

**Différents contextes salins d'application
de la méthode de Conductivimétrie Electromagnétique.**

J.Y. Loyer (Directeur de recherches, ORSTOM Montpellier)
F. Sondag (Ingénieur de recherches, ORSTOM Bondy)

*Deuxièmes journées sur l'application
de la conductivimétrie électromagnétique
au suivi de la salure des sols.*

D.S. Tunis - ORSTOM, 25 et 26 Juin 1990.

09 SEP. 1991

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 34.360-ep1

Cote : B

11 1991

A - INTRODUCTION

De nouvelles propositions d'identification des principaux faciès salins des sols ont été soumises d'une part dans le cadre du Référentiel Pédologique Français (R.P.F.) de l'Association Française pour l'Etude des Sols (AFES), les «sols salsodiques», (Loyer, 1990) et d'autre part dans le cadre du projet «International Reference Base» (IRB) de l'International Society of Soil Science (ISSS), «des sols salic» (Loyer, 1989). Elles seront présentées au prochain congrès international de Science du Sol à Kyoto (Japon) en Août 1990.

L'une des difficultés pour individualiser ces différents faciès tient au fait qu'en matière de Pédologie, nous avons affaire à plusieurs phases, essentiellement solide et liquide, entre lesquelles des échanges continus se produisent au cours des alternances humectation - dessiccation du sol. Seules des analyses minéralogiques fines de la phase solide, ou bien une interprétation thermodynamique des données géochimiques telles que l'activité ionique dans la solution du sol (Job *et al*, 1987), peuvent permettre d'identifier les différents sels simples précipités ou susceptibles de se former dans un sol, à un instant donné, sachant par ailleurs que la simple réalisation d'un extrait aqueux de sol constitue déjà un artefact par rapport à la solution réelle du sol (Loyer *et al*, 1989).

B - PRINCIPAUX FACIES SALINS SOLUBLES IDENTIFIES.

I - Sols salic (IRB - ISSS) (fig. 1)

1. Les sols "SALIC" chlorurés.

Parmi ceux-ci deux types peuvent être différenciés :

1.1. Les sols "SALIC" chlorurés, acides.

D'origine marine stricte, mais influencés par l'acidité potentielle des sols de mangroves. Le pH est acide à très acide (5 à 3,5), le calcium pratiquement absent du milieu, et les sulfates, représentés uniquement par ceux de l'eau de mer, en faible proportion ; le sodium domine dans les solutions ($\text{Cl} >> \text{SO}_4 > \text{HCO}_3 - \text{Na} >> \text{Ca}$).

La présence de NaCl et de CaCl_2 et MgCl_2 très hygroscopiques, peut s'exprimer sous forme de salants blanc chlorurés (croûte ou efflorescences) ou de structures poudreuses brunes.

Basse vallée de la Gambie, du Sine Saloum et de la Casamance au Sénégal...

1.2. Les sols "SALIC" chloruro-sulfatés neutres.

D'origine le plus souvent marine, mais parfois enrichis par du gypse sédimentaire redistribué par les eaux continentales. Le pH est proche de la neutralité. Les sulfates et chlorures sont en proportions variables relativement, et supérieurs aux bicarbonates et carbonates ; sodium, calcium, et magnésium sont quantitativement variables. Expression des sels sous forme de NaCl , CaCl_2 et MgCl_2 associés à du gypse dans les profils. Salants blancs hygroscopiques à croûte saline efflorescences, ou structures poudreuses brunes.

Basses plaines alluviales, chotts et sebkhass d'Afrique du Nord, Lagunas mexicaines, vallée de l'Euphrate en Syrie et en Irak...

