Simulation de la pollution par les solvants chlorés des eaux souterraines de la zone industrielle de Khessibia (Wilaya de Mascra) en utilisant le model Biochlor

B.BEKKOUSSA [1], M.MEDDI [2] et H. AZZAZ[1]

[1] Laboratoire des Sciences et Techniques de lEau, Centre universitaire de Mascara Email: bekkoub@yahoo.fr

[2] Laboratoire Eau, Roche et Plante - Centre universitaire de Khremis Meliana Email: mmeddi@yahoo.fr

INTRODUCTION :

Les solvants chlorés sont des substances chimiques dont lutilisation est très répandue. Ils représentent un risque majeur de contamination pour lenvironnement et notamment vis à vis des eaux souterraines à cause de leurs comportements dinfiltration et de migrations dans le milieu souterrain.

La zone industrielle de Khessibia Wilaya de Mascara est le siège dune activité industriel intense impliquant le stockage, lutilisation et le rejet de ce genre de produits. Une simulation de la pollution de la nappe à partir de cette zone a été tentée en utilisant un model de prédiction et danalyse développée par lEPA (Environmental Protection Agency, USA), qui fait intervenir les différentes caractéristiques influençant le transport du panache de pollution et les mécanismes latténuation naturelle. Lobjectif de ce travail de modélisation est de cerner le risque de pollution par les solvants chlorés qui menace dun coté les eaux souterraines de la région étudiée et de lautre toute une population exploitant et sapprovisionnant exclusivement de ces eaux et la possibilité davoir une atténuation naturelle permettant de réduire voire éliminer ces contaminants.

DEFINITION DES SOLVANTS CHLORES :

Se sont des liquides incolores qui appartiennent à la famille des composés organo-halogénés volatils (COV). Ils sont composés dun ou deux atomes de carbone possédant un ou plusieurs atomes de chlore. Ils présentent des propriétés physiques et chimiques générales qui expliquent le risque quils présentent pour les eaux souterraines : ils sont fluides, solubles, volatils et denses (en général plus lourd que leau). Ils sont par conséquents susceptibles de migrer facilement en phase à travers la zone non saturée, et une fois au toit de laquifère tendent à couler jusqu'au substratum, ce qui rendra leur recuperation par les techniques de dépollution très hasardeuse. Sur le plan de la santé publique, les hydrocarbures chlorés volatils sont considérés comme substance cancérigène et possède une toxicité aiguë. Laction de ces produits peut se caractériser par des atteintes neurologiques, hépatiques, cardio-vasculaires et rénales.

ATTENUATION NATURELLE DES SOLVANTS CHLORES :

Latténuation naturelle est le processus se produisant naturellement dans les sols et les eaux souterraines, sans intervention humaine, visant à réduire la masse, la toxicité, la mobilité, le volume ou la concentration des contaminants dans ces milieux. Les processus pris en considération sont : la dispersion, la dilution, la volatilisation, ladsorption, les mécanismes de stabilisation ou de destruction des polluants, quils soient physiques chimiques ou biologiques (US. EPA, 1998).

Les solvants rentrent dans la famille des DNAPL (Dense Nanaqueous Phase Liquids) qui sont des composés relativement solubles dans leau et qui présentent une volatilité importante qui peut atteindre dans la zone non saturée où il se trouve sous forme de vapeur 3 à 6 celle de lair. Leur densité est supérieure à 1, ce qui contribue à favoriser leur écoulement vers le substratum de laquifère.

La biodégradation de ces produits seffectue principalement par déhalogénation réductrice qui se résume par lexpulsion du chlore du solvant.

Les molécules les plus chlorées sont sujettes au processus déhalogénation réductrice et se dégrade de façon séquentielle en dautre composés appelés métabolites.

