

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER  
-----

QUELQUES REFLEXIONS SUR LA SALURE ET  
L'ALCALISATION DANS LES SOLS DU MAROC.

Alain RUELLAN

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

Collection de Référence  
n°/3577

Le Maroc, comme tous les pays à climat méditerranéen, xérothérique, est bien placé pour être affecté par les phénomènes de salure et d'alcalisation dans les sols; et sa situation géographique ne peut que le rendre encore plus sensible à ces processus : d'une part une grande partie de son territoire, presque la moitié, est soumise à des climats aride ou saharien, d'autre part, le long de l'Atlantique et de la Méditerranée, les côtes s'étendent sur près de 2.000 km; enfin les nappes phréatiques peu profondes sont fréquentes et bien alimentées par les grands châteaux d'eau atlasique et rifain où les roches sédimentaires salées et gypseuses sont fréquentes.

Tout prédispose donc le Maroc à ces problèmes de salinisation des sols et il est vrai que d'une part les sols solubles sont souvent abondants dans les solutions, et que, d'autre part le sodium et le magnésium sont fréquents sur les complexes adsorbants. Cependant, et c'est ce sujet qui sera plus particulièrement discuté dans cette note, si les sols sont assez souvent fortement salés et alcalisés il apparaît que ces phénomènes n'affectent la morphologie du profil qu'assez rarement, et en définitive les sols que l'on peut réellement placer dans la classe des sols sodiques (\*) sont

---

(\*) Classification des sols : travaux du C.P.C.S.; édition 1967

**B 13577**

assez rares; il s'agit là, bien entendu, d'un point de vue personnel, point de vue qui pose le problème du choix des critères de classification d'un sol dans cette classe des sols sodiques.

Cette note ne sera donc pas une vraie présentation de ce que l'on connaît actuellement sur les sols salés du Maroc (on ne les connaît d'ailleurs qu'assez superficiellement). Il sera simplement rappelé très rapidement dans une première partie, où se situent les sols salés typiques de ce pays; puis dans une deuxième partie on insistera un peu plus longuement sur ces sols salés et alcalisés dont la morphologie du profil n'est pas affectée.

## I - LES SOLS DE LA CLASSE DES SOLS SODIQUES

Ces sols, liés à la présence d'une nappe phréatique salée et peu profonde, sont très généralement des sols salins et des sols salins à alcalins. On les trouve le plus souvent dans deux types de régions :

- le long des côtes, dans les basses plaines littorales et dans les zones d'estuaires; on peut citer par exemple la basse vallée de l'Oued Massa dans la région d'Agadir, la basse plaine du Loukkos (entre Rabat et Tanger), les plaines d'Alhucemas et du Bou-Arg sur la Méditerranée.

- dans les régions arides et sahariennes où ils se situent dans les zones déprimées, mal drainées; on peut citer quelques exemples dans les plaines et plateaux arides de la Moulouya au Nord, du Haouz et de la Bahira au Sud; mais c'est surtout dans les plaines pré-sahariennes que ces sols peuvent couvrir des surfaces importantes : dans la vallée du Drâa, dans le bassin de l'Oued Daoura, dans la plaine du Tafilalet où des accumulations extraordinaires de sels se produisent (chlorures et sulfates) donnant naissance à des croûtes non seulement en surface mais aussi en profondeur.

Deux remarques sont à faire :

1°) - Ces sols ne couvrent, dans l'ensemble du pays, que de petites surfaces, une des raisons principales en est que l'équilibre pluviométrie - profondeur de la nappe - salure de la nappe - perméabilité du sol est en général tel que le drainage est suffisant.

2°) - Les sols sodiques lessivés à horizon B : solonetz, solonetz solodisé, solods, sont jusqu'à présent inconnus au Maroc. Il s'agit là d'une constatation qui est à première vue étonnante quand on sait, on en parlera dans la 2° partie de cette note, à quel point le sodium et le magnésium sont fréquents sur les complexes adsorbants; cependant, il faut noter aussi que très souvent le calcaire est également abondant dans les sols : c'est probablement une raison suffisante pour que

