

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrière lorrain en 1998

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-D-110

Avril 1999
R 40789

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

L. Vaute

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-D-110

Avril 1999
R 40789

Mots clés : bassin ferrifère lorrain, réservoir minier, calcaires du Dogger, réseau de surveillance, eau souterraine, ennoyage, débordement, sulfate.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

L. Vaute (1999) – Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998. Rapport BRGM R 40789, 69 p., 26 fig., 6 ann.

© BRGM, 1999. Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

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.

L'eau d'ennoyage a commencé par combler les vides laissés par les travaux miniers (galeries, zones défilées, puits, ...) et par saturer d'eau les pores des roches encaissantes. Puis, il se propage dans les niveaux de calcaire du Dogger sus-jacents qui sont déjà eux-mêmes aquifères. La remontée du niveau global de l'eau va se poursuivre jusqu'à ce qu'un équilibre d'ensemble soit trouvé entre les apports d'eau (essentiellement la pluie) et les débits de fuite aux points de débordement de la nappe (puits aménagés, sources).

Cet équilibre sera différent de celui existant avant l'exploitation minière car la création de galeries et de drains, ainsi que le foudroyage du toit imperméable, ont considérablement modifié la perméabilité de la roche encaissante, 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 entraîne une forte minéralisation de l'eau qui se charge, entre autres éléments, des sulfates issus de l'oxydation de pyrites.

Le présent rapport fait état d'une année de nouvelles observations entre janvier et décembre 1998, et reprend celles effectuées depuis le début de la surveillance en juin 1994. Durant l'année 1998, 10 forages, 1 source et 1 point de débordement ont fait l'objet de mesures du niveau piézométrique, du débit, et/ou de la qualité. D'autre part, les données sur la remontée de la nappe dans le réservoir minier et sur l'évolution de sa qualité, fournies par l'ancien exploitant, la société LORMINES, ont été prises en compte dans ce rapport.

La fin de l'année d'observation a été marquée par les débordements des réservoirs sud et centre. La remontée du niveau piézométrique dans le réservoir centre va se poursuivre en 1999, puisque le point de débordement atteint n'est pas le point de débordement principal. Cette campagne de surveillance aura permis de connaître les évolutions de la piézométrie et de la qualité des eaux des réservoirs miniers, ainsi que celles de l'aquifère des calcaires du Dogger sous l'influence de la remontée des niveaux d'eau dans les travaux miniers sous-jacents. La campagne suivante, en 1999, permettra d'appréhender les mêmes phénomènes et leurs évolutions futures, après débordement et/ou stabilisation des niveaux d'ennoyage miniers.

Sommaire

Synthèse	3
Sommaire	5
Liste des figures.....	7
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	16
1.3.1 Conditions de mise en oeuvre	16
1.3.2 Conséquences des exhaures	18
1.4 Présentation du phénomène d'ennoyage.....	19
1.4.1 L'arrêt des exhaures	19
1.4.2 La stabilisation future 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 anciens Réservoirs miniers	23
2.1.1 Les points d'observation.....	23
2.1.2 Le problème de la représentativité des échantillons	24
2.2 Surveillance des calcaires du Dogger	26
2.2.1 Les points d'observation.....	26
2.2.2 Orientations pour l'équipement des forages du réseau.....	27
3. Surveillance des débits et des niveaux piézométriques.....	33
3.1 Le réservoir sud	33
3.2 Le réservoir centre.....	36
3.3 Les calcaires du dogger du bassin sud	37
3.4 Les calcaires du Dogger du bassin centre	41

4. Surveillance de la qualité des eaux souterraines	43
4.1 Paramètres physico-chimiques et ions majeurs.....	43
4.1.1 Réservoirs miniers	43
4.1.2 Calcaires du Dogger.....	45
4.2 Eléments indésirables.....	61
4.2.1 Réservoirs miniers	61
4.2.2 Calcaires du Dogger.....	62
Conclusion	63
Bibliographie	65
Liste des annexes.....	67
Annexes	69

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 (d'après BURGEAP, 1978).....	15
Figure 4 – Schéma conceptuel des écoulements souterrains dans les calcaires du dogger et le réservoir minier (d'après SCM et AERM, modifié).	17
Figure 5 – Points de débordement, de soutien d'été et d'exhaure minière.	20
Figure 6 – Le réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère.	25
Figure 7 – Evolution des niveaux piézométriques dans l'ancien réservoir minier. ..	34
Figure 8 – Débordement du bassin sud (septembre-décembre 1998).	35
Figure 9 – Evolution des niveaux piézométriques dans les calcaires du Dogger du bassin sud – Comparaison à l'évolution du niveau du réservoir minier. .	38
Figure 10 – Evolution des niveaux piézométriques dans les calcaires du Dogger du bassin centre – Comparaison à l'évolution du niveau du réservoir minier.	39
Figure 11 – Evolution du débit et de la conductivité électrique de la source de Mance.....	40
Figure 12 – Evolution du pH dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	46
Figure 13 – Evolution de la concentration en hydrogénocarbonate (ou bicarbonate, HCO_3^-) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.	47
Figure 14 – Evolution de la concentration en sulfate (SO_4^{2-}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	48
Figure 15 – Evolution de la concentration en calcium (Ca^{2+}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	49
Figure 16 – Evolution de la concentration en magnésium (Mg^{2+}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	50
Figure 17 – Evolution de la concentration en sodium (Na^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	51
Figure 18 – Evolution de la concentration en chlorure (Cl^-) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	52
Figure 19 – Evolution de la concentration en potassium (K^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	53

Figure 20 – Evolution de la conductivité électrique dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.	54
Figure 21 – Evolution de la concentration en fer (Fe) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.	55
Figure 22 – Evolution de la concentration en manganèse (Mn) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	56
Figure 23 – Evolution de la concentration en bore (B) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.	57
Figure 24 – Evolution de la concentration en ammonium (NH_4^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	58
Figure 25 – Evolution de la concentration en nitrate (NO_3^-) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.....	59
Figure 26 – Evolution des concentrations en hydrocarbures totaux et phénols dans les réservoirs miniers depuis 1994.....	60

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 le vaste réservoir aquifère 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 bassin centre, et 1995 pour le bassin sud, entraîne 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 a 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 a 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, et résume les événements survenus pendant l'année 1998. Les données fournies par la société LORMINES, l'ancien exploitant minier (niveaux piézométriques et résultats d'analyse), par la société BAIL INDUSTRIES (niveaux piézométriques), et par les DDASS de Meurthe-et-Moselle et de Moselle (résultats d'analyse), 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.

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).

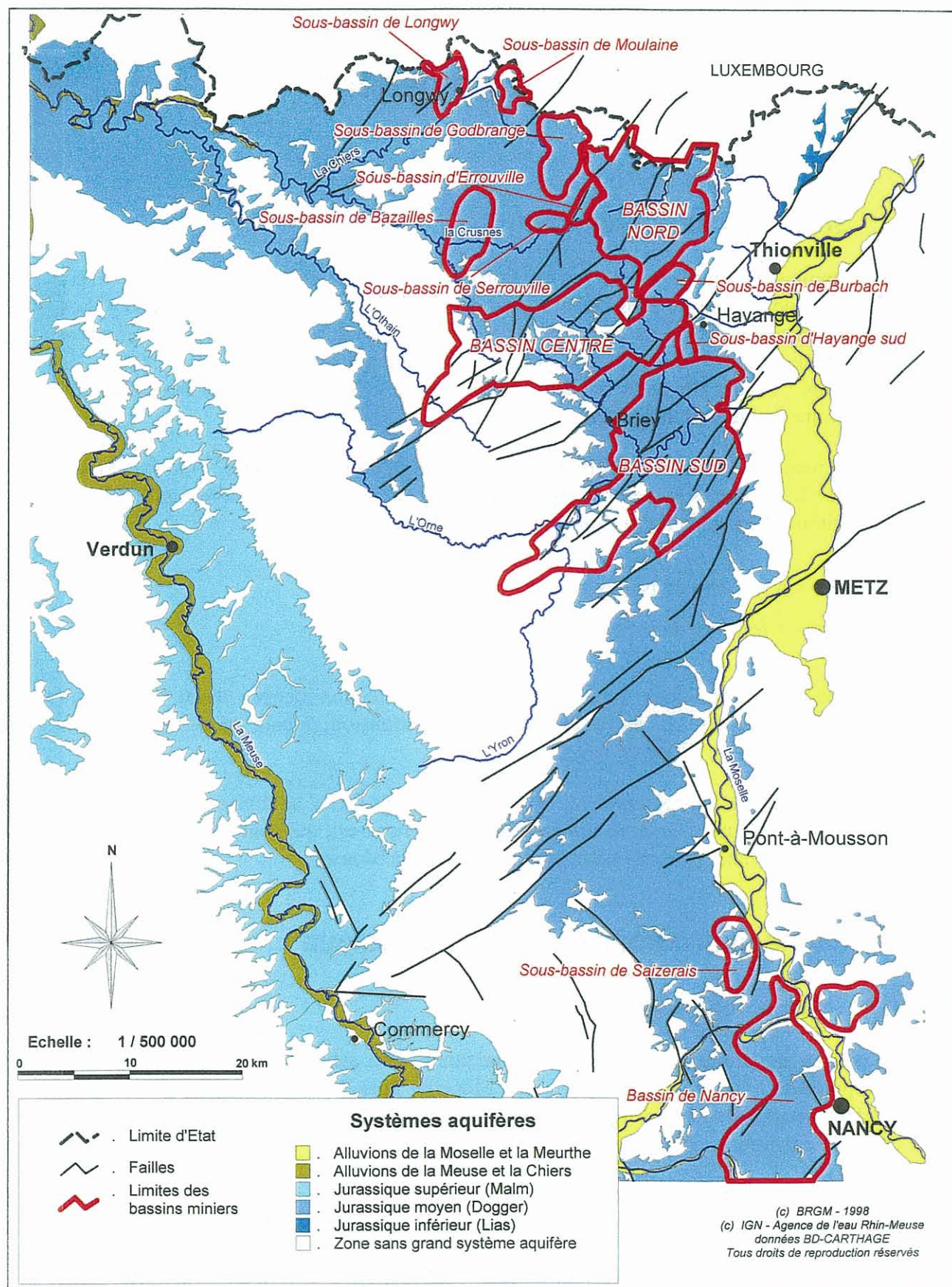
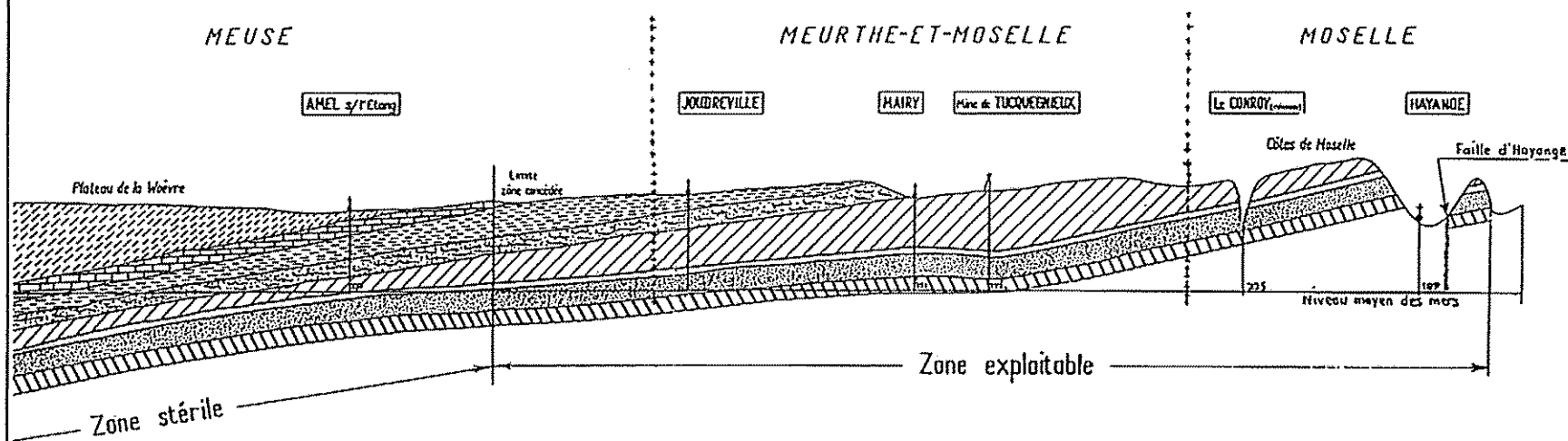


Figure 1 – Contexte géographique et hydrogéologique.

BASSIN FERRIFERE DE LORRAINE

Coupe géologique d'Ouest en Est



LEGENDE

- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---------------------------|
| | Rauracien et Argovien | | Bajocien inférieur |
| | Oxfordien - Callovien | | Marnes micacées |
| | Bathonien supérieur (Dalle d'Etain) | | Minéral de fer oolithique |
| | Bathonien moyen | | Toarcien |
| | Bajocien supérieur | | |

Figure 2 – Coupe géologique ouest-est du bassin ferrifère lorrain

Par ailleurs, la formation ferrifère est affectée par de nombreux accidents tectoniques orientés principalement nord-est / sud-ouest. Les principales failles qui en découlent subdivisent le bassin de Briey en trois zones de taille plus restreinte, dans lesquelles la plupart des concessions ont été fusionnées (Figure 1) :

- **Le bassin nord**, limité au sud-est par la faille de Fontoy.
- **Le bassin centre**, développé sur la partie haute du versant occidental du bassin hydrographique de l'Orne, à l'ouest de la double faille d'Avril et de Hayange.
- **Le bassin sud**, développé sur le bassin hydrographique de l'Orne et particulièrement son versant oriental, restreint vers le sud-est au passage de la faille d'Amanvillers et limité encore plus au sud par la fracture majeure de Metz - Gorze.

D'autres sous-bassins, de moindre importance, ont aussi été individualisés en fonction des caractéristiques du gisement ou de l'autonomie de l'exploitation, notamment au nord-ouest : Bazailles, Serrouville, Errouville, Godbrange, Moulaine et Longwy.

Ces bassins présentent des comportements hydrodynamiques relativement indépendants les uns des autres, en fonction de la nature des failles qui les limitent.

Seuls les phénomènes se produisant actuellement au niveau des deux bassins centre et sud font l'objet de la surveillance exposée dans ce rapport.

1.2.2 Nature des niveaux géologiques

Le substratum du gisement de fer est constitué par une épaisse couche de marnes du Toarcien, imperméables.

Le minerai de fer lorrain est, lui, de type oolithique : il s'agit d'une roche formée d'une multitude de petits grains arrondis, généralement constitués d'oxydes de fer hydratés (les oolithes) et liés entre eux par un ciment de nature carbonatée ou siliceuse.

L'épaisseur de la formation ferrugineuse aalénienne oscille entre 30 et 60 m au nord et entre 30 et 40 m au sud. La minéralisation de la roche est très hétérogène et on observe des alternances d'horizons de calcarénites plus ou moins riches en oolithes ferrugineuses, lesquels ont guidé les travaux d'exploitation, et de niveaux marneux. A l'état naturel, cette formation est déjà relativement perméable et aquifère, donnant naissance à quelques sources à flanc de coteau. Toutefois, les travaux miniers par traçages et dépilages du minerai ont massivement fracturé la roche et modifié considérablement ses caractéristiques hydrodynamiques initiales.

Le Dogger surmontant la formation ferrifère, est constitué par une alternance de calcaires et de marnes, qui détermine un système de nappes d'eau souterraine superposées, séparées par des écrans imperméables.

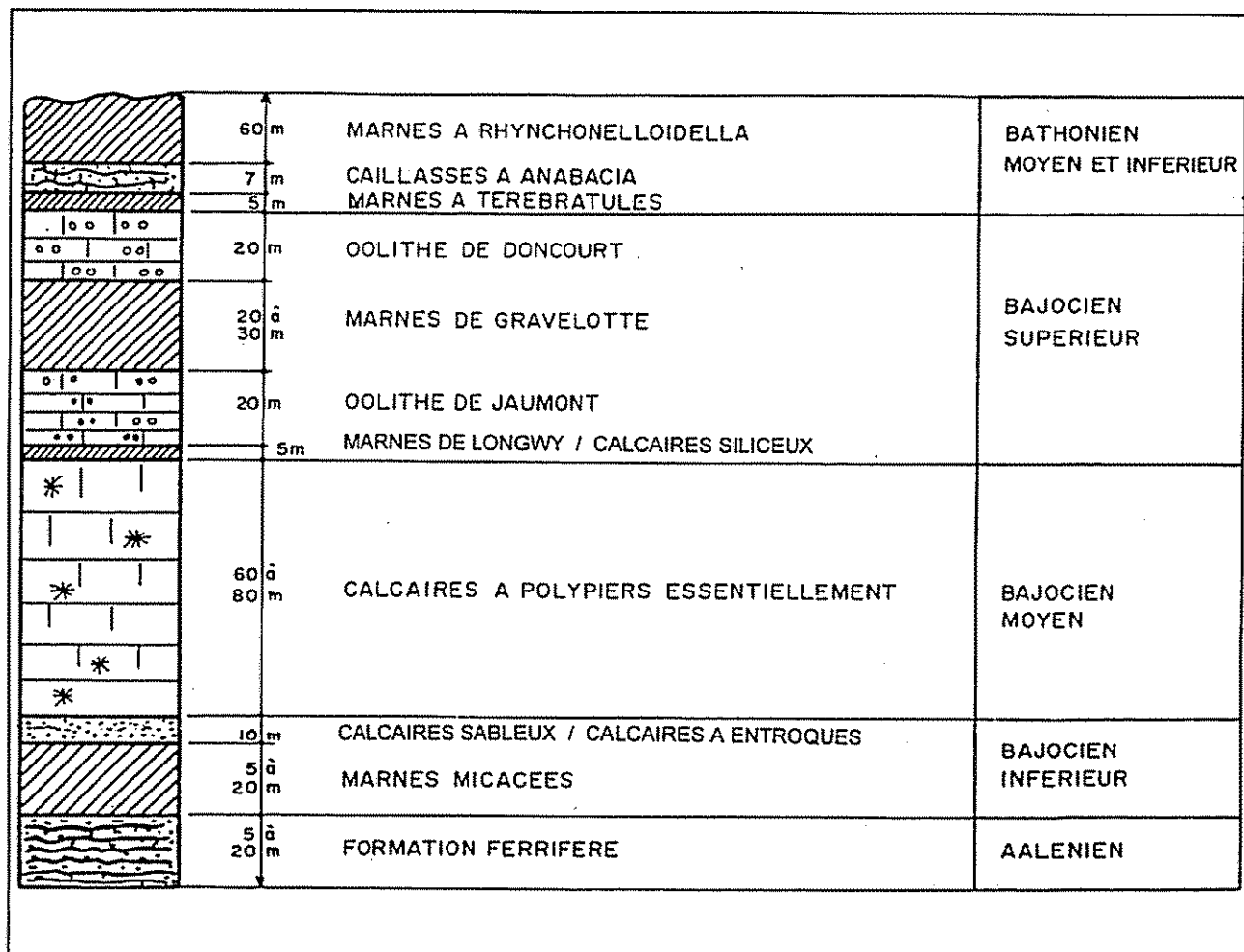


Figure 3 – Coupe stratigraphique schématique (d'après BURGEAP, 1978).

La Figure 3 présente une coupe stratigraphique schématique de ces différentes formations. On distingue du bas vers le haut :

- Les marnes micacées, horizon très peu perméable d'argiles et de marnes gris-bleu, constituant le toit du gisement ferrifère.
- Les calcaires d'Ottange et de Haut-Pont calcaires sableux et les calcaires à entroques du Bajocien inférieur (), présents sous forme de nombreux bancs s'intercalant très progressivement vers le sommet des marnes précédentes.
- Les calcaires du Bajocien moyen, principalement représentés par les "calcaires à polypiers", masse puissante de calcaires oolithiques, coquilliers, cristallins, avec des récifs de polypiers, constituant l'aquifère principal du Dogger, très fissuré dans les fonds de vallée, karstifié dans les zones d'affleurement et encore assez perméable sous couverture.
- Les marnes de Longwy, mince horizon marnocalcaire semi-perméable et, semble-t-il, parfois discontinu, remplacées au nord par les calcaires siliceux à petits interbancs marneux du Bajocien supérieur, de forte puissance dans la vallée de l'Orne.

- **L'oolithe de Jaumont**, calcaire coquillier du Bajocien supérieur, aquifère, contenant éventuellement une nappe perchée mais pouvant aussi être localement en communication avec l'aquifère principal des calcaires à polypiers.
- **Les marnes de Gravelotte**, épais horizon très peu perméable constituant le toit de l'aquifère principal.
- **L'oolithe de Doncourt**, aussi appelée oolithe miliaire supérieure du Bajocien supérieur, contenant une nappe perchée secondaire, parfois liée à la nappe principale, et alimentant de nombreuses petites sources au contact des marnes de Gravelotte.
- **Les marnes à térébratules**, formation mince et peu perméable, inexistante au sud de bassin, qui débute la série du Bathonien.
- **Les caillasses à anabacia**, complexe peu épais de calcaires et marnocalcaires, aquifères, donnant naissance à de petites sources au dessus des marnes à térébratules.
- **Les marnes à rhynchonelles**, épaisse formation essentiellement marneuse et peu perméable, représentant l'essentiel des niveaux du Bathonien inférieur et moyen.

D'un point de vue hydrogéologique, trois niveaux aquifères superposés sont plus particulièrement différenciés :

- **Le réservoir minier** (oolithe ferrugineuse percée de galeries),
- **La nappe principale du Dogger** (calcaire à polypiers du Bajocien moyen),
- **Plusieurs petites nappes perchées et discontinues** (oolithe de Jaumont et oolithe de Doncourt) reposant sur les niveaux marneux.

1.3 RAPPELS SUR LA PRATIQUE DES EXHAURES

1.3.1 Conditions de mise en oeuvre

Avant l'exploitation minière, la formation ferrugineuse constituait un aquifère indépendant, isolé de la nappe des calcaires du Dogger par l'écran imperméable composé des marnes micacées.

Par la suite, l'exploitation de la couche minéralisée par la technique du dépilage a entraîné le foudroyage de cet écran et provoqué une intense fracturation des roches sus-jacentes. La quasi-totalité de la nappe principale du Dogger était donc drainée par ces zones effondrées, et l'eau était collectée par les galeries des mines de fer (Figure 4).

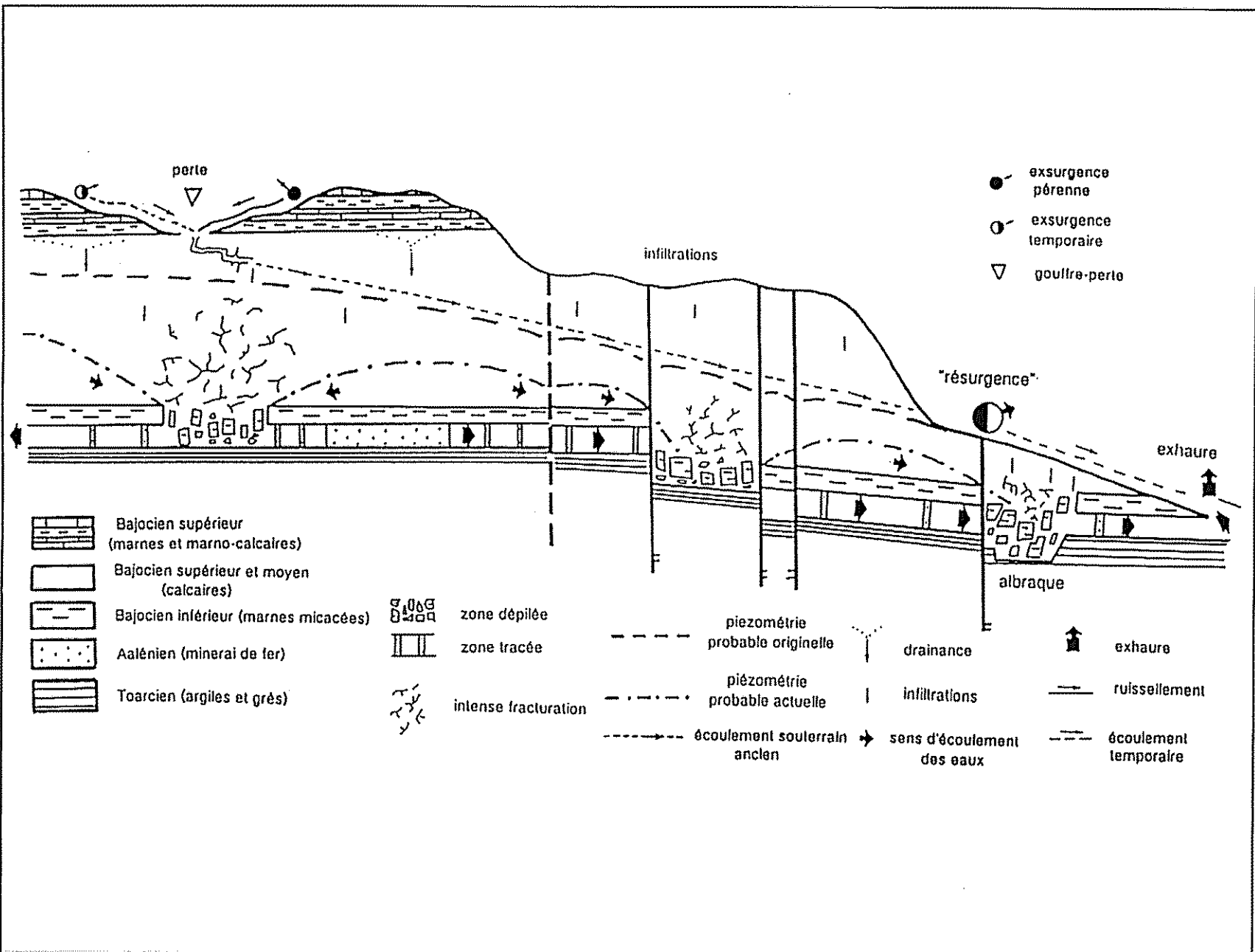


Figure 4 – Schéma conceptuel des écoulements souterrains dans les calcaires du dogger et le réservoir minier (d'après SCM et AERM, modifié).

Le développement de l'activité minière, particulièrement depuis le milieu du XX^{ème} siècle, n'a alors pu s'effectuer que grâce à des pompages permanents afin de neutraliser ces afflux d'eau importants. L'exhaure moyenne annuelle a ainsi été évaluée pour les dernières années entre 150 et 250 millions de mètres cubes sur l'ensemble des bassins, hors drainage gravitaire.

Ces pompages ont nécessité la mise en place de nombreux puits d'exhaure et, en fond de mine, de galeries de drainage et de réservoirs pour le stockage temporaire de l'eau collectée (les albraques). De même, des interconnexions hydrauliques entre les mines ont été créées au fur et à mesure des regroupements de sièges d'exploitation au sein de chaque bassin (sud, centre et nord).

1.3.2 Conséquences des exhaures

Un tel prélèvement d'eau a considérablement bouleversé les équilibres naturels, tant pour le milieu souterrain que pour les écoulements superficiels (Ramon, 1993).

En effet, le rabattement induit du niveau de la nappe d'eau souterraine a entraîné en de nombreux endroits une déconnexion hydraulique entre la nappe principale du Dogger et les nappes des niveaux calcaires supérieurs, qui sont devenues en quelque sorte "perchées". Parmi ces petites nappes perchées, et d'autres qui existaient déjà notamment près de la bordure est des côtes de Moselle, certaines ont disparu à cause de l'intense fracturation engendrée dans leur soubassement imperméable par l'exploitation minière.

De la sorte, ces phénomènes ont fait disparaître des sources, asséchant ainsi le cours amont de certaines rivières. Ils peuvent aussi avoir causé la diminution du débit de certaines rivières par des pertes dans des orifices karstiques préexistants et devenus drainants suite à la baisse du niveau de base des nappes d'eau souterraine (Figure 4).

Par ailleurs, le rejet massif des eaux d'exhaure dans le réseau hydrographique de la région a conduit par endroits à une artificialisation des cours d'eau, déjà notablement perturbés par les changements du niveau des nappes d'eau souterraine.

Une petite partie de cette considérable quantité d'eau d'exhaure facilement disponible, a aussi été utilisée pour l'alimentation en eau potable des communes du bassin ferrifère (soit environ 350 000 habitants), ainsi que pour des usages industriels.

La prolongation de cet état de fait pendant quelques dizaines d'années a rendu possible l'installation d'un nouvel équilibre, "dynamique", auquel la population s'est habituée. Cependant, la fermeture des exploitations minières entraîne également l'arrêt des exhaures et la remise en cause de cet équilibre.

1.4 PRESENTATION DU PHENOMENE D'ENNOYAGE

1.4.1 L'arrêt des exhaures

En raison de l'abandon progressif des extractions du minerai depuis une dizaine d'années, les pompages d'exhaure ont été arrêtés depuis 1993/1994 dans le bassin centre et 1995/1996 dans le bassin sud. Seules les exhaures minières du bassin nord sont encore maintenues (Figure 5). L'arrêt des pompage a entraîné un processus d'ennoyage des galeries minières et de la base des calcaires du Dogger.

Toutefois, cette remontée du niveau de la nappe d'eau souterraine ne permettra pas de retrouver l'équilibre naturel antérieur à l'exploitation des mines du fait de l'existence de points de débordement des réservoirs miniers et des profondes modifications infligées aux couches aquifères :

- création de vides relatifs aux galeries (estimés à environ 400 millions de mètres cubes) et de communications hydrauliques artificielles dans le réservoir minier ;
- intense fracturation supplémentaire dans le réservoir des calcaires du Dogger.

Par contre, elle a, et aura dans les années à venir, de nombreuses répercussions qui aboutiront à un nouvel état d'équilibre, après une phase transitoire.

1.4.2 La stabilisation future de l'ennoyage

La remontée du niveau de l'eau s'effectuera jusqu'à ce qu'un état d'équilibre global s'établisse entre les apports d'eau (infiltration d'eau météorique, pertes de cours d'eau sur le plateau calcaire karstifié, écoulements souterrains transversaux entre les différents bassins d'exhaure) et les débits des sorties (sources, points de débordement des réservoirs miniers, forages et puits de pompage).

Cinq anciens ouvrages miniers ont été retenus comme points de débordement principaux dans les bassins centre et sud (Figure 5). Ils ont été aménagés en conséquence, ainsi que les galeries qui y aboutissent, et communiquent directement avec la nappe du réservoir minier.

- bassin centre :
 - **Puits du Chevillon** : cote du seuil de débordement = 215,5 m NGF, puits vanné à 100 l/s, débordement dans le ruisseau de Chevillon, affluent du Conroy.
 - **Galerie du Woigot** (galerie du puits de S^t-Pierremont dite encore galerie « des 30 mètres ») : cote du seuil de débordement = 222,74 m NGF, débordement principal dans le Woigot.
 - **Galerie de Bois d'Avril** : cote du seuil de débordement = 223,15 m, trop-plein de hautes eaux, débordement dans le Conroy.

