

Les nitrates dans les eaux des nappes phréatiques du nord tunisien

A. NASRAOUI¹,
M. A. MAJDOUB²,
M. HAMDAOUI¹,
A. HEDHILI³.

Résumé : Les nitrates ont été évalués dans les eaux des nappes phréatiques du nord de la Tunisie au cours des années 2003, 2004, 2006, 2007 et 2008. Les résultats obtenus montrent que toutes les nappes sont contaminées par les nitrates. Des teneurs élevées dépassant souvent 100 mg/l et allant jusqu'à plus de 300 mg/l ont été déterminées dans les eaux de la plupart des nappes étudiées. Les nappes les plus contaminées par les nitrates sont celles des régions de Bizerte, Nabeul, Ben Arous et Ariana, régions à activités agricoles et industrielles importantes et à forte urbanisation. L'évolution des nitrates au cours des dernières années révèle des teneurs instables dues probablement à des contaminations saisonnières et accidentelles. Les teneurs élevées en nitrates constatées sont vraisemblablement le résultat d'une part de la pollution de l'environnement par les déchets et les rejets industriels et domestiques d'autre part de l'utilisation abondante en agriculture d'engrais azotés et de fertilisants naturels. Des mesures préventives doivent être prises afin de diminuer la teneur en nitrates des eaux souterraines et de protéger ces eaux de toute contamination.

Mots clés : nitrates, eaux souterraines, pollution

Nitrates in the under-ground sheets waters of the north of Tunisia

Abstract : Nitrates were evaluated in under-ground sheets waters of the north of Tunisia during the years 2003, 2004, 2006, 2007 and 2008. The results obtained showed that all sheets are contaminated by nitrates. High concentrations beyond often 100 mg/l and reaching more than 300 mg/l were determined in the water of most sheets studied. The sheets that are more contaminated, are located in Bizerte, Nabeul, Ben Arous and Ariana areas which are known by a high urbanization and important industrial and agricultural activities. The evolution of nitrates during last years showed unstable levels caused probably by seasonal and accidental contaminations. The high nitrates contents established are probably the result of environment pollution by industrial and municipal wastes and by excessive use in agriculture of chemical and natural fertilizers. Preventive measures must be led in order to decrease the nitrates levels in under-ground waters and to protect it from pollution.

Key words : nitrates, under-ground waters, pollution

¹ Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de la Santé de Tunis.

² Direction Générale des Ressources en eaux - Tunis.

³ Centre d'Aide Médicale Urgente et de Réanimation - Tunis.

Introduction

La pollution de l'eau est un problème toujours d'actualité. Plusieurs substances et composés chimiques

sont en effet susceptibles de contaminer l'eau, parmi ces composés les nitrates occupent une grande place. L'intérêt porté aux nitrates réside dans les risques sanitaires qu'ils peuvent causer (1,2). En fait, ce ne sont

pas les nitrates qui sont responsables de ces risques mais leur produits de transformation. Les nitrites, obtenus par réduction généralement bactérienne des nitrates sont très réactifs et toxiques (3,4). Ils sont responsables notamment de la méthémoglobinémie chez le nourrisson (5,6). Les nitrosamines, composés résultant de la combinaison des nitrates avec des amines secondaires et tertiaires semblent responsables de la genèse de certaines formes de cancers tels que les cancers gastriques, des reins, du pancréas, du rectum ou du colon (7, 8, 9, 10).

La contamination de l'eau par les nitrates est due essentiellement à diverses activités humaines essentiellement industrielles et urbaines avec libération de déchets industriels et de rejets domestiques, sources importantes de nitrates dans le milieu environnant (4,11). Elle est due aussi à des activités agricoles conduisant à l'utilisation excessive d'engrais azotés et de fertilisants naturels (11). Les eaux les plus exposées à des contaminations par les nitrates sont les eaux de surface (barrages, lacs, oueds) du fait de leur contact direct avec les polluants en question (12, 13). Les eaux souterraines peuvent être également contaminées. Les nitrates sont en effet capable de traverser le sol par un phénomène d'écoulement et de pénétration naturelle et passent dans les nappes phréatiques et profondes (1, 14, 15). En absence de contamination, les eaux souterraines ne contiennent pratiquement pas de nitrates : quantité inférieure à 1mg/l (13, 16).

