

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU MITADINAGE

Influence de l'alimentation azotée et des apports d'éléments fertilisants

J.P. BERKÉ *

SOMMAIRE

Présentation

Les causes du mitadinage

- Données générales
- Relation mitadinage - matières azotées : travaux consultés
- Conditions de l'expérimentation au Maroc
- Les résultats
- La station expérimentale de Fès
- L'azote et les propriétés technologiques
- Mitadinage, nutrition azotée et « hydromorphie temporaire »

Le mitadinage est une altération des grains du blé dur ou du blé tendre dit « de force » : les grains, normalement cornés et translucides, prennent un aspect farineux (voir figures).

Il semble que cette apparence soit due à une certaine structure physique de l'ensemble amidon-gluten contenu dans l'endosperme — du

* Station centrale des améliorations culturales.

Al Awamia, 12, pp. 121-162, juillet 1964.

moins est-ce l'opinion généralement émise dans les publications que nous avons pu consulter. Cependant, ni cette structure, ni les processus qui en sont la cause n'ont été exactement déterminés à notre connaissance.

L'alimentation en azote et en eau paraît liée au phénomène du mitadinage. En est-elle l'origine ? la littérature ne fournit pas de réponse précise : les faibles teneurs en azote des blés mitadinés pourraient en effet résulter du processus qui entraîne le mitadinage ou d'un processus parallèle, et la liaison observée ne serait pas — dans cette hypothèse — une relation de cause à effet.

Les conséquences de cette altération sont un peu mieux connues. On a constaté essentiellement une baisse de la valeur des semoules qui se traduit par une diminution de deux propriétés technologiques caractéristiques de la pâte non cuite : la ténacité et le W (mesure de la résistance à la déformation à l'extensimètre Chopin). Quant à la quantité de semoule obtenue, ses variations semblent difficilement imputables au seul mitadinage (P. NOTTIN, A. DARON et M. PIGNARRE [16]). Enfin, G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA [19] pensent que « lorsque le mitadinage est constaté, des dégâts financièrement bien plus importants sont subis du fait de l'abaissement des rendements, moins facile à attribuer à une cause précise ».

Ces problèmes seront abordés à partir de données recueillies dans la littérature et des expériences menées au Maroc pendant les quatre années précédentes. Nous verrons, en premier lieu, la relation existant entre le mitadinage et la nutrition azotée. Nous serons ainsi conduits à examiner l'influence de l'alimentation en eau. Au cours de cette première partie, les résultats obtenus à la Ferme expérimentale de Fès seront la base d'hypothèses que nous confronterons aux résultats des autres stations.

Nous étudierons en second lieu l'influence de la teneur en matières azotées des grains sur les propriétés technologiques de la pâte avant cuisson. Ce n'est qu'après l'examen de ces deux premiers points que nous pourrons formuler conclusions et hypothèses dans le but d'orienter des recherches futures dans le domaine de la physico-chimie.

Nous analyserons enfin les effets des diverses fumures sur le mitadinage en tenant compte des variations de rendement dans un esprit d'amélioration culturale.

Première partie

Les causes du mitadinage

I. Données générales

1. Répartition de la matière azotée dans le grain

Citons les résultats donnés par P. NOTTIN [15] d'après A. GIRARD. Aucune indication n'est donnée en ce qui concerne l'origine et la variété. D'après le contexte, il s'agirait d'ailleurs de blé tendre. Nous pouvons cependant retenir de ces chiffres un ordre de grandeur.

	POIDS PAR RAPPORT À L'ENSEMBLE DU GRAIN %	TENEUR EN MATIÈRES AZOTÉES %	
Enveloppe	14-15	péricarpe	7,8
		tégument séminal	16,2
		assise protéique et bande hyaline	24,8
		(grains d'aleurone)	
Germe	1,4	42,7	
Albumen	84		

Remarquons que la teneur en matières azotées de l'albumen n'est pas indiquée. Il semble que ce soit à cause de sa variabilité, qui est nettement supérieure à celle des autres valeurs considérées.

M. PIGNARRE [18] écrit que « les matières azotées restant dans le gluten sec représentent en moyenne 83,63 % des matières azotées qui existaient dans la farine. Cette proportion peut s'abaisser cependant à 58 % et s'élever jusqu'à 99 % ».

Il est donc clair que :

— la plus grande partie des matières azotées contenues dans un grain de blé se trouvent dans l'albumen ;

— le pourcentage qu'elles représentent par rapport à la teneur totale en matières azotées est variable ;

— cette variation est à la fois quantitative et qualitative puisque les analyses de M. PIGNARRE ont été faites sur le gluten sec, c'est-à-dire après

entraînement d'une quantité variable de matières azotées pendant la lixiviation.

Des analyses de matières azotées faites directement sur les grains par le Laboratoire général de chimie de l'I.N.R.A. confirment ces résultats.

Ces analyses ont porté sur 2 lots de grains de blé dur 2 777.

INDICE NOTTIN	MATIÈRES AZOTÉES en %			
	Teneur globale	Teneur de l'enveloppe	Endosperme	
			Teneur	% du total des M.A.
0	13,84	12,14	14,31	81,5
100	7,34	14,28	5,87	65,8

Nous mettons ainsi très nettement en évidence que les variations de teneur en matières azotées du grain sont le fait pratiquement exclusif de l'endosperme, les variations de teneur de l'enveloppe pouvant même aller dans le sens contraire du sens général.

P. NOTTIN, A. DARON et M. PIGNARRE [16], « en accord avec DALLARD, LINDET, etc. », évaluent la teneur du gluten en matières azotées entre 71,5 % et 97,2 %.

Nous constaterons expérimentalement dans la deuxième partie que les variations de la teneur en gluten donnent une image des variations de la teneur en matières azotées et réciproquement.

2. L'Indice NOTTIN *

C'est la méthode couramment utilisée pour évaluer le mitadinage. On examine un lot de grains à la loupe, soit N grains.

Tout grain entièrement mitadiné est affecté du coefficient 1

—	à demi	—	0,5
—	très peu	—	0,1
—	non	—	0

Soit k_i l'un quelconque de ces coefficients ($k_i = 1 . 0,5 . 0,1 . 0$) et n_i le nombre de grains du lot observé qui appartient à la catégorie

* Dans la suite de l'article cet indice sera désigné par I.N.

correspondante ($\sum n_i = N$). L'Indice NOTTIN est égal à $\frac{\sum k_i n_i}{N} \times 100$.

Les erreurs dues à l'expérimentateur et au principe même de la détermination ne semblent pas avoir été évaluées. Pour plus de sécurité, nous ne considérerons deux valeurs de l'Indice NOTTIN comme différentes que si leur écart est de plusieurs unités.

3. Evaluation du pourcentage de matières azotées dans la matière sèche

L'azote est dosé suivant la méthode de KJELDAHL. Le résultat obtenu est multiplié par le coefficient 6,25 pour donner une valeur de la quantité de « matières azotées ».

L'emploi de ce coefficient rend la mesure inexacte de manière absolue, mais nous n'avons besoin dans le cas présent que d'une méthode fidèle, dont les résultats restent comparables.

II. Relation mitadinage - matières azotées : travaux consultés

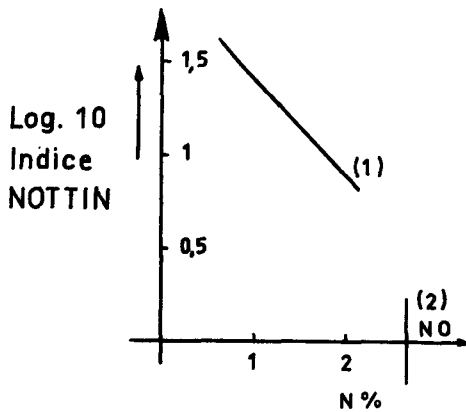
P. NOTTIN, A. DARON et M. PIGNARRE [16] n'indiquent pas clairement la possibilité d'une telle relation.

G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA [19, 20], après analyse plante par plante, mettent en évidence « le fait que la courbe traduisant cette relation est une sigmoïde » — leurs graphiques sont établis selon les coordonnées $1 - (\sqrt{\text{I.N.}})^3 = f$ (teneur en protéines). Ce système de référence est basé sur la détermination de l'Indice NOTTIN par « le rapport de la surface de section farineuse à la surface totale ». Or, les valeurs données par le Laboratoire de technologie sont des estimations volumiques (examen du grain à la loupe). D'autre part, G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA ne présentent pas l'étude mathématique des groupements obtenus. C'est pourquoi nous utiliserons par la suite un autre système de référence, au moyen duquel une étude mathématique a déjà été menée.

Y. COÏC [7, 9] constate l'influence de la fertilisation azotée tardive (épiaison - floraison) sur la teneur en matières azotées et la vitrosité.

R. BUIS, R. DIEHL et M. DUPUIS [4] donnent une forme mathématique à l'interdépendance Indice NOTTIN — pourcentage de matières azotées. Ils portent en ordonnée le logarithme de l'Indice NOTTIN et en

abscisse le pourcentage d'azote dans la matière sèche des grains. Ils obtiennent deux droites dont ils donnent l'interprétation suivante :



— la droite (1) exprime la variation du mitadinage en fonction de la teneur en azote.

— la droite (2) traduit le fait que le taux d'azote est limité pour la variété considérée à la valeur N_0 .

Il est important de souligner les deux points suivants :

— les résultats ont été obtenus à partir d'essais en pots dont l'humidité a été contrôlée et maintenue constante ;

— des expériences précédentes effectuées par les auteurs ont prouvé que des apports de soufre modifient le rapport azote soluble/azote protéique sans modifier le mitadinage. Seul l'azote global aurait donc une influence.

III. Les conditions de l'expérimentation au Maroc

Les analyses ont été faites sur des blés durs 2777 Kyperounda (origine Chypre) provenant de différents essais de fumure conduits selon la méthode des « variantes systématiques ». Les parcelles étaient disposées suivant la méthode des blocs en 1959-60 et 1960-61, suivant la méthode des témoins adjacents en 1961-62 et 1962-63.

Les essais ont eu lieu en plein champ dans les Stations expérimentales de l'I.N.R.A. suivantes : Ahl Souss (Tadla), Boulaouane (Doukkala), Ellouizia (Chaouia), Fès (Saïss), Guich (Rabat), Marrakech (Haouz), Merja Daoura (Gharb) et Sidi-Slimane (Gharb).

Nous n'avons les résultats concernant les quatre années que pour la Station de Fès.

Tous les paramètres pouvant avoir une influence sur le mitadinage ont donc pu varier, contrairement à ce qui se passait dans les essais de R. BUIS, R. DIEHL et M. DUPUIS [4]. Nous pouvons les grouper de la manière suivante :

Paramètres dépendant de la situation géographique :

- nature du sol (propriétés physiques et niveau chimique),
- importance quantitative et répartition des pluies,
- température,
- ensoleillement.

Paramètres dépendant de l'année culturale :

- pluie, température, ensoleillement,
- emplacement des parcelles.

Apports d'engrais.

Irrigations.

Toutes les variables du genre date et densité de semis, soins apportés aux cultures, dégâts causés par les prédateurs, etc.

IV. Les résultats

Nous considérerons tout d'abord les résultats provenant des parcelles témoins. Nous verrons ensuite le cas des parcelles ayant subi un traitement.