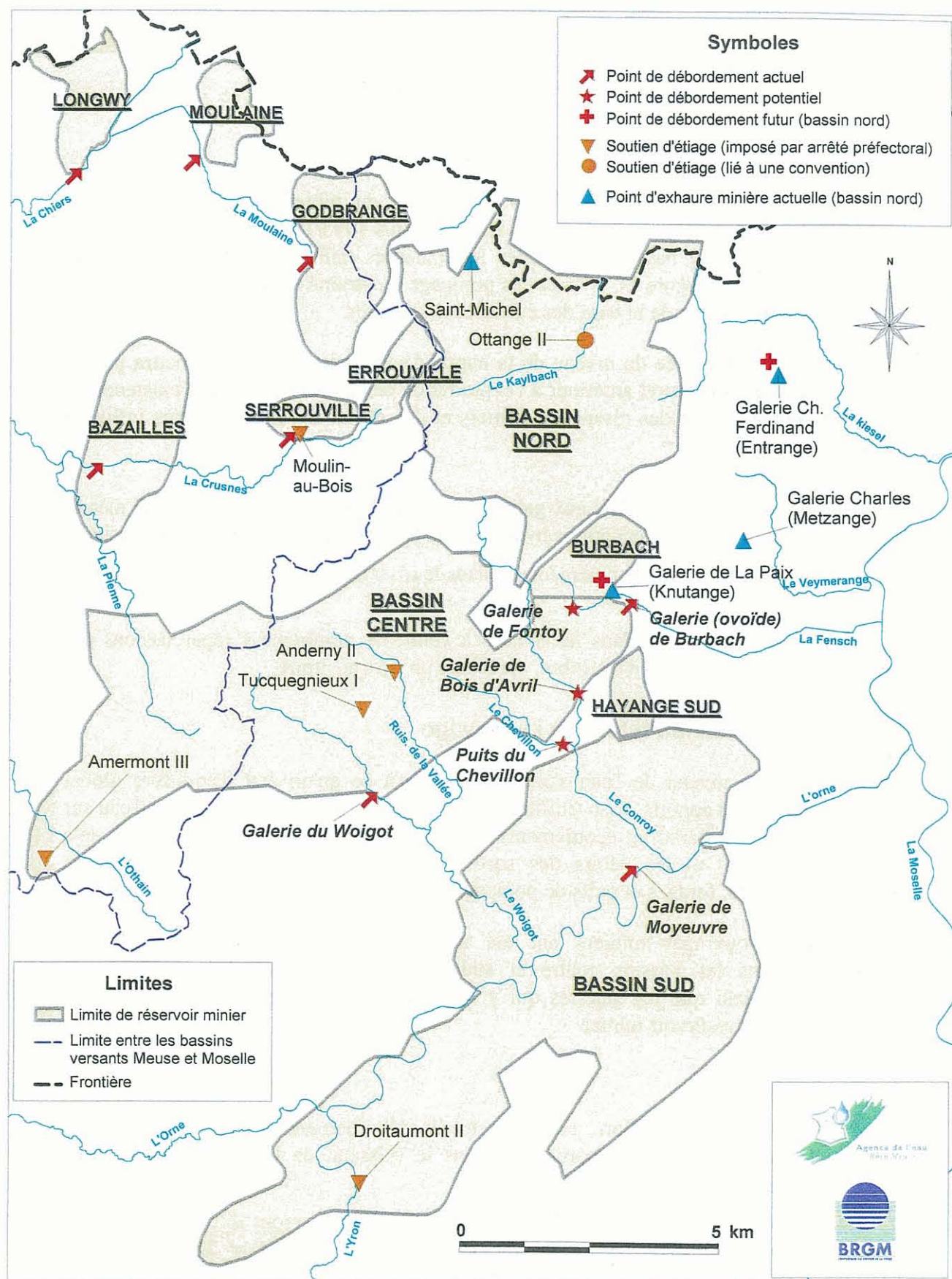


Figure 5 – Points de débordement, de soutien d'étiage et d'exhaure minière.

- **Galerie de Fontoy** : cote du seuil de débordement = 223,50 m, trop-plein de crues par barrages, débordement dans la Fensch.
- *bassin sud* :
 - **Galerie de Moyeuve** (ancienne galerie ferroviaire) : cote du seuil de débordement = 172,43 m NGF, débordement dans l'Orne.

Ces points devraient suffire à rejeter dans le réseau hydrographique un débit suffisant pour stabiliser l'ennoyage des différents réservoirs aquifères, dans des conditions climatiques normales.

Par ailleurs, il n'est pas impossible que l'une des conséquences de l'ennoyage soit aussi l'apparition d'autres exutoires naturels, plus petits, situés en dessous de ces cotes de débordement envisagées, dans les vallées du Conroy, du Chevillon, du Woigot, du ruisseau de la Vallée, et de l'Orne.

1.4.3 Les conséquences de l'ennoyage

Les conséquences de l'ennoyage seront de trois types :

a) Modification du fonctionnement des nappes d'eau souterraine et des cours d'eau en surface

On pourra observer plusieurs phénomènes :

- déplacement des limites des bassins versants souterrains alimentant les exutoires (sources, pompages), par la mise en communication de réservoirs se situant à différents niveaux ;
- transferts d'eau souterraine éventuels entre les différents bassins sud, centre et nord ;
- augmentation de la productivité des captages et mise en pression de la nappe captive sous la plaine de la Woëvre ;
- déplacement des exutoires de l'aquifère : certains cours d'eau verront leur débit baisser du fait de l'arrêt du rejet des eaux d'exhaure, et d'autres augmenter en raison des débordements de la nappe et de l'apparition de nouvelles sources, tout cela dans des proportions parfois considérables.

b) Détérioration de la qualité de l'eau souterraine

L'expérience de l'ennoyage de petits bassins miniers voisins a montré que les eaux circulant dans les anciennes mines de fer se minéralisent très fortement. En particulier, les concentrations en sulfate, sodium, magnésium dépassent très souvent les concentrations maximales admissibles pour l'eau potable. Toutefois, les teneurs maximales observées sont variables selon les bassins.

Ce sulfate provient de la mise en solution de pyrite finement distribuée dans les niveaux marneux (marnes micacées du toit et bancs intercalaires dans la formation aalénienne), et oxydée en sulfate par l'aération liée à l'exploitation minière (Ammou et al., 1982).

Le sodium résulte du lessivage d'un minéral sodique, l'albite, peu fréquent mais présent dans les roches encaissantes, et contribue à la réaction d'équilibre ionique avec le sulfate (Dagallier et Demassieux, 1986).

Une amélioration naturelle de la qualité de l'eau a été constatée après plusieurs renouvellements de la réserve d'eau - soit deux à trois fois le volume global - ce qui peut durer plusieurs années, voire des décennies. Des techniques de surpompage ont déjà été mises en oeuvre avec succès afin d'accélérer artificiellement ce renouvellement en augmentant les circulations d'eau souterraine (Saizerais, Serrouville, ...).

c) Arrêt de la fourniture d'eau destinée à l'alimentation en eau potable des collectivités

Cela impose aux collectivités de se rendre autonomes et la plupart ont déjà pris des mesures dans ce sens : recherche de ressources de substitution (totale ou partielle), reprise des stations de pompage d'exhaure avec installation de stations de traitement adéquates (nanofiltration).

1.4.4 Les mesures d'accompagnement

Afin de pouvoir contrôler l'évolution de l'ennoyage du réservoir minier et prendre des dispositions limitant les conséquences évoquées ci-dessus lorsqu'elles sont néfastes, les préfetures des trois départements concernés ont pris des arrêtés en février et juin 1994 contraignant l'ancien exploitant, la société LORMINES, à :

- maintenir, ou reprendre, un pompage minimum pour assurer le soutien des étiages des principales rivières (Yron, Othain, Woigot et ruisseau de la Vallée) tant que de besoin (Figure 5) ;
- effectuer des travaux de fermeture pour les sites abandonnés, et d'aménagements hydrauliques pour ceux dans lesquels un débordement est prévu en fin d'ennoyage ;
- effectuer une surveillance trimestrielle de la remontée du niveau de l'eau dans les principaux réservoirs miniers, ainsi que de la qualité de l'eau.

2. Le réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère

Les points ayant fait l'objet d'un suivi dans le cadre de cette étude sont situés sur la Figure 6. Les caractéristiques des ouvrages sont détaillées en annexe 1.

2.1 SURVEILLANCE DES ANCIENS RESERVOIRS MINIERES

2.1.1 Les points d'observation

La réalisation de certaines mesures est imposée à l'ancien exploitant minier, la société LORMINES, par des arrêtés préfectoraux datant de février et juin 1994. Le niveau de la nappe est ainsi mesuré tous les 3 mois dans quatre anciens puits miniers :

- bassin centre : Amermont III et Tucquegnieux I (depuis mars 1994).
- bassin sud : Droitaumont II et Auboué I (depuis mars 1995).

La qualité de l'eau (pH, conductivité, concentration en sulfate et sodium, indice hydrocarbures totaux et indice phénol) est suivie tous les trimestres par LORMINES depuis les mêmes dates dans cinq puits. Les données ne sont exploitables que pour 4 des 5 puits (l'absence de pompe dans le puits S^t-Pierremont II fait que la représentativité des échantillons n'est pas assurée).

- bassin centre : Amermont III, Anderny II et S^t-Pierremont II (depuis mars 94).
- bassin sud : Droitaumont II et Auboué I (depuis mars 1995).

En outre, la société LORMINES effectue de sa propre initiative une mesure piézométrique hebdomadaire dans les deux puits Tucquegnieux I et Droitaumont II depuis le début de l'ennoyage de chacun des bassins. Du 1^{er} septembre au 31 décembre 1998, LORMINES a aussi effectué des mesures piézométriques quasiment quotidiennes dans les puits Droitaumont II et Moyeuvre-Petite et le forage Carrière des Anges.

Pour permettre la surveillance des points de débordement, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a installé 3 stations de mesure en continu du débit, de la conductivité et de la température à l'exutoire du bassin sud (galerie de Moyeuvre) et aux 2 exutoires principaux du bassin centre (galerie du Woigot, galerie de Bois d'Avril). Ces stations seront équipées pour la télétransmission des données au cours de l'année 1999.

Pour permettre la surveillance des points de débordement, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a installé 3 stations de mesure en continu du débit, de la conductivité et de la température à l'exutoire du bassin sud (galerie de Moyeuvre) et aux 2 exutoires

principaux du bassin centre (galerie du Woigot, galerie de Bois d'Avril). Ces stations seront équipées pour la télétransmission des données au cours de l'année 1999.

2.1.2 Le problème de la représentativité des échantillons

L'eau du puits de S^t-Pierremont présente des caractéristiques chimiques distinctes de celles des quatre autres puits (environ 150 mg/l de sulfates et 20 mg/l de sodium), très proches de l'eau peu minéralisée des calcaires du Dogger (cf. le chapitre 4 et les rapports des années précédentes). Ceci provient du fait que les échantillons d'eau analysés sont prélevés près de la surface, car il n'existe pas de système de pompage dans le puits, et que le cuvelage du puits n'est pas complètement étanche : le niveau de la nappe du Dogger étant supérieur à celui de la nappe du réservoir minier, l'eau des calcaires du Dogger peut envahir la partie supérieure du puits. L'eau très minéralisée issue de l'ennoyage du réservoir minier ne se rencontre qu'à la base du puits, au niveau du débouché des galeries. En raison de ce problème de représentativité des échantillons prélevés, les analyses du puits de St-Pierremont ne sont pas exploitables dans le cadre de ce suivi.

Ce problème de représentativité est général à tous les puits miniers, mais peut être atténué par un prélèvement mieux adapté : avant l'échantillonnage d'un puits qui n'est pas en service, il faut effectuer un pompage de longue durée – au moins 24 à 48 h – jusqu'à stabilisation des paramètres physico-chimiques, afin de retrouver une eau d'ennoyage aux caractéristiques « habituelles ».

Cependant, même dans ce cas, l'interprétation des courbes d'évolution de la qualité de l'eau dans les puits miniers ne doit pas tenir compte de la période transitoire de passage d'une qualité d'eau caractéristique de l'exhaure à une qualité d'eau caractéristique de l'ennoyage. En effet, on sait que la minéralisation des eaux d'ennoyage est totalement acquise moins de 24 h après la mise en contact de l'eau du Dogger et des différentes roches de la formation ferrifère (Hervé, 1980). Or, l'acquisition de la minéralisation des eaux des puits miniers (sulfate, calcium, magnésium, sodium) semble s'être effectuée de façon très lente – quelques mois, jusqu'à 1 an –.

En réalité, cette lente évolution ne reflète que l'évolution de la proportion du mélange « eau du Dogger / eau d'ennoyage » au cours de la remontée du niveau piézométrique dans le puits. La diminution de cette proportion de mélange dans les eaux pompées résulte :

- de la diminution de l'importance des fuites du cuvelage : ces fuites sont d'autant moins importantes que la différence de niveau entre la nappe des calcaires et la nappe du réservoir diminue ;
- de la diminution de l'aire des surfaces de travaux miniers drainés par le puits non encore ennoyés.

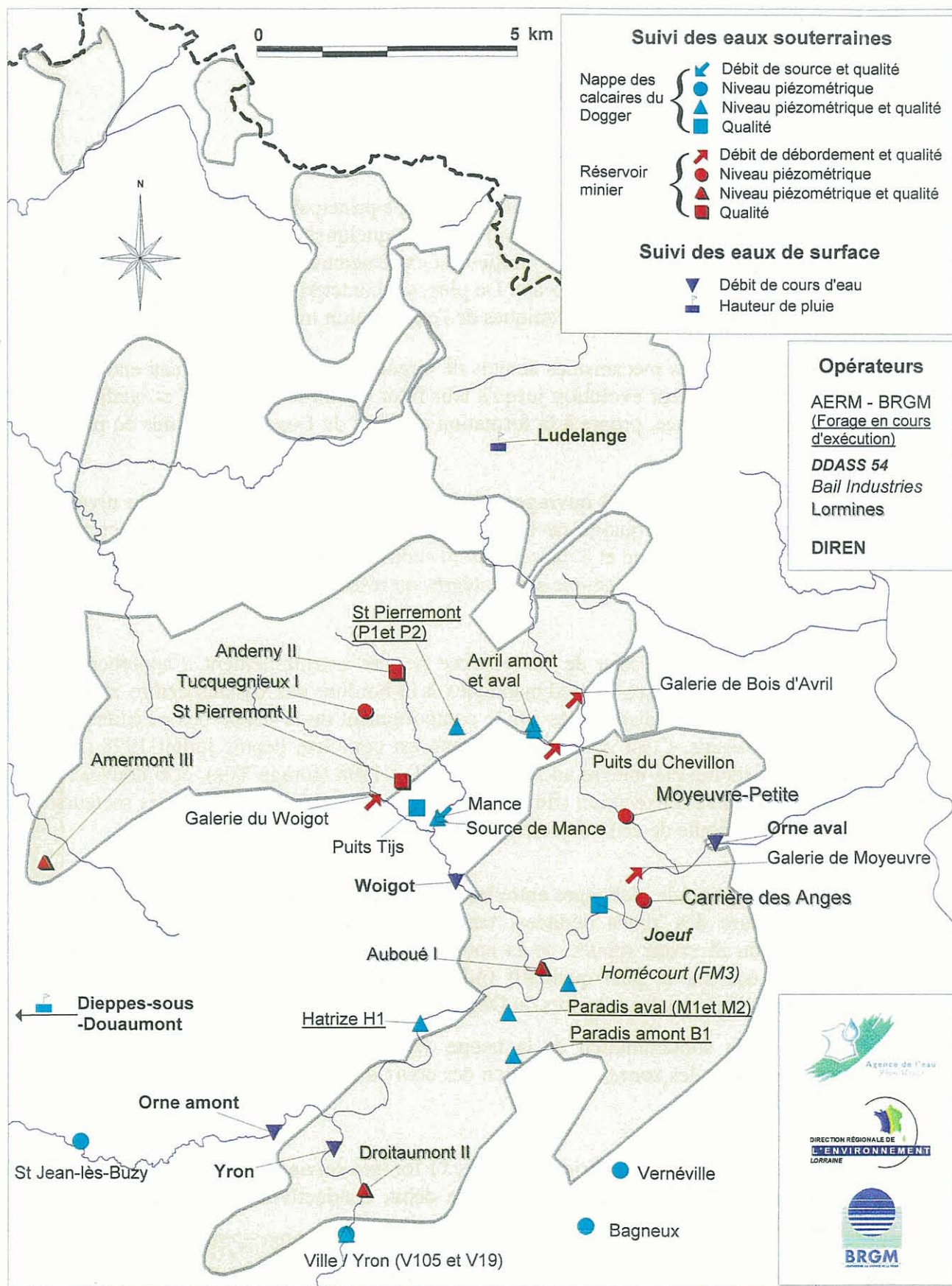


Figure 6 – Le réseau de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère.

2.2 SURVEILLANCE DES CALCAIRES DU DOGGER

2.2.1 Les points d'observation

La formation aquifère du Dogger comporte une nappe principale, reposant sur la couche des marnes micacées, au-dessus du minerai de fer, et quelques nappes perchées situées à faible profondeur. Dans l'ensemble, ce milieu est extrêmement discontinu de par sa forte fissuration, voire sa karstification locale. De plus, ses caractéristiques hydrodynamiques ont été perturbées par les effets mécaniques de l'exploitation minière sous-jacente.

Afin de comprendre les mécanismes actuels de circulation et d'échange d'eau entre ces nappes, et de prévoir leur évolution jusqu'à leur futur équilibre quantitatif et qualitatif, un réseau de surveillance, propre à la formation aquifère du Dogger, a été mis en place (Figure 6).

Au total, depuis juin 1994, 13 ouvrages ont pu faire l'objet d'un suivi, soit du niveau piézométrique, soit de la qualité de l'eau. En 1998, seuls 10 d'entre eux sont encore utilisés : 7 dans le bassin sud et 3 dans le bassin centre. En outre, depuis juillet 1998, un forage supplémentaire et une source sont intégrés au réseau de surveillance (forage Tijs et source de Mance).

La configuration de ce réseau de surveillance permet essentiellement d'appréhender l'évolution des phénomènes hydrodynamiques à la bordure des bassins centre et sud. Peu d'informations sont disponibles sur le comportement de la nappe des calcaires au centre de ces bassins. C'est pourquoi ce réseau est complété depuis juillet 1998 : un forage déjà existant a été intégré au réseau en juillet 1998 (forage Tijs), et 6 nouveaux forages sont en cours d'exécution (fin des travaux en mars 1999). Le choix des secteurs d'implantation découle de deux objectifs principaux :

- La compréhension des échanges entre les différentes nappes superposées à l'aplomb et en bordure des zones dépilées, tant sur le plan quantitatif (niveaux d'eau respectifs du réservoir minier, de la nappe principale des calcaires et des nappes perchées) que sur le plan qualitatif (migration possible de l'eau minéralisée du réservoir minier vers les calcaires du Dogger).
- L'étude de la contamination de la nappe des calcaires du Dogger par de l'eau minéralisée dans les zones d'infiltration des cours d'eau situés en aval des points de soutien d'étéage.

Les mesures de niveau piézométrique dans les 11 forages suivis en 1998 sont réalisées à un rythme mensuel, ainsi que les mesures de débit, conductivité et température à la source de Mance.

Les échantillonnages des 5 forages suivis pour la qualité sont réalisés tous les 3 mois, et les analyses suivantes sont réalisées : mesures in-situ (température, conductivité, pH), ions majeurs (calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, hydrogénocarbonate, chlorure), composés azotés (nitrate et ammonium), fer et manganèse.

Les informations recueillies permettront à terme de déterminer si la nappe des calcaires du Dogger peut raisonnablement être considérée comme une ressource de substitution pour l'alimentation en eau potable, dans l'attente du retour à une qualité conforme aux normes de potabilité pour l'eau contenue dans le vaste réservoir des anciennes mines.

2.2.2 Orientations pour l'équipement des forages du réseau

a) Objectifs de la surveillance

En 1998, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a commencé l'extension du réseau de surveillance des eaux souterraines de l'aquifère du Dogger dans le bassin ferrifère lorrain : 5 forages sont désormais échantillonnés trimestriellement, sans compter le forage Joeuf qui est échantillonné deux fois par mois par la DDASS. En 1999, 6 nouveaux forages seront créés et intégrés au réseau. Au total, 11 forages feront l'objet de campagnes d'échantillonnage trimestrielles. Or, seul le forage Tijs est exploité et équipé d'une pompe. Il est donc opportun de réfléchir au choix d'une méthode et d'un système d'échantillonnage adaptés à l'objectif de la surveillance.

L'objectif de la surveillance est principalement le recueil d'informations permettant de savoir si la nappe des calcaires du Dogger peut raisonnablement être considérée comme une ressource de substitution pour l'alimentation en eau potable, dans l'attente du retour à une qualité conforme aux normes de potabilité pour l'eau contenue dans le vaste réservoir des anciennes mines.

Les forages ont donc été créés dans des secteurs représentatifs des principaux phénomènes hydrodynamiques et hydrogéochimiques accompagnant l'ennoyage des anciennes mines : secteurs d'infiltration des cours d'eau de surface contaminés en amont par des eaux minéralisées provenant du réservoir minier (Joeuf, Tijs, nouveau forage à Hatrize) ; secteurs à l'aplomb des zones dépilées (5 nouveaux forages) ; secteurs en bordure du réservoir minier, en dehors des travaux miniers.

Les calcaires du Dogger sont constitués de plusieurs nappes superposées, séparées par des écrans marneux parfois discontinus. Ils sont naturellement fissurés, voire localement karstifiés, et ont subi une fracturation supplémentaire lors des dépilages. En raison de la nature très hétérogène de cet aquifère, les 10 forages non équipés de pompes ont été ou seront équipés de crépines longues pouvant capter le maximum de fractures dans le niveau aquifère étudié.

A l'heure actuelle, deux méthodes sont proposées pour échantillonner de l'eau dans ce type de forage : méthode « traditionnelle » avec purge préalable du forage, et méthode plus récente sans purge (seul un rinçage du système d'échantillonnage est effectué).

b) Méthode d'échantillonnage avec purge totale du forage

De nombreux auteurs préconisent de purger le forage, en pompant un volume d'eau équivalent à plusieurs fois le volume de la zone non crépinée, ou jusqu'à stabilisation de certains paramètres physico-chimiques (conductivité, température, potentiel rédox, pH,

oxygène dissous). En effet, l'eau stagnante située dans le tubage, au-dessus de la crépine, voit sa composition chimique modifiée par le contact avec l'atmosphère et le tubage, alors que l'eau de la crépine est constamment renouvelée par l'écoulement naturel de l'eau dans l'aquifère. Le pompage a donc pour but d'évacuer toute cette eau stagnante. L'opération doit cependant être conduite avec précaution, car elle peut provoquer le mélange de l'eau de la couche étudiée avec de l'eau provenant de couches différentes de l'aquifère.

Les procédures d'échantillonnage des eaux souterraines dans les forages non équipés de pompes sont décrites dans le « Guide pratique d'échantillonnage des eaux souterraines » (Lallemand-Barrès, rapport BRGM R 37390, 1993). Ces procédures, très succinctement rappelées dans l'encart ci-dessous, ont été appliquées jusqu'ici lors des opérations de prélèvement dans les forages du bassin ferrifère, avec un matériel portable.

1) Purge du forage

Le système de pompage utilisé doit permettre la purge du forage à un débit suffisamment peu élevé pour ne pas dénoyer la partie crépinée du forage, ni provoquer un re-développement du forage (ce dernier est signalé par l'extraction de matières en suspension). La purge doit se poursuivre jusqu'à extraction d'un volume d'eau équivalent à au moins 2 fois le volume du puits (volume du puits = volume d'eau situé au-dessus de la partie supérieure de la crépine) et jusqu'à stabilisation de la conductivité, de la température, du pH et du potentiel rédox de l'eau pompée.

Si le système de purge est différent du système d'échantillonnage, le système de purge doit être mis en place au sommet de la colonne d'eau du forage. Si le même système est utilisé pour la purge et pour l'échantillonnage, le système doit être mis en place au sommet de la zone crépinée. Si le système n'est pas fixe, le mode de lavage du système de purge doit permettre d'éviter une contamination entre les forages successivement échantillonnés.

2) Echantillonnage

L'échantillonnage doit être réalisé à l'aide d'un système permettant un pompage à un faible débit, de manière à limiter les modifications des caractéristiques physico-chimiques des échantillons (surtout pour l'échantillonnage des composés volatils et des gaz dissous).

Le système d'échantillonnage doit être mis en place au sommet de la crépine. Le système d'échantillonnage doit être décontaminé par un lavage approprié avant chaque opération sur un nouveau forage.

c) Méthode d'échantillonnage « sans » purge du forage (purge à très faible débit)

Dans le but de supprimer les inconvénients techniques et financiers entraînés par le pompage de grandes quantités d'eau, d'autres auteurs démontrent qu'il est possible de prélever des échantillons au niveau de la crépine, sans purger préalablement le forage. Puisque l'eau contenue dans la zone crépinée est constamment renouvelée, il suffit de placer une pompe en son milieu (ou au niveau d'une zone productrice), et de pomper à un débit maximal de 100 à 500 ml/mn, pour éviter à la fois le mélange avec l'eau stagnante dans la partie non crépinée, et la mise en suspension des particules du fond du

forage. Comme pour la méthode avec purge, l'échantillon est prélevé lorsque les paramètres physico-chimiques de l'eau pompée sont stables. En pratique, l'équilibre est très rapidement réalisé, puisqu'il suffit de rincer l'eau contenue dans le système de pompage pour obtenir un échantillon représentatif.

La mise en place d'un appareil portable pouvant provoquer le mélange entre la zone stagnante et la zone crépinée lors de la descente jusqu'à la zone à échantillonner, il est préférable d'utiliser un système d'échantillonnage fixe. Lorsque l'opération est conduite avec un appareillage adapté, l'échantillonnage donne d'excellents résultats, reproductibles et représentatifs du niveau aquifère étudié.

d) Les systèmes d'échantillonnage fixes

Pour chacune des méthodes décrites ci-dessus, on distingue deux systèmes : les systèmes d'échantillonnage portables, utilisés successivement dans chaque forage lors d'une campagne, ou les systèmes d'échantillonnage fixes, dédiés à chaque forage. Les systèmes fixes sont plus onéreux, mais ils permettent d'éviter les contaminations croisées entre forages, qui peuvent se produire lors de l'utilisation du même système portable dans plusieurs forages successivement. C'est pourquoi les systèmes portables sont déconseillés pour le prélèvement d'échantillons destinés à l'analyse d'éléments en traces ou de composés volatils. Seuls les systèmes fixes sont donc examinés.

- **Contraintes techniques propres aux forages du bassin ferrifère :** l'échantillonnage doit se faire dans des forages de diamètre interne de 80 à 120 mm, à une profondeur de 10 à 140 m, avec des hauteurs de refoulement de 2 à 50 m. Le volume d'eau dans le tubage correspondant à la hauteur crépinée est au maximum de 0,6 m³. Les critères à retenir pour un système d'échantillonnage fixe sont donc : diamètre maximal de 70 mm, possibilité de pomper à 140 m de profondeur avec une hauteur de refoulement de 50 m, à un débit acceptable.
- **Caractéristiques probables du fluide à échantillonner :** le fluide à échantillonner pourra être très minéralisé. Des dépôts colmatants sont donc à craindre. Les éléments actuellement recherchés lors des analyses sont les ions majeurs, les contaminants azotés (nitrate et ammonium), le fer et le manganèse. Les hydrocarbures totaux et l'indice phénol pourront être recherchés. Il n'est pas exclu que des analyses plus complètes, incluant des éléments en trace et des composés volatils, soient effectuées à l'avenir. Le système retenu devra prendre en considération cette éventualité.
- **Principaux systèmes d'échantillonnage fixes existants :**
 - **Pompe électrique :** la probabilité importante d'apparition de dépôts colmatants augmente le risque de panne voire de détérioration définitive de ce type de pompe lorsqu'elles fonctionnent de manière intermittente. En outre, la qualité des échantillons obtenus n'est pas satisfaisante pour les éléments en trace et les composés volatils : la rotation rapide des turbines provoque un dégazage de l'échantillon et une augmentation de sa température, ce qui peut entraîner une

modification des équilibres physico-chimiques et donc une altération de sa composition.

- **Pompes pneumatiques automatiques** : ces pompes sont utilisées pour pomper des lixiviats de décharges ou de sites pollués. Elles fonctionnent de manière entièrement automatique dès lors qu'elles sont reliées à une source d'air comprimé : un flotteur situé dans le corps de pompe actionne un jeu de clapets en tête de pompe, et commande les cycles d'air comprimé permettant le refoulement de l'eau. Elles peuvent fonctionner en milieu très turbide, et même dans des eaux contenant une grande proportion d'hydrocarbures. Les débits peuvent atteindre 1 m³/h suivant les modèles (diamètre 90 mm). L'inconvénient majeur de ces pompes est que le contact entre l'eau et l'air est permis : comme pour les pompes électriques, l'échantillonnage des composés volatils est proscrit, et les équilibres chimiques peuvent être modifiés. Leur principal atout est leur faible coût à l'achat, leur robustesse, et leur simplicité d'utilisation.
- **Pompe pneumatiques à membrane** : ce type de pompe est retenu par l'E.P.A. (Environmental Protection Agency, USA) pour l'échantillonnage en forage. Par l'utilisation de cycles compression - décompression à l'aide d'air sous pression, une vessie en téflon est alternativement comprimée (expulsion vers le haut du volume d'eau contenu dans la vessie) et décomprimée (aspiration de l'eau du forage). Les seuls éléments mobiles en contact avec l'eau sont des clapets à billes, peu sensibles à un colmatage éventuel. Il n'y a pas de contact entre l'air et l'échantillon, et les gradients de pression et de température dans le système sont limités au maximum. Ce système est adapté à l'échantillonnage de composés organiques volatils. Son inconvénient est qu'il est relativement onéreux et plus complexe à mettre en œuvre que les autres systèmes (réglage des pressions et des cycles de compression-décompression).

Compte tenu des contraintes techniques de certains des ouvrages, le débit maximum de ces pompes (quelques litres par minute à 10 m de profondeur) est insuffisant pour permettre un renouvellement du volume d'eau contenu dans la partie crépinée du forage dans des temps acceptables. Pour réduire le temps de purge, au prix d'un surcoût, il est possible de positionner un packer entre la zone non-crépinée et la zone crépinée, de manière à isoler cette dernière pendant la purge et l'échantillonnage.

Ce même type de pompe à membrane existe aussi pour la méthode sans purge, qui prend actuellement de l'ampleur par rapport aux méthodes « traditionnelles » sous l'impulsion de l'E.P.A. (Puls et Barcelona, EPA Ground Water Issue EPA/540/S-95/504, 1995). Le système demande moins d'énergie et de temps, puisque les débits pompés sont faibles, tout en conservant les qualités des pompes à membranes traditionnelles, reconnues pour leur excellence dans le domaine de l'échantillonnage. Le système fonctionne même en immersion partielle. Les matériaux utilisés sont l'inox et le téflon ou le PVC et le téflon. Le système d'échantillonnage travaille en forage de diamètre 50 mm et plus, et il délivre 100 ml/mn sans agitation jusqu'à 121 m de profondeur.

e) Propositions pour l'équipement du réseau de forages

Parmi les méthodes et les systèmes existants, et compte tenu de l'objectif de la surveillance et des caractéristiques des forages du réseau de surveillance, la méthode « sans » purge et le système d'échantillonnage à pompe à membrane pneumatique présentent le meilleur rapport qualité technique / prix.

La mise en place d'un tel système implique au préalable la réalisation de diagraphies physico-chimiques. En effet, on a déjà dit que les calcaires du Dogger sont très hétérogènes : ainsi, la zone crépinée d'un forage peut ne recouper que quelques fractures, dont la productivité peut être très variable. Afin de positionner correctement la pompe au niveau d'une zone productive intéressante à échantillonner, il est recommandé de réaliser au moins deux diagraphies en basses et hautes eaux : il s'agit de réaliser des mesures de conductivité et de température en fonction de la profondeur, afin de localiser les zones d'arrivée d'eau dans le forage (ou de départ vers l'aquifère) par l'intermédiaire d'une fracture ou d'une zone poreuse. Les résultats de diagraphies devraient apporter beaucoup d'informations, puisque l'eau du Dogger et l'eau des réservoirs miniers présentent un fort contraste de composition chimique.

Les échanges d'eau entre le forage et la roche encaissante étant mieux compris, et l'échantillonnage étant réalisé au niveau le plus adapté à l'objectif de l'étude, l'interprétation des variations de concentration des solutés sera nécessairement plus pertinente.

3. Surveillance des débits et des niveaux piézométriques

La période d'observation faisant l'objet de ce rapport a été marquée par deux événements survenus à la fin de 1998 : le débordement du réservoir sud à la galerie de Moyeuve, constaté le 28 octobre, et le débordement du réservoir centre au puits du Chevillon, constaté le 28 décembre.

Les valeurs des niveaux et des débits mesurés sont détaillées dans les annexes 2 à 5.

3.1 LE RESERVOIR SUD

Dans le réservoir sud (Figure 7), l'ennoyage a commencé par l'ouest, à Droitaumont, zone la plus profonde, à partir de février 1995, date de l'arrêt de l'exhaure. De la cote moins 36 m, le niveau d'eau s'est élevé à la cote + 169,5 m à la fin du mois de juin 1998 (169,43 m le 29 juin 1998). Cela représente une vitesse moyenne de progression de l'ordre de 4,5 m/mois (15 cm/jour).

A partir du mois de juillet 1998 et jusqu'à la fin du mois d'octobre, la progression moyenne ralentit fortement, pour atteindre une valeur de 0,75 m/mois (2,5 cm/jour). La cote atteinte le 26 octobre à Droitaumont est de 172,36 m, soit 7 cm en dessous de la cote de débordement à la galerie de Moyeuve.

