## CONTRIBUTION A L'ETUDE DU MITADINAGE

2º partie \*

#### J.P. BERKÉ

#### SOMMAIRE

2e Partie - Mitadinage et rendement

- I. Introduction
- II. Variations du mitadinage en fonction du rendement en l'absence de fumure
- III. Influence des fumures minérales sur le mitadinage et sur le rendement
- IV. Amélioration de la qualité et augmentation du rendement.

Conclusion aux 1re et 2e parties

#### I. Introduction

Dans la première partie, nous avons étudié le mitadinage du blé dur 2777 dans ses relations avec la teneur en matières azotées des grains et les propriétés technologiques des pâtes non cuites.

Dans cette deuxième partie, nous allons envisager le problème du mitadinage sous son aspect pratique, à la fois agronomique et économique, qui nous paraît être le suivant : est-il possible d'améliorer les rendements tout en abaissant le taux de mitadinage, par des apports d'éléments nutritifs et des irrigations bien conduites?

Les résultats utilisés dans cette étude proviennent des essais de fumure déjà considérés dans la première partie. Rappelons que ces essais ont eu lieu pendant quatre années consécutives dans différentes régions du Maroc.

<sup>\*</sup> La 1<sup>re</sup> partie a été publiée dans Al Awamia 12, juillet 1964, pp. 121-163. Al Awamia, 18, pp. 35-67, janvier 1966.

Nous étudierons tout d'abord les variations de l'Indice Nottin en fonction du rendement dans les parcelles n'ayant pas reçu d'engrais. Nous verrons ensuite l'influence des apports d'éléments fertilisants et les problèmes posés par les méthodes d'irrigation, quoique, sur ce point, nous ne disposions pas de toutes les données souhaitables.

# II. Variations du mitadinage en fonction du rendement en l'absence de fumures

Les essais de fumures de la Station des Améliorations Culturales comportent toujours des parcelles témoins qui ne reçoivent pas d'engrais. Leurs rendements et les taux de mitadinage correspondants ont été reportés dans le graphique XI. Le système de référence utilisé est : rendement en grains (qx/ha) en abscisse et Indice Nottin en ordonné. Pour plus de clarté, tous les points n'ont pas été figurés. Nous avons représenté chaque récolte par un cercle dont le centre a pour coordonnées l'Indice Nottin et le rendement moyen des parcelles témoins au lieu et date indiqués et dont le rayon varie avec la dispersion de la répartition réelle. Nous avons fait figurer également les limites des barêmes de bonification et de réfaction fixés par l'Office Chérifien Interprofessionnel des Céréales \* (18). Ces valeurs sont en effet indispensables à une définition du problème sous son aspect économique.

## A. — Etude globale de la répartition

L'ensemble des points représentatifs s'étend à l'intérieur de la surface qui est limitée par l'axe des abscisses et par la courbe T (témoins). L'interprétation de ce graphique et de tous ceux de ce type part du principe que le rendement (axe des abscisses) et le taux de mitadinage (axe des ordonnées), donnent une image des conditions écologiques propres à chaque récolte puisqu'ils en sont l'expression quantitative d'une part et qualitative d'autre part.

Nous constatons que le taux de mitadinage s'abaisse dans tous les cas au-dessous de la valeur limite IN=33, fixée par l'OCIC, lorsque les conditions sont suffisamment favorables (rendement supérieur à 35 qx/ha environ). Qualité et quantité ne sont donc pas deux résultats incompatibles.

Pour des conditions médiocres, l'Indice Nottin est très variable : à un rendement de 20 qx/ha, peut correspondre aussi bien un taux

<sup>\*</sup> Les blés durs dont l'Indice Nottin est supérieur à 33 ne bénéficient pas de la garantie de reprise par l'OCIC. Les réfactions vont de 3,75 % à 0 lorsque le taux de mitadinage diminue de 33 à 13 — Les bonifications vont jusqu'à 0,5 % pour les blés dont l'Indice Nottin est inférieur où égal à 9 — (Campagne 63-64).

de mitadinage presque nul (Merja) que supérieur à 80 (Fès 59-60). Il nous faudra donc examiner les causes de la médiocrité des conditions écologiques, la structure des grains étant affectée de façon variable suivant la nature des facteurs limitants.

Dans ce but, nous allons étudier la répartition des points représentatifs des récoltes de chaque station pendant plusieurs années.

## B. — Etude analytique de la répartition

Une opinion répandue veut que, en un lieu donné, le mitadinage augmente en même temps que le rendement. Nous allons voir que ce n'est pas le cas général, lorsqu'on n'apporte pas d'éléments fertilisants.

Suivons l'évolution de l'Indice Nottin en fonction du rendement dans toutes les stations pour lesquelles nous disposons de résultats échelonnés sur plusieurs années. D'après le graphique XI, nous pouvons distinguer 3 groupes :

## - Fès (Kantra et Kohila)

l'Indice Nottin diminue quand le rendement augmente (de 20 à 40 qx/ha)

## - Ellouizia, Boulaouane, Marrakech:

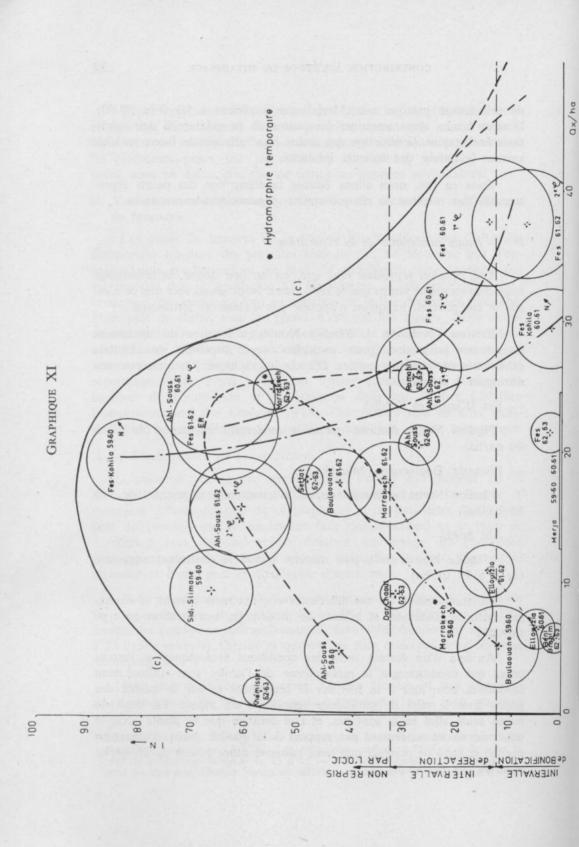
l'Indice Nottin augmente quand le rendement augmente (de 5 à 25 qx/ha)

### - Ahl Souss

L'Indice Nottin croît, puis diminue quand le rendement augmente (de 5 à 27 qx/ha).

La comparaison de ces différentes courbes nous conduit à envisager, entre le rendement et le taux de mitadinage, une relation du type suivant :

Au-delà d'un certain seuil, les conditions écologiques et surtout celles qui conditionnent le métabolisme de l'azote, sont suffisamment favorables pour agir à la fois sur le rendement et sur la qualité des grains dont le taux de mitadinage représente un aspect. En deçà du même seuil, elles ne le sont pas, et l'on constate que la plante accorde une priorité au rendement par rapport à la qualité. Nous désignerons par (S) ce seuil de priorité, que nous pouvons situer autour de 20 qx/ha pour les cas étudiés ici.



Notons que cette interprétation est conforme aux vues de nombreux auteurs. G. Valdeyron et J.M. Seguela (15) écrivent par exemple : « COIC met également l'accent sur le fait qu'à l'intérieur de certaines limites, une nutrition azotée suffisante commence par déterminer un rendement satisfaisant en grains, et n'influe qu'ensuite sur la teneur en protéines du grain, résultat déjà signalé par Davidson et Lecrerc ».

Dans le seul cas observé où, pour une même station, la variation des conditions climatiques au cours des quatre années permet de franchir le seuil (S), nous obtenons effectivement une courbe à maximum (Ahl Souss). La plupart du temps, les qualités du sol limitent le champ de variation des rendements soit d'un côté du seuil, soit de l'autre.

## C. — Etude de quelques cas particuliers

#### **FES**

Les conditions propres à cette station ont été étudiées en détail dans la première partie. Nous avons vu l'influence de la pluviométrie et de la nature du sol sur le mitadinage. Il est, d'autre part, remarquable qu'à Fès, on obtienne de bonnes récoltes uniquement lorsque la pluviométrie n'a pas été trop élevée : ainsi les rendements obtenus en 1961 et 1962 sur les parcelles témoins, après des précipitations inférieures à la moyenne, ont dépassé 30 qx/ha alors qu'ils sont de l'ordre de 20 qx/ha en 1960 et 1963 après des pluies très abondantes. La forte rétention en eau des sols de la station et l'existence de zones ennoyées temporairement expliquent cet état de choses.

