Influence des rejets d'eaux usées et des décharges sauvages sur la qualité des eaux souterraines de la ville de N'Djaména (TCHAD)

Edith KADJANGABA [a,b], Yves TRAVI [b], Jean-Michel PUIG [b]
a Faculté des Sciences Exactes et Appliquées – Université de N'Djaména.
b Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

INTRODUCTION

N'Djaména se trouve dans une région soumise à un climat de type Sahélien, elle est caractérisée par une saison des pluies qui débute en général à la fin du mois de mai et prend fin au début du mois d'octobre avec un maximum au mois d'août - septembre. La température est assez élevée entre Mars et Mai (35° C) et est faible entre Décembre et janvier(21° C).

Du point de vue géologique et Hydrogéologique, les coupes réalisées à différents endroit de la ville montre une alternance de sables et d'argiles ainsi que la présence de sols intermédiaires (argile sableuse ou sable argileux) ; cependant l'épaisseur des couches d'argiles de surface est variable (BRGM, 1967 ; Schneider et Wolff, 1992) .

Au niveau de N'Djaména, les nappes sont alimentées par le fleuve Chari (Schneider, J.L.; Wolff, J.P., 1992; Djoret, 2000). L'alimentation de la nappe superficielle peut se faire directement par les eaux de pluie et les eaux stagnantes accumulées dans des dépressions. (Djoret, 2000). Des études précédentes ont fait état de la détérioration de la qualité des eaux souterraines (BRGM, 1988 ; Djoret, 2000) . Pour préciser cette pollution nous nous sommes, dans un premier temps, intéressés plus particulièrement aux chlorures et nitrates ; en effet, dans les grandes métropoles urbaines peu ou non assainies, les chlorures peuvent-être de bons indicateurs de pollution anthropique et animale (Joseph et Boureima, 1988a) au même titre que les nitrates. Ces éléments ont déjà été utilisés conjointement pour préciser certains types de pollution (BGS, 1996).

MATERIELS ET METHODES

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectué 4 campagnes de prélèvements, dans des puits et forages au début (mai 2002) et au cœur (août-septembre 2001 et août 2002) de la saison des pluies. Les points échantillonnés sont indiqués sur la figure I.

Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés in situ. La profondeur de l'eau a été mesurée à l'aide d'une sonde piézométrique sonore. Le pH et la température ont été mesurés en utilisant une électrode mixte pH 323/S et B et la conductivité grâce à l'électrode Lf 318/Set. Pour les bicarbonates, nitrates et nitrites les mesures ont été faites par dosage à l'acide sulfurique pour le premier et par colorimétrie pour les deux derniers.

Les échantillons devant être analysés au laboratoire ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène après avoir été filtrés et acidifiés pour les cations. Quelques analyses chimiques (août 2001 et mai 2002) ont été réalisées au laboratoire de l'Eau et de l'Environnement (LABEEN) de l'Université de N'Djaména ;le calcium, magnésium et chlorure ont été dosés par titrimétrie, les sulfates par photocolorimétrie, le sodium et potassium au moyen d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme.

Les analyses complémentaires (septembre 2001 et août 2002) ont été réalisées au Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse (LHA), en utilisant le spectromètre d'absorption atomique et le chromatographe de type Dionex pour l'analyse respective des cations et des anions. Tous les échantillons ayant une balance supérieure ou égale à ± 7% ont été éliminés.

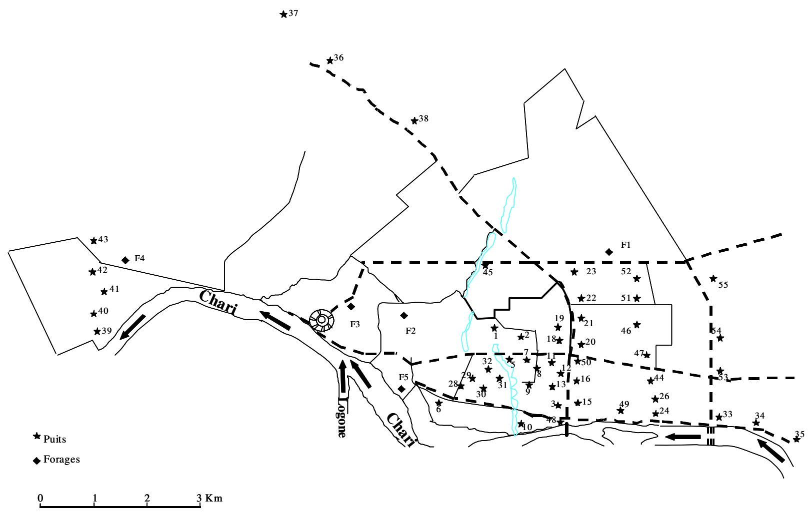

Figure I : Localisation des points échantillonnés (55 points)

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenues sont récapitulés dans le tableau ci dessous

Tableau I : Résumé statistique des résultats des mesures physico-chimiques (4 analyses par points)

