

Ecole Nationale Supérieure Agronomique
de GRIGNON

Septembre 1971

INFLUENCE DU TRAVAIL MINIMUM DU SOL
SUR LES CONDITIONS DE LA NITRIFICATION

R. VILADECAS

(Chaire d'Agriculture
3ème année)

Notre étude a été réalisée sous la direction de M. A. RECAMIER, qui a bien voulu nous orienter et nous encourager tout au long de nos travaux.

En outre, sans l'appui et la collaboration de MM. les Professeurs et du personnel des chaires d'Agriculture, de Physico-Chimie et Science du Sol, du laboratoire de Technologie et du S.E.I. de GRIGNON, nous n'aurions pu fournir autant d'observations et de résultats analytiques.

Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre gratitude .

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
I. INTRODUCTION	1
II. DYNAMIQUE DE L'AZOTE MINERAL DANS LE SOL.	
2.1 Vue d'ensemble	4
2.2 Schéma de la minéralisation	7
III. CONDITIONS EXPERIMENTALES.	
3.1 Historique et buts de l'essai	9
3.2 Nature et caractéristiques du sol	13
3.3 Dispositif d'essai	15
3.4 Exécution des travaux agricoles	18
3.5 Prélèvements des échantillons.	
35.1 sol	20
35.2 plantes	22
35.3 organisation dans le temps	23
3.6 Analyses des prises d'essai	25
IV. CONDITIONS CLIMATIQUES.	
4.1 Facteur "chaleur"	28
4.2 Facteur " eau "	30
42.1 précipitations	30
42.2 humidité du sol	32
42.3 bilan hydrique	37

.../

	<u>Pages</u>
V. RESULTATS.	
5.1 Tableaux récapitulatifs des teneurs du sol en azote nitrique	40
5.2 Variations de la teneur en azote nitrique du sol.	
52.1 évolution générale durant la période d'essai	43
52.2 dynamique selon le profil	48
5.3 Analyse statistique	53
5.4 Résultats obtenus sur les plantes.	
54.1 teneur des plantes en azote	56
54.2 évolution des quantités de matière sèche par échantillon	57
54.3 évolution des quantités d'azote exportées par les plantes	60
54.4 observations sur le cycle végétatif des plantes	65
VI. CONSIDERATIONS SUR LES RESULTATS : SOL - PLANTES	76
VII. CONCLUSIONS GENERALES	84

--ooOoo--

ANNEXES.

- I. Méthode d'Analyse de l'Azote Nitrique du sol.
- II. Résultats par série de prélèvements en kg/ha.
- III. Caractéristiques de la Variété d'Orge RIKA.
- IV. Résultats Statistiques par série de prélèvements.

--ooOoo--

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

--ooOoo--

I - INTRODUCTION

Cette étude se situe dans le cadre des expériences menées à GRIGNON, sur les possibilités d'implanter une monoculture de céréales sur un sol non travaillé.

Les résultats de cette expérience dépendent de la localisation, de la répartition, et de l'évolution des éléments nutritifs, en particulier de l'azote sous forme nitrique.

Il était donc intéressant, à travers le dosage des nitrates, d'essayer d'évaluer l'intensité de sa dynamique dans le sol en fonction des conditions de milieu, en particulier selon les types de travail du sol, et les traitements de fumure azotée.

La présente étude introduit les résultats obtenus au cours de l'essai réalisé pendant la saison culturale 1970-1971.

2 - DYNAMIQUE DE L'AZOTE MINERAL DANS LE SOL

2.1 - VUE D'ENSEMBLE

L'azote introduit dans le sol l'est essentiellement sous forme organique. Or celle-ci est inutilisable pour les végétaux dont le métabolisme exige de l'azote minéral, essentiellement sous forme nitrique. On conçoit dès lors aisément que la connaissance du cycle évolutif de l'azote sous cette forme, dans le sol, revêt un aspect particulièrement important.

On sait depuis TH. SCHLOESSING et A. MUNTZ (1877) que la nitrification est un phénomène biologique dans le sol. L'étude de la dynamique de ce phénomène entraîne à préciser les étapes successives de la transformation (minéralisation) de l'azote organique dans le sol.

La minéralisation s'effectue en deux temps :

- l'ammonisation
- la nitrification

L'ammonisation représente le processus de transformation de l'azote organique en azote ammoniacal. L'ammoniaque libéré par les réactions bio-chimiques a un devenir multiple.

Une partie est absorbée par échange d'ions sur les complexes argilo-humique.

Une autre réutilisée par des micro-organismes hétérotrophes est ramenée sous forme de protéines microbiennes ou fongiques.

Une autre, oxydée par des autotrophes (nitrosomonas et nitrobacter) en nitrites et nitrates. (1).

.../

(1) Il n'est question ici, pour la nitrification, que des germes classiques nitrosomonas et nitrobacter, tous deux autotrophes.

Mais "un certain nombre d'hétérotrophes ont été rapportés par divers auteurs comme capables de former des nitrates soit à partir de l'ammoniaque, soit, à partir de divers corps organiques". J. POCHON et M. DE BARJAC. Traité de Micro-biologie des sols.

La nitrification est caractérisée par deux phénomènes étroitement couplés : la nitrosation et la nitratisation.

Le premier représente la transformation par oxydation de l'ammoniaque en acide nitreux, des sels ammoniacaux en nitrites.

Le second, également par oxydation, marque l'ultime étape de la minéralisation, la transformation des nitrites en nitrates.

C'est sous cette forme que le devenir de l'azote du sol est multiple :

- Une partie est utilisée par les végétaux supérieurs. Nous reviendrons dans cette étude sur les quantités utilisées par les plantes.
- Une autre est entraînée par les eaux c'est la lixiviation. Ce phénomène peut être la cause d'une diminution rapide du taux d'azote nitrique dans le sol. Dans la région Toulousaine, SOUBIES (1) met en évidence que, sur sol sablo-limoneux, l'azote minéral descend de 1 cm par 3 à 4 mm de pluie.

Plus récemment LIBOIS (2) a entrepris l'étude en plein champ de l'évolution de l'azote minéral du sol et des engrais dans le temps et en profondeur. Il constate que les pluies provoquent une descente de l'azote nitrique, mais également que son évolution en profondeur varie largement avec la nature du sol.

- Une autre est, sous l'action de microbes anaérobies, décomposée en nitrites, puis en sels ammoniacaux : c'est la dénitrification. "Problème extrêmement controversé : pour certains, phénomène rare, pathologique, de peu d'importance agronomique". "Pour d'autres, même dans des conditions normales, les pertes d'azote par dénitrification peuvent atteindre 120/kg/Ha/an". (3)
- Enfin, apparaît une évolution en sens inverse du phénomène de nitrification :

. La réorganisation

Mise en évidence par G. DROUINEAU et G. LEFEVRE (I. N. R. A.) ce phénomène peut porter sur des quantités très supérieures à ce que l'on

.../

(1) SOUBIES L, GADET R, et MAURY P, 1952 Ann. Agron; 3 : 365 - 384

(2) LIBOIS A, 1968. Ann. Agron; 58 : 145 - 151

(3) POCHON J, DE BARJAC H, 1958. Traité de Microbiologie des sols, 167.

admet habituellement pour la fixation d'azote non symbiotique. (1)

La complexité de la dynamique de ces phénomènes est due au fait "d'actions microbiennes variées" et "nos connaissances en matière de microbiologie du sol sont encore assez rudimentaires". (2)

Dynamique caractérisée par des variations très rapides pouvant aller du simple au triple en l'espace de quelques jours, voire quelques heures.

Les éléments agissants sur cette dynamique et pouvant éventuellement la favoriser ou la ralentir sont nombreux et complexes. Deux de ces éléments dus à des actions extérieures au milieu ; apport d'engrais et travail du sol ont des conséquences variées quant à leur influence : sur la prolifération microbienne pour les apports d'azote, sur la structure pour le travail du sol.

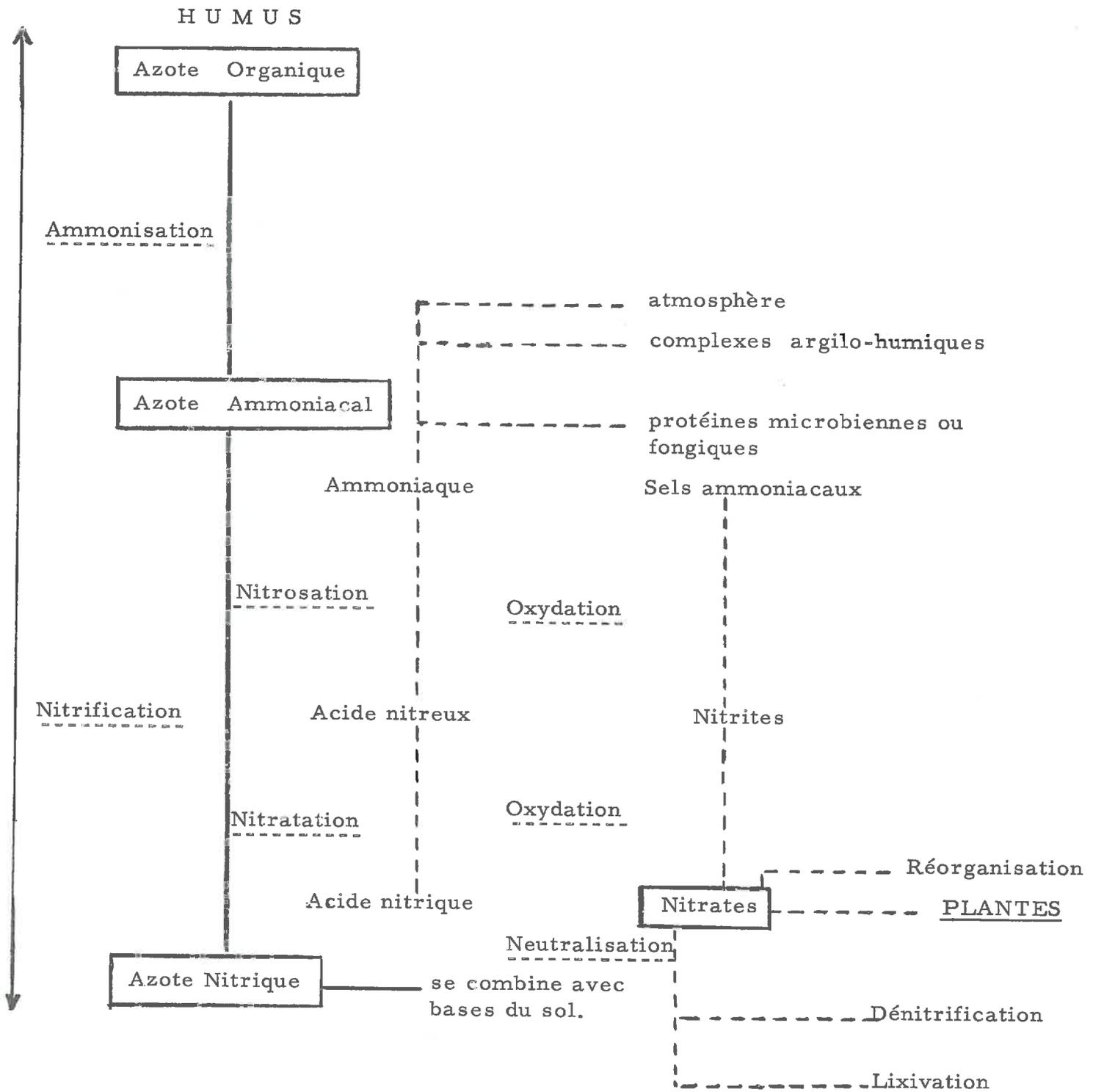
°

° °

(1) GROS A, (1967) - Engrais - Guide Pratique de la Fertilisation. 89

(2) GROS A, (1967) - Engrais - Guide Pratique de la Fertilisation. 133

2.2. SCHEMA DE LA MINERALISATION



3 - CONDITIONS EXPERIMENTALES

3.1 - HISTORIQUE ET BUT DE L'ESSAI

La notion de "labour profond" nettoyant le sol et enfouissant la fumure organique, est depuis longtemps considérée comme l'opération de base en agriculture. Mais, l'évolution des techniques, en particulier de la mise au point d'un certain nombre de produits chimiques pouvant détruire les mauvaises herbes, a entraîné les chercheurs et les expérimentateurs à reconsidérer la conception d'ensemble "des travaux de préparation du sol".

Conception évoluant vers l'idée, dans certains cas, de la suppression du labour au profit de techniques appelées "travail minimum du sol". Ces techniques, sans être généralisées à outrance, pourraient dans de nombreux cas et conditions adéquates, remplacer le labour profond, en réduisant au minimum le nombre et le volume des interventions dans le sol.

Il convient, après les nombreuses expériences effectuées tant dans des régions que sur des cultures très diverses de définir ce que représente cette "simplification du travail du sol". Deux modes d'interventions peuvent être décrites :

- Le non-labour ou travail superficiel du sol

Opération représentant un travail sans retournement, excluant les instruments du type charrue ou disques. Les préparations superficielles subsistent, et le semis se fait de façon classique.

- Le semis direct s'effectue dans une terre non préparée, à l'aide d'un semoir adapté.

Ces techniques, devenues question d'actualité, peuvent effectivement conduire à une meilleure rentabilité pour l'agriculteur si elles sont bien menées. Mais, la substitution d'une technique culturale nouvelle telle que le semis direct, à une autre telle que le labour, exige des essais de longue durée. Essais devant dégager des résultats significatifs quant à l'évolution des éléments fertilisants, la structure, la microflore et la faune du sol, avant de passer à une application pratique généralisée du "travail minimum du sol".

Ces contraintes qui font l'objet de nombreuses études dans le cadre de la recherche et de l'expérimentation agronomique, sont étudiées depuis plusieurs années déjà, à la ferme expérimentale de GRIGNON.

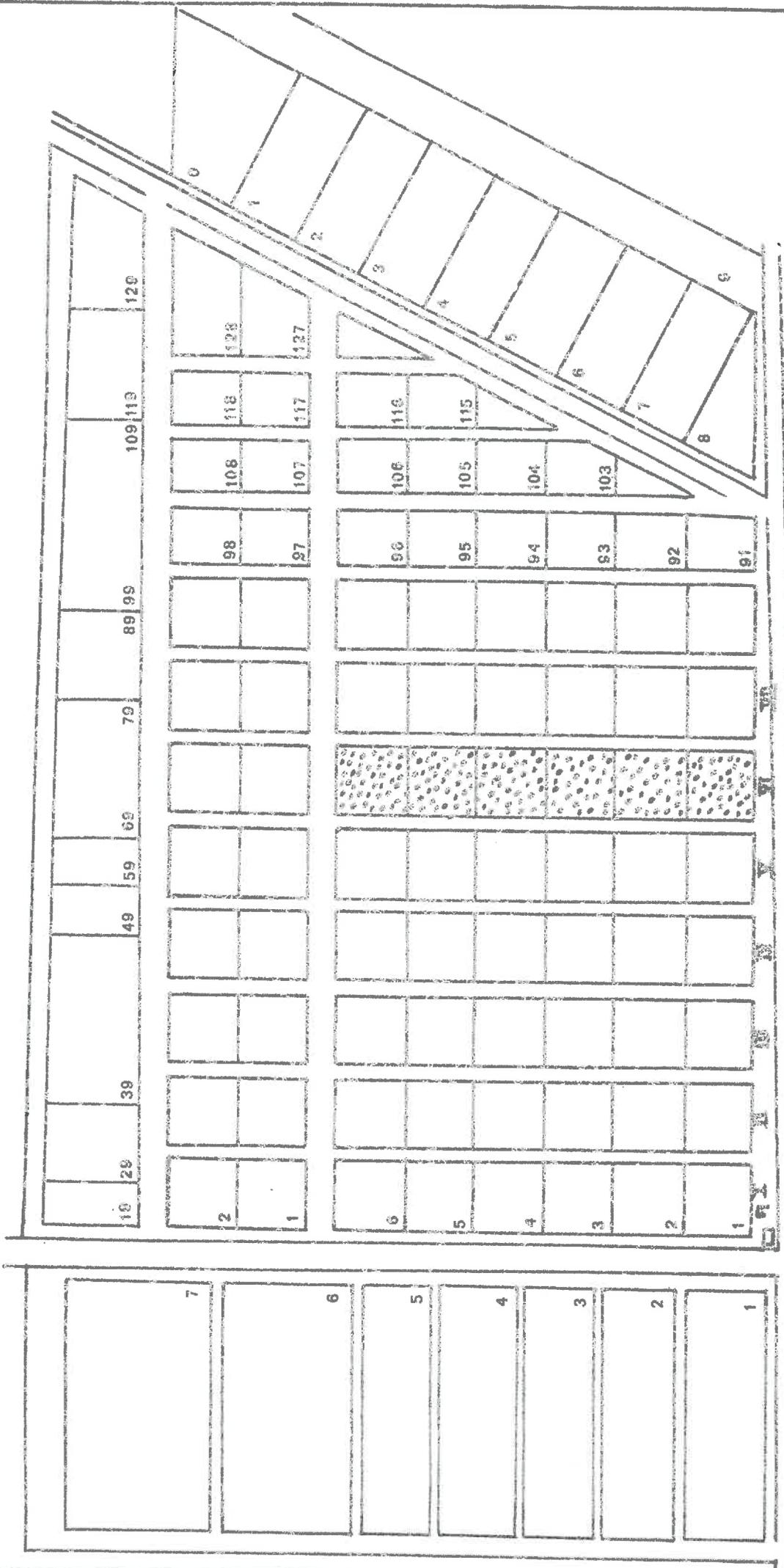
Parmi les essais mis en place, celui de la pièce de Vignes A VI (plan d'essai page 11) a débuté en 1958 par l'étude de trois têtes de rotations dans les trois assolements suivants :

Années	Cultures
1958	Plantes sarclées : Pommes de terre - Pois - Lin
1959	Blé
1960	Orge
1961	Plantes sarclées : Pommes de terre - Pois - Lin
1962	Blé
1963	Orge
1964	Plantes sarclées : Pommes de terre - Pois - Lin
1965	Blé
1966	Orge

Jusqu'en 1966 cette expérience était donc caractérisée par un essai à deux étages : le travail du sol et les précédents culturaux. A partir de 1967 (tableau page 12), et après trois cycles de rotations triennales, le protocole a été modifié afin d'étudier l'implantation d'une monoculture de céréales (en l'occurrence de l'orge) sur un sol non travaillé en comparaison avec un labour d'hiver à 20 cm et un travail superficiel du sol à 10 cm. Les trois types d'interventions culturales étant définies ainsi :

- L0 : aucun travail mécanique
- L1 : travail superficiel du sol (10 cm)
- L2 : labour traditionnel (20 - 25 cm).

CENTRE DE RECHERCHES ET D'EXPERIMENTATION



(Essai portant sur une monoculture d'orge)

Années	Travail du sol	Fumure	Traitements chimiques	Observations
1967	L0 : Aucun travail : mécanique	N. 70 U/ha Ammo- : nitrates 22 %	Traitement au paraquat avant semis (0, 9 kg/ha de matière active)	L0
	L1 : Rotavator	P) 100 et (0.20.20 K) 100	0, 8 kg/ha paraquat D N C A (3kg/ha)	L0 L0.L1.L2
	L2 : Labour			
1968	L0 : Aucun travail : mécanique	N. 60 U/ha Ammo- : nitrates 22 %	Aminotriazol (20 l/ha) (3, 6 l/ha)	L0 L0.L1
	L1 : Rotavator	P) 100 et (0.20.20 K) 100	Paraquat (0, 800 l/ha) D N C A (3 kg/ha)	L0 L0.L1.L2
	L2 : Labour			
1969	L0 : Aucun travail : mécanique	N. 60 U Solonia 360	Aminotriazol (3, 6 kg/ha) Paraquat (0, 8 kg/ha)	L0.L1.L2 L0.L1.L2
	L1 : Rotavator	P) 100 et (0.20.20	Aminotriazol (3, 6 kg/ha) D N O C (3 kg/ha)	L0.L1 L0.L1.L2
	L2 : Labour		M C P A (0, 800 l/ha)	L0.L1.L2
1970	L0 : Aucun travail : mécanique	N. 60 U Solonia 30 U Ammonitrates	Traitement Aminotriazol (3, 600 l/ha) Traitement Aminotriazol (3, 600 l/ha)	L0.L1 L0.L1
	L1 : Rotavator	P) 100 et (0.20.20 K) 100	D N C A (3 kg/ha) M C P A (800 g/ha)	L0.L1.L2 L0.L1.L2
	L2 : Labour			

3.2 - NATURE ET CARACTERISTIQUES DU SOL

L'essai "A VI" est implanté sur un sol de type "brun légèrement lessivé" édifié sur une roche mère "limons de plateaux".

Ce sol très anciennement mis en culture, d'aspect très homogène, peut être défini à l'aide des caractéristiques suivantes (1) :

: - Profondeur	: 60 - 80 cm	:
: - Densité apparente	:	:
: moyenne selon les	:	:
: horizons	: 1,30 à 1,58	:
: - Eléments - 2 cm	: 1 - 5 % (charbons,	:
:	: cendres, scories, dé-	:
:	: bris ménagers, etc...)	:
:	:	:

.../

(1) D'après J. BRICHTEAU. Laboratoire "Sciences du sol".

Limon à dominante "Limons grossiers"	- Sable grossier	1,5 %	
	- Sable fin	6 %	50-20 μ
	- Limon grossier	46 %	20-50 μ
	- Limon fin	20 %	2-20 μ
	- Argile	23 %	

- C O 3 Ca	3 %
- PH H2O	7,8
- PH Kcl	7,7
- Matière organique totale	24 %
- C/M	9,4

- Structure fragmentaire en surface, grumeleuse, puis polyédrique subanguleuse, fine (1-2 mm).
- Consistance : peu cimenté
peu plastique non collant (adhésivité)
friable
assez fragile.
- Transition graduelle-diffuse avec l'horizon sous-jacent.

.../

3.3 - DISPOSITIF D'ESSAI 1971

Nous avons introduit au début de ce chapitre les notions de travail du sol représentées par les trois traitements : L0 - L1 - L2.

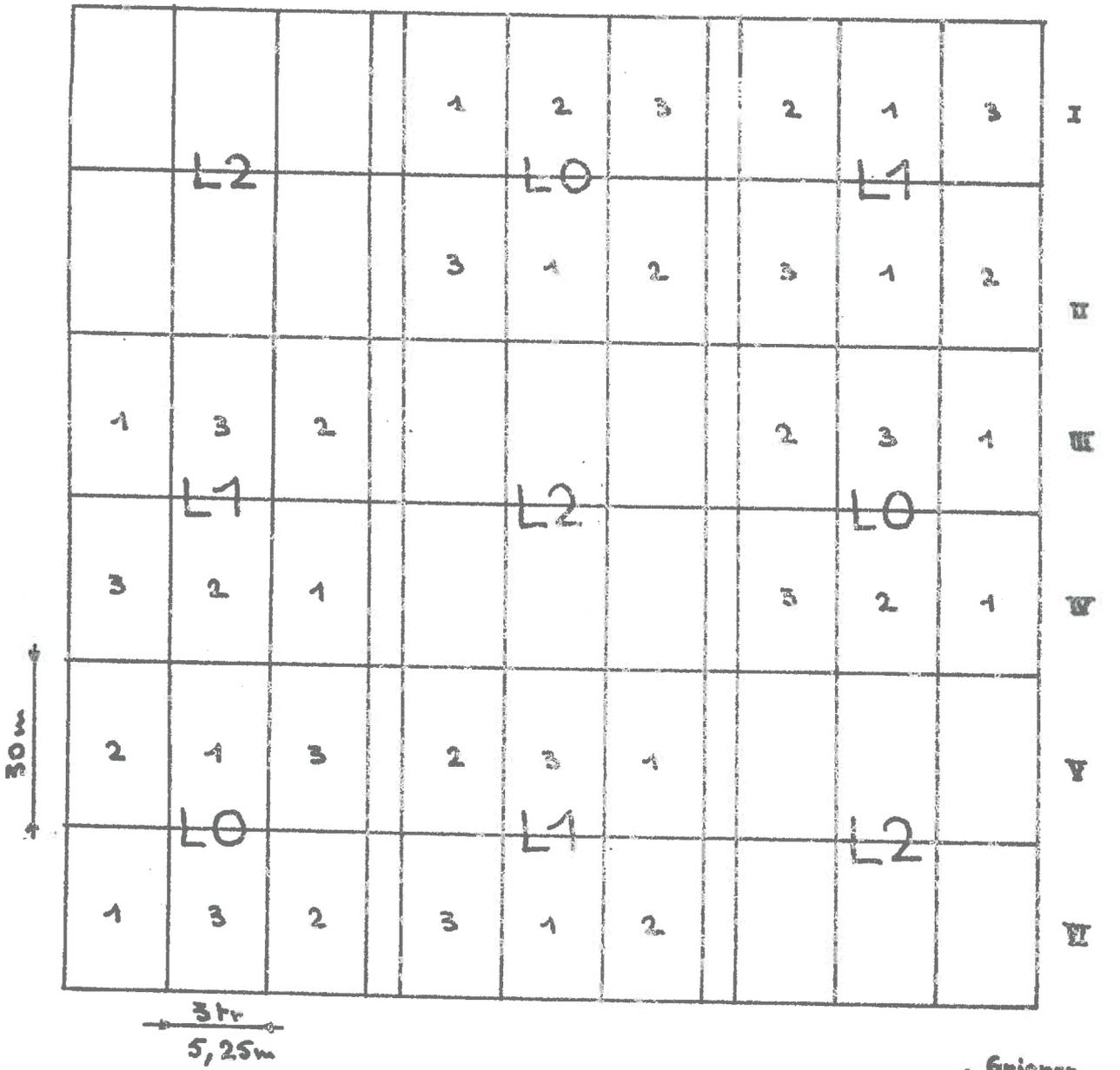
A cette variable, travail du sol, vient s'ajouter une variable fumure azotée, caractérisée par deux doses de fumure différentes.

La répartition des trois types d'interventions culturales sur le champ d'essai, représente un dispositif en carré latin. Il s'agit d'un essai factoriel mettant "en jeu" :

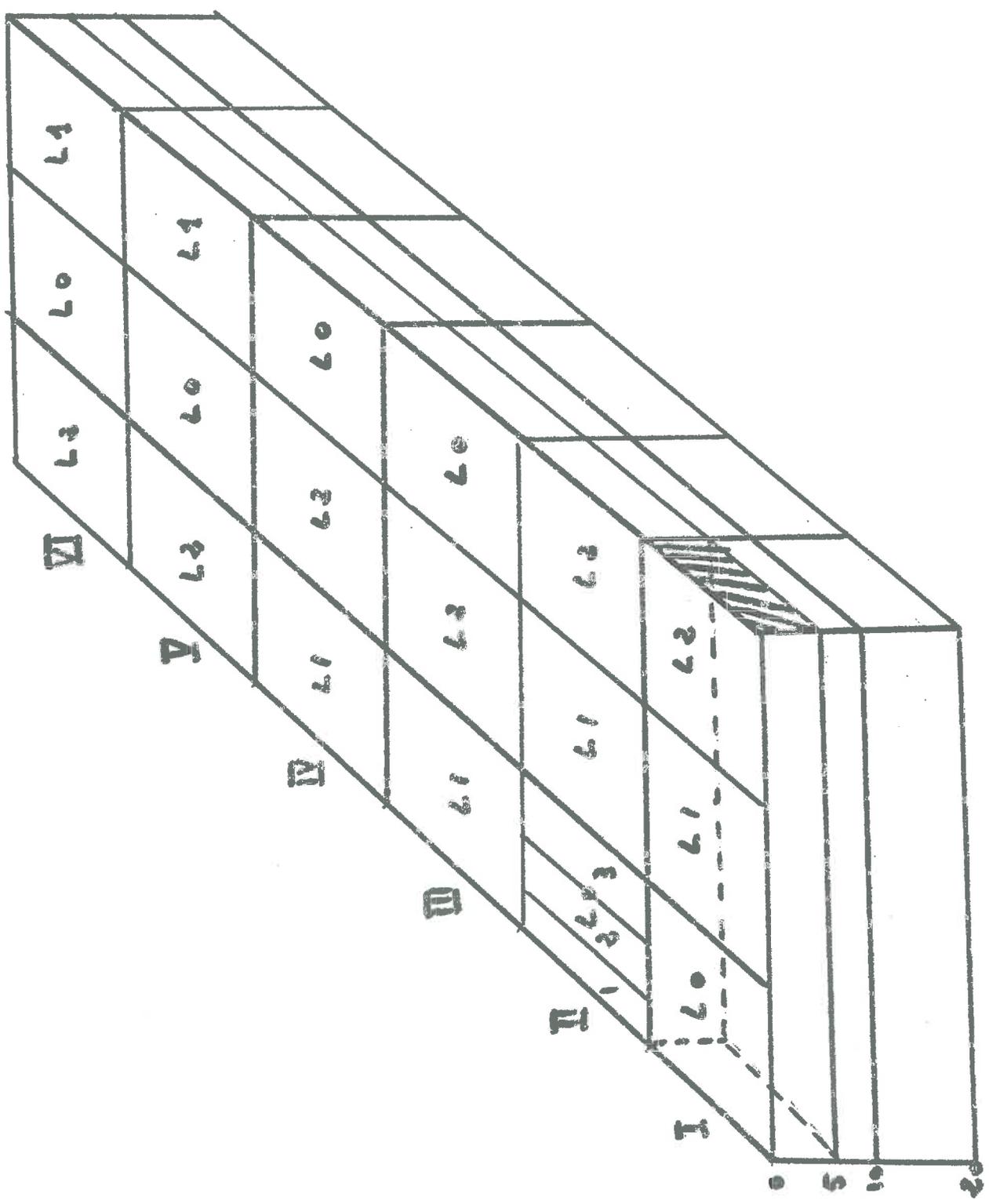
- Le travail du sol, avec un dispositif, en blocs, caractérisé par le fait que dans chaque répétition, tous les traitements sont représentés un même nombre de fois et répartis au hasard.

- La fumure azotée : Chaque bloc (numéroté de I à VI) a reçu au hasard pour chaque traitement "travail du sol", deux doses différentes de fumure azotée réparties sur trois parcelles unitaires. Cette répartition split-plot est individualisée sur le terrain par des parcelles numérotées 1, 2 et 3. Toutes les parcelles ont reçu 60 U d'azote sous forme liquide, les parcelles 2 ayant reçu en plus 30 U d'ammonitrates (plan d'essai page 16).

