

Cit this: *JOWSET*, **2018** (03), N°01, 291-298

Physical and chemical monitoring of the waters pollution of the lower Sebou, Gharb, Morocco

F. Hamdaoui^{1,2}, A. Elbourkadi², M. Sibari³, S. Tabti², G. Ztit², H. Saadaoui², E. Alibrahmi⁴, K. Elkharrim², D. Belghyti² and N. Lotfi^{1*}

^[1] Laboratoire Optoelectronique, Physicochimie, Matériel et Environnement. Université Ibn Tofail, Kénitra.

Email: lotfi19@yahoo.com ; farid10hamdaoui@gmail.com

^[2] Laboratoire Biotechnologie, Environnement & Qualité, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP: 133, 14000 Kénitra,

Maroc; Email: belghyti@hotmail.com; k_elkharrim@hotmail.com; bassirdounia01@gmail.com;

elbourkadiamed1980@gmail.com; migtech@hotmail.fr; hind_09_@hotmail.fr

^[3] ONEE, ONEP Kénitra. Email: sibari20@yahoo.fr

^[4] Laboratoire d'Energie & Environnement. Faculté des Sciences, Kénitra, Morocco. Mail: alibrahmielmehdi@yahoo.fr

*Corresponding Author: Tel.: +212611427564; E-mail: farid10hamdaoui@gmail.com

In Morocco, hydraulic and hydrological studies of rivers are rare. In the present study, it is proposed to characterize the physicochemical surface water of 16 sampling stations of the lower Sebou in years 2013-2014. The study of the raw waters of the Sebou revealed that this Oued is very loaded with mineral matter. For the electrical conductivity (EC), a wide variation in the chemical composition of the water varies between a minimum of 629 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and a maximum of 22760 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The average pH is between 8 and 8.77. The pH is slightly basic but remains acceptable according to Moroccan irrigation standards. The ammonium concentration varies between 0.04 and 15.34 mg/L, for surface water quality 65% of the water is of medium quality and 35% of poor quality. Concentrations of NO_3^- nitrates have a maximum value of 886.9 mg/L and a minimum value of 0.24 mg/L. It has also been found that the concentration of Cl^- ion has a maximum value of 860.27 mg/L and a minimum value of 145.55 mg/L. For SO_4^{2-} sulfate ion concentrations, the maximum value is 441.4 mg/L and the minimum value is 37.62 mg/L. The maximum and minimum bicarbonate ion concentrations are 362.34 mg/L and 75.64 mg/L and are consistent with the irrigation standard. Calcium Ca^{2+} ion contents range from 1072.8 to 97.6 mg/L. For magnesium ion concentrations Mg^{2+} the maximum value is 631.2 mg/L and the minimum value is 17.28 mg/L and these values are in line with the irrigation standard. Na^+ ion concentrations in water range from 51 mg/L to 2530 mg/L. K^+ ion concentrations in surface waters range from 17.55 mg/L to 2.54 mg/L. In conclusion, this study shows that the waters of the lower Sebou have a high mineral load

Received: 07 November 2017

Accepted: 22 November 2017

Available online: 14 March 2018

Keywords:

Surface Waters
Physicochemicals,
Sebou river,
Quality,
Gharb,
Morocco

but remain within the limits of the Moroccan irrigation standard. The waters of the Sebou are too polluted and we recommend that all domestic and industrial wastewaters be treated appropriately to reduce the nuisance to the receiving environment and to compensate for the loss of this coveted and prized.

1. Introduction

La qualité de l'eau est définie par des paramètres physiques, chimiques, toxiques, biologiques et organoleptiques, mais également par son usage. Ainsi, l'eau impropre à la consommation humaine peut être adaptée à l'irrigation, à la pisciculture ou encore pour refroidir les circuits industrielles [1-3]. La gestion rationnelle des ressources en eau dans la région de Kénitra Gharb est devenue l'enjeu principal pour les décideurs locaux en vue d'adopter une politique juste et qui prend en considération l'importance de cette ressource et le défi de l'accroissement de sa demande.

L'Oued Sebou et ses affluents drainent une superficie de 34000 km². Il s'étend sur plus de 600 km en prenant naissance dans le Moyen Atlas sous l'appellation d'Oued Guigou. Il débouche dans l'Atlantique à Mehdiya, par l'intermédiaire de son estuaire de 35 km de longueur. La remontée d'eaux marines étant arrêtée au niveau du barrage de garde, en aval immédiat de Sidi Allal Tazi [4].

En outre, le fleuve Sebou est le siège de nombreux déversements de polluants qui proviennent de diverses origines. Le bassin versant du Sebou, zone extrêmement importante du point de vue socio-économique, constitue un des secteurs du Maroc les plus touchés par la pollution. L'existence de deux principales plaines agricoles du pays ainsi que la multitude et la diversité des unités industrielles et des effluents d'eaux usées urbaines au niveau des grandes villes du bassin (Fès, Meknès, Mechraa Bel Ksiri, Dar Gueddari, Tazi, Kénitra), sans oublier les décharges incontrôlées des ordures ménagères qui sont les principales causes de la dégradation de la qualité des eaux du Sebou.