1. Les parcelles témoins

Ainsi que le montre le graphique I, les points représentatifs dans le système de coordonnées (Indice NOTTIN v.s. matières azotées % dans la matière sèche) se séparent en deux catégories (cf. pp. 132-133).

a. Les points noirs représentent des terrains généralement non irrigués (exceptions : Ahl Souss, Boulaouane). Au nombre de 451, ils sont disposés selon une courbe d'allure exponentielle ou hyperbolique. Un écart : les points correspondant aux témoins de l'essai de « variantes systématiques » à Fès en 1962 (en vert).

La transformée dans une échelle semi-logarithmique est une droite (graphique II). Le coefficient de corrélation linéaire correspondant est hautement significatif. En effet, lorsque nous laissons de côté les résultats

obtenus à Fès en 1962 et les points correspondant à un Indice NOTTIN inférieur à 1, nous obtenons pour 366 points, un coefficient de corrélation linéaire égal à 0,8179. Nous avons donc un résultat semblable à celui de R. BUIS, R. DIEHL et M. DUPUIS [4], compte tenu de la différence de variété.

L'équation résultante est la relation (I) :

$$\text{pour } 1 < \text{I.N.} < 100 \log_{10} (\text{I.N.}) = - 0,2443 (\% \text{ M.A.}) + 4,3221$$

$$\text{soit } \log_{10} (\text{I.N.}) = - 1,52 (\% \text{ N}) + 4,3$$

Nous retrouvons les valeurs de R. BUIS, R. DIEHL et M. DUPUIS à 1/1 000 près en ce qui concerne la pente, et 1/100 en ce qui concerne l'ordonnée à l'origine.

La droite (2) de R. BUIS, R. DIEHL et M. DUPUIS n'a pas été recherchée. Il suffit de constater que la limite du pourcentage de matières azotées dans les grains de blé dur 2 777 est environ 20 %.

b. Les points rouges représentent des témoins irrigués (Marrakech — essai d'irrigation à Fqih ben Salah). Au nombre de 190, ils sont disposés selon une courbe (I bis) située à droite de la courbe (I). Il n'a pas été jugé utile d'entreprendre le calcul du coefficient de corrélation qui est visiblement de l'ordre du précédent. La courbe (I bis), séparée de la courbe (I) pour I.N. > 10 semble la rejoindre pour les valeurs inférieures, correspondant à des taux de matières azotées > 16 %.

2. Les parcelles traitées

Elles donnent des groupements analogues aux précédents. On retrouve la différence entre parcelles irriguées et parcelles non irriguées. On constate une légère différence par rapport à la courbe (I) dans la région $4 < \text{I.N.} < 50$. L'ensemble des points paraît indiquer qu'un mitadinage donné correspond à un taux de matières azotées plus élevé dans ce deuxième cas. La différence est de l'ordre de 0,5 % à 1 % de matières azotées (cf. graphique II).

3. Premières conclusions

Sans vouloir préjuger des facteurs influençant le mitadinage nous constatons que :

— le mitadinage est lié de façon extrêmement étroite à la teneur du grain en matières azotées. Cette relation se retrouve d'ailleurs dans la

structure du grain lui-même : dans un grain partiellement mitadiné, c'est le pourtour de l'endosperme — plus riche en matières azotées que l'intérieur — qui est corné ;

— cette relation semble indépendante de tous les facteurs énumérés au paragraphe III sauf de l'irrigation, les apports d'engrais minéraux intervenant de manière assez limitée. Les différences de variétés elles-mêmes ne semblent pas la modifier ;

— la distinction en terrains irrigués et non irrigués comporte un certain nombre d'exceptions. Nous aurons donc à la préciser par la suite ;

— la généralité de cette relation ne doit pas faire oublier une importante variabilité individuelle. Une grande partie de la courbe est en effet presque parallèle à l'axe des ordonnées. Cela permet des variations relativement importantes de l'Indice NOTTIN pour une même valeur du taux de matières azotées, sans qu'il en résulte un écart notable par rapport à la courbe.

Une analyse plus détaillée des résultats est donc indispensable. Nous commencerons par ceux obtenus à la Ferme expérimentale de Fès pour laquelle nous avons de nombreuses données précises. Ce choix a également l'avantage de nous offrir un large éventail de valeurs du mitadinage (cf. tableaux du paragraphe V).

V. Analyse des résultats obtenus à Fès

Afin de mettre en valeur les conséquences des conditions particulières (pédologiques, climatiques) de la Station de Fès, nous allons tout d'abord récapituler quelques éléments sur la nutrition azotée des végétaux.

T. Données bibliographiques sur la nutrition azotée et le mitadinage

D'après Y. Čoić [7, 9] la plante ne sait pas régler sa nutrition azotée alors qu'elle contrôle les absorptions de phosphore et de potassium par exemple. Il s'ensuit que :

— un apport d'azote au tallage augmente le nombre de tiges mais peut entraîner plus tard une faim d'azote et notamment une diminution du taux d'azote dans les grains et du W de la pâte (lui aussi lié au mitadinage comme nous le verrons plus loin) ;

— un apport d'azote à la montaison augmente le nombre de grains ;

— un apport d'azote à l'épiaison augmente la grosseur des grains et le taux d'azote ;

— un apport d'azote à la floraison n'augmente pas le rendement, mais augmente le taux d'azote, le poids de l'hectolitre et diminue le mitadinage pour les blés durs.

Quant à P. NOTTIN, A. DARON et M. PIGNARRE [16], ils insistent sur l'existence de deux processus pouvant favoriser le mitadinage, à savoir :

— une déficience dans l'alimentation azotée pendant la croissance (irrigation, terrains très humides) à laquelle on peut remédier par des apports d'engrais ;

— le mouillage des grains sur pied à la maturation à différencier de l'échaudage.

Pour G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA [19], la seule manière de produire artificiellement le mitadinage est de supprimer l'azote avant la floraison. Le mitadinage se produirait donc à cette époque. Néanmoins, il n'est pas prouvé qu'il ne puisse se produire à la maturation. Il faut enfin le différencier de l'échaudage qui, selon Y. COÏC et ALEXINSKY [9], serait dû à une forte insolation. Une élévation du taux de matières azotées est alors constatée : elle serait due à un déficit en amidon.

M^{me} S. PERIGAUD [17], quant à elle, présente un certain nombre de conclusions et d'hypothèses sur « la dynamique de l'azote dans les sols hydromorphes ». Voici résumées les grandes lignes de son étude bibliographique et expérimentale.

A. Dans le sol

La minéralisation de l'azote est affectée de manière différente suivant qu'il s'agit de l'ammonification ou de la nitrification. Cependant, les basses températures limitent l'ensemble du phénomène beaucoup plus que dans un sol sec et la minéralisation semble plus gênée que la protéosynthèse dans les circonstances défavorables. Citons tout d'abord que : « dans des conditions d'aération insuffisantes, la minéralisation de la matière organique aboutit à la formation de produits d'oxydation plus ou moins poussés — amines, alcools hydroxyacides, etc. » (page 15)

1. Ammonification

Elle semble peu entravée. De nombreux organismes y prennent part et le pH, le compactage et l'anaérobiose ont peu d'influence.

2. Nitrification

Elle est ralentie par plusieurs facteurs. Depuis SCHLOESING il est reconnu que la nitrification demande l'aérobiose. D'autre part, la structure du sol est détériorée

par l'alternance hydromorphie - ressuyage. Le sol devenu instable est compacté par l'excès d'eau et la nitrification est ralentie à un niveau d'humidité inférieur au « seuil » normal.

Enfin, le « *nitrosomonas* » étant moins sensible que le « *nitrobacter* », on peut obtenir des nitrites et non des nitrates (en liaison avec la température).

3. Dénitrification

— La dénitrification dans les conditions d'anaérobiose, et plus spécialement lors du passage de la période aérobie à la période anaérobie, peut se faire par consommation de l'oxygène des nitrates par les bactéries aérobies pour leurs réactions. On peut obtenir des nitrites, ou des produits de réduction plus poussée.

— L'alternance ennoyage - ressuyage entretient une double flore microbienne. Ceci se traduit par une activation, spécialement aux périodes de transition, activation qui se manifeste surtout dans le sens réorganisation à la fin de la période d'ennoyage. Il semble que l'azote ne reprendrait sa forme nitrique, c'est-à-dire assimilable, qu'après un ou deux mois.

B. Dans la plante

— Le volume et la respiration des racines sont diminués.

— L'absorption n'en semble pas être gênée mais plutôt le transfert vers les parties aériennes (le taux d'azote reste normal dans les racines mais baisse dans les feuilles).

— Les nitrates absorbés participent aux processus de respiration.

— Ils ne peuvent cependant compenser le défaut d'oxygène, et cela entraîne les troubles dans la protéosynthèse. Dans les feuilles, le taux d'azote aminé est faible et l'on y trouve de l'azote sous des formes dégradées. Les troubles sont plus marqués à certains stades végétatifs.

— Une augmentation du niveau chimique du sol peut arriver à compenser ces troubles. Mais la compensation est d'autant plus difficile que les troubles sont plus prononcés.

Enfin J. DIKUSSAR [10] conclut, après une expérience sur la nutrition du maïs par une solution de nitrite, qu'en milieu acide les nitrites sont mieux utilisés que les autres formes de l'azote pour la synthèse des protéines. Cependant, si cette forme d'alimentation augmente le pourcentage de protéines, elle diminue le rapport N protéique/N total. Ceci proviendrait de la formation beaucoup plus intense d'albumines et de diamides que lors de l'absorption de nitrates.

W. BAUMEISTER [1] constate d'ailleurs que des apports d'azote sur blé entraînent une diminution de la teneur en albumine et une augmentation de la teneur en azote.

Il semble donc que la protéosynthèse, dans les milieux hydromorphes, n'aboutisse pas aux formes azotées normales. Nous utiliserons par la suite cette conclusion essentielle.

2. Etude sommaire des sols (cf. carte d'après GILBERT, p. 156)

Les essais de « variantes systématiques » ont été placés pendant ces quatre années au bas de la parcelle Kantra 1. Les essais de « doses croissantes d'azote » ont été placés sur la parcelle Kohila jusqu'en 1960-61. En 1961-62 et 1962-63, ils ont été regroupés avec les premiers sur la parcelle Kantra 1.

