QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE DE LA CRAIE DANS UNE ANCIENNE ZONE MINIERE

Frédéric Barrez, Jacky Mania , Jean-Louis Mansy , Francis Meilliez, Bogdan Piwakowski et Brigitte Van Vliet-Lanoe
UMR CNRS 8107 (LML) , UMR CNRS 8110 (PBDS) et Groupe électronique acoustique : IEMN-DOAE-UMR CNRS 8520
Université des Sciences et Technologies de Lille

INTRODUCTION

Le bassin minier représente une zone géographique qui réunit un ensemble de points sensibles dont celui de montrer une forte dégradation de la qualité des eaux souterraines du réservoir crayeux et des eaux superficielles. Le but est d'établir une synthèse des problèmes liés à l'eau (notamment sa pollution) sur le secteur de Carvin/Hénin-Beaumont/Douai et entre dans le cadre du Programme de Recherche Concertée avec la région Nord-Pas-de-Calais. De nombreux problèmes environnementaux sont rencontrés dans cette zone, liés particulièrement à une forte industrialisation et urbanisation. L'aquifère crayeux, utilisé comme principale ressource en eau, est souvent pollué par des nitrates, des sulfates ou par certains métaux lourds comme le nickel (Denimal et al., 2001).

GEOLOGIE GENERALE HYDROGEOLOGIE

La structure géologique de la zone d'étude peut être simplifiée à deux ensembles anisotropes se superposant. La couverture Crétacé/Tertiaire contenant le réservoir crayeux possède une structure horizontale plane. Elle surmonte un massif Paléozoïque nettement plissé et faillé.
L'aquifère exploité dans la zone Carvin/Hénin-Beaumont/Douai est celui de la craie. Les écoulements dans le massif crayeux sont facilités surtout par les fissures et secondairement par la matrice poreuse. La craie apparaît fortement productive sur les premiers mètres (largement fissurés par la décompaction actuelle et passée pour les niveaux situés sous le Tertiaire) ainsi que dans les zones fracturées et en fond de vallée. En profondeur, la porosité et la perméabilité diminuent significativement la caractérisant parfois comme un milieu aquiclude (Bracq, 1995).

Objectif : Il est de cerner au mieux la structure de la craie. Elle régit une grande partie des orientations naturelles des écoulements. Il sera donc nécessaire d'établir une géologie fine du secteur et de repérer les failles drainantes de celles qui peuvent servir de barrage à l'écoulement (emploi de la sismique haute résolution, sondages, prospection électrique…). L'ensemble des informations de la structure sera à mettre en relation avec les autres paramètres comme les variations piézométriques caractérisant le comportement hydraulique de la nappe.

Evolution piézométrique *:* La carte piézométrique « hautes eaux 2001 », a été obtenue par krigeage à partir des données fournies par le BRGM. Le sens général de l'écoulement de la nappe est dirigé du Sud-Ouest vers le Nord-Est. La surface de la nappe décrit un cône de rabattement dont le centre est localisé à proximité de La Neuville. Cette tendance a longtemps été amplifiée par les prélèvements d'une activité sucrière. Globalement, la nappe libre au Sud du canal de la Deûle passe progressivement à un état captif sous les formations du Tertiaire.

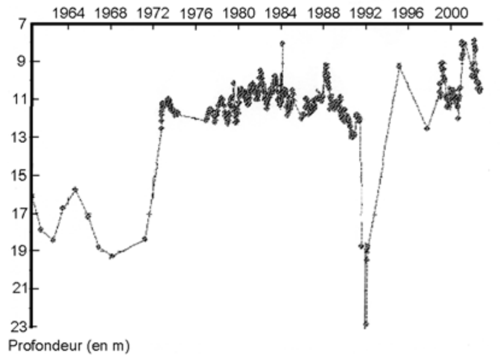

Figure 1 : Evolution du niveau piézométrique du forage d'Annay depuis 1960 (données ADES).

Ce forage est à proximité d'anciennes mines, c'est pourquoi la remontée de la nappe est si amplifiée. D'après l'étude 3H (Etude hydraulique, hydrogéologique et hydrochimique du bassin minier charbonnier du Nord-Pas-de-Calais, 1999), le relèvement du niveau de la nappe pourrait être sur l'ensemble du secteur compris entre 2 et 4 m. Cette remontée doit modifier les lignes d'écoulement et peut constituer de sérieux problèmes d'inondation dans les zones où la nappe est peu profonde.

EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN NITRATE ET SULFATE.

EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN NITRATE :.De nombreux facteurs peuvent être pris en compte : le flux spécifique d'azote émis à la surface du sol, la nature des formations superficielles, la dilution par la pluie.Les teneurs en nitrate les plus élevées sont situées au Sud du Canal de la Deûle où affleure la craie, ce qui la rend plus vulnérable. Ces terrains sont largement cultivés au Sud d'Hénin-Beaumont et très urbanisés dans le triangle Carvin/Hénin-Beaumont/Douai.Au Nord et à l'Est du Canal de la Deûle une réaction de dénitrification se produit sous le recouvrement du Tertiaire. Il est possible que la réaction puisse être en partie hétérotrophe en utilisant la matière organique (comme nutrient) et l'oxygène des nitrates , ou autotrophe en utilisant la pyrite (Bernard et Caulier, 1990).

EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN SULFATE : Dans ce secteur, les travaux antérieurs de Bernard (1979) et Droz (1985) supposent plusieurs sources de sulfates possibles dans l'origine de la minéralisation de l'aquifère de la craie :la dissolution des minéraux évaporitiques présents dans la formation des Calcaires carbonifères qui est à l'origine d'eaux fortement minéralisées pouvant localement contaminer l'aquifère de la craie par drainance per ascensum ;l'infiltration d'eaux sulfatées issues de la mise en solution du gypse contenu dans la couverture cénozoïque (argiles de Louvil et sables d'Ostricourt) par drainance per descensum ;les ions sulfate d'origine anthropique provenant des rejets et traitement d'eaux usées et/ou des pratiques agricoles ; les pluies polluées de la région urbaine (foyers domestiques ou fumées industrielles) avec 180 mg/l dans la pluie d'octobre 1988 ! ;l'altération météoritique des terrils pour lesquels l'oxydation de la pyrite contenue dans les schistes houillers peut conduire à un transfert d'ions sulfates vers la nappe (Denimal et al. ; 2001).

Le passage de la nappe en captivité conduit à un milieu réducteur, permettant à l'action des bactéries sulfato-réductrices de diminuer en grande partie la concentration en sulfate.

Le niveau de la nappe, la quantité et la fréquence des pluies, les remobilisations naturelles (glissements) ou anthropiques (nivellement) des terrils… sont autant de facteurs qu'il faudrait prendre en compte. Ici, la quantité des données ne permet pas d'apprécier justement l'évolution des sulfates sur ce secteur.

INFLUENCE DES TERRILS SUR LES SULFATES ET NITRATES

Les données de quatre captages ont été analysées (données DDASS). Deux forages sont en amont d'un terril (F1 et F2, amont du terril Ouest) et deux autres sont en aval hydraulique d'un autre terril (F3 et F4 en aval du terril Est).

Les données en sulfate et nitrate de ces captages sont représentées en figure 3. On note que les forages situés à l'amont hydraulique du premier terril ont une forte concentration en nitrate (de l'ordre de la centaine de mg/l) mais faible en sulfate (50mg/l environ). Les forages situés en aval hydraulique du terril plus à l'Est ont une eau nettement plus chargée en sulfate (très souvent supérieur à la C.M.A.) mais beaucoup moins riche en nitrate. Il semble y avoir un lien entre la concentration en sulfate et celle en nitrate : il apparaît graphiquement pour les forages F3 et F4 que plus la concentration en sulfate est élevée, plus celle en nitrate est faible. Si l'on considère que l'eau qui serait en amont hydraulique du terril Est aurait à peu près la même composition chimique en sulfate et nitrate que celle en amont hydraulique du terril Ouest, il y aurait alors une dénitrification. La nappe est libre dans ce secteur et la craie est sub-affleurante.

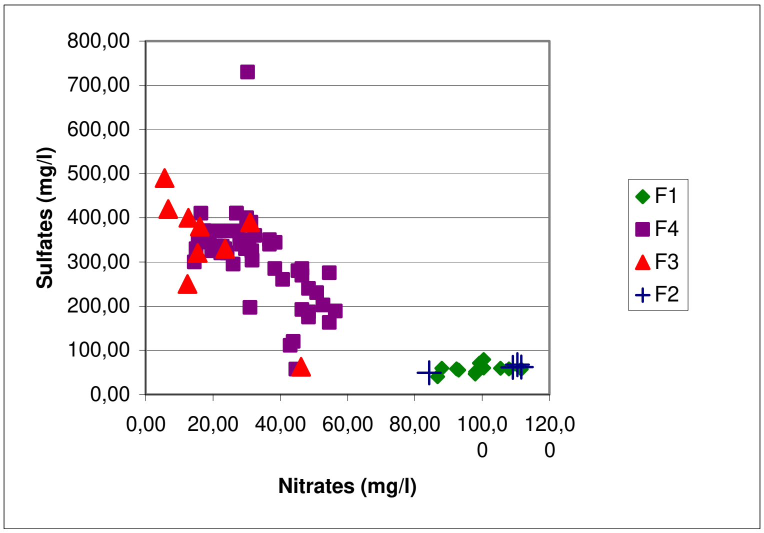

Figure 3 : Concentrations en sulfate et nitrate de quelques forages de Noyelles-sous-Lens (données DDASS de 1980 à 2001).

