

REPUBLIQUE TUNISIENNE

SECRETARIAT D'ETAT AU PLAN ET A L'ECONOMIE NATIONALE

SOUS-SECRETARIAT D'ETAT A L'AGRICULTURE

Direction H. E. R.

SERVICE PEDOLOGIQUE

PREMIERES OBSERVATIONS SUR L'EVOLUTION DES SOLS DU PERIMETRE EXPERIMENTAL D'OULED M'HAMED (F.A.O.) IRRIGUE PAR ASPERSION

Mission effectuée par A. CHAUVEL, Pédologue O. R. S. T. O. M.
Agissant en qualité de consultant de la F. A. O. (du 21 Mars au 21 Avril 1966)

E - S 68

PREMIERES OBSERVATIONS SUR L'EVOLUTION DES SOLS

DU PERIMETRE EXPERIMENTAL D'OULED M'HAMED (F.A.O.)

IRRIGUE PAR ASPERSION

Mission effectuée par A. CHAUVEL, Pédologue O.R.S.T.O.M.

Agissant en qualité de consultant de la F . A . O .

du 21 Mars au 21 Avril 1966

S O M M A I R E

AVANT PROPOS ET PRESENTATION DE L'ETUDE

I.- GENERALITES : Les Conditions naturelles dans la région d'Ouled M'Hamed

- A.- Données climatiques
- B.- Etude géomorphologique - matériaux constitutifs des sols
- C.- Composition chimique de l'eau d'irrigation

II.- LE PERIMETRE IRRIGUE PAR ASPERSION

- A.- Les sols avant leur mise en culture
- B.- Plan d'aménagement - périmètre intensif et extensif
- C.- Les sols cultivés - le travail du sol - étude de l'enracinement.

III.- DYNAMIQUE DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU SOL SOUS L'EFFET DE L'IRRIGATION

- A.- Etude des profils hydriques
- B.- Accumulation des sels solubles dans les sols irrigués
- C.- Modification de la composition ionique des sols sous l'effet de l'irrigation
- D.- Evolution de la matière organique dans les sols irrigués
- E.- Variation des taux d'argile et de calcaire, variation du pH et de l'indice de percolation (test de S.HENIN). Conclusions.

IV.- CONCLUSIONS GENERALES

A V A N T

P R O P O S

La présente étude a été exécutée à la demande de la F.A.O. Elle n'a pu être réalisée que grâce à l'aide reçue :

- de Monsieur KELLER et Monsieur STA-M'RAD, Directeurs et Codirecteurs du projet d'expérimentation agricole pour la mise en valeur de la Tunisie Centrale (F.A.O.) qui nous ont fait bénéficier de leur expérience et ont mis à notre disposition les moyens de travail nécessaires (documentation concernant le périmètre, personnel, véhicules...).

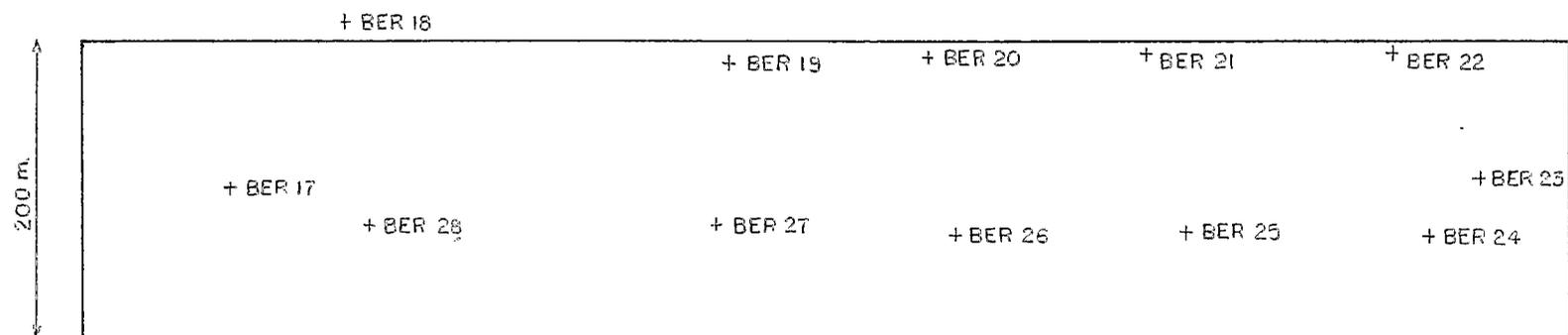
- de Monsieur BEN OSMAN, Ingénieur Directeur au Secrétariat d'Etat à l'Agriculture qui nous a manifesté le très vif intérêt qu'il porte au problème étudié sous sa direction, Monsieur Hamza, chef du Service Pédologique, Monsieur Dimov (laboratoire de pédologie de l'Ariana) et Monsieur Pouget (laboratoire de pédologie de Gabès) ont accepté de prendre en charge la plupart des analyses nécessaires.

- de Monsieur VAN HOORN, directeur du C.R.U.E.S.T., projet du fond spécial U.N.E.S.C.O., Monsieur OLLAT, expert chimie du sol et Monsieur Combeau, (expert physique du sol) qui ont mis à notre disposition les équipements adaptés à notre travail et ont bien voulu réaliser, dans les meilleures conditions, certaines analyses particulières.

- de Monsieur COINTEPAS, Chef de la Mission O.R.S.T.O.M. qui nous a fait bénéficier de son expérience en ce qui concerne l'utilisation des eaux salées pour l'irrigation et nous a apporté son aide matérielle à de multiples occasions.

Cette étude est publiée avec l'accord de Monsieur Ben Osman, ministre de l'Agriculture de la République Tunisienne et de Monsieur Keller directeur du projet d'expérimentation agricole pour la mise en valeur de la Tunisie Centrale.

EMPLACEMENT DU PERIMÈTRE IRRIGUÉ
PAR ASPERSION - PROFILS ETUDIÉS
EN 1962 (AVRIL - MAI)



REPERAGE PAR RAPPORT AUX PIQUETS

P R E S E N T A T I O N D E L ' E T U D E

La présente étude se propose de faire le point de l'évolution des sols sableux du périmètre expérimental d'Ouled M'Hamed après 3 à 4 années de cultures irriguées par aspersion.

La prospection pédologique de cette région (à l'échelle du 1/50.000°) a été effectuée en 1962, dans le cadre de l'étude pédologique du périmètre de l'Office de mise en valeur de Sidi Bou-Zid.⁽¹⁾

La région d'Ouled M'Hamed présentait alors un aspect très aride : vents de sable violent et fréquents, végétation très clairsemée, encore affectée par le surpâturage.

Il nous est apparu toutefois que certains sols de cette région, sols bruns steppiques sableux en surface, sablo-argileux à 60-110 centimètres de profondeur, calcaires, perméables, non qalés, présentaient des caractéristiques favorables aux cultures. C'est sur de tels sols qu'a été tracé en 1962 l'emplacement du périmètre expérimental irrigué par aspersion.

A la demande de Monsieur Keller, directeur du projet F.A .O. de nouvelles tranchées pédologiques ont alors été creusées en des emplacements repérés par rapport au plan d'aménagement du périmètre, seulement matérialisé sur le terrain par un piquetage. Les cinquante échantillons prélevés à cette époque ont été analysés par le laboratoire de Tunis (S.S.E.P.H.).

Quelques mois plus tard, le sol défriché et nivelé était mis en culture irriguée. Certaines parcelles ont, depuis, reçu, chaque année, des quantités d'eau (irrigation plus pluie) voisines de 1.400 mm, soit sept fois supérieures à la pluviométrie moyenne annuelle de la région, tandis que leur production de matière sèche exportée s'élevait à près de 19 tonnes par hectare et par an dans le cas d'une culture de luzerne.

La mise en culture irriguée a donc nécessité des interventions extérieures qui ont totalement perturbé les conditions d'évolution du sol :

(1) A. CHAUVÉL - Etude pédologique du périmètre de l'Office de Sidi Bou-Zid (Section Pédologie N° 281).

- remaniement des horizons superficiels par l'effet du nivellement et des façons culturales,

- transformation du régime hydrique et du " pédoclimat "

- apport de quantités importantes de composés chimiques soit en solution dans l'eau d'irrigation, soit sous forme d'engrais.

- exportation d'un tonnage élevé de matière végétale etc...

Nous sommes conduits à nous demander dans quelle mesure et dans quelles limites ces interventions ont modifié le type d'évolution naturelle du sol.

- L'apport d'une lame d'eau de 80mm, fréquemment répété pendant la saison chaude risque-t-il de conduire rapidement à une décalcification et à un lessivage du sol ?

- L'effet de l'irrigation sur le bilan organique ne va-t-il pas se traduire par un appauvrissement rapide, responsable d'une dégradation de la structure ?

- L'utilisation d'une eau légèrement salée va-t-elle provoquer une accumulation de sel et l'apparition progressive d'une évolution solodisante néfaste ou bien arrivera-t-on, au bout d'un certain temps, à une sorte d'équilibre au sein des horizons supérieurs entre l'apport de sel et le lessivage annuel ?

Seules les réponses à de tels problèmes pédologiques permettront d'évaluer la rentabilité des interventions effectuées.

Dès l'installation du périmètre, Monsieur Keller, directeur du projet F.A.O., s'est montré attentif aux répercussions possibles des traitements sur l'évolution du sol. Il s'est à chaque instant préoccupé d'améliorer la fertilité par le choix des cultures entrant dans l'assolement, par des apports de fumier et d'engrais, par des façons culturales appropriées et notées avec une grande précision, constituent une documentation d'une valeur exceptionnelle.

Soucieux de connaître la résultante des interventions réalisées sur l'évolution du sol, il nous a demandé de venir, en tant que consultant F.A.O., passer un mois sur le terrain pour établir, dans le cas de chaque parcelle, une comparaison entre l'état du sol tel qu'il était avant l'installation du périmètre et tel qu'il se trouvait être en mars-avril 1966 après 3 à 4 années d'irrigation ceci dans le but d'interpréter les variations observées en fonction des traitements appliqués.

Compte tenu des données habituellement admises au sujet de la vitesse d'évolution des sols, une période de 4 ans apparaît comme très courte (selon G. Aubert, il faudrait en effet 300 ans pour qu'un sol perde 10 % de calcaire dans un polder de Hollande).

Il y a lieu cependant de considérer que :

1°)- Certaines interventions nécessitées par l'installation du périmètre ont provoqué un bouleversement des profils pédologiques (exemple : troncature des horizons organiques occasionnée localement par les travaux de nivellement).

2°)- La transformation brutale des conditions de milieu, en rompant l'équilibre évolutif préexistant dans les sols, est susceptible de provoquer l'accélération momentanée de certains processus qui tendent à l'établissement d'un nouvel équilibre (exemple : effets de la mise en culture irriguée sur le bilan de matière organique des sols).

3°)- Le maintien d'une humidité élevée en période chaude accélère considérablement tous les processus chimiques qui interviennent dans la pédogenèse (exemple : destruction de l'humus par minéralisation).

4°)- L'évolution halomorphe, qui peut être provoquée par l'utilisation d'une eau légèrement salée, est dans certains cas suffisamment rapide pour qu'il soit possible d'en déceler les effets au bout de quelques années.

Il est donc apparu souhaitable d'effectuer, dès la fin de la troisième année de culture un premier examen des sols du périmètre; ceci dans le but d'évaluer les conséquences des perturbations occasionnées par les travaux d'installation du périmètre et d'apprécier la première orientation de l'évolution qui s'est amorcée dans le sol depuis sa mise en irrigation.

L'intérêt du travail entrepris n'aura cependant de valeur réelle que si l'expérimentation est poursuivie et les observations renouvelées à différentes saisons et à différents stades de l'assolement durant une période qui ne devrait pas être inférieure à une quinzaine d'années.

I.- GENERALITES - LES CONDITIONS NATURELLES

A.- Données climatique concernant la région des Ouled M'Hamed

Avant l'installation du périmètre F.A.O., aucune observation climatique n'avait été réalisée dans la région des Ouled M'Hamed. Nous ne disposons donc pour ces périodes, que des indications relatives à la station voisine de Sidi Bou-Zid.

Elles mettent en évidence l'extrême irrégularité des pluies :

- moyenne de 1943 à 1947 - 134 mm
- moyenne de 1956 à 1959 - 350 mm

La moyenne sur une période prolongée semble voisine de 200 mm. Cette pluviométrie annuelle se répartit très irrégulièrement dans l'année.

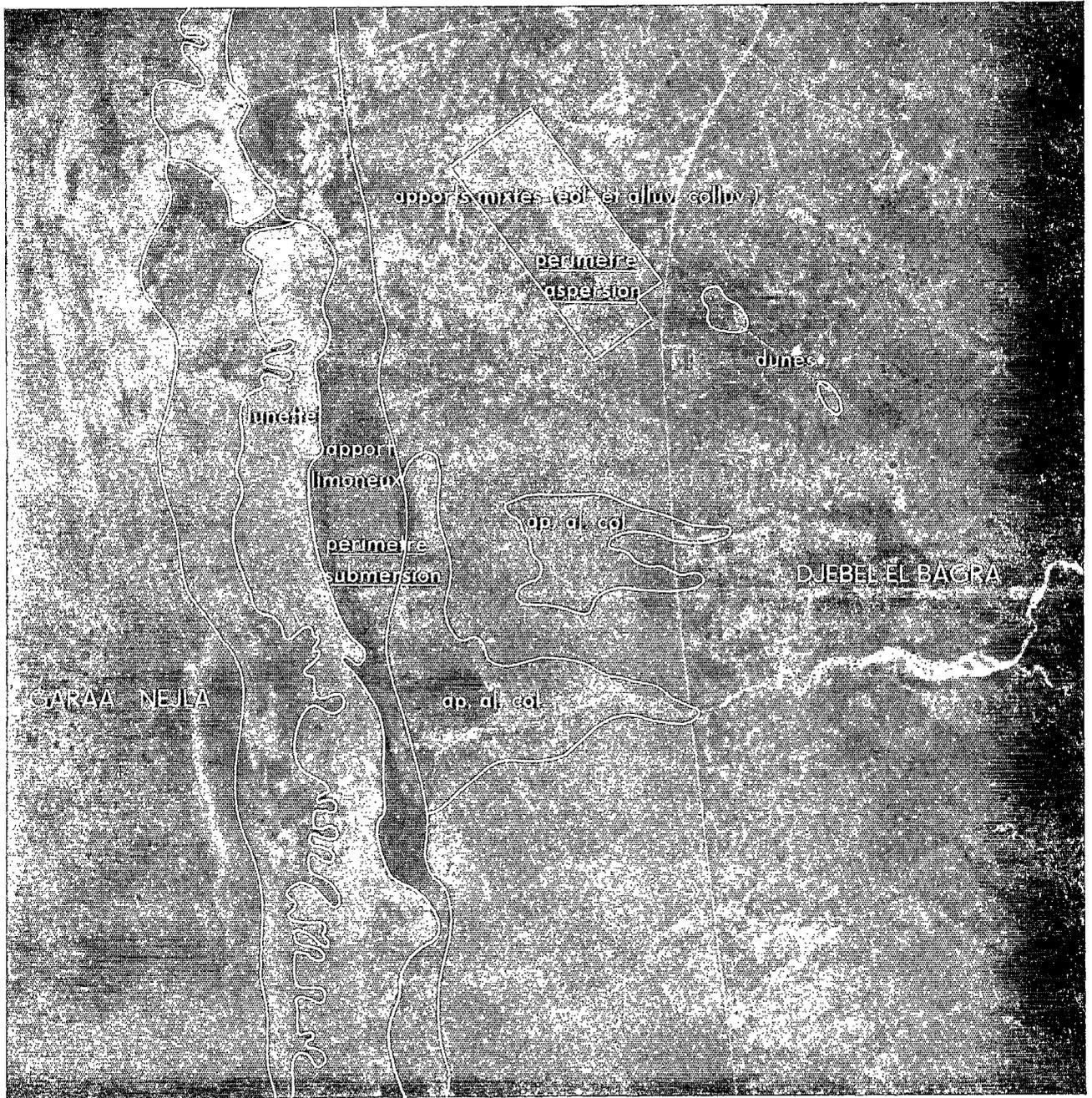
- On note deux maxima : - l'un en octobre novembre (moyennes mensuelles égales à 25 mm, mais pluviométrie supérieure à 10 mm seulement 1 année sur 2).
- l'autre en février mars (moyennes mensuelles voisines de 25 mm et pluviométrie supérieure à 10 mm également 1 année sur 2).

Les observations faites à la station de Ouled M'Hamed depuis 1962 ont donné les résultats suivants :

- Pluviométrie annuelle pour l'année culturale (du 1^{er} septembre au 30 Août).

- 1962 - 63 - 384,7 mm
- 1963 - 64 - 312,1 mm
- 1964 - 65 - 252,1 mm

Les pluviométries mensuelles les plus élevées ont été relevées en octobre 1964 (70,6 mm dont 58,1 mm en une journée) et en décembre 1964 (74,6 mm).



Les précipitations estivales ont été les suivantes :

	1963	1964	1965
Juin	27,5 mm	2,0 mm	1,9 mm
Juillet	14,3 mm	10,0 mm	3,7 mm
Août	1,5 mm	38,9 mm	5,5 mm

Durant cette même période les températures sont très élevées (la moyenne des maxima du mois le plus chaud s'élève à 36 -38°) et l'évapotranspiration particulièrement importante.

Les vents sont très fréquents durant toute l'année :

- vents de sable d'hiver soufflant de l'ouest, du nord-ouest et de l'ouest sud ouest.

- sirocco soufflant de l'ouest Sud-Ouest.

Toutes ces conditions climatiques sont favorables à une évaporation très active. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle serait voisine de 1.400 mm.

