

Etude comparative de la vulnérabilité à l'intrusion marine par la méthode paramétrique: cas de la région de Annaba – Guerbes (N-E Algérie)

GUEZGOUZ N^{1,2}, DJABRI L¹, BOUHSINA S.³

¹: Laboratoire ressources en eau et développement durable

²: Université Kasdi Merbah –Ouargla

³: Université du Littoral Côte d'Opale Dunkerque

guezgouz.nourddine@univ-ouargla.dz; Hydguns23@yahoo.fr

Résumé- La région de Annaba - Guèbres, au Nord Est de l'Algérie, a connu un accroissement de la population et donc un développement intensif des aires industrielles et agricoles. L'urbanisation croissante et le développement industriel et agricole contribuent à la dégradation quantitative et qualitative des eaux souterraines. En fait, la cartographie de la vulnérabilité de l'aquifère à l'intrusion marine se présente comme un outil efficace pour une bonne gestion des ressources en eaux. Afin d'évaluer la vulnérabilité de l'aquifère à la pollution marine, on a eu recours à la méthode paramétrique combinée avec les techniques de SIG. Cette méthode, tiennent compte de différents paramètres, donnent des résultats relativement similaires pour la zone côtière. En effet la côte d'Annaba apparaît comme la zone la plus susceptible d'être contaminée.

D'où la nécessité des tests de sensibilité dans l'étude de validité des méthodes de vulnérabilité. Cette analyse devrait fournir des critères pour le futur choix d'une méthode qui sera utile comme document de synthèse pour la prise de décision en matière de gestion et de protection des ressources en eau.

MOTS-CLÉS : Annaba - Guèbres, vulnérabilité, SIG, méthode paramétrique.

I. INTRODUCTION

Les nappes phréatiques objet de cette étude sont localisé au niveau de la partie orientale (Nord Est) de l'Algérie exactement les deux nappes sont de la région d'Annaba(fig.1) et la région de Guèbres dans la wilaya de Skikda(fig.2). Elle s'agit d'une zone à climat méditerranéen dont la température moyenne est de 19°C et la pluviométrie moyenne annuelle évaluée à 600 mm (ONM, 2010). La nappe phréatique d'Annaba est exploitée par l'intermédiaire 500 puits de surface destiné à l'irrigation et la nappe profonde est exploitée par 32 forages pour l'alimentation en AEP des agglomérations ; la nappe de Guerbes est exploitée aussi par 600 puits de surface et 15 forages pour l'irrigation et l'AEP. C'est par conséquent la surexploitation des ressources Hydriques menace la région et la qualité des eaux la dedans est entrain d'être dégradé à savoir la salinité à plusieurs endroits de ces nappes côtières qui peuvent dues au phénomène de l'intrusion marine.

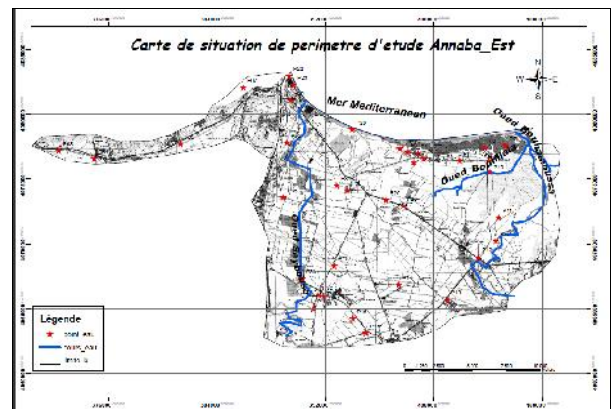


Figure 1 : Carte de situation géographique de la plaine d'Annaba élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 qui permet la localisation et la delimitation du perimetre d'étude apartir d'une carte topographique.

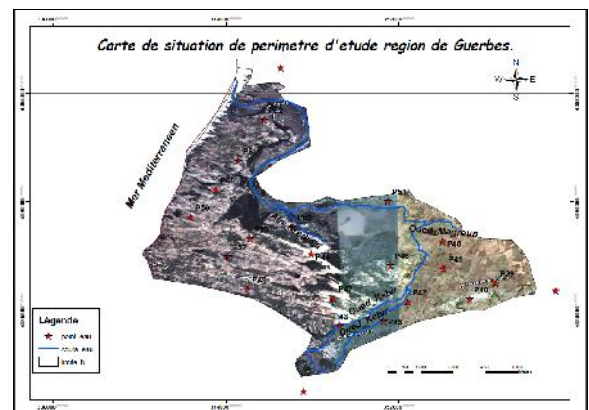


Figure 2 : Carte de situation géographique de la plaine de Guerbes élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 qui permet la localisation et la delimitation du perimetre d'étude apartir d'une photo satellitaire.

