

Impact de l'activité anthropique sur la dégradation de l'environnement et sur la qualité des eaux : cas du parc national d'El Kala (Nord - Est Algérien)

Impact of the anthropogenic activity on the degradation of the environment and water's quality: El Kala National Park (North East of Algeria)

Badreddine Saadali ^{1*}, El Fadel Derradji ¹, Toufik Saboua ², Raouf Remita ³ & Faouzi Zahi ⁴

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

²Département de géologie, Université Ibn Khaldoun, 14000, Tiaret, Algérie.

³Département d'hydrocarbure, Université Kasdi Merbah, 30000, Ouargla, Algérie.

⁴Département des Sciences de la terre et de l'univers, Université Med Seddik Benyahia, 18000, Jijel, Algérie.

Soumis le : 26.02.2014

Révisé le 13.11.2014

Accepté le : 15.01.2015

ملخص

تحتل الحظيرة الوطنية القالة المركز السابع من أصل ثمانية حظائر وطنية المحمية في الشمال الجزائري، ولكن تكشف عن حقيقة مقلقة للتأثير البشري على النظام البيئي واستدامة المياه. الهدف من هذا العمل هو دراسة نوعية المياه وتحديد إمكانية التلوث بسبب بشري. نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية توضح أن المياه قليلة الحموضة و معدنية. ملوحة المياه تتراوح ما بين 0 و 0,5 غ/ل في حين أن المستويات العالية سجلت في شرق الحوض الانحداري لبحيرة تونغنا. السحنة الكيميائية الغالبة وفقا للرسم البياني لبيير هي الكلورو صوديوم. إن التركيزات العالية للفوسفات المسجلة في المياه الطبيعية راجعة لشدة تخصيب التربة وتحلل المواد العضوية الناتجة عن النفايات الحضرية، الذي يعزز من تدهور الأوساط المائية لنقص الأكسجين. إن تلوث المياه بالاعتماد على مؤشر التلوث العضوي يظهر درجة معتدلة من التلوث للمياه الجوفية ومعتدلة إلى شديدة التلوث للمياه السطحية.

الكلمات المفتاحية: القالة- مؤشر التلوث العضوي - رسم بياني لبيير - التأثير البشري - مستوى المياه الجوفية.

Résumé

Le parc national d'El Kala est classé septième des huit parcs nationaux protégés dans le nord algérien, mais dévoilant une vérité inquiétante de l'influence de l'homme sur son écosystème et sur la pérennité des eaux. L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité des eaux et de déterminer la possibilité d'une pollution d'origine anthropique. Les résultats des analyses physico- chimiques montrent que les eaux sont peu acides et minéralisées. La salinité des eaux oscille entre 0 et 0,5 g/l alors que les fortes teneurs sont enregistrées à l'Est du bassin versant du lac Tonga. Le faciès chimique dominant selon le diagramme de Piper est chloruré sodique. Les fortes teneurs en PO_4^{3-} dans les eaux naturelles sont liées à la fertilisation intense des terres et à la décomposition de la matière organique des rejets urbains, ce qui favorise l'eutrophisation. La pollution des eaux par la détermination de l'IPO montre un degré de pollution modéré pour les eaux souterraines et modéré à fort pour les eaux superficielles.

Mots clés : El Kala - IPO - Diagramme de Piper - Impact anthropique - Piézométrie.

Abstract

El Kala National Park is ranked seventh of eight national parks protected in the norther of Algerian, but revealing a worrying truth of human influence on ecosystem and water sustainability. The objective of this work is to study waters quality and to determine the possibility of anthropogenic pollution. The results of physico-chemical analyzes indicate that the water is slightly acidic and mineralized. The salinity varies between 0 and 0.5 g/l while high levels are recorded in eastern Lake Watershed of Tonga. The dominant chemical facies according to Piper diagram is chloride- sodium. The high concentrations of PO_4^{3-} in natural waters are related to the intense soil fertilization and the decomposition of organic substance from urban waste, which promotes eutrophication. Waters pollution by OPI determination shows a moderate degree of pollution for ground waters and moderate to strong for surface waters.

Keywords: El Kala - OPI - Piper Diagram - anthropogenic impact - Piezometry.

*Auteur correspondant : badr_saadali@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

L'accroissement des populations et le développement des agglomérations, des unités industrielles et des terres cultivées ont eu pour corollaire une dégradation de la qualité des eaux souterraines et une baisse très significative des réserves qui représentent parfois les seules ressources d'eau pour l'alimentation des populations [1].

Les eaux usées domestiques non épurées représentent la principale source de pollution organique des eaux. Elles engendrent une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines [2-3]. La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets déversés dans les rivières [3-4]. Les zones humides sont des écosystèmes très complexes, vulnérables, et dont le fonctionnement n'est cependant ni bien connu ni bien compris, notamment dans les zones subhumides de la méditerranée méridionale.

