

OBSERVATIONS SUR L'INFLUENCE DES ENGRAIS AZOTE, PHOSPHATE ET POTASSIQUE SUR LES RENDEMENTS ET LA QUALITE DE LA BETTERAVE SUCRIERE DANS LE TADLA

G. SCHMIDT, F. W. HESSE et A. N'CIRI

Introduction

La culture de la betterave sucrière a été introduite avec grand succès dans la région du Tadla en 1965-66 et, depuis, la superficie consacrée à cette culture a considérablement augmenté et augmentera encore.

Afin d'assurer la réussite de cette nouvelle et importante culture industrielle, on a effectué depuis 1962-63 une expérimentation portant sur plusieurs objectifs agricoles (SCHMIDT et al. 1968), entre autre, sur l'emploi des engrais. En plus de la détermination de l'effet des engrais azoté, phosphaté et potassique sur les rendements en racines, le but des essais a été d'obtenir également une indication sur l'influence de ces éléments sur la qualité des betteraves.

En ce qui concerne la représentativité des résultats pour la majorité des sols du Tadla, la mise en place des essais d'engrais dans des Stations Expérimentales peut avoir quelques désavantages : les sols de ces Stations ont reçu régulièrement des doses d'engrais et ils peuvent par conséquent être mieux pourvus en acide phosphorique et en potasse que les sols appartenant aux agriculteurs. Cependant, dans le cas de

ces derniers sols il ne faut pas oublier qu'on a employé depuis l'introduction du coton et également depuis celle de la betterave, des quantités considérables d'engrais phosphatés et d'engrais complets contenant de la potasse, de sorte que les différences entre les sols des Stations et ceux des agriculteurs ont probablement déjà diminué et continueront à diminuer.

En outre, les essais d'engrais cités ci-après ont été réalisés de préférence sur des terrains sans apport d'engrais pendant une ou plusieurs années.

Dans le cas de l'azote, on peut supposer que les précédents apports d'engrais n'ont pas d'effet résiduel appréciable, étant donné que très souvent, et surtout en culture irriguée, les quantités d'azote disponibles dans le sol et celles appliquées comme engrais sont presque entièrement absorbées par les plantes pendant une campagne agricole. En ce qui concerne l'emploi de cet élément, les résultats peuvent donc être considérés comme largement représentatifs pour la culture de la betterave dans le Tadla, tandis que la solution à toutes les questions plus complexes que posent l'emploi des engrais phosphaté et potassique, exigerait des essais conduits d'une façon permanente englobant toutes les cultures de l'assolement et des analyses régulières des sols et du matériel végétal produit sur les parcelles.

Les résultats détaillés de tous les essais d'engrais figurent dans des rapports annuels (DRA, 1963-64 à 1967-68). Le but de cette communication est de donner une vue d'ensemble sur les indications obtenues au cours de cinq années ; elle sera donc limitée aux résultats les plus importants.

Les essais ont été mis en place dans les Stations Expérimentales d'Afourer, d'Ahl Souss et de Fqih ben Salah. Nous tenons à remercier le personnel de ces Stations pour la conduite des essais.

Exécution de l'expérimentation

Les essais ont été réalisés à Afourer sur sol châtain, sur argile rouge, à Ahl Souss, sur sol brun calcaire, sur limon rouge encroûté, et à Fqih ben Salah, sur sol brun, sur encroûtement à granules. Les betteraves ont été irriguées par gravité.

De 1963-64 à 1966-67, les terrains ont été billonnés à intervalle d'un mètre entre chaque milieu de billon ; semis par billon de deux lignes de betteraves espacées de 65 cm ; distance entre les poquets : 25 cm ; densité théorique : 80 000 plants à l'hectare. En 1967-68,

on n'a semé qu'une seule ligne par billon ; billons espacés de 70 cm ; distance entre les poquets : 20 cm ; densité théorique : 71 429 plants à l'hectare. Ce changement a été fait pour adapter l'expérimentation aux façons culturales pratiquées dans le Tadla.

La superficie des parcelles élémentaires qui a servi pour la récolte et l'interprétation statistique après élimination des bordures a été de 20 m².

Les engrais phosphaté et potassique ont été incorporés dans le sol avant les semis ; tandis que les engrais azotés, sauf pour quelques traitements d'engrais de couverture, ont été appliqués au moment du semis. Les engrais ont été appliqués sous forme de nitrate d'ammoniaque, superphosphate et sulfate de potasse, sauf en 1965-66 (sulfate d'ammoniaque) et en 1967-68 (chlorure de potasse).

En ce qui concerne les dispositifs expérimentaux, on a suivi en 1963-64 et en 1964-65 la méthode des blocs avec 4 répétitions et 10

TABLEAU 1

Essais d'engrais dans le Tadla
Dates d'expérimentation, durées de végétation et cultures
précédentes

Lieux et années	Dates de		Durée végétation (jours)	Culture précédente
	Semis	Récolte		
Afourer, 1963-64	25.10	12.5	200	Céréales
Afourer, 1964-65	20.11	28.6	220	Graminées fourragères
Ahl Souss, »	27.11	30.6	215	Jachère
Fqih ben Salah, »	4.12	29.6	207	Céréales
Afourer, 1965-66	20.11	13.6	205	Céréales (*)
Ahl Souss, »	30.11	8.6	190	Carthame
Fqih ben Salah, »	29.11	8.6	191	Céréales
Afourer, 1966-67	23.11	15.6	204	Céréales
Ahl Souss, »	3.12	10.7	219	Fèves
Fqih ben Salah, »	28.11	28.6	212	Céréales
Afourer, 1967-68	6.12	26.6	203	Céréales
Ahl Souss, »	13.12	3.7	203	Jachère
Fqih ben Salah, »	9.12	30.6	204	Fèveroles

(*) Céréales après 3 ans de luzerne.

ou 14 traitements, respectivement. Ceux-ci ont englobé plusieurs combinaisons de doses des trois éléments fertilisants en question. A partir de 1965-66, les essais ont été conçus comme essais factoriels $4 \times 2 \times 2$ ou $3 \times 3 \times 2$, avec 3 répétitions.

