



Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2001

L. Vaute,

avec la collaboration de
F. Bastien, A. Douche et M. Jozefiak

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 01-DEP-500

Avril 2002
BRGM/RP-51616-FR



Synthèse

La fermeture des exploitations du minerai de fer lorrain, entre les vallées de la Moselle et de l'Othain, et l'arrêt généralisé des pompages d'exhaure au niveau du bassin ferrifère de Briey (parties Centre et Sud) sont à l'origine de l'ennoyage progressif des terrains et de la minéralisation importante de l'eau souterraine. La remontée du niveau de l'eau s'est poursuivie jusqu'à ce qu'un équilibre soit trouvé entre les apports d'eau (la pluie) d'une part, et les débits de débordement (galeries aménagées), de fuite et de drainage (sources) d'autre part.

Cet équilibre est différent de celui qui existait avant l'exploitation minière, car la création de galeries et de drains, ainsi que la fracturation de l'écran imperméable qui sépare la formation ferrifère et les calcaires du Dogger, ont considérablement modifié la perméabilité locale de la roche, la nature et les axes de circulation de l'eau souterraine. Par ailleurs, l'immersion des parois laissées au contact de l'air pendant des décennies a entraîné une forte minéralisation de l'eau qui s'est chargée, entre autres éléments, du sulfate issu de l'oxydation de la pyrite des interbanes marneux.

L'ennoyage des deux réservoirs miniers Sud et Centre du bassin ferrifère lorrain (bassin de Briey) est terminé respectivement depuis octobre 1998 et mars 1999. On dispose actuellement de 3 années d'observations – niveaux piézométriques, débits et qualité des eaux souterraines – depuis cet événement majeur. Les principaux résultats sont présentés chaque mois dans la chronique d'information « Bassin ferrifère : Surveillance Eau », disponible sur le site Internet de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse. Le présent rapport annuel est destiné à faire une synthèse détaillée de l'ensemble des observations recueillies en 2001, en les replaçant dans leur contexte géographique et historique.

Au total, 37 points ont fait l'objet d'un suivi quantitatif et/ou qualitatif en 2001, dont 19 pour les réservoirs miniers et 18 pour les calcaires du Dogger. Tous les renseignements disponibles sur les points d'accès aux réservoirs miniers sont résumés dans des fiches « Environnement minier » annexées au rapport.

Au 31 décembre 2001, un volume d'environ 289 millions de m³ d'eau s'est écoulé du réservoir Sud en 38 mois, soit en moyenne 250 000 m³/j. Ce volume représente entre 1,2 et 1,4 fois le volume estimé du réservoir Sud (210 à 230 Mm³). De janvier 1999 à décembre 2001, un volume d'environ 31,5 millions de m³ d'eau (Mm³) s'est écoulé du réservoir Centre en presque 36 mois, à un débit moyen d'environ 29 000 m³/j. Ce volume représente seulement 15 à 20 % du volume estimé du réservoir (150 à 170 Mm³). Si les fuites du réservoir Centre sont toutes connues et correctement estimées, le volume moyen journalier écoulé du réservoir Centre serait ainsi environ 8,5 fois plus faible que celui du réservoir Sud.

Dans chaque réservoir, les niveaux piézométriques mesurés en différents points sont très proches, ce qui démontre l'excellente continuité hydraulique existant en leur sein. Le battement maximal du niveau du réservoir Sud est de près de 1 m, contre presque 7 m pour le réservoir Centre.

Depuis 1999, la nappe du Dogger a trouvé un nouvel équilibre hydrodynamique. L'ennoyage des réservoirs a provoqué une forte remontée de la nappe à la périphérie et au centre des bassins. Les réservoirs miniers ennoyés conservent cependant leur rôle de drainage général de la nappe du Dogger.

Dans les réservoirs miniers, les eaux sont fortement minéralisées : les concentrations en sulfate, sodium et magnésium sont très supérieures aux CMA. D'autre part, ces eaux sont caractérisées par des concentrations en éléments indésirables parfois plus fortes que les CMA : ceci concerne les éléments fer, manganèse et bore, ainsi que les indicateurs de contamination humaine « indice hydrocarbures totaux », « indice phénols » et ammonium. A l'exception du nickel – de façon ponctuelle –, les concentrations en éléments toxiques sont toujours inférieures aux valeurs limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine actuellement en vigueur en France.

