

SUR LA SULFATO-REDUCTION RHIZOSPHERIQUE DANS UN SOL SALIN.

Partie 1^{ère}: CAUSES DE L'ENGORGEMENT DU SOL DE NAKTA.

par M'HIRI A. - I.N.A.T. Tunis.

I. INTRODUCTION.

La nécessité d'étendre les périmètres irrigués en Tunisie, et la rareté d'eau d'irrigation de bonne qualité, ont amené les agronomes à utiliser des eaux plus ou moins salées de différentes origines.

Mais si on a pu montrer que dans des conditions déterminées (d'ordre climatique, édaphique et culturalé) il est possible d'utiliser pour l'irrigation certaines eaux, qualifiées de mauvaises par certaines classifications, sans risque d'endommagement immédiat pour les sols ou les cultures, on n'a pas manqué de déceler certains effets accidentels dans certains cas.

Un de ces accidents a été signalé par COMBREMONT (1969) dans le sol de NAKTA, une des stations expérimentales du C.R.U.E.S.I.

Il s'agit du dépérissement assez brutal de certaines cultures annuelles comme: la fève, la luzerne, le maïs, et l'orge. Ce dépérissement est apparu à NAKTA, non sur des parcelles entières, mais sur des « tâches » de quelques m² à quelques ares. Les cultures étant irriguées à l'eau salée en billon.

DOMMERGUES et al. (1969) ont montré que ce dépérissement est le résultat indirect d'un engorgement temporaire du sol dû à la pluie ou à l'irrigation.

Cet engorgement favorise l'installation d'un environnement d'anaérobiose autour des racines, ce qui induit la réduction biologique des sulfates du sol au niveau de la rhizosphère, et la production du H₂S, de sulfures noirs, et probablement d'autres substances résultant du métabolisme bactérien.

Le résultat est d'une part l'apparition d'une gaine noire des racines, d'autre part l'intoxication des cultures qui finit par leur dépérissement plus ou moins brutal.

De son côté, COMBEAU (1969) étudiant les causes de l'engorgement du sol de Nakta signale l'existence d'un horizon de texture fine entre 40 et 60 cm de profondeur et le considère à l'origine, directement ou indirectement du dépérissement des cultures.

JACQ (1969) JACQ et DOMMERGUES (1970, 1971) ont étudié au laboratoire l'influence de certains facteurs édaphiques et climatique sur l'apparition et

l'intensité de ce phénomène. Ils confirment l'origine microbiologique de la réduction des sulfates au niveau de la rhizosphère et concluent que la prolifération des bactéries sulfato-réductrices est subordonnée aux principales conditions suivantes:

- L'environnement doit être réducteur.
- La présence d'ions sulfates solubles en quantité suffisante.
- La présence de substrats organiques convenables dans la rhizosphère, à savoir, des exsudats racinaires.

Quant à l'environnement d'anaérobiose, il est apparu à ces chercheurs qu'il est fortement favorisé par une densité apparente élevée du sol.

JACQ a indiqué un seuil de D.A. = 1,45 pour le sol de Nakta, au-dessous duquel, la sulfato-réduction rhizosphérique n'a pas lieu.

En ce qui concerne la teneur minimale en sulfates solubles nécessaire à la manifestation de la sulfato-réduction avec une probabilité de 95%, elle est estimée à $220 \times 10^{-6} \text{ S} - \text{SO}_4^-$.

Et pour les facteurs qui favorisent les exsudations racinaires l'exposition des plantes au laboratoire à une forte luminosité a montré une intensification nette et importante de la gaine noire de sulfures autour des racines du maïs.

Quant à l'intoxication des plantes, les expériences de JACQ ont montré que dans des cultures hydroponiques de maïs, l'introduction d'hydrogène sulfuré finit par provoquer des nécroses sur les feuilles à partir d'une dose de $15 \times 10^{-6} \text{ S}^-$.

Ayant eu à constater les dégâts parfois très importants occasionnés par ce phénomène dont la nature était insoupçonnée auparavant, nous nous sommes proposé de continuer le travail déjà accompli dans le but de:

- Elucider certains aspects du problème dont l'importance de son extension géographique compte-tenu des différents facteurs écologiques mis en cause (sols, eaux d'irrigation, climat...) et les espèces cultivées.

- Voir l'origine de l'intoxication des plantes à la suite de l'apparition de la gaine noire rhizosphérique.

Notre attention s'est dirigée dans la première phase de ce travail à l'étude du phénomène in situ. L'objet de cette communication est de présenter les premières observations relatives aux symptômes de la sulfato-réduction rhizosphérique et aux causes de l'engorgement du sol de Nakta par endroit.

II. MATERIEL ET METHODES.

1. LE SOL DE NAKTA.

Nakta est située à 25 km au Sud de Sfax sur la route Sfax-Gabes, sous un climat aride (p 200 mm).

Son sol est constitué d'alluvions quaternaires sablo-argileuses.

Sur le plan pédologique, il s'agit d'un sol intergrade, peu évolué halomorphe, avec une nappe salée située à 3 m de profondeur.

La texture y est extrêmement variable latéralement et on profondeur.

Le tableau n° 1 résume les caractéristiques chimiques moyennes de ce sol (C.R.U.E.S.I.).

TABLEAU 1 - *Sol de Nakta.*

	pH	Ca	CO ₃ %	Calc. actif %	gypse %	C%	N%	C/N	C.E	P.S.	T	Na/T
0-20 cm	7,8	9	5	1	0,6	0,06	11	8	40	14	10	

Quant aux propriétés physiques, elles feront l'objet d'une étude détaillée dans ce qui suit.

Les caractéristiques de l'eau d'irrigation provenant d'un sondage profond, sont données dans le tableau n° 2 (C.R.U.E.S.I.).

TABLEAU 2 - *Eau de Nakta.*

	E.C. à 25°C	R.S.	pH	Anions			Cations				S.A.R.
				Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H	Ca	Mg	K	Na	
Eau de Nakta	5,5	3,8	7,6	36,7	20,8	3,0	13,5	7,5	0,5	37,8	11,7

2. LA CULTURE:

Il s'agit d'une parcelle de fève installée à l'automne 1972, les premiers symptômes de dépérissement sont apparus au début du mois de Mars 1973 sous forme de tâches irrégulières de différentes dimensions.

3. MÉTHODES:

Nous avons successivement: relevé sur le plan de la parcelle les tâches apparues.

— Décrit les symptômes du dépérissement de la fève.

— Considéré 3 emplacements pour l'étude des propriétés physique du sol afin de rechercher les causes de l'engorgement des horizons de surface. Les 3 emplacements choisis sont indiqués sur le relevé de la parcelle.

Emplacement C = Centre de la tâche.

Emplacement B = Bordure de la tâche.

Emplacement E = En dehors de la tâche.

