

## Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC

### [ Physico-chemical analysis and quality control of groundwater from the region SIDI Allal Tazi-Gharb-MOROCCO ]

*Mohammed AL-QAWATI<sup>1</sup>, Youssef AZAMI IDRISSE<sup>1</sup>, Ali ALEMAD<sup>1</sup>, Isslam BELHAILI<sup>1</sup>, Ikram MARC<sup>1</sup>, Fouzia BAICHOUTI<sup>2</sup>,  
Khadija EL KHARRIM<sup>1</sup>, and Driss BELGHYTI<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire d'Environnements et Energies Renouvelables, Faculté Des Sciences,  
Université Ibn Tofail de Kénitra, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire l'ORMVAG Kénitra, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Most of water resources nowadays are exposed to pollution caused by domestic, industrial and agricultural wastewater. Pollution is also caused by climate changes, acidic rain, etc. The superficial pollution can infiltrate through soil into the underground water. The danger of this pollution depends on the nature, concentration and type of the pollutants. The main objective of this study is to evaluate and control the physicochemical quality of underground water of ALLAL TAZI-Gharb Morocco .The research is carried out on 22 underground water wells in the region under study. It analyses and controls 12 physicochemical parameters of the collected samples in ORMVAG Laboratory, Kenitra. These parameters are pH, EC,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $(NH_4^+)$  et  $NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  et bicarbonate  $HCO_3^-$ .The results have shown that the concentration of ammonium  $NH_4^+$  in 95% of wells and nitrate  $NO_3^-$  in 68.2 % of wells are much higher than the World Health Organization (WHO) norms . This indicates that there is nitrogen pollution as a result of industrial and domestic organic waste or due to the excessive use of soil fertilizers. The electric conductivity in 31.8 % of wells, concentration of chloride  $Cl^-$  in 41% of wells, and concentration of sodium  $Na^+$  in 31.8% of wells are relatively higher than WHO norms. This explains the existence of high level of mineralization in water-wells of the region under study as a result of geological structure or industrial and domestic pollution. The study has also revealed that other parameters are approximately in concord with the norms set out by WHO. It is concluded that the physicochemical quality of the underground water of the region under study is medium.

**KEYWORDS:** Groundwater, physicochemical quality, ALLAL TAZI, Morocco.

**RÉSUMÉ:** Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui provient des rejets domestiques, industriels et agricoles sans traitement préalable, Cette pollution cause la dégradation de la qualité de l'eau. Les polluants superficiels peuvent s'infiltrer à travers le sol vers les nappes. L'objectif de notre travail est d'évaluer et contrôler la qualité physico-chimique des eaux souterraines, pour protéger la santé humaine. On a évalué la qualité de 22 puits de la région SIDI ALLAL TAZI- Gharb-Maroc, toute en effectuant l'analyse pour 12 paramètres physico-chimiques et chimiques dans laboratoire d'ORMVAG-Kenitra. Ces paramètres sont pH, CE,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NH_4^+$  et  $NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  et  $HCO_3^-$ . Également, on a comparé les résultats obtenus avec les normes de l'OMS. Ces résultats ont montré que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes de l'OMS, Ce qui indique à la présence d'une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels. Ainsi que la conductivité dans 31,8% des puits et les concentrations en chlorure dans 41% des puits et en sodium dans 31,8% de ceux-ci sont assez élevées, Ce qui correspond à une forte minéralisation qui résulte généralement de la nature des terrains traversés ou de la pollution industrielles ou domestiques.

Les résultats d'autres paramètres analysés se conforment à la directive d'OMS. Alors, en générale, la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région d'étude est relativement moyenne.

**MOTS-CLEFS:** Eaux souterraines, qualité, physico-chimique, ALLAL TAZI- Gharb-Maroc.

## 1 INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout et sa qualité souvent ne respecte pas les normes concernant l'eau potable ce qui présente de risque pour la santé humaine. Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui provient de l'évacuation des eaux usées domestiques, industriels et agricoles sans traitement dans les milieux naturels, de changement climatique, de la minéralisation naturelle et des pluies acides,.....etc. Les polluants superficiels peuvent infiltrer à travers le sol vers les nappes. Le danger de la pollution dépende des types et des concentrations des polluants. Les ressources en eau au Maroc sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Ces ressources sont limitées et menacées par la pollution dans la majeure partie du territoire.

Les activités agricoles dans la zone du Gharb-Maroc sont considérées parmi les secteurs potentiels qui peuvent contribuer à la dégradation de la qualité des eaux et du sol. Les ressources en eau souterraine du Gharb-Maroc sont confrontées à un problème de pollution par les pesticides OC (Pesticides Organochlorés) ( $0.03-0.3\mu\text{g/l}$ ) [1]. La vulnérabilité à la pollution de la nappe dépende de trois paramètres principaux: Le transfert d'un polluant depuis la surface du sol jusqu'à la nappe, le degré d'épuration  $C'p/Cp$  (le rapport de la concentration  $C'p$  de l'eau en polluant à l'arrivée au niveau de la nappe par rapport à la concentration initiale  $Cp$  de l'eau polluante) et le degré de recharge  $R'/R$  (rapport de la recharge efficace par rapport à la recharge potentielle) [2].