L'origine possible de l'ensemble de ces composés a été indiquée. Certains composés sont dissous lors de la circulation des eaux souterraines dans les couches de minerai (fer, manganèse, nickel), d'autres pendant la circulation des eaux dans les interbanes marneux (ions majeurs, bore), d'autres enfin sont des contaminants d'origine humaine liés aux anciennes activités en fond de mine ou en surface, ou aux activités actuelles de surface (ammonium, hydrocarbures, phénols).

La concentration des eaux prélevées dans les puits miniers du réservoir centre est stable depuis trois ans, même si la concentration mesurée au niveau des fuites vers le Chevillon a baissé notablement (effet probablement très local, en raison d'une configuration géologique particulière). Au contraire, les concentrations dans les puits du réservoir sud ont baissé sensiblement : - 44 % pour Roncourt I, - 40 % pour Droitaumont II, - 20 % pour Paradis V, et - 35 % à la galerie de Moyeuivre. On peut penser que cette situation est due au bien meilleur renouvellement du volume d'eau contenu dans le réservoir sud que de celui contenu dans le réservoir centre.

Dans l'aquifère des calcaires du Dogger, les teneurs des différents éléments correspondent aux valeurs habituelles de l'eau souterraine emmagasinée dans cette roche ; globalement, la qualité des eaux souterraines y reste stable. Localement, certains forages peuvent être contaminés par un ou plusieurs composés, selon la proximité d'une source de contamination et le contexte hydrogéologique local. On remarquera que la contamination de la nappe des calcaires du Dogger par infiltration d'eau de rivière minéralisée (elle-même contaminée par des rejets de soutien d'étiage ou des rejets de nanofiltrats) est un phénomène assez général, observé autant dans le bassin Sud que dans le bassin Centre. Par contre, aucune observation ne montre de contamination de la nappe du Dogger par remontée d'eau d'ennoyage.

Le réseau de surveillance des eaux souterraines sera étendu en 2002 et 2003, dans le but d'une part de mieux connaître les relations hydrauliques entre les réservoirs Centre et Sud (6 piézomètres opérationnels en janvier 2002), et d'autre part pour préciser le rôle de l'ennoyage du bassin Centre sur la nappe du Dogger dans le secteur de la faille de Fontoy, en limite des bassins Centre, Nord et Burbach (2 piézomètres en 2003).

Sommaire

Synthèse	3
Sommaire	5
Liste des figures	6
Liste des annexes	8
Introduction	9
1. Contexte général	11
1.1 Situation géographique	11
1.2 Cadre géologique et hydrogéologique	11
1.2.1 Morphologie du gisement	11
1.2.2 Nature des niveaux géologiques	14
1.3 Rappels sur la pratique des exhaures	17
1.3.1 Conditions de mise en oeuvre.....	17
1.3.2 Conséquences des exhaures	17
1.4 Présentation du phénomène d'ennoyage	19
1.4.1 L'arrêt des exhaures	19
1.4.2 La stabilisation de l'ennoyage	19
1.4.3 Les conséquences de l'ennoyage	21
1.4.4 Les mesures d'accompagnement.....	22
2. Le réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère	23
2.1 Surveillance des réservoirs miniers.....	23
2.1.1 Les points d'observation.....	23
2.1.2 Le problème de la représentativité des échantillons	25
2.2 Surveillance des calcaires du Dogger	28
3. Extensions du réseau de surveillance des eaux souterraines en 2002 et 2003 ..	29
3.1 Etude des relations bassin Centre – bassin Sud	29
3.2 Etude des relations bassin Centre – bassin Nord	29
3.2.1 Objectif de l'étude	29
3.2.2 Résumé de l'étude hydrogéologique du groupe d'experts	30
3.2.3 Documents rassemblés ou créés	31
3.2.4 Choix des sites d'implantation des deux piézomètres	32

