbé par le BLE non fertilisé (en Kg N /ha).
Si on excepte l'année 2004,
Pas de différence de
fournitures d'azote au blé



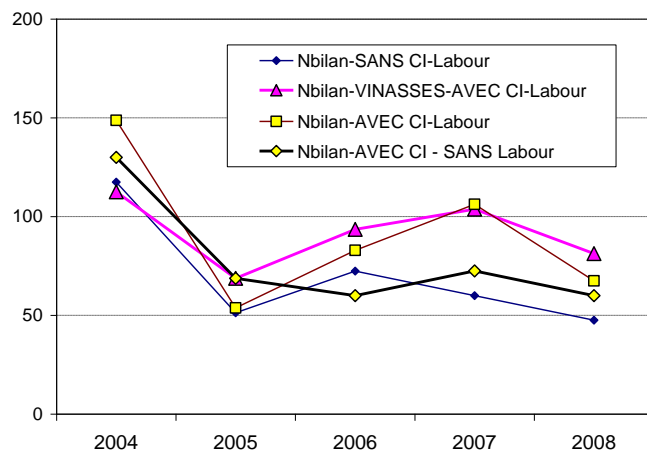
Azote absorbé par la BETTERAVE non fertilisée (en Kg N /ha).
Pas de mesures en 2005.

Les apports de vinasses augmentent les fournitures du sol.
La parcelle NON LABOUR est pénalisée en 2008.



Azote absorbé par l' ORGE non fertilisée (en Kg N /ha).

Quelque 25 à 30 unités d'écart.
L'effet de cultures intermédiaires domine celui de l'apport de vinasse.



Bilan entrées-sorties d'azote

Sur les 5 dernières années d'expérimentation (2004 à 2008), les quantités « entrées » correspondent à la somme des quantités d'engrais apportées.

2004-2008 : les quantités « sorties » correspondent à la somme des quantités exportées avec les récoltes. Les cultures intermédiaires et les résidus de récolte ont été enfouis.

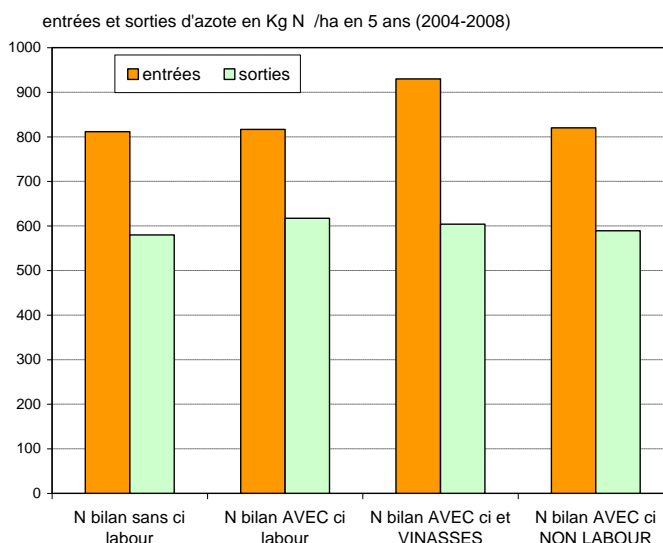
Le tableau ci-après indique les sommes sur 5 ans des unités d'azote « entrées » face aux sommes des quantités exportées et sorties de la parcelle. Le regroupement par traitement correspond aux mêmes rotations (voir le protocole).

Kg N/ha en 5 ans	traitements		traitements		traitements		traitements		moyenne	entrées	sorties	ratio
		entrées	sorties		entrées	sorties		entrées				
N bilan sans ci labour	1	860	563	3	745	588	5	830	588	812	580	0.71
N bilan AVEC ci labour	7	890	621	9	710	603	11	850	628	817	617	0.76
N bilan AVEC ci et VINASSES	2	1008	610	4	821	571	6	961	631	930	604	0.65
N bilan AVEC ci NON LABOUR	8	890	616	10	740	562	12	830	589	820	589	0.72

Les bilans ci-contre sont construits avec les entrées et sorties moyennes.

Les sorties (exportations) sont du même ordre de grandeur pour tous les traitements comparés.