La parcelle Kohila descend en pente douce vers l'oued Fès dont elle est encore éloignée. Son sol est un « sol brun-rouge sur limons encroûtés » avec des « colluvions brun-rouge argilo-sableuses non évoluées ». Les renseignements sur le profil ont été empruntés aux fiches C 39-40 de G. BRYSSINE :

pH	7,6-8
azote	1,64 ‰
sable	53 %
limon	10 %
argile	34 %

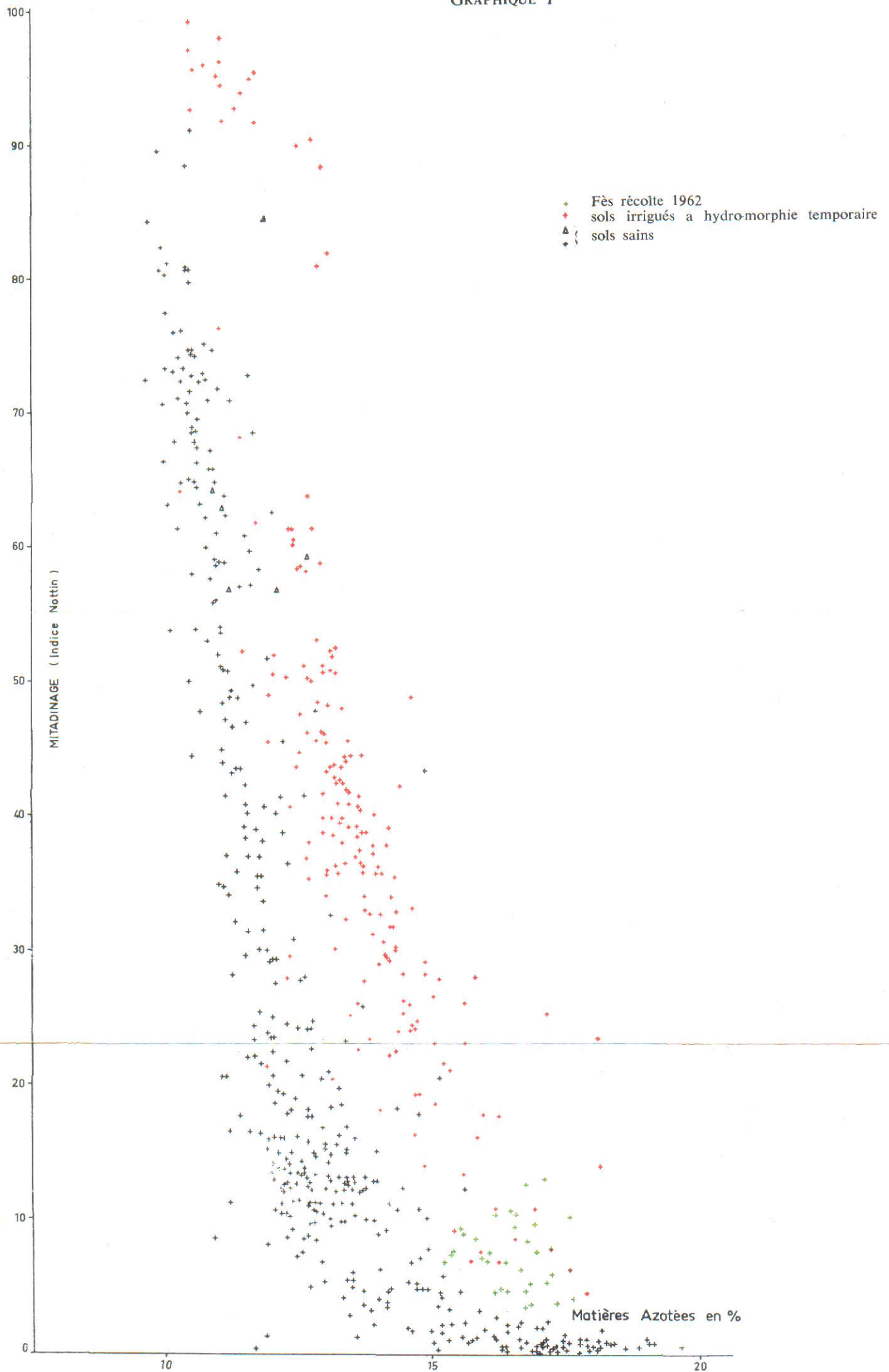
(moyennes d'après 2 profils sur les 80 premiers centimètres)

La parcelle Kantra 1 est située dans une dépression à proximité de l'oued Fès. Elle est formée d'un « sol brun-rouge calcaire sur limons encroûtés » en bordure d'une zone d'alluvions tirsifiées et de zones à engorgement temporaire. Cet ensemble présente une nette tendance à la tirsification et, certaines années, une hydromorphie temporaire. La fiche de renseignements C 5 de G. BRYSSINE donne pour un profil situé à 400 m de l'oued et pour une profondeur d'environ 80 cm, les renseignements suivants :

pH	7,6-7,8
azote	1,54 ‰ en surface, jusqu'à 1,21 ‰ en profondeur
sable	30 % à 20 % en profondeur
limon	12 % à 18 % en profondeur
argile	50 %

Notons enfin que les essais de « doses croissantes d'azotes » sur la parcelle Kantra 1 ont toujours été situés plus loin de l'oued que les essais de « variantes systématiques », c'est-à-dire qu'ils ont été implantés sur des sols moins tirsifiés et moins susceptibles de présenter une hydromorphie temporaire.

GRAPHIQUE 1



3. Tableaux récapitulatifs

Pluviométrie à Fès
(Moyenne sur 25 ans : 545 mm/an)

	1959-60	1960-61	1961-62	1962-63
Octobre	—	68,4	12,2	60,7
Novembre	48,1	47,1	92,3	210,5
Décembre	135,6	162,4	50,7	76,0
Janvier	166,4	90,5	17,3	221,4
Février	65,3	4,5	24,3	197,7
Mars	149,6	49,8	157,5	16,1
Avril	10,7	29,9	42,7	25,5
Mai	33,7	26,0	15,6	158,5
Juin	51,5	38,7	22,6	0
TOTAL (en mm)	660,9	517,3	435,2	964,4

Températures moyennes

	1959-60		1960-61		1961-62		1962-63	
	mars	avril	mars	avril	mars	avril	mars	avril
Minimum	11,9	10,1	8,4	8,2	6,8	10,4	7,0	8,7
Maximum	19,8	24,1	25,1	24,7	18,8	23,2	21,2	

Dates phénologiques

	1959-60	1960-61	1961-62	1962-63
Levée			4.1.62	14.12.62
Tallage				19. 1.63
Epiaison			4.4.62	9. 4.63
Floraison			11.4.62	18. 4.63
Maturité			11.6.62	19. 6.63

Mitadinage

	1959-60		1960-61		1961-62		1962-63	
	V.S.	N	V.S.	N	V.S.	N	V.S.	N
Témoin		82,0	14,5	2,4	7,0	1,1	2,4	0,5
		81,2	6,8	0,3 *	7,6	1,38	2,6	0,3 *
Traitement		81,7				0,53		
		80,6				1,36		

V.S. : essais de fumure « variantes systématiques ».

N : essais de fumure « doses croissantes d'azote ».

Teneur en matières azotées

	1959-60		1960-61		1961-62		1962-63	
	V.S. %	N %	V.S. %	N %	V.S. %	N %	V.S. %	N %
Témoin		10,22	13,62	14,41	16,23	17,18	15,76	16,73
Valeur déduite de I.N. d'après la courbe (I)		10,15	12,65	14,50	13,80	16	15	≥ 16
		10,14		17,0		17,13		17,49
Traitement		10,24	14,87	17,5	17,10	18,35	15,01	18,06
		10,18		18,1		18,26		17,51
Valeur déduite de I.N. d'après la courbe (I)		10,20*	13,8	≥ 16*	13,70	≥ 16*	14,90	≥ 16*

* Dans les cas où les valeurs correspondant à 3 traitements « doses croissantes d'azote » sont très voisines, seule la moyenne est indiquée.

4. Interprétation des résultats obtenus à Fès de 1959 à 1963

Nous prendrons comme base d'estimation de la pluviométrie la quantité d'eau tombée au cours de la période de végétation et la quantité d'eau tombée au mois de mars qui peut être considéré généralement comme « le mois précédant la floraison ».

Campagne 1959-1960

La pluviométrie totale est supérieure à la moyenne : 660,9 mm. La pluviométrie du mois de mars est très importante : 149,6 mm.

Nous n'avons que les résultats de l'essai « doses croissantes d'azote ». Le mitadinage est important (82,2). Le taux d'azote dans les grains est faible (10,2 %).

Nous avons vu que le sol de la parcelle Kohila n'est pas susceptible d'une hydromorphie aussi caractérisée que les sols de la parcelle Kantra. Le groupement des points représentatifs sur la courbe (I), l'absence d'augmentation du taux de matières azotées à la suite des traitements et la nature du terrain permettent de supposer qu'aucune altération dans le métabolisme de la plante ne s'est produite. Néanmoins, l'abondance des précipitations (total du mois de mars) est telle qu'une rétrogradation ou un lessivage de l'azote a pu se produire : non seulement l'azote présent dans le sol n'a pas suffi, mais les apports de NO_3NH_4 (200, 400 et 600 kg à l'ha soit 40, 80 et 120 kg d'azote), fractionnés en moitié le 29 février et moitié le 21 mars, n'ont absolument donné aucun résultat.

Campagne 1960-1961

La pluviométrie totale est inférieure à la moyenne : 517,3 mm. La pluviométrie en mars est faible : 49,8 mm.

Le mitadinage est faible (14,5 et 2,4), le taux d'azote légèrement supérieur à la valeur que l'on peut attendre en se reportant à la courbe (I).

L'azote n'a pas ou a peu manqué. Les trois traitements « azote croissant » ont apporté le peu qu'il fallait : la dose 40 kg d'azote à l'ha a suffi (cf. graph. III). On peut remarquer que lorsque la limite est atteinte en ce qui concerne le mitadinage, le taux d'azote est augmenté par les traitements N, épandus le 6.2 et le 24.2.

En ce qui concerne l'essai « variantes systématiques », pour lequel on constate un mitadinage plus important et moins bien compensé par le traitement azoté, il faut remarquer que :

- la parcelle Kantra est un peu moins riche en azote que la parcelle Kohila ;
- la fumure azotée apportée au semis peut avoir entraîné une faim d'azote à la floraison (cf. Coïc). Quoique limitée, l'influence du traitement « azote » sur le mitadinage est néanmoins très nette puisque l'Indice NOTTIN passe de 14,5 pour le témoin, à 6,8 pour le traitement.

Campagne 1961-1962

La pluviométrie annuelle est inférieure à la moyenne : 435,2 mm. La pluviométrie du mois de mars est importante : 157,5 mm. Le mitadinage est peu sensible.

Le fait que les pluies du mois de mars n'aient pas entraîné une augmentation importante de l'Indice NOTTIN peut s'expliquer par le fait qu'elles ont simplement comblé le déficit d'humidité dû à la sécheresse des mois précédents.

Si les témoins et traitements de l'essai « doses croissantes d'azote » n'ont pas été mitadinés, les témoins de l'essai « variantes systématiques » l'ont été légèrement (7,1). La proximité de l'oued Fès peut expliquer cette différence. En effet, le mitadinage est nettement supérieur à ce que le taux d'azote laissait supposer (cf. graphique I). Ils s'est donc passé des phénomènes analogues à ceux intervenant dans les terrains irrigués, que l'on ne peut ici expliquer que par une hydromorphie probable avant la floraison. Nous sommes ainsi conduit à mettre en parallèle le comportement de certains sols irrigués et des sols à engorgement temporaire.

Campagne 1962-1963

La pluviométrie totale est très abondante : 946,4 mm. La pluviométrie des mois de mars et avril est très faible : 16,1 mm et 25,5 mm. On ne constate pas de mitadinage pour le traitement « doses croissantes d'azote », ce qui correspond au taux des matières azotées supérieur à 16. Les témoins « variantes systématiques » ont un Indice NOTTIN très faible (2,38 à 4,90).

Il ne s'est donc produit ni rétrogradation (ou lessivage) de l'azote, ni hydro-morphie au moment de la floraison (18 avril).

Remarquons que les 158,5 mm de pluie en mai n'ont pas entraîné de mitadinage.

5. Conclusions

Nous pouvons tirer quatre éléments principaux des résultats de ces quatre années.

a. Comme le supposent G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA [19, 20], il apparaît que seule la quantité d'eau tombée pendant la période précédant la floraison est importante pour le mitadinage. Considérons en effet les résultats groupés dans le tableau ci-dessous.

		PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE IMPORTANTE (en mm)		PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE FAIBLE (en mm)	
		1959-60	1962-63	1960-61	1961-62
		(660,9)	(946,4)	(517,3)	(435,2)
MARS	Importante	149,6			157,5
	Faible		16,1	49,8	
I.N.	Importante	82,0			Anomalie type 1 bis
	Faible		0,5 et 2,4	2,4 et 14,5	1,1 et 7,0
Mat. azot.					
%		10,22	17,50	13,62 et 14,41	16,23 et 17,18

On constate nettement, quelle que soit la pluviométrie annuelle, que l'Indice NOTTIN est faible et qu'il vérifie la relation (I) lorsque la pluviométrie du mois de mars est peu importante.

b. La pluviométrie annuelle ne semble donc pas intervenir aussi directement que le pensent NOTTIN, DARON et PIGNARRE qui écrivent [16]: « La richesse en matières azotées du grain varie en sens inverse de la pluviométrie totale de la région ».

c. Il faut, en conséquence, considérer comme caractéristiques :

— l'état d'humidité du sol pendant la période qui précède la floraison,

état qui dépend de la pluviométrie des mois antérieurs, de la pluviométrie de cette période et de la nature du sol ;

— l'état d'hydromorphie du sol toujours à la même époque.

Cette hydromorphie concorde avec une valeur excessive du mitadinage pour un taux de matières azotées donné. Compte tenu des renseignements bibliographiques précédents, nous sommes portés à penser qu'il s'agit d'une relation de cause à effet. Nous chercherons à approfondir cette hypothèse par la suite.

d. Un mois et demi de sécheresse relative suffit pour ressuyer un sol ennoyé et rendre l'azote à nouveau assimilable [17].

La distinction initiale entre terrains irrigués et terrains non irrigués a donc évolué. Nous considérerons désormais des sols « sains » et des sols « à hydromorphie temporaire ».

« Le terme d'hydromorphie est à entendre ici dans son sens agronomique le plus large : on appelle un sol « hydromorphe » un sol soumis à un régime d'excès d'eau, au moins pendant une partie de l'année ; la période d'ennoyage peut être plus ou moins longue, mais doit affecter le comportement du sol et de la plante » [17]. Nous parlerons également de sols « à anaérobiose temporaire ». C'est dans ce cadre que nous expliquerons les exceptions signalées au paragraphe IV.

VI. L'azote et les propriétés technologiques

1. Rappels

— Le mitadinage est un aspect qui est conféré au grain par son endosperme (amidon et gluten).

— La corrélation entre l'Indice NOTTIN et le taux de matières azotées contenues dans le grain est très élevée.

— Elle ne semble dépendre que de l'existence d'une hydromorphie temporaire avant la floraison, hydromorphie qui peut modifier la nature des matières azotées.

— Ces matières azotées sont essentiellement contenues dans le gluten.

— Enfin, le Dr F. WIENHUES écrit [2] : « Les grains qui ont une haute teneur en gluten sont généralement vitreux parce que le contenu des

cellules (de l'endosperme) a une cohésion relativement supérieure » (sans précision sur la nature du blé considéré).

Il semble donc que le gluten soit un facteur essentiel du mitadinage. C'est à travers les propriétés technologiques de la pâte que nous allons étudier cette hypothèse.

2. *Matières azotées, gluten et propriétés technologiques*

D'après NOTTIN, DARON, PIGNARRE [16], c'est la ténacité de la pâte avant cuisson qui fait la valeur semoulière du blé dur (en vue de la fabrication des pâtes alimentaires), alors que son élasticité fait sa valeur boulangère (pour la panification). Nous retiendrons donc comme caractéristiques la valeur P de la ténacité et la valeur du W (énergie nécessaire pour rompre la pâte, dont le calcul fait intervenir l'élasticité). Ces valeurs sont mesurées à l'aide de la méthode normalisée avec l'alvéographe Chopin et le manomètre enregistreur Richard.

Ces propriétés technologiques de la pâte non cuite dépendent-elles directement du gluten et selon quelles modalités ? NOTTIN, DARON et PIGNARRE [16] écrivent à propos de la relation matières azotées — caractères plastiques que « ce que l'on remarque avant tout, ce sont des variations très importantes de caractère individuel ».

Considérons les graphiques IV et V où sont portés W et P en fonction du taux de gluten sec. Ces deux graphiques indiquent une relation assez étroite entre les variables considérées. Ils montrent aussi que cette relation s'exprime sous deux formes différentes suivant qu'il s'agit de sols « sains » d'une part et de sols irrigués ou « à hydromorphie temporaire » d'autre part.

Pendant, les analyses de gluten n'ayant été faites que pour la récolte de 1960, nous avons peu de résultats. D'autre part, puisque notre étude porte sur quatre années, il serait incorrect de n'examiner que les résultats de 1959-60 en ce qui concerne P et W. Nous utiliserons donc le taux de matières azotées au lieu du taux de gluten sec.

Vérifions tout d'abord la validité de ce procédé. Pour cela, examinons la corrélation existant entre le taux de matières azotées dans le grain et le taux de gluten sec dans la pâte.

Nous obtenons, pour 30 points expérimentaux, un coefficient de corrélation linéaire $R = 0,9512$, hautement significatif (cf. graphique VI).

Le défaut du raisonnement réside dans le fait que cette corrélation n'a pu être établie qu'avec les résultats de 1959-60. Nous la considérerons néanmoins comme valable, d'autant plus que P. NOTTIN, A. DARON et M. PIGNARRE [16] trouvent également que « le gluten sec varie de la même façon que les matières azotées » et nous appliquerons au gluten les résultats obtenus avec les matières azotées. Les graphiques VII et VIII (W et P v.s. matières azotées %), portant sur les résultats de 1960, 1961 et 1962, nous montrent la même répartition des points représentatifs en 2 plages distinctes. (Notons que dans les 4 graphiques IV, V, VII et VIII les résultats obtenus à la Station des Merjas classent cette dernière dans le groupe des terrains « à hydromorphie temporaire », le cas de la Station d'Ahl Souss étant plus difficile à interpréter).

3. Conclusions

Il se dégage de ces quatre graphiques quelques conclusions qui nous semblent plus importantes que « les variations de caractère individuel » dont nous avons déjà souligné l'existence en étudiant la relation (I).

a. Les propriétés plastiques de la pâte non cuite dépendent du taux de gluten sec. Remarquons d'ailleurs que la teneur en gluten sec dans la pâte peut atteindre 7 fois sa valeur minimale alors que les variations de la teneur en amidon ne représentent au plus que le 1/7 de la valeur moyenne.

b. La relation existant entre les propriétés plastiques de la pâte non cuite et le taux de gluten sec revêt deux formes différentes suivant qu'il s'agit d'échantillons provenant de sols « sains » d'une part, et de sols « à hydromorphie temporaire » d'autre part. Cette différence se traduit sur les graphiques par deux groupements distincts des points représentatifs.

c. Nous devons donc conclure :

— soit à l'existence de deux qualités de gluten : à teneur en gluten égale, les grains auraient alors des mitadinages différents, et les pâtes des qualités plastiques différentes suivant qu'ils proviennent de l'une ou l'autre des deux catégories définies. Nous porterions ainsi l'accent sur le rôle du gluten dans le mitadinage ;

— soit à une déficience en amidon pour les échantillons provenant de terrains « à hydromorphie temporaire ». Pour un mitadinage donné, le taux de matières azotées serait plus important pour les grains provenant de ces terrains à cause d'une diminution anormale de la quantité d'amidon

et non à cause d'une anomalie dans la synthèse des protéines (anomalie qui conduirait à l'existence de 2 qualités de gluten, *cf.* première hypothèse). Nous porterions ainsi l'accent sur le rôle de l'amidon dans le mitadinage.

Or nous pouvons éliminer cette seconde hypothèse. En effet, une diminution anormale de la quantité d'amidon contenue dans les grains — la quantité absolue de matières azotées restant constante — se reflètera obligatoirement sur les variations du poids de 1 000 grains. Dans le graphique XII, nous avons porté le poids de 1 000 grains en fonction du taux de matières azotées. On constate que le poids de 1 000 grains diminue lorsque la teneur en matières azotées augmente. Nous retrouvons l'un des résultats de W. BAUMEISTER [1]. Mais le plus important pour notre démonstration est que cette variation ne dépend pas de l'état d'hydromorphie du terrain. Pour un même taux de matières azotées, il existe des lots de grains provenant de terrains « sains » et de terrains « à hydromorphie temporaire » qui ont le même poids de 1 000 grains.

D'autre part, le graphique X montre que les grains ont un degré d'humidité indépendant de la distinction établie entre les terrains. Ce facteur n'a donc pas influé sur le poids des grains, donc sur la disposition des points représentatifs du graphique IX.

Les blés provenant des terrains « irrigués ou à hydromorphie temporaire » ne présentent donc aucune diminution anormale du poids de 1 000 grains. Nous sommes ainsi ramenés à la première hypothèse.

d. L'existence de deux qualités technologiques de gluten semble difficile à attribuer à autre chose qu'aux matières azotées, soit que la teneur du gluten en matières azotées varie, soit que ces matières azotées présentent des différences. La relation observée entre la teneur en gluten sec de la pâte et la teneur en matières azotées du grain (*cf.* graphique VI) montre leur proportionnalité et exclut la première explication.

Signalons à l'appui de notre théorie que les propriétés plastiques du gluten sont généralement attribuées à deux de ses composants, la glutéine [12] et la gliadine [7] dont les compositions en acides aminés sont sujettes à des variations en fonction des conditions de culture [5, 11]. La même variabilité est constatée par électrophorèse [6].

Nous concluons donc par l'hypothèse suivante : les variations observées entre les terrains « sains » et les terrains « à hydromorphie temporaire », aussi bien au cours de l'étude du mitadinage qu'au cours de l'étude des propriétés technologiques, pourraient résulter d'une différence de nature des matières azotées contenues dans le gluten. Nous reprendrons cette idée dans la conclusion générale.

VII. Mitadinage - nutrition azotée - « hydromorphie temporaire »

1. Sols « sains » et sols « à hydromorphie temporaire »

Les différentes relations étudiées au cours des paragraphes précédents nous ont amené à établir une distinction entre deux catégories de sols. Une connaissance plus précise de la nature de ces sols nous permettra de justifier nos conclusions.

Parmi les grandeurs qui caractérisent un sol, nous choisirons celles qui peuvent le mieux expliquer les périodes d'hydromorphie temporaire. Nous avons en effet émis l'hypothèse que ce sont des troubles dans l'alimentation azotée qui sont les causes de la différence entre les relations (I) et (I bis).

Regroupons donc dans le tableau ci-après :

- les données pluviométriques (*cf.* paragraphe V, 5, a, b, c),
- la date de floraison,
- les données concernant les irrigations,
- la teneur en argile (Arg.), limon (Lim.) et sable fin (S.f.) dans les 80 premiers centimètres,
- des remarques particulières concernant la situation topographique, la teneur en azote, les évolutions éventuelles, etc.

Soulignons enfin que la distinction que nous tentons de justifier porte sur des parcelles où l'emplacement, l'alimentation en eau, etc., varient chaque année. Par exemple, le terme « Fès » recouvrira des réalités très différentes suivant les années et même suivant les traitements. C'est dire que nous n'emprunterons à la pédologie que des données pouvant fournir une explication, sans songer à faire œuvre de « classification ».

a. Les sols du groupe I

Ahl Souss	1959-60	1960-61	1961-62
Boulaouane	1959-60		1961-62
Ellouizia		1960-61	1961-62
Fès (Kohila)	1959-60	1960-61	
Fès (Kantra)		1960-61	1962-63
Guich (Rabat)		1961-62	
Sidi-Slimane	1959-60		

Trois cas sont à examiner plus particulièrement :

— Boulaouane

Les cultures s'y font effectivement avec irrigation, mais ce ne sont que des irrigations d'appoint : en 1960-61 (année pour laquelle nous n'avons aucune analyse technologique) les quantités d'eau apportées ont été les suivantes :

21.2	300 m ³ /ha
6.3	—
20.3	—

Nous sommes donc en présence de sols sableux irrigués avec modération : l'éventualité d'une période d'hydromorphie est tout à fait improbable. Cela correspond au fait que les points représentatifs des résultats obtenus se situent sur la courbe (I).

