

Etude de la Minéralisation et de la Granulométrie des Sols de la Sebkhia de Ouargla

Med Hichem BOUTELLI^{1*}, Abdelkader HADJ SEYD²

¹ Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides, Univ. Ouargla, Algérie

² Département Sciences et Technologie, Faculté des Sciences et Technologie, Univ. Ghardaia, Algérie.

Abstract. The Sebkhia of Ouargla is located north-west of the city of Ouargla in the lower Eastern Sahara. The climate of the region is known for its particularly marked by low and erratic rainfall aridity, in one hand, and the thermal amplitudes and temperatures too high on the other. This aridity is not observed only on the lack of rainfall, but also by high evaporation which is one of the current major climatic factors prevailing in the region. The latter exceeds 380 mm in July.

To understand the evolution of salinity in this system, physico-chemical study of various constituent training is conducted along a north-south profile. Six piezometers were installed for sampling of surface water and groundwater monitoring groundwater level.

Particle size analysis is used to determine the relative amount of different elements constituting the ground (gravels, sands, silts, clays). The size distribution curves showed that most of the samples belong to the class of arenites. This is mostly fine sand (84%) and medium sand (10%).

The physico-chemical analysis of the soil 1/5 affirms the high salinity of samples. The values of electrical conductivity at 25 ° C are between 3.15 and 24.26 dS.m⁻¹. The insoluble rate exceeds 80%, the gypsum is more than 12% while the limestone is negligible (<2%).

Keywords: *particle size, salinity, gypsum, sebkhia, Ouargla*

Résumé. La Sebkhia de Ouargla est située au Nord- ouest de la ville de Ouargla dans le bas Sahara Oriental. Le climat de la région est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région. Cette dernière dépasse 380 mm au mois de juillet.

Pour comprendre l'évolution de la salinité dans ce système, une étude granulométrique et physico-chimique des différentes formations constitutives est menée suivant un profil Nord-Sud. Six piézomètres ont été installés permettant l'échantillonnage des eaux de la nappe superficielle et le suivi du niveau piézométrique.

L'analyse granulométrique permet de déterminer la quantité respective des différents éléments constituant le sol (Graviers, Sables, Limons, Argiles). Les courbes granulométriques ont montré que la plus part des échantillons appartiennent à la classe des arénites. Il s'agit surtout de sables fins (84%) et sables moyens (10%).

L'analyse physico-chimique de l'extrait de sol 1/5 affirme la forte salinité des échantillons prélevés. Les valeurs de conductivité électrique à 25 ° C variant entre 3.15 et 24,26 dS.m⁻¹. Le taux des insolubles dépasse les 80%, le gypse représente plus de 12 % alors que le calcaire est négligeable (<2%).

Mots clés: *granulométrie, salinité, gypse, sebkhia de Ouargla*

* Corresponding author.

E-mail: Boutelli@yahoo.fr (BOUTELLI M. H.).

Address: Labo ECOSYS Ouargla 30000, Algérie

1. Introduction

Dans les milieux désertiques, les dépressions ne sont occupées que temporairement par de l'eau. Une forte évaporation conduit à la formation caractéristique d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions. Ces bassins à forte salinité sont désignés par les sebkhas.

Dans la région d'étude, la nappe phréatique circule dans les sables dunaires et les alluvions de l'oued M'ya. Elle est en moyenne à 2 m de profondeur par rapport au sol. Elle forme un dôme sous la ville d'Ouargla.

A partir des résultats de l'interprétation géophysique, nous avons estimé les propriétés électriques des formations de la sebkha, en particulier, les sables à gypse de la surface et les sables et grés du Mio-pliocène, ainsi que les calcaires probablement d'âge éocène.

Par ce travail, on essaye de détailler la structure et la composition physico-chimique des sables de sebkha de Ouargla pour comprendre le comportement géochimique de ce milieu et l'évolution de la salinité en particulier.