SEMIS DIRECT (V. AVI)



SCHEMA DU DISPOSITIF D'ESSAI



3.4 - EXECUTION DES TRAVAUX AGRICOLES SUR L'ANNEE 1971- Fumure -

* Engrais : N.

Désignation	Dosage	Différentes formes N contenues	Quantités épendues	Dates
SOLONIA (s/forme liquide)	39 %	- nitrique - ammoniacale - uréique	60 U	26.3.71
Ammonitrate (s/forme granulée)	23 %	- nitrique - ammoniacale	30 U	26.3.71

P et K.

P.	0. 25. 25.	100 U	12.10.70
K.		100 U	12.10.70

* Organique : enlèvement des pailles.

.../

- Traitements -

Produits	Doses	Lieu	Dates
Aminotriazole.	3, 6 l/ha	L0 L1 L2	17. 9. 70
Paraquat.	0, 800 l/ha	L0 L1 L2	25. 9. 70
Aminotriazole.	2, 4 l/ha	L0 L1	24. 2. 71
D. N. O. C.	2, 6 kg/ha	L0 L1 L2	29. 4. 71
M. C. P. A.	0, 800 l/ha	L0 L1 L2	12. 5. 71

- Labours -

Labour.		L2	24. 11. 70
---------	--	----	------------

- Façons culturales -

Rotavator.		L1	15. 3. 71
Herse.		L2	15. 3. 71
Cross Kill.		L1 L2	16. 3. 71
Cultipaker.		L0 L1 L2	16. 3. 71
Semis.		L0 L1 L2	16. 3. 71

.../

3.5 - PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Nous avons tenu compte dans la constitution des échantillons tant pour le sol que pour les plantes, de la répartition des traitements de travail du sol (L0. L1. L2), et de la variable fumure azotée représentée par deux doses d'engrais 60 U et 90 U.

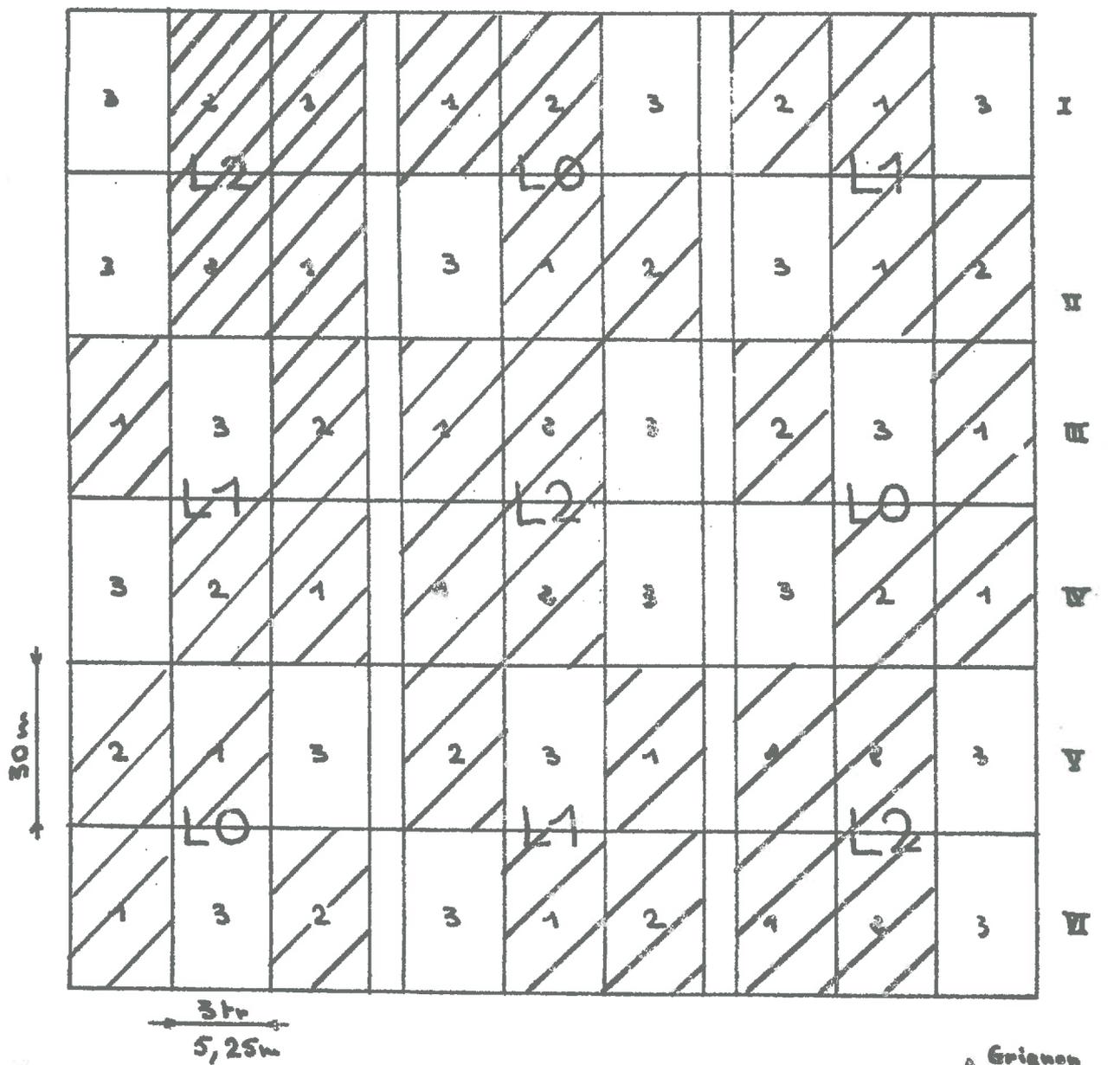
35.1 - S o l

Les prélèvements (plan d'essai page 21) ont été réalisés sur les parcelles 1 = 60 U et les parcelles 2 = 90 U ; dans une zone médiane, à l'aide d'une sonde, à raison de 6 prélèvements sur la longueur de la parcelle, à 3 profondeurs différentes :

- 0 - 5 cm
- 5 - 10 cm
- 10 - 20 cm.

SEMIS DIRECT (V. AVI)

PARCELLES RETENUES POUR LES PRELEVEMENTS



La terre ainsi recueillie (dans des sachets de polyéthylène) nous a conduit à individualiser pour chaque parcelle, 3 échantillons correspondant aux trois niveaux de prélèvement choisis. Sauf sur le bloc II où le nombre d'échantillons a été porté à quatre en raison du prélèvement effectué sur chaque parcelle à la profondeur : 30 - 40 cm. Ceci afin de situer éventuellement l'évolution de l'azote nitrique sous la semelle de labour.

Nous avons par conséquent été conduit à analyser après chaque série de prélèvements :

3 profondeurs x 3 types de travail du sol x 2 traitements de fumure = 108 échantillons
+ 18 échantillons dans le bloc II à la profondeur 30 - 40 cm = 126 échantillons de sol.

Limité par les possibilités d'analyses, nous avons convenu d'effectuer :

- un prélèvement en fin d'hiver, avant l'épandage de la fumure azotée ;
- après épandage, des prélèvements correspondant aux différents stades végétatifs de la plante. (Schéma page 24).

35.2 - Plantes

A partir du stade montaison (mois de mai), des prélèvements de plantes ont été effectués pour évaluer les exportations d'azote. La constitution des échantillons de plantes a été réalisée de la manière suivante :

- pour chaque type de travail du sol,
- et
- pour chaque traitement de fumure, ont été prélevées deux lignes de semis de 50 cm choisies au hasard sur la parcelle.

Les prélèvements de plantes ont été réalisés aux mêmes dates que les prélèvements de sol.

Prélèvements	Sol		Plantes	
A	15 mars	1971	—	
B	15 avril	1971	—	
C	3 mai	1971	—	
D	21 mai	1971	21 mai	1971
E	7 juin	1971	7 juin	1971
F	10 juillet	1971	10 juillet	1971
G	28 juillet	1971	28 juillet	1971

35.3 - Organisation dans le temps

Le schéma page 24, indique les époques des prélèvements de sol ; des prélèvements et observations des plantes, reliés aux différents stades végétatifs de l'orge sur l'essai A VI.



prélèvements sol.



prélèvements plantes.



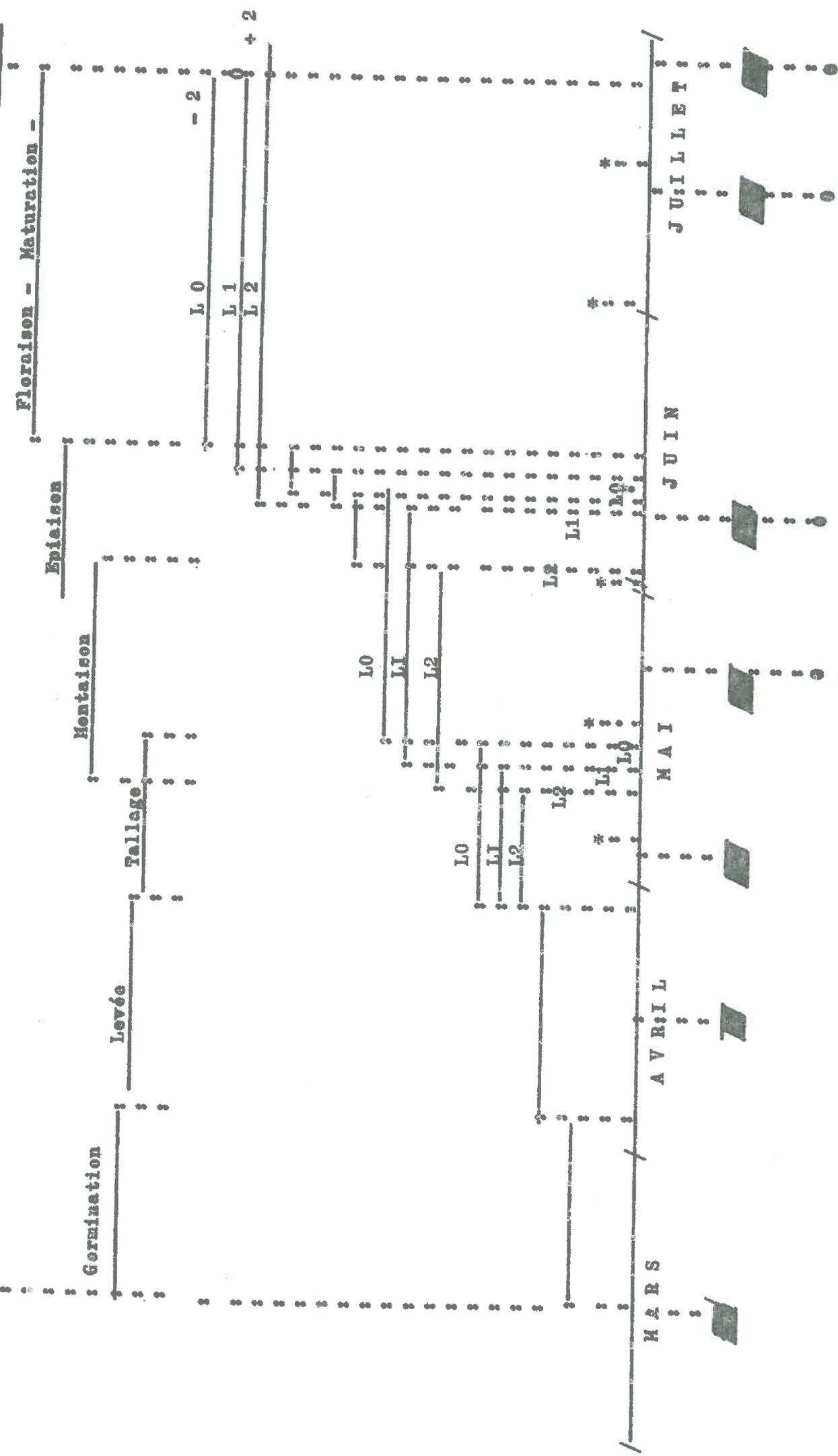
observations plantes.



stade végétatif suivant le type de travail du sol.

SEMS

RECOLTE



Floreaison - Maturation -

Epiaison

Montaison

Germination

Levée

Tallege

- 2

L 0

L 1

L 2

+ 2

L 0

L 1

L 2

L 0

L 1

L 2

L 0

L 1

L 2

L 0

L 1

L 2

L 0

L 1

L 2

MARS

AVRIL

MAI

JUIN

JUILLET

3.6 - ANALYSES DES PRISES D'ESSAIS

Les analyses et mesures effectuées, tant sur le sol que sur les plantes, nous ont permis de déterminer :

- la teneur en azote nitrique des échantillons de terre ;
- la teneur en humidité du sol lors des prises d'échantillons ;
- la teneur en azote total des plantes ;
- la quantité de matière sèche par échantillon de plantes.

La teneur en azote nitrique du sol a été déterminée par la méthode dite "à l'acide phénol disulfonique". (Cette méthode est décrite dans l'annexe I).

Le dosage de l'azote total des plantes a été réalisé par la méthode Kjeldahl et dosage colorimétrique par la méthode de Berthelot sur autoanalyseur.

Ces analyses ont été effectuées à l'E. N. S. A. de GRIGNON. La première au laboratoire de "Science du sol", la deuxième au laboratoire de Technologie.

4 - CONDITIONS CLIMATIQUES

L'influence des "facteurs climatiques" sur le développement de la plante est caractérisée par une abondance de publications qui reflète l'intérêt agronomique et scientifique de ce problème.

Nous ne pouvons dans ce chapitre aborder tous les "éléments météorologiques" agissant sur le milieu.

Il nous est tout de même paru indispensable, en fonction des données que nous possédions, d'étudier, pour la période correspondant au cycle végétatif de la plante, deux facteurs essentiels :

- le facteur "chaleur";

- le facteur "eau" :

- précipitations

- humidité du sol

- E. T. P.

4.1 - LE FACTEUR "CHALEUR"41.1 - Températures- Températures minima

J	F	M	A	M	Jn	Jt	:Mois :Années:
1,2	0,8	-1,0	4,2	9,6	11,1	12,9	1970
-0,5	-0,9	1,9	4,2	7,2	10,0	11,9	Moyenne: :1947-1969:

- Températures maxima

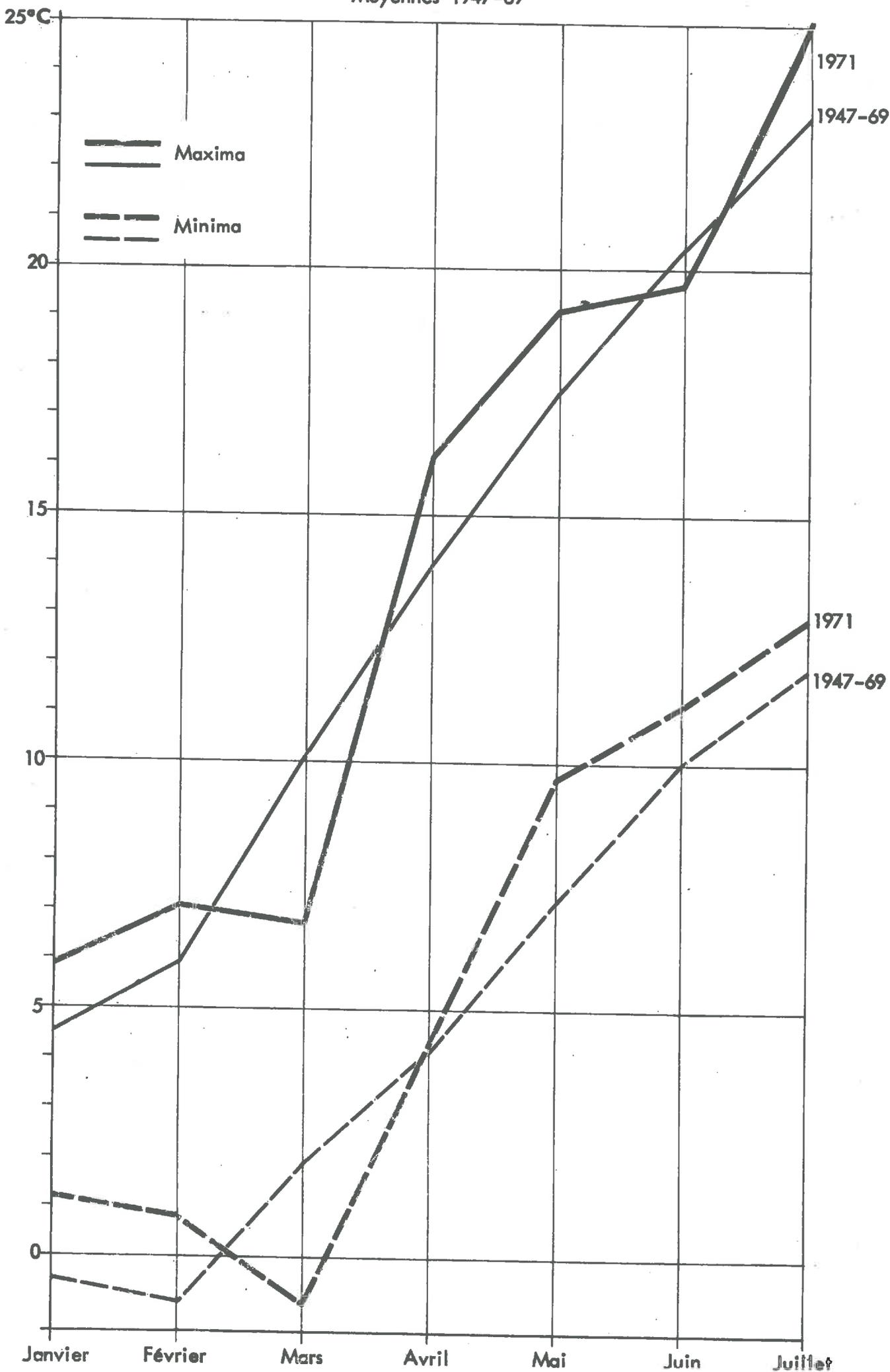
J	F	M	A	M	Jn	Jt	:Mois :Années:
5,9	7,1	6,8	16,2	19,1	19,6	25,1	1970
4,5	5,9	10,1	14,0	17,4	20,9	23,1	Moyenne: :1947-1969:

- Températures dans le sol à 50 cm

J	F	M	A	M	Jn	Jt	:Mois :Années:
3,7	5	4,3	5,7	13,5	15,4	19	1970

.../

TEMPÉRATURES MAXIMA - MINIMA 1971
Moyennes 1947-69



4.2 - LE FACTEUR "EAU"42.1 - Précipitations

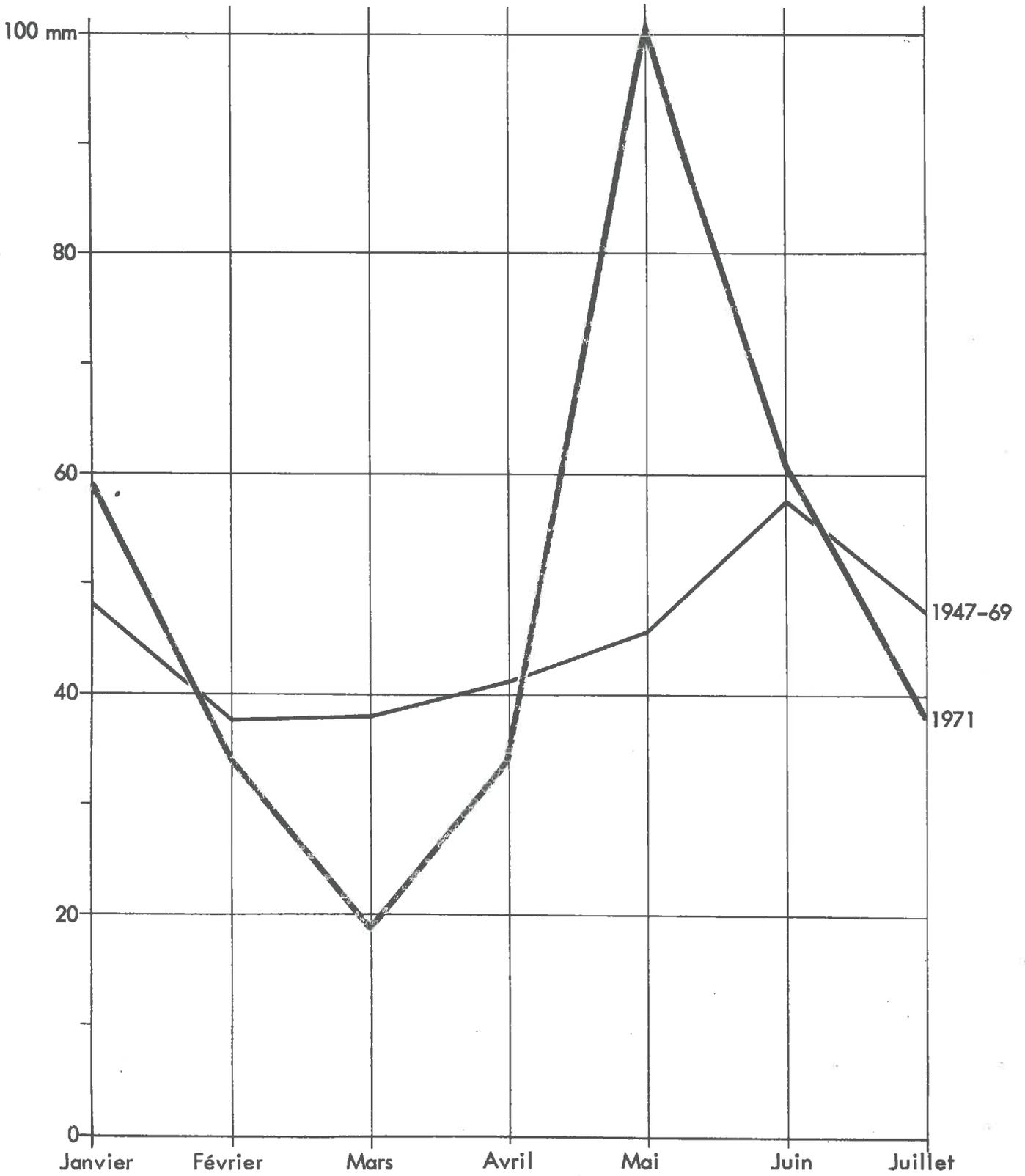
Mois	J	F	M	A	M	Jn	Jt
Années							
1e décade	14,8	0,5	2,7	5,2	1,3	12,7	13,3
2e décade	-	32,9	11,0	-	83,2	32,0	-
3e décade	44,1	0,2	4,7	28,8	15,5	16,6	24,2
Total 1971	58,9	33,6	18,4	34,0	100,0	61,3	37,5
Moyenne 1947 - 1969	48,5	37,0	37,4	40,2	45,2	57,8	48,7

- Précipitations caractérisées par :

- . un déficit en mars ;
- . de violents orages en mai.

.../

PLUVIOMÉTRIE



42.2 - Humidité du sol

Lors de chaque prélèvement de sol, nous avons exprimé les résultats des dosages en humidité absolue. Ces dosages ont été effectués en chauffant à l'étuve, pendant 24 heures, les échantillons de terre retenus. Nous avons aboutis à la détermination d'une humidité moyenne (valable pour chaque niveau auquel a été fait le prélèvement : 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, ...) évaluée en pour cent de terre sèche.

Prélèvement. A. (15.3.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de matière sèche	
		niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	15,0 %	15,4 %
	10	15,4 %	
	20	16,0 %	
L1	5	14,8 %	15,4 %
	10	15,5 %	
	20	15,9 %	
L2	5	15,1 %	15,7 %
	10	15,8 %	
	20	16,2 %	

.../

Prélèvement. B. (15.4.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	8,8	13,1
	10	15,2	
	20	15,3	
L1	5	8,2	13,2
	10	15,6	
	20	15,8	
L2	5	10,2	13,2
	10	13,6	
	20	16,0	

Prélèvement. C. (3.5.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	11,4	13,9
	10	15,2	
	20	15,2	
L1	5	10,6	13,8
	10	15,4	
	20	15,5	
L2	5	9,6	13,4
	10	14,8	
	20	16,0	

Prélèvement. D. (21.5.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	20,5	18,6
	10	18,2	
	20	17,2	
L1	5	18,4	17,8
	10	17,8	
	20	17,2	
L2	5	19,0	17,6
	10	17,2	
	20	16,8	

Prélèvement. E. (7.6.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	15,2	15,4
	10	15,4	
	20	15,6	
L1	5	15,4	15,5
	10	15,6	
	20	15,6	
L2	5	13,8	14,0
	10	13,9	
	20	14,4	

.../

Prélèvement. F. (12.7.71)

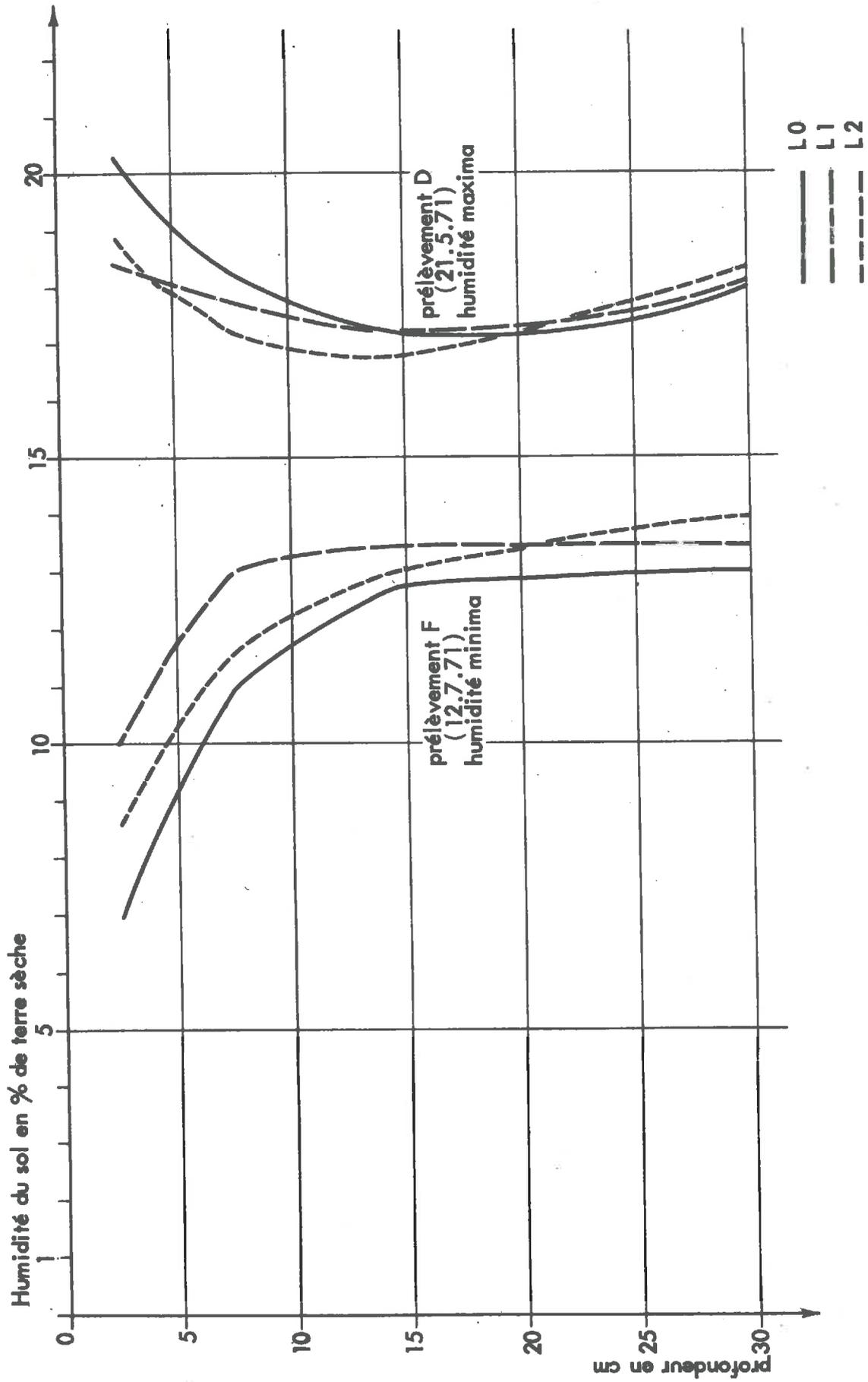
Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	7,0	10,2
	10	11,0	
	20	12,8	
L1	5	10,0	12,1
	10	13,0	
	20	13,4	
L2	5	8,6	11,6
	10	11,6	
	20	13,0	

Prélèvement. G. (28.7.71)

Type de travail du sol	Profondeur	Humidité du sol en % de terre sèche	
		par niveau	moyenne s/20 cm
L0	5	18,8	17,7
	10	18	
	20	16,4	
L1	5	17,8	17,4
	10	17,4	
	20	17,2	
L2	5	15,4	15,2
	10	15,2	
	20	15,2	

.../

PROFILS HYDRIQUES

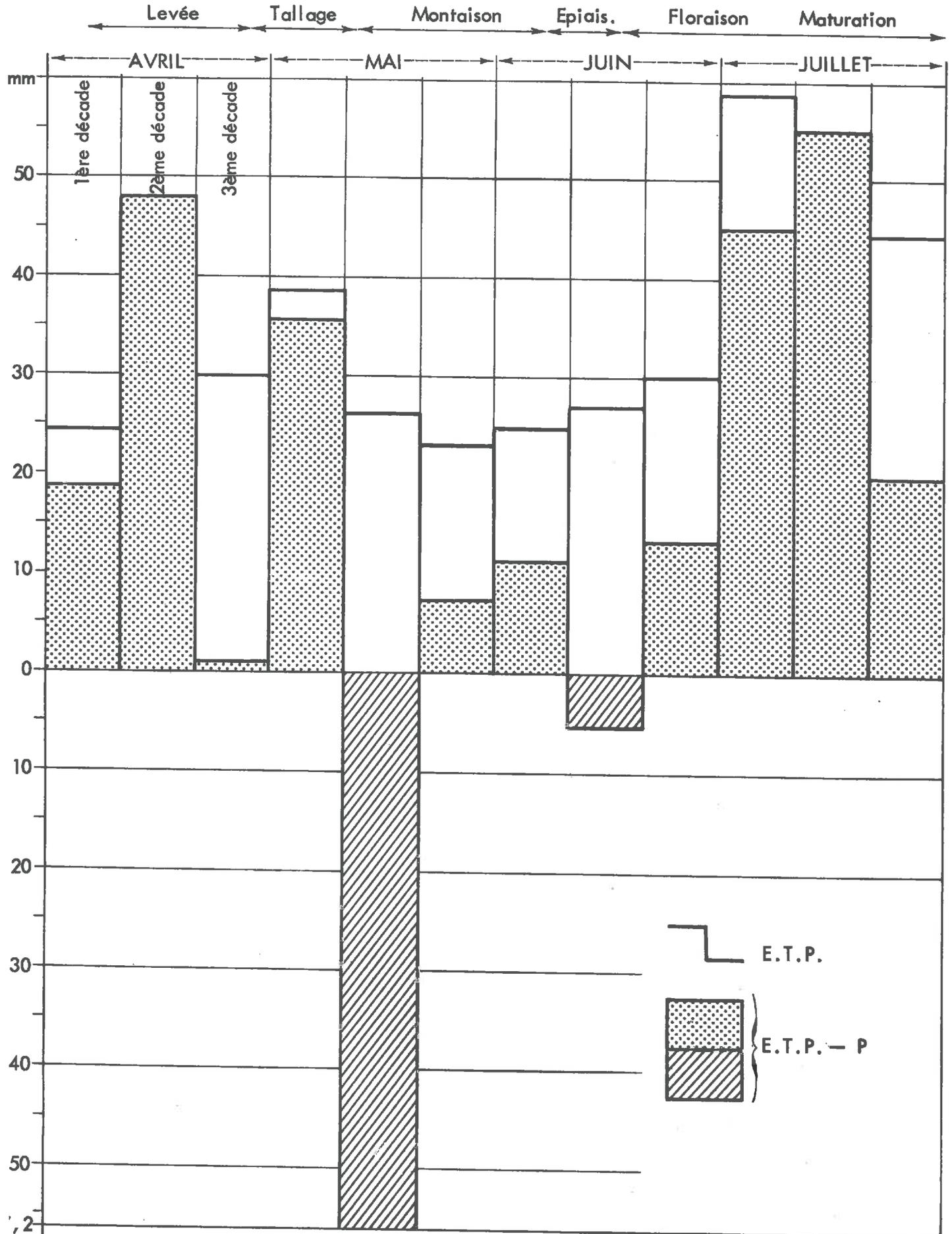


42.3 - Bilan hydrique

71	AVRIL			MAI			JUIN			JUILLET		
	1° dé- cade	2° dé- cade	3° dé- cade	1° dé- cade	2° dé- cade	3° dé- cade	1° dé- cade	2° dé- cade	3° dé- cade	1° dé- cade	2° dé- cade	3° dé- cade
T. P.	24,1	47,9	30,0	38,2	26,0	22,8	24,2	26,8	30,0	58,0	55,1	44,2
Evapo- trite	5,2	-	28,8	1,3	83,2	15,5	12,7	32,0	16,6	13,3	-	24,2
P - P)	18,9	47,9	1,2	36,9	-57,2	7,3	11,5	- 5,2	13,4	44,7	55,1	20,0

- Le bilan hydrique correspondant au cycle végétatif de la plante, fait apparaître un déficit, malgré les fortes précipitations de mai. (déficit : 174 mm).