En Algérie, l'emprise croissante de l'homme sur ces zones humides et leurs bassins versants, introduit des risques qui suscitent des craintes à l'échelle de seulement quelques années pour ce pays Afro-méditerranéen, dont les ressources en eau sont limitées et très dépendantes de l'influence du climat. L'exemple du parc national d'El

Kala est illustratif, car il s'agit d'une zone classée depuis 1983 comme Parc National, qui comprend un complexe de zones humides lui-même classé site RAMSAR et réserve de la biosphère, vu sa grande richesse faunistique et floristique. En 1990, le site est classé par l'UNESCO comme réserve mondiale de la biosphère [5]. En parallèle, ce territoire continue à subir une dégradation intense causée par l'action humaine surtout mais aussi par des facteurs naturels [6].

2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Le parc national d'El Kala est situé à l'extrême Nord - Est du Tell algérien à 80 km à l'Est d'Annaba [7]. Il s'étend sur une superficie de 76438 hectares soit 26% de l'espace de la wilaya d'El Taref et il regroupe neuf communes : El Taref, El Kala, Ain Assel, Souarekh, El Aioun, Berrihane, Remel Souk, Bougous et Bouteldja [8]. Le PNEK est localisé entre 36°55' et 36°90'N et 08°16' et 08°43'E. Il est limité au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, à l'Ouest par les plaines d'Annaba et au Sud par les monts de la Medjerda comme l'indique la figure 1[9].



Figure 1. Localisation géographique de la région d'étude.

La région d'El Kala est une des régions Algériennes qui jouit d'une pluviosité des plus élevées d'environ 1000 mm par an. D'une manière générale, la région d'El Kala est située dans le climat méditerranéen sub-humide chaud avec des températures pouvant atteindre 50 °C. Les mois les plus froids sont Janvier et Février tandis que ceux de Juillet et Août sont les plus chauds [9].

D'après les études géologiques qui ont été établies par Joleaud 1939 et Vila 1980, on constate que toute la région est marquée par la présence de gés numidien qui constitue l'ensemble des massifs. Seuls les bassins montrent des affleurements des roches meubles

des unités telliennes et massyliennes [10]. L'époque Tertiaire se distingue par les argiles de Numidie datant de l'Éocène moyen. Ces argiles s'étalent dans le fond des vallées et en bordure des plaines, tandis que les grès de Numidie, datant de l'Éocène supérieur, reposent en concordance sur les argiles précédentes formant la masse principale des collines et la crête du Djebel Ghorra. Après le tertiaire, les principales formations sont les dépôts fluviaux constitués principalement de limons, de sables et de galets. Quant aux dunes, elles sont formées comme résultat de l'érosion marine des falaises gréseuses (Fig. 2) [9].

