

Contribution à l'étude de la salinisation de la nappe côtière de Fom El Oued (Laayoune) au Maroc

Zakaria ZGOURDAH^{1*}, Driss BELGHYTI¹, Salah Eddine SAMRI² et Khadija ELKHARRIM¹

¹*Laboratoire Environnement et Energies Renouvelables, Equipe : environnement, patrimoine et santé, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofaïl, BP 133, Kénitra, Maroc*

²*Laboratoire de Biologie et Biotechnologie des Microorganismes, Faculté des sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc*

* Correspondance, courriel : Zgzakaria@gmail.com

Résumé

La nappe côtière de Fom EL Oued est la principale unité hydrogéologique de la région de Laâyoune, Maroc. Elle circule dans des formations calcaires fissurées du Cénomaniens et dans des formations détritiques du Plioquaternaire. Ces derniers favorisent le transit des eaux d'infiltration à forte charge saline, vers la nappe d'eau souterraine. La conductivité électrique moyenne des eaux souterraines étudiées montre des variations importantes, de 1,7 mS/cm (zone interne) à 7 mS/cm. En effet, elle accuse des valeurs de plus en plus importantes en direction de la mer, avec un gradient d'augmentation important dans les premiers kilomètres du rivage. La minéralisation totale est déterminée principalement par les ions chlorures et sodium qui montrent une corrélation positive avec la conductivité électrique. La combinaison des outils, géologiques, hydrogéologiques, piézométriques et hydrochimiques a montré que les fortes salinités des eaux souterraines sont liées au phénomène d'intrusion marine (dans les premiers kilomètres de la côte), à celui du lessivage de la roche réservoir et de l'infiltration des eaux de retour. Ces méthodes d'étude ont montré une meilleure adaptation avec notre système aquifère côtier.

Mots-clés : *nappe côtière, salinité, intrusion marine, hydrochimie, Fom El Oued, Maroc.*

Abstract

Contribution for study of the salinization of costal aquifer of Fom El Oued Laayoune, Morocco

The coastal aquifer of El Fom El Oued circulate either in Cenomanian limestones (crack permeability) in the south east part or in the sandy calcareous formations of Plioquaternary in downstream part. These aquifer formations characterized by important permeabilities and a small depth of piezometric level below a sand-clayey soil, are regarded a priori as sensitive to saline pollution. The electric conductivity average of groundwaters studied shows important variations of 1.7 mS/cm (south east part) to 7 mS/cm (coastal areas). Indeed it shows increasingly important values in direction of the sea, with an important gradient of the increase in the first kilometers from the coast. The total mineralization is determined mainly by the sodium and chlorides ions which show a positive correlation with the electric conductivity.

The combination of geological, hydrogeological and geochemical methods shows that the high salinities of groundwaters are related to: seawater intrusion (in the first kilometers of the coast), aquifer formation lixiviation, infiltration of water of return and a possible trapping of old seawater. These methods of study show a better adaptation with our coastal aquifer system.

Keywords : *coastal aquifer, salinity, marine intrusion, geochemistry, Fom El Oued, Morocco.*

1. Introduction

Les aquifères côtiers constituent des ressources en eau importantes dans les zones littorales où l'on observe des fortes densités démographiques et une intense activité agricole. Ce sont des zones où la demande en eau est de plus en plus croissante. Cela est favorisé par la faible profondeur des nappes d'eau souterraine dans ces zones côtières. Cependant, l'exploitation de ces nappes pose des problèmes complexes car elle associe la notion des réserves des eaux souterraines à celle de leur qualité. Le bassin Fom El Oued fait partie de ces zones côtières, où l'on observe un essor démographique important et une forte activité agricole. Les seules ressources en eau pour l'alimentation de la population rurale et pour l'irrigation des cultures, correspondent aux eaux souterraines. Ces eaux circulent à des profondeurs moyennes de 15 m [1]. Le but de notre travail est de contribuer à comprendre les causes de salinisation des eaux souterraines du bassin de Fom El Oued en utilisant et en combinant plusieurs méthodes d'étude : géochimie des eaux, piézométrie, géologie, hydrogéologie [1,2].



Extrait de la carte du Maroc au 1/1.000.000 (Michelin Edition du Voyage 2000/2001)

Figure 1 : *Situation de la zone d'étude*

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du site d'étude

2-1-1. Présentation géographique

La région d'étude se caractérise par un climat purement aride, de type saharien à hiver chaud. Cette nappe s'étend entre la ville de Laâyoune à l'Est et la côte océanique à l'Ouest sur une largeur d'environ 17 km et une superficie d'environ 250 km². L'élevage et l'agriculture représentent les activités les plus pratiquées par la population de la région étudiée. Ce sont des activités basées sur les ressources en eau souterraine, circulant à de faibles profondeurs de la surface. Ce qui fait de ces zones, des secteurs à priori sensibles à la contamination.

2-1-2. Présentation géologique

Pour cette caractérisation géologique, on se limitera à une description succincte des formations post-paléozoïques qui constituent l'essentiel du remplissage du bassin de Laâyoune - Tarfaya (*Figure 3 et 4*) [3].

2-1-2-1. Le Trias

Au regard des forages pétroliers exécutés dans le bassin de Laâyoune, le Trias est généralement en lacune. Toutefois, deux formations sédimentaires recoupées par les sondages A2-41, 56-1, D2-9 et 23-2, entre le Jurassique marin fossilifère et le soubassement précambrien ou paléozoïque, pourraient représenter le Trias. Ces deux formations sont comme il suit : La plus récente se compose d'anhydrite et de gypse ; et l'autre, plus ancienne, constituée de conglomérats polygéniques à galets grossiers, recouvre directement le soubassement.

2-1-2-2. Le Jurassique

Les plus anciens sédiments datés (par paléontologie) sont des roches carbonatées jurassiques indiquant une transgression marine sur les sédiments triasiques du rift et/ou sur le substratum paléozoïque à anté-cambrien.

2-1-2-3. Le Crétacé

2-1-2-3-1. Crétacé inférieur

Au cours du Crétacé inférieur, en particulier Néocomien-Barémien, une épaisse séquence de sédiments clastiques, continentale à marine deltaïque (sables de Tan Tan ou formation de Khribichat) a été déposée dans le bassin Laâyoune-Tarfaya, recouvrant totalement les constructions carbonatées de la plate-forme jurassique [3].

2-1-2-3-2. Crétacé supérieur

Une troncature très marquée des dépôts crétacés s'observe à l'Ouest du bassin, le long de la côte océanique, entre le Cap Juby et le Cap Boujdour (*Figure 3*). A cet endroit, non seulement le Crétacé supérieur mais aussi le recouvrement Paléogène et une partie du Crétacé inférieur, sont manquants et « remplacés » par une épaisse série argilo-silteuse oligo-miocène.

2-1-2-4. Paléocène-Eocène

Le Paléocène débute par une formation sableuse reposant en discordance sur le Crétacé supérieur (formation de Yebeilat), et par endroit sur le Crétacé inférieur.