Dans chaque emplacement nous avons creusé au hasard 5 profils profonds de 80 cm dans lesquels des échantillons perturbés et d'autres non perturbés ont été prélevés aux profondeurs suivantes:

0-5 cm, 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 cm.

Les échantillons perturbés ont suivi à l'analyse granulométrique.

Les échantillons non perturbés ont été pris dans des cylindres de 4 cm de hauteur et 7,7 cm de diamètre. Ces échantillons ont suivi pour la détermination de:

La densité apparente (D.A.).

La porosité totale (P.T.) calculée à partir de la densité apparente.

Les caractéristiques hydriques déterminés à l'aide de la méthode de Richards. Les pressions appliquées sont:

— 100 cm d'eau;

— 1/3 atmosphère;

— 15 atmosphères.

En outre, des mottes non perturbées ont été prélevées pour l'estimation de la stabilité structurale d'après la méthode de Henin.

Tous les chiffres présentés ici sont les moyennes des résultats d'analyse de 5 échantillons différents.

Par ailleurs nous avons suivi l'évolution du potentiel redox E_h du sol à l'emplacement C. (Centre de la tâche). Ce potentiel a été mesuré à l'aide d'un électrode de platine par rapport à une électrode de référence constituée par une plaque d'argent chloruré baignant dans une solution saturée de KCl.

$$E_h = E_m + E_r.$$

où E_h = potentiel redox du sol.

E_m = potentiel de l'électrode de mesure.

E_r = potentiel de l'électrode de référence = 202 mV.

Huit électrodes ont été réparties sur un billon submergé.

La profondeur de la mesure est de 7 cm et les lectures des potentiels ont été faites pendant 4 jours successifs après une irrigation par submersion.

III. RESULTATS.

1. SYMPTÔMES:

Au centre de la tâche, plupart des plants de fève sont morts au stade jeune (2 à 3 étages de feuilles) comme par dessiccation, les feuilles étant brunifiées, sèches, enroulées.

A la périphérie, les plants atteints sont plus âgés, parfois en fleurs, et présentant les feuilles de base flétries, en voie de dessèchement.

Le dépérissement commence par les feuilles de l'étage inférieur, c'est la feuille terminale de cet étage qui est atteinte la première. Elle commence par jaunir par son extrémité. Le jaunissement gagne ensuite toute la feuille et s'étand aux autres feuilles du même étage puis remonte aux feuilles des autres étages.

Après le jaunissement, les extrémités des feuilles de base se nécrosent, brunissent, s'enroulent et se dessèchent en quelques jours.

Au dernier stade, si la sulfato-réduction se maintient, le brunissement se généralise en montant des étages inférieurs vers l'extrémité du plant.

Quand aux racines, les plants qui ont échappé au dépérissement présentent quelques racines de couleur brunes, rarement noires.

Ce sont en général les extrémités des racines qui présentent ces anomalies, mais il arrive de les observer au milieu des racines.

Les plants sains présentent des racines toutes blanches, avec beaucoup de nodosités volumineuses (0,5 à 1 cm de diamètre) de couleur rose et dont la section est rouge brique.

Par contre, rares sont les plants atteints par les symptômes cités ci-dessus qui comportent des nodosités. Lorsque ces dernières existent, elles sont minuscules, blanches, et leur section est verdâtre. Elles sont probablement non fonctionnelles.

Notons aussi qu'il est rare de trouver des gaines rhizosphériques noires.

2. LA TEXTURE DU SOL AUX EMPLACEMENTS, C, B et E:

Les résultats obtenus ont montré qu'il existe des différences significatives entre les textures des 3 emplacements considérés d'une part et entre les horizons d'un même emplacement d'autre part.

Mais d'une façon générale, l'horizon de surface contient de l'ordre de 30% d'argile et limon, 50% de sable fin, 15% de sable très fin et 5% seulement de sable grossier.

Dans ce qui suit nous exposerons seulement les teneurs moyennes d'argile et de limon.

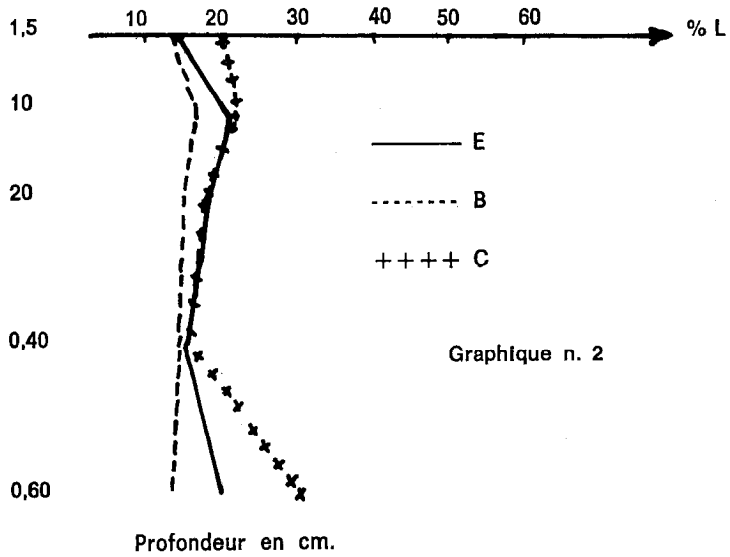
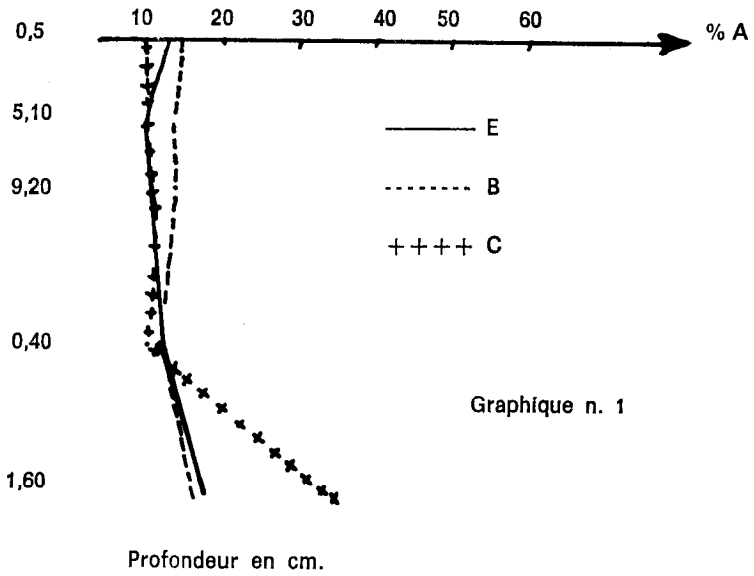


TABLEAU 3.

