

Variation annuelle de la qualité des eaux souterraines de la ville de Taza (Maroc)

[Annual change in groundwater quality in the city of Taza (Morocco)]

Mohamed Ben Abbou¹, Loubna Bougarne¹, and Mounia El Haji²

¹Laboratoire des ressources naturelles et environnement, Faculté Polydisciplinaire de Taza, B.P 1223 Taza Gare, Maroc

²Ecole nationale supérieure d'électricité et de mécanique (ENSEM), Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Copyright © 2020 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: In the region of Taza, groundwater is a vital resource for the economy of the region. They are the crucial water resources for drinking water supply of much of the rural population and for irrigation of agricultural land. This work aims to study the physico-chemical and bacteriological quality of groundwater Watershed Oued Larbaâ during the period between April and July of the years 2011, 2012 and 2013. To do this, water samples were taken and different parameters were analyzed on the physico-chemical and bacteriological : electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, pH, TAC, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, the oxidizability in KMnO₄⁻, fecal streptococci, coliforms and fecal coliforms. The results show that the water points studied are considered "unacceptable" for consumers and for irrigation; this could be explained by the presence of pollutants in the groundwater recharge.

KEYWORDS: Taza, Groundwater, physical chemistry, bacteriology, Quality.

RESUME: Dans la région de Taza, les eaux souterraines représentent une ressource vitale pour l'économie de la région. Elles constituent les ressources hydriques primordiales pour l'alimentation en eau potable d'une grande partie de la population rurale et pour l'irrigation des terres agricoles. Ce travail vise à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines du Bassin Versant de Oued Larbaâ durant la période comprise entre le mois d'Avril et le mois de Juillet des années 2011, 2012 et 2013. Pour se faire, des échantillons d'eaux ont été prélevés et différents paramètres ont été analysés sur le plan physico-chimique et bactériologique : conductivité électrique, turbidité, l'oxygène dessous, pH, TAC, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, l'oxydabilité au KMnO₄⁻, streptocoques fécaux, Coliformes fécaux et Coliformes totaux. Les résultats obtenus, montrent que les eaux des points étudiés sont considérées « inacceptables » pour les consommateurs et pour l'irrigation, ceci pourrait s'expliquer par la présence d'éléments polluants pendant la recharge de la nappe phréatique.

MOTS-CLEFS: région de Taza, Eau souterraine, physico-chimie, bactériologie, Qualité.

1 INTRODUCTION

L'Eau est la source de la vie. Il y a beaucoup d'années, elle a fait naître la vie sur Terre. C'est un élément qui reste, de nos jours aussi, un élément vital pour l'existence. Les gens ont besoin de l'eau consciemment, pour vivre, se laver, pour l'industrie...

Privé d'air, nous ne pouvons survivre que quelques minutes, privé d'eau, notre survie ne dépasse pas usuellement quelques jours, tandis que nous pouvons totalement jeûner durant plusieurs semaines. Or ; Les scientifiques attirent notre attention sur l'augmentation inquiétante de la pollution des réserves d'eau. Une réorientation radicale concernant notre environnement est donc nécessaire de toute urgence.

Si on se dirige vers notre pays natal : Le Maroc. C'est un Etat d'Afrique du nord limité par l'océan atlantique et la méditerranée, situé au niveau de la zone de subsidence subtropicale. Aujourd'hui, suite à la croissance démographique, l'urbanisation et le développement industriel, les dégâts causés par la pollution influencent les eaux et prennent une ampleur et le Maroc devient parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution des eaux.

On qualifie une eau souterraine si elle se trouve sous la surface du sol en contact direct avec le sol ou le sous-sol et qui transite plus ou moins rapidement dans les fissures et les pores en milieu saturé ou non.

La pollution des eaux souterraines continue de poser un problème sérieux pour la santé et l'environnement. Avec la croissance démographique que connaît la ville de Taza, les changements climatiques, le développement industriel et agricole, le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier et doivent être permanents, afin d'éviter tout risque de contamination par une éventuelle source de pollution.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité de l'eau souterraine du Bassin Versant de Oued Larbaâ, et de déterminer, en étudiant différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques, la nature et l'origine de la pollution qui touche les eaux souterraines de la ville de Taza.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

La ville de Taza, appartient à la région nord orientale du Maroc, est caractérisée par un climat de type subhumide [1]. Le régime des pluies dans la zone d'étude se caractérise par deux saisons bien distinctes et très contrastées, une saison pluvieuse s'étalant pratiquement sur 8 mois d'Octobre en Mai, avec une pluviométrie moyenne voisine de 580 mm (les zones montagneuses sont beaucoup plus arrosées : jusqu'à 1500 mm) et une saison sèche de Juin en Septembre où la moyenne des températures maximales approche 35. Sur le plan morphologique, la région de Taza est située en majorité entre deux bassins hydrologiques [2] : le bassin de la Moulouya à l'est et le bassin de Sebou à l'ouest et sur le plan hydrographique La ville de Taza est sillonnée par un réseau hydrographique dense formé essentiellement par un cours d'eau principal (oued Larbaâ) et ses affluents (oued Taza, oued Dfali, oued Laghouireg et oued Jaouna). D'un point de vue hydrogéologique, On distingue deux types de nappes à Taza [1]: Une nappe profonde constituée de calcaires et l'autre phréatique qui donne naissance de plusieurs sources à la ville de Taza.

2.2 LA SITUATION DES MALADIES HYDRIQUES AU NIVEAU DE LA VILLE DE TAZA

Aucun cas de choléra ni de Bilharziose n'a été déclaré entre 2008 et 2012 au niveau de la province de Taza. Néanmoins, et au cours de la même période, 56 cas de typhoïde et 23 cas d'hépatite virale, ont été dépistés [3].

L'évolution épidémiologique des principales maladies hydriques, durant les cinq dernières années au niveau de la ville de Taza est représentée sur la figure 1. Il ressort de cette figure que les cas des principales maladies hydriques (typhoïdes et hépatite virale) au niveau de la ville de Taza ont connu une diminution durant les cinq dernières années avec respectivement une moyenne annuelle de 11 et 5 cas.

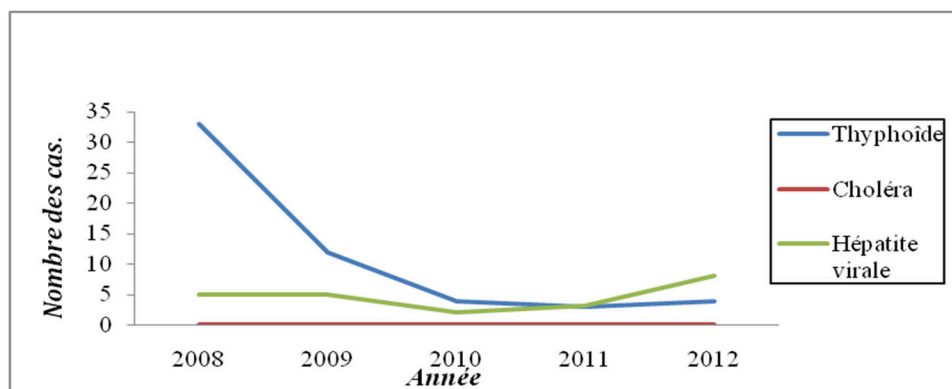


Fig. 1. Evolution des maladies hydriques dans la Province de TAZA entre 2008 et 2012

Source : Délégation Provinciale du Ministère de la Santé de Taza

3 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

3.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'étude comprise entre le mois d'Avril et le mois de Juillet des années 2011, 2012 et 2013 était d'un prélèvement par mois. Quinze paramètres ont été mesurés. Cinq de ces paramètres [4] l'ont été sur le terrain : la température, la conductivité, le pH à l'aide d'un multi paramètre analyser Type CONSORT – Modèle C535, la turbidité à l'aide d'un turbidimètre Type HACH-Modèle 2100P et l'oxygène dissous par la méthode de titrage de Winkler.