2-1-2-5. Oligo-Miocène

Les sédiments d'âge Oligo-Miocène affleurent uniquement dans la partie ouest du bassin marginal de Laâyoune-Tarfaya. Entre le Cap Juby et le Cap Boujdour, l'Oligo-Miocène remplit une fosse tectono-sédimentaire de plus de 1500m, développée à la faveur de l'importante troncature marginale (traversée par les sondages, Daoura 1-1, Laâyoune 8-2 et 8-3) décrite précédemment (**Figure 2**). Ce remplissage est composé essentiellement d'argiles et de marnes avec intercalations d'horizons sableux (poreux et perméables) et des niveaux de brèches sédimentaires à glauconie à la base. Le sondage (Daoura 1-1) a mis en évidence l'absence du Paléocène, du Crétacé supérieur et du toit du Crétacé inférieur [4-7].

2-1-2-6. Miocène à Plio-Quaternaire

Les formations miocènes plio-quaternaires sont très hétérogènes, elles montrent des variations latérales de faciès très importantes. Il s'agit de dépôts transgressifs mixtes, marins littoraux ou deltaïques à continentaux fluviaux, biochimiques (carbonates, silex, craies...) ou détritiques (sables, conglomérats). Ces dépôts seront détaillés dans le paragraphe qui suit et qui concerne la géologie locale de la zone de Fom El Oued [4-7].

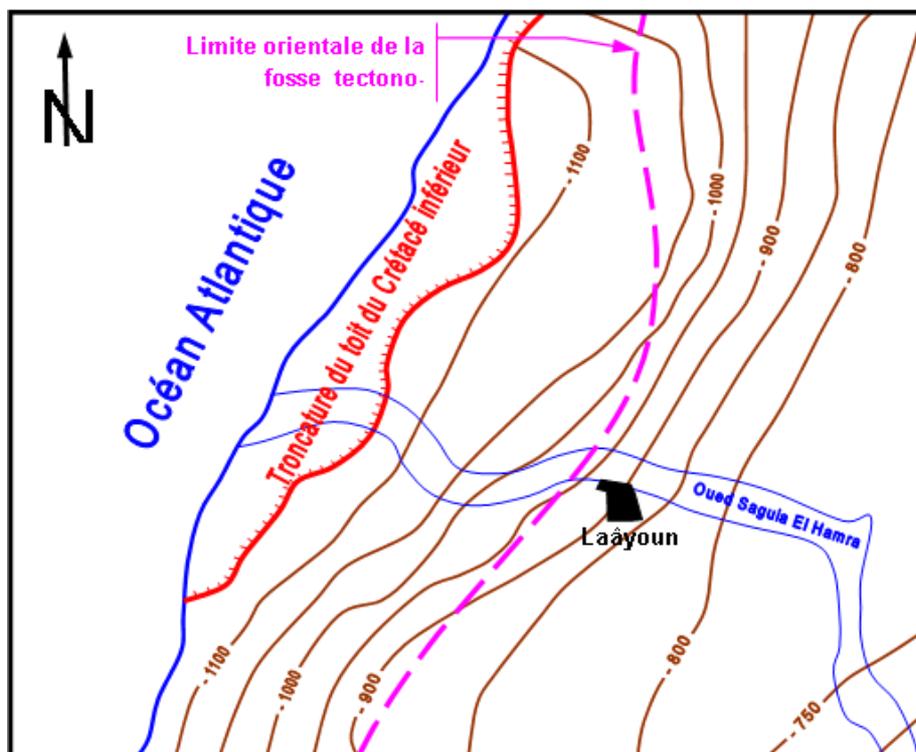


Figure 2 : Carte des isobathes du toit du Crétacé inférieur (équidistance des courbes = 50m) montrant la limite de la fosse Oligo-Miocène, élaborée à partir des données sismiques [8]

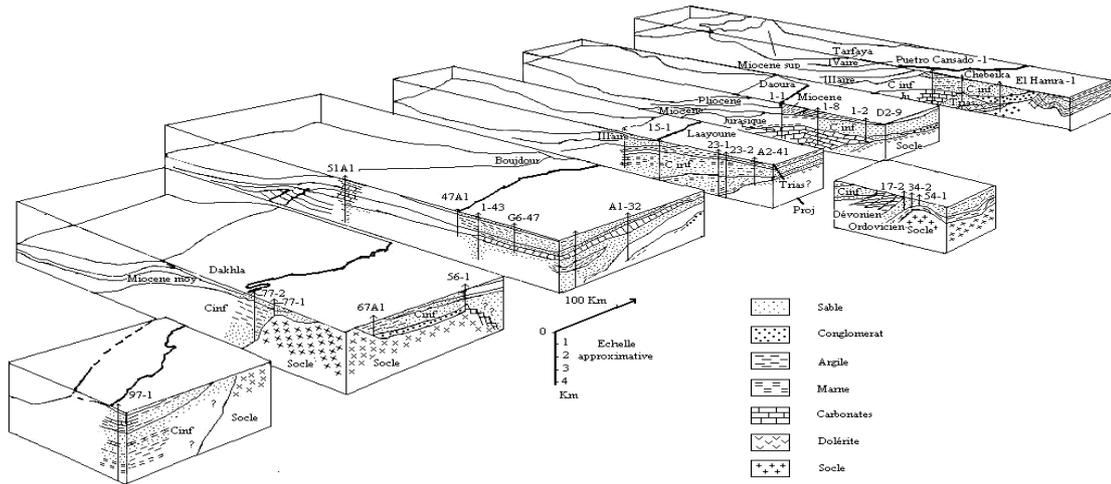


Figure 3 : Blocs diagrammes avec coupes géologiques E-O et N-S, du bassin marginal de Laâyoune-Tarfaya-Dakhla [3]

