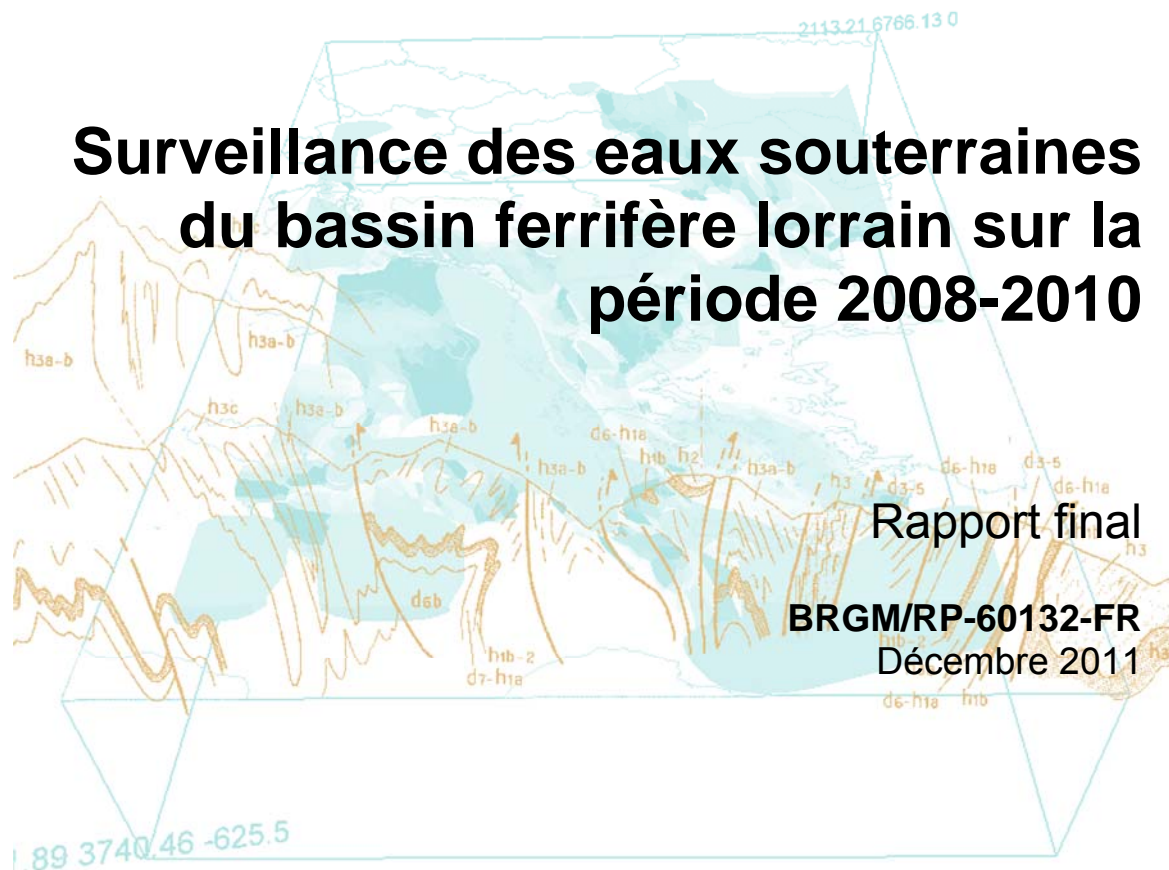




# Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur la période 2008-2010



Rapport final

BRGM/RP-60132-FR

Décembre 2011

  
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

  
Direction régionale  
de l'Environnement,  
de l'Aménagement  
et du Logement  
LORRAINE



# Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur la période 2008-2010

Rapport final

**BRGM/RP-60132-FR**  
Décembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 06DEPA01

**S. Ollagnier, J. Hidalgo**



**Vérificateur :**

Nom : L. Vaute

Date : 25/11/2011

Signature :

**Approbateur :**

Nom : D. Midot

Date : 05/03/2012

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

**Mots clés** : Eau souterraine, réservoir minier, débordement, sulfates

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

Ollagnier S., Hidalgo J. (2011) – Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur la période 2008-2010. Rapport BRGM/RP-60132-FR, 104 p., 54 ill., 5 ann.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Depuis la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, le nord de la Lorraine a connu une importante activité minière sur le bassin ferrifère, situé principalement dans le nord-ouest mosellan, le nord de la Meurthe-et-Moselle (Pays-Haut) et une frange meusienne. L'arrêt progressif des exploitations minières et l'envoyage successif des différents réservoirs miniers ont eu des conséquences sur le fonctionnement hydrogéologique du bassin tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Plusieurs programmes de surveillance ont ainsi été mis en œuvre au fur et à mesure de l'envoyage des différents réservoirs. De 2008 à 2010, la zone concernée par l'opération de surveillance a englobé les 3 principaux réservoirs du bassin ferrifère lorrain (Sud, Centre, Nord), ainsi que les sous-bassins Hayange Sud et Burbach-Haupt. Le suivi, cofinancé par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a consisté :

- à effectuer des mesures de niveaux d'eau souterraine sur 30 piézomètres et puits de mine (suivi de l'aquifère du Dogger et du réservoir minier),
- à suivre les débits de 6 points de débordement des réservoirs miniers,
- à assurer un suivi de la qualité des eaux souterraines sur 43 qualitomètres.

Parmi les objectifs du programme figurent essentiellement le suivi des répercussions de l'envoyage sur le régime hydrodynamique des aquifères en relation avec les réservoirs miniers (Dogger, aquifère alluvial de la vallée de la Fensch), la détection d'éventuels échanges entre réservoirs (échanges qui pourraient en particulier influencer les débits de débordement aux exutoires des réservoirs) et le suivi de l'impact de l'envoyage sur la qualité des eaux souterraines des différents réservoirs miniers et des aquifères en relation avec eux. L'ensemble des données acquises dans le cadre de ce programme ont été mises à disposition du public par le biais de la banque nationale des données sur les eaux souterraines ADES ainsi que la banque HYDRO (pour les débits de débordement). Des chroniques d'informations semestrielles ont également été rédigées en vue d'informer les différents partenaires et usagers locaux, des évolutions constatées dans le cadre de la surveillance. Les chroniques sont mises à disposition sur le site internet de la DREAL.

Le débordement du réservoir Nord le 3 mars 2008 constitue un des faits marquant du suivi de l'exercice 2008-2010. Le suivi aura également permis de suivre la diminution progressive des concentrations en sulfates dans le réservoir Sud sur lequel les concentrations sont passées pour la première fois sous le seuil de 500 mg/l le 30 décembre 2010. D'une manière générale, les concentrations en sulfates dans les réservoirs miniers objets de la surveillance montrent des concentrations encore très supérieures à la limite de qualité de 250 mg/l.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Gestion des réseaux de suivi quantitatif et qualitatif sur la période 2008-2010</b> .....	<b>11</b>
2.1. RAPPELS DU CONTEXTE DE MISE EN PLACE DES RESEAUX DE SUIVI DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN .....	11
2.2. RAPPELS DU CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	13
2.3. TYPOLOGIE DES STATIONS DU BASSIN FERRIFERE .....	16
2.4. LISTE DES STATIONS ET ORGANISATION DES RESEAUX SOUS ADES... ..	17
2.5. RESEAU DE SUIVI QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN (0200000018) .....	23
2.5.1. Acquisition, validation et bancarisation des données piézométriques .....	26
2.5.2. Acquisition, validation et bancarisation des données de débit .....	27
2.6. RESEAU DE SUIVI QUALITATIF DES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN (0200000013) .....	30
2.6.1. Prélèvement et échantillonnage .....	35
2.6.2. Bancarisation des données sur ADES .....	38
<b>3. Résultats du suivi pour la période 2008-2010</b> .....	<b>39</b>
3.1. LES CHRONIQUES SEMESTRIELLES .....	39
3.2. RESULTATS DU SUIVI QUANTITATIF .....	39
3.2.1. Réservoir Nord .....	39
3.2.2. Réservoir Centre .....	43
3.2.3. Réservoir Sud .....	46
3.3. RESULTATS DU SUIVI QUALITATIF .....	48
3.3.1. Réservoir Nord .....	54
3.3.2. Réservoir Centre .....	61
3.3.3. Réservoir Sud .....	66
3.3.4. Carte de synthèse des concentrations en sulfates .....	72
3.3.5. FACIES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES .....	75
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>79</b>

## 5. Bibliographie ..... 81

### Liste des illustrations

Illustration 1 :	Périodes d'ennoyage des principaux réservoirs miniers du bassin ferrifère lorrain	11
Illustration 2 :	Localisation des réservoirs miniers et périodes d'ennoyage	12
Illustration 3 :	Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du bassin ferrifère	14
Illustration 4 :	Photographies des principaux types de stations suivies sur le bassin ferrifère	16
Illustration 5 :	Carte de localisation des stations de surveillance du bassin ferrifère lorrain (les étiquettes en bleu correspondent aux stations suivies sur la période 2008-2010 dans le cadre des réseaux 0200000013 et 0200000018)	19
Illustration 6 :	Liste des stations de surveillance du bassin ferrifère lorrain (les stations surlignées en jaune ont été suivies sur la période 2008-2010 dans le cadre des réseaux 0200000013 et 0200000018, les stations en grisé sont mentionnées à titre indicatif et n'appartiennent à aucun réseau unitaire sous ADES)	21
Illustration 7 :	Typologie des stations du réseau de suivi quantitatif du bassin ferrifère lorrain	23
Illustration 8 :	Liste des stations actives du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain	25
Illustration 9 :	Appareil de mesure piézométrique et d'enregistrement Madofil (IRIS ©)	26
Illustration 10 :	Jaugeage au micromoulinet à l'aide d'une perche de jaugeage à intégration à la station du Burbach	28
Illustration 11 :	Mesure automatique des hauteurs d'eau par capteur « bulle à bulle » Hydrosens sur une section aménagée de la station du Woigot	28
Illustration 12 :	Mesure automatique du débit à la station de Moyeuve-Grande par un système « à corde » (station Kanalis)	28
Illustration 13 :	Codes HYDRO des stations hydrométriques appartenant au réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère Lorrain	30
Illustration 14 :	Typologie des stations du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain	30
Illustration 15 :	Liste des stations actives du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (Pour les analyses : M : fréquence mensuelle ; T : trimestrielle ; A : Annuelle)	33
Illustration 16 :	Prélèvements direct sur les stations du Woigot et de la Paix	35
Illustration 17 :	Pompes employées dans le cadre des échantillonnages (Aspect ©)	36
Illustration 18 :	Exemple de préleveur mobile avec 300 m de bitube rilsant protégé par une membrane ne sur touret de capacité 600 m et bouteille portable d'azote sous pression	37
Illustration 20 :	Schéma du dispositif de débordement du réservoir Nord	41



Illustration 21 : Débit de débordement et niveaux piézométriques du réservoir au cours de l'ennoyage du bassin Nord	42
Illustration 22 : Schéma du dispositif de débordement du réservoir Centre	44
Illustration 23 : Débit de débordement en m <sup>3</sup> /s du réservoir centre	45
Illustration 24 : Fluctuation des niveaux du réservoir centre et de l'aquifère du Dogger	47
Illustration 25 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans le réservoir minier	51
Illustration 26 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans la formation ferrifère non exploitée	52
Illustration 27 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans l'aquifère du Dogger	53
Illustration 28 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées à la galerie de la Paix	54
Illustration 29 : Diagramme type « boîte à moustaches » des concentrations en sulfates sur les stations du réservoir Nord	55
Illustration 30 : Chroniques de concentrations en sulfates sur les stations du réservoir Nord (hors station de référence la galerie de la Paix)	56
Illustration 31 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère du Dogger du bassin Nord	57
Illustration 32 : Chroniques de concentrations moyennes en fer et manganèse sur les stations du réservoir Nord	58
Illustration 34 : Chroniques de concentrations moyennes en nickel sur les stations du réservoir Nord	60
Illustration 35 : Maximums annuels des teneurs en indice hydrocarbures et phénols	61
Illustration 36 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations de référence du réservoir Centre (les traits en pointillés marquent les discontinuités de mesures liées à l'arrêt des écoulement ou des échantillonnages)	62
Illustration 37 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère du Dogger du bassin Centre	63
Illustration 38 : Chroniques de concentrations moyennes en fer et manganèse sur les stations du réservoir Centre	64
Illustration 40 : Chroniques de concentrations moyennes en Nickel sur les stations du réservoir Centre	65
Illustration 41 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur le point de débordement du réservoir Sud (la courbe rouge correspond aux mesures effectuées sur l'ancien point de débordement de la galerie du tunnel de Moyeuve)	67
Illustration 42 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations implantées dans la formation ferrifère non exploitée	68
Illustration 43 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère du Dogger du bassin Sud	69

Illustration 44 : Chroniques de concentrations moyennes en fer sur les stations du réservoir Sud (le graphique du bas est un zoom du graphique du haut)	70
Illustration 45 : Chroniques de concentrations moyennes en manganèse sur les stations du réservoir Sud	71
Illustration 46 : Chroniques de concentrations moyennes en bore sur les stations du réservoir Sud	71
Illustration 47 : Carte de synthèse des concentrations moyennes en sulfates en 2010 dans les stations du réservoir minier	73
Illustration 48 : Carte de synthèse des concentrations moyennes en sulfates en 2010 dans les stations du Dogger	74
Illustration 49 : Diagramme de Piper des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain – bassins Nord, Centre, Sud, Burbach et Hayange (moyennes 2010).	75
Illustration 50 : Synthèse des faciès chimiques par points d'eau BFL à partir des moyennes de l'année 2010 (rouge = réservoir minier ; violet = formation ferrifère non exploitée ; bleu = Dogger ; noir = alluvions de la Fensch).	77
Illustration 51 : Proportion relative des faciès chimiques rencontrés dans les eaux du Bassin ferrifère lorrain en 2010	78
Illustration 52 : Cheminement des données piézométriques de la mesure à la banque ADES100	
Illustration 53 : Cheminement des données sur la qualité des eaux souterraines de l'analyse en laboratoire à la bancarisation sous ADES	103
Illustration 54 : Présentation du fichier Excel permettant la création des fichiers de résultats d'analyse au format Sandre	104

## Liste des annexes

Annexe 1 : Critères de validation des données piézométriques sous ADES (lexique Sandre).....	85
Annexe 2 : Exemples des fiches de terrain.....	89
Annexe 3 : Les mécanismes chimiques responsables de la minéralisation des réservoirs miniers (Vaute, 2007a).....	93
Annexe 4 : Cheminement des données piézométriques depuis l'acquisition sur le terrain à leur bancarisation dans ADES.....	97
Annexe 5 : Cheminement des données qualitatives depuis l'acquisition sur le terrain à leur bancarisation dans ADES.....	101

# 1. Introduction

Depuis la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, le nord de la Lorraine a connu une importante activité minière sur le bassin ferrifère, situé principalement dans le nord-ouest mosellan, le nord de la Meurthe-et-Moselle (Pays-Haut) et une frange meusienne. L'arrêt progressif des exploitations minières et l'ennoyage successif des différents réservoirs miniers ont eu des conséquences sur le fonctionnement hydrogéologique du bassin tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Des réseaux de surveillance ont été constitués depuis les années 90 suite à plusieurs arrêtés préfectoraux en vue d'assurer le suivi des phases d'ennoyage des différents réservoirs. Le suivi de ces réseaux initialement confié aux exploitants miniers a été transféré au BRGM à la demande de la DIREN et de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse lorsque les exploitants ont été dégagés de leurs obligations. Ces réseaux ont alors été développés (création de nouveaux piézomètres) en vue d'améliorer la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du bassin. Ainsi, de 2008 à 2010, la zone concernée par l'opération de surveillance a englobé les 3 principaux bassins du bassin ferrifère lorrain (Sud, Centre, Nord), ainsi que les sous-bassins Hayange Sud et Burbach-Hauptont. Ce suivi, réalisé sur 30 piézomètres, 6 stations hydrométriques et 43 qualitomètres a été cofinancé par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse. Parmi les objectifs du projet figurent :

- le suivi des répercussions de l'ennoyage sur le régime hydrodynamique des aquifères en relation avec les réservoirs miniers (Dogger, aquifère alluvial de la vallée de la Fensch),
- la détection d'éventuels échanges entre réservoirs (échanges qui pourraient en particulier influencer les débits de débordement aux exutoires des réservoirs),
- le suivi de l'impact de l'ennoyage sur la qualité des eaux souterraines des différents réservoirs miniers et des aquifères en relation avec eux.

Ce travail est réalisé à travers la production de données piézométriques, hydrométriques et de qualité (suivi des paramètres physico-chimiques, des éléments majeurs et de plusieurs éléments traces). Ces données sont mises à disposition du public par l'intermédiaire de la banque ADES (sous les codes réseau 0200000018 et 0200000013) et de la banque HYDRO. L'exploitation des données est réalisée à une fréquence semestrielle dans le cadre de la rédaction de chroniques d'informations mises à disposition du public sur le site internet de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

Ce rapport présente ainsi la composition des réseaux de suivi quantitatifs et qualitatifs du bassin ferrifère sur la période 2008-2010, ainsi que les résultats du suivi.



## 2. Gestion des réseaux de suivi quantitatif et qualitatif sur la période 2008-2010

La gestion des réseaux de suivi quantitatif et qualitatif du bassin ferrifère est présentée sur la base de rappels sur les contextes de mise en place des réseaux et du contexte géologique et hydrogéologique du bassin. La gestion des réseaux *sensu stricto* est ensuite présentée par réseau :

- réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (Code Sandre : 0200000018),
- réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (Code Sandre : 0200000013).

### 2.1. RAPPELS DU CONTEXTE DE MISE EN PLACE DES RESEAUX DE SUIVI DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN

Depuis la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, le nord de la Lorraine a connu une importante activité minière sur deux secteurs :

- le bassin ferrifère, situé principalement dans le nord-ouest mosellan, le nord de la Meurthe-et-Moselle (Pays-Haut) et une frange meusienne ;
- le bassin houiller, dans le secteur de Forbach-St-Avold-Creutzwald.

Ces deux bassins miniers se prolongent au nord, en territoires belge, luxembourgeois et allemand. L'exploitation de ces gisements est aujourd'hui arrêtée sur les deux bassins. L'illustration 1 présente schématiquement les périodes d'ennoyage des principaux réservoirs miniers situés sur le bassin ferrifère Nord Lorrain.

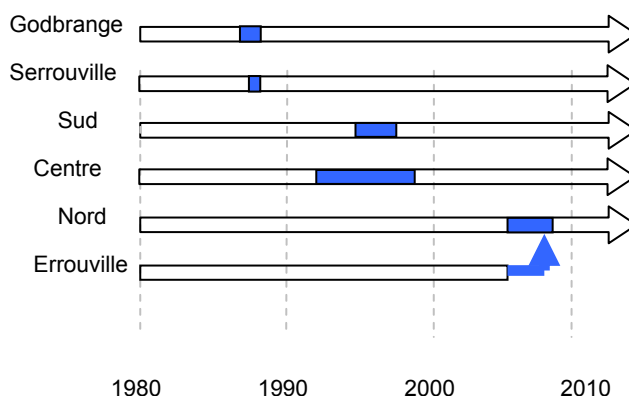


Illustration 1 : Périodes d'ennoyage des principaux réservoirs miniers du bassin ferrifère lorrain

La localisation des réservoirs est présentée sur l'illustration 2. L'envoyage des principaux réservoirs s'est étalé sur une période d'environ 20 ans. Le dernier réservoir envoyé est le réservoir Nord (achevé depuis 2 ans environ), mis en communication avec le sous-réservoir d'Errouville pendant l'envoyage.

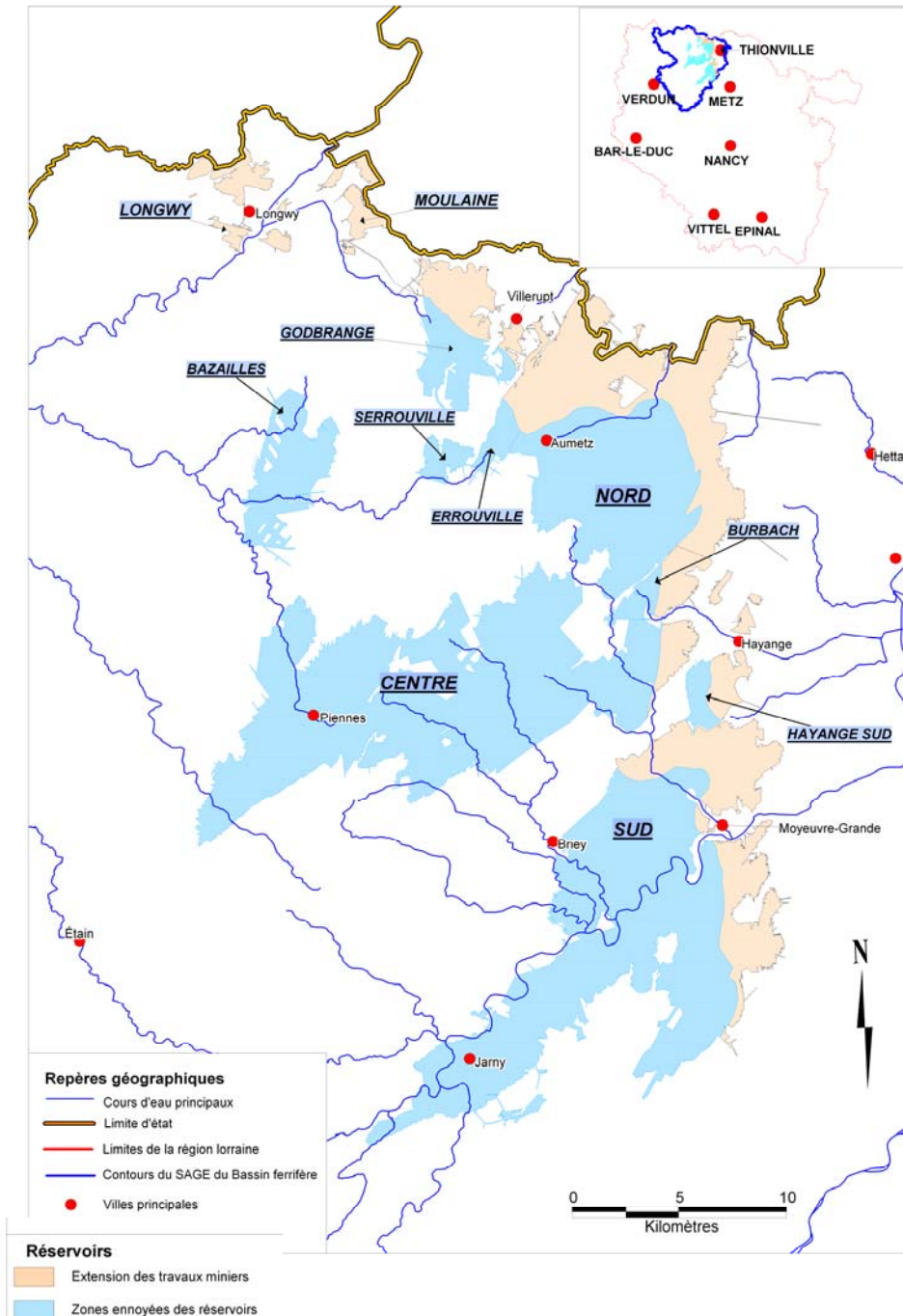


Illustration 2 : Localisation des réservoirs miniers et périodes d'envoyage

La mise en place des réseaux s'est effectuée conjointement avec les phases d'ennoyage.

A partir de 1995, en complément de la surveillance prescrite en 1994 par arrêtés préfectoraux à l'ancien exploitant minier Lormines, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et la DIREN Lorraine ont souhaité engager des actions de prévention et de protection de la ressource. Ils avaient donc demandé au BRGM Lorraine d'assurer, dans le cadre de ses missions de Service Public, le suivi d'un réseau de surveillance des eaux souterraines des bassins Sud et Centre, dont l'ennoyage des réservoirs venait de débuter. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2001, date à laquelle Lormines a été dégagé de ses obligations concernant la surveillance des eaux souterraines, les points suivis par Lormines ont été intégrés au réseau de surveillance suivi par le BRGM.

En 2005, dans le cadre des obligations qui lui ont été prescrites par l'arrêté préfectoral du 29 octobre 1998, la société ARBED (Arcelor Luxembourg) a installé un réseau de surveillance des eaux souterraines dans le bassin Nord. Ce réseau est opérationnel depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2005, date à laquelle l'ennoyage du réservoir Nord a débuté. Ce réseau a été transféré en 2006 à l'Etat représenté par la DRIRE Lorraine, qui en a confié l'exploitation au BRGM Lorraine.

De 2008 à 2010, la zone concernée par l'opération de surveillance a englobé les 3 principaux bassins du bassin ferrifère lorrain (Sud, Centre, Nord), ainsi que les sous-bassins Hayange Sud et Burbach-Hauptont.

## **2.2. RAPPELS DU CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

Parmi les aspects géologiques et hydrogéologiques nécessaires à la compréhension de l'organisation du réseau de suivi du bassin ferrifère lorrain figurent :

- la lithologie et la stratigraphie des formations présentes sur le bassin ferrifère,
- la structure des formations géologiques (fracturation en particulier),
- la nature aquifère ou non des formations,
- l'influence anthropique sur le schéma hydrogéologique général (réservoir minier artificiel, influence de l'arrêt des exhaures).

Le contexte géologique et hydrogéologique du bassin ferrifère Lorrain est présenté ici de manière succincte. Le détail peut être consulté dans le rapport BRGM/RP-58029-FR.

Le schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du bassin ferrifère après ennoyage est présenté dans l'illustration ci-dessous.

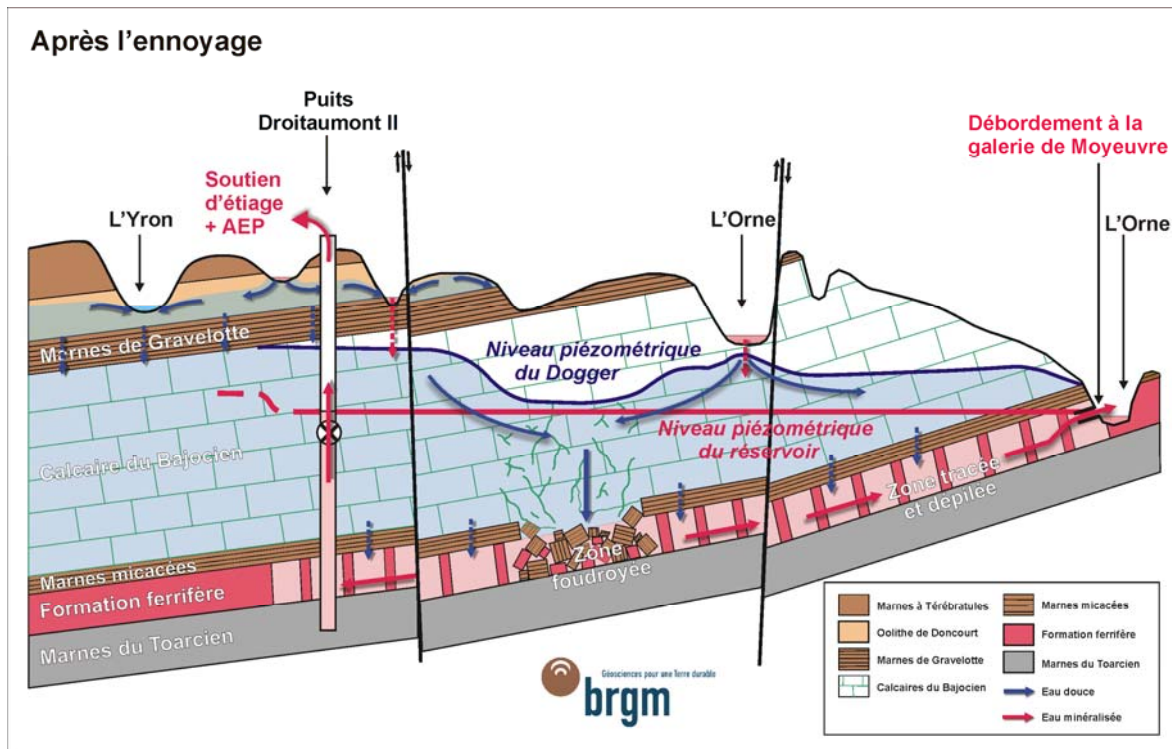


Illustration 3 : Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du bassin ferrifère

D'un point de vue hydrogéologique, on peut distinguer, au droit des zones exploitées, trois ensembles aquifères superposés. Du bas vers le haut, on trouve :

- **les réservoirs miniers, dans la formation ferrifère** : cet aquifère, modeste à l'état naturel, devient un véritable « réservoir » d'eau souterrain artificiel, lorsqu'il est percé de galeries ; un réservoir peut être rempli ou non d'eau (il peut être ennoyé, partiellement ennoyé ou non ennoyé)
- **la nappe principale du Dogger** : contenue dans les calcaires à polypiers du Bajocien moyen et dans les calcaires du Bajocien inférieur,
- **plusieurs petites nappes perchées et discontinues**, les nappes des oolithes de Jaumont et de Doncourt, qui reposent sur des niveaux marneux,
- **quelques nappes alluviales de faibles importances** : alluvions du Conroy et de l'Orne.