dans ces régions très arides l'argile insuffisamment dispersée ne puisse être lessivée; cet argument n'est cependant pas entièrement convaincant, et un certain mystère subsiste (au laboratoire, les argiles calcaires et sodiques se dispersent très facilement). Il n'est cependant pas impossible que la présence de ces sols sodiques lessivés soit prochainement reconnue au Maroc dans une région qui est pourtant prospectée en détail depuis longtemps : la plaine des Doukkala. Depuis deux ans en effet, l'origine éolienne ou alluviale du "voile sableux" qui recouvre une grande partie des sols rouges, des sols châtains et des sols châtains tirsifiés, peut être remise en question par quelques faits nouveaux tels que la répartition de ce voile en fonction du relief, sa disparition quand l'horizon sous-jacent devient calcaire, la morphologie très typique de quelques profils (rares pour l'instant); l'ennui, c'est que le sodium est actuellement rare sur le complexe, et le magnésium semble insuffisant. On peut cependant être tenté de voir dans ces sols des solonetz anciens, même des solonetz solodisés, dans lesquels le sodium aurait été entièrement lessivé ultérieurement, suite à un changement des conditions générales de drainage de la plaine (la mer, dont le niveau a changé souvent au cours du Quaternaire, est toute proche : ses mouvements ont forcément affecté le comportement des nappes phréatiques) : il s'agit là d'un processus que les Russes et les Australiens ont déjà admis pour expliquer des cas similaires. Il semble par ailleurs que très souvent le mouvement de l'argile fut essentiellement latéral : il s'agirait surtout de sols appauvris auxquels sont associés, dans les bas-fonds, de très beaux vertisols; cela ne rappelle-t'il pas certaines séquences décrites par G. BOCCQUIER au Tchad (\*) ?

---

(\*) Je tiens à préciser que l'ensemble de cette interprétation des "sols ensablés" des Doukkalas m'est très personnelle; en particulier elle ne recueille pas l'accord de J.L. CROFFROY qui travaille sur ce terrain.

## II - LES PHENOMENES DE SALURE ET D'ALCALISATION DANS LES SOLS

Mis à part ces sols salés que l'on peut qualifier de typiques, il y a donc au Maroc, en général dans les zones arides et sahariennes, d'autres sols, très nombreux, beaucoup plus fréquents que les précédents, qui sont également fortement affectés par des phénomènes de salure et d'alcalisation : à l'analyse on trouve des conductivités de 5, 10, 20 mmhos, des teneurs en sodium sur le complexe de 5, 10, 20 %, des proportions également importantes de magnésium, des pH (eau) qui peuvent atteindre facilement des valeurs de 9,0 - 9,2, voir 9,5, enfin des stabilités structurales très faibles. Ce sont donc manifestement des sols salés et alcalisés, ou seulement alcalisés, mais ce qui en fait l'originalité c'est qu'il est en général pratiquement impossible sur le terrain, d'après la morphologie du profil, de le savoir : ces phénomènes n'affectent pas ou très peu la morphologie du profil ou du moins nous ne savons pas y voir les modifications éventuelles. Il n'y a en tous les cas pas d'efflorescences salines nombreuses, pas de croûtes ou d'encroûtements salins, pas de structure modifiée, pas de lessivage. A la rigueur peut-on voir seulement quelques pseudo-mycéliums (mais l'expérience nous a prouvé que ces pseudo-mycéliums pouvaient apparaître dans des horizons très peu salés), quelques structures abimées si les horizons affectés sont ceux de surface (par contre si les phénomènes sont dans les horizons profonds les structures ne changent pas quand on passe d'un sol alcalisé à un sol non alcalisé), une végétation halophyte dans certains cas (là aussi il faut être prudent : cette végétation n'est pas toujours présente, et dans les régions arides certaines plantes, telles les salsola, indiquent aussi bien l'aridité que la salinisation).

On peut, parmi ces sols salés et alcalisés, distinguer deux grands groupes en fonction de l'origine supposée des sels :

- les sols à nappe phréatique peu profonde;

- les sols sans nappe phréatique dans lesquels les sels semblent avoir pour origine soit des nappes anciennes, soit des roches-mères salées, soit l'ensemble des processus de circulation des solutions qui donnent naissance aux accumulations de carbonates dans les sols du Maroc.

## A - Les sols à nappe phréatique

Deux cas sont à distinguer :

1°) - Les sols pas ou peu cultivés, non irrigués, dans lesquels la nappe phréatique (qui n'est pas forcément très salée) est assez profonde, suffisamment pour que les remontées capillaires jusqu'à la surface soient limitées (quand la nappe est trop proche de la surface, les sols sodiques apparaissent). Dans ces sols, qui peuvent être des sols peu évolués, des vertisols, des sols calcimagnésiques, des sols isohumiques, des sols hydromorphes, ce sont les horizons profonds qui sont affectés : on commence par l'alcalisation, sodique ou magnésienne, qui peut exister dès la surface mais qui s'accroît surtout vers quelques dizaines de cm de profondeur, puis ce sont les sels qui apparaissent et qui augmentent rapidement quand on se rapproche de la nappe phréatique; à partir de 60 - 70 cm de profondeur, on a souvent dépassé 10 mmhos. Il faut signaler qu'assez souvent, quand les sols ne sont pas cultivés, une petite accumulation de sels se produit dans les horizons tout à fait superficiels, dans les tous premiers cm.