Les dates d'expérimentation et les cultures précédentes sont indiquées dans le tableau 1.

Résultats

L'effet de l'engrais azoté

Les résultats obtenus au cours des années avec l'application de l'engrais azoté sont donnés dans les tableaux 2 à 6. Dans les cas d'interactions significatives, les résultats s'appliquent aux combinaisons des échelles d'azote avec la dose la plus élevée de l'autre élément en question.

En 1963-64, l'engrais azoté appliqué à Afouer (TABL. 2) a augmenté les rendements en racines et en sucre jusqu'à la dose d'azote la plus élevée (200 unités). La teneur en sucre a montré une forte variation. Aux doses d'azote élevées on a pu observer une augmentation des teneurs en azote nuisible.

En 1964-65, les essais ont été réalisés sur trois Stations Expérimentales (TABL. 3). Comme l'année précédente, les plus hauts rendements en racines et en sucre ont été obtenus à la dose d'azote la plus élevée (150 unités). A la Station d'Ahl Souss, l'engrais azoté a eu une action légèrement dépressive sur la richesse en sucre. En général, l'apport d'azote a causé une augmentation des teneurs en Na et une légère baisse de celles en K ; à Fqih ben Salah, baisse, également, de la pureté du jus.

Dans d'autres traitements des mêmes essais, l'apport de 150 unités d'azote en une seule dose au moment du semis a été comparé avec l'apport de la même quantité répartie en deux doses, dont une (110 unités) apportée au moment du semis et l'autre (40 unités) après le démariage. Cette comparaison faite sur trois Stations Expérimentales du Tadla et en combinaison avec plusieurs doses d'acide phosphorique et de potasse n'a, dans aucun cas, montré de différence significative (DRA, 1964-65).

Dès 1965-66, les essais ont été conçus en essais factoriels et la précision des résultats a pu être augmentée non seulement en ce qui

TABLEAU 2

Effet de l'engrais azoté sur les rendements et la qualité de la betterave sucrière, à Afouer en 1963-64

Dose d'engrais azoté, Unités/ha (*)	Racines t/ha	Richesse en sucre %	Sucre brut t/ha	Teneur en alcali, méquiv./100 g racines			Azote nuisible, mg/100 g de racines	Pureté du jus de pression
				Na	K	Sucre extractible t/ha		
0	12.4	18.3	2.27	0.26	5.71	2.02	28	88.5
50	20.8	18.9	3.94	0.27	5.77	3.49	27	88.3
100	32.1	19.1	6.13	0.29	4.65	5.59	27	88.5
150	35.4	18.2	6.44	0.42	5.24	5.77	32	88.4
200	41.4	18.7	7.74	0.35	4.78	7.25	41	88.0
P.p.d.s. (P = 0,05)	4.5	—	0.83	—	—	0.75	—	—

(*) En combinaison avec 100 unités d'acide phosphorique et 200 unités de potasse.

TABLEAU 3
Effet de l'engrais azoté sur les rendements et la qualité
de la betterave en 1964-65

Dose d'engrais azotés unités/ha (*)	Stations Expérimentales					
	Afourer	Ahl Souss	Fqib b. Sh.	Afourer	Ahl Souss	Fqib b. Sh.
	Racines, t/ha			Sucre extractible, t/ha		
0	27,4	27,6	10,6	4,37	4,51	1,65
110	47,1	43,1	28,9	7,49	6,86	4,82
150	52,8	51,2	32,8	8,54	7,77	5,41
P.p.d.s. (P = 0,05)	14,5	9,0	9,4	2,37	1,35	1,58
	Richesse en sucre, %			Pureté du jus		
0	17,9	18,3	17,5	86,1	87,7	86,7
110	17,7	18,2	18,3	85,9	86,0	87,4
150	17,9	17,5	18,4	85,9	86,5	85,3
	Teneur en Na méquiv./100 g de racines			Teneur en K méquiv./100 g de racines		
0	0,4	1,8	1,4	5,1	3,9	4,1
110	0,5	2,5	1,4	4,7	3,9	3,6
150	0,7	3,2	1,9	4,4	3,6	3,8

(*) En combinaison avec 150 unités d'acide phosphorique et 50 unités de potasse.

concerne les effets principaux, mais également pour les interactions de premier ordre. Les rendements en racines et en sucre extractible obtenus jusqu'en 1967-68 sont donnés dans le tableau 4.

Sur les trois Stations Expérimentales, ces trois années d'expérimentation ont donné des résultats à peu près identiques : les plus hauts rendements en racines et en sucre ont été obtenus avec la dose d'azote la plus élevée. En 1965-66, on a trouvé des conditions particulières à Afourer ou après trois ans de luzerne suivis d'une année de blé le sol était encore riche en azote, de sorte que 72 t de racines à l'hectare ont pu être obtenues sans apport d'engrais azoté et que l'effet de ce dernier a été faible. L'effet de l'engrais azoté a été également limité aux combinaisons comprenant un apport d'acide phosphorique, étant donné que la végétation est restée anormale sans l'apport de cet élément.

TABLEAU 4

Effet de l'engrais azoté sur les rendements en racines et en sucre extractible
(Années 1965-66, 1966-67 et 1967-68)

Dose d'engrais azoté, Unités/ha	Stations Expérimentales et années d'expérimentation								
	Afouer		Ahl Sous		Fqih ben Salah				
	1965-66 (*)	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68
0	72,0	—	—	24,6	—	—	14,2	—	—
60	76,6	43,5	46,0	40,7	39,4	47,7	22,3	17,5	27,5
120	77,2	49,5	53,6	41,8	47,3	54,7	31,4	26,3	36,9
180	81,4	56,5	60,0	48,4	50,9	62,2	36,6	35,8	41,7
Moyenne	76,8	49,8	53,2	38,9	45,9	54,9	26,1	26,5	35,4
Erreur standard	2,05 (*)	1,07	1,72	2,54	2,46	1,43	1,39	1,50	1,55
P.p.d.s. (P = 0,05)	5,9 (*)	3,1	4,9	7,3	7,1	4,1	4,0	4,3	4,5
		Sucre extractible, t/ha		Sucre extractible, t/ha		Sucre extractible, t/ha		Sucre extractible, t/ha	
0	11,93	—	—	4,12	—	—	2,40	—	—
60	12,18	7,56	6,47	6,77	5,68	6,76	3,84	2,90	4,06
120	11,97	8,48	7,36	6,72	6,71	7,48	5,32	4,39	5,09
180	12,58	9,58	7,81	7,24	6,77	7,95	5,84	5,87	5,80
Moyenne	12,17	8,54	7,21	6,21	6,39	7,40	4,35	4,39	4,98
Erreur standard	0,374 (*)	0,187	0,219	0,369	0,364	0,168	0,240	0,240	0,204
P.p.d.s. (P = 0,05)	n.s. (*)	0,54	0,63	1,07	1,05	0,48	0,69	0,69	0,59

* Interaction N x P : résultats obtenus à la dose de 120 unités de P₂O₅.