L'Objectifs de ce travail est d'évaluer et contrôler la qualité physico-chimique des eaux souterraines, pour protéger la santé de l'homme.

## 2 MILIEU D'ÉTUDE

### 2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Sidi Allal Tazi est une ville du Maroc située dans la région de Gharb-Chrarda-Beni Hssen entre la zone côtière et oued Sebou nord-ouest du Maroc. Les coordonnées géographiques sont  $34^{\circ}30'36''$  N et  $6^{\circ}19'12''$  W en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 34.51 et -6.32 (en degrés décimaux).

### 2.2 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de Sidi Allal Tazi est chaud et tempéré. L'hiver à Sidi Allal Tazi se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Sidi Allal Tazi affiche une température annuelle moyenne de  $19.2^{\circ}\text{C}$ . Les précipitations annuelles moyennes sont de 570mm, Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 0 mm. En Décembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 114 mm.  $26.7^{\circ}\text{C}$  font du mois d'Aout le plus chaud de l'année, Janvier est le mois le plus froid de l'année et La température moyenne à cette période est de  $12.4^{\circ}\text{C}$ .

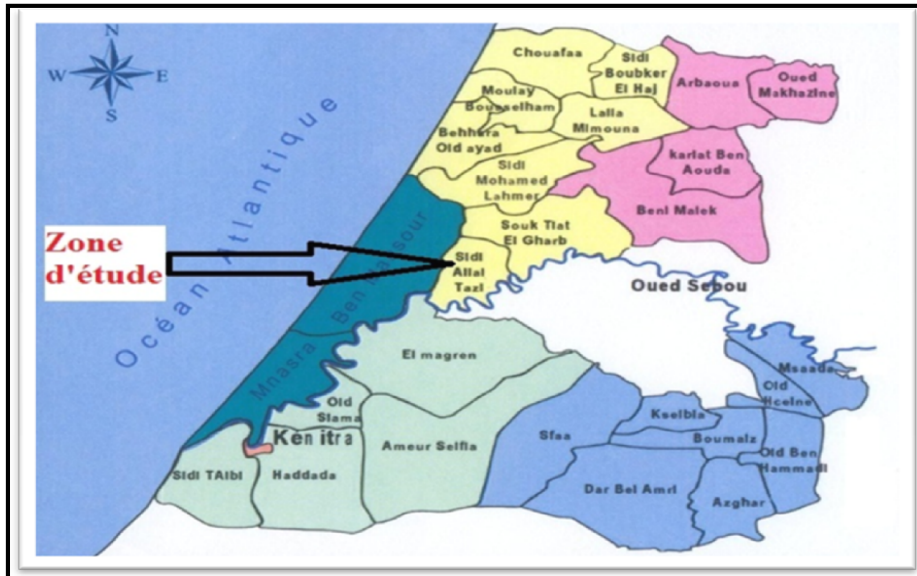


Fig. 1. Carte de zone d'étude (SIDI Allal Tazi-Gharb-Chrarda-Beni Hssen-Maroc)