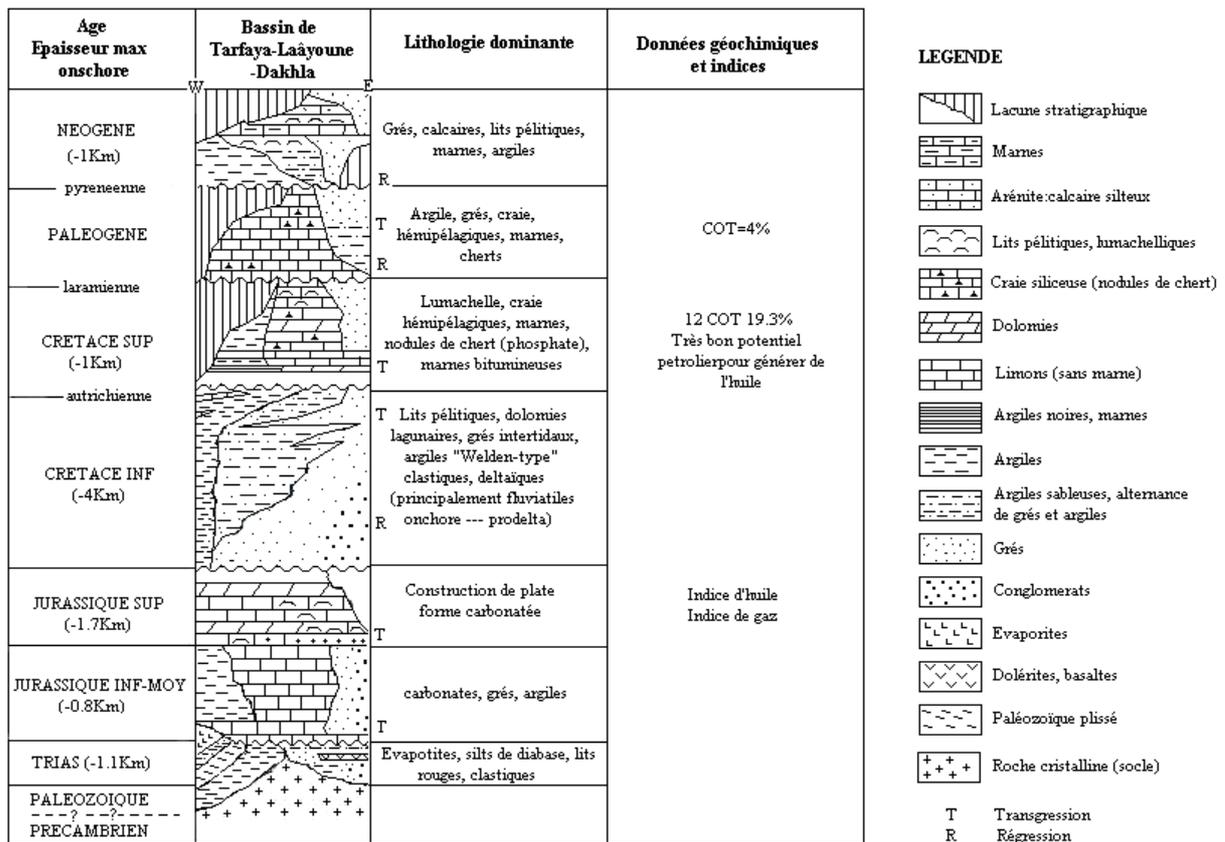


Figure 4 : Synthèse lithostratigraphique du bassin de Tarfaya-Laâyoune-Dakhla [4-7]

2-1-3. Présentation hydrogéologique du bassin de Fom El Oued

La compréhension des phénomènes hydrogéologiques, au sein de la nappe aquifère de Fom El Oued, nécessite la définition des limites de cette nappe et la reconnaissance des terrains aquifères adjacents.

Les terrains aquifères peu profonds (moins de 200m) de la région de Laâyoune correspondent aux formations géologiques perméables miocènes supérieur à plio-quadernaire. Ces terrains reposent en discordance sur un substratum imperméable d'âge Crétacé sup. à Miocène sup. et s'étendent sans discontinuités géologiques majeures dans toute la zone d'étude. Il s'agit d'alternances sédimentaires complexes, détritiques, biochimiques et chimiques (alternances et mélanges de sables, conglomérats, argiles, marnes, calcaires, craies, évaporites...) dont la succession reflète l'évolution paléogéographique de la cote océanique atlantique au cours des temps géologiques du Miocène supérieur à l'Actuel [9].

2-2. Méthodes

Dans le cadre de ce travail, nous avons procédé à un maillage régulier de la zone étudiée et nous avons sélectionné un réseau représentatif de 24 puits, dont les résultats seront analysés dans ce travail. Ces puits ont fait l'objet de campagne de relevés piézométriques et de mesures des paramètres physiques de l'eau in situ (conductivité, pH, température, O₂ dissout) ainsi de prendre des échantillons d'eau dans des flacons de polyéthylène à pour but d'analyses chimiques au laboratoire. Tous ces puits ont été reportés sur carte topographique et repérés grâce au GPS. Les résultats obtenus nous ont permis de dresser certain nombre de cartes (piézométrique, et certain éléments chimiques)

3. Résultats et discussion

3-1. Carte piézométrique

Les niveaux piézométriques varient entre 15 m en amont et 0 m en aval (littoral atlantique) et l'écoulement général de la nappe se fait de l'Est vers l'Ouest, c'est-à-dire des aquifères du bassin de Laâyoune vers l'océan atlantique (*Figure 5*). Le gradient hydraulique de la nappe varie de façon significative entre l'amont et l'aval. En effet, il est très élevé en amont hydraulique, au voisinage du lit de l'oued Saquia El Hamra, où il atteint une valeur moyenne d'environ 0.4 %. Dans les secteurs, central et aval de la nappe, le gradient hydraulique est presque 10 fois plus faible : environ 0.04 %. Au niveau du champ captant de l'ONEP, les lignes de courant convergent, conséquence de la forte exploitation de la nappe dans ce secteur (dépression piézométrique) [10].

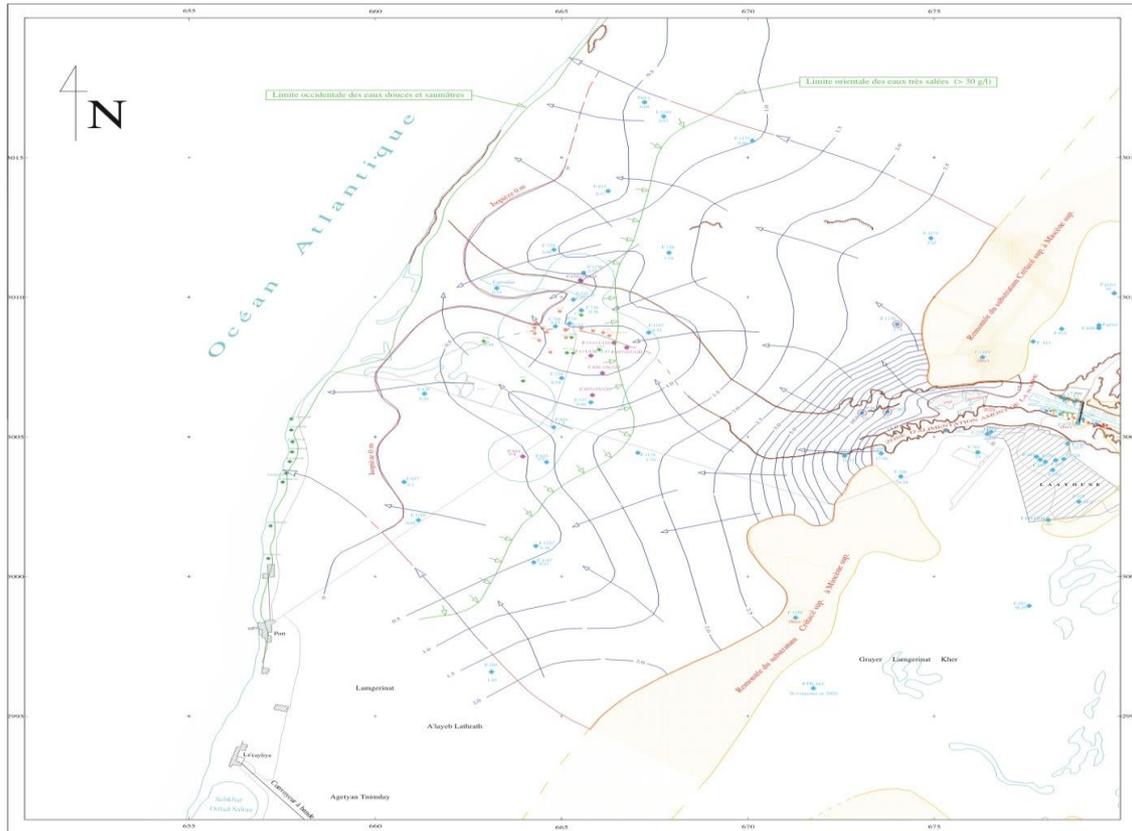


Figure 5 : Carte piézométrique de la nappe de Foug El Oued relevée en 2005

3-2. Etude géochimique des eaux

Le même réseau de puits (*Figure 5*) a fait l'objet de campagnes d'échantillonnage d'eau Août 2012. Sur le terrain, nous avons mesuré les différents paramètres physiques : température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous. Les échantillons pris directement des points d'eaux sont conservés dans une glacière et emmenés au laboratoire pour analyses des paramètres chimiques majeurs suivants : Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻.