Les entrées sont plus importantes dans le traitement AVEC VINASSES, ce qui déséquilibre le ratio d'utilisation de l'azote mis à disposition des cultures.



moyenne Kg N/ha en 5 ans		entrées	sorties
N bilan sans ci labour	engrais minéral	812	580
N bilan AVEC ci et VINASSES	engrais minéral	730	604
	azote vinasses	200	

Le tableau ci-contre ne s'intéresse qu'à la seule comparaison avec et sans VINASSES. Les exportations (sorties) d'azote sont du même ordre de grandeur.

Dans le traitement avec vinasses, une partie de l'azote a été apporté sous forme d'engrais minéral. La moyenne (730 unités) est inférieure de 82 unités à la moyenne épanchée dans le traitement sans vinasses (812 unités).

Ces 82 unités sont mises en regard des 200 unités d'azote total apportées avec les vinasses. Ce qui pourrait signifier que 40 à 45 % de l'azote des vinasses a été utilisé, proportion à mettre en relation avec les cinétiques de minéralisation des vinasses commentées plus haut. Sachant que l'azote des vinasses a été partiellement absorbé par le radis qui s'est lui-même minéralisé après sa destruction et enfouissement.

Bilan entrées-sorties d'azote

Quantités d'engrais azotés apportées et exportations en Kg N /ha

N bilan sans cipan labour

	1	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	3	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	5	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha
2003												
2004	BLE hiv		220	139	ORGE p		140	120	BETT.		150	124
2005	ORGE p		155	104	BETT.		130	155	BLE hiv		220	130
2006	BETT.		115	110	BLE hiv		220	127	ORGE p		120	83
2007	BLE hiv		210	142	ORGE p		145	81	BETT.		140	118
2008	ORGE p		160	68	BETT.		110	105	BLE hiv		200	134
somme			860	563			745	588			830	588

N bilan AVEC cipan labour

	7	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	9	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	11	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha
2003					radis				radis			
2004	BLE hiv		220	151	ORGE p		90	115	BETT.		150	132
2005	ORGE p		155	100	BETT.		170	127	BLE hiv		220	134
2006	BETT.		145	124	BLE hiv		220	142	ORGE p		140	95
2007	BLE hiv		210	160	ORGE p		110	94	BETT.		140	138
2008	ORGE p		160	86	BETT.		120	125	BLE hiv		200	130
somme			890	621			710	603			850	628

N bilan avec cipan et VINASSES labour

	2	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	4	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	6	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha
2003									sans CI	vinasses	74	
2004	BLE hiv		200	128	ORGE p		140	117	BETT.		90	123
2005	ORGE p		155	101	BETT.		110	111	BLE hiv		200	126
2006	BETT.	vinasses	92.5		radis	vinasses	93		ORGE p	vinasses	140	111
2007	BLE hiv		210	160	ORGE p		110	89	BETT.		140	125
2008	ORGE p		80	71	BETT.		70	118	BLE hiv		200	146
somme			1008	610			821	571			961	631

N bilan avec cipan NON LABOUR

	8	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	10	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha	12	effluent ou azote	dose N total apporté Kg /ha	N exporté Kg N / ha
2003					radis				radis			
2004	BLE hiv		220	153	ORGE p		90	105	BETT.		150	101
2005	ORGE p		155	103	BETT.		170	115	BLE hiv		200	138
2006	BETT.		145	124	BLE hiv		200	136	ORGE p		140	98
2007	BLE hiv		210	149	ORGE p		130	98	BETT.		140	122
2008	ORGE p		160	87	BETT.		150	108	BLE hiv		200	130
somme			890	616			740	562			830	589

Suivi de l'azote minéral dans le sol

azote minéral (nitrique et ammoniacal) du sol de fin 2003 à fin 2008 profondeur 0-110 cm

RAPPEL 1 :

Les quantités d'azote minéral dans le sol ont été théoriquement mesurées à 4 périodes :

- après récolte RAR
- à destruction de la culture intermédiaire RDCI
- début drainage RDD
- sortie hiver (fin Février) RSH

Mais selon la nature de l'interculture, certaines périodes peuvent être confondues. Voir tableau ci-contre.

après BETTERAVE	RAR	pas de CI	RDD		RSH
après BLE	RAR	CI	RDCI= RDD		RSH
après OP	RAR	CI	RDCI= RDD		RSH

interculture BETTERAVE - BLE					
RAR	15/10/03	08/10/04	11/10/05	05/10/06	25/09/07
RDD	12/12/03	08/12/04	07/12/05	06/12/06	11/12/07
RSH= RDCI	16/02/04	23/02/05	14/02/06	16/02/07	12/02/08