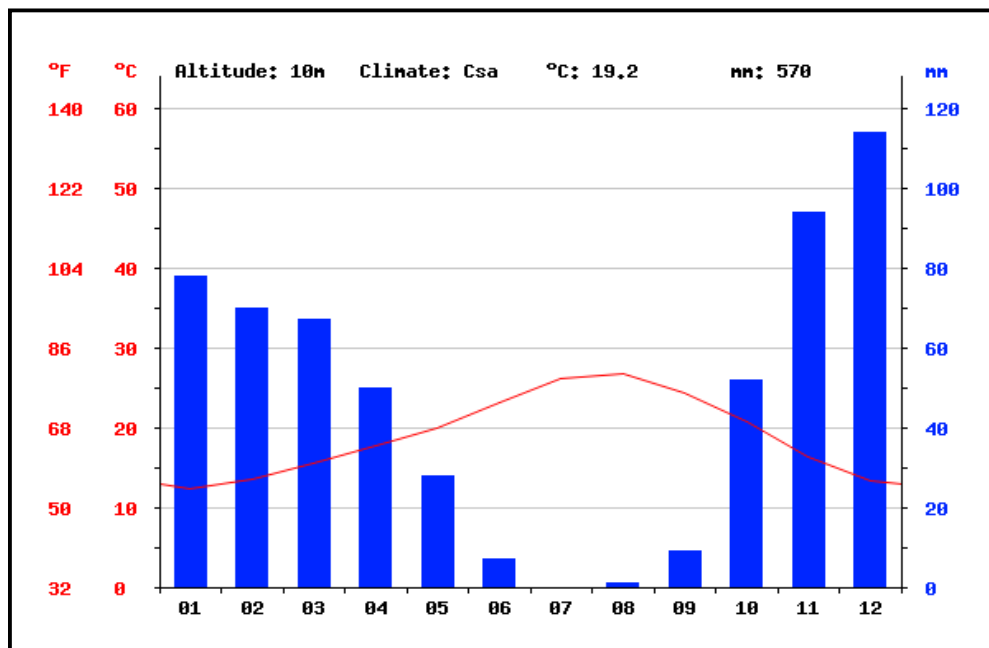


Fig. 2. Diagramme climatique de Sidi Allal Tazi

### 2.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

D'une manière générale, la structure hydrogéologique du système aquifère de la zone côtière du Gharb peut être présentée par la succession de deux couches différentes :

- ✓ Une couche superficielle grés-sableuse qui a une épaisseur comprise entre 5 et 10 m dans les dunes intérieures, et entre 20 et 30 m dans le cordon dunaire. Au sein de cette couche, on retrouve la nappe phréatique caractérisée par une faible profondeur au niveau des dunes intérieures (de 2 à 10 m), et une profondeur assez importante dans le cordon littoral (10 à 40 m).
- ✓ La seconde couche qui renferme la nappe profonde (> 50 m) est très épaisse par rapport à la première, et elle se constitue essentiellement de grès.

La communication hydraulique entre ces deux niveaux est réalisée à travers un écran argilo - sableux rouge, dont son épaisseur varie de 10 à 20 m [3].

### 3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

On a prélevé 22 échantillons qui ont été pris de la région d'étude durant la période de juillet à août 2014 et mesuré 12 paramètres physico-chimiques et chimiques pour les échantillons prélevés. Ces paramètres sont : (pH), (CE), ( $\text{Ca}^{2+}$ ), ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ( $\text{Na}^+$ ), ( $\text{K}^+$ ), ( $\text{Cl}^-$ ), ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ( $\text{NH}_4^+$ ), ( $\text{NO}_3^-$ ), ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et ( $\text{HCO}_3^-$ ). Toutes ces analyses sont effectuées dans le laboratoire d'ORMVAG-Kenitra, par des produits chimiques, des appareils comme les burettes digitales, Photomètre à flamme, Spectrophotomètre, Appareil de distillation d'azote, pH-mètre, Conductimètre, et d'autres matériels.

### 4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 1. Résultats d'analyse des eaux souterraines de la zone d'étude durant la période de juillet à août 2014

N° PUIITS	pH	C.E. ms/cm	$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	$\text{Na}^+$ mg/l	$\text{K}^+$ mg/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{Cl}^-$ mg/l	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	$\text{CO}_3^{2-}$ mg/l	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ mg/l
P1	7,18	0,97	97,2	37,18	63,74	3,59	1,33	102,2	313,5	0	57	84,07
P2	7,29	1,24	169,2	17,74	79,68	6,38	1,4	156,9	307,4	0	95,76	129,9
P3	7,07	1,45	173,2	16,52	84,99	4,9	3,02	143,8	347,7	0	79,8	239,4
P4	7,4	0,95	135,2	6,804	58,43	3,99	1,44	86,98	234,2	0	170,4	115,4
P5	7,04	1,57	167,6	31,59	122,2	5,19	1,26	259,9	347,7	0	102,6	5,46
P6	6,99	5,11	300,8	42,04	717,1	6,58	12,82	1403	414,8	0	125,9	86,3
P7	6,95	1,4	89,2	34,51	149,9	4,19	10,26	178,2	284,3	0	148,2	199,1
P8	7,3	0,94	113,2	20,17	69,05	4,99	2,38	105,1	359,9	0	47,88	16,49
P9	7,27	3,49	124,8	45,19	597,6	7,58	2,27	1029	281,8	0	79,8	27,78
P10	7,25	1,09	130,4	17,25	90,3	4,99	2,05	178,9	206,2	0	102,6	28,15
P11	7,21	0,78	90,4	15,31	63,74	3,59	2,27	97,98	287,9	0	52,44	16,74
P12	7,26	1,34	163,6	10,69	119,5	5,59	1,04	209,5	286,7	0	148,2	9,42
P13	7,34	1,55	155,6	23,57	138,1	4,99	2,02	253,5	320,9	0	102,6	178,1
P14	6,99	1,8	144	29,4	199,2	4,59	1,58	320,9	403,8	0	84,36	22,94
P15	6,66	2,34	163,2	46,89	276,2	5,59	2,48	501,9	437,9	0	82,08	159,9
P16	7,2	8,87	184	293,3	1275	11,57	0,5	2167	772,3	0	661,2	122,6
P17	7,42	0,89	90,2	27,7	74,36	4,39	3,2	142,7	212,3	0	34,2	225,6
P18	7,08	0,86	101,2	9,48	68,7	3,99	2,34	131,4	246,4	0	43,32	104,4
P19	7,19	0,85	112,8	5,83	63,74	4,19	1,84	108,6	247,7	0	43,32	163,7
P20	6,66	2,67	234,8	38,39	260,3	4,99	1,62	479,3	502,6	0	118,6	220,7
P21	6,92	6,51	230,4	68,53	1115	4,79	2,84	1857	353,8	0	342	78,37
P22	7,02	3,55	196	83,84	424,9	7,18	2,41	723,5	793	0	47,88	156,6

Le tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques moyennes des eaux étudiées.