En général, à Fès, le rendement et le taux de mitadinage doivent donc varier en sens inverse, ainsi qu'on peut l'observer sur le graphique XI. Il peut cependant exister des exceptions dues au fait suivant : la seule période pendant laquelle la qualité du blé semble sensible à la pluviométrie est la période qui précède la floraison \* alors que les rendements peuvent être compromis à d'autres époques. C'est ainsi qu'en 1962-63, le rendement moyen est de 21,5 qx/ha. A un tel rendement devrait correspondre un Indice Nottin supérieur à 50, en suivant nos hypothèses. En fait, l'Indice Nottin est très faible (2,38). La pluviométrie des mois de mars et avril a été très faible. La plante disposait donc à la fois de réserves d'eau suffisantes (pluies d'hiver) et d'un sol bien aéré qui lui ont permis l'élaboration de grains à structure cornée. Si cette récolte fait exception, c'est à la suite d'une diminution accidentelle du rendement. Les fortes pluies du mois de mai (158,5 mm) ont certainement entraîné une coulure importante (floraison 29 avril - début des pluies le 2 mai). Mentionnons d'autre part l'érosion signalée dans les fiches d'expérimentation, qui a pu être un facteur de diminution des rendements sans influer sur la qualité des grains.

#### MARRAKECH

Les blés provenant de la station de Marrakech présentent chaque année un taux de mitadinage excessif, compte tenu de leur teneur en matières azotées. Nous avons interprété ce phénomène dans la premirèe partie en l'attribuant à

<sup>\*</sup> Voir 1re partie, Al Awamia 12.

une hydromorphie temporaire qui serait due aux irrigations abondantes par submersion pendant le mois qui précède la floraison.

Le problème de la technique d'irrigation reste à résoudre, les quantités globales apportées n'étant pas forcément à diminuer. En effet, à Marrakech, l'eau est à coup sûr le facteur limitant en culture sèche : les rendements y sont fonction de l'abondance des précipitations et l'irrigation est toujours nécessaire pour obtenir des rendements en accord avec les potentialités du sol.

Remarquons enfin que l'utilisation défectueuse des eaux d'irrigation semble entraîner non seulement un accroissement du mitadinage, mais aussi un déplacement du seuil (S) vers les rendements plus élevés \*. Ce déplacement se comprend aisément dans le cadre de l'explication du mitadinage que nous avons proposée dans la première partie : l'augmentation du rendement correspond à une amélioration des conditions écologiques. Mais, par suite des phénomènes d'hydromorphie temporaire, cette amélioration ne peut pas se traduire sur le plan de la qualité, à cause des altérations dans le métabolisme de l'azote, qui limitent la teneur des grains en certaines matières azotées. L'Indice Nottin augmente donc avec le rendement. Une expérimentation en cours montrera si la suppression des problèmes d'hydromorphie temporaire dus à cette méthode d'irrigation peut permettre d'augmenter le rendement tout en diminuant l'Indice Nottin. Il semble, qu'à Marrakech, un tel résultat soit possible, même dans les parcelles témoins, puisque les rendements peuvent dépasser le seuil (S) déterminé dans les sols « sains »

#### AHL SOUSS

Comme dans la première partie, Ahl Souss occupe ici une situation intermédiaire entre les sols à faible et haute fertilité, entre les sols « sains » et les sols « à hydromorphie temporaire ». Cette situation se traduit par le franchissement du seuil (S). Après le maximum, la courbe a une décroissance qui semble un peu brutale, compte tenu de l'allure des courbes voisines.

Il se pourrait que les attaques de moineanx qui sont toujours très importantes dans cette région (estimées généralement à 10 % du rendement sur les fiches d'expérimentation) aient été particulièrement accentuées sur la deuxième phase de 1960-61. L'allure de la courbe serait alors modifiée comme sur le schéma ci-contre.

D'autre part, le point représentatif de la récolte 1962-1963 a tendance à accuser encore cette pente. La comparaison du taux de matières azotées et de l'Indice Nottin fait penser à des phénomènes analogues à ceux provoqués par l'hydromorphie temporaire. Pourtant, les fiches d'expérimentation indiquent seulement 48 mm de pluie entre le tallage et la floraison (8 avril), et une irrigation d'appoint le 22 mars.

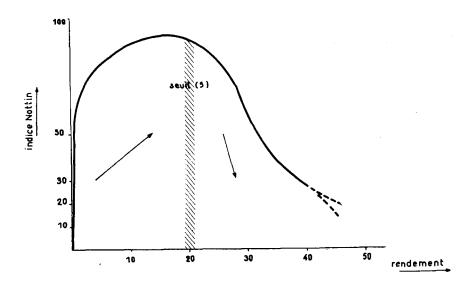
En fait, l'Indice Nottin doit être plus faible que ne l'indiquent les résultats : un lavage \* des grains par suite des pluies (64,7 mm entre la floraison et la maturité, 20 mm entre la maturité et la récolte) a pu être considéré comme mitadinage lors de l'analyse technologique. Là encore, il semble que le rendement ait été diminué par suite d'accidents végétatifs n'ayant aucune influence sur la qualité des graines : il faut penser surtout à une verse qui a eu lieu le lendemain de la floraison à la suite d'un vent violent et d'une forte pluie, et qui peut s'accompagner d'une coulure importante.

### D. — Conclusions

Qualité et quantité ne sont pas incompatibles lorsque le blé dur 2 777 bénéficie de conditions écologiques suffisamment favorables. En effet, à moins d'accident végétatif intervenant après la floraison (coulure)

<sup>\*</sup> Voir courbe 1 bis et graphique XI, dans la première partie (Al Awamia 12).

## GRAPHIQUE XII



ou de dégâts causés par les prédateurs (moineaux), l'Indice Nottin du blé dur 2777 varie au Maroc en fonction du rendement en grain selon une courbe à maximum (GRAPHIQUE XII). Ce maximum définit un seuil (S) à partir duquel les conditions écologiques sont telles que le rendement s'accroît sans nuire à la qualité des grains (20 qx/ha environ pour le blé dur 2777). L'existence de phénomènes d'hydromorphie temporaire pendant le mois qui précède la floraison semble déplacer le seuil (S) vers des valeurs supérieures à 20 qx/ha mais que nous n'avons pas pu estimer.

Il est vraisemblable que la valeur de (S) soit fonction de la variété. Nous aurions ainsi un élément de classification des blés durs en fonction de leur sensibilité au mitadinage, qui permettrait de préciser de quelle manière les différents blés durs utilisent l'azote disponible, la priorité étant accordée au rendement dans un domaine plus ou moins important (voir conclusion générale).

## III. Influence des apports d'éléments fertilisants

Nous avons étudié jusqu'ici les variations de l'Indice Nottin lorsque le rendement change en fonction des données écologiques propres a chaque station et à chaque année. Nous allons maintenant voir l'influence

des apports d'éléments fertilisants sur l'Indice Nottin et sur le rendement en fonction des différents niveaux de fertilité.

## A. — Présentation des résultats

Chaque fois que l'échantillonnage a été fait parcelle par parcelle, les résultats correspondants ont été soumis à l'analyse statistique (Méthode Fischer pour les essais avec blocs et méthode Student pour les essais avec témoins adjacents). Par contre, en ce qui concerne la récolte 1963, nous n'avons que des valeurs moyennes, et aucune analyse statistique n'a été possible. Les traitements ont été classés en deux groupes auxquels correspondent deux tableaux.

## a. Groupe I

Le groupe 1 est constitué par les essais de fumure, suivant la méthode des variantes systématiques. Chaque traitement est désigné par l'ion dominant, par exemple, le traitement (N) correspond aux caractéristiques suivantes:

```
rapport anion/cation : A/C = 1 en 1959 et 60/61 A/C = 2 en 1961 et 62/63
```

Dose totale: 20.000 équivalents grammes par hectare en 1959-60, 60-61 et 61-62 et 10.000 équivalents en 1962-63.

Composition anionique: N=74%, soient 100 kg d'azote N/ha en 59-60 et 60-61, 160 kg en 61-62 et 80 kg en 62-63

```
Composition cationique: S = P = 13 \% (30, 46 et 25 kg/ha de P<sub>2</sub> 05 K = Ca = Mg = 33 % (155, 100 et 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O).
```

Soulignons que, dans le tableau 1, les colonnes T—t (différence entre traitement et témoin) comportent uniquement les valeurs significatives, pour mieux faire ressortir les différences d'efficacité entre les éléments.

## b. Groupe II

Le groupe II comprend tous les essais de doses croissantes d'azotes. Modifiés au cours des années, ces essais ont été regroupés et désignés à la fois par l'indice utilisé en 1962-63 et par la quantité d'azote N à l'hectare. Dans le tableau 2, tous les résultats ont été donnés sans distinction de signification (voir III-D).

