



Évaluation de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb (M'nasra) au Maroc entre 1993 et 2003

Ibtissam IDRISSE ALAMI ^{1*}, Moustapha ZERAOULI ¹, Mouhammed ADDOU ³,
Abdelrhani MOKHTARI ² et Abdelmajid SOULAYMANI ².

¹ Laboratoire de l'agro-pédologie de l'office régional de mise en valeur agricole du Gharb
(Kenitra, Maroc).

² Laboratoire de génétique et biométrie, Faculté des sciences Kenitra.

³ Laboratoire D'optoélectronique et de physico-chimie des matériaux, Faculté des
sciences Kenitra

(Reçu le 30 Avril 2007, accepté le 04 Septembre 2007)

* Correspondance, courriel : idrissialami_ibtissam@yahoo.fr

Résumé

La pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb du Maroc (M'nasra) a été révélée depuis 1993 par l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb. En effet, il a été procédé en 2003 à la prospection de 161 puits dans la zone côtière correspondant aux mêmes puits prospectés en 1993 et dont les coordonnées Lambert sont bien identifiées. Cette prospection avait pour objectif l'analyse des nitrates, pour appréhender l'évolution de la pollution nitrique. La nappe de M'nasra qui a fait l'objet de notre étude est soumise à une activité agricole très intense, qui risquent de compromettre l'avenir de sa qualité.

Les principaux résultats montrent que les moyennes générales de la concentration des nitrates en 1993 et 2003 sont respectivement de 106,4 mg/L et 119,6 mg/L ; soit une augmentation de 13,2 mg/L. Si en 1993, 44 puits des 161 puits prospectés (27,3 %) répondaient aux normes de potabilité et dosaient moins de 50 mg/L, en 2003 seulement 28 puits parmi les 161 puits prospectés (17,4 %) répondaient aux normes de potabilité. L'analyse spatiale de la pollution nitrique de la zone M'nasra, montre qu'il y a une certaine amélioration de la qualité de la nappe entre 1993 et 2003 au Sud de la zone étudiée (au Sud de la ligne de coordonnée Y = 430 000 m), en revanche la qualité de la nappe a été dégradée dans la moitié Nord de cette zone.

Mots-clés : Nitrate, nappe souterraine, pollution, qualité des eaux, M'nasra.

Abstract

The intrinsic pollution of the under ground water of the coastal zone of Gharb of Morocco between 1993 and 2003

M'nasra has been under watch and observation since 1993 by the regional Office of Agricultural development of Gharb (l'ORMVAG). Indeed the prospection of 161 wells was carried out in 2003 in the coastal zone corresponding to the same prospected wells in 1993 where Lambert signs are very much identified. This prospection aimed at the analysis of the nitrates to apprehend the nitric evolution. The under ground water of m'nasra which has been the subject of our study is subjected to a massive agricultural activity, and because of its vulnerability, it underwent a pollution related to the agricultural activities, which to generate many type of pollution that may put the future of its quality under risk.

The main results show that the general average of the concentration of nitrates between 1993 and 2003 are respectively of 106,4 mg/L and 119,6 mg/L; that is to say an increase of 13,2 mg/L. If in 1993, 44 prospected wells (27,3 %) met the standards of potability and proportioned less than 50 mg/L, in 2003 only 28 wells among the 161 prospected (17,4 %) met the standards of potability.

The space analysis of the nitric pollution of the m'nasra zone shows that there is a certain improvement in the quality of the under ground water between 1993 and 2003 the south of the studied zone (to the south of the sign Y line = 430.000 m), on the other hand the quality of the under ground water seems to be deteriorated in the northern half of this zone.

Keywords : *Nitrate, underground tablecloth, pollution, quality of water, M'nasra.*

1. Introduction

Les nitrates sont répertoriés parmi les principales catégories de polluants chimiques rencontrés dans l'eau [1], ils sont des composés chimiques faits d'azote et d'oxygène et sont nécessaires à la croissance des végétaux. Cependant, 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.