Or, la période hydrologique octobre 1997 - septembre 1998 n'a pas été particulièrement sèche en Lorraine, avec un déficit de pluie de -10 % par rapport à la moyenne sur ces 12 mois, contre + 20 %, + 10 %, - 40 % et - 2 % pour les 4 périodes hydrologiques oct. 93 – sept. 94, oct. 94 – sept. 95, oct. 95 – sept. 96, oct. 96 – sept. 97 respectivement (Bulletin hydrologique de la région Lorraine, DIREN Lorraine). Il semble donc que l'on puisse attribuer le ralentissement de la montée du niveau piézométrique dans le réservoir minier sud à la création d'exutoires naturels en dessous de la côte de débordement de la galerie de Moyeuve, toutes les conditions étant supposées constantes par ailleurs.

La création de ces exutoires a été confirmée par la montée du niveau piézométrique dans la nappe alluviale constituant le soubassement de la ville de Moyeuve-Grande à partir du mois de juillet 1998, et par l'apparition de sources dans le lit de l'Orne. L'envahissement de la nappe alluviale se fait majoritairement par déversement à partir de l'affleurement de la formation ferrifère formant la base de la colline qui borde la ville au sud (BRGM, 1998). Les cotes des niveaux piézométriques observées dans la nappe alluviale variaient entre 170 et 171 m le 1^{er} septembre 1998.

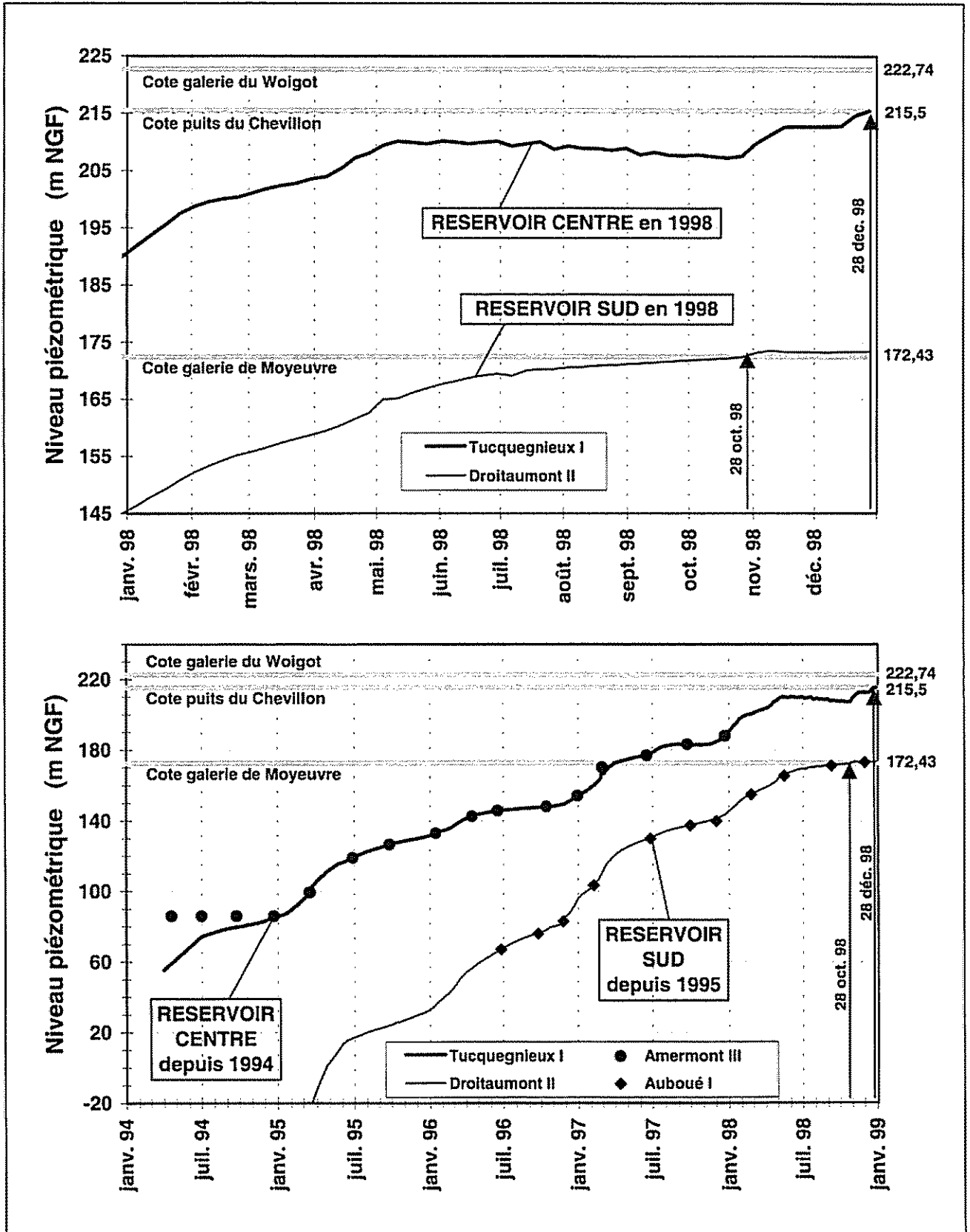


Figure 7 – Evolution des niveaux piézométriques dans l'ancien réservoir minier.

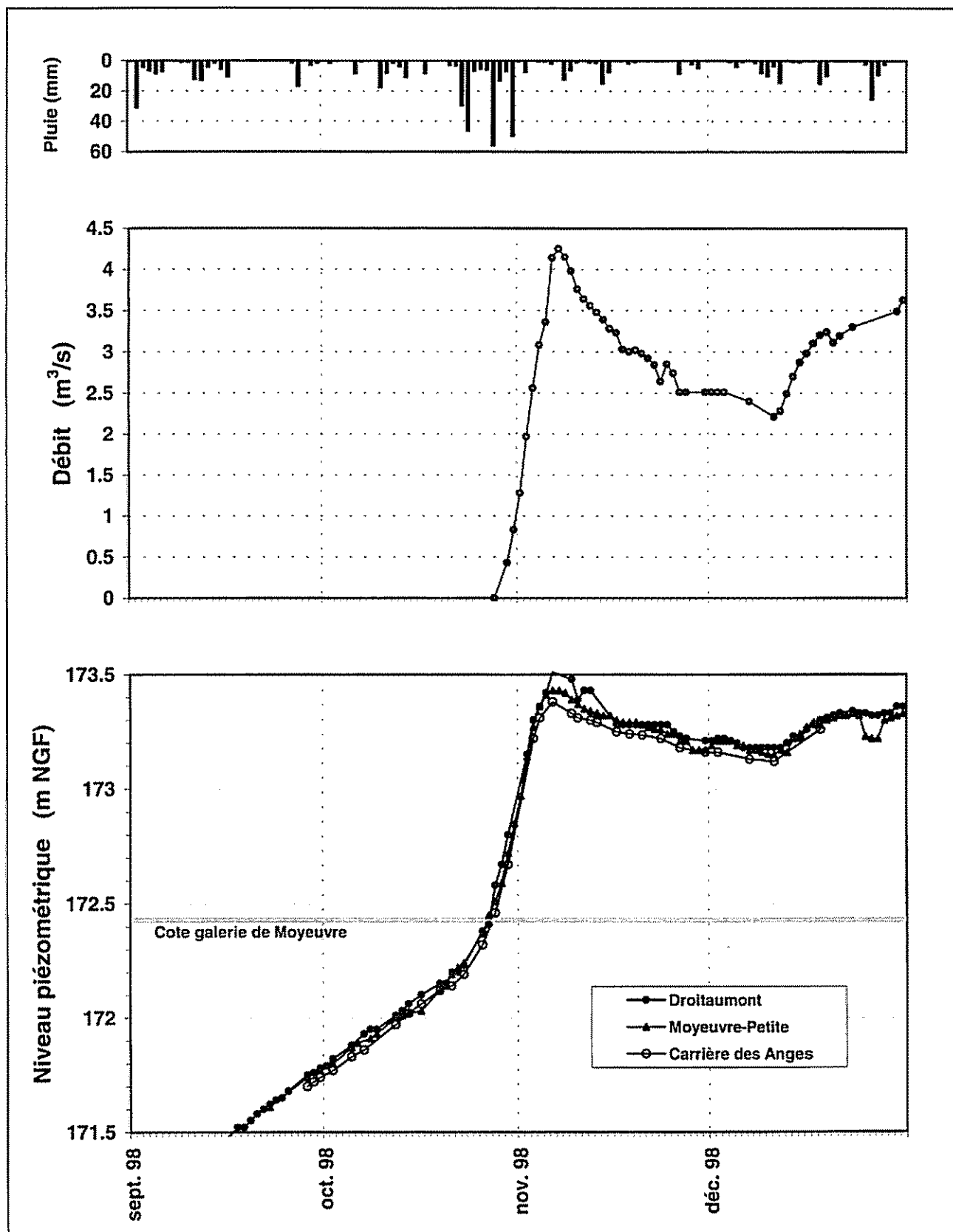


Figure 8 – Débordement du bassin sud (septembre-décembre 1998).

A la fin du mois d'octobre, les pluies exceptionnelles tombées dans la période du 23 au 31 (220 mm à Ludelanges) ont provoqué une rapide reprise de la montée du niveau piézométrique dans le réservoir minier, jusqu'au débordement à la galerie de Moyeuvre, constaté le 28 octobre (Figure 8). A partir de la date du débordement, le niveau d'eau dans le réservoir minier s'est élevé jusqu'à la cote 173,5 m à Droitaumont, puis est redescendu jusqu'à 173,15 m, pour enfin remonter jusqu'à une cote de stabilisation de 173,3 m NGF environ.

Les niveaux piézométriques de 3 ouvrages atteignant le réservoir minier sont extrêmement proches (Figure 8) : à une date donnée, moins de 5 cm séparent les mesures piézométriques effectuées sur Carrière des Anges et Moyeuvre-Petite à l'extrémité nord-est du bassin sud, et Droitaumont à l'extrémité sud-ouest de ce même bassin (annexe 3). Ceci démontre la très bonne connexion hydraulique existant entre les différents secteurs du bassin sud.

En 1998, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a installé une station hydrométrique sur le canal destiné à l'évacuation dans l'Orne des eaux provenant de la galerie de Moyeuvre. La station mesure en continu la hauteur d'eau dans le canal, la conductivité et la température de l'eau (annexe 4). La hauteur d'eau est convertie en débit par l'établissement d'une relation entre ces deux mesures grâce à des jaugeages ponctuels.

Les jaugeages effectués par le BRGM du 30 octobre au 17 décembre permettent l'établissement d'une relation hauteur-débit. La réalisation de jaugeages comparatifs (Etude ANTEA A16249/A) a permis de vérifier la précision des mesures, qui est comparable aux valeurs communément admises de 5 à 7 % (Charte qualité de l'hydrométrie, 1998). Cependant, la gestion de la station étant désormais assurée par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, et dans un souci de cohérence avec les futures mesures, c'est une deuxième relation, établie à partir des jaugeages de l'Agence, qui a servi au calcul du débit. Les débits calculés par cette deuxième relation sont supérieurs de 18 à 20 % à ceux initialement calculés, sans que l'on puisse *a priori* en cerner la raison (matériel différent, caractéristiques du logiciel de dépouillement des mesures, ...).

La courbe de tarage est valide pour des débits supérieurs à 0,5 m³/s. Les débits inférieurs sont estimés par une relation linéaire.

Le débit mesuré à la station suit les variations de la piézométrie dans le réservoir minier. Sa valeur a atteint un maximum de 4,25 m³/s le 7 novembre 1998, puis est redescendue jusqu'à 2,2 m³/s le 12 décembre, pour remonter enfin jusqu'à une valeur de 3,6 m³/s le 31 décembre.

3.2 LE RESERVOIR CENTRE

Dans le réservoir centre (Figure 7), l'ennoyage a commencé par l'ouest, à Amermont, zone la plus profonde, avant l'arrêt définitif de l'exhaure en février 1994. Le niveau de l'eau est passé de - 50 m NGF (cote du fond) à + 14 m NGF en février 1993, pour

atteindre + 85,95 m NGF en avril 1994. Cette cote permettant le déversement de l'eau dans le compartiment hydraulique voisin de Tucquegnieux, elle s'est maintenue jusqu'en janvier 1995, date à laquelle les deux niveaux d'eau se sont rejoint. Ensuite le niveau d'eau global n'a cessé de monter par paliers réguliers jusqu'à la mi-mai 1998, où il a atteint la cote 210 m NGF environ (210,16 m le 11/05/98). Cela représente une vitesse moyenne de progression de l'ordre de 3 m/mois (10 cm/jour).

A partir de cette date et jusqu'à la fin octobre 1998, le niveau s'est stabilisé et a même légèrement baissé jusqu'à la cote 207 environ (207,26 le 19/10/98). Comme pour le bassin sud, on peut probablement attribuer la baisse du niveau piézométrique dans le réservoir minier centre à la création d'exutoires naturels en dessous de la cote de débordement du puits de Chevillon (215,5 m), toutes les conditions étant supposées constantes par ailleurs. On peut aussi envisager la fuite d'eau du bassin centre vers le bassin sud (la différence d'altitude entre les cotes de débordement des deux réservoirs miniers est de 50 m environ) par l'intermédiaires des calcaires du Dogger fracturés.

Les fortes pluies de la fin octobre ont ensuite provoqué une rapide reprise de la montée du niveau piézométrique jusqu'à la cote 212,7 m, puis une nouvelle stabilisation du niveau est enregistrée du 15 novembre au 15 décembre. Enfin, un nouvel épisode de pluie survenu à la fin du mois de décembre a provoqué la reprise de la montée du niveau piézométrique, jusqu'au débordement par le puits du Chevillon constaté le 28 décembre.

Dans le bassin centre, comme dans le bassin sud, les niveaux d'eau observés aux deux puits Tucquegnieux et Amermont sont semblables, traduisant une bonne continuité hydraulique à l'intérieur des anciennes mines.

3.3 LES CALCAIRES DU DOGGER DU BASSIN SUD

Depuis mars 1997, les relevés piézométriques illustrent l'influence de l'ennoyage actuel du réservoir minier sur le régime de la nappe des calcaires du Dogger dans le bassin sud.

On distingue deux comportements hydrauliques (Figure 9) :

- Les forages qui captent la nappe principale et qui sont situés près de la bordure sud-est du bassin présentent des variations annuelles du niveau de la nappe régulières et de très grande amplitude (25 à 40 m) : **Bagneux** et **Vernéville**.

Cela peut s'expliquer par leur position topographique haute, au dessus du niveau des exutoires naturels et en limite des zones influencées par les travaux miniers.

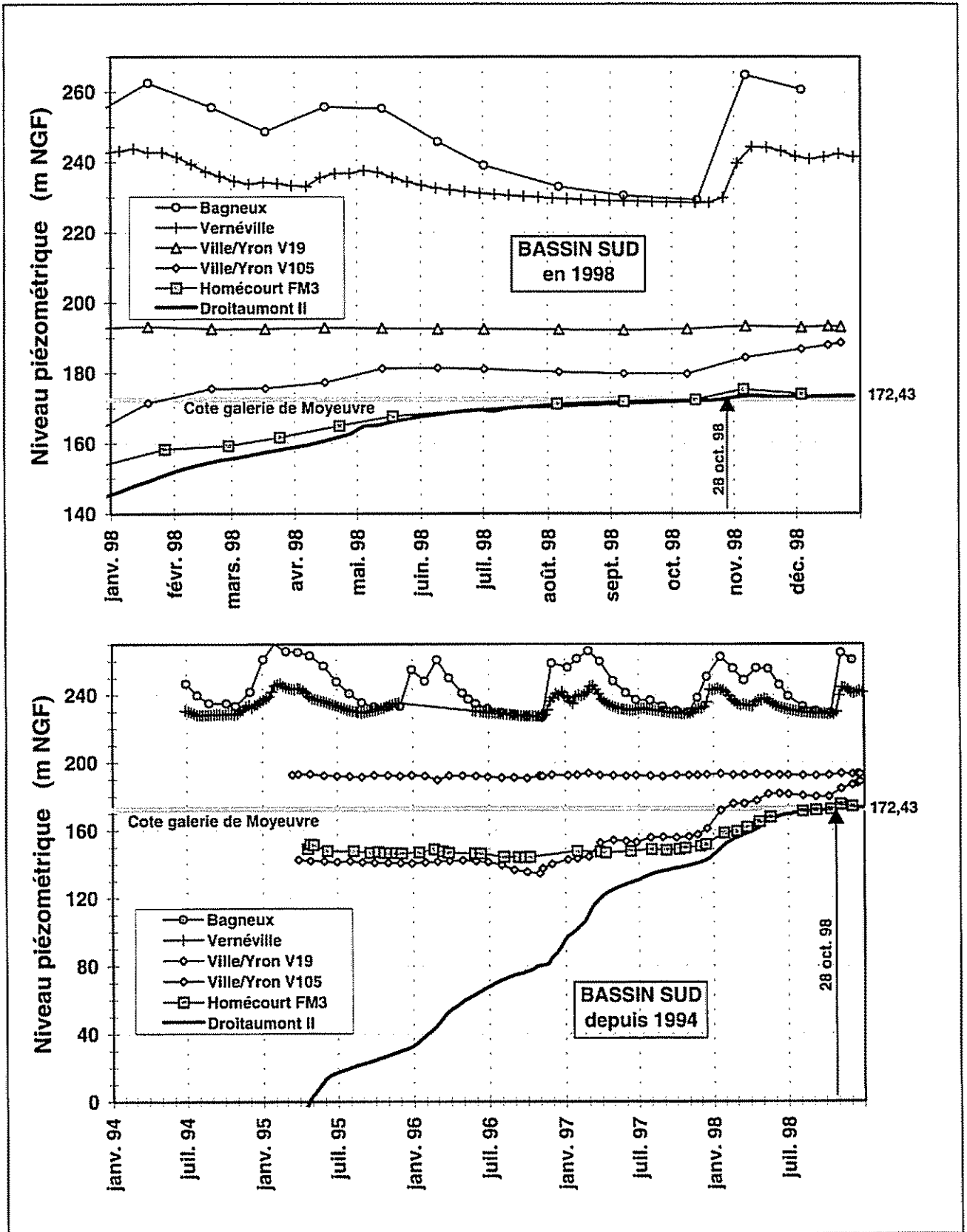


Figure 9 – Evolution des niveaux piézométriques dans les calcaires du Dogger du bassin sud – Comparaison à l'évolution du niveau du réservoir minier.

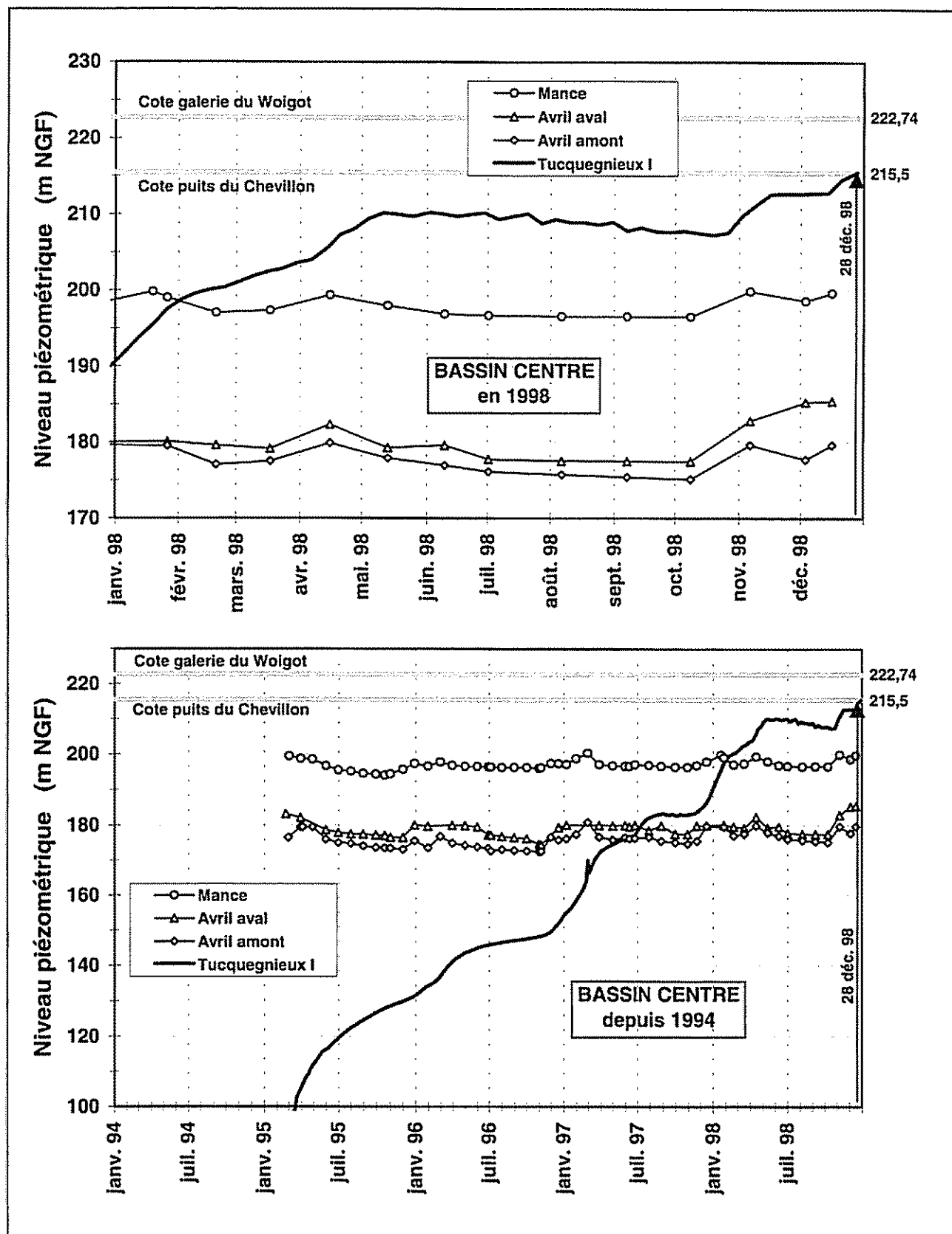


Figure 10 – Evolution des niveaux piézométriques dans les calcaires du Dogger du bassin centre – Comparaison à l'évolution du niveau du réservoir minier.

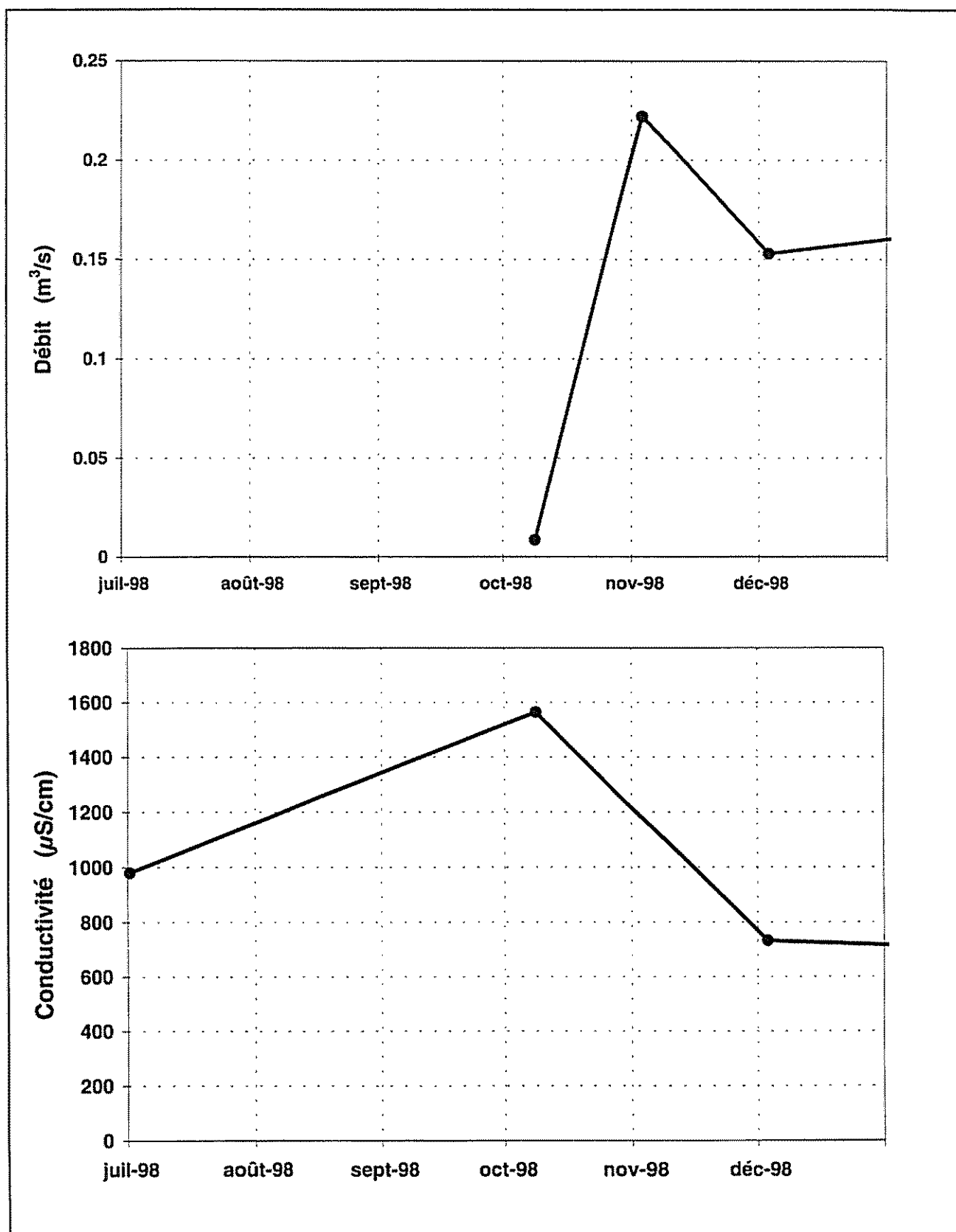


Figure 11 – Evolution du débit et de la conductivité électrique de la source de Mance.

On observe donc une recharge hivernale, lorsque les précipitations sont nettement supérieures au drainage par les sources des flancs des côtes de Moselle augmenté des éventuelles fuites vers le réservoir minier, puis, à l'étiage, à une vidange par les sources de la réserve d'eau emmagasinée.

Actuellement, aucune influence de l'ennoyage minier n'est visible sur ces ouvrages.

- Les forages qui captent la nappe principale à l'ouest et au centre du bassin présentent au contraire une réaction à l'ennoyage : **Ville-sur-Yron (V105)** et **Homécourt (FM3)**.

Le niveau de la nappe profonde à Ville-sur-Yron croît fortement depuis mars 1997 jusqu'à la cote 188,5 m NGF en décembre 1998 (+ 44 m). Cette remontée résulte d'une part, de l'affaiblissement du drainage par les travaux miniers voisins, en cours d'ennoyage, et d'autre part, de la mise en charge de la nappe depuis fin décembre 1997. A la fin du mois de décembre 1998, le niveau piézométrique dans ce forage était environ de 15 m supérieur au niveau du réservoir minier.

A Homécourt (FM3), la nappe principale du Dogger a amorcé une hausse depuis la fin de 1997. En 1998, son niveau piézométrique s'est élevé un peu moins rapidement que le niveau du réservoir minier, et les deux niveaux se sont presque rejoint depuis le milieu du mois de mai. Ils varient désormais de manière similaire, le niveau de la nappe des calcaires du Dogger s'étant établi à une cote supérieure de 35 cm à 2 m par rapport à celui du réservoir suivant les conditions hydrologiques.

Par ailleurs, le forage **V19 de Ville-sur-Yron** qui capte une nappe perchée du Dogger (celle de l'oolithe de Doncourt) montre aussi des battements réguliers mais de très faible amplitude. Ce phénomène est lié à la nature de cette petite nappe en relation avec le cours d'eau.

A proximité du bassin sud, le forage de **S^t-Jean-lès-Buzy** recoupe la totalité des formations aquifères du Dogger, y compris la couche minéralisée ferrifère aalénienne, non exploitée dans ce secteur. Les variations annuelles régulières qui étaient observées les années précédentes (amplitude d'une dizaine de mètres et parfois léger jaillissement) ne se sont plus manifestées en 1997 et en 1998 : l'ouvrage a été artésien pendant presque toute l'année 1997 et pendant toute l'année 1998. Cet accroissement de la mise en charge de la nappe du Dogger sous les argiles de la Woëvre est aussi une conséquence de l'ennoyage des anciens travaux miniers.

3.4 LES CALCAIRES DU DOGGER DU BASSIN CENTRE

Le forage de **Mance** est situé dans la vallée du Ruisseau de la Vallée, entre le bassin centre et le bassin sud, à l'écart des travaux miniers. Il présente une recharge hivernale moyenne, suivie d'une vidange vite stabilisée à la cote du ruisseau de la Vallée car l'étiage de ce dernier est soutenu par pompage à Anderny. Le battement de la nappe est

de l'ordre de 5 à 10 m. Ce point se trouve actuellement hors de l'influence de l'ennoyage.

Les forages **Avril amont (A15)** et **Avril aval (A25)** présentent des variations de niveau semblables. Toutefois, l'ouvrage amont capte la base des calcaires du Dogger (calcaires d'Ottange), alors que, par le jeu de la faille d'Avril, l'ouvrage aval capte quelques niveaux calcaires dans les marnes micacées et le sommet de l'aquifère aalénien. Ces points se situent à la limite des travaux miniers, dans la partie est du bassin centre. Il ne sont pour l'instant pas ou très peu (Avril aval) encore influencés par l'ennoyage du bassin centre.

Avant le début de l'exploitation minière, **la source de Mance**, récemment intégrée au réseau de surveillance, était alimentée par un réseau karstique (réseau du Trou Armand en amont d'Anderny). Le développement des travaux miniers, avec pour corollaire l'exhaure des eaux et l'abaissement général du niveau de la nappe des calcaires du Dogger, a eu pour conséquence le dénoyage du réseau karstique, la réduction du débit de hautes eaux et l'assèchement de la source en été.

Les quelques mesures de débit et de conductivité effectuées à partir de juillet 1998 (annexe 5) montrent la réapparition des écoulements à la source en été : le 8 octobre, en fin d'étiage, le débit est encore de 8,5 l/s, et l'eau écoulée relativement minéralisée (1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Après les fortes pluies de la fin octobre, qui ont provoqué la reprise de la montée du niveau dans le bassin centre – et le débordement du bassin sud –, le débit atteint la valeur de 220 l/s, et l'eau retrouve une valeur de conductivité proche de celle du forage de Mance (environ 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Ainsi, la remontée du niveau dans le réservoir minier centre, et par suite celle du niveau de la nappe des calcaires du Dogger, a réactivé la source karstique de Mance. Cependant, l'eau ne provient pas directement du réservoir minier centre, puisque sa conductivité est beaucoup plus faible que celle de l'eau du réservoir (environ 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Anderny II), même en très basses eaux. L'eau s'écoulant à la source provient donc du drainage de l'ancien réseau karstique, réactivé par l'affaiblissement du drainage des eaux du Dogger par le réservoir centre.

4. Surveillance de la qualité des eaux souterraines

Les résultats sont regroupés en annexe 6. Pour chaque composé chimique, chacune des figures 12 à 26 présente l'évolution des concentrations sur l'ensemble des points suivis depuis 1994. Les résultats proviennent :

- des analyses réalisées dans le cadre du suivi annuel initié en 1995 et renforcé en 1998 ;
- des analyses réalisées par LORMINES selon les prescriptions de l'arrêté préfectoral d'abandon minier ;
- des analyses réalisées par les DDASS 54 et 57 dans le cadre des contrôles réglementaires des eaux brutes destinées à être traitées puis distribuées.

Dans le tableau de résultats en annexe et les figures, les résultats d'analyse peuvent être comparés aux « limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » ou à défaut aux « limites de qualité des eaux douces superficielles ou destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » (ces limites sont fixées par les annexes I-I et I-3 du décret n° 89-3 du 3 janvier 1989 modifié).

4.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET IONS MAJEURS

4.1.1 Réservoirs miniers

Le **pH** (Figure 12) ne montre qu'une très légère évolution dans le temps : très légèrement basique avant l'ennoyage (7,5), le pH des eaux des réservoirs miniers a progressivement évolué vers un pH neutre de 7 environ. Au contraire, la concentration en **hydrogénocarbonate** (Figure 13) présente une très légère tendance à l'augmentation, concomitante à la baisse du pH. Les variations de ces paramètres étant liées aux modifications des équilibres acido-basiques de l'eau, on peut en déduire que les réactions d'équilibre acido-basique ne jouent pratiquement aucun rôle dans le phénomène d'accroissement de la minéralisation des eaux d'ennoyage. L'allure erratique des courbes d'évolution du pH est due aux conditions de mesures : les différents opérateurs n'ont pas tous réalisé la mesure sur le terrain au moment du prélèvement. Or, le pH n'est pas un paramètre conservatif, et sa valeur change selon les conditions de conservation des échantillons (température, délai entre l'échantillonnage et la mesure au laboratoire).