Dans notre présente étude on se propose d'examiner la qualité physique et chimique des eaux de surface du sous bassin du bas Sebou. Cette caractérisation des teneurs et concentrations des charges organiques et minérale des eaux brutes du Sebou consiste en un suivi du pH, Conductivité électrique CE, Sodium, Chlorure, Sulfate, Calcium, Magnésium, Potassium, Bicarbonate, Ammonium et Nitrates.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La région du Gharb est bordée à l'ouest par l'Océan Atlantique, limitée au nord par les collines du pré-Rif et au sud par le plateau Maâmora (Fig. 1). Elle est composée d'une zone côtière (cordon dunaire, dépressions inondées, dunes Intérieures), de bordures continentales et de la plaine alluviale centrale du bas Sebou qui en est le principal oued. Le bassin du Sebou forme une cuvette entre le Rif au Nord, le moyen Atlas

et la meseta au sud, le couloir Fès -Taza à l'Est et l'océan Atlantique à l'Ouest. D'une superficie d'environ 38380 km². Il est le bassin le plus important du royaume et renferme actuellement une population totale de près de 5,73 millions d'habitants, dont 49% en milieu urbain et 51% en milieu rural [4]. Il se caractérise par une économie agricole et industrielle qui contribue de façon importante à l'économie nationale.

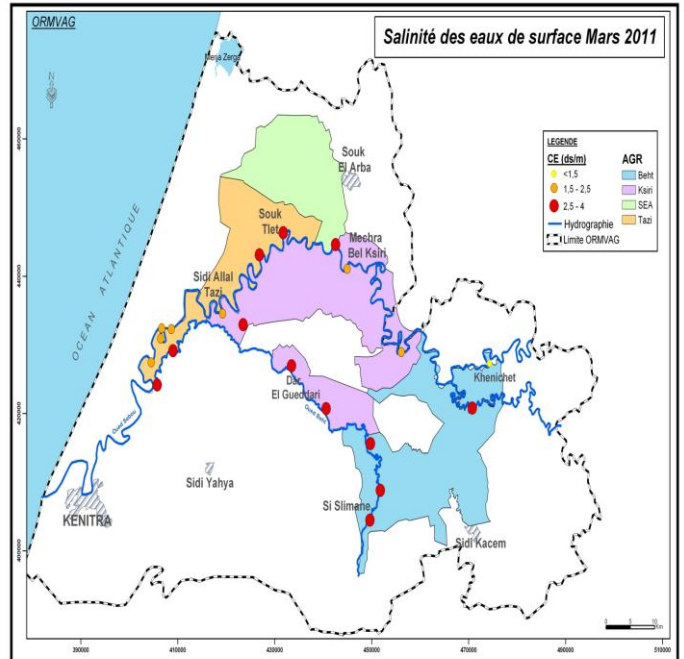
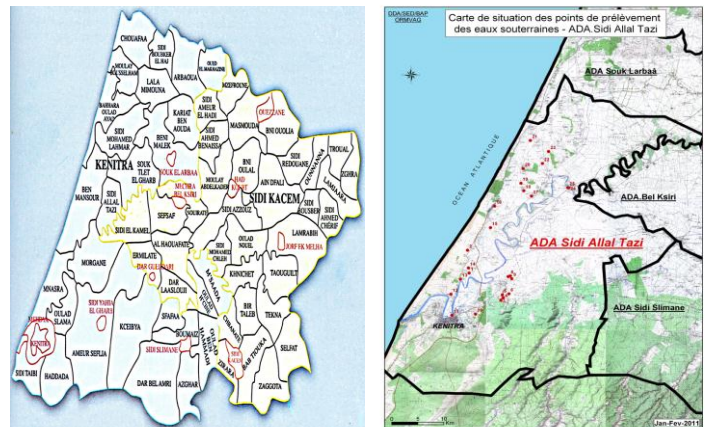


Fig. 1: Localisation géographique des stations de prélèvements de l'eau brute du bas Sebou (ORMVAG) [4].

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin est de type méditerranéen à influence océanique et à l'intérieur du bassin

le climat devient plus continental. Le bassin de Sebou connaît une activité industrielle très développée. Les unités importantes à l'échelle du bassin sont : les sucreries, les papeteries, les huileries, les tanneries, les cimenteries, l'industrie du textile et les laiteries.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. D'une manière générale l'échantillon doit être homogène et représentatif, et ne pas modifier les caractères physico-chimiques de l'eau (pH, gaz dissous, matière en suspension etc.) [5].