La nature des écoulements dans ces différentes formations présente une importante complexité. Les formations aquifères sont susceptibles d'être en communication hydraulique. C'est le cas notamment :



- de la formation ferrifère et de l'aquifère du Dogger, mis en communication au niveau des zones foudroyées (déstructuration de la formation des marnes micacée suite aux effondrements miniers),
- des aquifères perchés du Bajocien inférieur et du Bathonien qui communiquent avec l'aquifère principal du Dogger,
- des aquifères alluviaux qui sont en relation avec les aquifères du Dogger et/ou la formation ferrifère au niveau des vallées.

Le schéma conceptuel (illustration 3) fait apparaître entre autre :

- le drainage de la nappe du Dogger par celle des réservoirs miniers,
- le drainage des réservoirs miniers par les cours d'eau au niveau des points de débordement des différents réservoirs, des fuites du réservoir minier vers les cours d'eau ainsi qu'un soutien d'étiage par pompage dans le réservoir (Vaute et Al, 2007b).

Parmi les conséquences de l'ennoyage figurent du point de vue hydrogéologique :

- la modification des écoulements souterrains,
- la modification du débit des cours d'eau,
- la détérioration de la qualité de l'eau souterraine.

Certains cours d'eau ont en effet vu 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.

Des exutoires des réservoirs miniers non désirés sont apparus, sous forme de « fuites » situées en dessous des cotes de débordement envisagées, comme cela a pu être observé dans les vallées du Conroy, du Chevillon, et de l'Orne.

Alors que l'eau des calcaires du Dogger qui alimente par drainage descendant les réservoirs miniers, présente une faible minéralisation, les eaux circulant dans les anciennes mines de fer noyées sont très minéralisées. En particulier, les concentrations en sulfate, magnésium, sodium, qui dépassent très souvent les concentrations maximales admissibles pour l'eau potable. L'annexe 3 présente une synthèse des mécanismes chimiques responsables de la minéralisation de l'eau des réservoirs miniers. A l'arrêt des pompages d'exhaure, l'eau ennoie la mine. La dissolution de gypse formé pendant la période d'exhaure entraîne la mise en solution d'ions sulfate et calcium, ce dernier permettant à son tour par réaction d'échange la libération des ions magnésium, sodium, potassium. Les expériences de laboratoire montrent que les quantités de contaminants libérés dans l'eau du réservoir minier sont limitées : en effet, les réactions chimiques à l'origine de la formation des éléments solubles sont stoppées dès que les roches sont sous eau.

Cette situation est donc transitoire, jusqu'à ce que le stock de sulfate dissous dans l'eau du réservoir et le stock de gypse restant à dissoudre soit évacué par le jeu naturel des circulations souterraines. Cette situation transitoire peut durer quelques années, voire quelques dizaines d'années si le temps de résidence de l'eau dans le réservoir est long.

### 2.3. TYPOLOGIE DES STATIONS DU BASSIN FERRIFERE

Le suivi quantitatif et qualitatif concerne :

- le réservoir minier,
- les formations ferrifères non exploitées,
- les aquifères du Dogger et du Bathonien inférieur (perchés),
- les alluvions (vallée de la Fensch).

Parmi les principales stations de suivi du bassin ferrifère lorrain (suivi qualitatif et quantitatif) figurent :

- des ouvrages miniers,
- des piézomètres,
- des points de débordement du réservoir minier.

Des photographies descriptives de cette typologie sont présentées ci-dessous.



Ouvrage minier (N6)

Piézomètre (S14)

Débordement (N14bis)

*Illustration 4 : Photographies des principaux types de stations suivies sur le bassin ferrifère*

## 2.4. LISTE DES STATIONS ET ORGANISATION DES RESEAUX SOUS ADES

Les données quantitatives sont bancarisées dans ADES dans le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère Lorrain (de code Sandre 0200000018) et dans la banque HYDRO. Les données qualitatives sont bancarisées dans ADES dans le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère Lorrain (de code Sandre 0200000013).

La liste des stations du bassin ferrifère et la carte de localisation des stations sont présentées dans les illustrations ci-dessous. La liste et la carte comprennent en plus des stations rattachées au programme de suivi objet de cette étude, des stations suivies dans le cadre d'autres programmes et appartenant ainsi à d'autres réseaux unitaires tels que :

- le réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines du SGR Lorraine (SGRLOR - code Sandre 0200000078),
- le réseau sur l'inventaire de la qualité des eaux souterraines de la région Lorraine (RRINVLOR – code Sandre 0200000014),
- le réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des Installations Classées pour la région lorraine (RRICQLOR – code Sandre 0200000037),
- le réseau national de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable (RNSISEAU – code Sandre 0000000028),
- le réseau de contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Rhin (FRCSOS – code Sandre 0200000068),
- le réseau des captages prioritaires du bassin Rhin-Meuse (SDAGE – code Sandre 0200000087).

Ces informations mettent en lumière la multiplicité des enjeux à l'origine des programmes de suivis quantitatif et qualitatif des eaux souterraines sur le bassin ferrifère Lorrain. De même, le tableau met en lumière l'existence de données complémentaires issues d'autres réseaux, accessibles sous ADES à partir des codes réseaux. Le détail des programmes de suivi et des enjeux relatifs à chacun de ces réseaux unitaires peut être consulté sous les fiches réseau mises à dispositions du public sur le site ADES.

Par ailleurs, 6 stations n'appartiennent à aucun réseau unitaire mais sont reprise à titre indicatif.

*Nb : Les chapitres suivant du rapport ne présentent que les aspects relatifs au suivi mis en œuvre sur la période 2008-2010 sur les réseaux 0200000013 (suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain) et 0200000018 (suivi piézométrique des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain).*



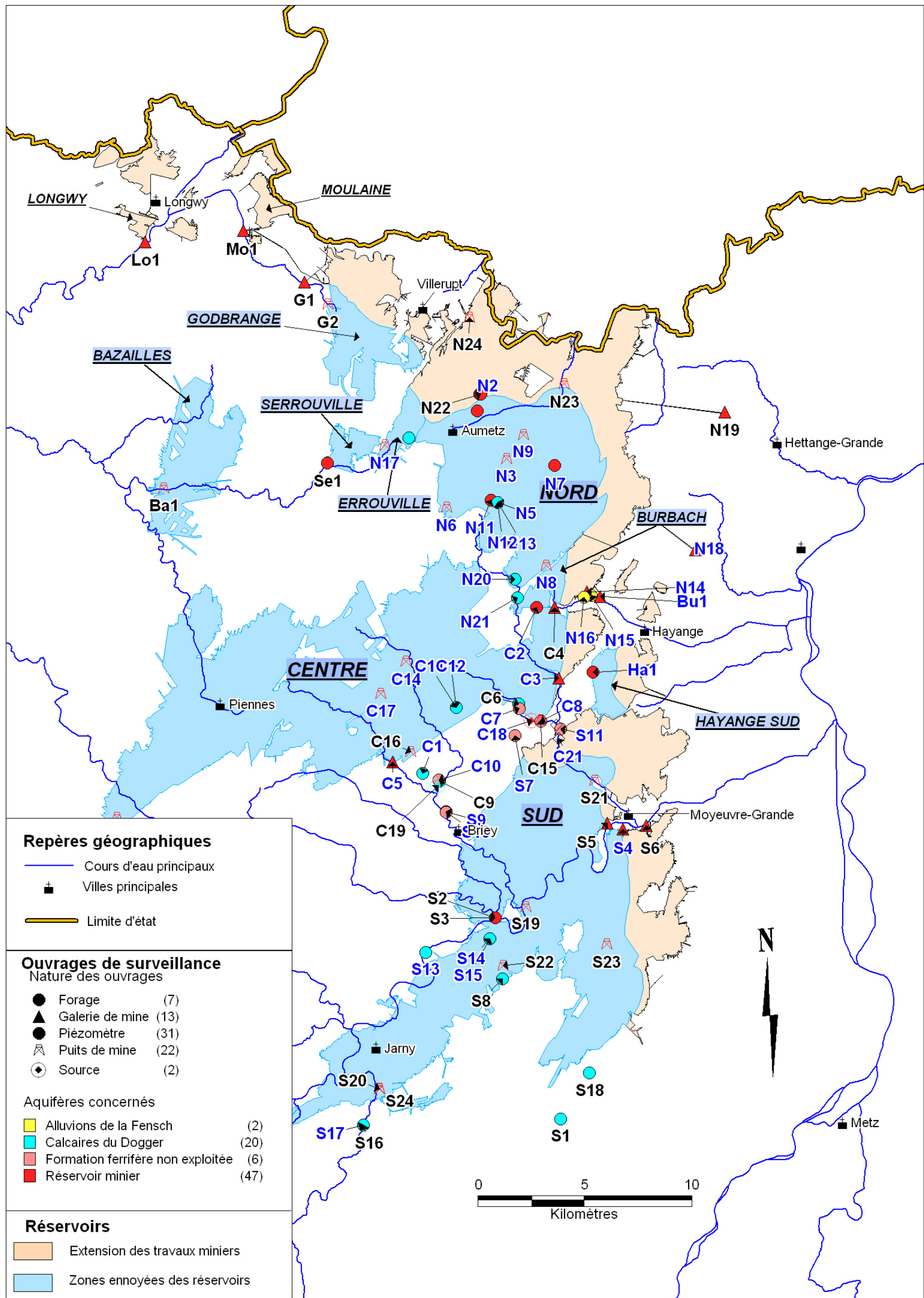


Illustration 5 : Carte de localisation des stations de surveillance du bassin ferrifère lorrain (les étiquettes en bleu correspondent aux stations suivies sur la période 2008-2010 dans le cadre des réseaux 0200000013 et 0200000018)





Réservoir	N°	Code BSS	Commune	Nom	Type de station	Cible	Stations du réseau de surveillance quantitatif (0200000018)	Station du réseau de surveillance qualitatif (0200000013)	Autres réseaux unitaires		
BAZAILLES	Ba1	01128X0027/P1	Bazailles	Pts Bazailles I	Puits de mine	Réservoir minier					
BURBACH	Bu1	01138X0172/BURBAC	Aigrange	Gal. de Burbach	Point de débordement	Réservoir minier	X	X			
CENTRE	C1	01372X0206/F	Mance	For. Ferme de Mance	Forage	Dogger		X			
	C2	01137X0157/PUITS	Hayange	For. Route Blanche	Forage	Réservoir minier	X	Arrêtée le 22/09/2005			
	C3	01373X0134/EXHAUR	Neufchef	Gal. de Bois d'Avril	Point de débordement	Réservoir minier	X	X			
	C4	01137X0151/S	Hayange	Gal. de Fontoy	Point de débordement	Réservoir minier		Arrêtée le 28/09/2007	RRINVFLOR		
	C5	01372X0197/EX	Mancieulles	Gal. du Woigot	Point de débordement	Réservoir minier	X	X	RRINVFLOR		
	C6	01373X0131/A15	Avril	Pz. A15 - Avril amont	Piézomètre	Dogger	X	X			
	C7	01373X0130/A25	Avril	Pz. A25 - Avril aval	Piézomètre	f.f. non exploitée	X	X	RRINVFLOR		
	C8	01373X0158/PZ	Avril	Pz. Chevillon artésien	Piézomètre	f.f. non exploitée		X			
	C9	01372X0204/M52	Mance	Pz. M52 - Mance	Piézomètre	Dogger		Arrêtée le 17/09/2004	RRINVFLOR	SGRLOR	
	C10	01372X0211/PZBIS	Mance	Pz. Mance bis	Piézomètre	f.f. non exploitée	X	X	RRINVFLOR		
	C11	01373X0132/P01	Avril	Pz. P1 - St-Pierremont	Piézomètre	Dogger	X	X	RRINVFLOR		
	C12	01373X0133/P02	Avril	Pz. P2 - St-Pierremont	Piézomètre	Dogger	X	X	RRINVFLOR		
	C13	01364X0042/P3	Dommary-Baronco	Pts Amermont III	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 27/03/2003			
	C14	01136X0148/P	Tucquegnieux	Pts Anderny II	Puits de mine	Réservoir minier		X			
	C15	01373X0136/P	Avril	Pts du Chevillon	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 25/01/1999			
	C16	01372X0198/P2	Mancieulles	Pts St-Pierremont II	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 30/11/2000	SGRLOR		
	C17	01372X0196/EX	Tucquegnieux	Pts Tucquegnieux I	Puits de mine	Réservoir minier		X	FRCOSOS		
	C18	01373X0027/SCE	Avril	Source Chapelle (fuites)	Source	Réservoir minier		X	RRINVFLOR		
	C19	01372X0207/SCE	Mance	Source de Mance	Source	Dogger		Arrêtée le 28/09/2007			
	C20	01373X0175/PREL	Neufchef	Conroy - confluence Chevillon	Cours d'eau	Réservoir minier		Arrêtée le 04/02/2008			
C21	01373X0176/PREL	Moyeuvre-Grande	Conroy - station hydrométrique	Cours d'eau	Réservoir minier	X	X				
GODBRANGE	G1	01132X4002/GT	Tiercelet	Gal. de Godbrange	Point de débordement	Réservoir minier			RRICQLOR		
	G2	01132X0172/EXHAUR	Villers-la-Montagne	Pts Hussigny-Godbrange	Puits de mine	Réservoir minier			RRICQLOR	RNSISEAU	
HAYANGE SUD	Ha1	01374X0268/S	Neufchef	Pz. Hayange Sud	Piézomètre	Réservoir minier	X	X	RRINVFLOR		
LONGWY	Lo1	00898X0051/EX	Rehon	Gal. de Rehon	Point de débordement	Réservoir minier			RRICQLOR	RNSISEAU	
MOULAIN	Mo1	00905X0061/EX	Haucourt-Moulaine	Gal. de Moulaine	Point de débordement	Réservoir minier			RRICQLOR		
NORD	N1	01133X0099/PZ-1	Aumetz	Pz. François Grise	Piézomètre	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010			
	N2	01133X0094/SR2	Aumetz	Pz. François Brune	Piézomètre	Réservoir minier	X	X			
	N3	01137X0143/S	Tressange	Pts Ferdinand Grise	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010	X		
	N3bis	01137X0182/N3BIS	Tressange	Pts Ferdinand Jaune	Puits de mine	Réservoir minier		X			
	N5	01137X0175/PTS-5	Boulang	Pts Cheminée Sud Grise	Puits de mine	Réservoir minier		X	SGRLOR		
	N6	01137X0099/P1	Boulang	Pts Boulang Grise	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010	X		
	N7	01137X0169/PZ-7	Havange	Pz. Angevillers Grise	Piézomètre	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010	X		
	N8	01137X0170/PTS-8	Fontoy	Pts Havange Brune	Puits de mine	Réservoir minier		X			
	N9	01133X0052/P1	Tressange	Pts Bure Jaune Sauvage	Puits de mine	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010	X	RRINVFLOR RNSISEAU	
	N10	01132X0189/PZ-10	Errouville	Pz. Errouville Brune	Piézomètre	Dogger					
	N11	01137X0171/PZ-11	Boulang	Pz. Cheminée Sud	Piézomètre	Réservoir minier		Arrêtée le 31/12/2010	X		
	N12	01137X0173/PZ-12	Boulang	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	Piézomètre	Dogger		X	X		
	N13	01137X0172/PZ-13	Boulang	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	Piézomètre	Dogger		X	X		
	N14	01138X0218/G14		Gal. d'accès de Knutange (la Paix)	Point de débordement	Réservoir minier					
	N14bis	01138X0184/G14BIS	Knutange	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	Point de débordement	Réservoir minier	X	X	FRCOSOS		
	N15	01138X0185/PZ-15	Knutange	Pz. Fensch aval 1	Piézomètre	Alluvions	X	X			
	N16	01137X0174/PZ-16	Knutange	Pz. Fensch amont 2	Piézomètre	Alluvions	X	X			
	N18	01138X0147/P	Angevillers	Gal. de Metzange (ou Charles)	Point de débordement	Réservoir minier		X			
	N19	01141X0024/P	Entrange	Gal. d'Entrange (ou Ch.-Ferd.)	Point de débordement	Réservoir minier				RNSISEAU	
	N20	01137X0160/F	Fontoy	Pz. Fontoy nord	Piézomètre	Dogger		X	X		
N21	01137X0159/F	Fontoy	Pz. Fontoy sud	Piézomètre	Dogger		X	X			
N22	01133X0095/E1	Aumetz	Pts François (3 For.)	Puits de mine	Réservoir minier						
N23	01133X0046/PII	Ottange	Pts Ottange II	Puits de mine	Réservoir minier						
N24	01133X0074/P	Audun-le-Tiche	Pts Saint-Michel	Puits de mine	Réservoir minier				RRINVFLOR RNSISEAU		
ERROUVILLE	N17	01132X0164/PUITS	Errouville	Pts Errouville III	Puits de mine	Réservoir	X	X			
SUD	S1	01633X0077/S2	Vernéville	For. de Bagneux	Forage	Dogger				RRINVFLOR	
	S2	01377X0210/FR2	Valleroy	For. Valleroy-Moineville 1	Forage	Réservoir minier				RRINVFLOR RNSISEAU	
	S3	01377X0221/F2	Valleroy	For. Valleroy-Moineville 2	Forage	Réservoir minier					
	S4	01374X0273/G	Moyeuvre-Grande	Gal. du chenal de Moyeuvre	Point de débordement	Réservoir minier	X	X	FRCOSOS		
	S5	01374X0234/TUNNEL	Moyeuvre-Grande	Gal. du tunnel de Moyeuvre	Point de débordement	Réservoir minier		Arrêtée le 25/11/2002	Arrêtée le 25/07/2002		
	S6	01374X0176/P	Rombas	Gal. Saint-Paul	Point de débordement	Réservoir minier				RRICQLOR RNSISEAU	
	S7	01373X0157/PZFF	Avril	Pz. Avril FF	Piézomètre	f.f. non exploitée	X	X	RRINVFLOR		
	S8	01377X0209/PZB1	Batilly	Pz. B1 - Paradis amont	Piézomètre	Dogger		Arrêtée le 21/09/1999			
	S9	01372X0210/BRIEYA	Briey	Pz. Briey A	Piézomètre	Dogger		X	X		
	S10	01372X0209/BRIEYB	Briey	Pz. Briey B	Piézomètre	f.f. non exploitée	X	X	RRINVFLOR		
	S11	01373X0160/PZAVALE	Neufchef	Pz. Conroy aval	Piézomètre	f.f. non exploitée	X	X			
	S12	01368X0008/KG	Saint-Jean-lès-Buz	Pz. de St Jean-lès-Buz	Piézomètre	Dogger		Arrêtée le 31/12/2010	RRINVFLOR	RNSISEAU	
	S13	01376X0149/H01	Hatrive	Pz. H1 - Hatrive	Piézomètre	Dogger		X	X	RRINVFLOR	
	S14	01377X0211/M01	Moineville	Pz. M1 - Paradis aval	Piézomètre	Réservoir minier		X	X	RRINVFLOR	
	S15	01377X0212/M02	Moineville	Pz. M2 - Paradis aval	Piézomètre	Dogger		X	X		
	S16	01632X0070/V105	Ville-sur-Yron	Pz. V105 - Ville / Yron	Piézomètre	Dogger		Arrêtée le 24/09/2002	SGRLOR		
	S17	01632X0071/V19	Ville-sur-Yron	Pz. V19 - Ville / Yron	Piézomètre	Dogger		X	X		
	S18	01377X0205/F3	Vernéville	Pz. Vernéville (nouveau)	Piézomètre	Dogger				RRINVFLOR SGRLOR	
	S19	01377X0099/FM	Auboué	Pts Auboué I	Puits de mine	Réservoir minier				RRINVFLOR SGRLOR	
	S20	01376X0148/P2	Jarny	Pts Droitaumont II	Puits de mine	Réservoir minier					
S21	01373X0129/PREL-7	Moyeuvre-Petite	Pts Moyeuvre-Petite	Puits de mine	Réservoir minier				RRINVFLOR RRICQLOR		
S22	01377X0213/P5	Moineville	Pts Paradis V	Puits de mine	Réservoir minier				RRINVFLOR RNSISEAU SDAGE		
S23	01378X0121/RC1	Roncourt	Pts Roncourt I	Puits de mine	Réservoir minier				RRINVFLOR		
S24	01376X0123/P1	Jarny	Pts Droitaumont I	Puits de mine	Réservoir minier				FRCOSOS		
SERROUVILLE	Se1	01136X0150/EXHAUR	Fillières	Pts Serrouville	Puits de mine	Réservoir minier				RNSISEAU	

Illustration 6 : Liste des stations de surveillance du bassin ferrifère lorrain (les stations surlignées en jaune ont été suivies sur la période 2008-2010 dans le cadre des réseaux 0200000013 et 0200000018, les stations en grisé sont mentionnées à titre indicatif et n'appartiennent à aucun réseau unitaire sous ADES)





## 2.5. RESEAU DE SUIVI QUANTITATIF DES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN (0200000018)

Le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain est déclaré dans ADES sous le code 0200000018. La liste des stations actives est présentée illustration 6 et 8.

Sur la période 2008-2010, le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain est composé de 36 stations actives. Ces stations permettent d'assurer un suivi du réservoir minier, de la formation ferrifère non exploitée, du Dogger et des alluvions suivant la répartition du tableau ci-dessous.

	Puits de mine	Piézomètre	Station hydrométrique	TOTAL
Réservoir minier	5	7	6	18
Formation ferrifère non exploitée		5		5
Dogger		11		11
Alluvions		2		2
<b>TOTAL</b>	5	25	6	36

*Illustration 7 : Typologie des stations du réseau de suivi quantitatif du bassin ferrifère lorrain*

Parmi les stations figurent 5 puits de mine, 25 piézomètres et 6 stations hydrométriques. Les stations hydrométriques permettent d'assurer un suivi des débits de débordement du réservoir minier.

Les mesures sont acquises selon des pas de temps :

- journaliers : sur 19 stations équipées d'appareils de mesure et d'enregistrement automatique,
- mensuels : sur 17 stations (dont une station hydrométrique – Cf. Burbach).

Le détail des pas de temps d'acquisition est présenté dans l'illustration 8.

Au total, 30 stations acquièrent des données piézométriques et 6 des données hydrométriques. Les procédés de mesure, de validation et de bancarisation de ces données sont très distincts. Aussi, leur présentation est effectuée de manière séparée.



Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur l'exercice 2008-2010

Indice BFL	Code BSS	Département	Commune	Nom	Réservoir	Type de station	Type de mesures	Cible	Fréquence du suivi	Matériel de mesure automatique
Bu1	01138X0172/BURBAC	Moselle	ALGRANGE	Gal. de Burbach	Burbach	débordement	Hydrométrie	Réservoir minier	Mensuel	Non
C2	01137X0157/PUITS	Moselle	FONTOY	For. Route Blanche	Centre	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
C3	01373X0134/EXHAUR	Moselle	NEUFCHÉF	Gal. de Bois d'Avril	Centre	débordement	Hydrométrie	Réservoir minier	Journalier	Capteur bulle à bulle HYDROSENS
C5	01372X0197/EX	Moselle	MANCIEULLES	Gal. du Woigot	Centre	débordement	Hydrométrie	Réservoir minier	Journalier	Capteur bulle à bulle HYDROSENS
C6	01373X0131/A15	Moselle	AVRIL	Pz. A15 - Avril amont	Centre	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Mensuel	Non
C7	01373X0130/A25	Moselle	AVRIL	Pz. A25 - Avril aval	Centre	Piézomètre	Piézométrique	F.F non exploitée	Mensuel	Non
C10	01372X0211/PZBIS	Moselle	MANCE	Pz. Mance bis	Centre	Piézomètre	Piézométrique	F.F non exploitée	Mensuel	Non
C11	01373X0132/P01	Moselle	AVRIL	Pz. P1 - St-Pierremont	Centre	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
C12	01373X0133/P02	Moselle	AVRIL	Pz. P2 - St-Pierremont	Centre	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
C21	01373X0176/PREL	Moselle	GRANDE	hydrométrie	Centre	Cours d'eau	Hydrométrie	Réservoir minier	Journalier	Capteur bulle à bulle HYDROSENS
Ha1	01374X0268/S	Moselle	NEUFCHÉF	Pz. Hayange Sud	Hayange	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N1	01133X0099/PZ-1	Moselle	AUMETZ	Pz. François Grise	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N2	01133X0094/SR2	Moselle	AUMETZ	Pz. François Brune	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N3	01137X0143/S	Moselle	TRESSANGE	Pts Ferdinand Grise	Nord	Puits de mine	Piézométrique	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N6	01137X0099/P1	Moselle	BOULANGE	Pts Boulange Grise	Nord	Puits de mine	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N7	01137X0169/PZ-7	Moselle	HAVANGE	Pz. Angevillers Grise	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N8	01137X0170/PTS-8	Moselle	FONTOY	Pts Havange Brune	Nord	Puits de mine	Piézométrique	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO + Sonde QUANTA
N14bis	01138X0184/G14BIS	Moselle	FONTOY	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	Nord	Point de débordement	Hydrométrie	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO + Sonde QUANTA
N9	01133X0052/P1	Moselle	TRESSANGE	Pts Bure Jaune Sauvage	Nord	Puits de mine	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N11	01137X0171/PZ-11	Moselle	BOULANGE	Pz. Cheminée Sud	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N12	01137X0173/PZ-12	Moselle	BOULANGE	inf.	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N13	01137X0172/PZ-13	Moselle	BOULANGE	sup.	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N15	01138X0185/PZ-15	Moselle	KNUTANGE	Pz. Fensch aval 1	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Alluvions	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N16	01137X0174/PZ-16	Moselle	KNUTANGE	Pz. Fensch amont 2	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Alluvions	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N17	01132X0164/PUITS	Moselle	ERROUVILLE	Pts Errouville III	Nord	Puits de mine	Piézométrique	Réservoir minier	Mensuel	Non
N20	01137X0160/F	Moselle	FONTOY	Pz. Fontoy nord	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
N21	01137X0159/F	Moselle	FONTOY	Pz. Fontoy sud	Nord	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
S4	01374X0273/G	Moselle	GRANDE	Moyeuve	Sud	débordement	Hydrométrie	Réservoir minier	Journalier	Système à corde - Station Kanalis
S7	01373X0157/PZFF	Moselle	AVRIL	Pz. Avril FF	Sud	Piézomètre	Piézométrique	F.F non exploitée	Mensuel	Non
S9	01372X0210/BRIEYA	Moselle	BRIEY	Pz. Briey A	Sud	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Mensuel	Non
S10	01372X0209/BRIEYB	Moselle	BRIEY	Pz. Briey B	Sud	Piézomètre	Piézométrique	F.F non exploitée	Mensuel	Non
S11	01373X0160/PZAVALE	Moselle	NEUFCHÉF	Pz. Conroy aval	Sud	Piézomètre	Piézométrique	F.F non exploitée	Mensuel	Non
S13	01376X0149/H01	Moselle	HATRIZE	Pz. H1 - Hatrize	Sud	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Mensuel	Non
S14	01377X0211/M01	Moselle	MOINEVILLE	Pz. M1 - Paradis aval	Sud	Piézomètre	Piézométrique	Réservoir minier	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
S15	01377X0212/M02	Moselle	MOINEVILLE	Pz. M2 - Paradis aval	Sud	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Journalier	Sonde de pression MADOSOLO
S17	01632X0071/V19	Moselle	YRON	Pz. V19 - Ville / Yron	Sud	Piézomètre	Piézométrique	Dogger	Mensuel	Non

*Illustration 8 : Liste des stations actives du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain*

## 2.5.1. Acquisition, validation et bancarisation des données piézométriques

### a) Acquisition des données piézométriques

Les mesures piézométriques sont acquises en intégralité par le BRGM dans le cadre de tournées mensuelles. Elles concernent 30 stations du réseau. Sur ces 30 stations de mesure piézométrique, 14 sont équipées d'appareils de mesure et d'enregistrement automatique des niveaux et 16 font l'objet de mesures à l'aide d'une sonde lumineuse manuelle à une fréquence mensuelle.

Les sondes de pression font l'objet d'un contrôle de dérive chaque mois lors des tournées de terrain. Des recalages sont effectués sur les appareils de mesure automatique des niveaux pour tout écart supérieur à 3 cm entre la mesure manuelle et la mesure automatique.

L'illustration ci-dessous présente une photographie du matériel installé sur le réseau (sonde de pression reliée à une centrale d'enregistrement « Madosolo » - Iris ©).



Illustration 9 : Appareil de mesure piézométrique et d'enregistrement Madosolo (IRIS ©)

Les appareils de mesure automatique font l'objet d'un entretien mensuel effectué lors des tournées de récupération des données.

## **b) Validation et bancarisation des données sur ADES**

Les données piézométriques suivent un cheminement relativement complexe, depuis l'acquisition sur le terrain jusqu'à la bancarisation dans ADES. Ce cheminement est différent pour chaque mode d'obtention de la mesure. Un schéma détaillé du cheminement est présenté et commenté en annexe 4.

### **2.5.2. Acquisition, validation et bancarisation des données de débit**

#### **a) Acquisition des données de débit**

Les données de débit sont acquises :

- pour la station de Burbach (Bu1) : manuellement, par jaugeage au micromoulinet,
- pour les stations du Woigot, du Conroy et de Bois d'Avril (C5, C21 et C3) : par mesure automatique des hauteurs d'eau et conversion en débit grâce à leurs courbes de tarage) – sur ces stations, des jaugeages au micromoulinet sont réalisés à une fréquence mensuelle à bimestrielle en vue de mettre à jour la courbe de tarage des sections de mesure,
- pour la station de la galerie de la Paix (N14bis), par mesure automatique des hauteurs d'eau dans le puits N8 et conversion en débit grâce à la courbe de tarage établie – cette courbe de tarage complexe obtenue par modélisation puis validation ne sera validée dans sa partie supérieure à 3 m<sup>3</sup>/s lorsque des débits supérieurs à cette valeur auront été observés,
- pour la station de Moyeuve-Grande (S4) : par mesure automatique des débits selon un système de mesure « à cordes ».

