

Hydrogéologie et vulnérabilité à la pollution des ressources en eau dans la plaine du kebir ouest

Hydrogeology and vulnerability to pollution of the water resources in the kebir west plain

Zohir Bouleknafet* & El-Fadel Derradji

¹Département de Géologie, Université Badji Mokhtar, BP12, 23000, Annaba, Algérie.

Soumis le 08/09/2017

Révisé le 15/02/2017

Accepté le 21/02/2017

المخلص:

سهل وادي الكبير الغربي الذي يضم المناطق الرطبة لقرباز صنهاجة هو عبارة عن موقع يحتوي على خزانات مائية كبيرة، هذه الطاقات التي أصبحت مجال اهتمام الكثير من البحوث من أجل صيانة وتنمية الأنشطة الاقتصادية والصناعية والزراعية. إن مناطق شاسعة من سهل وادي الكبير الغربي مغطات بالبرك والمستنقعات، هذه الوفرة في المياه زادت من الرغبة في الزراعة المكثفة حتى فوق مناطق الكثبان المستصلحة. وقد نتج عن ذلك الضخ المكثف للمياه مما أدى إلى إحداث تغيير في المحيط. تحت تأثير الإستعمال المفرط للأسمدة، وإزالة الغطاء الغابي، والاستعمال غير العقلاني للماء، ظهر مشكل التلوث. وبهدف تشخيص الجانب الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية والسطحية، أخذت عينات من المياه السطحية ومياه الآبار من مناطق مختلفة من السهل، ونتائج التحاليل التي هي موضوع هذه الدراسة قد مكنتنا من معرفة خصائص المنطقة من حيث جودة المياه، بالإضافة إلى تقييم خطر التلوث كي نستطيع حماية موارد الماء وذلك لإشباع رغباتنا وحماية هذه الثروة للأجيال القادمة.

الكلمات المفتاحية: سهل واد الكبير الغربي – التلوث – المياه الجوفية – قرباز صنهاجة – الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

Résumé :

La plaine du Kebir Ouest qui englobe le complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja, est un site renfermant une importante potentialité hydrique. Ce patrimoine justifie l'intérêt qu'il suscite en matière de recherche, de conservation et de développement d'activités économiques, industrielles et agricoles.

Une grande étendue de la plaine du Kebir Ouest est recouverte par des marécages. Cette disponibilité d'eau a provoqué depuis quelques décennies, une convoitise pour une agriculture intensive qui s'est développée dans la région y compris sur des aires dunaires défrichées. Il a été suivi par des pompages abusifs qui ont accentué la modification du milieu. Sous les effets du déboisement, de l'usage exagéré de fertilisants agricoles et de la consommation excessive d'eau, un problème de vulnérabilité à la pollution s'y impose.

Dans le but de diagnostiquer l'aspect physico-chimique des eaux souterraines et superficielles, des prélèvements de surface et de puits ont été réalisés dans de différents points de la zone. Les résultats des analyses ont permis de mieux connaître les caractéristiques de la région de point de vue qualité, et d'évaluer les risques de la pollution pour pouvoir protéger nos ressources en eau, afin de satisfaire nos besoins et la préserver pour les générations futures.

Mots clés : Plaine Kebir Ouest – Pollution – Eau souterraine – Guerbes Sanhadja – Paramètres physico-chimiques.

Abstract

The Western Kebir plain, which encompasses the wetland complex of Guerbes Sanhadja, is a site with significant water potential. This heritage justifies the interest it raises in the research, conservation and development of economic, industrial and agricultural activities. A large expanse of the western Kebir plain is covered by swamps, this water availability has for several decades, a lust for intensive agriculture that has developed even on cleared dune areas. This led to intense pumping, which accentuated the change in the environment.

Under the effects of deforestation, the exaggerated use of agricultural fertilizers and the unreasonable consumption of water, there is a problem of vulnerability to pollution. In order to diagnose the physicochemical aspects of ground and surface water, surface and well samples were taken at different points in the area. The results of the analyzes are the subject of this study. The latter enabled us to know the region's characteristics in terms of quality and assess the risks of pollution in order to protect our water resources in order to meet our needs and preserve them for future generations.

Keywords: Western Kebir plain – Pollution – Groundwater – Guerbes Sanhadja – Physical and chemical properties.

