

0076

LES SOLS SODIQUES EN AFRIQUE DU NORD.



par G. AUBERT

Professeur de Science du Sol - Orstom.

Les sols sodiques aussi appelés sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles — plus solubles que le gypse — dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons — ou de tout leur ensemble — sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels, en particulier du sodium.

La présence de ces sels dans la solution du sol et l'apparition d'une structure dégradée, diffuse, et d'une compacité excessive, le plus souvent même à l'état sec, mais au moins à l'état humide, ont une influence sur la végétation, qui généralement se spécialise et dont la croissance diminue, irrégulièrement, dans le temps et dans l'espace; elle peut même disparaître, laissant place à un sol nu ou parfois recouvert d'un simple voile organique. Ce sol nu présente souvent en saison sèche en surface des lamelles peu épaisses, plus ou moins durcies, recouvrant un horizon poudreux de pseudosable, toujours mêlé de cristaux de sels, ou ce pseudosable lui-même. Ailleurs il peut être recouvert d'efflorescences cristallines blanches ou grises ou d'une croûte saline, ou de produits noirs, humiques mêlés de cristaux de carbonate de soude. Ailleurs encore il peut rester toujours humide, même en saison sèche, par suite de sa richesse en sels hygroscopiques.

Ces sols ont une grande extension dans les trois pays du Maghreb. Elle est due aux conditions arides ou semi-arides d'une grande partie de cette région où les possibilités d'évaporation sont considérables et les précipitations pluviales limitées; à la présence fréquente de dépôts géologiques salifères, par exemple du Trias, du Miocène, du Pliocène ou même du Quaternaire... et de nappes phréatiques ou artésiennes salées; à la succession des événements, variations climatiques et phénomènes de sédimentation, au cours des Temps quaternaires. Les sols sodiques ne sont pas toujours utilisables; ils ne peuvent l'être que moyennant diverses précautions.

Dans certains cas leur mise en valeur nécessite de ne pas laisser croître leur teneur en sels et de ne réaliser que des cultures adaptées, orge, luzerne, cotonnier, palmier-dattiers etc...; dans d'autres il faut commencer par dessaler le sol et en améliorer la structure, ce qui est, souvent, possible (C.R.U.E.S.I.).

O.R.S.T.O.M.

Ann. l'Ins. Nat. Agron. (El Hamach) Alger. Fonds Documentaire 1876
N° : 82/76/01402

Cote 3 B -

Date 19 MAI 1962

I. PEDOGENESES EN MILIEU HALOMORPHE ET TYPOLOGIE DES SOLS SODIQUES.

A. *L'origine* des sels solubles dans les sols est très variée. L'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, donne des sels souvent solubles, en particulier carbonates et bicarbonates, parfois silicates, de ces métaux. En région aride ceux-ci se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage. Parfois en zone endoreïque, ils peuvent être apportés par les rivières qui viennent s'y jeter, provenant de régions bien plus humides. Tel est le cas du lac Tchad et de ses environs où s'accumulent les sels formés dans les massifs cristallins du Cameroun, de République Centrafricaine et du Centre-Est du Tchad même. Cette région vient d'être étudiée par un minéralogiste, MAGLIONE et deux pédologues, dont l'un plus géomorphologue, J. PIAS et CL. CHEVERRY.

Les sels peuvent aussi provenir de la mer. Elle peut en enrichir les sols lors de raz de marée; ou lors de sa pénétration dans les estuaires ou zone de deltas des fleuves ou lorsque ceux-ci se forment sur des sédiments qui ont, peu à peu, comblé un golfe comme c'est le cas pour la basse vallée de la Medierdah, ou lorsqu'elle est en relation avec des nappes phréatiques peu profondes; le cas en est fréquent en Afrique du Nord comme sur la côte Sud méditerranéenne en France.