2. Material et methode

2.1. Situation géographique

Nos travaux ont été menés sur la sebkha de Ouargla, cette dernière située à quelques kilomètres au Nord-ouest du centre de la ville de Ouargla, est considérée comme une bande allongée géographique et s'étale sur une superficie de 1838 ha environ. L'altitude varie entre 131,5 m et 130,8 m dans une région marquée par un climat aride. La Sebkha de Ouargla est caractérisée par la présence d'une nappe phréatique de faible profondeur, les eaux de cette nappe soumises à une forte évaporation ont tendance à se concentrer et les sols à se saler. La sebkha est limitée au Nord par un terrain vierge, au sud par l'agglomération et les Oasis de Ouargla ; à l'est par les Oasis et les Chotts d'Oum-Er-Raneb et de Aïn Beïda et à l'ouest par les oasis et l'agglomération de Ouargla.

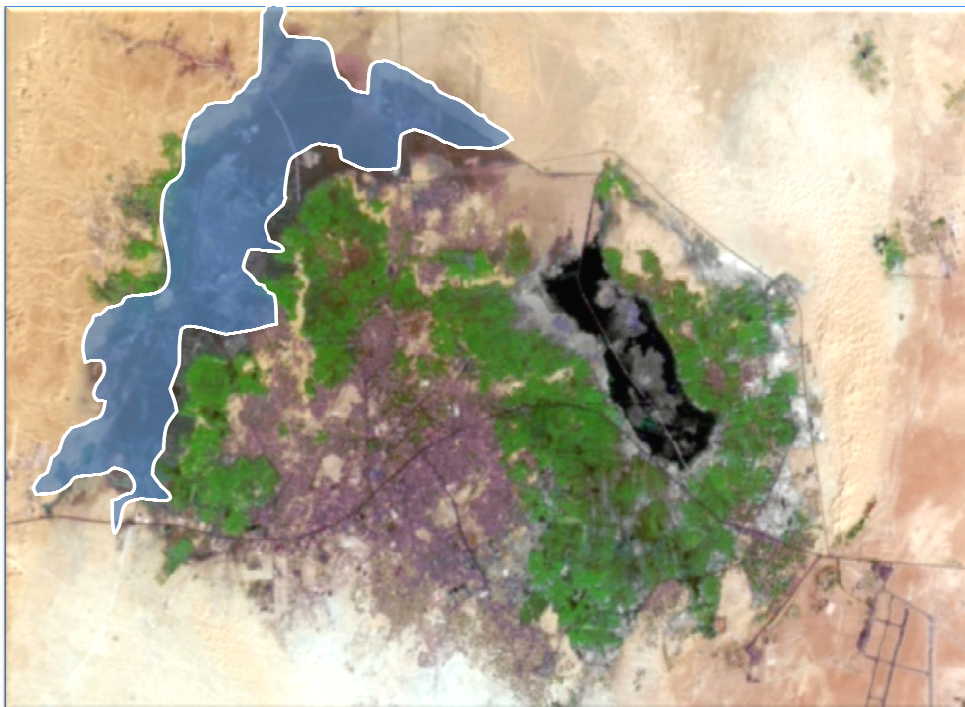


Figure 1 : Situation géographique de la sebkha de Ouargla

2.2. Echantillonnage

Pour caractériser les sols nous avons creusé six (6) sondages lors de l'implantation des piézomètres dans la sebkha de Ouargla. La profondeur de ces sondages varie entre 1,7 m et 3,30 m, le prélèvement des échantillons des sols est effectué par des horizons de la surface jusqu'à la profondeur, chaque horizon épaisse 50 cm.

Le prélèvement des échantillons est réalisé par une tarière manuelle concernant les différents horizons. Ces échantillons sont portés au laboratoire pour une mesure de leur conductivité électrique (CE) et leur concentration des sels réalisée sur un extrait dilué1/5.