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Le lavage des flacons sera fonction des analyses souhaitées sur l'échantillon. Le mode de prélèvement le plus fréquemment utilisé est le prélèvement instantané. Les flacons sont remplis sans agiter l'eau et parfois sans contact avec l'air [6-7].

2.2. Prélèvements des eaux

On a utilisé des bouteilles en polyéthylène de 1000 ml rincées au préalable par l'eau distillée puis sur le terrain avec l'eau de prélèvement. Le prélèvement a été effectué dans des zones où l'eau n'est pas stagnante et dans le sens du courant sur 16 sites de prélèvement au cours de 2013-2014. Il est effectué en immersion totale, de telle sorte à ce que les bouteilles soient remplies à ras sans bulles d'air, afin de limiter au maximum les contaminations d'une part, et l'évolution des échantillons d'autre part. Les échantillons d'eau prélevés servant aux analyses ont été transportés à basse température (4°C) dans des glacières portatives jusqu'au laboratoire où les analyses ont été effectuées.

En outre, d'une campagne à l'autre, les prélèvements ont été effectués approximativement à la même heure et au même endroit pour la même station.

2.3. Analyses des eaux

Dans le cadre de la présente étude les paramètres qui ont été analysés sont: pH, conductivité électrique (CE), calcium (Ca^{++}), magnésium (Mg^{++}), sodium (Na^+), potassium (K^+), carbonate et bicarbonate (CO_3^{--} ; HCO_3^-), chlorures (Cl^-), Sulfates (SO_4^-), ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-). Les analyses sont réalisées grâce à un pH mètre de terrain type 3070, conductimètre Consort C831, photomètre à flamme Jenway, Spectrocolorimètre type pharmacie NOVASPEC II, spectrophotomètre UV-Visible (Fig. 2, 3) [8-11].

*Le calcium et magnésium sont dosés par complexométrie avec EDTA en présence du noir d'ériochrome T.

*Dosage des carbonates et bicarbonates par une solution

d'acide sulfurique 0.02N en présence de phénophtaléine et le vert de bromocrésol comme indicateur coloré.

*Dosage du chlorure combiné à l'état de chlorure par le nitrate d'argent, en présence d'une solution de chromate de potassium.

*Dosage des sulfates par colorimétrie par précipitation des ions sulfates en présence de chlorure de baryum en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum.

*Dosage des nitrates et des ammoniums par distillation en présence d'un catalyseur respectivement l'oxyde de magnésium et l'alliage de DEVARDA. La NH_4^+ et les NO_3^- sont recueillis dans une solution d'acide borique et doser finalement par H_2SO_4 .





Fig. 2 : Appareils de mesure de la qualité des eaux au sein du Laboratoire de stage (ORMVAG-Kénitra).

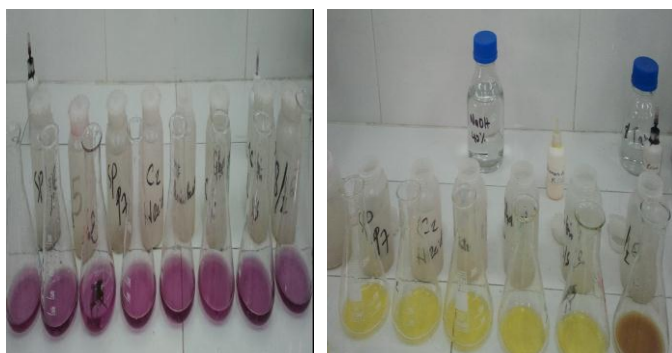


Fig.3 : Méthodes de dosages et de titrages des éléments minéraux dans l'eau du bas Sebou.

3. Résultats et discussion

L'évaluation de la pollution des eaux brutes du bas Sebou a été faite d'après la détermination d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques caractérisant les eaux. A la lumière de ce travail qui contribue à enrichir les bases des données accumulées sur le bassin de Sebou, et permettre de clarifier le degré de sa pollution grâce aux résultats obtenus durant la période de notre stage au sein de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb Kénitra.

On peut déduire (**Tab. 1 et 2; Fig. 4-10**) que le sous-bassin du bas Sebou est soumis aux différents types de pollution d'origine naturelles qui sont principalement minérales (par dissolution du substrat naturelles, marées atlantiques) et anthropiques (agricole, industrielle et urbaine).

Le régime thermique du réseau hydrographique de Sebou suit celui du climat méditerranéen, froid en novembre et plus chaud en été.

Le pH ne présente pas de variations importantes et les eaux sont généralement alcalines variant entre 8,0 et 8,77 (**Tab. 1 et 3, Fig. 4**) suite à leurs traversées des terrains calcaires et marno-calcaires caractérisant le bassin.

La minéralisation suit fidèlement les taux des sels dissouts, la salinité, les chlorures, le sodium et le potassium (**Tab. 1, 2 et 3 ; Fig. 5**). Elle résulte essentiellement du lessivage des terrains traversée de nature calcaires karstiques et des embruns océaniques. En effet, la conductivité électrique qui traduit la salinité (**Fig. 5**) varie de 629 à 22760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et dépasse largement la norme marocaine d'irrigation ($>2700 \mu\text{S}/\text{cm}$) [12-14].