L'origine des sels peut aussi se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents (G. GAUCHER). Ils peuvent être eux-même roche-mères des sols. Ils peuvent aussi fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes phréatiques plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines, ou qui les répandent à leur surface lors des crues. Une étude de ce cas a été faite dans la plaine de Kairouan par K. BELKHODJA. Ces sels dissouts dans les nappes phréatiques et nappes artésiennes, aussi bien que fleuves et oueds, se retrouvent dans les eaux d'irrigation, et peuvent saler les sols si les précautions nécessaires ne sont pas prises. Même sans que l'homme intervienne, l'arrivée à la surface des eaux de ces nappes en certains points (chotts) ou en certaines années très pluvieuse, peut donner naissance à des terrains très salés ou provoquer leur extension.

Enfin le vent peut causer l'apparition de phénomènes de salure sur des sols qui en étaient indemmes, en y déposant les éléments de pseudosable sale et les cristaux de sels qui y sont mêlés et formés à la surface de sols très salés à alcali en particulier à la bordure de Sebkhes. Ce processus a été étudié dans ces pays, en particulier par K. BELKHODJA et J. BOULAINÉ.

Que les sels solubles soient ainsi mis en place à la surface du sol, dans son matériau originel, dans la nappe phréatique peu profonde ou dans la nappe artésienne sous-jacente, ils sont rapidement remis en mouvement dans l'ensemble du profil par remontée de la nappe ou par phénomènes de capillarité favorisés par l'évaporation directe ou par l'intermédiaire de la végétation, ou

sous l'influence des pluies ou des eaux d'irrigation ou d'inondation. La richesse relative en ces divers sels de chacun des horizons varie dans un même profil du fait des réactions d'échange cationique entre le sol et sa solution, mais aussi par suite des taux et vitesses de dissolution ainsi que viscosité différents des divers ions et sels (en particulier A. JABER). L'activité microbienne peut également provoquer la modification de certains sels tels que les sulfates (Y. DOMMERMES, MHIRI).

Les mouvements ne se produisent pas toujours verticalement, descendants ou remontants, mais parfois obliquement. De tels phénomènes peuvent produire la salure et l'alcalisation d'horizons sous-jacents à la croûte calcaire comme dans le Zebra, dans le nord du Maroc (RUELLAN).

B. La *richesse* du sol en sels solubles ou en ions alcalisant tels que le sodium, se répercute dans sa morphologie, en surface et plus ou moins en profondeur.

La *surface* des sols sodiques est parfois couverte d'une véritable croûte saline. Il en a été décrit par H. DURAND. Elles ne sont pas épaisses et d'une certaine extension, semble-t-il, que dans les régions de Chotts ainsi que dans certaines dépressions endoréiques comme au Sud de Sousse et au Sud de Kairouan en Tunisie (K. BELKHODJA) ou dans certaines oasis des zones Sahariennes.

Le plus souvent ce ne sont que des efflorescences qui apparaissent à la surface de ces sols: salant blanc des sulfates et chlorures parfois bicarbonates de sodium et de magnésium, ou de gypse, ce dernier pouvant y devenir prépondérant.

Les sols sodiques à salant noir et carbonate de sodium n'ont pas été signalés de façon certaine dans le Maghreb; le sol enterré noir à alcali et pH élevé, décrit par K. BELKHODJA dans la plaine de Kairouan en serait un cas particulier, non typique.

En surface aussi, très fréquent dans les sols très salés à alcali, apparaît un horizon de quelques centimètres de « pseudosable », plus ou moins limoneux ou argileux, souvent recouvert — au moins à certaines périodes de l'année — d'une lamelle argileuse ou limono-argileuse de 0,5 à 2 cm d'épaisseur. La microdivision en pseudosable du matériau floculé par les sels (conductivité de au moins 40 à 50 millimhos) est due à l'effet mécanique de la cristallisation des chlorures (J. SERVANT).

Lorsque le milieu est riche en calcium et relativement peu en sulfates, le salant blanc de surface peut présenter une forte teneur en chlorures de Calcium et de magnésium en même temps que de sodium. C'est le salant hygroscopique, observé en particulier sur les Hauts Plateaux algériens (M. POUGET).