* Auteur correspondant : bouleknafetzohir@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Le bassin méditerranéen a été décrit comme l'une des régions les plus riches et les plus complexes sur les plans géologiques, biologiques et culturels [1], ainsi que par sa diversité biologique et son degré d'endémicité élevé. Au fur et à mesure, les problèmes de la pénurie et de la pollution de l'eau douce se sont accentués et sont devenus de véritables handicaps pour le développement. Ces milieux naturels ont été exceptionnellement modifiés en région méditerranéenne. Des études ont montré que la pression anthropique est nettement plus intense en Afrique du Nord [2], et il est prévisible qu'elle va s'intensifier dans la perspective d'un réchauffement climatique qui exacerbera l'aridité de la région [3]. La vulnérabilité à la pollution représente l'un des enjeux épineux et majeurs, et les effets des changements globaux ne sont pas sans conséquences sur la santé publique [4,5]. Tous ces problèmes ont suscité l'intérêt des spécialistes et des chercheurs pour faire des études qui leur permettent d'identifier les menaces et d'élaborer des réponses adéquates pour conserver la biodiversité et pérenniser les différents services des écosystèmes [6].

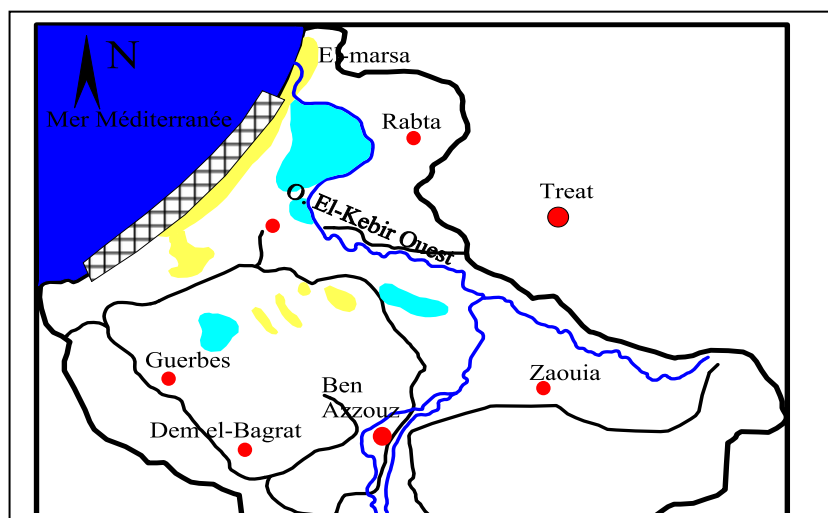
Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de bonne qualité. Cependant, les rejets domestiques et industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais dans l'agriculture, ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau, mènent à des modifications chimiques de l'eau pouvant la rendre impropre à la consommation [7].

La plaine de Guerbès Sanhadja qui fait partie du bassin versant d'oued Kebir Ouest est l'un des sites les plus riches en eau souterraine et de surface ; c'est pourquoi il nécessite une protection contre la pollution, vu son emplacement et son rôle dans l'équilibre écologique et biologique. La zone humide de Guerbès-Sanhadja est d'une importance internationale, elle s'étend sur une superficie de 42100 ha, dont le réservoir hydrique du massif dunaire continental est d'environ 40 Millions m³ [8].

2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1. Situation géographique

La région d'étude fait partie du bassin versant de l'oued El-Kebir Ouest, appartenant au grand bassin côtier Constantinois centre, située entre le bassin de la Seybouse à l'Est et le lac Fetzara au Sud-Est et celui de Kebir-Hammam à l'Ouest, elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée. La plaine de Guerbès Sanhadja est comprise entre les longitudes 7°10' et 7°16'00" Est et les latitudes 36°52'59" et 36°43' Nord. Administrativement le secteur d'étude fait partie de la wilaya de Skikda (Fig. 1). [9].



Figure

la plaine de Guerbès Sanhadja à El-Kebir Ouest

1 : cadre général de

La zone étudiée occupe une superficie de 1750 Km² environ, dont 1500 Km² pour les bassins versants et 250 Km² pour la vallée de Oued El-Kebir Ouest. La superficie du massif dunaire est d'environ 80 Km². La dépression alluviale de Oued El-Kebir Ouests'étend selon une direction Sud-Est Nord-Ouest entre le massif de Boumaïza et le lac Fetzara, elle constitue un front de 14 Km² au Nord Nord-Est.

2.2. Aperçu géologique

Le territoire d'étude appartient à la zone alpine de l'Afrique du Nord. Plusieurs géologues ont étudié la zone du Nord-Est algérien vu son importance et sa richesse en eau souterraine, parmi ces ouvrages celui de M. D. Delga où il a bien montré que cette région est caractérisée par sa complexité lithologique et structurale [10].

