Evolution des saumures (Chlore et sodium) dans les chotts en zones désertiques (Cas du chott Merouane ; dans le Sahara septentrional Algérie)

MESSAOUD HACINI[1], NACER KHERICI[2] ET ERIC H. OELKERS[3]
[1] Département d'Agronomie, Université de Ouargla, BP 511, 30000 Ouargla, ALGERIE
[2]Faculté des sciences de la terre, Université de Annaba, BP 12, Sidi Amar El-Hadjar, 23200 Annaba, ALGERIE
[3]Géochimie, CNRS UMR 5563-Universtié Paul Sabatier, 38 rue des Trente-Six Ponts, 31400 Toulouse, France
E-mail: hacimess@yahoo.com

INTRODUCTION

Parmi l'ensemble des étendues lagunaires de l'Afrique du Nord, le chott Melghir et Merouane constituent avec l'ensemble des chotts tunisiens la plus grande dépression fermée) (Gueddari.M ; 1980). Notons que les chotts Algéro-Tunisiens sont regroupés suivants deux directions :

- Une direction SW-NE correspondant à la direction atlasique le long de la quelle sont regroupés les chotts Chergui, El-Gherbi et El-Hodna.
- Une direction WNE - ESE rassemble les chotts El-Hodna, Melghir, El-Ghersa et le chott El Jerid

Les chotts actuels, reliquats d'une mer miocène (Gouskov,N.,1952)(Castany,G.,1982), sont alimentes en sel gemme par lessivage des terrains salifères antérieurs, du Tertiaire notamment dans la région de l' Oued R'hir.

La région du chott Merouane et Melghir est caractérisée, en surface, par des dunes consolidées de limon à sable très fin (environ 10m d'épaisseur) qui se cimentent, en profondeur par des gypses, l'épaisseur des sables est très importante là où la végétation favorise la stabilisation des vents de désert. Sous-jacent à ces sables fins , on trouve environ 70m d'argiles qui reposent a son tour sur environ 35m de grés et sable, faisant partie de la nappe aquifère la plus importante, le complexe terminal dit CT (Cornet, A.,1964)

Du point de vu hydrologique et climatologique, il s'agit d'une région à climat de type saharien avec des température très élèves en été (50 °c au mois de juillet et moins de 5°c au mois de janvier). Les précipitations sont très rares ne dépassent pas les 30mm / an, une évaporation réel dépassant les 480mm/an où les vents sont très fréquents dans la région. (Vitesse maximal de l'ordre de 4.20 m/s).

Le réseau hydrographique et très dense représenté par des nombreux oueds ne contiennent de l'eau que très rarement (en moyenne une fois à deux fois par siècle).

La principale source d'alimentation du chott Merouane se fait par l'Oued R'hir (drain).Ce dernier, est une large vallée étirée du Sud au Nord sur une longueur de150 km et une série des Oasis y est implantée sur une largeur exploitable de 20 à 30km. Le débit de drainage du canal collecteur de l'oued R'hir varie de $2.5m^3 .S^{-1}$ en été à 5-6 $m^3 S^{-1}$ en hiver.

Le chott Merouane est l'endroit le plus bas de l'Afrique de Nord-Ouest (environ 31 au dessous du niveau de la mer) il s'agit donc d'un exutoire pour les eaux souterraines du Complexe Terminal (figure n° :01) provenant du Nord, de l'Ouest et du Sud, notamment le long de l'Oued R'hir. La décharge des eaux souterraines du Complexe Terminal par drainance dans le chott est estimée à 62.345.000m3/an (ERESS, 1972).

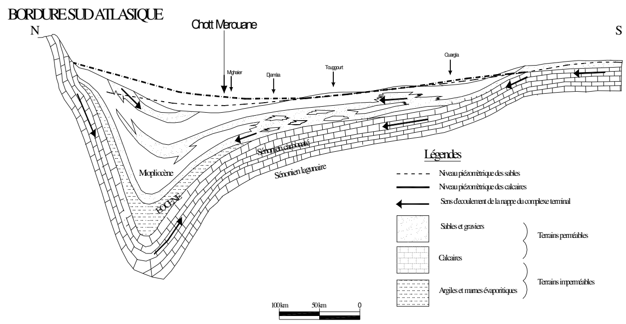

Figure n°01 : Coupe hydrogéologique

MATRIELS ET METHODES DE TRAVAIL

La méthode de travail consiste à suivre l'évolution spatio-temporelle de la salinité, notamment la concentration en chlore et en sodium. Dans ce but plusieurs prélèvements ont été établis selon les méthodes conventionnelles.