Dans les cas précédents la surface du sol est très salée et le profil salin est « remontant » (K. BELKHODJA, J.P. COINTEPAS, P. ROEDERER). Dans d'autres sols, le profil salin est « descendant », la salinité étant maximum à moyenne profondeur ou tout à fait en profondeur (types B et D de J. SERVANT). La surface du sol peut être alors encore assez salée et il se développe en saison sèche une polyonation et une certaine boursouffure des éléments ainsi définis (K. BELKHODJA); ailleurs, lorsque les horizons superficiels pas trop sableux sont peu salés, mais riches en sodium — et souvent magnésium — échangeables, la structure devient fondue, très massive; le sol présente souvent des fentes de dessiccation très irrégulières. De tels sols peu salés à alcali, argileux ou limono-argileux, sont particulièrement étendus dans la plaine d'El Kelaa des Srahna ou dans le Haouz de Marrakech (CONCARET, MAHLER, S. TOUJAN).

Les processus pédogénétiques peuvent aussi modifier la morphologie des horizons de *moyenne profondeur*.

Dans les sols salés assez argileux, comportant une nappe salée à moyenne profondeur, apparaissent des pseudomycéliums dits « gypso-salins », mais, en fait, essentiellement gypseux.

Il a été montré expérimentalement (A. JABER, A. MASSOUMI) qu'ils se forment par dépôt du gypse qui prend naissance à la suite des échanges d'ions entre celui-ci et la solution qui le traverse en remontant de la nappe phréatique par capillarité.

Dans certains sols il peut y avoir un véritable stockage du gypse à moyenne profondeur. Dans les pseudomycéliums, les cristaux sont liés aux vides du matériau, disposés soit parallèlement, soit perpendiculairement à la surface des vides. Dans le cas des accumulations plus importantes, il s'agit de gypse intramatriciel, souvent observé dans des horizons limoneux (J. SERVANT).

Enfin le gypse constitue parfois un véritable encroûtement qui est en même temps salé. Il peut alors se trouver plus en profondeur, lié aux mouvements d'une phréatique séléniteuse et salée.

La présence d'une telle nappe provoque, par suite des processus de réduction, le développement d'un horizon de gley. Dans un milieu riche en sulfates, cela cause l'apparition de sulfures, en particulier de sulfures de fer, d'où la teinte gris acier à noire de ces horizons. Drainés, ils s'oxydent donnant naissance à de l'acide sulfurique ce qui provoque une très forte baisse de pH. Ces sols halomorphes à sulfures acidifiants sont les analogues en zones continentales de ceux des régions littorales, sols de mangroves par exemple.

Certains sols sodiques sont pauvres en sels solubles dans tout leur profil mais peuvent présenter à moyenne profondeur ou même en profondeur un horizon à structure dégradée sous l'effet d'un excès de sodium échangeable alors que leurs horizons supérieurs sont mieux structurés. De tels sols peu

salés.
ils y
L
D
facile
type d
matique
exister
quelqu
dosable
Oranie
riaux s
En
neurs e
fils, on
chaks. S
salés, S
La
salé, est
d'une sa
bre de f
tiques d
etc... Au
tielle (K
DERER).
types sui
en surfac
à moyenn
La co
née pour
C. La
saisonniers
dans ce de
les sols tr
classificati
française)
— La
morpholog
subies par
sels soluble
voquer la

salés à alcali profond n'ont pas été décrits très fréquemment dans le Maghreb; ils y existent par places comme dans le Nord du Maroc.

Les sols vertiques alcalisés de la plaine de Kairouan s'en rapprochent.

Dans les sols à alcali, non salés, au moins en surface, l'argile sodique est facilement dispersée: elle peut être lessivée et s'accumuler en profondeur. Ce type de sol sodique lessivé (ou solonetz) à horizon argilique à structure prismatique ou même colonnaire (prismes à sommets arrondis) ne paraît pas exister ou très localement en Afrique du Nord. Certains qui s'en rapprochent quelque peu, formés sur les matériaux dus à l'accumulation d'anciens pseudosables, ont été décrits par J. BOULAINÉ au bord de la Sebkhâ bou Ziâne en Oranie et par K. BELKHODJA dans la plaine de Kairouan, et sur des matériaux sableux à sabloargileux en bordure du Gharb au Maroc.