### B. — Revue des différents traitements

#### a. Traitement N

Eliminons tout d'abord le cas de la station des Merja où l'Indice Nottin est toujours voisin de 0. Nous remarquons dans le tableau 1, que le traitement (N) (20 000 et 10 000 équivalents ha) abaisse significativement l'Indice Nottin 10 fois sur 15.

TABLEAU I

	01 Z	10 Kg./ha N <sub>34</sub>	g./ha	X 88		40 K	40 Kg./ha N <sub>50</sub>	Z 20	ĕ	60 Kg./ha N <sub>70</sub>	la N	18	80 K	80 Kg./ha N <sub>80</sub>	Z 80	×	90 Kg./ha N <sub>100</sub>	la l	100	120	120 Kg./ha		0 74	160 Kg./ha
Lieu et année	Rt	N.I.	ż	2		I.N.	,	Æ		I.N.	 	Rt	ľ	z.	Æ		Z.		Æ		Z.	Æ		z. Z.
	t T	+	F	<b>.</b>	T	ا با	T	, t	T	t T	t	T		t T	t T	L	t T	••   ••	<u></u>		t T	_	Т	-
Fès (Kohila)*										}											1	i (		0
29-60											19,5	19,5 22,7 82,0 81,2	82,0	81,2				. 19,	5 21,	82,0	81,7	19,5 21,1 82,0 81,7 19,5 21,4 82,0 80,6	4, 2, 3, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5,	2,0 80, 3 6 80,
60-61*											29,	29,5 28,6 2,2 0,5	2,2	0,5				29,	5 27,	2,7	0,3	29,5 27,2 2,2 0,3 29,5 28,9	8, 9,	2,2 0,3
Fès (Kantra)				İ								•		1										
61-62*				22,5	25,3	1,1	1,4				22,	22,3 24,6	1,1	1,1 0,5				2	18,4 24,7	,7 1,1	1 1,4			
62-63	62-63 23,7 21,4 2,4 1,2 20,3	4 2,4	1,2		17,3	2,4	2,8	2,8 23,1 23,0 2,4	3,0		7 20,	2,7 20,8 23,7		2,4 2,6				13	19,8 24,3	,3 2,4	4 2,3			
Settat 62-63 17,6 20,4 48,6 46,0 17,7	17,6 20,	4 48,6	46,0		19,7	48,6	40,3	16,9 2	2,8 4	19,7 48,6 40,3 16,9 22,8 48,6 40,2 18,1 21,5 48,6 33,5 10,2 23,8 48,6 34,8 19,5 26,2 48,6 22,6	2 18,	1 21,5	5 48,6	33,5	10,2 2	3,8 4	8,6 34	,8 15	,5 26	,2 48,	6 22,6			
Beni Brahim 62- <b>63</b>	5,3 6,0 1,4 1,5 6,2	0 1,4	1,5	6,2		6,1 1,4 1,4	1,4	6,0	6,2	6,0 6,2 1,4 1,5		5,8 5,8 1,4 1,4	1,4		5,5 5,9 1,4 1,2	5,9	1,4		5 7,	,5 1,	5,7 5,5 1,4 1,4			
Marrakech 62-63**	rakech <b>62-63**</b> 26,0 27,3 54,8 63,0 26,7	3 54,8	63,0		27,3	54,8	65,4	26,5 3	3,3 5	27,3 54,8 65,4 26,5 33,3 54,8 41,9 24,2 29,0 54,8 53,9 23,0 27,3 54,8 43,2 22,8 29,3 54,8 47,1	3 24,	2 29,0	54,8	53,9	23,0 2	7,3 5	4,8 43	,2 22	,8 29	,3 54,	8 47,1			
Ahl Souss 62-63	19,7 23,1 27,6 56,2 20,6	1 27,6	56,2		26,5	26,5 27,6 44;3		21,2 2	7,1 2.	21,2 27,1 27,6 31,6 20,3 27,1 27,6 25,6 19,6 27,9 27,6 18,6 21,0 27,0 27,6 13,0	5 20,	3 27,1	27,6	25,6	19,6 2'	7,9 2	7,6 18	,6 21	,0 27	,0 27,	6 13,0			

<sup>\*</sup> Apport fractionné de la dose d'azote. \*\* Sols « à hydromorphie temporaire ».

TABLEAU II

				z				S			P		!
Lieu et	· et	124	Rt	I.	I.N.	1	Rt	T.	I.N.	Rt	it.	I.N	
		t	Т	t l	T	44	T	t,	T	٠,	Т	+	Т
Ahl Souss	09/60	4.86	1	42.64	- 8.32	4.86	+ 3.27	42.64	1	4.86	ļ	<b>4</b> 2,64	1
*	60/61	24.33	+ 7.33	65.4	-15.5	24,33	+ 4.67	65,4	İ	24.33	+7.33	65,4	j
. *	61/62	16,18	+10,19	61,31	-39,3	15,75	+ 7,01	59,49	ı	14,80	+6,89	60,31	
Boulaouane	59/60	5,21	+ 3,00	12,56		5,21	+ 4.30	12,56	25.67	5,21	+4.09	12,56	1 1
Ellouizia	60/61	6.5	Ì	5,32	_ 2,36	6,5	Ì	5,32	_ 2,59	6,5	+2,4	5,32	ļ
*	61/62	10,53	1	13,60	1	11,10	ı	15,39	1	10,76	. [	15,00	ļ
Fès	60/61	37,7	I	14,4	<b>9</b> ′2 —	37,7	ļ	14,4	1	37,7		14,4	l
Sidi Slimane 59/60	09/69	9,45		88'99	-21,99	9,45	I	88'99		9,45	ļ	88'99	I
Romani	62/63	25,78	I	28,72	14,48	22,91	+ 3,76	28,72	10,36	23,43	ĺ	28,72	-19,28
Khemisset	62/63	1,78	I	58,52	ł	1,62	I	58,52	1	1,76	1	58,52	i
Dar Chaoui 62/63	62/63	9,27	+ 4,51	32,08	- 5,28	9,27	I	32,08	7,44	9,27	1	32,08	1
Fès	62/63	38,71	1	8,34	I	36,70	+ 3,30	7,03	ł	36,12	ŀ	6,23	1
Marrakech *	59/60 61/62	7,93 18,26		21,4 34,18	_ —12,82	7,93 17,63	+ 3,67 + 5,03	21,4 30,58	1	7,93	_ +4,06	21,4 32,70	[ ]
Merja *	59/ <b>60</b> 60/61	19,51 21,0		0,2 0,45	-	19,51 21,0	1	0,2 0,45	1-1	19,51 <b>21</b> ,0	1 1	0,2 0,45	1 1

TABLEAU II (suite)

				K				ű			Mg	'n	
Lieu et	et	Rt	<b>+</b> ;	I'N	· 've'		Rt	I.N.	ž	Rt	t	I.N.	
allino	b	<b>t</b>	L	<b>+</b>	Ĺ	-	T	t	T	t	L	٠-	F
Abl Souss	09/65	4.86		42.64	١	4.86	+ 6.32	42.64	I	4,86	+4,54	45,64	- 7,76
^	60/61	24,33	+ 9,33	65,4	I	24,33	+ 4,33	65,4	I	24,33	+9,83	65,4	
*	61/62	16,36	<b>19'9</b> +	59,86	I	15,72	+ 8,28	62,23	1	16,28	+5,96	63,85	-17,2
Boulaouane	09/69	5,21	+ 3,67	12,56	1	5,21	+ 4,68	12,56	1	5,21	+4,78	12,56	١
*	61/62	17,14	+ 3,50	40,41	-24,45	16,98	+ 4,80	45,94	-34,32	17,41	+3,16	44,26	-32,19
Ellouizia	19/09	6,5		5,32	2,49	6,5	1	5,32	l	6,5	l	5,32	1
*	61/62	10,39	1	15,34	ļ	11,80	ļ	12,98	I	11,22	l	14,90	1
Fès	60/61	37,7	1	14,4	1	37,7	l	14,4	!	37,7	1	14,4	ļ
Sidi Slimane	09/69	9,45	1	88,99	11,09	9,45	l	88,99	I	9,45	1	88,99	-10,82
Romani	62/63	23,30	I	28,72	-12,64	25,24	l	28,72	-10,56	24,43	I	28,72	- 8,76
Khemisset	62/63	1,58	1	58,52	1	1,46	1	58,52	[	1,28	1	58,52	l
Dar Chaoui	62/63	9,27	+ 2,99	32,08	I	9,27	+ 2,69	32,08	1	9,27	+2,39	32,08	- 3,68
Fès	62/63	38,60	1	5,38	i	39,22	l	66'9	1	35,47	1	7,16	١
Marrakech *	59/60 61/62	7,93 16,58	_ + 6,21	21,4 41,26	— 9,4 — 9,46	7,93 18,76	+ 5,53	21,4 27,96	—10,9 —	7,93	+5,08 +5,66	21,4 30,53	1 1
Merja *	59/ <b>60</b> 60/61	19,51 21,0	1 1	02, 0,45	1 1	19,51 21,0	1-1	<b>0,2</b> 0,45	1-1	<b>19,</b> 51 21,0	1	0,2 0,45	<b>i</b> 1
t = témoin	T = traitement	itement	Rt II	Rt = rendement		IN = Indice Nottin	e Nottin						