En outre, les résultats ont varié assez fortement entre Stations Expérimentales et d'une année à l'autre ; il est donc difficile de prédire avec exactitude la limite de la dose d'engrais azoté à laquelle les rendements en racines augmentent plus ou moins linéairement sans baisse appréciable de la qualité.

En ce qui concerne l'influence des doses d'azote sur la qualité des racines, il est intéressant de noter qu'une baisse de la teneur en saccharose (TABL. 5) due à l'emploi de l'engrais azoté ne se manifeste pas toujours et qu'elle est significative à partir de doses différentes : à Afourer, on ne constate cette baisse qu'en 1967-68 et à la dose de 180 unités ; la même constatation a été faite pour les trois années d'expérimentation à Ahl Souss et pour l'année 1965-66 à Fqih ben Salah. En outre, il y a une très légère baisse de la pureté du jus à la dose d'azote la plus élevée qui se manifeste dans deux des neuf essais factoriels. Dans presque tous les cas, l'augmentation des doses d'azote est accompagnée d'une augmentation des teneurs en sodium (TABL. 6). Par contre, les teneurs en potassium montrent un développement irrégulier : dans quatre cas, elles ne diffèrent pas d'une façon appréciable ; dans quatre autres, elles augmentent et dans un cas, elles baissent légèrement avec l'augmentation des doses d'azote.

L'effet de l'engrais phosphaté

La réponse aux traitements d'engrais phosphaté a varié d'une année à l'autre, ce qui est probablement dû aux effets résiduels de précédentes applications d'engrais sur les mêmes terrains.

En 1963-64, à Afourer (TABL. 7), les rendements en racines et en sucre des parcelles ayant reçu 50, 100 et 150 unités d'acide phosphorique n'ont pas été différents significativement, mais plus élevés que ceux obtenus sans apport de cet élément fertilisant.

En 1964-65, les essais ont été réalisés dans trois Stations du Tadla et des parcelles sans apport d'acide phosphorique ont été comparées avec des parcelles ayant reçu 150 unités de P_2O_5 (TABL. 8). On n'a observé aucune influence appréciable de l'engrais phosphaté sur les résultats.

Des données plus précises ont été obtenues dans les essais factoriels réalisés de 1965-66 à 1967-68 dans trois Stations Expérimentales (TABL. 9 à 11).

En 1965-66, à Afourer où le sol avait été appréciablement appauvri en acide phosphorique par 3 ans de luzerne et une année de blé,

TABLEAU 5

Effet de l'engrais azoté sur la richesse en sucre et la pureté du jus de pression
Années 1965-66, 1966-67 et 1967-68

Dose d'engrais azoté, Unités/ha	stations expérimentales et années d'expérimentation											
	Afourer			Ahl Souss			Fqih ben Salah					
	1965-66 (*)	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68
	Richesse en sucre, %			Richesse en sucre, %			Richesse en sucre, %			Richesse en sucre, %		
0	18,3	—	—	18,6	—	—	18,8	—	—	18,8	—	—
60	17,7	19,3	15,8	18,8	17,3	17,0	19,1	18,2	17,2	19,1	18,2	17,2
120	17,4	19,2	15,6	18,4	17,2	16,6	19,2	18,6	16,6	19,2	18,6	16,6
180	17,6	19,1	15,1	17,5	16,6	15,8	18,4	18,3	16,7	18,4	18,3	16,7
Moyenne	17,8	19,2	15,5	18,3	17,0	16,5	18,9	18,4	16,8	18,9	18,4	16,8
Erreur standard	0,258 (*)	0,094	0,16	0,175	0,183	0,19	0,209	0,159	0,22	0,209	0,159	0,22
P.p.d.s. (P = 0,05)	n.s.	n.s.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	n.s.	n.s.	0,6	n.s.	n.s.
	Pureté du jus de pression			Pureté du jus de pression			Pureté du jus de pression			Pureté du jus de pression		
0	90,0	—	—	89,0	—	—	89,0	—	—	89,0	—	—
60	89,1	90,5	88,5	89,4	86,5	89,2	89,4	89,4	86,0	89,4	89,4	86,0
120	89,0	90,1	88,6	89,0	86,3	88,5	88,8	89,0	87,1	88,8	89,0	87,1
180	88,7	89,9	86,3	88,2	85,1	87,0	88,2	88,9	86,1	88,2	88,9	86,1
Moyenne	89,2	90,2	87,8	88,9	86,0	88,2	88,9	89,1	86,4	88,9	89,1	86,4
Erreur standard	0,54 (*)	0,17	0,51	0,33	0,46	0,46	0,36	0,22	0,50	0,36	0,22	0,50
P.p.d.s. (P = 0,05)	n.s. (*)	n.s.	1,5	n.s.	n.s.	1,3	n.s.	n.s.	n.s.	1,3	n.s.	n.s.

(*) Interaction N x P : résultats obtenus à la dose de 120 unités de P₂O₅.