En fonction des caractères morphologiques précédents ainsi que des teneurs en sels solubles et en sodium échangeable des divers horizons des profils, on peut distinguer en Afrique du Nord les principales catégories: Solonchaks, Sols salins, Sols à alcali très salés, Sols à alcali peu ou moyennement salés, Solonetz (peut-être).

La teneur en sels solubles des différents horizons d'un sol sodique ou salé, est très variable d'un sol à l'autre bien entendu, et, pour un même sol, d'une saison à l'autre. Cependant ces variations sont dues à un certain nombre de facteurs, climatiques, topographiques, biotiques, ou tels que caractéristiques des sols et des sels, présence ou absence d'une nappe phréatique salée etc... Aussi l'étude de ces « profils salins » est-elle considérée comme essentielle (K. BELKHODJA, J. BOULAINÉ, J.P. COINTEPAS, M. EL FEKIH, P. ROEDERER). Elle est actuellement précisée par J. SERVANT qui en distingue 4 types suivant l'allure des courbes représentatives et la position du maximum: en surface, en profondeur, à moyenne profondeur, ou à la fois en surface et à moyenne profondeur.

La considération du type de profil salin à un moment déterminé de l'année pourrait être un élément de classification.

C. *La Classification* des sols sodiques est délicate du fait des variations saisonnières ou sous l'action de l'homme qu'ils peuvent subir. En particulier, dans ce dernier cas, elles peuvent être extrêmement importantes comme dans les sols très sableux des oasis du Sud Tunisien (EL FEKIH). Dans certaines classifications ils sont considérés dès le niveau supérieur (Classification russe, française); dans d'autres à un niveau beaucoup plus bas.

— *La Classification française* insiste sur l'importance des modifications morphologiques et écologiques, même si elles sont variables dans le temps, subies par les sols dont l'évolution est soumise à l'influence d'un excès de sels solubles ou d'ions provenant de leur dissociation et susceptibles de provoquer la modification de leurs caractéristiques physiques. De ces sols elle

fait une classe. Celle-ci est définie soit par la présence de sels solubles en quantité suffisante dans un horizon d'au moins 20 cm pour y élever la conductivité de l'extrait de pâte saturée jusqu'à au moins 8 millimhos par centimètre, à 25 °C, soit par la dégradation de la structure d'un horizon d'au moins 20 cm sous l'influence d'un excès d'ions échangeables alcalins (Na/T variable suivant les sols mais toujours supérieur à 10%).

Plusieurs noms lui ont été donnés: Sols salés, Sols halomorphes, Sols sodiques; aucun ne recouvre l'ensemble des sols concernés. La dénomination de « Sols Salsodiques » que propose J. SERVANT paraît bien meilleure.

Deux sous-classes y sont distinguées en fonction de la présence ou de l'absence d'un horizon à structure dégradée. Dans une première sous-classe, de *sols salsodiques, à structure non dégradée*, on peut distinguer deux groupes*:

— celui des *sols salins à complexe calci-magnésique* dont la teneur en sodium du complexe d'échange est inférieure à 15 p. cent.

Les sous-groupes peuvent y être les suivants:

— modal, friable et sursalé en surface (hyper-solontchak, profil salin A ou C de J. SERVANT),

— modal, friable en surface, sursalé en profondeur (crypto-solontchak, à profil salin de type B ou D de J. SERVANT),

— friable en surface, mais hydromorphe en profondeur.

— à croûte saline en surface (en pratique, toujours hydromorphe).

— à horizon d'accumulation gypseuse (en pratique, toujours hydromorphe),

— à salant hygroscopique,

— à sulfures acidifiants.

Il m'apparaît que tous les sols à surface poudreuse à pseudosable sont des sols à alcali; ce point de vue n'est pas admis par tous (J. SERVANT).

— celui des *sols salins à complexe sodique*, enrichi en sodium échangeable, ($Na/T > 15\%$).

Les 4 premiers sous-groupes et le dernier du groupe précédent y ont été reconnus; les 2 autres ne paraissent pas s'y rattacher.

Certains pédologues français (J.H. DURAND) proposent de différencier les sols salins à sulfures acidifiants au niveau des groupes.