BILAN HYDRIQUE



5 - R E S U L T A T S

5. 1 - TABLEAUX RECAPITULATIFS DES TENEURS DU SOL EN AZOTE NITRIQUE

Les résultats après analyses nous indiquaient les teneurs du sol en azote nitrique exprimées en p. p. m. (partie par million) de la matière sèche du sol.

La correspondance obtenue entre les teneurs en p. p. m. et les quantités en kg/ha n'est qu'approchée, une masse volumique moyenne du sol de : 1,46 T/m³ ayant été retenu pour l'ensemble de l'essai. Ce chiffre résulte des sondages de densité que nous avons effectués sur A VI en mars 1971.

Les chiffres représentant ces résultats (teneurs en p. p. m. et quantités en kg/ha) pour les 7 séries de prélèvements, ont été regroupés dans les deux tableaux des pages suivantes. Chaque série est individualisée par la moyenne des résultats obtenus par traitement et par niveau sur les 6 blocs de l'essai.

L'annexe n° II détaille les résultats en kg/ha de chaque série de prélèvements, par traitements, blocs et niveaux.

- Teneur en N_{n03} exprimée en p. p. m.

		A	B	C	D	E	F	G
T	(P)	15/3/71	15/4/71	3/5/71	21/5/71	7/6/71	10/7/71	28/7/71
. 1	5	6,64	46,38	28,92	13,46	3,77	2,43	3,61
	10	2,74	8,94	22,25	4,89	4,15	2,30	4,35
	20	2,47	8,91	10,86	3,80	4,86	2,15	4,24
	t							
. 2	5	5,66	68,70	39,75	16,79	4,81	2,55	3,78
	10	2,77	13,04	36,67	7,70	4,37	2,13	4,08
	20	2,81	13,13	17,34	6,03	5,29	1,73	3,84
	t							
. 1	5	5,55	34,94	22,39	11,11	4,07	2,79	3,60
	10	3,50	13,89	18,61	5,24	4,56	2,03	3,92
	20	2,62	13,02	10,69	4,45	4,57	1,88	3,95
	t							
. 2	5	8,15	40,33	34,68	17,87	3,26	2,47	3,76
	10	3,38	18,13	30,91	3,83	2,91	2,13	4,16
	20	2,87	13,29	13,61	4,37	4,80	1,66	4,25
	t							
. 1	5	3,33	43,27	18,95	11,00	3,82	2,39	3,46
	10	2,25	10,71	16,48	4,00	3,34	2,24	3,67
	20	2,10	10,50	6,91	4,63	4,27	2,20	4,54
	t							
. 2	5	4,51	50,20	27,77	14,25	3,85	2,52	3,68
	10	1,77	11,98	22,61	3,90	3,75	2,20	3,99
	20	1,92	15,92	11,82	3,16	3,42	1,71	4,73
	t							

- Teneur en N_{NO3} en kg/ha

Γ	(P)	A	B	C	D	E	F	G
		15/3/71	15/4/71	3/5/71	21/5/71	7/6/71	10/7/71	28/7/71
1	5	4,84	33,85	21,11	10,24	2,74	1,81	2,70
	10	1,99	6,52	16,24	3,73	3,02	1,72	3,26
	20	3,61	13,00	15,86	5,06	7,09	3,14	6,02
	t	10,44	53,37	53,21	19,03	12,85	6,67	11,98
2	5	4,13	50,14	29,01	12,79	3,50	1,91	2,83
	10	2,02	9,51	26,76	5,92	3,18	1,59	3,06
	20	4,09	19,12	25,31	8,03	6,19	3,05	6,69
	t	10,24	78,77	81,08	26,74	12,87	6,55	12,58
1	5	4,05	25,50	16,34	8,52	2,96	2,09	2,69
	10	2,55	10,13	13,58	3,99	3,44	1,56	2,93
	20	3,82	14,67	15,61	5,97	6,66	2,74	6,89
	t	10,42	50,30	45,53	18,48	13,06	6,39	12,51
2	5	3,75	32,86	25,31	13,54	2,38	1,83	2,81
	10	2,42	13,23	22,60	2,95	2,12	1,59	3,12
	20	4,37	19,40	19,87	5,82	7,00	2,86	6,21
	t	10,54	65,49	67,78	22,32	11,50	6,28	12,14
1	5	3,28	31,58	13,83	8,48	2,78	1,72	2,59
	10	1,64	7,81	12,03	3,06	2,43	1,68	2,75
	20	2,82	15,33	10,08	6,19	6,23	3,21	3,40
	t	7,74	54,72	35,94	17,13	11,44	6,61	8,74
2	5	3,19	36,64	20,27	11,07	2,81	1,89	2,76
	10	1,64	8,74	16,50	5,69	2,73	1,65	2,99
	20	3,27	23,23	17,25	9,54	4,99	2,95	6,91
	t	8,10	68,61	54,02	26,30	10,53	6,49	12,66

.../

5.2 - VARIATIONS DE LA TENEUR EN AZOTE NITRIQUE DU SOL

Nous verrons successivement :

- . l'évolution générale des teneurs en N_{NO_3} durant la période d'essai pour l'ensemble de l'horizon 0 - 20 cm,
- . la dynamique selon les profils :
 - 0 - 5 cm
 - 5 - 10 cm
 - 10 - 20 cm
 - 30 - 40 cm (1)

52.1 - Evolution générale durant la période d'essai

Les résultats exprimés en kg par ha, sont représentés graphiquement sur les figures des pages 44 et 45. Chacune de celles-ci représente la variation de la teneur en azote nitrique dans une tranche de sol de 0 à 20 cm d'épaisseur, selon le traitement de fumure azotée (60 U et 90 U). Sur chaque graphique, nous avons schématisé l'allure générale du phénomène observé pour chaque type de travail du sol.

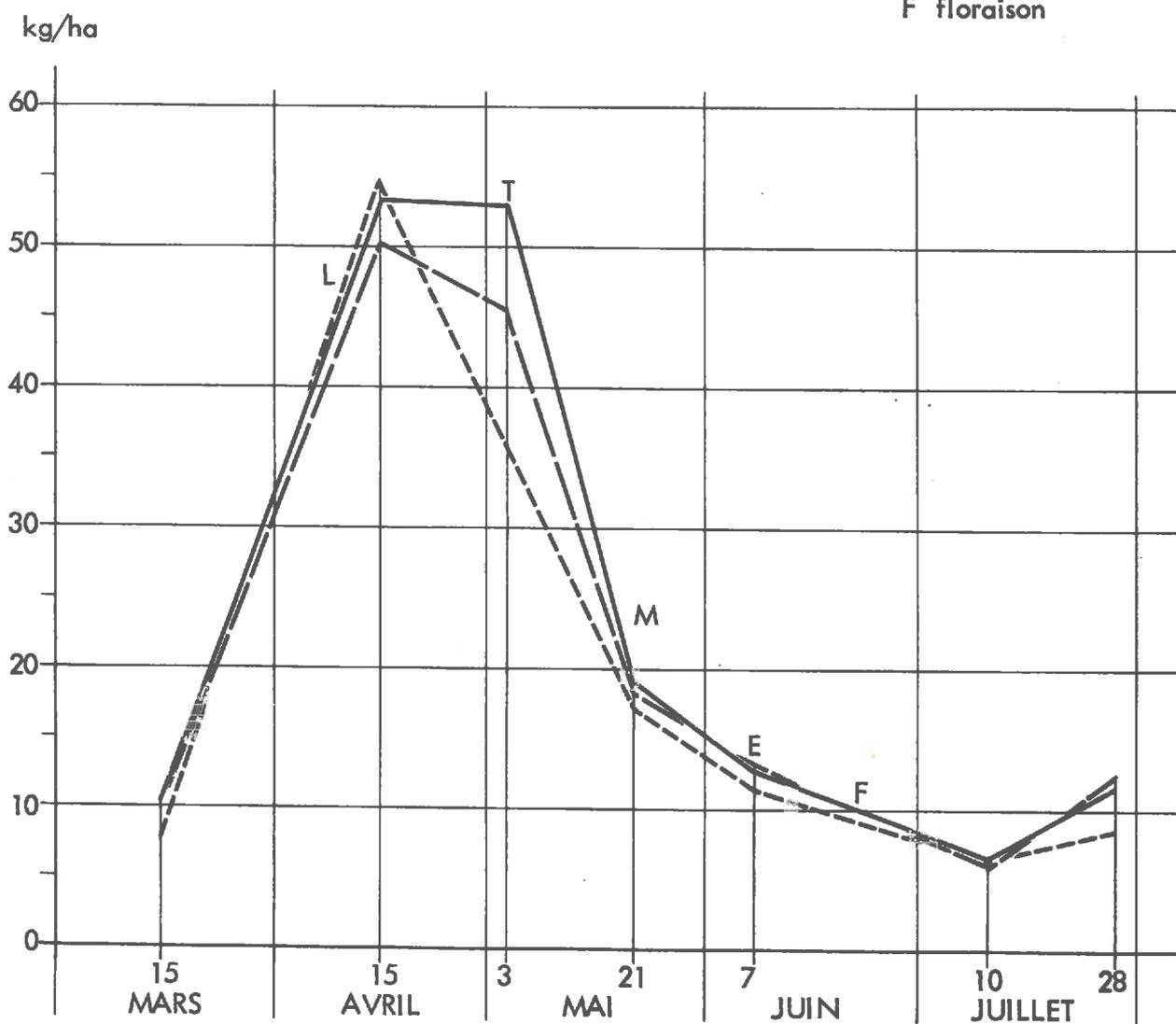
.../

(1) Nous rappellerons que pour l'horizon 30-40 cm, ces chiffres sont donnés à titre indicatif, car les prélèvements à cette profondeur n'ont eu lieu que sur les parcelles du bloc II (cf. chapitre III - Conditions expérimentales - Prélèvements des échantillons).

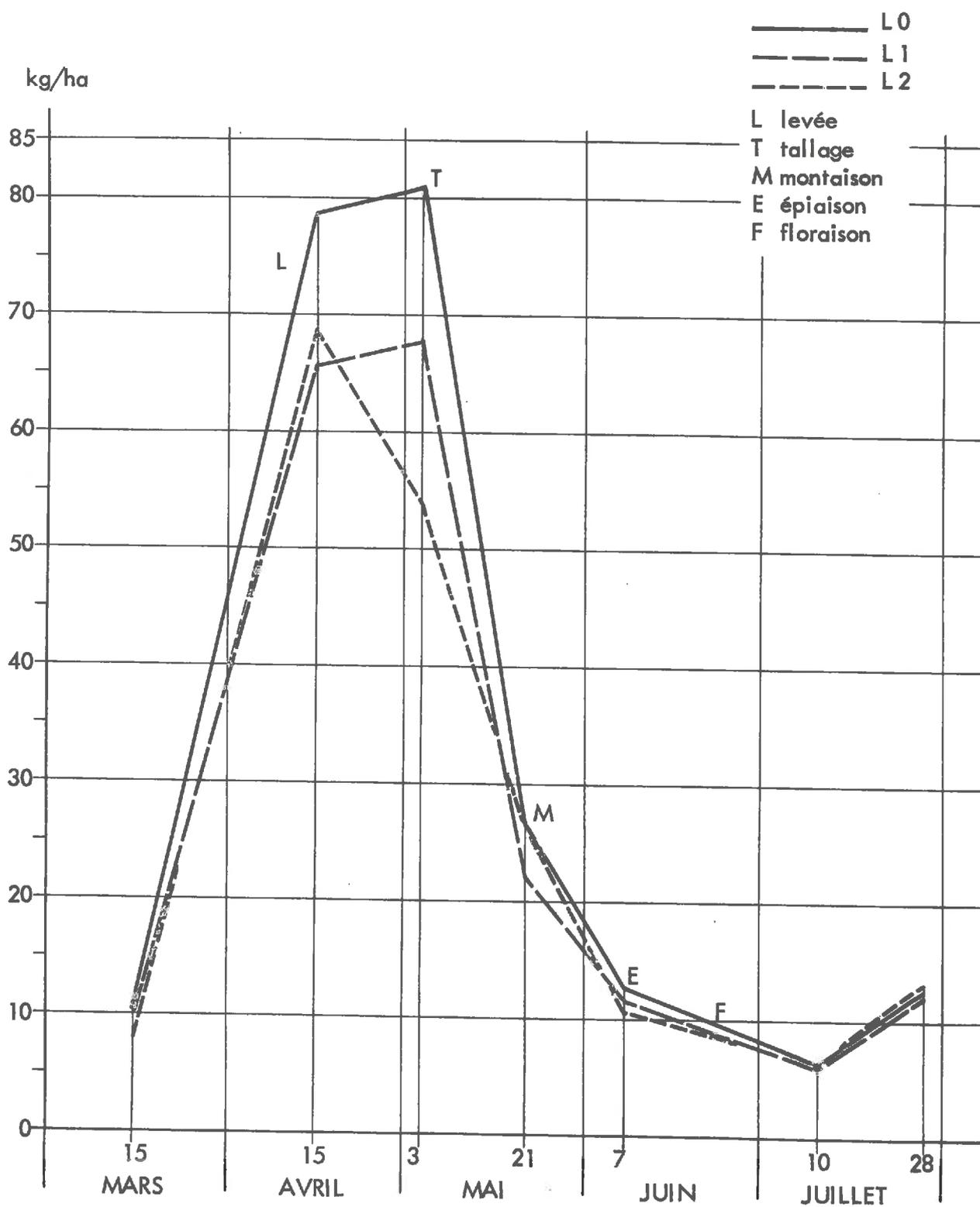
EVOLUTION DE LA TENEUR DU SOL EN N_{N03}
 sur une profondeur de : 0 à 20 cm
 (parcelles ayant reçu 60 U/N)

—— L0
 - - - L1
 - - - L2

L levée
 T tallage
 M montaison
 E épiaison
 F floraison



EVOLUTION DE LA TENEUR DU SOL EN N_{N03}
 sur une profondeur de : 0 à 20 cm
 (parcelles ayant reçu 90 U/N)



Série de prélèvements A - (le 15. 3. 71)

Effectuée en fin d'hiver, avant l'épandage de l'engrais azoté. Les quantités d' N_{N03} trouvées à cette époque dans le sol sont relativement faibles. Les concentrations totales sur 20 cm sont quasiment identiques entre les parcelles L0 et L1 (de 10, 24 à 10, 54 kg/ha).

L2 indique par contre à cette époque des quantités légèrement plus faibles, de l'ordre de 2 kg/ha en moyenne.

La similitude des résultats pour les parcelles 1 (60 U) et 2 (90 U) sur un même type de travail du sol pour l'ensemble de l'essai, exclue une arrière action de la fumure azotée. 1970 était en effet, la première année caractérisée par deux doses différentes : 60 U et 90 U.

Série de prélèvements B - (le 15. 4. 71)

Caractérisée par une élévation rapide des quantités d'azote nitrique dans les 20 premiers centimètres.

Les courbes précédentes (pages 44 et 45) indiquent sur l'étude des moyennes, des teneurs sensiblement égales sur les parcelles 60 U. L'écart entre L0 et L2 n'est que de 1, 35 kg/ha et de 4, 42 kg/ha entre L1 et L2. Les parcelles 90 U se caractérisent par des écarts plus importants, en particulier : L0 > L2 de 10, 16 kg/ha.

Si l'épandage d'engrais est la cause principale de ces résultats (teneurs plus élevées sur les parcelles ayant reçues 90 U/N); cette accumulation dans les 20 premiers centimètres ne peut être attribuée uniquement à l'apport extérieur. Les conditions climatiques de cette période faisant intervenir le phénomène biologique de minéralisation. (cf. chap. "Conditions climatiques").

.../

Série de prélèvements C - (1e 3. 5. 71)

Cette série de prélèvements se caractérise par :

- des quantités d'azote nitrique constantes par rapport au prélèvement précédent sur L0 et L1. Sur les parcelles 60 U, les concentrations restent identiques pour L0, légèrement inférieures au prélèvement précédent pour L1. Sur les parcelles 90 U, concentrations identiques sinon légèrement supérieures pour L0.

- une chute brutale des teneurs en N_{NO3} sur L2. Les quantités moyennes d'azote nitrique sur labour pour les parcelles 60 U, sont passées à cette époque de 54, 72 kg/ha à 35, 94 kg/ha; sur les parcelles 90 U de 68, 61 kg/ha à 54, 02 kg/ha.

Nous rappellerons (schéma page 24) que cette série de prélèvements a eu lieu dans la période du stade tallage.

Série de prélèvements D. E et F - (21. 5 - 7. 6 - 10. 7. 71)

Lors du prélèvement D (stade montaison), diminution brutale des teneurs en azote nitrique sur L0 et L1.

Les quantités d'azote de 0 à 20 cm entre les trois "types de travail du sol" sont alors quasiment identiques. Ces quantités vont aller décroissant pour arriver au prélèvement du 10. 7. 71 à une uniformisation presque totale des teneurs en N_{NO3} entre traitement de fumure azotée, semis direct, rotavator et labour. (Les quantités moyennes minimum étant de 6, 28 kg/ha les quantités maximum de 6, 67 kg/ha).

.../

Série de prélèvements G - (le 28. 7. 71)

Les teneurs en azote nitrique reprennent à ce stade une courbe ascendante, concrétisée par des quantités en kg/ha qui doublent pour l'ensemble des traitements par rapport au prélèvement précédent.

52. 2 - Dynamique selon le profil

Les figures (pages 49 et 50) traduisent sous forme d'histogrammes les teneurs moyennes en azote nitrique des différents horizons.

Série de prélèvements A - (le 15. 3. 71)

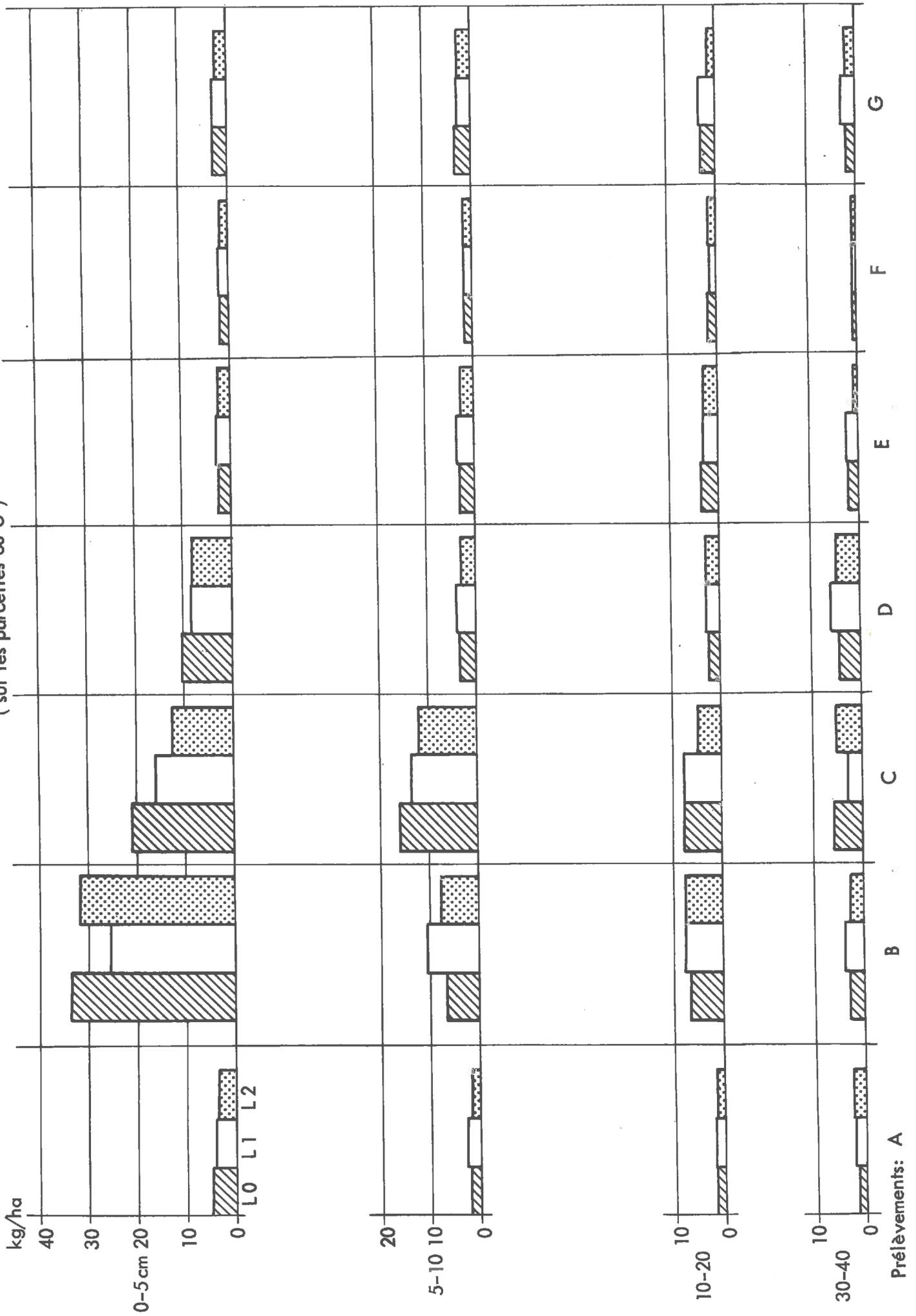
Les plus fortes concentrations en N_{NO_3} se trouvaient en fin d'hiver dans l'horizon le plus superficiel (0-5cm) sur les parcelles en "semis - direct". Les parcelles travaillées au rotavator ou labourées ayant en moyenne à cette époque moins d'azote nitrique en surface.

Par contre, l'horizon 30-40 cm de L2 indiquait des teneurs légèrement supérieures aux deux autres "types de travail du sol". Une tentative d'explication peut faire intervenir le phénomène de lessivage hivernal. Sur L0, relativement compact l'infiltration est lente, par contre sur L2, plus aéré l'infiltration des eaux de pluie est plus facile et son effet sur l'azote plus accentué.

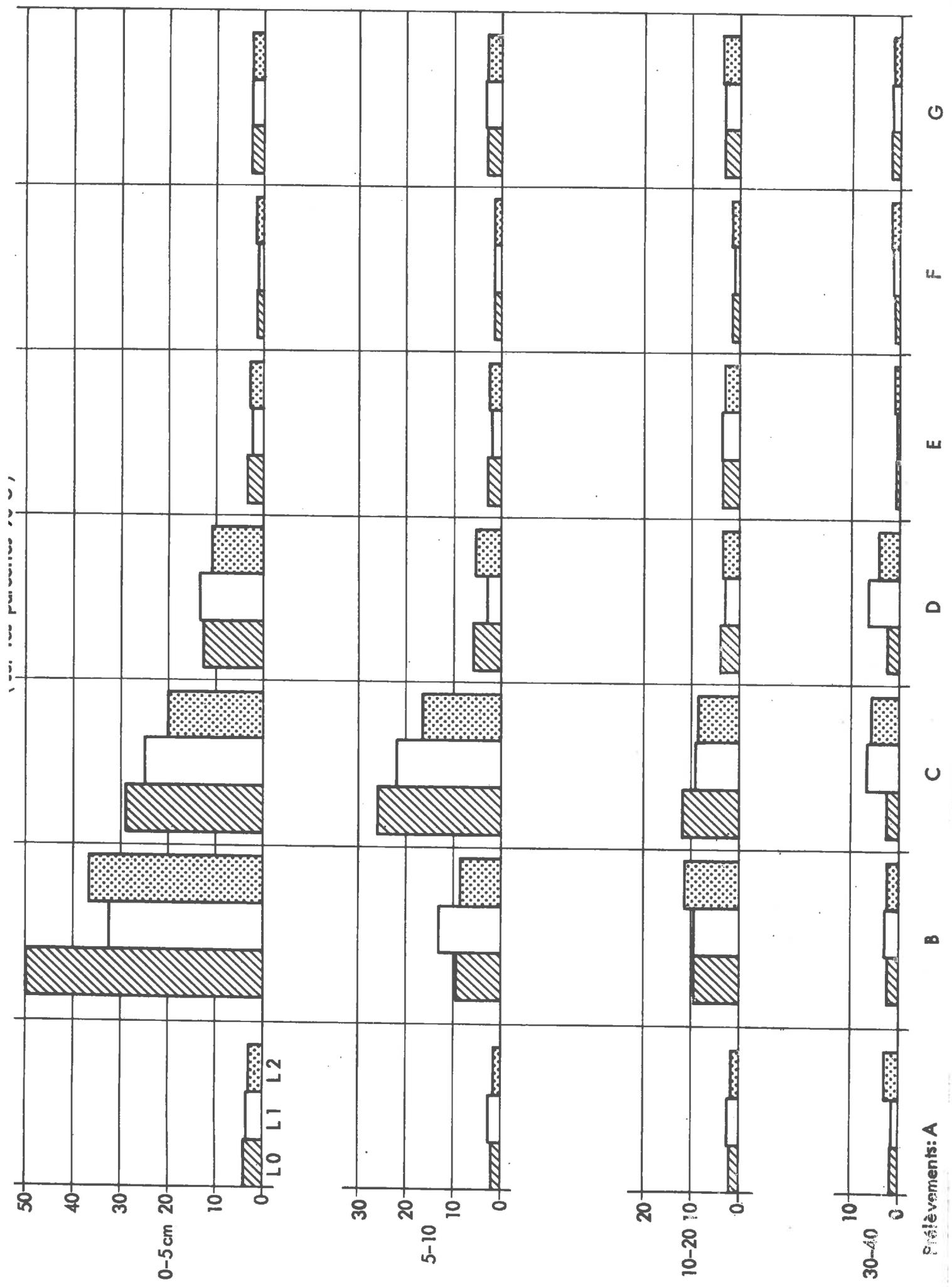
Cette hypothèse semble se justifier au vue des quantités trouvées sur L1. En effet, ces parcelles de compacité intermédiaire entre le semis direct et le labour sont un compromis entre les résultats constatés sur L0 et L2. La fin de la période hivernale se caractérise par :

.../

DYNAMIQUE DE NN03 SELON LE PROFIL
(sur les parcelles 60 U)



Prélèvements: A



Prélèvements: A

- une similitude des résultats sur les parcelles 1 (60 U) et 2 (90 U) pour un même "type de travail du sol".

- une opposition des parcelles en "non-travail" et en labour par le fait de concentrations en N_{N03} différentes selon la profondeur;

$L0 > L2$ en surface

$L0 < L2$ en profondeur

Série de prélèvements B - (le 15.4.71)

L'évolution des teneurs en N_{N03} par horizon nous conduit à individualiser à ce stade, deux niveaux de profondeurs :

- la couche superficielle (0-5 cm)
- les couches plus profondes (5-40 cm)

Dans les cinq premiers centimètres, si sur les parcelles 60 U, $L0$ n'est que légèrement supérieur en azote nitrique à $L1$ et $L2$, par contre sur les parcelles 90 U, $L0$ contient des quantités de N_{N03} bien supérieures à $L1$ et $L2$ (de l'ordre de 15 à 20 kg/ha).

De 5 à 20 cm les teneurs en azote nitrique sont sensiblement égales entre les différents "types de travail du sol" ; légèrement supérieures sur les parcelles ayant reçues 90 U/N.

De 30 à 40 cm, teneurs identiques sur "semis direct", rotavator, labour et traitement de fumure 60 U et 90 U/N.

Ces constatations mettent en évidence :

.../

- une uniformisation des teneurs en azote nitrique avec la profondeur,

- une minéralisation dans l'horizon 0-40 cm. L'augmentation de N_{NO_3} dans les différents horizons (en particulier à partir de 10 cm) ne peut être dû uniquement à la descente des nitrates. (Il n'a plu, de la date d'épandage de la fumure azotée au prélèvement considéré, que 20 mm).