Le problème posé par les nitrates a suscité le maximum d'intérêt pendant ces dernières années et il a devenu parmi les préoccupations mondiale actuelles, comme le cas du Taiwan [2] ; Shangai en chine [3] ; aux États-Unis [4] ; Hong-Kong [5], etc.

Quant au Maroc, c'est au niveau des grands périmètres irrigués que des problèmes de ce genre sont à craindre notamment au Gharb (M'nasra), Tadla, Souss et les zones côtières d'El Jadida. En effet, l'intensification de l'activité agricole dans ces régions s'accompagne d'une utilisation abusive des engrais azotés et du fumier. Il faut noter que ces périmètres irrigués, qui ne couvrent que 12 % de la superficie agricole utile, consomment plus de 50 % d'engrais [6].

La pollution nitrique de la nappe de la zone côtière du Gharb (M'nasra) a été constatée par l'ORMVAG, depuis 1993 à partir d'une étude qui a intéressé plus de 161 puits et a fait révéler qu'environ 3/4 des puits dépassent cette norme, avec des niveaux dans certains puits dépassant quatre fois le seuil critique [7].

L'objectif du présent travail est de s'enquérir de l'état de cette nappe dans son contexte évolutif à travers l'évaluation de la pollution nitrique de l'eau de 161 puits entre 1993 et 2003 et voir la répartition spatiale de ces puits en fonction de leur degré de pollution.

2. Matériel et méthodes

La zone des M'nasra, est située dans la partie ouest de la plaine du Gharb et relève de la zone d'action de L'ORMVA du Gharb., elle est délimitée à l'Ouest par le littoral de l'Océan Atlantique sur plus de 80 Km, au Sud par l'embouchure de l'oued Sebou et la ville de Kenitra, à l'Est par les communes Rurale de Mograne, Sidi Allal Tazi et Souk Tlet du Gharb et au Nord par la zone de l'ORMVAG du loukous. Cette zone relève du ressort de deux Centres de Développement Agricole (CDA) : M'nasra et Sidi Mohamed Lahmar. La zone de M'nasra est caractérisée par une nappe phréatique peu profonde, elle est dominée par des sols à texture légèrement grossière à haut potentiel de production. Les sols sableux qui occupent environ 50 % des terres sont peu fertiles et très perméables, et soumis à l'érosion éolienne. Ils sont adaptés notamment aux cultures maraîchères et l'arachide.

Les sols hydromorphes couvrent environ 20 % des terres. Ces sols ne conviennent pas à l'arboriculture et on n'y pratique qu'une gamme restreinte de cultures maraîchères. Quant aux sols profonds et londs de la plaine alluviale, ils sont bien adaptés plutôt aux grandes cultures hivernales et au maraîchage d'été. La zone de M'nasra englobe quatre Communes Rurales et s'étend sur une superficie totale d'environ 85304 ha répartie comme suit : 57315 ha pour les SAU, 8082 ha pour les Forêts, 2526 ha pour les parcours, 17381 ha pour les Infrastructures et les Incultes [7]. Sur le plan population, Selon le recensement général de la population et de l'habitat, la population totale de la zone du M'nasra est passé de 118867 en 1994 à 144841 en 2004, soit un taux d'accroissement démographique de 1.99 % (presque le même que le taux moyen observé au niveau national).

2-1. Choix des sites de prélèvement

Dans le but de contribuer à surmonter le problème de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone de M'nasra, et par conséquent de toutes les zones souffrant du même problème, nous avons procédé à une étude de la qualité des eaux de cette zone. Les enquêtes menées sur place ont montré que dans la quasi totalité des cas, l'eau de la nappe constitue la source unique d'approvisionnement en eau potable, d'où l'importance du suivi surtout lorsqu'on connaît la vulnérabilité de cette nappe d'abord par sa transmissivité et perméabilité de la nappe aquifère et ensuite en raison de sa proximité de la surface dans une bonne partie de la zone [7].