* Le schéma de classification qui suit est quelque peu différent de celui adopté par le C.P.C.S. en 1967. Il tient en particulier compte des études de J. SERVANT dans la zone littorale méridionale de France et doit être discuté lors de la révision, en cours, de la classification française.

La *deuxième sous-classe* comprend les sols sodiques, dont un horizon sur au moins 20 cm présente *une structure dégradée*, une forte compacité, sous l'influence de la teneur élevée du complexe en sodium échangeable. Suivant les sols (teneur en argile et type de celle-ci, teneur en matière organique et type de celle-ci) la valeur critique de Na/T varie. Elle est toujours au moins de 10 p. 100. Actuellement K et Mg ne sont pas pris en compte: le premier est normalement on quantité faible; l'action du second est encore mal élucidée.

Le premier groupe y est celui de *Sols salsodiques à alcali, non lessivés*, avec les sous-groupes suivants:

- Sols très salés à alcali à surface poudreuse (pseudosable);
- Sols très salés à alcali à surface friable, non poudreuse;
- Sols très salés à alcali à encroûtement ou croûte saline;
- Sols très salés à alcali à salant noir;
- Sols peu ou moyennement salés à alcali;
- Sols salés à alcali à sulfures acidifiants.

Le deuxième y est caractérisé par le *lessivage de l'argile sodique*; il comprend les sous-groupes: lessivé à B compact; lessivé à B prismatique ou en colonette (solonetz *s. str.*); lessivé à nappe phréatique.

Enfin le dernier groupe, des sols salsodiques à alcali, à profil textural différencié et à *argile dégradée* comprend, comme sous-groupe les sols solodisés, les *solods* et les sols solodisés à nappe phréatique.

La définition des divers faciès pour chaque sous-groupe pourrait être faite en fonction des caractéristiques chimiques de la solution du sol, selon le mode de classification russe.

Par ailleurs, de nombreux sols ont une évolution modifiée, mais non dominée, par la présence des sels solubles ou du sodium échangeable. Ils constituent donc des sous-groupes dans des classes autres que celle des sols sodiques, en particulier dans celles des sols peu évolués, des vertisols, des sols isohumiques.

D'autres classifications ont été proposées par divers pédologues français tenant souvent davantage compte de l'origine de la salure (hydromorphie, semi-hydromorphie, automorphie, et du type de profil salin (J. BOULAIN, J.H. DURAND, P. ROEDERER).

La classification adoptée par les *pédologues d'U.R.S.S.* et divers collègues (T.C. BOYADJIEV) sépare fondamentalement les Solontchaks, Solontchaks-Solonetz, Solonetz, Takyr et Solods.

Les genres y sont définis en fonction de la composition chimique de la solution du sol, en particulier des valeurs de $\frac{\text{Cl}/\text{SO}_4}{\text{Ca} + \text{Mg}}$, $\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$, Ca/Mg etc...

et dans le cas des solonetz par la valeur de Na/T; les sous-genres en fonction de l'origine lithogénique, biogénique ou hydrogénique et, dans ce cas, du type d'hydromorphie ou d'hydratation des sols, et de leurs positions sur le plan géomorphologique (V. KOVDA).

Pour la *Classification Américaine*, il faut distinguer celle d'avant 1960 où étaient distingués sols salés ou solontchaks, sols à alcali, solonetz et solods, et la taxonomie proposée par le « Soil Survey-USDA », en particulier l'édition « intérimaire » de Octobre 1973.

Dans ce nouveau système, les horizons diagnostics correspondant à la richesse du sol en sels solubles ou à la teneur élevée en sodium de son complexe absorbant, ne sont que: l'horizon *natrique*, ou horizon argilique présentant des valeurs de SAR >13% ou Na/T >15%, et souvent une structure prismatique ou colonnaire; et l'horizon *salique* qui sur plus de 15 cm est enrichi de plus de 2 p. 100 de sels plus solubles que le gypse et donc la teneur en sels (en p. cent, en poids) et l'épaisseur *e* (en cm) sont telles que l'on ait $s \times X e > 60$.