Série de prélèvement C - (le 3.5.71)

Nous avons vu lors de l'évolution générale des teneurs en N_{NO_3} dans l'horizon 0-20 cm que celles-ci avaient peu ou pas évoluées par rapport au prélèvement précédent (B), sur L0 et L1. La représentation schématique par horizon nous indique tout de même une évolution dans leur répartition en profondeur. Nous ne retrouvons plus la majorité des nitrates dans la couche superficielle de 0 à 5 cm, mais répartie entre 0 et 10 cm. Les teneurs entre 10 et 20 cm, 30 et 40 cm restant stables.

Cette descente des nitrates dans les 10 premiers centimètres sur les parcelles de semi-direct et rotavator est certainement due aux précipitations (30 mm) ayant précédées le prélèvement. Sur labour par contre, les quantités d'azote nitrique se caractérisent par des baisses de teneur dans tous les horizons, sauf à 30-40 cm. Si le phénomène d'entraînement expliqué précédemment est la cause d'une légère augmentation des teneurs dans cet horizon, il ne suffit pas à expliquer la chute brutale des concentrations en azote nitrique des couches superficielles. Il y a par conséquent eu sur les parcelles L2, des pertes occasionnées par d'autres facteurs que le lessivage. (C'est ce que nous essaierons de déterminer ultérieurement dans le chapitre : "Considérations sur les résultats : Sol - Plantes").

.../

Série de prélèvements D. E. F. - (21. 5 - 7. 6 - 10. 7. 71)

L'uniformisation sur les teneurs totales dans l'horizon 0-20 cm se traduit par une tendance à une répartition à peu près égale entre tous les niveaux. Les teneurs en azote nitrique y sont de plus en plus faibles. Le 10. 7. 71 les résultats analytiques indiquaient pour les horizons superficiels des quantités variant entre 1 kg et 3 kg/ha.

Série de prélèvement G - (28. 7. 71)

L'augmentation des teneurs en N_{NO_3} constatée sur le total de l'horizon 0-20 cm, se traduit par une élévation relativement égale entre niveau (0-5 cm, 5-10 cm, et 10-20 cm).

5. 3 - ANALYSE STATISTIQUE

Nous avons eu recours, pour la méthode d'analyse statistique employée pour chaque série de prélèvements, à un programme d'analyse de variance. Ce programme adapté à l'E. M. D - 8-48 compare les résultats obtenus (en p. p. m) pour chaque traitement de travail du sol et chaque profondeur de prélèvement.

Les résultats issus de ces analyses sont regroupés pour toutes les séries de A à G dans les tableaux de l'annexe IV. L'exploitation de ces tableaux nous permet de résumer dans un premier temps la signification globale des traitements pour un niveau donné. Cette signification est déterminée par l'emploi du test F. Celui-ci permet de porter un jugement global sur les différences introduites par les techniques culturales. Suivant le cas, l'essai est dit :

- HS; hautement significatif (le F calculé est supérieur au F théorique de 1 %)
- S; significatif (le F calculé est compris entre les F théoriques 1 et 5 %)
- NS; non-significatif (le F calculé est inférieur au F théorique 5 %)

.../

SIGNIFICATION GLOBALE DES TRAITEMENTS
POUR UN NIVEAU DETERMINE

		0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
SERIE A le 15. 3. 71	60 U	S	HS	S
	90 U	NS	NS	NS
SERIE B le 15. 4. 71	60 U	NS	S	NS
	90 U	S	NS	NS
SERIE C le 3. 5. 71	60 U	HS	NS	S
	90 U	NS	NS	NS
SERIE D le 21. 5. 71	60 U	NS	NS	NS
	90 U	NS	S	HS
SERIE E le 7. 6. 71	60 U	NS	NS	NS
	90 U	NS	S	HS
SERIE F le 10. 7. 71	60 U	NS	NS	NS
	90 U	NS	NS	NS
SERIE G le 28. 7. 71	60 U	NS	HS	NS
	90 U	NS	NS	S

.../

5.4 - RESULTATS OBTENUS SUR LES PLANTES

Les prélèvements de plantes ont été réalisés aux mêmes dates que les prélèvements de sol à partir du 25.5.1971. Ils portent sur les quatre séries de prélèvements : D. E. F. G.

Nous examinerons tout d'abord les résultats enregistrés et relatifs :

- aux teneurs en azote de chaque échantillon,
- aux quantités de matière sèche par échantillon,
- aux exportations en kg/ha des plantes.

Nous compléterons ces données chiffrées par des observations sur l'aspect végétatif des plantes durant la période d'essai.

.../

54. 1 - Teneur des plantes en azote (exprimée en % de matière sèche, après analyse).

Traitements	D 21/5/71	E 7/6/71	F 10/7/71	G 28/7/71
L 0. 1	2, 20	2, 33	0, 86	0, 84
L 0. 2	2, 27	2, 19	0, 90	1, 12
L 1. 1	2, 52	1, 60	0, 89	0, 83
L 1. 2	2, 53	1, 69	0, 82	1, 08
L 2. 1	2, 32	1, 55	1, 04	1, 04
L 2. 2	2, 16	1, 31	1, 15	1, 28

(1 = représente les parcelles 60 U)
 (2 = " " " 90 U)

Ce tableau récapitulatif se caractérise par des teneurs allant dans un ordre décroissant : L1. L2. L0. lors du prélèvement D (stade montaison).

Lors du deuxième prélèvement (E. stade épiaison) nous observons une baisse générale des teneurs en azote des plantes, sauf pour L 0. 1 qui indique à cette époque une augmentation de 0, 13 %. Si à partir du stade F, les teneurs vont croissant dans l'ordre des "types de travail du sol" : L0. L1. L2; lors du dernier prélèvement (G. stade maturation - récolte). Les teneurs des plantes en azote augmentent seulement sur le traitement 90 U.

.../

On passe pour L 0. 2 de 0, 90 à 1, 12 %

L 1. 2 de 0, 82 à 1, 08 %

L 2. 2 de 1, 15 à 1, 28 %

Les teneurs en azote sur les traitements 60 U diminuent ou restent identiques.

54. 2-Evolution des quantités de matière sèche par échantillon
(exprimées en gr, par unité de surface : 0, 20 m²)

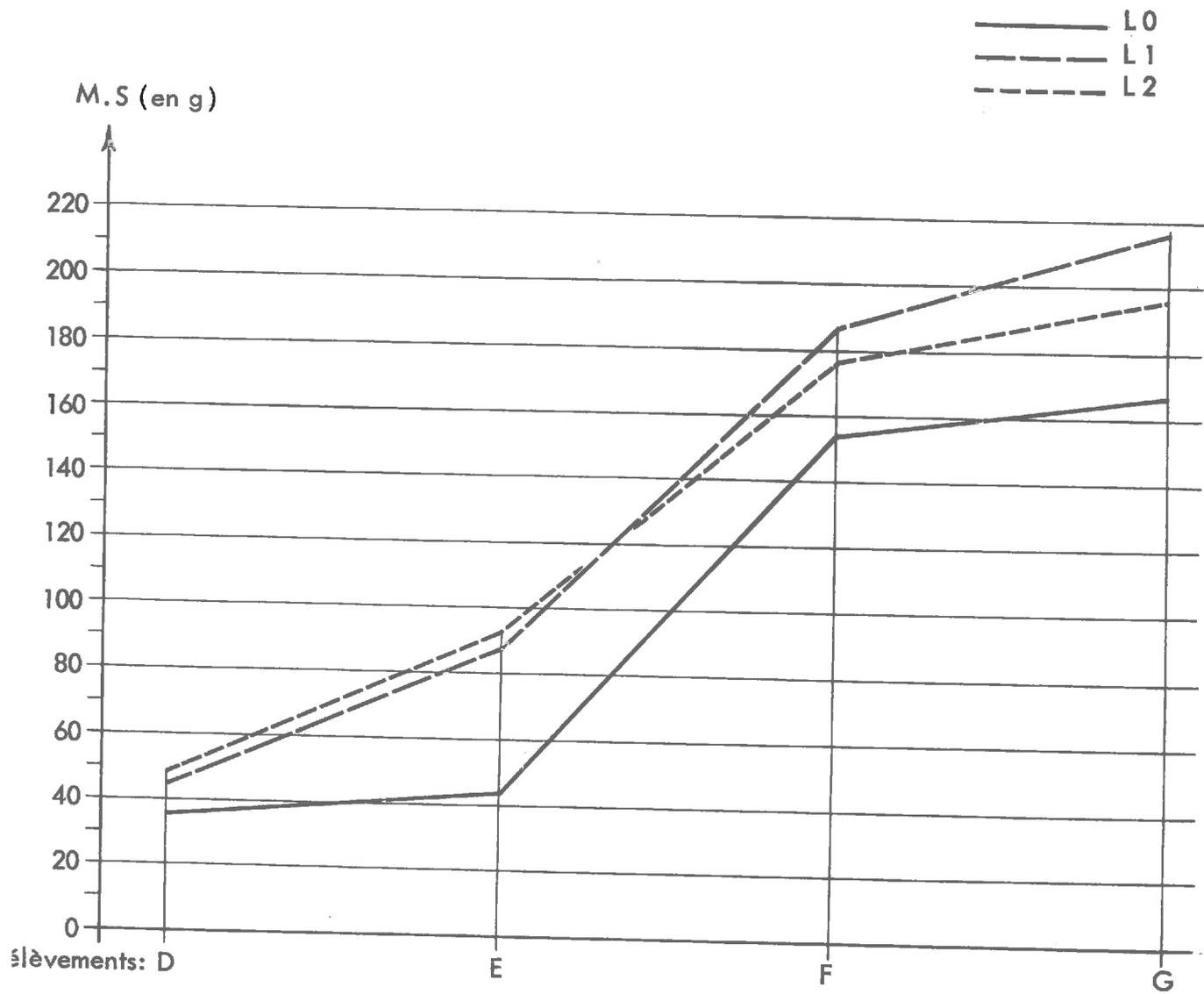
Traitements	D 21/5/71	E 7/6/71	F 10/7/71	G 28/7/71
L 0. 1	38	44, 5	155	167, 5
L 0. 2	44	81	180, 5	193
L 1. 1	45	88	186	217
L 1. 2	50	107, 5	222	238
L 2. 1	49	93, 5	177, 5	196, 5
L 2. 2	54, 5	123, 5	289	310

Les représentations graphiques (pages 58 et 59) indiquent des productions de matière sèche quasiment identiques pour les trois "types de travail du sol" (sur parcelle 60 U) lors du prélèvement D (montaison). Au stade épiaison (E) les quantités de matière sèche par échantillon sur L0 sont nettement plus faibles que sur L1 et L2.

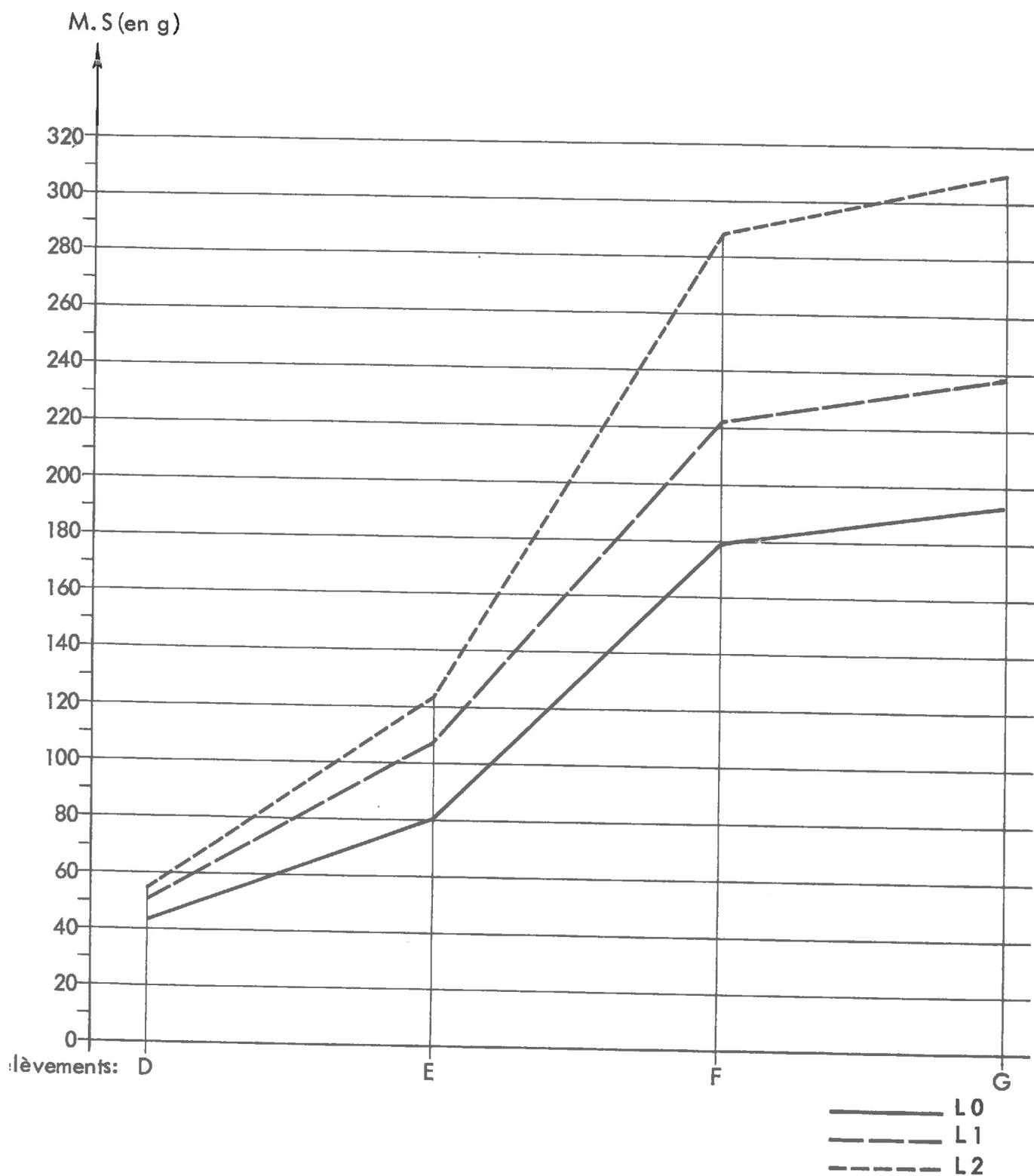
L'évolution reste semblable lors des deux derniers prélèvements (F et G) avec par ordre décroissant L2. L1. L0. Sur les parcelles 90 U, la différence est plus nette entre semis direct, rotavator et labour. Les écarts observés lors du premier prélèvement (D) vont s'accroissant jusqu'à la récolte. A ce stade, les échantillons provenant de L2 ont des poids de matière sèche supérieurs à L0 de 38 %, à L1 de 30 %.

.../

EVOLUTION DES QUANTITÉS DE MATIÈRE SÈCHE
(sur les parcelles 60 U)



EVOLUTION DES QUANTITÉS DE MATIÈRE SÈCHE
(sur les parcelles 90 U)



54.3 - Evolution des quantités d'azote dans les plantes
(Exprimées en kg/ha)

Tenant compte des données précédentes (teneur en azote en % de matière sèche et quantité de matière sèche par échantillon), les quantités d'azote exportées par les plantes ont été exprimées par unité de surface (ha) afin d'établir une corrélation avec les résultats en kg/ha trouvés pour le sol.

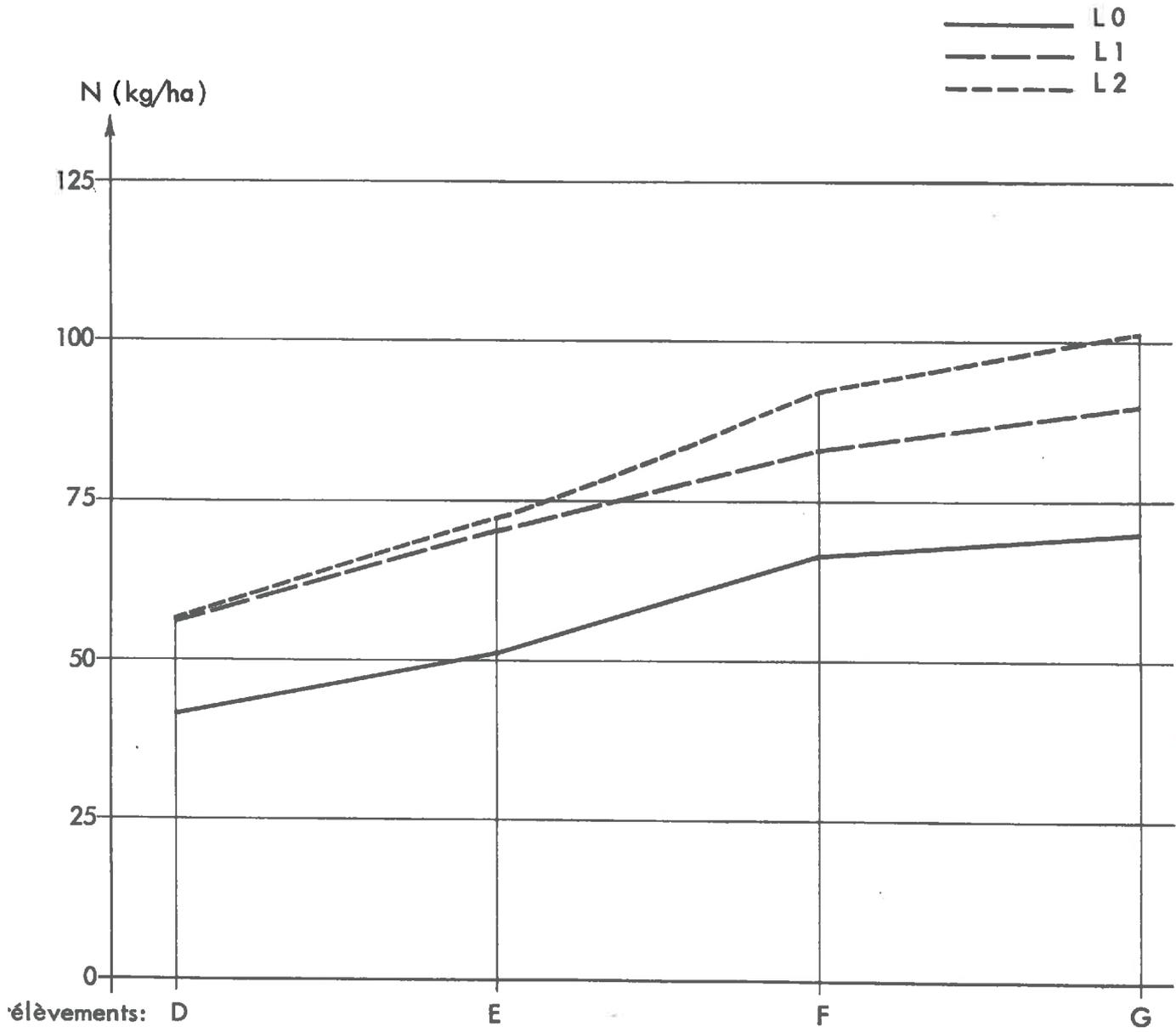
Quantités d'azote exportées par les plantes
(Parties aériennes - en kg/ha)

Traitement	D 21/5/71	E 7/6/71	F 10/7/71	G 28/7/71
L 0.1	41,50	51,50	66,50	70,00
L 0.2	49,50	88,55	81,00	108,00
L 1.1	56,50	70,00	83,07	90,00
L 1.2	63,25	90,50	91,02	128,52
L 2.1	56,50	72,00	92,04	101,92
L 2.2	58,50	80,50	166,00	198,40
Moyennes :	54,29	75,50	98,27	116,14

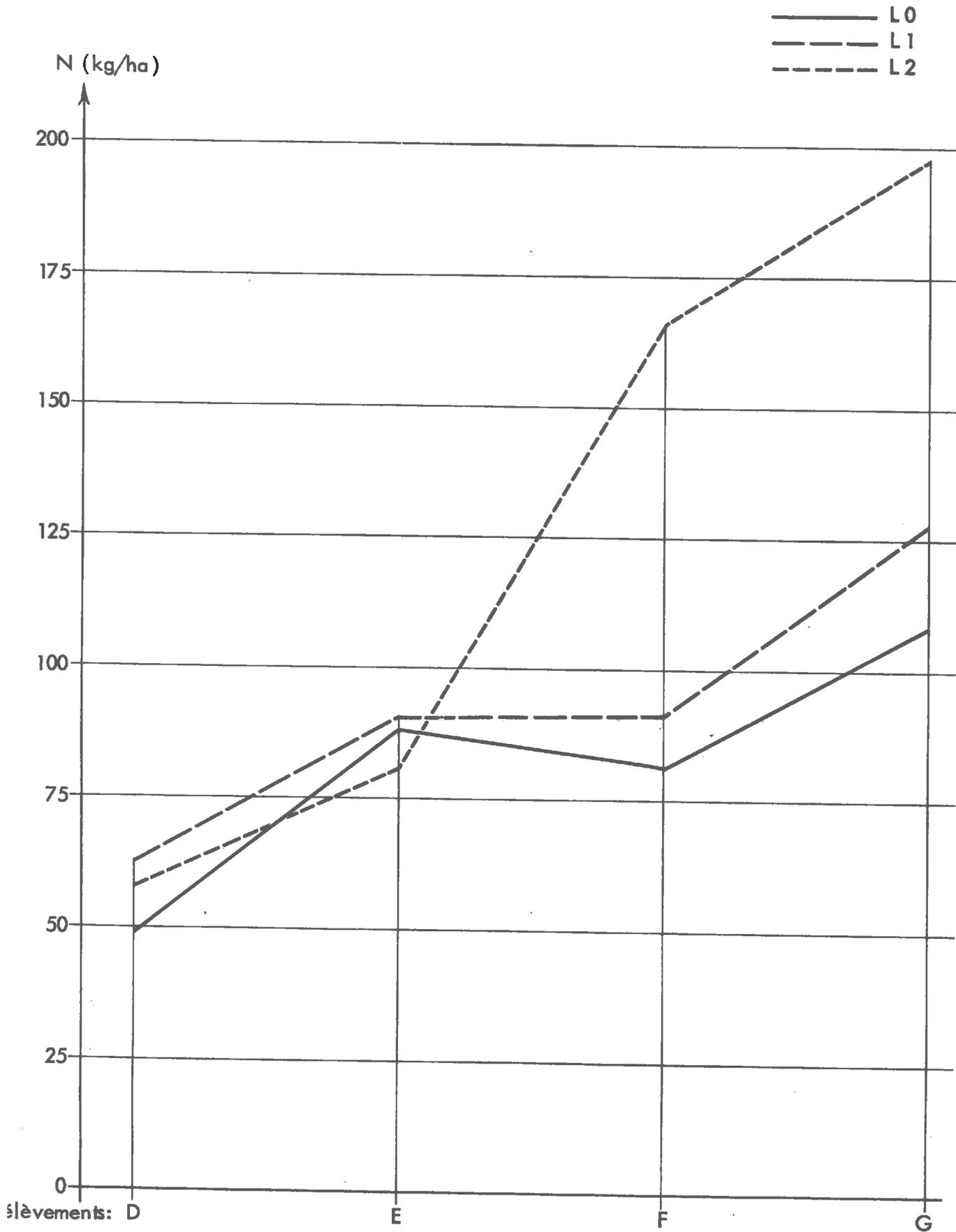
Les courbes (pages 61 et 62) représentent le tableau de résultats ci-dessus, indiquent pour les parcelles 60 U, une progression régulière dans le temps des quantités d'azote en kg/ha. Avec des écarts plus ou moins importants (entre L1 et L2), cette évolution se conforme à l'ordre décroissant L2. L1. L0, lors des quatre prélèvements.

.../

EVOLUTION DES QUANTITÉS D'AZOTE DANS LES PLANTES
(sur les parcelles 60 U)



EVOLUTION DES QUANTITÉS D'AZOTE DANS LES PLANTES
(sur les parcelles 90 U)



Par contre sur les parcelles 90 U, nous ne retrouvons pas cette similitude.

En effet, lors du stade montaison les quantités les plus importantes proviennent de L1. Au stade épiaison les quantités exportées sur L0 doublent par rapport au prélèvement précédent et sont supérieures d'environ 8 kg/ha à celles enregistrées sur L2.

A partir du prélèvement F (la plante se trouve à ce moment là au stade floraison) on note au contraire une diminution ou une stabilisation sur L0 et L1 des quantités exportées, alors que pour L2 ces exportations font plus que doublées. (Ceci est lié à la forte progression, à ce stade, de la quantité de matière sèche sur L2. Tableau page 57).

A l'issue de ces résultats nous remarquerons que d'une manière générale :

- Les teneurs en azote diminuent régulièrement au cours de la croissance des plantes. (Une seule restriction pour les parcelles 90 U lors du dernier prélèvement).

- Les quantités de matière sèche ont une évolution qui se conforme à l'ordre L2. L1. L0, avec des différences quantitatives plus accentuées sur les parcelles 90 U.

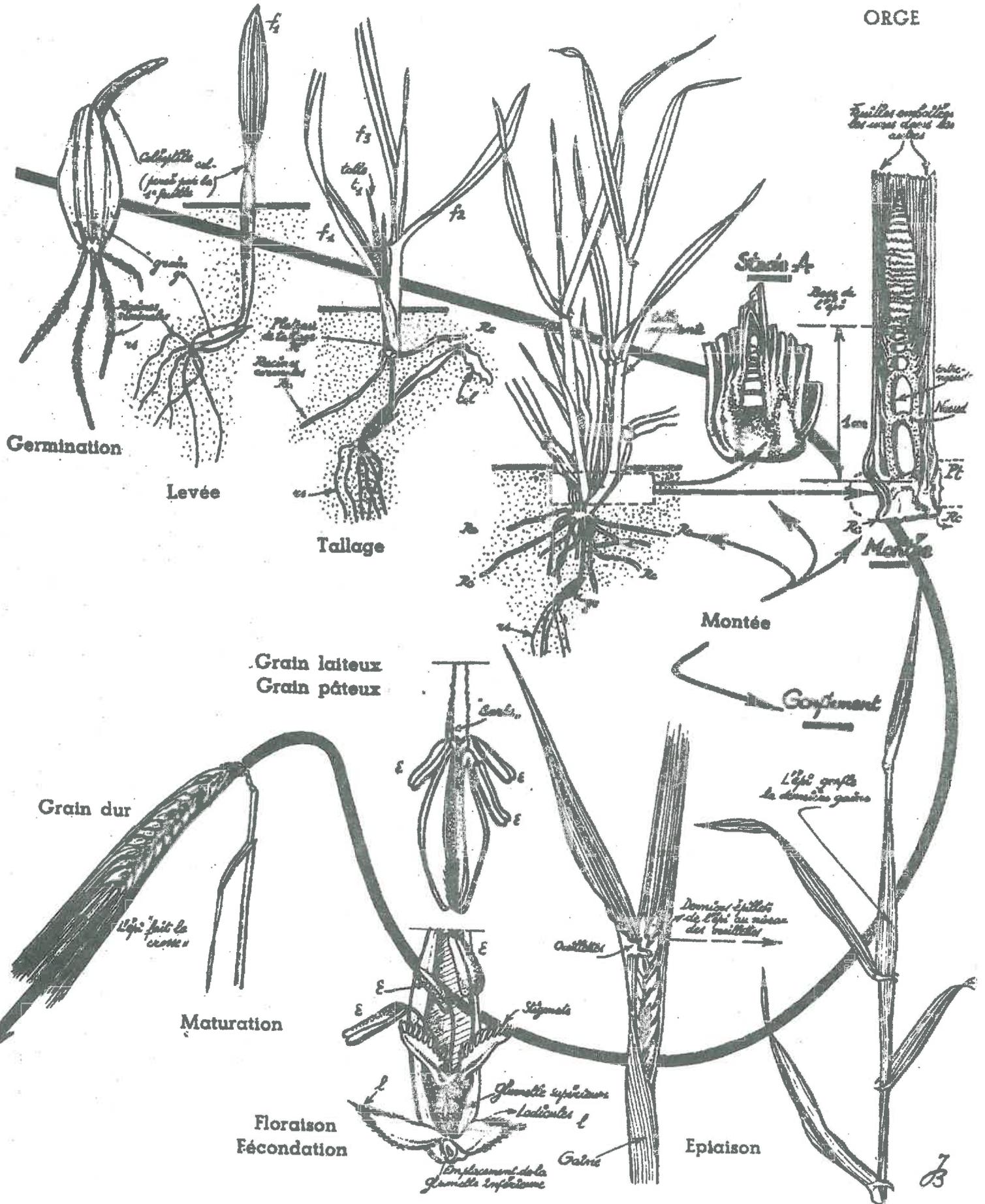
- Les exportations d'azote en kg/ha augmentent régulièrement et d'une manière proportionnelle sur les parcelles 60 U pour les trois "types de travail du sol" de la montaison à la maturation. A l'inverse sur les parcelles 90 U les plantes de L2 exportent moins d'azote que L1 et L0 jusqu'à l'épiaison, pour ensuite se caractériser par des quantités exportées beaucoup plus importantes lors des deux derniers prélèvements.

.../

Echelle des Principaux Stades

Repères externes

ORGE



54.4 - Observations sur le cycle végétatif des plantes

Nous avons essayé de relier les observations et analyses faites sur le sol, à celles effectuées sur les plantes. En particulier de déterminer lors de chaque période de prélèvements de sol le stade végétatif exact de la plante.

De dégager, selon la provenance des plantes (L0, L1, L2) les différences tant sur le plan du développement que de la croissance.

Ces déterminations ont été réalisées par l'observation des repères externes des principaux stades et des observations à la binoculaire.

Nous rappellerons que la variété d'orge implantée sur l'essai est RIKA, que c'est une orge de type : printemps, de précocité : demi-tardive. (L'annexe n° III), décrit les caractères : morphologiques végétatifs et culturaux de cette variété), que le schéma de la page 24 nous indiquait l'organisation des prélèvements dans le temps, reliée au cycle végétatif de la plante.