BLE-BETT interculture BLE - ORGE					
RAR	22/07/03	30/07/04	03/08/05	03/08/06	31/07/07
RDCI=RDD	12/12/03	08/12/04	07/12/05	06/12/06	11/12/07
RSH	16/02/04	23/02/05	14/02/06	16/02/07	12/02/08

interculture ORGE - BETTERAVE					
RAR					
RDCI=RDD					
RSH					

RAPPEL 2 (protocole) : l'épandage de vinasses est réalisé 2 ans sur 3 et cumulé avec le radis en culture intermédiaire.

Le non labour est cumulé tous les ans sur le même traitement, avec cultures intermédiaires.

Dans la rotation, seule l'interculture Betterave – Blé ne reçoit pas de culture intermédiaire.

Comparaison AVEC et SANS Cultures Intermédiaires

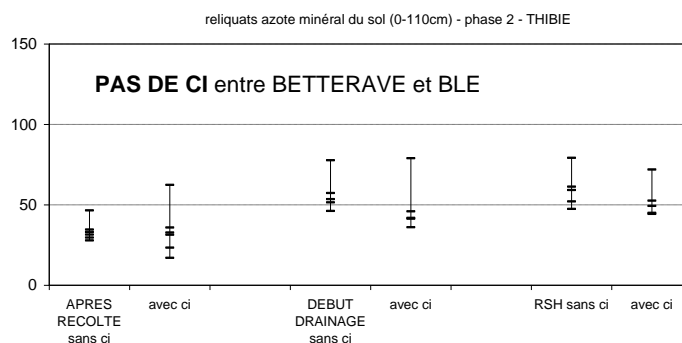
N bilan, sans vinasses, labour

Après BETTERAVE : peu de reliquats après récolte.

Dans cette série, il n'y a pas de culture intermédiaire entre la betterave et le blé qui est semé dès l'arrachage des betteraves. La comparaison avec et sans culture intermédiaire n'a pas lieu d'être. Elle ne conforte que l'homogénéité du dispositif de Thibie.

APRES BETTERAVE

Effet cipan seul		N minéral Kg N/ ha 0-110 cm					
interculture		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
APRES RECOLTE	sans ci	33	28	30	31	47	35
	avec ci	62	23	17	33	36	31
DEBUT DRAINAGE		78	57	46	54	51	
	sans ci	79	41	36	46	42	
	avec ci	79	59	52	47	61	
	sans ci	72	45	44	49	53	
	avec ci						



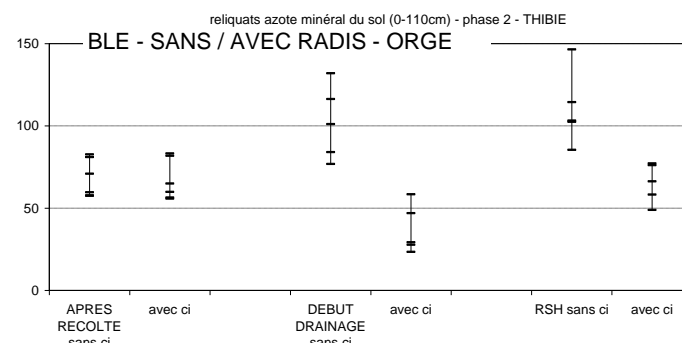
Après BLE et avant une culture de printemps comme la betterave en 2004 puis l'orge de 2005 à 2008 :

L'historique avec et sans cultures intermédiaires n'a pas d'effet sur les reliquats après récolte.

Par contre, la culture intermédiaire (radis) diminue sensiblement les reliquats mesurés en Décembre et en Février.