Concernant les teneurs des nitrates (**Fig. 6**), les valeurs oscillent entre 0,24 mg/L et 2692 mg/L et traduisent clairement la pollution d'origine agricole par les engrais azotes, les eaux usées et lixiviats des décharges sauvages [15-21].

Tab. 1 : Données physicochimiques (Anions) des eaux brutes du bas Sebou.

Stations	pH	NO_3^- mg/L	Cl^- mg/L	SO_4^{--} mg/L	HCO_3^- mg/L	CO_3^- mg/L
S1	8,62	9,3	213	314,64	233,02	12
S2	8,65	10,42	161,88	159,18	214,72	18
S3	8,39	0,24	202,35	150,25	213,5	6
S4	8,46	17,11	154,78	141,18	275,72	0
SD5	8	63,36	243,53	181,94	246,44	0
SD6	8,12	20,58	202,35	151,62	362,34	0
SD7	8,69	86,92	248,5	183,59	241,56	21,6
SD8	8,33	188,6	385,53	258,32	323,3	13,2
SD9	8,49	827,9	230,4	106,7	75,64	0
SD10	8,24	2692	860,27	113,1	122	0
SD11	8,4	260,8	269,09	37,62	100,04	0
SD12	8,31	886,9	476,41	276,57	84,18	0
SD13	8,77	94,6	461,31	359,29	246,44	49,2
SD14	8,21	162,2	397,7	441,4	178,12	42
SD15	8,73	59,9	304,59	248,5	241,56	18
SD16	8,33	693,8	145,55	54,04	108,58	0

Le diagramme de Piper (**Fig. 7**) montre que globalement les eaux du bas Sebou sont hyper chlorurées calciques, hyper sulfatées calciques, chlorurées Sulfatées calciques et magnésiennes ou encore chlorurées sodiques et potassique ou sulfatées sodiques [22-23].

Par ailleurs, la projection des données physicochimiques dans le diagramme de Wilcox (**Fig. 8**) et Wilcox Log (**Fig. 9**), montre que la qualité des eaux du bas Sebou varie entre médiocre et

mauvaise et rarement excellente et ont surtout une qualité dégradée à cause du pouvoir alcalinisant du sodium (SAR). Les eaux du bas Sebou se classent dans le groupe C3S3 et C4S4 (Fig. 9, 10) et sont impropres à l'irrigation [24-25].

Tab. 2 : Données physicochimiques (Cations) des eaux brutes du bas Sebou.

Stations	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	TH mg/L	CE μS/cm
S1	97,6	89,04	6,44	1240	0,18	6,15	1190
S2	118	46,56	6,24	1270	0,43	4,89	1120
S3	126,4	59,52	2,54	1560	0,04	5,72	1240
S4	166,4	17,76	5,27	1360	0,68	4,9	1160
SD5	150,8	44,4	4,29	1820	0,22	5,62	1430
SD6	169,2	68,64	9,56	1330	0,18	7,09	1400
SD7	148,4	51,36	4,68	1470	0,68	5,85	1490
SD8	220,4	111,6	12,48	1840	0,5	10,16	2370
SD9	217,6	17,28	3,71	51	0,68	6,16	629
SD10	914,4	631,2	5,07	140	1,76	49,16	15820
SD11	148,4	26,64	6,63	190	15,34	4,82	11960
SD12	314,8	39,36	17,55	390	0,54	9,51	22760
SD13	170,8	124,08	9,75	2530	2,66	9,44	2200
SD14	1072,8	74,88	15,99	150	1,26	57,94	16700
SD15	144,8	94,08	7,41	400	1,29	7,54	1660
SD16	174	99,36	2,73	120	1,51	8,49	880

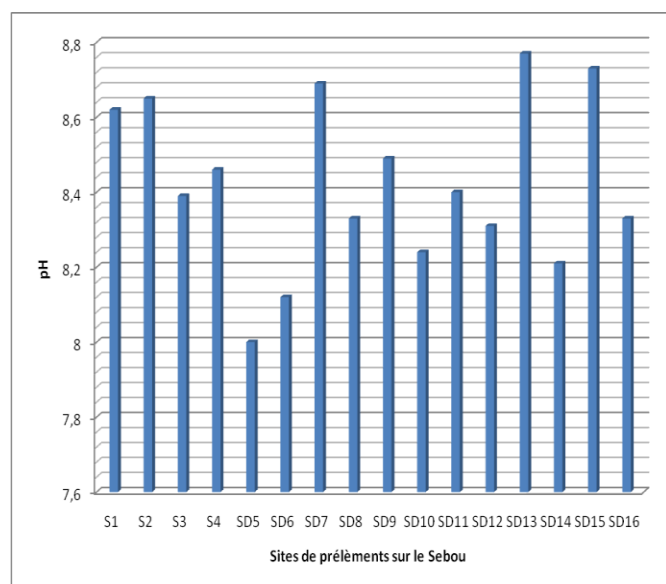


Fig. 4 : Evolution spatiale du pH de l'eau brute du bas sebou.