Face à ces contraintes naturelles et anthropiques on a pensé à proposer quelques scénarios de gestion des ressources en eaux en se basant à la fois sur la cartographie de la vulnérabilité en utilisant le système d'information géographique.

II. METHODOLOGIE:

La méthode GALDIT a été développée pour la première fois lors du projet "EU- India INCO-DEV COASTIN" (Michaud et al. 2003) et dont l'objectif était de déterminer la vulnérabilité des aquifères côtiers à l'intrusion marine (Chachadi et Labo-Ferreira, 2005). Cette méthode se base sur les caractéristiques hydrogéologiques (profondeur du plan d'eau, épaisseur de l'aquifère), morphologiques (distance à la côte), hydrodynamiques (Transmissivité) et hydrochimiques (impact des intrusions marines).

Afin de réaliser un document de synthèse on a procédé à la création d'une base de données importantes qui contient un nombre important des couches, chaque couche représente un type de données: polygone pour les données cartographiques et altimétriques; linéaire pour les cours d'eaux et les limites administratives et ponctuel pour l'inventaire de réseau d'observation et les résultats des mesures et les analyses hydrochimiques. Plusieurs données à la fois hydrogéologiques et hydrochimiques doivent être intégrées. Pour atteindre cet objectif, une variété d'interfaces au niveau d'Arc Gis sont utilisées; Arc Map, Arc Catalog, Arc Scene, Arc Tool box (fig.3).

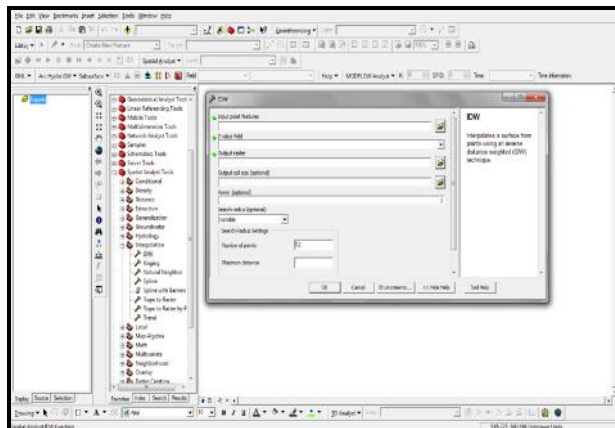


Figure 3 : Interface du logiciel Arc Gis 9.3 avec l'outil Arc tool box pour une analyse spatiale infographique.

III. Résultats et discussions:

L'application de la méthode paramétrique qui nécessite un nombre important des données, à savoir la méthode GALDIT, a permis l'élaboration de plusieurs cartes qui sont la plateforme de cette méthode qui est basée sur la superposition des couches à l'aide du SIG; ce dernier permet une sélection paramétrique des données numériques tout en tenant compte des données cartographiques qui sont à l'issue des résultats infographiques.

Carte de la perméabilité :

La carte des perméabilités hydrauliques élaborées par la méthode de krigeage dans les deux régions montrent une variation spatiale :

- La région de Guerbes : la carte (fig 4) montre que les fortes valeurs du gradient hydraulique s'observent au centre de la plaine. Elles deviennent de plus en plus faibles sur les bordures de l'ordre de $3 \cdot 10^{-3}$ et $7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ indiquant de fortes perméabilités dans ces secteurs.
- La région des salines : La carte (fig 5) paraît peu nuancée, avec des valeurs fluctuant entre $8 \cdot 10^{-4}$ et $8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ avec une anomalie à fortes valeurs au sud-ouest des Salines.