MODEL BIOCHLOR :

BIOCHLOR est un logiciel danalyse développé par U.S EPA (Environmental Protection Agency) et programmé sous Microsoft Excel. Il simule la remédiation de la pollution par les solvants chlorés dans les eaux souterraines par atténuation naturelle RNA (Remediation by Natural Attenuation). Biochlor est basé sur un modèle analytique de transport de soluté appelé « Domenico Model » (Aziz et Al, 2000). Biochlor a labilité de simulé un transport de soluté avec une dispertion en 3-D, une adsorption linéaire et une biodégradation via une réaction de déhalogénation réductrice. Le model peut prédire la migration des solvants sous forme déthane (TCA) ou déthéne (PCE) et de leurs dérivés. On suppose également que les réactions biologiques se produisants sous le sol sont dune cinétique de premier ordre. Cette hypothèse est tout à fait légitime spécialement lorsque le nombre des micro-organismes qui peuvent dégrader le polluant est constant dans le site et lorsque les nutriments nécessaires à la biodégradation sont en abondance comme cest le cas dans le site étudié.

CARACTERISATION DU SITE :

Le site est situé à environ 15 Km au sud ouest de la ville de Mascara. Il correspond à un périmètre destiné aux rejets de trois unités industrielles situé à une centaine de mètres au nord. Cette région fait partie du bassin hydrogéologique de Ghriss (Fig. N°01), elle est constituée principalement de haut en bas par :

- Les alluvions récentes du Quaternaire, constituées par des argiles sableuses à graviers calcaires formant une nappe de faible potentialité ;
- Les calcaires lacustres blancs crayeux du Pliocène, relativement perméable et qui renferme la nappe la plus importante de cette zone ;
- Les marnes blancs plastiques du Miocène, ces formations sont quasi imperméables et forme le mur de la nappe précédente ;
- Les calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur qui constituent une formation aquifère assez profonde captée par quelques forages.

Les calcaires lacustres possèdent une transmissivité variant entre 10^{-2} et 10^{-3} m^2/s. La direction lécoulement de la nappe est du nord-est vers le sud-ouest (Sourisseau.B, 1971) sous un gradient hydraulique moyen de 0.01.

RESULTATS DE LA SIMULATION :

Une simulation des effets engendrés par une pollution par les solvants chlorés a été réalisée en utilisant le model Biochlor pour évaluer le risque encouru par les eaux souterraines de la région de la zone industrielle de Khessibia, a court et moyen terme. Le travail se subdivise en deux étapes :

La première étape consiste à comparer et analyser la concentration des différents solvants et de leurs métabolites en fonction de la distance par rapport au terme source et de constater leffet de la biodégradation sur la pollution.

La deuxième étape se résume par lobservation de linfluence du facteur temps dans latténuation ou laggravation de la contamination des nappes par les hydrocarbures halogénés.

Première étape :

Un temps de simulation fixe estimer à 15 ans a été adapté pour les divers composés. Les graphes des figures N° 01 représentent lévolution des concentrations des solvants chlorés dans les eaux de la nappe en foction de la distance transversale, sous leurs formes éthylène (PCE : Perchloroéthylène, TCE : Trichloroéthylène, DCE : Dichloroéthylène, VC : Chlorure de Vinyle) ou sous forme déthane (TCA : Trichloroéthane, DCA : Dichloroéthane et CA : Chloroéthane).

La présence en masse de lensemble des éléments dans le flux est en baisse sauf pour le VC et léthylène en cas de biodégradation. Ceci peut être expliqué par la production des ces deux composés par la destruction biotique des autres éléments. Laugmentation de la concentration du VC et de ETH est visible jusquà environ 200 m (500 ft). En cas de Biodégradation, Une diminution plus marquée de la concentration des produits dit primaire (PCE et TCA) qui se situe en haut de la chaîne et ceci dans les premiers 300 m (1000 ft).

La présence dune biomasse améliore beaucoup lélimination de ces contaminants et contribue à réduire leurs avancements. La concentration de presque tous les éléments étudiés dépasse largement les normes admises par lOMS pour les eaux de boisson jusquà 200 m.