Ces trois procédés de mesure sont illustrés par des photographies ci-dessous.



Illustration 10 : Jaugeage au micromoulinet à l'aide d'une perche de jaugeage à intégration à la station du Burbach



Illustration 11 : Mesure automatique des hauteurs d'eau par capteur « bulle à bulle » Hydrosens sur une section aménagée de la station du Woigot

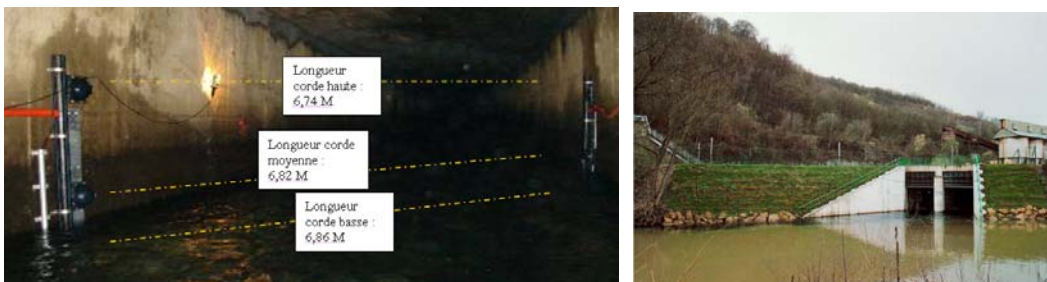


Illustration 12 : Mesure automatique du débit à la station de Moyeuve-Grande par un système « à corde » (station Kanalis)

**b) Validation et bancarisation des données de débit**

Parmi les points spécifiques à la validation des données de débit figurent :

- la tenue / mise à jour des courbes de tarage des sections de mesure,
- le contrôle du bon fonctionnement des appareils de mesure automatique (le cas échéant), permettant de déceler des dérives de mesure par exemple,
- le contrôle de la cohérence des données de débit par visualisation des chroniques et comparaison avec les épisodes de précipitation.

La mise à jour des courbes de tarage concerne les stations :

- du Woigot,
- du Conroy,
- de Bois d'Avril.

Ces stations disposent en effet d'appareils de mesure en continu des hauteurs d'eau. La station du Burbach fait l'objet de jaugeages manuels mensuels et la station de Moyeuve Grande dispose d'un procédé de mesure direct du débit par un système à corde (mesures des vitesses par ultrasons). Des problèmes d'instabilité du système d'exploitation permettant de collecter les mesures ont été rencontrés à plusieurs reprises sur cette station ; ces derniers, résolu fin 2010 ont toutefois engendré une importante perte de données. Par ailleurs, la réalisation de mesures manuelles de débit sur la station est rendue délicate en raison du manque d'accessibilité de la section de mesure à l'intérieur de la galerie à certaines périodes de l'année (présence de gaz, fortes vitesses d'écoulements en hautes eaux).

La DREAL est chargée dans le cadre d'une convention établie avec le BRGM d'effectuer le chargement des données en banque HYDRO. Le tableau ci-dessous présente les codes HYDRO des 6 stations concernées (des codes HYDRO sont en cours d'attribution sur les stations Bu1 et S4). La banque de données ADES offre la possibilité par l'intermédiaire de liens d'accéder directement à la banque HYDRO depuis le réseau 0200000018 sur le site public ADES.

Indice BFL	Code BSS	Nom	Code HYDRO
Bu1	01138X0172/BURBAC	Gal. de Burbach	NR
C3	01373X0134/EXHAUR	Gal. de Bois d'Avril	A8410401
C5	01372X0197/EX	Gal. du Woigot	A830082C
C21	01373X0176/PREL	Conroy - station hydrométrique	A8420200
N14bis	01138X0184/G14BIS	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	A8510205
S4	01374X0273/G	Gal. du chenal de Moyeuivre	NR

Illustration 13 : Codes HYDRO des stations hydrométriques appartenant au réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère Lorrain

## 2.6. RESEAU DE SUIVI QUALITATIF DES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN FERRIFERE LORRAIN (0200000013)

Le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain est déclaré sur ADES sous le code Sandre 0200000013. La liste des stations actives est présentée sur l'illustration.

Sur la période 2008-2010, le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain est composé de 42 stations actives. Ces stations permettent d'assurer un suivi du réservoir minier, de la formation ferrifère non exploitée, du Dogger et des alluvions suivant la répartition du tableau ci-dessous.

	Puits de mine	Piézomètre	Point de débordement	Source	Cours d'eau	TOTAL
Réservoir minier	8	5	6	1	1	21
Formation ferrifère non exploitée		6				6
Dogger		13				13
Alluvions		2				2
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>42</b>

Illustration 14 : Typologie des stations du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain



Parmi les stations du réseau de suivi qualitatif figurent 8 puits de mine, 26 piézomètres et 6 points de débordement des réservoirs miniers, une source et un cours d'eau. Le suivi qualitatif est particulièrement orienté vers le réservoir minier (27 stations sur les 42 du réseau). Le suivi qualitatif est effectué par le biais :

- d'analyses de type « normales » : majeurs, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Fe, Mn, B.
- d'analyses de type « étendue » : analyse normale + Sr, Ni, Al, Ni hydrocarbures totaux, indice phénol.
- d'analyses de type « réduite » : Paramètres physico-chimiques *in-situ* et sulfates.

Le type d'analyse par station ainsi que la fréquence correspondante sont synthétisés dans l'illustration 15.



Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur l'exercice 2008-2010

Indice BFL	Code BSS	Commune	Nom	Réservoir	Type de station	Cible	Mode de prélèvement	Analyse Réduite	Analyse Normale	Analyse Etendue
BU1	01138X0172/BURBAC	ALGRANGE	Gal. de Burbach	BURBACH	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		T
C1	01372X0206/F	MANCE	For. Ferme de Mance	CENTRE	Piezomètre	Dogger	Direct		A	
C3	01373X0134/EXHAUR	NEUFCHÉF	Gal. de Bois d'Avril	CENTRE	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		S
C5	01372X0197/EX	MANCIEULLES	Gal. du Woigot	CENTRE	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		T
C6	01373X0131/A15	AVRIL	Pz. A15 - Avril amont	CENTRE	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)		A	
C7	01373X0130/A25	AVRIL	Pz. A25 - Avril aval	CENTRE	Piezomètre	F.F non exploitée	Pompage (MP1)			A
C8	01373X0158/PZ	AVRIL	Pz. Chevillon artésien	CENTRE	Piezomètre	F.F non exploitée	Direct		A	
C10	01372X0211/PZBIS	MANCE	Pz. Mance bis	CENTRE	Piezomètre	F.F non exploitée	Pompage (SQ)		A	
C11	01373X0132/P01	AVRIL	Pz. P1 - St-Pierremont	CENTRE	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)			A
C12	01373X0133/P02	AVRIL	Pz. P2 - St-Pierremont	CENTRE	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)			A
C14	01136X0148/P	TUCOUEGNIEUX	Pts Anderny II	CENTRE	Puits de mine	Réservoir minier	Direct			A
C17	01372X0196/EX	TUCOUEGNIEUX	Pts Tucouegnieux I	CENTRE	Puits de mine	Réservoir minier	Direct			A
C18	01373X0027/SCE	AVRIL	Source Chapelle (fuites)	CENTRE	Source	Réservoir minier	Direct			A
C21	01373X0176/PREL	MOYEVRE-GRANDE	Conroy - station hydrométrique	CENTRE	Cours d'eau	Réservoir minier	Direct	M		S
HA1	01374X0268/S	NEUFCHÉF	Pz. Hayange Sud	HAYANGE SUD	Piezomètre	Réservoir minier	Bailer			A
N2	01133X0094/SR2	AUMETZ	Pz. François Brune	NORD	Piezomètre	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote		T	
N3	01137X0143/S	TRESSANGE	Pts Ferdinand Grise	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N3BIS	01137X0182/N3BIS	TRESSANGE	Pts Ferdinand Jaune	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N5	01137X0175/PTS-5	BOULANGE	Pts Cheminée Sud Grise	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N6	01137X0099/P1	BOULANGE	Pts Boulange Grise	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N7	01137X0169/PZ-7	HAVANGE	Pz. Angevillers Grise	NORD	Piezomètre	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N9	01133X0052/P1	TRESSANGE	Pts Bure Jaune Sauvage	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N11	01137X0171/PZ-11	BOULANGE	Pz. Cheminée Sud	NORD	Piezomètre	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote		T	
N12	01137X0173/PZ-12	BOULANGE	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	NORD	Piezomètre	Dogger	Système bi-tube / Azote		T	
N13	01137X0172/PZ-13	BOULANGE	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	NORD	Piezomètre	Dogger	Système bi-tube / Azote		T	
N14BIS	01138X0184/G14BIS	FONTOY	Paix)	NORD	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		T
N15	01138X0185/PZ-15	KNUTANGE	Pz. Fensch aval 1	NORD	Piezomètre	Alluvions	Pompage		T	
N16	01137X0174/PZ-16	KNUTANGE	Pz. Fensch amont 2	NORD	Piezomètre	Alluvions	Pompage		T	
N17	01132X0164/PUITS	ERROUVILLE	Pts Errouville III	NORD	Puits de mine	Réservoir minier	Système bi-tube / Azote			T
N18	01138X0147/P	THIONVILLE	Gal. de Metzange (ou Charles)	NORD	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		T
N20	01137X0160/F	FONTOY	Pz. Fontoy nord	NORD	Piezomètre	Dogger	Système bi-tube / Azote		A	
N21	01137X0159/F	FONTOY	Pz. Fontoy sud	NORD	Piezomètre	Dogger	Système bi-tube / Azote		A	
S4	01374X0273/G	MOYEVRE-GRANDE	Gal. du chenal de Moyevre	SUD	Point de débordement	Réservoir minier	Direct	M		T
S7	01373X0157/PZFF	AVRIL	Pz. Avril FF	SUD	Piezomètre	F.F non exploitée	Bailer		A	
S9	01372X0210/BRIEYA	BRIEY	Pz. Briey A	SUD	Piezomètre	Dogger	Pompage (SQ)		A	
S10	01372X0209/BRIEYB	BRIEY	Pz. Briey B	SUD	Piezomètre	F.F non exploitée	Pompage (SQ)		A	
S11	01373X0160/PZAVAIL	NEUFCHÉF	Pz. Conroy aval	SUD	Piezomètre	F.F non exploitée	Pompage (MP1)		A	
S12	01368X0008/KG	BUZY	Pz. de St Jean-lès-Buzy	SUD	Piezomètre	Dogger	Direct		A	
S13	01376X0149/H01	HATRIZE	Pz. H1 - Hatrize	SUD	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)		A	
S14	01377X0211/M01	MOINEVILLE	Pz. M1 - Paradis aval	SUD	Piezomètre	Réservoir minier	Pompage (MP1)			A
S15	01377X0212/M02	MOINEVILLE	Pz. M2 - Paradis aval	SUD	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)		A	
S17	01632X0071/V19	VILLE-SUR-YRON	Pz. V19 - Ville / Yron	SUD	Piezomètre	Dogger	Pompage (MP1)		A	

*Illustration 15 : Liste des stations actives du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain (Pour les analyses : M : fréquence mensuelle ; T : trimestrielle ; A : Annuelle)*



### 2.6.1. Prélèvement et échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage diffèrent selon la nature et la typologie des stations. Parmi celles-ci figurent le prélèvement direct (cas des points de débordement ou des prélèvements en cours d'eau), le prélèvement par pompage (cas de forages ou piézomètres non équipés) et le prélèvement par système bi-tube développé par le BRGM. Ces différents procédés sont illustrés ci-dessous. Les fréquences d'échantillonnage sont présentées par stations dans le tableau ci-dessus.

#### a) *Prélèvement direct*

Un système de prélèvement direct est mis en place sur les points de débordement et les cours d'eau. Ce système est illustré par les photographies suivantes.



*Illustration 16 : Prélèvements direct sur les stations du Woigot et de la Paix*

#### b) *Prélèvements par pompage*

Les prélèvements par pompages sont mis en œuvre dans les forages ou piézomètres. Les pompes permettent d'effectuer une purge des ouvrages avant prélèvement. Différents type de pompes sont utilisées en fonction de la profondeur d'eau et du diamètre des forages et piézomètres. Parmi le matériel utilisé figurent :

- une pompe MP1 : la pompe MP1 est utilisée pour le prélèvement des eaux de forage ou de piézomètres dont le diamètre est supérieur à 55 mm et dont le niveau statique de la nappe est inférieur à 50-70 mètres par rapport au sol. La pompe débite 1m<sup>3</sup>/h pour une hauteur de 65 mètres.
- une pompe SQ5 : la pompe SQ5 est utilisée pour des opérations de prélèvements d'eau de forages ou piézomètres dont le diamètre est supérieur à 125 mm et dont le niveau statique de la nappe est compris entre 10 et 140 mètres par rapport au sol. Ce type de pompe permet d'atteindre un débit nominal compris entre 0,5 et 9 m<sup>3</sup>/h.

- une pompe immergée alimentée sur batterie 12V : ce type de pompe est employé pour des profondeurs d'eau très faibles (cas des deux piézomètres implantés dans les alluvions de la Fensch).

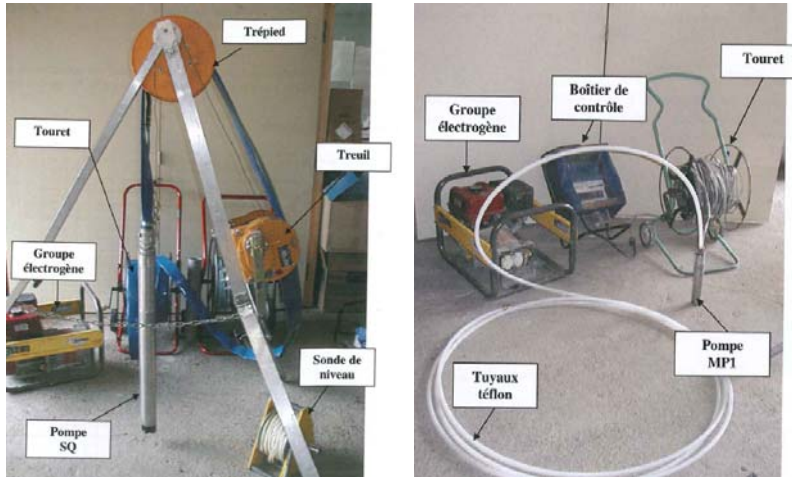


Illustration 17 : Pompes employées dans le cadre des échantillonnages (Aspect ©)

### c) Prélèvement par système bi-tube

Un système de prélèvement spécifique a été développé par le BRGM afin d'échantillonner les eaux souterraines au niveau des puits de mine dans lesquels les profondeurs d'eau atteignent 100 à 200 mètres par rapport au sol.

Le BRGM a une grande expérience dans la mise au point, l'installation et la mise en œuvre de systèmes d'échantillonnage sans purge préalable. Ces matériels, d'une conception robuste et fiable, sont fabriqués sur mesure et ont été utilisés à de nombreuses reprises, en particulier en Lorraine par le GISOS : campagnes d'échantillonnage à Moyeuvre-Grande dans le bassin Sud, site pilote du bassin Nord du bassin ferrifère, site expérimental du bassin salifère de Nancy.

Le principe de fonctionnement est proche de ceux des pompes à membrane ou des pompes pneumatiques automatiques du commerce, pour un coût nettement inférieur. Les avantages de ce système sont : une grande simplicité de fonctionnement, une robustesse éprouvée, et des caractéristiques de fonctionnement pouvant être adaptées à chaque cas. Le système installé dans les ouvrages de surveillance du réseau du bassin nord est composé de :

- un tube double en rilsan (matériau plastique inerte) rigide résistant à la pression protégé par une membrane ;
- une bouteille en acier inox 316 fixée à l'extrémité inférieure du tube double, servant de récipient d'échantillonnage ;

- une tête en laiton équipée de vannes fixée à l'extrémité supérieure du tube double, permettant d'une part de recueillir le fluide échantillonné en profondeur, et d'autre part d'injecter de l'azote U (ou autres gaz inertes) sous pression.

Grâce à la mise en œuvre manuelle de cycles compression - décompression à l'aide d'azote sous pression, l'eau échantillonnée dans la bouteille inox est alternativement comprimée (expulsion vers le haut du volume d'eau contenu dans la bouteille) 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. Les caractéristiques du matériel sont adaptées aux contraintes des ouvrages du réseau :

- diamètre de la bouteille d'échantillonnage réduit dans les forages (6 cm maximum), mais volume suffisant (1 l) pour permettre un échantillonnage rapide malgré la faible hauteur d'eau en début d'envoyage ;
- tube rilsan résistant à 30 bars de pression pour vaincre la hauteur de refoulement initiale en début d'envoyage (260 m maximum) ;
- matériaux non réactifs et matériel démontable pouvant être nettoyé et décontaminé en cas de colmatage.



*Illustration 18 : Exemple de préleveur mobile avec 300 m de bitube rilsant protégé par une membrane sur touret de capacité 600 m et bouteille portable d'azote sous pression*

## **2.6.2. Bancarisation des données sur ADES**

Le cheminement des données sur la qualité des eaux souterraines, de l'acquisition à la bancarisation sous ADES est représenté et commenté en annexe 5.



## 3. Résultats du suivi pour la période 2008-2010

### 3.1. LES CHRONIQUES SEMESTRIELLES

Des chroniques d'informations ont été réalisées sur la période 2008-2010 à une fréquence semestrielle. Ces chroniques, destinées à un large public parfois non spécialiste (usagers, collectivités, élus, etc.) ont pour vocation de diffuser des éléments concernant l'ennoyage et l'évolution des différents réservoirs miniers et des aquifères associés. Elles ont notamment concerné sur la période 2008-2010 :

- le suivi des débits de débordement des réservoirs Centre et Sud,
- le suivi de l'ennoyage du réservoir Nord et son débordement,
- le suivi des concentrations en sulfates.

La liste de diffusion des chroniques semestrielles est évolutive et fait l'objet d'une mise à jour continue en fonction des demandes et des besoins exprimés.

Toutes les chroniques d'information semestrielles du bassin ferrifère lorrain sont téléchargeables sur le site de la DREAL à l'adresse suivante : [www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/chroniques-de-l-eau-dans-le-bassin-a2884.html](http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/chroniques-de-l-eau-dans-le-bassin-a2884.html)

### 3.2. RESULTATS DU SUIVI QUANTITATIF

Les résultats du suivi quantitatif sont présentés par réservoirs. Parmi les éléments présentés figurent les faits marquants de l'ennoyage des réservoirs ainsi que leur fonctionnement hydrogéologique depuis leur débordement.

#### 3.2.1. Réservoir Nord

##### a) *L'ennoyage du réservoir Nord*

L'arrêté préfectoral du 29 octobre 1998 fixait l'ennoyage du réservoir Nord au 30 novembre 2002. Les arrêtés préfectoraux des 27 avril 2002 et 21 juillet 2004 l'ont reporté successivement aux 30 novembre 2004 et 2005. Ces reports ont permis de réaliser l'ensemble des études de l'aléa minier, de mettre en place les mesures de surveillance des mouvements de terrains nécessaires et de mettre en place des mesures de substitution de l'approvisionnement en eau et de gestion des eaux de surface.

L'ennoyage du réservoir Nord a débuté le 1<sup>er</sup> décembre 2005 et s'est achevé le 3 mars 2008 lorsque le niveau du réservoir au puits N8 a atteint la cote de 207,57 m (ill. 23). Dans les premiers jours de l'ennoyage, l'eau d'infiltration s'est d'abord dirigée vers

l'albraque de la Paix (petit réservoir situé au droit du puits d'Havange). A partir du 22 décembre 2005, l'eau souterraine a envahi les parties les plus profondes du réservoir Nord. Le suivi du niveau a d'abord été effectué manuellement par ARBED jusqu'à la mi-février 2006, puis automatiquement à l'aide d'une centrale de mesure télétransmise installée par le BRGM. Le débordement des eaux du réservoir vers la Fensch s'effectue donc depuis le 3 mars 2008 par la galerie de Knutange (la Paix). L'exutoire de la galerie Charles (au débit limité à 130 l/s), aménagé dans le but de soutenir le Veymerange via le Metzange a débordé dès la cote 193 m le 7 octobre 2007.

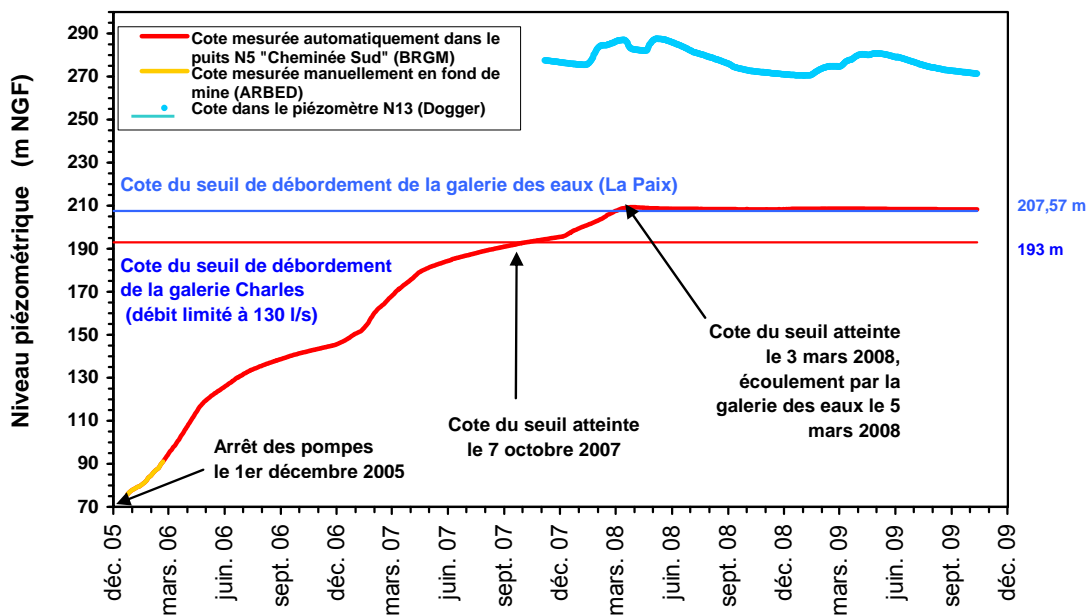
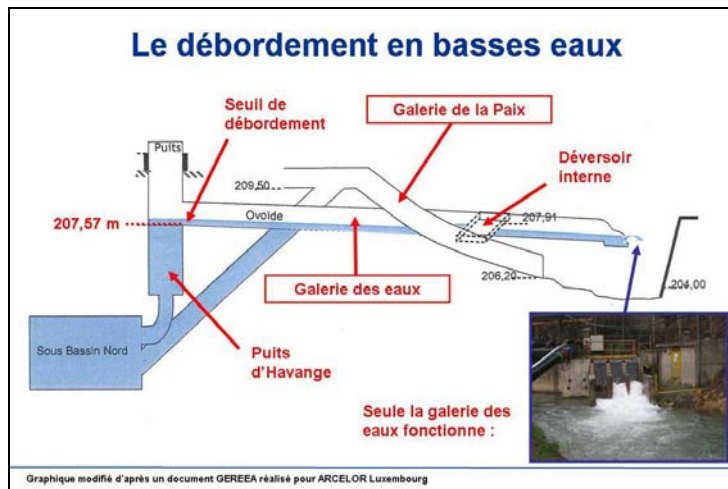


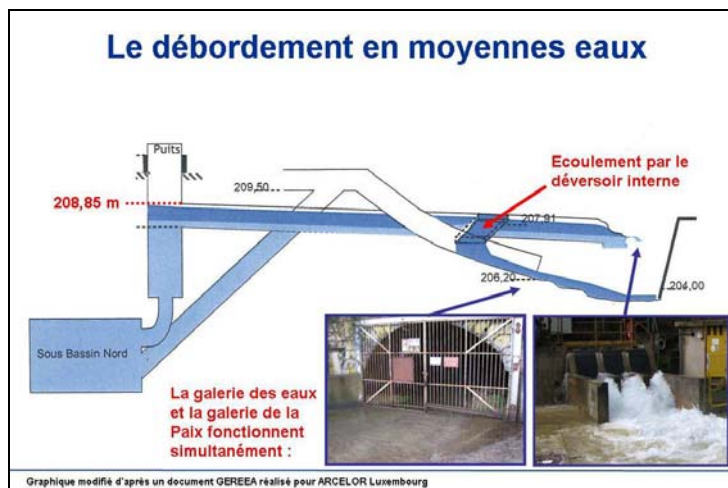
Illustration 19 : Niveaux piézométriques du réservoir au cours de l'envoyage du bassin Nord

## b) Le fonctionnement du réservoir Nord après l'envoyage

Le fonctionnement de l'ouvrage de débordement du réservoir Nord est assez complexe : l'évacuation de l'eau de débordement vers la Fensch s'effectue en effet par deux galeries superposées et parallèles, connectées au puits d'Havange (N8), appelées pour l'une, la galerie des eaux (la plus basse), et pour l'autre, la galerie de la Paix (la plus haute, aussi dénommée tunnel d'accès, ou encore galerie de Knutange). La galerie des eaux servait à évacuer les eaux d'exhaures pompées à la salle des pompes de la Paix, point le plus bas du réservoir Nord ; tandis que la galerie de la Paix servait d'accès à la mine de la Paix par véhicules (d'où son deuxième nom de tunnel d'accès). Dans sa partie aval, la galerie de la Paix est en communication avec la galerie des eaux par l'intermédiaire d'un déversoir interne. Cette configuration amène à distinguer 3 situations, schématisées dans l'illustration ci-dessous.



**1) En période de basses eaux :** lorsque le niveau du réservoir dans le puits d'Havange dépasse la cote 207,57 m NGF, l'eau déborde par la galerie des eaux. Cette configuration a été observée à partir de mars 2008.



**2) En période de moyennes eaux :** lorsque le niveau du réservoir dans le puits d'Havange dépasse la cote 208,85 m NGF, soit pour un débit de débordement supérieur à 2,3 m<sup>3</sup>/s, la galerie des eaux se déverse dans la partie aval de la galerie de la Paix par l'intermédiaire du déversoir interne ; et les deux galeries de débordement fonctionnent simultanément. Cette configuration a été observée en 2008 uniquement



**3) En période de hautes eaux :** lorsque le niveau du réservoir dans le puits d'Havange dépassera la cote 209,50 m (débit estimé supérieur à 5 m<sup>3</sup>/s), la galerie des eaux sera totalement remplie d'eau, et la galerie de la Paix débordera depuis sa partie amont, par une jonction directe avec la base du puits d'Havange. Ce fonctionnement n'a pas encore été observé.

Illustration 20 : Schéma du dispositif de débordement du réservoir Nord

Les conditions de recharge du réservoir minier influencent de manière directe les niveaux d'eau du réservoir et donc le débit de débordement du réservoir Nord. Ce fonctionnement est mis en évidence dans l'illustration ci-dessous qui présente les chroniques acquises sur la période 2008-2010 sur les stations N14bis, N8 et N13. La courbe rouge représente les débits de débordement du réservoir Nord et la courbe bleu foncé les niveaux du réservoir (en m NGF) mesurés au puits d'havange (N8) ; au-delà d'un débit de 2.3 m<sup>3</sup>/s (et d'une côte du réservoir de 208.85 m), le débordement s'effectue dans la configuration N°2 de l'illustration précédente (débordement par la galerie des eaux et la galerie de la Paix). Cette configuration n'a été observée qu'en mars/avril 2008 à la suite du débordement du réservoir Nord.