3-2-1. Conductivité électrique

La *Figure 6* illustrant la variation spatiale de la conductivité en 1997, montre qu'à cette époque, déjà la partie ouest de la nappe enregistre des valeurs de conductivité très importantes par rapport au reste de la nappe. Le piézomètre 836/120, montre la plus forte valeur avec une conductivité de 29.000 µs/cm. Plus au sud et à même distance de l'océan le piézomètre 837/120 n'enregistre que 13.000 µs/cm. Ce résultat confirme l'hypothèse de l'évolution du biseau salé suivant un axe privilégié par les fortes perméabilités des sables contenues dans l'ancien lit de l'oued Saguia El Hamra. En faisant abstraction à ces deux points, et en analysant l'évolution spatiale temporelle (1997-2003) de la conductivité, on observe une augmentation alarmante et progressive de la minéralisation suivant deux axes dirigés au droit des piézomètres 735/120 et 737/120). Elle est due à une surexploitation de la nappe qui attire le biseau salé à l'intérieur du continent, ce même constat a été reporté par d'autre auteur [11-13]. La conductivité aux deux piézomètres est passée de 5000 µs/cm (année 1997) à 10 000 µs/cm au 735/120 et 7400 µs/cm au 737/120 (année 2012).

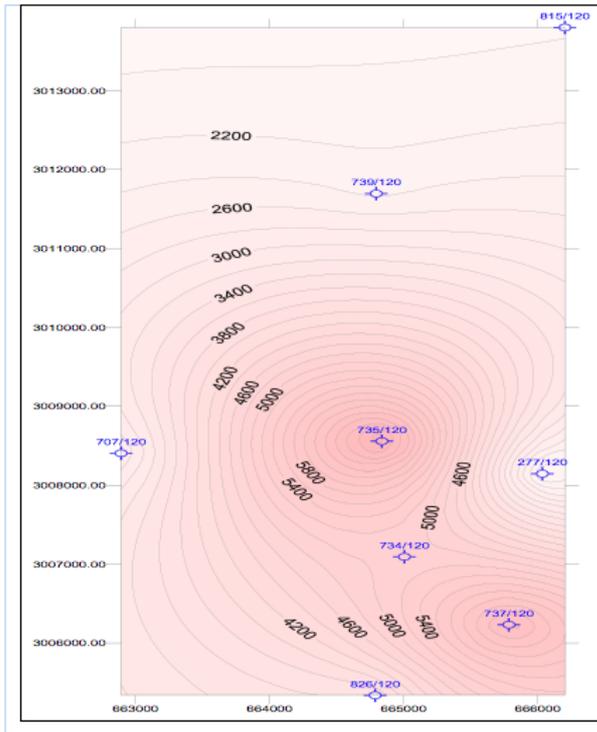


Figure 6 : Carte d'isovaleurs de la conductivité en 1997 incluant les forages 836/120 et 837/120

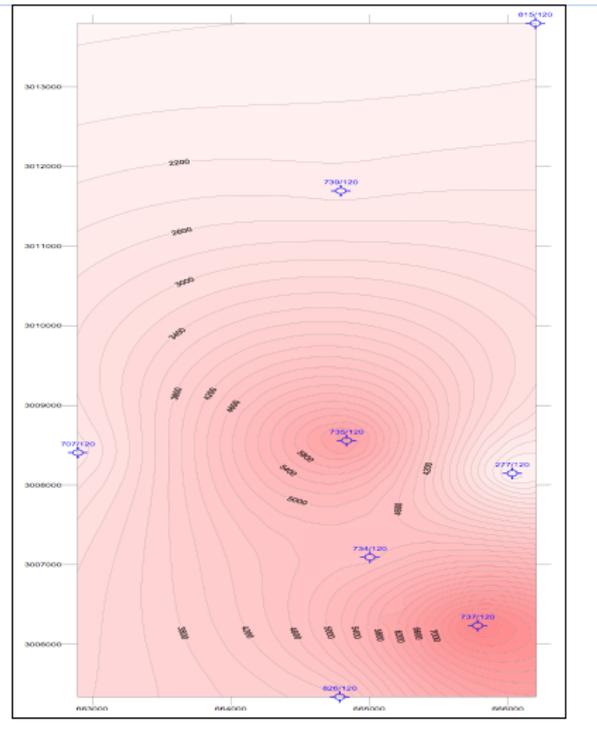


Figure 7 : Carte d'isovaleurs de la conductivité en 1997 sans les forages 836/120 et 837/120