La présence de l'horizon natrique permet de définir 12 groupes de sols dans les 3 ordres: alfisols, aridisols, aridisols et mollisols; l'horizon salique, 1 seul groupe celui des salorthids. Les caractères de salure et d'alcalisation interviennent par contre plus souvent au niveau des sous-groupes.

Dans la *légende F.A.O.* les sols salés du Maghreb, sont pour la plupart, des Solontchaks. Ils peuvent être classés comme orthiques, gleyiques, ou parfois, takyriques. Les Solonetz y sont rarement représentés. Par contre, les phases salines et natriques y caractérisent des sols sur de grandes étendues.

II. LA REPARTITION DES SOLS SODIQUES EN AFRIQUE DU NORD.

A. Comme partout ailleurs l'*origine des sols sodiques* en Afrique du Nord est très diverse, mais dans l'ensemble ils proviennent peu, directement, de l'altération de minéraux et de roches sodiques, mais, principalement, d'une action de la mer, pas actuelle mais, plutôt, assez récente ou de la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux répartis dans l'échelle stratigraphique depuis le Trias jusqu'au Quaternaire.

Le sel des mers récentes est intervenu pour donner des sols sodiques, dans un certain nombre de basses plaines littorales, aux embouchures de fleuves. L'exemple le plus classique en est le golfe d'Utique comblé depuis l'époque dite Carthaginoise, et qui a donné la basse vallée de la Medjerdah. Il en est bien d'autres. Parfois l'action de la mer intervient actuellement par sa liaison avec les nappes phréatiques de certaines de ces zones.

A me connaissance l'apport récent ou actuel d'embruns salés donnant naissance à des sols sodiques — phénomène très important, par exemple, en Australie, et à un moindre degré en France — n'a jamais été signalé de façon formelle en Afrique du Nord.

En de nombreux points d'Afrique du Nord les sols sodiques doivent leur développement à la présence de nappes salées, souvent proches de la surface, et d'origine mal connue. Il faut insister aussi sur les grandes surfaces couvertes par ces sols sodiques au Maghreb en des zones localement déprimées, parfois même très basses, où souvent aboutit la remontée de nappes phréatiques artésiennes, en général peu ou moyennement salées, et où sévit un climat aride très évaporant. Là alors s'étendent ces innombrables chapelets de Chotts avec leurs terrains salés — souvent couverts de croûtes salines — à perte de vue en saison sèche, alors qu'en saison des pluies ne se voit plus que la surface de lacs plus ou moins salés, dont les bords ne sont que des kilomètres carrés de boue sodique et salée.

Beaucoup de sols sodiques en Afrique du Nord proviennent de l'apport d'eaux salées aux nappes phréatiques, ou à la surface des sols, eaux d'oueds dont la salure provient de leur contact ou de leur passage sur des dépôts salés, souvent marneux, du Trias, du Miocène etc... L'eau d'irrigation provenant de ces oueds cause aussi, souvent, une salinisation secondaire. Parfois, comme dans la plaine de la Mina en Algérie, les dépôts salés se sont formés en place jusqu'à des périodes du Quaternaire récent.

Autour de certaines zones très salées, Sebkhass par exemple, en Algérie, en Tunisie, l'extension des terrains sodiques est due à l'action du vent. Enfin, en région Saharienne proprement dite, l'évaporation d'eaux d'oueds, aux vallées peu creusées et aboutissant dans de grandes zones endoréiques, crée d'immenses surfaces de sols sodiques... comme on le verrait, mais avec d'autres sels, à l'autre bord du désert.

B. Comme le montrent les cartes d'ensemble à 1/5 million de la F.A.O. et de l'U.N.E.S.C.O., ou celle, en préparation, de l'A.I.S.S., les sols sodiques en Afrique du Nord sont essentiellement des *Sols salins* et *Sols à alcali très salés* rassemblés sous le nom de *Solontchaks*, et parfois des *Sols peu salés à alcali*; très rarement — et c'est même discutable — des *Solonetz*.

Dans la zone du Tell et dans les régions septentrionales, ils n'apparaissent que par place, zones basses littorales et vallées au climat aride; ils prennent une grande extension sur les Hauts-Plateaux, mais là où ils couvrent les plus grandes étendues, c'est en zone Saharienne.