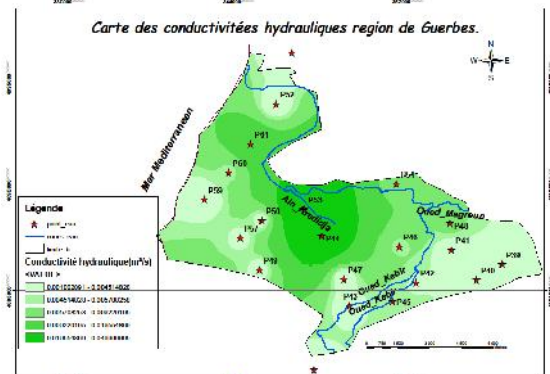


Figure 4 : Carte de conductivité hydraulique de la plaine de Guerbes élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la méthode de krigeage qui permet la localisation et des différentes zones de transmissivité.

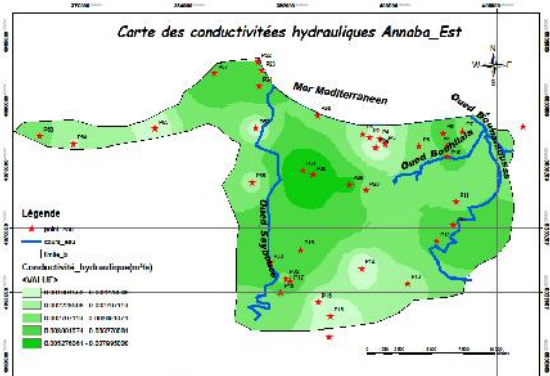


Figure 5 : Carte de conductivité hydraulique de la plaine d'Annaba élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la méthode de krigeage qui permet la localisation et des différentes zones de transmissivité.

Carte d'épaisseur de la nappe:

La carte des épaisseurs des nappes superficielles élaborées par la méthode de IDW dans les deux régions montrent une variation de distance entre le toit et le mir de la nappe par endroit :

- La région de Guerbes : la carte (fig 6) montre que les fortes épaisseurs de la nappe s'observent au Sud de la plaine. Elles deviennent de plus en plus mince sur les bordures de l'ordre de 5m indiquant de faibles réserves en eau dans ces secteurs.

- La région des salines : La carte (fig 7) paraît que la nappe devient plus épaisse de Nord vers le Sud, sur les bordures de la mer elle est de l'ordre de 4m d'épaisseur donc des réserves faibles en eau qui ne peuvent pas répondre à la demande croissante.

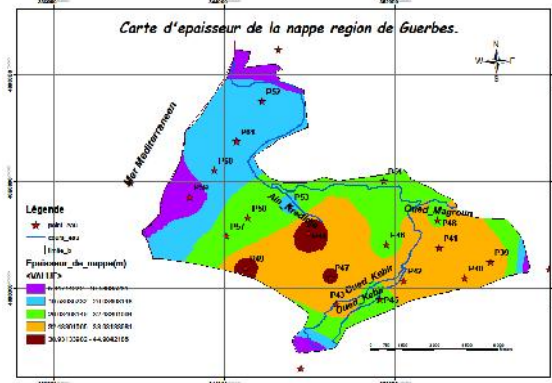


Figure 6 : Carte de conductivité hydraulique de la plaine de Guerbes élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la méthode IDW qui permet l'estimation de l'épaisseur de la nappe à l'aide des logs des forages.

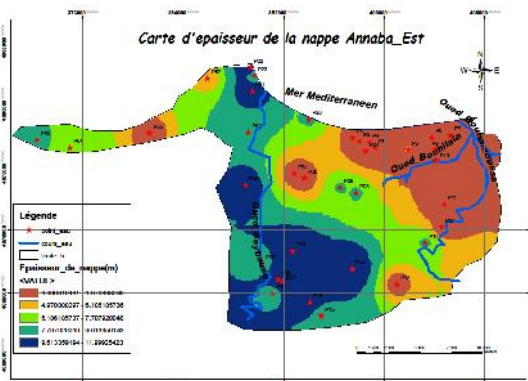


Figure 6 : Carte de conductivité hydraulique de la plaine d'Annaba élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la méthode IDW qui permet l'estimation de l'épaisseur de la nappe à l'aide des logs des forages.

Carte de vulnérabilité à l'intrusion marine:

La carte de vulnérabilité élaborée par la méthode paramétrique peut nous fournir un document de synthèse qui se rapproche de l'état réel des deux régions :

- La région de Guerbes : la carte (fig 8) montre que le secteur le plus vulnérable à l'intrusion marine se situe à la bordure de la mer vue le nombre important des points d'eau et la demande croissante surtout dans la saison estivale, la région devient de plus en plus moins vulnérable en éloignant de la mer car la nappe devient plus épaisse en présence des cours d'eau qui alimentent la nappe à l'amont.