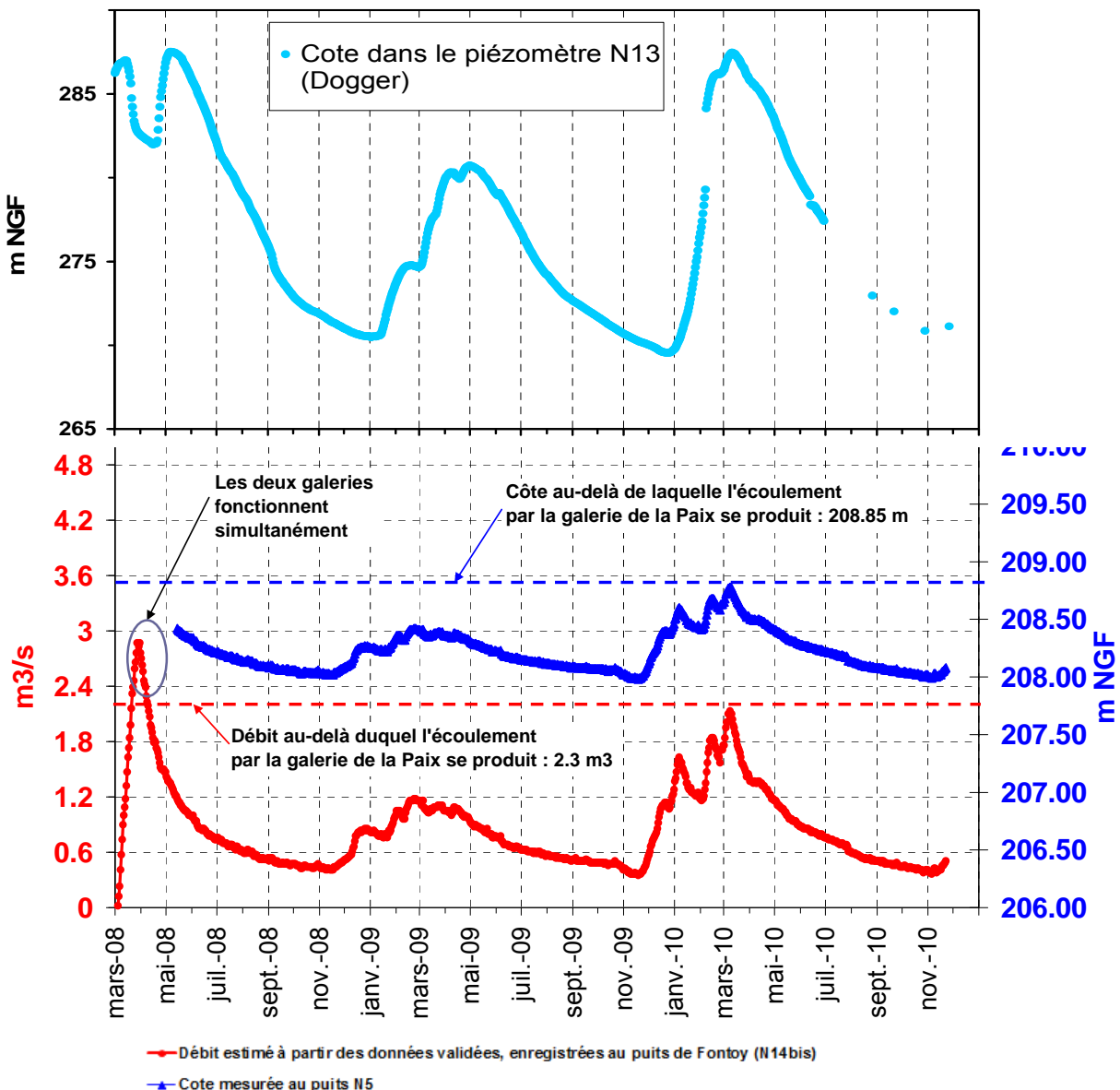


Illustration 21 : Débit de débordement et niveaux piézométriques du réservoir au cours de l'envoyage du bassin Nord

### **3.2.2. Réservoir Centre**

#### **a) *L'ennoyage du réservoir Centre***

Dans le réservoir Centre, 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 un compartiment hydraulique voisin, par l'intermédiaire d'un seuil, s'est maintenue jusqu'en janvier 1995, date à laquelle les deux niveaux d'eau se sont rejoints. 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).

A partir de cette date et jusqu'à la fin octobre 1998, le niveau s'est stabilisé puis s'est abaissé de 3 m jusqu'à la cote 207 environ (207,3 le 19/10/98). Il est probable que la baisse du niveau piézométrique dans le réservoir minier Centre à cette période soit due à une recharge du réservoir Centre inférieure aux pompages effectués pour les soutiens d'étiages du Woigot et du ruisseau de la Vallée, puisque les seules fuites connues ne semblent se produire qu'à partir de la cote 221 m environ.

Les fortes pluies de la fin octobre 1998 ont ensuite provoqué une rapide reprise de la montée du niveau piézométrique jusqu'à la cote 212,7 m. Une nouvelle stabilisation du niveau a ensuite été enregistrée du 15 novembre au 15 décembre 1998 avant une reprise de la montée du niveau piézométrique suite à un nouvel épisode de pluie survenu à la fin du mois de décembre. Le débordement des eaux du réservoir centre a été observé au puits du Chevillon le 28 décembre 1998. Cet exutoire ne permettait le déversement des eaux du réservoir minier dans le Chevillon qu'à un débit limité à 100 l/s, et il a été fermé le 7 février 1999.

#### **b) *Le fonctionnement du réservoir Centre depuis le premier débordement***

L'illustration ci-dessous présente une vue schématique du dispositif de débordement du réservoir centre.

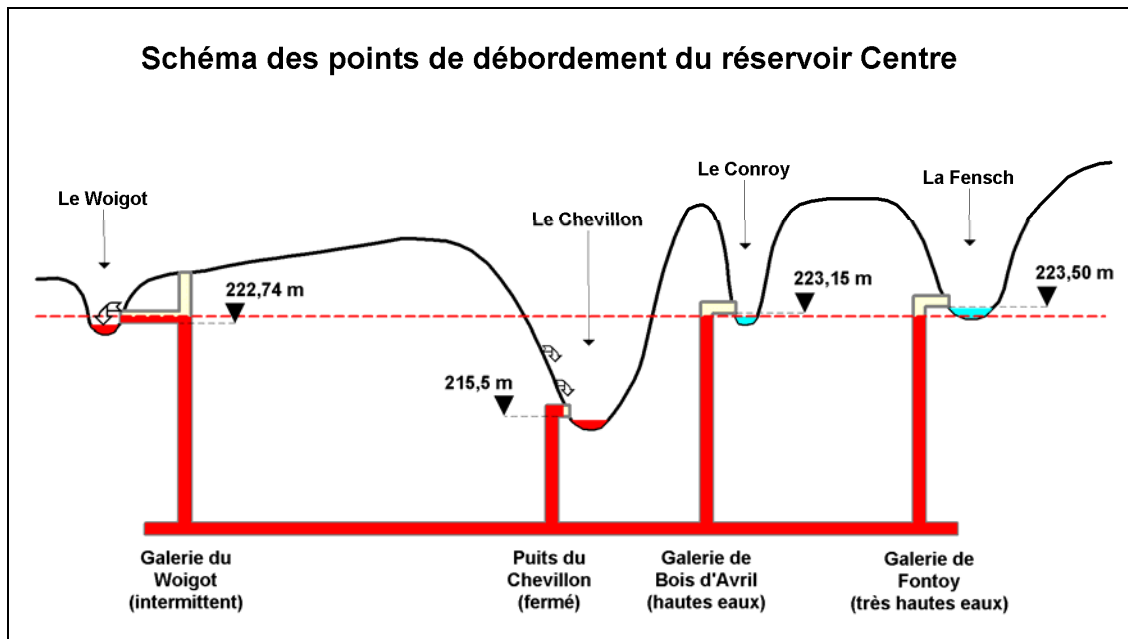


Illustration 22 : Schéma du dispositif de débordement du réservoir Centre

Le niveau a atteint la cote du point de débordement principal du réservoir Centre le 16 mars 1999 (galerie du Woigot à la cote 222,74 m NGF). Le réservoir possède deux autres exutoires : la galerie de Bois d'Avril, destinée à évacuer vers le Conroy les eaux du réservoir en période de hautes eaux (à partir de la cote 223,15 m NGF), et la galerie de Fontoy, qui peut évacuer des eaux vers la Fensch en période de très hautes eaux (à partir de la cote 223.5 m NGF).

L'illustration ci-dessous présente les chroniques acquises sur la période 2008-2010 sur les stations C3 (Galerie de Bois d'Avril), C5 (galerie du Woigot), C21 (fuites au Chevillon), C11 (St-Pierremont 1) et C12 (St-Pierremont 2).

Le graphique met en évidence chaque année des arrêts de débordement à la galerie du Woigot qui peuvent durer près de 6 mois (sous l'influence, pour partie, des pompages réalisés sur les sites de Tucquenieux et d'Anderny, pour le soutien des débits du Woigot et du ruisseau de la Vallée). Les deux autres exutoires fonctionnent plus rarement. La galerie de Fontoy ne peut commencer à déborder que lorsque le niveau atteint au minimum la cote 223,5 m, ce qui ne s'est produit que quelques semaines en 2000, 2002 et 2003 (le niveau maximum du réservoir Centre n'a jamais dépassé la cote 223,57 m). La galerie de Fontoy n'a pas fonctionné sur la période 2008-2010.

Selon la quantité et la répartition des pluies au cours d'un cycle hydrologique, l'amplitude de variation du niveau du réservoir Centre peut varier de plusieurs mètres. Le battement total observé depuis le 16 mars 1999 (premier débordement à la galerie du Woigot) est de 7 m exactement. La baisse du niveau du réservoir Centre en étiage s'explique à la fois par l'existence de fuites à une cote inférieure au seuil de débordement (vallée du Chevillon) et par les prélèvements qui sont effectués pour le soutien d'étiage du Woigot et du ruisseau de la Vallée.

Le débit moyen journalier de débordement du réservoir Centre est d'un peu plus de 27 000 m<sup>3</sup>/j. En effet, dès janvier 1999, des fuites ont été observées en amont du puits du Chevillon, au niveau d'une ancienne ligne de sources figurant sur l'édition 1954 de la carte topographique au 1/25 000 de l'IGN. Le débit des fuites diffuses du réservoir Centre dans le Chevillon et le Conroy (en aval de leur confluence) a été estimé par un calcul de mélange à 185 l/s le 11 mai 1999, dont 75 % dans le Chevillon et 25 % dans le Conroy (Allemmoz, 1999). Dans la zone de fuites, les quelques sources bien individualisées ne représentaient que quelques % du total du débit de fuite, le reste s'écoulant de manière diffuse vers le Chevillon et le Conroy. Une relation linéaire entre le niveau du réservoir Centre et le débit de fuites a été proposée (Vaute et al. 2004) : selon cette relation, le débit moyen des fuites serait de 111 l/s sur la période comprise entre le 1er mars 1999 et le 31 décembre 2010, pour un maximum de 172 l/s atteint en janvier 2003.

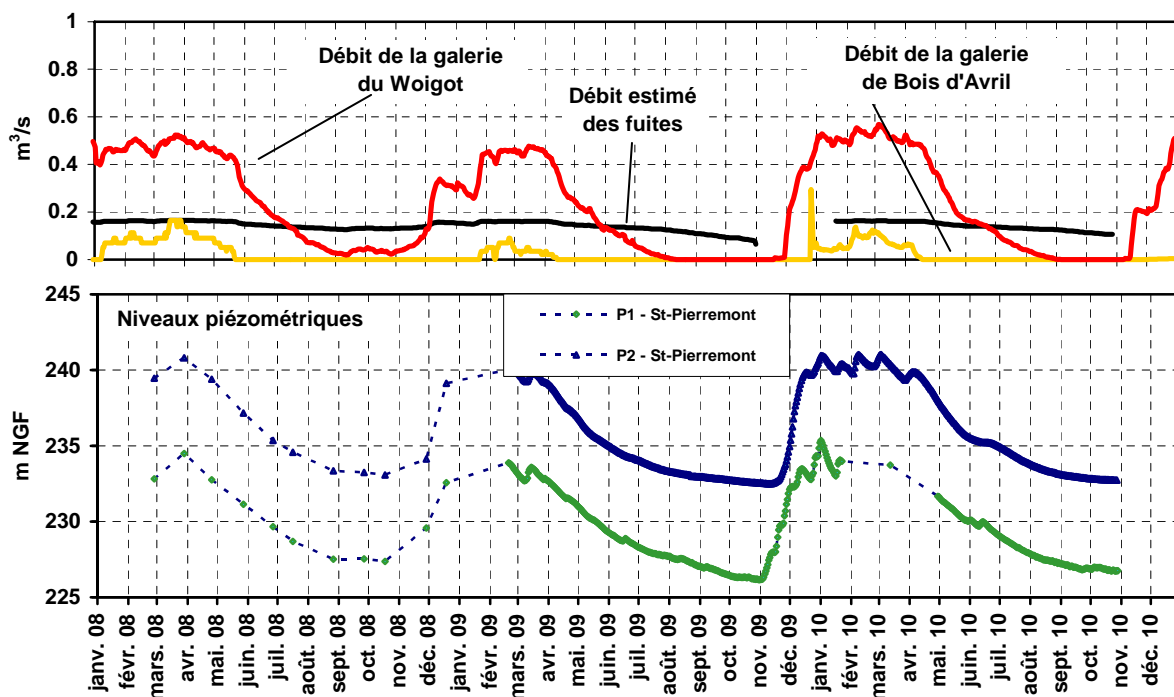


Illustration 23 : Débit de débordement en m<sup>3</sup>/s du réservoir centre



### **3.2.3. Réservoir Sud**

#### **a) L'ennoyage du réservoir Sud**

Dans le réservoir Sud, 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 -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 a fortement ralenti, pour atteindre une valeur de 0,75 m/mois (2,5 cm/jour). La période hydrologique octobre 1997 - septembre 1998 n'ayant pas été particulièrement sèche en Lorraine, on peut attribuer au moins en partie le ralentissement de la montée du niveau piézométrique dans le réservoir Sud à l'apparition de fuites en dessous de la cote de débordement de la galerie du tunnel de Moyeuivre.

La création de cet exutoire naturel parasite a eu pour conséquence la montée du niveau piézométrique dans la nappe alluviale constituant le soubassement de la ville de Moyeuivre-Grande à partir du mois de juillet 1998, et 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.

A la fin du mois d'octobre 1998, les fortes pluies tombées dans la période du 23 au 31 (220 mm à Ludelange) ont provoqué une rapide reprise de la montée du niveau piézométrique dans le réservoir minier, jusqu'au débordement à la galerie du tunnel de Moyeuivre, constaté le 28 octobre 1998.

Entre décembre 1998 et août 2002, le niveau d'eau dans le réservoir minier a oscillé entre les cotes 172,55 m et 173,89 m, soit entre 12 cm et 1,46 m au-dessus de la cote du seuil de débordement (172,43 m NGF). Le battement maximum de la nappe du réservoir minier Sud était donc de 1,34 m.

Sur la période septembre 1998 – août 2002, le débit moyen journalier de débordement était d'environ 250 000 m<sup>3</sup>/j pour le réservoir Sud.

#### **b) La création d'un nouvel exutoire**

La mise en service définitive d'un nouvel ouvrage de débordement a été décidée pour sécuriser le réservoir Sud (afin d'assurer l'évacuation des eaux en cas de défaillance de la galerie initiale), et surtout pour mettre un terme aux problèmes récurrents d'inondation de caves d'habitations individuelles dans la ville de Moyeuivre-Grande.

Un pompage d'abaissement du niveau du réservoir Sud a été amorcé le 23 août 2002 afin d'achever les travaux de construction de la nouvelle galerie de débordement



(abaissement du niveau de 3,52 m). Sous l'effet du pompage, le débit de débordement du réservoir, a chuté rapidement dans les heures qui ont suivi la mise en route de la pompe (d'un débit nominal de 4 m<sup>3</sup>/s environ), jusqu'à s'annuler le 25 août. Le 30 septembre, le niveau du réservoir avait baissé de 2,35 m en 40 jours, pour atteindre la cote 170,36 m NGF dans le puits Auboué.

Au mois de novembre 2002, les travaux et le pompage ont été provisoirement suspendus en prévision des crues d'hiver. Le niveau dans le réservoir a donc été temporairement contrôlé par la cote provisoire du nouveau point de débordement et la cote de l'ancienne galerie de débordement de Moyeuve : le niveau a oscillé entre ces deux côtes en fonction de la recharge naturelle du réservoir minier. L'ancien point de débordement a ainsi fonctionné à deux reprises en décembre 2002 et janvier 2003.

Les travaux d'abaissement ont repris au printemps 2003 pour s'achever à l'automne de la même année. La nouvelle galerie de débordement (dénommée galerie du chenal de Moyeuve) est désormais l'exutoire principal du réservoir Sud, l'ancienne galerie ne fonctionnant qu'en période de très forte crue. Depuis la mise en service définitive de la galerie du chenal de Moyeuve à l'automne 2003, le niveau d'eau dans le réservoir minier a oscillé entre les cotes 169,22 m et 170,28 m, soit entre 31 cm et 1,37 m au-dessus de la cote du seuil de débordement (168,91 m NGF).

L'illustration ci-dessous présente les chroniques acquises sur la période 2008-2010 sur les stations S14 (Paradis aval M1), S15 (Paradis aval M2) et S19 (Auboué 1). Les niveaux piézométriques enregistrés sur les stations S14 et S15 confirment la circulation d'eau souterraine descendante depuis la nappe du Dogger vers le réservoir minier, au droit d'une zone foudroyée.

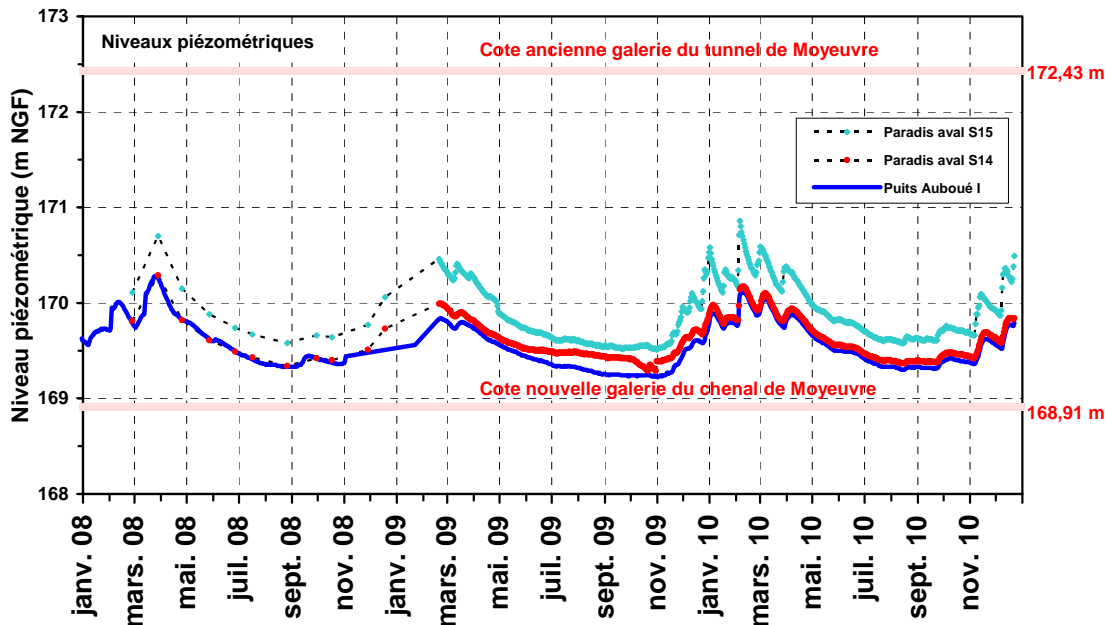


Illustration 24 : Fluctuation des niveaux du réservoir centre et de l'aquifère du Dogger

### 3.3. RESULTATS DU SUIVI QUALITATIF

Un traitement statistique des données a été réalisé à l'aide de l'outil « QUALISTAT » (Cf. rapport BRGM/RP-58018-FR). Le traitement a permis de calculer pour l'ensemble des stations du réseau les fréquences de dépassement des seuils de qualité prédéfinis pour l'ensemble des paramètres suivis sur la période 2008-2010. Les tableaux de résultats sont présentés par aquifères :

- Réservoir minier,
- Dogger,
- Formation ferrifère non exploitée.

Une représentation par code couleur permet d'identifier les fréquences de dépassement les plus importantes.

Les seuils utilisés pour le traitement sont issus pour la plupart des limites pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Ces seuils ont été choisis de manière indicative en vue de pouvoir effectuer un premier traitement des résultats et de mettre en évidence les principales problématiques qualitatives.

*Nb* : Pour l'indice phénol et hydrocarbures totaux, les seuils respectifs de 10 et 50 µg/l ont été définis de manière arbitraire au niveau des seuils de quantification des laboratoires, les seuils définis pour l'eau potable étant inférieurs aux seuils de quantification des laboratoires ayant produits les analyses. Ainsi, les fréquences de dépassement présentées pour ces deux paramètres sont équivalentes aux fréquences de quantification.

D'une manière générale, les dépassements observés concernent (tous réservoirs et aquifères confondus) les paramètres sulfate, sodium, fer, manganèse, bore, aluminium et dans une moindre mesure l'ammonium et le nickel.

Des différences notables apparaissent entre les différents aquifères suivis.

Les dépassements des seuils dans les stations implantées dans le réservoir minier sont en effet quasiment systématiques pour les paramètres sulfate sodium, bore, fer, manganèse. Les paramètres indice phénols et hydrocarbures totaux, recherchés uniquement sur les stations implantées dans le réservoir minier présentent également des dépassements mais plus ponctuels.

Les analyses effectuées sur les stations implantées dans la formation ferrifère (réservoirs Centre et Sud) non exploitée mettent en évidence des dépassements relativement ponctuels pour les paramètres sulfates, bore, sodium, fer et manganèse. Seule la station C8 (Puits du Chevillon artésien) est concernée par des dépassements en sulfates. Les stations qui concernent le réservoir Sud montrent des dépassements uniquement sur les paramètres aluminium, fer, manganèse et dans une moindre mesure encore en ammonium.

Les résultats sont traités dans les chapitres suivant par réservoir (Nord, Centre et Sud) et par aquifères (réservoir minier / formation ferrifère non exploitée / Dogger). Ils sont ciblés sur les paramètres problématiques cités ci-dessus et visent essentiellement à donner des indications sur les évolutions observées au cours du suivi 2008-2010.



Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur l'exercice 2008-2010

Réservoir	N°	Commune	Station actives du réseau de surveillance qualitatif (0200000013)	T	pH	Cond	HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr	CNT	F	Cu	Fe	Mn	Ba	IPhén	IHCl	Sr
						1100	-	500	200	250	500	50	-	1000	-	-	10	200	-	-	200	10	5000	20	5	50	50	1.5	2000	200	50	700	10	50	-
						µs/cm	-	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	-	µg/l	-	-	µg/l	µg/l	-	-	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
BURBACH	Bu1	Algrange	X	0	0	1	0	0	0	0.9444	-	0	0	0	0	-	0.2222	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	0
CENTRE	C3	Neufchef	X	0	0	1	0	0	0	1	-	0	0	0	0	-	0.25	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0	0.5	-	0	0	0	
CENTRE	C5	Mancieulles	X	0	0	1	0	0.125	0	0.9688	0	0	0	0.875	0	0	0	0.375	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0.875	0.875	0	0	0	0	
CENTRE	C14	Tucquegnieux	X	0	0	1	0	0	0	1	-	0	0	0	0	-	0.5	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0	1	-	0	0	0	
CENTRE	C17	Tucquegnieux	X	0	0	1	0	0.5	0	1	0	0	0	1	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
CENTRE	C18	Avril	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CENTRE	C21	Moyeuve-Grande	X	0	0	0.8889	0	0	0	1	-	0	0	0	0	-	0.1429	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-	0.1429	0	0	0	0	0
HAYANGE SUD	Ha1	Neufchef	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.25	0	0	0.3333	0	
NORD	N2	Aumetz	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	
NORD	N3	Tressange	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0.9	1	-	0.5	0.3333	0	
NORD	N3bis	Tressange	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0.3	1	-	0	0.5714	0	
NORD	N5	Boulang	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.125	0	0	-	0	0	0.125	0	-	-	0	-	-	-	-	0.75	0.875	-	0.1429	0.5714	0	
NORD	N6	Boulang	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	1	1	-	0.2	0.2222	0	
NORD	N7	Havange	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	1	0	-	-	0	0	0.7	0	-	-	0	-	-	0.8	1	-	0.1	0.1111	0		
NORD	N9	Tressange	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0.8	1	-	0	0.1429	0		
NORD	N11	Boulang	X	0	0	1	0	0.1	0	1	0	0	0	1	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	1	1	-	-	-	-		
NORD	N14bis	Knutange	X	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.5	0	0	-	-	0.5455	0	0.15	0	-	-	0.05	-	-	-	0.75	1	-	-	-	-	
NORD	N18	Angevillers	X	0	0	1	0	0.0909	0	1	-	0	0	0.5455	0	0	-	-	0.5455	0	0.1818	-	-	-	0.0909	-	-	-	0.6364	1	-	0	0.1818	0	
ERROUVILLE	N17	Errouville	X	0	0	1	0	1	0.3636	1	0	0	-	1	0	-	-	-	0	0	1	-	-	0	-	-	-	1	1	-	0.2	0.7778	0		
SUD	S4	Moyeuve-Grande	X	0	0	1	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	-	-	0.4444	0	0	0	-	-	0	-	-	0	0.8889	-	0	0	0	0	
SUD	S14	Moineville	X	0	0	1	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3333	0	

- Paramètres pour lesquels aucun seuil de qualité n'a été renseigné (un tiret ( - ) signifie que le paramètre n'a pas été analysé en 2008-2010)
- Paramètres pour lesquels le dépassement du seuil est systématique (fréquence = 1)
- Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 75% et 99%
- Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 50% et 74 %
- Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 1% et 49 %
- Paramètres pour lesquels aucun dépassement n'a été observé sur la période 2008-2010

Illustration 25 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans le réservoir minier

Réservoir	N°	Commune	Station du réseau de surveillance qualitatif (0200000013)	T	pH	Cond	HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr	CNI	F	Cu	Fe	Mn	Ba	IPhén	IHct	Sr
						1100	-	500	200	250	500	50	-	1000	-	-	10	200	-	-	200	10	5000	20	5	50	50	1.5	2000	200	50	700	10	50	-
						µs/cm	-	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	-	µg/l	-	-	µg/l	µg/l	-	-	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
CENTRE	C7	Avril	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0
CENTRE	C8	Avril	X	0	0	1	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	0	1	-	-	-	0	
CENTRE	C10	Mance	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUD	S7	Avril	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0
SUD	S10	Briey	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
SUD	S11	Neufchef	X	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	1	0.6667	-	0	0	0	0







-  Paramètres pour lesquels aucun seuil de qualité n'a été renseigné (un tiret ( - ) signifie que le paramètre n'a pas été analysé en 2008-2010)
-  Paramètres pour lesquels le dépassement du seuil est systématique (fréquence = 1)
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 75% et 99%
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 50% et 74 %
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 1% et 49 %
-  Paramètres pour lesquels aucun dépassement n'a été observé sur la période 2008-2010

Illustration 26 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans la formation ferrifère non exploitée

Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain sur l'exercice 2008-2010

Réservoir	N°	Commune	Station du réseau de surveillance qualitatif (0200000013)	T	pH	Cond	HCO3-	NH4+	Cl-	SO42-	NO2-	NO3-	SiO2	B	K+	Ag	As	Al	Mg2+	Ca2+	Na+	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr	CNT	F	Cu	Fe	Mn	Ba	IPhén	IHct	Sr	
				Seuil		1100	-	500	200	250	500	50	-	1000	-	-	10	200	-	-	200	10	5000	20	5	50	50	1.5	2000	200	50	700	10	50	-	
				Unité		µs/cm	-	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	-	µg/l	-	-	µg/l	µg/l	-	-	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
CENTRE	C1	Mance	X	0	0	0	0	0.3333	0	1	-	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-	0.3333	0	-	0	0	0	
CENTRE	C6	Avril	X	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	-	1	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-	1	0	-	0	0	0	0	
CENTRE	C11	Avril	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
CENTRE	C12	Avril	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
NORD	N12	Boulanges	X	0	0.4	1	0	0.9	1	0.1	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	1	-	-	0	-	-	-	-	0	0.4	-	-	-	0		
NORD	N13	Boulanges	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0.4545	0.6364	-	-	-	0		
NORD	N20	Fontoy	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	0	0	0	0	
NORD	N21	Fontoy	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUD	S12	Saint-Jean-lès-Bu	Arrêtée le 31/12/2010	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SUD	S13	Hatrive	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0	0	0
SUD	S15	Moineville	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3333	-	0	0	0	0
SUD	S17	Ville-sur-Yron	X	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3333	0	0	0	0	0	0
SUD	S9	Briey	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0







-  Paramètres pour lesquels aucun seuil de qualité n'a été renseigné (un tiret ( - ) signifie que le paramètre n'a pas été analysé en 2008-2010)
-  Paramètres pour lesquels le dépassement du seuil est systématique (fréquence = 1)
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 75% et 99%
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 50% et 74 %
-  Paramètres pour lesquels la fréquence de dépassement est comprise entre 1% et 49 %
-  Paramètres pour lesquels aucun dépassement n'a été observé sur la période 2008-2010

Illustration 27 : Fréquences de dépassement des seuils de qualité sur la période 2008-2010 pour les stations implantées dans l'aquifère du Dogger

### 3.3.1. Réservoir Nord

#### a) Evolution des concentrations en sulfates

- Stations implantées dans le réservoir minier

L'évolution des concentrations en sulfates sur le réservoir Nord est présentée dans le graphique ci-dessous à partir des données acquises sur la station de la galerie de la Paix. Cette station dispose en effet de chroniques mensuelles et est employée comme station de référence sur le réservoir Nord pour la rédaction des chroniques semestrielles.