#### 4.1 LE PH

Le pH de l'eau est la mesure de la concentration en ions hydrogènes [ $\text{H}^+$ ] contenus dans l'eau. Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé [4]. Il est sensible à la température, la salinité, et aux gaz dissous dans l'eau ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ , ...). Le pH est corrigé selon le cas par élimination du  $\text{CO}_2$  dissous en excès ou par correction de la dureté carbonatée [5]. Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, les valeurs optimales du pH est compris entre 6,5 et 9,5.

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 6,7, un maximum de 7,4 et une moyenne de 7,12. On observe que tous les puits respectent les normes de l'OMS. Alors selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

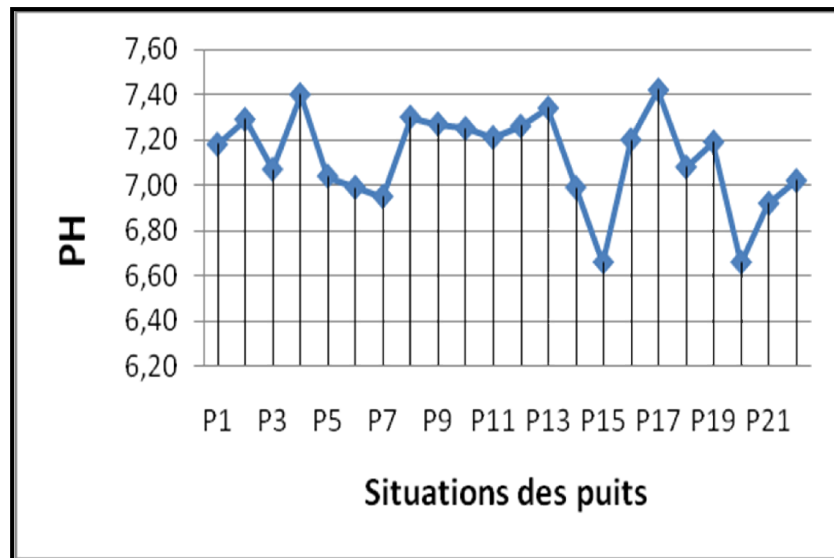


Fig. 3. Variation spatiale des valeurs moyennes de pH

#### 4.2 LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE (CE)

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique (capacité de l'eau à permettre le passage d'un courant électrique). La conductivité électrique de l'eau est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , ..... ) qui sont formées par la solution des sels minéraux dans l'eau. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau [6]. La valeur maximale recommandée pour La conductivité électrique par l'OMS est de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

On note que Les valeurs de La conductivité électrique enregistrées sont variables de 780  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 8870  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les résultats montrent que les conductivités enregistrées sont assez fortes, bien que 68,2% des puits présentent une conductivité électrique inférieure aux normes OMS. Ce qui correspond à une forte minéralisation de ces eaux.

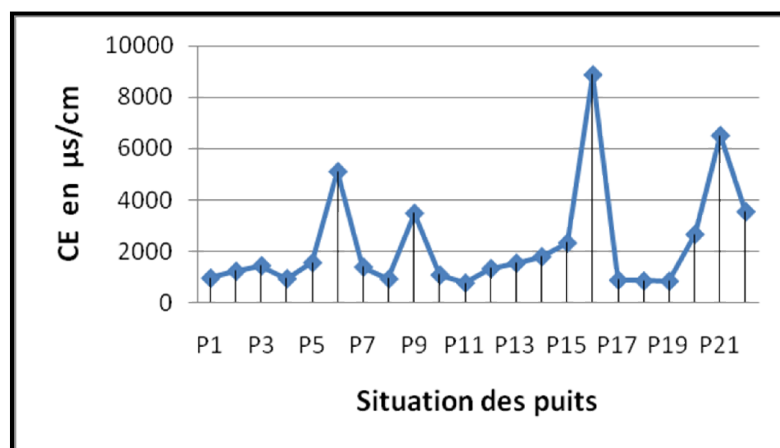


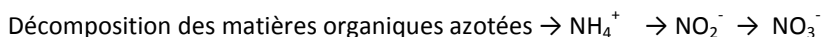
Fig. 4. Variation spatiale des valeurs moyennes de Conductivité électrique

#### 4.3 NITRATES (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ET AMMONIUM (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'azote peut exister dans les sources hydriques sous forme libre (N<sub>2</sub>) dissous dans l'eau ou sous forme ionisée (azote minéral) telle que Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ainsi que sous forme organique (protéine, acides aminés, urée,... etc.