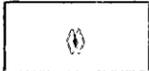
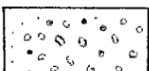
B.- Géomorphologie - étude des matériaux constitutifs des sols :

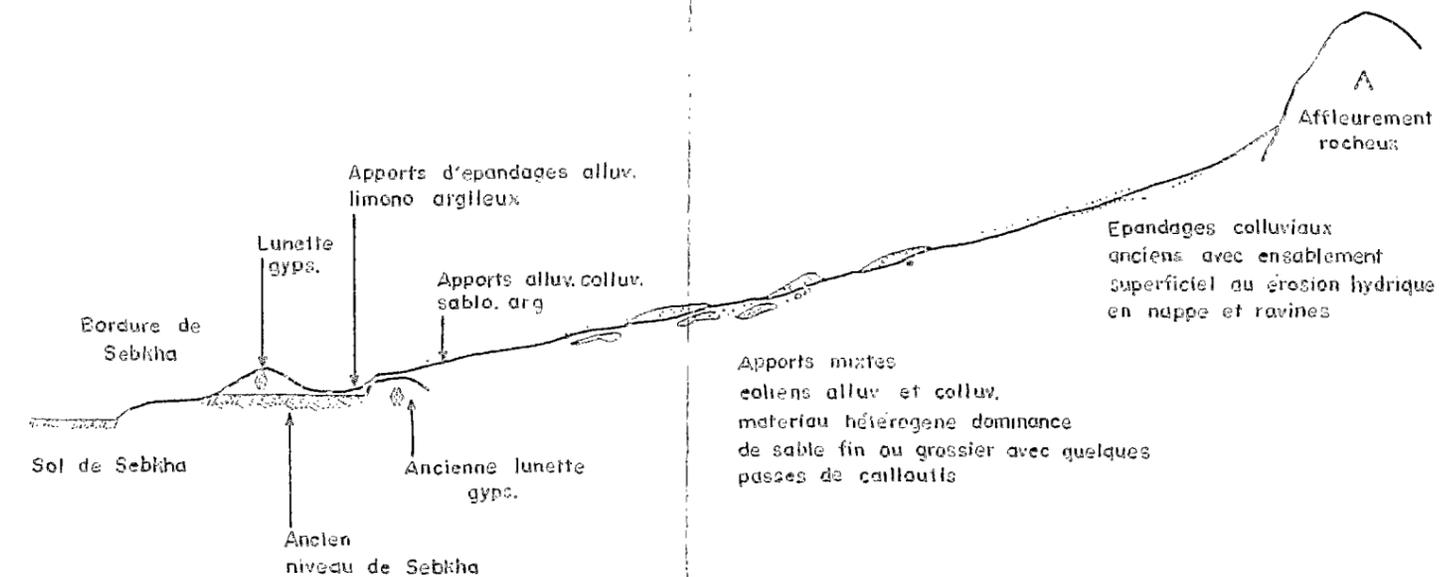
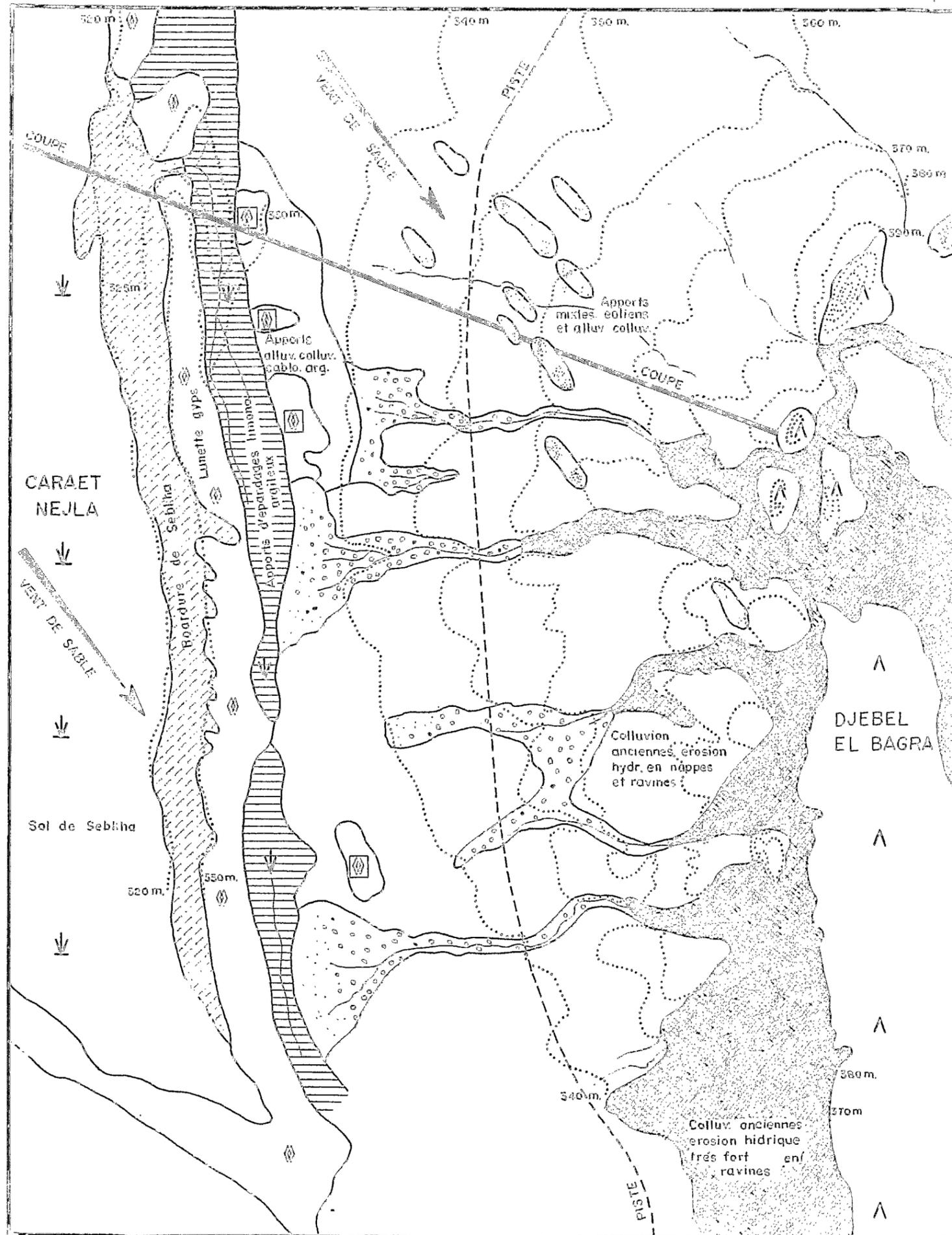
Le périmètre expérimental de la F.A.O. (culture sèche et culture irriguée) s'étend entre les contreforts du Djebel el Bagra à l'Est et la gara Nejla à l'Ouest.

Les sols de cette région sont caractérisés par l'extrême hétérogénéité des matériaux constitutifs liée aux origines diverses des dépôts.

CENTRE EXPERIMENTAL OULED M'HAMED

LEGENDE DE LA CARTE

- | | | | |
|--|---|--|---|
|  | <i>Sol de Sebkhia</i> |  | <i>Apport eoliens</i> |
|  | <i>Bordure de Sebkhia</i> |  | <i>Zone fortement érodée en ravines</i> |
|  | <i>Lunette gypseuse</i> |  | <i>Affleurement rocheux Djebels</i> |
|  | <i>Ancienne lunette gyps. enterrée</i> |  | <i>Ecoulement des eaux</i> |
|  | <i>Apports d'épandages alluviaux, limono argileux plus ou moins salés</i> |  | <i>Courbes de niveau</i> |
|  | <i>Apports alluviaux grossiers</i> |  | <i>Coupe</i> |



ECHELLE

HORIZONTALEMENT 1/25 000
VERTICALEMENT 1/2.000

Nous distinguerons :

- La lunette de Sebka, dépôt ancien d'origine éolienne qui borde la gara Nejla (et constitue donc une limite naturelle du périmètre) a été constitué par l'accumulation de petites particules de gypse et de sel cristallisé et d'argile sodique, formée autrefois par évaporation à la surface de la sebka puis transportées par le vent jusqu'à la limite de la dépression salée et accumulées sous forme de bourrelets éolien.

Cette lunette isole la sebka de la formation du bassin versant constitué par l'ensemble du périmètre F.A.O. et crée un obstacle à l'écoulement des eaux qui s'épandent dans la dépression située en amont de la lunette avant de trouver un passage par la trouée qui traverse la lunette gypseuse.

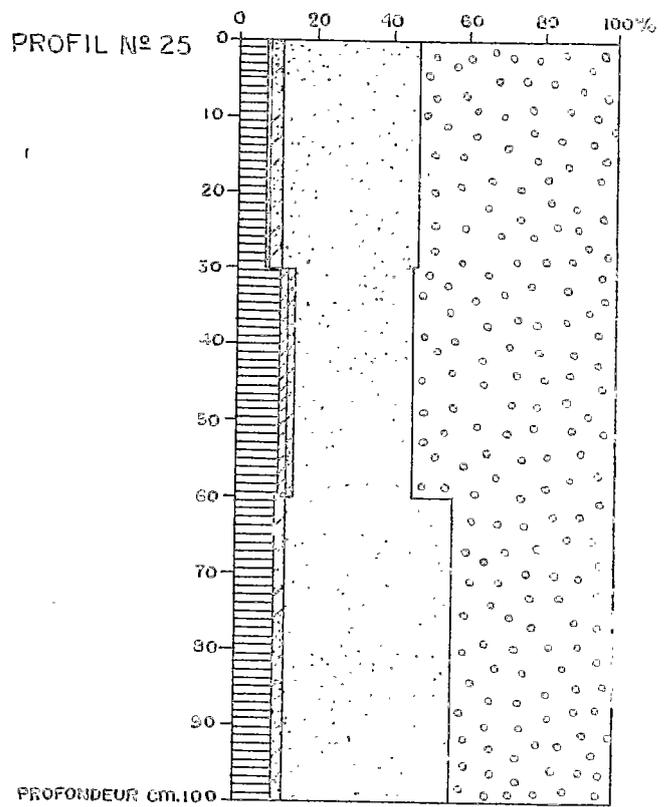
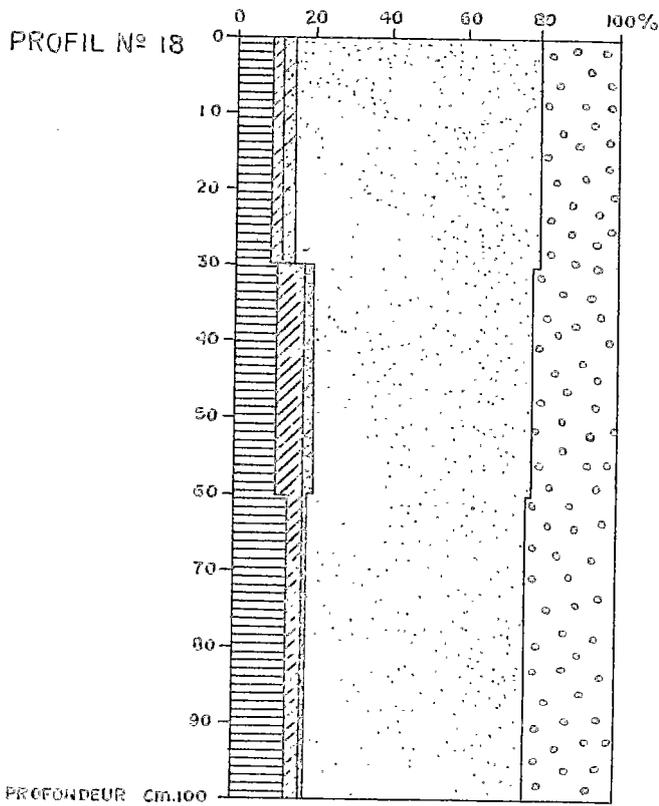
Le développement de la végétation dans la dépression salée, en s'opposant au phénomène de déflation a entraîné la fossilisation de la lunette sur laquelle tend actuellement à se former un encroûtement gypseux (on trouve en surface des pièces et de nombreux débris de poterie antiques).

La présence d'un ancien niveau de sebka, légèrement plus élevé que le niveau actuel semble se manifester par l'existence d'un sol enterré, plus ou moins salé sodique (observé au sud du périmètre en 1962) et de quelques témoins d'une ancienne lunette gypseuse tronquée, enterrée, observé en 1962 dans la parcelle de plantation n°12 et en 1966 en bas de la parcelle privée (profil n°35).

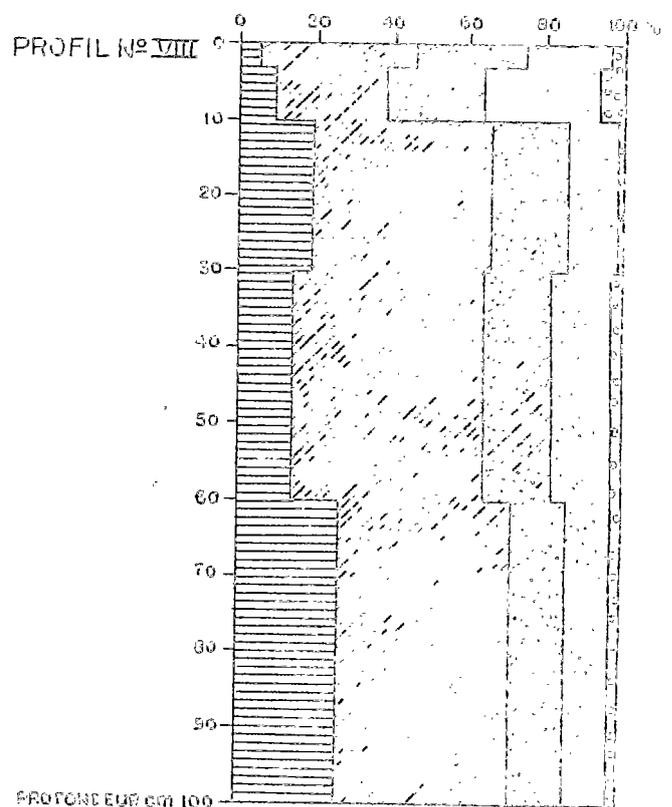
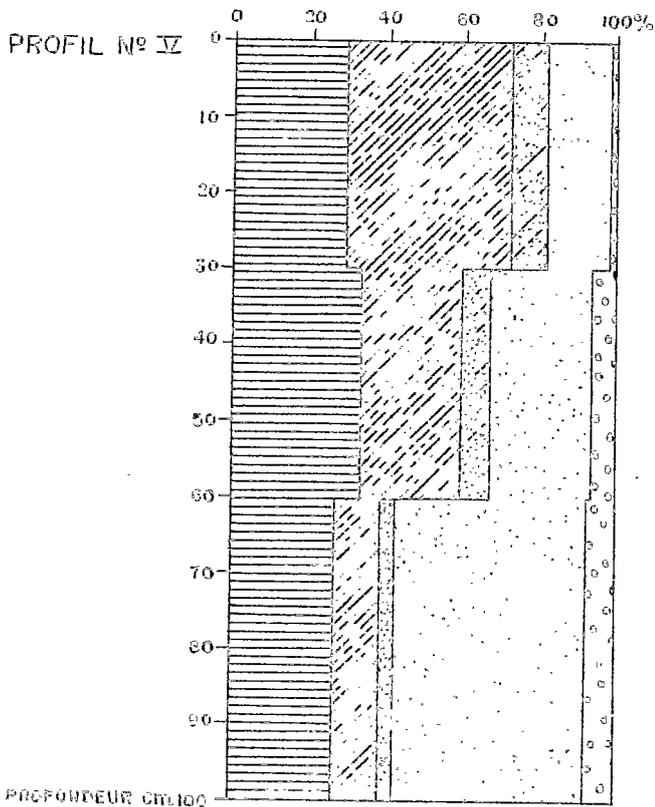
Il s'agit d'un niveau enterré, rouge, à 135-190 cm de profondeur, argilo-sableux avec veinules calcaro-gypseuses, microcristaux de gypse et pseudosable.

Ces niveaux enterrés sont susceptibles d'expliquer certains accidents de végétation observés sur les plantations de la partie basse du périmètre (parfois dus aussi à la texture trop grossière du matériau qui les recouvre).

TEXTURE DES SOLS



SOLS SABLEUX - PERIMETRE IRRIGUE PAR ASPERSION



SOLS LIMONEUX - PERIMETRE IRRIGUE PAR SUBMERSION

- Les dunes et recouvrements sableux, dépôts d'origine éolienne anciens ou subactuels sont caractérisés par leur richesse relative en sable fin (diamètre 50 à 200 μ).

- Les apports mixtes éoliens et alluviaux colluviaux sont caractérisés par la superposition de strates sableuses, plus ou moins grossières, parfois entrecroisées, entrecoupées par de fins dépôts sablo-argileux, alternant avec des passées de cailloux émoussés et des niveaux de limon à nodules calcaires.

C'est sur de tels matériaux que se sont formés les sols utilisés en irrigation par aspersion.

- Les apports alluviaux et colluviaux sont constitués de matériaux plus ou moins grossiers intercalés de lits de cailloux roulés. Leur texture devient d'autant plus argileuse que la pente est plus faible.

- Les apports limoneux d'épandages alluviaux se sont accumulés dans la zone basse du périmètre séparée de la garaa par la lunette gypseuse. C'est à cet emplacement qu'à été installé en 1966 un nouveau périmètre irrigué par submersion.

Nous avons représenté schématiquement sur la carte et la coupe, ci-jointe, la disposition des différents matériaux constitutifs des sols.

Sur l'ensemble du périmètre F.A.O. comme dans toute la région de Sidi Bou Zid, nous remarquons l'importance relative des apports sableux et mixtes (eol. et all. coll.). Les matériaux alluviaux à texture moyenne sont limités aux zones d'épandage et aux cuvettes.

Il existe une discontinuité marquée entre les matériaux à texture grossière et les matériaux à texture moyenne et fine.

Deux types de texture prédominent donc nettement dans les sols du périmètre de Ouled M'Hamed. Nous les avons représentées sur le graphique n° 1.

Les deux profils n° 18 et 25 correspondent à des sols sableux, légèrement enrichis en argile en profondeur. Ils diffèrent l'un de l'autre par l'importance relative des taux de sables fins et grossiers. Nous remarquons leur très faible teneur en limon et sable très fin. Ces deux profils correspondent à l'emplacement du périmètre irrigué par aspersion.

Les deux profils n° 5 et 8 correspondent à des sols limono-argileux. Nous remarquons l'importance considérable de la fraction 2-50 μ qui, à certains niveaux atteint 60 %. Notons également la très faible teneur en sable grossier. Les deux profils sont situés à l'emplacement du périmètre irrigué par submersion, installé dans la zone d'épandage.

Il y a lieu de constater que les deux périmètres irrigués de la F.A.O. sont installés sur des sols, qui, par leur texture sont très représentatifs de l'ensemble des sols de la région de Sidi Bou Zid.

Il sera donc possible d'extrapoler certains des résultats obtenus sur les périmètres expérimentaux à l'ensemble des surfaces irriguées situées dans des conditions climatiques comparables.

C.- Composition chimique de l'Eau d'irrigation

La composition chimique de l'eau du forage de Ouled Hamed nous est donnée par plusieurs analyses effectuées à différentes époques et dont les résultats sont sensiblement concordants, à quelques nuances près.

Nous citons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus par le laboratoire de la Section de Pédologie et d'Hydrologie le 27/9/1962.

CONCENTRATION en MILLIGRAMMES par LITRE

Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃	Résidu sec
104	66	208	433	249	129	1.220

Conductivité en mmhos/cm = 1,85

Concentration en milliéquivalent pour 1.000

Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃	
5,2	5,4	9	9	7	4,3	

Degré hydrométrique = 53

Interprétation des résultats :

Cette interprétation a été faite selon les normes américaines adaptées à l'Afrique du Nord par J.H. Durand (1).

La concentration en sel de l'eau est exprimée de façon satisfaisante par sa conductivité électrique à 25°C.

(1)- les sols irrigables par J.H. DURAND - 1958 - Alger.

Une conductivité égale à 1,85 mmhos/cm permet de classer l'eau du forage d'Ouled M'Hamed dans la classe C₃ " Inutilisable sur les sols à drainage restreint ". Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance au sel peuvent seules être cultivées.

Une autre caractéristique chimique intervient sur la qualité de l'eau d'irrigation. Elle concerne le danger d'alcalinisation c'est à dire de fixation du sodium sur le complexe absorbant du sol, risquant d'entraîner une dégradation des propriétés physiques.

La classification en fonction du risque d'alcalinisation fait intervenir à la fois le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R. = $\frac{Na^+}{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}$) et la concentration en sel.

Si nous considérons l'eau d'irrigation comme une solution du sol, le danger de fixation du sodium peut être estimé par la valeur du coefficient d'absorption. Dans le cas de l'eau d'Ouled M'Hamed ce coefficient est égal à $\frac{9}{\sqrt{2,2+5,4}}$ soit 3,7. Il correspond à un danger d'alcalinisation très faible et permet de classer cette eau dans la catégorie S I.

" Eau utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation ".

Remarquons que le coefficient d'absorption du sodium augmente proportionnellement à la racine carrée de la concentration totale. Si celle-ci double (sous l'effet de l'évaporation par exemple), le coefficient d'absorption du sodium est multiplié par 1,41, si elle quadruple, il est doublé (porté à 7,4).

Comparée à l'eau des autres forages de l'office, celle d'Ouled M'Hamed apparait comme peu chargée, en sel et bien équilibrée. Sa composition chimique permet de la classer comme une des meilleures eaux d'irrigation de la région de Sidi Bou Zid.

III.- Le périmètre irrigué par aspersion

A.- Les sols - Observations faites avant la mise en culture

L'hétérogénéité des sols du périmètre tient à l'origine de leur matériaux constitutif : " apports mixtes, éoliens et alluviaux colluviaux ".

L'emplacement considéré se trouve en effet soumis à l'influence de deux agents naturels de transport et d'érosion :

- le vent de sable qui, venant principalement du nord ouest tend à envoyer le djebel Bagra sous les apports éoliens. Il provoque la formation de rides ou de recouvrement sableux orientés du nord ouest au sud-est. Chaque touffe de végétation, retenant les particules sableuses transportées par le vent, provoque la formation d'une " nekha ".

- le ruissellement dont l'orientation est commandée par la pente (sensiblement d'est en ouest et l'emplacement du périmètre) contourne ou recoupe les rides formées par les apports éoliens, il est de ce fait extrêmement instable.