- La région des salines : La carte (fig 9) montre que le secteur le plus vulnérable à l'intrusion marine comprend les points d'eau qui sont immédiatement sur la mer vue la formation sableuse de la région qui reste toujours vulnérable sur toute la partie nord à cause des forages profonds qui tirent un débit équivalent à 200 000 habitant par jours.

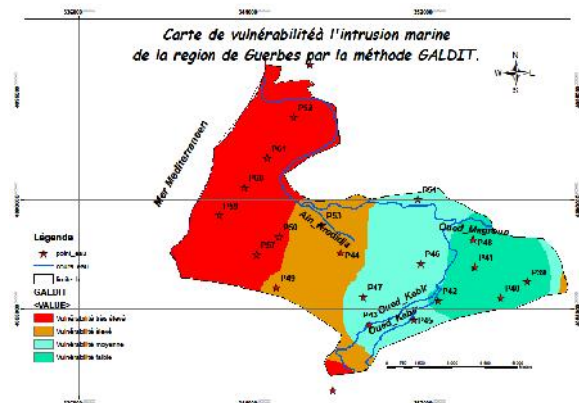


Figure 8 : Carte de vulnérabilité à l'intrusion marine de la plaine de Guerbes élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la superposition des différentes couches des paramètres de la méthode GALDIT.

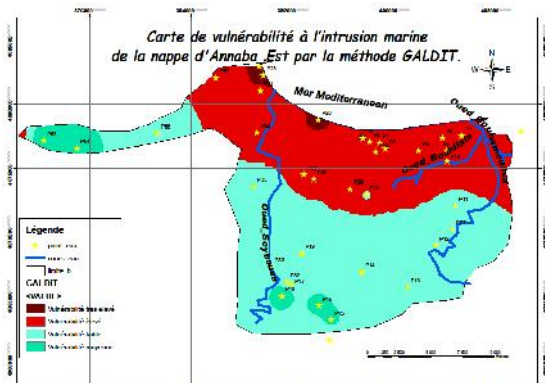


Figure 9 : Carte de vulnérabilité à l'intrusion marine de la plaine d'Annaba élaborée par le logiciel Arc Gis 9.3 par la superposition des différentes couches des paramètres de la méthode GALDIT.

IV. CONCLUSION

Dans cette étude, la carte de vulnérabilité basée à la fois sur les caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques du système aquifère et moyennant la méthode paramétrique à savoir la méthode GALDIT ; apparaît comme un moyen efficace pour la mise en évidence du phénomène de l'intrusion marine des nappes côtières de la région d'Annaba-Guerbes.

REFERENCES

- [1] Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., Hacket, G., 1987. DRASTIC: a standardised system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. US Environmental Protection Agency Report (EPA/600/2-87/035), Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, 455pp.
- [2] CIVITA, M., CHIAPPONE A., FALCO M. and JARRE P., 1990. Preparazione della carta di vulnerabilità per la rilocalizzazione di un impianto pozzi dell'acquedotto di Torino. Proc. Ist. Conv. Naz. Protezione e Gestione del Vulnerability validation le acque sotteranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi. Morano sol Panero. 2, 461-462.
- [3] Saidi S., Bouri S., Ben Dhia H., 2009. Groundwater vulnerability and risk mapping of the Hajeb-jelma aquifer (Central Tunisia) using a GIS-based DRASTIC model. Environ. Earth Sci. (available on-line), DOI 10.1007/s12665-009-0143-0

Vérification de l'origine de la salinité des eaux du lac Fetzara, lac appartenant aux écosystèmes humides de l'Algérie par la méthode de Réseaux de neurones artificiels.

Sameh Habes¹, Larbi Djabri², Fahima Halimi³, S. Bouhsina⁴, A. Kasprowiak⁴

1 : Laboratoire Ressources en Eau et Développement Durable REDD, Département de Géologie, Université Kasdi Merbah Ouargla. habes_sameh@yahoo.fr

2 : Laboratoire Ressources en Eau et Développement Durable REDD, Université Badji Mokhtar- Département de Géologie. djabri_larbi@yahoo.fr

3 : Département de Géologie. Université Kasdi Merbah Ouargla.

4 : UCEIV , Université du Littoral Dunkerque France.