Cette proportion peut même être valablement portée à 12/15 quand on considère les résultats obtenus à Boulaouane et Marrakech en 1959-60: dans ces deux cas, l'analyse statistique ne permet de déceler aucune amélioration significative; mais la variation des moyennes est importante. La présence de deux répétitions aberrantes sur les six d'un des traitements suffit à masquer un effet intéressant:

### Boulaouane 1959-60

I.N. témoins .... 18,0 17,7 18,0 9,7 5,3 6,7 movenne 12.6 I.N. traitements N 0.8 15.8 2.6 0.6 1.4 0,7 3,6 movenne Marrakech 1959-60

I.N. témoins .... 25,1 27,9 13,9 23,4 17,5 21,1 moyenne 21,4 I.N. traitements N 6,7 7,7 21,0 13,0 10,5 28,2 moyenne 14,5

Soulignons, enfin, que les résultats des essais d'Ellouizia (1961-62) et Khémisset (1962-63), sont sujets à caution, leur réalisation n'ayant pas été très satisfaisante.

#### b. Traitements S

Les traitements (S) ont très peu d'influence : il semble que le soufre soit généralement présent en quantité suffisante dans les sols considérés. Une exception est impossible : sur un Dess \*, à Dar Chaoui, le traitement (S) diminue l'Indice Nottin sans augmenter d'ailleurs le rendement.

Une étude physico-chimique pourrait être entreprise, pour étudier les relations existant entre une influence possible de la fumure soufrée sur l'Indice Nottin et les propriétés des liaisons S-S qui contribuent à conférer au gluten son élasticité et sa ténacité (voir première partie). Rappelons que le métabolisme du soufre est proche de celui de l'azote (7) et qu'il existe une corrélation entre les quantités de soufre total et d'azote total dans les grains (GREAVES et BRACKEN 1937) \*.

#### c. Traitement P

Le phosphore paraît n'avoir aucune influence favorable sur l'Indice Nottin. Dans certains cas (qui ne sont pas signalés dans le tableau 1, les valeurs correspondantes n'étant pas significatives) il semblerait même favoriser le mitadinage. G. Valdeyron et J.M. Seguela (15) donnent une analyse très intéressante de ce phénomène :

<sup>\*</sup> Vérification à postériori de ce résultat : les diagnostics des carences minérales des sols du Maroc entrepris à la station des améliorations culturales montrent que les « dess » sont, en général, carencés en soufre.

après un apport d'engrais phosphaté, cet élément n'agit plus comme facteur limitant éventuel pour le rendement. Mais, à la suite de l'accroissement de la récolte, un manque d'azote peut avoir lieu et limiter la teneur en protéines des grains, c'est-à-dire leur qualité.

Nous n'avons pas observé de cas typique illustrant cette hypothèse. Même lorsque les traitements P provoquent une augmentation de l'Indice Nottin, on ne constate pas d'augmentation de rendement. Précisons qu'il s'agit de fumures de 10 000 eq/ha qui n'apportent donc au sol qu'une quantité d'azote extrêmement faible. Les sols marocains étant généralement déficitaires en cet élément, le déséquilibre N.P. est accru. Le rendement en est donc limité à une valeur proche de celle du témoin et la quantité d'azote est insuffisante même pour augmenter la qualité technologique des grains.

Cette interprétation diffère de celle proposée par G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA, dans la mesure où les observations de base sont différentes. Elles soulignent toutes les deux le rôle indirect joué par le phosphate dans le problème de l'amélioration des qualités technologiques.

Nous pouvons donc conclure que, lorsque la fumure phosphatée est apportée dans des conditions optimales d'équilibre avec la fumure azotée, elle ne produit aucun effet néfaste sur l'Indice Nottin. Les apports de phosphate doivent être aussi importants que les apports d'azote dans la zone nord, les Beni Amir et Beni Moussa, et le Haouz, plus importants dans la région de Meknès, Fès et Taza (10).

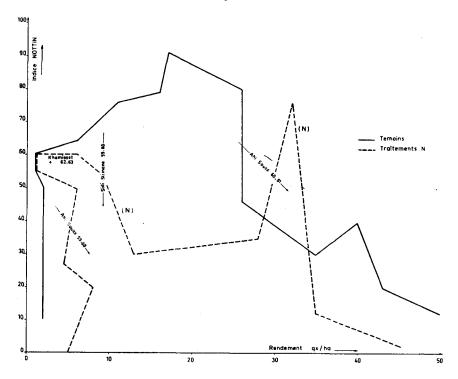
## d. Traitements cationiques

Les traitements cationiques ne semblent intéressants que dans quelques cas précis: à Boulaouane et dans les tirs (Sidi Slimane et Rommani) où tous les cations ont une influence favorable et significative, à Ahl Souss et dans les dess, (Dar Chaoui), où le magnésium semble seul efficace. Cet effet peut être attribué dans les deux premiers cas, à la dose d'azote présente dans les traitements cationiques. Par contre, la spécificité du magnésium pourrait être étudiée plus en détail.

#### e. Conclusion

Aucune contradiction flagrante n'apparaît entre les nécessités imposées par l'augmentation du rendement et par la diminution de l'Indice Nottin. Les traitements à forte dose d'azote apparaissant seuls capables d'apporter une diminution constante du taux de mitadinage, nous les étudierons systématiquement.

### GRAPHIQUE XIII

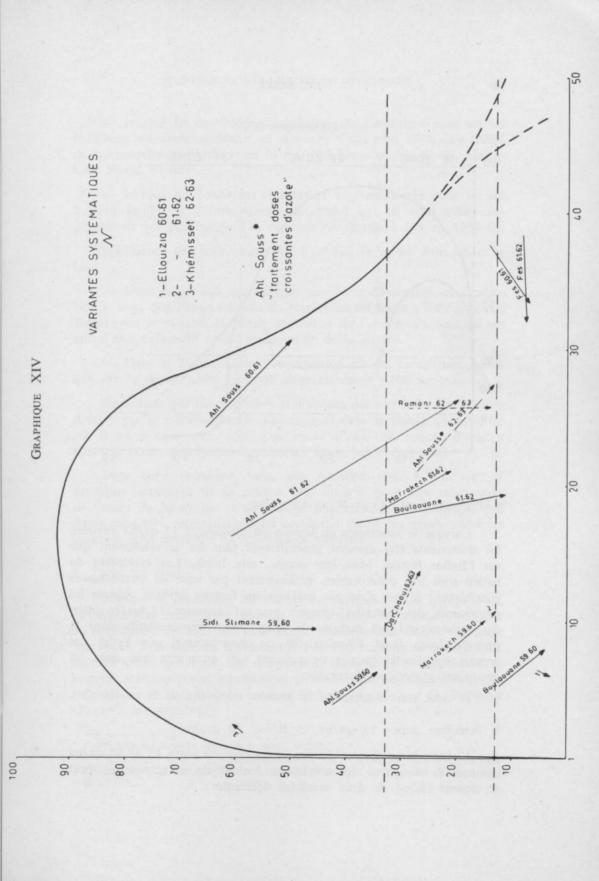


### C. — Etude des traitements N

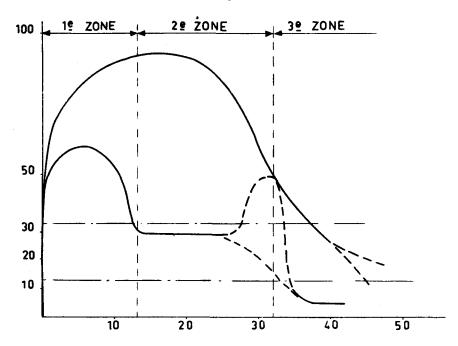
Les graphiques XIII et XIV ont été réalisés avec le même système de référence que les précédents.

Le graphique XIII met en évidence la diminution de la surface occupée par les points représentatifs à la suite des traitements N: cela correspond à une réduction globale importante du mitadinage. La courbe (N) qui limite cette surface présente deux maximum dont nous discuterons l'origine par la suite.

Sur le graphique XIV, les flèches correspondant à chaque essai, ont pour origine le barycentre des parcelles témoins et pour extrémité le barycentre des parcelles ayant reçu le traitement N. On a ainsi une image du sens de l'action de l'azote. Cette action sur le taux de mitadinage est d'autant plus forte que la pente des flèches est plus prononcée. La comparaison des schémas XIII et XIV nous conduit à considérer trois zones qui sont schématisées sur le graphique XV.