4. Evolution des débits et des niveaux piézométriques	43
4.1 Réservoir Sud.....	43
4.2 Réservoir Centre	51
4.3 Calcaires du dogger du bassin Sud	55
4.3.1 Ouvrages dont le niveau est mesuré depuis 1995	55
4.3.2 Nouveaux ouvrages créés en 1999	60
4.4 Calcaires du Dogger du bassin Centre	63
4.4.1 Ouvrages dont le niveau est mesuré depuis 1995	63
4.4.2 Nouveaux ouvrages créés en 1999	63
4.4.3 Source de Mance.....	64
4.5 Galeries de Fontoy et de Burbach.....	64
5. Surveillance de la qualité des eaux souterraines.....	65
5.1 Paramètres physico-chimiques et ions majeurs	65
5.1.1 Réservoirs miniers	65
5.1.2 Calcaires du Dogger	70
5.2 Eléments indésirables.....	81
5.2.1 Réservoirs miniers	81
5.2.2 Calcaires du Dogger	84
5.3 Eléments toxiques – nickel (figure 42)	92
Conclusion.....	95
Bibliographie.....	99

Liste des figures

Figure 1 – Contexte géographique et hydrogéologique.	12
Figure 2 – Coupe géologique ouest-est du bassin ferrifère lorrain	13
Figure 3 – Coupe stratigraphique schématique (Kimmel, 2000).	15
Figure 4 – Schéma conceptuel des écoulements souterrains dans les calcaires du dogger et le réservoir minier (d’après SCM et AERM, modifié).....	18
Figure 5 – Points de débordement, de soutien d’étéage et d’exhaure minière.	20
Figure 6 – Le réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère.....	27
Figure 7 – Surveillance piézométrique des calcaires du Dogger dans le secteur de Fontoy – Localisation géographique des piézomètres à implanter.....	34

Introduction

Pendant plus d'un siècle, les mines de fer de Lorraine ont exploité une couche minéralisée riche en minerai de fer (Aalénien) entre les vallées de la Moselle et de la Meuse, notamment dans le bassin de Briey. Le minerai était extrait de la manière suivante : des galeries étaient percées (traçage), puis le minerai était extrait entre les galeries jusqu'à ne laisser que de minces piliers, enfin les piliers étaient détruits à l'explosif (dépilage). L'effondrement des galeries abandonnées a provoqué la fracturation du calcaire sus-jacent (calcaires du Dogger).

Ainsi, l'extraction du minerai de fer, qui s'est effectuée sous la vaste nappe des calcaires du Dogger, a mis en communication hydraulique ces deux niveaux et a causé le dénoyage progressif de la nappe du Dogger par vidange dans les galeries minières. Pendant toute la durée de l'exploitation, cette eau a donc été pompée (exhaure) et rejetée massivement dans les cours d'eau, conduisant à leur artificialisation. En outre, la quasi-totalité de l'alimentation en eau potable ou industrielle de la région était effectuée grâce à cette ressource abondante et facile d'accès.

L'arrêt de l'extraction du minerai depuis une dizaine d'années, et surtout celui des pompages d'exhaure à partir de 1993 pour le réservoir Centre, et 1995 pour le réservoir Sud, a entraîné l'ennoyage du réseau de galeries minières et de la base des calcaires du Dogger. Les principales conséquences de l'ennoyage sont :

- La modification du régime des nappes d'eau souterraine et des rivières.
- La détérioration de la qualité de l'eau souterraine par augmentation de la minéralisation.
- L'arrêt de la fourniture d'eau d'exhaure pour l'alimentation en eau potable des collectivités et l'alimentation en eau industrielle.

Face à ces problèmes d'ampleur régionale, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et la DIREN Lorraine ont engagé des actions de prévention et de protection de la ressource. Ces actions doivent s'appuyer sur un contrôle précis de l'évolution du phénomène dans le temps et l'espace. A cette fin, l'Agence de l'eau et la DIREN Lorraine ont demandé au BRGM (Service Géologique Régional Lorraine) d'assurer, dans le cadre de ses actions de Service Public, le suivi d'un réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère.