<u>Deuxième étape :</u>

Une comparaison entre la migration des PCE a concentration fixe pour deux temps de simulation t_1= 5 ans et t_2= 30 ans (fig N°02) nous permet de constater que ces substances peuvent atteindre des distances très importantes allant jusquà 1 Km (3500 ft) et avec des proportions inquiétantes au sein de la nappe et en partant de la source de contamination. Cette migration est très réduite lors des premières années. Cette remarque est aussi vrai pour les autres substances étudiées.

CONCLUSION :

Létude résume une démarche de simulation de la pollution des eaux souterraines par les hydrocarbures chlorés aliphatiques plus communément appelés solvants chlorés en utilisant le model Biochlor, appliqué à la zone industrielle de Khessibia (Wilaya de Mascara). Les résultats mettent en évidence limportance de la biomasse pour atténuer la concentration de ces composés dans les eaux de la nappe. La présence de ces éléments très toxique avec des proportions alarmantes dépassant largement toutes les normes plus spécialement dans un rayon de 300 m menace directement les riverains qui salimentent exclusivement des eaux des puits. Un périmètre de sécurité devra être envisager. Cette détérioration des eaux de la nappe peut sétendre sur 1Km si des mesures ne sont pas prises pour arrêter la source de contamination.

Le model Biochlor peut être envisager pour une première estimation de la pollution par les solvants chlorés et éventuellement pour évaluer le rôle que joue une biodégradation dans le processus de migration. Néanmoins, une étude complémentaire et plus approfondie par un logiciel plus performant tel que MODFLOW (module : MT3DMS) reste indispensable pour une meilleure connaissance de la contamination dune nappe.

BIBLIOGRAPHIE :

1**Aziz. C.E., Newell. C.J., Gonzales, J.R., Haas, P., Clement, T.P., Sun, Y**., 2000. BIOCHLOR-Natural attenuation decision support system v1.0. Users Manual, U.S. EPA Report, EPA 600/R-00/008.

2**Lemiére. B, Seguin. J.J, Leguern. C, Guyonnet. D, Baranger. PH**, 2001, Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes. Document BRGM 300.

3**Nowak. C, Mossmann. J.R, Saada. A**, 2003, etat de connaissances sur latténuation naturelle : mécanisme et mise en Suvre. Rapport BRGM/RP-51960-FR.

4**Prabhakar Clement. T, Michael. J.T , Peter Lee**, 2001. A case study for demonstrating the application of U.S. EPAs monitored natural attenuation screening protocol at a hazardous
5waste site. Journal of Contaminant Hydrology (2002) 133-162.

6**Sourisseau.B** (1971) : Etude hydrogéologique de la plaine de Ghriss, Rapport, 83 p.