TABEAU 6

Effet de l'engrais azoté sur les teneurs des racines en alcali
Années 1965-66, 1966-67 et 1967-68

Dose d'engrais azoté, Unités/ha	stations expérimentales et années d'expérimentation								
	Aifouzer		Ahl Souss		Fqih ben Salah				
	1965-66 (*)	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68
	Na, méquiv./100 g racines			Na, méquiv./100 g racines			Na, méquiv./100 g racines		
0	0,8	—	—	1,1	—	—	1,2	—	—
60	1,2	0,5	0,8	1,2	2,6	2,8	1,0	0,9	2,2
120	1,3	0,6	1,3	1,8	2,8	3,3	1,7	1,0	3,0
180	2,1	0,7	2,0	2,4	3,4	3,7	2,2	1,2	2,9
Moyenne	1,4 (*)	0,6	1,4	1,6	2,9	3,3	1,5	1,0	2,7
Erreur standard	0,118	0,023	0,100	0,118	0,159	0,167	0,187	0,049	0,149
P.p.d.s. (P = 0,05)	0,34	0,07	0,29	0,34	0,46	0,48	0,54	0,14	0,43
	K, méquiv./100 g racines			K, méquiv./100 g racines			K, méquiv./100 g racines		
0	4,4	—	—	4,4	—	—	4,9	—	—
60	4,1	5,2	4,3	4,6	5,7	5,2	4,6	4,3	4,7
120	4,3	5,3	4,2	4,7	5,9	5,2	4,8	4,5	4,7
180	4,2	5,5	4,1	5,0	6,3	5,0	4,9	4,6	4,7
Moyenne	4,2	5,3	4,2	4,7	6,0	5,1	4,8	4,5	4,7
Erreur standard	0,074 (*)	0,065	0,050	0,099	0,106	0,072	0,112	0,076	0,059
P.p.d.s. (P = 0,05)	n.s. (*)	0,19	0,14	0,29	0,3	n.s.	n.s.	0,22	n.s.

(*) Interaction N x P : résultats obtenus à la dose de 120 unités de P₂O₅.

TABLEAU 7

**Effet de l'engrais phosphaté sur les rendements en racines et la qualité
des betteraves sucrières à Afouren en 1963-64**

Dose d'engrais phosphaté	Unités/ha	Racines t/ha	Richesse en sucre %	Sucre brut t/ha	Teneur en alcali, méquiv./100 g racines		Azote nuisible, mg/100 g de racines	Pureté du jus de pression
					Na	K		
0		25,2	18,2	4,59	0,5	5,1	32	88,4
50		35,0	19,1	6,68	0,4	5,0	28	88,5
100		35,4	18,2	6,44	0,4	5,2	32	88,4
150		39,4	18,4	7,25	0,4	5,2	31	89,8
P.p.d.s. (P = 0,05)		4,5	—	0,83	—	—	0,75	—

TABLEAU 8

Effet de l'engrais phosphaté sur les rendements et la qualité de la betterave sucrière en 1964-65

Dose d'engrais phosphaté unités/ha (*)	stations expérimentales					
	Afourer	Ahl Souss	Fqih b. Sh.	Afourer	Ahl Souss	Fqih b. Sh.
	Racines, t/h (**)			Richesse en sucre, %		
0	45,8	41,8	29,2	18,4	17,8	18,2
150	47,1	43,1	28,9	17,7	18,2	18,3
	Sucre extractible, t/ha (**)			Teneur en Na		
0	7,64	6,45	4,77	0,5	2,8	1,6
150	7,49	6,86	4,82	0,5	2,5	1,4
	Teneur en K, méquiv. (***)			Azote nuisible, mg (***)		
0	4,3	4,0	3,8	34	50	38
150	4,7	3,9	3,6	37	52	34
	Pureté du jus					
0	86,5	87,3	86,7			
150	85,9	86,0	87,4			

(*) En combinaison avec 110 unités d'azote et 50 unités de potasse

(**) Aucune des différences n'est significative.

(***) Pour 100 g de racines.

l'application de cet élément a causé une très forte augmentation des rendements en racines et en sucre (TABL. 9). On a obtenu avec 120 unités d'acide phosphorique des rendements qui ont dépassé le triple de ceux obtenus sans apport d'engrais phosphaté.

Dans les autres essais, cités dans le tableau 9, les différences entre les traitements phosphatés ont été beaucoup moins accentuées (3 cas) ou même non significatives (5 cas).

En ce qui concerne l'influence sur la qualité des racines, il est intéressant de noter que l'emploi d'engrais phosphaté n'a augmenté les teneurs en sucre et la pureté du jus que dans un seul cas : en 1965-66 à Afourer où le sol avait été extrêmement appauvri en acide phosphorique (TABL. 10).

Dans le même essai, les teneurs en sodium et potassium ont baissé après l'emploi d'engrais phosphaté (TABL. 11). Ce cas excepté, l'influence sur les teneurs en alcali a été peu remarquable.

TABLEAU 9

Effet de l'engrais phosphaté sur les rendements en racines et en sucre extractible
Années 1965-66, 1966-67 et 1967-68

Dose d'engrais phosphaté, Unités/ha	stations expérimentales et années d'expérimentation								
	Afourer			Ahl Souss			Fqih ben Salah		
	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68	1965-66	1966-67	1967-68
	Racines, t/ha			Racines, t/ha			Racines, t/ha		
0	23,2	45,2	50,8	36,2	45,6	54,8	25,2	28,2	35,1
60	—	52,6	52,4	—	44,2	54,2	—	25,8	35,1
120	76,8	51,8	56,4	41,5	47,8	55,6	27,0	25,5	35,9
Moyenne	50,0	49,9	53,2	38,9	45,9	54,9	26,1	26,5	35,4
erreur Standard	1,02	1,07	1,72	1,80	2,46	1,43	0,98	1,50	1,55
P.p.d.s. (P = 0,05)	2,9	3,09	n.s.	5,2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Sucre extractible, t/ha			Sucre extractible, t/ha			Sucre extractible, t/ha		
0	3,20	7,74	6,78	5,77	6,21	7,24	4,14	4,69	4,97
60	—	8,98	7,11	—	6,28	7,32	—	4,28	4,94
120	12,16	8,92	7,74	6,66	6,66	7,63	4,55	4,18	5,04
Moyenne	7,68	8,55	7,21	6,22	6,38	7,40	4,35	4,38	4,98
erreur Standard	0,187	0,187	0,219	0,261	0,364	0,168	0,170	0,240	0,204
P.p.d.s. (P = 0,05)	0,54	0,54	0,63	0,75	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

L'effet de l'engrais potassique

En 1963-64, on a comparé 5 doses de potasse, de 0 à 250 unités ; en 1964-65 on a pu comparer des parcelles sans potasse avec celles en ayant reçu 50 unités et également des parcelles avec des apports de 50, 125 et 200 unités. Finalement, les essais factoriels, réalisés à partir de 1966-67 ont englobé deux traitements : 0 et 120 unités.