Cent soixante et un (161) puits ont été choisis répartis sur l'ensemble de la zone étudiée afin de s'enquérir de la situation de la qualité de sa nappe. Ces mêmes puits ont été analysés en 1993 par L'ORMVAG. L'emplacement de ces puits est reporté sur la **Figure 1**. Le choix de ces puits au départ a été essentiellement basé sur deux critères : l'intensification des cultures et la profondeur de la nappe.

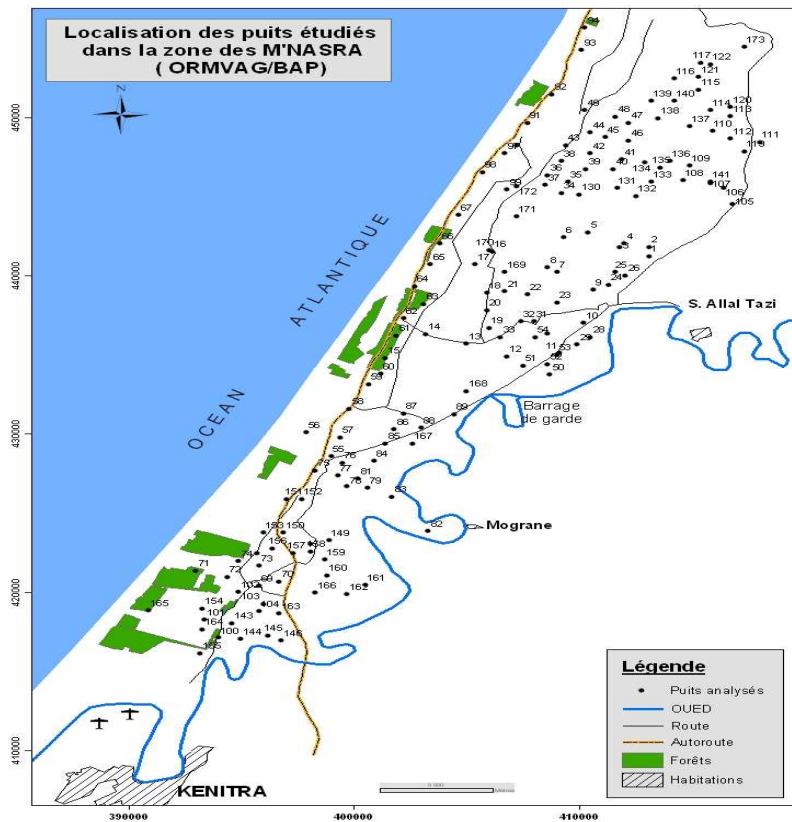


Figure 1 : Localisation des 161 puits étudiés dans la zone des M'nasra

2-2. Echantillonnage et analyse

Pour l'échantillonnage, l'eau est prélevée directement du réseau d'irrigation pour les puits qui sont équipés de pompes de refoulement. Pour ceux qui ne sont pas équipés, le prélèvement est effectué à l'aide d'un récipient métallique lesté.

L'ensemble des prélèvements a été effectué dans des flacons en polyéthylène ou en verres borosilicaté. Les échantillons soigneusement étiquetés et conservés à +4°C, jusqu'à leurs arrivées au laboratoire. Quelques mesures sont effectuées sur place comme la température de l'eau.

Enfin, les nitrates ont été mesurés par spectrométrie d'absorption moléculaire [8]. Après réduction en nitrite sur cadmium, les nitrates sont quantitativement réduits en nitrites par cadmium (Cd) recouvert d'une couche de cuivre après traitement au sulfate de cuivre. Les nitrites produits, forment avec l' amino-4 benzène sulfonamide un composé diazoïque, lequel couplé avec la N-(Naphty-1) diamine 1,2 éthane donne un complexe rose susceptible d'être mesuré au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 540 nm.