Cette étude a expliqué l'état du territoire en faisant le point sur l'analyse des structures et du compartimentage de la région, cette dernière présente une succession des ensembles structuraux, tectoniquement empilés les uns sur les autres. L'autochtone de la bordure occidentale de l'Edough occupe la position structurale la plus basse. Plus haut, on trouve la zone para-autochtone de Safia qui est constituée de terrains secondaires surmontés par des ensembles allochtones. Plus bas, se situent les schistes métamorphiques du Paléozoïque inférieur qui surmontent une couverture sédimentaire oligocène.

La position supérieure est occupée par le flysch Albo-aptien et Paléogène recouvert lui-même par du flysch à microbrèches présentant une extension limitée. La partie supérieure des ensembles allochtones est la nappe numidienne largement développée en Algérie du Nord et que l'on attribue au sommet de l'Oligocène et à l'Aquitaniens. Les sédiments Plio-quaternaires sont discordants sur tous ces ensembles [11].

Ces derniers sont récapitulés dans la figure 2 et le tableau 1 [12] qui résument la lithostratigraphie et l'hydrogéologie de la zone étudiée.

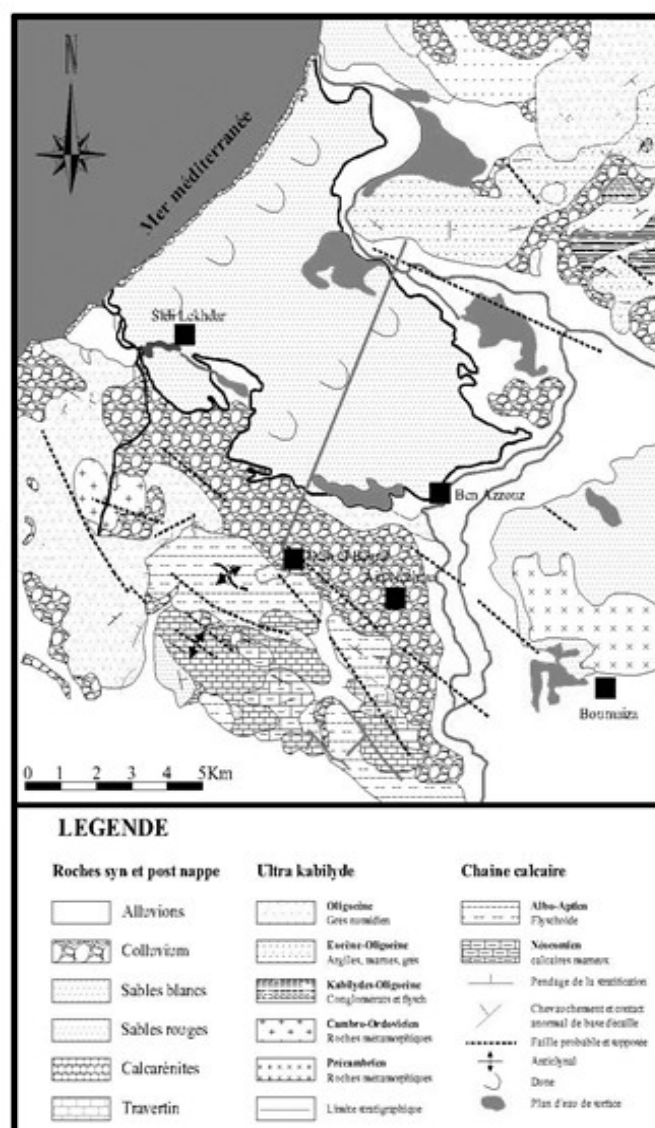


Figure 2 : Carte géologique de la plaine de L'oued Kebir Ouest. [12]

Tableau 1 : Colonne lithologique et hydrogéologique de la plaine de l'oued Kebir Ouest. [12]

Unité	Strat.	Étage	Coupe	Lithologie	Épaisseur	Assèchement	Potentialité Hydrogéologique	Notes
Quaternaire				Sable et graviers et cailloux		Sable et graviers et cailloux	Favorable	Nappe 1ère
				Argile		Argile et limon et cailloux		
				Sable et cailloux et graviers		Le sable et cailloux et graviers		
				Sable et cailloux		Sable et cailloux et graviers		
				Calcaire grisâtre		Calcaire et sable et cailloux		
Tertiaire				Tertiaire		Le tertiaire et cailloux et graviers	Favorable	Nappe 2ème
				Sable et cailloux et graviers	100	Sable et cailloux et graviers		
				Sable et cailloux		Sable et cailloux et graviers		
				Calcaire grisâtre	400	Calcaire et sable et cailloux		
Secondaire				Calcaire grisâtre		Calcaire et sable et cailloux	Favorable	Nappe 3ème
				Sable et cailloux et graviers	500	Sable et cailloux et graviers		
				Sable et cailloux	600	Sable et cailloux et graviers		
				Calcaire grisâtre	200	Calcaire et sable et cailloux		
Primaire				Calcaire grisâtre	80	Calcaire et sable et cailloux	Favorable	Nappe 4ème
				Sable et cailloux et graviers		Sable et cailloux et graviers		