La Figure 2 montre Le choix des points d'échantillonnage qui est représentatif, le prélèvement, le transport et la conservation des échantillons d'eau font référence au protocole et procédures défini par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) [5,6].

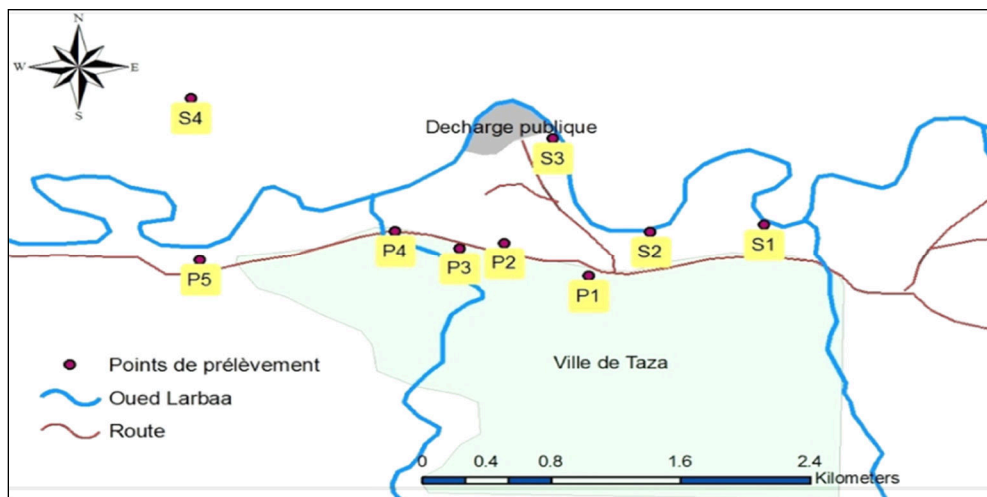


Fig. 2. Situation des points d'échantillonnage

Les méthodes utilisées au sien du Laboratoire Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles de la Faculté Polydisciplinaire de Taza sont : la volumétrie pour les bicarbonates, les chlorures, le calcium et le magnésium ; la spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour les sulfates, les nitrates, les nitrites, les ions ammoniums et les Orthophosphates et la spectrophotométrie à flamme pour le sodium et le potassium [7,8].

3.2 ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

L'étude des paramètres bactériologiques a porté sur la quantification des paramètres d'origine fécale: coliformes fécaux (CF), coliformes totaux (CT) et streptocoques fécaux (SF). Les prélèvements ont été effectués d'après la procédure de prélèvement et d'analyse de l'ONEP [6] avec une fréquence mensuelle. Le dénombrement des CF, CT et SF a été effectué selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé; le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable [7].

4 RESULTANTS ET DISCUSSIONS

4.1 PH

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, il influence l'ensemble des réactions chimiques et biologiques d'un milieu et il est influencé par multiples facteurs : le pH diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'été [9], ainsi qu'il dépend de la nature géologique du terrain [10].

Le suivi des valeurs du pH au niveau des points échantillonnés durant notre période d'étude permet de ressortir que les valeurs enregistrées ne montrent pas des variations notables durant les 3 années pour tous les points à l'exception du P3, S3 et S4 dont les valeurs du pH enregistrées durant l'année 2013 connaissent une élévation par rapport aux deux années précédentes mais qui restent relativement neutres (Figure 2).

Tous les points, durant les 3 années, présentent des valeurs de pH qui ne dépassent pas les valeurs limites ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) préconisées par la norme marocaine (NM 03.7.001. (2006)) [11].

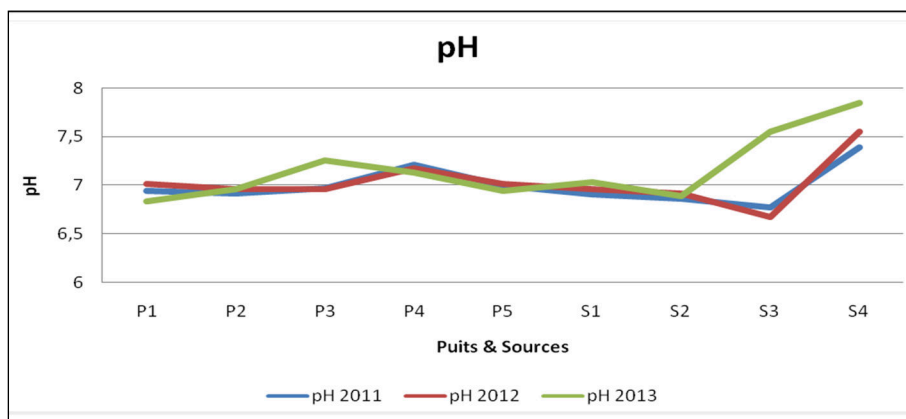


Fig. 3. Les variations des pH au niveau des sites échantillonnés

4.2 LA TURBIDITE

La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser la lumière, elle est due à la présence des matières en suspension [12].

La norme marocaine- NM 03.7.001- a fixé la valeur maximale admissible de la turbidité à 5 NTU [11]. Or ; parmi les 9 points échantillonnés (Figure 3), un seul point S3 a dépassé cette valeur vers 10 NTU en 2011, alors qu'en 2012 quatre points (P3, P4, P5, S3) ont dépassé la norme vers une valeur maximale de plus de 8 NTU au niveau du P3, en 2013 le nombre des points qui ont dépassé la valeur normale de turbidité a passé à 3 points (P2, P3, S2) avec une valeur maximale de 8 NTU au niveau de S2.

Du fait qu'une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension [12] ; la qualité bactériologique de ces eaux peut être suspecte.

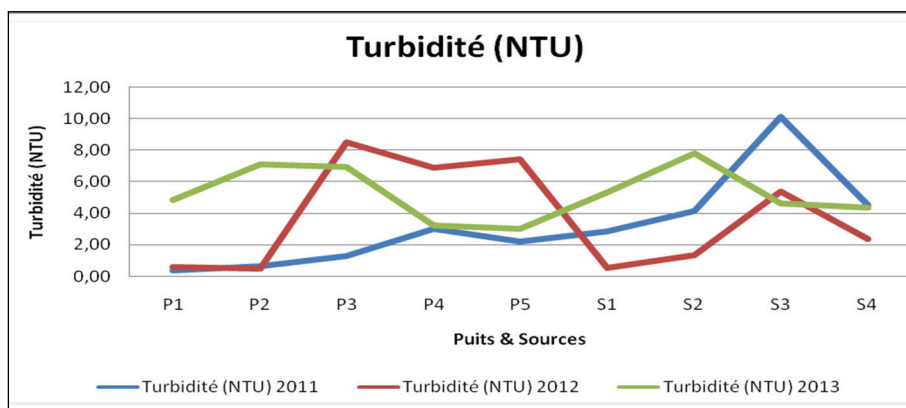


Fig. 4. Les variations de la turbidité au niveau des sites échantillonnés

4.3 LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les valeurs de conductivité enregistrées durant notre période d'étude ne montrent pas des variations notables dans tous les points et qui n'ont pas dépassé $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ en répondant ainsi à la valeur dictée par la norme marocaine ($< 2700 \mu\text{S}/\text{cm}$) [11] à l'exception de la S3 dans laquelle les valeurs enregistrées augmentent d'une année à l'autre en atteignant $8000 \mu\text{S}/\text{cm}$ en 2013, les eaux de cette source, et durant les 3 années, sont classées comme de très mauvaise qualité par rapport au paramètre conductivité [13] la chose qui pourrait être due à la localisation de cette source à la proximité de la décharge publique de la ville de Taza.

Tous les points présentent une forte minéralisation, celle-ci pourrait être due à la nature du terrain traversé (lessivage de la roche réservoir) [14] et/ou l'infiltration des eaux de Oued Larbaâ caractérisées par leur conductivité très élevée [15] ou bien les rejets industriels (marges) surtout que cette région est caractérisée par la présence de huileries.