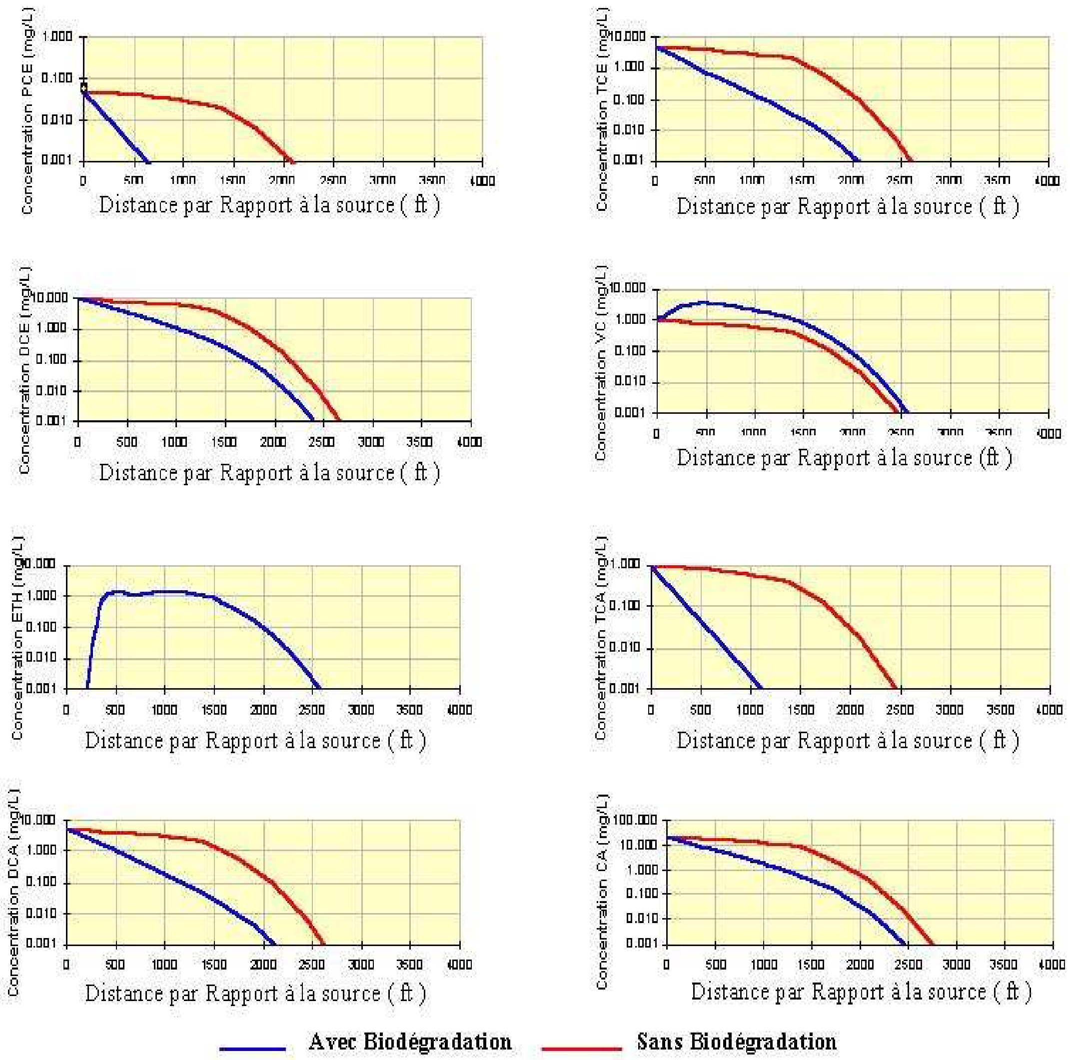

Fig N°02 : évolution de la concentration des composés en fonction de la distance par rapport à la source (t=15 ans).

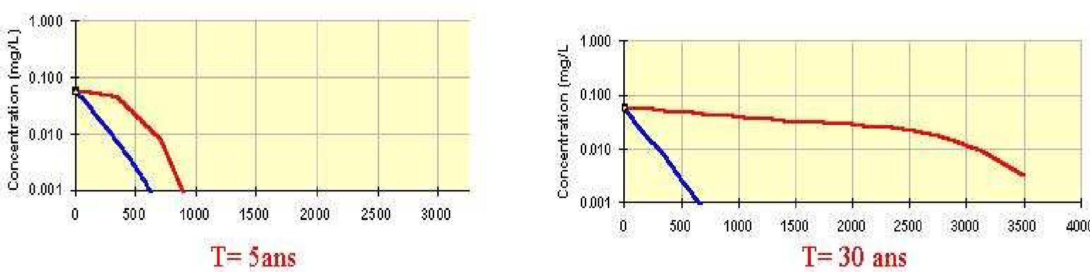

Fig N°03 : Evolution de la concentration des PCE pour deux temps de simulation.