En observant les variations des concentrations en **sulfate, calcium, magnésium et sodium** (Figure 14 à Figure 17) à Droitaumont, on constate qu'elles sont très fortement corrélées. Les concentrations sont actuellement stabilisées autour de valeurs plafonds

dans les deux réservoirs (par exemple en sulfate : 2,7 g/l à Amermont ; 1,5 g/l à Droitaumont ; 1,3 g/l à Anderny). Au contraire, à Auboué, on observe une très forte chute de la concentration en sulfate (1,5 g/l à 0,5 g/l) entre deux échantillons prélevés au premier semestre de l'année 1998.

Ici encore, cette évolution très surprenante de la concentration en sulfate est un artéfact d'échantillonnage. En effet, jusqu'au début de 1998, l'eau était amenée en tête de puits par deux colonnes de pompages distinctes : l'une amenait directement l'eau pompée dans le puits, l'autre amenait de l'eau provenant du réservoir de Valleroy, un sous-bassin déconnecté du bassin sud, par l'intermédiaire d'une conduite souterraine. Ainsi, le syndicat des eaux en charge de la distribution d'eau potable pouvait mélanger l'eau pompée directement dans le puits d'Auboué, sulfatée à 1,5 g/l environ, avec l'eau du réservoir de Valleroy, beaucoup moins minéralisée (environ 0,5 g/l en sulfate). Au début de l'année 1998, une importante fuite s'est probablement créée au niveau de la conduite souterraine, conduisant au déversement d'eau du réservoir de Valleroy dans le puits d'Auboué. L'eau pompée dans le puits était alors principalement celle de Valleroy. Par la suite, la conduite souterraine a été fermée, et l'eau pompée dans le puits a retrouvé sa minéralisation initiale. La conduite souterraine a été remplacée par une conduite posée en surface.

A Amermont, la concentration en sodium mesurée de 1994 à 1997 était de l'ordre de 1,2 g/l. Or, cette concentration a chuté brutalement pour se stabiliser vers 0,4 g/l vers le milieu de l'année 1997. Avant 1997, on observe aussi de très fortes variations intermédiaires. Ces variations ne s'observent pas sur la conductivité, qui reste parfaitement stable. L'absence d'analyses complètes – tous les ions majeurs – ne permettant pas d'écarter l'hypothèse d'erreurs d'analyse, et l'absence de renseignements précis sur les conditions de prélèvement ne permettant pas d'écarter l'hypothèse d'erreurs d'échantillonnage, on ne tiendra pour l'instant pas compte des résultats d'analyses pour le sodium de 1994 à 1997 à Amermont.

Les teneurs des eaux du réservoir minier en sulfate, sodium et magnésium sont trop élevées pour l'alimentation en eau potable (2 à 10 fois supérieures à la norme), et même pour la production d'eau potable en ce qui concerne le sulfate.

A Droitaumont, l'évolution de la concentration en **chlorure** (Figure 18) est corrélée à celle des quatre précédents ions majeurs de l'eau. La concentration maximale atteinte dans l'ensemble des puits miniers après ennoyage ne dépasse pas 60 mg/l, soit une valeur 3 à 4 fois inférieure à la norme de potabilité de 200 mg/l.

L'évolution de la concentration en **potassium** (Figure 19) à Droitaumont est faible et est trop bruitée pour être facilement interprétée. Les niveaux de concentration dans l'ensemble des puits ne dépasse que très rarement et faiblement la norme de potabilité.

L'évolution de la **conductivité** électrique de l'eau (Figure 20) est parfaitement corrélée aux évolutions des concentrations des principaux ions de l'eau, puisque ces dernières sont toutes corrélées, et que la conductivité est une mesure globale de la minéralisation globale.

4.1.2 Calcaires du Dogger

Les quatre forages Mance, Avril aval, Avril amont et Ville/Yron V105 ont fait l'objet d'échantillonnages semestriels jusqu'en juillet 1998, puis trimestriels. Leur composition chimique est caractéristique des eaux ayant circulé dans des terrains calcaires (Figure 12 à Figure 20): il s'agit d'une eau bicarbonatée calcique, de pH neutre. Les concentrations en sulfate, calcium, magnésium et sodium, ainsi qu'en chlorure et potassium restent faibles, souvent très en dessous des valeurs limites de potabilité. La conductivité est moyenne (entre 500 et 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C), sans comparaison possible avec les valeurs extrêmement fortes que l'on trouve dans le réservoir minier sous-jacent. Ces ouvrages ne sont donc pas contaminés par de l'eau minéralisée provenant du réservoir minier.

L'eau des forages Joeuf et Tijs a une composition différente de celle des forages précédents : ils présentent tous deux des concentrations plus élevées en sulfate (jusqu'à 500 mg/l), en calcium (jusqu'à 200 mg/l), et une conductivité supérieure (jusqu'à 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). De plus, Joeuf est plus riche en sodium et potassium, alors que Tijs est plus riche en magnésium. Ces deux forages sont donc contaminés par de l'eau minéralisée en provenance des réservoirs miniers.

La nappe des calcaires du Dogger peut être contaminée de deux manières :

- Directement, par les circulations souterraines, par remontée de l'eau des réservoirs miniers jusqu'à la base des calcaires, ou éventuellement par fuites souterraines du bassin centre vers le bassin sud ou le bassin nord qui n'est pas encore ennoyé.
- Indirectement, par les cours d'eau, lorsque ceux-ci sont eux-même contaminés par des soutiens d'étiage, des fuites diffuses ou des débordements.

Il faut retenir la deuxième possibilité pour expliquer la composition chimique particulière des forages Joeuf et Tijs.

Joeuf est influencé par le soutien d'étiage de l'Yron, un affluent de l'Orne. En effet, suite à l'étiage 1996 de l'Orne, prononcé mais soutenu artificiellement par des pompes d'eau minéralisée des mines ennoyées, les teneurs en sulfates ont nettement augmenté pendant l'hiver 1996/1997 (de 200 mg/l à près de 500 mg/l). Depuis, elles ont diminué puis se sont stabilisées autour de 300 mg/l, du fait de l'arrêt du soutien artificiel du niveau du cours d'eau pendant la période hivernale, et d'une diminution du volume pompé au captage. Cette évolution se retrouve aussi dans l'évolution de la concentration en sodium et de la conductivité.

Quant au forage Tijs, il est contaminé par le soutien d'étiage du Woigot et/ou du ruisseau de la Vallée, puisque sa concentration en sulfate était déjà de 430 mg/l en juin 1996, alors que le niveau dans le bassin centre était à 70 m sous la cote de débordement du puits du Chevillon. Il est exclu qu'à cette date, l'eau du réservoir centre ait pu contaminer directement la nappe des calcaires du Dogger.

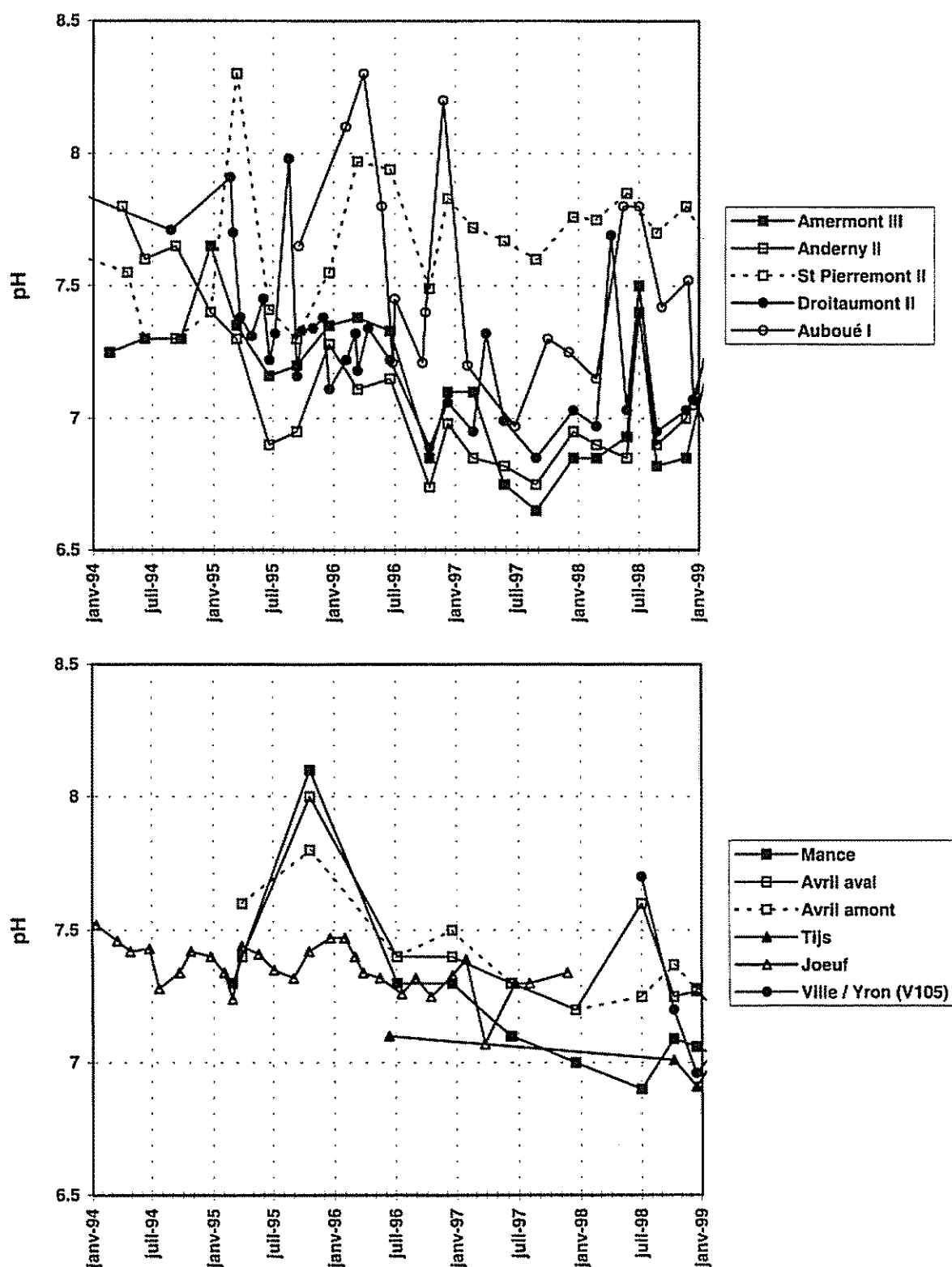


Figure 12 – Evolution du pH dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

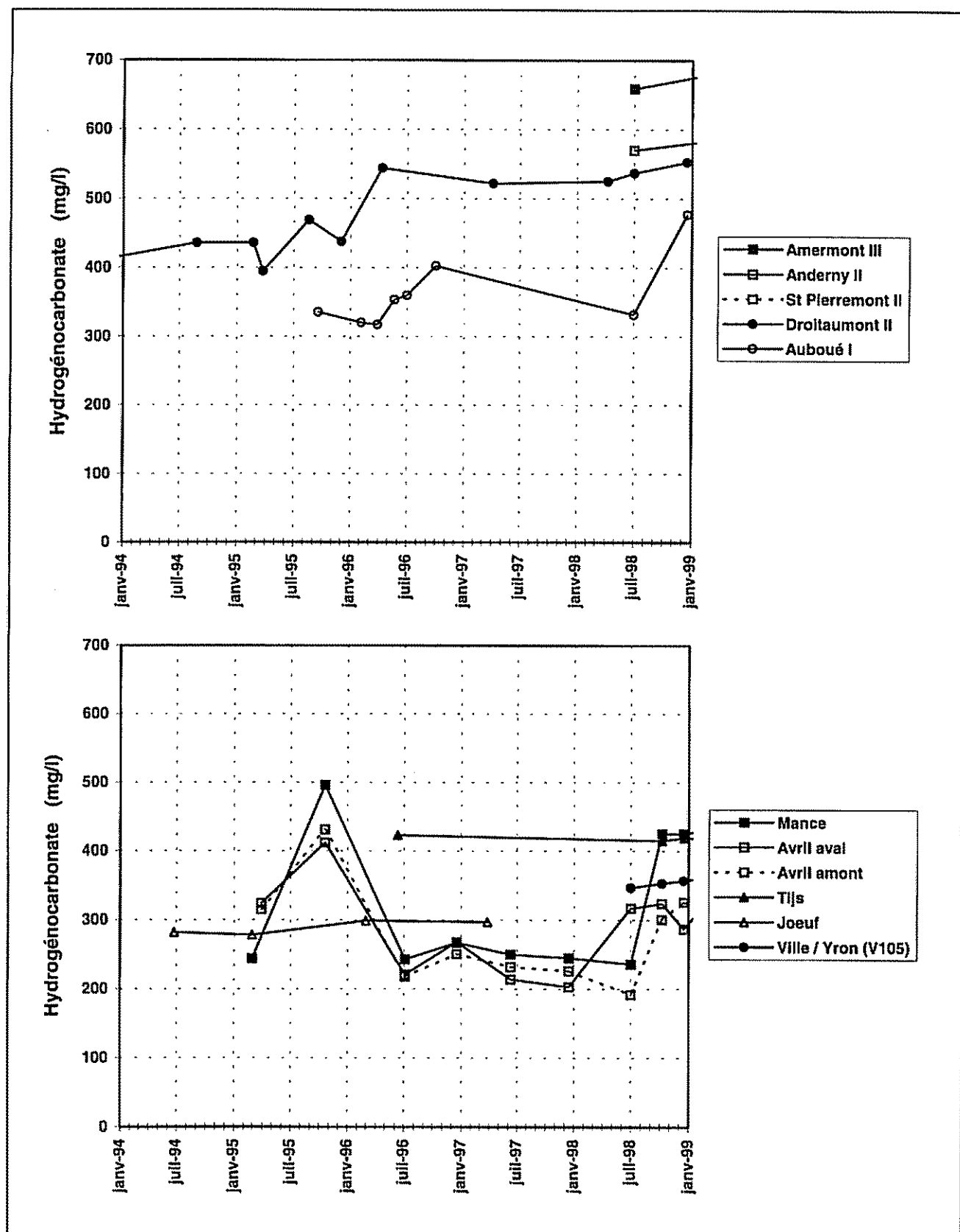


Figure 13 - Evolution de la concentration en hydrogénocarbonate (ou bicarbonate, HCO_3^-) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

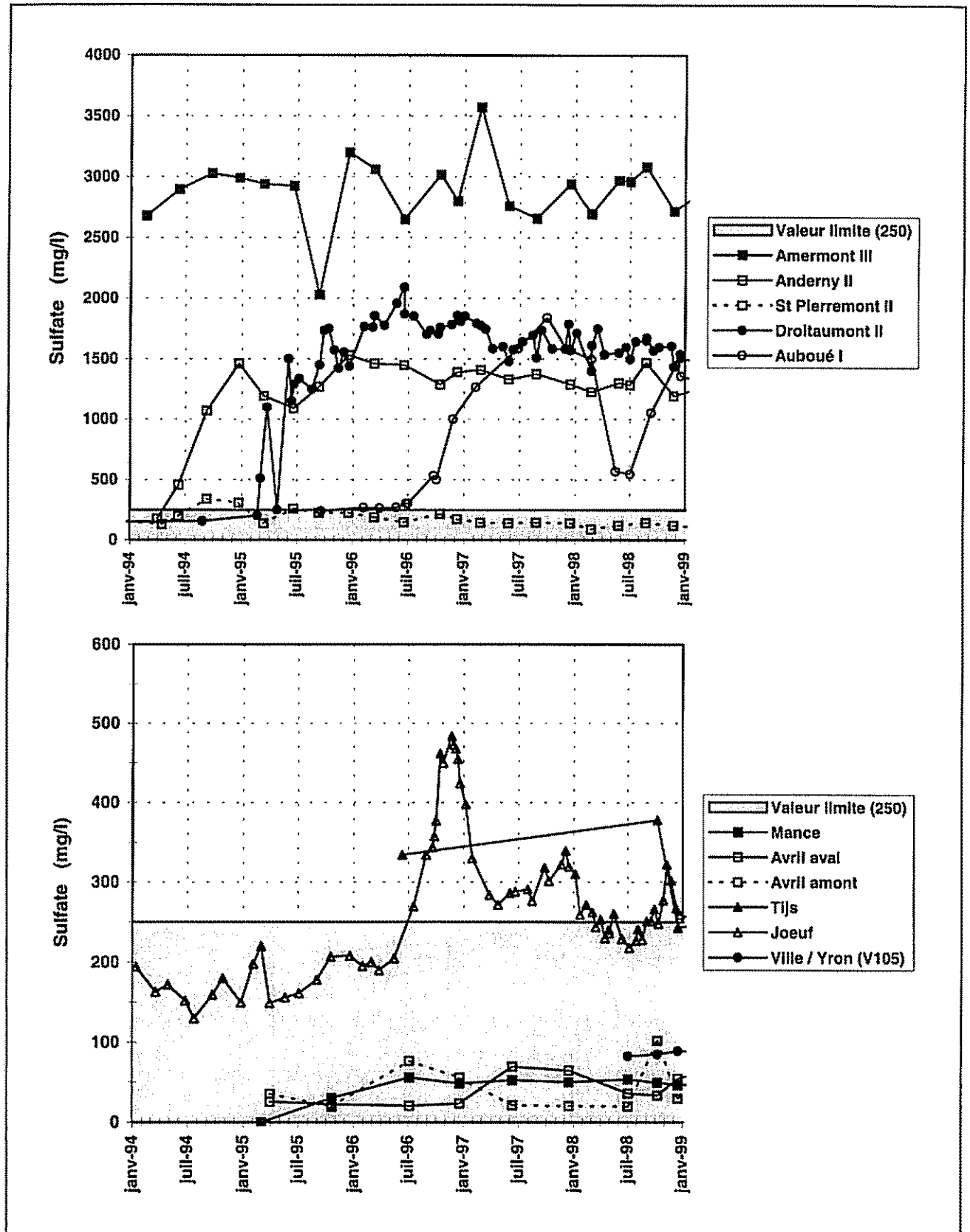


Figure 14 – Evolution de la concentration en sulfate (SO_4^{2-}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

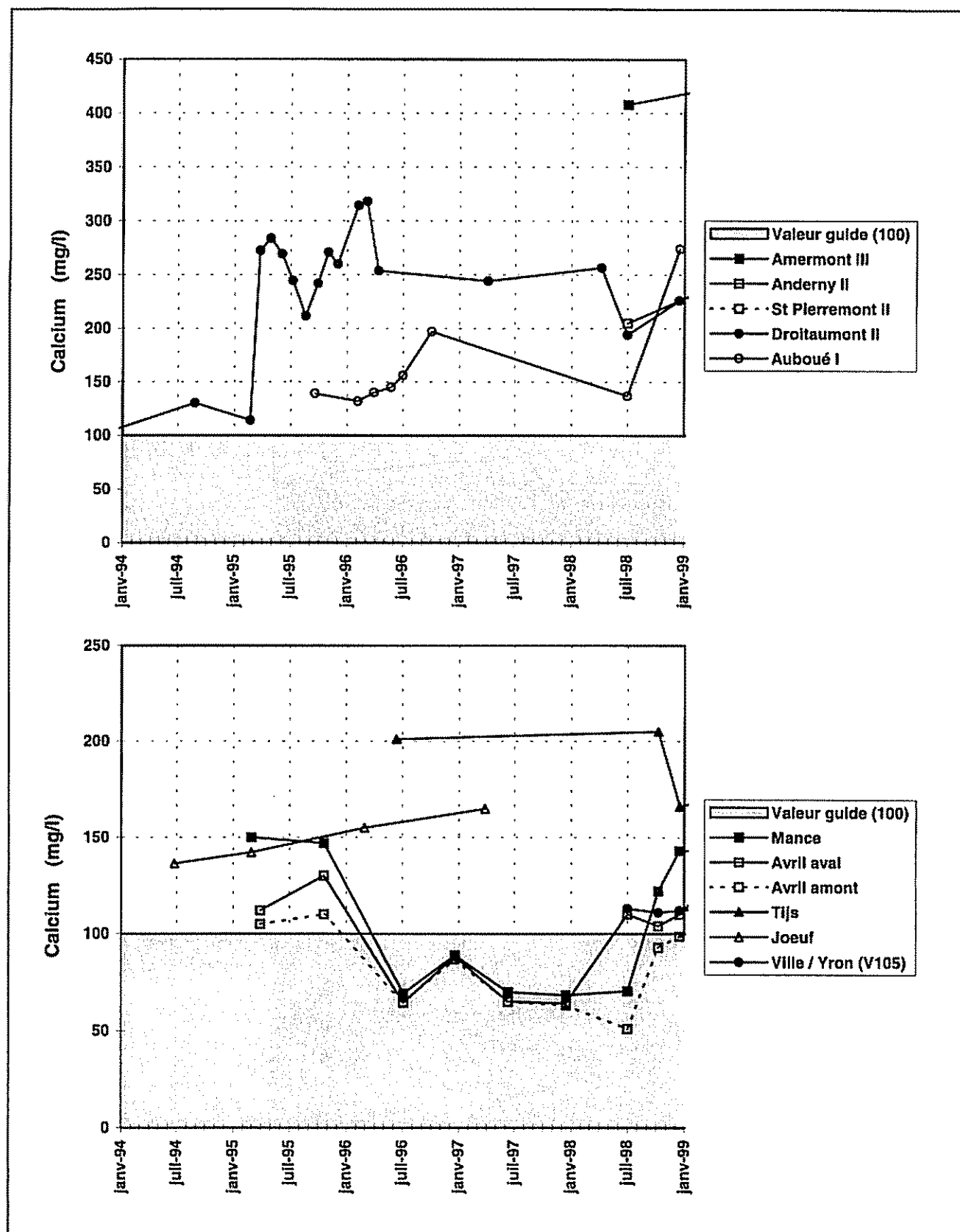


Figure 15 – Evolution de la concentration en calcium (Ca^{2+}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

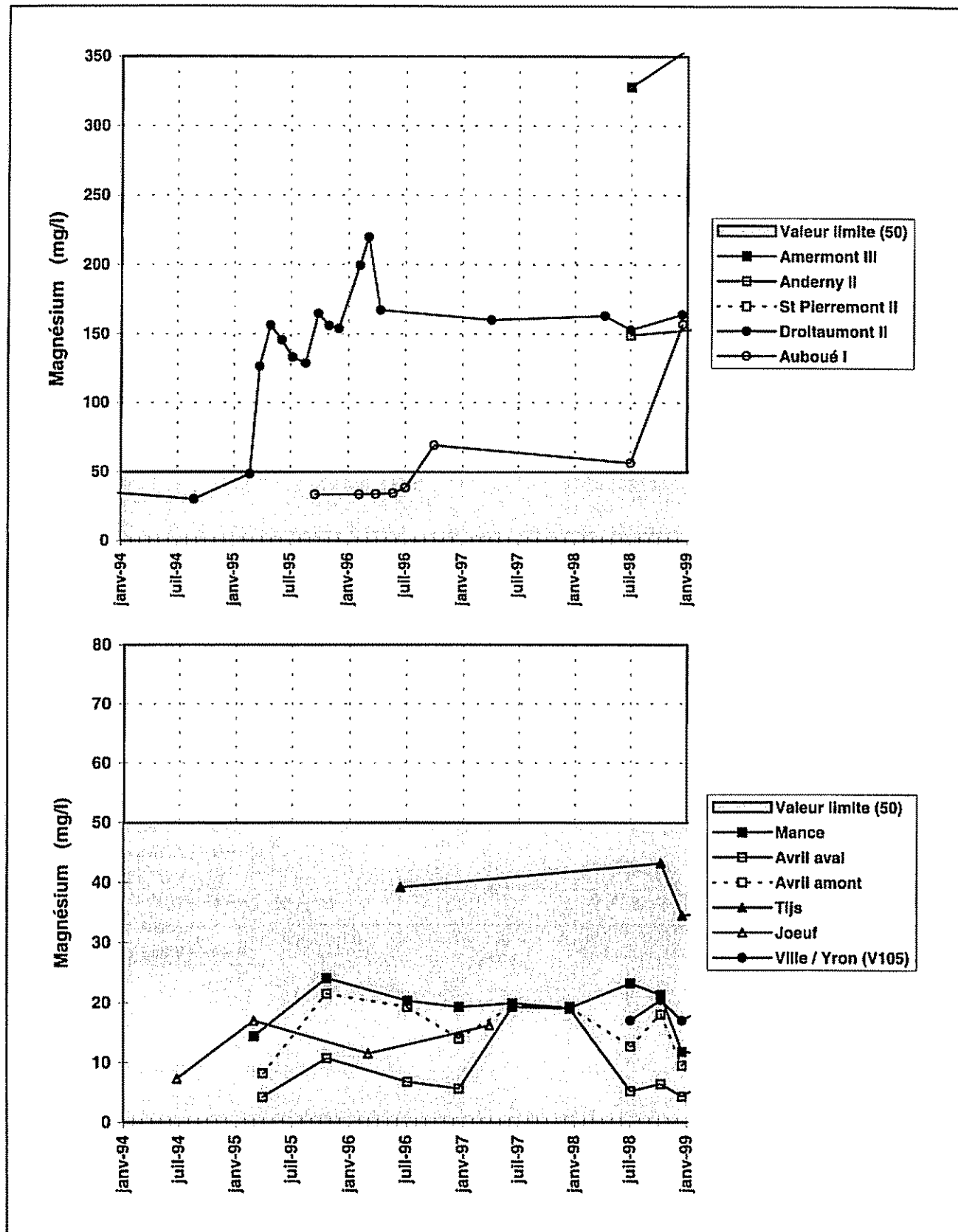


Figure 16 – Evolution de la concentration en magnésium (Mg^{2+}) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

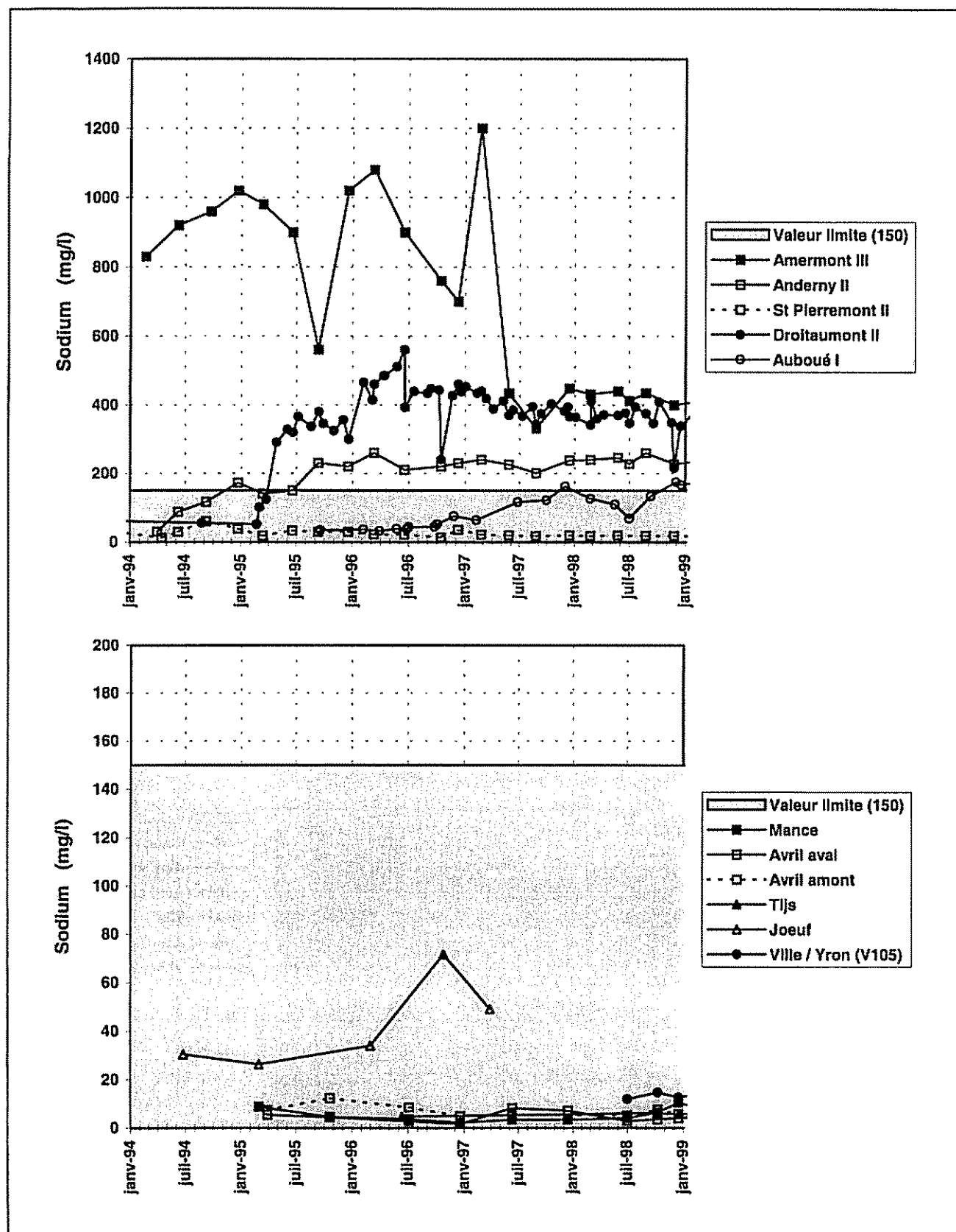


Figure 17 – Evolution de la concentration en sodium (Na^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

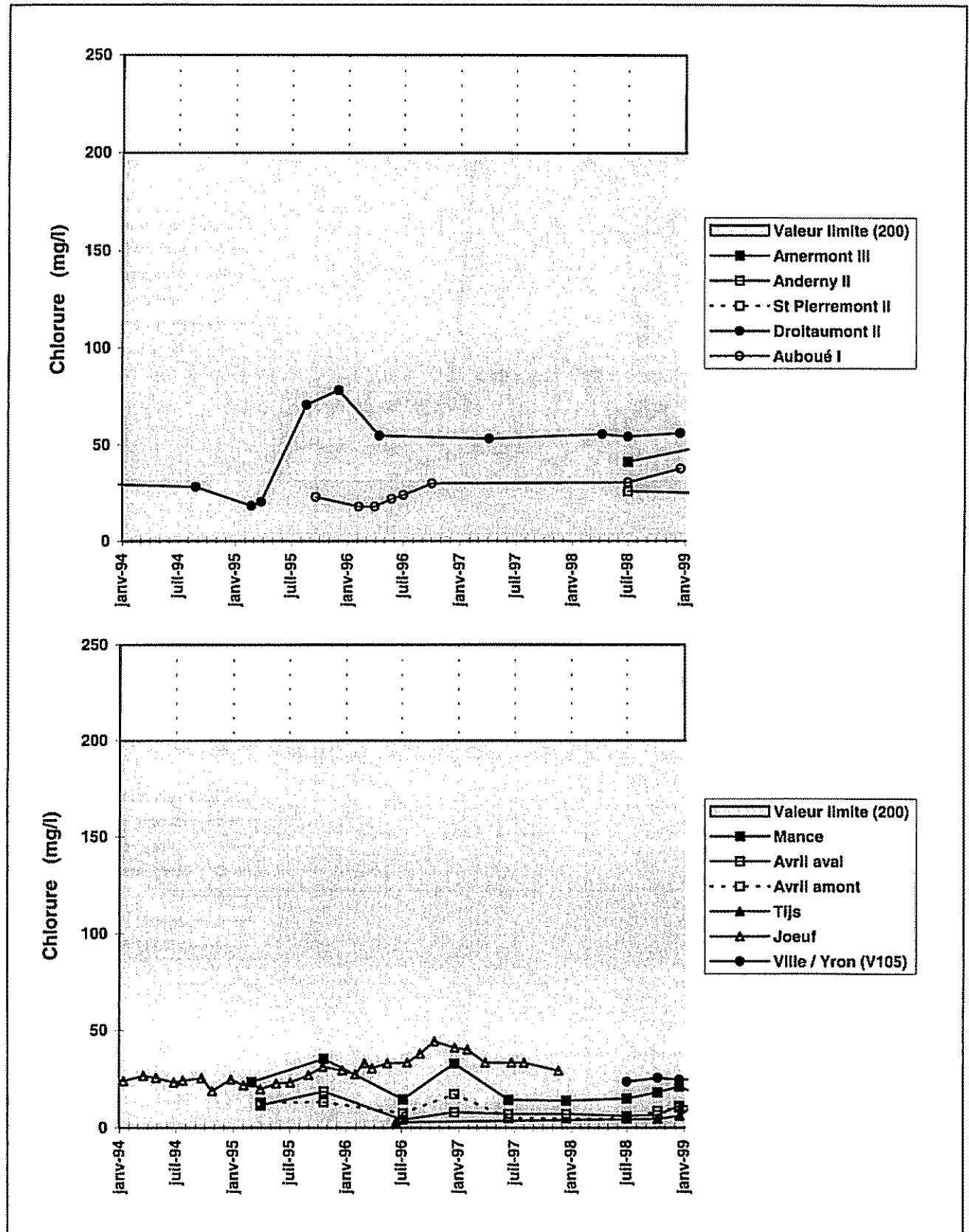


Figure 18 – Evolution de la concentration en chlorure (Cl⁻) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