2.3. Climatologie

Les facteurs climatiques sont indispensables pour ce genre d'étude, car elles permettent de déterminer les processus en action sur le milieu physique et ses influences sur la vie des êtres vivants et leurs activités. La connaissance du climat nous permet de dégager le risque provenant des contraintes climatiques telles que les inondations, les glissements du terrain et les incendies. La connaissance des facteurs climatiques, de la précipitation ainsi que de la température, est également indispensable pour quantifier les ressources en eau souterraine ou de surface ; elle nous aide aussi à déterminer les indices nécessaires de lutte et de protection.

La plaine est soumise à un climat méditerranéen qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les analyses des séries de précipitation préalablement faites ont montré que la moyenne annuelle oscille entre 400 mm et 700 mm, dont la lame d'eau écoulée varie entre 100 mm et 200 mm [13], cette faible quantité d'eau écoulée peut être expliquée par la nature géologique et la couverture végétale qui favorise beaucoup plus l'infiltration par rapport au ruissellement.

Cette étude a montré que la moyenne annuelle de l'évapotranspiration potentielle est estimée à une valeur comprise entre 1100 mm et 1200 mm, avec une évapotranspiration réelle qui reste toujours entre 400 mm et 600 mm [14]. Ces résultats sont confirmés par les analyses des séries récentes allant de 1970 jusqu'au 2013 collectées de différentes stations entourant la zone d'étude.

2.4. Ressources en eau

Faisant partie des zones humides, la région côtière de Guerbès Sanhadja est célèbre par une couverture végétale très dense, elle est caractérisée par un nombre considérable de marécages et une nature de formations géologiques à perméabilité élevée.

Ces caractéristiques, permettent à la région d'être un important gisement d'eau souterraine.

Ce potentiel hydrique superficiel et souterrain est récapitulé dans les tableaux 2 et 3.

2.4.1 Eaux superficielles

Il existe plus de 25 retenues collinaires sur toute l'étendue de la zone d'étude [15], dont 20 sont actuellement en service, mobilisant un volume de 1028500 m³ soit 1,02 hm³ destinées à l'irrigation (Irr), et 480000 m³ des 5 retenues restantes non pas encore exploitées (N ex).

Tableau 2 : Mobilisation des eaux superficielles dans la plaine de Guerbès Sanhadja.

Dénomination	Cap (m ³)	État	Destination
Guerbes 1	30000	/	Irr
Djenane Randa	16000	Bon	Irr
Ras El Oued	10000	Bon	Irr
7 Martyrs	30000	Bon	Irr
Aouadi Mabrouk	30000	Moyen	Irr
Bouchaala 1	22750	Moyen	Irr
Bouchaala 2	22750	Bon	Irr
Dem El Bagrat	30000	Bon	Irr
Khouchmane	120000	Bon	Irr
Sidi Hocine	12000	Moyen	Irr
Hanouchia 1	70000	Bon	Irr
Hanouchia 2	80000	Moyen	Irr
El Khenga	80000	Moyen	Irr
Ain F'Taima	60000	/	N ex
Zgatma	90000	Moyen	Irr
DenDen	80000	/	N ex
Ain Torki	80000	/	N ex
Mhafeur Zaouch	70000	/	N ex
Bey A.ouahab	60000	Moyen	Irr
Fahama	80000	Moyen	Irr
Sidi Gouri	90000	Moyen	Irr
Gridjima	95000	Moyen	Irr
Charchara	80000	/	N ex
Siklina	80000	Moyen	Irr
Nedjai	90000	Bon	Irr

2.4.2 Eaux souterraines

Les potentialités en eaux souterraines dans la plaine de Oued El-Kebir Ouest sont estimées à plus de 44,9 hm³/ an, parmi lesquelles 18,4 hm³/ an sont dans la plaineétudiée [16].

Tableau 3 : potentialité des ressources en eaux souterraine dans la région de l'oued El-Kebir Ouest.