En 1963 et en 1964-65, aucun effet de la potasse n'a pu être observé ni sur les rendements en racines ni sur leur qualité. Par contre, dans les essais factoriels, on a observé dans quelques cas, de légers effets d'engrais potassique, soit sur les rendements en sucre, soit sur la qualité des racines. Pour ces cas seulement — qui seront discutés ci-après — les résultats seront donnés en chiffres.

A Afourer, l'application de potasse est restée sans effet en 1965-66 et en 1967-68. Cependant, en 1966-67, la dose de 120 unités a augmenté la teneur en saccharose, le rendement en sucre et la pureté du jus de pression (TABL. 12).

A Ahl Souss (TABL. 13), on a constaté, en 1965-66 et 1966-67, une interaction N x K pour les teneurs des racines en Na et, en 1965-66, une interaction semblable pour les teneurs en sucre extractible : une augmentation des teneurs en Na et, en 1965-66, également une baisse de la teneur en sucre extractible, observées dans le cas des échelles élevées d'azote, ont été les plus accusées dans la combinaison avec le traitement sans engrais potassique.

A Fqih ben Salah où les rendements en racines et en sucre ont été moins élevés qu'à Afourer et Ahl Souss, l'engrais potassique est resté pratiquement sans effet et aucune interaction n'a semblé importante.

En général, les petits effets de l'engrais potassique observés à Afourer et à Ahl Souss semblent représenter plutôt l'exception que la règle, mais il n'est pas exclu que l'influence de cet élément sur la qualité des racines soit quand même importante.

Discussion et conclusion

On peut supposer que les résultats obtenus de 1963-64 à 1967-68 dans trois Stations reflètent approximativement les besoins de la betterave en éléments fertilisants dans les sols du Tadla. Selon les estimations de plusieurs chercheurs, les betteraves consomment en moyenne, par hectare, 160 kg d'azote, 60 kg d'acide phosphorique et 180 kg de potasse, pour produire une récolte de 40 t de racines

TABLEAU 12

Influence de l'engrais potassique sur les rendements en betteraves et en sucre et sur la pureté du jus ; Afourer, 1966-67

Traitement, Unités de potasse	Racines t/ha	Sucre brut		Sucre extractible		Pureté du jus de pression
		%	t/ha	%	t/ha	
0	48,8	19,0	9,29	17,0	8,28	89,8
120	50,9	19,4	9,83	17,3	8,80	90,5
Erreurs standard	0,88	0,07	0,172	0,079	0,153	0,140
P.p.d.s. (P = 0,05)	n.s.	0,2	0,49	0,2	0,44	0,4

avec feuilles (LÜDECKE, 1961, p. 66). Cependant, ces chiffres varient largement en fonction de la disponibilité des éléments, de l'âge des plantes et des conditions de croissance. En effet, les plantes peuvent être riches en phosphore dont une partie reste comme réserve sous forme de phosphates inorganiques (GARZ, 1960). Les teneurs en azote varient également et une partie de l'azote absorbée se trouve souvent sous forme de nitrate. Ces nitrates représentent non seulement une réserve d'azote, mais sont aussi importants parce que la betterave semble avoir besoin d'anions monovalents comme le NO_3 et le Cl (SCHMALFUSS, 1969, p. 180). Finalement, des taux de croissance identiques peuvent être obtenus même si les teneurs du matériel végétal en potasse varient largement. En outre, dans le cas des plantes halophiles, comme les betteraves, il semble que le sodium puisse remplir des fonctions physiologiques similaires à celles attribuées à la potasse, sans pouvoir, cependant, la remplacer dans une mesure très appréciable (LÜDECKE, 1961, pp. 87 et 91 ; SCHMALFUSS, 1969 pp. 191-193).

Le besoin en engrais azoté

D'après les résultats, il est surtout important d'apporter l'engrais azoté en quantité suffisante pour assurer le succès de la culture de betteraves dans le Tadla ; il est évident que l'azote normalement disponible dans le sol et celui libéré au cours du cycle de végétation ne suffisent pas pour faire face aux besoins d'azote de cette culture exigeante en éléments fertilisants.

Il y a, cependant, une exception : en 1965-66, à Afourer, après plusieurs années de luzerne, un rendement très élevé a été obtenu

même sans apport d'engrais azoté. Après la culture de légumineuses il est donc possible de réduire l'apport d'engrais azoté. La même chose pourrait être vraie, les premières années, après la mise en eau et par suite du labour intensif, facteurs qui peuvent causer la minéralisation d'importantes quantités de matières organiques du sol, jusqu'à ce qu'un équilibre qui corresponde aux nouvelles conditions de formation et de décomposition de ces matières soit atteint (SCHMIDT et SCHMIDT, 1963).

C'est probablement pour cette raison que l'engrais azoté n'a pas encore montré une influence appréciable dans les essais d'engrais effectués avec la betterave à El Mechrek (Doukka'a) sur un sol irrigué depuis peu de temps seulement (DRA, 1966-67 et 1967-68).