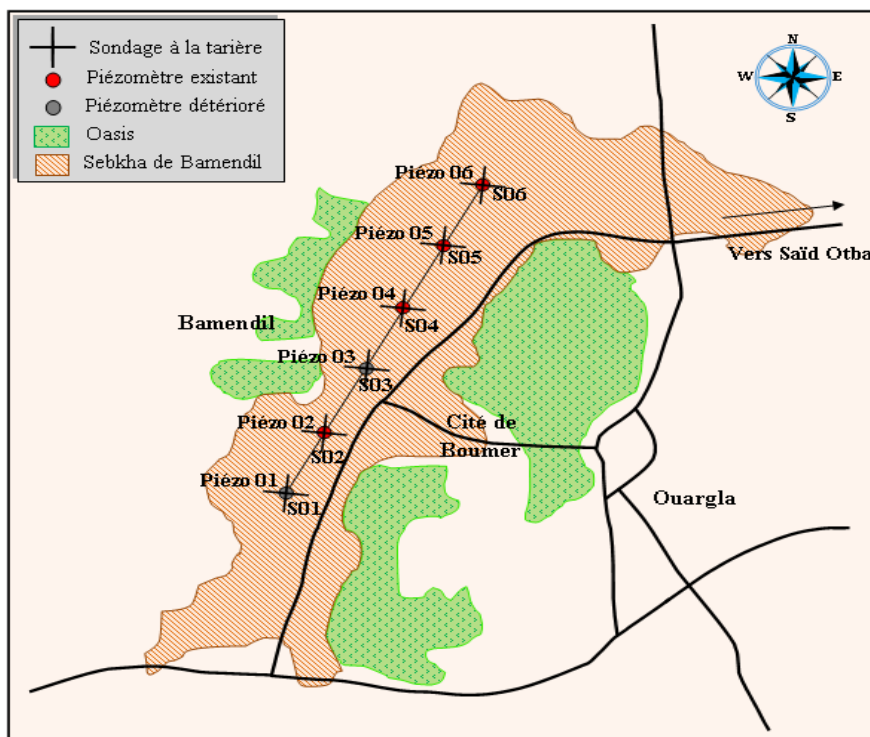


Figure 2 : Localisation des sondages implantés au niveau de la Sebkha de Ouargla

4. Résultats des analyses du sol

4.1. L'analyse granulométrique

Vingt-quatre échantillons ont été prélevés dans la sebkha à l'aide d'une tarière. L'analyse des échantillons ont été effectuée au laboratoire de LTPS. L'analyse granulométrique porte sur les fractions (meubles) sableuses. Celles-ci après conditionnement (lavage et séparation de la fraction sableuse, séchage à l'étuve) sont tamisées dans une colonne de huit tamis vibrants de mailles comprises entre 0,08 et 2mm.

Tableau n°01. Granulométrie des sables de la Sebkha de Ouargla

Sondage	Profondeur	Sg (%)	Sm (%)	Sf (%)	Stf (%)
S1	2,6 m	4,44	13,8	76,51	5,25
S2	3,0 m	0,48	4,03	91,93	3,56
S3	3,0 m	0,66	4,22	93,82	1,29
S4	3,0 m	0,24	2,5	93,97	3,29
S5	1,7 m	1,37	8,55	87,89	2,19
S6	2,5 m	4,43	15,87	72,87	6,83

4.2. L'analyse physico-chimique du sol

Vingt-quatre échantillons ont été prélevés dans la sebkha à l'aide d'une tarière. L'analyse physico-chimique des échantillons ont été effectuée au laboratoire de l'ADE. L'analyse échantillons basée sur le mesure de leur conductivité électrique (CE) et leur concentration des sels réalisée sur un extrait dilué1/5.

Tableau 2 : Résultats analytiques de caractérisation du sol du sondage n°06

Caractéristiques	Unité	Min	Max	Moyen	Ecart-type	
CE à 25 °C	dS/m	4,73	20,71	12,52	8,00	
Salinité	g.l ⁻¹	3,03	13,25	8,01	5,12	
PH		7,73	7,95	7,82	0,12	
Taux du gypse	%	2,19	9,97	6,71	4,04	
Teneur en sels solubles dans l'extrait 1/5	Na ⁺	mg.l ⁻¹	440,00	2850,00	1763,33	1222,31
	K ⁺		70,00	150,00	113,33	40,41
	Ca ⁺²		781,56	1202,40	1035,40	223,46
	Mg ⁺²		133,68	461,80	255,20	179,84
	HCO ₃ ⁻		6,78	54,22	29,37	23,80
	Cl ⁻		1078,02	5859,55	3436,91	2391,40
	SO ₄ ⁻	1850,00	3800,00	2983,33	1012,83	
ESP	%	4,21	22,38	13,82	9,13	
SAR		3,83	20,41	12,32	8,30	