Emplacement profon.	% Argile			% Limon			% A + L.		
	C	B	E	C	B	E	C	B	E
0 - 5	9,2	14,6	12,87	20,6	13,6	14,2	29,8	28,2	27,07
5 - 10	9,3	13,2	9,16	22,0	16,5	21,3	31,3	29,7	30,46
10 - 20	11,2	13,6	10,2	18	15,2	18,6	29,2	28,8	28,8
20 - 40	9,7	11,4	11,6	15,8	14,4	15,2	25,5	25,8	26,8
40 - 60	35	16	17,3	31	13,6	20,3	66	29,6	37,6

Ces valeurs sont portées aux graphiques n° 1, 2, 3.

Sur les différences significatives observées entre les textures des horizons des différents emplacements, les principales remarques que l'on peut noter sont:

— La richesse de l'horizon 40-60 cm de l'emplacement C (Centre de la tache) en argile.

— La richesse relative en limon des horizons 0-5 et surtout 40-60 de l'emplacement C.

— Si l'on considère la somme A+L, l'horizon 40-60 cm de l'emplacement C se distingue très nettement des horizons équivalents des autres emplacements.

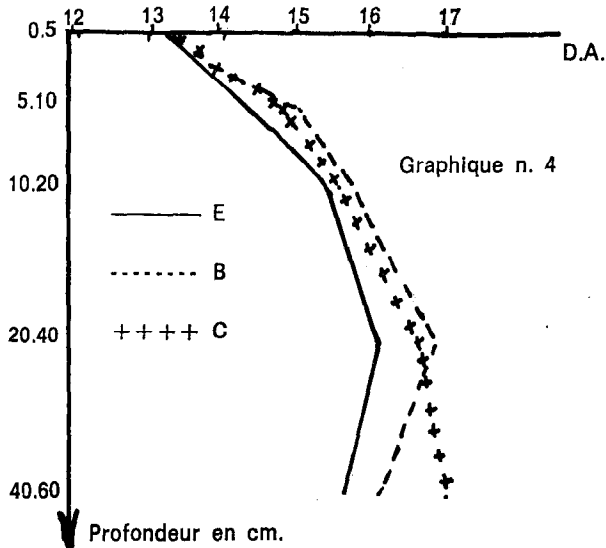
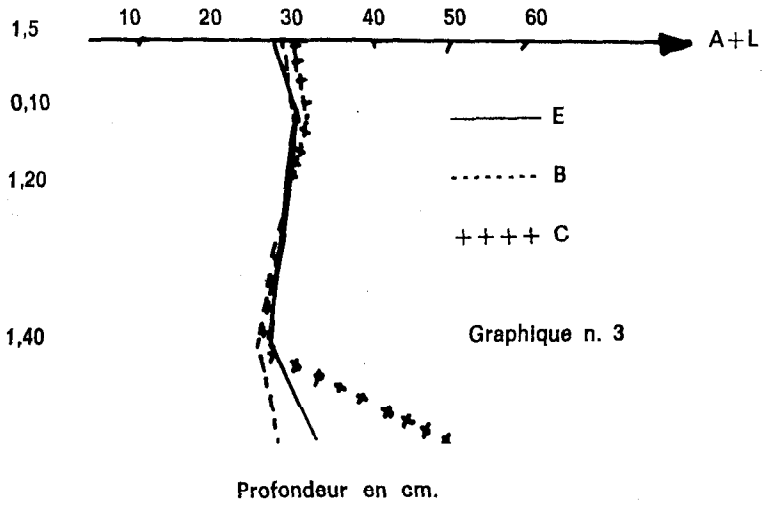
Ces résultats confirment ceux déjà signalés par COMBEAU cités précédemment; mais notons en particulier la richesse relative en limon de l'horizon de surface de l'emplacement C. Cette teneur affectera la stabilité structurale de cet horizon comme on le verra dans ce qui suit.

3. LA DENSITÉ APPARENTE ET LA POROSITÉ TOTALE:

Déterminée par la méthode du cylindre, la densité apparente du sol aux différents emplacements a été comme suit:

TABLEAU 4 - *Densité apparente*

Emplacement profon.	C	B	E
0 - 5	1,33	1,31	1,33
5 - 10	1,48	1,50	1,44
10 - 20	1,55	1,57	1,54
20 - 40	1,66	1,68	1,61
40 - 60	1,70	1,61	1,56



Ces chiffres sont portés au graphique n. 4.

L'examen de ces résultats nous amène à remarquer en premier lieu que les valeurs trouvées pour les 3 premiers horizons ne concordent pas avec celles signalées par COMBEAU (C.R.U.E.S.I.):

0 - 10 cm 1,71

10 - 20 cm 1,65

20 - 40 cm 1,60

Nos résultats montrent que dans les 3 emplacements l'horizon de surface a la même D.A. = 1,33.

La deuxième remarque est relative aux différences observées entre les D.A. de l'horizon profond des 3 emplacements. Ces sont significatives et les emplacements se classent par D.A. décroissante comme suit: C (1,7) B (1,61) E (1,56).

Dans les horizons intermédiaires la D.A. en E, étant plus faible, se distingue nettement de celles de B et C à partir de 20 cm de profondeur.

4. LA POROSITÉ TOTALE (P.T.).

Elle est déduite de la D.A. par la formule =

$$P.T. = \left(1 - \frac{D.A.}{D.R.}\right) \times 100$$

en admettant que D.R. = 2,65.

TABLEAU 5 - Porosité totale

	C	B	E
0 - 5	49,81	56,56	49,81
5 - 10	44,15	43,40	45,66
10 - 10	41,50	40,75	41,88
20 - 40	37,36	36,60	39,25
40 - 60	35,85	39,25	41,13

La remarque générale à faire quant à ces résultats est la faiblesse de la porosité à toutes les profondeurs, et surtout à l'horizon 40-60 cm où dans l'emplacement C, elle descend à 35,85.

Nous verrons la répartition de cette P.T. en macro et microporosité dans ce qui va suivre.

5. CARACTÉRISTIQUES HYDRIQUES:

Les taux d'humidité correspondant aux pressions (100 cm - 1/3 atm. et 15 atmos) appliquées sont exprimées en humidité volumique dans les tableaux: 4, 5 et 6.