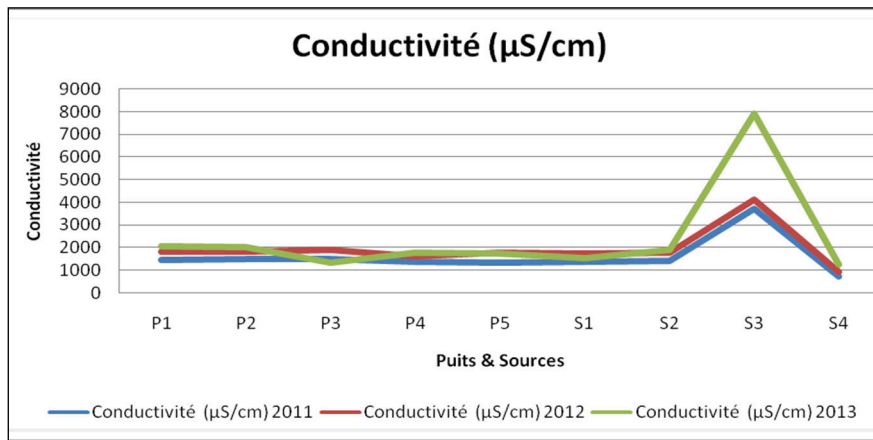


Fig. 5. Les variations de la conductivité électrique au niveau des sites échantillonnés

4.4 L'OXYGENE DISSOUS

Tableau 1. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau a été fixée par la norme marocaine de la qualité des eaux d'alimentation humaine (NM 03.7.001) à une valeur maximale admissible comprise entre 5et 8 mg d'O2/l.

Les 9 points échantillonnés, et durant la période d'étude, se caractérisent par une faible teneur en oxygène dissous qui reste toujours inférieure aux valeurs exigées par la norme marocaine, à l'exception du seul point P3 qui a présenté en 2011 une valeur de 5 mg d'O2/l puis cette valeur a chuté pour atteindre 3,8 mg d'O2/l en 2013. La teneur en O2 dissous dans P5 et S1 a resté quasiment fixe, alors qu'elle a chuté d'une façon accentuée d'une année à l'autre au niveau du S4 par contre qu'elle a connu une augmentation successive au niveau du S2. Les valeurs les plus basses sont enregistrées au niveau du S3 qui est relativement proche de la décharge publique.

Ces faibles teneurs en O₂ dissous, pourraient être dues à l'absence des végétaux capables de la photosynthèse, au faible contact eau-atmosphère [16] mais aussi à une éventuelle infiltration des eaux usées chargées de la matière organique, comme elles pourraient être expliquées par la période des prélèvements qui se situe dans la période chaude de l'année. Or ; l'hiver semble améliorer la teneur en oxygène des eaux souterraines par l'apport d'eau bien oxygénée à la nappe et par le froid qui inhibe la prolifération bactérienne et donc minimise leur consommation en oxygène [17].

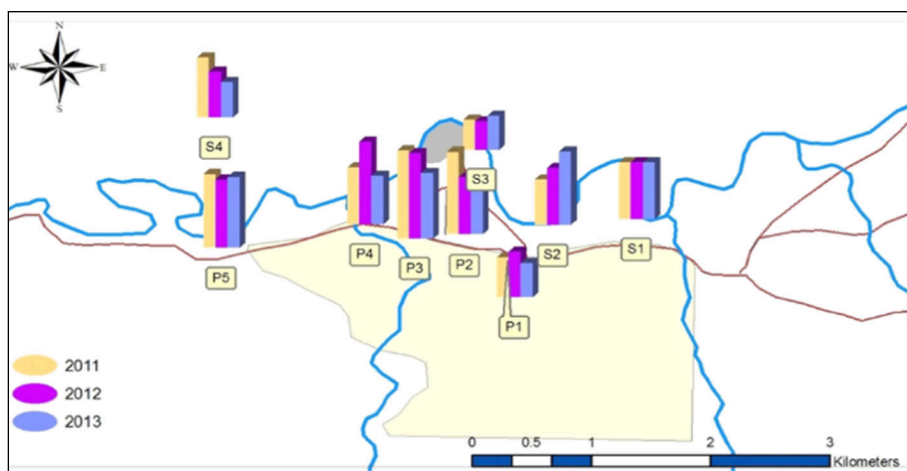


Fig. 6. Les variations de la teneur en O2 dissous au niveau des sites échantillonnés

4.5 LE TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET

Dans les eaux naturelles, l'alcalinité exprimée en HCO_3^- varie de 10 à 350 mg/l. Elle est augmentée par des apports d'origine urbaine ou industrielle.

Les eaux des différents points étudiés montrent toutes une forte alcalinité avec de faibles variations d'une année à l'autre. Les valeurs les plus basses sont enregistrées au niveau du S4, alors que celles les plus importantes sont enregistrées au niveau du S3 ; la chose qui pourrait être expliquée par la proximité du S3 du site de la décharge publique et de Oued Larbaâ le lieu où se rejettent les eaux usées de la ville sans aucun traitement préalable, et l'éloignement du S4 de ces derniers.

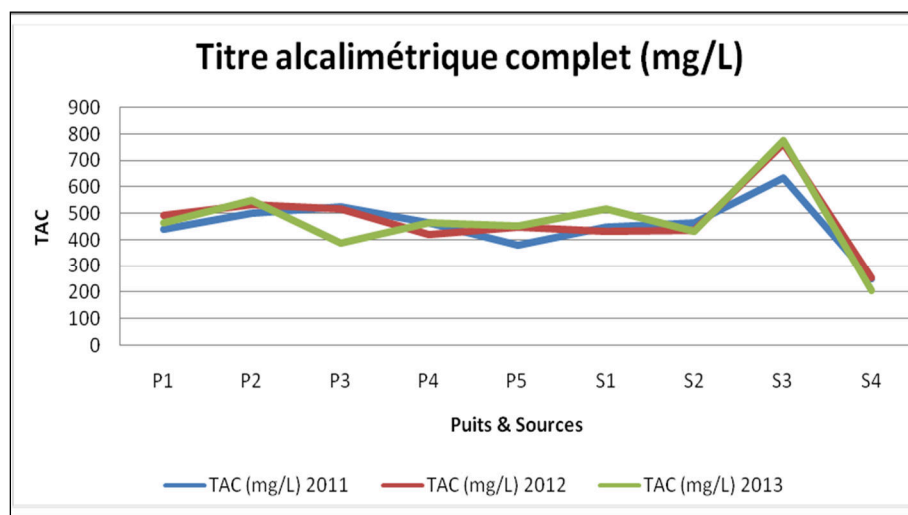


Fig. 7. Les variations de l'alcalinité au niveau des sites échantillonnés

4.6 LES CHLORURES

La teneur en chlorures, dans les différents points échantillonnés, a montré de faibles variations d'une année à l'autre avec une faible augmentation dans la majorité des sites, sans dépasser la norme (750mg/l [11]), à l'exception de l'année 2013 au cours de laquelle un seul point S3 a enregistré une concentration en Cl^- qui a dépassé les 750 mg/l. Les valeurs maximales ont été enregistrées au niveau du S3 caractérisée par sa proximité de la décharge publique et des rejets liquides alors que les minimales ont été enregistrées au niveau du S4. (Figure 7)

Les teneurs importantes en Cl^- pourraient provenir de la percolation à travers les terrains salés [19] et/ou de l'infiltration des eaux d'irrigation [20] et les rejets industriels riches en sels (en particulier les margines issues des différentes unités de trituration des olives situées dans la région).

On note aussi une corrélation entre l'évolution de la teneur en Cl^- et la conductivité dans les différents sites.