5. Interprétations et discussions des résultats :

5.1. Caractéristiques granulométriques du sol

5.1.1. Classes Granulométriques

L'étude granulométrique des sables de la Sebkhha de Ouargla, à permis de déterminer quatre classes granulométriques. Il s'agit des sables très fins, des sables fins, des sables moyens, des sables grossiers.

- Les sables très fins sont peu abondants. Ils ont une proportion de 4,38%;
- Les sables fins sont situés à des profondeurs variables et sont très abondants. Ils présentent la proportion la plus élevée, soit 83,68%;
- Les sables moyens sont abondants par rapport aux sables fins dont la proportion 9,42 %.
- Les sables grossiers sont très peu abondants et ont une proportion de 2,52%.

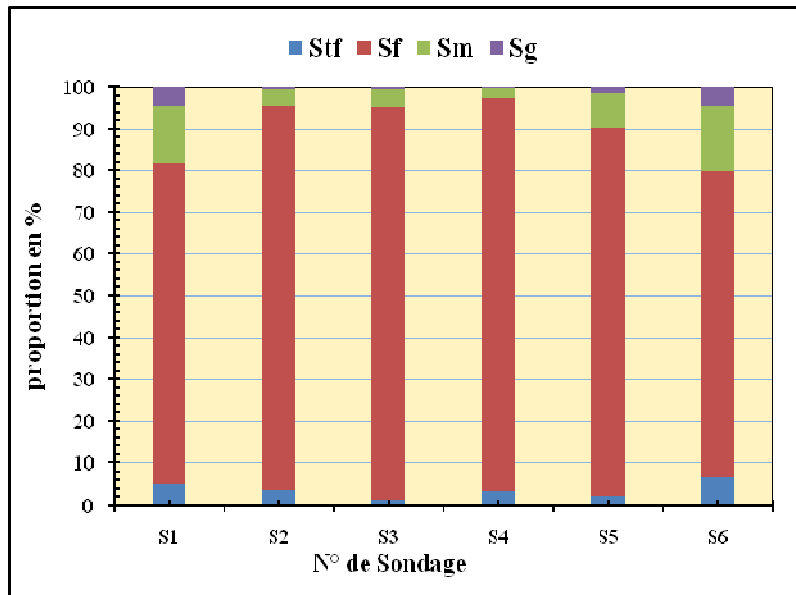


Figure 3: Proportions des classes granulométriques des sables de la Sebkhia de Ouargla

5.1.2. Faciès granulométriques

L'analyse des courbes cumulatives semi-logarithmiques des sables de la Sebkhia de Ouargla présentent un seul faciès, le faciès parabolique. Ce faciès implique une dynamique sédimentaire, il caractérise les sables très fins et les sables fins de la Sebkhia.

A partir de la courbe granulométrique, nous avons tiré et calculé les paramètres suivant :

- d10 : Le diamètre effectif des particules qui correspond à 10% du passant.
- d60 : Le diamètre effectif des particules qui correspond à 60% du passant.
- d30 : Le diamètre effectif des particules qui correspond à 30% du passant.