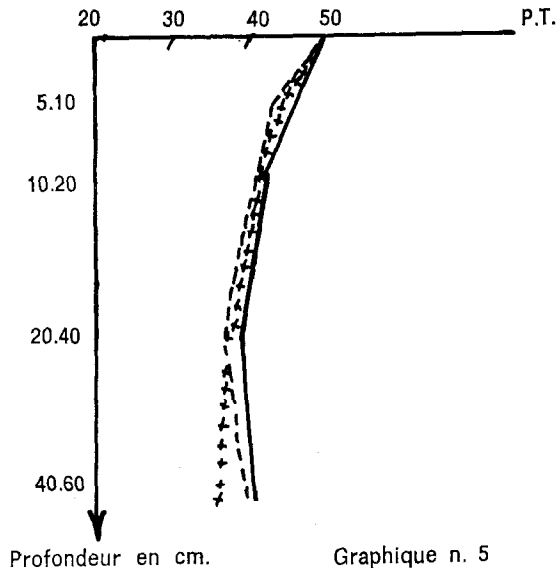


TABLEAU 6

Hv à 100 cm

	C	B	E
0 - 5	35,49	37,21	31,45
5 - 10	36,58	39,91	30,95
10 - 20	40,37	35,11	29,98
20 - 40	37,04	35,74	30,20
40 - 60	57,83	39,25	34,88

TABLEAU 7

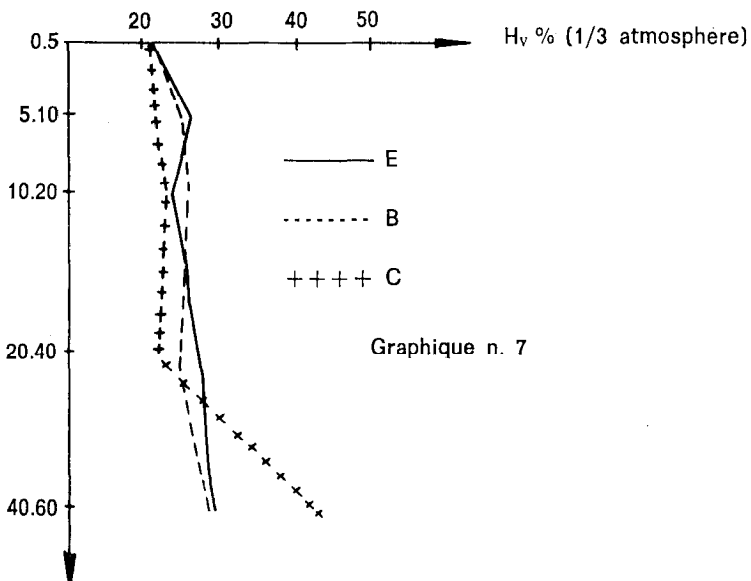
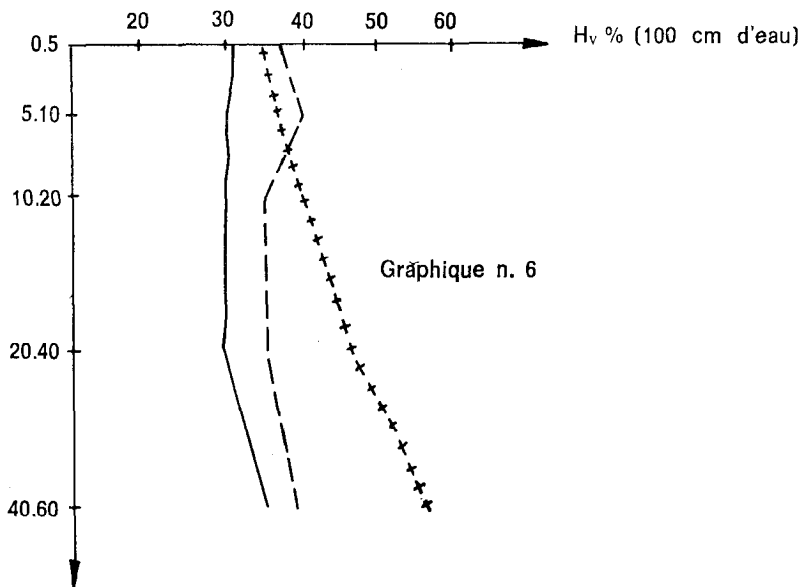
Hv à 1/3 atmos.

	C	B	E
0 - 5	21,38	21,31	21,62
5 - 10	21,57	25,61	25,88
10 - 20	23,24	25,87	24,01
20 - 40	21,89	25,14	27,30
40 - 60	43,42	28,47	29,47

TABLEAU 8

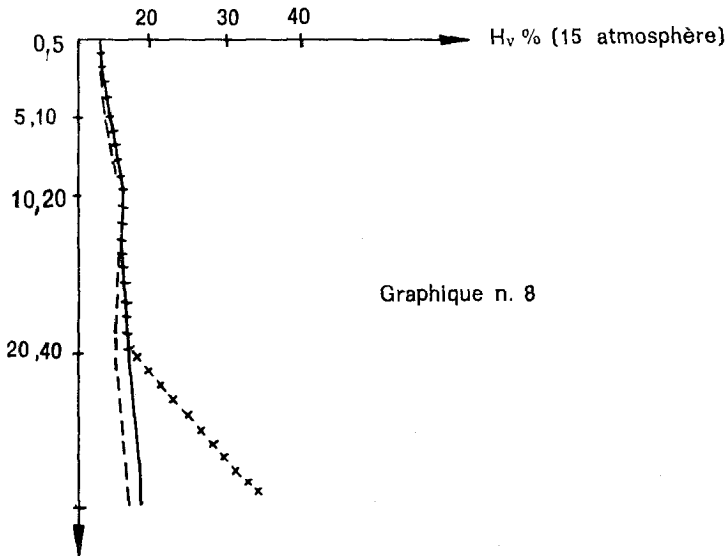
Hv à 15 atmosphères

	C	B	E
0 - 5	12,49	12,13	12,61
5 - 10	14,63	13,75	14,18
10 - 20	15,67	15,26	16,17
20 - 40	16,42	14,69	16,20
40 - 60	34,18	16,64	17,94



Ces valeurs ont été portées aux graphiques n. 6.7 et 8.

Vis-à-vis de l'eau, on peut noter que les horizons superficiels des emplacements C, B, E, se comportent de la même façon, alors que pour les horizons 40-60 cm, celui de l'emplacement C, étant plus riche en éléments fins, retient beaucoup plus d'eau aux différentes pF appliquées.



Par ailleurs, ces résultats ont permis d'analyser la porosité totale et de voir sa composition en macro et microporosité.

En appliquant la loi de Jurin (formule de la montée capillaire) et en admettant que =

- Les pores sont de forme cylindrique.
- L'angle de contact entre l'eau et la paroi des particules solides est égal à zéro.

Il devient possible de calculer le diamètre des plus gros pores qui restent remplis d'eau à une pression donnée.