3. Résultats et discussion

Les normes internationales stipulent que la teneur en nitrates des eaux potables ne doit pas dépasser la concentration de 50 mg/L [8], étant donné les valeurs en nitrates trouvées dans les eaux de la nappe phréatique de la zone étudiée (M'nasra), une classification de ces teneurs s'imposait. Ainsi, six classes ont été établies selon la teneur de l'eau en nitrates et résumées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Classification en fonction de la teneur en nitrate

| Classe | Teneur en nitrates (Ti) en mg/L |
|--------|---------------------------------|
| C1 | $Ti \leq 50$ |
| C2 | $50 < Ti \leq 100$ |
| C3 | $100 < Ti \leq 150$ |
| C4 | $150 < Ti \leq 200$ |
| C5 | $200 < Ti \leq 250$ |
| C6 | $Ti > 250$ |

3-1. Comparaison du pourcentage de chaque classe des puits obtenus entre 1993 et 2003

Les résultats concernant les pourcentages de chaque classe des puits par apport au total (161) en 1993 et en 2003 sont reportés dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : *Pourcentage des classes des puits selon la concentration en nitrates en 1993 et 2003*

| Classe des puits selon la teneur en nitrate | Pourcentage des classes En 1993 | Pourcentage des classes en 2003 |
|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| C1 | 27.3 | 17.4 |
| C2 | 29.8 | 30.4 |
| C3 | 19.2 | 24.8 |
| C4 | 11.8 | 13.6 |
| C5 | 6.83 | 5.5 |
| C6 | 4.96 | 08 |
| Totale des puits | 161 | 161 |

Nous avons exprimé les données du **Tableau 2** sous forme d'histogramme représenté dans la **Figure 2**.

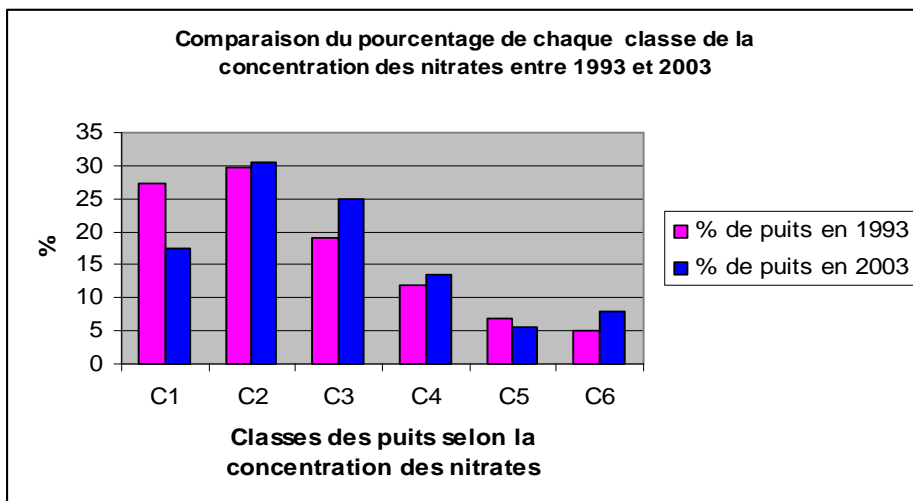


Figure 2 : *Comparaison du pourcentage de chaque classe de la concentration en nitrates entre 1993 et 2003*

Les résultats obtenus en 1993 montrent que la classe C₁ représente seulement 27.3 % des puits qui répondent aux normes de potabilité des eaux, alors que cette même classe en 2003 ne représente plus que 17.4 %.

Le taux des puits pollués en 1993 était de 72.7 % alors que ce chiffre est passé à 82.6 % soit une augmentation de 10 points environ, par conséquent, il apparaît une diminution dans le pourcentage des puits dont la potabilité des eaux est conforme aux normes internationales entre 1993 et 2003. Cette diminution peut être expliquée par l'utilisation abusive des engrais azotés ainsi la surexploitation de la nappe.

3-2. Comparaison des niveaux moyens de la concentration en nitrates de chaque classe entre 1993 et 2003

Le **Tableau 3** représente les niveaux moyens de concentrations en nitrates de chaque classe en 1993 et 2003.