Le tableau suivant résume les dates des différents stades végétatifs :

	L0	L1	L2
<u>Semis</u> LEVÉE	5 -4-71	5 - 4 - 71	5 - 4 - 71
TALLAGE	28 - 4 - 71	28 - 4 - 71	28 - 4 - 71
MONTAISON	14 - 5 - 71	11 - 5 - 71	9 - 5 - 71
EPLAISON	9 - 6-71	7 - 6 - 71	2 - 6 - 71
FLORAISON	14 - 6 - 71	12 - 6 - 71	7 - 6 - 71
MA T U R A T I O N	- 2 J	O	+ 2 J

.../

Schéma N° 1

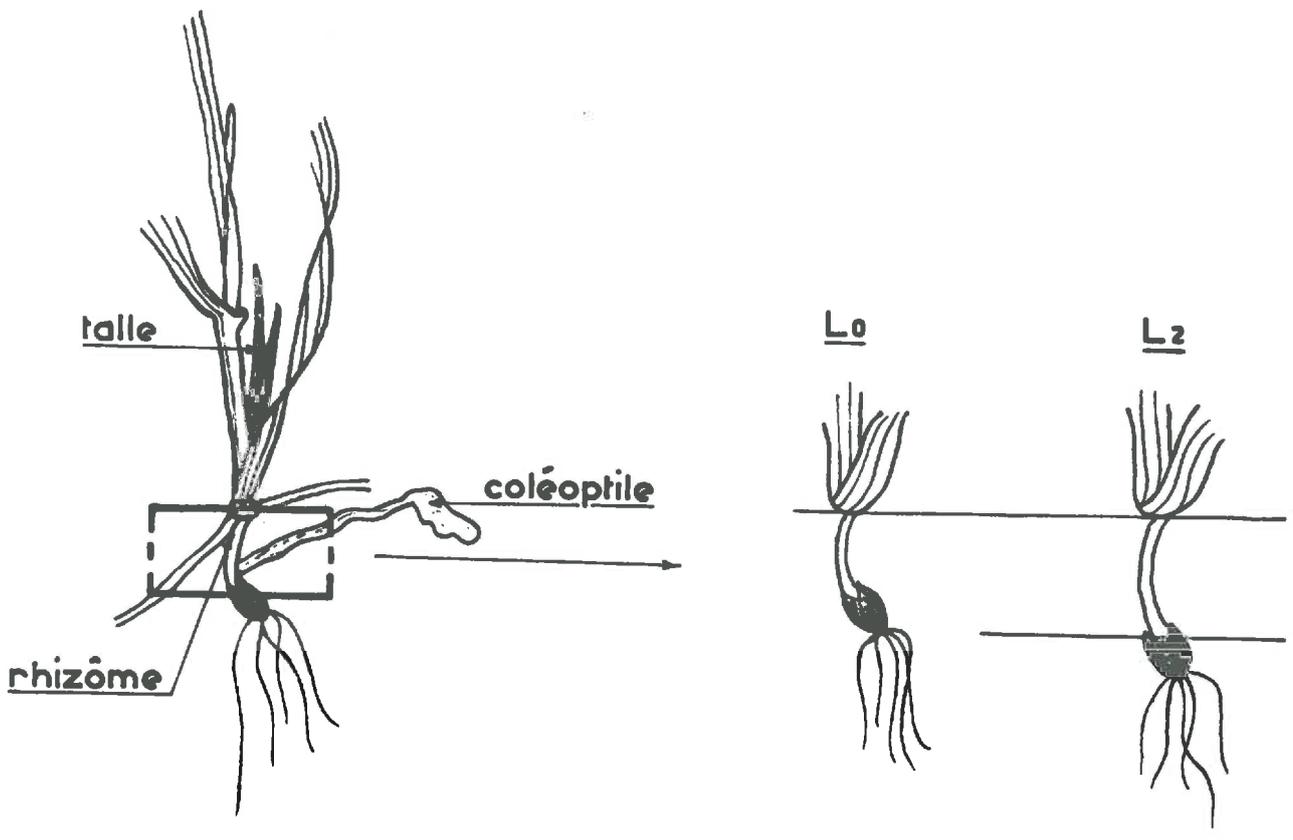
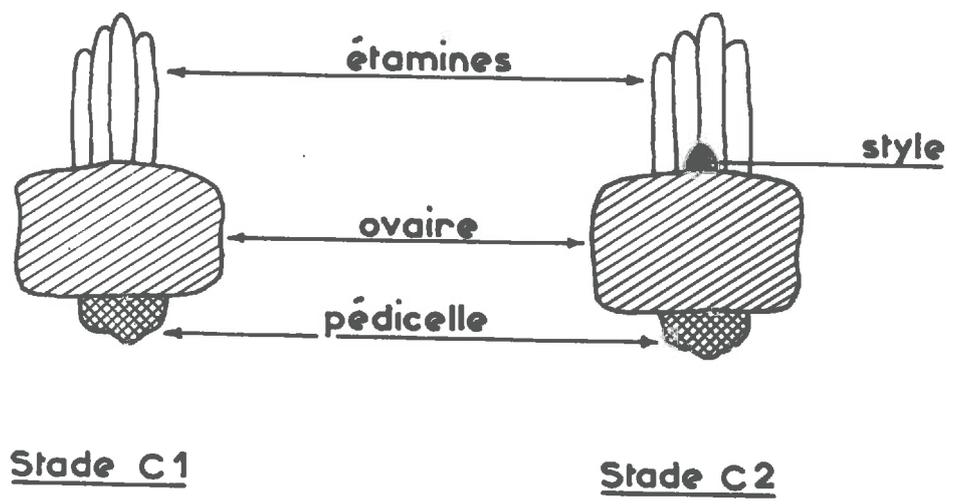


Schéma N° 2



. Stade : Tallage.

Les échantillons de plantes prélevés le 6/5/71 sur L0, L1, et L2 indiquaient un stade de développement identique, à savoir :

- Stade double ride - 3ème talle primaire (1).

Les observations effectuées sur le système racinaire ne nous montraient pas de différences entre les échantillons.

Par contre, nous constatons un développement du rhizôme plus important sur les plantes provenant de L2 que sur celles provenant de L0. (Schéma n° 1). Cette différence étant due à des contraintes d'implantation de la culture selon le type de travail du sol ; en particulier du lit de semence.

.../

(1) Nous rappellerons que le DEVELOPPEMENT est une transformation correspondant à l'initiation de nouveaux organes. C'est un phénomène purement qualitatif qui caractérise le passage d'une étape à une autre dans la vie d'une plante.

La CROISSANCE se manifeste par une augmentation de dimension due surtout au grandissement cellulaire des ébauches préexistantes, et par l'extension des organes. Ce phénomène entraîne une augmentation de la taille de la plante et un accroissement de la masse végétale.

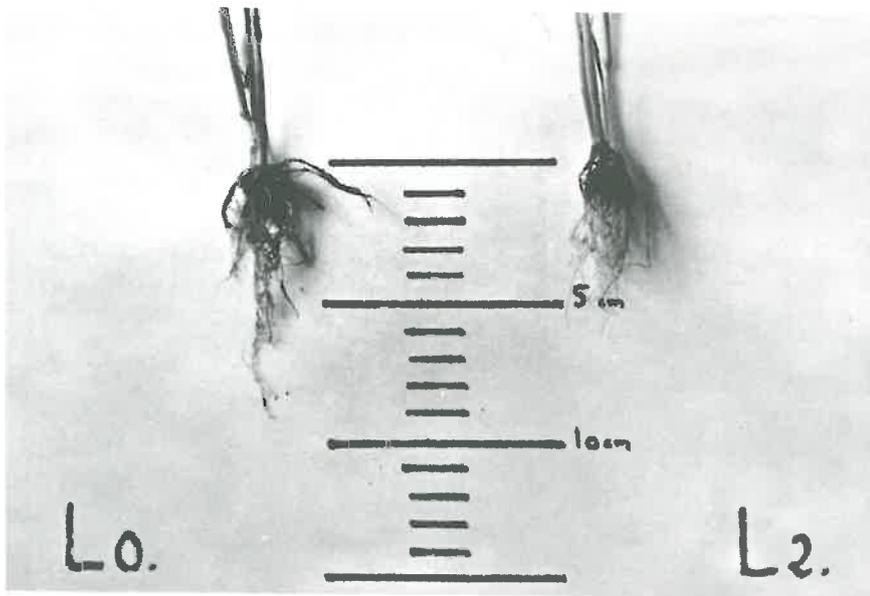


PHOTO NO 1

. Stade : Montaison.

Les observations sur le champ nous permettent de constater à cette époque un système végétatif plus développé sur les plantes des parcelles L2 que celles se trouvant sur L1 et L0.

Les échantillons de plants prélevés le 19/5/71, indiquent également un stade de développement plus avancé sur L2 par rapport à L1 et L0. Les observations effectuées sur ces échantillons peuvent se résumer ainsi :

L0 - 5 feuilles. 4 entre-noeuds. Stade C1

L1 - 5 feuilles. 4 entre-noeuds. Ebauche et étamines plus développées que sur L0.
Stade C1 avancé

L2 - 5 feuilles. 5 entre-noeuds. Style apparent (Schéma n° 2) Stade C2

Une différence assez nette s'est également dessinée au niveau du système racinaire. Les plantes provenant des parcelles L0 ayant des racines plus profondes que celles des parcelles L2. (photo n° 1).

.../

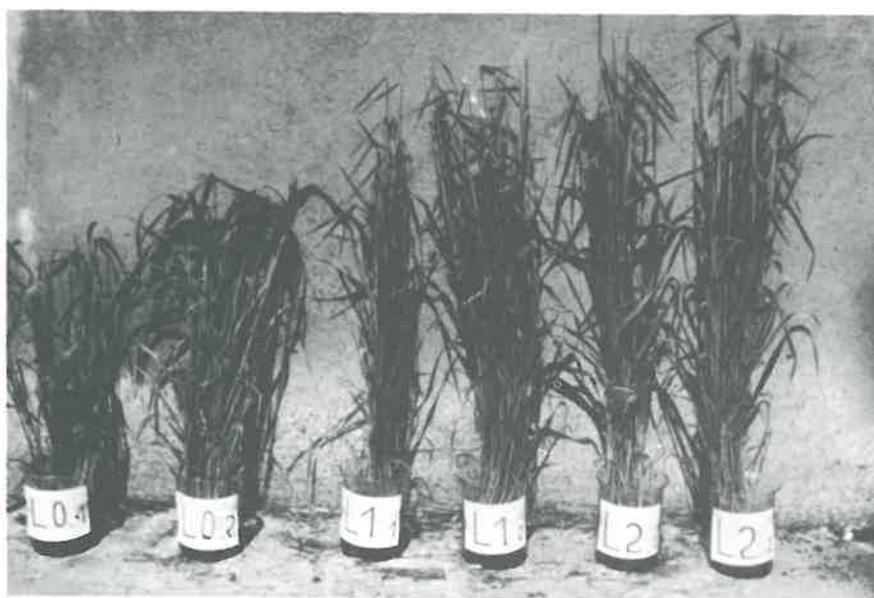


PHOTO Nº 2

. Stade : début Epiaison.

La différence entre l'aspect végétatif des plantes selon le type de travail du sol s'est accentuée par rapport au stade précédent. (photo n° 2).

Les observations des échantillons prélevés le 1/6/71 indiquaient selon le travail du sol et le traitement de fumure azotée le développement des plantes suivant :

Type de travail du sol	Traitement fumure		
L0.	L 0. 1 ----- L 0. 2	. 5 entre-noeuds	----- Stade <u>C2 avancé</u> ----- Etamines sorties. <u>Stade C2 plus avancé que sur L 0. 1</u>
L1.	L 1. 1 ----- L 1. 2	. 5 entre-noeuds . Gonflement de la gaine apparent . 2 talles primaires . 1 talle secondaire	----- Stade <u>C2 très avancé.</u> ----- Stade C2 un peu moins avancé que sur L 1. 1 Croissance + rapide que L 1. 1 mais développement moins avancé.
L2.	L 2. 1 ----- L 2. 2	. 6 entre-noeuds . 2 talles primaires . 2 talles secondaires . Epis commencent à sortir de la gaine	----- Deux lodicules bien apparents. <u>Stade C2 très avancé.</u> ----- Stade <u>C2 très avancé.</u>

.../

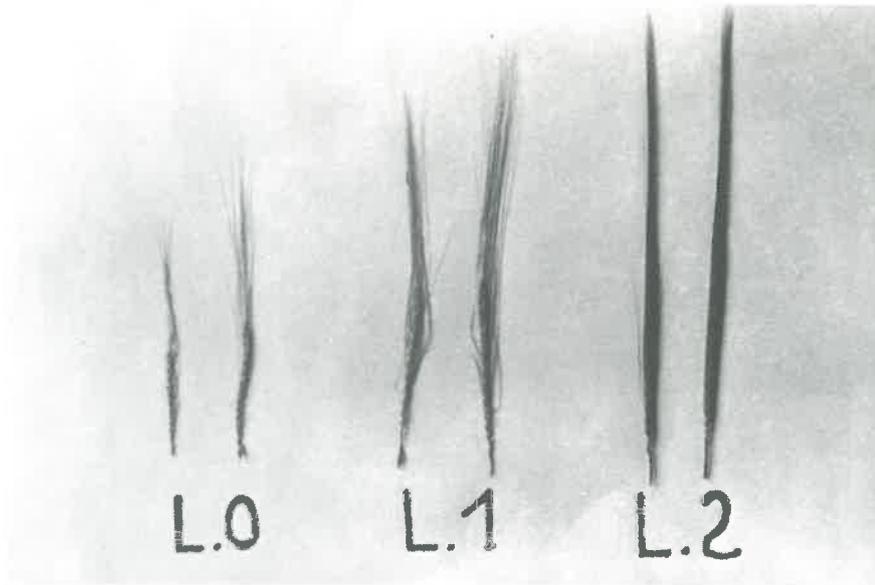


PHOTO NO 3

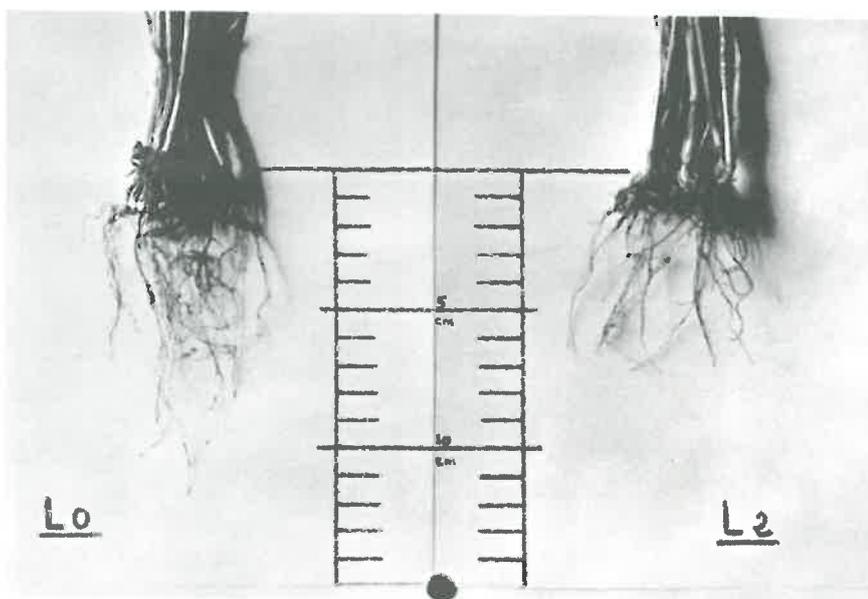


PHOTO NO 4

Les épis des plantes se trouvant sur les parcelles L2 commençaient à cette époque à être apparent au sortir de la gaine.

La photo (n° 3) nous montre la différence de développement des épis entre les traitements L0. L1 et L2.

Le développement racinaire en profondeur semblait toujours plus important sur L0 que sur L2 (photo n° 4).

. Observations sur le champ dans la semaine du 3 au 10 juin :

Epiaison sur L2 : 2 - 4 juin

Epiaison sur L1 : 7 - 9 juin

Epiaison sur L0 : 9 - 11 juin

.../

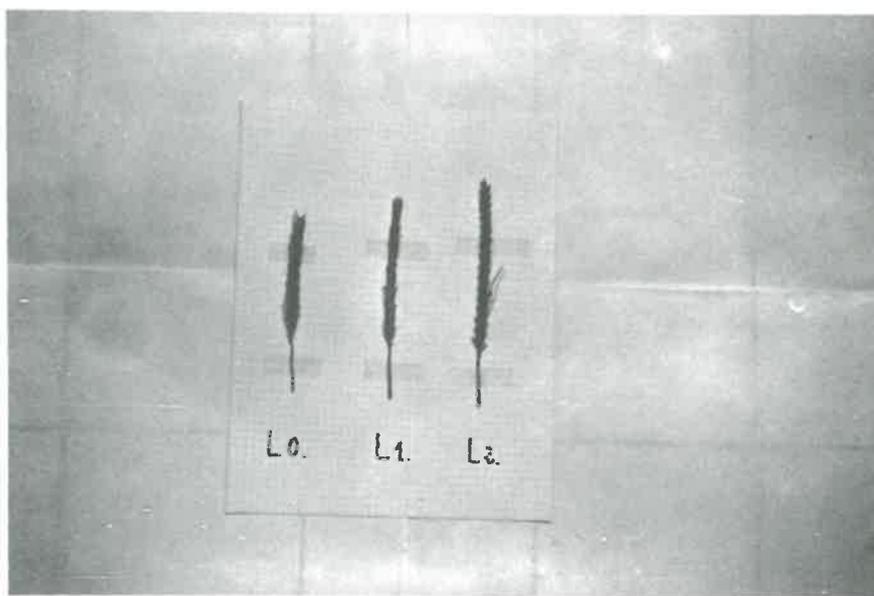


PHOTO Nº 5

. Le 3.7.1971, les observations sur champ n'indiquaient plus de différences dans le développement végétatif des plantes suivant les "types de travail du sol". La végétation sur L0 était quasiment identique à celle de L1 et L2.

Par contre une différence subsistait quant à la grosseur des épis (photo n° 5).

. Le 15/7/1971, on observait des zones méristématiques plus importantes sur les plants provenant de L2 que sur ceux de L0 et L1. (Ceci étant la conséquence d'une dessiccation plus rapide sur L2).

. Le 22/7/1971, à la récolte, on pouvait évaluer par rapport à un stade de maturité J :

$$L0 = J - 2$$

$$L1 = J$$

$$L2 = J + 2$$

6 - CONSIDERATIONS SUR LES RESULTATS
SOL - PLANTES

Les résultats issus des analyses de plantes et ceux obtenus sur les sols nous ont permis de représenter schématiquement l'évolution des quantités d'azote nitrique (contenues dans le sol et exportées par la plante) à un moment donné, comparativement à une quantité initiale, représentée par les teneurs du sol en fin d'hiver et les apports d'engrais azotés.

Il nous a semblé intéressant de confronter ces résultats pour expliquer les différences observées (tant sur le plan du développement que de la croissance) entre les plantes issues des parcelles en "semis-direct", travaillées au rotavator ou labourées.

Dans le but d'essayer de préciser certains aspects de ce phénomène d'évolution entre les trois "types de travail du sol" nous examinerons tout d'abord les parcelles ayant reçues une fumure azotée de 60 U. (Schéma page 78).

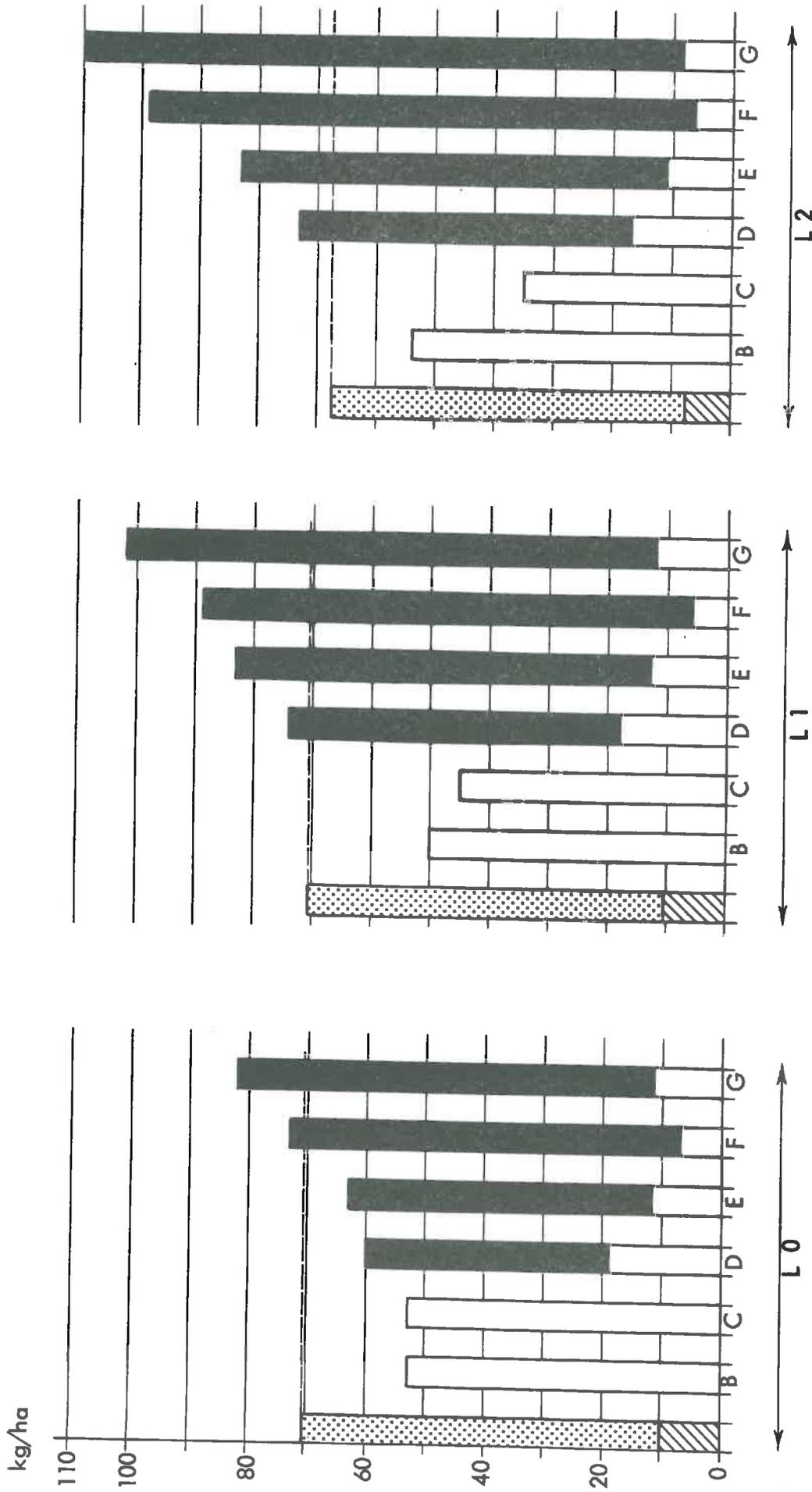
Nous retiendrons de ce schéma l'augmentation progressive des quantités d'azote (sol + plants) à partir du prélèvement D. Si ces quantités sont égales ou supérieures dès ce prélèvement aux quantités initiales A pour L1 et L2; sur les parcelles L0 ce "rattrapage" ne s'effectue qu'au prélèvement F.

Cette différence, les quantités d' N_{NO3} dans le sol étant à ces époques (D et E) quasiment identiques pour L0, L1 et L2; provient des exportations d'azote par les plantes. L'origine en est due au phénomène de croissance se traduisant par des quantités de matière sèche plus faibles sur L0. (Photo n° 2 page 70 sur les différences constatées le 1/6/1971 entre les traitements de sol). Cette évolution plus lente de production de matière sèche sur L0 entre le prélèvement C (le 3/5/71) et le prélèvement D (21/5/71) s'accompagne également d'un retard de 5 à 6 jours sur le cycle de végétation de la plante (Début montaison observée en L2 le 9 Mai, L1 le 11 Mai, L0 le 14 Mai).

Ce retard pris entre le tallage et la montaison par L1 et surtout L0 par rapport à L2 est consécutif à la chute brutale des quantités de N_{NO3} dans les parcelles en labour lors du prélèvement C. A cette époque (stade : milieu tallage) L0 avait des concentrations en azote nitrique égales à celles du prélèvement précédent (B), L1 indiquait des diminutions de 5 kg/ha, L2 de l'ordre de 20 kg/ha. Ces diminutions caractérisaient l'horizon 0-20 cm (zone explorée par les racines). Les teneurs dans la couche 30-40 cm étant restées stables.

.../

COMPARAISON ENTRE L'ÉVOLUTION DES QUANTITÉS D'AZOTE SOL + PLANTE
ET LA QUANTITÉ INITIALE SOL + ENGRAIS (sur les parcelles 60 U)



Nous avons souligné dans le chapitre V que le phénomène de lessivage pouvant expliquer cette chute des teneurs était à exclure, car les précipitations relevées à cette époque n'indiquaient qu'une hauteur d'eau de 30 mm. Or, les possibilités de tallage sont profondément influencées par les conditions de milieu, notamment liées à la nutrition minérale, surtout azotée. C'est à partir de ce stade que nos observations et résultats analytiques font apparaître une hiérarchie L2, L1, L0 dans l'apparition des stades végétatifs et la production de végétation.

Tant que les plantes ont vécu sur leurs réserves (1), période du prélèvement B, les concentrations dans le sol en N_{NO_3} sont restées identiques sur L0, L1 et L2. Dès que la plante grâce à un système racinaire plus élaboré (racines coronales) a puisé dans le sol pour son développement les éléments nutritifs nécessaires, il s'est opéré la différenciation entre les teneurs en N_{NO_3} de L2, L1 et L0. Ces faits peuvent engendrer l'hypothèse d'une irrégularité dans l'absorption des nitrates par les racines selon le type de travail du sol. Cette absorption semble plus faible pour L0 que pour L1 et surtout L2. La contrainte caractérisant cette différence est-elle due à la structure du sol ?

Une autre tentative d'explication peut faire intervenir le fait d'une nitrification plus importante sur L2 que sur L0. A moins qu'il n'y est qu'un retard à la nitrification pour ce type de travail du sol. En effet, lors du prélèvement A (le 15. 3. 71) (période marquant le début d'une vie microbienne intense) les teneurs en N_{NO_3} sur L0 étaient légèrement supérieures à L1 et L2.

.../

(1) Le prélèvement B ayant été effectué au début du stade levée, une restriction peut être émise à ce sujet. Mais nous ne perdons pas de vue que si ce stade marque théoriquement le passage à une vie autonome, la formation des organes de la jeune plantule : radicule, système séminal, rhizôme et premières feuilles, continue cependant à s'effectuer pendant un certain temps, à partir des réserves du grain, solubilisées par les diastases.

Sur les parcelles 90 U - l'évolution des quantités d'azote (sol + plante) n'indiquent pas une régularité dans le temps aussi hiérarchisée entre traitement que sur les parcelles 60 U. Nous constatons tout de même (schéma page 83) le phénomène identique des chutes de teneurs du sol en N_{NO3} lors du prélèvement C en L2. Mais l'amplitude de cette diminution est moins importante que sur les parcelles 60 U :

Traitement	Prélèvements	Différences en kg/ha	
		60 U	90 U
L0	entre B et C	0	+ 3
L1	entre B et C	- 5	+ 2
L2	entre B et C	- 20	- 12

Ces chiffres nous permettent de constater une similitude dans le phénomène d'évolution des teneurs en N_{NO3} entre les parcelles 60 U, 90 U et les types de travail du sol, avec des valeurs quantitatives plus faibles pour la fumure 60 U.

Il est à noter que sur le plan du développement comme de la croissance, il s'est produit entre le tallage et la montaison, le même phénomène de retard sur les parcelles 90 U que sur celles de 60 U, entre les plantes de L0, L1 et L2.

Le traitement de fumure azoté 90 U fait apparaître un autre aspect de la dynamique de l'azote nitrique dans le sol, en particulier un phénomène d'équilibre dans l'absorption de N_{NO3} par les racines sur les parcelles labourées. En effet, lors des prélèvements D (montaison) et E (épiaison) les quantités d'azote exportées par les plantes sont inférieures sur L2 aux quantités de L0 et L1.

.../

Prélèvement	D	E
Dates	1e 21/5/71	1e 7/6/71
Traitement travail L0	+ 8 kg/ha exportés sur 90 U par rap- port à 60 U	+ 37 kg/ha
L1	+ 7 kg/ha	+ 20 kg/ha
L2	+ 2 kg/ha	+ 8 kg/ha

Ces chiffres auraient donc tendance à indiquer que sur labour, la plante n'absorbe guère plus d'azote nitrique malgré une dose d'engrais plus élevée.

Tant sur les parcelles 60 U que 90 U des "trois types de travail du sol", nous avons constaté que :

- les quantités de matière sèche produites étaient proportionnelles à la fumure azotée apportée.

- un retard sur le développement du cycle végétatif caractérisait L0 par rapport à L1 et L2

Ces constatations s'expliquent-elles à travers les chiffres des rendements obtenus à la récolte ?

.../

Rendements - 1971 (Qx/ha)

	60 U	90 U
L0	34, 82	34, 31
L1	37, 68	37, 01
L2	40, 53	36, 88

Ces rendements sembleraient indiquer pour le traitement 60 U des différences entre "type de travail du sol" expliquant les constatations précédentes. Mais ces écarts doivent être nuancés par le fait du "décalage" végétatif des plantes (1).

Sur le traitement fumure 90 U, les rendements ne font pas apparaître de différence en faveur de L2.