Les différentes formes de l'azote sont en perpétuelle évolution, elles passent de l'une à l'autre par des processus physico-chimique, et surtout biochimique [7]. Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol et par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels [8]. Les nitrates sont répertoriés parmi les principales catégories de polluants chimiques rencontrés dans l'eau. Leur présence excessive dans le sol peut contaminer les différentes sources d'eau et soulever des préoccupations pour la santé de l'homme et de l'animal. En effet, les nitrates sont des polluants facilement lixiviables et atteignent la nappe aquifère sans subir des modifications [9].

Ils sont des sels très solubles qui sont facilement entraînés en profondeur par les eaux d'infiltration, leur origine est principalement agricole, la pollution engendrée est diffuse et est le résultat d'un excès de matières organiques végétales en décomposition sur et dans le sol après la récolte, après un déboisement, un épandage d'engrais azotés en quantité supérieure aux besoins des plantes cultivées: engrais chimiques (nitrates de potasse, scories, ...) et engrais organiques (fumier, lisier, boues de stations d'épuration...). L'origine domestique et industrielle est secondaire; la pollution engendrée est plus ponctuelle (assainissement défectueux par exemple) [10]. Les nitrates peuvent provenir d'une oxydation des matières organiques azotées, ils peuvent également être liés à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac :



L'ammoniac provient principalement de la dégradation des matières organiques azotées, il peut s'infiltrer avec l'eau dans les sols vers les nappes.

Dans les eaux souterraines, l'ammonium peut être lié à la réduction des nitrates (en association avec le fer) :



Il peut aussi être d'origine agricole, urbaine ou industrielle.

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines provient d'une contamination de surface à partir d'effluents ou d'un phénomène de réduction des nitrates fréquent dans les nappes captives et nous donne un indice sur la pollution organique. Elle peut également donner un indice sur une éventuelle pollution microbiologique [10].

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée est de 50 mg/l pour les nitrates et de 0,5 mg/l pour l'ammonium.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes OMS, ce qui indique la présence d'une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels.

Donc, l'eau de la nappe de cette région n'est plus potable et nécessite un traitement de potabilisation.

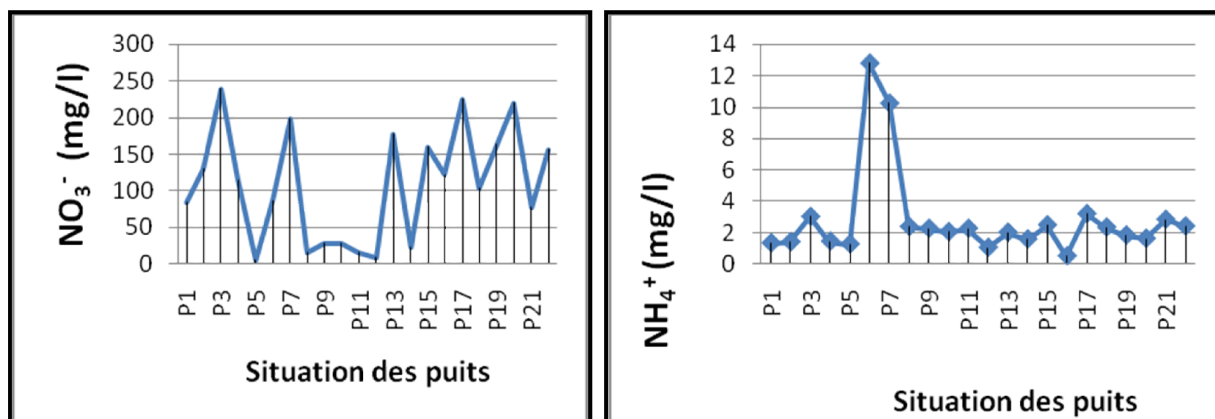


Fig. 5. Variation spatiale des concentrations moyennes en Nitrates et en ammonium

#### 4.4 SULFATES ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les sulfates sont présents à l'état naturel dans l'eau. Ils sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium. Le sulfate de calcium est la forme la plus retrouvée dans les eaux souterraines et les concentrations les plus élevées sont généralement d'origine naturelle.

On peut évoquer certaines hypothèses pouvant expliquer la variation des sulfates qui proviennent fondamentalement de, la dissolution des sels évaporitiques (gypse, anhydrite, etc.), l'origine marine du terrain (calcaires et dolomies marins), l'oxydation des sulfures des roches ignée, métamorphiques ou sédimentaires et les activités agricoles [11]. Toutefois, leur présence dans les eaux peut aussi provenir des apports agricoles et des rejets industriels ou domestiques.

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse (sulfate de calcium hydraté ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )).

Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) toxique en sulfate [6].