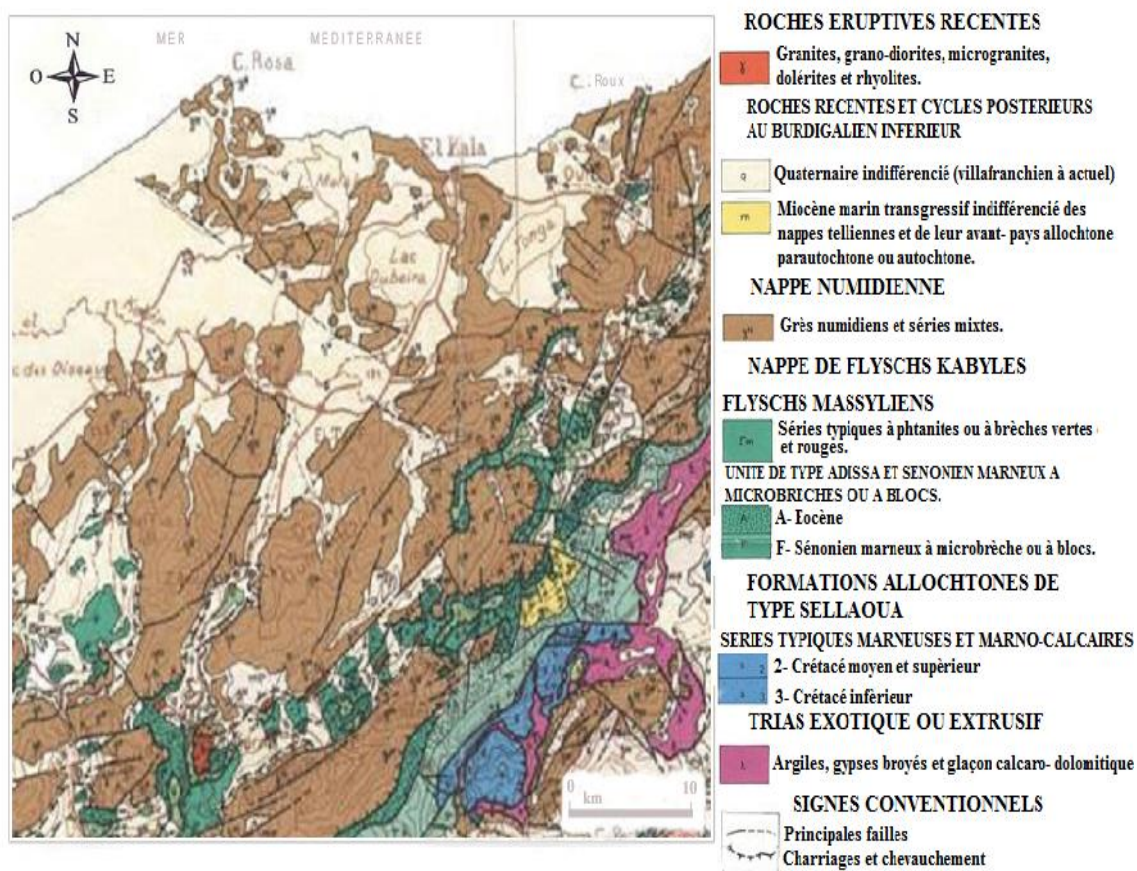


Figure 2. Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord - Est Algérien (d'après Vila J.M., 1980).

3. DONNEES SOCI-ECONOMIQUES

La population du PNEK, pendant la période coloniale est passée de 11 299 habitants en 1856 à 37 351 en 1955 [11]. Le Parc abrite une population sédentaire estimée à 125 067 en 2004, répartie sur une superficie de 1207,8 km² soit une densité moyenne de 103,55 hab/km². En effet, la répartition humaine est en rapport avec le rang administratif et la catégorie de la route

[5]. En 2007, la population a augmenté de 134 066 habitants.

La région est incontestablement à vocation agricole. C'est le secteur qui est le plus gros pourvoyeur d'emplois permanents et saisonniers [7]. En 2003, les principales spéculations agricoles sont menées en sec. Leurs superficies représentent 94% de la SAU. Il est à rappeler que cette situation est attribuée au

représentent 94% de la SAU. Il est à rappeler climat humide de la région. La SAT représente 16% de la totalité des communes du PNEK dont plus de 18% représentent les terres improductives et les parcours. La superficie de l'espace forestier prédomine dans toute les communes de la région du parc. Cette superficie représente 69% de la superficie totale (Fig. 3). En fait, la SAU des neuf communes du parc n'a pas évolué considérablement durant les quatre années de 2001, 2002, 2003 et 2004. Cette évolution est de l'ordre de 0.23% par années. Par contre, dans le reste de la wilaya, le taux de croissance annuel de la SAU est de 0.56% (Fig. 4) [8].

De 1998 à 2004, l'urbanisation a touché toutes les communes du parc avec des taux variant de 39 % à Bougous à 56 % à El Kala et El Tarf. Les taux d'urbanisation enregistrés dans les différentes communes montrent un glissement de la population rurale dispersée vers des groupements importants se situant sur les axes routiers [5].

L'industrie, au sens propre du terme, est pratiquement inexistante dans le Parc National et par extension dans toute la wilaya. La protection apportée par la création du Parc National au début des années 80 et l'opposition apparue localement contre une industrie de pâte à papier sur les bords du lac Oubeïra ont découragé les promoteurs de ces secteurs d'activité [7].

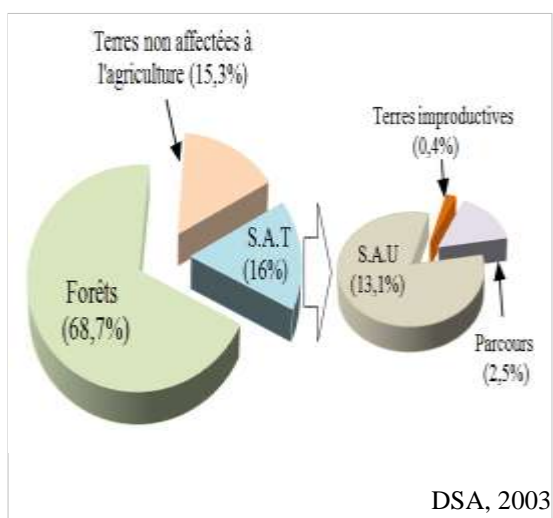


Figure 3. Occupation du sol en sol de la région.

que cette situation est attribuée au

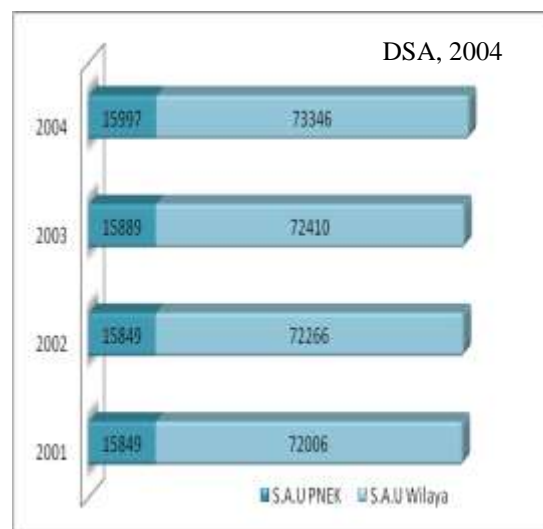


Figure 4. Evolution de la SAU en hectares.