Tableau 3 : Les niveaux moyennes de la concentrations en nitrates des eaux de chaque classe en 1993 et 2003

| Classe des puits selon la teneur en nitrate | Concentration moyenne en nitrates (mg/L) en 1993 | Concentration moyenne en nitrates (mg/L) en 2003 |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| C1 | 28.4 | 26.2 |
| C2 | 80.6 | 72.8 |
| C3 | 122.7 | 123.8 |
| C4 | 176.2 | 175.7 |
| C5 | 226.7 | 227.4 |
| C6 | 292.6 | 314.2 |
| Moyennes générales | 106.2 | 119.6 |

Nous avons exprimé les données du **Tableau 3** sous forme d'histogramme représenté dans la **Figure 3**.

Concernant la classe C1 : la situation globale de ces puits s'est légèrement améliorée en passant de leur moyennes en nitrates de 28.4 mg/L en 1993 à 26.2 mg/L en 2003.

La même remarque peut être retenue pour les classes 2 et 4. En revanche pour les classes 3, 5, et 6 la situation s'est dégradée surtout pour la classe 6.

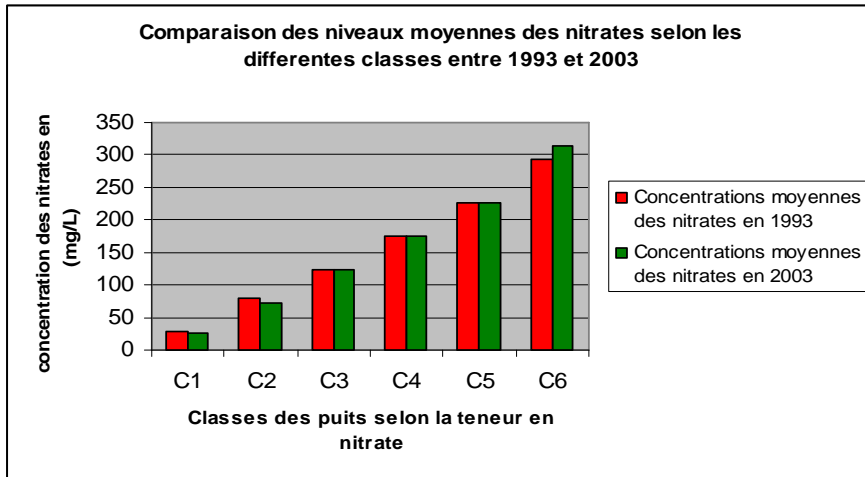


Figure 3 : *Comparaison des niveaux moyennes de la concentration en nitrates de chaque classe entre 1993 et 2003*

3-2. Répartition spatiale des zones polluées

Nous avons utilisé le système d'information Géographique (SIG) Arcview et son extension spatiale analyste, pour élaborer des cartes de la concentration des nitrates en 1993 (*Figure 4*), et en 2003 (*Figure 5*), sur la base de nos résultats analytiques.

(Pour les présentations spatiales de la concentration des nitrates, nous avons fusionné les classes 4 et 5 en une seule classe]150 mg/L - 250 mg/L]).

L'analyse de ces figures permet d'avancer les constatations suivantes :

- L'espace couvert par la nappe dont la concentration nitrique est inférieure à 50 mg/L (norme marocaine) en 1993 ne représenterait que 7409 Ha sur 43287 Ha cartographiés, soit 17,12 % de la superficie totale. Tandis qu'en 2003 l'espace couvert par la nappe dont la concentration nitrique est inférieure à 50 mg/L représente 7902 Ha, soit 18,25 % du total. Cela montre qu'en dépit d'une dégradation relative de la nappe, la superficie touchée par la pollution aux nitrates est restée presque constante.- La classe des eaux dont la teneur est supérieure trois fois à la norme autorisée C4 (>150 mg/L) semble gagner du terrain surtout dans la partie nord. Il en est de même pour la classe C3 (100-150 mg/L).