(De Boodt 1970):

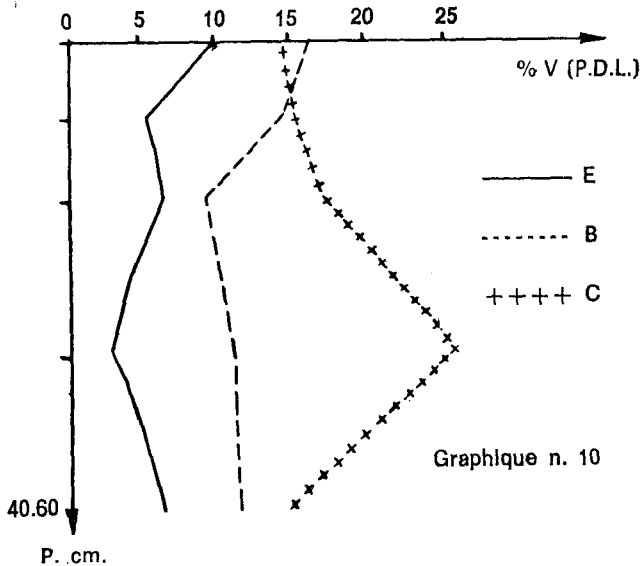
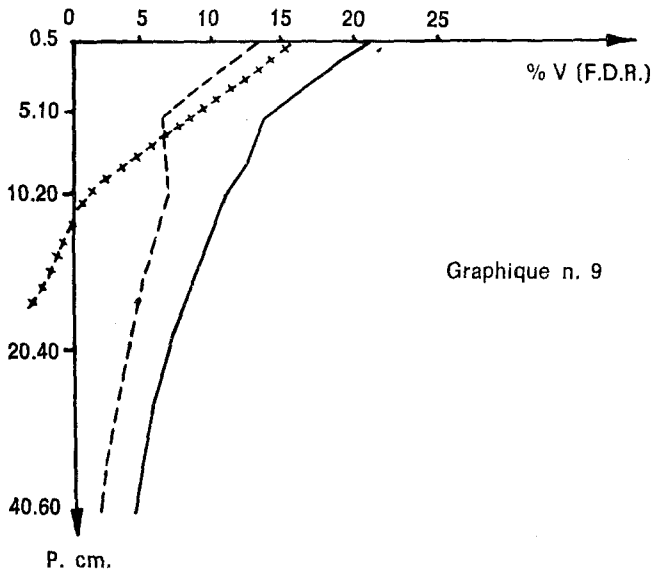
A 100 cm d'eau les plus gros pores remplis d'eau ont un diamètre de 29 μ .

A 1/3 atmosphère les plus gros pores remplis d'eau ont un diamètre de 8,66 μ .

A 15 atmosphère les plus gros pores remplis d'eau ont un diamètre de 0,2 μ .

Les pores ayant un diamètre $> 8,66 \mu$ (capacité au champ) constituent les pores de drainage qu'on peut subdiviser en 2 groupes:

- Les pores de drainage rapide ayant un $\phi > 29 \mu$. (P.D.R)
- Les pores de drainage lent avec $8,66 < \phi < 29 \mu$ (P.D.L.)



Quand aux pores dont les diamètres sont compris entre 8,66 et 0,2 μ , ils constituent les pores utiles P.U. (Eau utile).

Par conséquent on peut écrire:

$$P.D.R. = P.T. - H_v (100 \text{ cm})$$

$$P.D.L. = H_v (100 \text{ cm}) - H_v (1/3 \text{ atm}).$$

$$P.U. = H_v (1/3 \text{ atm}) - (15 \text{ atm}).$$

Ainsi fractionnée, la porosité totale du sol de Nakta a donné pour les différents horizons et emplacements les résultats suivants.

Ces valeurs sont portées aux graphiques n. 9 - 10 et 11.

L'examen des profils de P.D.R. et P.D.L. montre clairement les différences entre les emplacements C.B.E.

En ce qui concerne la P.D.R., l'emplacement E se distingue par les valeurs les plus élevées sur toute la profondeur du profil.

Mais dans tous les emplacements à partir de 20 cm, le pourcentage de P.D.R. devient très faible et tombe même à zéro en C à cette profondeur, pour devenir négatif dans les horizons plus profonds ce qui indique l'augmentation de la porosité totale par suite du gonflement des colloïdes. Cette observation est importante car elle nous fournit, du moins en partie, l'explication de l'engorgement de la couche 0 - 20 cm en cas de pluie ou d'irrigation.

Quand à la P.D.L., elle se présente à l'inverse de la P.D.R. plus élevée en C, intermédiaire en B et faible en E sur tout le profil.

TABLEAU 9

	P.D.R.		
	C	B	E
0 - 5	14,01	12,52	18,96
5 - 10	7,45	5,73	12,44
10 - 20	0,84	6,10	10,54
20 - 40	9,76	3,50	6,17
40 - 60	21,99	1,57	4,06

TABLEAU 10

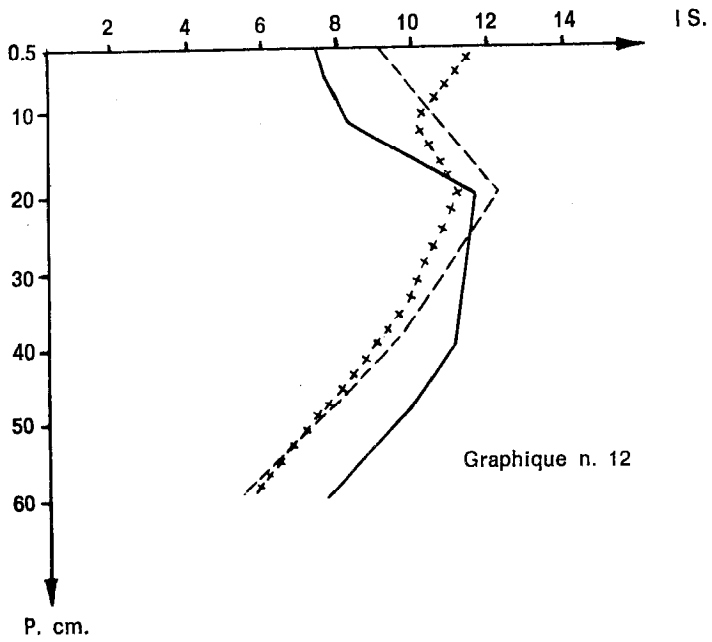
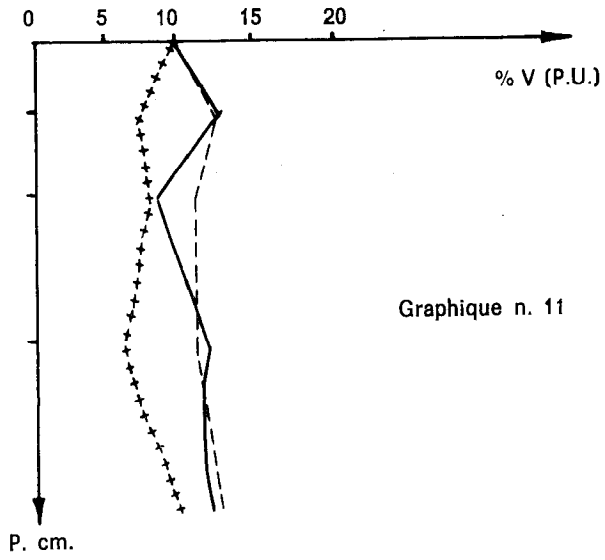
	P.D.L.		
	C	B	E
0 - 5	14,11	15,90	9,83
5 - 10	15,01	14,30	5,07
10 - 20	17,13	9,24	5,97
20 - 40	25,15	10,60	2,90
40 - 60	14,41	10,78	5,41