4. MATERIEL ET METHODES

4.1 Matériel

Pour mieux examiner le thème du travail, nous avons étudié la chimie des eaux souterraines et superficielles ainsi que le comportement de la nappe pour deux campagnes de prélèvement : Mars et Juillet 2011. Sur le terrain, nous avons d'abord prélevé le niveau de l'eau pour cent quarante (140) puits répartis dans le parc en utilisant une sonde piézométrique puis nous avons mesuré le pH, la conductivité, la température et la salinité grâce à un multi paramètres de type WTW. En laboratoire, des analyses chimiques ont été réalisées sur dix sept (17) points d'eaux répartis comme suit :

- huit (08) points de prélèvements au niveau des puits
- six (06) points de prélèvements au niveau des Oueds
- deux (02) points de prélèvements au niveau des sources
- un (01) point de prélèvement au niveau du barrage Mexa.

La mesure des paramètres chimiques (éléments majeurs, NH_4^+ , P_2O_5 , PO_4^{3-}) a été réalisée au niveau du laboratoire de la qualité (Fertial-Annaba). L'oxygène dissous (O_2) a été mesuré par une sonde d'oxygène dissous au niveau du laboratoire central (SEATA-Annaba) pour les deux campagnes de prélèvements. Les mesures de la DBO_5 , DCO , NO_2^- , NO_3^- ont été réalisées par spectrophotométrie dans le laboratoire

Horizon Annaba pout dix (10) échantillons pour

4.2 Méthodes

Les données obtenues ont été traitées par l'utilisation des logiciels tel que *Microsoft Office Excel* qui permet davantage de visualiser des données numériques en représentations graphiques, *Surfer 8* qui aide à comprendre l'écoulement des eaux souterraines par l'établissement d'une carte piézométrique et *Diagramme* qui permet de déterminer les faciès chimiques des points d'eaux.

Le calcul de la balance ionique permet le calcul de l'erreur selon la formule :

$$BI = (\Sigma cation - \Sigma anion / \Sigma cation + \Sigma anion) * 100 \quad (1)$$

Pour une erreur de 10%, nous déduisons que l'analyse est bonne. Les 10% se justifient par le

la période des basses eaux (Juillet 2011). fait que les eaux de la région sont très chargées et par le temps mis pour la réalisation de l'analyse [12].

Le renseignement sur la dégradation de la qualité des eaux sous l'influence des activités anthropiques nous impose de déterminer le degré de la pollution organique en utilisant la méthode de l'indice de pollution organique (IPO). Le principe consiste à répartir les valeurs de quatre (04) éléments polluants en cinq (05) classes et à déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne (Tab. 1). La classification des paramètres est mentionnée selon cinq classes de couleurs correspondant au degré de la pollution organique (Tab. 2) [13].

Tableau 1: Intervalle des classes des paramètres de la pollution organique « méthode de l'IPO, 1987 ».

Paramètres Classes	DBO ₅ mg-O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg-N/l	NO ₂ ⁻ µg-N/l	PO ₄ ³⁻ µg-P/l
5	<2	<0,1	<5	<15
4	2-5	0.1-0.9	6-10	16-75
3	5.1-10	1-2.4	11-50	76-250
2	10,1-15	2.5-6	51-150	251-900
1	>15	>6	>150	>900

Tableau 2 : Grille du degré de la pollution organique selon la méthode de l'IPO, 1987.

Degré de la pollution	Pollution organique nulle	Pollution organique faible	Pollution organique modérée	Pollution organique forte	Pollution organique très forte
IPO	5.0 – 4.6	4.5 – 4.0	3.9 – 3.0	2.9 – 2.0	1.9 – 1.0

5. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Piézométrie

L'écoulement des eaux souterraines suit généralement la topographie de la région d'étude pendant les deux campagnes de mesures (Mars et Juillet 2011). L'allure de la

courbe piézométrique est parfois désordonnée à période des basses eaux en Juillet 2011. D'après les cartes piézométriques (Fig. 5 et 6), on peut déduire que les eaux souterraines s'écoulent depuis le Sud et l'Est du PNEK vers l'intérieur

cause de la surexploitation de certains puits en alimentant les Oueds Bougous et El Kébir Est et les dépressions adjacentes (lacs) et un écoulement vers le Nord de la région dispersant dans la mer.