.../

(1) Les plantes n'ayant pas été récoltées au même stade, les rendements tenant compte de l'humidité des grains donnent les résultats suivants :

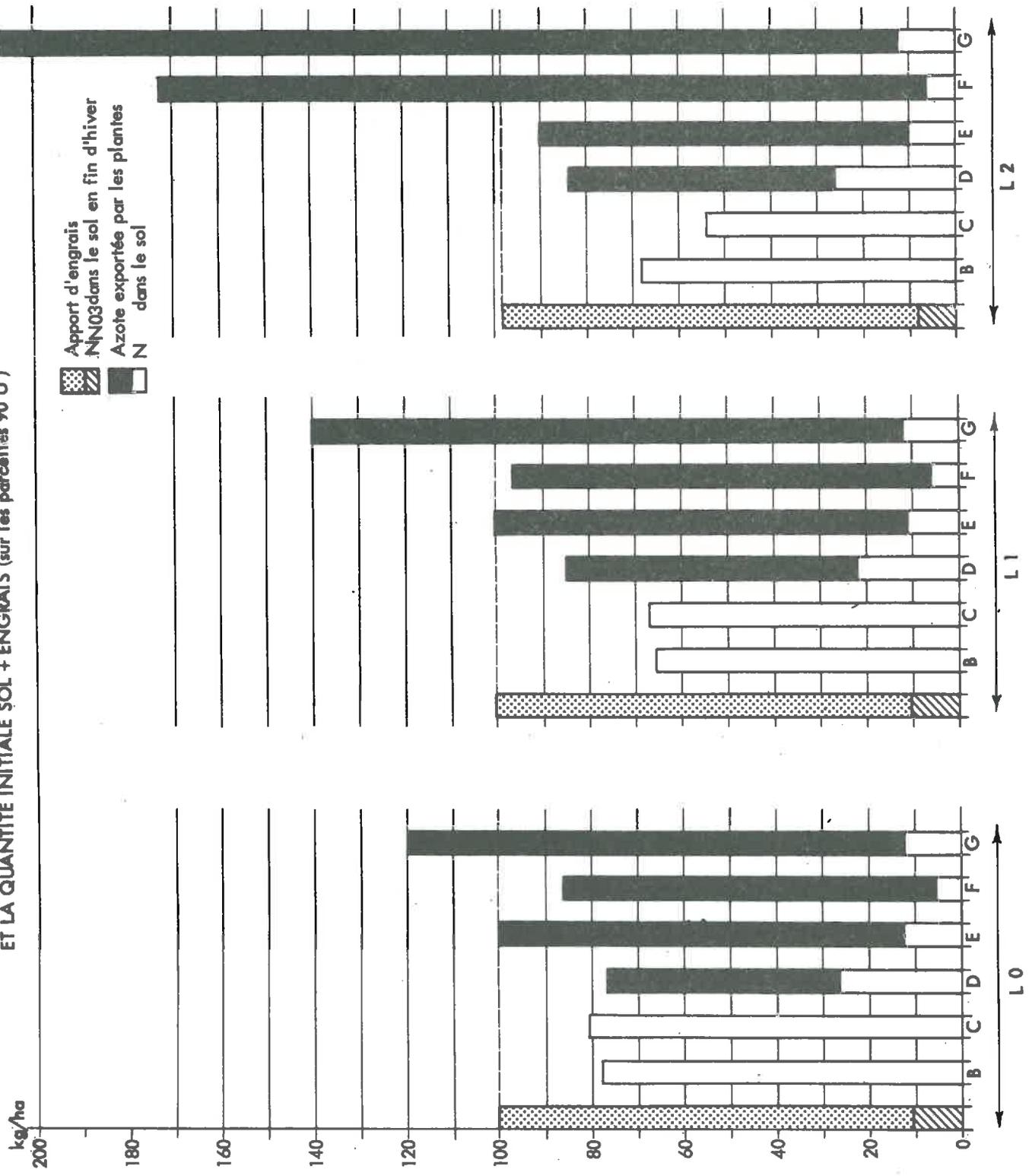
L0 = 38, 60 qx/ha

L1 = 38, 98 qx/ha

L2 = 40, 53 qx/ha

L'influence du labour apparaît moins nettement.

COMPARAISON ENTRE L'ÉVOLUTION DES QUANTITÉS D'AZOTE SOL + PLANTE
ET LA QUANTITÉ INITIALE SOL + ENGRAIS (sur les parcelles 90 U)



7 - CONCLUSIONS GENERALES

A l'issue de la confrontation des résultats obtenus tant sur le sol que sur les plantes, nous pouvons dégager les données suivantes :

- une dynamique de l'azote nitrique dans le sol, ayant un aspect évolutif semblable dans le temps, pour les trois types de travail du sol.

- Sur le plan quantitatif, une chute des teneurs en N_{NO3} sur les parcelles labourées au stade tallage.

- Une exploitation de l'azote du sol par les plantes, inégale selon les trois types de travail du sol, se traduisant par des différences tant sur le plan du développement que de la croissance.

- Des rendements à l'hectare ne faisant pas apparaître une influence favorable du labour par rapport au rotavator et surtout au "semis-direct".

- Des rendements à l'hectare n'indiquant pour aucun type de travail du sol une influence bénéfique du traitement 90 U par rapport à 60 U.

Peut-on parler d'une activité biologique moins intense sur L0 que sur L1 et L2 pour expliquer les retards végétatifs constatés selon "le type de travail du sol"? Les prélèvements D et E sur les parcelles 90 U ne semblent pas l'indiquer.

Ne devrait-on pas prendre alors en considération le phénomène d'une meilleure absorption de N_{NO3} pour les racines sur les parcelles labourées. Mais le décalage de l'utilisation des nitrates du sol par les plantes (surtout sur les parcelles 90 U) ne reflèterait-il pas tout simplement un déphasage entre la nitrification et les besoins de la plante selon les types de travail du sol ? Il serait intéressant d'observer les résultats obtenus sur le même essai, en effectuant l'apport complémentaire d'azote (30 U) à la montaison sur L0.

Ces constatations résultent de l'étude de moyennes. Les résultats obtenus lors de chaque série de prélèvements et d'analyses différaient parfois notablement entre chaque bloc de l'essai. Ceci

souligne l'extrême complexité des problèmes liés à l'évolution de l'azote nitrique dans le sol. Comme en beaucoup d'autres domaines lorsque deux processus inverses ont lieu simultanément - en l'espèce la minéralisation et l'organisation de l'azote - l'emploi de techniques plus élaborées apparaît indispensable pour analyser les phénomènes.

Nos conclusions ne sont qu'indicatives puisque :

- . l'azote total et l'azote ammoniacal n'ont jamais été dosés. Particulièrement cette deuxième forme, qui malgré sa labilité joue un rôle certain dans l'alimentation des plantes.
- . L'analyse de l'azote total des plantes n'ayant été réalisée que sur les parties aériennes.
- . Lors du prélèvement C (chute sur L2 des teneurs en N_{N03} dans le sol) nous ne possédions pas de résultats sur les quantités exportées par les plantes.
- . Nous n'avons pas d'éléments de comparaison sur l'évolution de N_{N03} en parcelles nues.

C'est donc une réponse incomplète que nous amènerons à l'issue de cette étude sur les facteurs régissant l'influence du travail minimum du sol sur les conditions de la nitrification.

Ceci étant, il est cependant possible de tirer de cette étude un certain nombre de données, d'observations et de résultats analytiques nous permettant de constater que la technique du travail minimum du sol ne gêne en rien la migration d'éléments nutritifs tels que les nitrates.

Nous ne constatons sur L0 ni une accumulation de la fumure azotée dans les couches profondes ni un maintien dans la couche superficielle. L'azote semble avoir une migration normale aussi bien en labour classique qu'en non labour. La meilleure exploration du sol et un développement plus important du système racinaire des plantes observés sur L0 en début de cycle végétatif sous entendrait une amélioration de la structure en semis-direct.

.../

Il est par contre plus délicat de porter un jugement sur la comparaison des rendements, la monoculture d'orge limitant dans ce domaine la portée de l'expérience.

Si cette technique culturale peut pallier certains comportements défavorables du sol en particulier pour lutter contre l'érosion, un problème reste à résoudre en l'absence de travail du sol : la destruction des mauvaises herbes. Il reste dans ce domaine à définir correctement les normes techniques et à envisager l'incidence économique.

Il n'en reste pas moins que l'étude du travail minimum du sol mérite d'être poursuivie pour en préciser les possibilités et surtout fixer les seuils au-dessous desquels cette technique ne pourrait pas être impunément appliquée. C'est en multipliant les observations sur la modification de la flore, de la micro-flore, sur l'évolution des éléments nutritifs que l'on pourra aller plus loin afin de ne pas seulement apprécier un résultat global, mais d'analyser pour, si possible, expliquer.

Nous ferons nôtre ~~cette~~ conclusion de HAROLD J. PAGE dans une étude destinée à l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture :

" Une grande partie de la population du monde à encore une alimentation insuffisante et bien des sols se détériorent. L'érosion fait toujours des ravages importants en entraînant la couche superficielle et laissant apparaître la couche sous-jacente plus compacte souvent difficile à ameublir.

Pour certains d'entre eux il n'est même plus question de dégradation mais de disparition ... le besoin d'une étude plus approfondie des sols et la continuité des recherches devraient conduire à découvrir de nouvelles méthodes sur le plan des techniques culturales alliant à la fois protection et production ... "

L'étude et la recherche des incidences du travail minimum du sol sur l'évolution de la plante, dont nous avons essayé d'aborder un des aspects à travers la dynamique d'un élément nutritif, devrait permettre d'apporter des solutions dans ce domaine vital qu'est la production agricole.

METHODE D'ANALYSE DE L'AZOTE NITRIQUE
DANS LE SOL

METHODE D'ANALYSE DE L'AZOTE NITRIQUE DANS LE SOLPRESENTATION

Parmi les nombreuses méthodes de dosage de l'azote nitrique existantes, quelques unes seulement sont applicables au sol.

La plus généralement employée est la méthode dite à l'acide phénoldisulfonique (1) dont le principe est le suivant :

L'acide phénoldisulfonique agit très rapidement sur les nitrates, en présence d' H_2SO_4 , pour former un phénate alcalin qui, en solution basique, est de couleur jaune : les nitrates sont extraits par agitation du sol dans une solution de $CuSO_4$. Après filtration, une partie de l'extrait est deshydratée, l'addition préalable de $Ca(OH)_2$ évite la perte des nitrates. Le résidu de déshydratation est traité à l'acide phénoldisulfonique puis alcalinisé par NH_4OH . L'intensité de la coloration jaune qui se développe alors est mesurée au spectrophotocolorimètre.

Le protocole d'analyse adopté est le suivant :

1- PREMIER TEMPS : EXTRACTION DES NITRATES

1.1 - Agitation de 50 g de sol dans 250 ml de solution d'extraction pendant 30 minutes.

La solution d'extraction consiste en 200 ml de $CuSO_4 \cdot N$, 1000 ml d' Ag_2SO_4 à 0,6 % étendus à 10 litres.

1.2 - Agitation pendant 20 minutes après addition de 0,4 g de $Ca(OH)_2$,

1.3 - Agitation pendant 20 minutes après addition de 1 g de $MgCO_3$,

1.4 - Centrifugation d'une partie aliquote à 3000 t/mn pendant 5 mn.

.../

(1) d'après Harper (Ind. Eng. Chem, 16 : 180 - 1924) et Prince (Soil Sci. 59 : 47 - 1945).

2 - DEUXIEME TEMPS : DOSAGE DE L'EXTRAIT

2. 1 - Déshydratation de 25 ml d'extrait dans un pyrex de 100 ml sur bain de sable; refroidissement.
2. 2 - Addition de 20 ml d'acide phénoldisulfonique - mise en suspension du résidu de déshydratation - repos de 10 minutes.
2. 3 - Addition de 20 ml d'eau - homogénéisation.
2. 4 - Addition de NH_4OH jusqu'au développement d'une coloration jaune + 2 ml en excès.
2. 5 - Dilution à 100 ml - homogénéisation.
2. 6 - Mesure de l'intensité de la coloration au spectrophotocolorimètre.

Les commentaires et justifications nécessaires à la compréhension des étapes présentées dans ce protocole sont réunis dans les pages suivantes, le plan adopté respecte l'ordre des manipulations. (L'organisation et les durées de déroulement des diverses étapes de l'analyse sont résumées dans le tableau de la page suivante).

Les principales autres méthodes utilisées font intervenir la brucine, l'hydrostrychnine, la diphénylamine ou la réduction des nitrates en nitrites. Bucket et ses collaborateurs (1955) estiment que ces méthodes ne sont pas satisfaisantes et recommandent l'emploi du 2-4 xylénol. Toutefois, le recours au xylénol conduisant à des interférences de la matière organique, des nitrites et des chlorures (Taras - 1958 - Lewis - 1961) n'apporte pas d'avantage sensible sur la méthode à l'acide phénoldisulfonique que nous avons retenue. (Une méthode colorimétrique simple, rapide et précise, évitant l'évaporation et le risque de voir interférer les chlorures, a été mise au point par West et Lyles - 1960 - mais nous n'avons pas eu connaissance de son application aux extraits de sol).

Extraction

Cette phase est primordiale puisqu'elle doit aboutir à l'obtention d'un produit qui présente la double qualité :

- de contenir l'ensemble des nitrates de l'échantillon,
- d'être utilisable en spectrophotolorimétrie, c'est-à-dire d'être :
 - . limpide
 - . incolore
 - . exempte de substances susceptibles d'interférer avec les méthodes d'analyses.

Ce sont ces exigences qui ont déterminé le choix de l'extractif.

1 - POUVOIR D'EXTRACTION ET QUALITES OPTIQUES

Il est admis que les nitrates (comme les nitrites) ne sont pas retenus par les colloïdes du sol et qu'une agitation de 5 ou 10 minutes, en solution aqueuse, suffit à les extraire en totalité.

Pratiquement, nous avons dû adopter un temps de retournement bien supérieur, la désagrégation des patons réalisés lors du remplissage ou du prélèvement, nécessitant une rotation de 30 à 40 minutes (à environ 50 t/mn). Dans le but d'éliminer trouble, coloration,

et substances capables d'interférer, on utilise comme milieu aqueux de l'eau additionnée de réactifs destinés à flocculer les colloïdes du sol, à précipiter la matière organique soluble et les ions colorés.

De nombreux réactifs ont été utilisés, parmi lesquels il faut citer :

CaO	Fraps et Sterges	1930
	Prince	1945
Ca(OH) ₂	Noyes	1919
CaCO ₃	Potter et Snyder	1915
	Emerson	1921
K ₂ ALSO ₄	Lipman et Sharp	1912
	Davis	1917
	Balks et Reekers	1955
	Nömmik	1962
CaSO ₄	Roller et Mc Kaig	1939

et en mélange CuSO₄, Ca(OH)₂, MgCO₃

	Harper	1924
	Wright	1939
	Metson	1956
	Jackson	1958

C'est ce dernier qui a été retenu : en effet, il évite d'avoir à solubiliser la chaux que l'on retrouve après déshydratation et permet de stabiliser le milieu microbien (toxicité des ions Cu). Les extraits obtenus sont limpides et incolores.

(L'emploi de KCl ou de tout autre extractif apportant des ions chlorures est à éviter, ces derniers, nous le verrons, faussant les résultats).

Il faut toutefois remarquer que même de tels extraits peuvent conduire à un produit coloré (avant addition d'acide phénoldi-sulfonique) : la matière organique demeurée présente sera susceptible de carbonisation lors de la dessiccation. Des tentatives ont été faites pour imaginer des méthodes éliminant la matière organique et décolorant les extraits grâce à l'utilisation de charbon actif, de résines échangeuses d'ions, d'oxydants comme l'eau de brôme, le permanganate et l'eau oxygénée. Ces techniques présentent plus d'inconvénients que d'avantages puisqu'aboutissant à une modification de la teneur en azote

nitrique, elles faussent les résultats. Nous n'avons donc pas pu les utiliser : il ne semble pas, d'ailleurs, qu'à des concentrations en matière organique usuelles dans les sols, de semblables interférences soient à craindre.

Les résultats de l'essai intitulé "Interférences matière organique" le montrent.

2 - ELIMINATION DES SUBSTANCES SUSCEPTIBLES D'INTERFERER

En plus de la matière organique, les chlorures et les nitrites peuvent fausser le dosage des nitrates.

2.1 - Les chlorures

Ils conduisent à sous-estimer la teneur en nitrates. Ceci est probablement dû à l'addition d'acide phénoldisulfonique dans des échantillons contenant à la fois des nitrates et des chlorures favorisant la conversion des nitrates en chlorures de nitrosyle (NOCl) ou en tout autre forme d'azote gazeux.

Bien que leur présence perturbe le dosage seulement pour des concentrations supérieures à 10 ppm, nous avons systématiquement éliminé les chlorures lors de l'extraction. L'addition d' Ag_2SO_4 à la solution d'extraction permet la précipitation d' AgCl éliminé ensuite par filtration ou centrifugation. L'excès d' Ag_2SO_4 est précipité par les bases citées précédemment à savoir $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et MgCO_3 (cette élimination est conseillée par Taras - 1958 - qui a identifié les ions Ag comme origine d'interférence).

Les additions de chaux et de carbone de magnésium sont suivies chacune d'un retournement de 20 minutes, destiné à homogénéiser le milieu et à parfaire l'extraction. Les quantités précisées dans le protocole, bien qu'indicatives, ont été respectées au 1/100 près (respectivement 0,4 et 1 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et MgCO_3 pour 50 g de sol).

.../

2.2 - Les nitrites

Les nitrites produisent (dans les conditions d'analyse) une coloration jaune, dont l'intensité n'est pas liée à leur concentration.

Deux types de méthodes ont été proposés pour éliminer cette interférence :

- . dans l'une, l'azote nitreux est réduit en azote gazeux par l'urée, la thiourée ou l'acide sulfamique.
- . Dans l'autre, au contraire, il est oxydé par l'eau oxygénée ou le permanganate de potassium ; de la teneur en nitrates ainsi obtenue l'on déduit celle de l'échantillon par soustraction de la teneur en nitrites déterminée par une analyse indépendante.

Dans un sol comme celui de Grignon, (où l'on ne peut observer ni un phénomène d'asphyxie accusé, ni une acidité importante) la teneur en nitrites malgré son incidence sur le dosage des nitrates peut être négligée et autoriser l'abandon des 2 méthodes décrites.

Dans le but d'accélérer le processus d'extraction, la centrifugation a été préférée à la filtration décrite dans la méthode Karper : une partie aliquote du mélange (sol + solution) est versée dans un pot à centrifuger de 100 ml et soumise pendant 5 minutes à une rotation de 3000 t/mn. Le surnageant obtenu est parfaitement limpide.

Dosage de l'extrait

Préalablement à l'addition d'acide phénoldisulfonique, la déshydratation totale de l'échantillon est indispensable. La réaction de nitration serait en effet, affectée par la présence d'eau.

La dessiccation est réalisée par chauffage dans un pyrex de 100 ml (la surface de chauffe est relativement importante par rapport aux 25 ml contenus) sur bain de sable (cette méthode est moins brutale et permet une meilleure répartition de la chaleur que celle utilisant une plaque chauffante).

.../

Dès dessiccation l'on doit retirer le pyrex sous peine de constater une carbonisation de la matière organique encore présente - il en résulterait l'apparition d'une coloration parasite.

Au cours de cette étape, la perte d'azote nitrique est possible en milieu acide ou même neutre. L'addition des bases réalisée au cours de l'extraction permet d'éliminer ce risque. Pour prévenir ces pertes, Roller et Mc Kaig estiment que CaCO_3 est la base la mieux adaptée; Ca(OH)_2 pouvant produire des résidus colorés. Ayant eu recours à la chaux pour éliminer les chlorures, sa présence nous a dissuadés de l'emploi parallèle de carbonate de calcium, par ailleurs suspecté de favoriser un résultat inverse de celui attendu : en effet Chamot - 1911 et Harper - 1924 font état de pertes d'azote nitrique lors de l'addition d'acide phénoldisulfonique aux résidus de déshydratation contenant des carbonates, du fait de la violente effervescence qui en résulte (ceci n'a toutefois pas été confirmé ni par Fraps et Sterges - 1931, ni par Roller et Mc Kaig - 1939).

Certains chercheurs ont tentés de s'affranchir de la déshydratation et des problèmes qu'elle entraîne. Eastoe et Pollard - 1950 proposent une adaptation de la méthode dans laquelle la dessiccation ne serait plus nécessaire; la réaction de nitration étant réalisée directement par traitement de l'échantillon à l'acide phénoldisulfonique dilué à 40 % d'eau et chauffage du mélange au bain-marie. Ce procédé est plus rapide; il serait moins sujet aux interférences dues aux chlorures, mais il entraîne une diminution de la précision et de la sensibilité de la méthode. De même, Middleton - 1958 suggère une variante dans laquelle le chauffage préconisé par Eastoe et Pollard est rendu inutile par l'emploi d'acide phénoldisulfonique suffisamment concentré en H_2SO_4 . Cette méthode est bien sûr plus rapide, mais, réunissant les mêmes inconvénients que la précédente, nous ne l'avons pas retenue.

Le réactif employé est, pour l'essentiel, de l'acide phénol 2-4 disulfonique obtenu comme suit :

25 g de phénol pur et blanc sont dissous dans 150 ml d' H_2SO_4 concentré ordinaire, après apport de 75 ml d' H_2SO_4 fumant, le mélange couvert est placé au bain-marie pour une ébullition prolongée (2 heures). Le produit obtenu doit être conservé dans un flacon ambré et bouché.

Pour le dosage, 2 ml de l'acide ainsi préparé sont versés dans le pyrex et mis en contact avec l'ensemble du résidu de déshydratation (y compris la pellicule formée à la base des parois latérales). La réaction qui se produit alors est vive mais il ne s'agit pas du "foisonnement intense" constaté en milieu riche en carbonates. Le repos de 10 mn qui suit permet une réaction totale de l'acide phénol-disulfonique concentré, avant dilution par addition de 20 ml d'eau distillée.

L'ammoniaque (NH_4OH aux 2/3) est versée lentement à l'aide d'une burette graduée au 1/10 jusqu'à ce qu'il y ait persistance d'une coloration jaune malgré l'agitation du bœcher. 2 ml supplémentaires de NH_4OH viennent renforcer la basicité du milieu.

Le composé jaune obtenu est un sel alcalin de l'acide 6 nitrophénol 2-4 disulfonique (d'après Chamot et ses collaborateurs 1909-10-11). Ce phénate se comporte comme un indicateur coloré (nitrophénolique) : incolore en milieu acide, il devient jaune en milieu basique. Le mélange coloré est étendu à 100 ml puis, aussitôt, passé au spectrophotocolorimètre (la persistance de l'intensité de la coloration a été vérifiée à 12 heures d'intervalle mais, comme beaucoup de réactions colorées, elle est photosensible).

A l'intérieur d'une gamme de concentration assez large (jusqu'à 2 mg d' N_{NO_3} /litre) la réaction colorée suit la loi de Beer : l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration. Le spectrophotocolorimètre permettant la mesure d'intensités de coloration, on peut déduire, après étalonnage de l'appareil, la concentration de la solution étudiée.

Un premier temps consiste donc à faire correspondre à une concentration en azote nitrique donnée, une déviation lue sur l'appareil (on réalise ainsi une gamme). Au cours des analyses, le renouvellement des réactifs utilisés, contraint, pratiquement, à l'élaboration d'une gamme lors de chaque série de prélèvements.

Page 13 figure le protocole utilisé pour l'obtention des gammes de référence.

Dans un deuxième temps, connaissant la déviation produite par l'échantillon à doser, on obtient, par lecture directe sur la courbe étalon ou le tableau de correspondance des déviations et des concentrations, la teneur en nitrates de l'échantillon.

L'optimum de précision et de sensibilité de la méthode correspond au maximum d'absorption; ce dernier se situe à 4100 Å de longueur d'ondes, sur l'appareil dont nous nous sommes servis pour l'ensemble des analyses, il s'est avéré être à 4075 Å (Sur la page 12 figurent les résultats obtenus lors de la recherche du maximum d'absorption).

Calcul des résultats

Le chiffre cherché est celui traduisant la teneur du sol en azote nitrique. Au cours du temps, en fonction de la profondeur, l'humidité des échantillons de terre analysés est variable. La comparaison des concentrations en nitrates de deux échantillons différents implique donc la connaissance des quantités de terre sèche concernées.

1°) Mesures d'humidité

Il s'agit de peser une masse de terre avant et après dessiccation. Le poids de terre sèche (T_S) contenu dans les 50 g de terre humide placés dans le "flacon à retournement" est calculé comme suit :

$$T_S = 50 \times \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

P_0 = poids du vase à tarer vide et sec

P_1 = poids du vase à tarer + terre humide

P_2 = poids du vase à tarer + terre sèche

La prise d'échantillon de terre humide est de 50 g pesés au 1/10 è près sur une balance monoplateau.

Les dessiccations sont réalisées par passage à l'étuve à 70° pendant 24 heures et les pesées de terre sèche sont effectuées sur une balance de précision monoplateau au 1/10.000 de gramme.

.../

Spectro. Jean et Constant N° 645

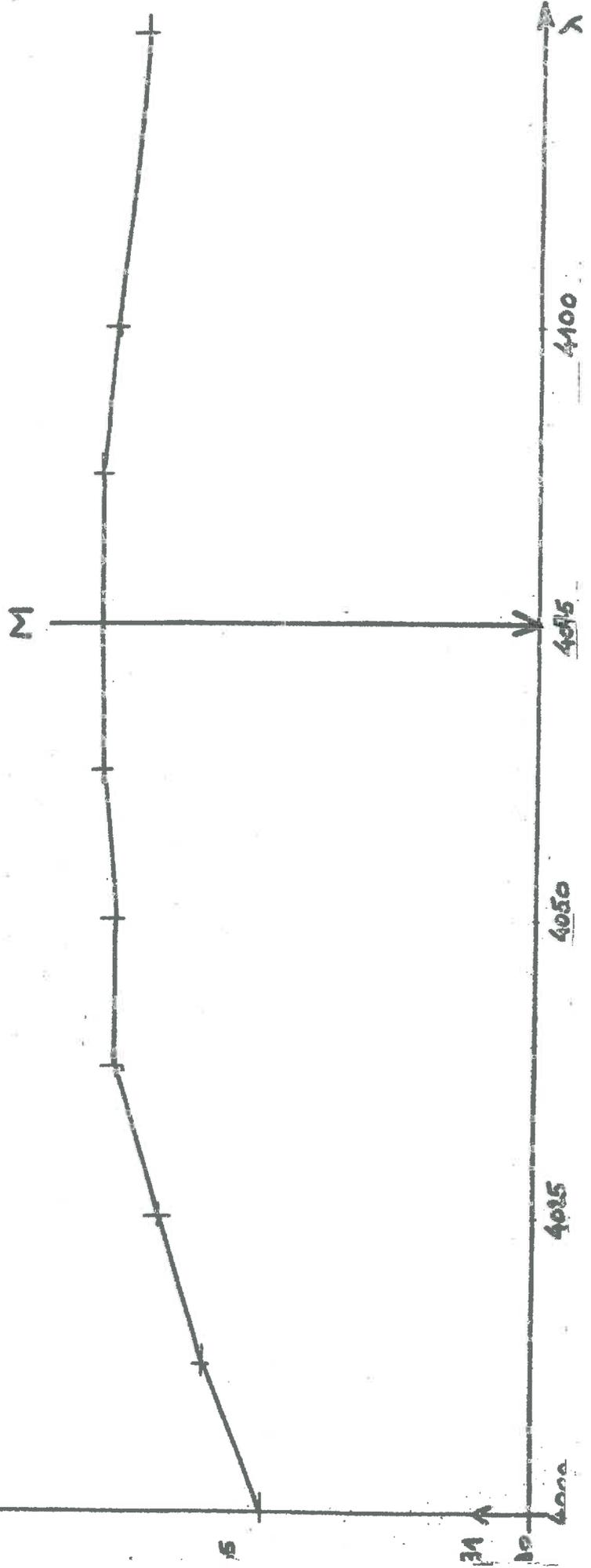
Concentration utilisée: 1 ppm NO_3

Longueur d'onde utilisée Déviation lue

en Å

(A)

4000	34,5
4012,5	35,5
4025	36,25
4037,5	37
4050	37,25
4062,5	37,25
4075	37,25
4087,5	37,25
4100	37
4200	35,5



2°) Concentration du sol en azote nitrique $\left[N_{NO_3} \right]$

Les calculs à effectuer ont pour origine les dilutions et les prélèvements effectués en cours d'analyse ; il suffit donc de remonter la suite des opérations modifiant le volume de l'échantillon analysé et d'y suivre la quantité d'azote nitrique contenu : la courbe d'étalonnage fait correspondre à la déviation Δ lue, une concentration exprimée en γ /ml, il en découle que :

la fiole jaugée de 100 ml contient $n \times 100 \gamma$ d' N_{NO_3}
 . ces $n \times 100 \gamma$ proviennent des 25 cm^3 déshydratés,
 dans les 250 cm^3 de la solution d'extraction, il γ avait
 donc : $n \times 100 \times 10 \gamma$

. ces $n \times 1000 \gamma$ ont été extraits des T_s g de sol sec.
 un gramme de terre sèche contient donc :

$$\frac{n \times 100 \times 10 \gamma}{T_s}$$

d'où la concentration cherchée :

$$\left[N_{NO_3} \right] = \frac{n \times 100 \times 10}{50 \frac{P_2 - P_1}{P_1 - P_0}}$$

ETALONNAGE DU SPECTROPHOTOCOLORIMETRE

Il s'agit de tracer la courbe (la réaction colorée suivant la loi de Beer, le graphe est assimilable à une droite) représentant les variations de la déviation (Δ) lue sur l'appareil en fonction des concentrations en azote nitrique (C) des solutions étudiées.

Dans le but de s'affranchir des interférences possibles, nous avons fait intervenir dans les solutions étalons destinées à construire la gamme, tous les corps présents lors de l'extraction et ceci, dans les mêmes proportions.

Il a donc été procédé comme suit :

.../

à v ml de "solution - standard" de KNO_3 (à 100 ppm) sont ajoutés 0,08 g de Ca (OH) et 0,2 g de Mg CO_3 , 25 ml sont prélevés après centrifugation et déshydratés sur bain de sable; un repos, puis l'addition de 2 ml d'acide phénoldisulfonique précède la dilution permettant d'ajuster l'ensemble à 50 ml.

Les échantillons obtenus ont donc pour concentration en azote nitrique :

$$v \times 100 \times \frac{25}{50} \times \frac{1}{50} = x \text{ } \gamma \text{ /ml}$$

soit :

pour un volume v de "solution standard" obtention d'un échantillon contenant :

$V = 2$ ml	$2 \text{ } \gamma \text{ /ml}$
1,5	1,5
1	1
0,5	0,5
0	0

Lors du passage au spectrophotocolorimètre l'on fait correspondre à la concentration maximale ($2 \text{ } \gamma \text{ /ml}$), la déviation maximale (100). La déviation obtenue par interposition d'un coin sert de témoin et prouve la constance du réglage de l'appareil (cette déviation est notée $H_2 O_D + T_{0,5}$).

Les points extrêmes déterminés par superposition des courbes étalons utilisées lors des six séries d'analyses définissent un intervalle de confiance qui délimite la fidélité offerte par la méthode au cours des dosages. (Courbe de la page 16).

Concentration	Déviati on minimale	Déviati on maximale
0	3	4
0,5	26,5	29,5
1	50,5	54,5
1,5	74,5	78
2	100	100

"INTERFERENCES - MATIERE ORGANIQUE

L'introduction d'acétates à l'intérieur d'échantillons obtenus à partir de nitrate de potassium n'a conduit à aucune différence notable par rapport aux repères de la gamme : le dosage de l'azote s'est traduit par des chiffres semblables.