Ce rapport présente les moyens de surveillance mis en place par l'Agence de l'eau dans le bassin ferrifère depuis 1994, et résume les événements survenus pendant l'année 2001. Les données fournies par la société Lormines, l'ancien exploitant minier (niveaux piézométriques et résultats d'analyse jusqu'à la fin de l'année 2000), par la société Bail Industries (niveaux piézométriques), et par les DDASS de Meurthe-et-Moselle et de Moselle (résultats d'analyse d'eau brute), sont aussi présentées et interprétées.

1. Contexte général

1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les exploitations minières de fer en Lorraine se situent sous le plateau du revers occidental de la côte de Moselle, à l'ouest d'une ligne Thionville - Metz - Nancy. Les bassins concédés s'étendent ainsi sur environ 100 km du nord au sud, entre la frontière franco-luxembourgeoise et Nancy, pour une largeur qui varie entre 10 et 30 km. Ils intéressent trois départements qui sont, d'est en ouest, la Moselle, la Meurthe-et-Moselle et, pour une faible part, la Meuse.

Le gisement, qui affleure en particulier le long de la côte de Moselle, s'interrompt sur près de 25 km en son centre, entre Pagny-sur-Moselle et Pont-à-Mousson. Cette discontinuité partage la région en deux zones distinctes :

- Le bassin ferrifère de Nancy au sud,
- Le bassin ferrifère de Briey - Longwy au nord.

Le réseau de surveillance mis en place se rapporte aux nappes d'eau souterraine présentes dans ce dernier bassin (figure 1), dont l'extension globale est d'environ 50 km du nord au sud pour 30 km de large.

D'un point de vue hydrographique, ce même bassin de Briey se divise en trois bassins versants principaux : l'Orne au sud et la Fensch au nord-est, qui sont des affluents de la Moselle, et l'Othain au nord-ouest, qui se jette dans la Meuse.

1.2 CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

1.2.1 Morphologie du gisement

La couche de minerai de fer est d'âge aalénien. Elle affleure à l'est, au niveau des escarpements qui bordent la vallée de la Moselle, puis s'enfonce vers l'ouest avec un pendage moyen de l'ordre de 3 %, pour atteindre une profondeur d'environ 300 m à l'aplomb des limites de la zone exploitable et concédée. Le lecteur trouvera en annexe 6 trois cartes topographiques du toit et du mur de la formation ferrifère, ainsi que du toit de la couche grise, niveau géologique repère et couche principalement exploitée.

Sa structure s'inscrit dans celle de l'est du bassin parisien : de la sorte, la couche minéralisée aalénienne repose en conformité sur l'étage terminal du Lias, le Toarcien.

D'autre part, elle est progressivement recouverte d'est en ouest par la succession des formations calcaires et marneuses du Jurassique moyen, constituant ainsi la série sédimentaire complète du Dogger (figure 2).

Conclusion

Le bassin ferrifère lorrain est un système hydrodynamique et chimique complexe, formé par la superposition d'un aquifère calcaire fracturé et localement karstique (nappe du Dogger) et d'un aquifère artificiel constitué de grands vides anastomosés (réservoir minier). Dans la continuité du suivi initié en 1995, la surveillance de la quantité (niveaux, débits) et de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2001 a permis d'une part de mieux comprendre le fonctionnement de ce système, et d'autre part de continuer la constitution d'un ensemble de bases de données (géographiques, géologiques, minières, hydrodynamiques, chimiques, etc.) vouées aux eaux souterraines. A l'échelle du bassin, ces données serviront à nourrir les modèles de gestion des eaux souterraines et de surface en cours de développement ; à l'échelle locale, elles servent déjà à alimenter les études hydrogéologiques et environnementales. Les principaux résultats obtenus de 1995 à 2001 sont résumés ci-après.

Au 31 décembre 2001, un volume d'environ 228 millions de m³ d'eau s'est écoulé du réservoir Sud par la galerie de Moyeuve depuis le débordement du 28 octobre 1998 (3 ans et 2 mois). Le volume écoulé par les fuites depuis le 1^{er} septembre 1998 étant estimé à environ 61 millions de m³ (20 % du volume total), c'est un volume total de 289 millions de m³ qui s'est écoulé du réservoir Sud en 38 mois, soit en moyenne 250 000 m³/j. Ce volume représente entre 1,2 et 1,4 fois le volume estimé du réservoir Sud (210 à 230 Mm³).