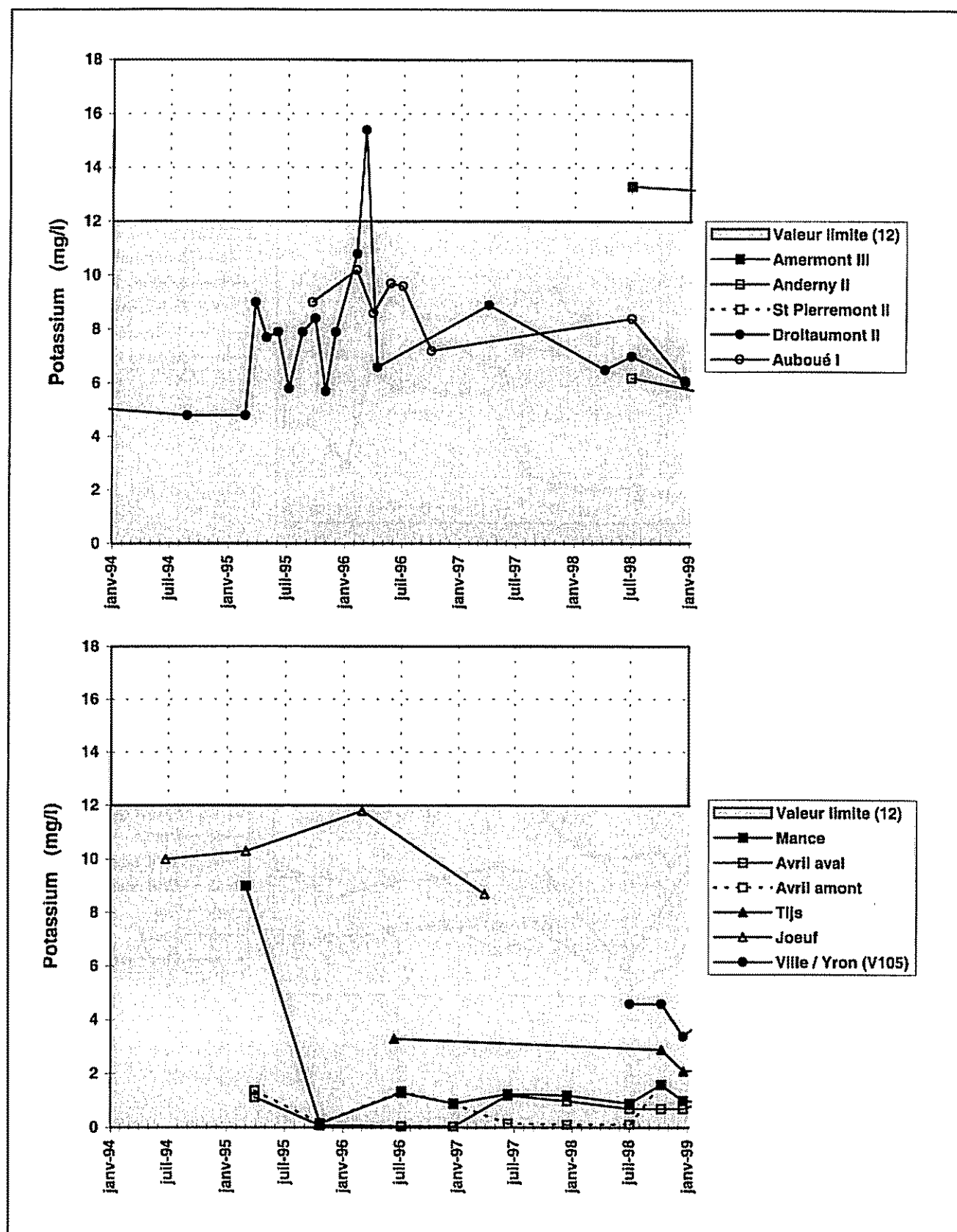


Figure 19 – Evolution de la concentration en potassium (K^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

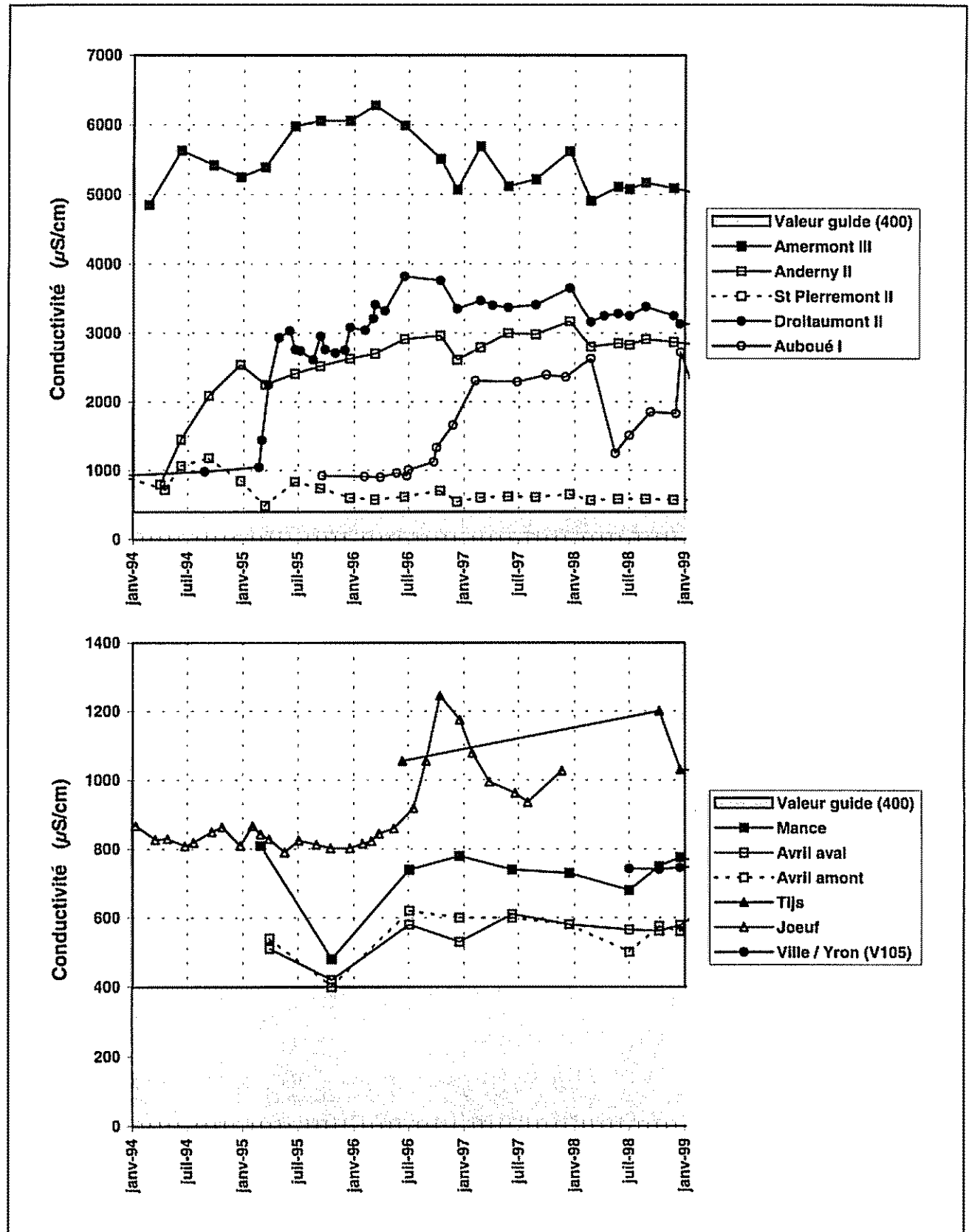


Figure 20 – Evolution de la conductivité électrique dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

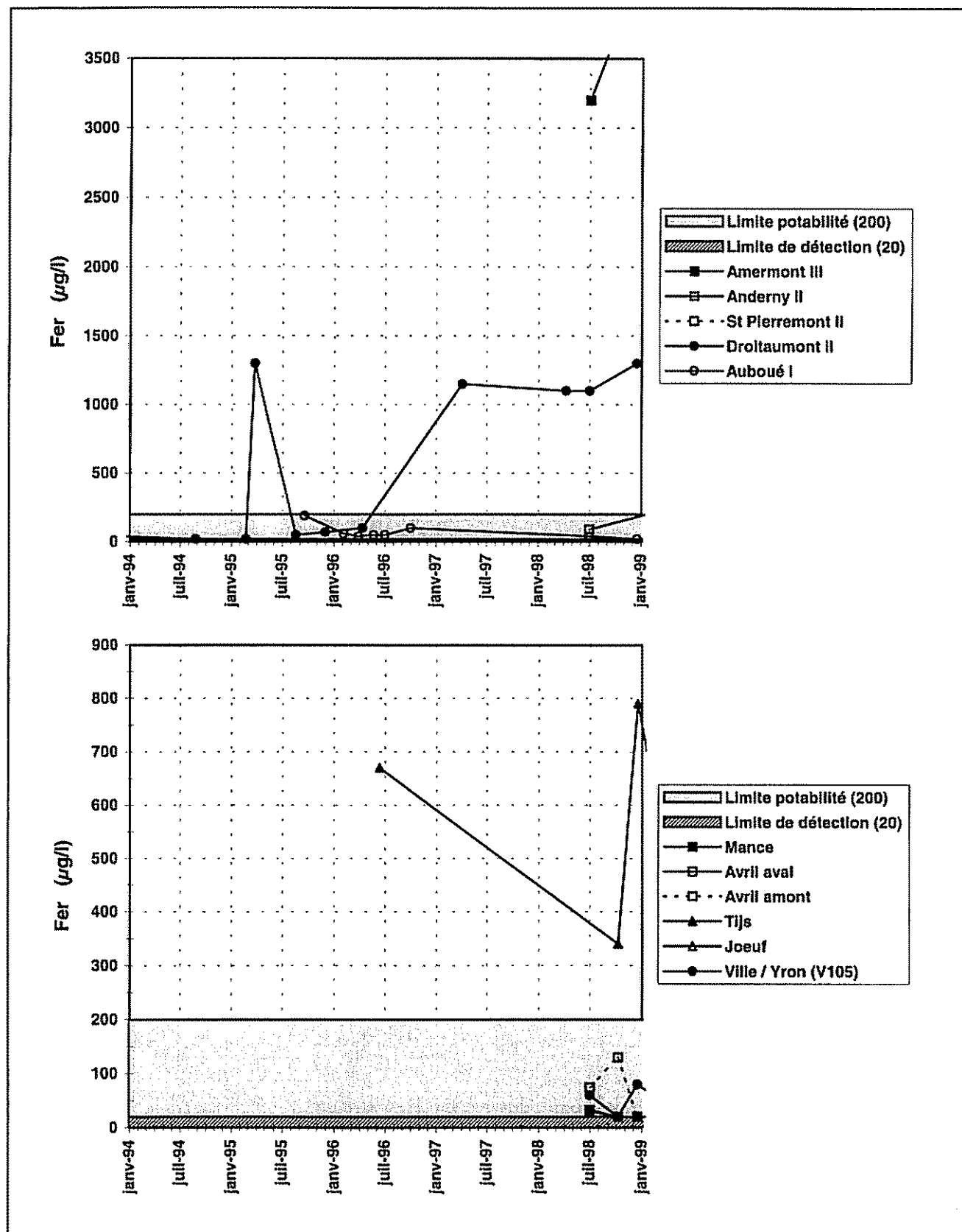


Figure 21 – Evolution de la concentration en fer (Fe) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

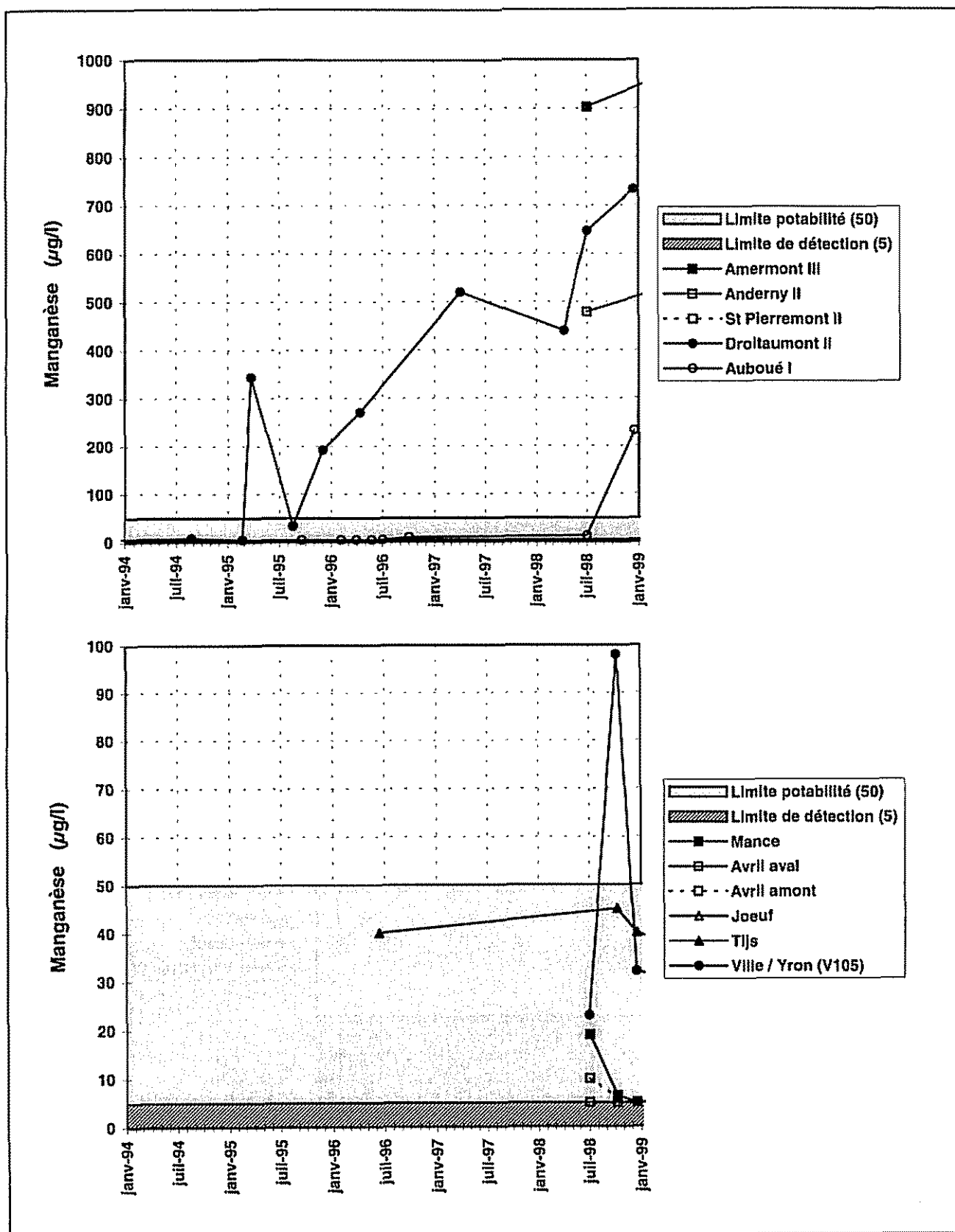


Figure 22 – Evolution de la concentration en manganèse (Mn) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

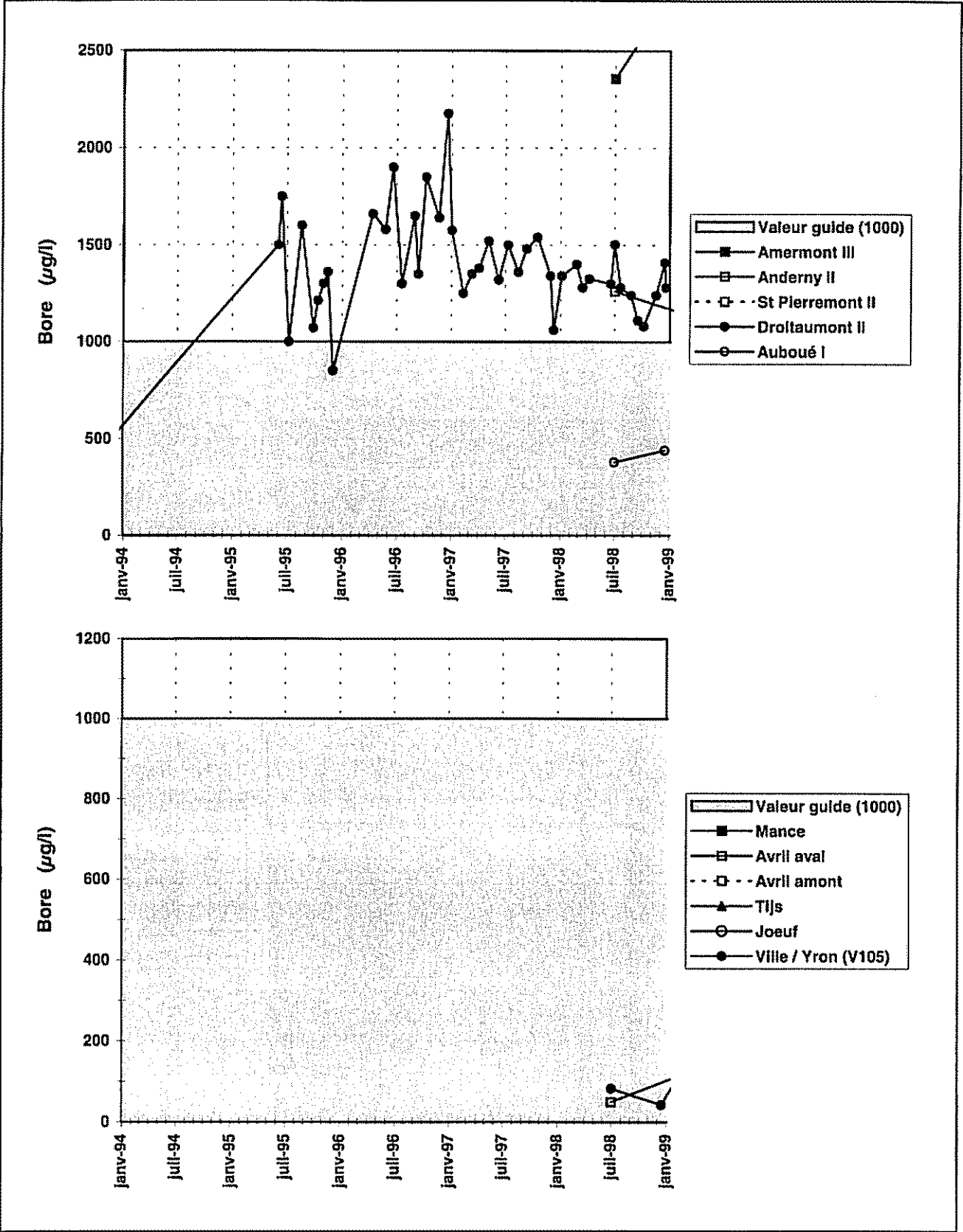


Figure 23 – Evolution de la concentration en bore (B) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

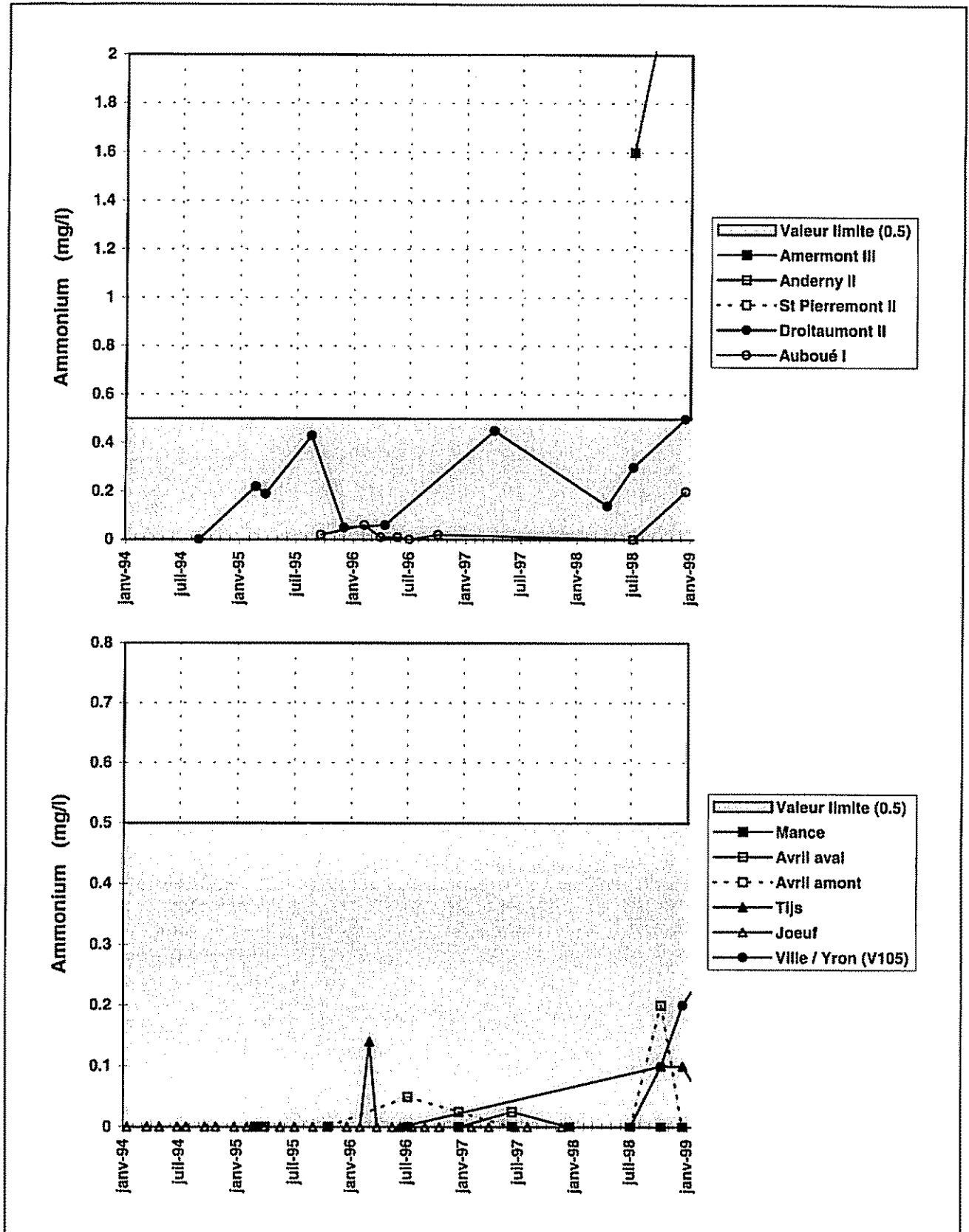


Figure 24 – Evolution de la concentration en ammonium (NH_4^+) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

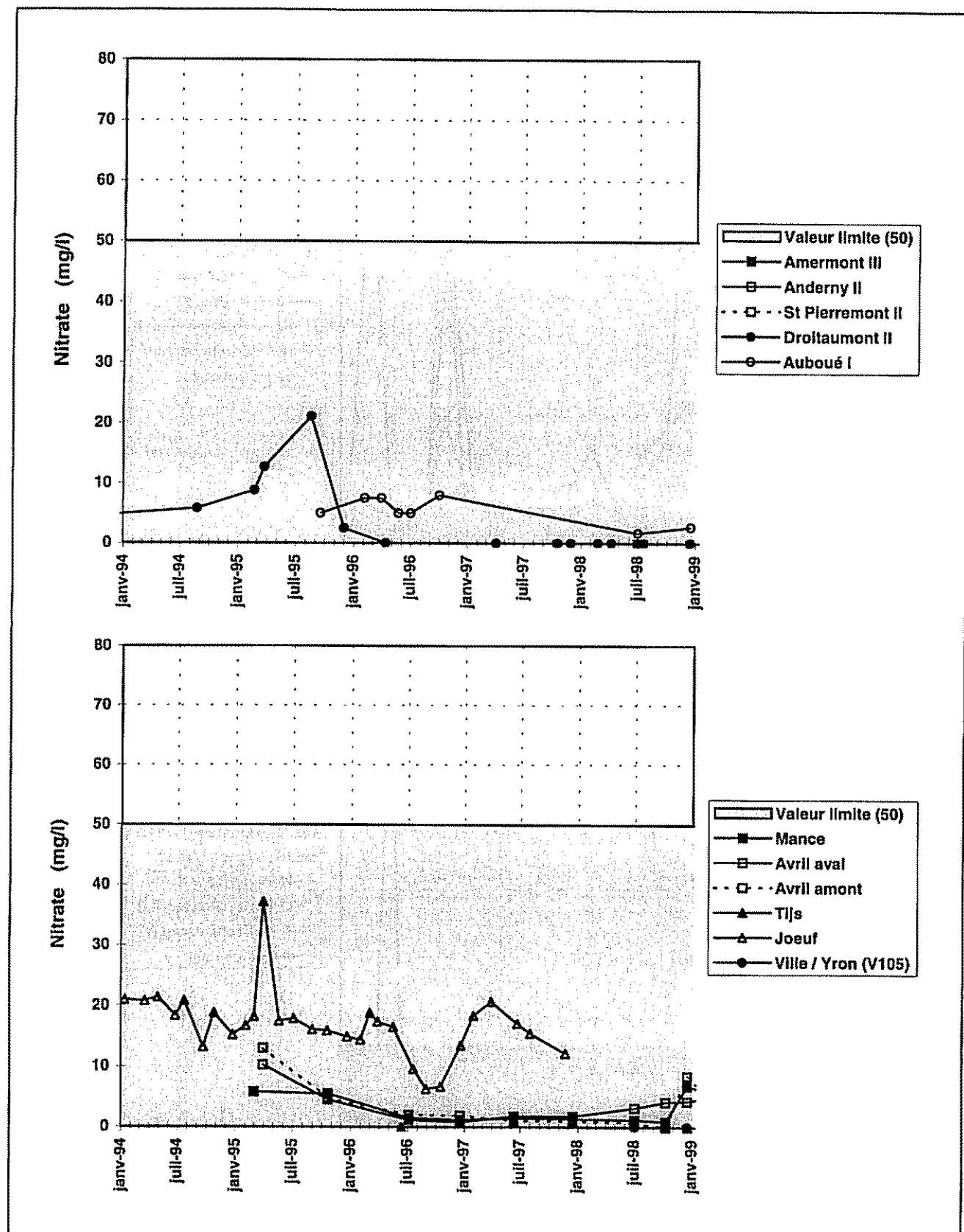


Figure 25 – Evolution de la concentration en nitrate (NO_3^-) dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger depuis 1994.

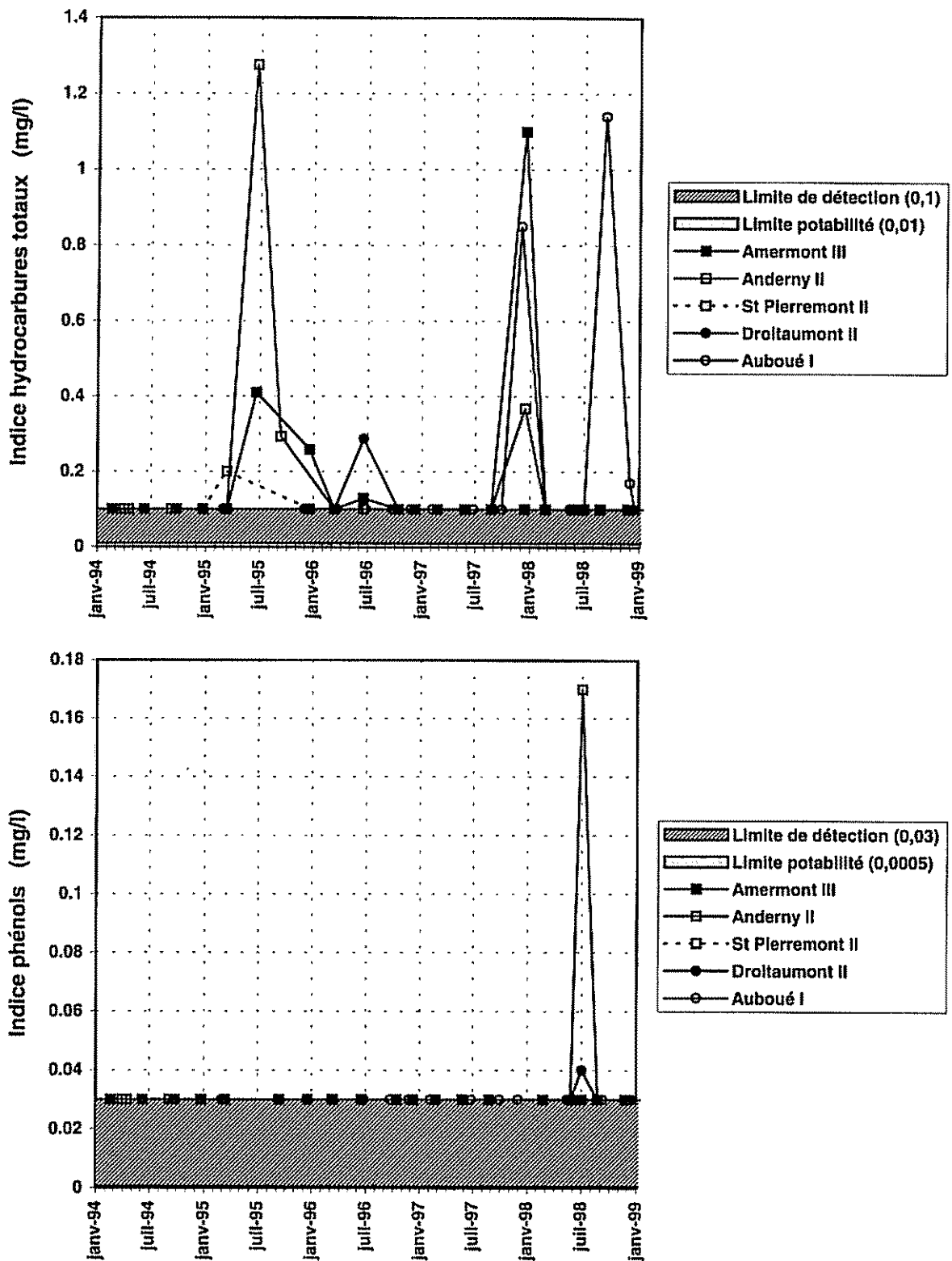


Figure 26 – Evolution des concentrations en hydrocarbures totaux et phénols dans les réservoirs miniers depuis 1994.

4.2 ELEMENTS INDESIRABLES

Certains éléments indésirables ont des concentrations parfois plus fortes que les valeurs limites de potabilité : bore, ammonium, fer, manganèse, indice hydrocarbures totaux, indice phénols (Figure 21 à Figure 26). Parmi ceux-ci, on peut distinguer les éléments indésirables naturellement associés au minerai de fer ou aux interbanes marneux :

- Le fer et le manganèse, éléments constitutifs des différentes couches du minerai de fer.
- Le bore, connu pour être fixé sur les argiles déposées en milieu marin (Barbier et Chery, 1999).

Au contraire, les contaminants d'origine humaine sont :

- L'ammonium, issu de la dégradation bactérienne de matières organiques azotées (eaux usées urbaines et industrielles, lixiviats de décharges, engrais organiques) ou de l'épandage d'engrais ammoniacés.
- Le nitrate, issu de l'oxydation de l'ammonium en conditions aérobies, ou de l'épandage direct d'engrais nitraté.
- Les indices hydrocarbures totaux et phénols, représentatifs de contaminations industrielles issues de l'usage mal contrôlé de produits organiques au fond des mines ou dans les installations industrielles de surface (fioul, huiles et graisses, PCB, produits de traitement du bois, etc.).