Dans l'ensemble, ces sols sont encore peu étudiés. On les connaît en particulier en Moulouya et dans le Tafilalet.

2°) - Les sols irrigués, et il faut de nouveau distinguer deux cas :

- Les sols irrigués avec une eau peu salée et qui n'est pas puisée dans la nappe phréatique : cette irrigation provoque toujours une remontée de la nappe qui, si elle n'est pas combattue, viendra toucher la base des sols; si la composition de la nappe phréatique est "favorable", et c'est très souvent le cas, des phénomènes de salure et surtout d'alcalisation peuvent alors se développer rapidement dans les horizons B et C mais aussi dans les horizons A, sans pour autant que cela soit nettement visible sur le profil; on peut citer par exemple les vertisols du Rharb, dans le périmètre irrigué de Sidi Slimane, ou les sols isohumiques du Tadla.

- Les sols irrigués avec une eau salée, provenant ou non de la nappe phréatique; aux phénomènes de profondeur s'ajoutent alors des phénomènes de surface plus ou moins développés, et

en définitive les sols sont entièrement salés ou alcalisés. Ce processus est connu dans le Tadla, dans le Rharb, en Moulouya; il prend des proportions impressionnantes dans les palmeraies du Sud avec des salures fréquemment supérieures à 10 mmhos et des proportions de sodium sur le complexe souvent considérables : 20 à 30 %; et pourtant, ces sols, souvent très bien cultivés (et quelquefois depuis longtemps : plusieurs siècles dans le Tafilalet) ne peuvent pas morphologiquement être classés parmi les sols sodiques : par leurs couleurs, leurs structures, leur morphologie, etc...., ils restent des sols peu évolués, ou des sols isohumiques, ou des sols calcimagnésiques; salure et alcalisation ne peuvent être signalées qu'au niveau du sous-groupe (\*)

#### B. - Les sols sans nappe phréatique

De tous les sols salés et alcalisés du Maroc, ces sols sont certainement de loin les plus fréquents et si on en faisait une cartographie précise on s'apercevrait qu'ils recouvrent des surfaces très importantes.

1°) - On doit d'abord citer tous les sols développés, dans les montagnes marocaines, sur les argiles et marnes salines : dans le pré-Rif, dans le Massif Central, dans les Atlas, il s'agit en général des formations du Permien-Trias ou

---

(\*) Bien entendu, il existe aussi dans les périmètres irrigués des zones où la nappe phréatique est très profonde et où la salinisation des sols n'est due qu'à l'irrigation; ces sols présentent souvent deux niveaux d'accumulation de sels : un tout à fait en surface et un autre dans la zone d'enracinement maximum des cultures, vers 20 - 30 cm de profondeur; puis les teneurs diminuent avec la profondeur.

du Miocène sur lesquelles peuvent se développer des sols calci-magnésiques, des vertisols et mêmes quelques sols isohumiques, mais où, du fait de l'érosion, il y a aussi souvent des sols peu évolués. Dans l'ensemble cependant ces sols sont encore très mal connus : ce que l'on sait, c'est que les phénomènes de salure et d'alcalisation y sont fréquents; ils y sont cependant rarement superficiels, la profondeur de leur apparition étant fonction d'une part de l'aridité du climat, d'autre part de la situation géomorphologique et de l'activité de l'érosion.

2°) - Dans les plaines, les sols qui sont généralement touchés par la salure et l'alcalisation malgré l'absence de toute nappe phréatique et d'irrigation, font partie du grand groupe de ce que l'on appelle au Maroc les sols isohumiques subtropicaux. La pédogenèse de ces sols est essentiellement dominée par l'évolution du calcaire et en particulier par son individualisation et par son accumulation dans un horizon B<sub>ca</sub>, et c'est un peu en fonction du profil calcaire que se répartissent également dans le sol les phénomènes de salinisation.

Ces phénomènes, qui ne se manifestent jamais dans la morphologie du profil, sont essentiellement au nombre de trois :

a) - La salure, surtout faite de chlorure de sodium; sa répartition dans le sol est en général fonction du micro-relief et du profil calcaire :

- dans les bas-fonds, vallons, axes de drainage, et sur les dépôts alluviaux récents, les sols ne sont, le plus souvent, pas salés c'est-à-dire que la salure ne dépasse quelques mmhos qu'au delà d'un mètre de profondeur;

- partout ailleurs au contraire, il est fréquent qu'une certaine salure apparaisse dans le profil, salure qui en général augmente avec la profondeur; la surface reste toujours très peu salée et c'est le plus souvent à partir de 40 - 50 cm que la conductivité devient importante et atteint des valeurs de 10 à 20 mmhos;

- dans les sols encroûtés, le phénomène s'accroît



encore; c'est alors dans la croûte que la salinisation commence, des conductivités de 30 mmhos pouvant être atteintes sous la croûte vers 1 mètre de profondeur.

b) - La présence du sodium sur le complexe adsorbant, dans des proportions supérieures à 10 %, est liée à la salure; sa répartition dans les sols est à peu près la même, les horizons alcalisés étant cependant plus fréquents : verticalement dans les profils, l'alcalisation sodique apparaît souvent moins profondément que la salure.