Aquifère	Potentialité des nappes (hm ³) /an	Bassin Kebir Ouest	Autres bassins
Plaine de Guerbes	18,4	10,3	8,1
Massif du Cap de fer	2,2	0,1	/
Massif de l'Edough	12,5	4,5	/
Grés numidiens Annaba	11,8	10,8	/
TOTAL	44,9	25,7	8,1

Les ressources des nappes de la plaine de Guerbès sont sollicitées par vingt-cinq forages mobilisant 11,44 hm³ des besoins en eau pour les différents secteurs consommateurs, répartis comme suit :

- ✓ Dix-sept forages sont destinés à l'Alimentation en Eau Potable (AEP), mobilisant un volume de 6,13 hm³/ an.
- ✓ Quatre forages sont destinés à l'Alimentation en Eau pour l'Industrie (AEIn), mobilisant un volume de 3,07 hm³/ an.

✓ Quatre forages sont destinés à l’Alimentation en Eau pour l’Irrigation (AEIr), mobilisant un volume de 2,24 hm³/ an. Telle qu’il est montré sur la figure 3.

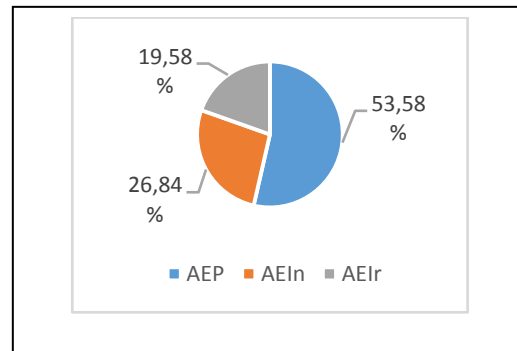


Figure 3 : répartition des eaux souterraine mobilisées selon les secteurs consommateurs dans la plaine de Guerbès Sanhadja.

À ceux-ci s’ajoute l’existence de plus de cent trente puits, dont trente-quatre sont considérés comme collectifs, et vingt-quatre sont individuels, leur profondeur varie entre 8 et 12 m, ils sont destinés essentiellement à l’usage domestique. Pour l’irrigation, on compte soixante-treize puits dont le débit varie entre 5 et 20 L/s, soit une exploitation de 0,39 hm³/an en moyenne [17].

2.5. Géométrie des aquifères

Les logs lithostratigraphiques des forages réalisés dans la zone ont permis d’établir la nature et la géométrie des aquifères existants. Ils montrent que le système hydrogéologique de la plaine de Guerbès Sanhadja occupe un fossé d’effondrement ayant servi à la genèse de la vallée actuelle de l’oued El-Kebir Ouest. Le remplissage de ce fossé d’effondrement s’est effectué avec des dépôts plio-quaternaires d’origines multiples (lacustre, marin, colluvial et éolien). Ses origines expliquent la diversité des faciès. Par ailleurs, la dynamique par saccade du fossé d’effondrement et de son contexte nourricier (massif d’Edough et monts de Constantine) expliquent les passages latéraux de faciès ainsi que la variation de leurs épaisseurs [18].

Les forages implantés dans la région Nord du massif dunaire ont permis d’identifier un aquifère profond, constitué de matériaux polygéniques, de graviers et de galets plus épais dans la région Nord-Ouest là où ils remontent très haut en surface, alors que dans la région Nord-Est, ils sont surmontés par un dépôt d’argiles, ce qui attribue l’identité captive pour cette zone. L’Est de l’oued Kebir Ouest est en continuité hydraulique directe avec une formation dunaire de sables blancs. Partout ailleurs, il est surmonté par une formation de sables argileux peu perméable mais assurant une continuité hydraulique verticale jusqu’aux dépôts de sables dunaires dans la partie centrale. L’épaisseur des formations aquifères varie entre 50 m au Nord-Est et 140 m dans la partie centrale.

L’analyse des logs lithostratigraphiques des forages de la région centrale nous a permis d’identifier une formation aquifère constituée de graviers et de sables de nature alluvionnaire, surmontée par un horizon imperméable d’argiles lui conférant une captivité sur toute la largeur de la vallée. L’épaisseur de l’aquifère varie entre 12 m au Sud et 50 m au centre.

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

La méthodologie préconisée pour ce genre de travail consiste à coupler les travaux sur terrain, les analyses de laboratoire, et enfin les traitements des résultats par logiciels.

Au début une campagne de mesures piézométriques et d’échantillonnage a été effectuée en octobre 2013 sur les eaux des puits et les eaux des marais. Quelques paramètres physicochimiques ont été mesurés in situ au moyen d’appareillage de terrain (pH, salinité et conductivité). Les échantillons ont été ensuite prélevés dans des flacons convenablement préparés pour l’analyse des sels dissouts, et des éléments majeurs. Ces analyses ont été réalisées dans les laboratoires d’analyses des eaux de l’ADE de Skikda.