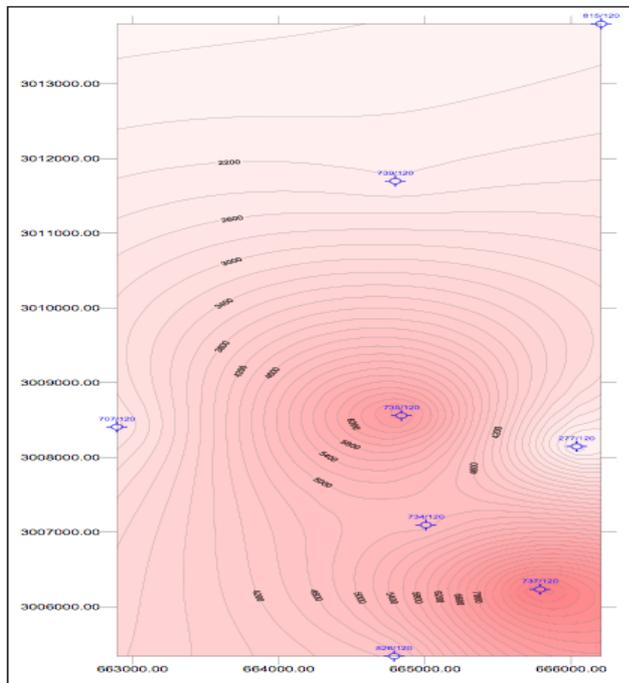


Figure 8 : Carte d'isovaleurs de la conductivité en 2002

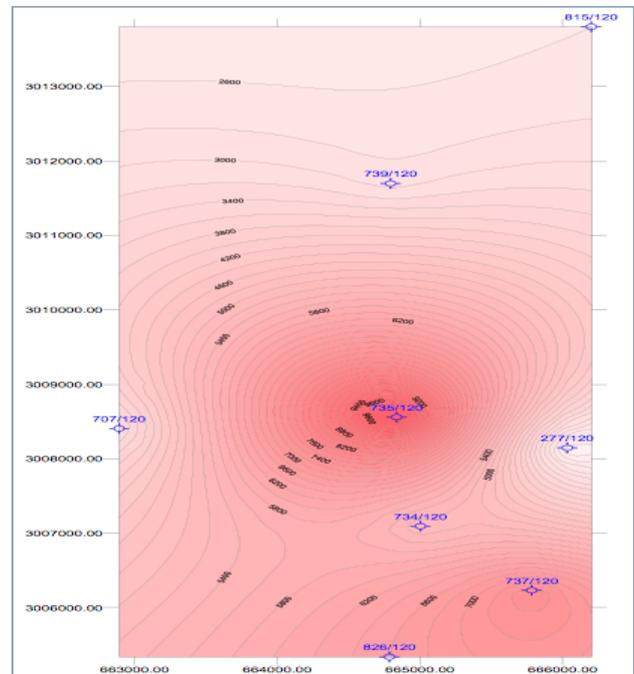


Figure 9 : Carte d'isovaleurs de la conductivité en 2012

3-2-2. élément chimique

Les deux graphiques (**Figure 8 et 9**) montrent une dominance du faciès chloruré sodique légèrement sulfaté calcique, sauf au niveau du forage 856/120 qui présente un faciès plutôt sulfaté sodique. Le faciès dominant (chloruré-sodique) est caractéristique des zones arides. En effet, on a toujours au début une tendance à un dégazage du gaz carbonique, ce qui permet une précipitation des bicarbonates (HCO_3^-) suivi du gypse CaSO_4 . L'évolution ultime de l'eau aboutit au faciès chloruré-sulfaté-carbonaté, avec par ordre décroissant Na, Mg et Ca. Même en absence d'aquifère salé ou par effet d'invasion marine, la concentration des eaux en NaCl peut être élevée si l'évaporation est forte [14, 15].

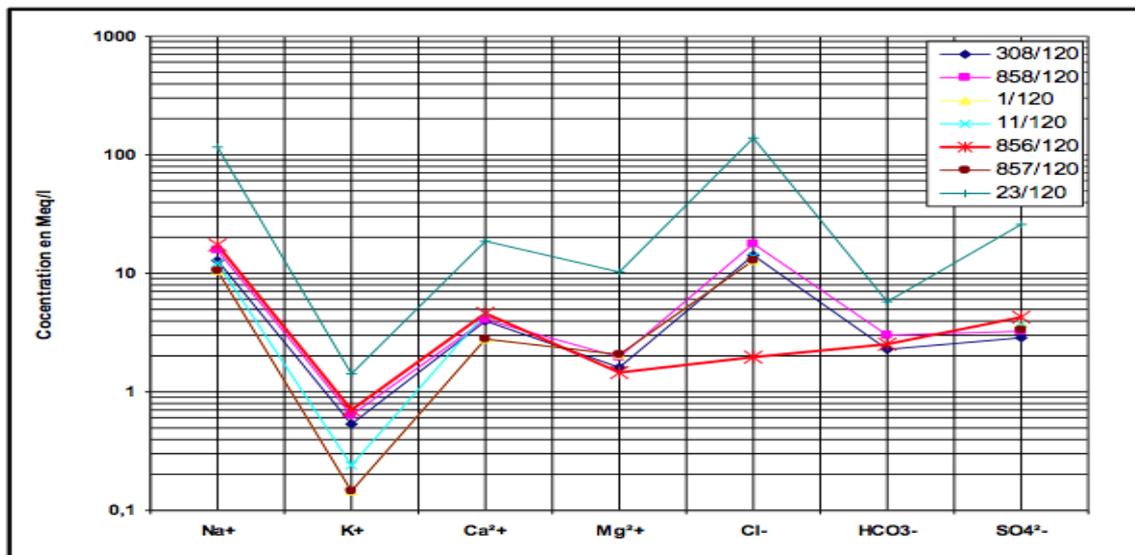


Figure 10 : *Diagramme de Schoeller-Berkaloff de quelques forages de la zone d'étude (1)*

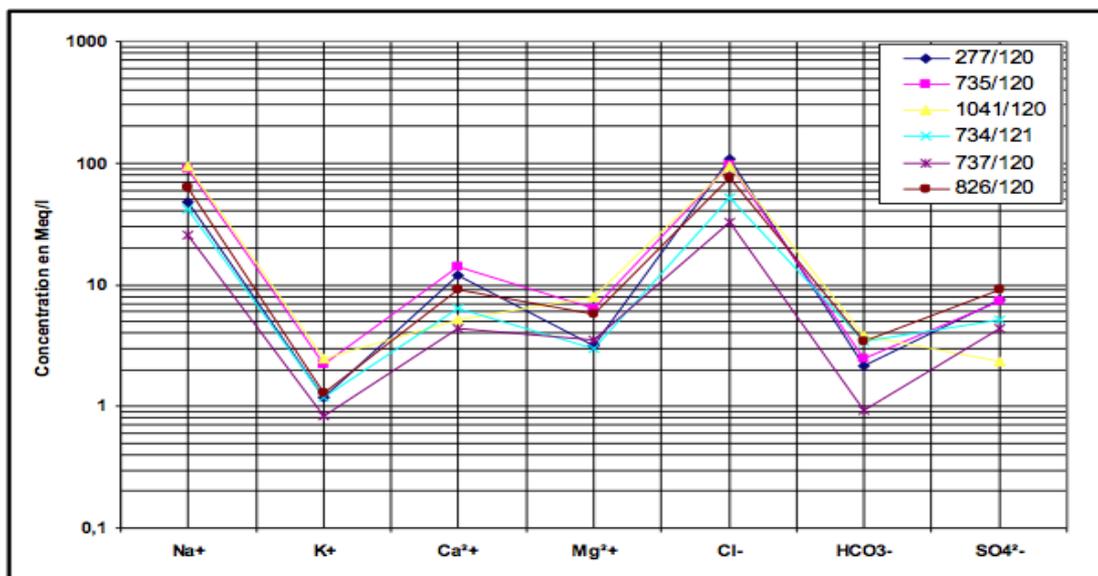


Figure 11 : *Diagramme de Schoeller-Berkaloff de quelques forages de la zone d'étude (2)*