Son action explique à la fois les troncatures fréquentes et l'accumulation irrégulière de dépôts soit sablo-argileux en strates peu épaisses, soit caillouteux ou graveleux formant des lits ou des poches d'aspect lenticulaire qui alternent avec les formations éoliennes.

Lorsque les phénomènes d'érosion et d'apport sont limités, l'évolution pédologique intervient qui tend à redistribuer les éléments du matériau constitutif en faisant apparaître certains horizons :

- horizon humifère résultant de la pénétration homogène et profonde d'une matière organique bien humifiée provenant de la décomposition du système racinaire des plantes herbacées.
- horizon d'accumulation du calcaire et de l'argile à moyenne profondeur (80 à 110 cm) caractérisé par la présence de petits nodules calcaires blanc vif et par l'apparition d'une cohésion moyenne à forte.

Il suffit alors d'une brève période d'érosion pour que le sol soit irrégulièrement tronqué parfois jusqu'au niveau de l'horizon d'accumulation calcaire qui résiste mieux du fait de sa cohésion. Le sol peut ensuite être localement recouvert de passées caillouteuses et d'apports éoliens puis de nouveau soumis à l'évolution pédogénétique qui tend à reformer, à partir de ce matériau complexe un profil de sol brun steppique.

Ces conditions d'évolution expliquent pourquoi, parmi les 12 profils étudiés en 1962 seulement présentent des profils typiques de sols bruns steppiques, les autres étant constitués par la superposition de plusieurs sols bruns ou peu évolués steppiques plus ou moins tronqués, alternant avec des passées caillouteuses ou sableuses.

Les indications concernant la texture de deux profils, représentatifs du périmètre, sont données sur le graphique n°1 (profil n° 18 et 19).

Les teneurs en calcaires sont généralement de l'ordre de 4 à 10 % dans les horizons humifères et de l'ordre de 10 à 15 % dans les horizons d'accumulations.

La teneur en gypse est généralement faible (inférieure à 1 % sur tout le profil).

La présence de nebkhas de jujubiers, correspondant à des zones plus sableuses et humifères, contribue à accroître l'hétérogénéité des sols du périmètre. Ces buttes ont été défrichées et nivelées en 1962.

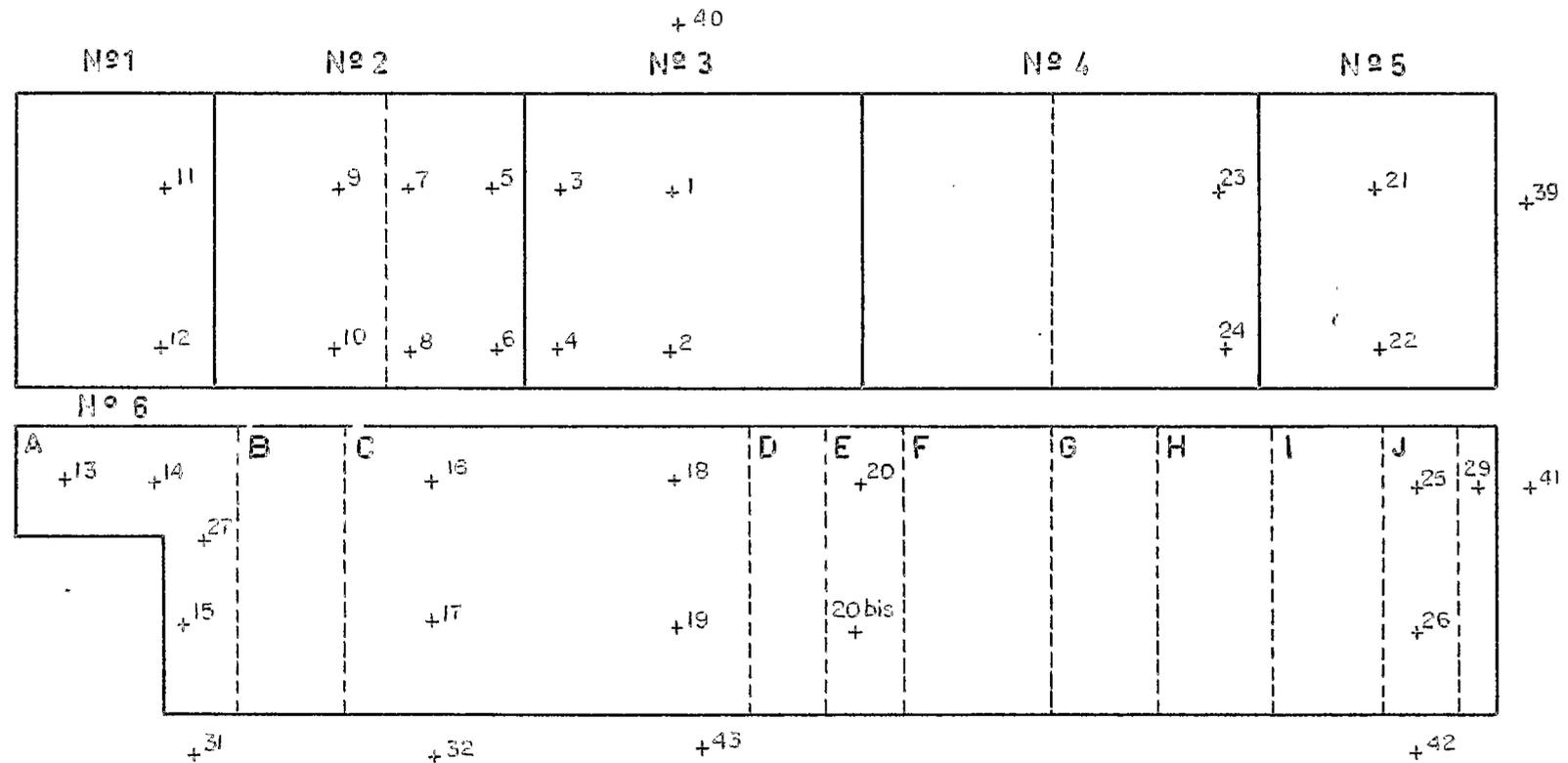
B.- Plan d'aménagement du périmètre extensif

Ce périmètre a été équipé en 1962. Sa surface est voisine de 40 ha. Il est divisé en deux parties sensiblement égales.

Une d'entre elles constitue un périmètre extensif, cultivé de Septembre à Mai, période durant laquelle les besoins en eau sont limités (valeur de l'évapotranspiration mensuelle comprise entre 45 et 110mm) et la pluviométrie plus importante (maximum d'Octobre et de Janvier Février Mars). Elle ne reçoit que des irrigations de complément, soit au total, depuis l'installation du périmètre des quantités d'eau d'irrigation qui varient entre 700 et 1.000mm suivant les parcelles pour une pluvio-

PERIMÈTRE IRRIGUÉ PAR ASPERSION

EMPLACEMENT DES PROFILS ÉTUDIÉS (1966)



MARS - AVRIL 1966

métrie totale de l'ordre de 1.000 mm. Compte tenu de la composition de l'eau les irrigations ont apporté au sol près de 10 tonnes d'extrait sec à l'hectare dont près de la moitié constitués par du chlorure de sodium.

Les parcelles ont été cultivées durant trois hivers en céréales (blé et orge) en fourrage (vesce-orge) et en graminées fourragères (ray grass annuel et fétuque élevée). A titre d'indication, notons que la quantité d'eau d'irrigation nécessitée pour la production de 1 kg de foin exporté est de l'ordre de 800 à 1.000 litres ce qui correspond à un apport d'extrait sec de 1 kg dont 500 grammes environ de chlorure de sodium.

Les résidus de récolte restitués au sol par les cultures sont exposés durant tout l'été à des conditions de grande sécheresse et de forte chaleur, ces parcelles étant alors laissées en jachère, ils ne sont ensuite humidifiés qu'en septembre-octobre et se décomposent surtout en période fraîche.

La deuxième partie du périmètre est cultivée de façon intensive durant toute l'année.

Elle reçoit des quantités d'eau beaucoup plus importantes qui sont de l'ordre de grandeur de l'évapotranspiration annuelle voisine de 1.400 mm.

Ces parcelles ont reçu depuis la création du périmètre des quantités d'eau d'irrigation qui varient entre 3.600 et 4.300 mm suivant les parcelles pour un total de précipitations voisin de 1.000 mm.

Compte tenu de la composition des eaux, ces irrigations ont apporté au sol des quantités d'extrait sec de l'ordre de 40 tonnes/hectares.

La moitié du périmètre de culture intensive est utilisée pour la production de luzerne. Les parcelles correspondantes ont reçu au total 3.600 mm d'eau d'irrigation.

La quantité d'eau nécessitée pour la production de 1 kg de foin de luzerne s'est élevée à 1.640 litres (contenant 3 kg d'extrait sec) la première année et à 1.315 litres (contenant 1,6 kg d'extrait sec) la deuxième année.

Les cultures de luzerne ont été labourées et les résidus de récoltes enfouis en octobre 1965, après deux années et demi de production. Elles ont laissé dans le sol une quantité de matière organique importante dont la décomposition va se poursuivre durant l'été 1966.

L'autre moitié du périmètre à culture intensive reçoit plusieurs cultures les unes estivales (coton, maïs, sorgho, arachide); les autres hivernales (vesce-orge). Les parcelles ont reçu au total près de 4.300 mm d'eau d'irrigation.

La décomposition de la matière organique ,lente en hiver, doit être très rapide en été puisque, selon monsieur Keller, elle ne laisse dans le sol à l'automne, aucun résidu de récolte visible.

Nous avons abordé cette étude par une série d'observations.

Pour cela nous avons ouvert dans les sols du périmètre et des zones avoisinantes une cinquantaine de tranchées.

Nous nous sommes efforcés dans certaines parcelles de choisir des emplacements correspondant à des états extrêmes de la végétation.

Les emplacements de toutes les tranchées ouvertes en avril 1966 sont indiqués sur le plan ci-joint.

Nous avons figuré sur un autre plan la position des profils pédologiques étudiés en 1962.

Alors que les observations effectuées en 1962 étaient orientées plus particulièrement vers l'étude de l'évolution pédologique , celles qui ont été faites en 1966 ont porté d'avantage sur l'étude du profil cultural.

C.- Les sols cultivés - Profils culturaux

Indications relatives à l'irrigation et au travail du sol

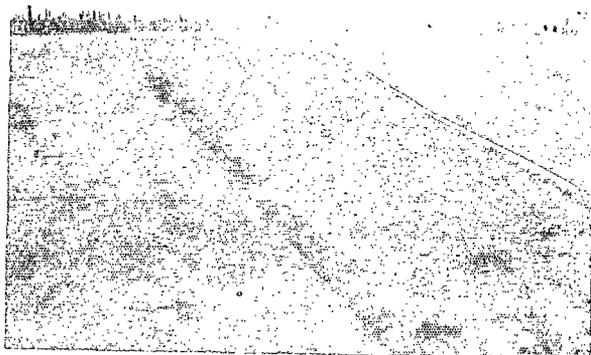
Le défrichement des " nebkhas " a été effectué en grande partie à la main. Le nivellement a été ensuite réalisé à l'aide de moyens mécaniques.

Le procédé d'irrigation adopté est l'aspersion. Il convient bien aux sols sableux très perméable, à condition toutefois que l'effet de battance reste limité.

Lorsque la pulvérisation de l'eau dans le jet est incomplète ou lorsque le débit est trop élevé, les particules arrachées par les gouttes d'eau aux mottes de terre se déposent dans les creux. Il y a

destruction de la structure et formation de croûte à structure lamellaire. Celles-ci peuvent jouer un rôle défavorable soit en s'opposant à la pénétration de l'eau dans le sol et en favorisant le ruissellement soit en constituant un obstacle mécanique à la percée de la plantule ou au développement du système racinaire superficiel. Cette croûte de battance peut subsister durant toute la culture; alors que le sol est protégé par la végétation.

Irrigation après un labour sur ce sol très perméable, il y a cependant formation de petites flaques dans les dérayures.



Les croûtes de battance se maintiennent dans une culture de vesce-orge-structure lamellaire et en "mie de pain" dans les 3 à 5 centimètres superficiels.

Il est donc nécessaire que le débit d'irrigation n'excède pas la capacité d'absorption du sol.

Plusieurs types d'appareillages ont été expérimentés sur le périmètre dont les débits variaient entre 14,5 mm/heure (pour le type "sénior") et 7 millimètres/heure. Il est apparu qu'un débit de 10 mm/h convenait bien dans le cas d'une culture de luzerne (parcelle n°3). Le débit de 7 mm/h serait sans doute le mieux adapté pour l'irrigation d'un sol peu protégé par la végétation.

Sur l'ensemble des sols du périmètre irrigué, l'effet de battance ne se manifeste, en 1962, que très localement et sur des profondeurs qui n'excèdent pas 5 à 7 centimètres.

Les labours sont exécutés à l'aide d'une charrue à soc "Henriod" tirée par tracteur tandis que les façons données en période de culture utilisent généralement la traction animale (houe à cheval ou à chameau).

Les labours sont réalisés dans des conditions particulières dues à l'aridité du climat et aux possibilités offertes par l'irrigation.

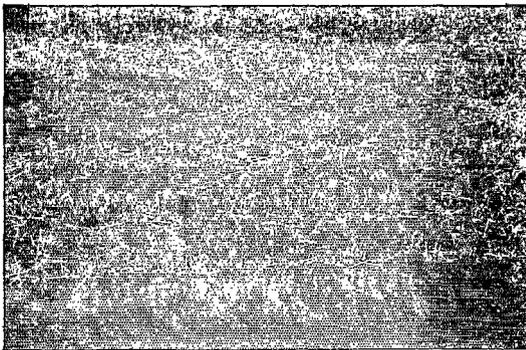
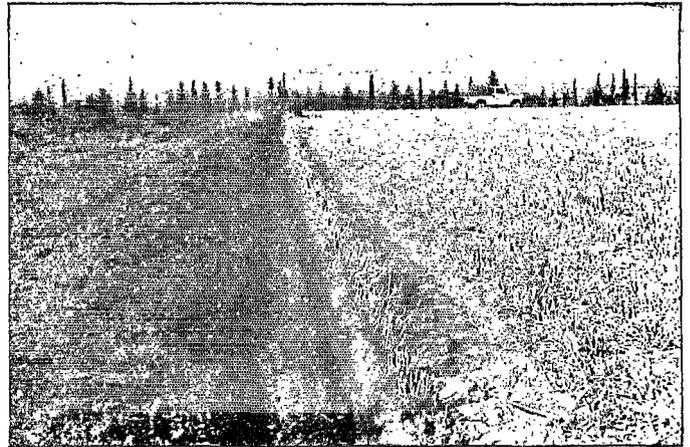
Le sol libéré par la culture précédente (ou laissé en jachère depuis le début de l'été) se trouve être généralement desséché sur une assez grande profondeur. Il présente alors une cohésion maximum qui peut être élevée du fait de l'intervention d'une faible quantité d'argile calcaire (10 %). Il faut appliquer une force considérable pour briser un élément de taille donnée. Une fois cette rupture obtenue, les éléments n'ont pas tendance à adhérer entre eux quand on les presse les uns contre les autres. Ils n'adhèrent pas non plus aux instruments.

Pour faciliter le travail, on humidifie le sol par une irrigation de 30 mm à cet effet. On le laisse alors se ressuyer et s'assécher légèrement en surface de telle sorte que, au moment du labour, la plus grande partie de l'horizon travaillé est à une humidité voisine de la capacité au champ tandis que le niveau sous-jacent est encore pratiquement sec. La cohésion est alors faible tandis que l'adhérence s'est fortement accrue. Le sol offre une faible résistance à la charrue. Les fragments de terre adhèrent au métal et sont également susceptibles de se souder entre eux. Dans ces conditions, en travaillant à faible vitesse il est possible d'effectuer un labour arrondi, à tendance "moulé".



Dans la pratique, le tracteur, auquel la charrue n'oppose qu'une faible résistance, avance vite. Le labour réalisé dans ces conditions est "jeté". Intervenant sur un matériau meuble, il provoque un émiettement poussé du sol.

Les bandes de labour ne sont presque plus reconnaissables



La charrue se déplace sensiblement à la surface du front d'humectation situé à 25-30 cm de profondeur qui sépare le matériau superficiel humide et meuble du matériau sous jacent resté sec et cohérent. Une telle discontinuité favorise le tassement du fond du labour et la formation d'une "semelle" qui peut s'opposer parfois au passage des racines.

Dans le sol cultivé, l'effet du tassement persiste. Il se manifeste par l'existence d'un niveau cohérent, formant obstacle au développement des racines de vesce-orge (observation en mars 1966), caractérisé par une diminution nette de la porosité.

Porosité mesurée sur des prélèvements effectués à l'aide d'un cylindre de 100 cm³ moyenne sur 5 échantillons (porosité exprimée en % du volume de la terre).

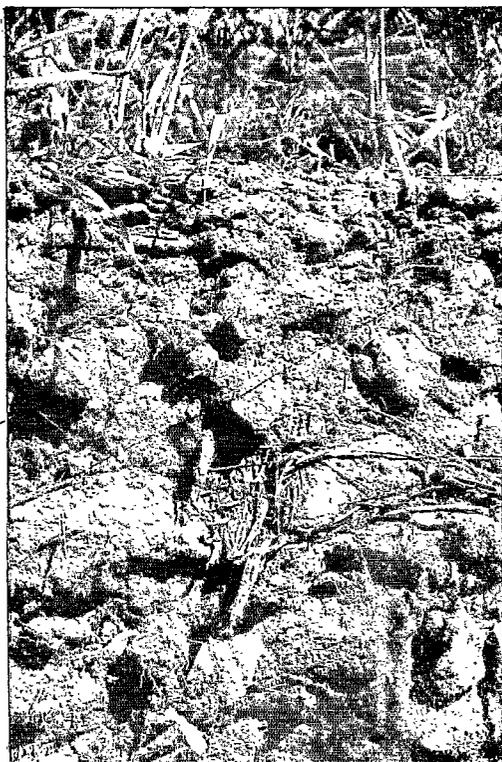
	Vesce-orge sur ancienne luzernière (1)	Vesce-orge succédant à une culture de coton(2)
de 0 à 10 cm	37 %	41 %
de 10 à 15 cm	39 %	37 %
de 25 à 30 cm	43 %	39 %
de 30 à 35 cm	33 %	33 %
de 40 à 45 cm	37,0%	34 %

Dans les deux cas, la semelle de labour qui se situe à 30-35 cm correspond au minimum de porosité.

La faible porosité des 5 cm superficiels, dans le premier cas, est en partie attribuable à l'effet de battance.

Dans les deux profils, le maximum de porosité est observé juste au dessus de la semelle de labour, dans un niveau qui contient des débris de matière organique enfouis.

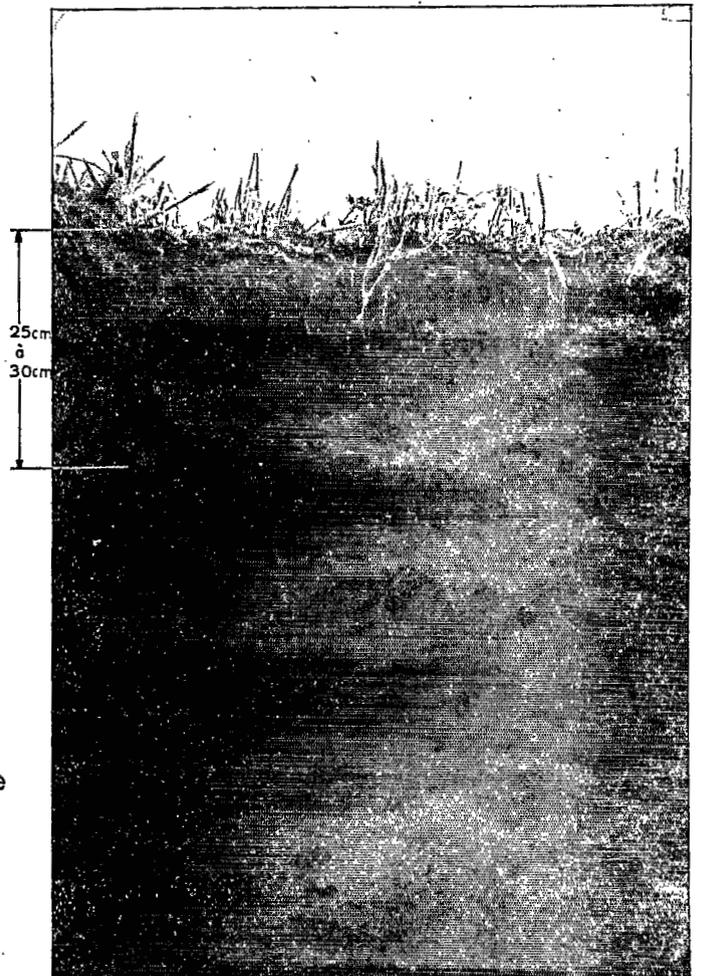
Culture de vesce-orge (vesce-ra re)
Développement d'une structure favorable permettant une excellente pénétration des racines sur 25-30cm semelle de labour à 30cm (porosité faible) quelques racines pénètrent au delà de 30cm dans un matériau à structure massive.