APRES BLE

Effet cipan seul		N minéral Kg N/ ha 0-110 cm					
interculture		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
APRES RECOLTE	sans ci	71	58	83	81	60	58
	avec ci	56	65	82	83	60	56
DEBUT DRAINAGE		116	77	101	132	84	
	sans ci	47	23	29	28	58	
	avec ci	103	103	114	146	85	
	sans ci	66	58	49	76	77	
	avec ci						



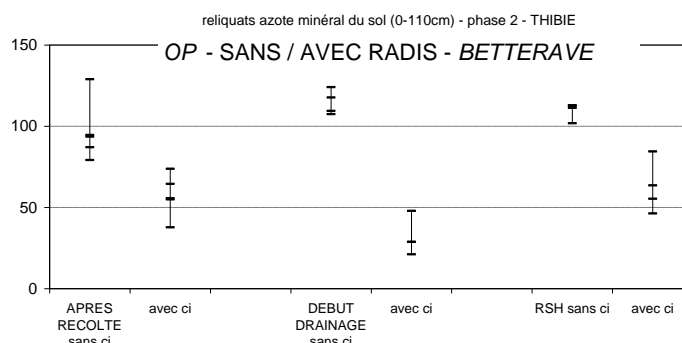
Après ORGE de printemps et avant betterave :

L'historique avec et sans cultures intermédiaires a un effet sur les reliquats après récolte.

La culture intermédiaire (radis) diminue sensiblement les reliquats mesurés en Décembre et en Février.

APRES ORGE

Effet cipan seul		N minéral Kg N/ ha 0-110 cm				
interculture		04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
APRES RECOLTE	sans ci	87	94	79	129	95
	avec ci	38	64	56	55	74
DEBUT DRAINAGE		107	109	118	124	
	sans ci	21	29	29	48	
	avec ci	113	111	113	102	
	sans ci	46	55	64	84	
	avec ci					



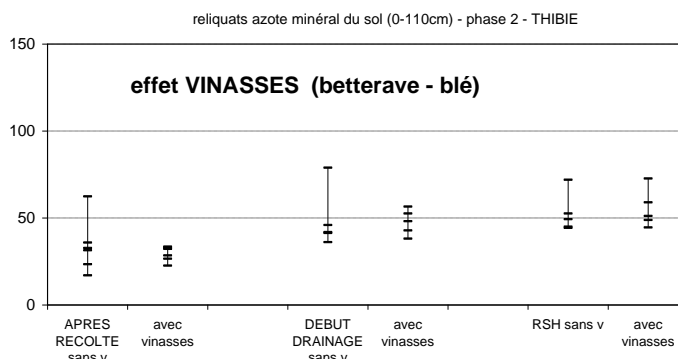
Comparaison AVEC et SANS VINASSES

N bilan, avec culture intermédiaire, labour

Après BETTERAVE : Pas d'effet de la vinasse qui est épandue durant l'automne qui précède le semis de la betterave (voir le protocole).

APRES BETTERAVE

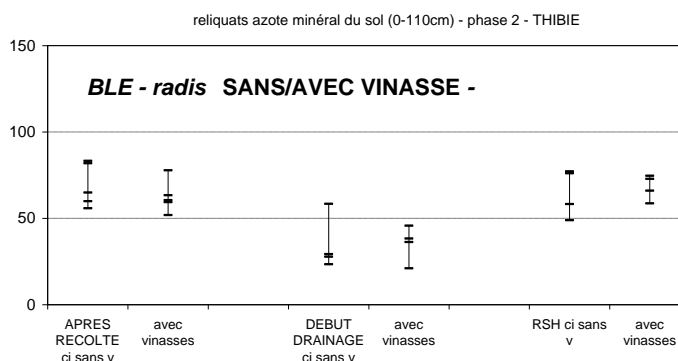
Effet VINASSES		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture							
APRES RECOLTE	sans v	62	23	17	33	36	31
	avec vinasses	33	27	23	32	34	28
DEBUT DRAINAGE							
	sans v	79	41	36	46	42	
	avec vinasses	57	53	38	48	43	
RSH							
	sans v	72	45	44	49	53	
	avec vinasses	59	49	45	51	73	



Après BLE (et avec radis dans cette interculture blé - orge) : Le radis absorbe l'azote minéralisé par la vinasse. Pas d'effet sur les quantités d'azote du sol en Décembre comme en sortie d'hiver.