TABLEAU 11

	P.U.		
	C	B	E
0 - 5	8,89	9,18	9,01
5 - 10	6,94	11,86	11,70
10 - 20	7,48	10,61	7,84
20 - 40	5,47	10,45	11,10
40 - 60	9,24	11,83	11,53

6. LA STABILITÉ STRUCTURALE:

D'une façon générale le sol de Nakta, à tous les emplacements, est très instable. Ceci est aisément compréhensible compte-tenu de la texture désé-



quibrée, de la pauvreté en matière organique et, de la salure de sol accumulée par les eaux d'irrigation.

On doit noter particulièrement l'accroissement de I_s dans l'horizon 10 - 20 cm à tous les emplacements

TABLEAU 12

Indice de stabilité structurale I_s

	C	B	E
0 - 5	11,48	8,72	7,16
5 - 10	9,24	10,16	8,02
10 - 20	10,82	12,04	11,36
20 - 40	8,74	9,02	10,6
40 - 60	5,12	4,92	7,2

et les différences significatives au seuil de 5°/° observées entre les I_s des horizons de surface qui se classent comme suit

$$I_s C > I_s B > I_s E.$$

Ces différences nous ont amené à étudier sur l'horizon de surface de C et de E la variation de l'indice K de Henrin en fonction du temps de percolation avec deux eaux de qualités différentes (Eau d'irrigation de Nakta et eau distillée).

Les résultats sont consignés dans le graphique n. 13. On y voit d'abord les différences hautement significatives entre la perméabilité du sol d'un même emplacement à l'eau salée et à l'eau douce, ce qui traduit la grande suscepti-

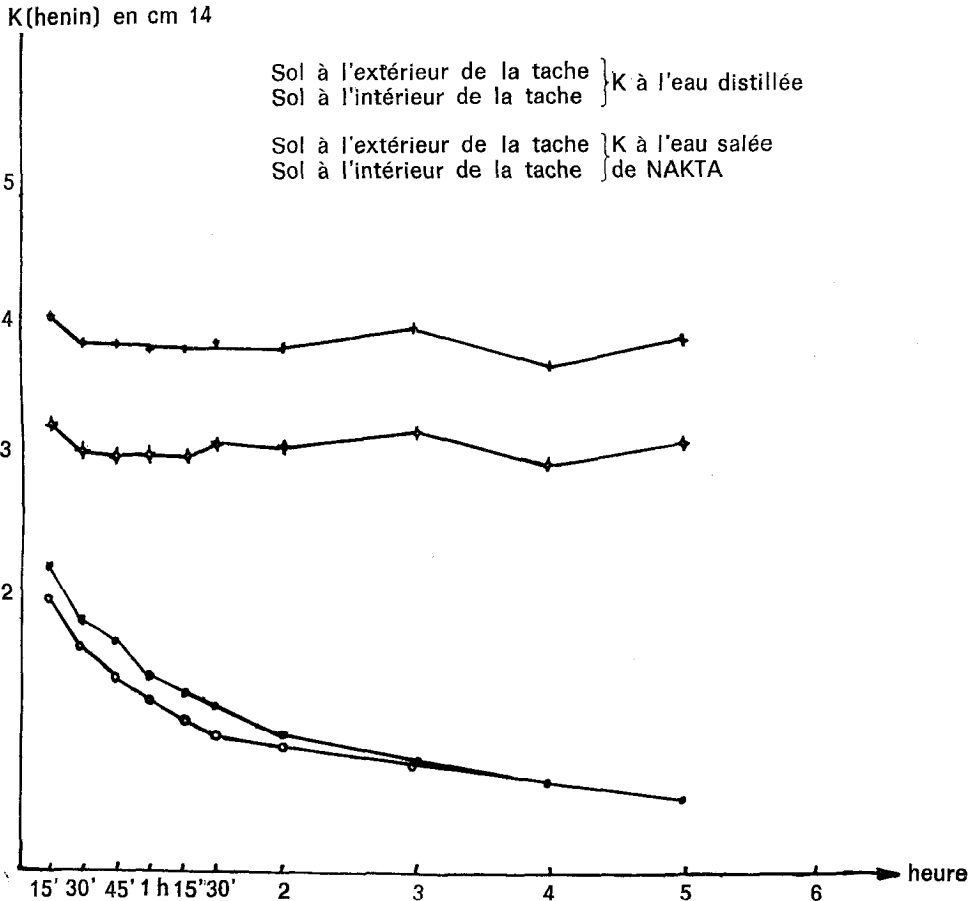
bilité de l'horizon de surface à l'eau déminéralisée, le $\frac{Na}{T}$ étant de 10 à 11%.

La deuxième remarque est relative à la différence de perméabilité des horizons étudiés à l'eau salée. En E le sol est plus perméable qu'en C, ce qui nous rappelle les différences de stabilité structurale des mêmes horizons.

La 3° remarque est relative à la variation de K en fonction du temps. A l'eau salée, K reste pratiquement constant alors qu'avec l'eau distillée, K passe de 2 cm/h au début de la mesure à moins de 1 cm/h après 5h pour C et E.