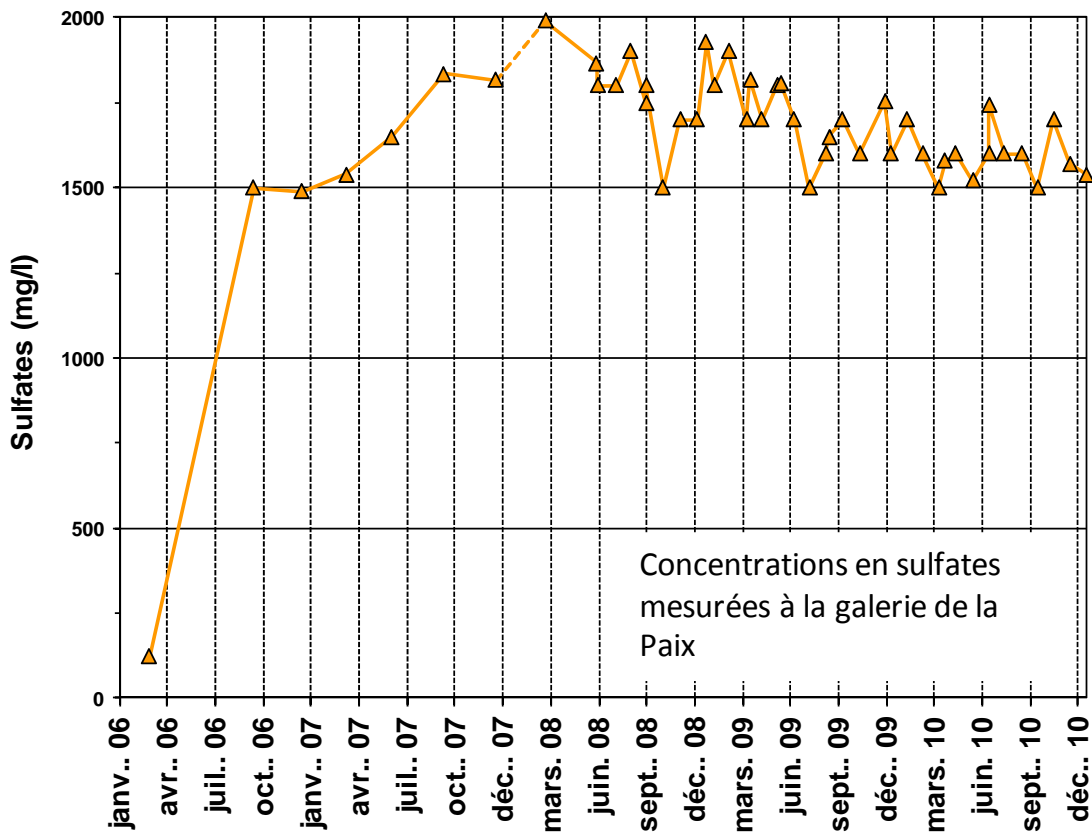


Illustration 28 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées à la galerie de la Paix

Les concentrations en sulfates montrent sur cette station un maximum de 1900 mg/l de sulfates mesuré le 20 mars 2008. La chronique met en évidence une tendance générale à la baisse sur l'ensemble de la période 2008-2010.



Les concentrations en sulfates mesurées sur les autres stations du réservoir Nord montrent une importante variabilité. Cette variabilité est représentée dans le diagramme type « boîte à moustaches » ci-dessous. Le diagramme présente pour chaque station un rectangle rouge qui marque le premier et le troisième quartile des concentrations en sulfates ainsi qu'une barre verticale noire qui marque les valeurs extrêmes mesurées (min/max). Les données employées pour la représentation sont celles acquises depuis le débordement du réservoir Nord.

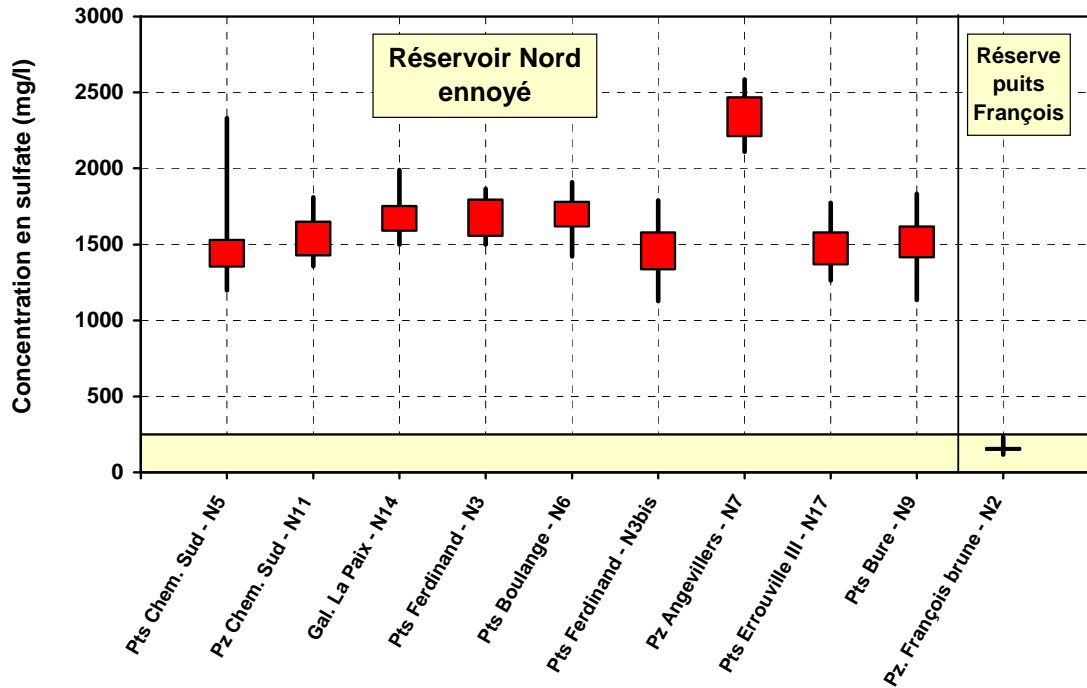


Illustration 29 : Diagramme type « boîte à moustaches » des concentrations en sulfates sur les stations du réservoir Nord

Le diagramme montre que les concentrations en sulfates sont toutes supérieures à 1000 mg/l (y compris les minima), hormis pour la station N2 (Puits François), déconnectée du reste du réservoir minier. Les concentrations les plus importantes sont observées sur la station N7 (Angevillers).

Les fluctuations des concentrations en sulfates montrent une importante hétérogénéité à l'échelle du réservoir Nord. L'illustration ci-dessous présente les chroniques de concentrations en sulfates des stations implantées dans le réservoir Nord. Le cas de la station Cheminée Sud (N5) est particulièrement représentatif, les concentrations en sulfates montrent en effet une diminution de moitié début 2008. Ce phénomène pourrait être lié à un début de « lessivage » du réservoir Nord par le fond, puisque l'eau qui s'écoule par le point de débordement est captée dans un point bas du réservoir par le puits d'Havange (le puits cheminée Sud est le plus profond des ouvrages implantés dans le réservoir Nord).

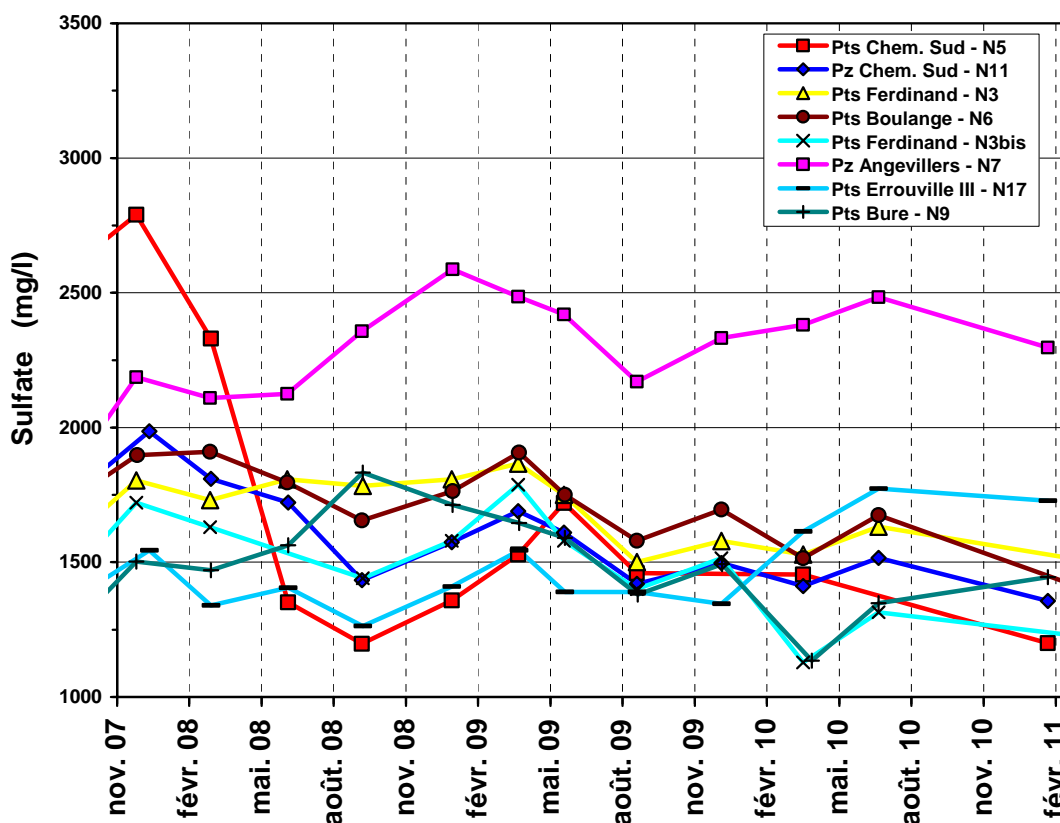


Illustration 30 : Chroniques de concentrations en sulfates sur les stations du réservoir Nord (hors station de référence la galerie de la Paix)

• Stations implantées dans le Dogger

Le graphique ci-dessous met en évidence l'impact de l'ennoyage sur les concentrations moyennes en sulfates calculées à la station N12. La concentration moyenne y présente un pic à 255 mg/l en 2008 et diminue ensuite de manière progressive en 2009 et 2010 pour retrouver des valeurs similaires à celles mesurées en 2006. Cette augmentation temporaire des concentrations en sulfates lors de l'ennoyage n'a pas été observée sur le piézomètre N13. Le piézomètre N12 est implanté au droit des zones foudroyées, et donc en lien direct avec la formation ferrifère ce qui pourrait expliquer l'augmentation ponctuelle des concentrations en sulfates observée jusqu'en mars 2008 au moment du débordement du réservoir Nord.

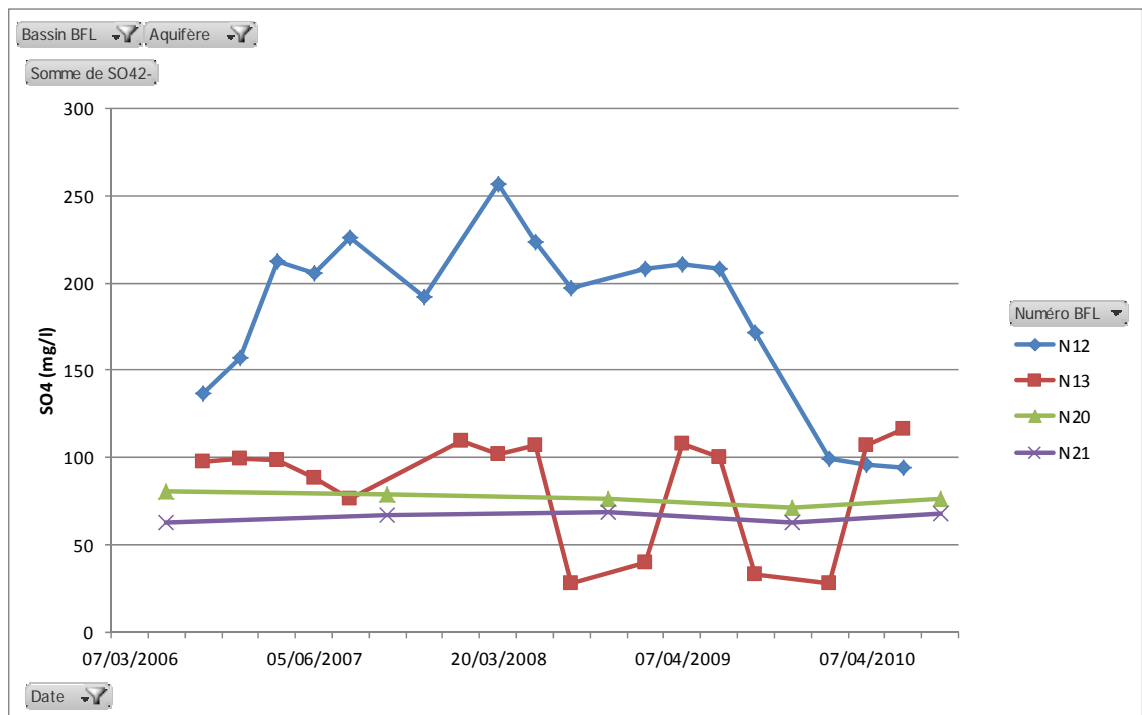


Illustration 31 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère du Dogger du bassin Nord

**b) Informations apportées par les concentrations en éléments traces dans les eaux du réservoir Nord**

Les éléments mineurs ou en traces recherchés dans les eaux souterraines du réservoir Nord sont des métaux (fer, manganèse, bore, nickel, aluminium) et des micropolluants organiques (hydrocarbures, phénols).

• Fer et Manganèse

Le fer et le manganèse trouvent leur origine dans le minerai de fer. Le fer y est présent en moyenne à des proportions de 28 à 32 % et le manganèse de 0,1 à 0,4 % (Bubenicek, 1960). Les teneurs en fer dans les niveaux marneux intercalaires peuvent atteindre 10 à 20 % (Hervé, 1980). Des chroniques d'évolution des concentrations moyennes en Fer et Manganèse sont présentées dans l'illustration ci-dessous.

Sur la période 2006-2010, les moyennes annuelles des concentrations en Fer et Manganèse montrent une tendance globale à la hausse, parfois nettement marquée (cas des stations N3, N6, N7 et N14 bis). Cette évolution pourrait avoir pour origine une évolution de l'état d'oxydation des eaux (vers un état plus réducteur), liée à la diminution de l'oxygène initialement présent dans l'eau d'ennoyage (Vaute, 1999),

Les concentrations en Fer et Manganèse dépassent ainsi d'une manière générale les seuils définis par l'arrêté du 11 janvier 2007 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (200 µg/l pour le fer et 50 µg/l pour le manganèse).

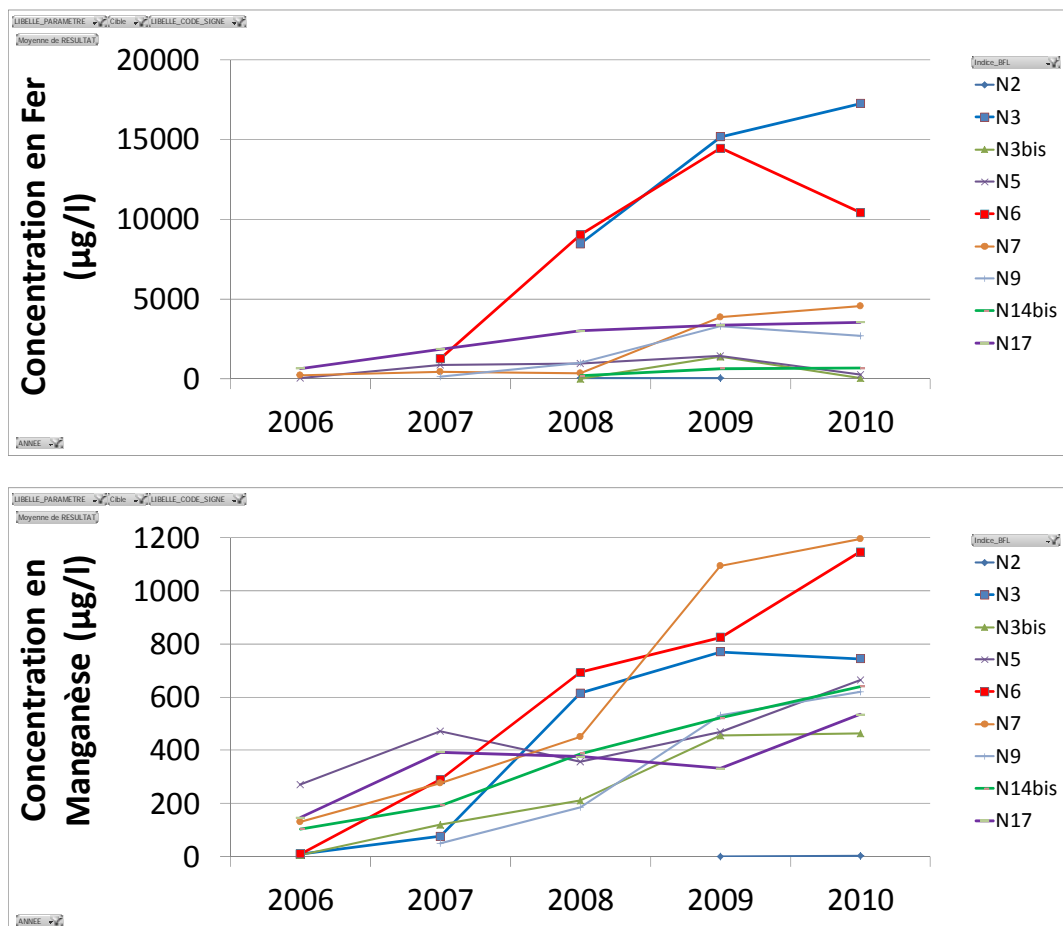


Illustration 32 : Chroniques de concentrations moyennes en fer et manganèse sur les stations du réservoir Nord

### • Bore

Les concentrations en Bore mesurées sur les stations du réservoir Nord montrent d'une manière générale une tendance à la hausse sur la période 2006-2010. Les concentrations les plus élevées concernent la station N17 (environ 2400 µg/l en moyenne en 2010) sur laquelle les concentrations se sont presque multipliées par 4 depuis 2006. Toutefois, seules les stations N14bis, N7 et N17 dépassent le seuil de 1000 µg/l défini par l'arrêté du 11 janvier 2007 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Dans le cas général, de fortes concentrations en Bore sont liées à des eaux interagissant avec des argiles (en particulier celles d'origine marine qui contiennent de fortes teneurs en Bore). Le Bore, présent dans certaines lessives peut également être à l'origine d'une contamination anthropique.

Dans le cas du bassin ferrifère, il semble que les interactions eau/argile soient à l'origine du Bore détecté bien que l'influence d'une contamination anthropique à la marge ne puisse être écartée.

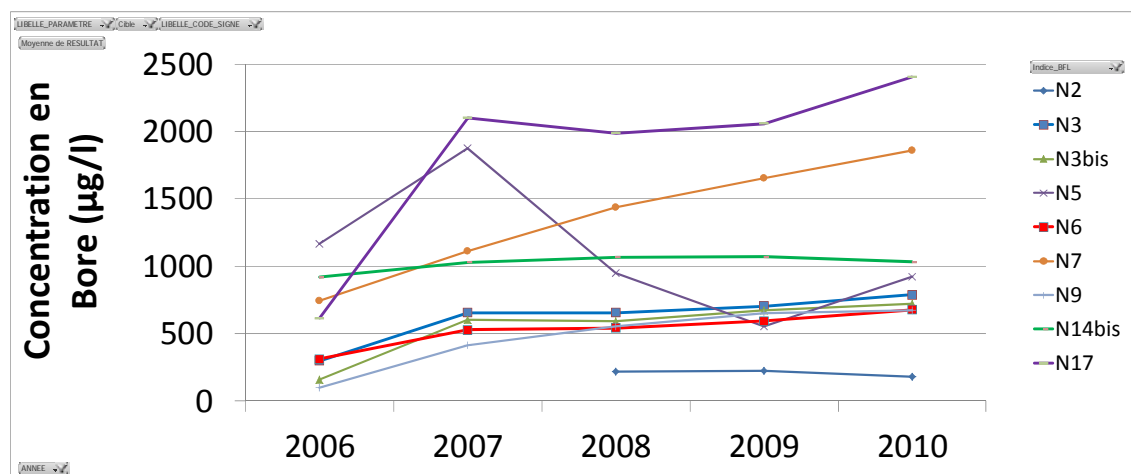


Illustration 33 : Chroniques de concentrations moyennes en Bore sur les stations du réservoir Nord

### • Nickel

Le nickel est présent en quantité non négligeable dans la formation ferrifère plutôt sous forme de sulfure dans les bancs à dominante argileuse. L'oxydation de sulfures présents dans la formation ferrifère pourrait donc être à l'origine des concentrations en nickel observées dans les eaux souterraines. Après l'ennoyage, l'évolution des conditions d'oxydo-réduction vers un milieu plus réducteur expliquerait alors la tendance à la décroissance des concentrations en nickel. Des calculs d'équilibres chimiques permettraient de vérifier cette hypothèse.

Les concentrations mesurées dans les eaux du réservoir Nord sont en 2010 toutes inférieures au seuil de 20 µg/l défini par l'arrêté du 11 janvier 2007. On note cependant une nette tendance à la baisse des concentrations en nickel.

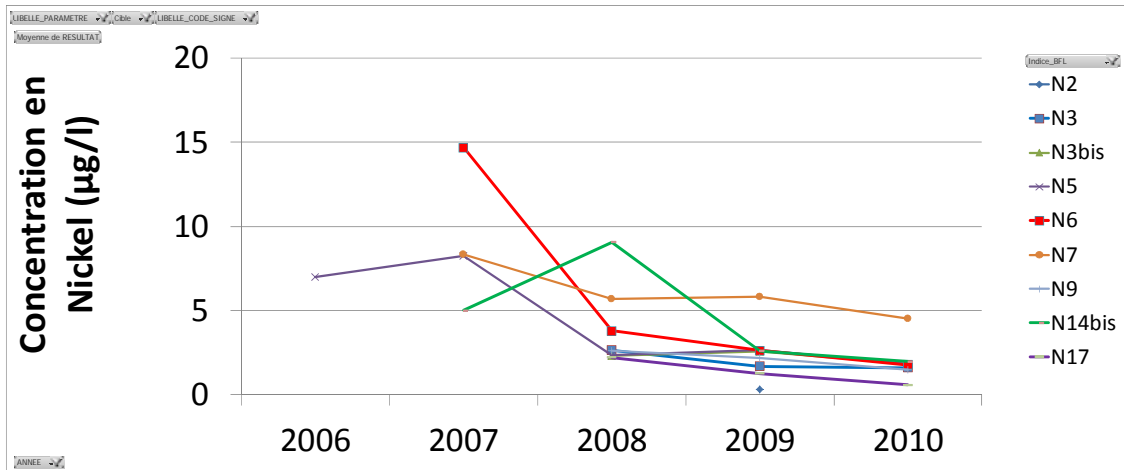


Illustration 34 : Chroniques de concentrations moyennes en nickel sur les stations du réservoir Nord

#### • Indice hydrocarbures et indice phénols

Les indices hydrocarbures totaux et phénols sont représentatifs de contaminations industrielles issues de l'usage de produits organiques au fond des mines ou dans des installations industrielles de surface (fioul, huiles et graisses, PCB, etc.).

La présence d'hydrocarbures dans les analyses dépend de plusieurs paramètres dont la localisation des sources présentes dans le réservoir, leur quantité, ainsi que des circulations d'eau souterraine.

L'illustration ci-dessous présente les maximums annuels en indice hydrocarbures et phénols détectés sur les stations du bassin Nord. La représentation graphique est basée sur les maximums annuels en raison de la faible fréquence de quantification/dépassement de ces deux paramètres (Cf. illustration 25).

Des hydrocarbures ont été détectés au moins une fois sur la période 2008-2010 sur 9 stations du bassin Nord.

L'indice phénol apparaît également sur 5 stations du bassin Nord pour des concentrations maximum ne dépassant pas 0.03 mg/l.

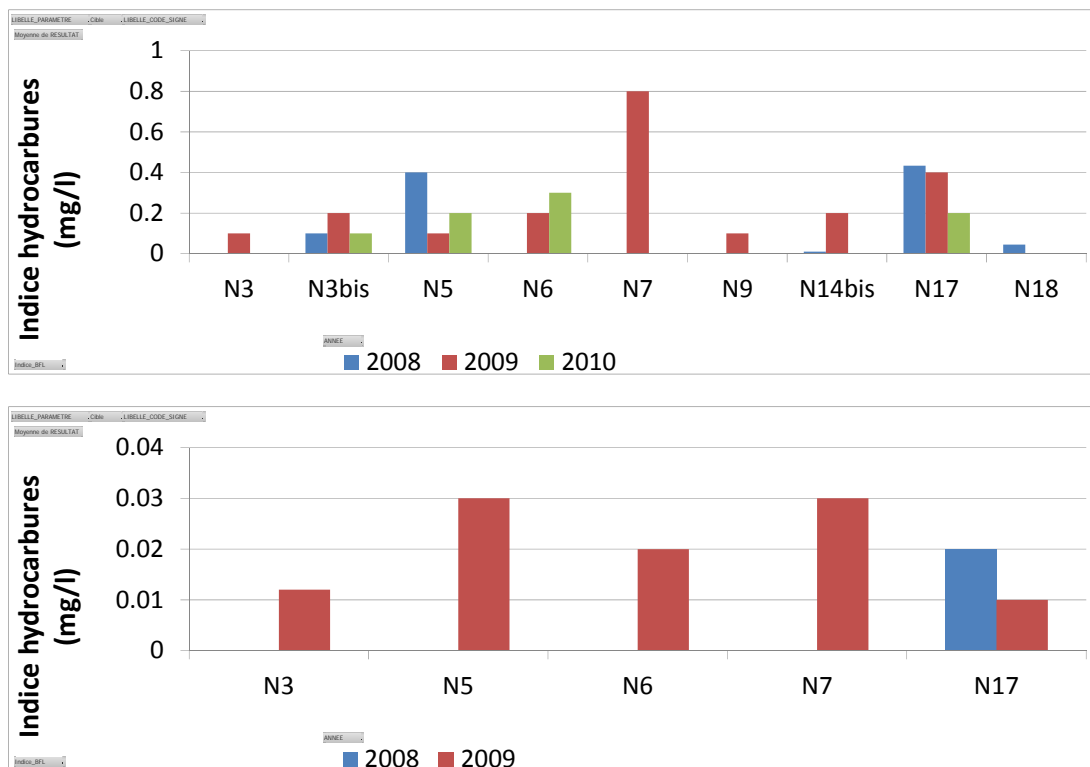


Illustration 35 : Maximums annuels des teneurs en indice hydrocarbures et phénols

### 3.3.2. Réservoir Centre

#### a) Evolution des concentrations en sulfates

##### • Stations implantées dans le réservoir minier

Le réservoir Centre bénéficie des chroniques de suivi des concentrations en sulfates les plus longues de l'ensemble du bassin ferrifère Nord Lorrain. Les concentrations en sulfates sont suivies au point de débordement principal du réservoir Centre : la galerie du Woigot (C5). Le suivi est effectué en parallèle sur les fuites du réservoir Centre mesurées au niveau du Chevillon (station C21).

Les fluctuations des moyennes annuelles y apparaissent complexes. Les concentrations en sulfates à la galerie de débordement du Woigot montrent en effet des fluctuations saisonnières marquées, notamment à partir de 2006. Les concentrations présentent des hausses marquées pendant les périodes de recharge et des baisses lors de l'étiage. Les fluctuations ainsi observées atteignent 1500 mg/l. Ces fluctuations sont dues à la nature du cuvelage de l'ouvrage, dont l'absence d'étanchéité entraîne une contamination par les eaux d'infiltration du Dogger sus-jacent.

Ces fluctuations sont donc à comparer avec les mesures effectuées sur le Chevillon, représentatives des fuites du réservoir Centre à travers un massif calcaire fracturé. Les données y montrent une tendance plus lissée avec des cycles saisonniers moins marqués et inversés par rapport à ceux observés à la galerie du Woigot. En effet, ces cycles saisonniers sont dus au mélange entre l'eau du réservoir Centre et l'eau du Dogger au niveau des fuites : en période de recharge, il y a plus d'eau du Dogger au point de mélange, donc la concentration en sulfate diminue.

Depuis novembre 2000, les concentrations en sulfates à la galerie du Woigot fluctuent entre 980 mg/l (juillet 2006) et 1900 mg/l. Les fluctuations observées rendent la détermination d'une tendance difficile. Les minimas observés dépendent en effet de la nature prononcée ou non des étiages. Or, le caractère intermittent des écoulements à la galerie du Woigot ne permet pas d'apprécier l'amplitude des variations de concentrations.