Introduction :

Le Lac Fetzara s'étend sur le piémont Sud du massif de l'Edough, sur une superficie d'environ 20.680ha, avec une altitude avoisinant les 11m (Fig.01). Il a une dépression de (23.000ha), dont 16.000 totalement inondés à longueur d'année, il est situé entre Berrahal, El Eulma et Chorfa, dans la wilaya de Annaba, il a été officiellement classé comme une zone « Ramsar », autrement dit une zone humide, donc sa protection s'impose. Les eaux du lac Fetzara sont des eaux riches de point de vue chimique, étant donné que le lac est alimenté par les précipitations, les eaux traversant les montagnes environnantes, et les eaux des oueds à savoir ; Oued El Hout, El Mellah, Zied. Tous ces affluents vont rendre la minéralisation du lac assez riche. La vidange du lac se fait par le biais du canal d'assèchement bordant l'Oued Meboudja, pour enfin se déverser dans l'Oued Seybouse et en dernier lieu la mer Méditerranée. Le but de notre travail est de donner un aperçu sur la qualité des eaux de ce dernier.

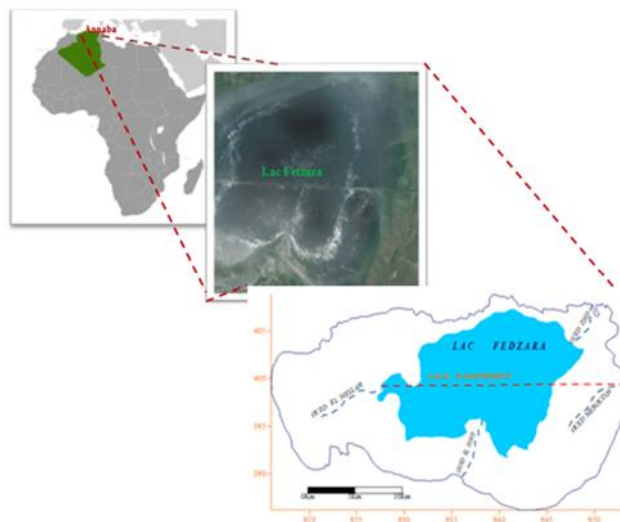


Figure 1 : Situation géographique du lac Fetzara

1- Géologie :

Le massif de l'Edough constitue le complexe métamorphique le plus oriental du littoral algérien, il est originaire de l'activité tectonique durant la période Oligo-Miocène. Les études réalisées dans la région du lac Fetzara montrent l'existence de deux types de formations: l'une métamorphique et l'autre sédimentaire (Fig.02). Les affleurements métamorphiques sont datés du Précambrien au Paléozoïque, ils sont présents au niveau du massif de l'Edough et ses environs constituant la limite Nord du Lac, ils sont constitués de: Gneiss, Métapélites (Unité de Schistes alumineux). Pour ce qui est des Formations sédimentaires, résultant de l'activité Oligo-Miocène, elles occupent le reste de la zone d'étude, elles sont constituées de: Marnes, Argiles, Grés crétacés (Flysh crétacés), et les Grés Oligo-Miocène (Grés Numidiens).

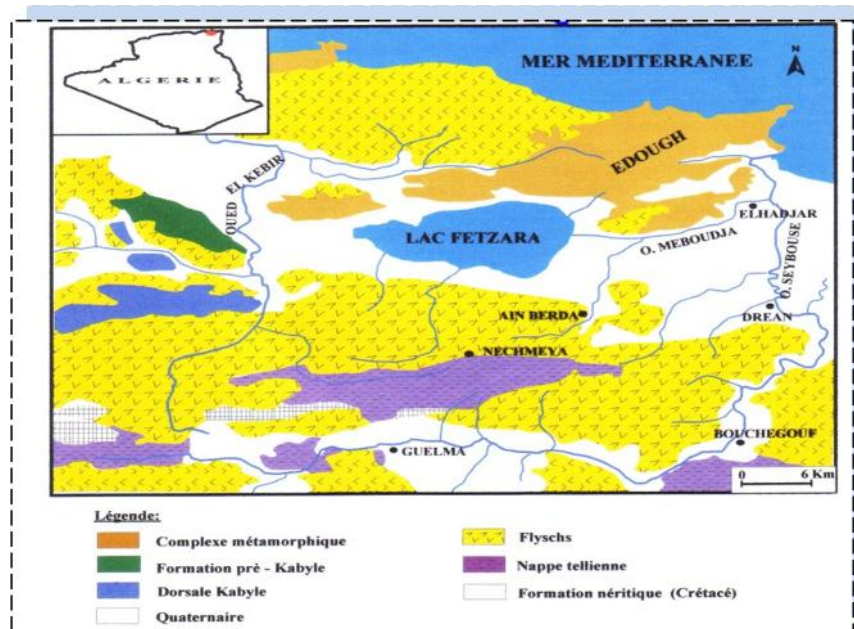


Figure 2 : Carte géologique de la plaine de Annaba

2- Hydroclimatologie :