Une deuxième campagne de mesures a été effectuée au mois de mai 2014, les échantillons ont été prélevés -jusqu’à débordement- dans des flacons en polyéthylène (deux flacons par échantillon). Pour empêcher toutes sortes d’altération, les flacons sont rincés avec de l’eau distillée puis avec l’eau à

prélever avant d'être hermétiquement fermés. Pour l'analyse des métaux lourds, quelques gouttes d'acide nitrique ont été ajoutées aux échantillons pour assurer une conservation en milieu acide et immédiatement transportés dans des glacières aux laboratoires de l'ADE de Skikda, un deuxième flacon de chaque échantillon, a été transporté au laboratoire de géoressources, du centre de recherches et des technologies des eaux. (CERTE), Tunis.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Il est important de signaler d'abord que les activités agricoles, industriels et les rejets domestiques sont les principaux agents polluants, plus particulièrement pour les eaux de surface. Ces eaux, sont en interaction directe avec la gestion de l'environnement d'où leur vulnérabilité est à l'extrême. Les rejets directs (sans aucun traitement) des eaux domestiques provenant de toutes les agglomérations situées dans la plaine dans les « Chaabats et les Oueds », constituent une menace évidente de la dégradation du milieu.

Les analyses des résultats de laboratoire ont montré que les teneurs des eaux en chlorures (Cl^-) et en sodium (Na^+) sont trop élevés en allant vers le Sud, là où se concentrent les agglomérations et les activités agricoles. Cette concentration s'accroît particulièrement pendant la période sèche. La teneur en ces deux éléments (Na^+ et Cl^-) reste inférieure à celle enregistrée au Sud, ce qui élimine l'hypothèse d'une intrusion marine. Cette hypothèse est écartée à cause de l'existence d'une barrière étanche de grès quartzueux littoraux qui joue le rôle d'une barrière contre les échanges mer-nappe, comme il est montré sur la figure 4.

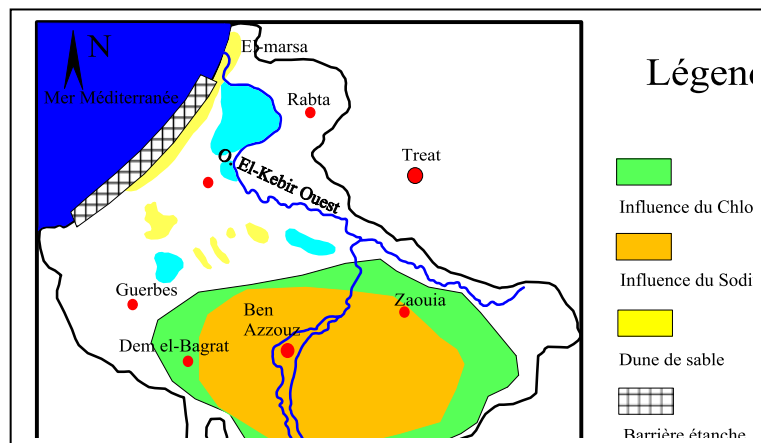


Figure 4 : Évolution du Chlorure et du Sodium dans la plaine de Guerbès Sanhadja

La variation de la conductivité électrique de la nappe libre dans la plaine de Guerbès Sanhadja montre que la région la plus chargée est la zone Sud, où l'on rencontre des valeurs maximales pouvant atteindre $3014 \mu\text{S}/\text{cm}$. Cependant, la faible conductivité est enregistrée dans le secteur Nord, elle est de l'ordre de $685 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 5). Cette répartition est influencée par la concentration de la majorité de la population à laquelle on doit ajouter une activité agricole dense.

Le contrôle des paramètres physico-chimiques des eaux de surface et souterraines de la région de Guerbès Sanhadja, nous a permis d'enregistrer les résultats suivants :

- une valeur moyenne de pH, variée 7,1 pour les eaux de la nappe libre et 7,8 pour la nappe profonde. -
- des températures moyennes de 22°C pour les eaux de la nappe superficielle et de $23,4^\circ\text{C}$ pour celles de la nappe profonde.
- des teneurs en oxygène dissous de $2,6 \text{ mg/l}$ pour la nappe libre et $2,1 \text{ mg/l}$ pour la nappe profonde.
- des valeurs de Eh de l'ordre de 163 mV pour la nappe superficielle et de 134 mV pour la nappe profonde.

La nappe superficielle de la plaine de Guerbès présente une salinité variable. La forte minéralisation s'observe dans la zone Sud où se concentre la plus grande partie de la population avec une moyenne de conductivité électrique de l'ordre de $986,5 \mu\text{S}/\text{cm}$, tandis que la valeur moyenne de la nappe profonde est de l'ordre de $3216 \mu\text{S}/\text{cm}$.