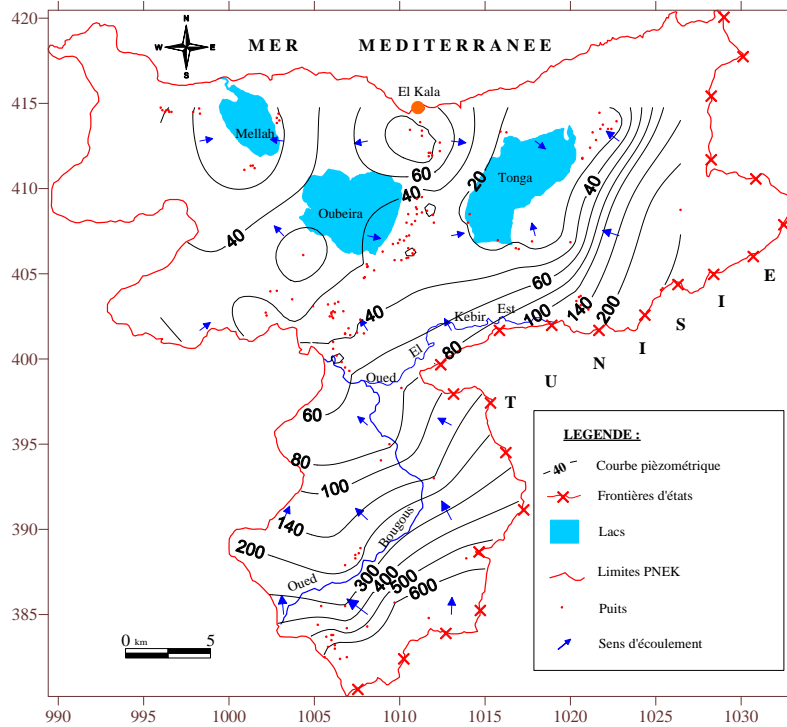


Figure 5 : Carte piézométrique du PNEK (hautes eaux - Mars 2011)

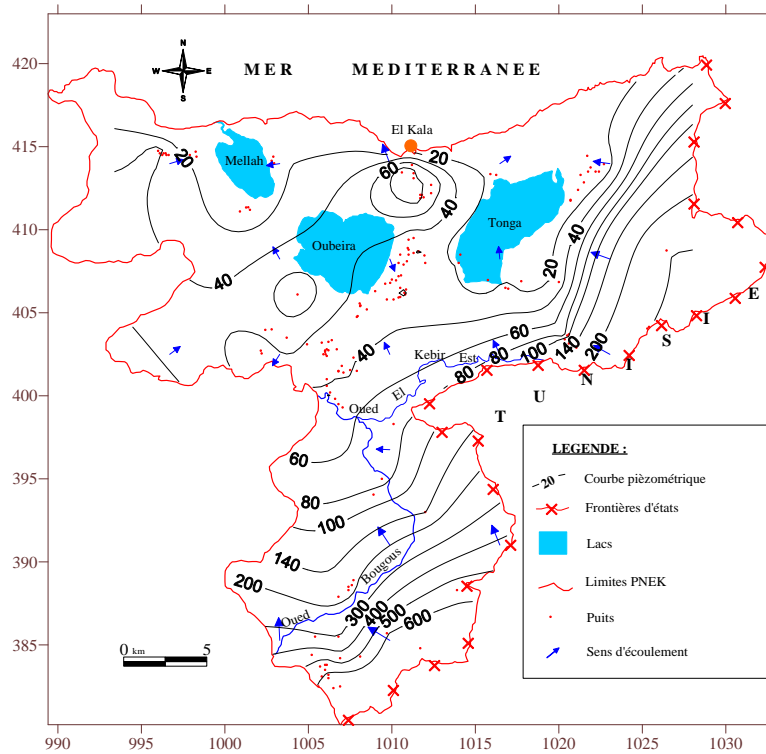


Figure 6 : Carte piézométrique du PNEK (basses eaux - Juillet 2011).

5.2 Paramètres physico-chimiques

Il s'agit des paramètres utiles pour la détermination de l'état chimique de l'eau [1]. Les valeurs du potentiel hydrique (pH) montrent que dans presque toutes les eaux de la région d'étude elles étaient admissibles alors qu'elles oscillent dans les deux campagnes de mesures entre 5,5 et 8,5 (Fig. 7). Les courbes de la salinité (Fig. 8) indiquent des valeurs majoritairement moins salées (inférieur à 0,5 g/l) et cette salinité augmente dans la période des basses eaux en relation avec la forte évaporation. En ce qui concerne la conductivité,

les valeurs enregistrées (Fig. 9) dévoilent que pour la quasi-totalité des points d'eau elles ne dépassent pas la norme recommandée (3125 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Concernant les teneurs en chlorure, l'eau en contient presque toujours mais en proportions très variables. La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Les fortes teneurs en chlorures (Fig. 10) sont observées aux puits P-2 situé à Rmel Souk et P-4 situé à Oued El Hott en présence de formations du pontien avec des argiles marneuses, salifères et argiles rouges gypseuses dans le bassin du lac Tonga [6].