— Ahl Souss

Le cas de la Ferme expérimentale d'Ahl Souss est plus délicat : sur les graphiques VII et VIII, les points représentatifs sont intermédiaires entre ceux de l'une et de l'autre catégorie.

Nous relevons d'autre part ces lignes de G. BRYSSINE [3] : « Il semble que la remontée de la nappe ait provoqué les conditions favorables à ce phénomène de tirsification et que nous assistions à ses débuts. Ce phénomène se traduit par le grossissement de la macrostructure, l'augmentation de la compacité, l'apparition du phénomène de foisonnement des mottes et, dans les endroits où la nappe est près de la surface du sol, le jaunissement des horizons inférieurs. Cette détérioration de la structure du point de vue agricole est favorisée par le climat sec et chaud, qui facilite le dessèchement rapide du sol et sa prise en masse — les irrigations pratiquées surtout par submersion semblent favoriser cette évolution défavorable de la macrostructure ».

Cette évolution ne semble surtout pas avoir atteint un stade suffisant pour entraîner une hydromorphie temporaire caractérisée lorsque l'alimentation en eau ne comporte que des irrigations d'appoint (cf. TABLEAU aux pages 144 et 145). Notons cependant qu'en 1962-63, les résultats obtenus se groupent nettement sur la courbe (I bis).

Nous verrons également que dans des conditions semblables, des doses d'irrigation supérieures entraînent des anomalies du type I bis à Fqih ben Salah.

Nous nous trouvons donc en présence d'un type intermédiaire, pouvant facilement passer de l'une à l'autre catégorie lorsque la pluviométrie et les doses d'irrigation varient.

Soulignons enfin qu'à Sidi-Slimane, sur un « tirs » caractéristique, le comportement de la plante ne révèle aucune hydromorphie, alors qu'elle se remarque dans les sols en voie de tirsification, donc effectivement soumis au régime d'engorgement temporaire. Le type de sol ne peut donc suffire à distinguer les deux groupes considérés ici.

b. Les sols du groupe I bis

— Fès Kantra 1961-62 (se reporter au paragraphe V)

— Fqih ben Salah (essais d'irrigation 1961-62)

Les sols de la station de Fqih ben Salah sont analogues à ceux d'Ahl Souss. Seule la profondeur accrue de la nappe phréatique pourrait créer une différence. La position des points représentatifs au sommet de la courbe (I bis) s'explique très bien dans le cadre de nos hypothèses : quoique nous n'ayons trouvé aucun renseignement précis en ce qui concerne les doses d'irrigation, il est certain qu'elles dépassent de loin celles qui sont utilisées pour les irrigations d'appoint à Ahl Souss. La possibilité d'une hydromorphie temporaire est donc tout à fait plausible.

— Merja Daoura 1959-60 et 1960-61

Ce sont les graphiques IV, V, VII et VIII qui permettent de distinguer les sols des Merjas des sols « sains », en ce qui concerne les qualités des blés obtenus. En effet, les points représentatifs de cette station dans le graphique I se trouvent à la jonction des courbes (I) et (I bis), ce qui peut prêter à confusion.

L'hydromorphie temporaire est là un fait reconnu (G. BRYSSINE [2]). La Station est située dans l'un des bas-fonds qui bordent la côte au nord de Kenitra. Ceux-ci n'ont été asséchés pour la première fois qu'en été 1945 et sont encore souvent submergés pendant les pluies d'automne. La nappe phréatique reste constamment à une faible profondeur. Au centre, le profil comporte un horizon argileux de couleur grise qui descend en moyenne jusqu'à 40-70 cm, puis un horizon noir brillant. La périphérie est constituée de tirs noirs.

Dans sa note qui date de 1950, G. BRYSSINE [2] insiste sur le manque d'aération de ces sols dont il prévoit l'évolution vers des tirs gris, à moins de travaux importants. On peut penser que cette évolution est actuellement en cours.

Données générales concernant les essais

STATIONS ET ANNÉES	PLUVIOMÉ- TRIE TOTALE mm	DATE DE FLORAISON	PLUVIOMÉ- TRIE (MARS) mm	IRRIGATIONS	Arg. %	Lim. %	S.f. %	REMARQUES PARTICULIÈRES
1959-60	353,9	20.3	73,1	10.2 2.3 26.3 17.4				nappe phréatique proche de la surface
1960-61		19-23.3 ^o	30,8	1.2 175 m ³ 12.3 300 m ³ 4.4 300 m ³	2.5	18	22	évolution rapide des sols dans tout le périmètre irrigué <i>irrigations d'appoint</i>
1961-62			163,9	30.1 19.2				(N) = 0,9 ‰
1959-60	346,2		39,5		9		65	horizon sableux
1961-62			170,9		16 37,5	5	55 41	— argilo-sableux — calcaire (avant 1 m) <i>irrigations d'appoint</i>
								(N) = 0,57 ‰
1960-61	461	30.3			13	7	60	merzag *
1961-62		11.4			— 30	—	—	horizon sableux horizon argileux
								(N) = 0,57 ‰
1959-60	660,9		149,6					penne douce à environ 800 m de l'oued Fès
1960-61	517,3		49,8		34	10	53	(N) = 1,64 ‰

	1960-61	1961-62	1962-63	50	15	25	dépression à proximité de l'oued Fès (N) = 1,54-1,21°/∞
Fès Kantra	517,3	435,2	964,4	11,4	18,4	16,1	
Fqjh ben Salah 1961-62	163,9			analogue à Ahl Souss			nappe phréatique plus profonde <i>irrigation</i>
Guich (Rabat) 1961-62	463,7	194,1		6	5	70	horizon sableux (jusqu'à 50-75 cm) (N) = 0,4°/∞
1959-60		43,8	3 × 800 m ³	19	3	32	porosité grossière improtante grande perméabilité
1961-62	260,1	12,4 - 26,4	6 × 800 m ³	à	à	à	<i>irrigation</i> par planches (2 × 12,5 m) (N) = 0,5°/∞
1962-63	455,7	4,0		32	11,8	47	
Merjas 1959-60				bas-fonds asséchés nappe phréatique à une faible profondeur tirsification **			
Sidi-Slimane 1959-60	529,4	avril	119,1	65	18	13	tirs ** (N) = 1,05°/∞

* Merzag : sol ferrugineux lessivé hydromorphe à cuirasse pisolithique de nappe.

** Tirs et sols tirsifiés : vertisols.

— Marrakech (essais d'irrigation 1959-63)

Les sols de la Station ont une teneur en argile du même ordre que celle des sols de Fqih ben Salah et Ahl Souss. Aucune étude n'a encore été faite sur une évolution éventuelle des profils à la suite de la mise en irrigation, mais une telle hypothèse n'est pas inconcevable. Le mode d'irrigation, surtout, favorise l'hydromorphie : les doses sont très importantes (cf. TABLEAU et chiffres ci-après) et elles sont répandues par planches. La parcelle, entourée de billons, reste ainsi submergée un certain temps. Une telle pratique au moment de la floraison est peut-être un facteur d'accroissement du mitadinage (des essais devront être entrepris dans ce sens).

Irrigations à Marrakech :

1959-60	3 × 800 m ³	26.2	19.4	6.5		
1960-61	5 × 800 m ³	20.1	3.3	20.3	3.4	13.4
1961-62	6 × 800 m ³	23.1	31.1	17.2	5.4	18.5
1962-63	4 × 800 m ³	2.11	6.12	14.3	17.4	

La distinction entre les sols « sains » groupe (I) et les sols ayant subi une « anaérobiose temporaire » dans le mois précédant la floraison groupe (I bis) se trouve donc renforcée et vient remplacer la classification initiale en « parcelles non irriguées » et « parcelles irriguées ».

A ce propos, J.A. LE CLERC [13] observe d'ailleurs que, s'il existe une grande différence entre terrains irrigués et terrains non irrigués en ce qui concerne le mitadinage et la teneur en protéines, pour une même région, les grains peuvent garder leur apparence vitreuse si les doses d'irrigation sont bien étudiées.

2. Conclusions

Les hypothèses basées sur l'analyse des résultats obtenus à Fès ne sont pas contredites par l'analyse des résultats provenant des autres stations. Nous pouvons donc reprendre et préciser les conclusions partielles des chapitres précédents.

a. Le taux de mitadinage du blé dur 2 777 est une fonction du pourcentage de matières azotées contenu dans les grains, soit $I.N. = f(M.A.)$. La fonction f ne dépend que de deux facteurs :

- la fumure, qui intervient faiblement,
- l'état du sol au moment de la floraison.

Dans les sols où une hydromorphie temporaire se produit au moment de la floraison, le mitadinage est accru par rapport à celui que l'on peut déduire de l'expression (I) $I.N. = f(M.A.)$.

Par contre, si le sol a le temps de se ressuyer la fonction f n'est pas modifiée.

b. La qualité semoulière du blé dur 2 777 dépend du pourcentage de matières azotées contenu dans les grains, donc de leur mitadinage.

La valeur de W (travail de déformation à l'extensimètre Chopin) passe de 40 à plus de 250 ergs lorsque le pourcentage de matières azotées varie de 10 à 15 %, l'Indice NOTTIN augmentant de 2 à 85 %. Dans le même intervalle, la ténacité de la pâte non cuite va de 50 à 150.

L'hydromorphie pendant la période qui précède immédiatement la floraison est très défavorable : les valeurs de la ténacité et de W sont bien plus faibles que ne le laisse supposer le pourcentage de matières azotées. Ainsi, un blé qui provient d'un terrain « à hydromorphie temporaire » et qui contient 15 % de matières azotées donne une pâte qui a les mêmes propriétés que celle provenant de blés sains à 12 % de matières azotées. On constate d'ailleurs que le mitadinage varie dans les mêmes proportions.

c. Considérons deux échantillons de grains de blé dur qui ont même taux de matières azotées mais qui proviennent l'un d'une culture en sol « sain » (échantillon a), et l'autre d'une culture en sol « à hydromorphie temporaire » avant la floraison (échantillon b). Ces deux échantillons fourniront des pâtes ayant même taux de gluten sec. Mais l'échantillon b sera plus mitadiné que l'échantillon a et les propriétés plastiques de la pâte b seront inférieures à celles de la pâte a.

Nous avons conclu (paragraphe VI) que la différence de propriétés plastiques doit être attribuée à une différence de nature des matières azotées composant les glutens a et b. Si la nature des matières azotées influe sensiblement sur la structure de la pâte par l'intermédiaire du gluten, il semble logique qu'elle puisse modifier la structure de l'endosperme du grain, structure définie en grande partie par le gluten.

Une explication du mitadinage et de l'existence des courbes (I) et (I bis) est alors possible :

— La structure cornée ou farineuse de l'endosperme serait déterminée par la quantité de certaines matières azotées contenues dans le gluten. En sol « sain », ces matières azotées sont élaborées par la plante et consti-

tuent soit l'ensemble, soit un pourcentage constant des matières azotées du gluten. D'où la variation du mitadinage en fonction du taux de matières azotées (courbe I).