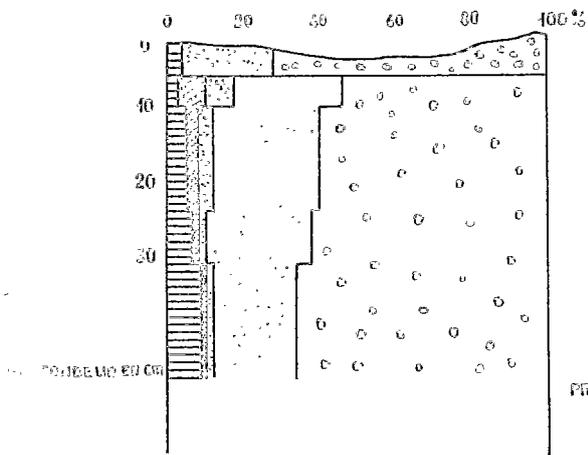
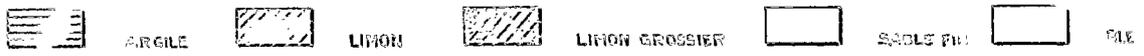
Culture de vesce-orge dans le périmètre d'irrigation extensive (intervenant après une jachère estivale et culture de blé).

Le labour permet également l'enfouissement de la matière organique. Dans les profils étudiés, celle-ci est localisée au fond de la raie. Grâce à des conditions de drainage et d'aération très favorables, dans ces sols sableux, elle se décompose sans provoquer de phénomènes de réduction. On remarque également sur la photo la structure à tendance lamellaire des 5 cm superficiels.

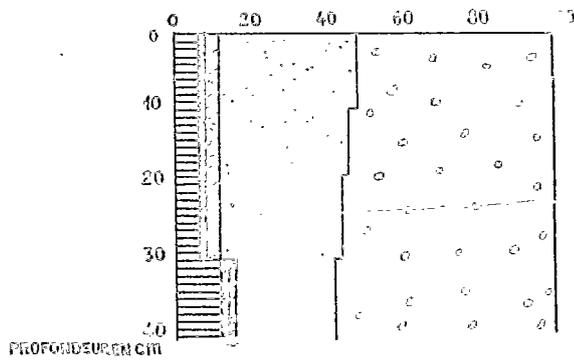
Dans les parcelles anciennement cultivées en luzerne (labourées fin octobre 1965) nous avons observé en mars 1967 les feutrages de matière organique, déposés au fond du labour qui créent localement une discontinuité entre l'horizon 0-30cm (exploité par les racines des vesce-orge) et les horizons profonds qui contiennent encore de nombreuses racines et des pivot de luzerne sectionnés par le sol. Huit jours après une irrigation l'humidité reste élevée en dessous du feutrage tandis que les 30 cm superficiels sont desséchés. L'ascension capillaire de l'eau serait, dans ce cas, limitée au niveau du feutrage. Le problème de la composition de la matière organique dans les sols du périmètre sera traité au chapitre suivant.



Le labour a également pour effet d'homogénéiser le sol sur une profondeur de 25 à 30 cm. Le graphique ci-dessous sur lequel ont été reportées les données concernant la granulométrie de deux profils, situés l'un en dehors, l'autre à l'intérieur du périmètre, met bien en évidence cette action.



SOL NON CULTIVE



SOL CULTIVE

Si cet effet d'homogénéisation s'est exercé rapidement dans le sens vertical, il subsiste par contre de grandes hétérogénéités d'un profil à l'autre, en particulier en ce qui concerne la granulométrie des sables.

Sur une distance de quelques dizaines de mètres, le rapport sable fin/ sable grossier passe aussi de 0,7 à 1,8 dans l'horizon superficiel, tandis que le taux de limons (fin et grossier) passe de 4 à 11 %. En conclusion, il apparaît que les labours, effectués à une humidité voisine de la capacité au champs entraînent une pulvérisation qu'il serait souhaitable de limiter en diminuant la vitesse du travail. Sa structure se développe cependant très bien dans l'horizon labouré, favorisant une bonne pénétration des racines. La formation d'une structure lamellaire en surface crée, localement, des conditions moins favorables. Elle semble due à l'effet de battance.

L'existence d'un léger tassement au fond du labour et, dans certains cas l'accumulation de matière organique dans la raie introduisent dans le profil une discontinuité qui peut être défavorable à la pénétration des racines où à la remonter de l'eau par capillarité.

Il serait sans doute possible de limiter l'effet de tassement défavorable en faisant varier la profondeur des labours.

*

*

*

L'étude de l'enracinement des différentes cultures

complète l'ensemble de nos observations concernant le profil cultural.

• Dans les sols non cultivés de la région nous trouvons principalement des racines de graminées très fines, qui pénètrent dans le sol jusqu'à 80 cm et plus.

• Le système racinaire d'un plan d'orge non irrigué, cultivé sur un sol identique est également caractérisé par une bonne pénétration des horizons profonds dont les réserves en eau peuvent être ainsi utilisées.

Dans les parcelles cultivées en graminées fourragères

irriguées (périmètre extensif), nous avons trouvé un enracinement important, très développée dans les 10 cm superficiels, pénétrant à plus d'un mètre de profondeur dans le cas d'une fétuque perenne à 60 cm dans le cas d'un raygrass annuel.

Ces cultures ne sont irriguées que pendant la période qui va de septembre à mai.

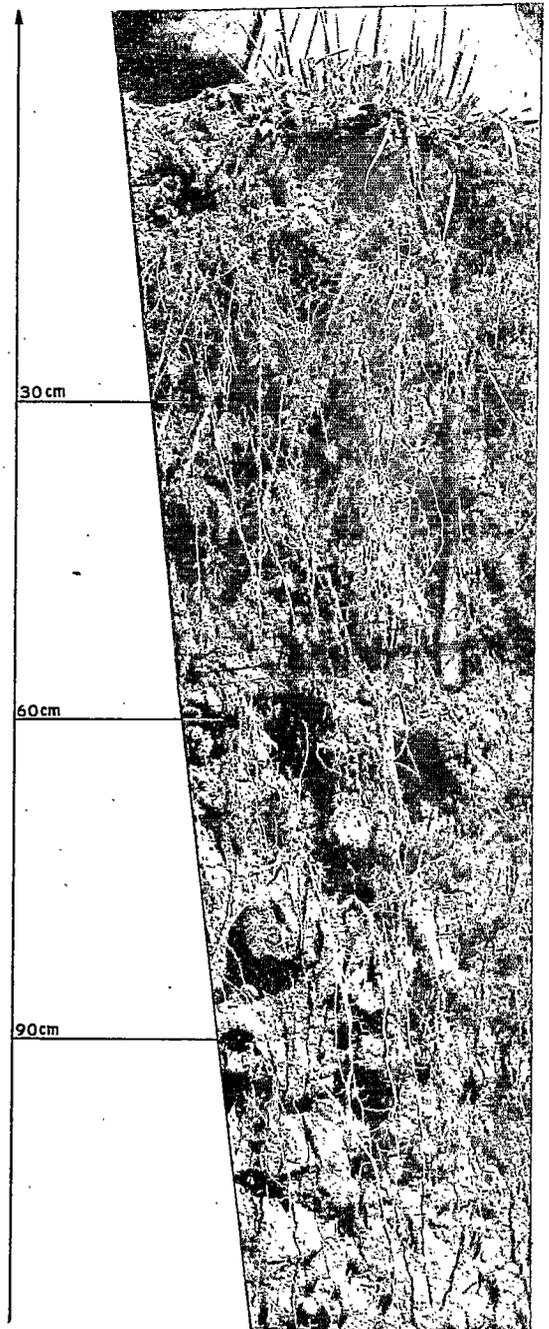
La fétuque se maintient cependant en vie pendant tout l'été et reprend après les premières irrigations. Son rendement médiocre (3840kg de foin par hectare-976 litres d'eau pour produire un kg de foin) inciterait à abandonner cette culture au profit du raygrass annuel légèrement plus productif.

Nous constatons que la pénétration des racines de graminées fourragères entraîne une très nette amélioration de la structure du sol, visible sur la photographie ci-jointe.

La fétuque perenne permet une amélioration plus profonde que celle du ray-grass annuel.

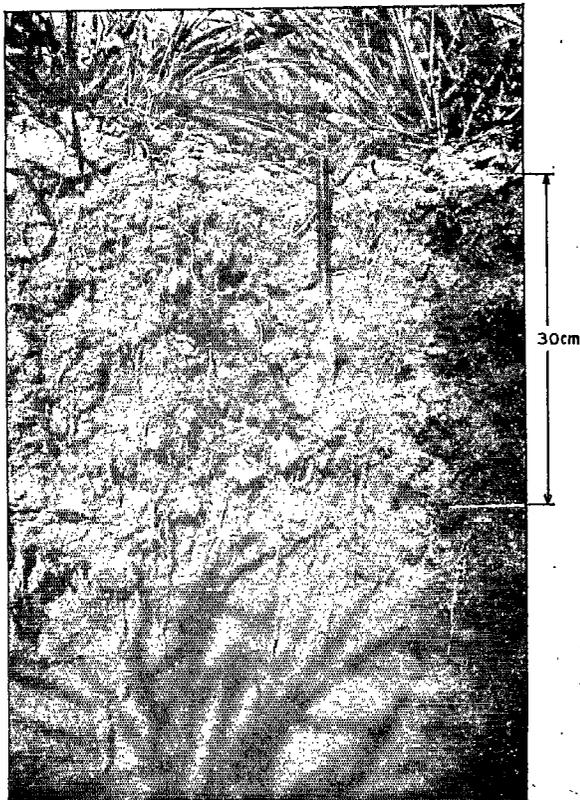
Il serait souhaitable d'étudier l'action possible d'autres graminées fourragères.

L'effet bénéfique de ces cultures doit inciter à augmenter leur place dans l'assolement, même si leur rentabilité immédiate n'est évidente.



ENRACINEMENT CULTURE DE RAY - GRASS

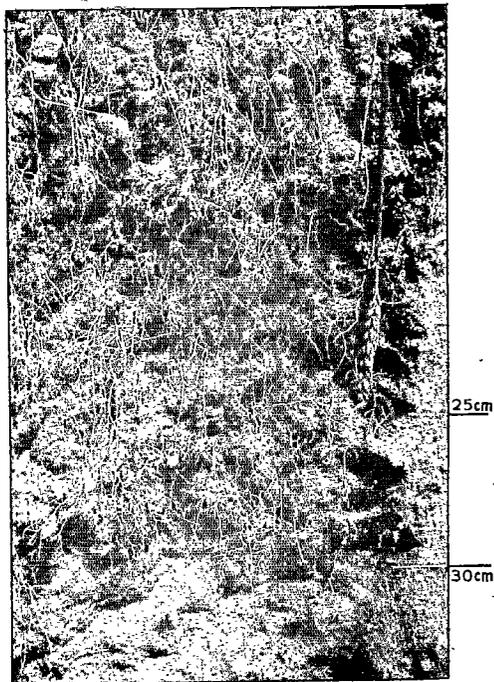




ENRACINEMENT CULTURE DE
VESCE-ORGE

vivants d'où partent de nombreuses repousses).

L'effet produit en ce qui concerne l'amélioration de la structure semble être appréciable, bien que beaucoup moins net que dans le cas des cultures de graminées fourragères.



ENRACINEMENT CULTURE DE BLE
(étoile de Choisy) Est

Les cultures de vesce-orge occupaient, au moment où a été réalisée notre étude, la plus grande partie de la surface du périmètre.

Elles succèdent soit aux cultures perennes (luzerne) soit aux cultures estivales (arachide, coton, maïs...) soit à une jachère.

Labourées dès le mois de mars elles servent de précédent aux cultures prévues pour l'été 1966.

L'enracinement, développé en quelques mois est important dans l'horizon superficiel et jusqu'à 30 cm de profondeur. Il exploite très peu les horizons situés au delà du fond du labour dans lesquels on retrouve surtout les racines de la culture précédente (en particulier, dans le cas d'une luzerne les pivots encore

Plusieurs profils ont été étudiés dans des taches où la culture de vesce-orge semblait déprimée; taches qui correspondent peut-être à l'emplacement d'anciennes nekha tronquées par les travaux de nivellement.

Contrairement à ce que nous attendions, nous y avons trouvé un enracinement plus développé qu'ailleurs qui semble caractérisé, surtout à 25-30 cm par l'existence de petites racines blanches, turgescents et digitées.

Des racines ayant même aspect ont été observées dans la partie est de la parcelle D cultivée en blé "Etoile de Choisy" dont la végétation était également déprimée.



Dans la partie Ouest de la même parcelle par contre, un enracinement très finement divisé et bien réparti semblait correspondre à une excellente végétation.

Il ne nous est pas possible d'expliquer le phénomène observé. Les causes de tels accidents de végétation peuvent être multiples. Sont-elles ici d'ordre pédologique (réaction de la plante à certaines caractéristiques du sol). Ou bien faut-il chercher dans un autre domaine (action de parasite) ? Seule une étude approfondie permettrait d'apporter une réponse à ce problème. Si l'origine du phénomène est liée à une hétérogénéité du sol, il est vraisemblable que l'irrégularité observée dans la culture ira en s'atténuant d'année en année.