Pratiquement, sur trois séries d'échantillons réalisés suivant le protocole adopté pour la construction d'une gamme (voir le complément concernant l'étalonnage du spectrophotocolorimètre), deux ont subi l'addition d'acétate : de sodium pur l'une, de calcium pour l'autre, la troisième jouant le rôle de témoin.

Ayant adopté 1 et 3% comme doses de matière organique pouvant être rencontrées dans un sol, les quantités d'acétate apportées ont été de 0, 10 et 0, 30 grammes (les échantillons simulent la mise en solution de 10 grammes de sol).

A l'issue de l'analyse, les chiffres suivants ont été obtenus :

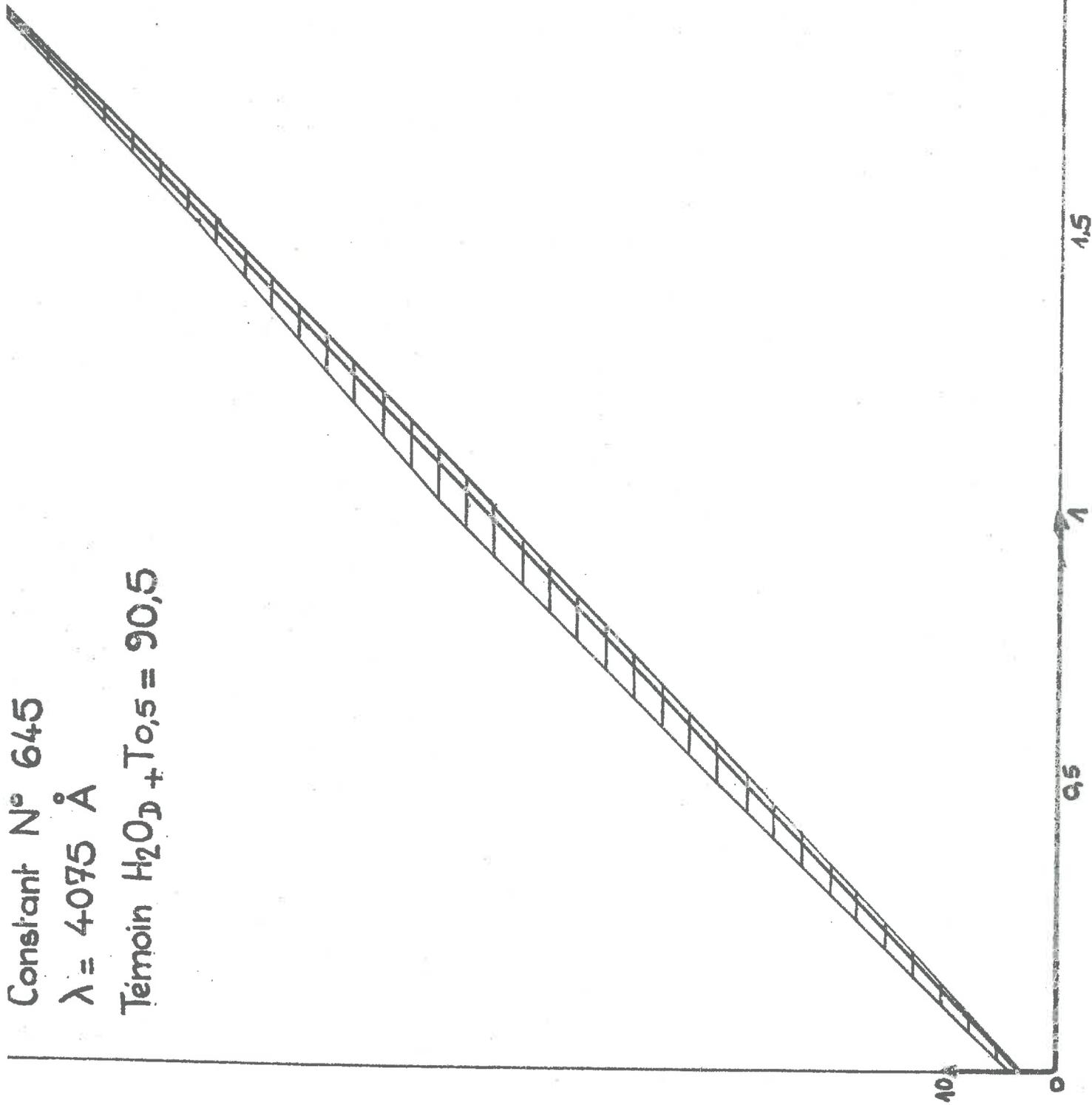
Teneur en Azote nitrique (γ /ml)	Déviation enregistrée				
	Acétate de calcium		Acétate de sodium		Témoin
	0, 10 g	0, 30 g	0, 10 g	0, 30 g	
0	3, 5		3		3
1	54, 5		54		53
2	100		10 (2)		100

Avec les produits retenus, il n'apparaît donc pas d'interférences (il faut remarquer que l'acétate d'ammonium, au contraire, conduit à l'apparition d'une coloration bleue foncée parasite).

Constant N° 645

$\lambda = 4075 \text{ \AA}$

Témoin $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{TiO}_2 = 90,5$



RESULTATS PAR SERIES DE PRELEVEMENTS

(en k / ha)

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

Element	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
1	5	2,92	3,05	7,40	5,42	5,06	5,23	4,84
	10	1,55	1,43	2,37	1,71	2,88	2,04	1,99
	20	2,77	1,73	4,42	3,62	4,21	4,93	3,61
	Total 40	7,24	6,21	14,19	10,75	12,15	12,20	10,45
2	5	3,85	3,30	4,89	5,92	3,21	3,61	4,13
	10	1,38	1,56	2,89	2,06	2,47	1,76	2,02
	20	2,77	3,48	5,54	4,70	4,23	3,86	4,09
	Total 40	8,00	8,34	13,32	12,68	9,91	9,23	10,24
1	5	3,42	3,08	4,13	4,08	4,61	5,01	4,05
	10	2,75	2,56	2,57	1,97	2,29	3,19	2,55
	20	2,77	1,50	5,09	5,50	3,88	4,23	3,82
	Total 40	8,94	7,14	11,79	11,55	10,78	12,43	10,43
2	5	2,77	3,08	3,39	3,44	3,71	6,15	3,75
	10	2,51	2,84	3,25	1,72	2,12	2,10	2,42
	20	3,86	3,46	7,51	3,38	5,24	2,80	4,37
	Total 40	9,14	9,38	14,15	8,54	11,07	11,05	10,55
1	5	2,04	2,44	4,48	3,20	3,10	3,77	3,17
	10	1,39	0,51	1,67	1,37	1,22	1,78	1,32
	20	1,73	1,37	3,02	3,43	3,15	3,89	2,76
	Total 40	5,16	4,32	9,17	8,00	7,47	9,44	7,26
	5	2,73	1,26	4,05	4,00	3,09	4,74	3,31
	10	1,19	1,21	1,02	2,20	1,57	2,46	1,60
	20	2,07	1,38	3,75	4,10	4,36	4,30	3,32
	Total 40	5,99	3,85	8,82	10,30	9,02	11,50	8,24
	5	2,73	1,26	4,05	4,00	3,09	4,74	3,31
	10	1,19	1,21	1,02	2,20	1,57	2,46	1,60
	20	2,07	1,38	3,75	4,10	4,36	4,30	3,32
	Total 40	5,99	3,85	8,82	10,30	9,02	11,50	8,24

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

Élévement	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
1	5	44,09	20,19	38,41	18,57	53,21	28,55	33,85
	10	4,75	3,41	7,40	6,61	10,62	6,36	6,52
	20	8,86	12,67	9,95	9,70	20,65	16,22	13,00
	40	57,70	36,27	55,76	34,88	84,58	51,13	53,37
2	5	49,97	67,67	29,06	50,15	55,06	48,97	50,14
	10	7,03	6,63	10,77	11,65	13,95	7,08	9,51
	20	15,47	14,27	16,86	14,14	30,64	23,38	19,12
	40	72,47	88,57	56,69	75,94	99,65	79,43	78,77
1	5	16,08	15,35	24,80	29,29	40,71	26,77	25,50
	10	8,03	8,24	10,98	12,19	16,57	4,81	10,13
	20	14,97	12,76	13,51	15,83	22,09	8,87	14,67
	40	39,08	36,35	49,29	57,31	89,53	40,45	68,36
2	5	17,03	22,24	28,52	41,32	39,84	48,24	32,86
	10	11,54	14,02	6,97	8,05	20,55	18,28	13,23
	20	25,46	16,13	23,68	10,24	19,40	21,49	19,40
	40	54,03	52,39	59,17	59,61	79,79	88,01	65,49
1	5	13,41	19,30	21,13	55,18	39,60	40,88	31,58
	10	5,32	6,47	10,13	8,92	7,75	8,31	7,81
	20	15,44	15,56	14,60	16,41	15,75	14,24	15,33
	40	34,17	41,33	45,86	80,51	63,10	63,43	54,72
2	5	32,51	25,48	22,08	32,15	64,59	43,05	36,54
	10	7,72	5,63	5,51	8,01	11,57	14,04	8,74
	20	16,95	21,39	15,04	21,38	33,47	31,20	23,23
	40	57,18	52,50	42,63	61,54	109,63	88,29	68,61

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

ement	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
1	5	11,38	22,14	27,61	18,62	17,92	21,01	21,11
	10	17,38	17,59	16,69	17,94	13,08	14,76	16,24
	20	16,97	14,90	18,16	13,51	17,33	14,30	15,86
	40	53,73	54,63	62,46	50,07	48,33	50,07	53,21
1	5	20,59	22,63	31,04	33,40	32,87	33,55	29,01
	10	21,05	23,40	19,93	30,41	32,61	33,19	26,76
	20	21,19	21,65	22,76	25,02	22,23	39,02	25,31
	40	62,83	67,68	73,73	88,83	87,71	105,76	81,08
1	5	23,84	14,60	15,87	14,88	15,65	13,24	16,34
	10	14,66	15,84	12,19	13,58	11,62	13,62	13,58
	20	16,55	13,54	23,90	12,81	9,75	17,11	15,61
	40	55,05	43,98	51,96	41,27	37,02	43,97	45,53
2	5	19,38	32,36	20,11	32,36	22,48	25,19	25,31
	10	28,16	31,35	10,42	28,69	13,83	23,18	22,60
	20	17,28	22,93	20,35	19,87	23,17	15,63	19,87
	40	64,82	86,64	50,88	80,92	59,48	64,00	67,78
1	5	16,46	15,89	15,02	11,01	12,76	11,86	13,83
	10	9,93	11,84	20,73	8,90	10,62	10,17	12,03
	20	8,33	6,96	17,02	6,97	14,97	6,26	10,08
	40	34,72	34,69	52,77	26,88	38,35	28,29	39,94
2	5	13,69	17,07	31,86	21,08	18,36	19,57	20,27
	10	11,50	13,95	27,68	14,11	13,25	18,54	16,50
	20	12,97	15,66	19,46	18,27	22,29	14,90	17,25
	40	38,16	46,68	77,00	53,46	53,90	53,01	54,02
	40		14,93					

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

ttement	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
1	5	10,63	9,94	12,53	8,21	10,86	9,28	10,24
	10	3,56	2,83	4,29	3,91	4,25	3,54	3,73
	20	4,93	3,50	4,96	4,96	5,76	6,30	5,06
	40	19,12	16,27	21,78	17,08	20,87	19,12	19,03
2	5	10,95	11,05	12,16	16,87	13,84	11,88	12,79
	10	7,65	4,27	8,78	3,19	4,97	6,67	5,92
	20	8,48	5,66	9,22	8,51	6,38	9,98	8,03
	40	27,08	20,98	30,16	28,57	25,19	28,53	26,74
1	5	8,26	11,19	8,16	4,71	10,42	8,39	8,52
	10	4,61	3,56	4,27	2,50	5,16	3,89	3,99
	20	8,45	9,21	4,94	3,57	2,93	6,77	5,97
		21,32	23,96	17,37	10,78	18,51	19,05	18,48
2	5	10,47	15,71	11,16	17,24	15,66	11,00	13,54
	10	2,48	3,23	1,78	3,90	2,78	3,58	2,95
	20	6,33	4,59	6,38	4,97	5,54	7,16	5,82
	40	19,28	23,53	19,32	26,11	23,98	21,74	22,82
1	5	8,94	9,03	7,40	6,00	9,49	10,05	8,48
	10	3,34	3,63	3,53	2,84	1,77	3,27	3,06
	20	7,12	6,24	4,97	7,82	3,53	7,46	6,19
	40	19,40	18,90	15,90	16,66	14,79	20,78	17,73
2	5	8,89	7,11	11,65	12,73	11,16	14,88	11,07
	10	2,12	2,49	3,93	3,91	17,81	3,91	5,69
	20	7,81	2,84	2,75	3,56	35,33	4,96	9,54
	40	18,82	12,44	18,33	20,20	64,30	23,75	26,30
		9,18						

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

Profondeur (cm)	Blocs							
	I	II	III	IV	V	VI	M	
5	1,73	1,38	3,80	3,10	2,40	4,08	2,74	
10	3,10	1,03	4,77	4,82	1,70	2,75	3,02	
20	6,90	5,13	11,30	6,55	7,89	4,77	7,09	
40	11,73	7,54	19,87	14,47	11,99	11,60	12,85	
5	1,38	2,40	4,49	4,97	3,08	4,72	3,50	
10	2,07	1,02	4,42	4,75	3,16	3,70	3,18	
20	5,50	5,76	11,27	1,02	8,16	5,44	6,19	
40	8,95	9,18	20,18	10,74	14,40	13,86	12,87	
5	1,72	1,90	4,91	5,81	1,73	1,73	2,96	
10	2,24	2,27	4,62	4,90	4,21	2,40	3,44	
20	4,14	4,45	8,29	9,76	7,82	5,54	6,66	
40	8,10	8,62	17,82	20,47	13,76	9,67	13,06	
5	1,02	2,04	4,14	2,58	2,43	2,08	2,38	
10	1,71	0,67	4,16	2,40	2,06	1,73	2,12	
20	4,81	5,84	9,60	8,99	5,88	6,90	7,00	
40	7,54	8,55	17,90	13,97	10,37	10,71	11,50	
5	2,19	1,20	5,01	4,18	2,75	1,38	2,78	
10	0,84	0,68	3,45	5,48	1,73	2,43	2,43	
20	2,71	4,56	9,08	9,38	7,38	4,27	6,23	
40	5,74	6,44	17,54	19,04	11,86	10,08	11,44	
5	2,21	1,35	4,10	4,24	2,56	2,40	2,81	
10	2,38	0,68	4,11	3,81	3,72	1,71	2,73	
20	3,72	1,72	9,97	6,61	5,19	2,77	4,99	
40	8,31	3,75	18,18	14,66	11,47	6,88	10,53	

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

Echantillon	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
	5	2,32	1,28	1,38	1,93	1,98	2,01	1,81
	10	1,96	1,56	2,04	1,68	1,91	1,21	1,72
	20	2,89	2,45	4,17	2,67	3,53	3,15	3,14
	40	7,17	5,29	7,59	6,28	7,42	6,37	6,67
	5	2,02	1,91	1,65	1,92	1,94	2,02	1,91
	10	1,56	1,27	1,99	1,32	1,71	1,71	1,59
	20	2,80	3,16	3,18	3,21	2,93	3,05	3,05
	40	6,38	6,34	6,82	6,45	6,58	6,78	6,55
	5	1,98	2,32	2,19	2,40	1,75	1,92	2,09
	10	1,94	1,61	1,46	1,61	1,42	1,35	1,56
	20	2,94	2,75	2,55	2,86	2,40	2,96	2,74
	40	6,86	6,68	6,20	6,87	5,57	6,23	6,39
	5	1,72	1,35	2,01	1,77	1,77	2,36	1,83
	10	2,14	1,61	1,16	1,39	1,29	2,00	1,59
	20	3,32	2,59	3,09	2,35	2,84	2,97	2,86
	40	7,18	5,55	6,26	5,51	5,90	7,33	6,28
1	5	1,35	1,27	1,92	1,93	1,98	1,91	1,72
	10	1,99	1,46	1,73	1,54	1,32	2,04	1,68
	20	4,08	2,55	2,90	2,81	2,93	4,01	3,21
	40	7,42	5,28	6,55	6,28	6,23	7,96	6,61
2	5	1,46	1,95	1,85	1,90	2,26	1,92	1,89
	10	1,48	1,53	1,67	1,40	2,06	1,76	1,65
	20	3,06	2,73	2,80	2,58	3,72	2,84	2,95
	40	6,00	6,21	6,32	5,88	8,04	6,52	6,49

RESULTATS EXPRIMES EN KG/HA

ement	Prof. (cm)	Blocs						
		I	II	III	IV	V	VI	M
	5	2,58	2,30	2,86	3,07	2,47	2,96	2,70
	10	4,20	3,18	3,37	2,88	3,11	2,85	3,26
	20	5,57	4,81	8,90	7,37	4,74	4,74	6,02
	40	12,35	10,29	15,13	13,32	10,32	10,55	11,98
2	5	2,77	2,78	2,93	2,40	3,05	3,07	2,83
	10	4,05	3,18	2,51	2,94	2,54	3,15	3,06
	20	8,45	8,46	6,67	5,13	5,62	5,81	6,69
	40	15,27	14,42	12,11	10,47	11,21	12,03	12,58
1	5	2,55	2,43	3,11	2,73	2,41	2,96	2,69
	10	3,63	2,55	2,71	3,11	3,09	2,53	2,93
	20	7,75	5,79	6,08	6,00	4,81	5,65	6,89
	40	13,93	10,77	11,90	11,84	10,31	11,14	12,51
2	5	2,73	3,12	2,58	2,53	3,15	2,79	2,81
	10	4,36	2,86	2,85	2,72	3,09	2,85	3,12
	20	7,73	6,84	5,51	5,47	5,81	5,91	6,21
	40	14,82	12,82	10,94	10,72	12,05	11,55	12,14
1	5	2,41	2,46	2,36	2,96	2,30	3,07	2,59
	10	3,58	2,43	2,82	2,47	2,60	2,63	2,75
	20	3,63	2,94	3,09	3,15	3,93	3,70	3,40
	40	9,62	7,83	8,27	8,58	8,83	9,40	8,74
2	5	2,55	2,64	3,01	2,70	2,79	2,87	2,76
	10	4,36	2,47	3,09	2,85	2,71	2,47	2,99
	20	8,45	6,14	7,81	6,73	6,05	6,29	6,91
	40	15,36	11,25	13,91	12,28	11,55	11,63	12,66

CARACTERISTIQUES DE LA VARIETE D'ORGE "RIKA"

(d'après documents Chaire d'Agriculture ENSA-GRIGNON)

Description-type d'une variété d'orge

RIKA

Origine : Kénia x Isaria
 Obtenteur : Weibull - Suède

Année d'inscription
 au Catalogue : 1951

CARACTERES MORPHOLOGIQUES VEGETATIFSPhase "Tallage"

Port de la plante : demi-étalé à demi-dressé
 Gainés des 4ème et 5ème feuilles
 - pilosité : glabre
 - pigmentation : moyenne
 Couleur du feuillage : vert-franc
 Sensibilité au D. D. T. : sensible

Phase "Montée - Epiaison"

Port de la dern. feuille à la sortie
 des barbes : retombant
 Forme de la dern. feuille : assez courte
 et assez étroite

Phase "Epiaison-Floraison"

Décalage des oreillettes : faible
 Coloration des oreillettes et des
 barbes : moyenne
 Glaucescence : glauque

Phase "Maturité"

Port de l'épi : courbé
 Longueur du col de l'épi : moyen
 Pigment de la paille : faible
 Hauteur de la plante : assez courte

CARACTERES CULTURAUXRythme de développement

Type : printemps

Précocité : demi-tardive

Comportement à l'égard des principaux parasites

Oïdium (Erysiphe graminis) : sensible
 Charbon nu (Ustilago nuda) : très sensible
 Marsonia (Rhynchosporium secalis) : sensible

Rouille naine (Pucc. simplex) :
 sensible
 Rouille jaune (Pucc. glumarum) :
 sensible

Comportement à l'égard des accidents climatiques et culturels

Verse : assez résistante

Froid : très sensible

Aptitudes culturelles et technologiques

Productivité : assez élevée
 Qualité (extrait sec) : moyenne

Tallage : fort à assez fort
 Fertilité de l'épi : assez élevée
 Poids de 1000 grains : assez élevé

RIKA

CARACTERES DE L'EPI

Aspect général

nombre de rangs : deux
capacité : lâche
point d'attache du grain sur l'art. par rap.
: glumes : éloigné

Barbe

longueur : assez courte
point de la nervure médiane : 2 à 4/10 lisse
point des nervures latérales : totale, épines
plus ou moins grandes, assez resserrées

Col de l'épi

formation du col de l'épi : forte
forme de la collerette : légèrement oblique

Rachis

1er article :
Longueur : assez long
Forme : incurvé
Pilosité latérale : forte

Art. du tiers moyen de l'épi
Profil externe : bosse moyenne
Pilosité latérale : moyenne
Pilosité basale interne : assez
faible

CARACTERES DU GRAIN

(Type) : A ou AB faible

Glumelle inférieure

point des nervures latérales
centrale : épines présentes, assez nombreuses
coloration des nervures dorsales : forte
lisse et rides : finesse moyenne, rides peu
nombreuses

Glumelle supérieure

cosité du sillon : glabre
largeur du sillon : étroit à moyen

Baguette

longueur
- par rap. au grain : moyenne
- par rap. à l'art. du rachis : moyenne
long. et dispos. des poils de l'extrémité :
assez longs, en demi-éventail

Lodicules

Type et disposition : grandes laté-
rales
Forme : ramassées, larges

Formes et coloration du grain

Longueur : assez long
Largeur : assez étroit
Profil dorsal (tiers inf.) : assez
incurvé
Dépression basale : assez forte,
arrondie
Couleur du grain vêtu : jaune-
grisâtre
Couleur du grain nu : jaune-grisâtre
Réaction à l'acide phénique
- grain vêtu : brun
- grain nu : brun

CARACTERES GENERAUX DE L'EPILLET FERTILE

Glume

long. par rap. à la glumelle inf. : égale
cosité : velue

Glumelle inférieure

cos. int. à la base de la barbe : courte et
faible concave

Glumelle supérieure

Long. par rap. au caryopse :
moyenne
Forme de l'extrem. sup. : droite
à légèrement concave

CARACTERES GENERAUX DE L'EPILLET

Aspect général

insertion : divergent

Glume

long. par rap. à la glum. inf. : égale
cosité : velue

Pédicelle

cosité : faible

Glumelle inférieure

Forme : faiblement spatulée
Dimensions : assez longue, largeur
moyenne

Glumelle supérieure

Long. par rap. à la glum. inf. :
plus courte à nettement plus courte

Rachillet

Couleur : jaunâtre

ANNEXE IV

ANALYSE DE VARIANCE PAR SERIES DE PRELEVEMENTS

Prélèvements série A. (le 15.3.71)

Programme Blocs. 60 U. 5cm.

6 BLOCS		100 :M ²							
4.00	4.18	10.14	7.43	6.94	7.17 :	39.86:	6.64:	6.64	
4.69	4.22	5.66	5.59	6.32	6.87 :	33.35:	5.55:	5.55:	
3.75	3.35	6.15	4.42	4.25	5.17 :	27.09:	4.51:	4.51:	

TOTAUX BLOCS

12.44	11.75	21.95	17.44	17.51	19.21
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	100.30
MOYE. GENE	:	5.57
RDT . HA	:	5.57

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 49.83	17.00		
BLOCS	: 25.90	5.00	5.18	5.00
TRAIT	: 13.59	2.00	6.79	6.57
ERREUR	: 10.34	10.00	1.03	

ECART-TYPE:	1.01
C.V	: 18.25
PPDS (0.05)	1.30

Programme Blocs. 60 U. 10 cm.

6 BLOCS		100 :M ²							
2.13	1.97	3.26	2.35	3.95	2.80 :	16.46:	2.74:	2.74:	
3.78	3.51	3.53	2.70	3.14	4.37 :	21.03:	3.50:	3.50:	
1.64	0.71	2.30	1.89	1.68	2.44 :	10.66:	1.77:	1.77:	

TOTAUX BLOCS

7.55	6.19	9.09	6.94	8.77	9.61
------	------	------	------	------	------

TOUAL GENE	:	48.15
MOYE. GENE	:	2.67
RDT . HA	:	2.67

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 15.35	17.00		
BLOCS	: 2.99	5.00	.59	1.77
TRAIT	: 9.00	2.00	4.50	13.38
ERREUR	: 3.36	10.00	.33	

ECART-TYPE:	.57
C.V	: 21.67
PPDS (0.05)	

Programme Blocs. 10 U. 20 cm.

6 BLOCS		100 :M12							
1.90	1.19	3.03	2.48	2.89	3.38	:	14.87:	2.47:	2.47:
1.90	1.03	3.49	3.77	2.66	2.90	:	15.75:	2.62:	2.62:
1.42	0.94	2.07	2.35	2.16	2.61	:	11.55:	1.92:	1.92:

TOTAUX BLOCS

	5.22	3.16	8.59	8.60	7.71	8.89
TOUAL GENE	:	42.17				
MOYE. GENE	:	2.34				
RDT . HA	:	2.34				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 12.07	17.00		
BLOCS	: 9.02	5.00	1.80	12.76
TRAIT	: 1.63	2.00	.81	5.78
ERREUR	: 1.41	10.00	.14	

ECART-TYPE:	.37
C.V	16.04
PPDS (0.05)	.48

Programme Blocs. 90 U. 20 cm.

6 BLOCS		100 :M12							
5.28	4.53	6.71	8.11	4.41	4.95	:	33.99:	5.66:	5.66:
3.80	4.23	4.65	4.72	5.09	8.43	:	30.92:	5.15:	5.15:
2.80	1.73	5.55	4.16	4.24	6.50	:	24.98:	4.16:	4.16:

TOTAUX BLOCS

	11.88	10.49	16.91	16.99	13.74	19.88
TOUAL GENE	:	89.89				
MOYE. GENE	:	4.99				
RDT . HA	:	4.99				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 46.62	17.00		
BLOCS	: 21.02	5.00	4.20	2.26
TRAIT	: 6.99	2.00	3.49	1.88
ERREUR	: 18.59	10.00	1.85	

ECART-TYPE:	1.36
C.V	27.30
PPDS (0.05)	1.75

Programme Blocs. 90 U. 10 cm.

6 BLOCS						100 :M:2		
1.90	2.14	3.96	2.83	3.39	2.42 :	16.64:	2.77:	2.77:
3.78	3.90	4.46	2.36	2.91	2.89 :	20.30:	3.38:	3.38:
1.91	1.67	1.41	3.02	2.16	3.38 :	13.55:	2.25:	2.25:

TOTAUX BLOCS

7.59	7.71	9.83	8.21	8.46	8.69
------	------	------	------	------	------

TOUAL GENE :	50.49
MOYE. GENE :	2.80
RDT . HA :	2.80

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	13.01	17.00		
BLOCS :	1.09	5.00	.21	.27
TRAIT :	3.80	2.00	1.90	2.34
ERREUR :	8.11	10.00	.81	

ECART-TYPE:	.90
C.V :	32.11
PPDS (0.05)	1.15

Programme Blocs. 90 U. 20 cm.

6 BLOCS						100 :M:2		
1.90	2.39	3.80	3.22	2.90	2.65 :	16.86:	2.81:	2.81:
1.90	2.37	5.15	2.32	3.59	1.92 :	17.25:	2.87:	2.87:
1.19	0.95	2.57	2.81	2.99	2.10 :	12.61:	2.10:	2.10:

TOTAUX BLOCS

4.99	5.71	11.52	8.35	9.48	6.67
------	------	-------	------	------	------

TOUAL GENE :	46.72
MOYE. GENE :	2.59
RDT . HA :	2.59

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	16.17	17.00		
BLOCS :	10.16	5.00	2.03	5.35
TRAIT :	2.20	2.00	1.10	2.90
ERREUR :	3.79	10.00	.37	

ECART-TYPE:	.61
C.V :	23.74
PPDS (0.05)	.79

Prélèvements série B . (1e 15.4.71)

Programme Blocs . 60 U. 5 ca.

6 BLOCS		100 :M+2						
0.40	27.67	52.63	25.44	73.04	39.12 :	278.30:	46.38:	8
2.04	21.04	33.98	40.13	55.77	36.68 :	209.64:	34.94:	8
8.38	26.44	28.95	75.60	54.26	56.01 :	259.64:	43.27:	8

TOTAUX BLOCS

	100.82	75.15	115.56	141.17	183.07	131.81
TOTAL GENE :	747.58					
MOYE. GENE :	41.53					
EDT . HA :	41.53					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	5468.30	17.00		
BLOCS :	2279.26	5.00	455.85	1.64
TRAIT :	420.13	2.00	210.06	.75
ERREUR :	2768.89	10.00	276.88	

ECART-TYPE:	16.64
C.V :	40.06
PPDS (0.05)	21.40

Programme Blocs . 60 U. 10 ca.

6 BLOCS		100 :M+2						
3.51	4.68	10.14	9.06	14.55	8.72 :	53.66:	8.94:	8
11.00	11.29	15.05	16.70	22.71	06.60 :	83.35:	13.89:	8
7.29	8.87	13.88	12.23	10.63	11.39 :	64.29:	10.71:	10

TOTAUX BLOCS

	24.80	24.84	39.07	37.99	47.89	26.71
TOTAL GENE :	201.30					
MOYE. GENE :	11.18					
EDT . HA :	11.18					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	315.65	17.00		
BLOCS :	151.67	5.00	30.33	3.42
TRAIT :	75.43	2.00	37.71	4.25
ERREUR :	88.55	10.00	8.85	

ECART-TYPE:	2.97
C.V :	26.60
PPDS (0.05)	3.82

Programme Blocs. 60 U. 20 ca.

6 BLOCS 100 :M:2
 6.07 8.68 6.82 6.65 14.15 11.11 : 53.48: 8.91: 8.9
 10.26 8.74 9.26 21.69 22.09 6.08 : 78.12: 13.02: 130
 10.58 10.66 10.00 11.24 10.79 9.76 : 63.03: 10.50: 0

TOTAUX BLOCS

26.91 28.08 26.08 39.58 47.03 26.95

TOUAL GENE : 194.63
 MOYE. GENE : 10.81
 RDT . HA : 10.81

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	348.47	17.00		
BLOCS :	128.00	5.00	25.60	1.51
TRAIT :	51.44	2.00	25.72	1.52
ERREUR :	169.01	10.00	16.90	

ECART-TYPE: 4.11
 C.V : 38.02
 PPDS (0.05) : 5.28

Programme Blocs. 90 U. 5 ca.