2. Les sols "SALIC" sulfatés.

Selon deux milieux géochimiques, on peut distinguer :

2.1. Les sols "SALIC" sulfatés neutres.

D'origine continentale stricte, cette salinité est souvent induite par la nature d'eaux d'irrigation très chargées en sulfates et en sodium. Le pH est proche de la neutralité. $SO_4 \gg HCO_3 > Cl$ et $Na \gg Ca$ dans la solution du sol. L'expression des sels peut se faire en surface sous forme de salant blanc pulvérulent à Na_2SO_4 (Thénardite) ou $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ (Mirabilite) :
Région Lagunera au Mexique

2.2. Les sols "SALIC" sulfatés acides.

Ils ont une origine marine et sont formés à partir des milieux de mangroves potentiellement acides et dont l'acidification a été exacerbée par la sécheresse climatique des pays tropicaux. Le milieu devenu hyperacide ($pH < 3,5$) permet une acidolyse des argiles et libération d'alumine, de fer, et de magnésium qui peuvent précipiter sous forme de sulfates mixtes divers : Alunite, Tamarujite, Pickéringite, Rozénite, Jurbanite, Coquimbite... Expression possible des sels sous forme de salants blancs pulvérulents, très solubles à l'eau. Il y a peu de calcium et peu de chlorures dans le milieu.

Basse vallée de la Gambie, Sine Saloum et Casamance au Sénégal, Guinée Bissau...

3. Les sols "SALIC" carbonatés.

Cette salinité est représentative des bassins endoréiques continentaux. Le pH est plus ou moins alcalin, toujours supérieur à 8,5. Deux faciès ont été reconnus :

3.1 Les sols "SALIC" carbonato-sulfatés alcalins.

Cette voie saline se manifeste après concentration des solutions en milieu aérobie favorisant la production de sulfates à partir des sulfures des vases originelles. Le pH des solutions de sol est supérieur à 8,5. $HCO_3 > SO_4 \gg Cl$ et $Na > Ca$. Il peut y avoir précipitation de Natron ($Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$) Thermonatrite ($Na_2CO_3 \cdot H_2O$) et de Thénardite (Na_2SO_4) à la surface des sols, sous forme de salant blanc pulvérulent.

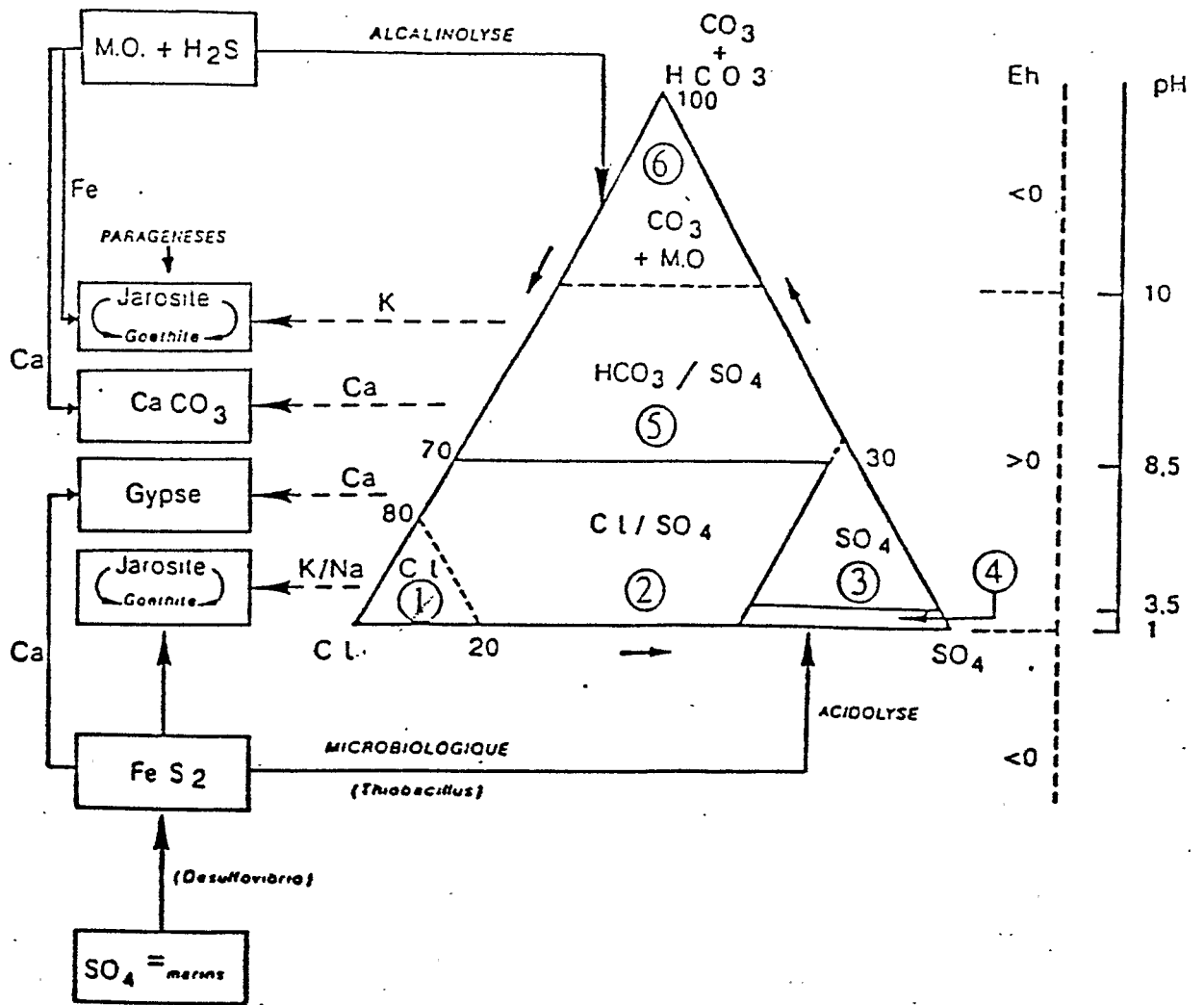
Polders du lac Tchad, Hautes plaines mexicaines, Durango...