Dans le Tadla, la quantité d'azote à recommander pour la culture de la betterave varie, en général, entre 120 et 180 unités. Si les conditions de croissance pendant une durée de végétation assez longue permettent de hauts rendements en racines, il serait utile d'appliquer des quantités même supérieures à 180 unités. D'un autre côté, dans le cas d'une faible population (moins de 60 000 plants/ha), de conditions culturales médiocres ou de tout autre facteur limitant les rendements, il serait largement suffisant de n'employer que 120 unités d'azote. En tenant compte du niveau élevé des rendements (33 à 38 t/ha) obtenus jusqu'ici en grande culture dans le Tadla, il serait bon de continuer à prévoir en moyenne 150 unités d'azote à l'hectare. Avec cette quantité, le danger d'une action dépressive sur les teneurs en saccharose est minime à l'exception de cas où les rendements sont bas à la suite d'une courte durée de végétation ou d'une carence d'autres facteurs de croissance. Si la dose d'engrais azoté dépasse le besoin en azote, qui dépend largement des rendements à attendre, il est à craindre que les rendements en sucre ne suivent pas l'augmentation des rendements en racines, conséquence d'un effet dépressif d'un surplus d'azote sur les teneurs en saccharose. Cette condition de surplus est donc relative : elle est favorisée d'une part, par une offre importante et d'autre part, par une faible consommation d'azote. Dans le cas d'un surplus d'azote, la tendance d'une baisse de la qualité des racines se manifeste également par des teneurs en sodium plus élevées et une pureté du jus légèrement inférieure à ce qu'on obtient dans le cas d'un approvisionnement normal.

Le besoin en engrais phosphaté

En dépit du fait que les essais ont été réalisés à l'intérieur de Stations Expérimentales avec une rotation annuelle de terrain (voir

TABLEAU 13

Interaction de N et K sur les teneurs des racines en sodium et en saccharose

Ahl Souss, 1965-66 et 1966-67

Traitement, Unités de		Teneurs en Na, méquiv./100 g racines		Teneurs en sucre, %			
				Total		extractible	
K ₂ O	N	1965-66	1966-67	1965-66	1966-67	1965-66	1966-67
0	0	1,1	—	18,7	—	16,8	—
	60	1,1	2,3	18,9	17,1	17,0	14,5
	120	1,6	2,7	18,6	17,4	16,4	14,4
	180	2,9	3,7	17,1	16,4	14,4	13,0
	Moyenne	7,1	2,9	18,3	17,0	16,2	14,0
120	0	1,1	—	18,6	—	16,7	—
	60	1,4	2,9	18,6	17,4	16,5	14,4
	120	1,9	2,8	18,2	16,9	15,9	14,0
	180	2,0	3,2	17,9	16,8	15,4	13,6
	Moyenne	1,6	3,0	18,3	17,0	16,1	14,0
Erreur standard							
	K	0,083	0,130	0,124	0,150	0,147	0,195
	N	0,118	0,159	0,175	0,183	0,208	0,238
	KN	0,167	0,225	0,248	0,259	0,294	0,337
P.p.d.s. (P = 0,05)							
	K	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	N	0,34	0,46	0,51	0,53	0,60	0,68
	KN	0,48	0,65	n.s.	n.s.	0,85	n.s.

« Introduction »), les résultats donnent quelques indications intéressantes. Parmi les 13 essais d'engrais effectués dans les trois Stations, quatre ont montré un effet significatif de l'engrais phosphaté sur les rendements en racines et cinq sur ceux en sucre. Parmi les essais comprenant un traitement à la dose minimale de 60 ou 50 unités

de P_2O_5 , ce taux d'application a déjà permis les plus grands rendements obtenus dans les essais (2 cas). Il semble donc que les sols des trois Stations Expérimentales contiennent un certain taux d'acide phosphorique assimilable, probablement grâce à des apports précédents d'engrais phosphaté. Des analyses des sols du Tadla se trouvent dans les publications de THOMANN, (1952) et de MASSONI et MISSANTE, (1967 - 2).

Cependant, une grave carence en acide phosphorique s'est manifestée en 1965-66 à Afourer après trois ans de luzerne suivis d'une année de blé sans apport d'engrais. Dans ce sol appauvri en acide phosphorique, la betterave n'a pas pu végéter normalement sans apport d'engrais phosphaté et l'effet de ce dernier a été spectaculaire. Les résultats indiquaient que la dose de 120 unités d'acide phosphorique avait été suffisante pour permettre de très hauts rendements en racines (77 t/ha) et en sucre extractible (12,2 t/ha) ; c'est-à-dire des rendements 3 à 4 fois plus grands que ceux obtenus sans engrais phosphaté.

Ce dernier essai représente, en outre, un des rares cas où l'acide phosphorique a eu une influence sur la qualité des racines en augmentant les teneurs en sucre et la pureté du jus de pression et en diminuant les teneurs en sodium et potassium. Cependant, ces effets peuvent s'expliquer par un surplus d'azote dans le cas de grave carence en acide phosphorique ; toutefois, la comparaison de la qualité des betteraves de deux traitements semble problématique si les rendements en racines varient autant qu'entre 23 t/h (sans engrais phosphaté) et 77 t/ha.

Pour la grande culture, on ne peut faire que des recommandations provisoires en attendant des résultats plus précis. Il serait d'abord prudent de prévoir un apport de 120 unités environ, apport qui éliminerait le risque d'une carence en acide phosphorique pour la betterave, et pourrait aussi enrichir le sol en cet élément.

Le besoin en engrais potassique

Par rapport aux engrais azoté et phosphaté, l'engrais potassique n'a montré que peu d'effet ; dans un cas, on a observé un effet favorable sur la teneur en saccharose, les rendements en sucre et la pureté du jus (Afourer, 1966-67), dans un autre, sur les teneurs en sodium (Ahl Souss, 1965-66) et dans un troisième, sur les teneurs en sodium et en sucre extractible (Ahl Souss, 1966-67). Dans les derniers cas, la potasse a diminué l'effet légèrement défavorable de l'engrais azoté sur la qualité des racines.

L'absence d'effets appréciables de la potasse en dépit d'un besoin élevé de la betterave en cet élément pourrait indiquer des réserves de potasse assimilable dans les sols. Notons que d'après THOMANN (1952), ces réserves dans les sols du Tadla seraient inférieures aux réserves dans les sols d'autres régions du Maroc. De nouvelles analyses se trouvent dans la publication de MASSONI et MISSANTE, (1967-2).