Ces résultats confirment la dégradation de la qualité de la nappe aussi bien au niveau ponctuel qu'au niveau spatial, surtout dans la partie Nord de la zone. Ceci concorde parfaitement avec le fait que cette partie des M'nasra subit une intensification de l'activité agricole largement justifiée par la nature sablonneuse de ses terres et la position de la nappe phréatique qui est proche de la surface.



Figure 4 : *Carte de la pollution nitrique de la zone M'nasra , Alalye par méthode Spline Arcviw (Situation 1993)*

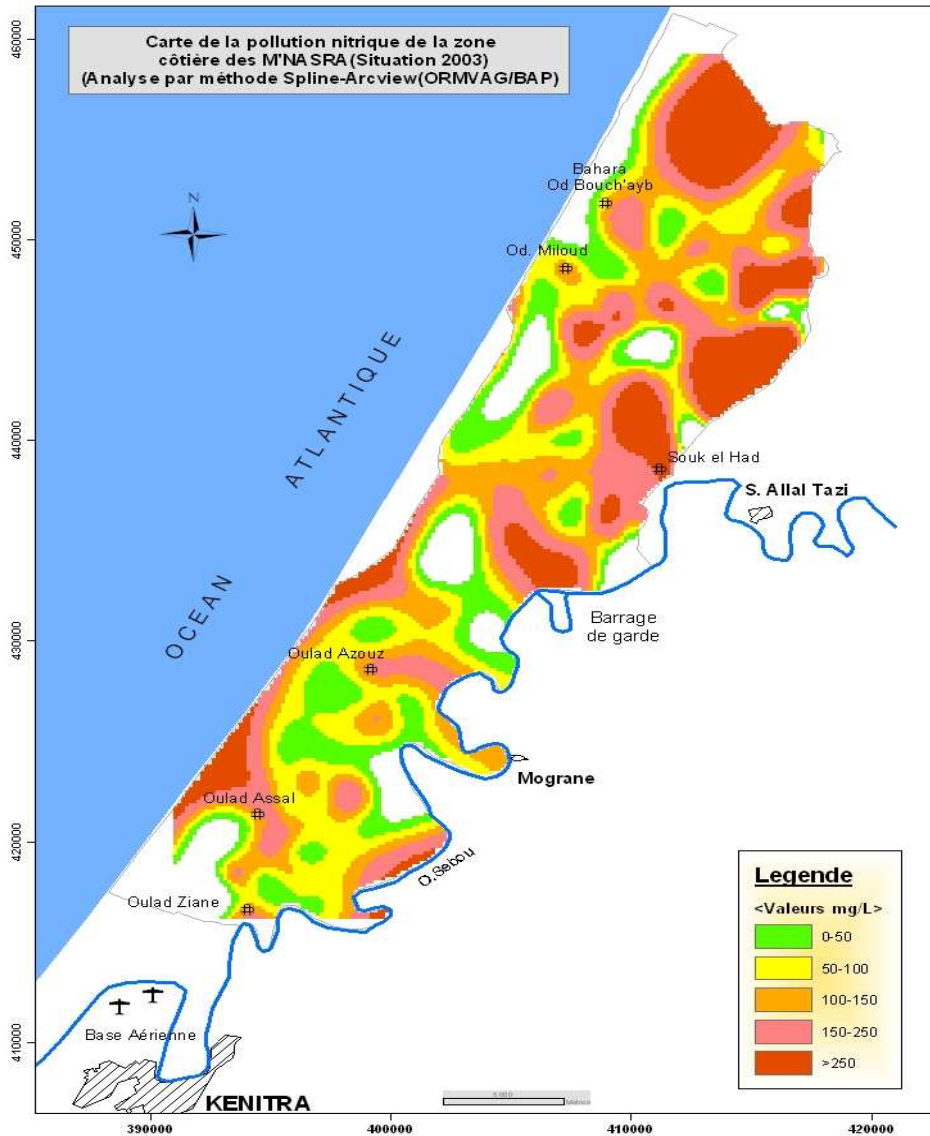


Figure 5 : Carte de la pollution nitrique de la zone M'nasra , Alalye par méthode Spline Arcviw (Situation 2003).

