Vulnérabilité à la pollution de laquifère alluvial de Bouchegouf (Algérie). Détermination des périmètres de protection des ouvrages de captage

R. NOUACER[1], A. HANI[1], L. DJABRI[1], H. MAJOUR[1], H. CHAFFAI[1]
[1]Département de Géologie, Université Badji Mokhtar Annaba, BP 12, 23000 Annaba, Algérie.

INTRODUCTION

L'aquifère alluvial de la dépression de Bouchegouf est alimenté essentiellement par les pluies et par les eaux de ruissellement sur les reliefs gréso- argileux bordants le bassin. Cependant, lintense activité industrielle qua connu la région pendant la dernière décennie a entraîné une dégradation de la qualité des eaux superficielles et souterraines. Lobjectif de ce travail est de faire le point sur les caractéristiques physiques de l'aquifère et d étudié la vulnérabilité des eaux de la région en s'appuyant sur la modélisation hydrodynamique et hydrodispersive.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

La région de Bouchegouf se présente sous la forme dune dépression bordée à l'ouest et au nord par des grès, au sud par des bancs de calcaires yprésiens constituant avec les précipitations les principaux apports à la nappe. Cette dépression est comblée par des alluvions déposées par la Seybouse sous la forme de trois terrasses ; haute, moyenne et basse. La région est caractérisée par un climat méditerranéen avec des précipitations moyennes de 670 mm et des températures qui oscillent entre 10.8 °C (février) et 27.7 °C (août). Le ruissellement serait de 100 mm et l'infiltration de près de 60 mm. Connue pour sa vocation agricole, Bouchegouf a connu ces dernières années un développement important de plusieurs activités industrielles qui rejettent leur déchets directement dans le réseau hydrographique en particulier dans l'oued Seybouse (Djabri *et al*, 2001 ; Djabri *et al*, 2003a). Cette situation a entraîné une dégradation de la qualité des eaux et présente une menace certaine pour lenvironnement.

Echantillonnage et analyse statistique

Afin de caractériser les eaux de la région d'étude, plusieurs campagnes de prélèvements ont été réalisés en 2001. Ces analyses ont été réalisées sur les eaux de surface et sur deux forages captants la nappe alluviale. Les paramètres analysés ont été essentiellement : conductivité à 20°C (microS/cm), résidu sec (RS ; mg/l), pH, température de l'eau (°C), DCO, germes et coliformes totaux, Cl, SO_4, HCO_3 et NO_3, NO_2, P_2O_5, NH_3, SiO_2, Fe, Na, K, Ca, Mg : mg/l). Dans tous les cas un tri a été effectué et les analyses qui présentaient une balance ionique douteuse ont été éliminées.

Dune manière générale, les eaux de surface présentent des teneurs assez importantes qui dépassent largement les normes de potabilité admises. Ces fortes teneurs peuvent avoir plusieurs origines ; géologique (gypse, grès et argile), lessivage des sols, activités bactériologiques, hydrolyse des silicates et les rejets de la levurerie (Djabri *et al*, 2003b). Le nombre infini de germes pathogènes indique une contamination biologique importante.

Tableau 1 : Paramètres statistiques des éléments physico-chimiques des eaux de surface.

	T	PH	CE	Cl	SO_4	HCO_3	NO_3	Ca	Mg	Na	K	NO_2	NH_3	SiO_2	P_2O_5	Fe
Moy.	19.7	7.6	2233	505.6	239.2	229.3	16.6	146.6	36.4	318	10 .4	3.4	6	8.5	15	0.6
Mini.	12	5. 0	1485	209.6	116.5	100.0	2.0	7.4	36.4	100	5.1	0.1	2.2	0.2	2.5	0.03
Maxi	34	8.3	31.90	749. 0	317.3	384.3	130	315.8	132.5	1120	100.4	23.5	40.4	80.5	62.5	11.1

les résultats des analyses chimiques effectuées sur les forages BS1 (situé à l'amont du point de rejet de la levurerie et alimentant l'usine) et B2 (situé à l'aval du point de rejet de la levurerie) montrent une eau fortement minéralisée avec des teneurs excessives en NO_3, NO_2, P_2O_5 et NH_3. Ces résultats montrent une dégradation de la qualité des eaux induite vraisemblablement par l'intense activité industrielle et les rejets effectués directement dans les cours d'eau.

Tableau 2 : Paramètres statistiques des éléments physico-chimiques des eaux souterraines.