Selon les normes OMS-2006, relatives à la potabilité des eaux, la teneur en sulfates des eaux potables ne doit pas dépasser la concentration de 500 mg/L.

D'après les résultats obtenus, les teneurs en sulfates varient de 34,2 mg/l à 661,2 mg/l avec une moyenne de 125,9 mg/L. Selon cette étude, 95,5% des puits de la région d'étude se conforment aux normes OMS.

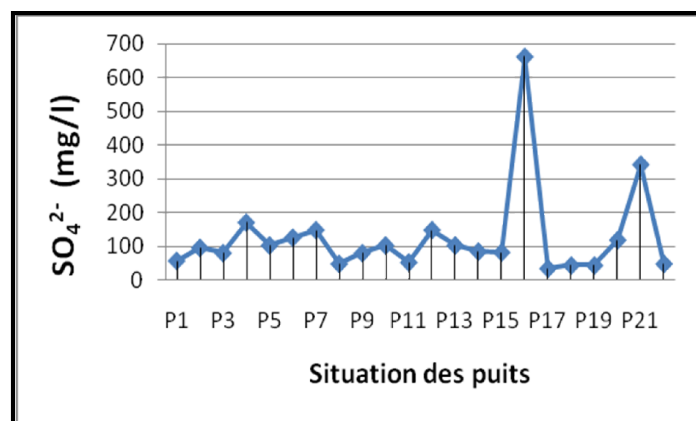


Fig. 6. Variation spatiale des concentrations moyennes en sulfates

#### 4.5 CHLORURES ( $\text{Cl}^-$ ) ET SODIUM ( $\text{Na}^+$ )

Le chlorure est présent à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel, la concentration des chlorures dans l'eau dépend de l'origine de l'eau, du terrain traversé et de la composition chimique des sols et des roches qui sont contacts avec les sources en eau.

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives [12], La présence de sodium dans l'eau souterraine est un phénomène normal. Cependant, des éléments tels que le sel de voirie, les adoucisseurs d'eau, les dépôts de sel naturels souterrains, la pollution des fosses septiques, la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, ainsi que l'intrusion d'eau salée due à la proximité de l'océan et des rejets industriels et domestiques sont souvent la cause de son niveau élevé dans les sources en eau potable. La quantité de sodium nécessaire est inférieure à 200 mg/j pour l'enfant et à 2000 mg/j pour l'adulte [13].

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée est de 250 mg/l pour le chlorure et de 200 mg/l pour le sodium.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en Chlorures dans 41% des puits et en Sodium dans 31,8% des puits sont plus élevées que les normes OMS, Ce qui indique à la présence d'une forte minéralisation des eaux de la nappe de région d'étude.

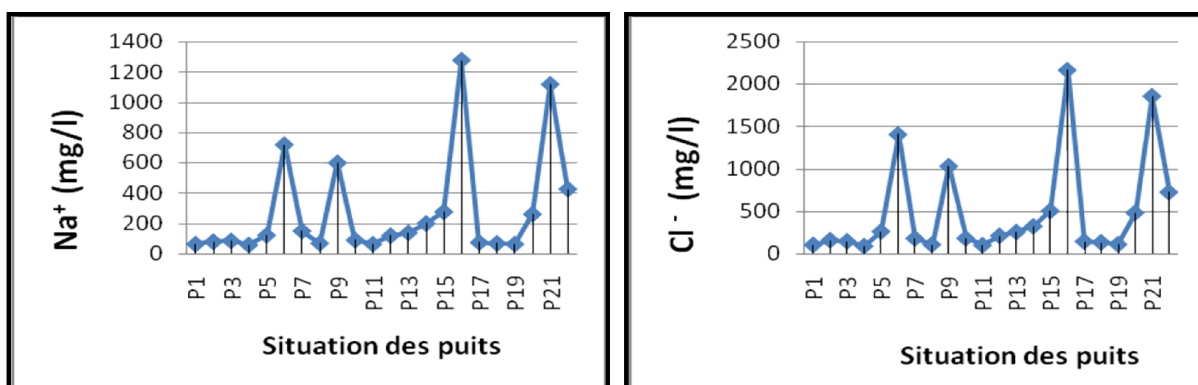


Fig. 7. Variation spatiale des concentrations moyennes en chlorures et en sodium

#### 4.6 POTASSIUM (K<sup>+</sup>)

Les teneurs en potassium des eaux peuvent provenir d'altération météorique et d'érosion des minéraux contenant du potassium comme le feldspath, lessivage des sols contenant des engrais, eau de mer (dans les régions où il peut avoir invasion d'eau salée). Les adoucisseurs d'eau à base de chlorure de potassium représentent la source la plus fréquente de potassium dans l'eau potable.

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée pour le potassium est de 12 mg/l.

D'après les résultats obtenus, les teneurs en potassium sont de l'ordre de 3,6 mg/l à 11,6 mg/l, avec une moyenne de 5,4 mg/l. Alors, au niveau de la région d'étude, les teneurs en potassium des eaux souterraines respecte les normes d'OMS.