— Lorsque le sol passe par une phase d'hydromorphie dans le mois qui précède la floraison, le métabolisme de la plante est affecté et des matières azotées différentes sont élaborées. Ces nouveaux produits ne permettraient pas la constitution de la structure cornée, d'où, pour un taux de matières azotées identique, les différences de mitadinage entre les courbes (I) et (I bis).

Il est évident que cette explication n'est pas une conclusion définitive : il s'agit surtout d'une base de travail pour des recherches physico-chimiques qui, seules, permettront soit de la vérifier et de la préciser, soit de la réfuter.

Manuscrit déposé le 10.6.64

ملخص

مدخل لدراسة فساد القمح الذي يأخذ مظهرا دقيقيا

يظهر تحليل النتائج المحصل عليها في الحقل بين سنة 1959-1963 في مختلف محطات التجارب التابعة للمعهد الوطني للبحث الزراعي، أن فساد القمح الصلب 2777 الذي يأخذ مظهرا دقيقيا، مرتبط بمحتوى الحبوب من المواد الازوتية؛ وحسب علاقة الشكل : $ax = \log 10 \text{ NOTTIN}$ (معامل b هذه العلاقة مستقلة اساسا عن حالة hydromorphie للارض في الشهر الذي يسبق الازهار : في حالات hydromorphie الحارارى لهذه الفترة ينتشر فساد القمح الذي يأخذ مظهرا دقيقيا بالنسبة الى القيمة المحدوفة من العلاقة السابقة في مثل هذه الشروط تتغير الخصائص الثقبية للعجين غير المطبوخ بتوازي. وقد ارجعت القياسات الافتراضية لشكل المواد الازوتية الخصوصية لاجل شرح ظواهرها. بناء سويداء الحبوب ترتبط كيميا مع بعض مقادير المواد الازوتية.

RÉSUMÉ

L'analyse des résultats obtenus en plein champ, entre 1959 et 1963, dans les diverses stations expérimentales de l'I.N.R.A., montre que le mitadinage du blé dur 2 777 est lié à la teneur des graines en matières azotées, selon une relation de la forme : $\log_{10} (\text{Indice Nottin}) = a \times (\text{teneur en matières azotées}) + b$.

Cette relation dépend essentiellement de l'état d'hydromorphie du sol dans le mois qui précède la floraison : dans les cas d'hydromorphie temporaire à cette époque, le mitadinage est accru par rapport à la valeur déduite de la relation précédente.

Dans ces mêmes conditions, les propriétés technologiques de la pâte non cuite varient parallèlement.

L'hypothèse de la formation de matières azotées particulières a été retenue pour expliquer ces phénomènes : la structure de l'endosperme des graines dépendrait quantitativement d'une certaine qualité de matières azotées.

RESUMEN

Contribución al estudio de la alteración de los granos de trigo

El análisis de los resultados obtenidos en las varias estaciones experimentales del Instituto desde 1959 hasta 1963, demuestra que la alteración del trigo duro 2 777—alteración que confiere a los granos un aspecto harinoso típico—está ligada con el grado de sustancias nitrogenadas de los mismos, según una relación del tipo: $\log_{10} (\text{Indice NOTTIN}) = a (\text{grado de sustancias nitrogenadas}) + b$.

Esta relación depende esencialmente del estado de hidromorfia del suelo durante el mes que precede la floración: en los casos de hidromorfia temporaria durante este período, la alteración de los granos aumenta respecto al valor del resultado deducido de la precedente relación.

En presencia de las mismas condiciones las propiedades tecnológicas de la pasta no cocida varían paralelamente.

Para explicar estos fenómenos, la hipótesis de la formación de particulares sustancias nitrogenadas es la más válida: la estructura de los granos dependería cuantitativamente de cierta calidad de sustancias nitrogenadas.

SUMMARY

Contribution to the study of the wheat grain alteration

The analysis of results obtained in the various experiment stations of the Institute, from 1959 up to 1963, proves that the alteration of the hard wheat 2 777 — alteration which confers to the seeds a typical amy-laceous aspect — is in relation with the content of the seeds in nitrogenous matter, according to a relation of the type: $\log_{10} (\text{NOTTIN Index}) = a$ (content in nitrogenous matter) + b.

This relation essentially depends on the hydromorphic state of the soil during the month preceding flowering: in the case of temporary hydromorphic conditions at that time, the alteration of the seeds increases with regard to the resulting deduced from the above mentioned relation.

In presence of the same conditions, the technological properties of the non-cooked paste vary in the same way.

In order to account for these phenomena the hypothesis of particular nitrogenous matter formation has been retained: the structure of the seed endosperm might depend quantitatively on a certain quality of the nitrogenous matter.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAUMEISTER, W. — 1939. L'influence des engrais minéraux sur le rendement et la composition du grain de blé d'été. — *Connaissance des sols et nutrition des plantes*, vol. 1, **57**, Cah. 3/4.
2. BRYSSINE, G. — 1950. Note sur les Merjas côtières du Rharb. — *Soc. Sci. Nat. Maroc, Trav. sec. Pédol.*, Extrait du t. 1.
3. BRYSSINE, G. — 1961. Etude sur l'évolution des sols des Beni Amir et de leur salure sous l'effet des irrigations. — *Cah. Rech. Agron., Rabat*, **12**.
4. BUIS, R., R. DIEHL & M. DUPUIS — 1963. Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences, t. 256, avril.

5. BYRON S. MILLER, JOANN Y. SEIFFE, J.A. SHEILLENBERGER & G.D. MILLER — 1950. Amino-acid content of various wheat varieties. — *Cereal Chemistry*, vol. 27, 2.
6. CLUSKEY, J.E., N.W. TAYLOR, H. CHARLY & F.R. SENTI — 1961. Electrophoretic Composition and intrinsic viscosity of glutens from different varieties of wheat. — *Cereal Chemistry*, vol. 38, 4, juillet.
7. COÏC, Y. — 1960. Les bases physiologiques de la nutrition et de la fertilisation rationnelle du blé. — *Progressive Wheat Production*, Genève, Centre d'étude de l'azote.
8. COÏC, Y. — 1961. Association Internationale des fabricants de Superphosphates. Comité Agronomique. — *Bull. Docum.*, Paris, 29, mai.
9. COÏC, Y. & ALEXINSKY — 1953. *C.R. Acad. Agric.*, p. 782.
10. DIKUSSAR, J. — 1935. Les nitrites comme source d'azote pour les plantes supérieures. — *Ann. Agr.*, nov. - déc.
11. GREAVES, J.E. & A.F. BRACKEN — 1937. The sulfur content of wheat. — *Cereal Chemistry*, 14, pp. 578-581.
12. GROSSKREUTZ, J.C. — 1961. A lipoprotein model of wheat gluten structure. — *Cereal Chemistry*, vol. 38, 4.
13. LE CLERC, J.A. — 1906. Effet des conditions climatiques sur la composition chimique du blé dur. — *Yearbook U.S.D.A.*, pp. 199-212.
14. MIÈGE, E. — 1933. Etude de la valeur semoulière des blés durs marocains, Rabat.
15. NOTTIN, P. — *Le blé, la farine, le pain*, Ed. Hachette, Paris.
16. NOTTIN, P., A. DARON & M. PIGNARRE — *Valeur industrielle des blés durs*, Constantine, Ed. Braham, p. 144, p. 145 et p. 195.
17. PERIGAUD, S. — 1963. La dynamique de l'azote dans les sols hydromorphes. — *Bull. Ass. Fr. Et. sol*, janvier.

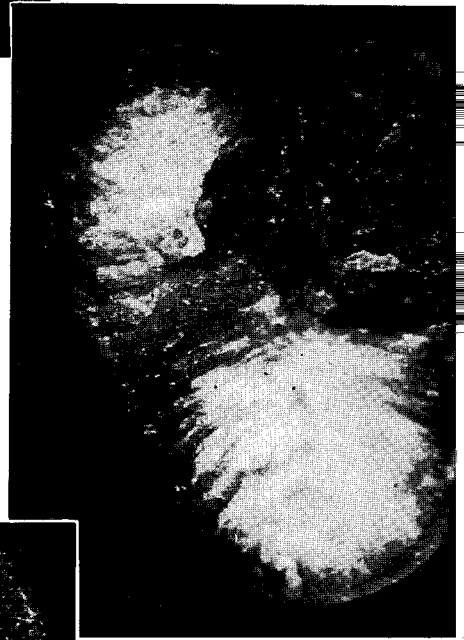
18. PIGNARRE, M. — 1952. Les blés durs et leur pâte, Paris, Min. Agric.
19. VALDEYRON, G. & J.M. SEGUELA — 1957. Note à l'Académie d'Agriculture de France, 26 juin.
20. VALDEYRON, G. & J.M. SEGUELA — 1958. Etude bibliographique et expérimentale sur le mitadinage. — Ann. Amélior. Pl. (III).
21. WIENHUES, F. — 1960. Botany and breeding of wheat. — Progressive Wheat Production, Genève, Centre de l'étude de l'azote.