Le drainage acide minier résulte de l'oxydation des sulfures. L'oxydation de la pyrite est une réaction exothermique qui conduit à la formation d'ions sulfates. Les réactions correspondent à différents stades de la réaction complète (Rose and Cravotta, 1998) :

Les réactions peuvent être catalysées par différentes espèces de bactéries (*Thiobacillus*). Denimal et al. (2001) ont mis en évidence un départ de sulfates dans la nappe de la craie à partir des terrils dû à l'oxydation de la pyrite contenue dans les stériles houillers.

La pyrite peut aussi conduire à une dénitrification en milieu acide. La réaction peut de même que celles précédemment vues être catalysée par différentes bactéries telles que *Thiobacillus*. Elle s'écrit alors (Pauwels and Talbo, 2004):

On peut alors imaginer l'hypothèse suivante:

- L'oxydation de la pyrite conduit à la formation de sulfate ainsi que de protons,
- Les protons issus de cette réaction sont récupérés et, associés aux nitrates et à la pyrite conduisent à la formation de N_2 et donc à une forme de dénitrification, ainsi que la formation de sulfates.

Cet ensemble de réactions expliquerait l'importance des concentrations en sulfate (plusieurs réactions s'ajoutent pour aboutir à une mise en solution massive des sulfates) et la diminution de la quantité de nitrate (mais relativement moindre que le départ de sulfate).

CONCLUSIONS

L'arrêt des prélèvements dus aux activités minières a permis un relèvement du niveau de la nappe non négligeable. Ceci aboutit directement à une redistribution des écoulements et des zones inondables particulièrement à proximité du Canal de la Deûle, secteur marécageux. Mais le triangle Carvin/Hénin-Beaumont/Douai est aussi marqué par une dégradation des eaux de la nappe due à une forte industrialisation et urbanisation. L'augmentation des concentrations en nitrate serait à rattacher aux rejets agricoles et urbains. Plusieurs sources de sulfate ont pu être mises en évidence par le passé : les industries, les terrils, l'oxydation de la pyrite des terrains du Cénozoïque…En même temps, des processus naturels de dépollution apparaissent : en passant en captivité les concentrations en sulfate de la nappe de la craie diminuent sous l'impulsion des bactéries sulfato-réductrices et l'oxydation de la pyrite contenue dans les terrains du Tertiaire conduit à une dénitrification. Ces phénomènes sont assez complexes dans le détail dépendant des paramètres physico-chimiques tels que le potentiel d'oxydo-réduction. Enfin, il est possible que les terrils, conduisent à un processus de dénitrification. La prochaine étape consistera à vérifier cette hypothèse en nappe libre, avec absence de recouvrement tertiaire, par des mesures en amont et aval hydraulique de part et d'autre d'un terril.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bernard D. (1979).- Contribution à l'étude hydrogéochimique de la nappe de la craie dans le Nord de la France. Etat et acquisition du chimisme de l'eau. *Thèse de 3è cycle, Université de Lille.*
2. Bernard D., Caulier P. (1990).- Exploitation d'eau souterraine potable dans la nappe de la craie en position captive dans le Nord-Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord* CIX, 121-124.
3. Bracq P. (1995).-« L'effet d'échelle sur le comportement hydrodynamique et hydrodispersif de l'aquifère crayeux : apports de l'analyse morphostructurale ». *Ann. Soc. Géol. Nord*, t.4 (2éme série), p. 21-29
4. Denimal S., Barbecot F., Dever L., Tribovillard N., Meilliez F. (2001).- Traçage chimique et isotopique des eaux souterraines en relation avec les eaux de lixiviation de terrils, bassin minier du Nord-Pas-de-Calais (France). Bull. Soc. Géol. France, t. 172, 111-120.
5. Pauwels H, Talbo H. (2004).- Nitrate concentration in wetlands : assessing the contribution of deeper groundwater from anions. *Water Research*, 38, 1019-1025.
6. Rose A.W., Cravotta III C.A. (1998). Geochimistry of coal mine drainage. *In*: The Pennsylvan Department of Environmental Protection (ed.), *Coal mine drainage prediction and pollution prevention in Pennsylvania*, 1-22.