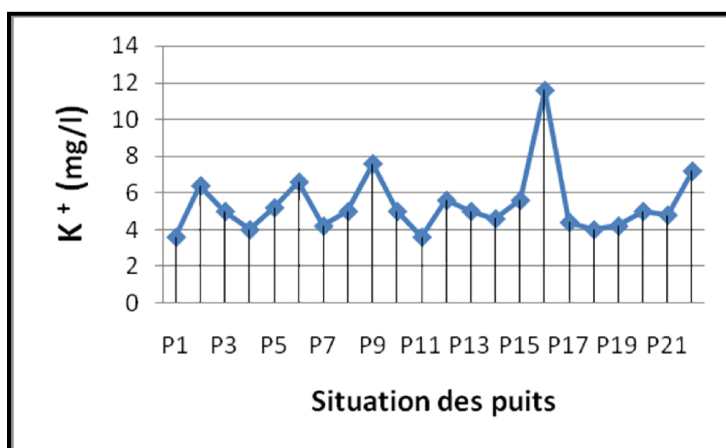


Fig. 8. Variation spatiale des concentrations moyennes en potassium

#### 4.7 CALCIUM (Ca<sup>2+</sup>) ET MAGNÉSIUM (Mg<sup>2+</sup>)

Ces deux éléments sont présents dans toutes les eaux naturelles. En ce qui concerne l'eau souterraine, la source la plus fréquente de calcium et de magnésium est l'érosion des roches, comme le calcaire et la dolomite, et des minéraux, comme la calcite et la magnésite, la calcite (CaCO<sub>3</sub>), la dolomie (CaMgCO<sub>3</sub>), la magnésie (MgCO<sub>3</sub>), le gypse (CaSO<sub>4</sub>), l'apatite (Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) ou la fluorine (CaF).



Les variations des concentrations des eaux en calcium et en magnésium résulteraient du fait que le calcium provient essentiellement de la dissolution des dolomies par les eaux météoriques, la concentration en calcium peut subir à l'inverse de celle du magnésium, dérivant en plus de l'érosion des sols et des altérités et demeurant en solution dans l'eau [11]. Le calcium et le magnésium sont très présents dans les eaux dures et peuvent donc avoir des effets négatifs sur la qualité de l'eau potable.

Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, les concentrations optimales en calcium se situent entre 70 et 200 mg/l et les concentrations optimales en magnésium se situent entre 50 et 150 mg/l.

Les résultats obtenus montrent ns en Calcium dans 86,4% des puits et en Magnésium dans 95,5% des puits répondent aux normes OMS de potabilité des eaux.

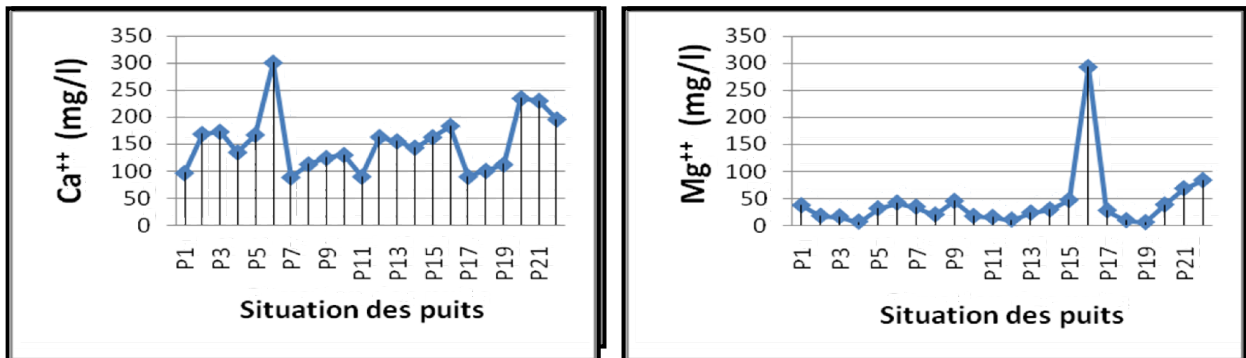


Fig. 9. Variation spatiale des concentrations moyennes en calcium et en magnésium

#### 4.8 BICARBONATES (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

La plupart de teneur en bicarbonates des eaux naturelles provient de la dissolution de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dans l'eau. Ils proviennent également de la dissolution des carbonates de calcium ou de magnésium en présence de gaz carbonique dans l'eau.

La concentration maximale recommandée par l'OMS pour les bicarbonates dans l'eau potable est de 400 mg/l, selon cette étude, On observe que 81,8% des puits se conforment à la directive d'OMS, 13,6% de ceux-ci sont proches de ces normes et 4,6% ont des concentrations élevées en bicarbonates. Alors, en générale, selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est acceptable à la consommation humaine.