Au terme de cette étude, on retiendra que la région du lac est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes. L'une pluvieuse et humide et l'autre sèche et chaude. Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (147.8 mm) et son minimum au mois de février (24.80 mm).

3- Hydrologie :

Les eaux du lac Fetzara proviennent des Oueds Zied, El Hout, El Mellah, La superficie submergée en hiver est de l'ordre de 60 km². Les débits ont été mesurés avec des pas hebdomadaires au cours du cycle 2004-2005. On constate qu'il y a une forte variabilité des débits au cours du temps (in Habes, 2006). Cette partie nous a permis de montrer que les apports d'eau vers le Lac sont tributaires des précipitations, étant donné que lorsque les précipitations sont élevées les débits estimés au niveau de chaque oued sont élevés aussi, par contre les sorties sont régies par l'Oued Meboudja. On a pu remarquer quand période estivale le Lac s'assèche (in Belhamra, 2001), seules les eaux de l'Oued Zied continuent à l'alimenter.

4- Hydrochimie :

Pour étudier les origines de la salinité, des analyses chimiques ont été effectuées, sur les eaux des quatre oueds. La conductivité électrique, le pH, l'oxygène dissous et la température ont été mesurés in situ à l'aide d'un appareil multiparamètres. Le dosage des métaux majeurs et traces (Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Zn,) a été effectué au laboratoire.

La salinité des eaux peut avoir soit une origine anthropique, soit une origine naturelle. Parmi les origines anthropiques, nous pouvons noter le retour des eaux d'irrigation, les rejets qu'ils soient industriels ou urbains. La surexploitation de la nappe particulièrement au niveau des puits situés aux alentours du lac et à proximité de la mer, pouvant entraîner un déséquilibre de l'interface eau douce eau salée, entraînant un accroissement de la salinité des eaux. L'origine naturelle est générée par le contact eau roche. Dans ce cas, la salinité se fera soit par le biais des facteurs climatiques (évaporation, infiltration, érosion), soit par la géologie (dissolution, hydrolyse). Ces facteurs agissent directement (échange de base) ou indirectement (hydrolyse). Donc, différents facteurs régissent cette salinité.

Pour connaître la qualité des eaux superficielles arrivant au lac, nous avons réalisé une ACP et le diagramme de Piper.

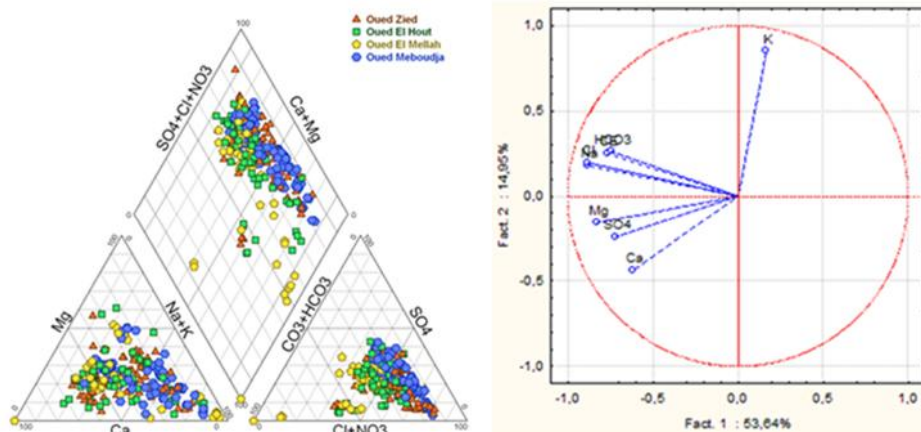


Figure 3: Diagramme de Piper et Cercle ACP des eaux superficielles des eaux transitant par le lac Fetzara