Nous nous sommes intéressés dans ce travail à l'évaluation de la teneur en nitrates des eaux des nappes phréatiques du nord de la Tunisie durant les années : 2003, 2004, 2006, 2007 et 2008. L'étude a porté sur les

eaux de toutes les nappes phréatiques des gouvernorats de Bizerte, Nabeul, Zaghouan, Ben Arous et Ariana. Le but de notre étude est d'évaluer d'une part les teneurs en nitrates de ces eaux et d'autre part l'évolution de ces teneurs afin de rechercher les causes d'éventuelles pollutions nitriques.

Matériels et méthodes

Le travail a été réalisé au laboratoire de la Direction Générale des Ressources en eaux. Les échantillons d'eau à analyser provenaient des nappes phréatiques des gouvernorats de Bizerte, Nabeul, Zaghouan, Ben Arous et Ariana. Les prélèvements d'eau ont été effectués sur des puits ou sources situés sur les nappes. Toutes les précautions ont été prises pour avoir des échantillons représentatifs des nappes étudiées et non contaminés (utilisation de récipients chimiquement propres). Le dosage des nitrates a été effectué en double pour chaque échantillon. Il a été réalisé par spectrophotométrie à 420 nm selon la méthode au salicylate de sodium.

Résultats

L'analyse des eaux des nappes phréatiques du gouvernorat de Bizerte révèle des teneurs élevées en nitrates surtout en 2003 et 2004 pour les différentes nappes étudiées (tableau I). Ces teneurs sont supérieures à 200 mg/l pour les nappes Ras Jebel et Genniche et atteignent 293 mg/l dans l'eau de la nappe de Ousja Gar Elmelh. Les taux élevés de nitrates constatés en 2003 et 2004 diminuent en 2006, 2007 et 2008 pour les eaux des différentes

Tableau I : Evolution des nitrates dans les nappes phréatiques du gouvernorat de Bizerte.

Nappes	2003	2004	2006	2007	2008
Ras Jebel	219,29	123,24	150,84	179,5	124,23
Genniche	260,51	228,13	79,86	176,67	113,23
Ousja Gar Elmelh	147,96	293,92	59,53	99	70,59
Mateur Ras Ain	60,46	116,71	75,65	66,55	92,19

Les résultats sont exprimés en mg/l

nappes mais restent élevés surtout pour la nappe Ras Jebel : 150 mg/l en 2006, 180 mg/l en 2007 et 124 mg/l en 2008. Pour l'eau de la nappe de Genniche, la quantité de nitrates est également élevée : 176 mg/l en 2007 et 113 mg/l en 2008. Les eaux des nappes phréatiques du gouvernorat de Nabeul présentent également des teneurs élevées en nitrates durant les années étudiées à l'exception de l'année 2005 qui a enregistré une baisse significative pour les cinq nappes du gouvernorat (tableau II). Les taux de nitrates les plus élevés sont déterminés en 2003 dans les nappes : Plaine Haouaria et Takelsa, en 2004 et 2007 dans les nappes : Plaine Haouaria, Côte Orientale, Grombalia et Plaine Nabeul Hammamet avec des teneurs allant jusqu'à 160 mg/l. En 2008, la quantité de nitrates la plus élevée est déterminée dans l'eau de la nappe Plaine Nabeul Hammamet (145 mg/l). Les nappes phréatiques du gouvernorat de Zaghouan ont des teneurs en nitrates inférieures à 60 mg/l

en 2003 et 2004 (tableau III). A partir de 2006, Les eaux des quatre nappes étudiées ont enregistré une hausse dans leur teneurs en nitrates. Les taux les plus élevés sont déterminés en 2007 dans la nappe Sminja (100 mg/l) et en 2008 dans la nappe Oued rmal (95 mg/l). La seule nappe phréatique du gouvernorat de Ben Arous (nappe Mornag) a une eau riche en nitrates (tableau IV). Les quantités de nitrates les plus élevées sont obtenues au cours des années 2004 et 2006 avec respectivement 120 mg/l et 140 mg/l et surtout en 2003 (240 mg/l). La nappe phréatique du gouvernorat d'Ariana (Madjerda Plioquernaire) a une eau dont la teneur en nitrates est très élevée en 2003 : 313 mg/l (tableau V). Ce taux diminue en 2004 pour atteindre 130 mg/l. Cette diminution devient plus importante en 2007 (58 mg/l). En 2008, la quantité de nitrates déterminée dans la nappe est de 78 mg/l.