ANNEXES

Illustrations et graphiques



Grain mitadiné

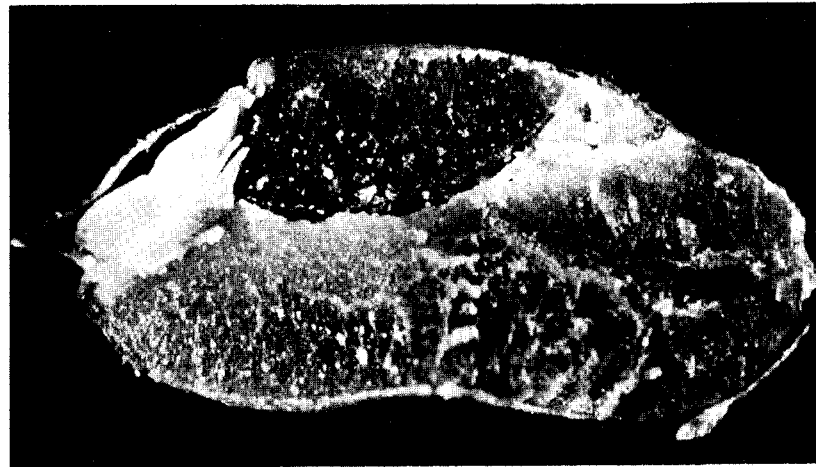


Grain sain vitreux



Grain partiellement mitadiné

COUPES LONGITUDINALES



Grain sain vitreux



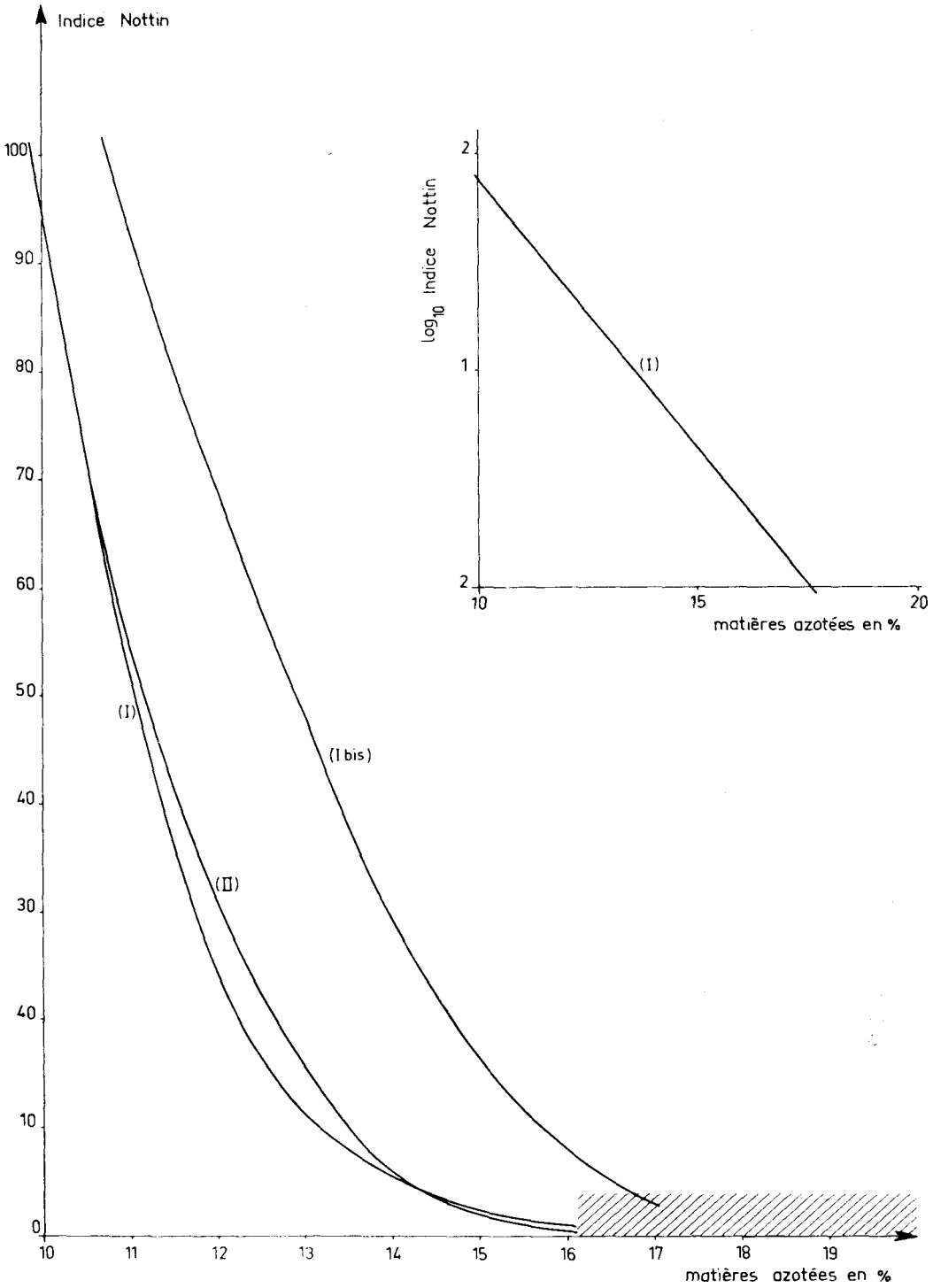
Grain partiellement vitreux



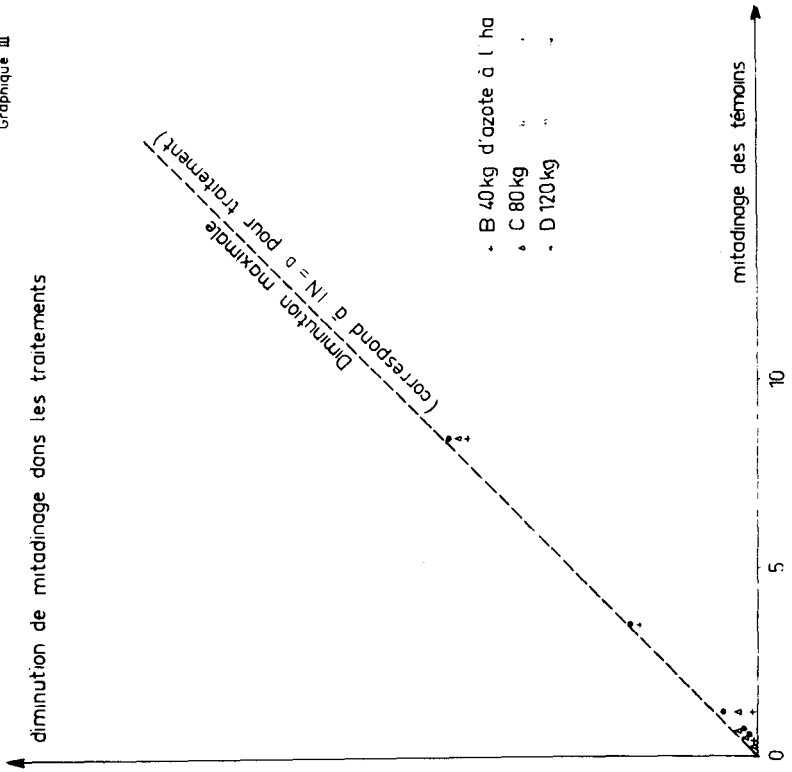
Grain vitreux

(PHOTOS INRA - J.F. BERNARD)