	T° C	pH	TDS (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	SO_4^{--} (mg/l)	Ca++ (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)
Minimum	20.8	6.3	69	43.2	0.25	0	0	0	7.61	0.73	4.73	0.94
Maximum	32.1	7.59	1919	808.8	253	1.15	354.0	90.41	171	31.46	517.4	25.97
moyenne	30.46	6.95	305.5	178.9	17.27	0.23	21.05	7.39	39.06	7.90	27.14	6.61
Mediane	30.5	6.95	263	165.6	5.13	0.07	2.20	4.63	34.1	6.63	18.7	5.78
Ecart-type	0.55	0.29	216.5	93.29	30.3	0.323	46.88	10.52	24.78	5.47	46.23	4.0

D'une manière générale, les paramètres physico-chimiques varient largement; la conductivité varie de 97 à 2450 µS/Cm . En dehors de certaines valeurs particulièrement élevées, les conductivités sont dans leur majorité relativement faibles et les eaux ont alors un faciès bicarbonaté calcique à sodi-potassique ; les points plus minéralisés ont tendance à évoluer vers un faciès plutôt chloruré calcique (figure II A) ; de ce fait les valeurs de conductivité élevées auraient un rapport avec la pollution par les latrines ou les ordures ménagères. Les eaux de forages toutes captées dans la nappe inférieure sont relativement faiblement minéralisées.

Dans les diagrammes de la figure II B et C, la conductivité semble être influencée par les nitrates et les chlorures, ce qui confirme la remarque précédente. Ces éléments sont indépendants de la profondeur du niveau piézométrique et de la distance au chari.

Le diagramme (figure III A) montrant la relation entre les nitrates et les chlorures, fait ressortir une relation entre ces deux éléments; ce graphique montre nettement deux tendances dans l'évolution des points hormis ceux qui évoluent uniquement en fonction des chlorures. Un groupe présente des teneurs en chlorures plus élevées, cependant dans les deux cas une relation entre chlorures et nitrates indique que ceux-ci proviennent, au moins pour partie, d'une même source de pollution (Kehew et al,1996; Pacheco et Cabrera, 1997; Hudak et Blanchard, 1997; in Hudak,P.F., 1999) ; par ailleurs pour ces groupes de points on note l'influence conjointe des chlorure et du sodium (figure III B). Comme il a déjà été souligné par Djoret (2000), les puits enrichis par ces deux éléments ont pour origine les déchets urbains riches en NaCl. Dans cette étude, il ressort que des puits pollués par les latrines peuvent avoir aussi des teneurs élevés en sodium.

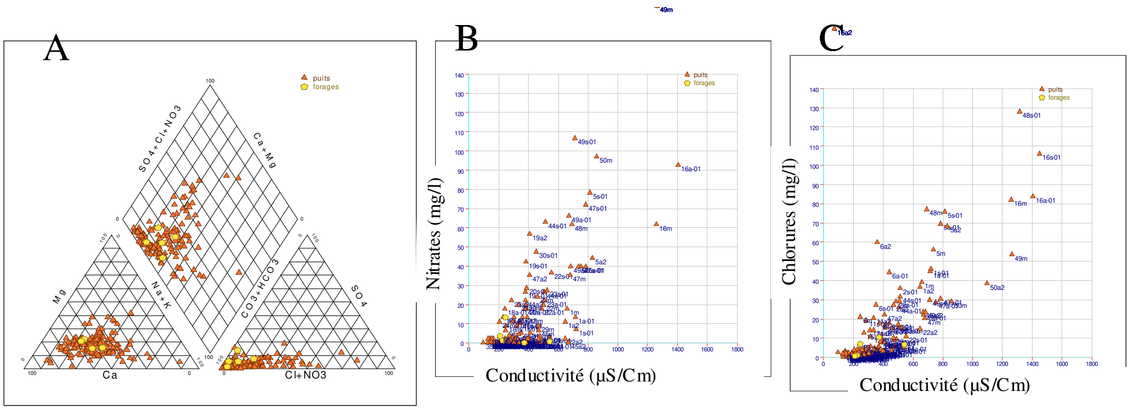

Figure II

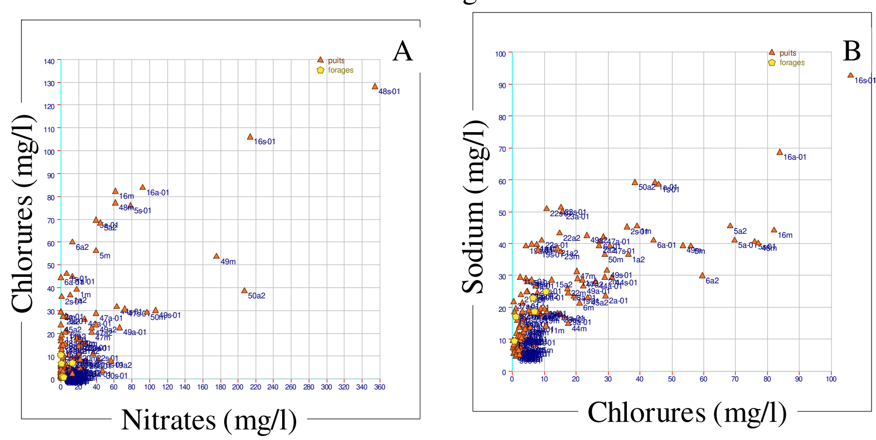

Figure III

La répartition spatiale des teneurs et des rapports entre éléments montre une grande dispersion au sein de l'aquifère, et les zones à teneurs élevées sont très localisées, faisant ressortir ainsi les sources variables d'apport des nitrates et des chlorures.