Il semble que l'eau d'irrigation puisse aussi contribuer essentiellement à l'approvisionnement des plantes en potasse. Des analyses ont montré que les eaux de l'Oued Oum er Rbia, utilisées pour l'irrigation du périmètre des Beni Amir (Stations Expérimentales d'Ahl Souss et de Fqih ben Salah), sont plus salées et contiennent surtout plus de Cl^- et de Na^+ que les eaux de l'Oued El Abid utilisées pour l'irrigation du périmètre des Beni Moussa (Station d'Afourer). Si on prenait pour base les teneurs moyennes en K des échantillons d'eau pris à deux dates à Kasba Tadla et à Bin El Ouidane (MASSONI et MISSANTE, 1967-1, p. 174) et une irrigation de 5 000 m³ par hectare, l'apport de potasse (K_2O) avec irrigation s'élèverait à 349 kg/ha dans le cas de l'Oued Oum Er Rbia et à 193 kg/ha dans celui de l'Oued El Abid.

Dans la plupart des cas, malgré les indications d'un approvisionnement suffisant en potasse, il serait prudent de prévoir, au moins pour le périmètre des Beni Moussa, un apport d'engrais potassique jusqu'à ce que de nouveaux résultats éclaircissent davantage la situation. Il se peut que les sols des Stations Expérimentales soient mieux pourvus en potasse que ceux des agriculteurs.

ملخص

في تجارب الاسمدة على الشمندر السكري، التي انجزت خلال خمس سنوات في ثلاث محطات للتجارب الفلاحية، كانت اضافة الاسمدة الازوتية الى مقادير مرتفعة جدا (من 150 الى 200 وحدة) قد رفعت بصفة

منتظمة منتوجات اشتمندر، وباستثناء تجربة واحدة، رفعت كذلك منتوجات السكر المستخرج .

ويستثنى تجربة افورور (Afourer) على أرض أضيف اليها كثير من الازوت المتشابه بعد زراعة الفصصة حيث حصل على منتوجات مرتفعة من الجذور والسكر بدون اضافة الاسمدة الازوتية .

وفى تسع محاولات فرضية التي انجزت منذ 66 — 1965، كانت الاسمدة الازوتية ترفع دائما احتواء جذور مادة الصديوم. وقد رفعت كذلك أربعة من هذه التجارب احتواء مادة البوطاسيوم .

وقد لاحظنا بصفة عامة ، ان اضافة مقادير مرتفعة من الاسمدة الازوتية. أدت الى نقص احتواء مادة السكر، وهذه النقص كان محسوسا فى خمسة تجارب من بين التسعة، وسيت أيضا هذه المقادير فى تجربتين نقصا ضئيلا من نقاوة العصير .

وتبعاً لهذه النتائج فإن مقدار الاسمدة الازوتية الصالحة لزراعة الشمندر فى تادلة يتراوح تقريبا بين 120 و 180 وحدة، ويمكن فى بعض الحالات أن تفوق 180 وحدة. وإذا كانت هناك عوامل تحدد المنتوجات (قليل من الفرسات فى الهكتار — مدة قليظة للانبات — نقص فى عوامل الاغصاب) أو إذا كان فى الارض كثير من الازوت المتشابه بعد زراعة الخضراوات — يمكننا أن نوثر الاسمدة الازوتية .

ومن بين الثلاثة عشر تجربة لم تكن هناك الا خمسة كانت فيها الاسمدة الفسفاطية قد أعطيت نتائج محسوسة فى مردود السكر — وفى احدى هذه التجارب افورور 65—66 (Afourer) كانت الارض قد افتقرت من هذه المادة الى حد لم تسمح به بعد نمو الانبان الطبيعية — لكن 120 وحدة كانت كافية لتمكن الارض من انتاج مرتفع .

وكانت هذه التجربة الاخيرة هى الوحيدة التى كانت فيها الاسمدة الفسفاطية قد أثرت خصوصا على جودة الجذور. وهذا التأثير راجع الى زيادة الازوت فى قطع من الارض كان فيها النمو قليلا. نتيجة نقص من الحامض الفسفوطى .

وبقيت الاسمدة البوطاسية بدون مفعول باستثناء تجربتين حيث كان سريا فى زيادة ضئيلة من احتواء مادة السكر المستخرج — وفى احدى هذه الحالات ارتفع كذلك منتج السكر المستخرج .

RÉSUMÉ

Dans des essais d'engrais avec la betterave sucrière, réalisés pendant 5 ans sur 3 Stations Expérimentales, l'apport d'engrais azoté jusqu'aux doses les plus élevées (150 à 200 unités) a augmenté régulièrement les rendements en betteraves et, à l'exception d'un seul cas, également ceux en sucre extractible.

L'exception concerne un essai d'Afourer sur un sol riche en azote assimilable après une culture de luzerne, où de très hauts rendements en racines et en sucre ont été obtenus sans apport d'engrais azoté.

Dans neuf essais factoriels réalisés dès 1965-66, l'engrais azoté a toujours augmenté les teneurs des racines en sodium et dans 4 de ces essais, également celles en potassium.

En général, on a observé, aux doses élevées d'engrais azoté, une tendance vers la diminution des teneurs en saccharose. Cette tendance a été significative dans 5 des 9 essais factoriels. Dans 2 essais, ces doses ont également causé une très légère diminution de la pureté du jus.

D'après les résultats, la quantité d'engrais azoté utile pour la culture de la betterave dans le Tadla varie entre 120 et 180 unités environ et pourrait même dans quelques cas dépasser les 180 unités. S'il y a des facteurs limitant les rendements (peu de plants/ha, courte durée de végétation, carences en éléments fertilisants, etc.) ou si le sol est riche en azote assimilable après la culture de légumineuses, on peut économiser l'engrais azoté.

Parmi les 13 essais, il n'y en a eu que 5 où l'engrais phosphaté a eu un effet appréciable sur les rendements en sucre. Dans un de ces essais (Afourer 1965-66), le sol était appauvri en cet élément jusqu'à un degré ne permettant plus une végétation normale. Cependant, 120 unités ont suffi pour rétablir une haute productivité du sol.

Ce dernier essai a été le seul où l'engrais phosphaté a influencé essentiellement la qualité des racines. Cette influence est expliquée par un surplus d'azote dans les parcelles où la croissance était limitée par la carence en acide phosphorique.

L'engrais potassique est resté sans effet à l'exception de deux essais où il a causé une légère augmentation des teneurs en sucre extractible. Dans un de ces cas, le rendement en sucre extractible a également été augmenté.