Les *Solontchaks*, souvent *orthiques*, couverts d'efflorescences salines plus ou moins abondantes avec de fréquentes étendues à surface poudreuse de pseudosable comme dans les Triffas, au Boarg, en certaines parties du Rharb, du Tadla, du Haouz, de la vallée de Souss et de l'Oued Massa ainsi qu'en bordure de la frontière Algérienne au Maroc, pays relativement le moins touché par les problèmes de salure, parmi les trois pays du Maghreb.

Ces mêmes sols sont abondants en Algérie, dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les

hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Melrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà.

En Tunisie, pays où les sols sodiques ont, relativement, une grande extension, ils sont aussi en bordure des chotts Djerid et Fedjad, de certaines sebkhas du centre tunisien, dans une partie de la plaine de Kairouan, de la basse et moyenne vallée de la Medjerdah, au Nord de Mateur etc.

Les *solontchaks à salant hygroscopique* ont été notés principalement sur les Hauts plateaux Algériens.

Les *solontchaks gleyiques ou hydromorphes* sont surtout abondants dans quelques zones très basses des plaines littorales et des vallées inférieures ainsi que dans les zones centrales des régions de chotts et sebkhas, en particulier sur les Hauts plateaux Algériens et dans le Centre et le Sud Tunisien. Ils y présentent assez souvent des surfaces à *encroûtement et croûtes salines*, ainsi que des *encroûtements gypseux* (Sud Tunisien par exemple), et parfois des *horizons à sulfures*. Ces derniers ont été particulièrement décrits dans le Centre et le Sud Tunisien ainsi que dans les régions Chotteuses des Hauts plateaux Algériens.

Enfin les *solontchaks takyriques* sont notés sur la carte mondiale des sols principalement dans la zone du Hodna.

Les *sols à alcali, moyennement ou peu salés* s'observent par taches soit dans les plaines littorales et vallées du Tell: Rharb, Tadla, Haouz de Marrakech, Mina, Chélif, Basse Medjerdah, Côte d'Enfidaville, plaine de Kairouan; soit dans certaines régions comme à l'Ouest de Marrakech, en liaison avec la présence de dépôts anciens alcalisés, comme certains datant de l'Amirien.

Les *solonetz orthiques* sont indiqués en 2 taches en Tunisie sur la carte F.A.O.: très basse vallée de la Medjerdah et Côte d'Enfidaville.

III. L'UTILISATION AGRICOLE DES SOLS SALES.

Elle est rendue malaisée par la présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures.

A. *Leur mise en valeur* dépend de nombreux facteurs:

— intensité et nature de la salure, type de profil salin, degré de dégradation de la structure et des autres propriétés physiques (perméabilité),

— caractères du sol: profil, texture, structure, richesse en ions Ca solubles (gypse - sa cristallinité),

— conditions topographiques et hydrologiques (nappe d'eau: profondeur et mouvement saisonniers, caractères chimiques),

— types de cultures: résistance à la salure, à l'alcalisation; rapports entre le cycle de développement et le cycle climatique saisonnier; nature du système racinaire.

L'utilisation des sols salés, par les méthodes habituelles, permet d'obtenir certaines récoltes, mais très diminuées par la teneur en sels ou par les mauvaises propriétés physiques. Cette diminution des rendements devient très importante à partir de *certaines teneurs en sels solubles dans le sol*. Elles ne peuvent pas avoir une même signification pour toutes les cultures; certaines la présentent pour un assez grand nombre. Depuis plusieurs années les chercheurs Américains (L. RICHARDS) ont montré comment interpréter la conductivité de l'extrait de pâte saturée et ont proposé la limite de 4 millimhos/cm à 25°. En Afrique du Nord il a paru souvent préférable de retenir celle de 8 (ou 7) millimhos. Dans certains pays comme l'Iran ces valeurs paraissent trop basses, de nombreuses cultures par exemple céréales, luzerne, cotonnier, fèves, se développant suffisamment sur des sols présentant des salures plus élevées; l'on y propose des limites de 12 ou 16 millimhos, ou même 32 millimhos, ce qui paraît nettement excessif.