- Un échantillonnage hebdomadaire des saumures dans le chott, depuis le mois de janvier jusqu'au mois de juin (un échantillon de saumure et de sel depuis la périphérie vers le centre)
- Un échantillonnage des eaux de drainage du canal collecteur de l'Oued R'hir de l'aval du canal jusqu'au centre du chott, la même opération est reprise dans le canal de drainage des Oasis de N'sigha.
- Un échantillonnage des nappes des eaux souterraines pour établir l'influence nappes souterraines - chott

Les analyses faites ont été effectuées dans le laboratoire de géochimie de transfert du CNRS dans l'université Paul Sabatier Toulouse France, avec les appareils suivants :

- HPLC pour l'analyse des anions notamment le chlore
- l'absorption atomique pour l'analyse des cations notamment le sodium
- l'analyse minéralogique par rayons X a été faite au laboratoire de minéralogie CNRS Toulouse France

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La chimie des saumures du Nord Afrique a été étudiée par plusieurs auteurs(Bryant et al,1994a ;1994b ; Valles et al,1997), Gueddari et al,(1983) utilisent les équations de pitzer pour la simulation géochimique des évaporations dans le chott El Jerid (Eugster et Hardie,1978)et Yechieli et Wood(2002) ont étudiés les processus géochimiques et hydrologiques des lacs salés.

L'évolution géochimique au cours de l'évaporation des eaux dépend principalement de la nature chimique des saumures d'origine. L'évaporation des eaux de mer montre un enrichissement en SO_4, Mg et augmentation de pH d'une part et diminution de la teneur de Ca d'autre part. Par contre pour les saumures continentales l'évolution se traduit par l'enrichissement en Ca, Mg et la diminution en SO_4^{--} et le pH diminué (Hardie et Eugster, 1970).

L'allure général de la courbe de Cl^- en fonction du temps (Figure n°02-A) montre un coefficient de corrélation prés de zéro (r=0.06), mais dans les cinq premières semaines un diminution très remarquable de la teneur du chlore dans les saumures de 169196à 105959ppm puis en assiste a une augmentation de la teneur au 9^{eme} semaine pour atteindre 148612ppm. A partir de la 13eme semaine, les teneurs devinent de plus en plus élèves pour arrive une teneur 152722ppm et en fin de cycle le chlore reste dans les eaux résiduaires avec des teneurs très importantes. Le calcul de rapport stochéomètrique (ratio molaire) entre le chlore de départ Cl^-_0 et le chlore Cl^-,

$Cl^-_0 / Cl^-=1.39$; au départ le ratio molaire est de l'ordre 1.23 puis une augmentation du rapport pour atteindre 1.84 et en remarque une stabilité de ce dernier, ce ratio indique que la la concentration du chlore est très importante au départ est diminue à la fin du cycle.

Le chlore considère avec le sodium comme les éléments le plus abondants dans les saumures et forment un pourcentage important de la salinité (83.72 % des éléments majeurs)

La relation chlore en fonction de la densité est établi dans la figure sue dessous (figure n°01-B), Nous pouvons distinguer deux tendances :

- L'accroissement de la concentration du chlore au début en fonction de la densité
- Puis une diminution de la concentration du chlore à la fin

En distingués deux phases

- la phase de dissolution des anciens sels présents dans le chott par les eaux allochtones qui sont généralement très diluées ;
- une précipitation des minéraux chlorurés parmi eux l'halite, qui commence a se précipité a partir de la 16^{eme} semaine