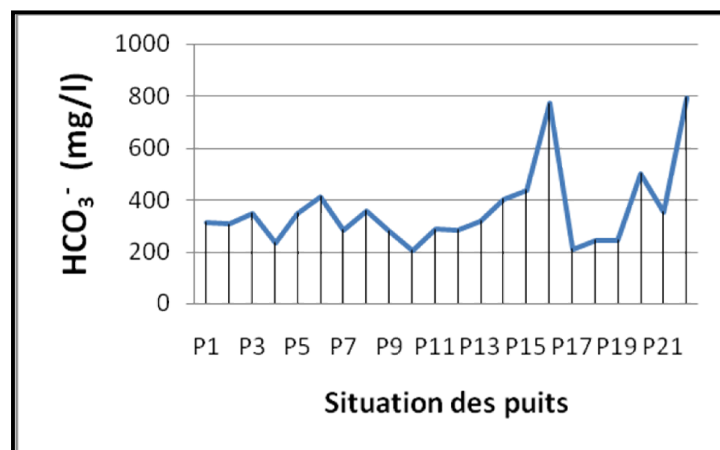


Fig. 10. Variation spatiale des concentrations moyennes en bicarbonate

## 5 CONCLUSION

Les ressources en eau sont menacées de nos jours par la pollution qui cause la dégradation de la qualité de l'eau. Les polluants superficiels peuvent infiltrer à travers le sol vers les nappes. Le danger de la pollution dépend des types et des concentrations des polluants. On a évalué la qualité physico-chimique des eaux souterraines de 22 puits de la région SIDI ALLAL TAZI- Gharb-Maroc tout en effectuant les analyses des 12 paramètres physico-chimiques et chimiques dans laboratoire d'ORMVAG-Kenitra. Ces paramètres sont: (pH), (CE), ( $\text{Ca}^{2+}$ ), ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ( $\text{Na}^+$ ), ( $\text{K}^+$ ), ( $\text{Cl}^-$ ), ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ( $\text{NH}_4^+$ ), ( $\text{NO}_3^-$ ), ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations en ammoniums dans 95% des puits et en Nitrates dans 68,2% des puits sont plus élevées que les normes OMS, Ce qui indique à la présence une pollution azotée qui peut provenir des déchets organiques, des engrais utilisés excessivement dans l'agriculture et des rejets domestiques ou industriels. Ansaï que la conductivité électrique dans 31,8% des puits et les concentrations en chlorure dans 41% des puits et en sodium dans 31,8% de ceux-ci sont assez élevées, Ce qui correspond à une forte minéralisation qui résulte généralement de la nature des terrains traversés ou de la pollution industrielles ou domestiques.

Les résultats des autres paramètres analysés se conforment à la directive d'OMS. Alors, en générale, la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région d'étude est relativement moyenne.

## RÉFÉRENCES

- [1] A. EL ABIDI, M. FEKHAOUI et B. BENAKHTA., "Évaluation du risque lié la contamination des nappes phréatiques Marocaines par les pesticides Organochlorés," 2011.
- [2] M. Amharref, S. Aassine, A.S. Bernoussi et B.Y. Haddouchi "La vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb (Maroc)," *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 20, n° 2, pp. 185-199, 2007.
- [3] A. Hammani et H. Yechi: *Caractérisation des pompages des eaux souterraines et étude de leurs performances techniques dans la zone côtière du Gharb*, 2009.
- [4] B. DUSSART: *Limnologie : Etude des eaux continentales*. Gauthier-Villars, Ed., Paris, 1966.
- [5] J. Beauchamp: *Qualité et pollution des eaux souterraines*, 2006.
- [6] HCEFLCD: *Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat*, 201p, 2006.
- [7] M.L. BELGHITI, A. CHAHLAOUI, D. BENGOUIMI et R. EL MOUSTAINE., *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknès (Maroc)," Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, vol. n°14, pp. 21-36, Juin2013,.
- [8] H. SAMAKE : *Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001*, pp. 77, 2002.
- [9] I. IDRISSE ALAMI, M. ZERAOULI, M. ADDOU, A. MOKHTARI et A. SOULAYMANI,2007 :*Évaluation de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb (M'nasra) au Maroc entre 1993 et 2003*, *Afrique SCIENCE*, vol.3, n°3, pp.378 – 390, 2007 .
- [10] N. Baran, Ph. Negrel, E. Malcuit, B. Vittecoq : *Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2005 : résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux (2004) et 1ère campagne de saison des pluies (2004)*. BRGM/RP-54717-FR , pp. 101, 2006.
- [11] M. Ben Abbou, F. Fadil, M. El Haji, M. Zemzami "IMPACT ANTHROPIQUE SUR LA QUALITEDES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN VERSANT DEL'OUED TAZA(MAROC)," *European Scientific Journal* February 2014 édition vol.10, n°.5 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 2014.
- [12] A.TARIK : *Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc*. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, pp. 183, 2005.
- [13] J. RODIER: *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 6ème édition, 1978.