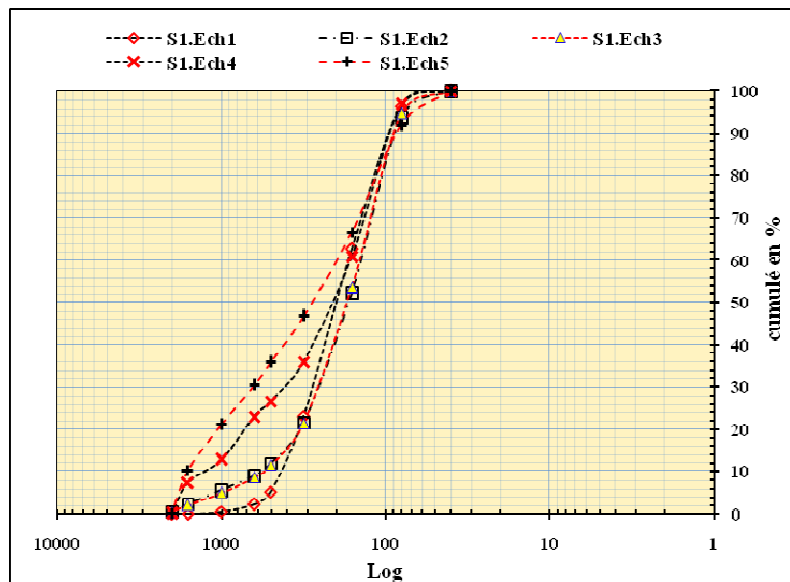


Figure 4: Faciès granulométriques des sables pour le sondage n°2

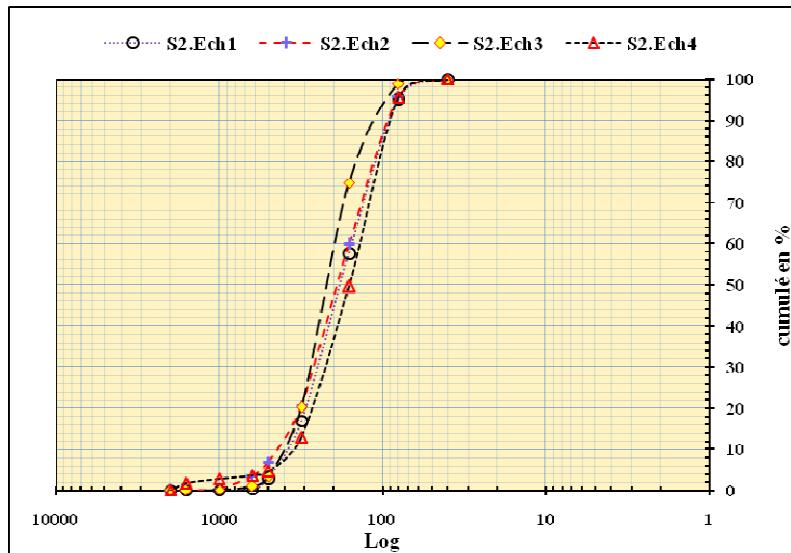


Figure 5: Faciès granulométriques des sables pour le sondage n°1

L'examen de ces courbes granulométrique des sept échantillons prélevées au niveau du sondage n°1 et n°2 montre que les sables possèdent généralement un faciès parabolique caractéristique des sables de type moyen, type grossier et type très grossier. Il traduit une sélection granulométrique et une accumulation sélective. La sédimentation s'est faite par accumulation libre. Le dépôt sédimentaire s'est accompli grâce à une variation ordinaire et modérée du courant de transport. Les particules transportées en suspension homogène sont des sables fins. De tels faciès sont le plus souvent rencontrés dans des sédiments mis en place à partir de courants de surface ou de masses d'eaux.

5.1.3. Faciès géochimique du sol

La projection des différents points sur le diagramme ($Mg^{2+}/Na^+ : SO_4^{2-}/Cl^-$), nous donne une vue d'ensemble sur la répartition spatiale des faciès géochimiques au niveau de la nappe phréatique et au niveau du sol de la sebkha de Ouargla.