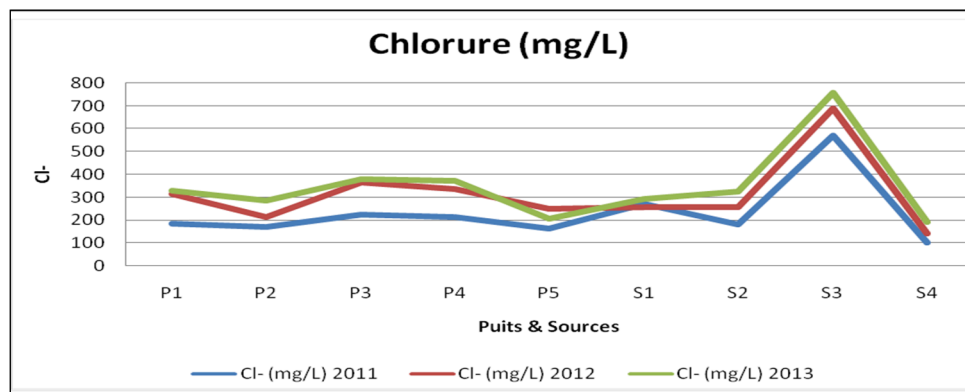


Fig. 8. Les variations des $[\text{Cl}^-]$ au niveau des sites échantillonnés

4.7 LES SULFATES

Des valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau polluée, au niveau des zones de rejets industriels [21], ou à la suite des activités agricoles [22].

La concentration en SO_4^{2-} dans les points analysés ne dépasse pas la valeur dictée par la norme marocaine (400 mg/l) durant les 3 années avec une augmentation remarquable au

Cours de l'année 2013 par rapport aux 2 années précédentes (Figure 8).

Seul le point S3 a enregistré une teneur en sulfate qui dépasse la norme en 2013 ce qui pourrait s'expliquer par sa proximité de la décharge qui reçoit les déchets de tous types et aussi de Oued Larbâa caractérisé par sa forte teneur en sulfate [15].

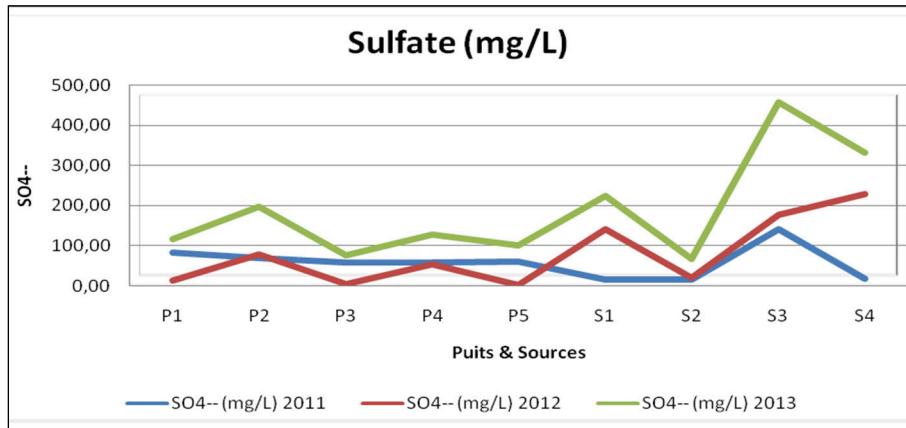


Fig. 9. Les variations des $[\text{SO}_4^{2-}]$ au niveau des sites échantillonnés

4.8 LES ORTHOPHOSPHATES

Sur les 9 points échantillonnés, pendant la période d'échantillonnage 2011 cinq points (P4, S1, S2, S3, S4) ne répondent pas à la norme marocaine (0,5 mg/l), ce nombre a passé à 3 points (P3, S3, S4) en 2012, alors qu'en 2013 cinq points (P1, P3, P5, S3, S4) ont dépassé la norme. Les teneurs maximales en PO_4^{3-} durant les 3 années ont été enregistrées au niveau du S3. Malgré son éloignement de la décharge et de Oued Larbâa par rapport aux autres points la S4 indique aussi des teneurs excessives en PO_4^{3-} durant les 3 années. (Figure 9)

Cette contamination témoignerait un probable infiltration des eaux usées domestiques (détergents...). Comme elle indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riches en engrais [23].

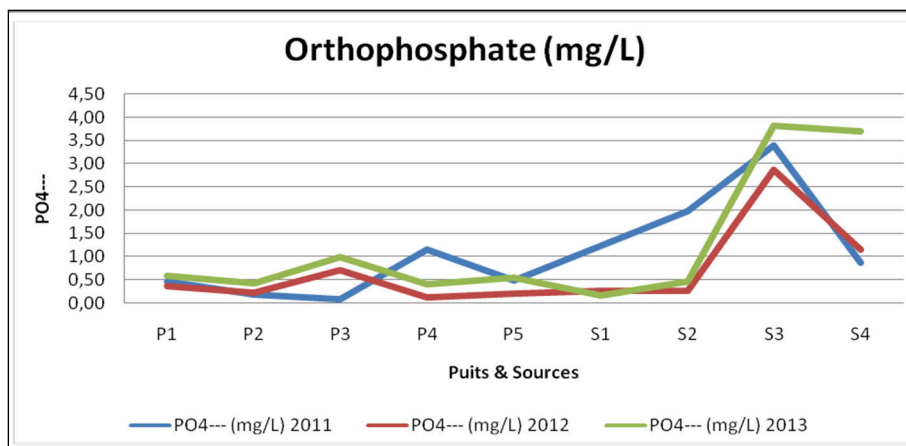


Fig. 10. Les variations des $[\text{PO}_4^{3-}]$ au niveau des sites échantillonnés

4.9 L'OXYDABILITE AU KMNO4

Dans notre milieu d'étude, les valeurs d'oxydabilité au KMnO₄ présentent des fluctuations notables entre l'année 2011 et les deux années 2012 et 2013 dans la majorité des points. Or ; selon la norme marocaine -NM 03.7.001- [11] une valeur de 5 mg d'O₂/l ne devrait pas être dépassée. En 2011 les eaux de tous les points répondent à cette norme, alors qu'en 2012 et 2013 un seul point la S3, qui présente des valeurs croissantes d'une année à l'autre, a fait l'exception en dépassant cette norme (5 mg d'O₂/l). Ces valeurs enregistrées au niveau de S3 témoignent sa forte teneur en matière organique, la chose qui est due probablement à sa localisation à la proximité de la décharge au niveau de laquelle la pollution par les lixiviats est essentiellement due à la matière organique [15]. Aussi qu'elles expliquent les faibles teneurs en oxygène dissous à ce niveau.

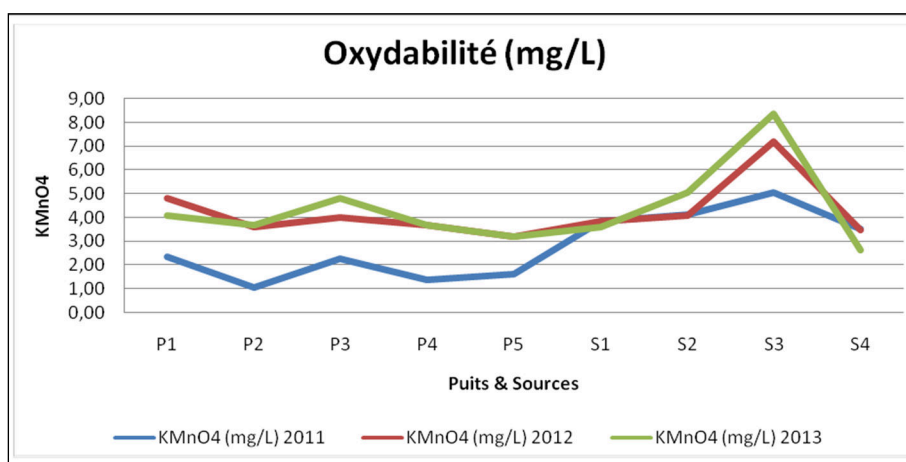


Fig. 11. Les variations de l'oxydabilité au KMnO₄ au niveau des sites échantillonnés

4.10 LES COMPOSES AZOTES

4.10.1 L'AMMONIUM

Durant notre période d'étude, la teneur en NH₄⁺ dans les différents échantillons a montré des oscillations notables avec une diminution du nombre des points qui ont dépassé largement la norme (0,5 mg/l) et qui a passé de 7 points en 2011 à deux points en 2012 (P2 et S3) et à 3 points en 2013 (S1, S3 et S4). En 2012 et 2013 cinq points sont exempts d'ammonium ceci traduit habituellement une dégradation complète de la matière organique [7] ; alors que les teneurs excessives proviennent de l'infiltration d'ion ammonium à partir de la décomposition des protéines naturelles (déjections et matière végétale en décomposition), mais également des rejets industriels domestiques ou agricoles [24], la chose qui explique les teneurs de NH₄⁺ au niveau du S3 située à proximité de la décharge publique, comme elles peuvent provenir de la réduction des nitrates.