Nous remarquons que certains points comme les points 1, 5, 16, 44, 47 ou encore 48 s'enrichissent en polluants surtout au cœur de la saison des pluies (août – septembre). Cette évolution est à mettre en relation avec a position géographique des points. Les points 1 et 5 se trouvent à proximité du canal et il est probable que l'eau de ce dernier se soit infiltrée polluant ainsi ces points d'eau. Quant aux points 44 et 47, ils ont sans doute subit l'influence de l'eau ayant stagné dans les dépressions et qui se serait infiltré. Notons que le canal et les dépressions qui se trouvent dans la ville servent de zones où la population à tendance à jeter non seulement les ordures ménagères mais également les excréments humains. En ce qui concerne les points 48 et 6, situés non loin du fleuve, l'apport de polluants est probablement à mettre en relation avec un apport d'eau du fleuve vers la nappe tandis pour les points 16, 49 et 50 il serait plutôt dû à la remontée de la nappe induisant un lessivage de la zone non saturée car ils sont situés dans des zones préalablement remblayées par les ordures ménagères. L'apport de polluants a pu également se faire dans tous les points d'eau lors de la remonté du niveau piézométrique par suite du lessivage des latrines. L'évolution des points est visible aussi bien entre août et septembre 2001 qu'entre mai et août 2002 (figure II B et C).

CONCLUSION

Dans un contexte général d'eau douces, certains points apparaissent fortement minéralisés et concernent les puits les plus pollués c'est à dire ceux qui se trouvent à proximité du canal traversant la ville, a proximité des zones inondables ou encore du fleuve, et dans certaines zones ayant été remblayées au préalable par des ordures ménagères. Par ailleurs, les pics de pollution apparaissent au cœur de la saison des pluies, au moment de l'infiltration des eaux de surface ou encore lors de la montée du niveau piézométrique.

La répartition géographique très inégale des éléments indique des pollutions locales de la nappe. L'évolution spatiale et temporelle des éléments chimiques majeurs, dans le contexte hydrogéologique de Ndjaména, indique des pollutions provenant des ordures ménagères et des latrines ou encore des deux sources. Les mécanismes sont essentiellement liés aux infiltrations locales (canaux, mares..) et au fonctionnement de la nappe sous l'influence de la crue du Chari. La diversité des polluants issus en particulier des ordures ménagères rend difficile la détermination exacte des sources de pollution. Une en cours, comprenant des analyses isotopiques (pour mieux cerner le fonctionnement de la nappe) des éléments en trace et des coliformes fécaux devrait permettre de préciser ce problème.

BIBLIOGRAPHIE

1. BRGM (1988) – Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères superficielles de N'Djaména (Tchad) et recommandations pour les aménagements.
2. BRGM (1967) – Etude Géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'Ouest (Tchad), Comité Inter Africain Hydraulique (bureau technique), DAK 67 – A12.
3. British Geological Survey, Comision Nacional del Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del Leon et Universidad Autonoma de Chihuahua (1996) - Effet of wastewater reuse on urban groundwater ressource of Leon, Mexico – Final report, p.101.
4. Djoret Daïra (2000) - Etude de la recharge de la nappe du Chari- Baguirmi (Tchad) par les méthodes Chimiques et isotopiques-Thèse, Univ. Avignon.
5. Hudack,P.F.(1999) – chloride and nitrate distributions in Hickory aquifer, Central Texas, USA-Environment International 25, 4, p.393-401.
6. Joseph, A. et Bourema, O. (1988a) – Pollution nitratée dans la nappe alluviale du fleuve Niger à Niamey, Ann. Univ. Niamey, III, p.129
7. Schneider JL, Wolff JP (1992)- Carte géologique et cartes hydrogéologiques à 1/1 500 000 de la République du Tchad, mémoire explicatif, document du BRGM, n° 209, vol 1.
8. Schneider JL, Wolff JP (1992)- Carte géologique et cartes hydrogéologiques à 1/1 500 000 de la République du Tchad, mémoire explicatif, document du BRGM, n° 209, vol 2.
9. Tandia,A.A ; Diop,E.S. ; Gaye, C.B. (1999) – Pollution par les nitrates des nappes phréatiques sous environnement semi-urbain non assaini : exemple de la nappe de Yeumbeul, Sénégal – Journal of African Earth Sciences 29, 809-822.