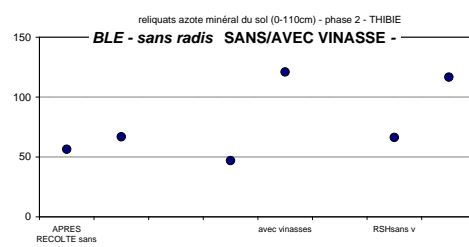
APRES BLE

Effet VINASSES		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture							
APRES RECOLTE	ci sans v		65	82	83	60	56
	avec vinasses		52	78	63	61	59
DEBUT DRAINAGE							
	ci sans v		23	29	28	58	
	avec vinasses		21	38	36	46	
RSH							
	ci sans v		58	49	76	77	
	avec vinasses		59	66	73	75	



Ci-contre, résultats de la première année après modification du protocole... Dans ces intercultures blé-betterave, le radis n'a pas été semé alors que la vinasse a été épandue. L'azote minéralisé par la vinasse se retrouve en partie dans les reliquats de Décembre et de Février.

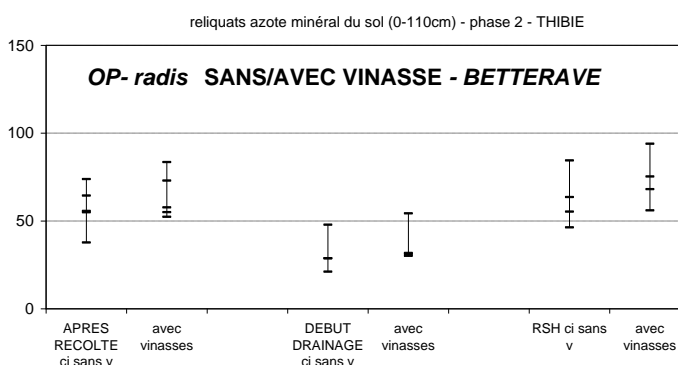
Effet VINASSES SANS CI		03-04
interculture		
APRES RECOLTE	sans v	56
	avec vinasses	67
DEBUT DRAINAGE		
	sans v	47
	avec vinasses	121
RSH		
	sans v	66
	avec vinasses	117



Après ORGE (et avec radis dans cette interculture orge - betterave) : comme après blé, le radis absorbe l'azote minéralisé par la vinasse. Peu d'effet sur les quantités d'azote du sol mesurées en Décembre comme en sortie d'hiver.

APRES ORGE

Effet VINASSES		04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture						
APRES RECOLTE	ci sans v	38	64	56	55	74
	avec vinasses	84	58	55	52	73
DEBUT DRAINAGE						
	ci sans v	21	29	29	48	
	avec vinasses	31	30	32	54	
RSH						
	ci sans v	46	55	64	84	
	avec vinasses	68	56	75	94	



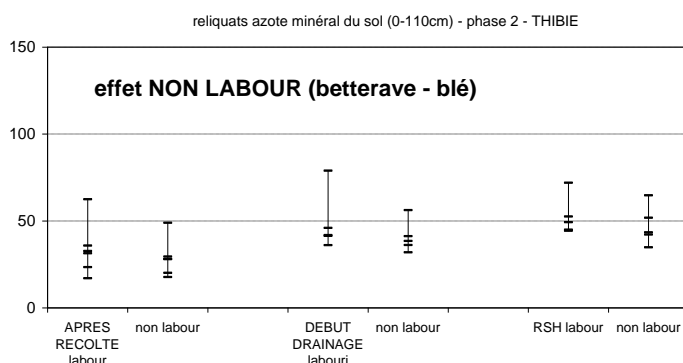
Comparaison Labour – NON LABOUR

N bilan, avec culture intermédiaire, sans vinasse

Quasiment aucune différence entre les traitements menés tous les ans en LABOUR, et ceux menés tous les ans en travail superficiel, dits NON LABOUR.

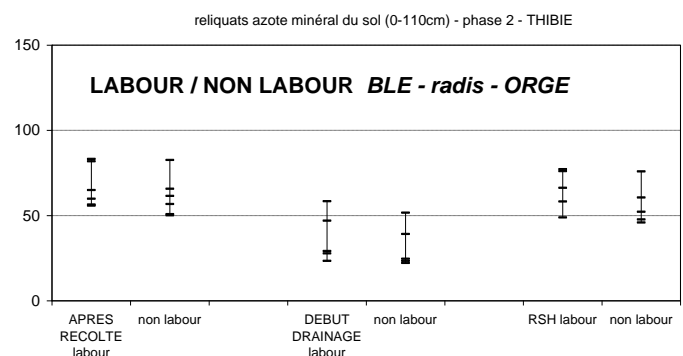
APRES BETTERAVE

Effet NON LABOUR		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture							
APRES RECOLTE	labour	62	23	17	33	36	31
	non labour	49	20	18	28	29	28
DEBUT DRAINAGE							
	labour	79	41	36	46	42	
	non labour	56	38	32	36	41	
RSH							
	labour	72	45	44	49	53	
	non labour	65	42	35	43	52	