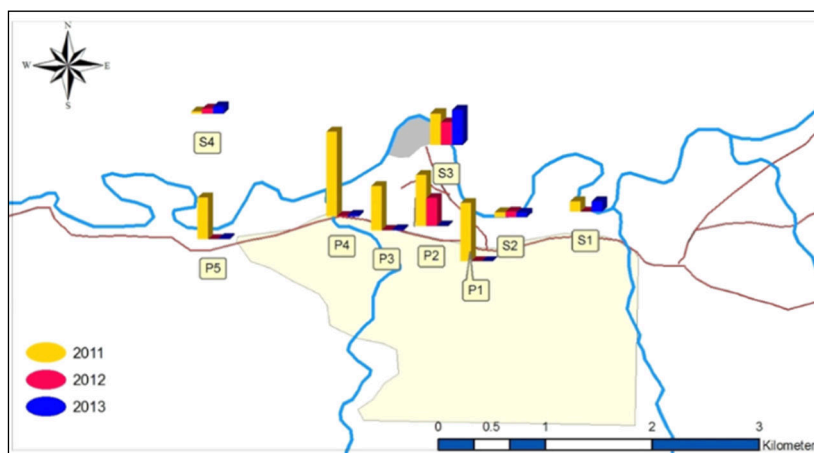


Fig. 12. Les variations des [NH₄⁺] au niveau des sites échantillonnés

4.10.2 LES NITRITES

Les nitrates présentent la forme d'azote intermédiaire entre l'azote ammoniacal et les nitrates. Sur la quasi-totalité des sites et pendant la durée d'échantillonnage, les teneurs en nitrates sont restées en dessous de la valeur limite admise par la norme marocaine pour les eaux de consommation humaine qui est de 0,5 mg/l.

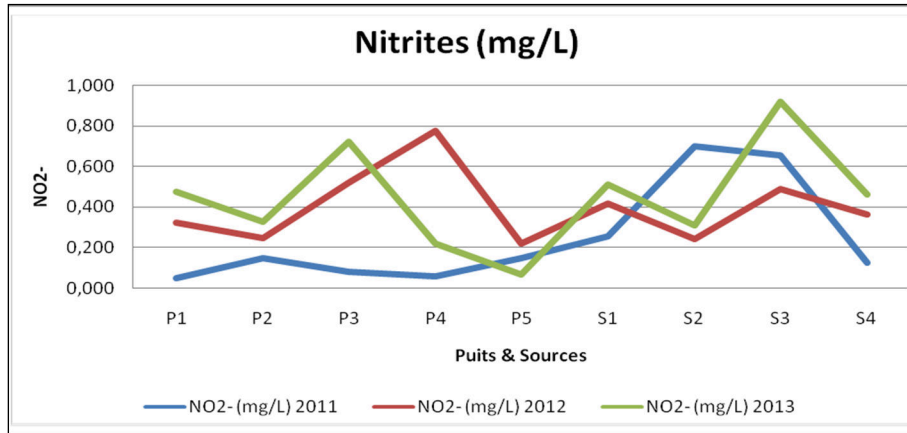


Fig. 13. Les variations des [NO₂-] au niveau des sites échantillonnés

4.10.3 LES NITRATES

Présents à l'état naturel, les nitrates présentent le produit ultime de la dégradation de l'azote organique. Des teneurs extrêmement élevées en nitrates peuvent être dues aux activités agricoles, aux activités d'élevage ou aux rejets d'eaux usées industrielles et domestiques [24].

Les courbes de variation des teneurs en nitrates des différents sites, pendant la période concernée, montrent des concentrations importantes en nitrates dans les eaux analysées avec un dépassement de la valeur dictée par la norme marocaine (50mg/l) respectivement au niveau de 7 points, 4 points (P2, P4, S3 et S4) et 4 points (P2, P4, S1 et S3) en 2011, 2012 et 2013.

Cette contamination par les nitrates pourrait être due à l'infiltration des nitrates issus des engrais et fertilisants utilisés en agriculture du fait que celle-ci présente l'activité prédominante dans notre milieu d'étude, en effet une corrélation entre la période d'épandage de l'engrais et l'augmentation de la teneur en nitrates dans eaux de puits a été mise en évidence[24], de l'oxydation de la matière organique, ou des eaux usées, or ; les points les plus affectés sont ceux à proximités des cours d'eau qui reçoivent les rejets des eaux usées non traités ; ce qui est en accord avec les résultats de plusieurs études [15, 17, 25].

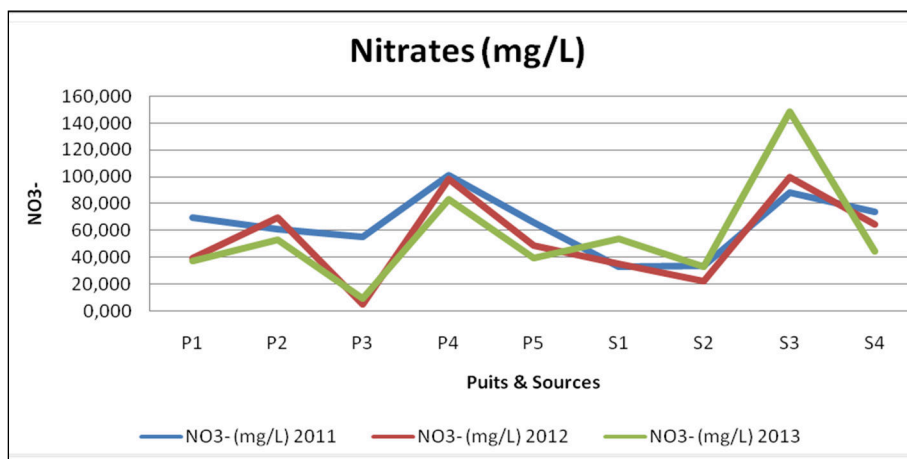


Fig. 14. Les variations des [NO₃-] au niveau des sites échantillonnés

4.11 SODIUM

La présence du sodium dans les eaux souterraines est un phénomène normal. Or ; des teneurs élevées peuvent être dues aux sels naturels souterrains ou à certaines activités anthropiques (agriculture, présence de fosses septiques, déglacage des routes...).

Les teneurs en sodium dans les différents sites, durant la période d'étude, montrent des variations non notables avec des valeurs qui ne dépassent pas les 200 mg/l en répondant ainsi à la norme dictée [13], à l'exception d'un seul site la S3 qui présente des valeurs au-delà de la norme durant les trois années avec une augmentation remarquable d'une année à l'autre pour atteindre le triple de la norme en 2013, ceci pourrait être attribuable à la proximité de ce site de la décharge non contrôlée qui reçoit tous types de déchets.