3.2. Les sols "SALIC" carbonatés basiques.

Cette voie alcaline se manifeste en milieu continental anaérobie riche en matière organique et en H_2S . La concentration des eaux sur ces milieux favorise la production de bicarbonates et carbonates sodiques et la forte élévation du pH qui en résulte ($pH > 10$), permet une dissolution de la matière organique. HCO_3 et $CO_3 \gg SO_4 \gg Cl$ et $Na \gg Ca$.

Le salant prend une couleur noire caractéristique à croûte superficielle. Les sels identifiés sont essentiellement du Trona ($Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$) et de la Gaylussite ($Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 5H_2O$).

Polders du lac Tchad - Hautes plaines mexicaines, Durango...



- ① -Chloruré acide à liès acide
- ② -Chloruro-sulfaté neutre
- ③ -Sulfaté neutre
- ④ -Sulfaté acide
- ⑤ -Carbonato-sulfaté alcalin
- ⑥ -Carbonaté basique

Fig. 1 - Principaux faciès des sols "SALIC"

II- REFERENCES R.P. F.

Sept références sont distinguées :

SALISOLS (2 références)
SODISOLS (3 références)
SODISALISOLS (1 référence)
SALISODISOLS (1 référence)

Les SALISOLS sont caractérisés par la présence d'un "horizon salique" enrichi en sels (Bsa), sachant que celui-ci peut renfermer une proportion élevée de sodium échangeable. La structure n'est pas dégradée. Selon le type anionique de salure, on distingue deux REFERENCES :

- SALISOLS "CHLORURO-SULFATES" : affectés par une salure proche de la neutralité (pH inférieur à 8,5), et riches en sels neutres de sodium, magnésium ou calcium (milieux souvent marins mais pas exclusivement).
- SALISOLS "BICARBONATES-CARBONATES" : dont la salure est dominée par des sels alcalins (pH supérieur à 8,5), (milieux continentaux).