L'observation du diagramme de Piper montre que les eaux se répartissent autour de deux principaux pôles: le pôle chloruré sulfaté calcique et magnésien et le pôle chloruré sodique potassique ou sulfaté sodique. Notons que le pôle carbonaté sodique et potassique est très peu représenté seulement quelques échantillons (10 échantillons). Cette première représentation montre une hétérogénéité de la composition chimique des eaux. Alors que, d'après le cercle ACP formé par les axes F1F2, montre selon l'axe F1 horizontal, une opposition entre les eaux fortement minéralisées, constituant la partie négative de l'axe et les eaux faiblement minéralisées riches en potassium, occupant la partie positive de l'axe. Selon l'axe F2, on remarque une compétition entre les eaux sulfatées et les eaux bicarbonatées ou chlorurées. Notons que ces dernières sont riches en potassium. Cette compétition montre que les eaux s'écoulant vers le lac proviennent de divers horizons. En effet, les eaux occupant la partie positive de l'axe sont issues de la zone Ouest (Massif de l'Edough et Kheraza). Les eaux arrivant au lac traversent les formations métamorphiques et les sables.

5- Vérification de l'origine de la salinité des eaux par la méthode de Réseaux de neurones artificiels :

Les réseaux de neurones artificiels, connus généralement sous l'acronyme ANN (Artificial Neural Network), sont des modèles mathématiques non linéaires de type "boîte noire" capables d'établir des relations entre les entrées et les sorties d'un système. Les performances de ces derniers dans la modélisation non linéaire ont été prouvées dans plusieurs domaines de l'ingénierie et de la science.

Les données des paramètres de qualité des eaux de surface analysés au laboratoire de l'université de Lille I et Laboratoire de toxicologie Hôpital Ibn Sina Annaba ; ont été employées pour créer le modèle du RNA en utilisant le logiciel STATISTICA neural network version 4.0.

Dans ce travail, un réseau de Perceptron multicouche a été choisi comme modèle du système. À l'entrée du réseau nous avons utilisé les paramètres suivants: La concentration en ion de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), de potassium (k^+), de chlorure (Cl^-), de sulfate (SO_4^{2-}), de bicarbonate (HCO_3^-), de Nitrites (NO_2), de Nitrates (NO_3), de Phosphate(PO_4), de potentiel hydrogène (pH), d'oxygène dissous(O_2), de salinité et de température, la sortie du réseau sera la conductivité électrique (CE).

Le réseau de MLP peut être représenté par la forme suivante :

$$\{CE\} = ANN [Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{++} K^+, Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, pH, NO_2, NO_3, PO_4, O_2, Température, Salinité].$$