Tab. 3 : Statistique descriptive de la physicochimie des eaux brutes du sous-bassin du bas Sebou.

Statistique	pH	CE μS/cm	NH ₄ ⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	CL ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L
Nb. Observations	16	16	16	16	16	16	16
Minimum	8,00	629	0,04	0,24	145,55	37,62	75,64
Maximum	8,77	22760	15,3	2692,0	860,27	441,40	362,34
1er Quartile	8,29	1182	0,3	19,71	202,35	134,16	118,64
Médiane	8,39	1460	0,6	90,76	246,01	170,56	223,87
3èm Quartile	8,63	4767	1,3	369,05	388,57	262,88	246,44
Moyenne	8,42	5250	1,7	379,66	309,83	198,62	204,19
Variance (n-1)	0,05	5168589	13,6	469921	32578	12189	7337
Ecart-type (n-1)	0,22	7189	3,6	685	180	110	85,65

Statistique	CO ₃ ²⁻ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	TH mg/L
Nb. Observations	16	16	16	16	16	16
Minimum	0,00	97,60	17,28	2,54	51,00	4,82
Maximum	49,20	1072,80	631,20	17,55	2530,00	57,94
1er Quartile	0,00	147,50	43,14	4,58	180,00	5,69
Médiane	3,00	167,80	64,08	6,34	1255,00	6,62
3èm Quartile	18,00	218,30	95,40	9,61	1492,50	9,45
Moyenne	11,25	272,17	99,73	7,52	991,33	12,71
Variance (n-1)	241	82648	21151	20	609766	259,62
Ecart-type (n-1)	15,55	287,48	145,43	4,48	780,87	16,11

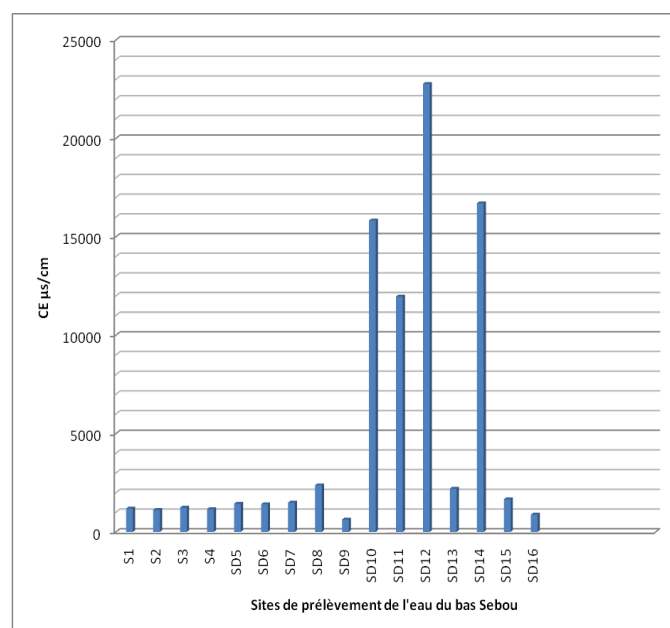


Fig. 5 : Evolution spatiale de la Conductivité électrique des eaux brutes du sous-bassin du bas Sebou.

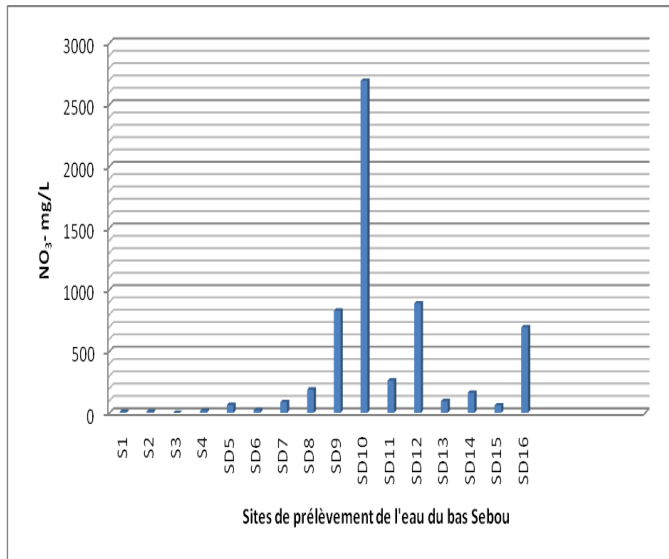


Fig. 6 : Evolution spatiale de la teneur des Nitrates dans les eaux brutes du sous-bassin du bas Sebou.