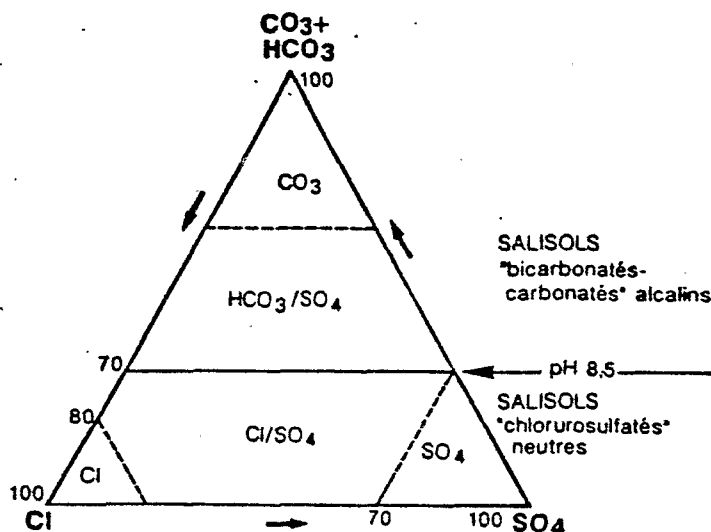


Fig. 2 - Références salisols (R. P. F.)

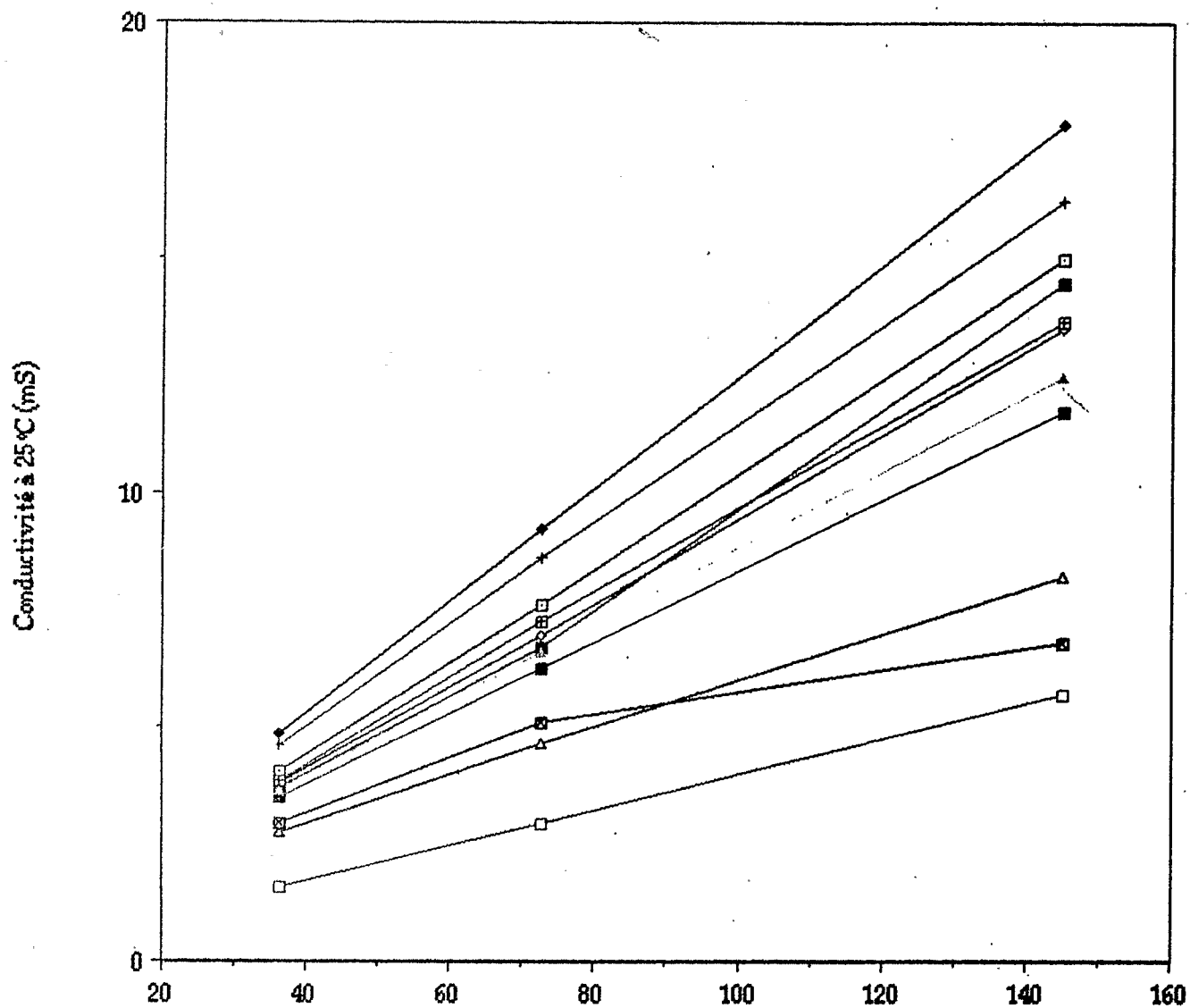
C - REPONSE DE DIFFERENTS SELS SIMPLES A LA MESURE DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.