	T	pH	CE	Cl	SO_4	HCO_3	NO_3	Ca	Mg	Na	K	NO_2	NH_3	SiO_2	P_2O_5	Fe
Moy.	19.3	7.2	2536	743.5	202.7	293.3	19.6	187.8	69.0	341.3	4.65	2.9	7.1	9.4	11.4	0.5
Mini.	18	7.1	1757	660.4	125.0	180.0	1.2	159.0	32.6	265.3	3.46	0.01	3.12	2.87	2.6	0.28
Maxi	21	7.5	3030	891.0	306.6	463.6	44.5	212.1	132.5	441.2	6.24	7.6	11.3	15.6	17.5	0.9

RESULTATS ET DISCUSSION

Modélisation des écoulements souterrains et de transferts de polluants

Le modèle mathématique que nous avons utilisé est le modèle numérique dit Modèle de Simulation des Aquifères « A.S.M. », mis au point par KINZELBACH et RAUSCH (1990). Il permet de simuler le comportement des écoulements souterrains par la résolution des équations par la méthode des différences finies. L'aquifère de Bouchegouf est divisé en 171 mailles carrées de 500 m de coté. Les conditions aux limites sont fixées en fonction de la géologie du terrain avec des limites à flux entrants au sud, au nord-ouest au sud-ouest et au nord-est correspondants aux grès numidiens et des limites à flux nuls à l'ouest et sud-est représentées par les argiles. Les limites à flux sortants sont localisées au nord. L'oued Seybouse et Mellah peuvent être considéré comme des limites à potentiel. Les caractéristiques géométriques et physiques sont fixées au milieu de chaque maille (fig.1).

Données prises en compte :

L'état de référence qui a permis de caler le modèle en régime permanent est la piézométrie de 1984 en période de basses eaux. Les perméabilités ont été déduites des transimissivités calculées à partir des pompages d'essais réalisés sur 15 forages. Les cotes du toit du substratum déterminées à partir du dépouillement des profils des sondages électriques. Les conditions aux limites et les conditions initiales sur les principaux oueds (Seybouse et Mellah) sont fixées en fonction du contexte géologique et de l'état de la piézométrie 1984. Le facteur de drainance permettant de calculer les débits échangés entre l'oued et la nappe a été déterminer selon la formule :

$$L = \frac{K'.S}{b.\frac{\Delta x}{\Delta y}}$$

avec : L : facteur de drainance ; K : perméabilité sous le lit de l'oued (m/s) ; b : épaisseur séparant l'oued de la nappe ; S : surface de l'oued dans chacune des mailles ; DxDy : surface de la maille.

Les débits extraits sur les quatre forages destinés à l'alimentation en eau potable B1, B2, BS2 et BS3 sont respectivement de l'ordre de 11.0 10^{-3} m^3/s, 9.5 10^{-3} m^3/s. 9.0 10^{-2} m^3/s et 8.0 10^{-3} m^3/s.

Le calage du modèle en régime permanent a été vérifié grâce à la bonne superposition des courbes piézométriques simulées et observées et à l'équilibre entre les entrées et les sorties. La carte piézométrique obtenue montre un resserrement des courbes indiquant un gradient hydraulique élevé dans le secteur Sud et un relâchement des isopièzes vers le Nord (fig. 2). Le drainage de la nappe par la Seybouse est très marqué. Les perméabilités calés montrent une diminution progressive des perméabilités du Sud vers le Nord. Les entrées, constituées essentiellement par les débits entrants par les bordures, sont de l'ordre de 3.6 m^3/s alors que les sorties principalement par les oueds sont de l'ordre de 3.48 m^3/s.