Les phénomènes de salure et d'alcalisation sodique des sols en profondeur n'ont jusqu'à présent été décrits que dans les régions arides et sahariennes. Ils semblent particulièrement fréquents dans l'Oriental du Maroc : ils ont été étudiés en détail dans la plaine du Zebra

Les dépôts quaternaires, solitaniens et surtout plus anciens, sur lesquels ces sols sont développés, étant salés et alcalisés sur toute leur épaisseur (quelques mètres) on pourrait admettre que ces sols sont avant tout des sols sur roches-mères salées et alcalisées. Deux objections doivent cependant être soulignées :

- il est possible que dans certains cas la salinisation des sédiments quaternaires soit un phénomène secondaire lié à des circulations phréatiques (ce sont ces circulations qui seraient également à l'origine de certains phénomènes d'individualisation du calcaire dans ces dépôts);

- étant donné que la salure et l'alcalisation sont souvent présentes dès la base du A, donc dans des horizons pédologiquement évolués (structurés, rubéfiés, enrichis en argile et en calcaire), on peut supposer que le processus pédologique qui a agi sur ces éléments, sels et sodium, n'a pas été simplement un processus de lessivage de ce qui existait dans la roche-mère; il y a eu probablement des phases "de retour" des sels dans le profil qui n'est donc plus si simplement un sol sur roche-mère salée.

c) - Le 3<sup>o</sup> phénomène, dont l'extension au Maroc semble très vaste, est l'alcalisation magnésienne. Cependant, il ne s'agit pas le plus souvent d'une alcalisation due à la présence d'ions magnésium sur le complexe adsorbant, mais à

l'existence dans le sol d'un peu de carbonate de magnésium qui même en très faible quantité lui communique des  $pH$  très élevés, entre 9 et 10. Le phénomène fut mis en évidence dans l'Oriental, mais il semble de plus en plus qu'il soit très fréquent au Maroc, dans les diverses régions climatiques; il est en particulier très courant dans tous les sols qui présentent un horizon d'accumulation de calcaire : un peu de  $CO_3 Mg$  accompagne souvent le  $CO_3 Ca$  et communique à l'horizon des  $pH$  très élevés.

\*

\*

\*

De ce bref exposé certainement très incomplet, sur les phénomènes de salure et d'alcalisation dans les sols du Maroc, quelles sont les conclusions que l'on doit tirer pour la classification des sols :

1°) - La présence de sels d'une part, de sodium ou de magnésium sur le complexe d'autre part, dans des proportions classiquement considérées comme importantes, n'affecte pas forcément la morphologie des sols même si cette présence fut de longue durée. Les sols restent des sols peu évolués, ou des vertisols, ou des sols calcimagnésiques, ou des sols isohumiques, ou des sols hydromorphes. Salure et alcalisation, dans tel ou tel horizon, que l'on a constatées quelquefois grâce à la végétation ou à quelques rares indices sur le profil, mais que l'on ne connaît le plus souvent qu'après l'analyse, n'apparaissent <sup>alors</sup> que comme un processus secondaire et ne peuvent donc être soulignées qu'au niveau du sous-groupe ou de la série.

2°) - L'ensemble de ces observations ne concerne cependant le plus souvent que des sols ou des horizons calcaires dans lesquels il semble donc que l'action de ces processus soit moins rapide, moins efficace, peut être différente.

3°) - Si on ajoute aux observations ci-dessus le fait que l'existence de sols sodiques à horizons B sans sodium actuellement, est très probable, on peut conclure qu'il n'y a

en définitive que peu de rapports entre l'état actuel de la salure et de l'alcalisation et la morphologie qui peut en résulter. Ceci n'est-il pas normal étant donné la grande mobilité des sels, du sodium et même du magnésium ? On peut en tous les cas en déduire que la classe des sols sodiques ne devrait à aucun niveau tenir compte de la valeur des chiffres de salure ou d'alcalisation ; jusqu'au sous-groupe les critères de cette classe ne devraient être que morphologiques.

Un sol salé et alcalisé n'est pas forcément un sol de la classe des sols sodiques ; un sol de cette classe n'est pas forcément actuellement salé ou alcalisé. Voilà une conclusion un peu curieuse ; mais si on ne l'admet pas, ne faut-il pas mieux alors faire disparaître cette classe et en répartir le contenu dans les autres classes ?