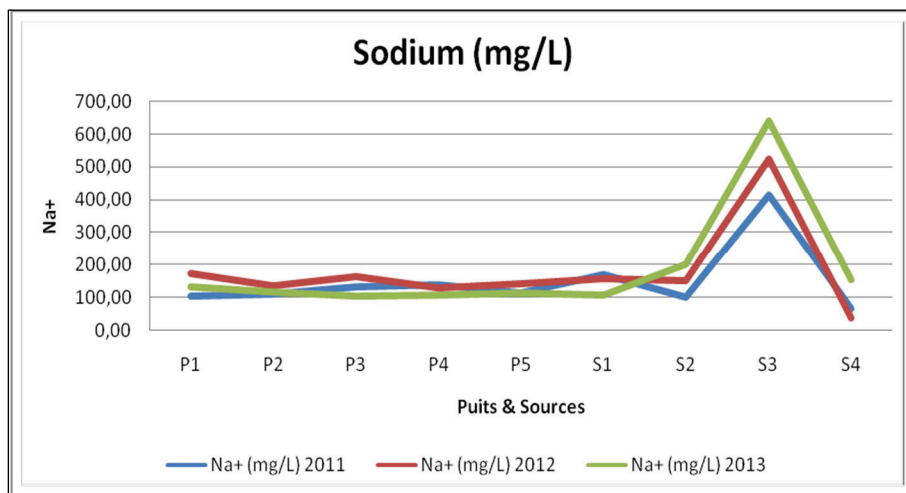


Fig. 15. Les variations du Sodium au niveau des sites échantillonnés

4.12 POTASSIUM

L'allure des courbes de variation de la teneur en ions potassium (figure 16), montre également que ce sont les eaux du S3, le site de la décharge, qui présente les teneurs les plus importantes sur toute la durée de l'étude, en enregistrant des valeurs en dehors de la valeur limite admise par l'OMS (10 mg/l) [24]. Malgré son éloignement de la décharge, la S4 présente aussi des teneurs en potassium, par rapport aux autres sites, mais qui restent au dessous de la valeur admise ; la chose qui pourrait être due à l'infiltration des ions potassium issus des activités agricoles dans la zone d'étude (utilisation des engrais, fertilisants...) la chose qui a été prouvée par autres auteurs [24, 26].

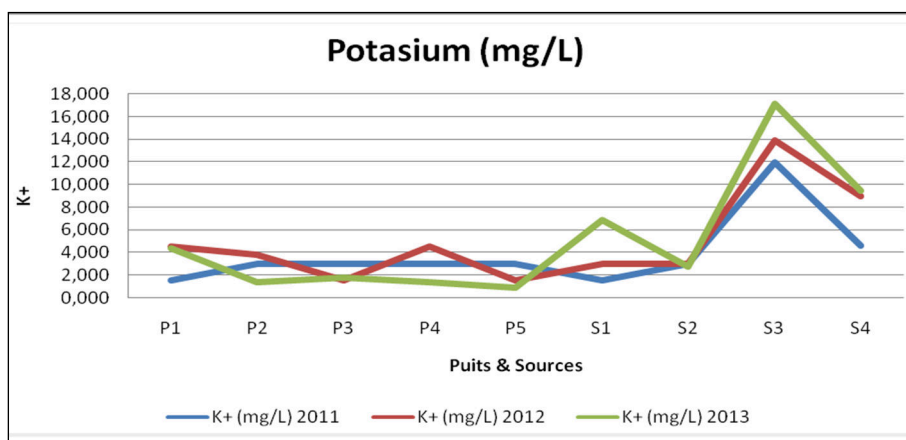


Fig. 16. Les variations du potassium au niveau des sites échantillonnés

4.13 CALCIUM ET MAGNESIUM

La charge calcique et/ou magnésienne des eaux souterraines est liée à la nature lithologique du réservoir. Certes, l'infiltration des eaux résiduaires apporte un supplément de calcium et de magnésium à la nappe phréatique [17].

4.13.1 CALCIUM

Les variations de la teneur en calcium durant la période d'étude, montre une faible diminution des concentrations en calcium, particulièrement en 2013, avec une diminution du nombre des sites qui présentent des valeurs en dessus des normes marocaines requises (31-160 mg/l) [13]. Seul le site S3 à proximité de la décharge qui a présenté durant toute la période d'étude des teneurs excessives en calcium en dépassant largement la norme, ce qui pourrait être expliqué par un apport du calcium par lixiviation. Alors que seule la S4 a présenté des teneurs quasi-constantes en calcium sans dépasser la norme durant les 3 années ceci pourrait s'expliquer par son éloignement du cours d'eau et aussi de la décharge.

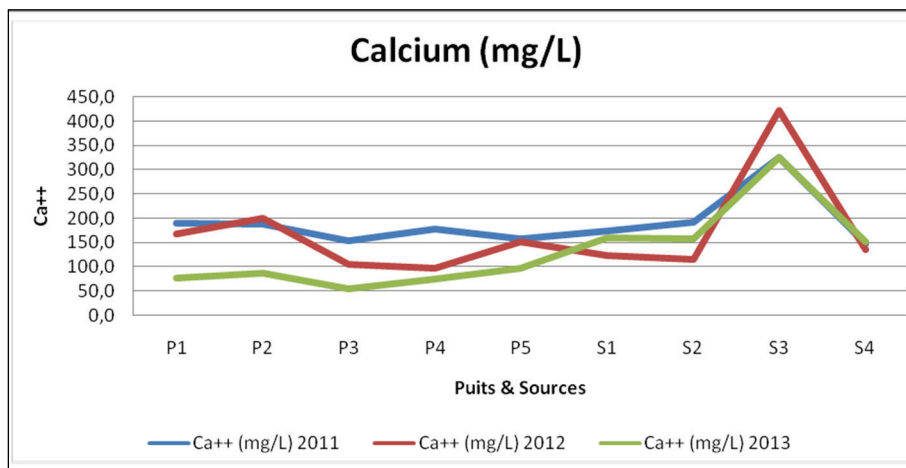


Fig. 17. Les variations du calcium au niveau des sites échantillonnés

4.13.2 MAGNESIUM

Au cours de notre période d'étude, les teneurs en magnésium ont connu des fluctuations notables d'un site à l'autre. Or ; le nombre des sites ayant dépassé la norme (100mg/l [13]) a passé de 1 point (S3) en 2011 à 2 points (P4 et S3) en 2012 et à 0 point en 2013. L'augmentation des concentrations de cet élément dans certains point pourrait être du à un apport par l'infiltration des eaux résiduaires et /ou une dissolution rocheuse.

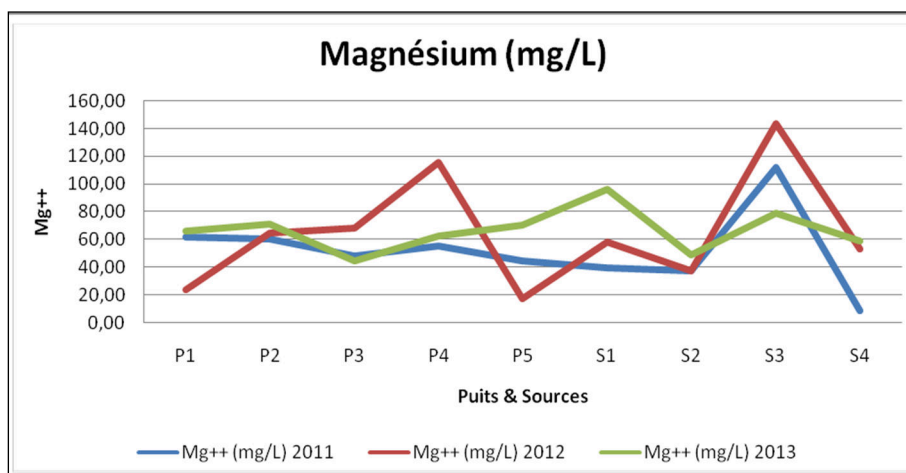


Fig. 18. Les variations du magnésium au niveau des sites échantillonnés

4.14 COLIFORMES TOTAUX (CT)

Le dénombrement des CT dans les différents échantillons a montré que leur nombre a resté quasi-constant dans la plupart des points contaminés. Les fortes concentrations ont été enregistrées au niveau du P1, P2 et S3 durant les trois années, alors que les autres points sont exempts des CT sauf le P4 et S4 qui ont marqué une réapparition de ces bactéries en 2012 et 2013. La présence de coliformes totaux dans l'eau potable est un indicateur de risque très imprécis [27], en effet, une eau sans coliformes peut aussi être à l'origine de problèmes de nature gastro-entérique [28], malgré qu'une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique a été mise en évidence dans certains cas. [29; 30].