6 BLOCS 100 :M:2
 68.46 92.71 39.82 68.70 75.43 67.09 : 412.21: 68.70: 0
 23.48 30.47 39.08 28.31 54.58 66.09 : 242.01: 40.33: 0
 44.54 34.91 30.26 44.05 88.48 58.98 : 301.22: 50.20: 0

TOTAUX BLOCS

136.48 158.09 109.16 141.06 218.49 192.16

TOUAL GENE : 955.44
 MOYE. GENE : 53.08
 RDT . HA : 53.08

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	7584.47	17.00		
BLOCS :	2650.71	5.00	530.14	2.16
TRAIT :	2488.47	2.00	1244.23	5.08
ERREUR :	2445.27	10.00	244.52	

ECART-TYPE: 15.63
 C.V : 29.46
 PPDS (0.05) : 20.11

Programme Blocs. 90 U. 10 cm.

6 BLOCS		100 :M:2							
9.64	9.09	14.76	15.96	19.11	9.71 :	78.27:	13.04:	130	
15.81	9.09	9.55	11.03	28.16	25.05 :	98.69:	16.44:	14	
10.58	7.72	7.55	10.98	15.86	19.24 :	71.93:	11.98:	10	

TOTAUX BLOCS

36.03	25.90	31.86	37.97	63.13	54.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	248.89
MOYE. GENE	:	13.82
RDT . HA	:	13.82

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	:	602.90	17.00	
BLOCS	:	334.25	5.00	66.85
TRAIT	:	65.18	2.00	32.59
ERREUR	:	203.46	10.00	20.34

ECART-TYPE:	4.51
C.V	: 32.62
PPDS (0.05)	5.80

Programme Blocs. 20 cm. 90 U.

6 BLOCS		100 :M:2							
10.60	9.78	11.55	9.69	20.99	16.02 :	78.63:	13.10:	10	
17.44	11.05	16.22	7.02	13.29	14.72 :	79.74:	13.29:	8	
11.61	14.65	10.31	14.65	22.93	21.37 :	95.52:	15.92:	8	

TOTAUX BLOCS

39.65	35.48	38.08	31.36	57.21	52.11
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	253.89
MOYE. GENE	:	14.10
RDT . HA	:	14.10

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	:	336.13	17.00	
BLOCS	:	169.85	5.00	33.97
TRAIT	:	29.75	2.00	14.87
ERREUR	:	136.52	10.00	13.65

ECART-TYPE:	3.69
C.V	: 26.19
PPDS (0.05)	4.75

Prélèvements série C. (le 3.5.71)

7.

Programme Blocs. 60 U. 5 cm.

6 BLOCS		100 :M+2							
26.56	30.33	37.83	25.51	24.55	28.79 :	173.57:	28.92:		
32.66	20.00	21.74	20.39	21.44	18.14 :	134.37:	22.39:		
22.56	21.77	20.58	15.09	17.48	16.25 :	113.73:	18.95:		

TOTAUX BLOCS

81.78	72.10	80.15	60.99	63.47	63.18
TOUAL GENE :	421.67				
MOYE. GENE :	23.42				
RDT . HA :	23.42				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	608.22	17.00		
BLOCS :	138.68	5.00	27.73	1.71
TRAIT :	307.97	2.00	153.98	9.53
ERREUR :	161.56	10.00	16.15	

ECART-TYPE:	4.01
C.V :	17.15
PPDS (0.05)	5.16

Programme Blocs. 60 U. 10 cm.

6 BLOCS		100 :M+2							
23.82	24.10	22.87	24.58	17.92	20.23 :	133.52:	22.25:		
20.09	21.71	16.70	18.61	15.92	18.67 :	111.70:	18.61:		
13.61	16.23	28.40	12.20	14.55	13.94 :	98.93:	16.48:		

TOTAUX BLOCS

57.52	62.04	67.97	55.39	48.39	52.84
TOUAL GENE :	344.15				
MOYE. GENE :	19.11				
RDT . HA :	19.11				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	338.07	17.00		
BLOCS :	79.75	5.00	15.95	1.02
TRAIT :	101.98	2.00	50.99	3.26
ERREUR :	156.34	10.00	15.63	

ECART-TYPE:	3.95
C.V :	20.68
PPDS (0.05)	5.02

Programme Blocs. 60 U. 20 cm.

6 BLOCS						100 :M+2			
11.63	10.21	12.44	9.26	11.87	9.80 :	65.21:	10.86:	15	
11.34	9.28	16.37	8.78	6.68	11.72 :	64.17:	10.69:	108	
5.71	4.77	11.66	4.78	10.26	4.29 :	41.47:	6.91:	6.9	

TOTAUX BLOCS

	28.68	24.26	40.47	22.82	28.81	25.81
TOUAL GENE :	170.85					
MOYE. GENE :	9.49					
RDT . HA :	9.49					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	174.88	17.00		
BLOCS :	66.96	5.00	13.39	2.79
TRAIT :	59.99	2.00	29.99	6.25
ERREUR :	47.92	10.00	4.79	

ECART-TYPE:	2.18
C.V :	23.06
PPDS (0.05)	2.81

Programme Blocs. 90 U. 10 cm.

6 BLOCS						100 :M+2			
28.84	32.06	27.31	41.66	44.68	45.47 :	220.02:	36.67:	8	
38.58	42.95	14.28	39.81	18.95	30.91 :	185.48:	30.91:	8	
15.76	19.11	37.93	19.34	18.16	25.41 :	135.71:	22.61:	8	

TOTAUX BLOCS

	83.18	94.12	79.52	100.81	81.79	101.79
TOUAL GENE :	541.21					
MOYE. GENE :	30.06					
RDT . HA :	30.06					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	1970.27	17.00		
BLOCS :	165.44	5.00	33.03	.27
TRAIT :	598.79	2.00	299.39	2.48
ERREUR :	1206.03	10.00	120.60	

ECART-TYPE:	10.98
C.V :	36.52
PDS (0.05)	14.12

Programme Blocs. 90 U. 5 cm.

6 BLOCS		100 :M:2						
28.21	31.00	42.53	45.76	45.04	45.97 :	238.51:	39.75:	8
26.56	44.34	27.55	44.34	30.80	34.51 :	208.10:	34.68:	8
18.76	23.39	43.65	28.88	25.16	26.82 :	166.66:	27.77:	2

TOTAUX BLOCS

73.53	98.73	113.73	118.98	101.00	107.30
-------	-------	--------	--------	--------	--------

TOUAL GENE :	613.27
MOYE. GENE :	34.07
RDT . HA :	34.07

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	1433.80	17.00		
BLOCS :	425.32	5.00	85.06	1.47
TRAIT :	433.58	2.00	216.79	3.77
ERREUR :	574.90	10.00	57.49	

ECART-TYPE:	7.58
C.V :	22.25
PPDS (0.05)	9.75

Programme Blocs. 90 U. 20 cm.

6 BLOCS		100 :M:2						
14.52	14.83	15.59	17.14	15.23	26.73 :	104.04:	17.34:	8
11.84	15.71	13.94	13.61	15.87	10.71 :	81.68:	13.61:	8
8.89	10.73	13.33	12.52	15.27	10.21 :	70.95:	11.82:	8

TOTAUX BLOCS

35.25	41.27	42.86	43.27	46.37	47.65
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	256.67
MOYE. GENE :	14.25
RDT . HA :	14.25

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	253.18	17.00		
BLOCS :	31.94	5.00	6.38	.50
TRAIT :	95.00	2.00	47.50	3.76
ERREUR :	126.24	10.00	12.62	

ECART-TYPE:	3.55
C.V :	24.91
PPDS (0.05)	4.56

Prélèvements série D . (1e (21.5.71)

Programme Blocs. 60 U. 5cm.

6 BLOCS						100 M ²		
14.57	13.63	17.17	11.25	14.89	9.28 :	80.790:	13.465:	8
11.02	15.34	11.19	6.46	14.28	8.39 :	66.680:	11.113:	8
12.25	12.37	10.14	8.22	13.00	10.05 :	66.030:	11.005:	8

TOTAUX BLOCS

37.840	41.340	38.500	25.930	42.170	27.720
--------	--------	--------	--------	--------	--------

TOUAL GENE :	213.500
MOYE. GENE :	11.861
RDT . HA :	11.861

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	136.400	17.000		
BLOCS :	81.713	5.000	16.342	5.188
TRAIT :	23.187	2.000	11.593	3.680
ERREUR :	31.499	10.000	3.149	

ECART-TYPE:	1.774
C.V :	14.963
PPDS (0.05)	2.28

Programme Blocs. 60U. 10cm.

6 BLOCS						100 M ²		
4.88	3.89	5.88	5.36	5.83	3.54 :	29.380:	4.896:	4.8
6.32	4.88	5.86	3.43	7.07	3.89 :	31.450:	5.241:	5.2
4.58	4.98	4.84	3.90	2.43	3.27 :	24.000:	4.000:	4.0

TOTAUX BLOCS

15.780	13.750	16.580	12.690	15.330	10.700
--------	--------	--------	--------	--------	--------

TOUAL GENE :	84.830
MOYE. GENE :	4.712
RDT . HA :	4.712

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	24.974	17.000		
BLOCS :	8.049	5.000	1.609	1.341
TRAIT :	4.929	2.000	2.464	2.054
ERREUR :	11.995	10.000	1.199	

ECART-TYPE:	1.095
C.V :	23.240
PPDS (0.05)	1.40

Programme Blocs. 60U. 20cm.

6 BLOCS		100 M ²						
3.38	2.40	3.40	3.40	3.95	6.30 :	22.830:	3.805:	3.8
5.79	6.81	3.39	2.45	2.01	6.77 :	27.220:	4.536:	4.8
4.88	4.28	3.41	5.36	2.42	7.46 :	27.810:	4.635:	4.8

TOTAUX BLOCS

14.050	13.490	10.200	11.210	8.380	20.530
--------	--------	--------	--------	-------	--------

TOUAL GENE :	77.860
MOYE. GENE :	4.325
RDT . HA :	4.325

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	50.075	17.000		
BLOCS :	30.142	5.000	6.028	3.451
TRAIT :	2.467	2.000	1.233	.706
ERREUR :	17.464	10.000	1->746	

ECART-TYPE:	1.321
C.V :	30.551
PPDS (0.05)	1.69

Programme Blocs. 90U. 8 5 cm.

6 BLOCS		100 :M ²						
15.00	15.15	16.66	23.11	18.96	11.88 :	100.76:	16.79:	8
14.35	21.53	15.35	23.63	21.46	11.00 :	107.32:	17.88:	8
12.18	9.75	15.95	17.45	15.30	14.88 :	85.51:	14.25:	8

TOTAUX BLOCS

41.53	46.43	47.96	64.19	55.72	37.76
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	293.59
MOYE. GENE :	16.31
RDT . HA :	16.31

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	280.96	17.00		
BLOCS :	155.23	5.00	31.04	3.69
TRAIT :	41.73	2.00	20.86	2.48
ERREUR :	84.00	10.00	8.40	

ECART-TYPE:	2.89
C.V :	17.76
PPDS (0.05)	3.72

Programme Blocs. 90U. *10 cm.

6 BLOCS						100 :M:2		
10.48	5.86	12.03	4.37	6.82	6.67 :	46.23:	7.70:	7.0
3.40	4.43	2.45	5.35	3.81	3.58 :	23.02:	3.83:	3.83:
2.91	3.42	5.39	5.36	2.44	3.91 :	23.43:	3.90:	3.90:

TOTAUX BLOCS

16.79	13.71	19.87	15.08	13.07	14.16
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	92.68
MOYE. GENE :	5.14
RDT . HA :	5.14

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	114.12	17.00		
BLOCS :	10.60	5.00	2.12	.47
TRAIT :	58.81	2.00	29.40	6.57
ERREUR :	44.69	10.00	4.46	

ECART-TYPE:	2.11
C.V :	41.05
PPDS (0.05)	2.71

Programme Blocs. 90U. 20 cm.

6 BLOCS						100 :M:2		
5.81	3.88	6.32	5.83	4.37	9.98 :	36.19:	6.03:	6.03:
4.34	3.15	4.37	3.41	3.80	7.16 :	26.23:	4.37:	4.37:
5.35	1.95	1.98	2.44	2.42	4.96 :	19.10:	3.18:	3.18:

TOTAUX BLOCS

15.50	8.98	12.67	11.68	10.59	22.10
-------	------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	81.52
MOYE. GENE :	4.52
RDT . HA :	4.52

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	70.18	17.00		
BLOCS :	36.93	5.00	7.38	8.50
TRAIT :	24.56	2.00	12.28	14.13
ERREUR :	8.69	10.00	.86	

ECART-TYPE:	.93
C.V :	20.58
PPDS (0.05)	1.19

Prélèvements série E. (le 7.6.71)

60 U. 5 cm.

6 BLOCS						100 : M ²			
2.38	1.90	5.21	4.26	3.29	5.60	:	22.64:	3.77:	3.77:
2.36	2.61	6.73	7.97	2.37	2.38	:	24.42:	4.07:	4.07:
3.01	1.65	6.87	5.73	3.78	1.90	:	22.94:	3.82:	3.82:

TOTAUX BLOCS

7.75	6.16	18.81	17.96	9.44	9.88
------	------	-------	-------	------	------

TOUAL GENE	:	70.00
MOYE. GENE	:	3.88
RDT . HA	:	3.88

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	:	66.71	17.00	
BLOCS	:	48.14	5.00	9.62
TRAIT	:	.30	2.00	.15
ERREUR	:	18.26	10.00	1.82

ECART-TYPE:	1.35
C.V	: 34.75
PPDS (0.05)	3.15

60 U . 10 cm.

6 BLOCS						100 : M ²			
4.25	1.42	6.54	6.61	2.34	3.77	:	24.93:	4.15:	4.15:
3.08	3.11	6.34	5.75	5.78	3.30	:	27.36:	4.56:	4.56:
1.16	0.94	4.73	7.51	2.37	3.33	:	20.04:	3.34:	3.34:

TOTAUX BLOCS

8.49	5.47	17.61	19.87	10.49	10.40
------	------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	72.33
MOYE. GENE	:	4.01
RDT . HA	:	4.01

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	:	70.00	17.00	
BLOCS	:	51.06	5.00	10.21
TRAIT	:	4.63	2.00	2.31
ERREUR	:	14.31	10.00	1.43

ECART-TYPE:	1.19
C.V	: 29.77
PPDS (0.05)	1.53

60 U. 20 cm.

6 BLOCS						100 : M ²		
4.73	3.52	7.74	4.49	5.41	3.27 :	29.16:	4.86:	4.86:
2.84	3.05	5.68	6.69	5.36	3.80 :	27.42:	4.57:	4.57:
1.86	3.13	6.22	6.43	5.06	2.93 :	25.63:	4.27:	4.27:

TOTAUX BLOCS

9.43	9.70	19.64	17.61	15.83	10.00
------	------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	82.21
MOYE. GENE :	4.56
RDT . HA :	4.56

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	44.35	17.00		
BLOCS :	34.34	5.00	6.86	7.65
TRAIT :	1.03	2.00	.51	.57
ERREUR :	8.97	10.00	.89	

ECART-TYPE:	.94
C.V :	20.74
PPDS (0.05)	1.21

90 U . 5 cm.

6 BLOCS						100 : M ²		
1.90	3.30	6.16	6.82	4.22	6.47 :	28.87:	4.81:	4.81:
1.41	2.80	5.68	3.54	3.33	2.85 :	19.61:	3.26:	3.26:
3.04	1.86	5.63	5.81	3.52	3.29 :	23.15:	3.85:	3.85:

TOTAUX BLOCS

6.35	7.96	17.47	16.17	11.07	12.61
------	------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE :	71.63
MOYE. GENE :	3.97
RDT . HA :	3.97

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	48.78	17.00		
BLOCS :	32.25	5.00	6.45	6.97
TRAIT :	7.27	2.00	3.63	3.93
ERREUR :	9.24	10.00	.92	

ECART-TYPE:	.96
C.V :	24.16
PPDS (0.05)	1.23

90 U . 10 cm .

6 BLOCS 100 : M:2

2.84	1.41	6.06	6.51	4.33	5.08 :	26.23:	4.37:	4.37:
2.35	0.93	5.70	3.30	2.83	2.38 :	17.49:	2.91:	2.91:
3.27	0.94	5.64	5.23	5.10	2.35 :	22.53:	3.75:	3.75:

TOTAUX BLOCS

8.46	3.28	17.40	15.04	12.26	9.81
------	------	-------	-------	-------	------

TOUAL GENE	:	66.25
MOYE. GENE	:	3.68
RDT . HA	:	3.68

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	55.58	17.00		
BLOCS	42.10	5.00	8.42	11.92
TRAIT	6.41	2.00	3.20	4.54
ERREUR	7.06	10.00	.70	

ECART-TYPE:	.84
C.V	22.83
PPDS (0.05)	1.08

90 U . 20 cm.

6 BLOCS 100 : M:2

3.77	3.95	7.72	7.00	5.59	3.73 :	31.76:	5.29:	5.29:
3.30	4.00	6.58	6.16	4.03	4.73 :	28.80:	4.80:	4.80:
2.55	1.18	6.83	4.53	3.56	1.90 :	20.55:	3.42:	3.42:

TOTAUX BLOCS

9.62	9.13	21.13	17.69	13.18	10.36
------	------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	81.11
MO, GENE	:	4.50
RDT . HA	:	4.50

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	56.17	17.00		
BLOCS	39.96	5.00	7.99	16.08
TRAIT	11.24	2.00	5.62	11.32
ERREUR	4.96	10.00	.49	

ECART-TYPE:	.70
C.V	15.64
PPDS (0.05)	0.00

Prélèvements série F. (le 10.7.71).

60 U. 5cm.

6 BLOCS		100 : M ²							
3.10	1.71	1.85	2.58	2.65	2.69	:	14.58:	2.43:	2.43:
2.65	3.10	2.92	3.20	2.34	2.57	:	16.78:	2.79:	2.79:
1.80	1.70	2.57	2.67	2.55	3.08	:	14.37:	2.39:	2.39:

TOTAUX BLOCS

	7.55	6.51	7.34	8.45	7.54	8.34
TOUAL GENE :	45.73					
MOYE. GENE :	2.54					
RDT . HA :	2.54					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	4.02	17.00		
BLOCS :	.84	5.00	.16	.65
TRAIT :	.59	2.00	.29	1.14
ERREUR :	2.58	10.00	.25	

ECART-TYPE:	.50
C.V :	20.02
PPDS (0.05)	.65

60 U . 10 cm.

6 BLOCS		100 : M ²							
2.62	2.08	2.72	2.24	2.55	1.62	:	13.83:	2.30:	2.30:
2.59	2.15	1.95	2.15	1.90	1.75	:	12.49:	2.08:	2.08:
2.66	1.95	2.31	2.06	1.77	2.72	:	13.47:	2.24:	2.24:

TOTAUX BLOCS

	7.87	6.18	6.98	6.45	6.22	6.09
TOUAL GENE :	39.79					
MOYE. GENE :	2.21					
RDT . HA :	2.21					

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	2.19	17.00		
BLOCS :	.78	5.00	.15	1.25
TRAIT :	.16	2.00	.08	.64
ERREUR :	1.24	10.00	.12	

ECART-TYPE:	.35
C.V :	15.97
PPDS (0.05)	.45

60 U. 20 cm.

6 BLOCS						100 : M ²			
1.98	1.68	2.86	1.83	2.42	2.16 :	12.93:	2.15:	2.15:	
2.02	1.89	1.75	1.96	1.65	2.03 :	11.30:	1.88:	1.88:	
2.80	1.75	1.99	1.93	2.01	2.75 :	13.23:	2.20:	2.20:	

TOTAUX BLOCS

	6.80	5.32	6.60	5.72	6.08	6.94
TOUAL GENE :		37.46				
MOYE. GENE :		2.08				
RDT . HA :		2.08				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	2.42	17.00		
BLOCS :	.69	5.00	.13	1.00
TRAIT :	.35	2.00	.17	1.30
ERREUR :	1.37	10.00	.13	

ECART-TYPE:	.37
C.V :	17.80
PPDS (0.05)	.47

90 U . 5cm.

6 BLOCS						100 : M ²			
2.70	2.55	2.20	2.56	2.59	2.70 :	2.55:	6 :	6.00:	
2.30	1.81	2.69	2.36	2.55	3.15 :	2.47:	6 :	6.00:	
1.95	2.60	2.47	2.54	3.02	2.56 :	2.56:	6 :	6.00:	

TOTAUX BLOCS

	6.95	6.96	7.36	7.46	8.16	8.41
TOUAL GENE :		45.30				
MOYE. GENE :		2.51				
RDT . HA :		2.51				

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	1.76	17.00		
BLOCS :	.62	5.00	.12	1.10
TRAIT :	.01	2.00&01	.08&01	.73
ERREUR :	1.12	10.00	.11	

ECART-TYPE:	.33
C.V :	13.34
PPDS (0.05)	.43

90 U . 10 cm.

09 BLOCS		100 M ²						
2.08	1.70	2.66	1.76	2.29	2.29	12.78:	2.13:	2.13:
2.86	2.15	1.55	1.86	1.73	2.67	12.82:	2.13:	2.13:
1.98	2.05	2.23	1.87	2.75	2.35	13.23:	2.20:	2.20:

TOTAUX BLOCS

6.92	5.90	6.44	5.49	6.77	7.31
------	------	------	------	------	------

TOUAL GENE	:	38.83
MOYE. GENE	:	2.15
RDT . HA	:	2.15

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 2.57	17.00		
BLOCS	: .76	5.00	.15	.84
TRAIT	: .02	2.00&01	.10	.05
ERREUR	: 1.79	10.00	.17	

ECART-TYPE:	.42
C.V	: 19.63
PPDS (0.05)	.54

90 U . 20 cm.

6 BLOCS		100 : M ²						
1.92	2.17	2.18	2.20	2.01	2.09	10.40:	1.73:	1.73:
2.28	1.78	2.12	1.61	1.95	2.04	10.00:	1.66:	1.66:
2.10	1.87	1.92	1.77	2.55	1.95	10.29:	1.71:	1.71:

TOTAUX BLOCS

6.30	5.82	6.22	5.58	6.51	6.08
------	------	------	------	------	------

TOUAL GENE	:	30.69
MOYE. GENE	:	1.70
RDT . HA	:	1.70

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL	: 22.51	17.00		
BLOCS	: 21.91	5.00	4.38	74.84
TRAIT	: .01	2.00&01	.07	.12
ERREUR	: .58	10.00&01	.58	

ECART-TYPE:	.24
C.V	: 14.19
PPDS (0.05)	.31

Prélèvements série G. (le 28.7.71)

15.

60 U. 5cm.

6 BLOCS

100 : M²

3.44	3.07	3.82	4.10	3.300	3.95 :	21.68:	3.61:	3.61:
3.40	3.25	4.15	3.65	3.22	3.95 :	21.62:	3.60:	3.60:
3.22.	3.29	3.15	3.95	3.07	4.10 :	20.78:	3.46:	3.46:

TOTAUX BLOCS

10.06	9.61	11.12	11.70	9.59	12.00
-------	------	-------	-------	------	-------

TOUAL GENE	:	64.08
MOYE. GENE	:	3.56
RDT . HA	:	3.56

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	2.61	17.00		
BLOCS :	1.89	5.00	.37	5.95
TRAIT :	.08	2.00&01	.42	.66
ERREUR :	.63	10.00&01	.63	

ECART-TYPE:	.25
C.V	7.08
PPDS (0.05)	.32

60 U. 10 cm.

6 BLOCS

100 : M²

5.60	4.25	4.50	3.85	4.15	3.80 :	26.15:	4.35:	4.35:
4.85	3.40	3.62	4.15	4.12	3.38 :	23.52:	3.92:	3.92:
4.78	3.25	3.76	3.30	3.47	3.51 :	22.07:	3.67:	3.67:

TOTAUX BLOCS

15.23	10.90	11.88	11.30	11.74	10.69
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOUAL GENE	:	71.74
MOYE. GENE	:	3.98
RDT . HA	:	3.98

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	6.84	17.00		
BLOCS :	4.63	5.00	.92	11.96
TRAIT :	1.42	2.00	.71	9.19
ERREUR :	.77	10.00&01	.77	

ECART-TYPE:	.27
C.V	6.98
PPDS (0.05)	

60 U. 20 cm.

6 BLOCS 100 : M²

3.82	3.30	6.10	5.05	3.25	3.96 :	25.48:	4.24:	4.24:
5.31	3.97	3.17	4.11	3.30	3.87 :	23.73:	3.95:	3.95:
4.85	3.92	4.12	4.21	5.25	4.94 :	27.29:	4.54:	4.54:

TOTAUX BLOCS

13.98	11.19	13.39	13.37	11.80	12.77
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOTAL GENE :	76.50
MOYENNE GENE :	4.25
ECART-TYPE HA :	4.25

ANALYSE DE VARIANCE

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	11.63	17.00		
BLOCS :	1.88	5.00	.37	.43
TRAIT :	1.05	2.00	.52	.60
ERREUR :	8.69	10.00	.86	

ECART-TYPE:	.93
S.E.V :	21.94
PROBDS (0.05)	1.19

90 U. 5 cm.

6 BLOCS 100 : M²

3.70	3.71	3.91	3.21	4.07	4.10 :	22.70:	3.78:	3.78:
3.65	4.17	3.45	3.38	4.21	3.73 :	22.59:	3.76:	3.76:
3.41	3.52	4.02	3.61	3.72	3.83 :	22.11:	3.68:	3.68:

TOTAUX BLOCS

10.76	11.40	11.38	10.20	12.00	11.66
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOTAL GENE :	67.40
MOYENNE GENE :	3.74
ECART-TYPE HA :	3.74

ANALYSE DE VARIANCE

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	1.43	17.00		
BLOCS :	.70	5.00	.14	2.00
TRAIT :	.03	2.00	.16	.23
ERREUR :	.70	10.00	.70	

ECART-TYPE:	.26
S.E.V :	7.07
PROBDS (0.05)	

90 U. 10 cm.

21.

6 BLOCS 100 : M²

5.41	4.25	3.35	3.92	3.39	4.20 :	24.52:	4.08:	4.08:
5.82	3.82	3.81	3.63	4.12	3.81 :	25.01:	4.16:	4.16:
5.82	3.30	4.12	3.80	3.62	3.30 :	23.96:	3.99:	3.99:

TOTAUX BLOCS

17.05	11.37	11.28	11.35	11.13	11.31
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOTAL GENE :	73.49
MOYENNE GENE :	4.08
EDT . HA :	4.08

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	10.82	17.00		
BLOCS :	9.23	5.00	1.84	12.30
TRAIT :	.09	2.00	.46	.30
ERREUR :	1.50	10.00	.15	

SCART-TYPE:	.38
S.V :	9.49
PDS (0.05)	.49

90 U. 20 cm.

6 BLOCS 100 : M²

.82	3.30	4.57	3.52	3.85	3.98 :	23.04:	3.84:	3.84:
.30	4.69	3.78	3.75	3.98	4.05 :	25.55:	4.25:	4.25:
.79	4.21	5.35	4.61	4.15	4.31 :	28.42:	4.73:	4.73:

TOTAUX BLOCS

14.91	12.20	13.70	11.88	11.98	12.34
-------	-------	-------	-------	-------	-------

TOTAL GENE :	77.01
MOYENNE GENE :	4.27
EDT . HA :	4.27

ANALYSE DE VARIANCE

=====

VARIATION	EC. CARRES	D.L	VARIANCE	F CALCULE
TOTAL :	7.54	17.00		
BLOCS :	2.44	5.00	.48	1.82

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- . Bulletin Technique d'Information. La Fertilisation n° 231 (juillet-août 1968).
- . Guide Pratique de la Fertilisation - A. GROS. La Maison Rustique - PARIS
- . Soil chemical Analysis (Nitrogen Determination Soil) JACKSON.
- . L'expérimentation et les Engrais. (Les bases de l'expérimentation. Les modes de calcul statistique) M. LECOMPT.
- . Précis de statistique. Presses Universitaires de France. S. EHRLICH - C. FLAMENT.
- . La Fertilisation Raisonnée. (Seconde Edition 1970) Ministère de l'Agriculture - J. PRATS.
- . Traité de Microbiologie des sols.
J. POCHON - H. de BARJAC (DUNOD-PARIS)
- . The Use of Isotopes in Soil Organic Matter Studies. PERGAMON PRESS (page 297 - Bilan Apparent et Bilan Réel de l'Azote Minéral Appliqué au Sol, mesuré en cases lysimétriques avec utilisation de l'Azote 15). (R. GADET et L. SOUBIES).
- . Annales Agronomiques 1960. Considérations sur la minéralisation et l'utilisation des réserves azotées du sol.
G. LEFEVRE et G. HIROUX (Station Agronomique - Amiens)
- . Physiologie et Biologie des Graminées cultivées. Applications Pratiques.
J. BARLOY - B. BOUGLE - Imprimerie FERTRE (Rennes).
- . ACADEMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE - (Séance du 15 novembre 1961).
pp 897 à 912. Remontée des Nitrates dans les couches superficielles du sol en Période Estivale.
R. GADET - L. SOUBIES - F. FOURCASSIE.
- . CROISSANCE DES VEGETAUX CULTIVES.
A. DEMOLON - (DUNOD)
- . ACADEMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE - (Séance du 24 juin 1964)
pp 954 à 963. Arrière Effet des Engrais Azotés Minéraux.
R. MOREL. A. RECAMIER. G. PASQUALINI.
- . LE PROFIL CULTURAL
L'Etat Physique du sol et ses conséquences agronomiques.
S. HENIN - R. GRAS - G. MONNIER (Masson et Cie - Editeurs).

.../

- . SCIENCE du SOL (n° 1- 1971)
Evolution dans le Temps de la quantité d'Azote Organique du Sol.
R. MOREL

- . ELEMENTS de METEOROLOGIE AGRICOLE
Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme. Direction
de la Météorologie Nationale. Octobre 1957 - PARIS.

- . HERBICIDES et TECHNIQUES DE CULTURE - Compte Rendu de Colloque.
FNGPC. COLUMA 1969.

- . The development of the no-tillage concept in the United States. G. M. SHEAR
M. S. PHIL.
OUTLOOK on AGRICULTURE. Volumes. Number 6 1968.