## GRAPHIQUE XV



## a. Première zone : $O < R^+ < 13 \text{ qx/ha}$

Lorsque le rendement du témoin est inférieur à 13 qx/ha environ, les traitements (N) agissent généralement tant sur le rendement que sur l'Indice Nottin. Mais leur action reste faible. Les conditions du milieu sont très défavorables, généralement par suite de circonstances climatiques: le sol n'est pas toujours un facteur limitant puisque les rendements des parcelles témoins peuvent dépasser 13 qx/ha dans des stations qui ont certains de leurs points représentatifs dans la première zone (sauf Ellouizia). Il est donc normal que l'effet des engrais soit limité, ceux-ci ne pouvant agir au mieux que dans les conditions climatiques favorables.

A cette zone correspond le premier maximum de la courbe (N).

## b. deuxième zone : 13 qx/ha $< R^+ < 30$ qx/ha

Lorsque le rendement du témoin est compris entre 13 et 30 qx/ha environ, le complexe des conditions écologiques correspondant peut se trouver réalisé de deux manières différentes:

- lorsque les conditions climatiques sont favorables pour un sol à richesse en azote médiocre ou moyenne \* qui peut alors être utilisé de façon optimale (Boulaouane 61-62, Ahl Souss 60-61, 61-62, Marrakech 59-60, 61-62)
- lorsque les conditions climatiques sont médiocres pour un sol à haute fertilité et à forte teneur en azote \* qui est ainsi utilisé audessous de ses possibilités. Cet exemple est illustré à Fès en 1959-60.

L'influence des traitements (N) n'est pas la même dans les deux cas :

- Dans le 1<sup>er</sup> cas, on constate une forte diminution de l'Indice Nottin alors que l'augmentation de rendement est faible : les conditions climatiques permettent la pleine utilisation de l'apport d'azote, qui est utilisé essentiellement pour l'amélioration de la qualité.
- Dans le 2<sup>e</sup> cas, aucune amélioration n'a été enregistrée, quelle que soit la dose d'azote apportée (dose maximale : 160 kg/ha).

Rappelons que les conditions climatiques ont une influence prépondérante sur le métabolisme de l'azote, tant dans la plante que dans le sol. Il est normal que, lors d'un excès d'eau, un apport d'engrais azoté se révèle pratiquement inefficace (voir première partie).

Dans cette deuxième zone, une question reste à élucider: le deuxième maximum de la courbe (N), observé pour des rendements de l'ordre de 30 qx/ha, et qui est dû aux résultats enregistrés à Ahl Souss peut être caractéristique ou accidentel. Seuls des essais ultérieurs pourront nous permettre de résoudre ce problème.

## c. Troisième zone

Lorsque le rendement du témoin est supérieur à 30 qx/ha (Fès), les conditions écologiques peuvent être considérées comme optimales et équilibrées. Le taux de mitadinage, naturellement faible, est assez peu réduit à la suite du traitement (N) et l'on constate une diminution sensible de la moyenne des rendements, quoique cette diminution ne soit pas statistiquement significative. Il semble que nous nous trouvions en présence de la notion de « valeur limite » exposée par G. BRYSSINE (5) et C. MICHEL (9).

<sup>\*</sup> Rappelons les teneurs des sols en azote total:

Ahl Souss 0,90 °/oo, Boulaouane 0,57 °/oo, Ellouizia 0,57 °/oo, Rabat-Guich 0,40 °/oo, Marrakech 0,50 °/oo, Fès (Kohila) 1,64 °/oo, Fès (Kantra) 1,21 à 1,54 °/oo.

Le graphique XV schématise ces conditions. On peut donc obtenir une diminution de l'Indice Nottin, dans le cas de l'application d'un traitement (N) quelque soit le rendement. L'efficacité de ces applications est néanmoins variable, sans que l'on puisse définir nettement un seuil analogue au seuil (S) (nous n'avons envisagé chaque année qu'une dose d'azote).

Remarquons également que, dans la majorité des cas, c'est-à-dire exception faite de la troisième zone, il n'existe pas de contradiction fondamentale entre augmentation de rendement et diminution du taux de mitadinage lorsqu'on emploie l'azote. Dans la troisième zone, d'ailleurs, comme nous l'avons souligné, l'Indice Nottin des parcelles témoins est déjà inférieur aux limites imposées par l'O.C.I.C.

Enfin, dans les cas où se présentent des phénomènes d'hydromorphie temporaire (Marrakech et Ahl Souss 1962-63), les variations de rendement et d'Indice Nottin vérifient les caractères mis en évidence dans le graphique XV, mais l'anomalie par rapport aux terrains « sains » reste très nette (voir première partie).

Ces conclusions seront reprises au paragraphe IV.

#### D. — Etude des essais de doses croissantes d'azote

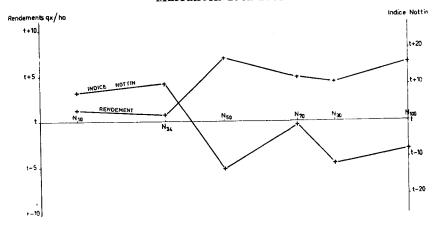
La réalisation de ces essais a varié au cours des quatre années considérées. Jusqu'en 1961-62 inclus, toutes les parcelles recevaient une fumure de base complète à laquelle venait s'ajouter des épandages d'azote au tallage et environ trois semaines après. Ces épandages (0 - 40 - 80 et 120 kg d'azote/ha) constituaient les traitements doses croissantes d'azote. A partir de 1962-63, les essais de doses croissantes d'azote ont été modifiés : Les engrais sont apportés en une seule fois, au semis. La dose globale est constante : 10 000 équivalents/ha. La dose d'azote augmente pendant que la somme (S + P) diminue.

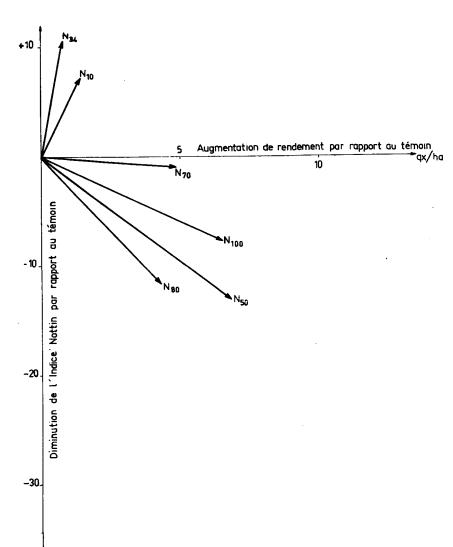
Tous les résultats ont été reportés dans le tableau 2. Nous constatons que bien peu d'entre eux permettent une interprétation. En ce qui concerne Fès, le mitadinage est tantôt tellement élevé que les traitements azotés n'ont eu aucune influence, (voir III-c deuxième zone b) et tantôt il est pratiquement nul, ce qui est aussi le cas à Beni Brahim. Il nous reste trois essais (Settat - Marraech - Ahl Souss en 1962-63).

Ces essais ont été mis en place suivant la méthode des blocs, mais il n'a été prélevé que des échantillons moyens pour les analyses technologiques. Nous n'avons donc qu'un résultat par traitement et aucune analyse statistique des données n'est possible.

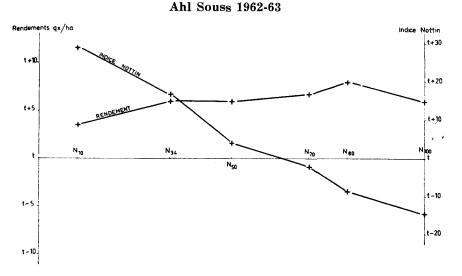
## GRAPHIQUES XVI - 1 et XVI - 2

## Marrakech 1962-1963





# GRAPHIQUE XVII - 1



Les conclusions que nous allons mettre en évidence demanderont donc à être confirmées par les essais des années suivantes.

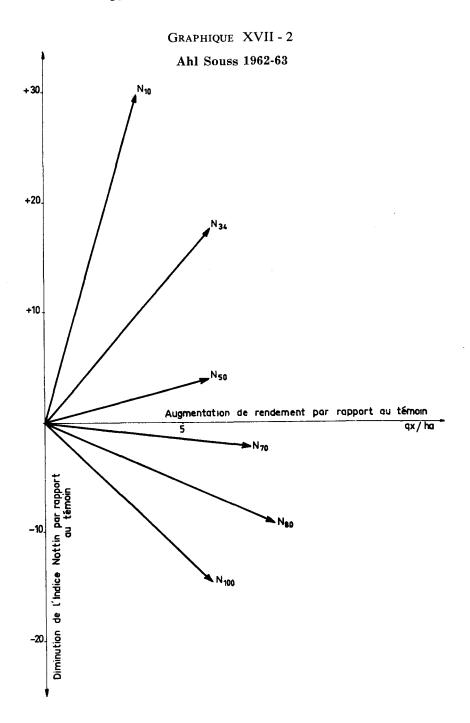
Le tableau 2 et les schémas XVI et XVIII, nous montrent tout d'abord une différence de comportement très nette entre les sols « à hydromorphie temporaire » et les sols « sains » (distinction établie dans la première partie), lorsque l'on fait croître la fumure azotée à partir de doses très faibles.