VARIATION DE K (henin) EN FONCTION DU TEMPS
DE PERCOLATION

Graphique n. 13



7. MESURE DU POTENTIEL D'OXYDO-RÉDUCTION APRÈS UNE IRRIGATION PAR SUBMERSION À L'EMPLACEMENT C.

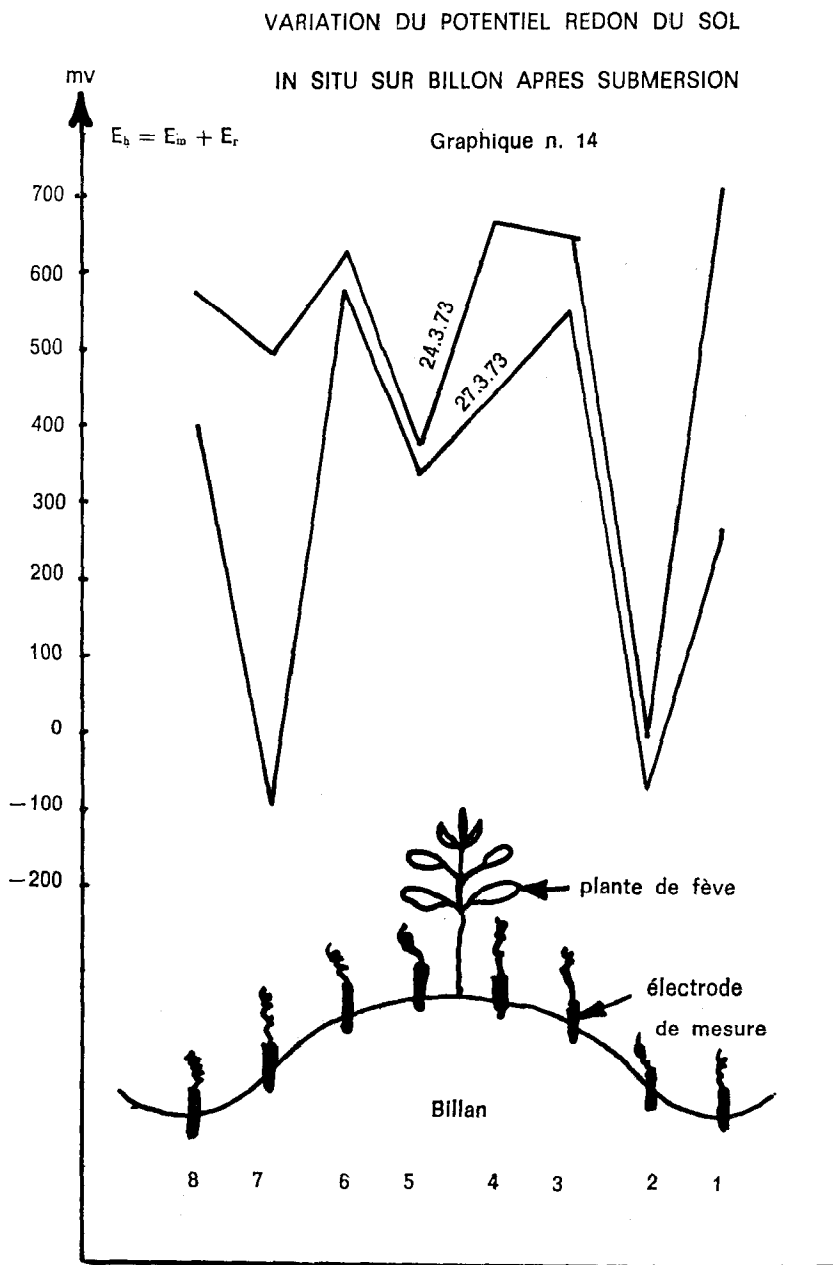
Les résultats ont été portés au graphique n. 14.

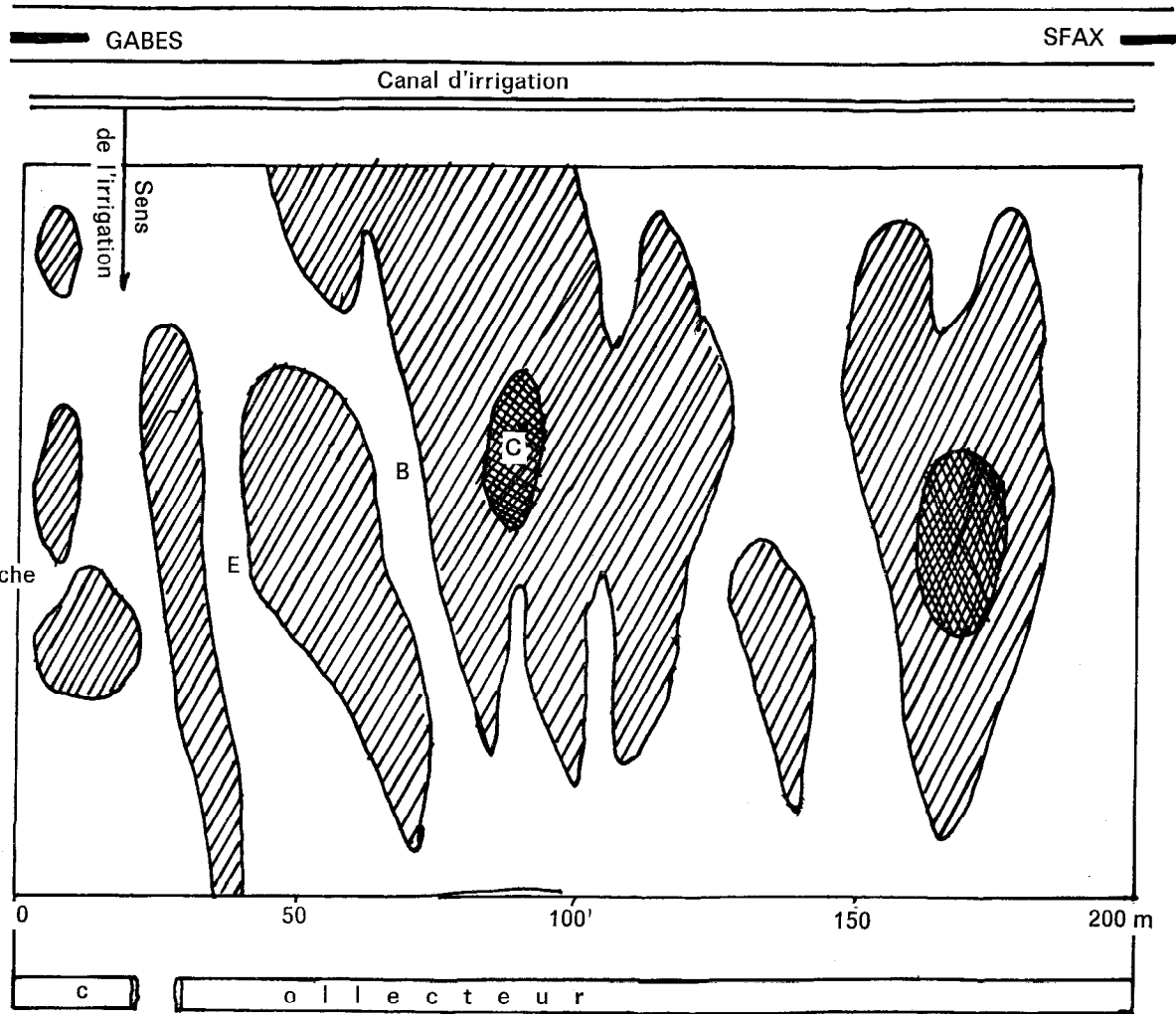
L'examen de ce graphique nous révèle un abaissement notable de E_h à deux endroits particuliers:

— Au sommet du billon sur un côté à proximité du plant de fève, où l'électrode a dû se loger près d'une racine.