Diagramme de Piper eaux bas Sebou- Hamdaoui

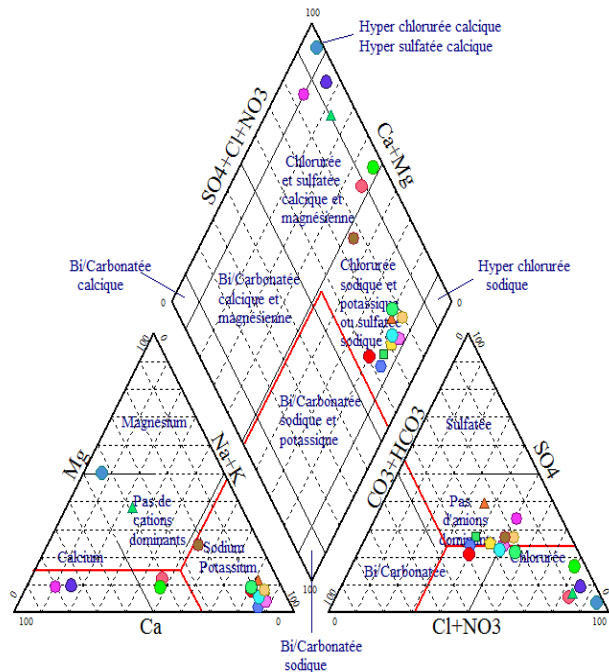


Fig.7 : Projection dans le Diagramme de Piper de l'hydrochimie des eaux du sous-bassin du bas Sebou.

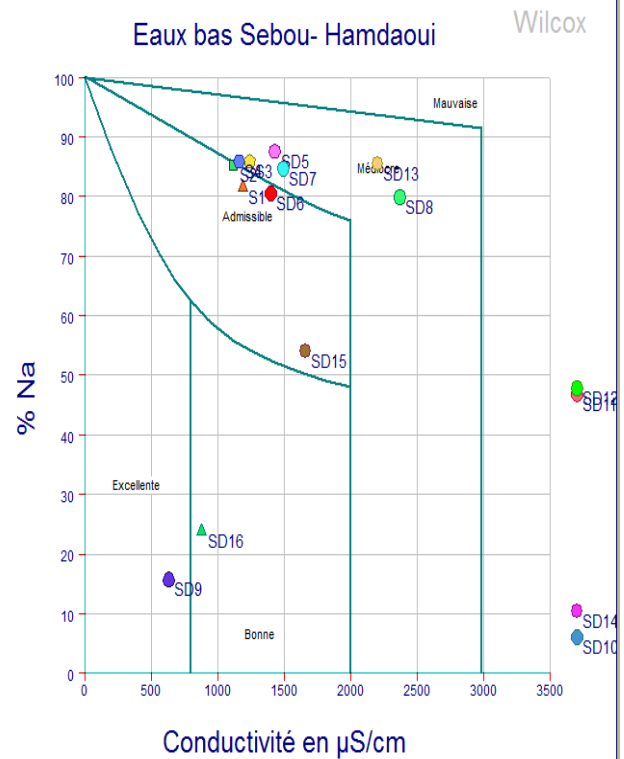


Fig. 8 : Projection de la qualité des eaux brutes du sous-bassin du bas Sebou dans le Diagramme de Wilcox.

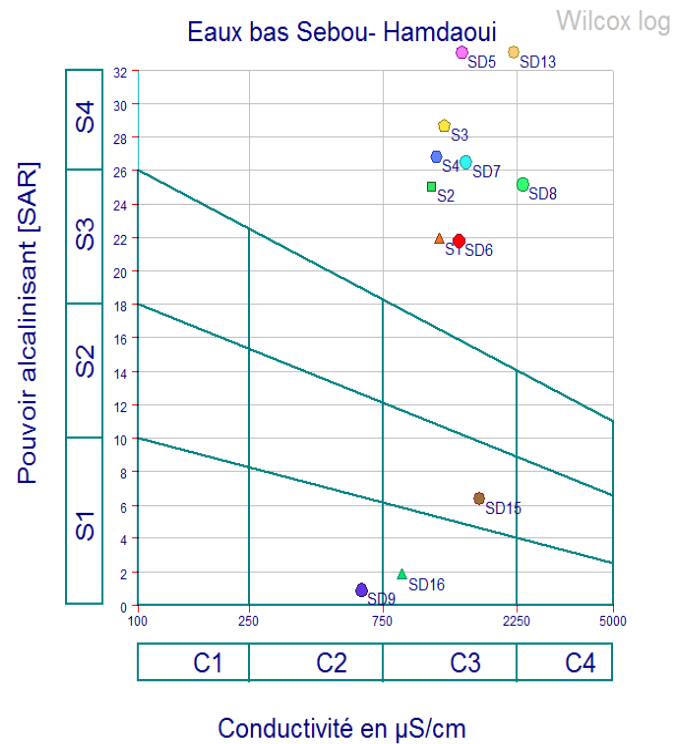


Fig. 9 : Diagramme des Classes de Qualité des eaux brutes du sous bassin du bas Sebou.