3-3. Analyse statistique des résultats

L'analyse grossière des cartes présentées sur les **Figures 4 et 5** montre qu'il y a une certaine amélioration de la qualité de la nappe entre 1993 et 2003 au Sud de la zone étudiée (au Sud de la ligne de cordonnée Y = 430 000 m). En revanche, la qualité de la nappe semble avoir été dégradée dans la moitié Nord de cette zone.

L'analyse de variance des 161 puits de la zone M'nasra en fonction de l'année a montré qu'il n'y a pas de différence significative du point de vue de la pollution nitrique.

Afin de mieux cerner la localisation de la pollution nitrique, la zone étudiée a été subdivisée en deux parties : une zone Sud appelée zone A et une zone Nord appelée zone B. Les deux zones sont séparées par la ligne de coordonnées $y = 430000$.

3-3-1. Zone A

C'est la zone située au Sud de la ligne de coordonnées $Y = 430\ 000$, elle représente 29 % de l'ensemble des puits étudiés. L'analyse statistique de la pollution nitrique, a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre 1993 et 2003, ce résultat confirme que la qualité de la nappe de la zone A s'est améliorée.

3-3-2. Zone B

C'est la zone située au Nord de la ligne de coordonnées $Y = 430000$, elle représente 70 % de l'ensemble des puits étudiés. L'analyse statistique de la pollution nitrique, a montré qu'il y a une différence significative entre 1993 et 2003, ce qui montre la dégradation de la qualité des eaux de la nappe de la zone B.

3-4. Analyses comparatives des données et interprétation.

Les résultats de l'analyse statistique des données de la zone B qui représente 70 % des puits étudiés montre qu'il y a une dégradation de la qualité d'eau de la nappe pour ce qui est de la pollution nitrique entre 1993 et 2003. En effet, cette zone connaît une activité agricole très intense, surtout les cultures maraîchères, à savoir, l'arachide, le poivron, etc. De plus, la surexploitation de la nappe ainsi que l'utilisation abusive des engrais, contribuent de manière directe à la pollution de la nappe phréatique. Ainsi, le taux des puits pollués qui était de 72,7 % en 1993, est passé à 82,6 % en 2003, soit une augmentation de 10 points environ. Même si cette différence est statistiquement non significative, il est clair que la nappe continue à être polluée.

Malgré cette pollution apparente dans la zone B, les résultats de l'analyse statistique des données de la zone A montrent que la nappe possède un certain pouvoir de renouvellement grâce probablement à l'apport annuel des eaux de pluies.

Ce problème de la pollution de la nappe phréatique par les nitrates n'est pas spécifique à la région de M'nasra. En effet, d'autres auteurs décrivent le même phénomène dans différentes régions du Maroc. Ainsi, *Mourabit et al.* [9] ont décrit la pollution nitrique des eaux souterraines dans la région du Loukkouss (Larache) et sur 53 puits explorés, 23 % des eaux de ces puits contenaient des quantités de nitrates dépassant les normes

établies. Pour *Mehdaoui et al.* [10], la pollution par les nitrates des eaux de la lagune de Moulay Bouselham a pour origine l'utilisation abusive d'engrais et de pesticides, et même résultat a été confirmé à l'échelle internationale par plusieurs études [11-15]. Enfin, plusieurs études ont été publiées à l'échelle internationale pour montrer le risque causé par l'accumulation des nitrates dans l'eau de consommation, que ce soit à court terme sur les nourrissons ou à long terme sur la santé des adultes [2,4,16-19]. Ce qui confirme bien l'importance du programme de l'état marocain visant la limitation de l'utilisation anarchique des nitrates et pesticides.