Tableau II : Evolution des nitrates dans les nappes phréatiques du gouvernorat de Nabeul.

Nappes	2003	2004	2006	2007	2008
Plaine Haouaria	113,27	130,63	63,97	114,11	54,47
Côte Orientale	78,35	108,02	44	139,62	97,11
Grombalia	97,75	140,15	59,09	117,97	94,52
Plaine Nabeul Hammamet	75,63	161,05	79,2	155,44	145,1
Takelsa	179,21	117,51	9,92	0	0

Les résultats sont exprimés en mg/l

Tableau III : Evolution des nitrates dans les nappes phréatiques du gouvernorat de Zaghouan.

Nappes	2003	2004	2006	2007	2008
Nadour	16,89	6,87	34,23	23,56	6,89
Elfahs	58,53	54,59	64,49	75,68	73,35
Sminja	49,40	40,42	61,80	100,04	76,28
Oued rmal	41,68	54,84	62,9	65,59	95,27

Les résultats sont exprimés en mg/l

Tableau IV : Evolution des nitrates dans la nappe phréatique du gouvernorat de Ben Arous.

Nappe	2003	2004	2006	2007	2008
Mornage	240	120,33	140,85	70,42	79,33

Les résultats sont exprimés en mg/l

Tableau V : Evolution des nitrates dans la nappe phréatique du gouvernorat d'Ariana.

Nappe	2003	2004	2006	2007	2008
Madjerda Plioquaternaire	313,51	130,08	79,89	58,55	68,74

Les résultats sont exprimés en mg/l

Discussion

Les résultats obtenus révèlent que toutes les eaux des nappes phréatiques du nord de la Tunisie contiennent des nitrates souvent en grandes quantités. Les teneurs les plus importantes sont déterminées dans les nappes des gouvernorats de Bizerte, Ben Arous et Ariana avec des taux dépassant souvent 100 mg/l et allant jusqu'à plus de 300 mg/l. Parmi les eaux analysées, celles des nappes phréatiques du gouvernorat de Zaghouan sont les moins contaminées par les nitrates avec des quantités variant de 40 à 60 mg/l et ne dépassant pas les 100 mg/l.

L'analyse de l'évolution des nitrates indique que la plupart des nappes étudiées ont été contaminées par les nitrates à un moment ou à un autre au cours des dernières années. Les quantités déterminées ne sont pas stables. Elles varient d'une année à une autre. Des contaminations saisonnières et probablement accidentelles pourraient expliquer ces fluctuations.

Les causes de contamination par les nitrates des eaux des nappes phréatiques du nord de la Tunisie pourraient résulter des activités pratiquées dans ces régions. Les gouvernorats de Bizerte, Nabeul, Ben Arous et Ariana sont en effet connus par des activités industrielles importantes et une forte urbanisation conduisant probablement à la pollution de l'environnement par les

déchets industriels et les rejets domestiques, sources importantes de nitrates dans le sol et dans les eaux de surfaces et souterraines (17, 18). Les mêmes gouvernorats ont des activités agricoles importantes impliquant l'utilisation souvent excessive de fertilisants naturels tel que le fumier et de fertilisants chimiques comme les nitrates d'ammonium dans les cultures maraîchères et les grandes cultures (19, 20) ce qui pourraient expliquer les fortes teneurs en nitrates déterminées dans les eaux des nappes phréatiques de ces régions. Contrairement aux gouvernorats cités, le gouvernorat de Zaghouan a moins d'activités agricoles et surtout industrielles, explication possible des teneurs en nitrates relativement peu élevées obtenues dans les nappes phréatiques de cette région.

Il ressort de ce travail que la plupart des eaux des nappes phréatiques du nord de la Tunisie contiennent des quantités de nitrates parfois alarmantes dues probablement à de mauvaises pratiques agricoles et industrielles. Des mesures préventives doivent être prises afin de diminuer les pollutions d'origine industrielle et urbaine et de limiter l'utilisation des engrais azotés en agriculture principales sources de contamination par les nitrates du sol et des eaux. Une surveillance régulière et continue de la qualité des eaux souterraines est également nécessaire.