ENRACINEMENT DE CULTURE DE BLE

"Etoile de Choisy", partie Ouest
de la parcelle

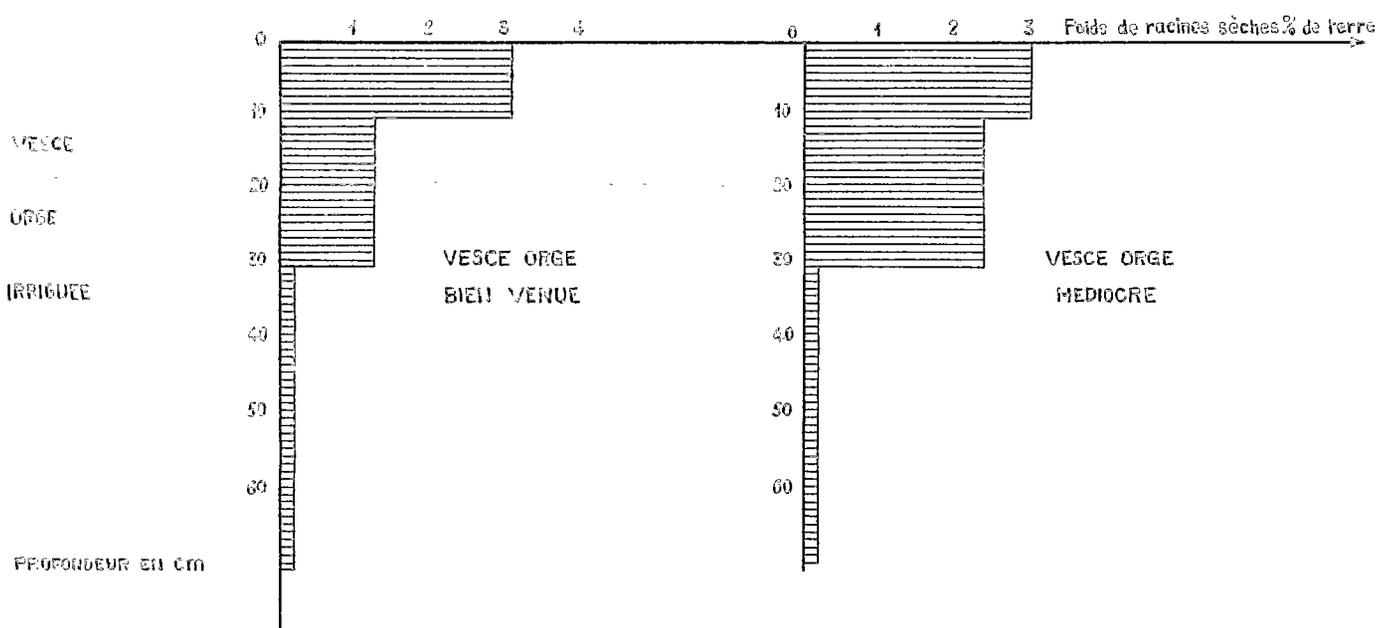
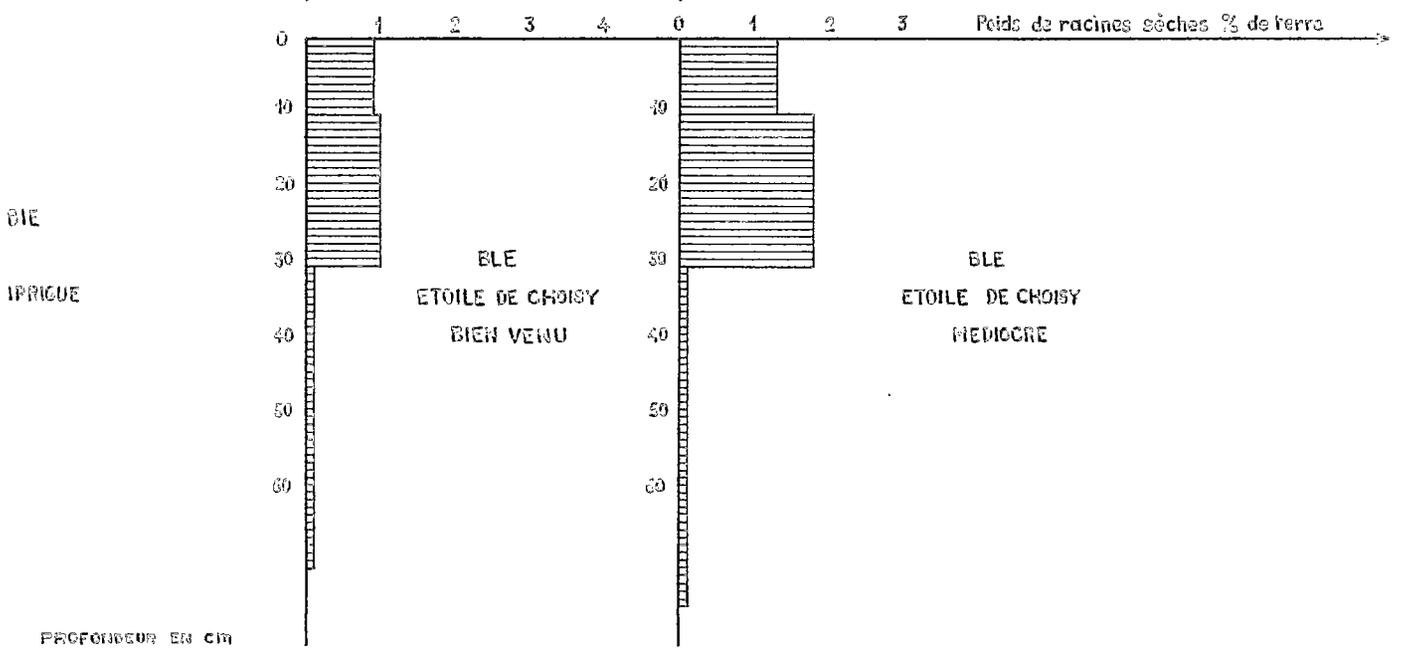
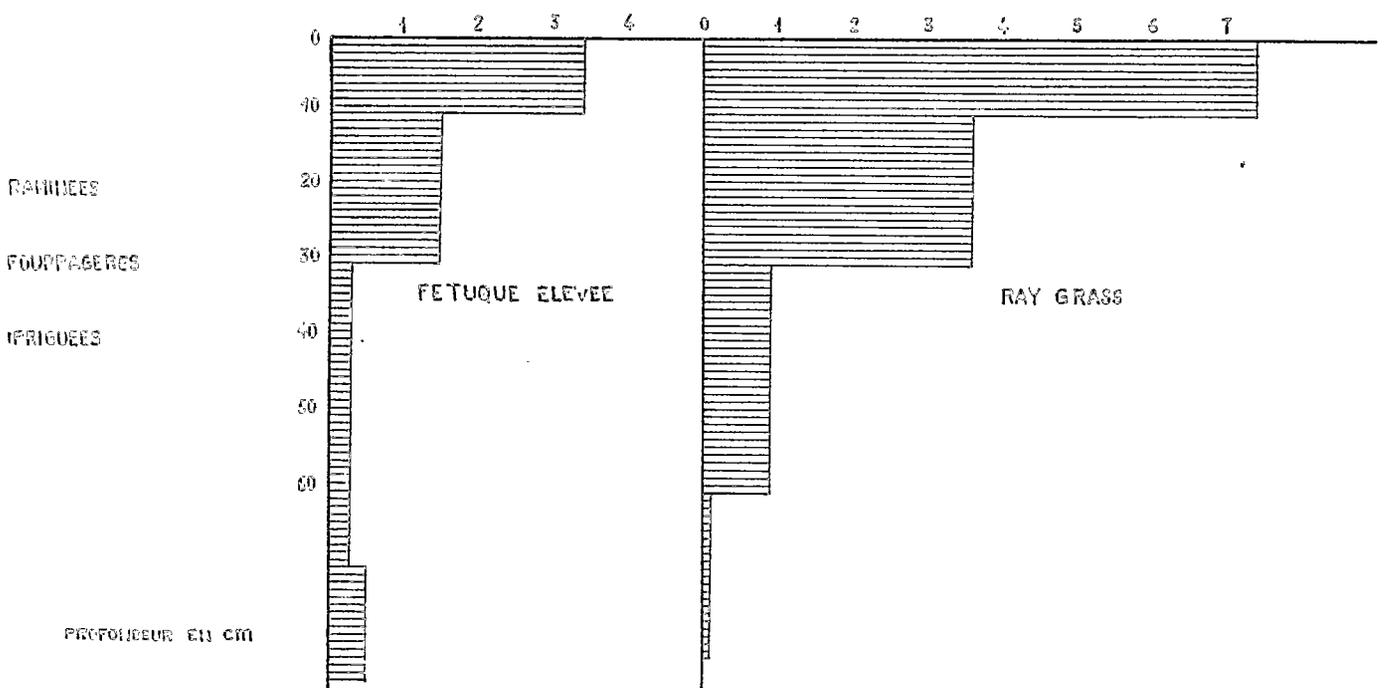
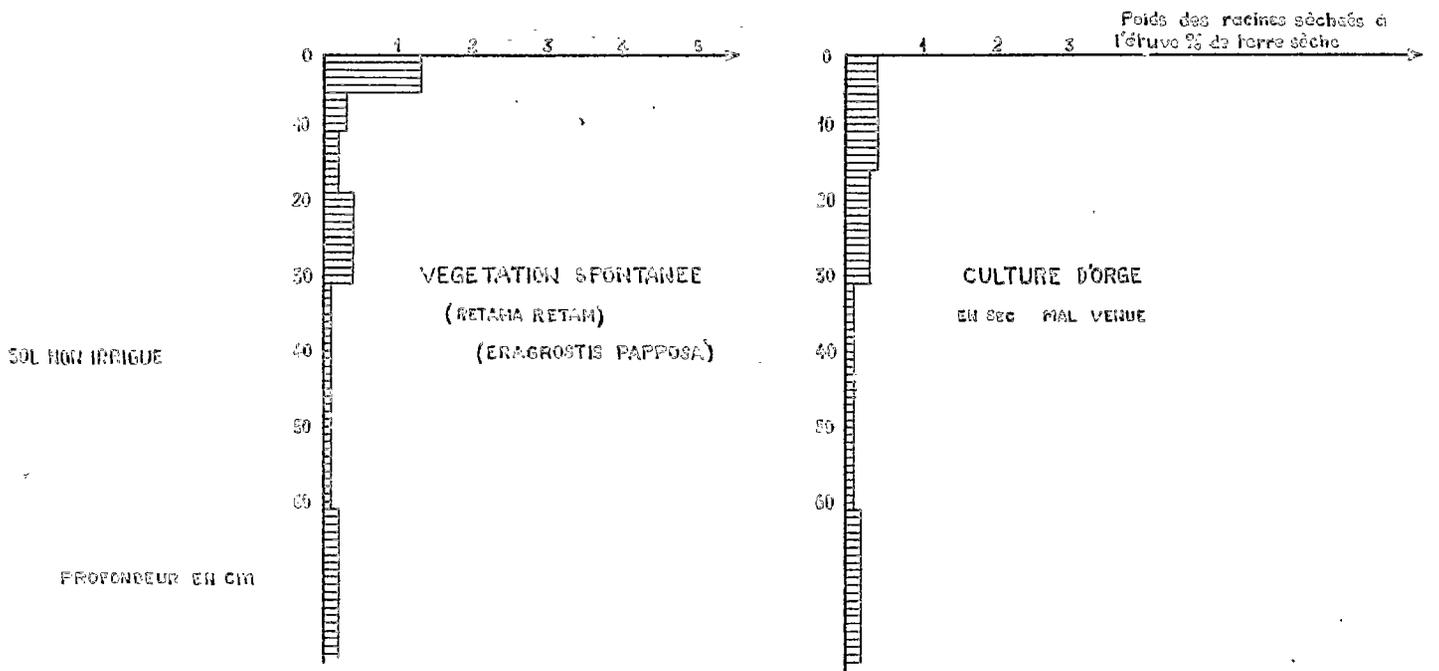
Il nous est apparu utile de contrôler par des pesées de racines les indications fournies par l'observation.

Nous avons opéré à partir de volumes de terre (de l'ordre de 1 dcm^3), découpés dans le sol à diverses profondeurs à l'aide d'un rasoir (pour trancher les racines) puis séchées à l'étuve et pesés.

La séparation a été effectuée par lavage à l'eau sur un tamis à "couscous". Elle a été complétée par un tri manuel à la pince de dissection permettant l'élimination des sables grossiers, des débris de coquilles d'escargots et des fragments de matière organique morte mêlés aux racines.

Les pesées ont été effectuées sur une balance de précision après séchage à l'étuve (8 heures).

Ces mesures ont été répétées sur deux ou trois échantillons prélevés à même profondeur dans chaque profil et sur deux profils dans chaque parcelle.



L'étude a porté sur les principales cultures représentées dans le périmètre au moment de notre mission : fétuque, ray-grass, blé et vesce-orge, (il ne nous a pas été possible d'étudier l'enracinement de la luzerne labourée fin octobre 1965).

Dans les parcelles dont la végétation présentait une hétérogénéité marquée, nous avons étudié un profil en zone verdoyante et un autre en zone déprimée.

Des profils ont également été étudiés à l'extérieur du périmètre irrigué, en zone non cultivée et dans un champ d'orge.

Les moyennes des résultats ont été reportées sur le graphique ci-joint.

Il ressort de cet étude de l'enracinement des plantes cultivées dans le périmètre en mars-avril 1966 :

1°)- Que, par le poids et la répartition des racines, les sols cultivés en orge sans irrigation diffèrent peu des sols non cultivés (sous végétation spontanée).

2°)- Que l'introduction de cultures irriguées provoque dans tous les cas une forte augmentation du poids des racines, principalement réparties dans l'horizon labouré (de 0 à 30 cm).

3°)- Que les cultures de graminées fourragères viennent largement en tête autant par le poids de leurs racines que par l'importance de leur pénétration dans les horizons profonds⁽¹⁾ plus grande dans le cas de la fétuque pérenne que dans celui du ray grass annuel).

4°)- Que la pénétration des racines de graminées fourragères provoque une amélioration très nette de la structure du sol qui devient nuciforme à grumelleuse fine.

5°)- Que dans le cas des cultures de blé et de vesce-orge l'enracinement semble plus développé dans les taches de végétation déprimée qui correspondent probablement soit à des zones tronquées par le nivellement soit à l'emplacement d'anciennes nebkhas.

(1)- L'enracinement des cultures de luzerne, laissée en place sous les labours d'automne se développe également en profondeur.

En conclusion : Il apparait que les conditions créées par l'irrigation en modifiant totalement les possibilités de développement des racines (poids de racine multiplié par 15 dans le cas d'une culture de ray-grass comparée au sol irrigué) donnent à l'agriculteur des possibilités accrues d'agir sur le sol.

Les cultures fourragères (graminées, luzerne...) introduites dans l'assolement devront assurer, par leur enracinement, la reconstitution de la structure du sol chaque fois que cela sera nécessaire.

Il apparait donc utile d'évaluer l'effet propre de chacune de ces cultures sur le sol, (aussi bien en ce qui concerne la reconstitution de la structure que le renouvellement des stocks de matière organique).

Il faudra également s'efforcer de suivre l'évolution de la structure du sol au cours d'une rotation pour déterminer la place que doivent venir occuper les cultures fourragères dans l'assolement.

IV - Dynamique des principaux constituants du sol sous l'effet de l'irrigation

A.- Etude des profils hydriques

Près de 80 % de l'eau reçue par les sols du périmètre provient de l'irrigation. Il en résulte que l'humidité des sols varie principalement en fonction des doses et de la périodicité des irrigations. Celles-ci sont fixées en tenant compte, d'une part des besoins en eau des cultures évalués à une quantité voisine de l'E.T.P. d'autre part des possibilités du dispositif d'aspersion utilisé.

Précisons que l'espacement entre deux irrigations données sur une même parcelle est de 9 à 10 jours et que les doses d'irrigations varient suivant la saison : 30 mm en hiver, 30 à 50 mm au printemps et à l'automne, 80 à 85 mm en été.

Il nous est apparu utile de suivre l'évolution d'un profil hydrique entre deux irrigations successives. Ceci afin d'être en mesure :

- 1°)- d'apprécier la variation des réserves en eau disponibles pour les plantes à différentes profondeurs.
- 2°)- d'évaluer l'importance du drainage qui permet l'élimination des sels solubles accumulés dans le sol.

Les mesures ont été effectuées sur le profil 27 situé dans la parcelle 6 A cultivée en ray grass (seul emplacement qui, au moment de notre étude, portait une végétation déjà enracinée, ne devait pas être labouré incessamment et était susceptible de recevoir un irrigation de 60 mm).

L'observation du profil et les résultats d'analyses nous permettent de considérer ce sol comme assez représentatif des sols sableux du périmètre, nettement steppisés, présentant un horizon d'accumulation du calcaire vers 70 cm de profondeur et des intercalations sablo-argileuses qui peuvent se situer à des profondeurs variables (170cm dans le cas du profil 27).

La détermination des humidités a pF 2,5 et pF 4,2 a été effectuée par le laboratoire de physique du sol du C.R.U.E.S.I. (dans le cas des sols sableux, l'humidité pF 4,2 correspond sensiblement au point de flétrissement). Les résultats obtenus ont été reportés sur le graphique ci-joint.

HUMIDITE EXPENSEE EN % DU POIDS DE TERRE SECHE.

5 10 15

1 cm

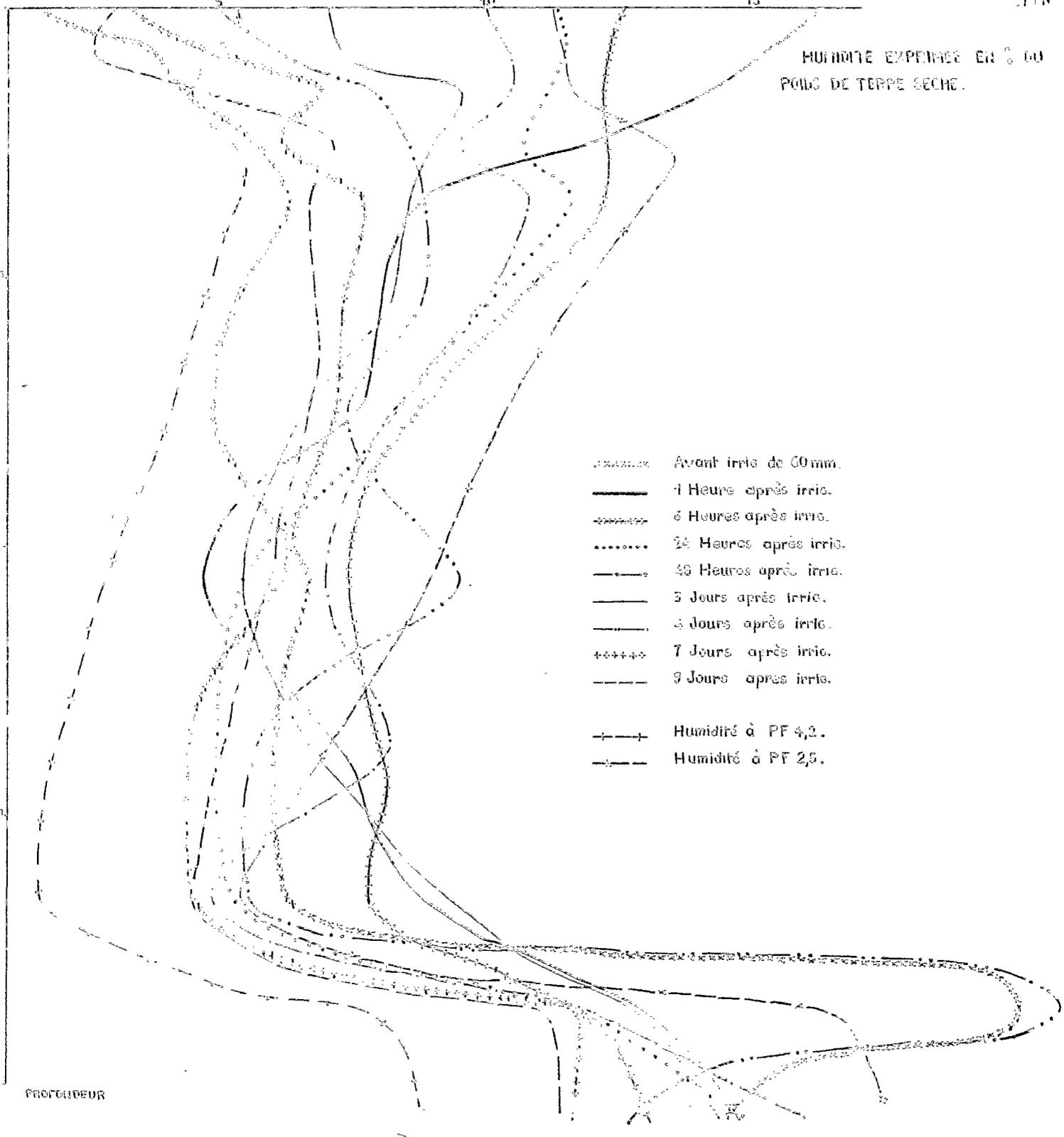
10

20 m

30

PROFONDEUR

- Avant irrie de 60 mm.
- 1 Heure après irrie.
- 6 Heures après irrie.
- 24 Heures après irrie.
- 48 Heures après irrie.
- 5 Jours après irrie.
- 4 Jours après irrie.
- ++++++ 7 Jours après irrie.
- 9 Jours après irrie.
- +--- Humidité à PF 4,2.
- +--- Humidité à PF 2,5.



Comparé aux autres profils étudiés dans le périmètre, le profil 27 se classe comme l'un de ceux dont la capacité du champ est relativement élevée dans les horizons superficiels, moyenne dans l'horizon d'accumulation calcaire et en profondeur.

Humidité à pF 2,5 - exprimée en eau % de terre sèche

Profondeur	Profil n°27	moyenne pour l'ensemble des profils étudiés dans le périmètre
de 0 à 10 cm	11,4	8,2
de 10 à 30 cm	12,5	8,6
de 30 à 60 cm	12,0	9,7
de 60 à 100 cm	10,0	9,3
de 100 à 150 cm	7,5	7,0

Les déterminations d'humidité, pour étude des profils hydrique, ont été faites par pesées, avant et après séchage à l'étuve, d'échantillons prélevés à la sonde à l'humidité (de 0 à 1 mètre) et à la tarière (de 1 à 2 m) et transportés dans des boîtes étanches tarées.

Les premiers prélèvements ont été effectués avant l'irrigation de 60 mm, puis une heure et 6 heures après puis tous les jours jusqu'au 7^e jour.

Les prélèvements successifs ont été effectués à près de 1 mètre de distance les uns des autres. Dans l'interprétation des résultats, il faudra donc tenir compte des variations qui peuvent provenir de l'hétérogénéité du sol (influence des galeries d'animaux ou des racines sur la pénétration de l'eau).

Répartition graphique des résultats

Toutes les données concernant l'évolution du profil hydrique à l'emplacement n° 27 ont été regroupées sur le graphique ci-joint.

Chaque courbe représente la variation de l'humidité, à un moment donné, en fonction de la profondeur.

Nous avons également porté sur le graphique les humidités à pF 2,5 et à pF 4,2, déterminées au laboratoire sur des échantillons prélevés aux profondeurs correspondantes.

Interprétation des résultats

Evaluation approximative de la capacité " utile " du sol

Dans les 50 centimètres superficiels, les courbes d'humidité à pF 4,2 et à pF 2,5 enveloppent la plupart des courbes de profil hydriques. Ces humidités peuvent être considérées comme voisines de la capacité au champ et du point de flétrissement.

A partir de ces données, il est possible d'évaluer la quantité d'eau susceptible d'être retenue par le sol et utilisée par la plante, qui peut être exprimée en hauteur d'eau correspondante.

Exemple : de 0 à 30 cm, la différence entre humidité à pF 2,5 et humidité à pF 4,2 varie entre 6 et 8 %, sa valeur moyenne est voisine de 7 %. La densité apparente du sol étant de l'ordre de 1,6 le poids de la couche comprise entre 0 et 30 centimètres est égal à 4,8 kg par dm^2 . Il est susceptible de maintenir à la disposition de la plante : $4,8 \times 0,07 = 0,34$ kg d'eau qui correspondent à une hauteur de 34 mm.

Le même calcul effectué pour les différentes couches de sol donne les résultats suivants :

de 0 à 30 cm	= hauteur d'eau = 34 mm
de 30 à 60 cm	= hauteur d'eau = 35 mm
de 60 à 100 cm	= hauteur d'eau = 40 mm

Une irrigation de 65 mm correspond donc sensiblement à la capacité " utile " de la couche de sol comprise entre 0 et 60 mm.

Variation de l'humidité dans le temps aux différentes profondeurs

Nous constatons qu'immédiatement avant l'irrigation, l'humidité de 10 cm superficiels se situe très nettement au dessous du point de flétrissement ; de 10 à 80 cm elle est un peu supérieure au point de flétrissement ; ce n'est qu'entre 80 et 200 cm que nous trouvons encore d'importantes réserves en eau disponibles.

L'engorgement superficiel consécutif à l'irrigation est très bref. Il se manifeste principalement dans l'horizon 5-10cm. Il a totalement disparu au bout de 24 heures.

Au bout de 4 jours, la totalité des réserves disponibles entre 0 et 10 cm est épuisée. Ce n'est qu'au bout de 9 jours que celles comprises entre 10 et 20 cm le sont également. Nous ne retrouvons pas alors les humidités observées au temps 0. Ceci est probablement dû à

l'importance exceptionnelle de la dose d'irrigation donnée pour cette étude (60 mm).