4. Conclusion

Cette étude nous a permis de confirmer une augmentation de 10 points environ des puits pollués entre 1993 et 2003 du point de vue de la concentration en nitrates, puisque le taux des puits pollués en 1993 était de 72.7 % alors que ce chiffre est passé à 82.6 % en 2003.

Ainsi, une dégradation de la nappe dans la partie Nord de la région étudiée, et une relative amélioration de la qualité de la nappe au Sud pendant cette décennie a été constatée. La région de M'nasra fait l'objet d'une activité agricole très intense accompagnée par l'utilisation à grande échelle d'engrais. La pollution de cette nappe phréatique par les fortes doses de nitrates contenues dans ses eaux expose la population de cette région aux différents types d'intoxication pouvant résulter de la consommation de cette eau à moyen et long terme, il est temps que les pouvoirs publics et la société toute entière soient sensibilisés afin de prendre toutes les dispositions nécessaires pour ne pas arriver à une catastrophe environnementale ayant pour conséquence la dégradation de la santé de la population.

Références

- [1] - P. Morlon, G. Trouche, et C. Soulard *Rev. Agricultures* n°1 (1998) 15-27.
- [2] - H. W. Kuo, T. N. Wu and C. Y. Yang, *Toxicol Environ Health A* (10), 70(20) (2007) 1717-1722
- [3] - X. Bai, X. Zhang, Q. Sun, X. Wang and B. Zhu *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 41(7) (2006) 1271-1280
- [4] - D. M. Manassaram, L. C. Backer and D. M. Moll *Rev. Cien. Saude Colet.*, (01), 12(1) (2007) 153-163
- [5] - F. Zhou, G. H. Huang, H. Guo, W. Zhang and Z. Hao, *Water Res.*, (08) 41(15) (2007) 3429-3439

- [6] - B. Souidi Rapport M. R. T N° 608-0213-3-20014, (1995).
- [7] - M. Zeraouli et A. Morchid, *Rev. Marocaine des Sciences et Technique du Développement Rural* N° ISSN 03739554, 31^{ème} Année Vol. 31 N°118, (03) (2001) 34-36.
- [8] - Degrement, "Mémento technique de l'eau", Edition du Cinquantenaire 1989, 9^{ème} édition, Tome I
- [9] - F. Mourabit, A. Ouassani, A. Azman, and R. Muelle, *J Environ Monit.* (02) (2002) 127-130
- [10] - O. Mehdaoui, A. Venant, and M. Fekhoui, *Sante*, (11-12) (2000) 381-388
- [11] - M. Borin and D. Tocchetto, *Sci Total Environ*, 15 (07) (2007) 38-47
- [12] - W. K. King, J. C. Balogh, K. L. Hughes and R. D. Harmel, *Environ Qual*, 25 (5), 36(4) (2007) 1021-1030
- [13] - J. K. Bohlke, M. E. O'Connell and K. L. Prestegard, *Environ Qual*, 05 (4), 36(3) (2007) 664-680
- [14] - F. Wendland, R. Kunkel, H. Bogen, H. Gomann and P. Kreins, *Water Sci Technol*, 55(3) (2007) 133-142
- [15] - J. L. Arumi, J. Nunez, L. Salgado and M. Claret, *Rev. Panam. Salud. Publica.*, (12), 20(6) (2006) 385-392
- [16] - H. J. V. Grinsven, M. H. Ward, N. Benjamin and T. M. Dekok, *Environ Health*, 21(10) (2006) 5-26
- [17] - R. Szczerbinski, J. Karczewski and J. Filon, *Rocz Plnstw Zakl Hig*, 57(1) (2006) 39-48
- [18] - LANDREAU, *Eau et Développement* n°10, (12) (1990) 49-58
- [19] - J. M. Van-Maanen, A. Van Dijk, K. Mulder, M. H. Debaets, P. C. Menheere, D. Van Der Heide, P. L. Mertens and J. C. Kleinjans, *Toxicol Lett*, (6) (1994) 365-367