Les valeurs indiquées ci-dessus le sont pour des sols où la salure est de type chloruro-sulfaté. Peut-être seraient-elles encore valables pour des salants à base de bicarbonate (limite 8 millimhos). Dans le cas d'un enrichissement surtout à base de carbonates, la limite de 4 millimhos serait déjà élevée. Il faut d'ailleurs reconnaître que la présence de tels sels provoque toujours une augmentation du pH et une rapide diminution de la perméabilité. Sur ces différents points des études précises et d'assez longue durée sont encore indispensables.

B. *L'utilisation en sec* (pluviale) de ces sols est assez limitée. Par eux-mêmes ils s'étendent surtout en zone aride; la présence des sels en excès augmente le caractère sec du sol et la difficulté pour les cultures d'obtenir de celui-ci l'eau dont elles ont besoin; l'alcalisation du complexe et la dégradation de la structure augmentent la rétention de l'eau par le sol, diminuent sa pénétration et le développement du système racinaire en profondeur.

Un certain aménagement est possible par une préparation du sol facilitant la pénétration ou la circulation de l'eau, par exemple en le disposant en larges ados très travaillés en surface et en utilisant des cultures à système racinaire fasciculé, abondant et peu profond: céréales telles qu'avoine, orge par exemple.

Ce système cultural doit permettre un certain dessalement de l'horizon supérieur par les eaux de pluie pendant la saison des cultures, mais ne peut empêcher la remontée de la salure en été.

C. *Leur utilisation en culture irriguée* est beaucoup plus fréquente. Elle dépend des facteurs indiqués ci-dessus, mais aussi des caractéristiques et des quantités d'eau d'irrigation utilisée; des possibilités de drainage; ainsi que d'une bonne adaptation du cycle d'apport d'eau, avec ceux, saisonniers du climat et du développement des plantes (en particulier espérance pluviométrique).

La quantité d'eau à apporter en plus de celle qui couvre l'évapotranspiration est d'autant plus élevée que la salure du sol l'est aussi. Si le sol n'est pas gypseux, l'emploi d'amendements calciques suffisamment solubles est presque toujours indispensable, surtout si l'eau d'irrigation est très pure.

En milieu salé sous irrigation — qui n'est pas toujours suffisante à certaines périodes chaudes — des cultures à enracinement profond apparaissent préférables. En milieu alcalisé seulement en surface, il en est de même. Si la dégradation structurale touche l'ensemble du profil, des cultures à faible système racinaire conviendront mieux, mais l'irrigation devra être très régulière.

D. *En cas d'irrigation le dessalement et la désalcalisation* du sol peuvent être réalisés, même avec de l'eau salée à condition qu'elle ait un SAR assez bas et que le sol soit assez riche, ou enrichi, en calcium soluble. Les résultats du C.R.U.E.S.I., à Utique et ceux obtenus en Irak en font foi. Les études sur les conditions d'utilisation des eaux salées pour le dessalement des sols ont été nombreuses non seulement en Tunisie, mais aussi aux Etats-Unis, en Iran, en Israël etc...

Sur ce problème de l'utilisation des eaux salées pour l'irrigation, les études et expérimentations du C.R.U.E.S.I. en Tunisie ont déjà apporté de nombreuses réponses aux questions posées. Elles concernent essentiellement l'emploi d'eaux salées mais à SAR assez bas. D'autres études du même type, mais simplifiées doivent être entreprises dans des conditions présentant des types de salure différents. Elles ont été prévues dans une recommandation de la récente réunion régionale sur la désertification (Téhéran - février - Mars 1975).

En résumé, les sols sodiques présentent une grande importance au Maghreb. Ils sont assez divers, de caractéristiques, morphologiques comme chimiques, ou d'origine, ou de possibilités d'utilisation.

Beaucoup est déjà connu à leur sujet; des études approfondies sur le terrain, au laboratoire et en parcelles expérimentales, doivent être encore développées pour mieux les connaître et les comprendre, et, partant, mieux les utiliser.