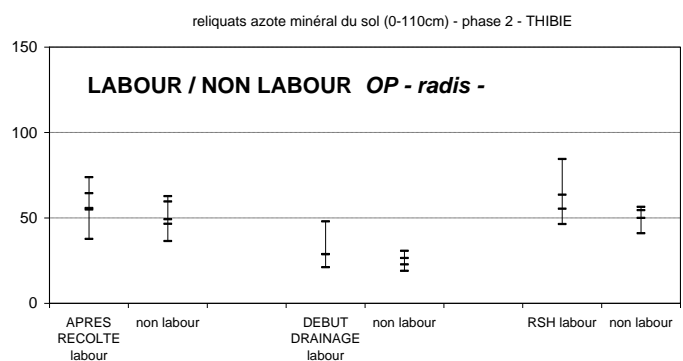
APRES BLE

Effet NON LABOUR		03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture							
APRES RECOLTE	labour	56	65	82	83	60	56
	non labour	51	57	66	83	62	50
DEBUT DRAINAGE							
	labour	47	23	29	28	58	
	non labour	39	22	25	23	52	
RSH							
	labour	66	58	49	76	77	
	non labour	52	46	48	61	76	



APRES ORGE

Effet NON LABOUR		04-05	05-06	06-07	07-08	08-09
interculture						
APRES RECOLTE	labour	38	64	56	55	74
	non labour	36	60	47	49	63
DEBUT DRAINAGE						
	labour	21	29	29	48	
	non labour	19	27	23	31	
RSH						
	labour	46	55	64	84	
	non labour	41	50	55	56	



Lessivage des nitrates dans l'eau du sol

les quantités d'eau drainées

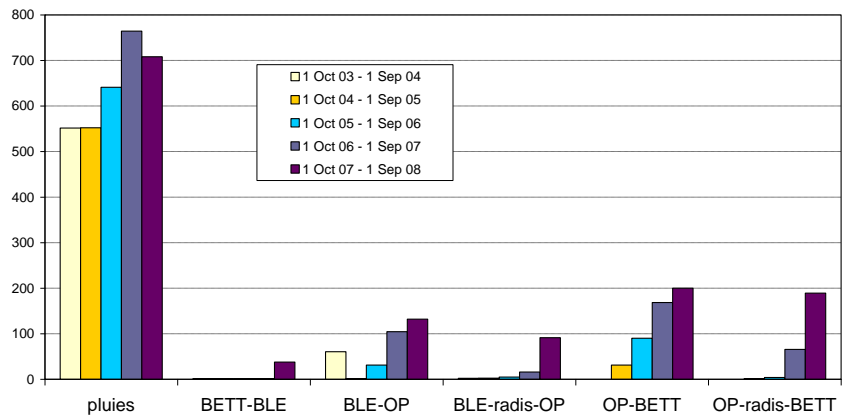
Le graphique ci-contre indique les quantités d'eau de pluies et les quantités d'eau drainées sous les cases lysimétriques de Fagnières.

Cumul du 1^{er} Octobre au 30 Septembre de chaque année.

Drainage par type d'interculture, les cultures principales encadrant ou non le radis cultivé en culture intermédiaire.

Quasiment pas de drainage après betterave, ... dernières années plus pluvieuses, ...

mm pluies et mm drainés (en 1 an) selon cultures et intercultures (cases Fagnières)