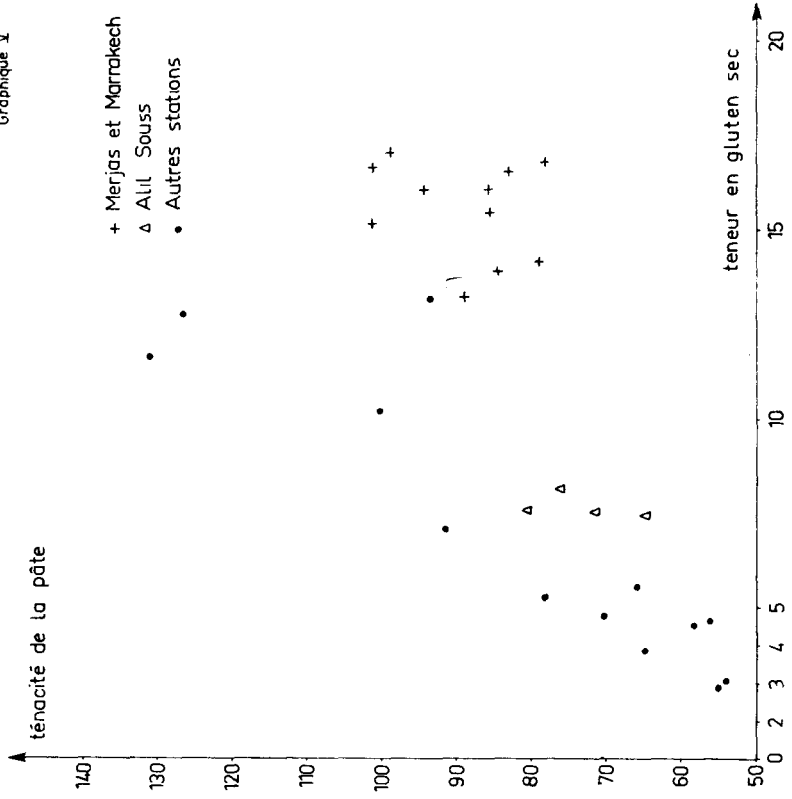
Graphique II



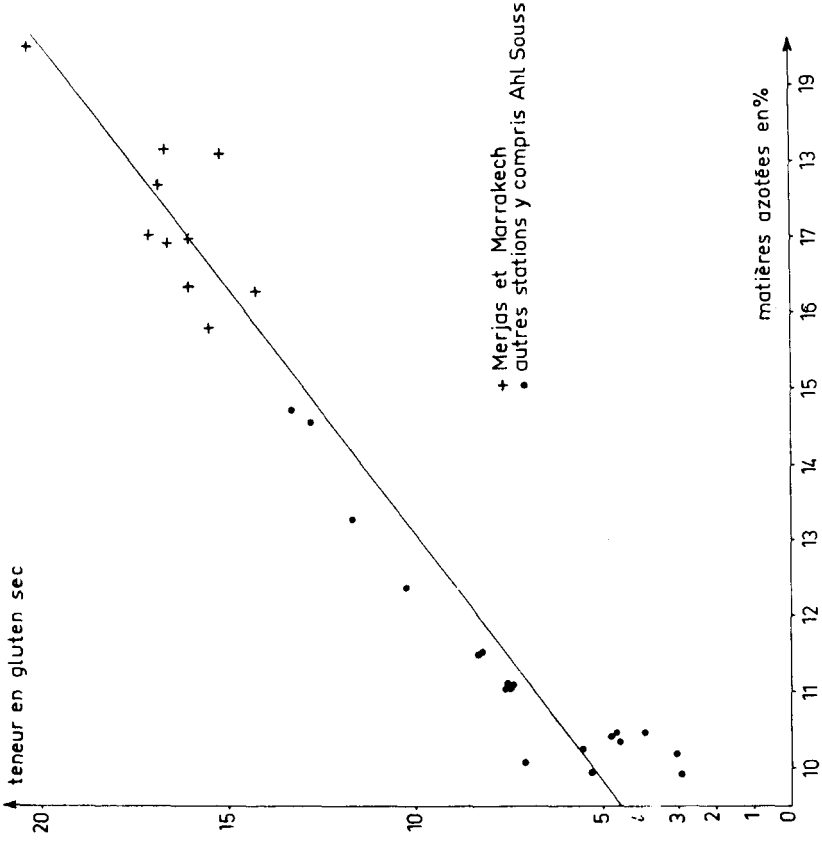
Graphique III



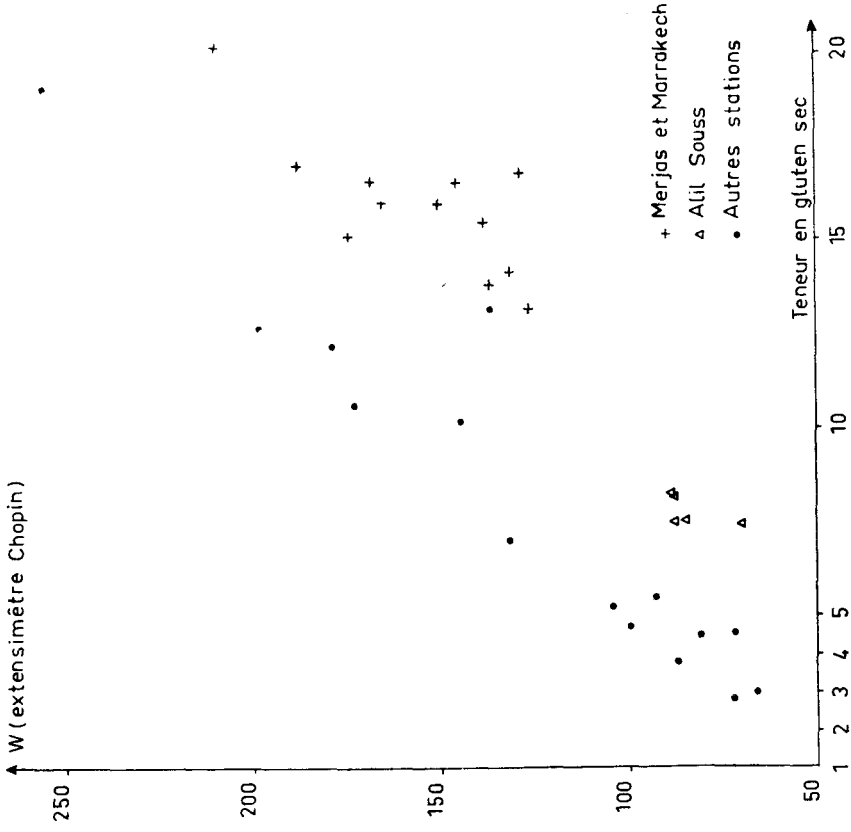
Graphique V



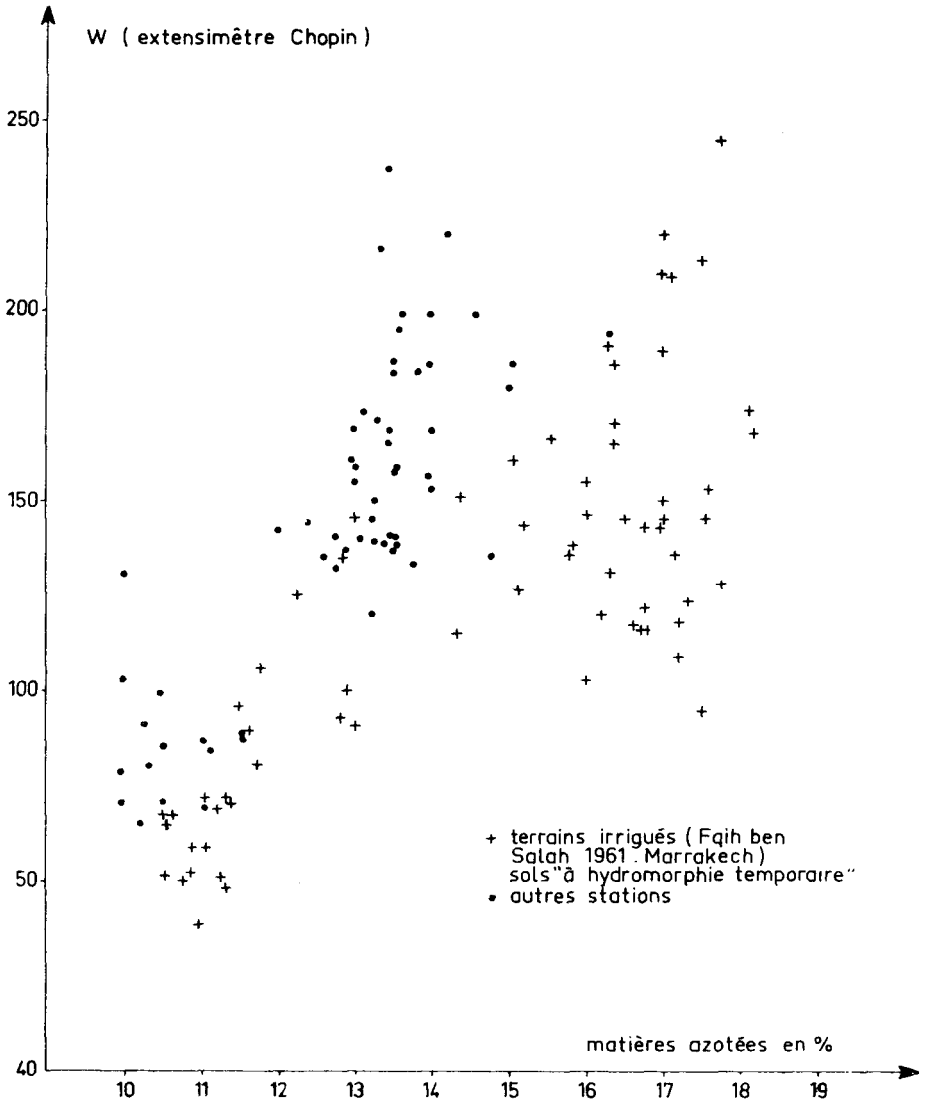
Graphique VI



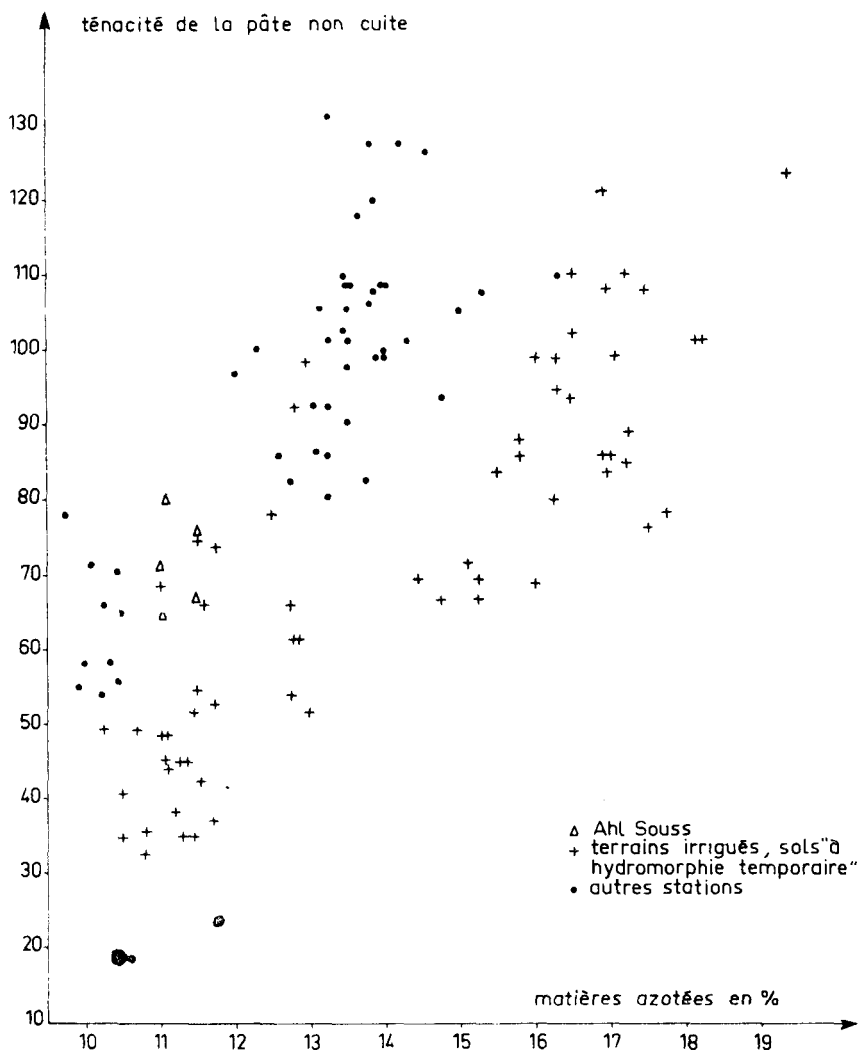
Graphique IV



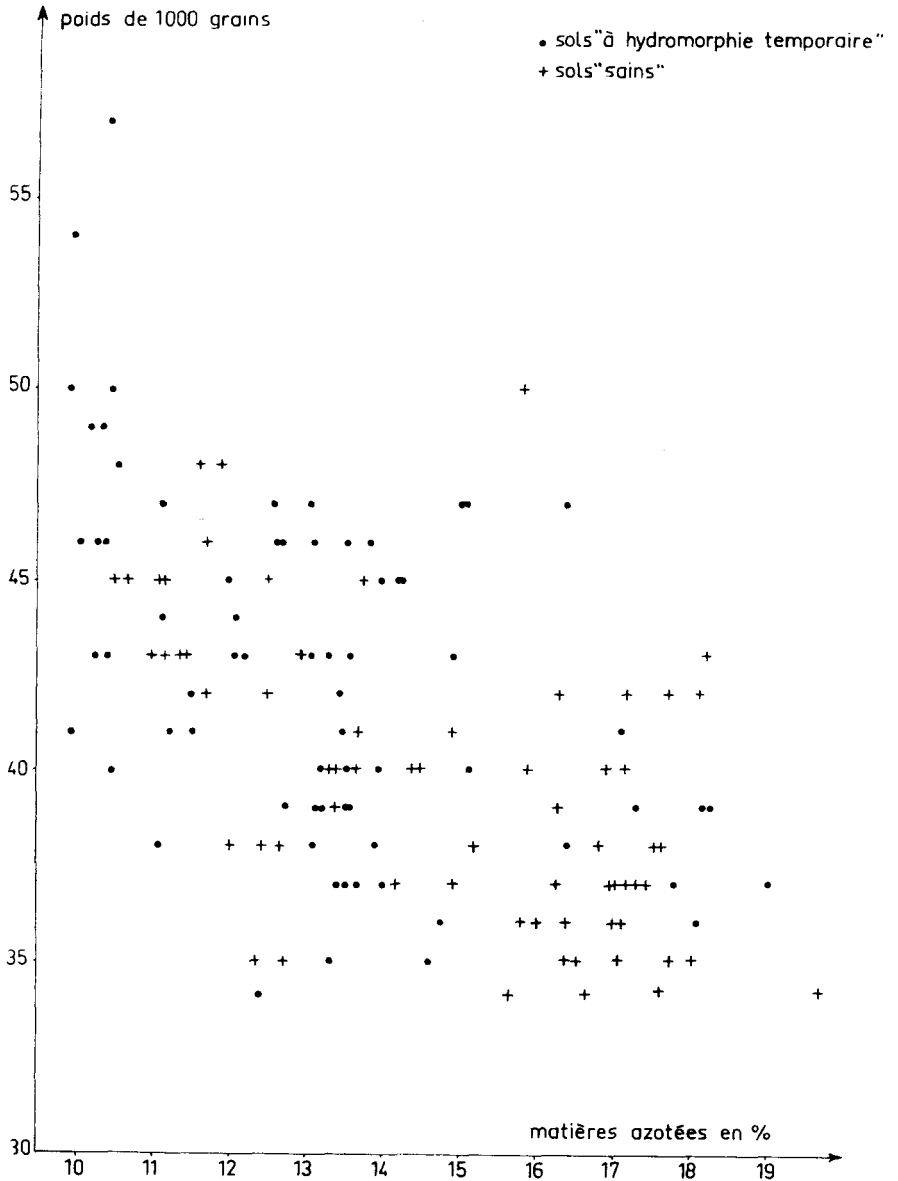
Graphique VII



Graphique VIII



Graphique IX



ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES PRESSES
DES « EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES »
11, AV. DE RABAT A TANGER
LE 15 OCTOBRE 1964

محتويات العدد

- ل. امبيرجي - الوضع الجغرافي النباتي للمغرب داخل حوض البحر الابيض المتوسط 1
- ه. شابو - الرنج صانع الزهور (القسم الثاني) 17
- ل ميرل. ه. شابو و ر. هيى - البرتقال القصير : تحويلا للبرتقال
.....Valencia Late 51
- ف روش و ز. لوسط - دراسة حول phytotoxicité لبعض coccicides
على الحوامض بالمغرب 61
- ا واندروين ر. هيى. والديرجيرير - دراسة المعالجات بقاعدة
orthophénylphénol ضد عفونات الحوامض 75
- ف طوبول. و أ. سفيد فارق - معاملة سريعة لاستخراج راسب parathion
في الزيوت الحامضة 89
- س. هيس م ايكول و ف. شوين - المظاهر المعدنية لبعض حركات الارض
المتحجرة بالشاوية العليا 95
- ج ييري - مدخل لدراسة Le mitadinage تأثير التغذية الازوتية
وخصص عناصر التسميد 121

فيما يخص جميع المعلومات حول : انجازات البحث

الزراعي وكذا مجلة العوامية، اكتبوا الى :

قسم الطبع والنشر والتوزيع

المعهد الوطني للبحث الزراعي

صندوق البريد 415 الرباط البريد المركزي

الاداء عن الحساب الجاري بالبريد تحت عنوان « مصلحة الموارد لقسم الطبع والنشر والتوزيع بالمعهد الوطني
للبحث الزراعي بالرباط » الحساب لجاري رقم 45288

المملكة المغربية

12



العواصم

مجلة مغربية للبحث الزراعي



المعهد الوطني للبحث الزراعي

- الرباط -

يوليوز 1964