L'illustration ci-dessous présente l'évolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations de référence du réservoir Centre

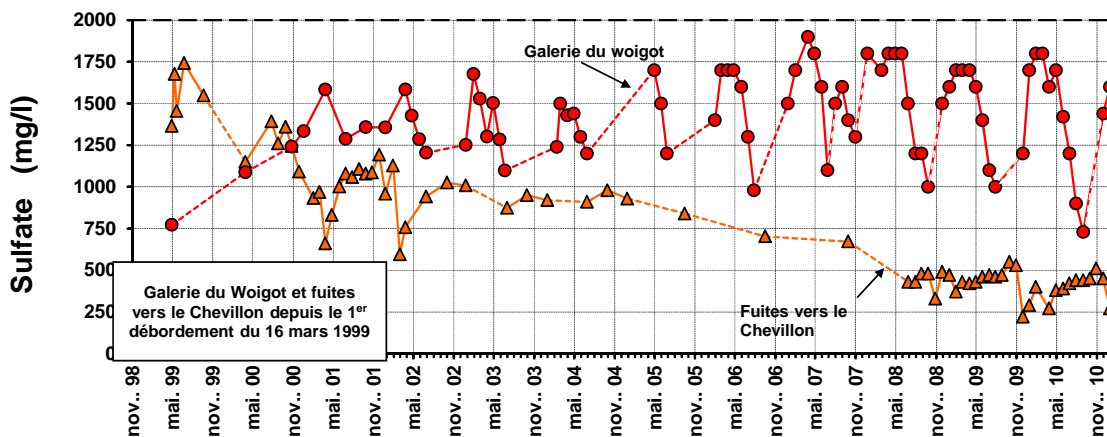


Illustration 36 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations de référence du réservoir Centre (les traits en pointillés marquent les discontinuités de mesures liées à l'arrêt des écoulements ou des échantillonnages)

#### • Stations implantées dans le Dogger

La contamination de la nappe des calcaires du Dogger par infiltration d'eau de rivière minéralisée (elle-même contaminée par des rejets de soutien d'étiage) est un phénomène mis en évidence sur le bassin Centre sur le doublet de piézomètres C11 et C12 (Piézomètres de St-Pierremont).

La station C12 (St-Pierremont 2) qui capte le sommet de la nappe du Dogger présente en effet des concentrations en sulfates plus élevées que la station C11 (St-Pierremont 1), plus profond et exempt de contamination marquée.



D'une manière générale, la période 2008-2010 montre relativement peu de fluctuations des moyennes annuelles des concentrations en sulfates. Une stabilité marquée est observée sur les stations C11, C12 et C6, tandis qu'une légère hausse est constatée à la station C1 (forage de la ferme de Mance).

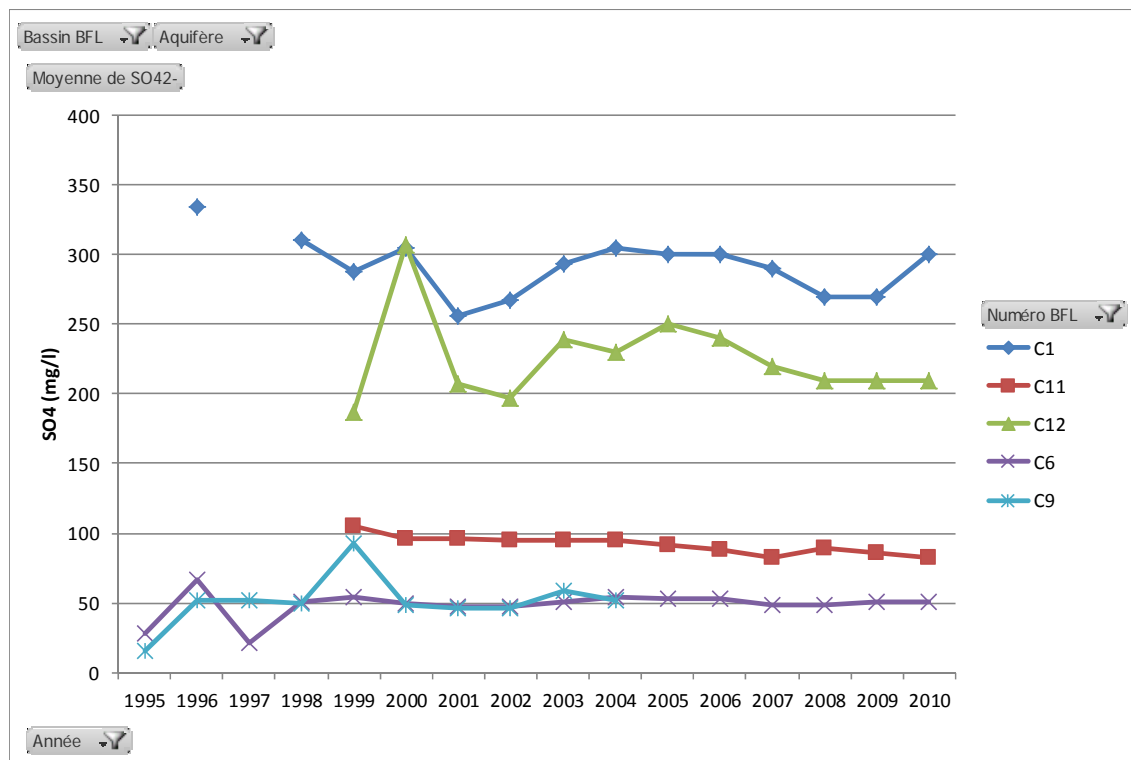


Illustration 37 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère du Dogger du bassin Centre

## b) Informations apportées par les concentrations en éléments traces dans les eaux du réservoir Centre

### • Fer et Manganèse

Les chroniques de concentrations moyennes en fer et manganèse montrent une importante variabilité sur l'ensemble du réservoir Centre. Les concentrations en fer sont en effet comprises entre quelques  $\mu\text{g/l}$  et plusieurs milliers de  $\mu\text{g/l}$  tandis que celles en manganèse sont comprises entre quelques  $\mu\text{g/l}$  et plusieurs centaines de  $\mu\text{g/l}$ .

Certaines stations montrent des augmentations notables des concentrations en fer depuis le début du suivi. C'est le cas notamment de la station C6 pour laquelle les concentrations moyennes dépassent 5000  $\mu\text{g/l}$  en 2010.

Aucune tendance significative n'est par ailleurs observée sur les concentrations en manganèse. Des fluctuations interannuelles sont par ailleurs observées mais leur interprétation reste délicate.

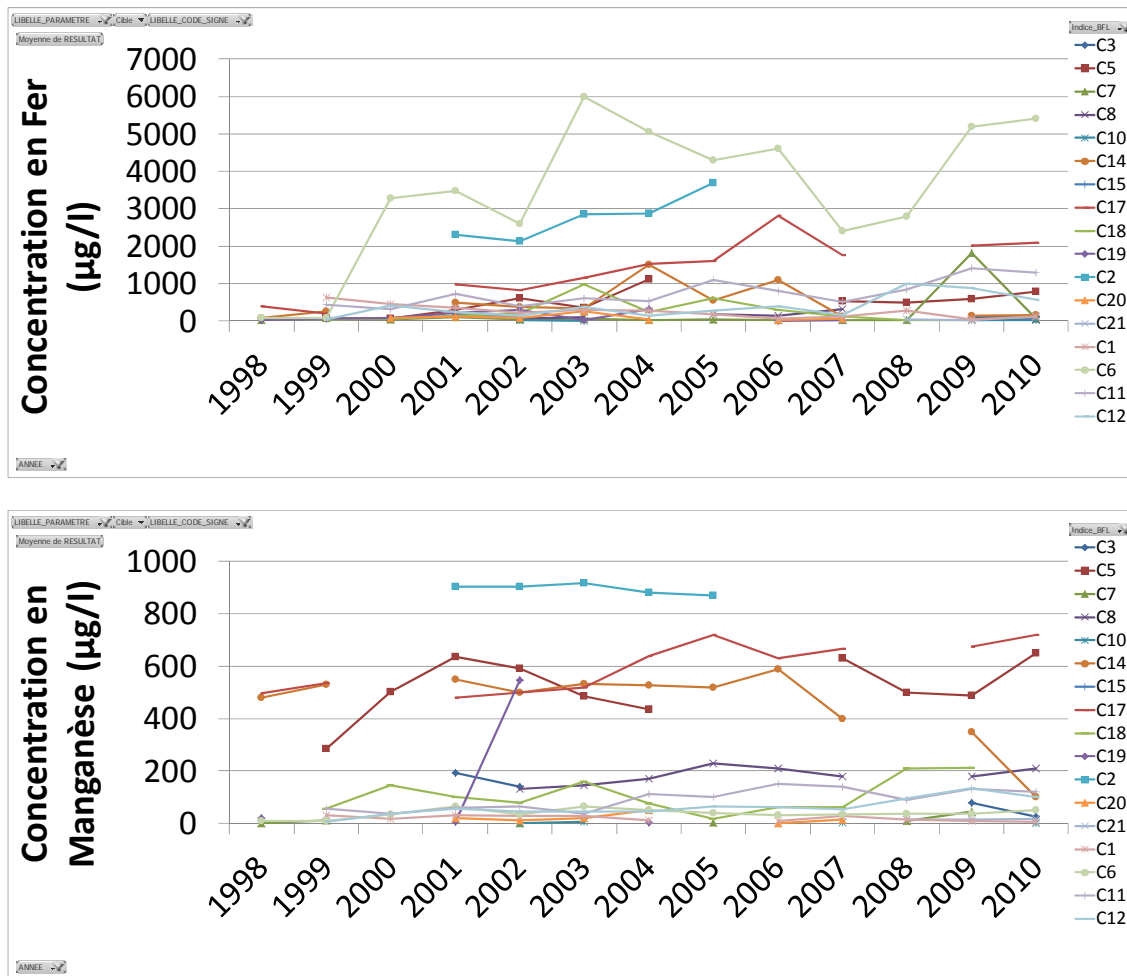


Illustration 38 : Chroniques de concentrations moyennes en fer et manganèse sur les stations du réservoir Centre

• Bore

En 2010, les concentrations moyennes en Bore sont comprises entre 72 et 2000 µg/l. Seules les stations C5, C17 et C10 y dépassent la valeur seuil de 1000 µg/l issue de l'arrêté du 11 janvier 2007. Ces 3 stations présentent également les teneurs en sodium, calcium et magnésium les plus importantes (hormis la station C10 pour le cas des teneurs en magnésium et calcium). Le comportement du Bore peut s'apparenter à celui du calcium, du magnésium et du sodium. Une hausse consécutive à l'envoyage est observée entre 1999 et 2004 (notamment sur les stations C10 et C8).

Aucune tendance à la baisse significative n'est identifiée après 2004.

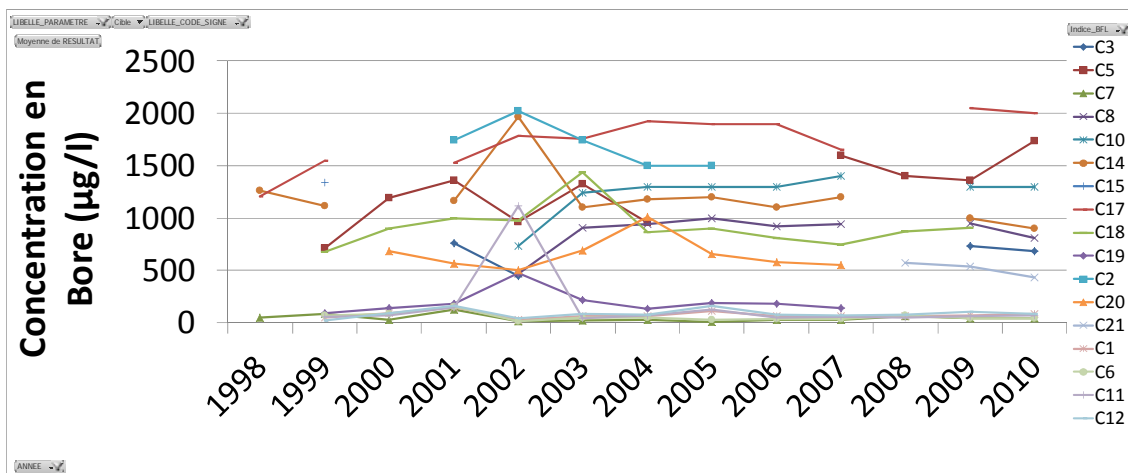


Illustration 39 : Chroniques de concentrations moyennes en Bore sur les stations du réservoir Centre

• Nickel

En 2009, seule la station C12 présente une moyenne des concentrations en nickel supérieure au seuil de 20 µg/l. Aucune tendance significative n'est identifiée sur l'ensemble de la période de suivi.

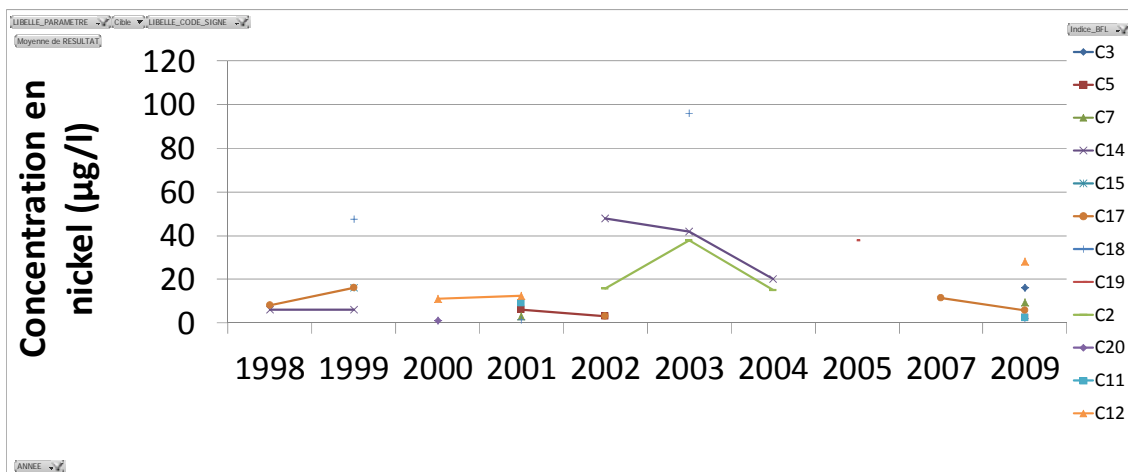


Illustration 40 : Chroniques de concentrations moyennes en Nickel sur les stations du réservoir Centre

- **Hydrocarbures**

Aucune trace d'hydrocarbures n'a été détectée dans les analyses effectuées sur le bassin Centre sur la période 2008-2010.

### **3.3.3. Réservoir Sud**

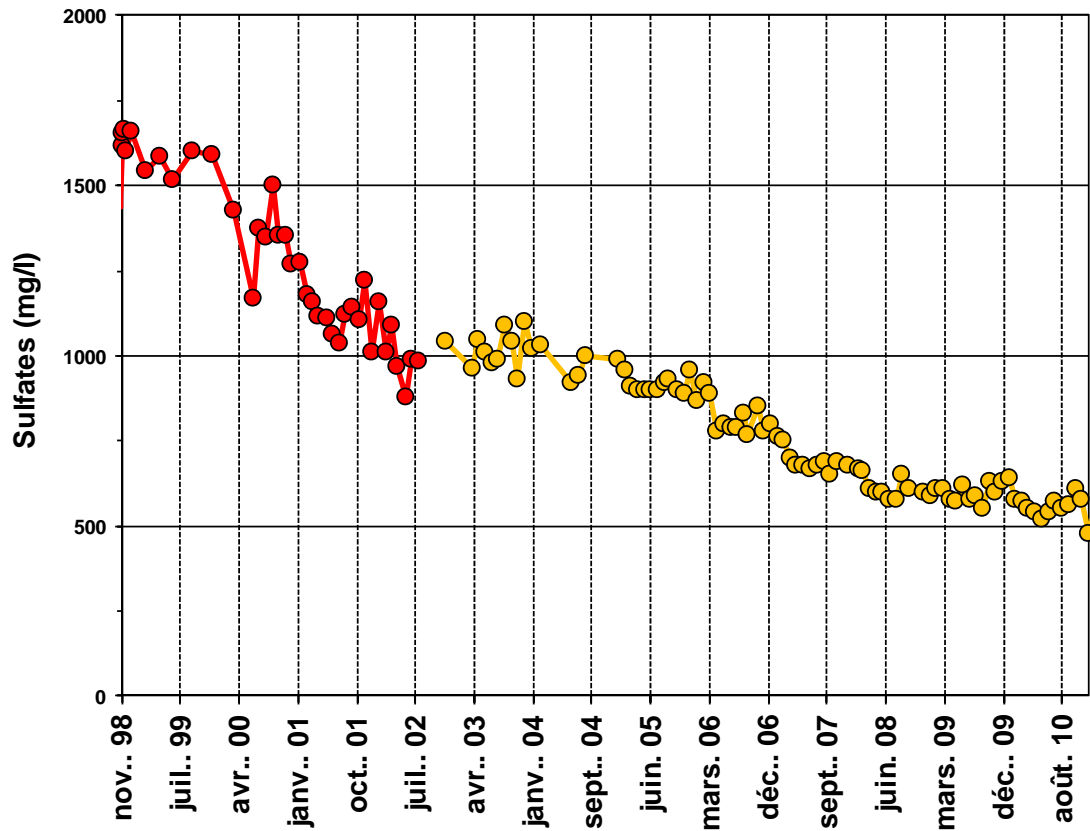
#### **a) Evolution des concentrations en sulfates**

- **Stations implantées dans le réservoir minier**

Depuis octobre 1998, l'évolution de la concentration en sulfates au point de débordement du réservoir Sud a connu plusieurs périodes. Dans un premier temps, la concentration est restée stable pendant un peu plus de 13 mois (à 1560 +/- 80 mg/l en moyenne), jusqu'en décembre 1999. A partir de cette date et jusqu'en juin 2002 (2 ans et demi), des variations saisonnières de la concentration se superposaient à une tendance générale à la baisse des concentrations (augmentation temporaire des concentrations pendant les périodes d'étiage, et baisse en période de hautes eaux). La teneur a ainsi diminué jusqu'à 1000 mg/l environ (une valeur minimale de 876 mg/l a été observée le 27 mai 2002).

En septembre 2002, la nouvelle galerie de débordement des eaux du réservoir Sud a été créée à Moyeuve-Grande, en rive droite de l'Orne. Le niveau d'envoyage a été abaissé de 3,5 m environ, et les circulations au sein de la zone envoyée ont été fortement modifiées. Le même phénomène que celui de 1998 semble s'être répété, avec une amplitude de variations plus faible : de juin 2002 à février 2004 (20 mois), la concentration est restée stable, à 1005 +/- 90 mg/l. Depuis cette date, la tendance à la baisse a repris, pour atteindre 480 mg/l le 30 décembre 2010, valeur la plus basse atteinte en sortie du réservoir depuis le débordement du réservoir Sud.

L'illustration ci-dessous présente l'évolution des moyennes annuelles des concentrations en sulfates calculées à la station de la galerie du chenal de Moyeuve.



*Illustration 41 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur le point de débordement du réservoir Sud (la courbe rouge correspond aux mesures effectuées sur l'ancien point de débordement de la galerie du tunnel de Moyeuivre)*

L'illustration ci-dessous représente les moyennes annuelles des concentrations en sulfates mesurées sur les stations implantées dans la formation ferrifère non exploitée. Les chroniques ne montrent aucune tendance particulière à la hausse ou à la baisse des concentrations. Cet indice met en évidence l'absence de modification des conditions d'écoulement au droit de la formation ferrifère non exploitée.

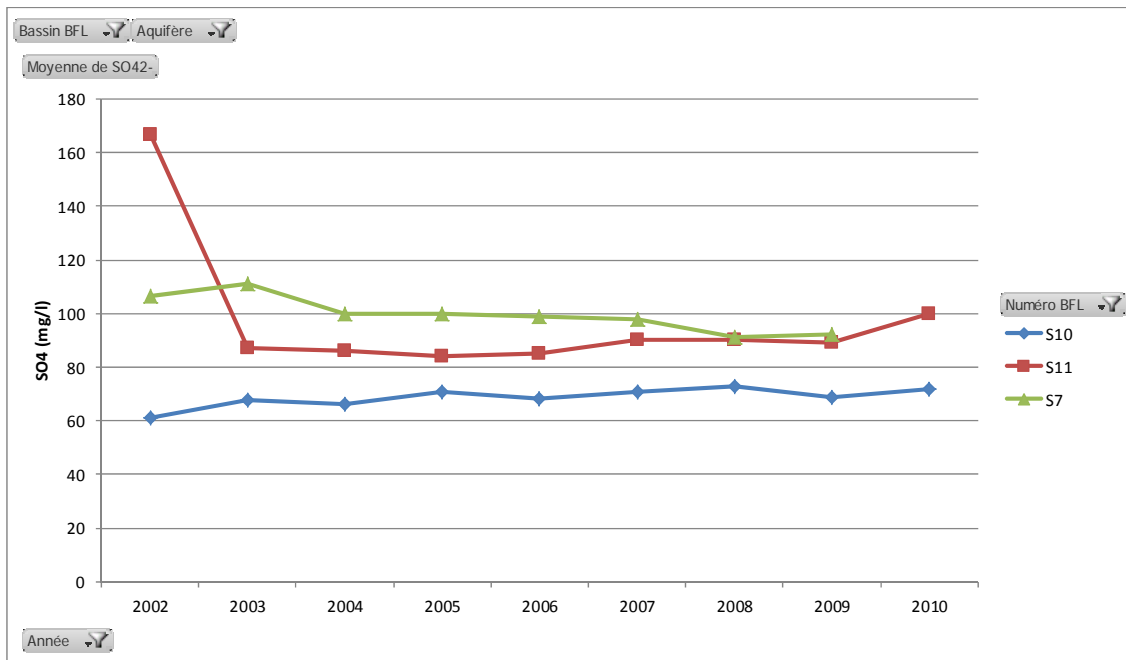


Illustration 42 : Evolution des concentrations en sulfates mesurées sur les stations implantées dans la formation ferrifère non exploitée

• Stations implantées dans le Dogger

Parmi l'ensemble des stations implantées dans l'aquifère du Dogger au droit du réservoir Sud, seules les stations S14 et S15 (Piézomètre de Paradis aval) semblent influencés de manière notable par l'ennoyage. Les concentrations moyennes en sulfates affichent une baisse progressive depuis 1999. Les fluctuations des moyennes annuelles sur les autres stations restent relativement faibles sur la période 1999-2010. La contamination de la nappe des calcaires du Dogger par infiltration d'eau de rivière minéralisée (elle-même contaminée par des rejets de soutien d'étiage ou des rejets de nanofiltrats) est un phénomène assez général observé dans le bassin Sud sur le doublet de piézomètres S14 et S15.

L'eau de ces piézomètres est d'autant moins contaminée qu'ils sont profonds (S14 est plus profond que S15), et leurs variations de concentrations sont saisonnières, ce qui démontre l'existence d'un débit permanent d'eau contaminée provenant de la surface. *Nb* : La station S14 est classée parmi les stations implantées dans le réservoir minier. Le forage se situe en effet à une profondeur où il capte une zone foudroyée du réservoir minier, juste sous la base du Dogger.

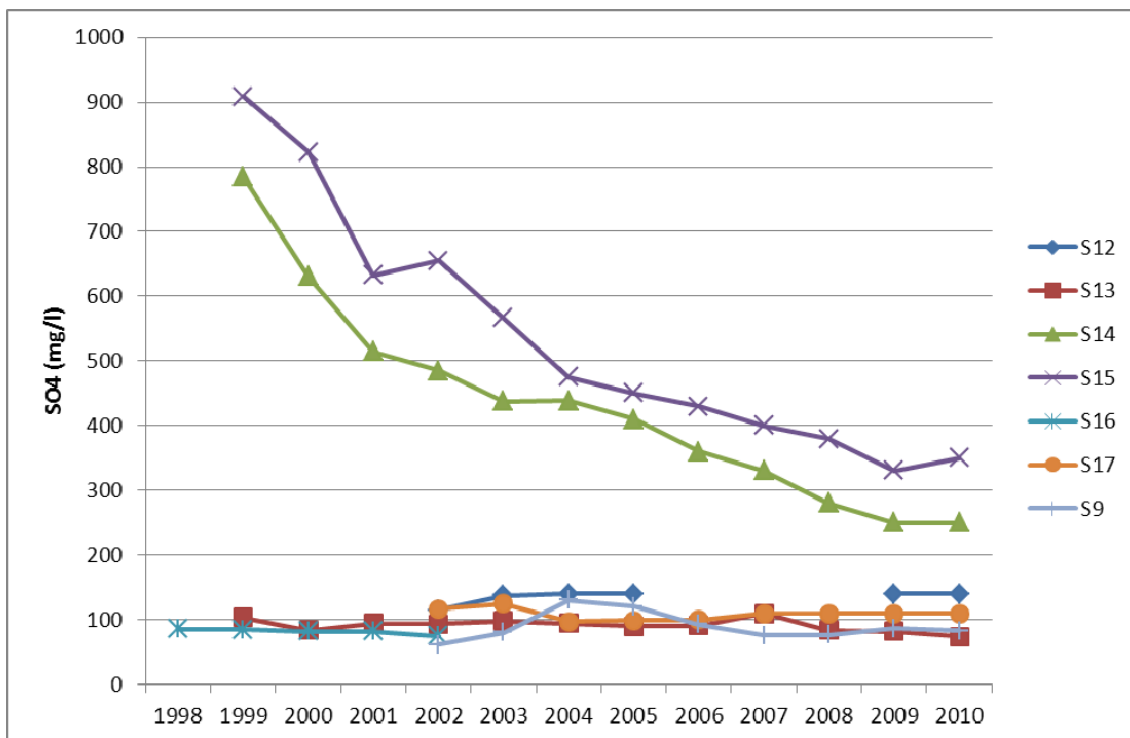


Illustration 43 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en sulfates mesurées sur les stations implantées dans l'aquifère do Dogger du bassin Sud

**b) Informations apportées par les concentrations en éléments traces dans les eaux du réservoir Sud**

**• Fer et Manganèse**

Les concentrations en fer et manganèse mesurées dans les eaux souterraines du réservoir Sud montrent une importante variabilité spatiale et temporelle. On observe sur la station S11 des concentrations en fer pouvant dépasser 10 000 µg/l, tandis que les autres stations présentent des concentrations comprises entre quelques dizaines de µg/l et quelques centaines de µg/l.

Les concentrations en manganèse sont comprises entre quelques µg/l et plusieurs dizaines de µg/l.

Aucune tendance significative n'est observée à l'échelle du réservoir Sud. Cependant, quelques cas particuliers peuvent être soulignés. C'est le cas notamment :

- De la station S10 qui présente sur la période 2002-2010 une augmentation progressive des concentrations moyennes en Fer (elles atteignent environ 400 µg/l en 2010),
- De la station S4 (galerie du chenal de Moyeuve) qui présente une baisse continue des concentrations en manganèse sur toute la période 2002-2010. Les concentrations y ont diminuées de près de 300 µg/l.

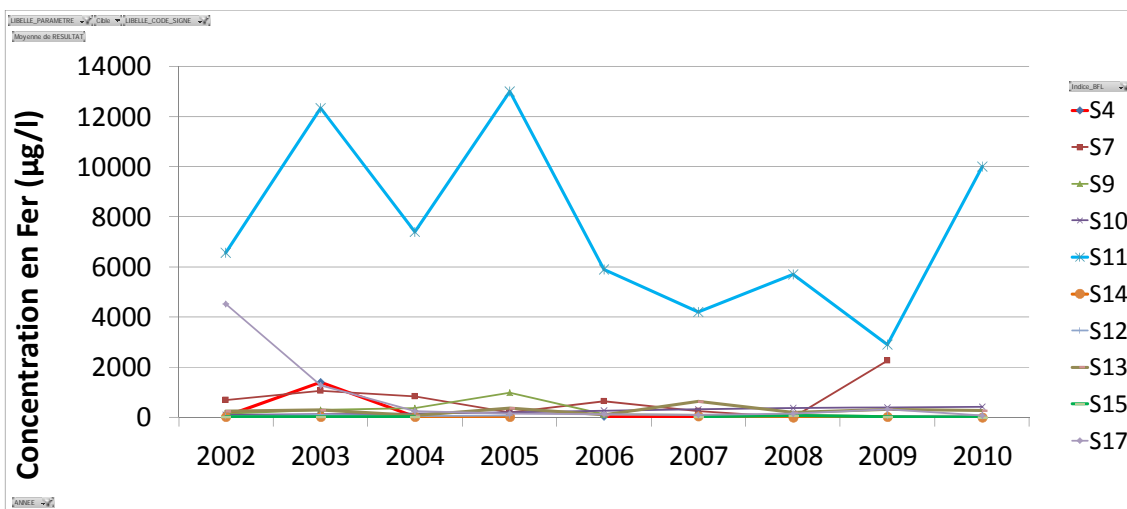


Illustration 44 : Chroniques de concentrations moyennes en fer sur les stations du réservoir Sud (le graphique du bas est un zoom du graphique du haut)



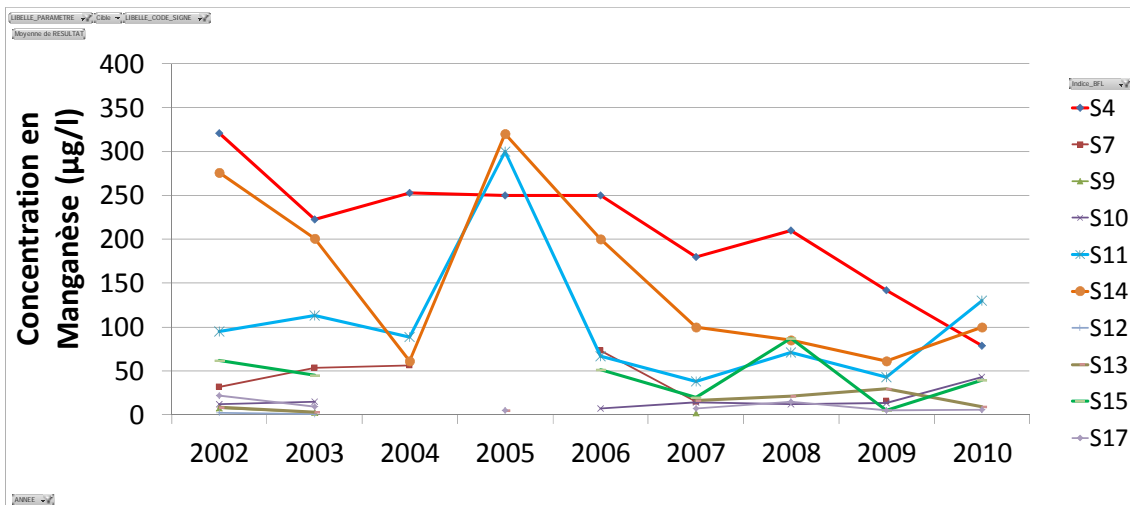


Illustration 45 : Chroniques de concentrations moyennes en manganèse sur les stations du réservoir Sud

• Bore

Les concentrations moyennes en Bore montrent à l'échelle du réservoir Sud une importante variabilité. En 2010, ces dernières sont comprises entre une dizaine de µg/l et environ 1100 µg/l.