Les humidités mesurés à des profondeurs comprises entre 70 et 90 cm n'atteignent à aucun moment des valeurs voisines de l'humidité à pF 2,5. Il est probable que ce résultat s'explique par le fait que ce niveau correspond sensiblement à l'horizon d'accumulation du sol steppique, un peu plus argileux et surtout beaucoup plus calcaire que le reste du profil ($\text{CO}_3\text{Ca} = 9,2 \%$). Il apparaîtrait que dans ces conditions la capacité au champ se situe à une valeur inférieure à celle de l'humidité à pF 2,5.

Nous remarquons qu'à 130-140 cm, les variations d'humidité restent faibles, dans un matériau sableux très perméable.

A 180-190 centimètres on observe par contre une très importante variation de l'humidité: maximum avant l'irrigation, elle regresse rapidement puis s'accroît de nouveau du 3 : au 4 jours après l'irrigation pour se retablir ensuite à un niveau sensiblement identique. L'humidité des échantillons prélevés le 4^e jour dépasse très nettement la capacité au champs. Les échantillons retirés à la tarière sont au stade de ressuyage.

Nous attribuons cet engorgement temporaire de profondeur à la présence d'un niveau sous jacent, peu perméable, sablo-argileux à 180-210 centimètres. L'eau qui s'écoule très rapidement jusque là est relatié à ce niveau; seule une partie pénètre en profondeur tandis qu'une autre s'écoule latéralement à la surface de cette strate sablo-argileuse.

Il y a donc drainage important qui se fait en partie latéralement; l'eau drainée entraîne en solution une partie des sels solubles accumulés dans le profil.

Connaissant l'épaisseur de la couche engorgée (10cm), la densité du sol et les humidités extrêmes observées (20,7 % et 11 %) il est possible d'évaluer très grossièrement le drainage à une valeur voisine de 15 mm pour la période comprise entre l'irrigation et le 9^e jour.

L'existence d'un drainage latéral explique la formation de niveaux humides et de concentrations de sel observés en aval du périmètre dans les zones non irriguées. Cette redistribution du sel entraîne un risque pour les plantations et les cultures situées dans la zone comprise entre le périmètre irrigué et la lunette de Sebka. Une surveillance attentive devrait permettre de préciser l'importance de ces phénomènes.

En conclusion : Le profil n° 27 apparaît, par certaines de ses caractéristiques comme étant bien adapté à l'irrigation par aspersion :

- La perméabilité élevée sur l'ensemble du profil jusqu'à 1m80 réduit les risques d'engorgement et d'asphyxie.

- La capacité pour l'eau qui atteint sa valeur maximum entre 0 et 60 cm permet de maintenir dans la couche de sol exploitée par les racines une quantité d'eau " utile " dépendante de la profondeur de l'enracinement \approx 34 mm de 0 à 30 cm, 70 mm de 0 à 60 cm. Ces chiffres mettent en évidence l'avantage que l'on peut attendre d'une pénétration profonde des racines. Ils contribuent à expliquer l'excellente production de la luzerne cultivée sur le périmètre : 18 à 19 tonnes de foin/hectare (Les racines de luzerne atteindraient plus de 2 mètres de profondeur). Ils plaident en faveur des cultures de plantes pérennes qui exploitent directement toute l'eau disponible sur la profondeur de leur enracinement tandis que les cultures annuelles ne peuvent exploiter les réserves en eau qu'au fur et à mesure du développement de leurs racines (certaines graminées comme le ray grass anglais qui refont chaque année leur système racinaire ont un comportement proche de celui des plantes annuelles).

Signalons également que les caractéristiques hydriques du sol sont susceptible de se modifier au cours de son évolution. Les travaux de A. COMBEAU ont établis que " la différence de teneur en eau du sol entre les hautes tensions et les basses tensions d'humidité, différence que l'on peut considérer comme assez voisine de l'eau utilisable par les plantes sont elles mêmes fonctions, d'une part de la matière organique et d'autre part de la stabilité structurale ". L'un et l'autre de ces facteurs peuvent se modifier en quelques années favorablement ou défavorablement, sous l'effet de l'irrigation.

A plus longue échéance, le lessivage de l'argile et du calcaire contenus dans la couche arable pourrait entraîner une diminution de la capacité utile du sol.

Les mesures effectuées à l'emplacement du profil n°27 mettent également en évidence une perte d'eau par drainage qui, dans le cas du profil considéré, s'élevait en mars-avril 1966 à près du quart de la dose d'irrigation reçue.

Cet écoulement d'eau hors du profil nous intéresse à plusieurs titres :

- Il correspond à un cubage d'eau important donc à un prix de revient élevé.
- Il est susceptible de provoquer un lessivage des éléments fertilisants, du calcaire et de l'argile contenus dans le sol.
- Il est indispensable, au moins à certaines époques pour assurer l'entraînement des sels solubles qui tendent à s'accumuler dans le sol.

Une étude approfondie du régime hydrique des sols irrigués apparait donc nécessaire. Elle permet de fixer le régime d'irrigation qui réalise la meilleure économie de l'eau tout en maintenant dans le sol les conditions les plus favorables à son évolution.

Cette étude devra tenir compte à la fois de la grande hétérogénéité des sols et de l'importance des variations climatiques qui nécessitent l'emploi de doses d'irrigations différentes dans des conditions d'évapotranspiration très diverses.

B.- Accumulation de sels solubles dans les sols irrigués

A)- Observation - Sur les parois de certaines tranchées, apparaissent, quelques heures après le creusement des efflorescences de couleur blanche, souvent à peine visible, et ceci d'autant plus nettement que le trou a été creusé dans un sol plus humide.

Appliquées sur la langue ces efflorescences donnent un léger goût de sel.

Les efflorescences ont pu être observées fréquemment dans les parcelles de culture intensive, plus rarement dans les parcelles de culture extensive.

dans le profil n°1	(	parcelle	3	)	à 50 - 100cm de profondeur
"	"	3	(	"	3) " 60 - 100cm " "
"	"	4	(	"	3) " 60 - 100 " " "
"	"	6	(	"	2) " 30 - 60 " " "
"	"	8	(	"	2) " 100 - 150 " " "
"	"	9	(	"	2) " 30 - 60 " " "
"	"	11	(	"	1) " 30 - 60 " " "
"	"	12	(	"	1) " 30 - 60 " " "
"	"	21	(	"	5) " 30 - 60 " " "
"	"	22	(	"	5) " 110 centimètres " "
"	"	24	(	"	4) " 80 " " "
"	"	15	(	"	6 A) " 10 " " "
"	"	26	(	"	6 J) " 30 " " "

B.- Analyse

La présence de sel dans la solution du sol exerce une action toxique sur les plantes cultivées, qui dépend de la pression osmotique de la solution. Comme celle-ci est difficile à déterminer on mesure la conductivité électrique de la solution. On considère comme sol salin celui dont la solution extraite du sol saturé d'eau à une conductivité supérieure à 4 millimhos par con (Richards 1954).

La mesure de la conductivité des extraits des saturations des échantillons de sol prélevés en 1962 à l'emplacement du périmètre mais avant son installation, n'a donné en aucun cas une conductivité supérieure à 1,5 mmhos/cm.

Avant leur mise en culture en irrigation par aspersion les sols du périmètre n'étaient pas salés.

Les analyses faites par le laboratoire des sols de la section d'études pédologiques, groupe H.E.R. sur les échantillons prélevés en 1966 ont donné les résultats suivants :

Conductivité des extraits de saturation exprimés en mmhos/cm

	Profondeur Profils-cul- ture et pré- cédent cul- tural	de 0 à 10- 12 cm	de 10-12 à 24-30cm	de 24-30 à 50-75 cm	de 50-75 à 70-110cm	de 90-110 à 150-160cm
PERIMETRE INTENSIF	N°1 parcelle 3	1,70	1,70	1,30	4,10	4,10
	2 " vesce"	1,50	1,70	1,70	1,90	
	3 " orge	2,0	4,10	2,20	4,60	
	4 ap.luzerne	1,60	0,92	1,20	5,10	2,80
	N°5 parcelle 2	1,30	1,70	1,25	2,0	
	6 " vesce"	1,45	1,90	4,30	4,30	1,20
	7 ap.arachide	1,40	1,20	1,90	2,40	2,30
	8 " "	0,84	0,88	1,05	2,40	4,30
	9 vesce orge	1,05	1,10	4,30	3,80	2,05
	10 après coton	0,92	1,60	3,80	3,90	2,05
	11 ves.org.1	0,84	1,50	1,80	4,20	4,20
	12 ap.luzerne	1,20	2,25	4,0	4,30	
PERIMETRE EXTENSIF	21 ves.org.5	1,45	1,50	1,50	4,30	
	22 ap.luzerne	0,96	1,60	2,30	2,30	4,40
	23 " ves.org.4	1,65	2,0	1,20	1,30	
	24 ap.arach.	2,10	1,60	1,30	4,10	
	13 " 6 A	1,30	1,30	1,05	0,94	0,97
	14 Ray grass	1,10	1,15	1,65	1,65	1,45
	15	0,82	1,30	4,0	1,50	
	16 6 C	2,30	2,40	2,40		
	17 ves.org.	1,70	1,55	1,90	1,40	
	18	1,0	0,82	0,77	0,96	
	19	1,0	1,3	1,6	1,6	
	20 6 E	1,0	0,96	1,3	2,9	
	20 bis blé	0,77	0,65	0,77	1,0	
	25 6 J	1,40	1,75	2,40	1,45	
26 fétuque	1,30	2,20	4,40	2,0		

Aussi bien dans le périmètre d'irrigation intensive que dans celui d'irrigation extensive, les salinités observées semblent être beaucoup plus largement dépendantes de l'hétérogénéité du sol que de la nature des cultures réalisées.

Les pourcentages de profils présentant à diverses profondeurs des manifestations de salinité plus ou moins marquées sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

	Conductivité de l'extrait pâte saturé > 2 mmhos/cm	de Conductivité de l'extrait de pâte saturée > 4 mmhos/cm
culture intensive	80 %	50 %
culture extensive	45 %	18 %

3)- Interprétation

Rappelons que les parcelles cultivées de façon intensive ont reçu depuis la création du périmètre des quantités d'eau d'irrigation qui varient entre 3 600 mm et 4 300 mm. Compte tenu de la composition de l'eau, ces irrigations ont apporté au sol des quantités d'extrait sec de l'ordre de 40 tonnes/hectare dont près de la moitié est constituée par du sel (Na cl).

Les parcelles irriguées de façon extensive ont reçu des quantités d'eau d'irrigation qui varient entre 700 et 1.000 mm. Les irrigations ont apporté au sol près de 10 tonnes d'extrait sec à l'hectare, dont la moitié soit 3 tonnes constituée par du sel (Na cl).

Connaissant le pourcentage de saturation et la conductivité il nous est possible d'évaluer de façon approximative le taux de sel contenu dans chaque échantillon de sol.

Nous pouvons également, connaissant la densité apparente à différents niveaux évaluer le poids de chaque couche de terre.

Il devient possible d'estimer le poids total de sel contenu dans une couche de sol donnée et de rapprocher le chiffre obtenu de la quantité totale de sel apportée par l'irrigation.

Cette quantité a été appréciée en tenant compte non pas de la concentration en Na de l'eau, mais de la concentration calculée à partir de la conductivité (qui fait intervenir l'ensemble des électrolytes en solution). La concentration en sel de l'eau d'irrigation, déduite de la conductivité est de 1,15 g/litre.

Les taux de sel, aussi bien dans l'eau que dans le sol sont ainsi calculées à partir des seules valeurs de conductivité.

Nous indiquons ci-dessous les résultats du calcul effectué pour deux profils, l'un sableux en surface, légèrement argileux en profondeur (N°1), l'autre très sableux jusqu'à 2 mètres de profondeur (N°2), tous deux situés dans la parcelle N°3 et qui ont reçu les mêmes façons culturales et les mêmes doses d'irrigation contenant des quantités identiques de sel solubles (3.690 mm d'eau au total contenant 36,9 tonnes de sel soluble à l'hectare).

Calcul de la quantité totale de sel contenue dans le profil n°1.

Profondeur	SALINITE			Poids de la couche de sol		Poids de Sel en tonnes/ha
	% SAT.	Cond. mmhos/cm	Taux de sel	Dens. AP	Poids en tonnes	
de 0 à 30cm	25	1,7	0,03	1,50	4.500	1,30
de 30 à 60"	30	1,3	0,025	1,50	4.500	1,10
de 60 à 100"	31	4,1	0,085	1,60	6.400	5,4
de 100 à 200"	31	4,1	0,085	1,60	16.000	13,6

POIDS TOTAL DE SEL : 21,4 tonnes

dans le profil n°2

Profondeur	SALINITE			Poids de la couche de sol		Poids de Sel en tonnes/ha
	% SAT.	Cond. mmhos/cm	Taux de sel %	Dens. AP	Poids en tonnes	
de 0 à 100	26	1,7	0,03	1,5	15.000	4,5
de 100 à 200cm	24	1,9	0,03	1,5	16.000	4,8

POIDS TOTAL DE SEL : 9,3 tonnes

Recevant le même traitement, le profil n°1 a donc retenu soit près de 60 % de la quantité totale de sel apportée par les irrigations, alors que le profil n°2 ne retenait que = 25 % de cette même quantité.

Ce calcul effectué sur de nombreux profils du périmètre a donné des résultats qui varient le plus souvent entre 20 et 60 %. Rappelons que le sel se redistribue dans le matériau constitué par le sol en fonction de l'hétérogénéité de celui-ci : Il y a écoulement oblique de l'eau et transport de sel dans les strates de sable grossier. Ceci explique pourquoi certains sols non irrigués situés en aval du périmètre se sont salés. De ce fait, la quantité de sel accumulée dans un sol peut être localement supérieure à la quantité totale de sel apportée par les irrigations.

Les calculs effectués sur les profils du périmètre d'irrigation extensive portent sur des quantités très faibles de sel et ne permettent pas une interprétation satisfaisante.

4)- Evolution de la salure du sol

Lorsque l'eau d'irrigation est appliquée sur le sol, une partie de cette eau s'infiltré, une autre est retenue par le sol (la quantité maximum retenue correspond à la capacité au champ. L'évaporation en reprenant une partie de cette eau concentre la solution saline. Lorsque la pression osmotique atteint une certaine valeur l'eau n'est plus utilisable pour la plante. Si nous répétons l'opération un certain nombre de fois, si faible que soit la teneur en sel de l'eau, la terre devient salée. Il est donc indispensable qu'à certaines époques un lessivage se produise pour entraîner les sels qui tendent à s'accumuler. Il est nécessaire de tenir compte de ce fait pour déterminer les doses d'irrigation:

Quelles que soient les doses utilisées, l'eau laissera dans le sol une certaine quantité de sel dont devront s'accomoder les plantes cultivées. Le problème est de savoir quelle sera la quantité de sel retenue par le sol après plusieurs années d'irrigation. J.H. DURAND a montré que la teneur en sel se stabilise au bout d'un certain temps à un niveau qui dépend :

- de la concentration de sel dans l'eau d'irrigation.
- des doses et fréquences d'irrigation et fréquence utilisées
- du volume d'eau retenu dans le sol par kg de terre sèche
(volume égal à la différence entre la capacité de rétention du sol et son humidité avant l'arrosage.

Pour un système d'irrigation donné (doses et fréquence) "l'équilibre obtenu correspondra à un degré de salinité d'autant plus élevé que la capacité de rétention sera plus importante et les possibilités de drainage plus limitées.

Les sols du périmètre étant tous sableux ou sablo-argileux, la capacité de rétention est toujours faible. L'humidité à pF 2,5 est dans tous les cas comprise entre 5 % et 14 %.

Nous avons cependant noté la grande hétérogénéité du matériau constitutif des sols, superposition de strates d'apports éoliens et alluviaux colluviaux.

Nous constatons que dans le périmètre d'irrigation intensive il existe une très bonne corrélation entre les résultats des mesures de conductivité à pF 2,5.

Dans le périmètre d'irrigation extensive, les concentrations en sel restent généralement faibles et paraissent moins dépendantes des caractéristiques hydriques du matériau. Elles ne semblent pas correspondre à un état d'équilibre mais sont plutôt sous la dépendance de facteurs particuliers (écoulement préférentiel de l'eau dans certaines strates sableuses ...etc...).

CONCLUSION

Les résultats obtenus attirent notre attention sur le problème de l'accumulation des sels solubles dans les sols irrigués mais ne constituent pas une base suffisante pour l'établissement de pronostic concernant l'évolution de ce problème et son incidence possible sur l'avenir du périmètre.

Il apparaît qu'après trois années et demi d'irrigation, la salinité se manifeste nettement sur la moitié des profils étudiés dans le périmètre d'irrigation intensive et sur le cinquième des profils étudiés dans le périmètre d'irrigation extensive.

Le niveau de salinité est encore faible (la conductivité de l'extrait de saturation est dans tous les cas inférieure à 5,10 mmhos/cm en avril 1966) il ne paraît pas dans l'état actuel préjudiciable aux cultures. Rien ne nous permet cependant de considérer qu'il est stabilisé à un niveau tel que le lessivage annuel compense la totalité des apports de sel.

Pour tester le système d'irrigation utilisée (eau plus doses et fréquence d'irrigation plus sols) il importe donc de suivre avec le maximum d'attention toutes les fluctuations possibles de la salinité notamment celles qui peuvent se produire au cours d'une année climatique sous l'influence de la variation des doses d'aspersion (30 à 85 mm) et des conditions d'évapotranspiration. Cette étude devra porter sur toute la gamme des sols représentés dans les périmètres d'irrigation intensive et extensive. Elle permettra de préciser les conditions dans lesquelles il se produit soit une accumulation soit un entrainement par lessivage des sels solubles dans les sols. Elle rendra possible l'établissement d'un premier bilan annuel de l'évolution de la salure dans les sols les plus sableux comme dans les plus argileux des périmètres d'irrigation intensive ou extensive.

Nous disposerons alors de plus d'éléments pour répondre à la question posée : la salure tend-elle actuellement à se stabiliser à un niveau compatible avec la rentabilité des cultures ?.

Il nous faudra également étudier la possibilité de modifier ce bien en supprimant certaines cultures irriguées en période estivale (comme dans le périmètre d'irrigation extensive) ou en modifiant les doses ou les fréquences d'irrigation.

On pourrait envisager de considérer séparément les besoins en eau des cultures (qui varient en fonction de l'E.T.P.) et ceux occasionnés par la nécessité de lessiver les sels solubles. Ces derniers pourraient être en partie satisfaits par des "irrigations de lessivages" de 60 à 80 mm données en période hivernale au moment où l'on dispose d'un excédent d'eau. Il est vraisemblable que le sol refroidi est alors moins vulnérable aux effets néfastes de l'eau sur l'entraînement des éléments fertilisants, de l'argile et du calcaire.

L'action chimique de l'eau d'irrigation ne se manifeste pas seulement par l'accumulation des sels solubles dans les sols, elle se traduit également par la fixation de sodium sur le complexe absorbant entraînant une modification des caractéristiques physiques du sol. Nous verrons plus loin que, compte tenu de la composition chimique de l'eau d'irrigation (S.A.R. = 3,7), cette évolution ne semble pouvoir s'expliquer dans les sols du périmètre que par un effet de concentration de l'eau des doses sous l'effet d'une très forte évaporation. Il conviendra de fixer les doses et les fréquences d'irrigation en tenant compte de ce danger.

C) - Modification de la composition ionique du sol

Le sodium contenu dans l'eau d'irrigation peut être plus ou moins absorbé par le sol et modifier ses propriétés physiques.

Nous savons que le danger d'alcalisation peut être exprimé par le coefficient d'absorption du sodium ou S.A.R.. Nous avons vu que cette valeur, calculée à partir de la composition ionique de l'eau du forage de Ouled M'Hamed est très faible et ne semble pas entraîner de risque important.

a)- Des analyses de complexe de sol ont été pratiquées sur des échantillons prélevés en avril 1966 dans le périmètre expérimental.

Elles ont été faites au laboratoire du C.R.U.E.S.I. sous la direction de Monsieur Van Hoorn ,Directeur et de Monsieur Ollat expert chimie du sol.