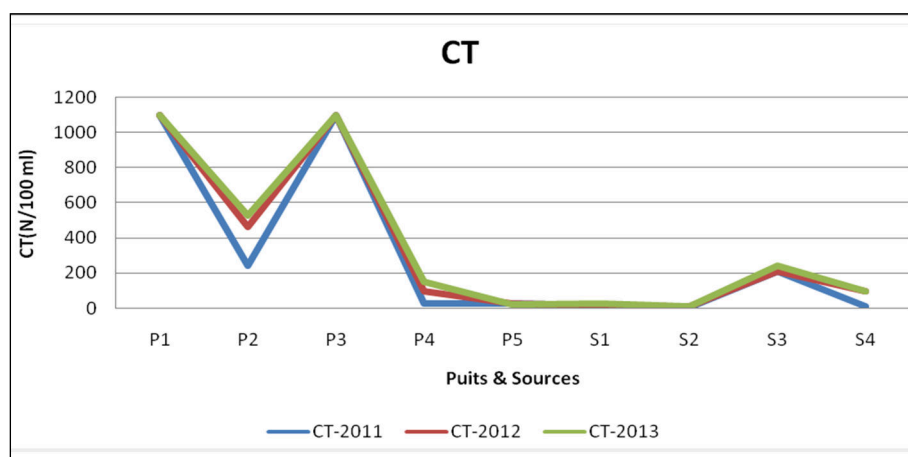


Fig. 19. Les variations de la teneur en CT au niveau des sites échantillonnés

4.15 COLIFORMES FECAUX (CF)

A l'exception du P1, tous les autres sites présentent des concentrations quasiment constantes en CF durant toute la période d'étude, avec une contamination du P1, S3, S1, P2 et une faible contamination du P4 en 2013 et P5 en 2011 et 2013. Les P3, S2 et S4 sont indemnes de ce groupe de bactéries. La détection de coliformes fécaux doit faire soupçonner une contamination d'origine fécale [31], leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales [32]. Or, La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes [33], ce qui rend que la détection d'un seul coliforme fécal/100 ml entraîne un avis immédiat de faire bouillir l'eau [34].

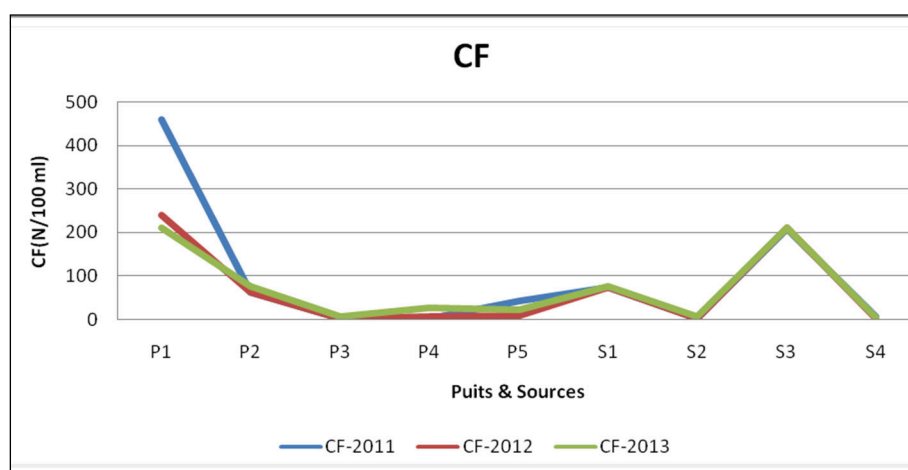


Fig. 20. Les variations de la teneur en CF au niveau des sites échantillonnés

4.16 STREPTOCOQUES FECAUX (SF)

Le dénombrement des SF dans les différents points échantillonnés durant la période d'étude a montré une augmentation de leur nombre au niveau de la majorité des sites, à l'exception du S4 qui a présenté la même concentration durant les 3 années, et puisque l'aquifère devrait être exempt d'entérocoques [35], cette détection doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes [35]. Or ; une certaine corrélation entre la présence d'entérocoques et celle de coliformes fécaux dans une eau de consommation non traitée a été mise en évidence avec un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml) [36, 33].

Seule la S1 qui n'a pas présenté de contamination par les SF le long de la période d'étude.

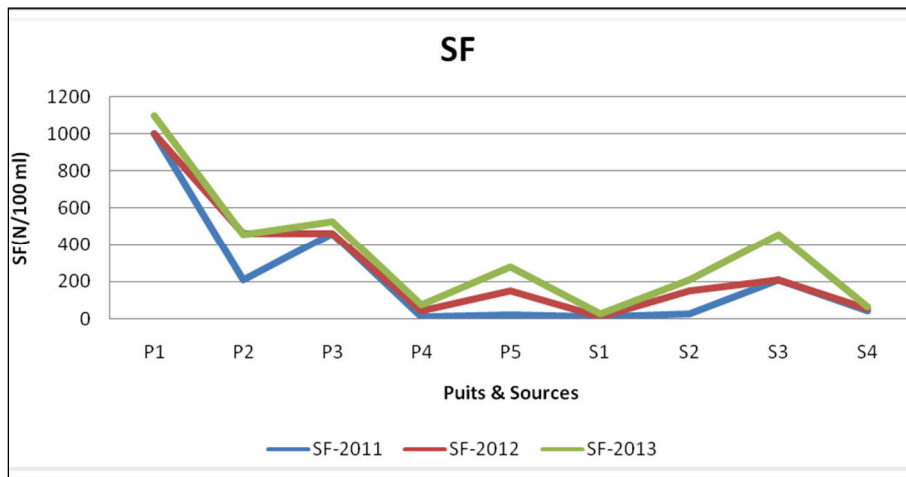


Fig. 21. Les variations de la teneur en CF au niveau des sites échantillonnés

D'après ces résultats il apparaît que les différentes eaux étudiées montrent une contamination bactérienne dominée par une contamination d'origine fécale par les SF et les CF. Cette contamination pourrait être due à la l'infiltration ou la percolation des eaux usées non traitées d'origine domestique ou agricole, aux déchets d'élevage, à la proximité des latrines et des fosses septiques de ces points d'eau, à l'utilisation des excréments des bétails comme fertilisants ou bien au mauvais entretien des points d'eau et le non respect des règles d'hygiène et de protection de ces derniers, la chose qui a été prouvée par d'autres auteurs [37, 38, 39].

5 CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus lors de cette étude concernant la qualité des eaux souterraines du bassin versant de l'oued Iarbâa, il semble que ces eaux sont impropres à la consommation humaine. En effet, l'évolution des propriétés physico-chimiques des eaux étudiées durant la période d'étude, montrent un non conformité de ces dernières pour certains paramètres en présentant de faibles teneurs en O₂ dissous, une forte minéralisation, une forte alcalinité, une turbidité élevée, avec des teneurs importantes en orthophosphates, en ammonium et en nitrates. Pour les Na⁺, K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ seul la S3 qui a dépassé les normes requises.

Seules les valeurs du pH enregistrées sont considérées admissibles et ne présentent pas de risque pour la consommation humaine.

Cette pollution aurait comme origines le rejet des eaux usées brutes domestiques ou provenant de l'activité agricole du fait de la prédominance de celle-ci dans la région ou industrielle (margines) en particulier en provenance des unités de trituration du huile d'olive disséminées dans la région.

Parmi les 9 points étudiés, la source 3 présente une pollution accentuée et remarquable en enregistrant dans la quasi-totalité des paramètres des valeurs qui dépassent largement les valeurs limites de qualité, la chose qui prouve l'impact négatif de la décharge publique de la ville sur les eaux souterraines.