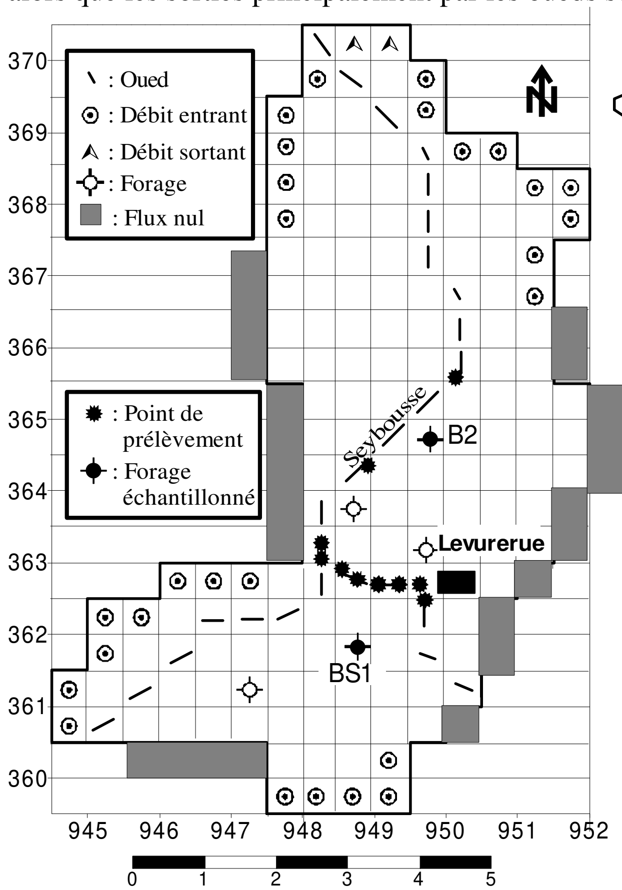

Fig. 1. Discrétisation de l'aquifère et conditions aux limites

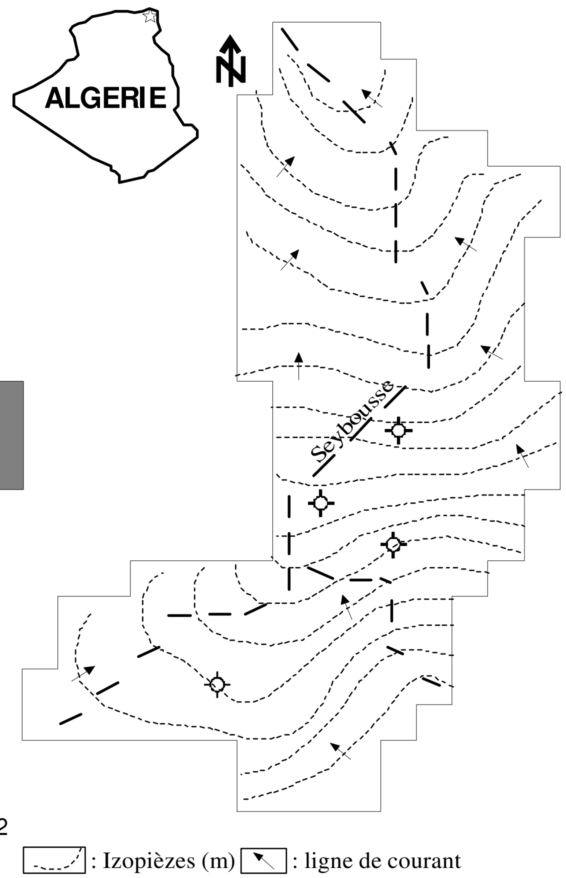

Fig. 2. Calage en régime permanent

Simulation de la pollution

Le modèle ASM permet aussi de simuler la propagation des pollutions dans les aquifères. Le polluant chimique se déplace au moyen de particules affectées chacune dune certaine masse, en tenant compte des phénomènes de dispersion longitudinale et transversale. Le polluant à une concentration donnée est réparti sous la forme de particules qui vont migrer au cours du temps sur une partie du maillage du modèle selon un algorithme de mouvement de particules calculé pour des pas de temps élémentaires auquel est associé une loi de probabilité de dispersion faisant appel à la méthode de Monté Carlo (marche au hazard).

Pathlines :

Connaissant la porosité effective et le facteur de retard nous pouvons tracer la ligne de courant sur laquelle se déplace le polluant selon les deux cas de figures suivants (fig. 3a-c); i) la source de pollution correspond au point de rejet de la levurerie de Bouchegouf (X = 949.50 et Y = 362.52). Dans ce cas le polluant mettra 30 jours pour atteindre le forage de captage. ii) la source de pollution correspond à l'oued au point le plus proche des captages (X = 949.20 ; Y = 364.75 ; X = 948.45 ; Y = 363.50 ; X = 948.85 ; Y = 363.05 ; X = 948.10 ; Y = 362.50). Le temps de transfert varie de 20 à 1000 jours.

Isochrones :

L'objectif est dévaluer le temps de transfert des polluants matérialisés par les Isochrones et donc d'estimer les périmètres de protection des ouvrages de captage. On notera que les polluants mettront 50 jours pour atteindre les captages (fig. 3d-g).

Inventaire des risques de pollution

Ainsi, dans la plaine de Bouchegouf les risques de pollution peuvent être de deux types (fig. 3h) : i) les pollutions diffuses marquées par la forte activité agricole avec lutilisation abusive des pesticides, les eaux usées domestiques et surtout par les rejets de la levurerie, ii) les pollutions accidentelles qui peuvent toucher toute la plaine et particulièrement les axes routiers (RN 16 et 20) et les pollutions transitant dans les oueds.