De janvier 1999 à décembre 2001, un volume d'environ 31,5 millions de m³ d'eau (Mm³) s'est écoulé du réservoir Centre par les galeries et les fuites. La répartition est la suivante : galerie du Woigot : 20,7 Mm³, soit 65 % du total ; galerie de Bois d'Avril : 1,3 Mm³, soit 5 % du total ; fuites diffuses : 9,5 Mm³ au moins, soit 30 % du total. Ce volume total de 31,5 millions de m³ s'est écoulé du réservoir Centre en presque 36 mois (d'après le modèle des fuites, le début des fuites s'est produit le 14 janvier 1999), donc à un débit moyen d'environ 29 000 m³/j. Si les fuites du réservoir Centre sont toutes connues et correctement estimées, le volume moyen journalier écoulé du réservoir Centre serait ainsi environ 8,5 fois plus faible que celui du réservoir Sud (250 000 m³/j).

Le volume total écoulé du réservoir centre représente seulement 15 à 20 % du volume estimé du réservoir (150 à 170 Mm³), ce qui pourrait expliquer la différence d'évolution des concentrations en sulfate dans les réservoirs sud et centre : l'eau du réservoir centre étant renouvelée beaucoup plus lentement, les concentrations y resteraient élevées plus longtemps. Cependant, une incertitude pèse sur l'estimation des fuites du réservoir centre. Les mesures qui seront réalisées sur les nouveaux piézomètres implantés par l'Agence de l'eau entre les réservoirs sud et centre devraient permettre d'affiner les hypothèses qui sont à la base du calcul du débit de fuite.

Dans chaque réservoir, les niveaux piézométriques mesurés en différents points sont très proches, ce qui démontre l'excellente continuité hydraulique existant en leur sein. Le battement maximal du niveau du réservoir Sud est de près de 1 m, contre presque 7 m pour le réservoir Centre.

Depuis 1999, la nappe du Dogger a trouvé un nouvel équilibre hydrodynamique. L'ennoyage des réservoirs a provoqué une forte remontée de la nappe à la périphérie et au centre des bassins. Dans le bassin Sud, les mesures effectuées (en particulier sur 4 nouveaux piézomètres) précisent l'organisation des écoulements dans les calcaires du Dogger, et l'ordre de grandeur des différences de niveau piézométrique en certains sites : en bordure immédiate du réservoir Sud, mais à l'écart des travaux miniers, le niveau de la nappe du Dogger est supérieur de 10 à 20 mètres au niveau du réservoir minier ; à l'aplomb des zones tracées, le niveau de la nappe du Dogger est supérieur de 1 à 2 m au niveau du réservoir minier ; enfin, à l'aplomb des zones dépilées, le niveau de la nappe est supérieur de quelques dizaines de cm seulement au niveau du réservoir minier.

Le réservoir minier ennoyé conserve donc son rôle de drainage général de la nappe du Dogger. Au-dessus des travaux miniers, la surface piézométrique de la nappe principale des calcaires du Dogger est déprimée, et présente probablement un relief « bosselé » : les creux correspondraient aux zones de drainage plus important (zones dépilées ou fracturées), les bosses seraient liées aux zones de drainage moindre (zones tracées ou de perméabilité verticale plus faible).

Dans le bassin Centre, les zones dépilées se comportent aussi comme des zones de drainage de l'aquifère des calcaires du Dogger : lorsqu'elles atteignent la nappe principale du Dogger, les eaux de pluie infiltrées dans les calcaires sont drainées vers la zone dépilée sous-jacente et atteignent ensuite le réservoir minier Centre. Néanmoins, les circulations verticales se font beaucoup moins facilement sur le site de S^t-Pierremont (bassin Centre) que sur le site de Paradis (bassin Sud), bien que les deux sites soient tous deux situés à l'aplomb de zones dépilées. Ainsi, les conditions d'écoulement locales introduisent probablement une grande variabilité des niveaux de la nappe des calcaires du Dogger à l'aplomb des travaux miniers.