Les analyses bactériologiques des eaux étudiées ont mis en évidence une pollution de ces eaux par les CT, CF et SF avec une prédominance de ces deux derniers groupes (SF et CF). Or ; les coliformes fécaux, l'E. coli et les entérocoques sont des indicateurs de risque plus valides [33, 40].

Du fait de la cohabitation des autres germes pathogènes avec les indicateurs de contamination fécale dénombrés, et qu'il est suggéré de ne pas consommer une eau souterraine dans laquelle des entérocoques ont été identifiés [41] La consommation de ces eaux expose la population qui les utilise à des risques sanitaires graves.

REFERENCES

- [1] Ministre de l'aménagement des territoires de l'eau et de l'environnement. Études de choix du site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza (Avril 2005) Mission II ;
- [2] Minute du rapport définitif de l'étude du schéma directeur de l'assainissement du centre de Guerif (SDACG) (1994) Mission A-
- [3] Délégation Provinciale du Ministère de la Santé de Taza (2012).
- [4] ONEP. Modes opératoires normalisés. (Janvier 2008) Direction contrôle qualité des eaux.
- [5] ONEP. Procédure de conditionnement et de conservation des échantillons d'eau (14PQ 07) Direction contrôle qualité des eaux.
- [6] ONEP. Procédure de prélèvement des eaux naturelles, traitées et usées. (2007) Direction contrôle qualité des eaux.
- [7] Rodier J. (2009) L'analyse de l'eau – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Paris, Dunod, 1475 p.
- [8] ABOUZAIID et DUCHESNE. (1984) Direction contrôle qualité des eaux. ONEP.
- [9] Rodier J. (2009) : L'analyse de l'eau – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Paris, Dunod, 1475 p.
- [10] MEYBECK M., FRIEDRICH G., THOMAS R., CHAPMAN D. (1996). Rivers Water quality assessments : A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman édition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.
- [11] AZAMI HASSANI .T (1996): Contribution à l'étude de la pollution des eaux continentales au Maroc « Evolution de l'impact des effluents d'une raffinerie (S.C.P) sur un oued en zone semi continentale (R'dom) » thèse de troisième cycle. Université Cadi Ayyad, faculté des sciences –semlalia, Marrakech.1996.
- [12] NM 03.7.001, (2006) : Norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. Bulletin Officiel N° 5404 du 16 Mars 2006.
- [13] GHAZALI D., ZAID A. : Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux de la source ain salama-jerri (région de Meknès –Maroc). Larhyss Journal, N°12, Janvier 2013 ; pp 25-36.
- [14] Bulletin officiel (2002) Grilles de qualité des eaux potables, 10 Chaabane 1423 (17octobre 2002). Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement, Rabat ; 13 p.
- [15] DERWICH. E, BENAABIDATE. L, ZIAN .A, SADKI. O, BELGHITY .D : Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fès. Larhyss Journal, N° 08, Juin 2010 ; pp 101 112.
- [16] M. El Haji, S.BOUTALEB, R. LAAMARTI et L.LAAREJ. 2012. Qualité des eaux de surface et souterraine de la région Taza : Bilan et situation des eaux. Afrique SCIENCE 08(1) (2012) 67 - 78.
- [17] AIT ABDELALI N. (1990) : Influence du substrat et du courant sur la distribution des invertébrés benthiques de trois cours d'eau du Haut-Atlas Marocain. Thèse de 3e cycle, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, Maroc, 189 p.
- [18] El Mostafa HASSOUNE, Abdelhamid BOUZIDI, Yahia KOULALI et Driss HADARBACH (2006) : Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settât (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2006, n°28, 61-71.
- [19] KHOLTEI S., A. BOUZIDI, M. BONIN, M. FEKHAOUI, R. ANANE, K. SBAI et E.CREPPY E (2003) : Contamination des eaux souterraines de la plaine de Berrechid dans la région de la Chaouia au Maroc par les métaux lourds dans les eaux usées : Effets de la pluviométrie. Vecteur Environ., 36, 68-80.
- [20] KHOLTEI S. (2002) : Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville de Settât et de Berrechid et évaluation de leur impact sur la qualité des eaux souterraines. Thèse de Doctorat d'État, Université Hassan 1er, Settât, Maroc, 162 p.
- [21] GREENWOOD N.N., EARNSHAW A. (1984) : Chemistry of the elements, Pergamon Press, Oxford, UK.
- [22] BARRY G.S. (1989) : Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Report, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines et ressources. Ottawa.
- [23] HAKMI Abdellatif (2006) : Traitement de l'eau de source Bousfer ORAN. Université des sciences et de la technologie ORAN. Algérie. Licence 2006.
- [24] Koné M., Bonoul., Bouvet Y., Joly P., Koulidiaty J (2009) : Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso. Sud Sciences et Technologie ; ISSN 0796-5419 Semestriel N°17 / juin 2009.

- [25] Jaouad EL ASSLOUJ, Sanae KHOLTEI, Namira EL AMRANI-PAAZA, Abderrauf HILALI (2006): Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc).
- [26] Some K., Dembele Y., Some L., Millogo R. J(2008): Pollution agricole des eaux dans le bassin du Nakanbe : cas des réservoirs de Loumbila et de Mogtedo au Burkina Faso. *Sud Sciences et Tehnologies*, n° 16, juin 2008, pp. 14-22
- [27] Groupe scientifique sur l'eau (2003), Coliformes totaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- [28] Payment, P., J. Siemiatycki, L. Richardson, G. Renaud, E. Franco et M. Prévost (1997), A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research*, 7: 5-31.
- [29] US EPA (1987) Drinking water; national primary drinking water regulations; total coliforms. *Federal Register*, 52(212), 3 novembre, p. 42224-42445.
- [30] Barwick, RS, DA Levy, GF Craun, MJ Beach et RL Calderon (2000), Surveillance for waterborne-disease outbreaks-United States, 1997-1998. *Mortality and Morbidity Weekly Review Surveillance Summaries*, 49(SS04), 26mai: 1-35.
- [31] Santé Canada (1991) La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ».
- [32] CEAEQ (2000) Recherche et dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24 p.
- [33] Zmirou, D, JP Ferley, JF Collin, M Charrel et J Berlin (1987) A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*, 77 : 582-584.
- [34] Groupe scientifique sur l'eau (2003), Coliformes fécaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- [35] Groupe scientifique sur l'eau (2002), Entérocoques et streptocoques fécaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
- [36] Simmons, G., V. Hope, G. Lewis, J. Whitmore et W. Gao (2001) Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research*, 35: 1518-1524.
- [37] Guy-Romain Kouam Kenmogne, Francis Rosillon, Alexandre Nono, Aubin Nzeukou Nzeugang et Hernanie Grelle Mpakam : Les maladies hydriques à l'épreuve de la gestion des ressources en eau dans une zone urbaine d'un pays en développement. Cas de la ville de Yaoundé (Centre-Cameroun). *Journal européen d'hydrologie*. Volume 42, N 1 ; 2011.
- [38] H. EL HAISSOUFI, S. BERRADA, M. MERZOUKI, M. AABOUCH, L. BENNANI, M. BENLEMLIH, M. IDIR , A. ZANIBOU, Y. BENNIS, A. EL OUALI LALAMI (2011) : Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de fes, maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 5, N°1, p : 37-68.
- [39] El mostafa Hassoune, Said El kettani, yahia Koulali et Abdelhamid Bouzidi (2010) : contamination bactériologique des eaux souterraines par les eaux usées de la ville de settat, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 4, N°1, p :1-21.
- [40] Edberg, SC, EW Rice, RJ Karlin et MJ Allen (2000), *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S.
- [41] Edberg, SC, H Le Clerc et J Robertson (1997) : Natural protection of spring and well drinking water against surface microbial contamination. II indicators and monitoring parameters for parasites. *Critical Reviews in Microbiology*, 23: 179-206.