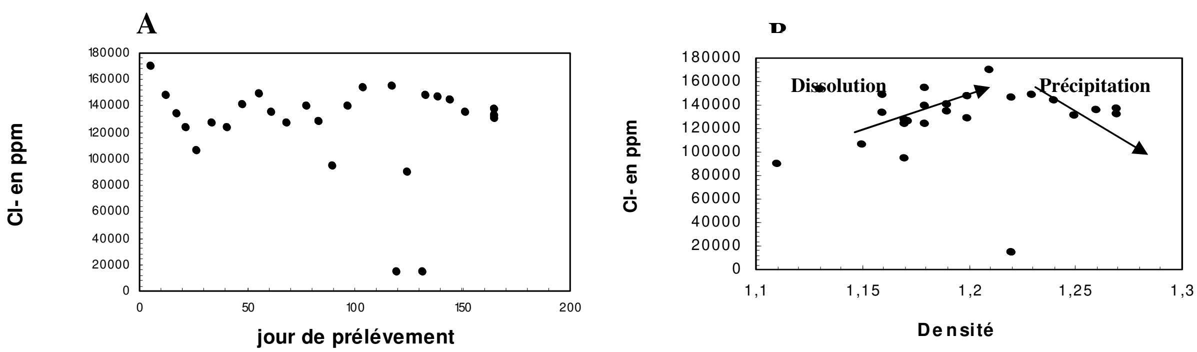

Figure n°02 : Variation de la concentration de chlore en fonction du temps et en fonction e la Densité, temps A, densité : B (du 01/01/2003 jusqu'à 30/06/2003)

La concentration de sodium dans les saumures de chott Merouane présente une légère corrélation négative (r= -0.487) au cours de l'évaporation du chott, leur comportement est similaire que celle de chlore. La courbe de l'évolution de sodium au cours du temps (figure n°03-A), montre un perturbation de comportement ; nous pouvons dénombre plus de 5 phase,

- au début on a une diminution de la concentration du sodium dans les saumures de 97209ppm pour arriver à une teneur de 66658ppm
- la deuxième phase les concentrations augmentent de 73518ppm pour atteindre 83234ppm
- La troisième phase les concentration diminué pour arrivé 52738ppm
- La quatrième phase augmentation de la concentration pour atteindre 88115ppm.
- Et en fin une diminution des teneurs pour arrivée a la fin de cycle a une teneur minimal 48053ppm.

Le calcul de ratio molaire de sodium préliminaire dans le chott et le sodium au cours de l'évaporation (Na^+_0/Na^+), montre une évolution positive au cours de période d'observation ce rapport varie de 1.28 jusqu'à 2.30 c'est adire que la teneur initiale est plus que le double de la concentration finale

L'interprétation de cette variation est peut expliquer par l'effet que le début ; les saumures sont très chargés en sodium cela est due au phénomène de dissolution, la quantité d'eau qui arrivée au chott est minimal, est le produit de solubilité de Na Cl est très élève donc l'halite c'est le premier minéral qui commence la dissolution pour enrichir les eaux d'apport (les eaux souterraines et les eaux de drainage du canal collecteur)

A partir de la courbe Na^+ en fonction de la densité montre deux phases dans les saumures (figure n° : 03-B   )

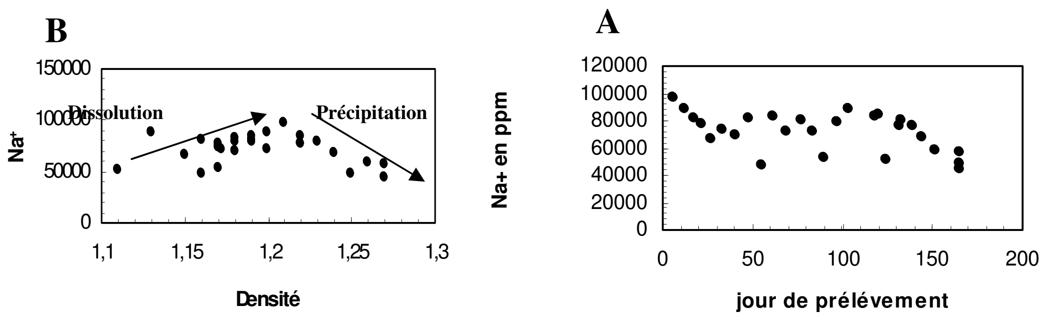

Figure n°03 : Variation de la concentration de sodium en fonction du temps et en fonction de la densité ; temps :A , densité : B (du 01/01/2003 jusqu'à 30/06/2003)

- premier stade augmentation de la concentration en fonction de la densité une corrélation positive, pour arrivée a une maximum au 16^eme semaines.
- deuxième stade la corrélation devinent négative la concentration du sodium diminué est la densité accroît Cela vue dire que ont deux phénomènes

- la dissolution des minéraux   évaporitiques des anciens cycles
- puis la précipitation sous formes des minéraux évapoitiques (NaCl)