Nous avons comparé les résultats obtenus à ceux fournis par une analyse du complexe effectuée sur un échantillon prélevé en 1962.

Date de prélent.	PROFIL N°	PARCELLE PROFONDEUR	BASES ECHANGEABLES					Na/T
			Ca	Mg	K	Na	T	
1963	BER 36	60-100cm	2,8	0,2	0,3	0,1	3,4	3
1966	N°25 périmètre ext.parcelle n°65	30-60	2,6	0,4	0,3	0,2	3,5	5,7
1966	N°3 périmètre int.parcelle n° 3	24-60 cm	2,6	2,1	0,1	0,4	5,2	7,7
"	" "	" " 60-100 cm	3,8	2,1	0,2	0,7	6,8	10,3
"	N°12 périmètre int.parcelle n° 1	30-60 cm	2,5	3,2	0,1	0,7	6,5	10,8
"	" "	" " 80-110 cm	1,9	2,3	0,1	0,5	4,8	10,4

Interprétation

Nous ne disposons pas d'un nombre de résultats suffisant pour pouvoir tirer des conclusions rigoureuses.

Il apparait toutefois nettement que la composition ionique des sols a été modifiée sous l'effet des irrigations.

Dans le périmètre de culture extensive (parcelle n°65)

l'action des irrigations ne se manifeste pas de façon perceptible sur la composition du complexe absorbant.

Notons cependant que l'analyse a été effectuée sur un échantillon choisi en fonction de son caractère de salinité (conductivité en mmhos/cm= 24) et de son pH élevé (8,8).

Dans le périmètre de culture intensive par contre la composition ionique du sol semble avoir été très sensiblement modifiée = accroissement très notable du magnésium-(multiplié par 5) et du sodium (multiplié par 2).

On considère généralement que l'accroissement du taux de sodium peut entraîner une dégradation des caractéristiques physiques du sol quand cette valeur atteint 15 %.

Greene⁽¹⁾ dans une publication de la F.A.O. en admettant que les sols ne se dégradent qu'au delà de ce seuil, estime cependant que la limite de 7,5 ne doit pas être dépassée.

Si aucun des sols du périmètre ne semble avoir atteint le seuil critique, nous devons donc toutefois considérer qu'il y a un danger dont il faudra tenir compte

Cette évolution paraît surprenante, compte tenu de la composition ionique bien équilibrée de l'eau d'irrigation.

Notons toutefois que, comme nous l'avons indiqué, le coefficient d'absorption du sodium varie proportionnellement à la racine carrée de la concentration totale. Une très forte évaporation dans les parcelles irriguées durant la saison chaude, peut donc entraîner un accroissement du risque d'alcalinisation.

Nous ne pouvons absolument pas prévoir comment continuera à évoluer la composition du complexe absorbant. Il apparaît donc nécessaire de suivre cette évolution par de nouvelles analyses.

renouvelées au cours des saisons et des années

(1) Using Salty land F.A.O.-Agr.Studies N°3.

ETAT ET EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES SOLS
DU PERIMETRE IRRIGUE PAR ASPERSION

1°)- Données concernant l'état de la matière organique avant l'installation du périmètre irrigué.

Les analyses faites sur les sols du périmètre avant leur mise en culture (1962) nous ont révélé la présence de quantités relativement faibles de matière organique, généralement bien réparties dans l'ensemble du profil.

L'analyse d'un sol brun steppique sableux, correspondant au type pédogénétique des sols de la région considérée, a donné les résultats suivants :

Profondeur	de 0 à 10 cm	de 10 à 15 cm	de 15 à 18 cm	de 18 à 30 cm	de 40 à 60 cm	de 60 à 100cm	de 120 à 130 cm
Teneur en matière organique (en % du poids de terre)	0,22	0,70	0,41	0,33	0,22	0,15	0,10

La variation de la couleur des horizons correspond sensiblement à celle du taux de matière organique :

- brun clair de 0 à 10 cm (recouvrement sableux éolien)
- brun foncé de 10 à 15cm (horizon de surface)
- dégradé de couleur du brun au brun vif puis jaune rouge de 15 à 130 cm.

Nous avons noté également que les taux de matière organique varient beaucoup en fonction du couvert végétal: considérablement plus élevés à proximité des touffes de jujubiers ou à l'emplacement des plantations de cactus, ils sont, par contre, nettement plus faibles dans les zones dénudées par la mise en culture ou le surpâturage.

L'analyse faite en 1962 par le laboratoire des sols de Bondy⁽¹⁾ de 34 échantillons de sols bruns steppiques sableux, prélevés dans la région à des profondeurs variant entre 0-25 cm et 0-30cm, a donné des résultats, exprimés en grammes de matière organique pour cent de terre sèche, qui s'étagent entre 0,25 et 1, la moyenne étant de 0,5. Ces dosages ont été effectués suivant la méthode de Anne⁽¹⁾.

(1)-Analyse des sols steppiques. A. Combeau chef du service de physique des sols de l'ORSTOM-Dossier 359 non publié.

(1)-Anne P. 1945--Dosage du carbone organique du sol Ann.Agr.Série A.- p.165.

2°)- Données concernant l'état du sol en Avril 1966

a)- Observation

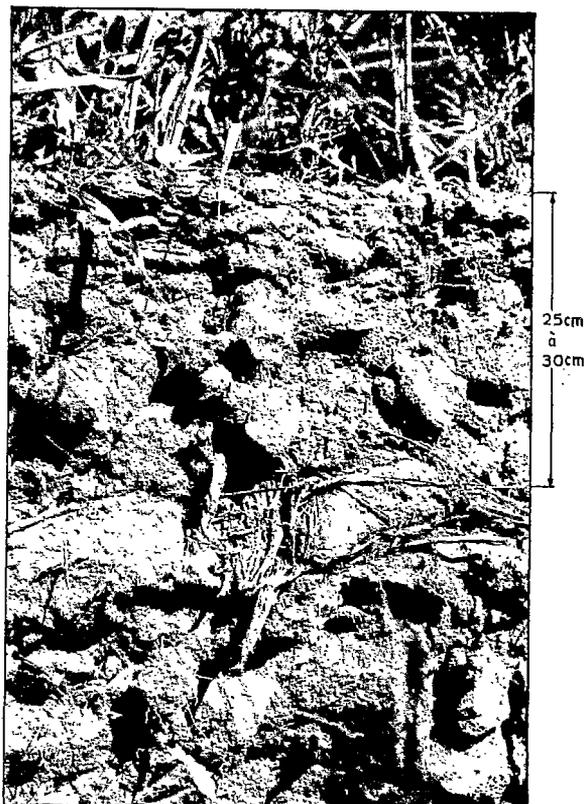
- Les profils situés à l'extérieur et à proximité immédiate du périmètre présentent un aspect comparable à celui des sols bruns steppiques observés en 1962, caractérisé par la pénétration régulière de la matière organique en profondeur.

Sur certains de ces profils, l'effet des façons culturales réalisées pour les cultures en sec se manifeste nettement par l'homogénéisation de la couche atteinte par les travaux.

Tous les profils situés à l'intérieur du périmètre sont nettement caractérisés par l'apparition d'une discontinuité marquée correspondant au fond du labour.

Dans beaucoup d'entre eux, nous observons une répartition très régulière de la matière organique dans l'ensemble de la couche arable.

Dans d'autres, nous remarquons au fond du labour des couches continues ou des amas de débris organiques localisés résultant de l'enfouissement des résidus de récolte.



b)- Analyse du carbone total-répartition dans le profil

Les indications données N°s 1-4 -5-6... les taux de matière organique des horizons 0-10cm sont peu différents de ceux des horizons 10-30cm ils n'en est pas de même dans les profils 3-12-13 cm...dans lesquels la présence de débris de culture enfouis se manifeste par un accroissement marqué du taux de matière organique dans l'horizon 10-30cm.

	TAUX DE MATIERE ORGANIQUE EN %		
	P R O F O N D E U R		
	de 0 à 10cm	de 10 à 30cm	de 30 à 60 cm
Profil n° 1	0,43	0,43	0,26
" 3	0,48	0,91	0,36
" 4	0,43	0,45	0,28
" 5	0,40	0,38	
" 6	0,38	0,40	0,31
" 12	0,47	0,78	0,24
" 13	0,47	0,66	0,33

Remarquons que la plupart des profils situés à l'emplacement d'anciennes luzernières (N°3 - 4 - 12 -13) présentent des taux de matière organique élevés dans l'horizon 10-30cm. Cette accumulation a été provoquée par l'enfouissement des racines et des résidus de récolte au fond du labour.

c)- Compaïson des taux de matière organique contenue dans des échantillons prelevés à l'extérieur du périmètre dans les parcelles de culture intensive et dans les parcelles de culture extensive.

Dans le but d'établir un premier bilan organique des sols nous avons prélevé 3 séries de 30 échantillons :

- une série à l'extérieur et à proximité immédiate du périmètre
- une série dans les parcelles cultivées en blé (culture extensive)
- une série dans la parcelle 1 cultivée en luzerne jusqu'en 1965 puis en vesce-orge en 1965-1966.

Il nous est apparu en effet qu'il était plus rigoureux de comparer des échantillons prélevés au même moment dans les sols des parcelles cultivées et dans ceux situés à proximité immédiate et qui n'ont pas été modifiées par la mise en culture que de comparer les seuls résultats obtenus à plusieurs années d'écart par des laboratoires différents. Cette méthode nous permet d'écarter toute variation qui pourrait être due soit à la date du prélèvement (fluctuations saisonnières) soit aux méthodes d'analyse.

Les 90 échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire des sols de Gabès en utilisant la méthode de Anne.

Précisons également qu'un bilan ne peut valablement porter que sur les gains et les pertes de l'ensemble de la couche arable. Tous les prélèvements ont donc été effectués sur toute la profondeur du labour (soit de 0 à 30 cm).

La moyenne des résultats obtenus pour les 30 échantillons prélevés à l'extérieur du périmètre est égale à 0,479%. Elle est très voisine du chiffre obtenu en 1962 (0,5 %).

La moyenne des résultats obtenus pour les échantillons prélevés dans le périmètre de culture extensive est sensiblement plus élevée = 0,584 %. La différence est significative au seuil de 0,05.

La moyenne des résultats obtenus pour les échantillons prélevés dans le périmètre de culture intensive (parcelle N°1 - Vesce-orge sur ancienne luzernière) est nettement plus élevée = 0,660%. La différence avec les taux de matière organique des échantillons prélevés à l'extérieur est hautement significative au seuil de probabilité de 0,01.

Il y a donc un accroissement du taux de matière organique total lié à la mise en culture irriguée.

FRACTIONNEMENT DENSIMETRIQUE DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL
CARACTERISATION DES FRACTIONS

DESIGNATION DES ECHANTILLONS (PRISE D'ESSAI 20 g)		FRACTION PEU DENSE Fe (de 2)				FRACTION DENSE Fe(d 2)		T C T A L				
		Fe (mg)	Cmg dans 1g de Fe	C/N	Cmg(de Fe) dans un g de terre	Cmg(de Fe) dans 1g de terre	C/N	C % TOTAL	C % Fe TOTAL	N % TOTAL	C/N TOTAL	
<u>NON CULTIVE</u> <u>NON IRRIGUE</u>	EXTERIEUR DU PERIMETRE	72,6	190	18,2	0,68	2,59	8,9	3,27	20,8	0,33	10	
<u>CULTURE EX-TENSIVE</u> (Irrigation Période Hivernale)	CHOUX FOURRAGERS	63,5	233	14,8	0,73	1,74	11,5	2,47	29,6	0,21	11,7	
	Blé	121,9	198	18,2	1,21	2,25	10,3	3,46	35,0	0,28	12,4	
	RAY GRASS	96,9	262	19,0	1,26	1,82	11,6	3,08	40,9	0,22	14	
<u>CULTURE INTENSIVE</u> (Irrigation toute l'année)	VESCEORGE APRES COTON	143,5	212	18,4	1,51	2,13	9,9	3,64	41,5	0,30	12,2	
	VESCEORGE APRES ARACHIDE	87,2	241	15,4	1,02	2,16	11,5	3,18	33,1	0,25	12,7	
	VESCEORGE APRES ARACHIDE	107,5	235	17,2	1,22	2,20	9,8	3,42	35,6	0,30	11,4	
	VESCEORGE APRES LUZERNE	159,0	215	16,0	1,51	2,35	9,4	3,86	39,0	0,35	11,0	
	VESCEORGE APRES LUZERNE	115,9	215	15,4	1,19	1,65	10,0	2,84	41,9	0,24	11,8	

d)- Fractionnement de la matière organique
prélèvement à l'extérieur du périmètre et
dans les différentes parcelles

La matière organique contenue dans les sols provient des racines des plantes herbacées (sols steppiques), des débris végétaux laissés par les récoltes et des amendements organiques. Au cours du premier stade cette matière organique, peu décomposée reste juxtaposée à la masse minérale du sol. Elle est susceptible d'une évolution rapide lorsque les conditions sont favorables. Sous l'effet des micro-organismes, ces transformations donnent des produits qui se fixent aux constituants minéraux du sol et qui sont relativement stables.

Les taux de matières organiques cités plus haut concernant les matières organiques totales, c'est-à-dire la somme des matières organiques libres et des matières organiques liées, assimilables à l'humus. Comme les premières peuvent constituer une fraction très variable du total, on voit qu'il est difficile d'interpréter comme une variation du taux d'humus une variation du taux de matières organiques totales, surtout si la comparaison porte sur des prélèvements effectués à des stades différents de la rotation.

Il est possible de séparer et de doser ces deux fractions par la méthode de HENIN TURC et MONNIER(1).

Dans le but d'effectuer ces analyses, nous avons prélevé en avril 1966, à l'extérieur du périmètre et dans différentes parcelles des zones de culture extensive et intensives, des échantillons qui ont été constitués par le mélange de 20 carottes prélevées à la sonde, de la surface jusqu'au fond du labour (de 0 à 30 centimètres) en différents points répartis sur l'ensemble des parcelles étudiées.

Ces échantillons ont été analysés par nous mêmes durant l'été 1966, au laboratoire des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique à Versailles.

L'ensemble des résultats obtenus figure dans le tableau ci-contre.
INTERPRÉTATION :

- Les matières organiques libres sont représentées par la
fraction peu dense Fe
Taux de matière organique libre

Dans tous les cas, la mise en culture irriguée a entraîné une augmentation de la fraction libre.

Cette fraction, exprimée en milligrammes de carbone (de la fraction peu dense) dans un gramme de terre est de 0,68 dans l'échantillon prélevé à l'extérieur du périmètre.

Elle n'est que très légèrement accrue dans la parcelle cultivée en choux fourragers.

Elle est presque doublée dans certaines parcelles cultivées depuis l'année 1963-64 en culture irriguée extensive (blé=1,21).

L'importance des débris de récolte laissés par certaines cultures intensives explique l'augmentation marquée, observée à leur emplacement, plusieurs mois après leur enfouissement.

Dans la parcelle I, cultivée en luzerne de 1963 à 1965, le taux de matière organique libre (exprimé en Cmg de Fe dans 1 gramme de terre) atteint 1,51.

Le résultat beaucoup plus faible observé à l'emplacement de l'ancienne luzernière de la parcelle 5 doit être attribué à l'insuccès de cette culture, probablement imputable à des essais de dose d'irrigation limités pendant la période chaude, et qui s'est traduit par l'obtention de rendements sensiblement plus faibles (production moyenne annuelle : 13.500 kgs/ha en 1964 contre 18.950 kgs/ha dans la parcelle N°1).

On notera également l'importance de la fraction libre à l'emplacement d'anciennes cultures de coton (1,51) et la quantité beaucoup plus faible relevée sur les parcelles anciennement cultivées en arachides (1,02 et 1,22).

Caractérisation de la matière organique libre

- Les taux de carbone contenu dans la fraction peu dense exprimés en mg de carbone dans 1 g de Fe varient assez peu (entre 190 et 240). Ils atteignent leur maximum (240) dans les parcelles anciennement cultivées en arachides.

- Les rapports C/N dosés dans cette fraction sont plus révélateurs. On notera les valeurs les plus faibles observées à l'emplacement des cultures de coton (18,4) ou de blé (18,2). Elles se rapprochent de celles obtenues sur des échantillons prélevés à l'extérieur du périmètre (18,2).

Les matières organiques liées sont assimilables à l'humus

- L'importance de cette fraction est exprimée en milligrammes (de la fraction dense) contenus dans 1 gramme de terre.

La valeur la plus élevée est obtenue par les échantillons prélevés à l'extérieur du périmètre : 2,59.

Dans tous les cas, la mise en culture a donc entraîné une diminution du taux de matière organique liée (assimilable à l'humus)

Dans le périmètre extensif, cette diminution est peu marquée pour les parcelles cultivées en céréales (2,25). Elle est par compte assez forte pour celle cultivée en choux fourragers (1,74).

En culture intensive, il semble que les restitutions compensent en partie les pertes à condition que la quantité de matière organique disponible dans le sol reste élevée.

Si l'emplacement d'une luzernière bien réussie (parcelle n°1) se marque par un taux plus élevé de matière organique liée (2,35); celui d'une luzernière mal venue (parcelle n°5) dont l'échec serait du à des essais de doses d'irrigation, se marque par une diminution très nette du taux de matière organique liée (1,65).

- Les rapports C/N des fractions denses sont relativement constants et voisins de 10. Les différences sont trop faibles pour donner lieu à une interprétation.

Le taux de carbone total cumule les deux fractions ,dense et légère.

Le rapport $\left(\frac{C \% \text{ Fe}}{C \% \text{ total}} \right)$ nous renseigne sur l'importance relative des deux fractions

Si la fraction peu dense ne correspond qu'à 20 % du carbone total dans l'échantillon prélevé à l'extérieur du périmètre, on constate, par contre, que, dans tous les sols des parcelles irriguées, ce pourcentage varie entre 29,6 et 39. Il est particulièrement élevé dans les parcelles cultivées en Ray Grass, Vesceorge après coton et luzerne bien réussie (parcelle n°1).

En résumé : Il semble donc que la mise en culture irriguée ait entraîné dans tous les cas une augmentation de la fraction peu dense (qui correspond à de la matière organique libre, labile : résidus de récolte etc...) et une diminution plus ou moins marquée de la fraction dense (qui correspond de la matière organique stable = humus).

Nous rappellerons brièvement l'action des différentes fractions organiques sur les propriétés physiques du sol.

L'accumulation de matière organique libre est susceptible de modifier dans un sens favorable ou défavorable les caractéristiques physiques du sol (effet du mulch freinant le dessèchement de la partie supérieure du sol, accélération de la pénétration de l'eau, atténuation des effets de battance, développement de la faune du sol ou obstacle mécanique ou développement des racines restreignant le volume du sol exploité (voir profil cultural chapitre n°)).

Lorsque les conditions sont favorables ces matières organiques fermentent.

Il y a alors un risque de blocage de l'azote minéral sous une forme organique non assimilable, ce risque est d'autant plus grand que le rapport C/N de la matière organique labile est plus élevé. Il est particulièrement élevé lorsque l'apport de matière organique est l'un des premiers de quelque importance effectué sur la parcelle (enfouissement de gros tonnages de matière organique dans des parcelles récemment mises en cultures irriguées).

Le risque d'asphyxie des racines par " gleyfication " d'une couche de sol contenant de la matière organique récemment enfouie est peu élevé dans les sols sableux du périmètre. En avril 1966 nous n'avons observé en aucun endroit la formation de gley.

Les fermentations peuvent également avoir des effets favorables sur la structure. Les substances transitoires formées se fixent à la surface des agglomérats de terre et se comportent alors comme des enduits protecteurs entraînant une amélioration de la stabilité structurale, d'autant plus importante que les matières enfouies sont plus fermentescibles et qu'elles sont mieux mélangées au sol.

L'humus étant relativement stable, les propriétés physiques qu'il commande le sont aussi. Mais nous avons donc ici affaire à un " Fond " qu'il faut surtout s'attacher à maintenir à un niveau suffisant en assurant au sol un bilan humique en équilibre.

