

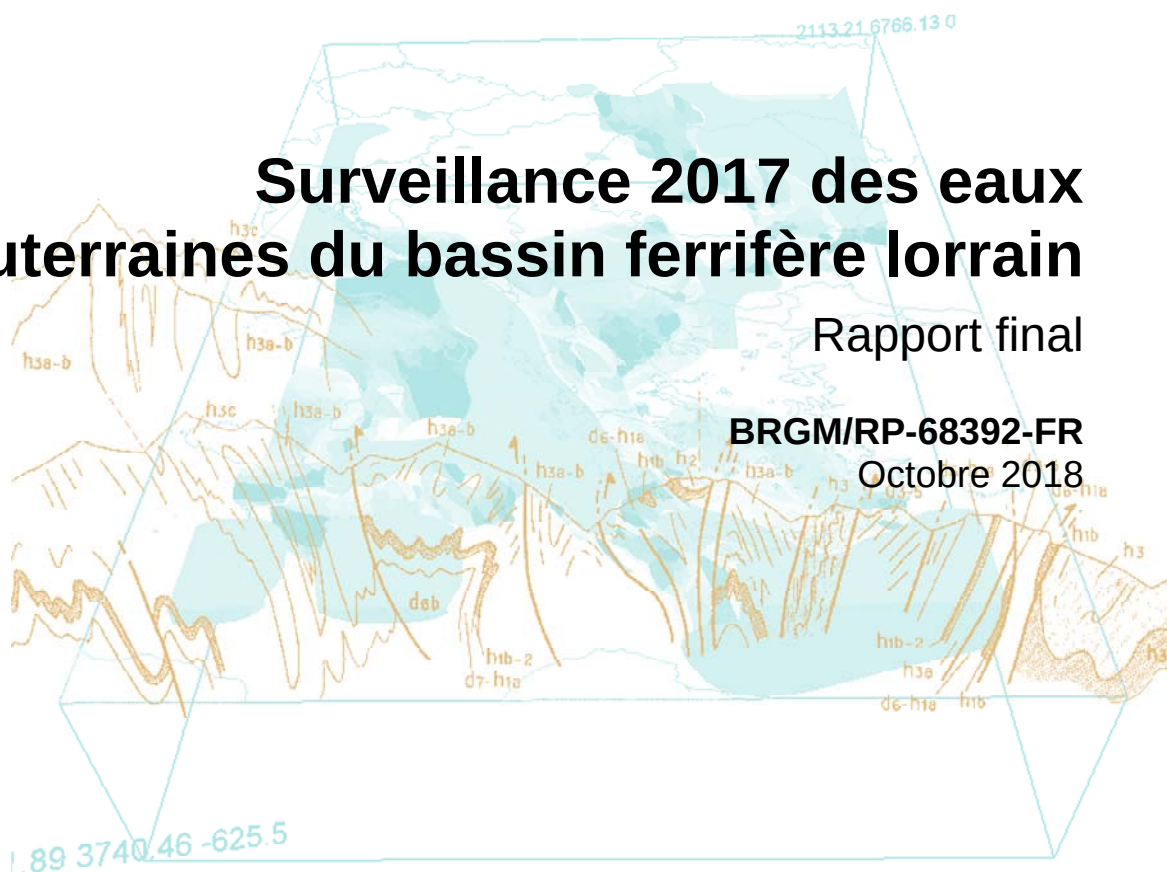


Surveillance 2017 des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain

Rapport final

BRGM/RP-68392-FR

Octobre 2018



Surveillance 2017 des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain

Rapport final

BRGM/RP-68392-FR

Octobre 2018

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM –AP17NCY034

S. Guignat

Vérificateur :

Nom : Laurent Vaute

Fonction : Hydrogéologue

Date : 23/11/2018

Signature :



Approbateur :

Nom : D. Midot

Fonction : Directeur régional Grand
Est

Date : 03/12/18

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Mots-clés : EAU SOUTERRAINE, BASSIN FERRIFERE LORRAIN, MINE ABANDONNEE, NAPPE DOGGER, RESEAU SURVEILLANCE, LORRAINE

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

Guignat S. (2018) – Surveillance 2017 des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain. Rapport final. BRGM/RP-68392-FR, 39 p., 30 ill., 1 ann.

© BRGM, **2018**, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'observatoire du bassin ferrifère lorrain a été créé en 2017 sous maîtrise d'ouvrage du BRGM en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et la région Grand Est. La DREAL Grand Est est présente en tant que partenaire technique. L'Observatoire assure, en continuité des programmes précédents, la surveillance de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain suite à l'arrêt des exhaures minières, consécutives à la fermeture des sièges et à l'ennoyage des réservoirs miniers.

La surveillance mise en place répond aux enjeux réglementaires de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et des objectifs du SAGE du bassin ferrifère. La surveillance comprend l'acquisition des données et leur interprétation en termes de fonctionnement hydrogéologique et chimique des bassins. Elle s'appuie sur un réseau opérationnel constitué de 41 stations dont 24 qualimètres, 11 piézomètres et 6 stations hydrométriques mixtes (qualitatif et quantitatif) situées au niveau des points de débordements des réservoirs. Le programme qualitatif comprend deux types d'analyse : les analyses « étendues » portant sur 13 déterminations et les analyses « réduites » correspondant à l'analyse de l'ion sulfate et des paramètres physico-chimiques. Les premières sont réalisées à une fréquence annuelle et les secondes à une fréquence trimestrielle. Les résultats des surveillances qualitative et quantitative menées dans le cadre de la Directive Cadre Européenne ainsi que les résultats du suivi des eaux destinées à l'alimentation en eau potable sont également intégrés et valorisés dans le cadre de ce projet.