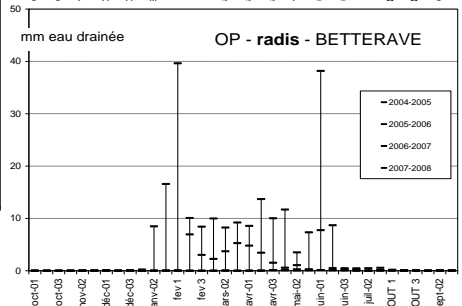
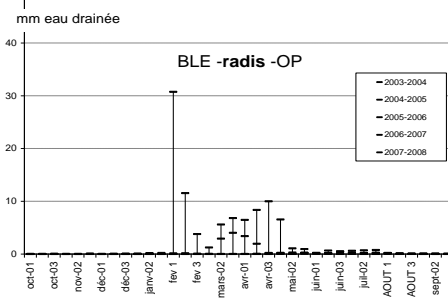
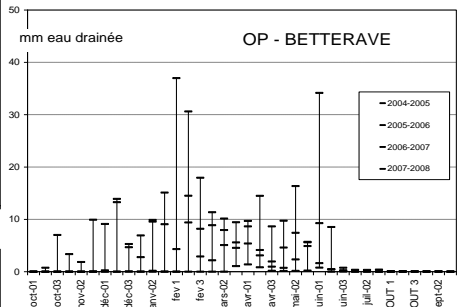
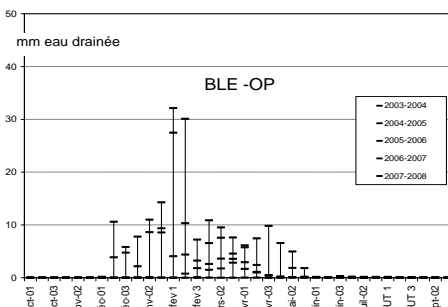
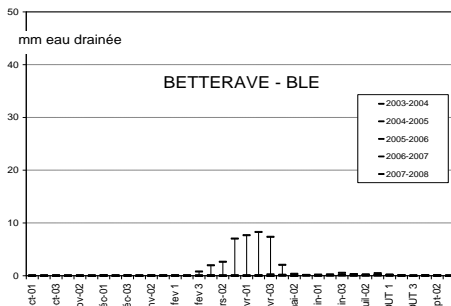


	drainage annuel en mm					
	pluies	BETT-BLE	BLE-OP	BLE-radis-OP	OP-BETT	OP-radis-BETT
1 Oct 03 - 1 Sep 04	552	1	60	2		
1 Oct 04 - 1 Sep 05	552	1	2	2	31	1
1 Oct 05 - 1 Sep 06	641	1	31	5	90	4
1 Oct 06 - 1 Sep 07	764	1	105	16	168	66
1 Oct 07 - 1 Sep 08	708	38	132	91	200	189

Quantités d'eau drainées et périodes de drainage

Les graphiques qui suivent reprennent l'information précédente, mais sous l'angle « périodes de drainage » selon les intercultures testées à Thibie.

L'introduction du radis diminue et retarde le drainage.

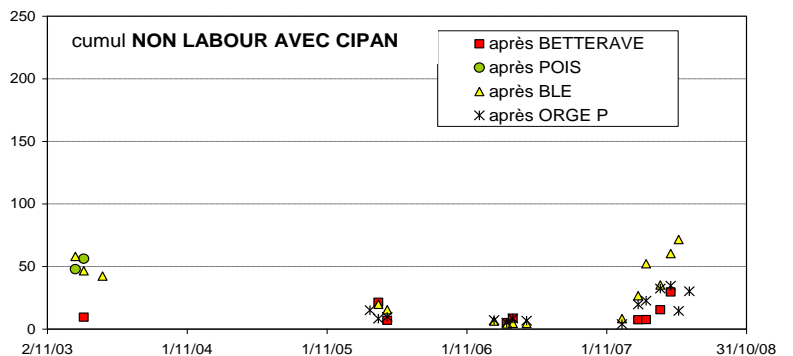
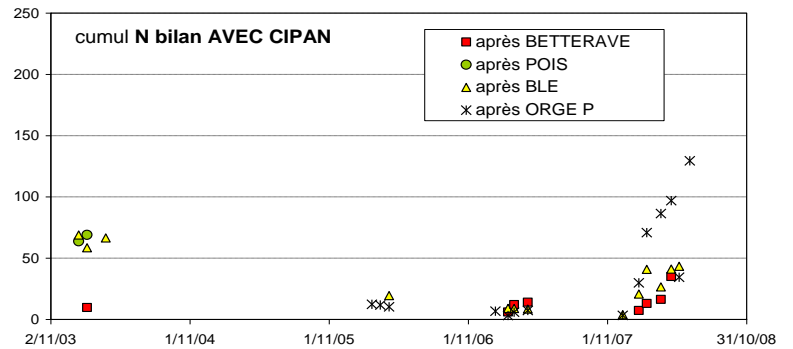
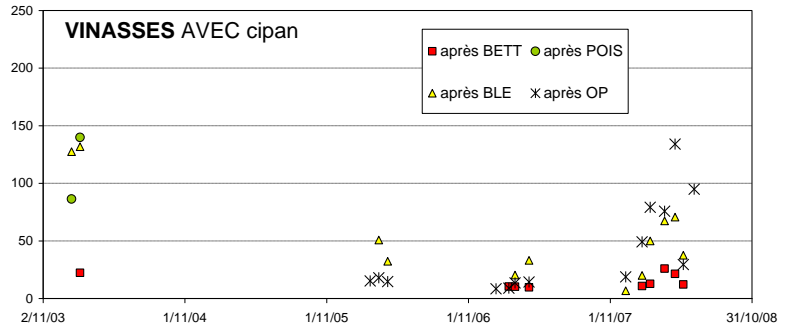
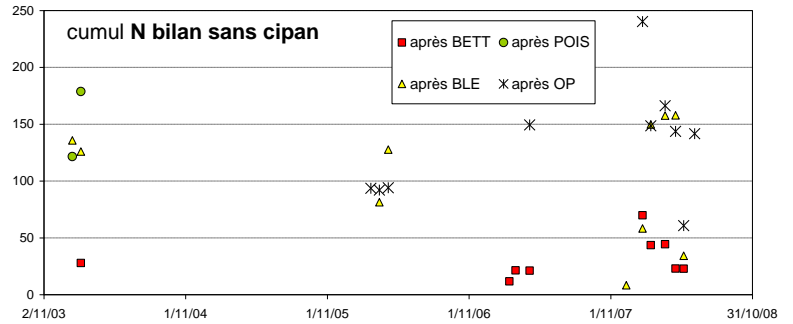