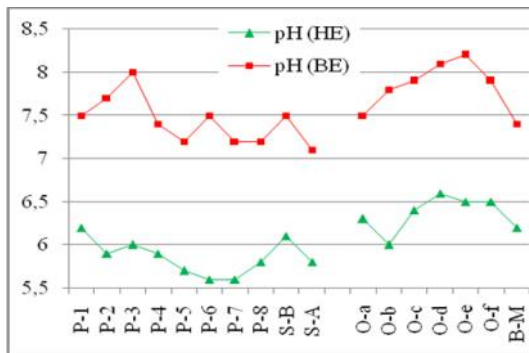


Figure 7 : Evolution du potentiel hydrique (pH).

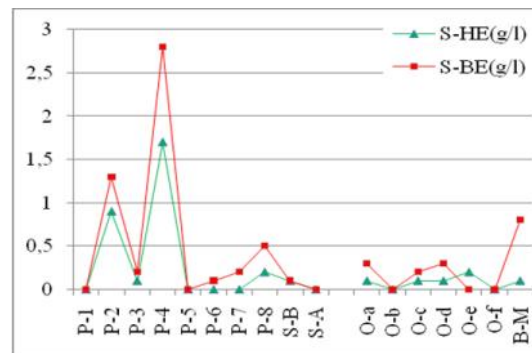


Figure 8 : Evolution de la salinité (S).

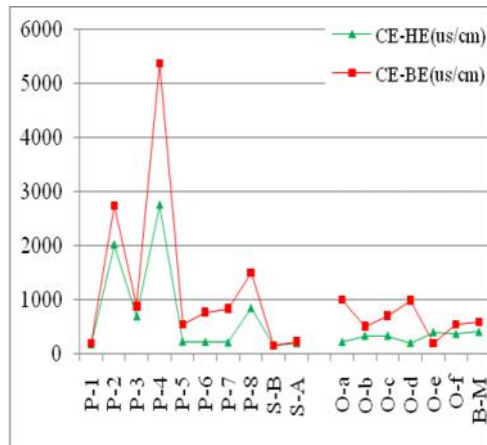


Figure 9. Evolution de la conductivité électrique.

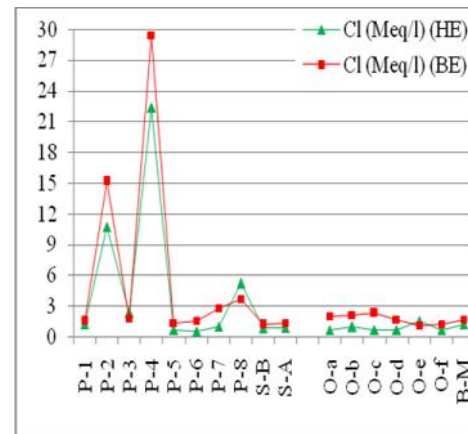


Figure 10. Evolution du chlorure (Cl).

5.3 Faciès chimique

Une représentation graphique des analyses chimiques des eaux sur le diagramme triangulaire de Piper (Fig. 11 et 12) a été effectuée pour la campagne de Mars 2011. Cette représentation a indiqué une dominance remarquable du faciès chloruré-sodique pour les eaux souterraines et superficielles, vue la présence abondante des argiles de Numidie et

des formations du pontien (argiles sableuses, argiles marneuses et salifères) (P-4/Na=22,2 Meq/l-Cl=22,4 Meq/l). De plus, une influence marine est mentionnée pour les points d'eau proches de la mer (P-8/Na=4,9 Meq/l-Cl=5,2 Meq/l). Le faciès bicarbonaté calcique est indiqué au barrage Mexa, dû aux apports calcaireux de l'Eocène moyen (B-M/Ca=2,4 Meq/l-HCO₃=1,8 Meq/l).

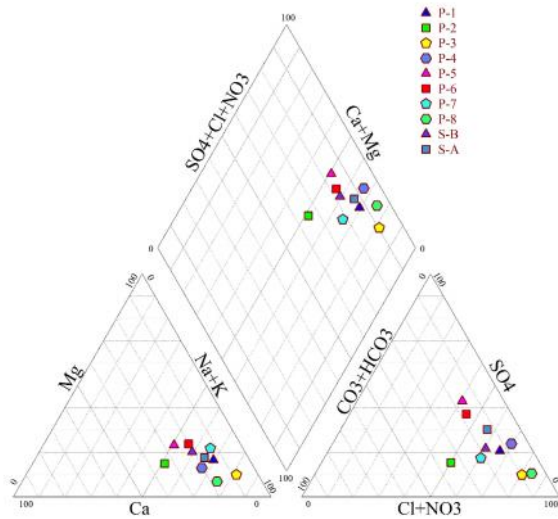


Figure 11. Facies chimique des eaux souterraines d’après le diagramme de Piper (Mars 2011).