Le seuil de 15mS/cm de conductivité électrique sur extrait saturé est préconisé comme limite inférieure de conductivité pour considérer un sol comme salin (R.P.F., FAO). Il correspond à 25°C à une concentration en NaCl pur de 145mé/l. Cette même concentration retenue pour différents sels chlorurés, sulfatés, bicarbonatés ou carbonatés, fait apparaître une variation des conductivités électriques étalée de 17,8mS/cm pour le KCl, à 5,7mS/cm pour NaHCO₃ (Tableau 1, Fig. 3).

Tableau 1 : Conductivité à 25°C et pH de divers sels à 3 concentrations

Sel	Concentration 145 mé/l		Concentration 72,5 mé/l		Concentration 36,25 mé/l	
	Conductivité mS	pH	Conductivité mS	pH	Conductivité mS	pH
NaCl	15,00	5,76	7,63	5,71	4,03	5,68
KCl	17,83	5,32	9,24	5,33	4,83	5,40
CaCl ₂ - 2H ₂ O	14,51	6,82	6,74	6,46	3,67	5,96
MgCl ₂ - 6H ₂ O	13,53	6,30	6,99	5,51	3,80	5,83
Na ₂ CO ₃	11,75	11,11	6,24	11,01	3,47	10,86
NaHCO ₃	5,72	8,42	2,92	8,70	1,56	8,68
Na ₂ SO ₄ - 10H ₂ O	12,54	6,50	6,62	6,56	3,62	6,14
MgSO ₄ - 7H ₂ O	8,24	6,50	4,63	6,45	2,71	6,10
Al ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ - 24H ₂ O	6,83	3,39	5,10	3,53	2,92	3,66
KNO ₃	16,23	5,70	8,62	5,60	4,59	5,50
NaNO ₃	13,69	5,68	7,25	5,64	3,86	5,63

Fig. 3. Relations Conductivité-Concentration
pour différents sels



- Na Cl
- ◆ KCl
- Ca Cl₂ - 2H₂O
- ◇ Mg Cl₂ - 6H₂O
- Na 2CO₃
- Na HCO₃
- ▲ Na 2SO₄ - 10H₂O
- △ Mg SO₄ - 7H₂O
- Al:2(SO₄)₃ K₂SO
- +
- Na NO₃

m6/l

D - CONCLUSION CONCERNANT LA MESURE DE CEM.

Une méthode globale de mesure de conductivimétrie électromagnétique qui explore le sol sur une épaisseur de deux mètres environ, suffisante pour qu'une séquence de précipitation géochimique verticale se différencie, ne s'applique bien entendu que rarement à des sels simples, mais plus souvent à des mélanges de sels plus ou moins hydratés, complexes, ou à des solutions de sol dont la composition est évolutive.

Néanmoins, compte tenu des caractéristiques géochimiques naturelles à l'échelle d'une région, d'un bassin versant ou d'un territoire, (pH, composition ionique, température), des provinces pédochimiques relativement homogènes se différencient. En Tunisie par exemple, le faciès chloruro-sulfaté neutre est largement dominant. Les droites d'étalonnage CEM/CES calculées ont pratiquement ici une validité universelle, tout autre facteur mis à part. Par contre, il importe de recalculer ces droites, en fonction de la réponse de l'appareil aux différents types de salinité représentés dans d'autres pays ou sur d'autres continents, d'où la nécessité d'identifier le type de salure des sols avant toute généralisation.

Tunis - 21 Juin 1990.