— Sur les 2 flancs du billon, au niveau de la surface d'eau libre dans la rigole au moment de la submersion.

En dehors de ces deux zones, le potentiel redox est resté positif, ce qui indique le maintien du sol en cette position à l'état d'aérobiose.





Graphique n. 15.

Les plus basses valeurs de E_h enregistrées sont de l'ordre de - 100 mv, ce qui est suffisant pour provoquer la prolifération des bactéries anaérobies. Mais il semble que la réduction des sulfates nécessite des valeurs de E_h plus faibles (— 200 mv) (Bohn H.L. et al) alors que les nitrates peuvent être réduits à un E_h de l'ordre de + 400 mv, et la réduction du fer (Fe^{+++}) à un $E_h = + 200$ mv.

Remarquons cependant, que les E_h trouvés ne sont probablement pas relatifs à la rhizosphère où la consommation d'oxygène est importante, sauf éventuellement pour l'électrode n° 5 qui a pu se localiser à proximité d'une racine.

Nous verrons ultérieurement, qu'au laboratoire, les E_h mesurés au niveau de la rhizosphère de plant de féverolle, peuvent descendre à des valeurs de l'ordre de —200 mv.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION.

Une des conditions nécessaires à la manifestation de la sulfato-réduction rhizosphérique est l'engorgement du sol au niveau des racines.

A Nakta, la cause de cet engorgement a été rattaché par d'autres auteurs à l'existence entre 40-60 cm d'un horizon de texture plus fine que celle des horizons de surface.

Dans cette étude, nous avons retrouvé cet horizon dans les taches de dépérissement de la fève; mais nous avons pensé qu'il n'est pas suffisant pour amener le sol sous-jacent à l'état réducteur même au niveau de la rhizosphère, si l'horizon de surface était suffisamment poreux et sable, permettant des échanges gazeux normaux avec l'atmosphère.

L'étude de certaines caractéristiques physiques du sol dans les taches, sur leur bordure, et dans les zones portant des fèves saines, nous ont permis de voir que dans les taches, outre le niveau relativement argileux, situé à 40-60 cm de profondeur, qui peut retarder le ressuyage du sol, les horizons superficiels peuvent être impliqués dans l'induction d'une anaérobiose temporaire au niveau des racines des cultures.

L'étude de la texture nous a appris qu'en C, les couches 0-5 et 5-10 cm contiennent plus de limon qu'en E.

La décomposition de la porosité totale, qui est identique en surface dans tous les emplacements, en macro et microporosité, nous révèle qu'en C et B la porosité de drainage rapide est plus faible qu'en E à toutes les couches. Mais particulièrement en C, elle s'annule à l'horizon 20-40 cm par gonflement des colloïdes. Notons que la majorité des racines de la fève ne dépassent pas cette profondeur.

En outre, l'estimation de la stabilité structurale nous a montré la très forte dégradation du sol en surface et particulièrement en C. La richesse re-

lative de la surface de cet emplacement en limon à l'origine de l'accroissement de I_s .

Par ailleurs la détermination de l'indice de perméabilité au laboratoire fait ressortir la différence de comportement des horizons superficiels de C et E à l'eau salée. Et si à l'eau douce, ces deux horizons semblent avoir le même indice de perméabilité, cet indice est de loin inférieur à celui enregistré à l'eau salée. On est donc en droit de se demander si l'eau de pluie, arrivant après une période de dessiccation n'est pas à incriminer dans l'accentuation de la dégradation de la structure en surface en C plus qu'en E compte tenu des

différences de caractéristiques physiques citées plus haut. Rappelons que —
T

dans le sol de Nakta est 10-11%. Il est donc à la limite des sols à alcali dont la réaction à l'eau déminéralisée est connue. Comme dans la région de Nakta, la pluviométrie est faible et capricieuse, l'irrigation est pratiquée toute l'année en cas de nécessité, et il arrive souvent d'avoir des alternances d'irrigation (Eau salée) et des pluies plus ou moins importantes (Eau douce) qui auraient pour conséquence la défloculation des colloïdes en surface. En Mars 1973, nous avons assisté à l'apparition d'une croûte de battance importante à la surface du sol, à la suite d'une pluie torrentielle (26 et 27 Mars). Dans ce cas, comme à l'emplacement C il existe un niveau argileux à 40-60 cm, pouvant freiner le ressuyage des horizons superficiels il peut arriver que le niveau des racines (5-40 cm) soit pris en sandwich entre 2 couches: le niveau 40-60 cm empêchant le drainage, le niveau 0-10 cm arrêtant momentanément les échanges gazeux avec l'atmosphère.

Si l'activité racinaire est importante, l'oxygène dissous dans l'horizon des racines, mais surtout à proximité de ces dernières, se verra vite épuisé et le milieu tend à devenir réducteur.

En conclusion, les causes de l'engorgement temporaire en certains endroits du sol de Nakta à imputer à la conjonction de plusieurs facteurs:

- Une texture déséquilibrée et très variable dans l'espace.
- L'existence d'un niveau de texture plus fine en profondeur.
- L'instabilité structurale des horizons de surface.
- L'alternance d'eau des pluies succédant à des irrigations à l'eau salée.

BIBLIOGRAPHIE

- BOHN H.L. et al. - *Electrod. Potentials of Nitrogen and sulfur half*. Réactions Soil sci vol. 108, 95-102.
- COMBEAU A., 1969 - *Observations sur les facteurs de dépérissement de fèves à Nakta*. C.R.U.E.S.I. Rapport n. 30 Tunis.
- COMBREMONT R., 1969 - *Seminaire sur l'irrigation à l'eau saumâtre*. C.R.U.E.S.I., Tunis 24-29 oct. 1969.
- DE BOODT M., 1967 - *West European methods for soil structure détermination*. V. 62-63. State Faculty of agricultural sciences Ghent Belgium.
- DE BOODT M., 1970 - *Cours polycopié de physique du sol à l'I.N.A.T*. Tunisie.
- DOMERGUES Y., COMBREMONT R., BECK G., 1969 - *Note préliminaire concernant la sulfato-réduction rhizosphérique dans un sol salin tunisien*. Rev. écol. biol. Sol. 1969. T6 - 2, 115. 129.
- JACQ V., 1970 - *Recherches préliminaires concernant la sulfato-réduction rhizosphérique et spermosphérique*. Thèse de Doct. de spécialité O.R.S.T.O.M. Paris 1971.
- JACQ V., DOMERGUES Y., 1970 - *Sulfato-réduction rhizosphérique et Spermosphérique: Influence de la densité apparente du sol*. C.R. Acad. Agric. Fr. 56. 511-519.
- M'HIRI A., 1970 - *Etude de la stabilité structurale des horizons de surface de quelques sols du Nord de la Tunisie*. Thèse de Doct. de Spécialité - Fac. Sciences Paris.