Références bibliographiques

1. Mensinga TT, Speijers GJA, Meulenbelt J. Health Implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicol Rev* 2003; 22 : 41-51.
2. Vittozzi L. Toxicology of nitrates and nitrites. *Food Add. and Cont.* 1992; 9: 579-585.
3. Grosse Y, Baan R, Straif K, Secretan B, El Ghissassi F, Cogliano V. Carcinogenicity of nitrate nitrite and cyanobacterial peptide toxins. *The Lancet Oncology* 2006; 7;8 : 628-629.
4. Walker R. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food. Add. and Cont* 1990 ; 7: 717-768.
5. L'hirondel J. Les méthémoglobinémies du nourrisson. Données nouvelles. *Cah Nutr Diet* 1993 ; XXVIII ; 1: 35-40.
6. Avery AA. Infantile methemoglobinemia reexamining the role of drinking water nitrate. *Environ Health Perspect* 1999; 107 : 583-586.
7. Hemandes-Ramires RU, Galvan-Portillo MH, Ward MH, Agudo A, Gonzales CA, Onate-Ocana LF, Herrera-Goepfert R, Palma-Coca O, Lopez-Carillo L. Dietary intake of polyphenols, nitrate and nitrite and gastric cancer risk in Mexico city. *Int J cancer* 2009;15;125: 1424-1430.
8. Coss A, Cantor KP, Reif JS, Lynch CF, Ward MH. Pancreatic cancer and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite. *Am J Epidemiol* 2004;159 ; 7: 693-701.
9. De Ross AL, Ward MH, Lynch CF, Cantor KP. Nitrate in public water supplies and the risk of colon and rectum cancers. *Epidemiology* 2003; 14;6 : 640-649.
10. Ward MH, Rusiecki JA, Lynch CF, Cantor KP. Nitrate in public water supplies and the risk of renal cell carcinoma. *Cancer Causes Control* 2007; 18; 10 : 1141-1151.
11. L'hirondel J. Les nitrates et l'homme, toxiques, inoffensifs ou bénéfiques ? Les éditions de l'Institut scientifique et technique de l'environnement, France. 2004 ; 256 p.
12. Soberka R, Sciazko D, Tyrakowska-Bielec U. Les risques sanitaires des nitrates et leur origine dans l'eau de boisson. *Ind. Alim. Agr* 1995; Déc : 923-927.
13. Fritsch P. Actualisation des connaissances sur les nitrates, nitrites et nitrosamines dans l'alimentation. *Sci. Alim* 1985. hors série V : 275- 292.
14. Jakszyn P, Agudo A, Berenguer A, Ibanez R, Amiano P, Pera G. Intake and food sources of nitrite and N-nitrosodimethylamine in Spain. *Public Health Nutrition* 2006; 9; 6 : 785-791.
15. Causeret J. Nitrates, nitrites, nitrosamines : Apports alimentaires et santé. *Ann. Fals. Exp. Chim* 1984 ; 826 : 133-151.
16. Saint Blanquat G. Répartition des nitrates et des nitrites dans l'alimentation. Conséquences toxicologiques. *Inf. Diét* 1988; 4: 31-36.
17. Saint Blanquat G. Nitrates, nitrites, nitrosamines, évolution technologique et santé publique. En deux siècle de progrès pour l'agriculture et l'alimentation. Académie de l'agriculture de France. 1990 ; chap 33 : 347-355.
18. L'hirondel J. Les nitrates et l'homme, le mythe de leur toxicité. Les éditions de l'Institut scientifique et technique de l'environnement, France. 1996; 142p.
19. Pardo-Marin O, Yusa-Pelechia V, Villalba-Martin P, Perez-Dasi JA. Monitoring programme on nitrates in vegetable based baby foods marketed in the region of valencia, Spain: levels and estimated daily intake. *Food Addit and contam* 2010; 27: 478-486.
20. Chung SY, Kim JS, Hong MK, , Lee JO, Kim CM. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Addit Contam* 2003; 20;6 : 621-628.