Ayant constaté que l'évolution des sols du périmètre se traduisait par une forte augmentation du taux de matière organique libre et une diminution marquée du taux d'humus, le problème qui se pose maintenant à nous, est de prévoir comment peut se poursuivre cette évolution. Pour cela, il nous faut entreprendre une étude de bilan.

3)- Bilans de matière organique des sols du périmètre

a)- Théorie

Le problème des bilans de matière organique a été traité par S. Hénin dans " le profil cultural " : (1).

"Soit A la matière organique labile contenue dans le sol, l'apport annuel et x un paramètre de restitution englobant la minéralisation d'une partie de la matière organique fraîche par action microbienne et la transformation d'une autre partie en humus. Nous pouvons écrire t étant le temps (Hénin et aliter 1959).

$$dA/dt = m - xA$$

d'où

$$A = (A_0 - \frac{m}{x}) e^{-xt} + \frac{m}{x} \quad (1)$$

à l'équilibre, t croissant indéfiniment, on obtient $A = \frac{m}{x}$ soit maintenant B la quantité de matière organique stable ou d'humus dans le sol, K_1 le coefficient isohumique, c'est à dire la fraction de matière organique fraîche transformée en humus et K_2 le paramètre de destruction de l'humus par minéralisation.

On peut écrire :

$$dB/dt = K_1 A - K_2 B$$

d'où en remplaçant A par sa valeur obtenue en (1)

$$B = (B_0 - \frac{K_1 m}{K_2}) e^{-K_2 t} + \frac{K_1 (A_0 - \frac{m}{x})}{x - K_2} (e^{-K_2 t} - e^{-xt}) \dots + \frac{K_1 m}{K_2}$$

à l'équilibre on obtient $B = K_1 m / K_2$. Ces équations permettent de représenter l'ensemble des cas existants dans le milieu naturel ".

b)- Les éléments du bilan.

Avant l'installation du périmètre irrigué, les sols se trouvaient vraisemblablement dans un état d'équilibre.

La mise en culture irriguée a modifié considérablement certains des éléments du bilan

(1) S. Hénin " Le profil Cultural " P. 275.

La valeur de m. apport annuel de matière organique s'est trouvée considérablement accrue

La seule quantité de matière organique laissée par les racines a été augmentée dans des proportions qui varient de 2,5 à 3 pour le blé, à 4 ou 5 pour la vesce-orge et a plus de 10 pour le Ray grass.

L'ensemble des résidus laissés par certaines cultures peut être évalué à 7.000 kgs de matière sèche/hectare pour une luzerne de 2 ans, 5.200 kgs de matière sèche/hectare pour un maïs (50 quintaux) dont seuls les grains sont exportés, 2.000 à 4.000 kgs de matière sèche/hectare pour de l'orge ou du blé⁽¹⁾.

La valeur de K1 coefficient isohumique a été modifiée suivant la nature des matières organiques enfouies :

0,10 à 0,20 pour les pailles, 0,20 à 0,30 pour la luzerne ou les résidus de prairie⁽²⁾.

Simultanément il apparaît que K2, paramètre de destruction de l'humus par minéralisation a été fortement accru. Ce coefficient étant sans doute très faible (inférieur à 0,01) dans les sols steppiques soumis à de longues périodes de grande sécheresse qui se prolongent souvent durant la plus grande partie de l'année. Il était sans doute encore limité par le caractère continental du climat, froid pendant l'hiver, très chaud en été.

L'irrigation a sans doute fortement augmenté la valeur de K2. Celle-ci est estimée à 0,020 pour des sols irrigués en région chaude. ⁽³⁾K2 est sans doute sensiblement moins important dans les sols du périmètre extensif qui ne sont cultivés qu'en période froide.

Sous l'effet de l'augmentation brutale de l'apport annuel, de matière organique, il y a eu augmentation progressive du stock de matière organique libre contenue dans le sol qui a doublé en trois ans de cultures dans la parcelle n°1 (luzerne bien réussie) alors qu'il augmentait seulement de près de 50 % dans la parcelle n°5 (luzerne mal venue).

(1)- Gouère A. 1945. Cité par S.Hénin dans " le profil cultural" p.278.

(2)- S.Hénin. Le profil cultural p.277

(3)- Morel. Cité par S.Hénin dans " le profil cultural" p.277.

Les restitutions d'humus se sont accrues progressivement au fur et à mesure que se développait la masse de matière organique libre contenue dans le sol. Sans doute très faible durant la première année dans les luzernières en voie d'installation, elles ont dû sans doute atteindre un niveau beaucoup plus élevé en 1965-66.

Tandis que les restitutions augmentaient lentement, les pertes d'humus par minéralisation se sont sans doute développées très rapidement dès la mise en irrigation. Il n'est pas étonnant que dans ces conditions le bilan humique ait été très déficitaire durant les premières années ce qui explique la chute du taux de matière organique liée observée entre 1962 et 1966.

Il est vraisemblable que le sol évolue actuellement vers un nouvel état d'équilibre. Le stock d'humus correspondant à cet état dépendra essentiellement de la réussite des cultures qui seront pratiquées (dont dépendront à la fois les valeurs de m et de K).

Les meilleurs moyens d'équilibrer le bilan sont donc les suivants :

- Choix d'une rotation de culture adaptée donnant une place importante aux cultures qui apportent les restitutions humiques les plus élevées.
- Utilisation des variétés les mieux adaptées auxquelles on fournira les meilleures techniques culturales possibles.

L'évolution de deux parcelles de luzerne dont l'une a été parfaitement réussie (n°1), tandis que l'autre a été manquée (n°5) du fait de l'utilisation de doses d'eau insuffisante, est très significative à cet égard. Dans la première le stock d'humus s'est sensiblement maintenu tandis qu'il décroissait dans la seconde.

Toute culture mal réussie apparaît ainsi comme une cause de déséquilibre du bilan humique.

é)- Stocks de matière organiques contenues dans la couche arable en avril 1966.

Pour chiffrer l'importance de ces stocks il nous faut connaître le poids de la couche arable.

Les mesures de densité apparente nous ont donné des valeurs voisines de 1,6 . Nous savons par ailleurs que la profondeur atteint par les labours est très peu différente de 30 centimètres. Ces données nous permettent d'évaluer le poids de la couche arable à 4.800 tonnes/hectare.

Pour l'échantillon prélevé à l'extérieur du périmètre, contenant un taux de carbone de la fraction dense de 0,259 %, nous trouvons que le total du carbone de cette fraction contenue dans la couche arable s'élève à près de 12 tonnes/hectare, (en utilisant un coefficient de 1,73, nous trouvons que cette valeur correspond sensiblement a un stock de matière organique de la fraction dense de 20 tonnes/hectare).

Dans toutes les parcelles du périmètre irrigué, le stock de matière organique est inférieur à cette valeur. Il est de l'ordre de 18 tonnes/hectare dans la parcelle cultivée en vesce orge après coton (parcelle n°2).

d)- Possibilités d'évolution du niveau humique.

Pour étudier le sens de l'évolution possible du taux d'humus dans ces sols, nous pouvons faire un calcul avec les valeurs approchées citées par différents auteurs et qui nous donnent un ordre de grandeur.

Supposons que l'apport annuel moyen de matière organique soit de l'ordre de 3.500 kgs à l'hectare (cas d'une luzerne ou d'une prairie temporaire), que le coefficient isohumique K1 soit égal à 0,2 et que le paramètre de destruction de la matière organique K2 soit égal à 0,02.

Nous aurons à l'équilibre une quantité d'humus stable égale à:

$$\frac{0,2}{0,02} \times 3,5 = 35 \text{ tonnes/hectare.}$$

Avec un apport annuel de 2.000 kgs et un coefficient isohumique de 0,1 (cas d'une culture de blé médiocre), un paramètre K2 toujours égal à 0,02. Nous obtiendrons à l'équilibre une quantité d'humus stable égale à :

$$\frac{0,1}{0,02} \times 2 = 10 \text{ tonnes/hectare}$$

Dans le premier cas, nous pouvons prévoir une remontée du stock d'humus, à plus ou moins longue échéance, qui passera de 20 à 35 tonnes/hectare. Dans le deuxième cas, par contre, la diminution du stock d'humus va se poursuivre jusqu'à ce que celui-ci atteigne une nouvelle valeur d'équilibre voisine de 10 tonnes/hectare.

Il importe donc de suivre avec le maximum d'attention l'évolution du bilan humique sur une période suffisamment prolongée.

Signalons que ce bilan est sans doute très fortement influencé par les conditions climatiques qui correspondent aux différentes saisons. Il est vraisemblable que des prélèvements effectués en fin d'été dans les parcelles irriguées toute l'année nous auraient donné des résultats très sensiblement différents. Les paramètres de destruction de la matière organique fraîche et de minéralisation de l'humus qui dépendent de facteurs biologiques sont en effet fonction de la température du sol et de son humidité.

Si nous voulons effectuer une étude comparative d'une année sur l'autre, il importe d'effectuer les prélèvements au même moment de l'année climatique (mois d'avril).

Il serait cependant aussi utile d'étudier les fluctuations saisonnières en effectuant une nouvelle série d'analyses sur des échantillons prélevés en fin de culture de saison chaude (culture de coton, maïs ou arachide).

Il nous faut également noter que des comparaisons faites entre les bilans humiques des parcelles du périmètre d'irrigation intensive et ceux des parcelles d'irrigation extensive peuvent nous renseigner très utilement sur l'évolution que subit la matière organique dans les sols irrigués ou maintenus en jachère durant la saison chaude.

Les conclusions d'un tel travail devraient être prises en considération pour le choix de l'orientation à donner aux périmètres irrigués du centre de la Tunisie: irrigation d'hiver ou irrigation toute l'année ?.

Le périmètre expérimental de Ouled M'hamed qui groupe ces deux types d'irrigation offre un excellent terrain pour l'étude de ce problème.

Le travail que nous avons effectué n'est que l'amorce d'une telle étude; il se borne à faire le point de l'état de la matière organique du sol trois ans après la mise en culture irriguée.

L'évolution du sol a été considérablement perturbée durant ces premières années d'irrigation. L'effet des facteurs mis en oeuvre s'est traduit par une homogénéisation de la matière organique dans la couche arable, par une accumulation de matière fraîche, parfois bien répartie dans le sol, parfois localisée au fond du labour ou en lits obliques, par une diminution du taux de l'humus dû à l'accroissement rapide des pertes par minéralisation qui n'ont été compensées que progressivement par l'augmentation des restitutions organiques (dont l'importance dépendait de la masse des apports organiques laissés dans le sol par les premières cultures).

Les sols du périmètre évoluent actuellement vers un nouvel état d'équilibre. Le niveau humique correspondant à cet état dépendra du choix des rotations adoptées et du succès des cultures réalisées.

Les analyses faites en 1966 doivent permettre d'apprécier l'évolution du bilan humique dans les années à venir.

E.- Variation des taux d'argile et de calcaire, du pH et de l'indice de percolation de S.Hénin, sous l'effet de l'irrigation

Au cours du chapitre consacré à la dynamique des principaux constituants du sol, notre attention s'est porté successivement sur les problèmes de l'eau des sels solubles, de la composition ionique et de la matière organique des sols. Il nous est apparu en effet que ces domaines étaient ceux dans lesquels pouvait se manifester le plus rapidement l'influence de l'irrigation.

*

*

*

D'autres caractéristiques du sol sont également susceptibles d'être modifiées par l'irrigation. L'apport répété de lames d'eau de 30 mm en saison froide et de 80 mm en saison chaude pourrait notamment conduire à une décalcarification et à un lessivage de l'argile des sols.

Compte tenu de l'hétérogénéité des matériaux, nous ne disposons pas de suffisamment de résultats pour interpréter de façon rigoureuse l'évolution des taux de calcaire et d'argile. En 1962, dans l'horizon 0-30 cm de 12 profils étudiés dans le périmètre, les taux d'argile variaient entre 4 et 16 % ceux de calcaire entre 2,3 et 11,5 %.

L'examen des données disponibles en 1966 fait apparaître en premier lieu l'effet de l'homogénéisation dû aux façons culturales : dans l'horizon 0-30 cm sur 28 profils, les taux d'argile ne varient plus qu'entre 7 et 11 %; ceux de calcaire entre 2,4 et 10,4 %.

Sa comparaison des moyennes établies sur 12 profils en 1962 et sur 28 profils en 1966 fait apparaître, une variation en ce qui concerne l'argile :

- Pour l'horizon de 0 à 30 cm (correspondant à la couche arable)

- en 1962 - moyenne 8,2 %

- en 1966 - moyenne 9 %

- Une variation sensible en ce qui concerne le calcaire :

CALCAIRE % de terre

	1962		1966	
	Avant irrig. 12 profils	Extérieur du périm. (10p.)	Périm. extensif (12 profils)	Périmètre inten- sif (16 profils)
de 0 à 10cm	5,7	5,23	4,15	4,55
de 10 à 30cm	6,3	5,76	4,20	4,15
moyenne pour la couche arable(0-30cm)	6,10	5,56	4,18	4,28

Cette légère diminution du taux de calcaire ne constitue pas, en elle même un fait inquiétant. Elle représente cependant l'indice d'une tendance marquée au lessivage.

Cette évolution mérite d'être suivie avec attention. On pourrait craindre qu'à une phase de décalcification succède dans quelques années une phase de décalcarification responsable d'une dégradation des caractéristiques physico-chimiques du sol.

*

*

*

Il nous est apparu utile de faire figurer à la fin de ce chapitre l'étude des variations de deux valeurs qui, dépendantes de nombreux facteurs sont susceptibles de synthétiser plusieurs effets possibles de l'irrigation.

La valeur du pH dépend à la fois du complexe absorbant argilo-humique du degré de saturation, de la nature des bases fixées, de la concentration en électrolytes de la solution du sol. etc.... L'effet de l'irrigation peut être aussi ^{bien} de l'augmenter que de la diminuer (action antagonistes de la fixation du sodium ou du lessivage).

Nous avons procédé à l'étude comparative des pH de trois séries d'échantillons prélevés entre 0 et 30 centimètres (profondeur de la couche arable).

- l'une à l'intérieur du périmètre (30 échantillons)
- la seconde dans le périmètre de culture extensive-parcelle n°6 (30 échantillons).
- la troisième dans le périmètre de culture intensive parcelle n°1 (30 échantillons).

Tous les échantillons ont été prélevés au même moment dans des conditions comparables, ils ont été analysés en une seule série par le laboratoire des sols de Gabès, subdivision d'études pédologiques sous la direction de M. POUGET.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- moyenne des pH des échantillons prélevés à l'extérieur du périmètre = 8,38
- moyenne des pH des échantillons prélevés dans les parcelles de culture extensive = 8,37.
- moyenne des pH des échantillons prélevés dans les parcelles de culture intensive = 8,49.

Aucune différence significative entre les pH des échantillons prélevés à l'extérieur et ceux des échantillons prélevés dans le périmètre de culture extensive.

Différence hautement significative (prébalité 0,01) entre les pH des échantillons prélevés à l'extérieur et ceux des échantillons prélevés dans le périmètre de culture intensive.

Précisons qu'au moment des prélèvements les parcelles n°1 et n°6 c'étaient cultivées de façon identique en vesce-orge. Les précédents culturaux étaient, dans la parcelle n°6 C une jachère, dans la parcelle n°1 une luzerne.

L'accroissement de 0,1 unité pH observé seulement dans les parcelles de culture intensive pourrait être attribué à l'action de certains traitements (utilisation d'engrais ammoniacaux). Il se peut également qu'il soit une conséquence de la fixation du sodium sur le complexe absorbant (voir chap. III. C-).

Cette évolution du complexe risque de se manifester par une dégradation des caractéristiques physiques du sol. Un des tests les plus sensibles à cette dégradation est le test de percolation de S. Hénin ⁽¹⁾ qui présente par ailleurs l'avantage d'être particulièrement adapté à l'examen des sols dont la teneur en argile est inférieure à 10 %.

L'indice K de S. Hénin nous renseigne, en fait, sur le comportement de la terre en milieu concentré, or il apparaît que celui-ci, dépendant de nombreux facteurs, est très fortement influencé par le sodium du complexe.

Le laboratoire de Gabès (S.S.E.P.H. groupe - H.E.R.) a effectué à notre demande des tests de percolation sur 3 séries de 6 échantillons agronomiques dont chacun était constitué par 5 carottes prélevées à la sonde à humidité de 0 à 30 cm de profondeur.

- une série à l'intérieur du périmètre
- une série dans la parcelle de culture extensive n°6 C.
- une série dans la parcelle de culture intensive n°1.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

- moyenne $\log_{10} K$ extérieur du périmètre = 2,05
- moyenne $\log_{10} K$ culture extensive = 1,99
- moyenne $\log_{10} K$ culture intensive = 1,75.

La valeur relativement élevée des indices indique que la comportement des sols en milieu concentré ^{est} encore dans tous les cas favorable. Ceci est bien en accord avec les observations faites à la suite des irrigations (voir chapitre -III - C).

Aucune différence significative n'apparaît entre l'indice de percolation des échantillons prélevés à l'intérieur et celui des échantillons prélevés dans la parcelle d'irrigation extensive.

(1) " Le profil cultural " - S. Hénin p. 130.

La différence est par contre nettement significative entre l'indice de percolation des échantillons prélevés à l'intérieur du périmètre et celui des échantillons prélevés dans la parcelle d'irrigation intensive (probabilité 0,05).

La différence est également significative entre l'indice de percolation des échantillons prélevés dans le périmètre d'irrigation extensive et celui des échantillons prélevés dans le périmètre d'irrigation intensive.

Précisons que dans ce cas encore, les prélèvements ont été effectués au mois d'avril au moment où les parcelles n°6 C et n°1 étaient cultivées de façon identique en vesce-orge. Les précédents cultures étaient pour la parcelle n°6 C une jachère, pour la parcelle n°1 une luzerne semée en avril 1963 et labourée fin octobre 1965.

Cette circonstance nous permet d'établir cette comparaison sans tenir compte de l'influence possible des traitements appliqués à l'une et l'autre parcelle depuis octobre 1965.

Il apparaît donc qu'en trois ans de culture, le comportement de la terre en milieu concentré n'a pas été sensiblement modifié en irrigation extensive mais a subi l'effet d'une dégradation perceptible en irrigation intensive.

Les variations décelées par ce test restent faibles et sans conséquences notables pour les cultures. Nous pensons qu'elles doivent être attribuées pour une part à l'effet d'une faible alcalisation.

Cette évolution mérite d'être suivie avec la plus grande attention. Les caractéristiques physiques des sols irrigués tendent-elles actuellement à se stabiliser ou à se dégrader ? Seules des observations attentives, répétées de saison en saison et d'année en année permettront de suivre et éventuellement de modifier les processus qui se sont amorcés depuis la mise en irrigation.

CONCLUSIONS

Cette étude de la dynamique des principaux constituants du sel sous l'effet de l'irrigation, effectuée en mars 1966, trois ans et demi après l'installation du périmètre ne nous a permis d'entrevoir que les mécanismes qui interviennent avec des vitesses, des périodicité ou des amplitudes qui les rendent accessibles à nos moyens d'investigation.

Au cours de cette mission de un mois, nous avons été ainsi en mesure de suivre l'évolution d'un profil hydrique entre deux irrigations (10 jours) mais nous n'avons pu étudier ni les variations saisonnières du bilan hydrique des sols, ni les fluctuations de la salure au cours de l'année climatique, ni les éléments qui, tout au long d'un cycle cultural interviennent sur le bilan de la matière organique.

Il apparait de la sorte que nos connaissances sont en défaut en ce qui concerne les processus liés aux cycles des cultures et des saisons. Elles ce sont également pour tout ce qui a trait aux processus d'évolution plus lents qui mettent en oeuvre des réactions d'échange ionique, de solubilisation ou de dispersion.

Pour ces dernières, il ne nous a été possible que de faire le point d'une situation à un moment donné et non pas d'étudier l'évolution même des phénomènes qui tendent à réaliser dans le sol un nouvel équilibre dépendant des conditions installées par l'irrigation. L'interprétation dynamique des données disponibles ne pourra être faite dans ce domaine qu'à la lumière de nouvelles observations et analyses.-