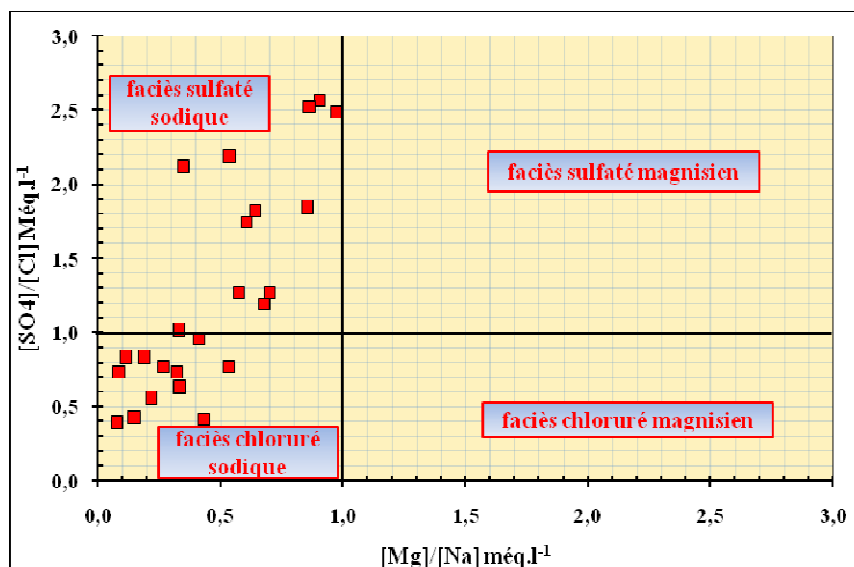


Figure 6: Faciès géochimiques du sol par les rapports $Mg^{2+}/Na^+ - SO_4^{2-}/Cl^-$

Le diagramme montre deux faciès dominant dans le sol, le faciès chloruré sodique (54,16 % des échantillons), et par un degré moindre le faciès sulfaté sodique 45,84 % des échantillons).

5.1.3. Classification des sols salés de la Sebkhha

Pour bien illustrer les catégories les plus dominantes des sols au niveau de la sebkhha de Ouargla, nous avons replacé, la conductivité électrique de la solution 1/5 du sol, en ordonnée, et le pourcentage du sodium échangeable en abscisse.

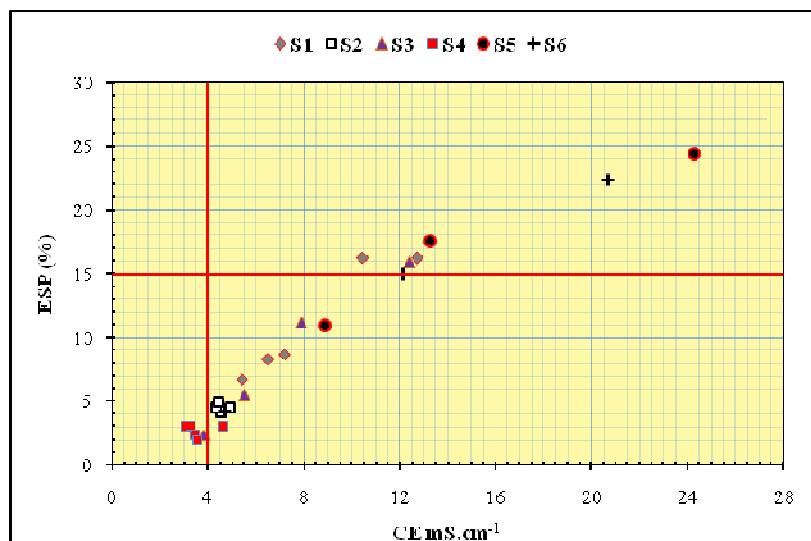


Figure 7 : Classification des sols salés de la Sebkhha de Ouargla

Le graphique ci-dessus montre que la plupart des échantillons sont situés dans la catégorie du sol salin ($CE > 4 \text{ mS.cm}^{-1}$ et $ESP < 15\%$). Ces sols présentent des teneurs plus ou moins faibles en Na, mais riches en sels blancs (chlorures, sulfates, carbonates de calcium ou magnésium). Généralement à l'état floculé, pour ces sols le lessivage est efficace.