## a. Les sols à « hydromorphie temporaire »

A Marrakech (1962-63) aussi bien qu'à Ahl Souss\*, (1962-63) nous constatons une augmentation du rendement quelle que soit la dose d'azote. L'optimum se situe à  $N_{50}$  pour Marrakech et  $N_{80}$  pour Ahl Souss. En ce qui concerne l'Indice Nottin, il est tout d'abord accru pour les faibles doses d'azote. Il diminue ensuite lorsque la dose augmente, et devient inférieur à celui du témoin à partir de  $N_{50}$  (Marrakech) et  $N_{70}$  (Ahl Souss).

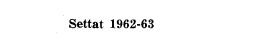
En considérant le schéma XVII-I (la courbe en dents de scie de Marrakech étant suspecte), il ne semble pas que l'équilibre optimal en ce qui concerne le rendement soit confondu avec la meilleure dose

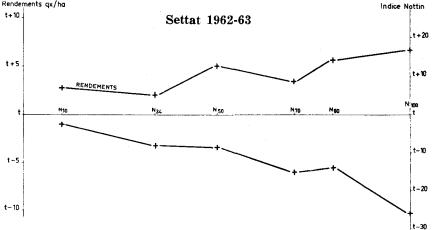
<sup>\*</sup> Dans le cas de Ahl Souss, il faut tenir compte des réserves énoncées au paragraphe II-c.

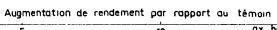


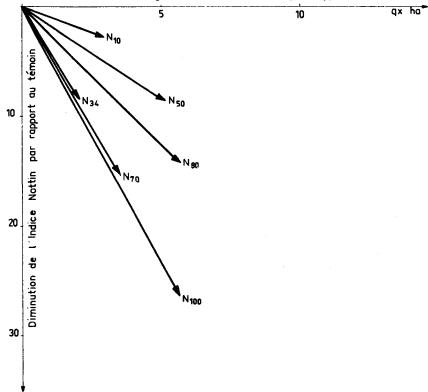
Rendements qx/ha

GRAPHIQUES XVIII - 1 et XVIII - 2









pour diminuer l'Indice Nottin. Les théories de Y. Coïc sur l'alimentation azotée permettent l'interprétation suivante : l'azote épandu au semis favoriserait la levée et le tallage, mais ferait d'autant plus défaut au moment de l'épiaison que la quantité disponible est réduite par les phénomènes résultant de l'hydromorphie temporaire. Remarquons également que, dans ces deux régions, l'apport d'une fumure phosphatée, importante par rapport à la fumure azotée lorsque les doses sont faibles, peut être la cause de l'augmentation de rendement observée sans que la qualité puisse se maintenir au niveau de celle du témoin, faute d'azote. Nous retrouvons dans ce cas précis l'hypothèse de G. Valdeyron et J.M. Seguela citée au paragraphe précédent.

## b. Les sols « sains »

Les faibles doses d'azote n'augmentent pas l'Indice Nottin par rapport au témoin. Néanmoins, les essais sont peu concluants : dans un seul cas (Settat 62-63), on peut constater une évolution nette, une augmentation régulière du rendement et une diminution correspondante de l'Indice Nottin.

### c. Conclusions

Les schémas XVII-1 et XVIII-1 illustrent bien le fait que la tendance à la diminution de l'Indice Nottin ne passe pas par un extremum avant la dose N 100. Le peu de réaction enregistré dans la plupart des cas, en ce qui concerne l'Indice Nottin, peut correspondre à plusieurs phénomènes:

- Influence due au phosphore déjà explicitée;
- Témoin dont l'Indice Nottin est très faible ;
- Témoin dont le rendement se trouve dans la zone 0-13 qx/ha (mais ce n'est pas le cas ici);
- Pluviométrie très importante qui ne pourrait éventuellement être compensée que par des apports d'azote bien supérieurs (Fès 59-60);
- Enfin le fait qu'il est possible que, l'azote apporté par les engrais commence par agir sur le rendement. C'est ce que semblent indiquer les schémas XVI-2, XVII-2, XVIII-2: les flèches ont pour origine le rendement et l'Indice Nottin du témoin. L'action sur le rendement est toujours favorable. La diminution de l'Indice Nottin est d'autant plus importante que la pente est algébriquement plus petite. Nous retrouverons ainsi sous une forme légèrement différente l'existence du seuil S (voir II C) toujours dans l'optique de Coïc cité par G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA (15); les essais en cours permet-

tront peut être de définir un seuil d'action des engrais azotés sur le mitadinage.

Les apports fractionnés d'azote (Fès 59-60, 60-61, 61-62), n'ont pas donné de résultats très nets. En effet, la 1<sup>re</sup> année fut catastrophique à cause du régime des pluies, qui entrava totalement l'action de l'azote apporté en couverture. Au cours des deux autres années, le mitadinage fut pratiquement inexistant et là encore, aucune influence de l'azote ne put donc se manifester.

Il est cependant certain que les apports fractionnés doivent être retenus: ils pourraient peut être compenser le peu d'influence de l'azote employé à faibles doses au semis, puisque, d'après G. Valdeyron et J.M. Seguela (15) « le nombre de grains (et de grains normaux) susceptibles d'être mûris dans des conditions normales d'alimentation est déterminé à l'épiaison, et une dose très faible d'azote y suffit, jusque-là ». Le second apport serait fait avant l'épiaison \* et sous une forme immédiatement assimilable. Cinq jours après, en effet, il est probable que des carences graves et irrémédiables se manifesteraient (15).

## IV. Amélioration de la qualité et augmentation du rendement

Le problème semble facile à résoudre par des apports abondants d'azote. Mais, dans la plupart des cas un certain nombre de conditions sont imposées dès le départ, pour des raisons économiques :

- faibles doses (inférieures ou égales à 10 000 eq/ha)
- danger de se trouver dans la zone précédent le seuil d'efficacité des engrais azotés sur le mitadinage.

Les résultats obtenus jusqu'en 1962 grâce aux essais de variantes systématiques, bien que donnant des indications précieuses, ne peuvent donc servir de base à un programme de fertilisation qui tienne compte des exigences du mitadinage : les doses étaient en effet de 20 000 eq/ha. Les essais de doses croissantes d'azote, mieux adaptés, n'ont pas donné jusqu'ici, de résultats très satisfaisants en ce qui concerne le mitadinage. Nous devons donc, d'une part faire le point des résultats qui semblent acquis, et d'autre part envisager des essais propres à éclaircir certaines questions.

Nous examinerons successivement les différentes zones distinguées par C. MICHEL (10), en nous basant sur les fumures qu'il a lui-même mises au point.

<sup>\*</sup> avril ou mai.

## 1. — Zone de Rabat - Doukkala - Chaouia

L'équilibre de fumure (en kg/ha) N 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 K<sub>2</sub>O 50

La dose d'azote correspond au traitement N 70 qui, à Settat, en 1963, a influé favorablement, à la fois sur le rendement et sur le taux de mitadinage. Mais la récolte obtenue est juste à la limite de reprise fixée par l'OCIC. Les apports de cette quantité d'azote ne suffisent donc pas. Un autre moyen est à envisager : l'apport fractionné.

## 2. - Zone Nord - Beni Amir - Beni Moussa - Haouz

L'équilibre de fumure conseillé est, en kg/ha, N 60, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50, K<sub>2</sub>O 50.

## a. Beni Amir - Beni Moussa - Haouz

En 1963, les essais qui ont eu lieu à Marrakech et Ahl Souss montrent la présence de phénomènes d'hydromorphie temporaire dans les deux cas (voir II C pour Ahl Souss). La diminution du taux de mitadinage a donc été plus difficile : la dose N 50 est efficace à Marrakech, mais ne l'est pas à Ahl Souss. De toutes façons, dans les deux cas, l'Indice Nottin est supérieur à la limite de reprise fixée par l'OCIC. Il faut donc essentiellement améliorer le système d'irrigation. Deux questions sont à envisager : l'importance des doses d'irrigation et leur mode de distribution. En ce qui concerne les doses, le problème est pratiquement le même dans les deux cas : les données climatiques du Tadla et du Haouz sont voisines et les valeurs de l'évapotranspiration doivent être semblables. Il nous est impossible de donner des indications quantitatives; mais il y aurait intérêt à augmenter le nombre d'apports et à réduire leur volume pendant le mois qui précède la floraison. Cette nécessité découle de la présence d'argile gonflante dans ces deux régions et surtout dans les Beni Amir. C'est pour cette même raison que les irrigations par submersion sont nettement à déconseiller, au profit d'irrigations par infiltration. Le sol ennoyé peut en effet mettre plusieurs jours à s'aérer à nouveau, alors que les conditions d'anaérobiose s'installent très rapidement (12). Nous avons vu qu'un délai de 5 jours après l'épiaison suffit pour entraîner une carence irrémédiable en azote dans les grains : entraver le métabolisme de l'azote par asphyxie (12) pendant plusieurs jours au moment de la floraison est donc sûrement néfaste.