3-2-3. Analyse corrélative des éléments chimiques

La corrélation des différents éléments chimiques avec la conductivité donne une idée précise sur les couples en éléments chimiques responsables de la minéralisation des eaux. Les graphiques présentés dans les deux pages suivantes (**Figure 10, 11 et 12**) montrent la variation de ces corrélations. L'analyse de ces graphiques (**Figure 10 et 11**) dévoile que l'aquifère étudié présente des corrélations quasi linéaires pour les Cl⁻, Na⁺, K⁺, et Mg²⁺. En effet, les coefficients de corrélation respectifs reliant ces éléments à la conductivité sont de 86%, 97%, 84% et 84%. Ces éléments déterminent donc l'essentiel de la minéralisation au niveau de la nappe. Ils sont les plus solubles dans les circuits souterrains par rapport au CaCO₃ qui suit un autre régime, car très faiblement soluble. En effet, le CaCO₃ nécessite l'intervention d'un autre facteur tout à fait indépendant des facteurs de lessivage pour être mis en solution : la teneur en CO₂ libre de l'eau. Les fortes valeurs en NaCl peuvent s'expliquer soit par le lessivage de formations évaporitiques riches en sel (halite), soit par une invasion des eaux marines vu que la nappe est côtière. Le Mg²⁺ et le K⁺ sont des éléments accompagnateurs des sels en dissolution surtout en présence d'une forte concentration en NaCl. L'analyse des corrélations entre (HCO₃)⁻, Ca²⁺ et (SO₄)²⁻ avec la conductivité montrent des nuages de points dispersés par rapport aux droites de corrélation. Ils sont donc faiblement corrélables avec la conductivité comme en témoigne les faibles valeurs des coefficients de corrélation respectifs de 6%, 53% et 26% (**Figure 12**). Ce même résultat a été obtenu par d'autres auteurs [16-18].

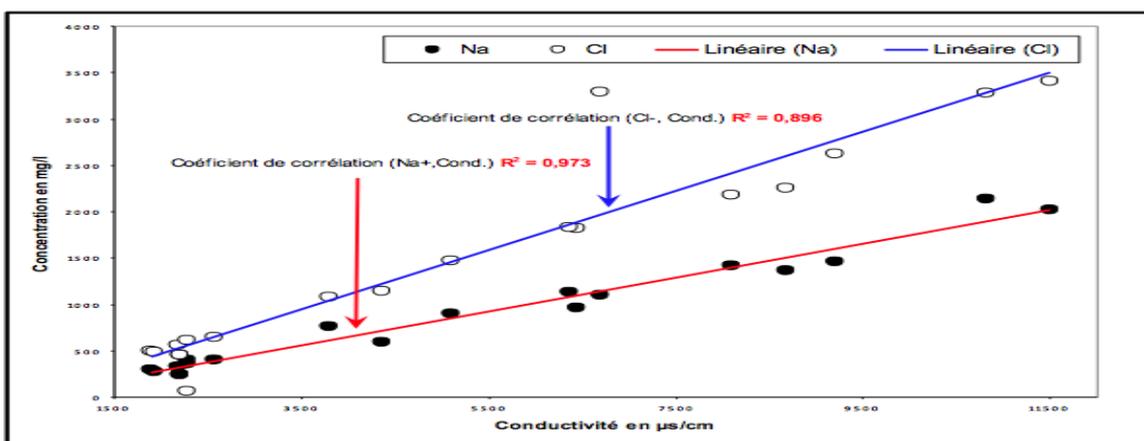


Figure 12 : Corrélation des concentrations en Na⁺ et Cl⁻ avec la conductivité

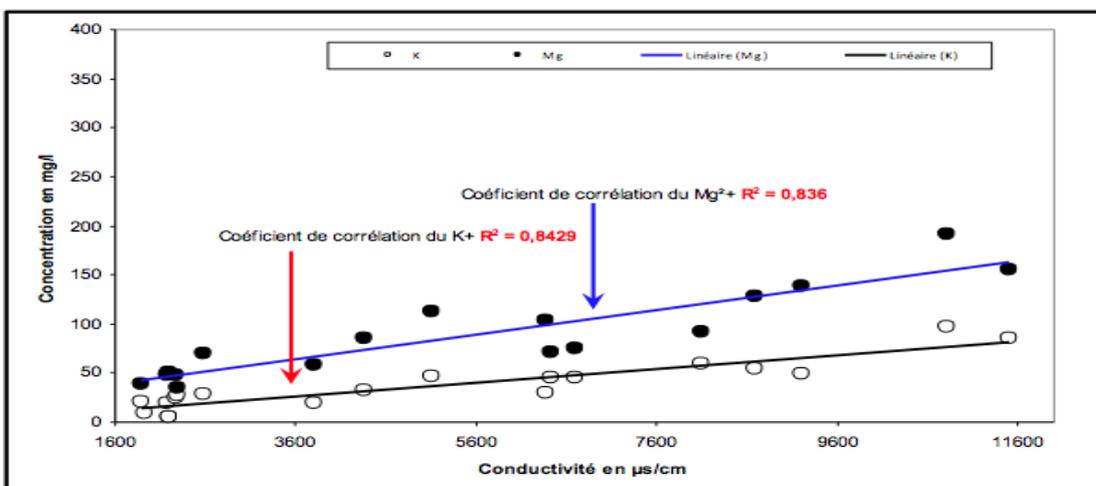


Figure 13 : Corrélation des concentrations en Mg²⁺ et K⁺ avec la conductivité

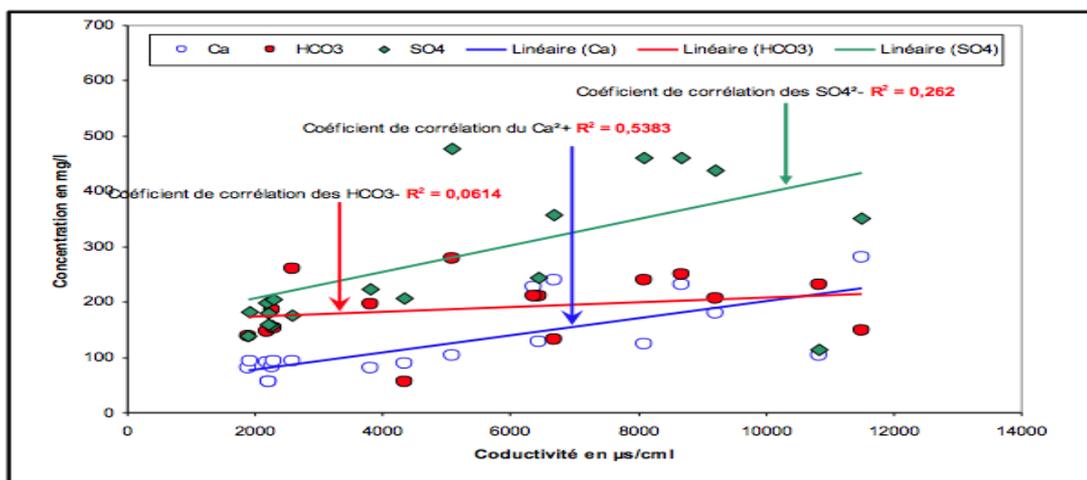


Figure 14 : Corrélation des concentrations en Ca^{2+} , $(HCO_3)^-$ et $(SO_4)^{2-}$ avec la conductivité