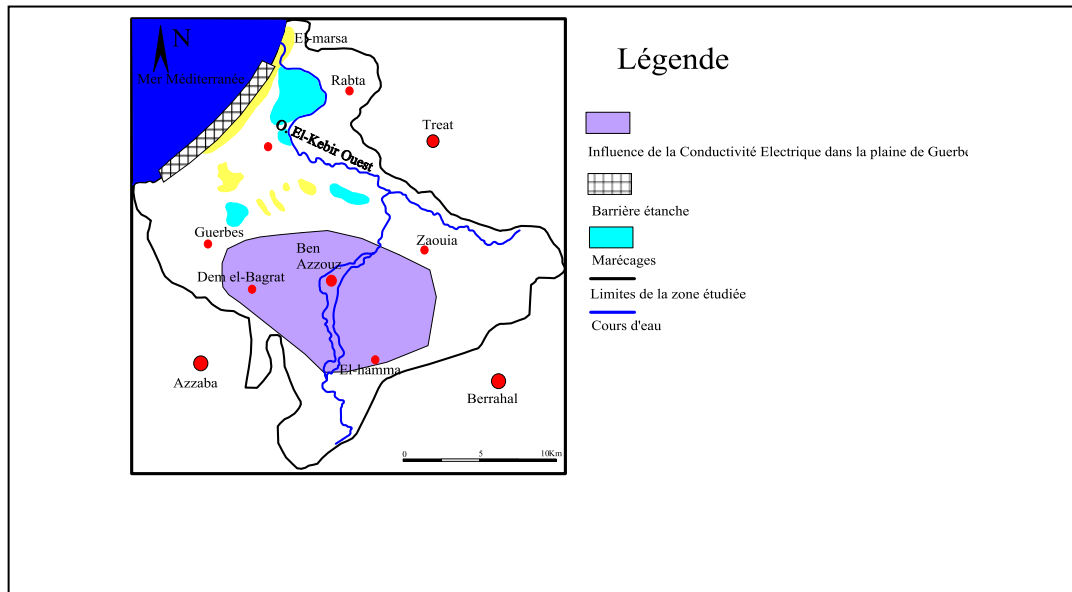


Figure 5 : Influence de la conductivité électrique dans la plaine de Guerbès Sanhadja

Dans le secteur côtier, la salinité est due au biseau salé, donc à une pollution marine, tandis que celle-ci serait expliquée par la présence de l'Oued favorisée d'une part par la forte perméabilité du terrain et d'autre part par l'existence massive des puits à la périphérie du massif dunaire.

En revanche, la forte minéralisation observée dans la partie Sud serait due à la géologie ou à une origine anthropique (activités agricoles, eaux usées...).

5. CONCLUSION

La plaine de Guerbès Sanhadja est une région côtière du Nord-Est algérien faisant partie du bassin versant du côtier Constantinois. L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations aquifères, les dépôts sableux du massif dunaire et les alluvions de l'oued El-Kebir Ouest.

L'étude climatologique a permis de déterminer les caractéristiques du climat du secteur. C'est un climat méditerranéen à hiver froid et humide et été chaud et sec. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 741,9 mm et une température moyenne annuelle de l'ordre de 19,5 °C (pour la période 1970/2013). L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 482,3 mm soit 65,00 % des précipitations totale. Cette quantité appréciable d'évaporation est favorisée par la présence d'importantes surfaces de plans d'eau, sous forme de marécages qui se répartissent le long de l'oued Kebir Ouest dans la plaine de Guerbès. L'écoulement a été estimé à 165,19 mm soit un pourcentage de 22,26 % de la quantité d'eau précipitée, la valeur attribuée pour l'infiltration est de 94,43 mm soit 12,73 % de la lame d'eau précipitée ou 36,37 % de la pluie efficace.

Du point de vue hydrogéologique, la plaine abrite deux nappes, l'une superficielle constituée par des formations sableuses, l'autre profonde contenue dans les alluvions. Ces deux nappes se confondent dans le secteur Ouest de la région.

L'étude hydrochimique des nappes de la plaine de Guerbès montre que les eaux présentent un faciès en général chloruré sodique. La salinité des eaux de l'aquifère superficiel dans le secteur côtier, est due au biseau salé, donc à une pollution marine plus précisément près de l'exutoire où il existe un contact mer-oued, ainsi que l'existence d'un nombre considérable de puits qui pompent la nappe superficielle, sur l'autre côté de la plaine. La présence d'un écran de grès quartzeux littoral joue le rôle d'un obstacle protégeant la nappe contre l'invasion marine et le biseau salé. Sur le côté Sud, la forte minéralisation observée est d'origine géologique et anthropique à cause d'une forte concentration d'habitations et une activité agricole très dense.