Concentrations en nitrates de l'eau issue des bougies

Les graphiques ci-contre indiquent – pour chaque prélèvement d'eau - les concentrations en nitrates (en mg/l) de l'eau collectée à partir des bougies poreuses installées à 110 cm de profondeur.

Chaque graphique correspond à un traitement de la phase 2 de l'essai.

Le drainage durant l'interculture 2004-2005 (voir plus haut) a été insignifiant (pas de récupération d'eau à partir des bougies).



Les concentrations moyennes sur 5 ans sont indiquées dans le tableau et le graphique du bas de page.

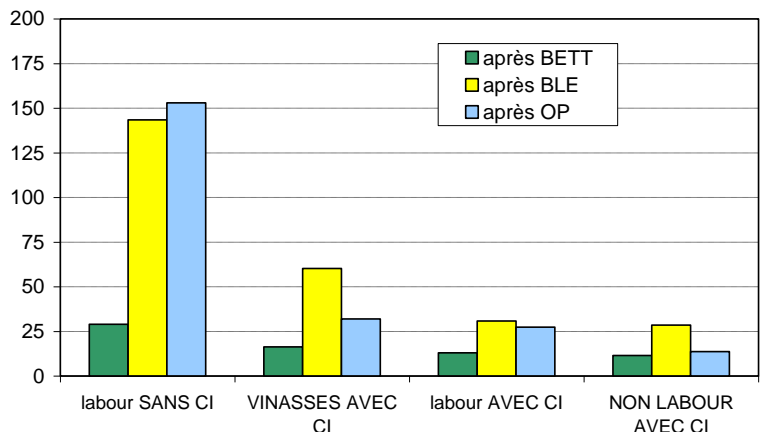
On retrouve l'effet important des cultures intermédiaires pour limiter ces concentrations (voir phase 1 de l'essai).

Le « couple » vinasses – cultures intermédiaires augmente peu le risque par rapport au traitement labour AVEC CIPAN (SANS VINASSES).

LE TRAITEMENT NON LABOUR n'est pas différent du traitement LABOUR.

concentration moyenne de l'eau en NITRATES

traitement cumulé	après BETT	après BLE	après OP	moyenne
labour SANS CI	29	144	153	109
VINASSES AVEC CI	16	60	32	36
labour AVEC CI	13	31	27	24
NON LABOUR AVEC CI	12	29	14	18



suite concentrations en nitrates de l'eau issue des bougies

Les graphiques ci-contre reprennent les concentrations moyennes annuelles par type d'interculture.