La deuxième catégorie dominante est le sol salin à alcalin ($CE > 4 \text{ mS.cm}^{-1}$ et $ESP > 15\%$). Elle est représentée aux sondages n°1, 5 et 6 à une profondeur, variant entre 1,0 et 2,0 m. D'après Daoud, (1993), la perméabilité de ces sols dépend du rapport entre $CE-ESP$, de la teneur et de la nature de la fraction argileuse des sols.

5.1.4. Gypse dans le sol:

Le gypse est un minéral tendre, de densité $2,3 \text{ g/cm}^3$, de structure granulaire, lamellaire ou fibreuse. Il est de couleur blanche et prend quelquefois du fait de différentes impuretés des couleurs grises, rougeâtres, jaunâtres et noires. Il se dissout facilement dans l'eau.

Les teneurs en gypse représentées dans le graphique ci-dessous en fonction de la profondeur de prélèvement des échantillons des sols de la Sebkhha de Ouargla.

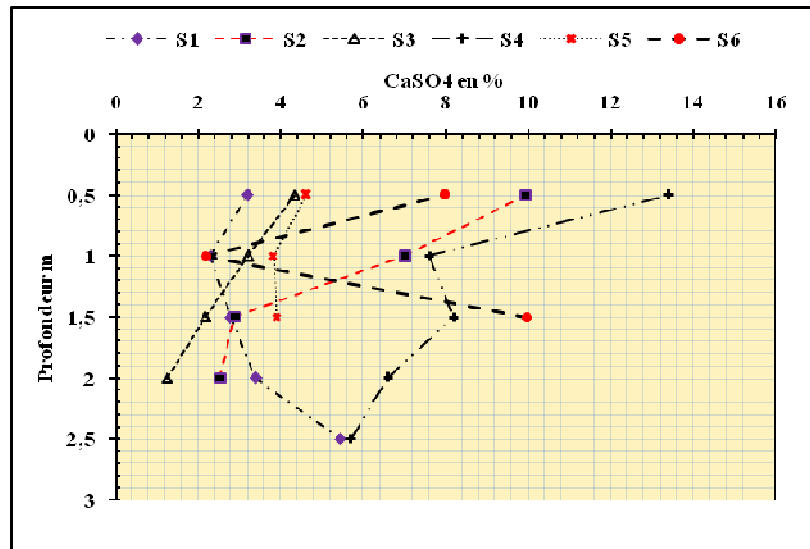


Figure 8: Variations du pourcentage du gypse en fonction de la profondeur

Le graphique ci-dessus montre que la valeur maximale (13,41%) de teneur en gypse enregistrée dans le sondage n°4 à l'horizon le plus haut. Cette valeur diminue en allant vers la profondeur, ce qui signifie une migration ascendante des sels à la surface du sol. Cette migration forme une croûte saline la plus épaisse est de 12 cm à la surface du sol. Par contre dans les sondages n° 1 et n° 6 cette valeur devient maximale dans les horizons profonds où nous avons rencontrés, en profondeur lors du sondage, une croûte argilo-gypseuse dure contenant des cristaux de gypse.

5.1.5. Equilibre sels/solution et comportement des ions

Dans le diagramme ci-après, l'indice de saturation des minéraux dans les échantillons de l'eau, est placé en ordonnée, et le logarithme du facteur de concentration en abscisse ($IS = \text{Log}(Fc)$). Nous pouvons constater que, dès le début de concentration ($\text{log } Fc < 0.2$), les solutions sont déjà saturées (en équilibre) à sursaturées (précipitation) selon les cas en dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), en Calcite (CaCO_3), et en Aragonite (CaCO_3), contribuant ainsi au contrôle de l'alcalinité (bicarbonatée) et des teneurs en calcium et en magnésium, qui ne peuvent augmenter simultanément.