Tous ces problèmes de pollution, nous incitent à doubler nos efforts dans le domaine de la protection de nos ressources et de notre environnement, afin de les préserver pour nos générations futures.

La zone d'étude, malgré son importance pour l'homme et pour l'environnement reste encore mal protégée. À notre avis, cette région nécessite l'implantation d'une station d'épuration ou de lagunage pour éviter le rejet direct des eaux usées dans les cours d'eau et les marais ; en plus de la

sensibilisation des agriculteurs pour utiliser les fertilisants de façon rationnel, sans oublier le contrôle périodique de la zone par l'implantation d'une station météorologique fonctionnelle et de piézomètres captant les deux nappes.

En conclusion, il est important de signaler que l'être humain est le principal acteur agissant sur son environnement, c'est lui qui la protège et c'est à lui de la détruire.

REFERENCES

- [1] Blondel J., Aronson J., Bodiou J.Y. & Bœuf G., 2010. The mediterranean region. Biological diversity in space and time. Oxford University Press, Oxford, 2nd edition, 376 p.
- [2] Garcia N., Cuttelod A. & Abdul Malak D., 2010. The status and distribution of freshwater biodiversity in northern Africa 2010. Éd. IUCN, Gland (Suisse), Cambridge (Royaume Uni) et Malaga (Espagne), 156p.
- [3] Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M. & Lister D., 2001. African climate change: 1900-2100. Climate Research, vol. 17, n° 2, p. 145-168.
- [4] Daily G.C. & Ehrlich P.R., 1996. Global change and human susceptibility to disease. Annual Review of Energy and the Environment, vol. 21, p. 125-144.
- [5] Lindsay S.W. & Birley M.H., 1996. Climate change and malaria transmission. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, vol. 90, n° 6, p. 573-588.
- [6] Turner W.R., Brandon K., Brooks T.M., Costanza R., Da Fonseca G. & Portela R., (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services. Bioscience, vol. 57, n° 10, p. 868-873.
- [7] Hadj-Saïd S., 2007. Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : cas de la nappe de Guerbès. Thèse de Doctorat d'état, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie 215p.
- [8] Fiche descriptive Ramsar 2001.
- [9] rapport du sous-directeur de la direction général des forêts. Les zones humides un univers à découvrir. 49p.
- [10] Durand D.M., Raoult J.F. & Vila J.M., 1967. Situation en fenêtre du secondaire du djebel Safia. (Nord Constantinois, Algérie). Paris : Louis-Jean.
- [11] Khammar C., 1980. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued-Kebir Ouest : Wilaya de Skikda (Algérie). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Grenoble, France. 181p.
- [12] Gacem A., & Refès M. 1993 : Vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines dans la vallée d'El-Kebir Ouest, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie 80p.
- [13] Mebarki A., 2009. Ressources en eau et aménagement en Algérie, les bassins hydrographiques de l'Est. OPU 389p.
- [14] Mebarki A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'État Université Mentouri Constantine. Algérie. 360p.
- [15] Agence des Bassins Hydrographiques. Constantinois Seybouse Mellague. Les cahiers de l'agence. 4^{éd}. Septembre 2000. 76p.
- [16] Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction Générale Des Forêts. Élaboration d'un plan de gestion intégré du site Ramsar du complexe de zones humides de Guerbès Sanhadja – wilaya de Skikda. 330p.
- [17] Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Skikda. Diagnostic des potentialités des nappes dans la région de Kebir Ouest.
- [18] Algérienne Des Eaux- Unité de Skikda.

NOMENCLATURE

- ✓ ADE : Algérienne des eaux.
- ✓ AEIn : alimentation en eau pour l'industrie.
- ✓ AEIr : alimentation en eau pour l'irrigation.
- ✓ AEP : alimentation en eau potable.
- ✓ CE : conductivité électrique.
- ✓ DBO₅ : demande biologique en oxygène.
- ✓ DRE : Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Skikda.
- ✓ Eh : potentiel d'oxydoréduction.
- ✓ hm³ : hectomètre cube.
- ✓ Irr : irrigation.
- ✓ MES : matière en suspension.
- ✓ mV : millivolt.
- ✓ N ex :exploitées.
- ✓ OD : oxygène dissous.
- ✓ pH : potentiel d'hydrogène.
- ✓ T : température.
- ✓ µS/cm : micro siemens / centimètre.