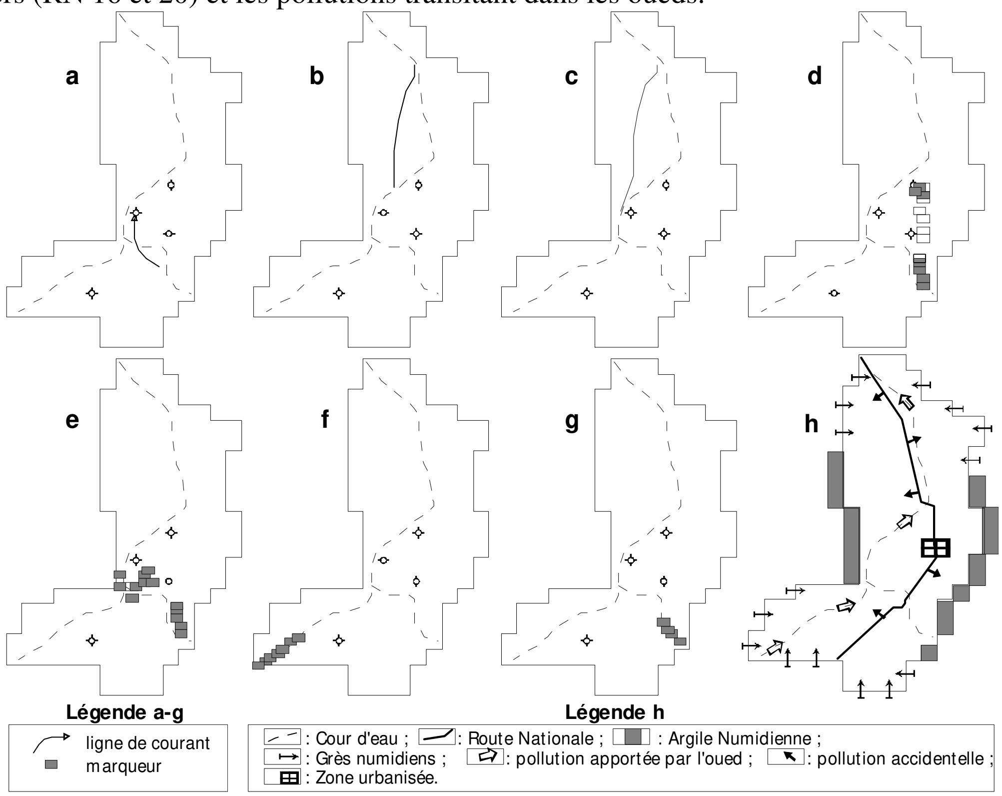

Fig. 3- Simulation de la propagation des polluants et risque de pollution.

CONCLUSION

La région de Bouchegouf renferme dans son sous-sol d'énormes possibilités aquifères avec une nappe alluviale avec de bonnes caractéristiques hydrauliques. Néanmoins l'accroissement des terres cultivées et l'implantation d'unités industrielles (la levurerie notamment) a conduit à la dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux de la nappe. Pour éviter que cette situation s'aggrave encore plus des mesures doivent être prises, telles que:

- *délimiter les périmètres de protection des ouvrages de captage ;*
- *traiter les eaux avant rejet;*
- *élaborer des études d'impacts avant de réaliser des projets qui peuvent porter atteinte à l'environnement et à la santé des populations.*

BIBLIOGRAPHIE

1. W. Kinzelbach and R. Rausch , 1990. Aquifer Simulation Model «ASM». Documentation, Version 2.0 (July 1990). Intern. Ground Water Modelling Center, The Netherlands.
2. L. Djabri, A. Hani, D. Messadi et J. Mudry,2001. Mise en évidence du processus de salinité des eaux superficielles. Vérification par les ACP dans le secteur Annaba-Bouchegouf-Guelma. Tribune de leau, vol. 54 - N° 610/2, pp. 29-43.
3. L. Djabri, R. Laouar, A. Hani, , J. Mania & J. Mudry, 2003a. The origin of water salinity on the Annaba coast (NE Algeria). IAHS Publ. No 280, 2003, pp. 229-235
4. **L. Djabri, A. Hani, R. Laouar, J. Mania, J. Mudry and A. Louhi, 2003b.** Potential pollution of groundwater in the valley of the Seybouse River, north-eastern Algeria. *Environmental Geology,* vol 44, no 6, pp. 738-744 .