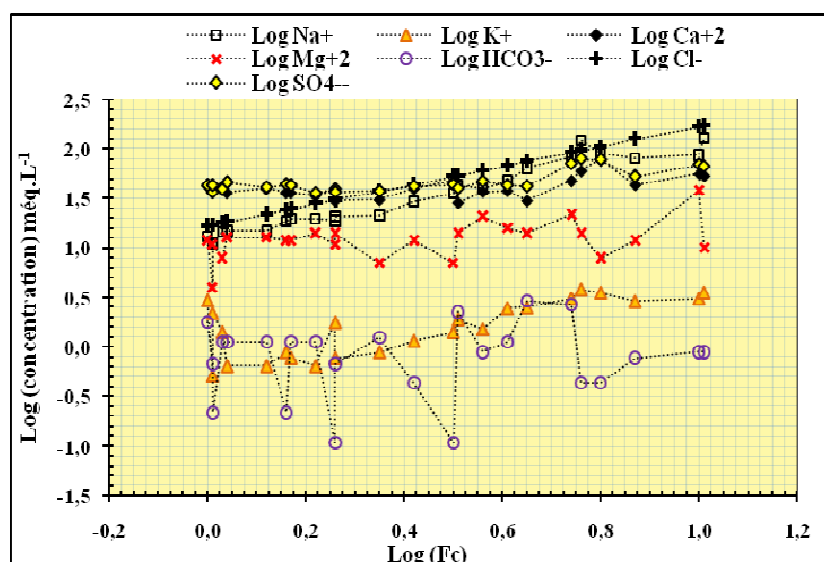


Figure 9: Evolution des concentrations des éléments majeurs dans le sol en fonction du facteur de concentration

La somme des équivalents de calcium et magnésium est supérieure à l'alcalinité ($alc-2Ca-2Mg < 0$) dans la solution de départ. Les concentrations en calcium et en magnésium augmentent mais à un rythme inférieure à celui du facteur de concentrations et en accord avec l'alcalinité résiduelle Calcite négative ($alc-2Ca < 0$). Le nuage de points exprimant les concentrations sus indiquées s'incurve vers le bas, traduisant ainsi une consommation du calcium et du magnésium, alors que la teneur en sulfate demeure élevée, et en accord avec l'alcalinité résiduelle Calcite plus Gypse positive ($alc-2Ca+2SO_4 > 0$), et alcalinité résiduelle Gypse positive ($2SO_4-2Ca-2Mg > 0$). Cette évolution est conforme au concept de l'alcalinité résiduelle généralisée.

6. Conclusion

L'analyse des courbes granulométriques cumulatives des sables de la Sebkhya de Ouargla présentent un faciès parabolique. Ce faciès implique une dynamique sédimentaire, et caractérise les sables très fins et les sables fins de la Sebkhya.

Les sols de sebkhya de Ouargla classés dans les catégories salin et salin à alcalin, ces sols sont caractérisés par un faciès chimiques dominant chloruré sodique, et avec un degré moindre le faciès sulfaté sodique. Les conductivités des sols indiquent une minéralisation excessive. Le profil de sondages indique une accumulation des sels au Sud de la Sebkhya vers le Nord. Les variations verticales notables des conductivités dans les sols de la sebkhya à cause de l'hétérogénéité lithologique, et son contact par la nappe superficielle engendre échange des minéraux entre l'eau phréatique et le sol en faveur des éléments sursaturés dans l'eau. Ces derniers vont se précipiter dans le sol ce qui explique l'évolution des teneurs.

7. References

- [1] Droubi, A, 1976. Géochimie des sels des solutions concentrées par évaporation. Modèles thermodynamique de simulation, application aux sols salés du Tchad. Mémoire Docteur-Ingénieur (Sciences géologiques, 46), ULP, Strasbourg, 177 p.
- [2] Duchaufour P, 1977– Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome 1, Ed. Masson, Paris, 477p.

- [3] Nezli, 2009. Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'oued M'ya (Ouargla) Thèse Doctorat Biskra, p51-p56
- [4] Servant J.M (1975) – Contribution à l'étude pédologique de terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-Ouest de la France. Thèse d'état. Université de Montpellier.2 tome. Texte : p110-113.
- [5] Bouafia A, 2002 –Mécanique des sols Appliquée, Edition El Maarifa.
- [6] Daoud Y. 1993- Contribution à l'étude des sols des plaines du Cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux, Thèse de Doctorat d'Etat. INA Alger, 233p.