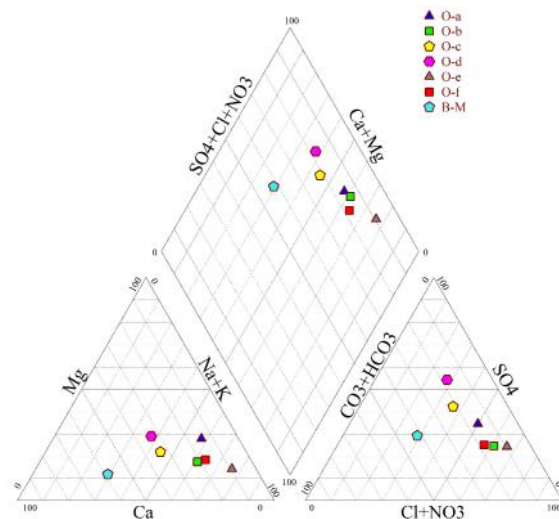


Figure 12. Facies chimique des eaux superficielles d’après le diagramme de Piper (mars 2011).

5.4 Degré de pollution organique

L’interprétation des valeurs d’indice de pollution organique (Tab. 3) montre le degré d’altération des eaux dans le PNEK pour la campagne de Juillet 2011. On voit que les eaux souterraines indiquent une pollution organique modérée pour un IPO compris entre 3 et 3,5, tandis que les eaux superficielles varient d’une pollution modérée à forte pollution organique en raison de la différence de concentrations des rejets urbains. En aval d’Oued Bougous (O-d) comme pour l’Oued (O-a) situé à l’entrée de la

ville d’El Kala et (O-e) à coté du village Mellah, ses affluents portent des nutriments minéraux rejetés des agglomérations (engrais et eaux usées surtout) dégradant la qualité des eaux naturelles. L’évaluation du degré de pollution des eaux souterraines reste moindre par rapport aux eaux superficielles vu le pouvoir auto épurateur des nappes souterraines. La présence du PO_4^{3-} dans les eaux naturelles est liée à la fertilisation intense des terres (engrais chimiques) et à la décomposition de la matière organique des rejets urbains [14].

Tableau 3. Valeurs du degré de la pollution organique des eaux par la méthode de l’IPO, 1987.

Points	Paramètres	DBO ₅ mg- O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg- N/l	NO ₂ ⁻ µg- N/l	PO ₄ ³⁻ µg- P/l	IPO	Degré de pollution organique
P-2		-	0.059	21.31	1353.5	3.00	Modérée
P-3		09.40	0.026	06.09	1187.1	3.25	Modérée
P-4		09.60	0.026	33.49	1193.7	3.00	Modérée
P-5		-	0.022	09.13	1386.1	3.33	Modérée
P-8		09.00	0.032	05.48	1043.6	3.50	Modérée
O-a		28.81	0.044	12.18	1340.4	2.50	Forte
O-b		37.41	0.067	05.48	1121.9	3.00	Modérée
O-c		-	0.059	18.27	1425.2	3.00	Modérée
O-d		26.81	0.061	24.36	1180.6	2.50	Forte
O-e		26.41	0.063	05.78	1438.3	2.75	Forte

6. CONCLUSION

D'après la carte piézométrique, l'écoulement des eaux souterraines suit généralement la topographie de la région d'étude et il circule du Sud et de l'Est vers l'intérieur alimentant les lacs et les Oueds. En période des hautes eaux, les lacs et les Oueds drainent la nappe alors qu'en période d'étiage la nappe draine les lacs et les Oueds. L'interprétation des analyses physico-chimiques montre que les eaux naturelles sont généralement peu acides et minéralisées. D'après le diagramme de Piper, le faciès chimique dominant est chloruré sodique, les éléments majeurs dans la pluralité des points présentent des teneurs inférieures à la norme de l'OMS.

L'évaluation de la pollution des eaux par la détermination de l'indice de pollution organique montre un degré de pollution modéré pour les eaux souterraines et modéré à fort pour les eaux superficielles. Il est légitime de dire que l'origine semble être beaucoup plus urbaine à cause des rejets déversés dans la nature.

A vrai dire, le PNEK est un espace où l'eau, la faune et la flore se sont réunies pour dessiner une vraie mosaïque de nature. Derrière cette beauté rarissime se cache une horrible image d'une inconscience humaine envers la pérennité de cet espace, sachant que l'eau est la source de vie. Le PNEK subit des perturbations d'impact anthropique. D'abord, une croissance démographique continue suivie d'une bâtisse intense et anarchique au détriment de l'espace vert et donc beaucoup de décharges solides et liquides percées dans la nature. La région est à vocation agricole qui nécessite l'utilisation des engrais et pesticides ; l'élevage extensif facilite la détérioration du couvert végétal et aussi la contamination du sol du fait des rejets animaliers divers. Enfin, il est évident de citer le concept néfaste du projet « autoroute Est-Ouest » qui, à long terme, finalisera la netteté du lieu par le dégagement des bruits et des corps toxiques libérés des automobiles.