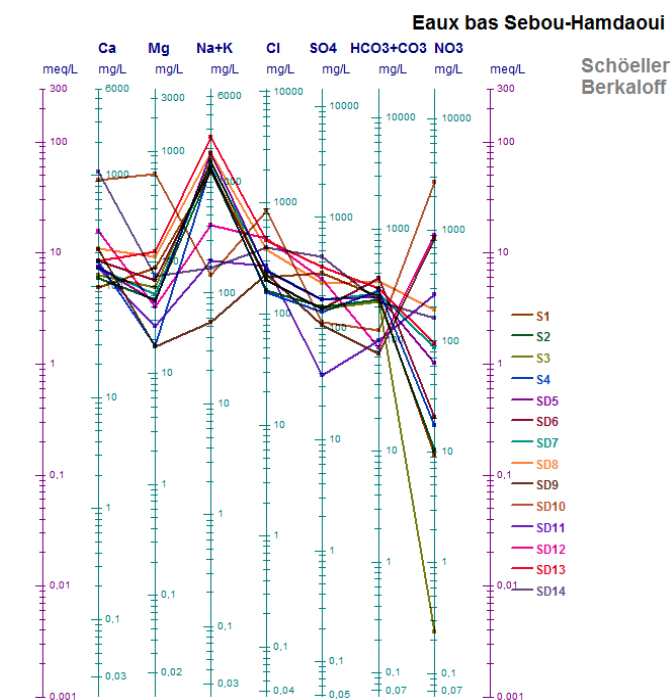


Fig. 10 : Evolution de la physicochimie des eaux brutes du bas Sebou selon Berkaloﬀ.

4. Conclusions

Les activités agricoles adjacentes se manifestent bien dans les eaux du sous-bassin du bas Sebou par des concentrations importantes des nitrates et des sulfates qui arrivent au courant d'eau par ruissellement et lessivages des produits fertilisant et phytosanitaires azotés et phosphorés [26-27]. La distribution amont-aval des paramètres physico-chimiques, reflète des situations dégradées de la qualité des eaux en sels et chlorures en relations avec la remontée des eaux salines marines.

Le présent travail a révélé la mauvaise qualité des eaux du bas Sebou mais reste incomplet et nécessite d'être approfondi par des analyses des éléments métaux lourds en traces et des pesticides pour fournir les bases scientifiques et techniques aux décideurs [28-30].

Acknowledgements

The authors acknowledge all people from ORMVAG who have aided in accomplishing the analysis.

References and notes

1. C Boutin et N Dias. *Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique*. Bull. Fac. Sci. Marrakech (Sect. Sci. Vie), **1987**, 3, 5-25.