4.2.1 Réservoirs miniers

Dans tous les puits miniers, les concentrations en **manganèse** et **bore** sont supérieures à la norme de potabilité ou à la valeur guide. Au contraire, les concentrations en **fer** ne sont supérieures à la norme qu'à Droitaumont et Amermont.

Les concentrations en fer, manganèse et bore les plus élevées sont mesurées dans ce dernier puits : 16 fois la norme en fer, 18 fois la norme en manganèse et 2,5 fois la valeur guide en bore. La tendance d'évolution à Droitaumont semble être à la croissance des teneurs en fer et manganèse, alors que le bore reste stable.

L'**ammonium** est décelé à Auboué, Droitaumont et Amermont, mais il ne dépasse la limite de potabilité (0,5 mg/l) que dans ce dernier puits. Depuis le début de l'ennoyage, le **nitrate** n'est mesuré – en concentration très inférieure à la norme de potabilité – qu'à Auboué.

La limite de détection de la méthode d'analyse de l'**indice hydrocarbures totaux** se situe à 0,1 mg/l, soit une valeur 10 fois supérieure à la norme de potabilité. Le même problème se pose pour l'**indice phénols**, dont la limite de détection est 60 fois plus élevée que la norme. L'examen des résultats montre cependant la présence sporadique

de composés organiques dans les différents puits : généralement, les résultats sont inférieurs aux seuils de détection mais il apparaît parfois des taux très excessifs – critiques en cas d'une utilisation pour l'alimentation en eau potable – qui laissent penser à la circulation de lentilles de produits, sans réelle pollution massive.

4.2.2 Calcaires du Dogger

Les éléments indésirables d'origine naturelle ou humaine sont souvent en concentration inférieure aux normes de potabilité. La contamination des forages captant la nappe des calcaires du Dogger en un composé particulier dépend de la proximité d'une source de contamination, et du contexte hydrogéologique local : certains composés peuvent être retenus, dégradés ou dilués lors de l'infiltration du contaminant dans le sol et la zone non saturée, puis pendant leur trajet jusqu'au forage.

Parmi les points observés, les forages les plus sensibles à une contamination de surface sont ceux situés à proximité d'un cours d'eau et dont la qualité est directement influencée par les infiltrations d'eau de rivière. Ainsi :

- Tijs est contaminé par du fer et du manganèse provenant de l'eau de mine pompée pour assurer le soutien d'étiage du Woigot et/ou du ruisseau de la Vallée.
- Joeuf est contaminé (environ 20 mg/l) par du nitrate transporté par les eaux de l'Orne (20 mg/l en moyenne, avec des pointes à 65 mg/l).

Ponctuellement, les éléments indésirables examinés sont détectés dans les autres forages, sans qu'aucune tendance nette ne se dessine.

Conclusion

L'année d'observation a été marquée par deux événements majeurs : les débordements des réservoirs sud (le 28 octobre 1998 à galerie de Moyeuivre, cote 172,43 m NGF) et centre (le 28 décembre 1998 au puits du Chevillon, cote 215,50 m NGF). L'ennoyage du réservoir centre se poursuit puisque le point de débordement principal est la galerie du Woigot à la cote 222,74 m NGF. Le débit de débordement a atteint la valeur maximale de 3,4 m³/s pendant la période d'observation. Le niveau piézométrique dans le réservoir sud est le même en tout point du réservoir minier, ce qui démontre l'excellente continuité hydraulique existant dans le réservoir.

Les cotes de débordement prévues ont donc bien été atteintes au cours de l'année 1998, avec cependant un retard de plus de 6 mois par rapport aux prévisions les plus optimistes énoncées dans le rapport 1997. Cet écart peut être en partie expliqué par l'apparition (démontrée dans le bassin sud) d'exutoires naturels à des cotes inférieures à celles des points de débordement prévus, ainsi que par la fuite toujours possible d'eau du bassin centre vers le bassin sud par l'intermédiaire des calcaires fracturés du Dogger.

Dans l'aquifère du Dogger sus-jacent, l'influence de l'ennoyage s'est clairement manifestée dans l'ouest et le centre du bassin sud. On observe une forte remontée de la nappe à la périphérie et au centre du bassin. Au centre (Homécourt FM3), le niveau de la nappe des calcaires est stabilisée à 35-200 cm au-dessus de la nappe du réservoir, selon les conditions hydrologiques. Ailleurs, les points d'observation disponibles sont situés, pour l'instant, en dehors des zones atteintes par la progression de l'ennoyage. Seule la réactivation de l'écoulement en étiage à la source de Mance est le témoin de l'influence de l'ennoyage.

La qualité de l'eau du réservoir minier est fortement dégradée par rapport à l'eau d'exhaure (avant ennoyage), essentiellement à cause des augmentations des concentrations en sulfate, sodium, calcium, et magnésium. Certains éléments indésirables sont aussi rencontrés à des concentrations supérieures aux limites de potabilité : fer, manganèse, bore, ammonium, composés organiques. Ce phénomène se manifeste surtout dans l'ouest des bassins, là où les premières exhaures ont été arrêtées et où le réservoir minier est le plus profond. Actuellement, la minéralisation en ions majeurs est stabilisée autour de valeurs élevées dans les deux réservoirs (1,5 à 3 g/l pour les sulfates, 0,2 à 0,5 g/l pour le sodium).

Dans l'aquifère des calcaires du Dogger sus-jacent, les teneurs des différents éléments correspondent aux valeurs habituelles de l'eau souterraine emmagasinée dans cette roche. Globalement, la qualité des eaux souterraines reste stable dans la nappe des calcaires du Dogger. Localement, certains forages peuvent être contaminés par un composé particulier, selon la proximité de la source de contamination et le contexte hydrogéologique local. C'est le cas des forages Joeuf et Tijs dont la qualité de l'eau est influencée par les soutiens d'étiage de l'Yron et du Woigot avec de l'eau d'ennoyage (apports importants en sulfate, fer, manganèse).

Bibliographie

- Ammou M., Hervé D., Ramon S. (1982) - Mécanisme de sulfatation des eaux des mines de fer de Lorraine. *L'Industrie Minérale - Les Techniques*, mai 1982, pp. 318-326.
- Barbier J., Chery L. (1999) – Origine des éléments indésirables ou toxiques dans les eaux souterraines. Réalisation d'un inventaire national et essai d'identification de l'origine des teneurs anormales. Rapport BRGM R 40448, 62 p., 3 fig., 2 tabl., 1 ann.
- BRGM (1998) – Avis sur les infiltrations d'eau observées dans la partie basse de la ville de Moyeuvre-Grande (Moselle). Rapport BRGM R40271, 27 p., 12 fig., 1 tab., 3 ann.
- BURGEAP (1978) - Notice et carte des circulations hydrauliques dans le bassin ferrifère lorrain - Situation en 1977. Rapport R 290 - E 558, 15 p., 1 carte annexée.
- Dagallier G., Demassieux L. (1986) - Origine des teneurs en sodium des eaux des mines de fer en cours d'exploitation ou après ennoyage. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie, 73 p.
- Hervé D. (1980) - Etude de l'acquisition d'une teneur en sulfates par les eaux stockées dans les mines de fer de Lorraine. Mémoire de thèse de l'INPL, 80 p., 5 annexes.
- Jacquot N. (1995) - Protection de l'aquifère des calcaires du Bajocien dans le bassin ferrifère lorrain. Compte rendu d'exécution des piézomètres sur les communes de Mance, Avril et Ville-sur-Yron. Rapport ANTEA A 02842, 8 p., 6 annexes.
- Lallemand-Barres A. (1993) – Guide pratique d'échantillonnage des eaux souterraines. Rapport BRGM R 37390, 95 p., 1 ann.
- LORMINES (1994) - Arrêt des exhaures - Bassin sud - Dossier de présentation et de synthèse. 7 p., 8 annexes.
- Maubeuge P-L. - Cartes hydrogéologiques au 1/50 000 - Coupures de Briey et de Longwy - Audun-le-Roman.
- Puls R.W., Barcelona M.J. (1995) – Low-flow (minimal drawdown) ground-water sampling procedures. EPA Ground Water Issue EPA/540/S-95/504.
- Ramon S. (1993) - Les problèmes posés par l'arrêt des exhaures du bassin ferrifère lorrain. *TSM - L'eau*, 88^{ème} année, N° 2, pp. 63-67.
- Ramon S., Huguin (1976) - Réservoir aquifère des côtes de Moselle - Carte piézométrique de la nappe dans les Ardennes et le nord de la Lorraine en juillet 1976. Rapport Agence de l'eau Rhin-Meuse, 6 p., 2 cartes annexées.

Liste des annexes

- Annexe 1 : Caractéristiques des ouvrages de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain.
- Annexe 2 : Niveaux piézométriques mesurés dans les réservoirs miniers et les calcaires du Dogger du bassin ferrifère (1994 – 1998).
- Annexe 3 : Niveaux piézométriques quotidiens mesurés dans le réservoir minier sud pendant la période du débordement (septembre – décembre 1998).
- Annexe 4 : Débit, conductivité et température moyens journaliers mesurés à la station de mesure en continu de la galerie de Moyeuvre (septembre – décembre 1998).
- Annexe 5 : Débit et paramètres physico-chimiques mesurés à la source de Mance (juillet – décembre 1998).
- Annexe 6 : Résultats des analyses chimiques des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (1994 – 1998)

Annexes

Annexe 1 :

Caractéristiques des ouvrages de surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Index BSS	Nom usuel	Département	Commune	Lieu-dit	Coordonnées X (m) en Lambert I carto	Coordonnées Y (m) en Lambert I carto	Cote au sol (m NGF)	Profondeur (m)	Cote au fond (m NGF)	Cote du repère (m NGF)	Niveau géologique atteint par l'ouvrage	Type de suivi	Fréquence des mesures de débit et de piézométrie	Fréquence des mesures de qualité	Producteur des données
0137-3X-0134	Galerie de Bois d'Avril	57	Hévilcheff	Carreau de la mine de Hayange-Anderny	866.64	1185.47	-	-	-	223.15	-	DQ	Continu	Trimestriel	AERM BRGM
0113-4X-0172	Galerie de Burbach	57	Aigrange	Prises d'eau SOLLAC dans la Fensch	868.58	1189.3	-	-	-	200.34	-	DQ	Bimestriel	Trimestriel	AERM BRGM
0113-7X-0151	Galerie de Fontoy	57	Hayange	Galerie de Fontoy	868.44	1188.77	-	-	-	223.50	-	DQ	Bimestriel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-4X-0234	Galerie de Moyeuvre	54	Moyeuvre-Grande	Tunnel ferroviaire de la mine de Moyeuvre	868.94	1178.69	-	-	-	172.43	-	DQ	Continu	Trimestriel	AERM BRGM
0137-2X-0197	Galerie du Wolgot	54	Mancieulles	Galerie du puits de la mine de St Pierre mont	858.87	1181.52	-	-	-	222.74	-	DQ	Continu	Trimestriel	AERM BRGM
0137-2X-0207	Source de Mance	54	Mance		861	1180.44	-	-	-	214.00	-	DQ	Bimestriel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-7X-0188	Homécourt (FM3)	54	Homécourt	Château d'eau	866.1	1174.2	240.00	127.20	112.80	240.00	Marnes micacées - Bajocien inférieur	P	Mensuel	-	BAIL INDUSTRIE
0163-3X-0077	Bagneux	57	Vernéville	Ferme de Bagneux	866.78	1164.821	284.20	127.70	161.50	284.38	Calcaires à entroques - Bajocien inférieur	P	Mensuel	-	AERM BRGM
0137-4X-0228	Carrière des Anges	57	Montols-la-Montagne	Carrière des Anges	869.02	1177.4	-	45.00	-	196.72	Formation ferrifère - Aalénien	P	Quotidien	-	LORWIMES
0136-7X-0005	Elahn	55	Foametz-Ornel	Forage de Bloucq	839.2	1175	209.59	288.00	-78.41	211.84	Marnes et calcaires du Bajocien inférieur	P(a)	-	-	AERM BRGM
0163-4X-0196	Gravelotte	57	Gravelotte	Vallée de la Mance	870.15	1164.3	250.00	60.20	169.80	250.38	Marnes micacées - Bajocien inférieur	P(a)	-	-	AERM BRGM
0137-3X-0129	Moyeuvre-Petite	57	Moyeuvre-Petite	Anclenne exhaure de la mine de Moyeuvre	868.33	1180.66	-	-	-	190.37	-	P	Quotidien	-	LORWIMES
0136-8X-0008	St Jean-Ms-Bury	55	St Jean-Ms-Bury	Ancien forage AEP	847.315	1168.079	196.27	301.50	-105.23	195.55	Marnes - Toarcien	P	Mensuel	-	AERM BRGM
0137-2X-0196	Tucquegneux I	54	Tucquegneux	Mine Tucquegneux	858.31	1184.72	282.81	268.81	16.00	283.10	-	P	Hebdomadaire	-	LORWIMES
0137-7X-0129	Vernéville	57	Vernéville	Cimetière	868.068	1166.999	315.77	183.00	132.77	315.77	Marnes - Toarcien	P(a)	-	-	AERM BRGM
0137-7X-0205	Vernéville (nouveau)	57	Vernéville	Castelfour CD11 route de Chantienne	868.1	1166.975	315.00	183.00	152.00	315.00	Formation ferrifère - Aalénien	P	Mensuel	-	AERM BRGM
0163-2X-0071	Ville / Yron (V18)	54	Ville / Yron	Ville-aux-près	857.527	1184.507	195.05	19.00	178.05	195.59	Marnes de Gravelotte - Bajocien supérieur	P	Mensuel	-	AERM BRGM
0136-4X-0042	Amermont II	55	Dommary-Baroncourt	Puits H° 3	845.966	1178.885	246.31	296.08	-49.77	245.30	Marnes - Toarcien	PQ	Trimestriel	Trimestriel	LORWIMES
0137-7X-0093	Auboué I	54	Auboué	Puits H° 1 (FM)	865.13	1174.75	194.20	136.65	57.55	194.20	Formation ferrifère - Aalénien	PQ	Trimestriel	Trimestriel	LORWIMES
0137-3X-0131	Avril amont (A 15)	54	Avril	Vallée du Conroy	864.761	1184.256	230.75	15.00	215.75	231.34	Calcaires à entroques - Bajocien inférieur	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-3X-0150	Avril aval (A 25)	54	Avril	Vallée du Conroy	864.798	1184.024	226.75	25.00	201.75	227.25	Calcaires d'Otange - Bajocien inférieur	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-6X-0148	Droilaumont II	54	Jarny	Puits H° 2 (OM 2)	858.238	1168.177	194.18	231.37	-37.19	192.84	Marnes - Toarcien	PQ	Hebdomadaire	Trimestriel	LORWIMES
0137-6X-0149	Halutze (H01)	54	Halutze	La Croix	860.431	1172.612	165.28	25.00	160.28	185.84	Calcaires à polyptères - Bajocien moyen	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-2X-0204	Mance (M 52)	54	Mance	Carrefour VCA route de Brlay	861.081	1180.621	226.90	52.00	174.90	227.37	Calcaires à polyptères - Bajocien moyen	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-7X-0209	Paradis amont (B01)	54	Batilly	Gisau	864.049	1171.37	220.29	106.80	113.49	221.12	Calcaires à polyptères - Bajocien moyen	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-7X-0111	Paradis aval (M01)	54	Molneville	Le Petit Chénols	863.445	1173.238	215.59	145.80	69.79	215.94	Formation ferrifère - Aalénien	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-7X-0212	Paradis aval (M02)	54	Molneville	Le Petit Chénols	863.451	1173.237	215.82	119.30	96.52	216.12	Marnes et calcaires du Bajocien inférieur	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-3X-0133	St Pierre mont (P02)	54	Avril	Queue de Mance	861.848	1184.089	270.92	65.00	205.92	271.31	Calcaires à polyptères - Bajocien moyen	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0137-3X-0132	St Pierre mont (P01)	54	Avril	Queue de Mance	861.852	1184.075	270.23	103.30	160.93	270.37	Calcaires à polyptères - Bajocien moyen	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0163-2X-0070	Ville / Yron (V105)	54	Ville / Yron	Ville-aux-près	857.528	1184.509	195.00	103.00	90.00	195.43	Calcaires à entroques - Bajocien inférieur	PQ	Mensuel	Trimestriel	AERM BRGM
0113-6X-0148	Anderny II	54	Tucquegneux	Mine Anderny-Chevillon (puits n° B)	859.499	1186.235	270.27	210.00	60.27	-	-	O	-	Trimestriel	LORWIMES
0137-2X-0208	Forage Tjls	54	Mance	Ferme de M. Tjls	860.27	1181	245.00	73.00	0.00	245.00	-	O	-	Trimestriel	AERM BRGM
0137-3X-0056	Joef	54	Joef	Haropré	867.29	1177.24	181.00	48.80	134.20	-	Calcaires d'Otange - Bajocien inférieur	O	-	Bimensuel	ODASS 54
0137-7X-0113	Paradis V	54	Molneville	Mine Paradis (puits n° V)	864.06	1171.98	242.00	210.00	32.00	-	Marnes - Toarcien	O	-	Ponctuel	AERM BRGM
0137-3X-0138	Puits du Chevillon	54	Avril	Puits du Chevillon	865.8	1183.49	-	-	-	215.50	-	O	-	Ponctuel	AERM BRGM
0137-8X-0121	Roncourt I	54	Roncourt	Mine Roncourt (puits n° I)	868.92	1173.02	301.83	163.58	138.27	-	Formation ferrifère - Aalénien	O	-	Ponctuel	AERM BRGM
0137-3X-0027	Source de la chapelle au bois	54	Avril	Chapelle au bois	865.375	1183.48	-	-	-	220.00	Bajocien supérieur	O	-	Trimestriel	AERM BRGM
0137-2X-0188	St Pierre mont II	54	Mancieulles	Mine St-Pierre mont (puits n° B)	859.71	1182	250.00	180.00	70.00	-	-	O	-	Trimestriel	LORWIMES

O = OBT
H = niveau
Q = qualité
(s) = abandonné

Annexe 2 :

*Niveaux piézométriques mesurés dans les réservoirs
miniers et les calcaires du Dogger du bassin ferrifère
(1994 – 1998)*

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud														Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre						Réservoir minier dans le bassin centre							
	0135-7X-0005 Elain		0135-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Villa / Yron (V105)		0163-2X-0071 Villa / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
Cote du repère (m NGF)	211.84		195.55		240.18		313.00	315.77	195.43		195.59		284.38		250.38		192.84		191.35		227.37		227.25		231.34		245.30		283.10			
01/01/94																																
31/03/94																													180.47	55.47		
18/04/94																											135.17	85.95				
28/06/94							82.40	230.60																								
29/06/94			0.23	195.32									37.67	246.71	19.48	166.36																
30/06/94																											135.17	85.95	141.50	74.44		
05/07/94							82.90	230.10																								
12/07/94							83.30	229.70																								
19/07/94							84.05	228.95																								
26/07/94							84.90	228.10																								
27/07/94			0.93	194.62									44.63	239.75	21.51	164.33																
02/08/94							85.10	227.90																								
09/08/94							85.05	227.95																								
16/08/94							84.90	228.10																								
18/08/94																														78.04		
23/08/94							84.85	228.15																								
25/08/94			2.54	193.01									49.32	235.06	21.99	163.65															78.42	
30/08/94							84.70	228.30																							78.78	
01/09/94																																
06/09/94							84.65	228.35																							79.16	
08/09/94																																
13/09/94							84.40	228.60																							79.51	
15/09/94																																
20/09/94							84.50	228.50																							136.23	79.71
22/09/94																																
23/09/94																											135.17	85.95				
27/09/94							84.70	228.30																								
29/09/94																															79.96	
04/10/94							84.40	228.60																								
06/10/94			1.83	193.72									49.36	235.02	21.45	164.39															80.19	
11/10/94							84.20	228.80																							80.52	
13/10/94																																
18/10/94							84.35	228.65																							80.99	
20/10/94																																
25/10/94							84.60	228.40																							81.18	
27/10/94																																
28/10/94	7.91	203.93	3.81	191.74									50.95	233.43	21.95	163.89															81.56	
01/11/94							84.10	228.90																								
04/11/94																																
08/11/94							82.80	230.20																							82.06	
14/11/94																																

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amermont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF
Mesure Unité																																
15/11/94							81.70	231.30																								
17/11/94																																82.28
22/11/94							79.85	233.15																								
23/11/94																																82.69
29/11/94							79.10	233.90																								82.99
02/12/94	6.90	204.94	2.81	192.74									42.54	241.84	18.44	167.40																
06/12/94							80.60	232.40																								
08/12/94																																83.99
13/12/94							79.20	233.80																								
15/12/94																																84.49
20/12/94							78.55	234.45																								
22/12/94																																
27/12/94							77.10	235.90																								
29/12/94																																
03/01/95			1.75	193.80			78.00	237.00					23.42	260.96	5.51	180.33																85.64
10/01/95							75.10	237.90																								85.88
17/01/95							74.05	238.95																								
19/01/95																																87.24
24/01/95							71.10	241.90																								
26/01/95																																88.34
31/01/95	3.75	208.09	0.00	195.55			67.55	245.45					14.31	270.07	0.00	185.84																
02/02/95																																89.57
07/02/95							66.80	246.20																								
09/02/95																																91.06
14/02/95							66.20	246.80																								
16/02/95																																92.35
21/02/95							67.70	245.30																								
22/02/95																																
28/02/95	3.82	208.02	0.00	195.55			68.60	244.40					18.62	265.76	3.72	182.12								12.43	183.12			9.39	176.45			
01/03/95																																95.41
02/03/95																																
07/03/95							69.10	243.90																								
14/03/95							69.60	243.40																								
15/03/95									33.60		3.05	192.54																				
16/03/95																																
20/03/95																																121.75
21/03/95																																99.37
26/03/95																																116.57
27/03/95							69.80	243.20																								102.50
29/03/95							69.10	243.90																								
30/03/95	3.75	208.09	0.00	195.55					52.90	142.53	2.63	192.96	19.02	265.36	9.35	176.49								13.13	198.71	9.01 *	6.35	179.49				
03/04/95																																
04/04/95							69.40	243.60																								106.06
10/04/95																																107.99

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Etain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droilaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0156 Tucquegnieux I			
	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF	Prof. m	Cote m NGF		
Mesure Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF		
11/04/95																																
18/04/95																														109.36		
21/04/95																																
24/04/95																														110.98		
25/04/95																																
27/04/95	3.74	208.10	0.00	195.55	88.35	151.83			53.42	142.01	2.49	193.10	21.12	263.26	12.35	173.49																
02/05/95																														112.41		
05/05/95																																
09/05/95																														113.49		
15/05/95																														114.56		
16/05/95																																
22/05/95																														115.66		
23/05/95																																
29/05/95																																
30/05/95	4.20	207.64	0.00	195.55					76.90	236.10	53.72	141.71	3.40	192.19	27.15	257.23	16.34	169.50														
02/06/95																																
06/06/95																														116.75		
07/06/95																																
12/06/95																														117.54		
13/06/95																																
19/06/95																														118.26		
20/06/95																																
26/06/95																																
27/06/95																																
30/06/95																																
03/07/95																														119.79		
04/07/95																																
10/07/95																														120.52		
11/07/95																																
17/07/95																														121.16		
18/07/95																																
24/07/95																														121.81		
25/07/95																																
31/07/95	4.40	207.44	0.00	195.55																												
01/08/95																																
08/08/95																																
09/08/95																																
16/08/95																														123.59		
21/08/95																														124.01		
22/08/95																																
28/08/95																														124.44		
29/08/95																																
30/08/95	4.50	207.34	0.94	194.61																												

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre					
	0136-7X-0005 Etain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Bury		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Drothaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0135-4X-0042 Amermont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I					
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote		
Mesure	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF		
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF		
04/09/95																																124.95		
05/09/95								83.50	229.50									22.73															125.40	
11/09/95																		22.99															125.88	
12/09/95								83.10	229.90																								125.88	
18/09/95					93.44	146.74																											125.88	
19/09/95								82.80	230.20																								126.51	
25/09/95																													94.61	126.51	89.43		126.51	
26/09/95								82.50	230.50									24.18																
29/09/95	4.52	207.32	2.09	193.46						54.65	140.78	3.31	192.28	51.42	232.96	22.99	162.85					17.49	194.35	18.37	177.18	12.23	173.61							
02/10/95																																	126.84	
03/10/95								82.10	230.90									24.68															127.36	
09/10/95					92.84	147.34																											127.36	
10/10/95								81.70	231.30									25.58															127.72	
16/10/95																																	127.72	
17/10/95								81.10	231.90									25.88																
20/10/95																					17.82	194.02	18.49	177.06	12.32	173.52								
23/10/95					93.51	146.67																											128.14	
24/10/95								80.65	232.35									26.48															128.51	
30/10/95																																	128.51	
31/10/95								79.90	233.10									27.08																
02/11/95	5.19	206.65	2.60	192.95						54.60	140.83	3.35	192.24	51.40	232.98	22.97	162.87					17.42	194.42	19.02	176.53	12.39	173.45							
06/11/95					93.67	146.51																											128.76	
07/11/95								79.30	233.70									27.78															129.18	
13/11/95																																	129.18	
14/11/95								78.80	234.20									28.38															129.43	
20/11/95					93.66	146.52																											129.43	
21/11/95								78.20	234.80									28.98															129.73	
27/11/95																																	129.73	
28/11/95								77.80	235.20									29.68																
01/12/95	5.64	206.20	3.13	192.42						54.83	140.60	3.73	191.86	51.12	233.26							16.12	195.72	19.02	176.53	12.76	173.08							
04/12/95					93.92	146.26																											130.03	
05/12/95																		30.28															130.38	
11/12/95																																	130.38	
12/12/95																		30.88															130.76	
18/12/95																																	130.76	
19/12/95																		31.38															131.26	
27/12/95																		32.38															131.26	
29/12/95	5.74	206.10	3.65	191.90						55.00	140.43	3.25	192.34	29.46	254.92							14.52	197.32	15.54	180.01	10.29	175.55						131.83	
03/01/96																		33.38															132.26	
08/01/96																																	132.26	
10/01/96																																	132.26	
15/01/96					93.27	146.91												34.78													88.25	132.87	83.07	132.87
16/01/96																		35.98															132.87	

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre						Réservoir minier dans le bassin centre					
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
22/01/96																		37.88													133.61	
25/01/96																																
29/01/96																															134.21	
30/01/96	7.05	204.79	2.82	192.73					54.37	141.06	3.61	191.98	36.24	248.14							15.23	196.61	15.87	179.68	12.29	173.55						
31/01/96																	39.08														134.56	
05/02/96																	40.58														135.01	
07/02/96																	41.58														135.71	
12/02/96																																
13/02/96																																
19/02/96																																
21/02/96					91.45	148.73																										
26/02/96																	44.58														136.53	
29/02/96	7.05	204.79	1.90	193.65					53.99	141.44	6.10	189.49	23.68	260.70	12.88	172.96					14.05	197.79	8.89 *		9.06	176.78					137.67	
04/03/96																																
05/03/96																	46.78														138.72	
11/03/96																																
12/03/96																	49.18															
13/03/96					92.68	147.50																									139.66	
18/03/96																																
19/03/96																	51.18														140.49	
25/03/96																																
26/03/96																	52.98															
27/03/96					93.50	146.68																										
29/03/96			0.79	194.76					53.55	141.88	3.49	192.10	34.37	250.01	16.78	169.06					15.02	196.82	15.58	179.97	10.95	174.89						
01/04/98																															141.31	
02/04/96																	54.38															
09/04/96																	55.48														142.16	
15/04/96																											78.64	142.48	73.46	142.48		
16/04/96																	56.58															
22/04/96																															143.04	
23/04/96																	57.78															
29/04/96																															143.54	
30/04/98			0.79	194.76					53.32	142.11	3.55	192.04	43.44	240.94			59.10				15.28	196.56	15.68	179.87	11.61	174.23					143.89	
06/05/96																	60.18															
07/05/96																															144.12	
13/05/96																																
14/05/96													47.08	237.30			61.18														144.47	
20/05/96																																
21/05/96																	62.18															
24/05/96							85.25	230.52																								
28/05/96					94.02	146.16											62.98														144.80	
31/05/96			1.47	194.08			85.48	230.29	53.74	141.69	3.80	191.79	49.71	234.67							15.32	196.52	16.03	179.52	12.05	173.79						
03/06/96																															145.09	

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0146 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
04/06/96																	64.13															
10/06/96																																145.33
11/06/96					94.09	146.09	85.82	229.95									65.04															
17/06/96																													75.51	145.61	70.33	145.61
18/06/96							86.10	229.67									66.17															
24/06/96																																145.71
25/06/96							86.30	229.47									67.14	67.02														
28/06/96			2.35	193.20					54.26	141.17	4.27	191.32	52.67	231.71							15.42	196.42	18.30	177.25	12.41	173.43						
01/07/96																																145.94
02/07/96							86.40	229.37									68.02															
04/07/96																					15.46	196.38	18.32	177.23	13.12	172.72						
08/07/96																																146.06
09/07/96							86.50	229.27									68.92															
15/07/96																																146.21
16/07/96							86.70	229.07									69.96															
22/07/96																																146.38
23/07/96							86.80	228.97									70.76															
29/07/96							87.00	228.77																								
30/07/96																	71.58															146.52
31/07/96			3.97	191.58					56.03	139.40	4.67	190.92	54.77	229.61							15.60	196.24	18.72	176.83	12.73	173.11						
05/08/96					95.93	144.25	87.20	228.57																								146.70
06/08/96																	72.22															
12/08/96																																146.82
13/08/96							87.35	228.42									72.99															146.97
19/08/96																																
20/08/96							87.50	228.27									73.62															
26/08/96																																147.08
27/08/96							87.75	228.02									74.32															
30/08/96			5.83	189.72					58.96	136.47	4.61	190.98	56.01	228.37							15.55	196.29	19.02	176.53	13.00	172.84						
02/09/96							87.85	227.92																								147.19
03/09/96																	74.81															
09/09/96							88.00	227.77																								147.32
10/09/96					96.13	144.05											75.27															
16/09/96							88.15	227.62																								147.42
17/09/96																	75.47															
23/09/96							88.25	227.52										75.91														
24/09/96					96.26	143.92											76.29															
29/09/96																																
30/09/96			7.61	187.94			88.38	227.39	60.13	135.30	5.02	190.57	57.16	227.22			76.63			15.60	196.24	19.34	176.21	13.17	172.67						147.56	
07/10/96					96.04	144.14	88.28	227.49																								147.67
08/10/96																	77.43															147.80
14/10/96							88.40	227.37																				73.16	147.96	67.98	147.96	
15/10/96																	78.23															

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-9X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Meure	Unité	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
		m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	
21/10/96								88.50	227.27									79.53													148.02	
22/10/96																															148.20	
28/10/96								88.54	227.23									79.95														
29/10/96																																
30/10/96				9.13	186.42					60.96	134.47	3.66	191.93	57.70	226.68							15.85	195.99	20.95	174.60	13.31	172.53					
04/11/96								88.60	227.17																						148.32	
05/11/96																		80.20				15.64	196.20	21.11	174.44	13.30	172.54					
06/11/96								88.64	227.13	58.06	137.37	3.76	191.83	57.71	226.67																148.62	
12/11/96								87.70	228.07									80.69													148.91	
18/11/96								84.76	231.01									81.01														
19/11/96																																
25/11/96								79.50	236.27										82.85												149.28	
26/11/96																		83.95														
29/11/96				8.45	187.10					55.48	139.95	3.05	192.54	25.64	258.74							14.43	197.41	8.85 *		9.22	176.62					
02/12/96								77.50	238.27																						149.90	
03/12/96																		85.91														
09/12/96								75.20	240.57																						150.83	
10/12/96																		87.38														
16/12/96								75.90	239.87																						151.81	
17/12/96																		89.93														
18/12/96																						14.48	197.36	16.23	179.32	10.03	175.81					
24/12/96								74.10	241.67									92.40													152.82	
30/12/96								76.40	239.37									95.22										67.10	154.02	61.92	154.02	
06/01/97								77.60	238.17																						154.96	
07/01/97				4.60	190.95					52.77	142.66	3.35	192.24	28.14	256.24			97.48				14.76	197.08	15.52	180.03	9.70	176.14					
13/01/97								79.60	236.17																						155.74	
14/01/97																		98.66													156.66	
20/01/97								80.85	234.92																						157.86	
21/01/97								76.90	238.87																							
27/01/97																		101.31														
28/01/97																																
30/01/97				3.13	192.42	92.49	147.69			52.17	143.26	3.02	192.57	23.10	261.28							13.10	198.74	8.90 *		8.43	177.41					
03/02/97								75.90	239.87																						159.20	
04/02/97																		103.00														
07/02/97																			103.26													
10/02/97								76.45	239.32																						160.45	
11/02/97																		104.66													161.91	
17/02/97								75.65	240.12																						164.08	
19/02/97																		106.54														
24/02/97								74.30	241.47																							
25/02/97																		109.37														
27/02/97				1.48	194.07					51.22	144.21	2.03	193.56	18.42	265.96							11.51	200.33	7.80 *		5.03	180.81	51.12	170.00	45.94	170.00	
03/03/97								70.80	244.97																						166.46	