Dans les réservoirs miniers, les eaux sont fortement minéralisées : les concentrations en sulfate, sodium et magnésium sont très supérieures aux CMA. D'autre part, ces eaux sont caractérisées par des concentrations en éléments indésirables parfois plus fortes que les CMA : ceci concerne les éléments fer, manganèse et bore, ainsi que les indicateurs de contamination humaine « indice hydrocarbures totaux », « indice phénols » et ammonium. A l'exception du nickel de façon ponctuelle, les concentrations en éléments toxiques sont toujours inférieures aux valeurs limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine actuellement en vigueur en France.

L'origine possible de l'ensemble de ces composés a été indiquée. Certains composés sont dissous lors de la circulation des eaux souterraines dans les couches de minerai (fer, manganèse, nickel), d'autres pendant la circulation des eaux dans les interbancs marneux (ions majeurs, bore), d'autres enfin sont des contaminants d'origine humaine liés aux anciennes activités en fond de mine ou en surface, ou aux activités actuelles de surface (ammonium, hydrocarbures, phénols).

La concentration des eaux prélevées dans les puits miniers du réservoir centre est stable depuis trois ans, même si la concentration mesurée au niveau des fuites vers le Chevillon a baissé notablement (effet probablement très local, en raison d'une

configuration géologique particulière). Au contraire, les concentrations dans les puits du réservoir sud ont baissé sensiblement : - 44 % pour Roncourt I, - 40 % pour Droitaumont II, - 20 % pour Paradis V, et - 35 % à la galerie de Moyeuve. On peut penser que cette situation est due à un bien meilleur renouvellement du volume d'eau contenu dans le réservoir sud que de celui contenu dans le réservoir centre.

Dans l'aquifère des calcaires du Dogger, les teneurs des différents éléments correspondent aux valeurs habituelles de l'eau souterraine emmagasinée dans cette roche ; globalement, la qualité des eaux souterraines y reste stable. Localement, certains forages peuvent être contaminés par un ou plusieurs composés, selon la proximité d'une source de contamination et le contexte hydrogéologique local. On remarquera que la contamination de la nappe des calcaires du Dogger par infiltration d'eau de rivière minéralisée (elle-même contaminée par des rejets de soutien d'étiage ou des rejets de nanofiltrats) est un phénomène assez général, observé autant dans le bassin Sud que dans le bassin Centre. Par contre, aucune observation ne montre de contamination de la nappe du Dogger par remontée d'eau d'ennoyage.

Afin de répondre à des problématiques de natures différentes, le réseau de surveillance sera étendu en 2002 et 2003.

- A la fin de l'année 2001 et au début de 2002, l'Agence de l'eau a fait forer 6 nouveaux piézomètres captant les calcaires du Dogger ou la formation ferrifère non exploitée. Ces nouveaux ouvrages sont implantés entre les deux réservoirs Sud et Centre, et les mesures acquises dès le début de l'année 2002 permettront de mieux évaluer les circulations d'eaux souterraines entre les deux réservoirs, et donc à terme les ressources disponibles. Ces nouveaux ouvrages et les mesures qui auront été acquises seront présentés dans le rapport de l'année 2002, à paraître en avril 2003.
- En conclusion de son rapport d'expertise du 23 novembre 2001 au sujet de « l'ennoyage ou le non-ennoyage du bassin nord ferrifère lorrain », le groupe d'experts internationaux mandaté par le Ministère de l'Industrie estime que l'ennoyage devra finalement être autorisé. Cependant, entre autres mesures préalables, ils estiment nécessaire « la réalisation d'une étude hydrogéologique complémentaire sur l'aquifère du Dogger le long de la Fensch, pour préciser le rôle de l'ennoyage du bassin Centre sur cet aquifère et mettre en place un dispositif de surveillance piézométrique de part et d'autre de la faille de Fontoy ». Les résultats de cette étude hydrogéologique complémentaire ont été présentés, et deux sites sont proposés pour l'implantation de piézomètres de surveillance de la nappe du Dogger de part et d'autre de la faille de Fontoy. D'un point de vue scientifique, l'un des piézomètres proposé permettra aussi pour la première fois de connaître l'état de la nappe du Dogger au droit d'une zone exploitée non dépilée.