### b. Zone Nord

Nous n'avons qu'un résultat : à Dar Chaoui, en 1962-63, les essais de variantes systématiques ont été effectués avec des doses de 10 000 équivalents/ha (ordre de grandeur de la fumure type). L'influence

favorable sur le mitadinage est faible : elle est due à l'azote, au soufre et au magnésium, alors que les autres éléments augmentent l'Indice Nottin. Remarquons que des phénomènes d'hydromorphie temporaire et de lessivage ont dû, en grande partie, entraver l'action des traitements azotés (pluviométrie 1369,6 mm, la totalité avant la floraison).

## 3. — Zone de Meknès - Fès - Taza

La fumure conseillée est (en kg/ha) N 40 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 70 K<sub>2</sub>O 50. Intéressants pour l'étude du phénomène (cf 1<sup>re</sup> partie), les résultats obtenus à Fès ne nous renseignent pas beaucoup sur la conduite à suivre. Le sol est déjà riche en azote. Un mitadinage important y est exceptionnel, mais alors très difficile à corriger (1959-60). Il semble que la solution serait d'envisager un apport éventuel d'azote à l'épiaison. Cet apport supplémentaire ne serait réalisé que dans le cas de fortes pluies en mars et avril. Le travail du sol (charrue taupe) et l'installation de drains seraient à étudier dans les zones à engorgement temporaire.

Nous avions vu, dans les paragraphes précédents, qu'il n'existe pas d'antagonisme entre l'augmentation du rendement et l'amélioration des qualités technologiques grâce à la fumure minérale. Dans la pratique, ce rapide tour d'horizon nous montre combien les possibilités d'action par les engrais sont limitées lorsque l'on n'utilise que de faibles doses. Des essais ultérieurs permettront de tester l'efficacité des modifications des méthodes d'irrigation et des apports d'azote en couverture, avant la floraison. Il faut envisager également la possibilité de résoudre le problème grâce aux recherches génétiques. Soulignons à ce propos que la variété BO 2777 est particulièrement sensible au mitadinage.

### Conclusion aux première et deuxième parties

A la suite de recherches bibliographiques postérieures à la rédaction de la première partie, nous avons été amené à préciser nos conceptions initiales. Nous reprendrons donc dans cette conclusion générale les éléments fournis par l'exploitation de nos résultats, ainsi que tous les renseignements bibliographiques actuellement en notre possession.

La structure farineuse de l'endosperme des grains mitadinés est décrite par DOROTHY BRADBURY, IRÈNE M. CULL et M.M. MACMASTERS (4): « La texture (de l'endosperme) est fonction de la densité du tissu... Les cellules d'endosperme farineux comprennent de nombreux petits espaces autour des granulés d'amidon, ou séparant le contenu des cellules de leurs murs. PERCIVAL a aussi noté le développement des fissures entre les cellules ». Les auteurs citent également ALEXANDROV

et ALEXANDROVA (1945), pour qui, dans l'endosperme vitreux, les petits grains d'amidon sont en plus sphériques, tandis que, dans l'endosperme farineux, ils sont très proches les uns des autres et de formes variées. A partir d'une période qui se situe aux environs du 13° jour après la fécondation, l'endosperme du grain de blé dur possède en effet dans toutes ses cellules deux sortes de grains d'amidon, les uns en lentilles de diamètre 35  $\mu$  et les autres sphériques et plus petits (2-8  $\mu$ ), (R.M. Sandstedt-II). Signalons également que les grains d'amidon contenus dans la partie externe de l'endosperme ont des formes plus régulières que ceux de la partie interne (4). Nous retrouvons les mêmes conclusions concernant la vitrosité, dans un article de S.O. Berg (1). L'apparence farineuse du grain mitadiné provient donc des inclusions d'air contenues dans l'endosperme.

Au cours de la première partie, nous avons essayé de mettre en évidence l'influence de la quantité de certaines matières azotées sur le mitadinage. Nous allons tâcher maintenant de situer ce facteur par rapport aux autres.

### 1. Rôle de l'amidon

La dispersion de l'amidon à l'intérieur du gluten ne semble pas avoir une grande influence en ce qui concerne l'aspect du grain mitadiné, à moins que n'entrent en jeu des propriétés de surface de l'amidon. (Notons que les auteurs s'accordent à reconnaître que les grains d'amidon ne possèdent pas de membrane externe). Par contre, cette dispersion pourrait avoir une certaine importance dans la détermination des propriétés plastiques du gluten.

En effet, la diminution des propriétés mécaniques d'un matériau par suite d'inclusions étrangères est fonction de la forme de ces inclusions. Elle est minimale lorsque les inclusions sont sphériques. Le gluten des grains (ou portions de grain) non mitadinés présenterait donc à la fois des inclusions moins défavorables aux propriétés mécaniques, et des teneurs en matières azotées supérieures (voir paragraphe 3 ci-après) (Rappelons que la teneur en matières azotées est directement liée aux propriétés mécaniques du gluten).

## 2. Rôle des facteurs génétiques

Divers auteurs insistent sur l'importance des facteurs génétiques en ce qui concerne le mitadinage. (S.O. BERG - 1) et la sensibilité des différentes variétés (G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA - 15). Dans la première partie de cette article, nous avons constaté que la relation (I):

log<sub>10</sub> I.N. = f (M.A.) était identique pour deux variétés, B.D. 2777 et Didi 17. Il semble que ce ne soit dû qu'au hasard; nous avons effectué des calculs identiques pour les groupements donnés par G. Valdeyron et J.M. Seguela (15) en ce qui concerne le blé dur D 77 Mahmoudi Kokini. Nous avons trouvé également une droite avec un coefficient de corrélation très élevé (— 0,9103 pour 112 points); mais son équation était différente de la précédente.

log. II.N. =  $-1.91 \times + 4.99$ au lieu de log. I.N. =  $-1.52 \times + 4.3$  (dans les deux premiers cas)

Testée, la différence de pente s'avère significative. Le rapport  $\frac{b-b'}{\sigma\,(b-b')}$  est en effet égal à 3,83, ce qui correspond à une probabilité de 0,001 — (13). Les essais correspondants ont été conduits en pot. Nous avons vu le peu d'influence de la fumure sur cette relation. Il ne semble pas, d'autre part, que des phénomènes d'hydromorphie temporaire aient pu avoir lieu, les auteurs insistant sur le soin apporté aux irrigations.

Les facteurs génétiques font donc varier, d'une part, la relation entre l'Indice Nottin et le taux de matières azotées, et d'autre part probablement, la position du seuil (S) défini au cours de la 2<sup>e</sup> partie. En d'autres termes, nous pouvons dire que l'héritage génétique conditionne le mitadinage par l'intermédiaire du métabolisme de l'azote suivant deux processus complémentaires : il influe, d'une part, sur la teneur globale en azote des grains, étant données les conditions écologiques identiques (le rendement et le taux de matières azotées dépendent des variations du seuil (S) et, d'autre part, sur la qualité des protéines élaborées, étant donnée une certaine teneur en azote des grains (variations de la courbe 1). L'étude simultanée de ces deux processus pourrait permettre une classification des variétées de blé dur en fonction de leur résistance au mitadinage. En outre, la sélection génétique en fonction du second processus (élaboration des protéines) pourrait éventuellement permettre des diminutions de l'Indice Nottin qui ne sont pas possibles par l'apport d'éléments fertilisants.

### 3. — Rôle des matières azotées

Nous avons vu que les matières azotées déterminaient le mitadinage, tant par leur quantité que par leur qualité, ces deux facteurs étant tributaires du patrimoine génétique, des ressources du sol en azote disponible (en ce qui concerne l'absorption) et de l'état d'hydromorphie du sol pendant le mois qui précède la floraison (en ce qui concerne la

synthèse des matières azotées) — cet état dépendant à la fois de la pluviométrie et de la nature du sol.