3-2-4. Carte de répartition des chlorures Cl^-

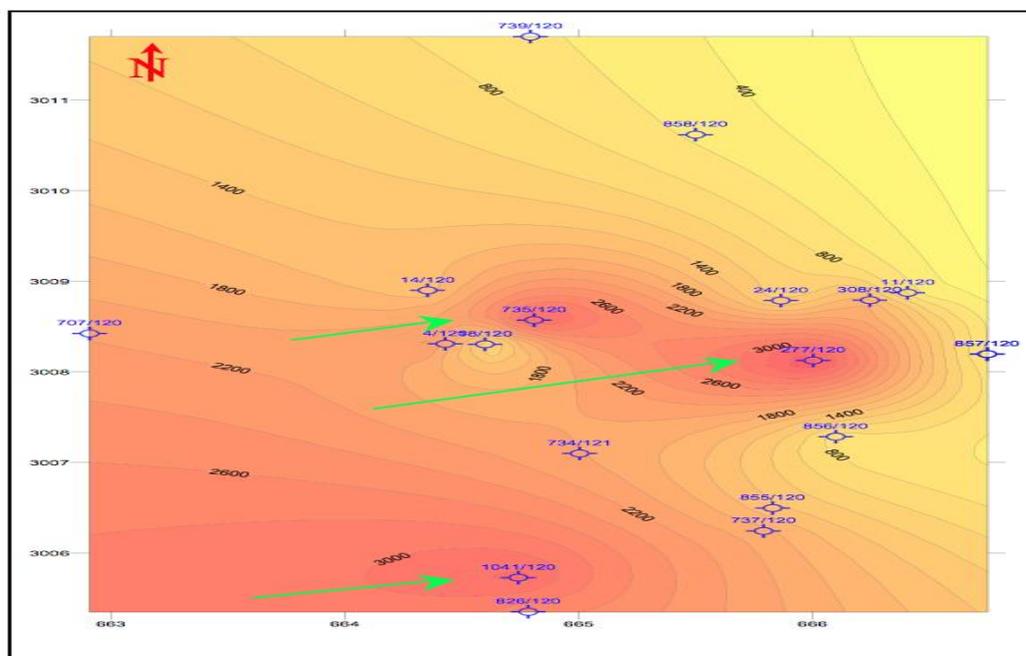


Figure 15 : Carte d'isovaleurs en concentration des chlorures Cl^-

Les courbes d'isovaleurs en Cl^- dessinent trois plages à fortes concentrations (**Figure 15**) centrées au droit des forages 735/120 (3411 $\mu s/cm$), 277/120 (3720 $\mu s/cm$) et 1041/120 (3280 $\mu s/cm$). Ces forages sont situés au cœur du champ captant, où s'effectuent des prélèvements journaliers pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation. Ces fortes valeurs en Cl^- peuvent s'expliquer soit par un lessivage des évaporites ($NaCl =$ halite) soit par une contamination à partir d'un biseau salé suite à un pompage intensif dans la zone. Les faibles valeurs (inférieures à 2000 $\mu s/cm$) en Cl^- se focalisent principalement au NO (sondages 858/120 et 739/120). Il est à noter que l'évolution des variations des Cl^- épouse celle de la variation de la conductivité électrique. La détermination dans ce qui suit de l'origine des Cl^- sera basée sur l'évolution interannuelle de la conductivité des piézomètres suivis de façon continue.