Ces conséquences nous conduisent à proposer quelques recommandations afin de participer à la protection du parc national d'El Kala et à la pérennité de sa biodiversité:

- convaincre les autorités locales concernées à sensibiliser les habitants du parc, les touristes à l'importance de cette aire protégée et à éduquer les enfants sur la propreté de l'environnement par des programmes pédagogiques qui permettent aux enseignants, du primaire au

lycée, de développer des plans exemplaires et des travaux in situ. Des panneaux d'informations techniques et instructives sont également à implanter à proximité des agglomérations.

- contrôler, voir stopper l'extension croissante de l'habitat diffus afin d'épargner le plus possible les surfaces naturelles.

- restaurer des espaces dégradés et réduire la déforestation et l'abaissement du niveau d'eau.

- l'activité pâturage dans le parc doit être cernée et limitée pour prévenir tout risque de pollutions fécales et le piétinement des zones humides.

- la mise en place de réseaux de surveillance piézométrique permanents pour permettre l'observation et l'évolution des niveaux de nappes souterraines, des débits exploités et de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux.

REFERENCES

- [1] Baali F., 2007. Contribution à l'étude hydrogéologique, hydrochimique et vulnérabilité d'un système aquifère karstique en zone semi aride : cas du plateau de Chéria N. E. Algérien, thèse de doctorat d'état, UBM Annaba, Algérie, 114p.
- [2] El Mostafa H., 2006, Effet des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc), *Bulletin de l'institut scientifique, Rabat (Maroc), Section sciences de la vie*, N°28, pp. 61-71.
- [3] Bahroun S., 2011, Évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles, cas de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). *Larhyss Journal*, N° 9, pp. 171-178.
- [4] Derradji F., Bousnoubra H., Kherici N., Romeo M., Caruba R., 2007, Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est Algérien, *Revue sécheresse*, Vol. 18, N°1, pp. 23-27.
- [5] Brahamia K., Semouk A., 2010, Activité touristique dans un espace fragile : cas du Parc National d'El kala, *El-Tawassol*. N° 26, pp. 34-57.
- [6] Raachi M.L., 2007, Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au Nord-Est Algérien, *Mémoire du Service des bibliothèques*, Université du Québec à Montréal, Canada, 104p
- [7] Ouelmouhoub S., 2005, Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier: cas des subéaires du Parc National d'El Kala (Algérie). *Thèse de science du CIHEAM-IAM Montpellier*, France, N°78, pp. 46-54.
- [8] Bouazouni O., 2004, Etude socio-économique du PNEK. *Projet Régional pour le développement d'aires marines et côtières protégées dans la région de la Méditerranée (UNEP-MedMPA)*. 50 p.

[9] Grimes S., 2005, Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf), *Projet Régional pour le développement d'aires marines et côtières protégées dans la région de la Méditerranée (UNEP-MedMPA)*. 126 p.

[10] Chaïb N., 2002, Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydro systèmes de la Numidie (Régions d'El Kala et de Guerbès – Sanhadja), thèse de doctorat d'état, UBM Annaba, Algérie, 91 p.

[11] Homewood K., 1993, Livestock economy and ecology in El Kala, Algeria: measuring ecological and economic costs and benefits in pastoralist ecosystems, *Pastoralist Development Network*. 35, pp. 1-27.

Nomenclature

BI : Balance ionique.
 Ca^{2+} : Calcium en mg/l
 Cl^- : Chlorure en mg/l.
 DBO_5 : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours en mg/l.
 DCO : Demande chimique en oxygène en mg/l.
 DSA : Direction des services agricoles de la wilaya d'El Tarf.
 E : Direction Est
 HCO_3^- : Bicarbonate ou hydro- géno- carbonate en mg/l.
 I : Indice d'aridité de De- Martonne, 1923.
 IPO : Indice de pollution organique, 1987.
 Meq : Milli- équivalent.
 N : Direction Nord.
 Na^+ : Sodium en mg/l.
 NH_4^+ : Ammonium en mg/l.
 NO_2^- : Nitrite en mg/l.
 NO_3^- : Nitrate en mg/l.
 OMS : Organisation mondiale de la santé.
 P : Précipitation moyenne annuelle en mm/an.
 PNEK : Parc national d'El Kala.
 PO_4^{3-} : Phosphate en mg/l.
 P_2O_5 : Phosphore total en mg/l.
 SAT : Superficie agricole totale.
 SAU : Superficie agricole utile.
 SEATA : Société de l'eau et de l'assainissement Annaba et Tarf.
 T : Température moyenne annuelle en °C/an.
 UNESCO : Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture.
 WTW : Marque du groupe Xylem spécialisé dans le domaine de l'eau.

[12] Sedrati N., 2011, Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra, Sud - Est algérien, thèse de doctorat d'état, UBM Annaba, Algérie, 166 p.

[13] Guasmi I., 2009, Pollution des eaux et pouvoir auto-épuration de l'Oued Medjerda (Nord- Est Algérien), thèse de doctorat d'état. UBM Annaba, Algérie, 197 p.

[14] Djabri L., 1996, Mécanisme de pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse : origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, thèse de doctorat d'état, UBM Annaba, Algérie, 256 p.