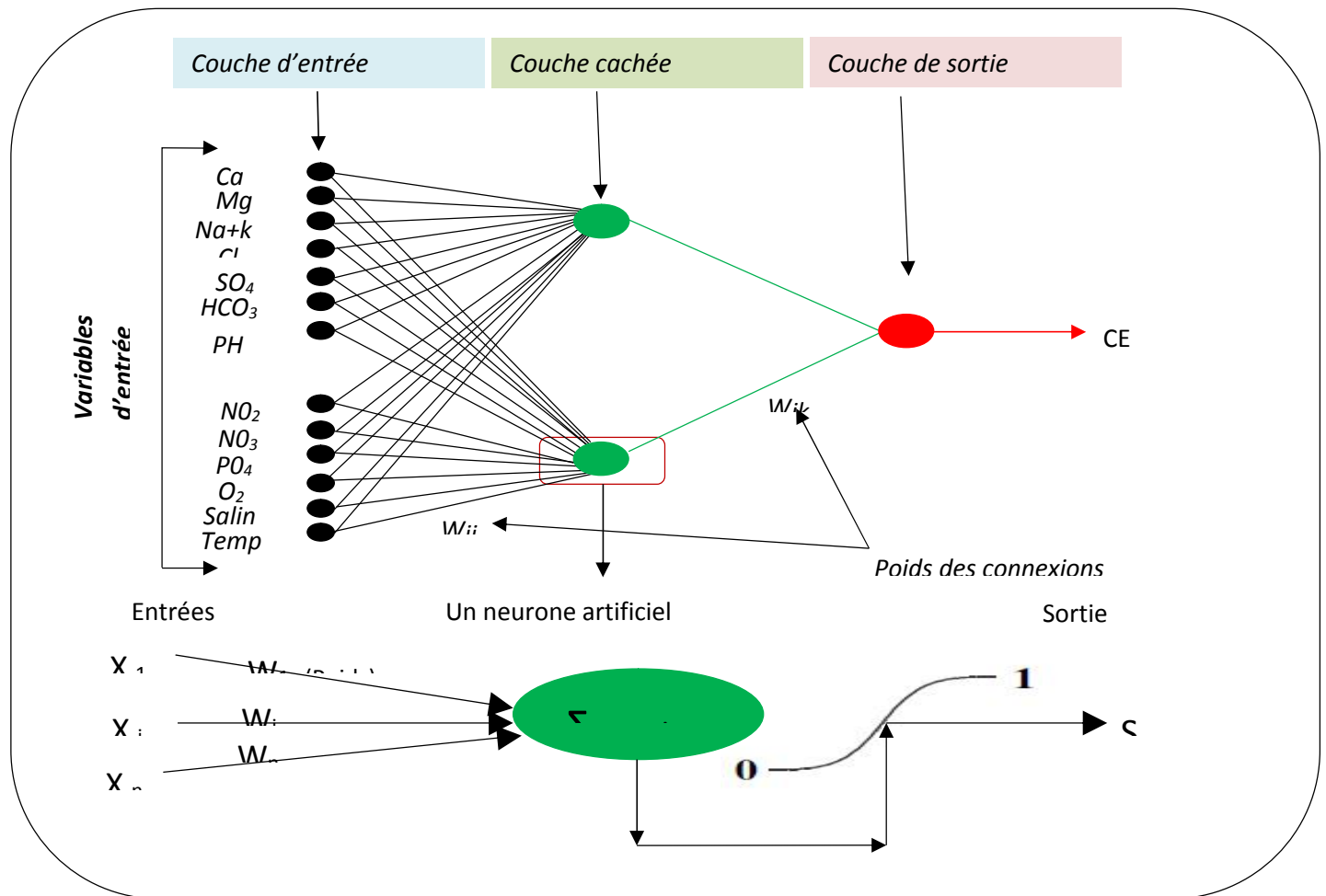


Figure 4 : Illustration du réseau à 3 couches (MLP)

L'analyse de sensibilité du RNA des variables de qualité de l'eau en phases d'apprentissage et de vérification indique que 8 sur 13 éléments respectivement selon le degré de sensibilité à savoir : sodium (Na^+) + potassium (K^+), la salinité, les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}), le magnésium (Mg^{2+}), le calcium (Ca^{2+}), le pH et la température sont les facteurs les plus importants influençant la conductivité électrique dans les eaux de surface.

6- Conclusion :

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que ce sont les réseaux de MLP qui s'avèrent être la meilleure structure du RNA pour modéliser et prévoir l'interaction des éléments influençant la qualité des eaux. L'originalité de ce travail de modélisation réside dans l'utilisation des réseaux neuronaux (approche connexionniste) qui sont fondés sur des modèles qui tentent d'établir des relations entre les paramètres d'entrée et de sortie par interconnexions des neurones. L'intérêt de ces modèles réside dans leur capacité d'apprendre des relations complexes à partir de données numériques. C'est pourquoi le choix et l'application d'un modèle neuronal demeure un domaine de recherche très actif contrairement aux modèles stochastiques classiques.

Le travail réalisé est une contribution à l'explication des origines de la salinité des eaux du lac Fetzara.

Références bibliographiques :

- Habes S., 2006. Pollution saline d'un lac, cas du Lac Fetzara « Est algérien », mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar, Annaba, pp. 101.

- Habes S., L. Djabri, A. Hani, S. Bouhsina, J. Mudry. Quantification des apports et des exores d'un lac : Cas du lac Fetzara, région de Annaba (N. E. Algérien). Synthèse revue, université Badji Mokhtar, Annaba. N°24 (Avril 2012)
- Habes S., 2013. Caractéristiques chimiques d'un lac appartenant aux écosystèmes humides du Nord de l'Algérie, cas du lac Fetzara. Thèse de Doctorat, Université Badji Morkhtar, Annaba, pp. 217.
- Zenati N., 1999. Relation Nappes-lac Confirmation par l'Hydrochimie cas de la plaine Ouest d'El Hadjar Lac Fetzara N-E Algérien. Mémoire de Magister, option : Chimie et Environnement. Université de Annaba, Institut de Chimie.