2. M Benyakhlef, S Naji, D Belghyti, Y El guamri et T Hassouni. *Qualité de l'eau de boisson dans la région du Gharb (Kénitra, Maroc)*, 2011, 3, N°11207.
3. H Abouzid et A Outair. *Les Nitrates dans les eaux*, 7ème Congrès Mondial des ressources en eau, Rabat, Maroc, 13-18 Mai **1991**, 2.
4. ORMVAG, Office Régional de mise en Valeur Agricole Gharb Maroc. *Etude pédologique au 1/20 000 de la Troisième Tranche d'Irrigation (TTI) sur une superficie de 100.000 ha. Zone M'nasra, Z1-Z2. Kénitra, Maroc, Rapport inédit*, **1994**, 180.
5. J Rodier. *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : physico-chimie, bactériologie et biologie* », Ed. Dunod, Paris, France, **1996**, 8, 1383p.
6. D Belghyti, H Daifi, A Alemad, K Elkharrim, M Elmarkhi, Y Souidi, F Benelharkati, B Joti, Z Elmoukri, A Ibeda, Y Azami-Idrissi, S Baroud, F Elkhayyat, O Elrhauat, S Sadeq, Y Taboz, H Sbai, R Naser, H Chigger, N Derwich. *Groundwater management for sustainable production of drinking water quality in Maamora, 2nd International Conference on Water and Society*, 4 - 6 September 2013, New Forest, UK, 2013, Vol, doi:10.2495 / WS130201, **2013**, 178, 242-254.
7. O.N.E.P. *Méthodologie d'analyse de l'eau au laboratoire. Mode opératoire: Contrôle de la pollution des eaux destinées à l'alimentation en eau potable*. **1998**.
8. L Matini, J.M Moutou et M.S Kongo-Mantono *Evaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo*, **2012**.
9. T El Hammoumi et D Belghyti. *Caractérisation physicochimique des eaux potables Produit Par la station de traitement de Mkansa Maroc*. Scienceslib Editions Mersenne, **2012**, 4, N ° 121201.
10. L Bentouati et A Bouzidi. *Etude de la qualité des eaux souterraines de la wilaya de Sétif, algésaire*, Journal Scienceslib 2011, 3, N°11207.
11. B Benkabbour. *Exploration, évaluation et protection des ressources hydriques en zones côtiers Marocaines : Approche Géophysique, Hydro chimiques, modélisation et S.I.G : Cas de la Maàmora occidentale (Bassin du Rharb-Maàmora)*. Thèse de Doctoral National, Université Ibn Tofail. **2002**.
12. Administration Hydraulique (AH). *Etat de la qualité des ressources en eaux dans le bassin du Sebou, année 1989-1990*, Ministère des Travaux Public, de la Formation Professionnelle et de la Formation des Cadres. **1996**.
13. S Akhlar. *Caractérisation des eaux souterraines de la ville de Mechraa Bel Ksiri. Mémoire Master Eaux usées*. Université Ibn Tofail, Kénitra. **2009**.
14. M Hilali. *Hydrogéologie et modélisation de l'intrusion marine dans les aquifères côtiers de Martile et de sahel- Maroc*". Thèse de Doctorat en Sciences Appliquées. Université. Mohammed V-Agdal, Ecole Mohammedia d'ingénieurs, **2002**, 158.
15. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement. *Etude pour programme d'action visant à minimiser et à contrôler l'impact des engrais et des pesticides sur l'environnement du bassin de Sebou. PPES (Projet de l'environnement du Sebou)*, Secrétariat d'état chargé de l'environnement, (Maroc), **1999**, 43.
16. Z Saadi, A Maaslouhi, M Zeraoui et J.P Gaudet. *Analyse et modélisation des variations saisonnières des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines de la nappe Mnasra, Maroc* », C. R. Acad. Sci., Sér. 2, Sci. Terre Planètes, **1999**, 329, 8, 579-586.
17. MPCl. *Impact environnemental de l'usage des eaux usées d'assainissement dans l'irrigation des agricultures, ministère de la planification et de la coopération internationale*, juillet **2005**.
18. A Alemad, M Nagi, A Ibeda, R Nasser, Y Alwathaf, O Elrhauat, K Elkharrim,

- A Babaqi, D Belghyti. *The impact of sana'a solid waste on the quality of groundwater in Yemen, 2nd International Conference on Water and Society*, 4 - 6 September, New Forest, UK, Paper DOI: 10.2495/WS130151. **2013**.
19. M. S. Coyne and J. M. Howell, « Agricultural Impacts on Fecal Contamination of Shallow Groundwaters in the Bluegrass Region of Kentucky », *Soil Science News and Views*, 15 (6) (1994), 1-3.
 20. A.B Krira, Chakour et H Fouta. *Intensification de l'agriculture et son impact sur l'environnement. Cas des nitrates dans la nappe phréatique de M'nasra du Ghab*», Actes 1er Colloq. Sur le Développement agric. Rech. Agron. Au niveau de la région du Ghab, **2001**.
 21. M Zeraouli. *Pollution par les nitrates. Premiers résultats de la situation actuelle dans la nappe des Mnasra (décembre 1992-janvier 1993)* », Office régional de mise en valeur agricole du Gharb, Département de développement agricole, Service des études de développement agricole, Bureau Agro- Pédologique, Publication interne ORMVAG, septembre, **1993**.
 22. L Zilliox, C Schenc, H Kobus et B Huwe. *Pollution par les nitrates: Quels remèdes ? Supplément. La Recherche Suppl. les enjeux de l'agriculture en Europe*, **1990**, 227, 18-21.
 23. K EL Bouqdaoui, M Aachib, M Blaghen, et S Kholtei. *Modélisation de la pollution par les nitrates de la nappe de Berrechid, au Maroc*, Afrique Science, **2009**, 05, 1, 99 – 113.
 24. L Zouhri. *Structure et modélisation hydrodynamique de l'aquifère de la Maamora (Maroc)*”. Thèse, Univ, Lille I, **2000**, 218.
 25. M Nisbet et J Verneaux. Composantes chimiques des eaux courantes : discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls Limnol*, **1970**, 6, 2.
 26. 26. O.N.E.P. Alimentation en eau potable, Menaces de pollution. **1999**.
 27. M Laferriere, J.J Minville, J Lavoie et P. Payment. L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine, *Bull. Information Santé Environnement*, Québec, **1996**, 7, 2, 1-4.
 28. Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.). Charte d'Ottawa pour la promotion de la santé, Copenhagen: Bureau régional de l'Europe, **1986**.
 29. MATUHE. Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc (REEM), Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement, Observatoire National de l'Environnement du Maroc (ONEM), Octobre, Ed, 2, **2001**, 296.
 30. A.B.H.S. *Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique du Sebou*. Note de synthèse, Agence du Bassin Hydraulique du Sebou, Fès, Maroc, **2011**