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre						Réservoir minier dans le bassin centre					
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
04/03/97								70.40	245.37								112.76														168.62	
10/03/97																																
11/03/97																	115.56															
17/03/97								72.65	243.12																						170.38	
18/03/97																	117.45															
24/03/97								75.20	240.57																						171.46	
25/03/97																	119.27															
27/03/97			0.00	195.55	92.85	147.33			42.95	152.48	3.24	192.35	24.58	259.80							14.77	197.07	15.60	179.95	9.20	176.64						
01/04/97								78.40	237.37								120.70														172.79	
07/04/97								79.75	236.02																						173.06	
08/04/97																	122.07															
10/04/97					93.58	146.60																										
14/04/97								81.05	234.72																						173.66	
15/04/97																	123.28															
21/04/97								81.95	233.82																						174.10	
22/04/97																	124.07															
28/04/97								82.70	233.07																						174.48	
29/04/97			0.00	195.55					41.41	154.02	3.45	192.14	36.18	248.20			124.97				15.10	196.74	15.72	179.83	9.99	175.85						
05/05/97								83.20	232.57																						174.88	
06/05/97																	125.76															
12/05/97								83.80	231.97																						175.32	
13/05/97																	126.48															
20/05/97								84.25	231.52								127.18														175.73	
26/05/97								84.45	231.32																						176.02	
27/05/97																	127.78															
30/05/97			0.00	195.55					41.98	153.45	3.63	191.96	43.22	241.16							15.25	196.59	15.58	179.97	9.32	176.52						
02/06/97								84.78	231.01								128.38														176.31	
09/06/97								85.00	230.77								128.88														176.53	
10/06/97					92.62	147.56															15.30	196.54	16.00	179.55	9.70	176.14						
16/06/97								85.13	230.64								129.38										44.28	176.84	39.10	176.84		
23/06/97								84.90	230.87								130.08														177.10	
24/06/97			0.00	195.55					42.69	152.74	3.44	192.15	47.44	236.94							14.79	197.05	15.55	180.00	9.52	176.32						
25/06/97																			129.81													
30/06/97								84.38	231.39								130.58														178.33	
07/07/97								83.80	231.97								131.48														179.56	
14/07/97								83.75	232.02																							
15/07/97																	132.38														180.76	
21/07/97								84.35	231.42								132.98														181.46	
28/07/97								84.73	231.04								133.68														182.06	
29/07/97			0.00	195.55					39.86	155.57	3.65	191.94	47.67	236.71							14.99	196.85	17.08	178.47	9.23	176.61						
31/07/97					91.80	148.58																										
04/08/97								84.94	230.83								134.28														182.35	
11/08/97								85.10	230.67								134.78														182.72	

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Anermont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
18/08/97							85.45	230.32									135.28															182.95
25/08/97																	135.68															183.12
26/08/97							85.72	230.05																								
28/08/97			0.00	195.55					39.53	155.90	4.08	191.51	51.20	233.18							15.23	196.61	15.72	179.83	10.33	175.51						
01/09/97							85.92	229.85									136.08															183.32
05/09/97					91.98	148.20																										
08/09/97							86.15	229.62									136.28															183.06
15/09/97							86.35	229.42									136.78															182.85
22/09/97							86.54	229.23									137.28											38.00	183.12	32.82	183.12	
29/09/97							86.73	229.04									137.58		137.25													182.82
30/09/97			1.03	194.52					39.85	155.58	3.14	192.45	53.84	230.54							15.50	196.34	18.06	177.49	10.72	175.12						182.63
06/10/97					91.49	148.69	86.90	228.87									137.86															182.63
13/10/97							87.04	228.73									138.21															183.06
20/10/97							86.90	228.87									138.56															182.86
21/10/97					90.65	149.53																										
27/10/97							86.90	228.87									139.02															182.89
30/10/97			0.91	194.64					39.23	156.20	3.25	192.34	54.74	229.64							15.53	196.31	18.11	177.44	11.09	174.75						
03/11/97							86.92	228.85									139.35															183.08
10/11/97							86.03	229.74									139.76															183.16
17/11/97							84.60	231.17									140.24															183.37
21/11/97			0.70	194.85					38.18	157.25	3.18	192.41	46.14	238.24							15.03	196.81	15.74	179.81	10.36	175.48						
24/11/97							83.98	231.79									140.75															183.96
28/11/97					89.71	150.47																										
01/12/97							84.00	231.77									141.29		139.75													184.66
08/12/97							82.94	232.83									141.87															185.37
12/12/97					88.61	151.57																										
15/12/97			0.00	195.55			80.10	235.67	34.57	160.86	2.87	192.72	33.61	250.77			142.64				14.03	197.81	15.62	179.93	6.15	179.69					186.41	
22/12/97							72.54	243.23									143.56										33.16	187.96	27.98			187.96
29/12/97							73.07	242.70									145.05															189.95
05/01/98							72.60	243.17									146.34															191.78
12/01/98							71.92	243.85									147.95															193.70
19/01/98			0.00	195.55			72.98	242.79	23.95	171.48	2.42	193.17	21.81	262.57			149.26			12.03	199.81	9.3 *									195.51	
26/01/98							73.05	242.72									150.86			12.84	199.00	15.50	180.05	6.36	179.48						197.50	
27/01/98					81.85	158.33																										
02/02/98							74.38	241.39									152.25															198.77
09/02/98							76.40	239.37									153.36															199.56
16/02/98							78.50	237.27									154.33															200.06
19/02/98			0.00	195.55					19.90	175.53	3.10	192.49	28.80	255.58							14.81	197.03	18.00	179.55	8.83	177.01						
23/02/98							79.82	235.95									155.21		154.85													200.36
27/02/98					80.85	159.33																										
02/03/98							81.15	234.62									155.80															201.06
09/03/98							81.98	233.79									156.55															201.86
16/03/98							81.51	234.26									157.36															202.41

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
17/03/98			0.00	195.55			81.79	233.98	19.77	175.66	3.07	192.52	35.71	248.67					158.05			14.52	197.32	16.45	179.10	8.38	177.46				202.81	
23/03/98																																
24/03/98					78.49	161.69																										
30/03/98							82.42	233.35											158.75												203.56	
06/04/98							82.65	233.12											159.47												203.96	
13/04/98							80.13	235.64																								
14/04/98																			160.56												205.61	
15/04/98			0.00	195.55					18.10	177.33	2.76	192.83	28.60	255.78								12.51	199.33	13.25	182.30	5.99	179.85				207.26	
20/04/98							78.92	236.85											161.53													
22/04/98					75.17	165.01																										
27/04/98							78.96	236.81											162.59												208.06	
04/05/98							78.11	237.66											164.97												209.41	
11/05/98							78.65	237.12											165.11												210.16	
13/05/98			0.00	195.55					14.21	181.22	2.93	192.66	29.05	255.33								13.88	197.96	16.30	179.25	7.96	177.88					
15/05/98																				165.40												
18/05/98					72.52	167.66	80.12	235.65											166.14												209.96	
25/05/98							81.36	234.41											166.90												209.71	
01/06/98							82.32	233.45																								
02/06/98																			167.69												210.21	
08/06/98							83.12	232.65											168.10												210.02	
09/06/98			0.00	195.55					14.05	181.38	3.10	192.49	38.53	245.85								14.98	196.86	16.00	179.55	8.93	176.91					
15/06/98							83.62	232.15											168.72												209.71	
22/06/98							84.17	231.60											169.15												209.96	
29/06/98							84.61	231.16											169.43												210.16	
01/07/98			0.00	195.55					14.37	181.06	3.15	192.44	45.33	239.05								15.17	196.67	17.83	177.72	9.75	176.09					
06/07/98							84.93	230.84											169.10												209.31	
13/07/98							85.24	230.53											169.99												209.71	
20/07/98							85.47	230.30											170.28												210.06	
27/07/98							85.72	230.05											170.28												208.76	
03/08/98							86.03	229.74											170.55												209.33	
05/08/98					68.95	171.23																										
06/08/98			0.00	195.55					15.18	180.25	3.28	192.31	51.34	233.04								15.30	196.54	18.04	177.51	10.13	175.71					
10/08/98							86.21	229.56											170.63												208.91	
17/08/98							86.41	229.36											170.88												208.91	
24/08/98							86.58	229.19											171.00												208.61	
31/08/98							86.73	229.04											171.14												208.96	
07/09/98			0.00	195.55	88.30	171.88	86.78	228.99	15.70	179.73	3.43	192.16	53.88	230.50				171.28				15.29	196.55	18.08	177.47	10.44	175.40				207.81	
09/09/98																				171.10												
14/09/98							86.90	228.87											171.44												208.26	
21/09/98							86.98	228.79											171.60												207.76	
28/09/98							87.07	228.70											171.75												207.66	
05/10/98							87.15	228.62											171.88												207.81	
08/10/98									15.71	179.72	3.14	192.45										15.32	196.52	18.09	177.46	10.73	175.11					

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Eaux souterraines du bassin ferrifère Niveaux piézométriques 1994-1998	Calcaires du Dogger dans le bassin sud																Réservoir minier dans le bassin sud				Calcaires du Dogger dans le bassin centre								Réservoir minier dans le bassin centre			
	0136-7X-0005 Elain		0136-8X-0008 St Jean-lès-Buzy		0137-7X-0188 Homécourt (FM3)		0137-7X-0129 Vernéville Vernéville (nouveau)		0163-2X-0070 Ville / Yron (V105)		0163-2X-0071 Ville / Yron (V19)		0163-3X-0077 Bagneux		0163-4X-0196 Gravelotte		0137-6X-0148 Droitaumont II		0137-7X-0099 Auboué I		0137-2X-0204 Mance (M52)		0137-3X-0130 Avril aval (A25)		0137-3X-0131 Avril amont (A15)		0136-4X-0042 Amernont III		0137-2X-0196 Tucquegnieux I			
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
Unité	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF	m	m NGF
12/10/98					67.83	172.35	87.23	228.54										172.01														207.51
13/10/98			0.00	195.55										55.13	229.25																	
19/10/98							87.23	228.54										172.15														207.26
26/10/98							85.85	229.92										172.38														207.56
02/11/98							76.11	239.66										173.15														209.76
05/11/98					64.93	175.25																										
06/11/98									11.07	184.36	2.30	193.29	19.53	264.85								11.98	199.86	12.75	182.60	6.24	179.60					
09/11/98							71.42	244.35										173.48														211.26
16/11/98							71.60	244.17										173.28														212.66
23/11/98							72.62	243.15										173.28														212.71
30/11/98							74.17	241.60										173.21														212.71
01/12/98																				173.07												
03/12/98					66.25	173.93			8.71	186.72	2.66	192.93	23.70	260.68								13.25	198.59	10.30	185.25	8.15	177.69					
07/12/98							74.90	240.87										173.18														212.76
14/12/98							74.31	241.46										173.23														212.81
16/12/98									7.56	187.87	2.36	193.23										12.23	199.61	10.17	185.38	6.25	179.59					
21/12/98							73.37	242.40										173.33														214.61
22/12/98									6.93	188.50	2.58	193.01																				215.48
28/12/98							74.26	241.51										173.33														

Annexe 3 :

*Niveaux piézométriques quotidiens mesurés dans le
réservoir minier sud pendant la période du
débordement (septembre – décembre 1998)*

Bassin sud - Données quotidiennes sept.-déc. 98	Pluie à Ludelanges	Débit à la galerie de Moyeuve (0137-4X-0234)	Niveau piézométrique à Droitaumont II (0137-6X-0148)	Niveau piézométrique à Carrière des Anges (0137-4X-0226)	Niveau piézométrique à Moyeuve-Petite (0137-3X-0129)
Date	mm	m³/s	m NGF	m NGF	m NGF
01/09/98	0.5		171.16		
02/09/98	30.8		171.18		
03/09/98	4.1		171.18		
04/09/98	6.6		171.20		
05/09/98	8.5		171.23		
06/09/98	7.2		171.25		
07/09/98			171.28		
08/09/98	0.4		171.32		
09/09/98	1.0		171.34		
10/09/98	0.9		171.36		
11/09/98	12.2		171.38		
12/09/98	13.0		171.42		
13/09/98	4.1		171.44		
14/09/98	1.6		171.44		
15/09/98	5.6		171.46		
16/09/98	10.5		171.49		
17/09/98			171.52		
18/09/98			171.52		
19/09/98			171.55		
20/09/98			171.58		
21/09/98			171.60		
22/09/98			171.62		171.61
23/09/98			171.64		
24/09/98			171.65		
25/09/98			171.68		
26/09/98	1.5				
27/09/98	16.7				
28/09/98			171.75	171.7	171.74
29/09/98	2.8		171.76	171.72	
30/09/98	1.5		171.78	171.74	171.77
01/10/98	0.2		171.79		171.79
02/10/98	1.6		171.82	171.77	171.8
03/10/98	0.3				
04/10/98					
05/10/98			171.88	171.83	171.87
06/10/98	8.3				171.89
07/10/98	0.7		171.93	171.86	
08/10/98	0.2		171.95		171.91
09/10/98	0.1		171.95		171.93
10/10/98	17.6				
11/10/98	8.0				
12/10/98	1.5		172.01	171.97	172
13/10/98	3.8		172.03		172.01
14/10/98	10.8		172.06	172.02	172.02
15/10/98					
16/10/98	0.1		172.10	172.06	172.03
17/10/98	8.3				
18/10/98	0.2				

Bassin sud - Données quotidiennes sept.-déc. 98	Pluie à Ludelanges	Débit à la galerie de Moyeuvre (0137-4X-0234)	Niveau piézométrique à Droitaumont II (0137-6X-0148)	Niveau piézométrique à Carrière des Anges (0137-4X-0226)	Niveau piézométrique à Moyeuvre-Petite (0137-3X-0129)
Date	mm	m³/s	m NGF	m NGF	m NGF
19/10/98			172.15	172.12	172.12
20/10/98			172.15		172.14
21/10/98	2.9		172.20	172.14	172.19
22/10/98	3.3		172.20		172.22
23/10/98	29.7		172.23	172.19	172.24
24/10/98	46.4				
25/10/98	6.7				
26/10/98	5.4		172.38	172.32	172.37
27/10/98	6.0		172.41		172.45
28/10/98	56.2	0.00	172.58	172.46	172.51
29/10/98	13.1		172.67		172.59
30/10/98	7.0	0.43	172.80	172.67	172.72
31/10/98	49.5	0.83			172.85
01/11/98	0.4	1.28			172.97
02/11/98	7.5	1.97	173.15		173.14
03/11/98		2.56	173.30	173.22	173.27
04/11/98	0.4	3.08	173.36	173.31	173.36
05/11/98	0.6	3.36	173.42		173.41
06/11/98	2.1	4.14	173.51	173.38	173.43
07/11/98	0.1	4.25			173.43
08/11/98	12.5	4.15			173.42
09/11/98	6.3	3.98	173.48	173.33	173.39
10/11/98	1.1	3.76	173.39	173.31	173.37
11/11/98		3.64	173.43		173.35
12/11/98	1.2	3.56	173.43	173.3	173.34
13/11/98	1.5	3.48		173.29	173.33
14/11/98	14.9	3.39			173.32
15/11/98	7.5	3.28			173.32
16/11/98		3.23	173.28	173.25	173.3
17/11/98		3.03	173.28		173.29
18/11/98	1.8	3.00	173.28	173.24	173.29
19/11/98	0.8	3.02	173.28		173.29
20/11/98		2.98	173.28	173.235	173.28
21/11/98		2.92	173.28		173.27
22/11/98		2.84	173.28		173.26
23/11/98		2.64	173.28	173.22	173.26
24/11/98		2.85	173.28		173.24
25/11/98		2.74	173.25		173.24
26/11/98	8.3	2.51	173.23	173.18	173.21
27/11/98		2.51	173.22		173.21
28/11/98	2.2				173.17
29/11/98	4.8				173.17
30/11/98		2.51	173.21	173.16	173.17
01/12/98		2.51	173.21		173.19
02/12/98		2.51	173.22	173.16	173.21
03/12/98		2.51	173.22		173.21
04/12/98	0.8		173.21		173.21
05/12/98	3.9		173.20		173.19

Bassin sud - Données quotidiennes sept.-déc. 98	Pluie à Ludelanges	Débit à la galerie de Moyeuvre (0137-4X-0234)	Niveau piézométrique à Droltaumont II (0137-6X-0148)	Niveau piézométrique à Carrière des Anges (0137-4X-0226)	Niveau piézométrique à Moyeuvre-Petite (0137-3X-0129)
Date	mm	m³/s	m NGF	m NGF	m NGF
06/12/98	0.8		173.18		173.19
07/12/98		2.4	173.18	173.13	173.17
08/12/98	1.4		173.18		173.17
09/12/98	8.0		173.18		173.16
10/12/98	10.0		173.18		173.15
11/12/98	3.6	2.21	173.18	173.12	173.15
12/12/98	14.5	2.28	173.18		173.17
13/12/98		2.49	173.20		173.16
14/12/98	0.7	2.70	173.23		173.22
15/12/98	1.0	2.87	173.22		173.24
16/12/98		2.98	173.26		173.27
17/12/98		3.10	173.28		173.29
18/12/98	14.9	3.20	173.30	173.26	173.28
19/12/98	9.8	3.24	173.31		173.3
20/12/98		3.11	173.32		173.31
21/12/98		3.19	173.33		173.32
22/12/98					173.32
23/12/98	0.3	3.3	173.34		173.33
24/12/98	0.1		173.33		173.32
25/12/98	2.2		173.33		173.23
26/12/98	25.5		173.32		173.22
27/12/98	9.3		173.32		173.22
28/12/98	2.5		173.33		173.3
29/12/98			173.33		173.31
30/12/98		3.49	173.36		173.32
31/12/98		3.63	173.36		173.33

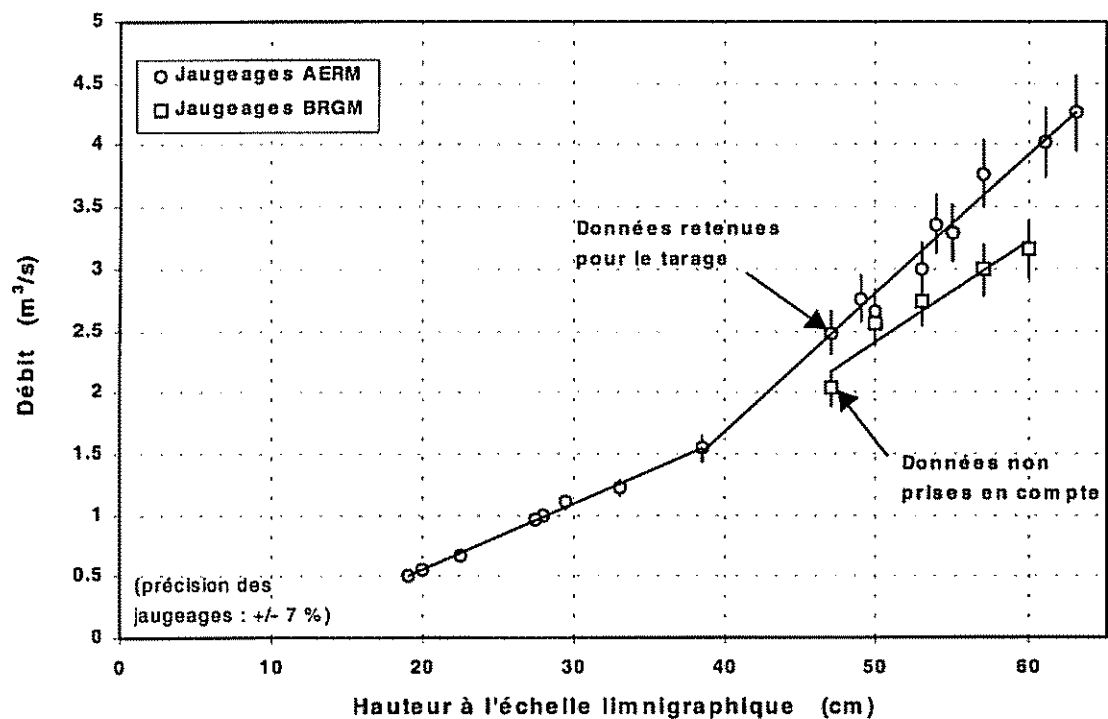
Annexe 4 :

*Débit, conductivité et température moyens
journaliers mesurés à la station de mesure en
continu de la galerie de Moyeuvre
(septembre – décembre 1998)*

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 1998

Station automatique de Moyeuvre - Mesures quotidiennes moyennes	Niveau échelle station	Niveau échelle (BRGM-AERM- LORMINES)	Débit calculé	Jaugeage (BRGM)	Jaugeage (AERM)	Conductivité (station)	Conductivité (BRGM)	Température (station)	Température (BRGM)
	cm	cm	m³/s	m³/s	m³/s	µS/cm	µS/cm	°C	°C
28/10/98	0		0			494.16		9.92	
29/10/98						2905.26		11.68	
30/10/98	16.06	12	0.43	0.68		3042.33	3030	11.65	12
31/10/98	25.07		0.83			3083.13		11.73	
01/11/98	33.47		1.28			3163.89		11.67	
02/11/98	42.25	41	1.97			3226.88	3210	11.99	12.2
03/11/98	47.43	47	2.56	2.03		3231.11		12	
04/11/98	52	50	3.08	2.55		3199.59		12.01	
05/11/98	54.48		3.36			3166.94		12	
06/11/98	61.35	57	4.14	2.99		3153.68		12	
07/11/98	62.34	61	4.25			3145.09		12	
08/11/98	61.48	60	4.15			3141.75		12	
09/11/98	59.94	62	3.98			3140.18		12	
10/11/98	58.04	60	3.76	3.16		3141.28		12	
11/11/98	56.96		3.64			3143.7		12	
12/11/98	56.25	59	3.56			3145.88		12	
13/11/98	55.59	57	3.48		3.77	3146.94		12	
14/11/98	54.76		3.39			3150.46		12	
15/11/98	53.79	57	3.28			3149.09		12	
16/11/98	53.38	55	3.23			3149.21		12	
17/11/98	51.63		3.03			3151.63	3130	12	11.8
18/11/98	51.33		3			3153.61		12	
19/11/98	51.48		3.02			3153.18		12	
20/11/98	51.17	50	2.98			3153.78		12	
21/11/98	50.6		2.92			3153.48		12	
22/11/98	49.9		2.84			3153.84		12	
23/11/98	48.18	50	2.64			3154.65		12	
24/11/98	50	50	2.85			3154.93		12	
25/11/98	49	49	2.74			3153.58		12	
26/11/98	46.97	49	2.51			3155.98		12	
27/11/98	47.04	48	2.51			3156.14		12	
28/11/98						3154.53		12	
29/11/98						3160.99		12	
30/11/98	47	47	2.51			3162.95		12	
01/12/98	47	47	2.51		2.48	3162.68		12	
02/12/98	47	47	2.51			3163.93		12	
03/12/98	47	47	2.51			3163.88		12	
04/12/98						3164.3		12	
05/12/98						3163.6		12	
06/12/98						3162.17		12	
07/12/98	46	48	2.4			3162.27		12	
08/12/98						3164.39		12	
09/12/98						3165.58		12	
10/12/98						3164.73		12	
11/12/98	44.36		2.21			3170.16		12	
12/12/98	44.96		2.28			3170.46		12	
13/12/98	46.84		2.49			3174.82		12.05	
14/12/98	48.69	49	2.7		2.76	3179.32		12.06	
15/12/98	50.16		2.87			3178.38		12.1	
16/12/98	51.16		2.98			3180.7		12.07	
17/12/98	52.21	53	3.1	2.73		3177.45	3170	12.03	12.3
18/12/98	53.05	53	3.2			3176.64		12	
19/12/98	53.48		3.24			3176.08		12	
20/12/98	52.33		3.11			3172.74		12	
21/12/98	53	53	3.19			3173.45		12	
22/12/98						3173.4		12	
23/12/98	54	54	3.3		3.36	3174.29		12	
24/12/98						3175.58		12	
25/12/98						3172.92		12	
26/12/98						3171.99		12	
27/12/98						3175.36		12	
28/12/98						3172.11		12	
29/12/98						3177.31		12	
30/12/98	55.67		3.49			3182.55		12	
31/12/98	56.83	58	3.63			3180.09		12.01	

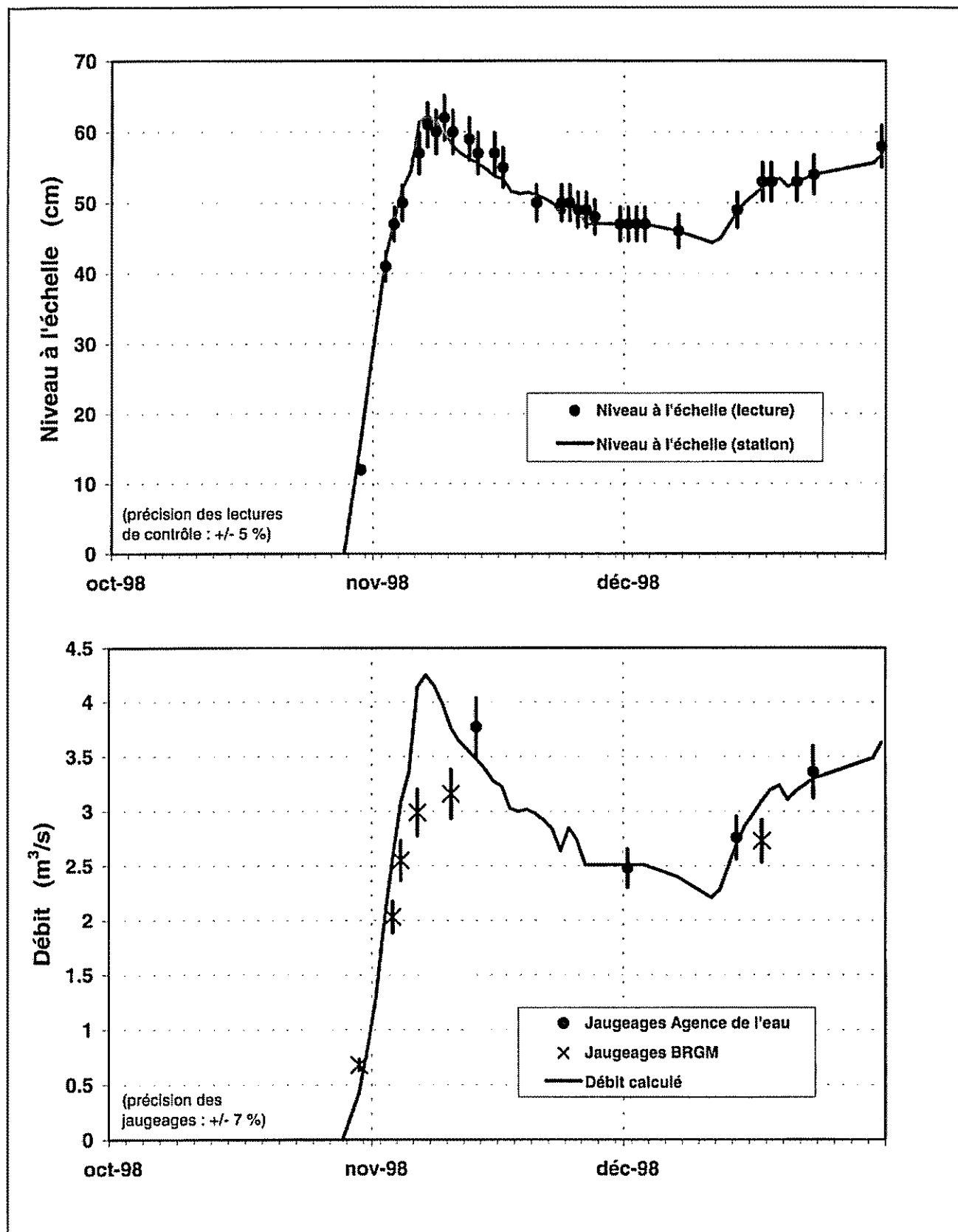
*Résultats de mesure de la station hydrométrique du canal d'évacuation
des eaux de débordement du bassin sud à Moyeuvre.*



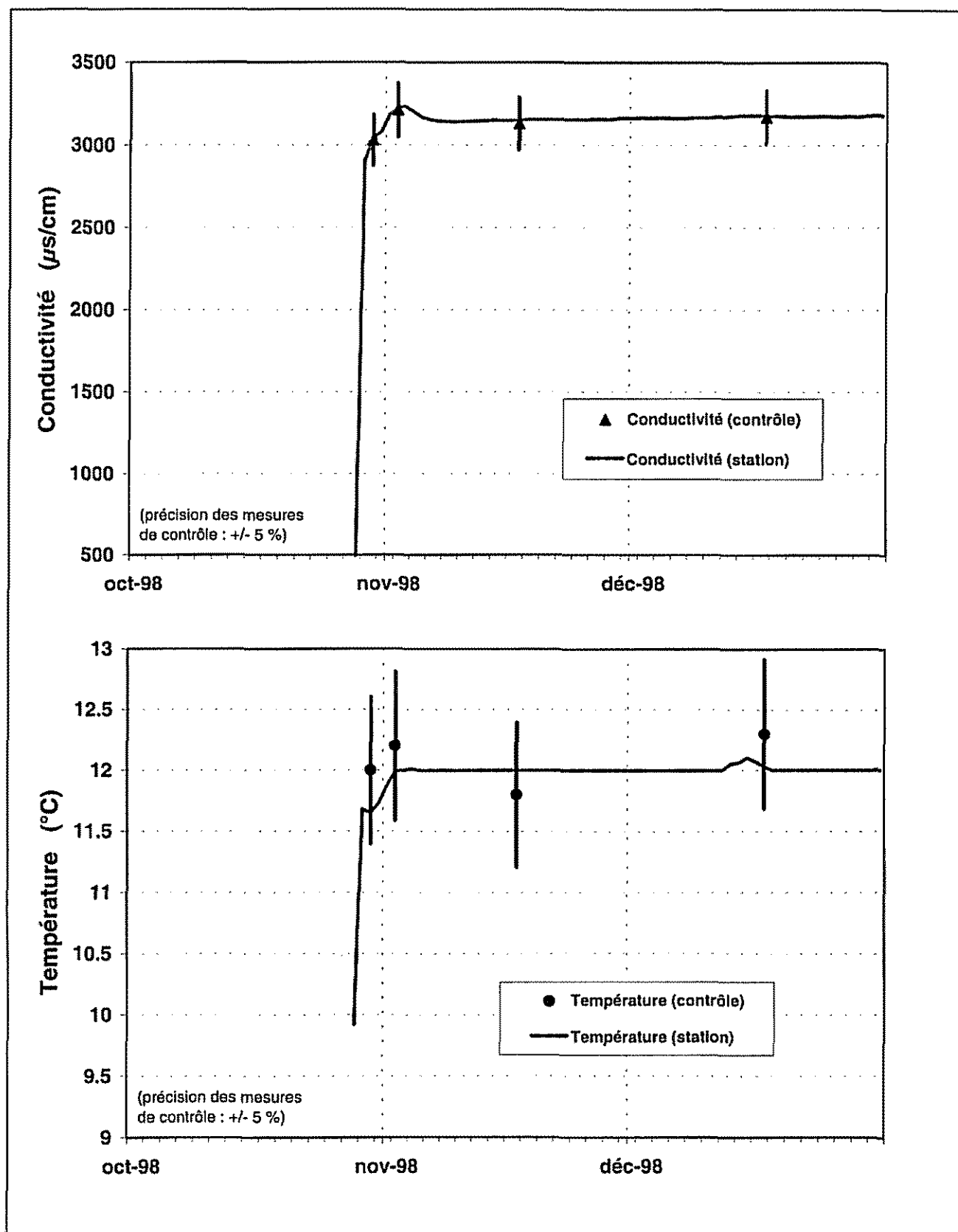
	Date	Hauteur	Débit
		cm	m3/s
Mesures BRGM (non retenues)	30/10/98	12	0.68
	03/11/98	47	2.03
	04/11/98	50	2.55
	06/11/98	57	2.99
	10/11/98	60	3.16
	17/12/98	53	2.73
Mesures Agence de l'Eau (retenues)	13/11/98	57.0	3.77
	01/12/98	47.0	2.48
	14/12/98	49.0	2.76
	23/12/98	54.0	3.36
	19/01/99	55.0	3.29
	17/02/99	53.0	3.00
	09/03/99	63.0	4.26
	17/03/99	61.0	4.02
	16/04/99	50.0	2.65
	26/05/99	38.5	1.54
	08/06/99	33	1.22
	18/06/99	29.5	1.10
	25/06/99	28.0	1.00
	30/06/99	27.5	0.96
	04/08/99	22.5	0.66
	23/08/99	20.0	0.56
	31/08/99	19.0	0.51

Equation de la courbe de tarage au 31 août 1999
Pour les débits > 1,543 m3/s
$Q = 0,1136 \times h - 2,8306$
Pour les débits < à 1,543 m3/s
$Q = 0,0532 \times h - 0,5052$

Courbe de tarage de la station hydrométrique du canal d'évacuation des eaux de débordement du bassin sud à Moyeuvre.