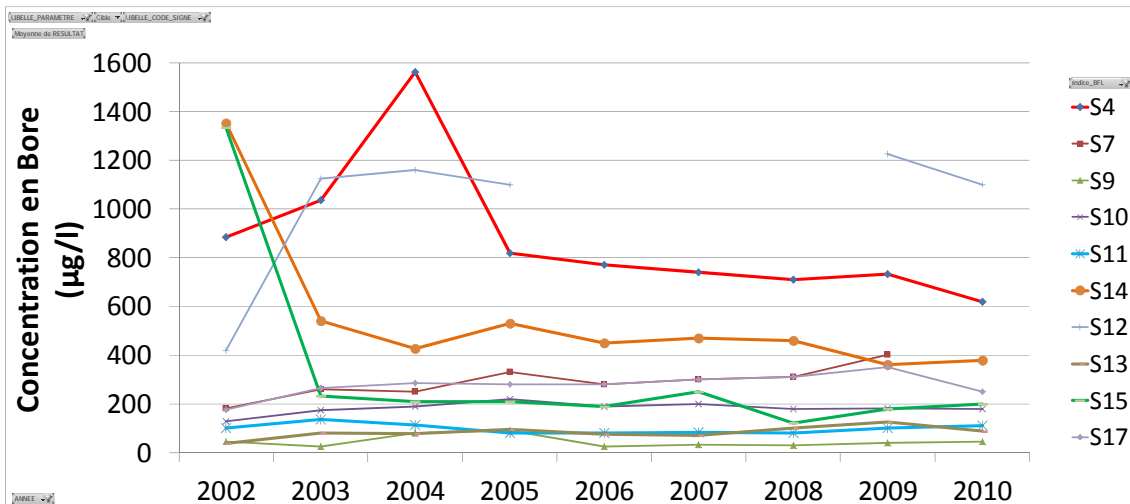


Illustration 46 : Chroniques de concentrations moyennes en bore sur les stations du réservoir Sud

- **Nickel**

Sur la période 2008-2010, les concentrations en nickel n'ont pas dépassé le seuil de 10 µg/l. Parmi les stations du réservoir Sud, seule la station S4 a présenté des concentrations supérieures à 10 µg/l (environ 90 µg/l en moyenne en 2004 et 12 µg/l en moyenne en 2006).

### **3.3.4. Carte de synthèse des concentrations en sulfates**

Une carte de synthèse des concentrations en sulfates a été réalisée sur la base des concentrations moyennes calculées sur l'année 2010. L'analyse a été réalisée sur les stations appartenant au réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère et également sur des stations appartenant à d'autres réseaux unitaires tels que le réseau national de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable. Cette approche permet ainsi une cartographie de l'ensemble des bassins Nord, Centre, Sud, Burbach, Hayange, Godbrange, Serrouville et Longwy.

Les concentrations moyennes annuelles en sulfate sont classées selon un code de couleur qui permet de repérer les stations dont la concentration moyenne sur l'année 2010 dépasse 250 mg/l (couleur jaune, orange ou rouge selon l'ampleur du dépassement).

La plupart des stations captant le réservoir minier présentent des dépassements de cette valeur seuil, le plus souvent très importants (> 1000 mg/l).

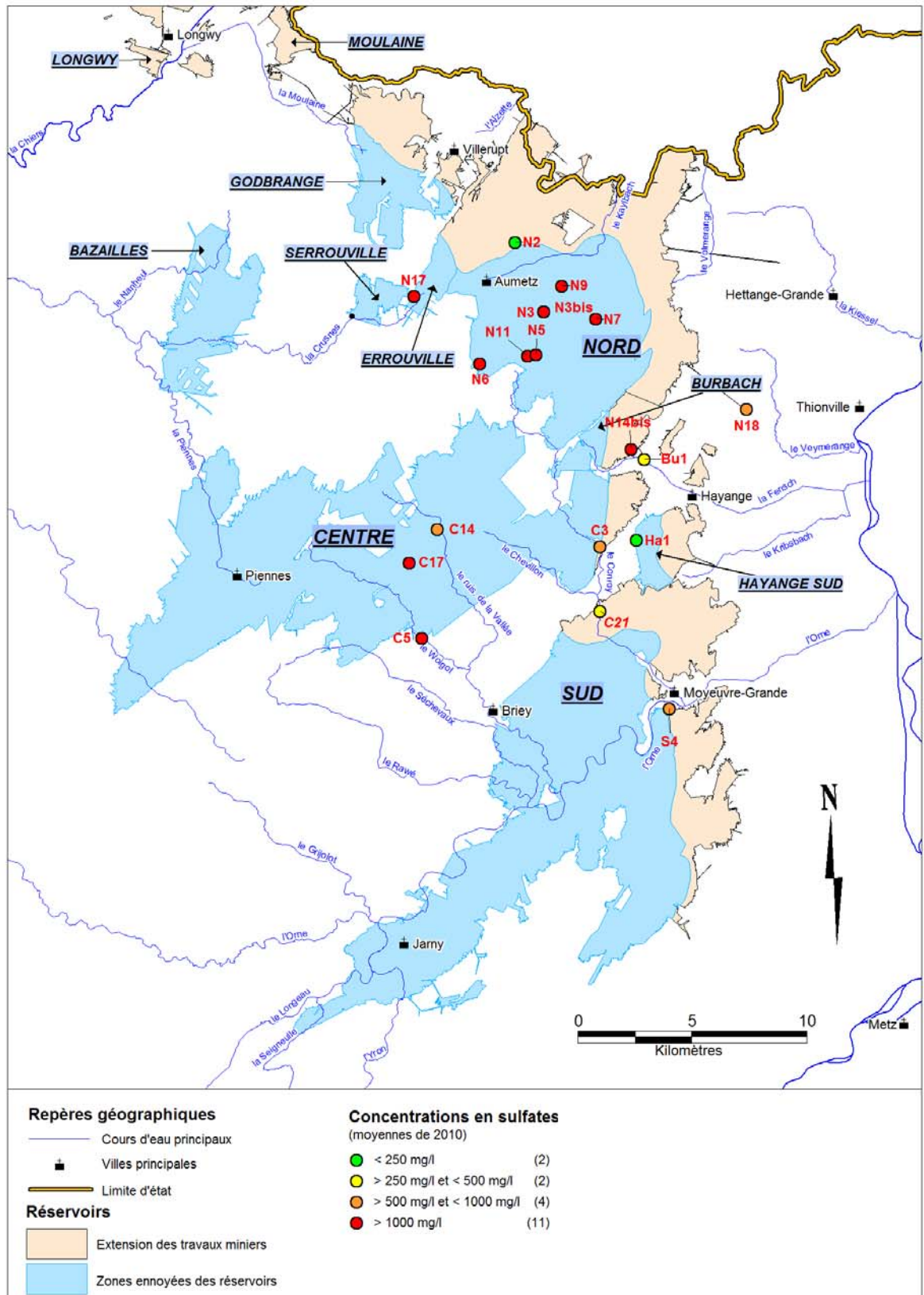


Illustration 47 : Carte de synthèse des concentrations moyennes en sulfates en 2010 dans les stations du réservoir minier

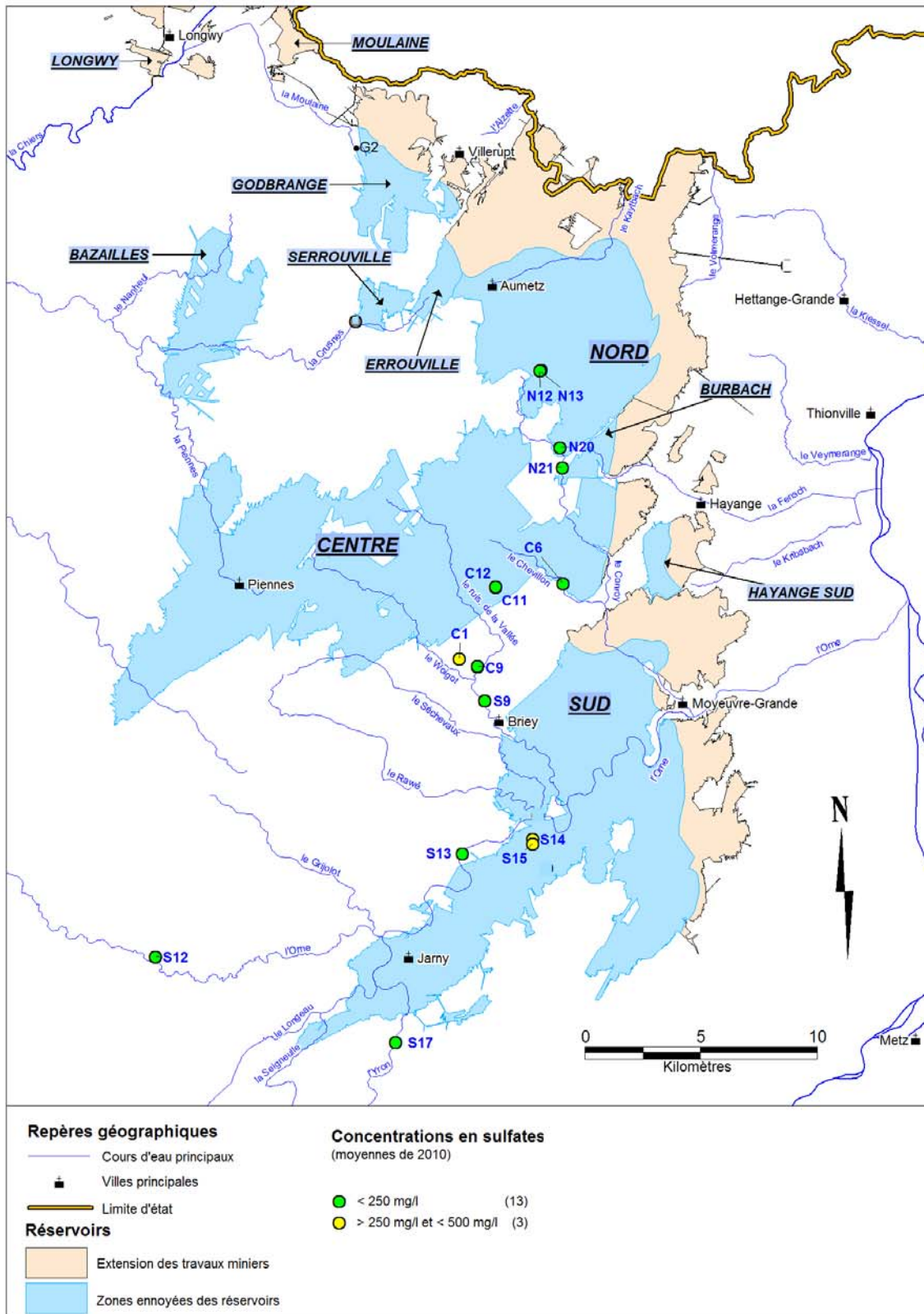


Illustration 48 : Carte de synthèse des concentrations moyennes en sulfates en 2010 dans les stations du Dogger

### 3.3.5. FACIÈS CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Le diagramme de Piper permet de représenter les faciès chimiques d'un ensemble d'échantillons d'eau. Un diagramme de Piper a été élaboré à partir des moyennes des concentrations relevées en 2010 sur les eaux souterraines des bassins Nord, Centre, Sud, Burbach et Hayange. Cette approche, telle qu'effectuée dans le cadre de ce rapport a une vocation essentiellement descriptive.

Les données employées concernent les stations captant le réservoir minier, la formation ferrifère non exploitée, le Dogger et les alluvions de la Fensch. Le diagramme de Piper est présenté dans l'illustration ci-dessous. Les faciès chimiques des eaux souterraines ont été déterminés à partir de ce diagramme

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions : cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique. A ces deux triangles est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point représente l'analyse globale de l'échantillon et sa position relative permet de préciser le faciès chimique de l'eau concernée. Pour l'année 2010, la projection dans le diagramme de Piper des moyennes des résultats analytiques met en évidence la diversité de faciès chimiques des eaux souterraines sur l'ensemble du bassin ferrifère lorrain.

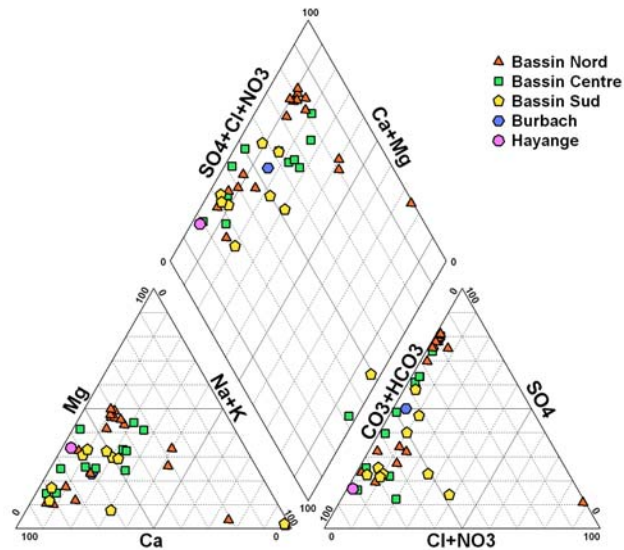


Illustration 49 : Diagramme de Piper des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain – bassins Nord, Centre, Sud, Burbach et Hayange (moyennes 2010).

Du point de vue des cations, les analyses effectuées révèlent un profil globalement calcique auquel s'ajoute une légère tendance magnésienne et, ponctuellement, sodique. Le nuage de point est en effet concentré au niveau du coin inférieur gauche du triangle représentatif des cations.

Concernant les anions, on constate la prédominance des sulfates, les points étant positionnés dans une fenêtre comprise entre 80 et 100 % pour le  $\text{SO}_4$ . On distingue ensuite l'importance plus ou moins prononcée des bicarbonates et des chlorures, les résultats se répartissant de manière relativement homogène de 20 à 80 % pour ces paramètres.

La synthèse des positions relatives de ces points dans le losange du diagramme fait apparaître six types de faciès des eaux :

- sulfaté calcique,
- sulfaté magnésien,
- sulfaté sodique,
- hyper chloruré sodique,
- bicarbonaté calcique,
- bicarbonaté sodique.

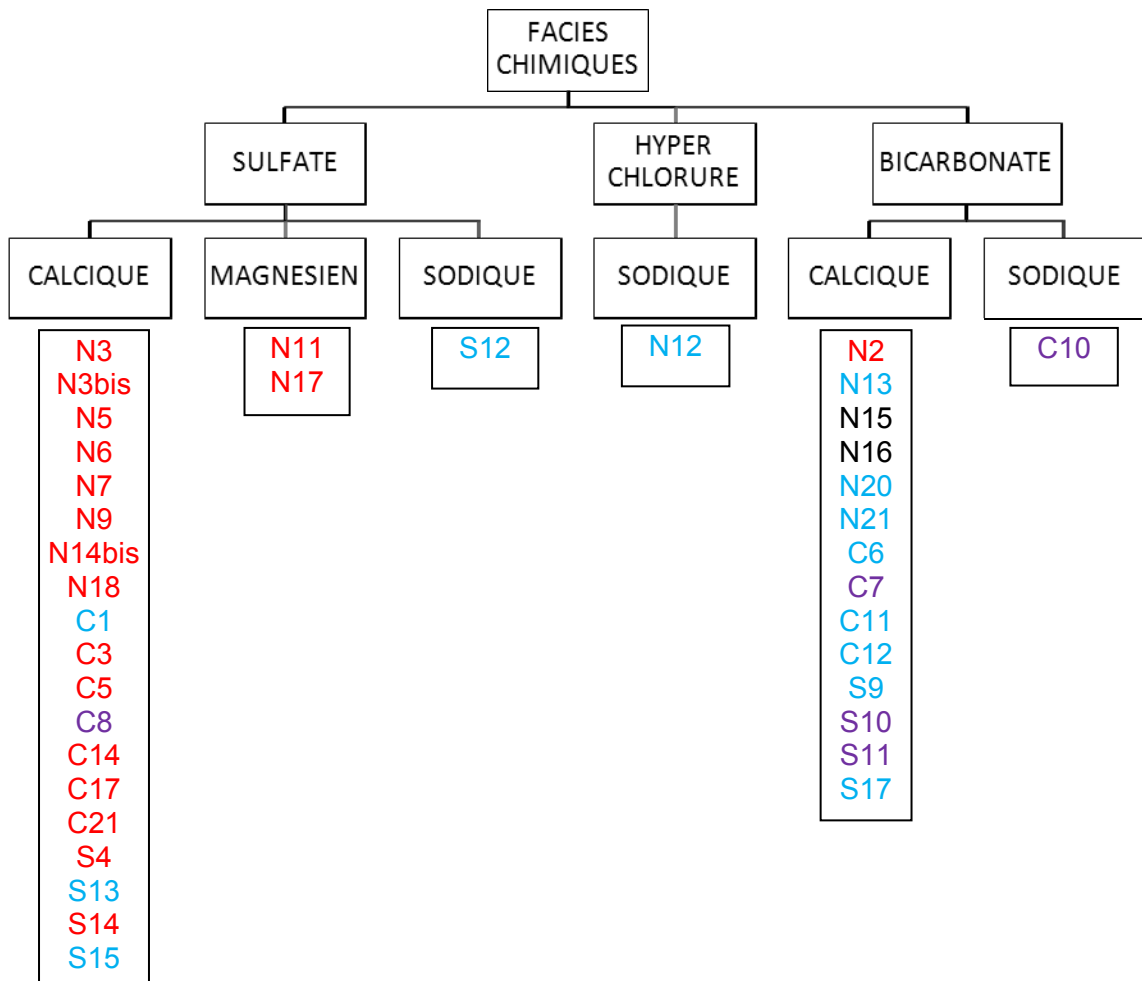


Illustration 50 : Synthèse des faciès chimiques par points d'eau BFL à partir des moyennes de l'année 2010 (rouge = réservoir minier ; violet = formation ferrifère non exploitée ; bleu = Dogger ; noir = alluvions de la Fensch).

La représentation schématique ci-dessus montre que les faciès sulfatés calciques et magnésiens concernent essentiellement les stations implantées dans le réservoir minier, hormis la station du Puits Francois (N2), isolée du reste du réservoir Nord par des serrements.

Les stations implantées dans le Dogger montrent des faciès principalement bicarbonatés calciques.



Quelques stations présentent des faciès moins répandus. Parmi ces stations :

- la station S12 qui présente un faciès sulfaté sodique,
- la station N12 qui présente un faciès hyper-chloruré sodique
- la station C10 qui présente un faciès bicarbonaté sodique.

Cette analyse met donc en évidence la prédominance des faciès sulfatés, représentés à 57 %.

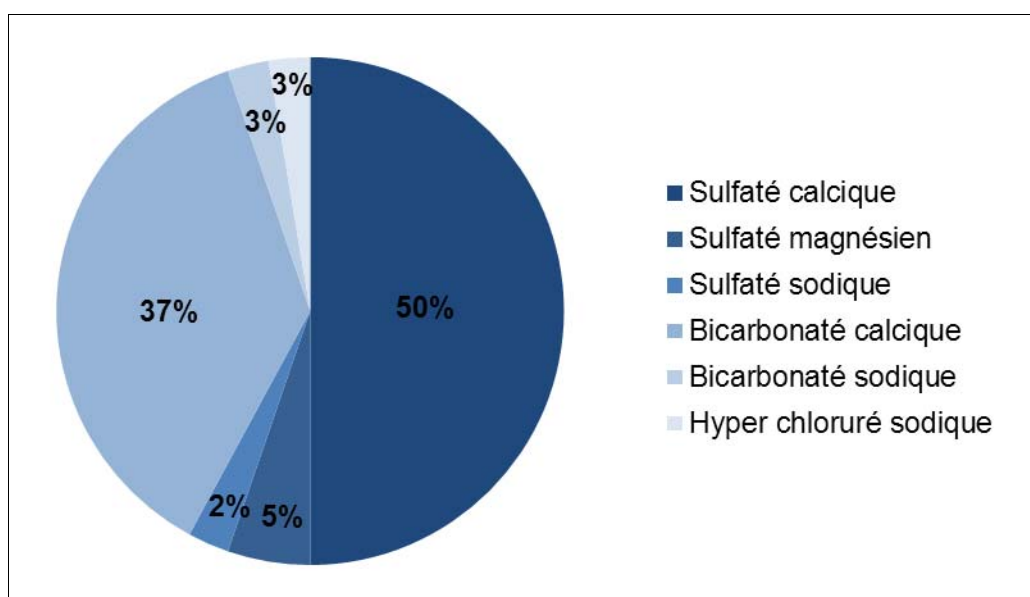


Illustration 51 : Proportion relative des faciès chimiques rencontrés dans les eaux du Bassin ferrifère lorrain en 2010



## 4. Conclusion

Depuis la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, le nord de la Lorraine a connu une importante activité minière sur le bassin ferrifère, qui est situé principalement dans le nord-ouest mosellan, le nord de la Meurthe-et-Moselle (Pays-Haut) et une frange meusienne. L'arrêt progressif des exploitations minières et l'envoyage successif des différents réservoirs miniers ont eu des conséquences sur le fonctionnement hydrogéologique du bassin tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Plusieurs programmes de surveillance ont ainsi été mis en œuvre au fur et à mesure de l'envoyage des différents réservoirs. De 2008 à 2010, la zone concernée par l'opération de surveillance a englobé les 3 principaux bassins du bassin ferrifère lorrain (Sud, Centre, Nord), ainsi que les sous-bassins Hayange Sud et Burbach-Hautpont. Ce suivi, réalisé sur 30 piézomètres, 6 stations hydrométriques et 43 qualitomètres a été cofinancé par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

Les mesures piézométriques et de débits sont acquises selon des pas de temps journaliers sur 19 stations équipées d'appareils de mesure et d'enregistrement automatique, et mensuels sur 17 stations suivies manuellement. Le suivi qualitatif est effectué par le biais d'analyses de type « normales » (majeurs, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Fe, Mn, B), d'analyses de type « étendue » (analyse normale complétée de l'analyse du Sr, Ni, Al, Ni, de l'indice hydrocarbures totaux et de l'indice phénol), et d'analyses de type « réduite » (paramètres physico-chimiques *in-situ* et sulfates). Chaque année, les campagnes d'analyses concernent ainsi 84 analyses réduites, 38 analyses normales et 60 analyses de type étendues.

L'ensemble des données acquises dans le cadre de ce programme ont été bancarisées sous ADES dans le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère (Code Sandre : 0200000013) et dans le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère (Code Sandre : 0200000018). Les débits de débordement ont par ailleurs été bancarisés par la DREAL dans la banque HYDRO. Des chroniques d'informations semestrielles ont également été rédigées en vue d'informer les différents partenaires et usagers locaux des évolutions constatées dans le cadre de la surveillance. Les chroniques sont mises à disposition sur le site internet de la DREAL.

Le débordement du réservoir Nord le 3 mars 2008 constitue un des faits marquant de la période 2008-2010. La surveillance aura également permis d'observer la diminution progressive des concentrations en sulfates dans le réservoir Sud, sur lequel les concentrations sont passées pour la première fois sous le seuil de 500 mg/l le 30 décembre 2010. D'une manière générale, les concentrations en sulfates dans les réservoirs miniers qui font l'objet de la surveillance montrent des concentrations encore très supérieures à la limite de qualité de 250 mg/l.

Les données acquises sur la qualité des eaux souterraines sur la période 2008-2010 ont été traitées à l'échelle de l'ensemble du réseau en vue de mettre évidence d'une part les différentes problématiques qualitatives existantes sur le bassin ferrifère et d'autre part les différents comportements des paramètres analysés à l'échelle des réservoirs miniers. Des seuils de qualité ont notamment été fixés pour plusieurs paramètres en vue d'évaluer les fréquences de dépassement sur la période 2008-2010. D'une manière générale, les dépassements observés concernent entre autres (tous réservoirs et aquifères confondus) les paramètres sulfate, sodium, fer, manganèse, bore, aluminium et dans une moindre mesure l'ammonium et le nickel. Des traces d'hydrocarbures et phénols ont également été détectées de manière ponctuelle sur plusieurs stations des réservoirs Nord et Sud.

Les interprétations des données acquises depuis le débordement des différents réservoirs mettent en évidence la grande complexité du fonctionnement hydrogéologique du bassin ferrifère lorrain. Parmi les points soulevés dans le cadre des interprétations de ce rapport figurent notamment l'hétérogénéité des concentrations en sulfates sur les stations du réservoir Nord, les phénomènes de mélanges d'eau du Dogger et du réservoir minier au niveau du débordement principal du réservoir Centre (galerie du Woigot), les phénomènes de drainance mis en évidence dans le Dogger au droit des zones foudroyées (doublet de piézomètres N12 et N13) et enfin l'influence des rejets pour soutien d'étiage sur la qualité des eaux du Dogger (mis en évidence sur le doublet de piézomètre C11 et C12).

Un travail d'optimisation des réseaux de suivi quantitatif et qualitatif est prévu en 2012. Ce travail devra permettre notamment de mettre en adéquation la nature du suivi des eaux souterraines avec les enjeux actuels et futurs identifiés ainsi que les besoins en connaissance. Il sera réalisé en partenariat technique avec l'Agence de l'eau, la DREAL et le Conseil Régional.

## 5. Bibliographie

**Agence de l'eau Rhin-Meuse** (1973) – Protection des eaux d'exhaure dans le bassin hydrologique de l'Orne. 30 p., 8 ann.

**Agence de l'eau Rhin-Meuse** (1975) – Protection naturelle des ressources en des eaux en eau souterraine du bassin ferrifère d'Aermont-Ottange. 22 p., 8 ann.

**Allemmoz M.** (1991) – Société pour l'amélioration en eau du nord de la Meurthe-et-Moselle (SAENOMM) ; District urbain de Longwy ; Périmètres de protection des eaux d'exhaure destinées à l'alimentation en eau potable ; Propositions de l'hydrogéologue agréé. Rapport BRGM 4S/LOR n°91/37, 20 p., 21 ann.

**Allemmoz M.** (1999) – Jaugeages et analyses sur le Conroy et le Chevillon (Moselle). Rapport ANTEA A 16636/A, 17 p., 5 fig., 4 tabl., 3 ann.

**Allemmoz M.** (2003) – Ville de Thionville ; Serrement de la galerie Charles ; Alimentation du Veymerange. Rapport ANTEA A 31222/A, 14 p., 2 fig., 5 ann.

**ANTEA, GEREEA** (2004-a) – Diren Lorraine ; Bassin ferrifère ; Etude de synthèse sur les bassins versants dont le débit est soutenu par pompage dans les réservoirs miniers ; Phase 1 : Etat des milieux. Rapport Diren Lorraine, 122 p.

**ANTEA, GEREEA** (2004-b) – Diren Lorraine ; Bassin ferrifère ; Etude de synthèse sur les bassins versants dont le débit est soutenu par pompage dans les réservoirs miniers ; Phases 2 : analyse des milieux ; Phase 3 : les réponses. Rapport Diren Lorraine, 79 p.

**ANTEA, GEREEA** (2004-c) – Diren Lorraine ; Bassin ferrifère ; Etude de synthèse sur les bassins versants dont le débit est soutenu par pompage dans les réservoirs miniers ; Résumé. Rapport Diren Lorraine, 6 p.

**Babot Y.** (1996) – ARBED ; Abandon des travaux miniers ; études hydrogéologiques et hydrologiques. Rapport ANTEA A 08137, 6 p., 3 rapports séparés annexés.

**Babot Y.** (2004) – ARBED ; Ennoyage du bassin nord (57) ; Risques de résurgences. Rapport ANTEA A 34198/A, 12 p., 2 fig., 3 ann.

**Babot Y., Vançon J-P.** (1997) – ARBED ; Arrêt des travaux miniers ; étude hydrogéologique. Rapport ANTEA A 09553, 22 p., 15 fig., 3 ann.

**Bouly S.** (1991) – Syndicat Mixte de Production d'Eau Fensch-Moselle (54) ; Périmètres de protection des réservoirs miniers d'Errouville et de Serrouville ; Propositions de l'hydrogéologue agréé. Rapport de l'Association Scientifique pour la Géologie et ses Applications, 28 p., 14 ann.

**BURGEAP, AERM** (2003) – Etude méthodologique pour la mise en place de périmètres de protection dans le bassin ferrifère. Rapport Agence de l'eau Rhin-Meuse RSt.202, 28/01/2003 - 63, Cote : 23140 - 5 RM, 53 p., 7 fig. 5 ann.