3-2-5. Carte de répartition du sodium Na^+

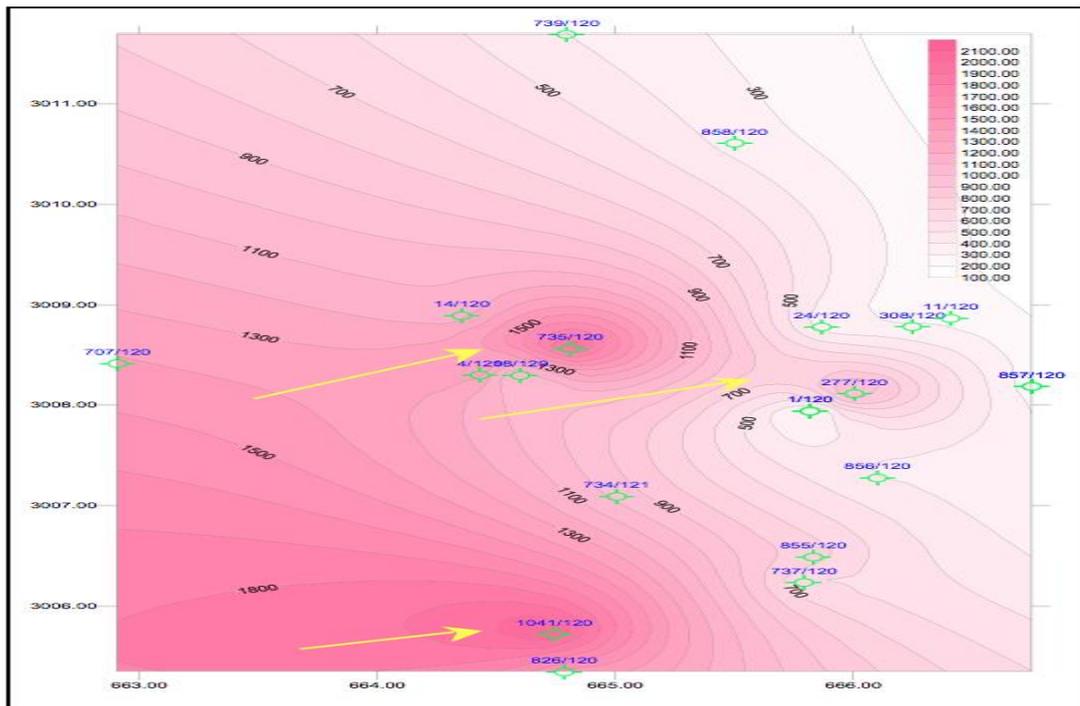


Figure 16 : Carte d'isovaleurs en concentration du sodium Na^+

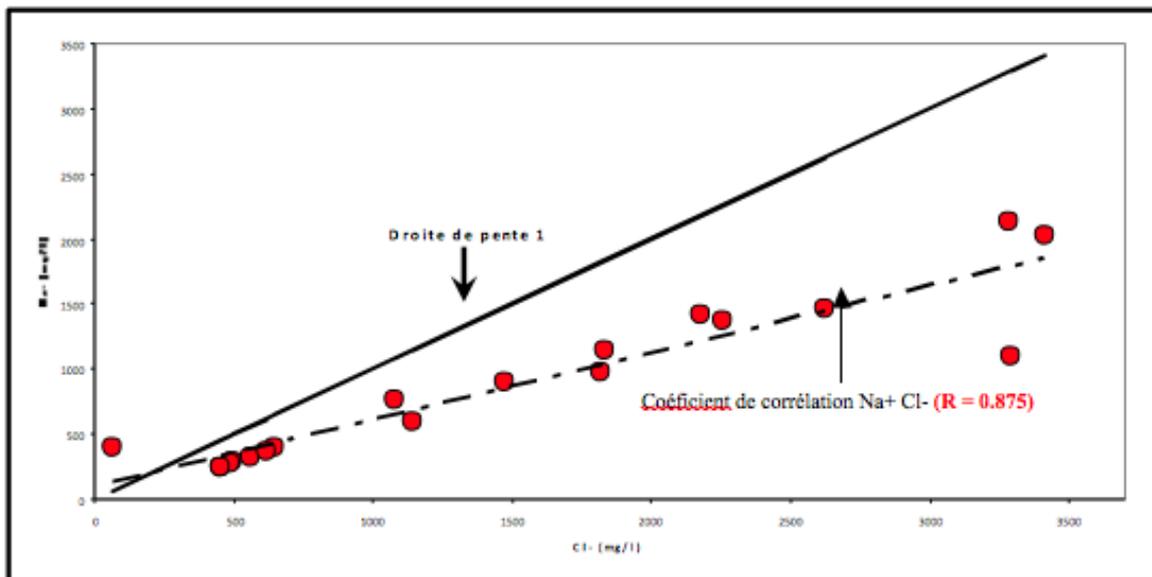


Figure 17 : Corrélation entre le Na^+ et les chlorures des eaux de la nappe

La variation spatiale des concentrations en sodium semble être calquée sur celle des chlorures (Figure 16), en effet on retrouve les trois plages à fortes concentrations centrées au droit des forages 735/120, 277/1120 et 1041//120. La plus forte valeur (2135 $\mu\text{s}/\text{cm}$) est enregistrée au droit du forage 1041/120, alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées à l'E et au NE de la zone d'étude.

Les concentrations en Na^+ sont bien corrélées aux chlorures ($r = 0.87$), cependant le rapport des concentrations molaires Na^+/Cl^- est souvent inférieur à 1. Le graphique de corrélation entre le Na^+ et les Cl^- (**Figure 17**) illustre ceci en montrant que les points sont souvent éloignés de la droite de pente 1. Si le Na^+ provient uniquement de la dissolution de l'halite ou bien de l'eau de mer, tous les points doivent s'aligner sur la droite de pente 1. Le déficit en Na^+ des eaux laisse penser au phénomène d'échange ionique entre l'eau et les marnes ou argiles à forte capacité d'échange ionique (Ca^{2+}), présentes sous formes lenticulaires dans notre zone d'étude.

4. Conclusion

L'utilisation des outils hydrogéologiques et piézométriques et des traceurs géochimiques, a montré une meilleure adaptation de ces outils à notre système aquifère côtier, en zone agricole aride. Elle a permis de vérifier nos hypothèses sur les sources potentielles des fortes salinités mesurées dans la le bassin Foum El Oued. Parmi ces sources potentielles, nous pouvons citer : l'invasion de la nappe par des eaux marines surtout dans les deux premiers kilomètres de la mer, les aérosols et embruns marins, les eaux de retour chargées en sels, ... La méthode géologique et hydrogéologique a mis en évidence les principaux résultats suivants : un écoulement de la nappe vers la mer (exutoire principal), à proximité de laquelle le gradient hydraulique et l'épaisseur saturée sont faibles, les réserves aquifères sont moindres, les pompages sont intensifs. Toutes ces constatations font des secteurs côtiers, des zones vulnérables à l'intrusion marine, accentuée par les sécheresses qui sévissent sur la région. L'interprétation des résultats des différentes campagnes physico-chimiques réalisées dans le cadre de ce travail, a montré d'après les cartes et les graphiques chimiques un resserrement très marqué des courbes des isovaleurs en direction de la mer, très net dans les deux premiers kilomètres surtout dans les secteurs proche du rivage. L'évolution des concentrations des sels dissous dans les eaux souterraines est bien corrélée avec la distance par rapport à la mer. Les forts gradients d'augmentation des concentrations sont observés dans les deux premiers kilomètres de la côte, surtout de la partie Nord Est : de 4 à 7 mS/cm/km pour la conductivité électrique, de 800 à 1800 mg/l/km pour les chlorures, de 350 à 950 mg/l/km pour le sodium. Combiné avec l'outil hydrogéologique et piézométrique, l'ensemble de ces résultats géochimiques plaide en faveur d'une contribution relativement importante de la source marine à la salinité des puits, principalement dans le premier kilomètre du rivage.

Références

- [1] - A. EL MANDOUR, " Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Trifa Salinisation et modélisation ", Thèse de Doctorat p. 268, Faculté des Sciences, Oujda, Maroc (1998).
- [2] - L. FEDRIGONI, M. KRIMISSA, K. ZOUARI, A. MALIKI, and G. M. ZUPPI, « Origine de la minéralisation et comportement hydrogéochimique d'une nappe phréatique soumise à des contraintes naturelles et anthropiques sévères : exemple de la nappe de Djebeniana, Tunisie », Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - *Earth and Planetary Science*, 332 (11) (2001) 665-671.
- [3] - U. RANKE, U. VON RAD and G. WISSMANN, In " Geology of the Northwest African continental margin", Ed. U. Von Rad, K. Hinz, M. Sarnthein, and E. Seibold, Springer-Verlag, (1982) 86-105.
- [4] - G. CHOUBERT, A. FAURE-MURET and J. SOUGY, "Carte tectonique internationale de l'Afrique", UNESCO, (1968) 9.

- [5] - R. QUEROL, "Regional geology of the Spanish Sahara" Ed.D. Reyre, Paris, (1966).
- [6] - AUXINI, Correlacionestratigraphica de los sondeos perforados en el Sahara espanol, *Bol. Geol. Minero. Madrid*, 83(1969) 235-251.
- [7] - L. K. RATSCHILLER, Lithostratigraphy of the northern Spanish Sahara. *Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali*, Trento, 18(1970) 9-84.
- [8] - Anonyme, " Rapport d'interprétation sismique de la région de Laayoune et de Tarfaya", (1991).
- [9] - B. H. S. O. (Bassin Hydraulique de Sakia El Hamra et Oued Eddahab), "Etudes et modélisations de la nappe Fom El Oued direction régionale d'hydraulique province Laayoune", (2008).
- [10] - A. LALLEMEND-BARRES and J. C. ROUX, " Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine", Ed. BRGM, Paris(1989).
- [11] - N. CHABOUR, *Sciences & Technologie B*, 22 (2004) 127-132.
- [12] - S. HADJ-SAID, L. DJABRI, A. HANI and J. MANIA, *Tecnología De La Intrusión De Agua De Mar En Acuíferos Costeros: Países Mediterráneos*, (2003) 319-324.
- [13] - B. BOUYA, M. FAOUZI, M. BEN ABBOU, A. ESSAHLAOUI, M. BAHIR, N. YOUNI and M. A. HESSANE, *Comunicações Geológicas*, 98 (2011) 73-81.
- [14] - S. CHAUDHURI and S. ALE, *Science of the Total Environment* 472 (2014) 370–380.
- [15] - L. DJABRI, S. BOUHSINA, A. HANI, A. BOSCH, J. MUDRY and M. C. DJOUAMAA, *Proceedings of ICWRS2014*, (2014) 357-362.
- [16] - M. S. GHEBOULI and M. B. ELHOCINE, *Sciences & Technologie A*, 28 (2008) 37-46.
- [17] - S. AMRANI and S. HINAJE, *European Scientific Journal*, 10 (20) (2014) 174-189.
- [18] - K. DINDANE, L. BOUCHAOU, Y. HSISSOU and S. BOUTALEB, *Africa Geoscience Review*, 14 (3)(2007) 329-335.