L'analyse des échantillons des sels par les rayons X, et l'utilisation de logiciel **PHREEQ,** confirmé les observations sus dessus :

- Tous les échantillons analysés par rayons X, montrent la présence d'halite à partir de la quatorzième semaine.
- Le calcul de l'indice de saturation d'halite par le logiciel **PHREEQ,** montre un saturation des saumures en halite (figure n° : 04)

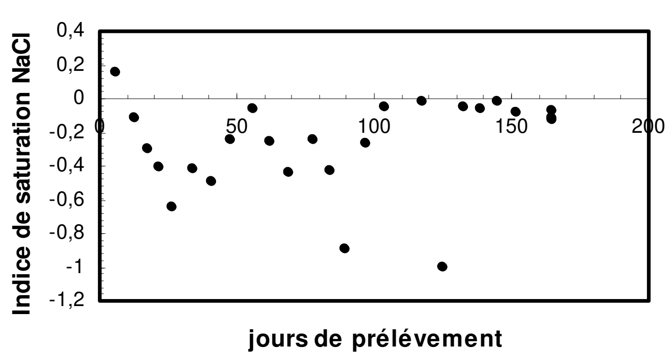

Figure n°04 : Variation de l'indice de saturation d'halite (du 01/01/2003 jusqu'à 30/06/2003)

CONCLUSIONS

Les concentrations des saumures du chott Merouane en chlore et en sodium sont très importantes et constituées une source renouvelable pour les sels, ces éléments ont une origine géologique; par précipitation

depuis la formation du chott jusqu'à l'heure actuelle. L'évolution du chlore et de sodium est fonction de deux phénomènes, la dissolution et la précipitation, qui sont fonction de la densité.

En fin on recommande une densité de pompage des saumures vers les bassin de cristallisation inférieure a 1.2 (24°boumée) (figure : 2 et 3)

BIBLIOGRAPHIE

1. Bryant, R.G., Drake, N.A. Millington A.C. and Sellwood B.W. (1994a) The chemical evolution of the brines of Chott el Djerid, southern Tunisia, after an exceptional rainfall event in January 1990. In: R.W. Renaut and W.M. Last, Editors, *The sedimentlogy and geochemistry of modern and ancient saline lakes* **vol. 50**, SEPM Special Publication, Tulsa, Oklahoma, USA, pp. 3–12.
2. Bryant, R.G., Sellwood B.W., Millington A.C. and Drake N.A., (1994b) Marine-like potash evaporate formation on a continental playa: case study from Chott el Djerid, southern Tunisia, *Sed. Geol.,* 90, 269-291.
3. Castany G. (1982) Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal .Bull.BRGM 2 III (2), 127-167
4. Cornet A ., (1964) Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.VI (1), 5-72
5. ERESS, (1972) Etude de ressources en eau dans le Sahara septentrional. UNESCO Rapport final, annexe 7.Paris.
6. Eugster H. P. and Hardie L. A. (1978) Saline lakes. In: A. Lerman, Editor, *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*, Springer-Verlag, New York pp. 237–293.
7. Gouskov N. (1952) Le problème hydrogéologique du bassin de l'Oued R'hir (La géologie et le problème de l'eau en Algérie .Tome II- Données sur l'hydrogéologie algérienne).XIXé congrès géologique international
8. Gueddari M. (1980) : Géochimie des sels et des saumures du chott El Jerid (Sud Tunisien). Thèse de doctorat 3eme cycle (131p).
9. Gueddari M., Monnin C., Perret D., Fritz B. and Tardy, Y. (1983) Geochemistry of brines of the Chott El Jerid in southern Tunisia — Application of Pitzer's equations, Chem. Geo., 39,165-178.
10. Hardie L. A. and H.P. Eugster, H.P. (1970) The evolution of closed-basin brines. *Mineral Society of America: Special Publication* **3**, 273–290.
11. Merabat O. et Popov A.. (1971) Les bassins salifères de l'Algérie. Publ. sec. Géol. Algérie (Nlle série).Bull.n°41. pp. 59 à 70.
12. Saltec-Lavalin. (1983) Avant projet exploitation de chott Merouane. SONAREM/DED.
13. Yechieli Y. and Wood W. W. (2002) Hydrogeologic processes in saline systems: playas, sabkhas, and saline lakes, *Earth-Science Reviews,* 58*,* 343-365.