Niveau d'eau mesuré et débit calculé du canal d'évacuation des eaux de débordement du bassin sud à Moyeuvre.

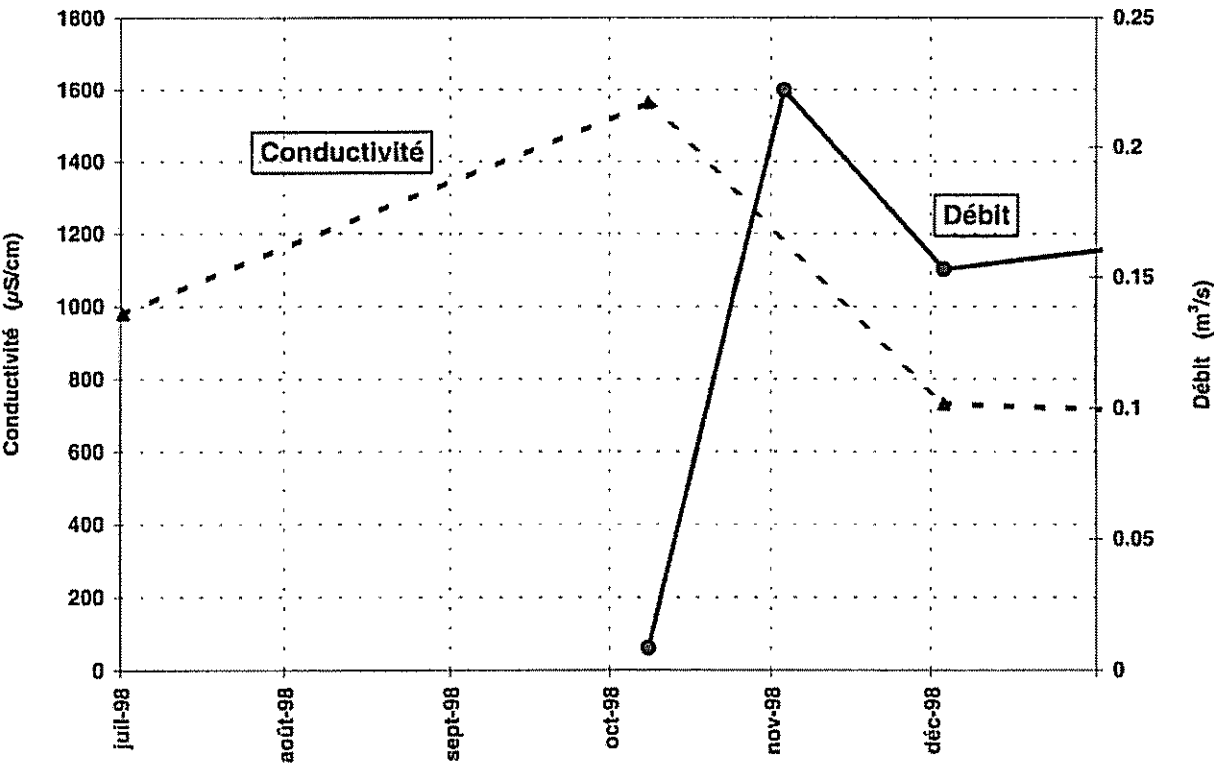


*Conductivité électrique et température de l'eau
du canal d'évacuation des eaux de débordement à Moyeuve.*

Annexe 5 :

***Débit et paramètres physico-chimiques mesurés à la
source de Mance (juillet – décembre 1998)***

Source de Mance - Mesures de débit et physico-chimiques	Débit	Conductivité	pH	Température
	m³/s	µS/cm		°C
01/07/98		980	6.95	
08/10/98	8.52E-03	1564		10.1
03/11/98	0.222			
03/12/98	0.153	732		9.7
15/12/98				



Débit et paramètres physico-chimiques mesurés à la source de Mance

Annexe 6 :

Résultats des analyses chimiques des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (1994 – 1998)

Eaux souterraines du bassin ferrifère		Nom du paramètre																																
			Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlorure	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux
Résultats d'analyse 1994-1998		Symbole	T	pH	HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-			
		Unité	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
CMA eau potable (ou valeur guide)				6,5 - 9 (400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01	
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)			25	5,5 - 9 (1000)		4	(200)	250		50		(1000)			100					50	5000	50	5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1	
Amermont III	20/02/94			7,25	4850			2680											830													<0,025	<0,2	
Amermont III	08/06/94			7,3	5630			2895											920													<0,025	<0,05	
Amermont III	23/09/94			7,3	5420			3028											960													<0,025	<0,05	
Amermont III	22/12/94			7,65	5250			2990											1020													<0,025	<0,05	
Amermont III	13/03/95			7,35	5390			2940											980													<0,025	<0,05	
Amermont III	19/06/95			7,16	5980			2925											900														0,41	
Amermont III	11/09/95			7,2	6060			2029											560													0,004		
Amermont III	18/12/95			7,35	6060			3200											1020													<5E-04	0,258	
Amermont III	11/03/96			7,38	6280			3061											1080													<5E-04	0,086	
Amermont III	17/06/96			7,33	5990			2650											900													<5E-04	0,129	
Amermont III	14/10/96			6,85	5510			3016											760													<5E-04	<0,01	
Amermont III	09/12/96			7,1	5070			2800											700													<5E-04	<0,01	
Amermont III	24/02/97			7,1	5690			3572											1200													<5E-04	0,063	
Amermont III	26/05/97			6,75	5120			2760											434													<0,005	<0,01	
Amermont III	25/08/97			6,65	5220			2657											332													<5E-04	0,047	
Amermont III	15/12/97			6,85	5620			2940											448														1,1	
Amermont III	23/02/98			6,85	4910			2695											432													<0,025	<0,01	
Amermont III	25/05/98			6,93	5110			2970											440													<0,025	<0,01	
Amermont III	01/07/98			7,4	5080	659	1,6	41,2	2960	<0,01	<0,1	14,8	2357	13,3	<5	<10	<30	328	408	412	<2	<5	<2	<5	<0,01	0,2	5	3200	903	21	0,2	<0,03	<0,1	
Amermont III	24/08/98			6,82	5170			3080											435													<0,025	<0,01	
Amermont III	24/11/98			6,85	5090			2717											400													<0,025	<0,03	
Anderny II	31/03/94			7,8	795			178											31													<0,025	<0,05	
Anderny II	08/06/94			7,6	1450			456											88													<0,025	<0,05	
Anderny II	08/09/94			7,65	2090			1070											117													<0,025	<0,05	
Anderny II	22/12/94			7,4	2540			1460											172													<0,025	<0,05	
Anderny II	13/03/95			7,3	2250			1192											141													<0,025	<0,05	
Anderny II	19/06/95			6,9	2410			1090											150														1,276	
Anderny II	11/09/95			6,95	2520			1258											230													0,008	0,293	
Anderny II	18/12/95			7,28	2630			1530											220													<5E-04		
Anderny II	11/03/96			7,11	2700			1460											260													<5E-04	<0,01	
Anderny II	17/06/96			7,15	2910			1449											210													<5E-04	0,016	
Anderny II	14/10/96			6,74	2960			1287											220													<5E-04	<0,01	
Anderny II	09/12/96			6,98	2610			1390											230													<5E-04	<0,01	
Anderny II	24/02/97			6,85	2790			1408											240													<5E-04	<0,01	
Anderny II	26/05/97			6,82	3000			1330											226													<0,005	<0,01	
Anderny II	25/08/97			6,75	2980			1375											201													<5E-04	<0,01	
Anderny II	15/12/97			6,95	3170			1290											238														0,368	
Anderny II	23/02/98			6,9	2800			1225											240													<0,025	<0,01	

Eaux souterraines du bassin ferrifère Résultats d'analyse 1994-1998	Nom du paramètre	Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlore	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux
	Symbole	T	pH		HCO3	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-		
	Unité	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l
CMA eau potable (ou valeur guide)			6,5 - 9	(400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)		25	5,5 - 9	(1000)		4	(200)	250		50		(1000)			100					50	5000		5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1
Anderny II	25/05/98		6,5	2850				1300										246														<0,025	<0,01
Anderny II	01/07/98		7,5	2830	570	<0,1	25,9	1284	<0,01	<0,1	10,2	1261	6,2	<5	<10	<30	149	205	228	<2	<5	6	<2	<5	<0,01	<0,1	3	90	479	32	0,1	0,17	<0,1
Anderny II	24/08/98		6,9	2910				1470										260														<0,025	<0,01
Anderny II	24/11/98		7	2870				1193										228														<0,025	<0,03
Auboué I	18/09/95	12	7,65	920	335,5	0,02	23	240	<	5	9,6		9			71	33,6	139	35	<1	<10					0,1	<10	190	5				
Auboué I	05/02/96	11	8,1	910	320,3	0,06	18	268	<	7,5	10,1		10,2			13	33,7	132	37	2	<10					0,19	20	60	<5				
Auboué I	29/03/96	11,5	8,3	900	317,2	0,01	18	263	0,01	7,5	9,6		8,6			18	33,9	140	33	<1	<10					0,16	<10	40	<5				
Auboué I	23/05/96	12	7,8	960	353,8	0,01	22	270	<	5	9,9		9,7			10	34,5	145	39	<1	10					0,13	<10	50	<5				
Auboué I	25/06/96	16,3	7,21	918				302,8										38,2														<0,05	<0,05
Auboué I	01/07/96	12	7,45	1005	359,9	<	24	302	<	5	10,2		9,6			14	38,6	156	44	<1	10					0,18	10	50	<5				
Auboué I	23/09/96	13,5	7,21	1123				532,3										44,5														<0,05	<0,05
Auboué I	02/10/96	11,5	7,4	1330	402,6	0,02	30	500	<	8	0,19		7,2			12	69,2	197	52	<1	20					0,19	<10	100	10				
Auboué I	25/11/96	12,8	8,2	1660				1000										75,8														<0,05	<0,05
Auboué I	07/02/97	13,1	7,2	2305				1265										64,3														<0,05	<0,05
Auboué I	25/06/97	16,5	6,97	2290				1585										116,6														<0,05	<0,05
Auboué I	29/09/97	14,3	7,3	2390				1840										122														<0,05	<0,05
Auboué I	01/12/97	13,8	7,25	2360				1585										162														<0,05	0,85
Auboué I	23/02/98	14,1	7,15	2630				1498										127														<0,05	<0,05
Auboué I	15/05/98	13,9	7,8	1250				568										110														<0,05	<0,05
Auboué I	01/07/98		7,8	1509	332	<0,1	30,5	547	<0,01	1,7	4,5	381	8,4	<5	<10	<30	56,4	137	69,1	<2	1379	<5	<2	<5	<0,01	0,2	4	40	13	29	<0,1	<0,03	<0,1
Auboué I	09/09/98	15,4	7,42	1850				1053											134													<0,05	1,14
Auboué I	01/12/98	13,4	7,52	1828				1450										175														<0,05	0,17
Auboué I	17/12/98	12,2	7,05	2720	477	0,2	37,7	1359	<0,01	2,7	8,5	442	6	<5	<10	<30	157	274	167	<2	80	7	<2	<5	<0,01	<0,1	3	<20	232	24	<0,1	<0,03	<0,1
Avril amont (A15)	29/03/95		7,6	540	315	<0,01	12,9	35,5		13			1,38				8,22	105	7,42														
Avril amont (A15)	20/10/95		7,8	400	431	<0,01	13,2	19,5		4,8			0,16				21,5	110	12,4														
Avril amont (A15)	04/07/96		7,4	620	218	0,05	7,41	76,7		2			1,35				19,3	64,7	8,54														
Avril amont (A15)	18/12/96		7,5	600	251	0,025	17,3	55,8		1,9			0,89				14	87	4,88														
Avril amont (A15)	10/06/97		7,3	600	232	<0,01	5,02	21,3		1,1			0,15				19,5	65	5,52														
Avril amont (A15)	15/12/97		7,2	580	226	<0,01	4,97	20,4		1			0,11				19,3	63,3	5,35														
Avril amont (A15)	01/07/98		7,25	500	192	<0,1	4,75	20		0,75			0,12				12,7	51,1	5,19									75	10				
Avril amont (A15)	08/10/98	9,7	7,37	575	301	0,2	8,6	102		<0,1	7,2		1,6				18	93	7,6									130	5,87				
Avril amont (A15)	16/12/98	9,2	7,28	560	326	<0,1	10,4	29,8		8,5	10,3		1				9,5	98,8	5,9									20	<5				
Avril aval (A25)	29/03/95		7,4	510	324	<0,01	11,6	25,9		10,26			1,13				4,25	112	5,47														
Avril aval (A25)	20/10/95		8	420	412	<0,01	18,6	22,6		4,55			0,08				10,7	130	4,57														
Avril aval (A25)	04/07/96		7,4	580	221	<0,01	4,1	20,7		1,15			0,05				6,77	64,6	2,85														
Avril aval (A25)	18/12/96		7,4	530	268	<0,01	8,01	23,7		0,85			0,04				5,66	88,5	1,6														

Eaux souterraines du bassin ferrifère		Résultats d'analyse 1994-1998	Nom du paramètre	Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlorure	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux
				Symbole	T	pH	HC03-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-		
				Unité	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
CMA eau potable (ou valeur guide)				25	6,5 - 9 (400)			0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)				25	5,5 - 9 (1000)			4	(200)	250		50	(1000)				100					50	5000		5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1
Avril aval (A25)		10/06/97		7,3	610	214	0,025	7,12	69,5		1,8				1,2				19,3	65,2	8,21														
Avril aval (A25)		15/12/97		7,2	580	203	<0,01	7,1	64,5		1,8				0,99				19	64,3	7,15														
Avril aval (A25)		01/07/98		7,6	565	317	<0,1	6	36,1	<0,01	3,2	4,2	50		0,7	<5	<10	<30	5,2	110	2,9	<2	<5	<5	<2	<5	<0,01	<0,1	5	30	<5	15	0,1	<0,03	<0,1
Avril aval (A25)		08/10/98	9,2	7,25	561	324	<0,1	6,6	33,6		4,2	7,3			0,7				6,4	104	3,6									<20	0,56				
Avril aval (A25)		16/12/98	9,6	7,27	578	287	<0,1	11,2	54,5		4,3	11,2			0,7				4,3	110	4,1									<20	<5				
Droitaumont II		25/01/91	12,8	7,68	833	394	<	28,4	145	<	4	7,2			3,8			7	24,3	104,2	64,5		4						0,45	<	<	<		<	
Droitaumont II		30/06/93	18	7,92	894	402	<	30,4	147,4	<	4,2	6,8	240		5,2	<	<	18	37,7	90,2	65	<	<	<	<	<	<		0,536	<	50	<	25	<	
Droitaumont II		25/08/94	17	7,71	980	436	<	28,2	156,8	0,01	5,8	13,5			4,8			8	30,3	130,2	56	4	8		<	<	<		0,441	6	10	8		<	
Droitaumont II		21/02/95	11,5	7,91	1045	436	0,22	18,4	204	0,05	8,8	9,4			4,8		<	10	48,6	114,2	52	4	<		<	<	<	<	0,289	<	20	<		0,01	
Droitaumont II		02/03/95	11	7,7	1440				510												101												<0,025	<0,05	
Droitaumont II		24/03/95	12	7,38	2250	395	0,19	20,5	1100	0,05	12,7	13,2			9			40	126,4	272,5	124,5		44					0,219	8	1300	344		<		
Droitaumont II		27/04/95	12,5	7,31	2930				250						7,7				156,2	283,8	290,7														
Droitaumont II		02/06/95	13,5	7,45	3030				1500				1500	7,9					145,5	269,3	328														
Droitaumont II		12/06/95	11,1						1150				1750																						
Droitaumont II		20/06/95		7,22	2760				1290												320														
Droitaumont II		07/07/95	14	7,32	2740				1336				1000	5,8					133	244,5	365,8														
Droitaumont II		18/08/95	17,7	7,98	2610	469	0,43	70,7	1248	<	21,1	5,3	1600	7,9		1	12	128,7	211,7	337,1	<	19		<	<	ou =0,0	0,29	10	50	34		<			
Droitaumont II		12/09/95		7,16	2950				1450												380														
Droitaumont II		27/09/95	14	7,33	2760				1734				1070	8,4					164,6	241,7	345,9														
Droitaumont II		12/10/95							1750				1212																						
Droitaumont II		31/10/95	14	7,34	2710				1572				1300	5,7					155,9	270,8	325														
Droitaumont II		14/11/95							1422				1360																						
Droitaumont II		01/12/95	11,8	7,38	2750	438	0,05	78,3	1556	<	2,5	8,7	850	7,9			4	153,8	260	356,3								0,362	8	70	192		<		0,042
Droitaumont II		19/12/95		7,11	3080				1440												300												<5E-04	<0,01	
Droitaumont II		06/02/96	10	7,22	3040				1766					10,8					199,7	314,4	465,2														
Droitaumont II		05/03/96	10,5	7,32	3210				1762					15,4					219,8	318,1	414,7														
Droitaumont II		11/03/96		7,18	3410				1855												460												<5E-04	0,061	
Droitaumont II		12/04/96	14,3	7,34	3320	544	0,06	54,8	1778	<	<	8,3	1660	6,6			20	167,2	253,8	485	10	50		<			0,233	100	100	270		<			
Droitaumont II		24/05/96	10,4						1959				1580								511,3														
Droitaumont II		17/06/96		7,22	3820				2089												560												<5E-04	0,287	
Droitaumont II		18/06/96	17,7						1870				1900								393,3														
Droitaumont II		18/07/96	18,2						1853				1300								439,5														
Droitaumont II		30/08/96							1702				1650								433,9														
Droitaumont II		11/09/96							1735				1350								447,2														
Droitaumont II		07/10/96							1706				1850								443,2														
Droitaumont II		14/10/96		6,89	3760				1760												240												<5E-04	<0,01	
Droitaumont II		20/11/96							1782				1640								426,7														
Droitaumont II		09/12/96		7,06	3350				1858												460												<5E-04	<0,01	

Eaux souterraines du bassin ferrifère		Résultats d'analyse 1994-1998		Nom du paramètre		Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlorure	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux
						Symbole	T	pH	HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-		
				Unité	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
CMA eau potable (ou valeur guide)				25	6,5 - 9	(400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01		
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)				25	5,5 - 9	(1000)		4	(200)	250	50	50	(10)	(1000)			100			200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1
Droitaumont II	19/12/96							1811				2175										438,9															
Droitaumont II	02/01/97							1852				1575										452,9															
Droitaumont II	10/02/97							1792				1250										434,1															
Droitaumont II	24/02/97		6.95	3470				1775														440															
Droitaumont II	11/03/97	11.1						1747				1350										419															
Droitaumont II	04/04/97	14	7.32	3400	522	0.45	53.2	1585	<	<	10.1	1380	8.9									160.1	244.2	388.3	<	100											
Droitaumont II	07/05/97							1602				1520																									
Droitaumont II	26/05/97		6.99	3370				1480																													
Droitaumont II	09/06/97							1577				1320																									
Droitaumont II	10/07/97							1642				1500																									
Droitaumont II	13/08/97							1695				1360																									
Droitaumont II	25/08/97		6.85	3410				1510																													
Droitaumont II	10/09/97							1737				1480																									
Droitaumont II	16/10/97							1584																													
Droitaumont II	28/11/97							1582																													
Droitaumont II	09/12/97	10						1786				1060																									
Droitaumont II	15/12/97		7.03	3650				1570																													
Droitaumont II	05/01/98							1712				1340																									
Droitaumont II	23/02/98		6.97	3160				1400																													
Droitaumont II	24/02/98							1611																													
Droitaumont II	16/03/98							1748				1280																									
Droitaumont II	08/04/98	25	7.69	3250	525	0.14	55.5	1537	<0,04	<4,0	13.6	1325	6.5																								
Droitaumont II	25/05/98		7.03	3280				1550																													
Droitaumont II	18/06/98							1596				1300																									
Droitaumont II	01/07/98		7.5	3250	537	0.3	54.3	1499	<0.01	<0.1	9.4	1503	7	<5	<10	<30	153	194	347	<2	<5	16	<2	<5	<0.01	0.3	5	1100	647	25	0.2	0.04	<0.1				
Droitaumont II	20/07/98							1643				1280																									
Droitaumont II	24/08/98		6.95	3380				1651																													
Droitaumont II	25/08/98							1674				1240																									
Droitaumont II	17/09/98							1569				1110																									
Droitaumont II	06/10/98							1598				1080																									
Droitaumont II	16/11/98							1606				1240																									
Droitaumont II	24/11/98		7.03	3250				1435																													
Droitaumont II	15/12/98	14.4	7.07	3130	553	0.5	56.1	1539	<0.01	<0.1	17.4	1408	6.1	<5	<10	<30	164	226	338	<2	12	25	<2	17	<0.01	0.2	7	1300	733	22	<0.1	<0.03	<0.03				
Droitaumont II	18/12/98							1510				1280																									
Forage Tjjs	11/06/96		7.1	1055	423	<0.04	2.9	334	<0.01	<0.13			3.3								39.2	201	4.7	<5	6.5		<0.5				0.11	<20	670	40			
Forage Tjjs	08/10/98	11.6	7.01	1201	415	0.1	4.5	378		<0.1	10		2.9								43.2	205	6.2										340	45			
Forage Tjjs	17/12/98	10.3	6.91	1030	419	0.1	6.2	243		<0.1	17.3		2.1								34.5	166	5.7										790	40			

Eaux souterraines du bassin ferrifère		Nom du paramètre	Température		pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlore	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux
			Symbole	T																															
			Unité	°C																															
Résultats d'analyse 1994-1998																																			
CMA eau potable (ou valeur guide)			6,5 - 9	(400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01		
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)		25	5,5 - 9	(1000)		4	(200)	250		50		(1000)			100						50	5000		5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1	
Joeuf	12/01/94		7,52	868	282	0	24	194,6		21																									
Joeuf	17/03/94		7,46	828		0	26,6	163		20,8																									
Joeuf	27/04/94		7,42	830		0	25,6	172,2		21,4																									
Joeuf	23/06/94		7,43	809		0	23,2	152		18,4				10					7,3	136,3	30,5														
Joeuf	22/07/94		7,28	819		0	24,2	130		20,8																									
Joeuf	20/09/94		7,34	850		0	25,4	159,4		13,2																									
Joeuf	24/10/94		7,42	864		0	18,8	180		18,8																									
Joeuf	23/12/94		7,4	810		0	24,8	150		15,2																									
Joeuf	02/02/95		7,34	867		0	21,8	198		16,7																									
Joeuf	28/02/95		7,24	843	278	0	23,4	220		18,2			10,3					17	142,2	26,4															
Joeuf	28/03/95		7,44	829		0	19,8	149,2		37,2																									
Joeuf	18/05/95		7,41	791		0	22,7	156		17,5																									
Joeuf	03/07/95		7,35	825		0	23,2	161,6		17,9																									
Joeuf	31/08/95		7,32	813		0	27	178,4		16,1																									
Joeuf	17/10/95		7,42	803		0	31,3	207,1		15,9																									
Joeuf	19/12/95		7,47	803		0	29,5	208,1		14,9																									
Joeuf	30/01/96		7,47	816		0	27,5	195,4		14,4																									
Joeuf	29/02/96		7,4	823	299	0,14	33,2	200,2		18,8			11,8					11,5	155	34,1															
Joeuf	25/03/96		7,34	845		0	30,5	190,2		17,4																									
Joeuf	14/05/96		7,32	860		0	33,2	204,8		16,5																									
Joeuf	18/07/96		7,26	919		0	33,5	269,2		9,6																									
Joeuf	29/08/96		7,32	1055		0	38,1	334,1		6,3																									
Joeuf	19/09/96							343,3																											
Joeuf	25/09/96							357,2																											
Joeuf	01/10/96							376,7																											
Joeuf	15/10/96		7,25	1245		0	44,4	461,6		6,7																									
Joeuf	24/10/96							449,6																											
Joeuf	21/11/96							483,5																											
Joeuf	28/11/96							472,2																											
Joeuf	05/12/96							467,8																											
Joeuf	12/12/96							454,5																											
Joeuf	19/12/96		7,33	1175		0	41,1	424		13,5																									
Joeuf	07/01/97							397,4																											
Joeuf	29/01/97		7,39	1078		0	40,1	329,6		18,4																									
Joeuf	27/03/97		7,07	995	297	0	33,4	283,7		20,7			8,7					16,2	164,8	49,1															
Joeuf	24/04/97								271,3																										
Joeuf	03/06/97								286,3																										
Joeuf	20/06/97		7,3	963		0	33,4	287,9		17,1																									
Joeuf	31/07/97		7,3	936		0	33,4	290,8		15,5																									

Eaux souterraines du bassin ferrifère		Résultats d'analyse 1994-1998	Norm du paramètre		Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlore	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux	
			Symbole	T	pH		HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-				
			Unité	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l
CMA eau potable (ou valeur guide)			25	6,5 - 9	(400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0	0,01			
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)			25	5,5 - 9	(1000)		4	(200)	250		50		(1000)			100					50	5000		5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1			
Joeuf	14/08/97								276																												
Joeuf	25/09/97								317,9																												
Joeuf	09/10/97								301,2																												
Joeuf	20/11/97		7.34	1027		0	29.3		321.9		12.2																										
Joeuf	04/12/97								339																												
Joeuf	15/12/97								319																												
Joeuf	06/01/98								310																												
Joeuf	22/01/98								259																												
Joeuf	12/02/98								271																												
Joeuf	04/03/98								262																												
Joeuf	16/03/98								244																												
Joeuf	01/04/98								253																												
Joeuf	16/04/98								230																												
Joeuf	28/04/98								240																												
Joeuf	29/04/98								236																												
Joeuf	15/05/98								260																												
Joeuf	11/06/98								229																												
Joeuf	06/07/98								218																												
Joeuf	29/07/98								227																												
Joeuf	04/08/98								241																												
Joeuf	18/08/98								228																												
Joeuf	02/09/98								251																												
Joeuf	17/09/98								251																												
Joeuf	28/09/98								266																												
Joeuf	12/10/98								248																												
Joeuf	28/10/98								277																												
Joeuf	09/11/98								322																												
Joeuf	23/11/98								302																												
Joeuf	11/12/98								267																												
Joeuf	23/12/98								259																												
Mance (M52)	28/02/95		7.3	810	244	<0.01	23.5	0			5.8				9				14.4	150	8.8																
Mance (M52)	20/10/95		8.1	480	496	<0.01	35.4	30.3			5.5				0.15				24.1	147	4.6																
Mance (M52)	04/07/96		7.3	740	243	<0.01	14.6	55.9			1.5				1.3				20.3	69.3	3.7																
Mance (M52)	18/12/96		7.3	780	267	<0.01	33	48.6			1.2				0.9				19.3	89	2.2																
Mance (M52)	10/06/97		7.1	740	250	<0.01	14.3	52.5			1.5				1.25				19.9	70	3.5																
Mance (M52)	15/12/97		7	730	245	<0.01	13.9	50.1			1.4				1.2				19.1	68.5	3.5																
Mance (M52)	01/07/98		6.9	680	236	<0.1	15	53.5			1.2				0.9				23.2	70.6	4.1																
Mance (M52)	08/10/98	11	7.09	750	425	<0.1	18.2	49.6			0.9	7.3			1.6				21.3	122	6.4																

Eaux souterraines du bassin ferrifère	Nom du paramètre	Température	pH	Conductivité	Bicarbonate	Ammonium	Chlore	Sulfate	Nitrite	Nitrate	Silice	Bore	Potassium	Argent	Arsenic	Aluminium	Magnésium	Calcium	Sodium	Plomb	Zinc	Nickel	Cadmium	Chrome total	Cyanures totaux	Fluor	Cuivre	Fer	Manganèse	Baryum	Orthophosphate	Indice phénol	Hydrocarbures totaux	
		Symbole	T	pH		HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr		F	Cu	Fe	Mn	Ba	PO43-		
		Unité	°C			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		CMA eau potable (ou valeur guide)			6,5 - 9	(400)		0,5	200	250	0,1	50	(10)	(1000)	12	10	50	200	50	(100)	150	50	5000	50	5	50	0,01	1,5	1000	200	50	(100)	3,35	0
CMA eau brute A3 (ou valeur guide)		25	5,5 - 9	(1000)		4	(200)	250		50		(1000)			100					50	5000		5	50	0,05	(1,5)	(1000)	(1000)	(1000)	1000	(0,47)	0,1	1	
Mance (M52)	16/12/98	10.6	7.06	776	425	<0.1	21.2	46.6		6.8	13.8		1				11.8	143	10.5									<20	<5					
Source de Mance	01/07/98		6.95	980	438	<0.1	25.5	75.5		1.86			1.12				57.6	90.9	7.13									30	21					
Source de Mance	08/10/98	10.1	7.22	1564																														
Source de Mance	03/12/98	9.7		732																														
St-Pierremont II	11/10/93	12.3	7.63	983	460	<	13	172	<	2.2	5.4		4.7			24	35.2	144.2	35.2	<	80		9.2			0.103	10	20	<		<			
St-Pierremont II	15/04/94		7.55	720				130											13													<0.025	<0.05	
St-Pierremont II	08/06/94		7.3	1065				198											30													<0.025	<0.05	
St-Pierremont II	08/09/94		7.3	1180				340											61													<0.025	<0.05	
St-Pierremont II	22/12/94		7.4	845				308											39													<0.025	<0.05	
St-Pierremont II	13/03/95		8.3	485				138											19													<0.025	0.2	
St-Pierremont II	19/06/95		7.41	834				260											34															
St-Pierremont II	11/09/95		7.3	740				225											30													0.01		
St-Pierremont II	18/12/95		7.55	600				225											30													<5E-04	0.058	
St-Pierremont II	11/03/96		7.97	574				188											23													<5E-04	0.039	
St-Pierremont II	17/06/96		7.94	615				146											22													<5E-04		
St-Pierremont II	14/10/96		7.49	705				215											14													<5E-04	<0.01	
St-Pierremont II	09/12/96		7.83	544				172											36													<5E-04	<0.01	
St-Pierremont II	24/02/97		7.72	605				144											22													<5E-04	<0.01	
St-Pierremont II	26/05/97		7.67	617				140											20													<0.005	<0.01	
St-Pierremont II	25/08/97		7.6	610				145											18													<5E-04	0.056	
St-Pierremont II	15/12/97		7.76	649				140											20														<0.01	
St-Pierremont II	23/02/98		7.75	565				90											18													<0.025	<0.01	
St-Pierremont II	25/05/98		7.85	582				120											20													<0.025	<0.01	
St-Pierremont II	24/08/98		7.7	583				145											19													<0.025	<0.01	
St-Pierremont II	24/11/98		7.8	570				120											19													<0.025	<0.03	
Ville/Yron (V105)	01/07/98		7.7	743	347	<0.1	23.6	82.7	<0.01	<0.1	5.7	83	4.6	<5	<10	<30	17	113	12	<2	<5	12	<2	<5	<0.01	0.6	4	60	23	58	<0.1	0.11	<0.1	
Ville/Yron (V105)	08/10/98	12	7.2	741	353	0.1	25.6	85	<0.1	<0.1	8.4		4.6				20.4	111	14.7									<20	98					
Ville/Yron (V105)	16/12/98	11.4	6.96	746	357	0.2	24.7	89.3	<0.01	<0.1	5.8	43	3.4	<5	<10	<30	17	112	12.7	<2	7	<5	<2	<5	<0.01	0.4	<2	80	32	57	<0.1	<0.03	<0.1	

BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL LORRAINE
1, avenue du Parc de Brabois - 54 500 VANDOEUVRE-LES-NANCY - France
Tél. : 03.83.44.81.49 - Fax : 03.83.44.15.18