RESUMEN

En ensayos de abonado de la remolacha azucarera, conducidos durante 5 años en 3 estaciones experimentales, la fertilización nitrogenada hasta las dosis más altas (150 a 200 unidades) han regularmente aumentado los rendimientos en raíces y, exceptuando un único caso, igualmente los de azúcar extractible.

La excepción concierne un ensayo hecho en Afourer, sobre un suelo rico de nitrógeno asimilable después de un cultivo de alfalfa, donde se obtuvieron muy altos rendimientos de raíces y azúcar sin aplicación de abono nitrogenado.

En nuevos ensayos factoriales realizados desde el año 1965-1966 el abono nitrogenado ha siempre aumentado el contenido de la raíz en sodio y en cuatro de estos ensayos también el contenido en potasio.

En general se ha observado, con las altas dosis de abono nitrogenado, una tendencia hacia una disminución de los contenidos en sacarosa, tendencia esta significativa en cinco de los nueve ensayos factoriales. En dos ensayos estas dosis han igualmente causado una muy ligera disminución de la pureza del jugo.

Según los resultados la cantidad útil de abono nitrogenado para el cultivo de la remolacha azucarera en la región del Tadla varía entre cerca de 120 y 180 unidades y en algunos casos podría exceder 180 unidades. Si hay factores que limitan los rendimientos (pocas plantas/ha, corta duración de la vegetación, carencias de elementos fertilizantes, etc.) o si el suelo es rico en nitrógeno asimilable después de cultivos de leguminosas, se puede reducir el abono nitrogenado.

Entre los 13 ensayos hubo solo cinco en los cuales el abono fosfatado ha producido un efecto apreciable sobre los rendimientos en azúcar. En uno de estos ensayos (Afourer 1965-1966) el suelo se había empobrecido en este elemento al punto de no permitir más una vegetación normal. Sin embargo, 120 unidades bastaron para restablecer una elevada productividad del suelo.

Este último ensayo fué el único donde el abono fosfatado ha influido esencialmente sobre la calidad de las raíces. Esta influencia se explica por un excedente de nitrógeno en las parcelas donde el crecimiento estaba limitado por la carencia en ácido fosfórico.

El abono potásico se ha quedado sin efecto a excepción de dos ensayos en los cuales han causado un ligero aumento de los contenidos en azúcar extractible. En uno de estos casos el rendimiento en azúcar extractible ha sido también aumentado.

SUMMARY

In fertilizer experiments with sugar beet, carried out at three experimental stations during five years, nitrogen fertilizer increased beet yields regularly up to the highest levels of application (150 to 200 kg of N/ha) and, with the exception of one case, also the yields of available sugar.

The exception concerned an experiment at Afourer on a soil with a high content of available nitrogen following lucerne. On this soil, very high beet yields were obtained without nitrogen fertilizer.

In nine factorial experiments carried out from 1965-66 to 1967-68 nitrogen fertilizer always increased the sodium content and in four of these experiments the potassium content as well.

A general tendency of decreased saccharose contents at high levels of nitrogen fertilizer application was significant in five of the nine factorial experiments. In two of these experiments, the purity of the juice was also slightly inferior with high levels of nitrogen fertilizer as compared with the lower levels.

According to the results, the quantity of fertilizer which would be useful in beet production in the Tadla varies between 120 and 180 kg and might in some cases even exceed 180 kg/ha. If yields are limited by other growth factors (insufficient plant density, short duration of the vegetation period, deficiency of nutrients, etc.) or if the soil is rich in available nitrogen, the application of nitrogen fertilizer may be reduced.

Amongst the 13 experiments there are only five in which phosphate fertilizer has an appreciable effect on sugar yields. In one of these (Afourer 1965-66) the soil had become so poor in phosphorus that a normal vegetation was not possible. However, the application of a quantity of fertilizer equivalent to 120 kg/ha of P_2O_5 was sufficient to reestablish a high productivity of the soil.

This latter experiment represents the only case where phosphate fertilizer had a substantial influence on beet quality. This influence is explained by a surplus of nitrogen due to the limitation of growth by phosphorus deficiency.

Potash fertilizer remained without effect, with the exception of two experiments where it caused a slight increase in the extractable sugar contents or, in one of these cases, in the yield of extractable sugar as well.

BIBLIOGRAPHIE

- D.R.A., STA. CENTR. PL. SUCRIÈRES — Expérimentation des Plantes Sucrières au Maroc. — Rapports annuels ronéotypés, Rabat, 1963-64, 1964-65, 1965-66, 1966-67 et 1967-68.
- GARZ, J. — 1960. Zur Kenntnis des Phosphathaushaltes der Zuckerrübe. — Albrecht-Thaer-Archiv, **4**, pp. 24-32.
- LÜDECKE, H. — 1961. Zuckerrübebau. — Parey-Verlag, Berlin, 244 p.
- MASSONI, C. & G. MISSANTE — 1967. La plaine du Tadla. — Les cahiers de la Recherche Agronomique, **24**, pp. 163-194, Rabat.
- 1967. Profils de sols présents dans la plaine du Tadla. — Les cahiers de la Recherche Agronomique, **25**, pp. 5-71, Rabat.
- SCHMALFUSS, K. — 1969. Pflanzenernährung und Bodenkunde. — Verlag Hirzel, Leipzig, 270 p.
- SCHMIDT, G., F.W. HESSE et A. N'CIRI — 1968. Etude des périodes de végétation de la betterave sucrière dans le Tadla. — Al Awamia, **27**, pp. 17-39, Rabat.
- SCHMIDT, G. & U. SCHMIDT — 1963. Soil organic matter and nitrogen contents of veld and cultivated soils in the Central Orange Free State. — Plant and Soil, **XIX**, pp. 315-323.
- 1963. Prediction of nitrogen deficiency in dryland soils of the Central Orange Free State. — S. Afr. J. Agric. Sci., **6**, pp. 581-590.
- THOMANN, CH. (Mille) — 1952. Contribution à l'étude de la fertilité chimique des sols du Maroc. Richesse en éléments fertilisants de quelques périmètres irrigables. — Soc. Sc. Nat. et Phys. Maroc, Rabat, Trav. Sect. Pédo., **4** & **5**, pp. 53-60.