**Centre d'études géographiques de l'université de Metz** (1999) – Inventaire des phénomènes karstiques et des expériences de traçage du Dogger de Lorraine, secteur bassin ferrifère. Rapport Agence de l'eau Rhin-Meuse n° 23271-1 RM, 10 p., 6 ann., 1 carte, 1 base de données Access.

**Collectif** (2006) – Géologie et géographie de la Lorraine, sous la direction d'Annette Lexa-Chomard et Christian Pautrot. Editions Serpenoise, 286 p.

**Collon P.** (2003) – Evolution de la qualité de l'eau dans les mines abandonnées du bassin ferrifère lorrain, de l'expérimentation en laboratoire à la modélisation in situ. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 203 p., 84 fig., 57 tabl., 5 ann.

**Conseil général de la Moselle** (2005) – L'eau potable en Moselle ; Situation & enjeux ; Schéma départemental d'alimentation en eau potable. Rapport du Conseil général de la Moselle, 66 p., 7 ann.

**DIREN Lorraine** (2004) – Ennoyage du bassin ferrifère nord ; Analyse du devenir de l'eau dans le bassin versant de la Fensch. Rapport de la DIREN Lorraine pour le Préfet de la région Lorraine, décembre 2004, 34 p., 3 ann.

**Dumont J.** (1999) – Schéma d'alimentation en eau potable du bassin ferrifère ; Projet de rapport du directeur régional de l'agriculture et de la forêt. Rapport de la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt de Lorraine, 65 p.

**Gamez P.** (1992) – Hydrologie et karstologie du bassin du Loison (Lorraine septentrionale). Thèse, Mosella t. XXI, université de Metz, CEGUM. 397 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'Institut National Polytechnique de Lorraine, 80 p., 5 ann.

**Jacquot N.** (2006) – Communauté de communes de l'agglomération de Longwy ; Dossier préalable à l'établissement des périmètres de protection de l'exhaure de la mine Moulaine à Haucourt-Moulaine. Rapport ANTEA A 37953/A, 32 p., 8 fig., 20 ann.

**Jaillet S.** (1999) – Recul de couverture et karstification dans un karst couvert de bas plateaux : Le Barrois (Lorraine / Champagne – France). Actes du colloque Karst-99.

**Jaillet S., Gamez P.** (1995) – Observations morphologiques sur le géosystème karstique du Rupt du Puits. Karstologia n°26, F.F.S, A.F.K. Bordeaux. p. 27-38.

**Maillou F.** (1994) – Réactualisation des cartes piézométriques de la nappe aquifère du Dogger entre le Rupt de Mad et la Chiers. Rapport de stage hydrogéologique, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 26 p., 8 fig., 3 ann.

**Préfecture de région Lorraine (2005-a)** – Directive territoriale d'aménagement des bassins miniers nord-lorrains. 124 p, 3 ann., 1 planche.

**Préfecture de région Lorraine (2005-b)** – L'après-mine dans le bassin ferrifère lorrain ; Octobre 2005. 46 p., 1 ann.

**Ramon S.** (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, 10 p., 2 cartes.

**Ricour J., Lallemand-Barrès A.** (1994) – Sites pollués et déchets. Manuel et méthodes, éditions BRGM. 128 p.

**Salomon J-N.** (2000) – Précis de karstologie. Presses universitaires de Bordeaux, 250 p.

**Service régional de l'aménagement des eaux de Lorraine (1983)** – Vulnérabilité des eaux souterraines du bassin ferrifère à la pollution. Notice explicative. 5 cartes annexées.

**Suzanne J-C, Fournieret P.** (1996) – Ministère de l'environnement ; Rapport sur l'exhaure des mines de fer en Lorraine. Rapport 96-082 du Conseil général des ponts et chaussées, 27 p., 13 ann.

**Vaute L.** (2001) – Evaluation de l'impact sur les eaux souterraines du rejet d'une partie des eaux pluviales de Villerupt (54) dans la faille de Crusnes. Rapport BRGM/RP-50777-FR, 39 p., 2 fig., 4 tabl., 6 ann.

**Vaute L.** (2003) – Avis sur la demande du SIEGVO de renforcement des capacités de prélèvement aux forages de Moineville (bassin ferrifère lorrain). Rapport BRGM/RP-52779-FR, 21 p., 3 fig., 1 tabl.

**Vaute L., Frappier G.** (2004) – Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2003. Rapport BRGM/RP-53276-FR, 108 p., 45 fig., 1 tab., 5 ann (cd-rom).

**Vaute L.** (2007a) - Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2006. Rapport BRGM/RP-56142-FR, 104 p., 40 fig., 4 tabl., 1 ann.

**Vaute L., Durendeau B., Fourniguet G., Soulas C., Mathieu E.** (2007b) – Schéma d'aménagement et de gestion des eaux – bassin ferrifère Lorrain – séquence N°1 : l'état des lieux. Rapport BRGM/RP-55434-FR, 194 p., 96 fig., 15 tabl., 4 ann.

**Vaute L., Khat M-O, Douche A., Fourniguet G., Frappier G., Goubot M-J., Josefiak M.** (2005) – Construction et mise en œuvre d'un simulateur hydrologique et chimique du bassin ferrifère lorrain – Phase 1 : Synthèse hydrogéologique. Rapport BRGM/RP-53277-FR, 93 p., 36 fig, 4 tabl., 5 ann (sur cd-rom), 22 planches (vol. séparé).



## **Annexe 1 :**

### **Critères de validation des données piézométriques sous ADES (lexique Sandre)**





### **La continuité**

Les courbes continues de chronique cote/temps sont discrétisées à l'aide de points qui coïncident toujours avec une mesure. Par défaut, chaque point est lié au précédent. Cependant, pour diverses raisons, une chronique peut s'interrompre. Le point qui marque le début d'une chronique n'est alors plus lié au précédent. Le code de continuité du point permet ainsi de gérer la continuité des mesures et d'assurer un tracé cohérent.

La continuité est classée selon 2 catégories :

- Point initial : point qui débute une chronique ;
- Point courant : point lié à la valeur précédente.

### **Le mode d'obtention**

Le mode d'obtention de la mesure indique si une cote a été mesurée ou reconstituée.

- Valeur mesurée : valeur directement issue du processus de mesure (capteur, lecture visuelle...);
- Valeur reconstituée : une valeur établie en dehors du processus de mesure (capteur, lecture visuelle...) sur la base d'avis d'expert, corrélation avec d'autres données, correction de dérive de capteur...

### **La qualification**

D'après le SANDRE, une mesure piézométrique peut avoir quatre types de qualification :

- non-définissable : une valeur sera non définissable lorsque le producteur est dans l'impossibilité d'obtenir les informations nécessaires pour évaluer la conformité de la donnée ;
- correcte : une valeur est déclarée « correcte » lorsqu'elle est estimée valide au stade de validation indiqué dans l'information « statut de la donnée » et vis-à-vis de la finalité recherchée ;
- incorrecte : une valeur est déclarée « incorrecte » lorsqu'elle est estimée erronée au stade de validation indiqué dans l'information « statut de la donnée » et vis-à-vis de la finalité recherchée ;

- incertaine : une valeur sera déclarée « incertaine » si la validité de la donnée reste « douteuse » au stade de validation indiqué dans l'information « statut de la donnée ». Dans la mesure du possible, la qualification « douteuse » doit être une étape transitoire de la validation de la donnée et doit être réservée à des avancements intermédiaires de la validation, état initial de la mesure qui n'a encore subi aucun audit ou interprétation du producteur de données en vue de sa validation.

### **Le statut de la mesure**

Pour la piézométrie, le statut de la donnée indique l'état d'avancement de la validation des données en eau souterraine selon la nomenclature suivante :

- Donnée brute : donnée issue du processus d'acquisition n'ayant subi aucun examen. Ex. : donnée directement issue de l'appareil de mesure.
- Donnée validée niveau 1 : donnée ayant subi un ou plusieurs contrôles (au bureau, par un système expert ou par une personne physique) en fonction du contexte de la mesure.
- Donnée validée niveau 2 : donnée ayant subi un contrôle par une comparaison avec une mesure manuelle sur le terrain (contrôle de la chaîne d'acquisition avec correction des dérives).
- Donnée interprétée : La valeur a été utilisée dans un rapport ou valorisée (diagrammes binaires, comparaison facies, etc). Cette mise en perspective de l'information permet de consolider son niveau de validité et de détecter les dernières erreurs.

## **Annexe 2 :**

### **Exemples des fiches de terrain**



COMTE RENDU DE REALISATION DE TOURNEE DE PRELEVEMENTS														
Organisme préleveur : <b>GESTION HYDRO</b>			Laboratoire : <b>ASPECT S.E.</b>			Date du prélèvement :								
Localisation			Prélèvement			Mesures in situ			Observations					
Code BSS	Point de prélèvement		Heure	N° LABO	pH	Cond.	T° Air	T° Eau	nH	O2 diss.	Turb.	Color	Odeur	H
01373X0176/PREL	MOYEUVRE-PETITE													LECTURE échelle (cm)
<p><i>Localisation du point de prélèvement</i></p> <p>Remarques préleveur</p> <p>Remarques laboratoire</p> <p>Nom et signature du préleveur :</p> <p>Heure de remise des échantillons au laboratoire :</p> <p>Nom et signature du technicien laboratoire :</p> <p>Date :</p>														

### Fiche d'échantillonnage

BRGM Lorraine  
1 avenue du Parc de Boisbois  
54500 Vandœuvre-lès-Nancy  
Tel. : 03.83.46.31.49

NOM DU SITE	N° BSS	DATE	HEURE
Equipe d'opérateurs		Observations	
Conditions météorologiques	T° de l'air		

#### Echantillonnage d'une source ou d'une rivière

Niveau de l'eau par rapport au repère	Description du repère	Croquis sommaire de situation du point de prélèvement
---------------------------------------	-----------------------	---

#### Echantillonnage d'un puits ou d'un forage

Profondeur du forage	Diamètre du forage	Profondeur du niveau piézométrique initial par rapport au repère	Description du repère
Profond. zone crépinée	Matériau du tubage	<b>Purge : évolution du niveau et des paramètres physico-chimiques</b>	
<b>Système de purge</b>		Heure	Niveau (m)
		T° (°C)	Conductivité (µS/cm)
		pH	Rédox (mV)
		...	...
		...	...
		...	...
Matériau (pompe, tube)	Mode de lavage	...	...
		...	...
		...	...
Profondeur prise d'eau	Débit de purge	...	...
		...	...
		...	...
Temps de purge	Volume retiré (purge)	...	...
		...	...
		...	...
<b>Système d'échantillonnage</b>		...	...
		...	...
		...	...
Matériau (pompe, tube)	Longueur du tube	...	...
		...	...
		...	...
Modes de lavage et de décontamination		<b>Echantillonnage : mesure des paramètres physico-chimiques</b>	
		Nom échantillon	Heure
		T° (°C)	Conductivité (µS/cm)
		pH	Rédox (mV)
		...	...
		...	...
Profondeur prise d'eau	Débit d'échantillonnage	...	...

#### Conditionnement des échantillons

Eléments recherchés	Filtration (nature du filtre, porosité)	Conservateur (nature, quantité)	Température de la glacière
.....	.....	.....	Départ labo. : ...
.....	.....	.....	Arrivée terrain : ...
.....	.....	.....	Départ terrain : ...
.....	.....	.....	Retour labo. : ...

## **Annexe 3 :**

### **Les mécanismes chimiques responsables de la minéralisation des réservoirs miniers (Vaute, 2007a)**





**1) Le constat : l'eau des réservoirs miniers se charge en éléments minéraux lors de l'ennoyage**

- *Au contact des roches du bassin ferrifère lorrain, l'eau d'ennoyage se charge en sulfate, magnésium, sodium, calcium, potassium et bore, et, dans une moindre mesure, en strontium, manganèse, et chlorure. Son pH reste compris entre 7 et 8. Si cette augmentation des concentrations rend l'eau impropre à la consommation humaine en regard des Concentrations Maximales Admissibles (CMA), les éléments présents en excès ne sont, néanmoins, pas toxiques pour l'homme. Dans le bassin ferrifère, le drainage minier est neutre. Ceci est un avantage puisque lorsque le drainage minier est acide (c'est le cas général de beaucoup de mines dans le monde), le phénomène se traduit par un pH bas qui favorise la mise en solution de métaux lourds toxiques pour l'homme et l'environnement.*
- *Le temps de contact entre l'eau et la roche doit être au minimum de 50 jours pour des roches de granulométrie comprise entre 5 et 10 mm, pour que les réactions chimiques de mise en solution des éléments atteignent un état d'équilibre. C'est pourquoi en période d'exhaure le ruissellement rapide à travers les fractures ne permet pas à l'eau d'acquérir des concentrations en ions importantes.*
- *Les masses totales d'éléments solubles sont limitées en quantité : les expériences de lessivage en laboratoire et l'exemple des réservoirs ennoyés depuis longtemps montrent que la minéralisation engendrée par l'ennoyage des roches du bassin ferrifère lorrain décroît au fur et à mesure du renouvellement de l'eau du réservoir.*

**2) L'explication : le rôle de l'oxygène à l'ouverture des galeries, et le rôle de l'eau dès le début de l'ennoyage**

- *Pendant l'exploitation, l'atmosphère de la mine s'oxygène dès l'ouverture des galeries. La présence conjuguée d'eau et d'oxygène de l'air dans les pores de la roche entraîne l'oxydation de la pyrite contenue principalement dans les intercalaires marneux. La dissolution de carbonates (minéraux des roches calcaires comme la calcite) limite l'acidité produite par cette première réaction et conduit à la précipitation de minéraux sulfatés tels que le gypse (sulfate de calcium). Parallèlement, les baisses locales de pH occasionnées par l'oxydation de la pyrite provoquent une dissolution lente de minéraux contenant des ions sodium, magnésium, et potassium qui se fixent à la surface des oxydes de fer.*
- *A l'arrêt des pompages d'exhaure, l'eau ennoie la mine. La dissolution du gypse formé pendant la période d'exhaure entraîne la mise en solution d'ions sulfate et calcium, ce dernier permettant à son tour par réaction d'échange la libération des ions magnésium, sodium, potassium. Les expériences de laboratoire montrent que les quantités de contaminants libérés dans l'eau du réservoir minier sont limitées : en effet, les réactions chimiques à l'origine de la formation des éléments solubles sont stoppées dès que les roches sont ennoyées.*



## **Annexe 4 :**

### **Cheminement des données piézométriques depuis l'acquisition sur le terrain à leur bancairisation dans ADES**



Les mesures manuelles sont saisies dans la base de données Molosse qui permet un export des données au format Sandre vers ADES. Les données brutes des stations de mesure automatique sont transformées via le logiciel IRIS Graph en fichier .txt puis centralisées sous le logiciel Hydras 3. Le logiciel Hydras 3 permet en effet une édition ultérieure des mesures (par mesure individuelle ou par plage de mesure). Parmi les corrections possibles figurent en outre la mise à l'échelle, la translation, la correction glissante (employée notamment pour corriger les dérives linéaires de capteurs).

Les données sont exportées d'Hydras 3 et envoyées vers la base de données locale Molosse par le biais du module « Condor » mis au point par le BRGM pour réaliser ce transfert. Molosse, qui est le module local d'ADES, est la base de données piézométriques centrale utilisée au SGR Lorraine.

Les données présentes dans la base locale Molosse sont alors exportées sur ADES à une fréquence mensuelle via le dépôt d'un fichier export .dat sur un serveur ftp (compte dédié au SGR Lorraine). L'appliquatif DAEMON collecte chaque jour de la semaine (de nuit) l'export concerné et effectue des contrôles de cohérence. Un accusé réception (ack) est généré à ce titre. Si l'export est réussi, les données sont présentes sous le site producteur ADES le lendemain de l'export et sur le site public ([www.ades.eaufrance.fr](http://www.ades.eaufrance.fr)) deux jours après l'export.

Toutes les données acquises sur la période 2008-2010 ont suivi un processus de validation. Celui-ci concerne en particulier les données acquises par les stations de mesure automatiques des niveaux, susceptibles de connaître des dérives. Le processus de validation abouti à la définition d'une codification particulière sous ADES. Cette codification est présentée en annexe 1.

En référence à la codification de l'annexe 1, les données piézométriques acquises sur la période 2008-2010 ont été bancarisées avec la codification suivante :

- Continuité : « point initial » pour les mesures manuelles mensuelles, et « point courant » pour les mesures automatiques au pas de temps journalier,
- Mode d'obtention : « valeur mesurée »,
- Qualification : « correcte » pour l'intégralité des données piézométriques bancarisées sur la période,
- Statut : « données validées de niveau NV2 ».

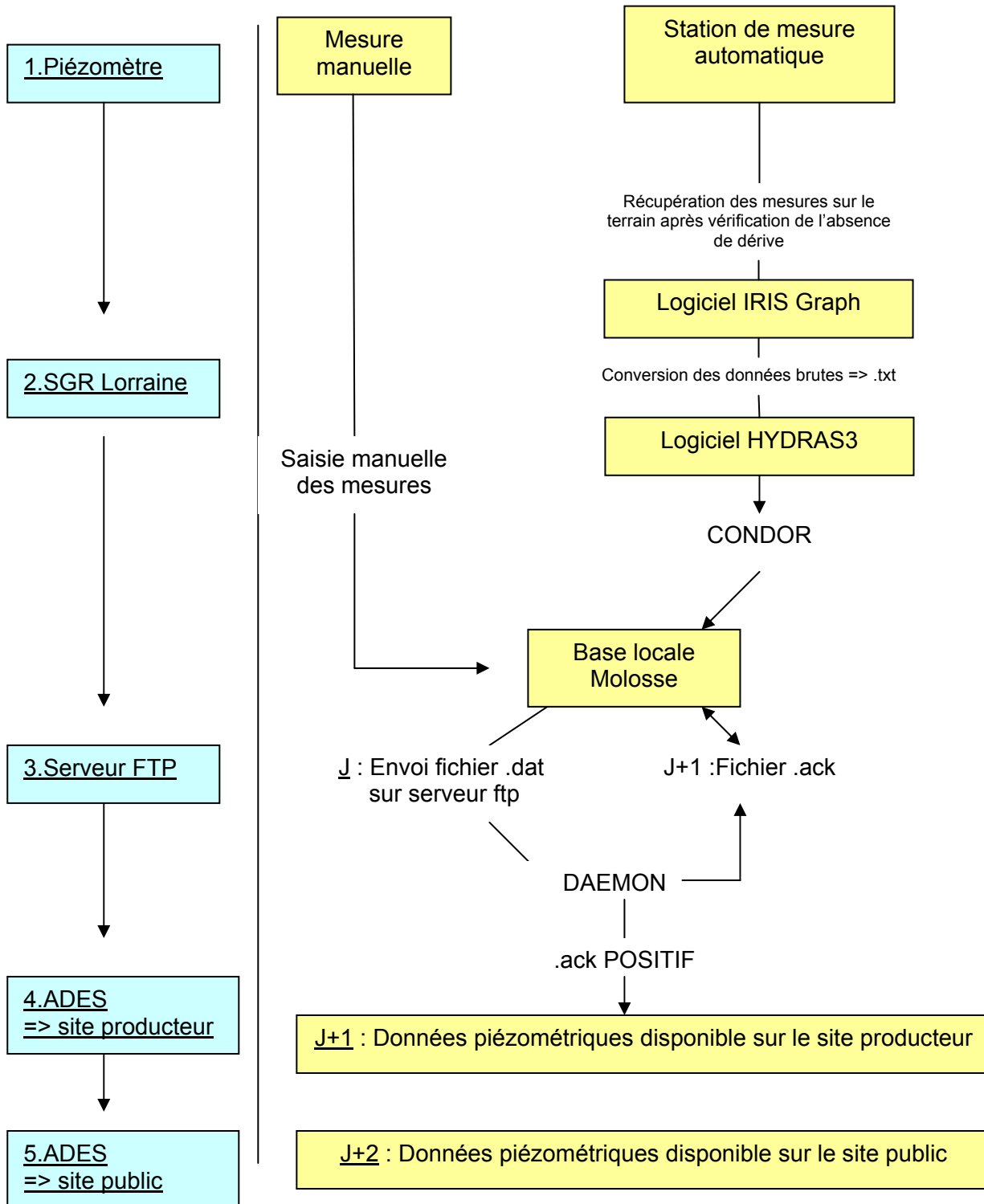


Illustration 52 : Cheminement des données piézométriques de la mesure à la banque ADES

## **Annexe 5 :**

# **Cheminement des données qualitatives depuis l'acquisition sur le terrain à leur bancarisation dans ADES**





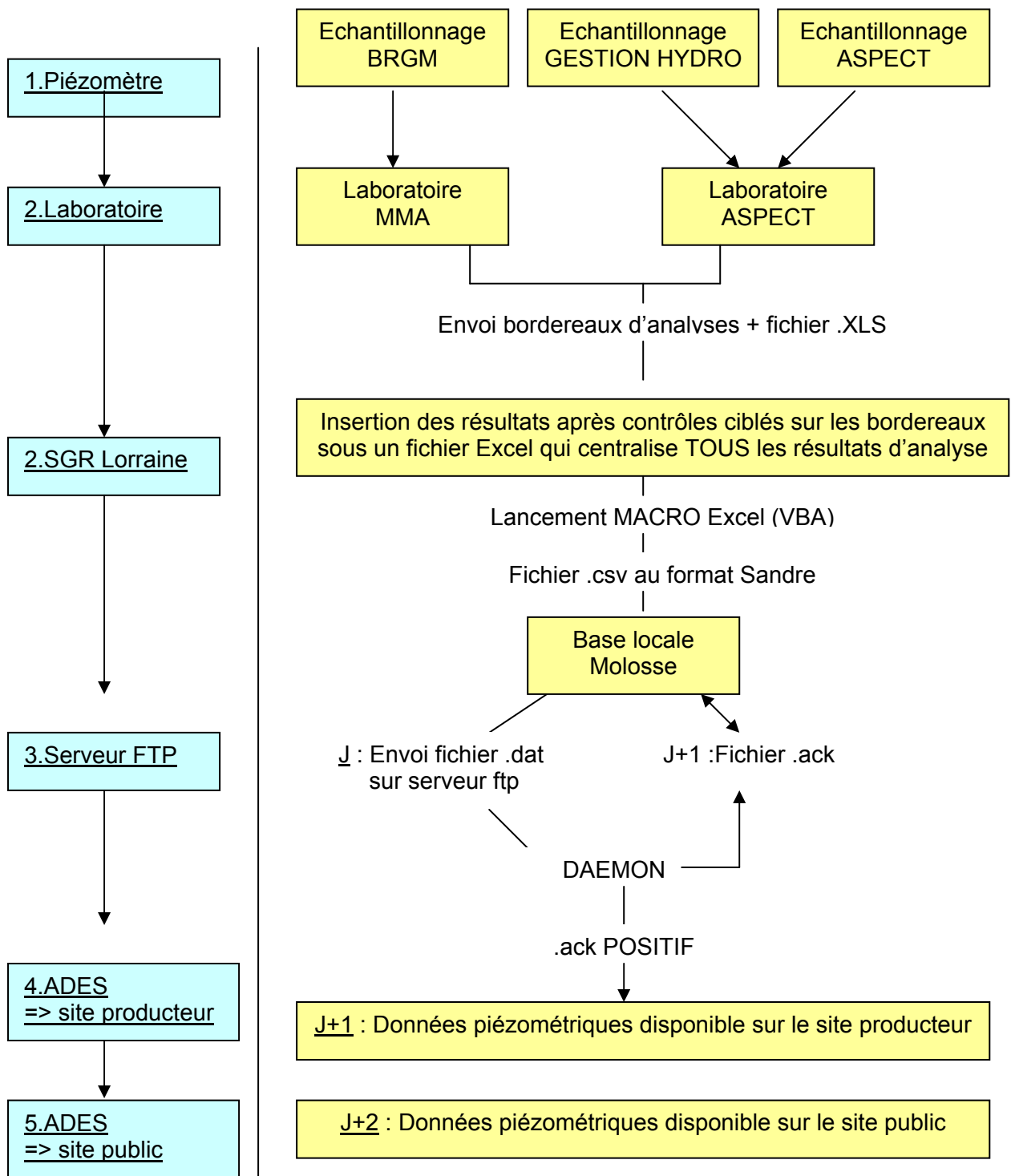


Illustration 53 : Cheminement des données sur la qualité des eaux souterraines de l'analyse en laboratoire à la bancarisation sous ADES

Les données qualitatives sont récupérées auprès des laboratoires d'analyse du BRGM (MMA) et d'Aspect. Les résultats d'analyse transmis par les laboratoires sont disponibles sous forme de bordereaux d'analyses papier et de fichier Excel. Les résultats au format numériques sont contrôlés de manière ciblée afin de vérifier leur correspondance avec les bordereaux papier. Après contrôle, les résultats sont centralisés sous un fichier XLS qui intègre une macro VBA permettant d'exporter les données sous la base locale Access (Molosse) au format Sandre. La macro permet de sélectionner les dates de début et de fin d'export, les paramètres à exporter et d'exclure des analyses.

Identification des stations

Lancement de la macro (après indication des dates de début et de fin de période d'export)

Saisie des analyses directement à partir des fichiers Excel transmis par les laboratoires

Feuille de données Au format de saisie

Feuille de données au format Sandre qui se met à jour au lancement de la macro

Champ permettant d'exclure des analyses de l'export

A	B	C	D	E	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AG	AR	
Exportation vers ADES			Sélection des paramètres (saisie "X")			X	X	X	X	X			
<p>Le séparateur ";" (point) est obligatoire (Pas de virgule !!)</p> <p>Pour saisir un résultat inférieur à une limite ("&lt;"), saisissez la valeur de la limite précédée du signe "&lt;"; "&lt;0.01" deviendra donc "&lt;0.01".</p> <p>L'export vers ADES ignore les résultats non numériques (espaces, lettres, "&lt;") entrés par erreur, vérifiez donc bien vos saisies !!</p>			<p>1) Sélectionnez les paramètres à exporter</p> <p>2) Sélectionnez les analyses à exclure</p> <p>3) Saisissez les dates de début et fin d'export</p> <p>3) Lancez l'exportation (bouton ci-dessous)</p> <p>Date de début: 01/01/2010</p> <p>Date de fin: 31/03/2010</p> <p>Lancer l'exportation au format de la feuille "AnalysesSandre"</p>			<p>Nom du paramètre</p> <p>Indice Hydrocarbone</p> <p>Coude plat en 180°</p> <p>Hydrocarbures aromatiques</p> <p>Coliformes</p> <p>Coliformes thermotolérants</p> <p>Entérocoques</p> <p>Staphylo</p>	<p>Symbole</p> <p>IHC1</p> <p>HPA</p> <p>Coli</p> <p>Therm</p> <p>Entér</p> <p>Sr</p>	<p>Unité</p> <p>microgrammes/litre</p> <p>unité</p> <p>unité</p> <p>unité</p> <p>unité</p> <p>unité</p> <p>unité</p>	<p>CMR aux points (ou valeur guide)</p> <p>CMR aux limites (ou valeur guide)</p> <p>Smol/BCE</p> <p>Catégorie SANDRE</p> <p>1442</p> <p>1445</p> <p>1447</p> <p>1448</p> <p>1450</p> <p>1451</p>	<p>*= valeurs OMS 1994</p>	<p>ANALYSES A EXCLURE (saisie "X")</p>		
Club ESS			Minitro BFL			Bassin BFL							
Nom du point de surveillance BFL			Date			Laboratoire d'analyses							
004	01372X0209	RIEYD	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	17/04/2002						2.10	Aspect Environnement
005	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	25/03/2002						2.276	Aspect Environnement
006	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	25/03/2003						2.548	Aspect Environnement
007	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	25/03/2003						2.4	Aspect Environnement
008	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	30/03/2004						1.1	Aspect Environnement
009	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	30/03/2004						2.6	Aspect Environnement
010	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	22/05/2005						2.4	Aspect Environnement
011	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	11/05/2006						2.2	Aspect Environnement
012	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	24/05/2007						2.3	Aspect Environnement
013	01372X0209	RIEYR	S10	SUD	Piezomètre Brieley B	25/05/2008						2.3	Aspect Environnement
014	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	07/03/2006	-10						Bureau de Recherches Géologiques et Minières
015	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	15/03/2006						8.502	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
016	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	19/12/2006							Bureau de Recherches Géologiques et Minières
017	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	13/03/2007							Bureau de Recherches Géologiques et Minières
018	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	05/05/2007							Bureau de Recherches Géologiques et Minières
019	01137X0171	IFPZ-11	N11	NORD	Piezomètre Chiméinie Sud	11/03/2007							Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Illustration 54 : Présentation du fichier Excel permettant la création des fichiers de résultats d'analyse au format Sandre

Les données sont envoyées vers la base de données locale Molosse sous un format .csv. Les données présentes dans la base locale Molosse sont ensuite exportées sur ADES à une fréquence semestrielle via le dépôt d'un fichier export .dat sur un serveur ftp (compte dédié au SGR Lorraine). L'appliquet DAEMON collecte chaque jour de la semaine (de nuit) l'export concerné et effectue des contrôles de cohérence. Un accusé réception (ack) est généré à ce titre. Les données sont présentes sur le site public ([www.ades.eaufrance.fr](http://www.ades.eaufrance.fr)) deux jours après l'export.





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin – BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Lorraine**  
1, avenue du parc de Brabois  
54500 – Vandoeuvre-les-Nancy  
Tél. : 03.83.44.81.49