Les données bibliographiques semblent en accord avec ce schéma du phénomène: le taux de matières azotées est étroitement relié à l'Indice Nottin (1 - 6 - 13 - 15). Les propriétés mécaniques du gluten sont fonction de la qualité et de la quantité des matières azotées. Elles dépendent plutôt de la composition des protéines en amino-acides que de la composition du gluten en protéines (BOURDET A., 2 et 3). La composition en protéines et en acides aminés est fonction de la variété et des facteurs écologiques et surtout, semble-t-il, en ce qui concerne les acides aminés contenant du soufre: cystéine et méthionine (11) (Rappelons que les liaisons S-S interviennent dans la structure du gluten).

En quoi la qualité et la quantité des matières azotées déterminentelles l'apparition de ces vacuoles d'air qui donnent l'aspect farineux de l'endosperme mitadiné? Quel est le rôle et l'origine des petits grains d'amidon? Les propriétés de surfaces des protéines mises en jeu suffiraient-elles à expliquer le phénomène?...

Bien des questions restent à résoudre par l'analyse physico-chimique. Quoiqu'il en soit, il semble bien que le mitadinage soit lié à un phénomène plus général concernant l'élaboration des protéines dans le blé et peut être même dans les céréales si l'on considère les travaux indiquant des corrélations entre la vitrosité et le taux de matières azotées, pour le maïs, le sorgho etc. Les groupements en forme de signoïde obtenus par G. VALDEYRON et J.M. SEGUELA caractérisent le fait que l'Indice Nottin est une échelle limitée par rapport au phénomène (existence de deux paliers pour les limites 0 et 100 de l'Indice Nottin). Une évaluation des propriétés plastiques du gluten ou de la teneur en certaines matières azotées correspondrait sûrement mieux à la réalité physiologique. Signalons, à ce sujet, les résultats obtenus grâce à l'Indice spécifique de sédimentation (3).

Manuscrit déposé en mars 1966

## ملخص

ان فساد القمح الصلب 2777 المزروع بدون عناصر التسميد يتغير بحسب المردود تبعا لمنحنى النهاية العظمى البداية التي لا تسمح للقمح بالمسابقة في المردود.

ان عناصر التسميد تقلل العامل عندما تكون كمية الازوط وافرة. فاذاكبرنا هـذه الكمية ابتداء من الصفر يظهر اننا نلاحظ قبل كل شيء زيادة في المـردود وان تحسين الجودة لا تاتى الا بيما بعد اذن ستكون بصدد بداية ثـانيـة

لا يظهر انه يوجد هناك تعارض بين الزيادة في المردود وتحسين جودة اللغة بواسطة السماد المعدني الا ان اضافة كمية كبيرة من الازوط تكون في الغالب ضرورية وبدون ان تكون لها عائدات اقتصادية، والاهتمام في الغالب هو في مراقبة طرق السقى خلال المدة التي تسبق التزهيز.

### RÉSUMÉ

Le mitadinage du blé dur 2 777, cultivé sans apport d'éléments fertilisants, varie en fonction du rendement suivant une courbe à maximum. Ce maximum peut être considéré comme le seuil à partir duquel le blé n'accorde plus de priorité au rendement.

Les apports d'éléments fertilisants diminuent l'Indice Nottin lorsque l'azote est en quantité suffisante. Si l'on fait croître cette quantité à partir de zéro, il semble que l'on observe d'abord une augmentation de rendement. L'amélioration de la qualité ne viendrait qu'ensuite. Nous sommes donc en présence d'un second seuil.

Il ne semble pas y avoir de contradiction entre l'augmentation du rendement et l'amélioration de la qualité des récoltes par la fumure minérale. Néanmoins, de fortes doses d'azote sont souvent nécessaires, sans être forcément rentables économiquement. On aura surtout intérêt à surveiller les modes d'irrigation pendant la période qui précède la floraison.

En conclusion, l'auteur présente un schéma des facteurs qui conditionnent le mitadinage et essaie de replacer le phénomène dans un cadre plus général.

#### RESUMEN

Contribución al estudio de una alteración de los granos de trigo segunda parte

El aspecto harinoso del grano, observado en el trigo duro 2777, cultivado sin abonos minerales, varía según el rendimiento, siguiendo una curva que presenta un maximum, desde el cual el trigo no otorga más la prioridad al rendimiento.

Los abonos disminuyen el indicio de Nottin cuando el nitrógeno alcance una cantidad suficiente. Si se aumenta esta cantidad desde cero, parece que primeramente se observa una aumentación del rendimiento, mientras que el mejoramiento de la calidad viene después. Por consiguiente nos hallamos aqui en presencia de un segundo límite.

No parece haber contradicción entre aumentación del rendimiento y mejoramiento de la calidad de las cosechas por medio de los abonos minerales. Sin embargo, a menudo se necesitan fuertes dosis de nitrógeno, las cuales no siempre se justifican del punto de vista económico. Sobre todo sera útil atender cuidadosamente a los modos de riego durante el periodo que precede la floración.

Concluyendo, el autor presenta un esquema de los factores que influyen sobre el fenómeno descrito, procurando colocarlo en un conjunto más general.

#### SUMARY

Contributation to the study of a wheat grain alteration Secondpart

The occurence of mealy endosperm in the hard wheat variety 2777, grouwn without application of fertilizers, is a dependant variable of yield, following a curve attaining a maximum value.

This maximum value can be considered to be the threshold beyond which this wheat no longer grants priority to yield.

Fertiliser applications lower the Nottion index when nitrogen attains sufficient levels. If the level is made to increase from zero, first an increase of yield would seem to be observed. Quality improvement would come later which indicates the presence of a second threshold.

There seems to be no antagonism between yield inrease and quality improvement of the crops from mineral fertilization. Nevertheless high rates of nitrogen are sometimes necessary that are not always economically warranted. It will be highly desirable to control irrigation practices during the pre-flowering period.

To conclude a diagram is presented of the factors the occurence of mealy endosperm and the phenomenon is determining tentatively assigned a place within the limits of more general research.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- 1. Berg, S.O. Juillet 1947. Is the degree of grittiness of wheat flour mainly a varietal character. Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, Minn., 24, pp. 274-283.
- 2. Bourdet, A. 1956. Les protides des céréales. Annales de technologie agricole, Paris, 11, pp. 181-318.
- 3. 1964. Qualité protéique et force des blés. Annales de technologie agricole, Paris, 13, pp. 45-66.
- 4. Bradbury Dorothy, Irène M. Cull & M.M. Macmasters Nov. 1956. Structure of the mature wheat kernel. Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, MINN, 33, pp. 329-391.
- 5. Bryssine, G. 1962. Fertilité naturelle du sol et efficacité des engrais. Al Awamia, Rabat, 2, pp. 1-10.
- 6. Buis, R., R. Diehl & M. Dupuis 1963. Relation entre teneur en azote et mitadinage chez le blé dur. C.R. Séances de l'Académie des Sciences, Paris, 16, p. 3492.
- Coïc, Y. Mai 1961. La nutrition en soufre de nos cultures, perspectives de déficience en cet élément. Association Internationale des fabricants de superphosphates. Paris-Londres Extr. Bull. Docum. n° 29.
- 8. Grosskreutz, J.C. Juillet 1961. A lipoprotein model of wheat gluten structure. Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, Minn., 38, pp. 336-347.
- 9. MICHEL, C. 1962. Etude sur la fertilisation des sols au Maroc. Al Awamia, Rabat, 3, 4, 5, 6.
- Juin 1964. (In verbo). Réunion de la section de pédologie. INRA, Rabat.

- 11. MILLER, B.S., J.Y. SEIFFE, J.A. SHELLENBERGER & G.D. MILLER

   Mars 1950. Amino acid content of various wheat varieties.

   Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, Minn., 27, pp. 96-105.
- 12. Perigaud, S. (M<sup>me</sup>) Janvier 1963. La dynamique de l'azote dans les sols hydromorphes. Bulletin de l'Association Française pour l'étude du sol, Versailles, 1, pp. 1-58.
- 13. Pomeranz, Y. & J.A. Shellenberger 1961. Histochemical characterization of wheat and wheat products. Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, Minn., 38, pp. 103-139.
- 14. SANDSTEDT, S.M. Juillet 1946. Photomicrographie studies of wheat sta ch. Cer. Chem., Univ. Farm, St Paul, Minn., 23, pp. 337-359.
- 15. VALDEYRON, G. & J.M. SEGUELA 1958. Etude bibliographique et expérimentale sur le mitadinage. Annales de l'amélioration des plantes, Paris, 3, pp. 291-328.
- 16. VESSEREAU, A. 1960. Méthodes statistiques en biologie et en agronomie, pp. 441-444, J.B. BAILLIÈRES et fils, Paris.
- Office Chérifien Interfrofessionnel des Céréales, Rabat. —
   1963. Textes réglementant le marché des blés et des céréales secondaires. Campagne 1963-1964.
- 18. Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat. Service d'études et de synthèse. Juin 1964. Comment déterminer les besoins en eau des cultures. Eléments rassemblés par Y. Barras.