Le programme de surveillance de l'Observatoire est défini par une convention trisannuelle de 2017 à 2019. Ce rapport rend compte des études et travaux réalisés en 2017 dans le cadre de cette convention.

Certaines prestations sont externalisées comme les mesures de débits, l'échantillonnage et les analyses réduites aux points de débordement, la réalisation des analyses étendues annuelles et l'équipement des stations piézométriques.

La pérennisation de l'accès aux ouvrages appartenant à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a été renforcée par la signature de conventions de bail comprenant un état des lieux pour 16 stations.

Concernant le suivi quantitatif, le réseau de surveillance a été modernisé avec le renouvellement de l'équipement de quatre stations et la mise en place de la télétransmission des données de mesure. Deux tournées de maintenance préventive ont été réalisées en janvier et en juillet pour la récupération des données piézométriques et l'entretien des stations. Une trentaine de mesures de débit en sortie de chenal des réservoirs ont été réalisées et ont permis d'évaluer les volumes des débordements.

Concernant la surveillance qualitative, les prélèvements aux points de débordement ont été réalisés à une fréquence trimestrielle pour les analyses réduites et en septembre pour les analyses étendues. Les prélèvements profonds ont été réalisés en septembre 2017 au droit de 9 stations. Un qualimètre n'a pu être prélevé en raison de la rupture de l'échantillonneur.

Les données piézométriques et les résultats d'analyses chimiques ont été bancarisées dans la Banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (<http://www.adeseaufrance.fr/>) à une fréquence semestrielle et annuelle. Ces données sont accessibles via les codes SANDRE des deux réseaux unitaires mentionnés ci-dessus.

Pour l'année 2017, les volumes de débordement des réservoirs miniers s'élèvent respectivement à 44, 18 et 6 millions de m³ pour les réservoirs Sud, Nord et Centre. L'année 2017 se caractérise par des débits de débordement particulièrement faibles, inférieurs de 35 % à la moyenne pluriannuelle 2012-2017

Certains résultats analytiques fournis par le laboratoire d'analyse sont douteux ce qui ne permet pas de compléter les chroniques d'évolution des concentrations en sulfates. Pour la campagne 2018, le BRGM procédera à un contrôle analytique des ions majeurs pour 4 stations. Les autres paramètres ont été comparés graphiquement à la moyenne des moyennes annuelles et aux valeurs seuil. Un dépassement quasi-systématique de la valeur seuil est observé pour les ions majeurs conductivité, sulfates, magnésium et calcium, pour les métaux manganèse et fer, et pour l'ammonium. Les produits phytosanitaires et les hydrocarbures sont inférieurs aux valeurs seuils.

Deux chroniques d'information semestrielles présentant ces résultats ont été publiées en 2017 et sont accessibles depuis le Système d'information pour la gestion des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse (<http://sigesrm.brgm.fr/>).

Pour la suite du programme, il est prévu, outre la continuité de la surveillance qualitative et quantitative mise en place : le renouvellement progressif du matériel trop ancien ou défectueux, l'identification des propriétaires privés des parcelles sur lesquelles sont implantés les ouvrages sans convention, une analyse de l'évolution des principaux paramètres dépassant les valeurs seuils, et enfin une évaluation des flux de solutés apportés aux cours d'eau.

Sommaire

Introduction	7
1. Gouvernance de l'observatoire	9
1.1. SUIVI DES CONVENTIONS D'ACCES AUX STATIONS	9
1.2. PRESTATIONS EXTERNALISEES.....	11
2. Résultat de la surveillance 2017	13
2.1. SURVEILLANCE QUANTITATIVE	15
2.1.1. Acquisition et bancarisation des données piézométriques	15
2.1.2. Acquisition et bancarisation des données de débit de débordement	15
a) Réservoir Nord.....	16
b) Réservoir Centre.....	16
c) Réservoir Sud	17
2.1.3. Travaux d'aménagement et renouvellement d'équipement	17
2.1.4. Résultats.....	20
a) Réservoir Nord.....	20
b) Réservoir Centre.....	22
c) Réservoir Sud	24
d) Synthèse sur les débordements des réservoirs Nord et Centre.....	26
2.2. SURVEILLANCE QUALITATIVE.....	27
2.2.1. Fréquence et type d'analyses	28
2.2.2. Protocole d'échantillonnage :	28
2.2.3. Analyses	30
2.2.4. Résultats.....	30
2.2.5. Evolution des autres paramètres.....	33
3. Les chroniques semestrielles	37
4. Conclusion.....	39

Liste des figures

Illustration 1 : Liste des stations avec signature de convention	9
Illustration 2 : Liste des stations de l'Observatoire avec convention.....	10
Illustration 3 : Liste des stations de l'Observatoire sans convention.....	10
Illustration 4 : Liste des stations des réseaux et type de surveillance	13
Illustration 5 : Carte d'implantation des stations des réseaux de surveillance.....	14

Illustration 6 : Jaugeage au micromoulinet du Conroy	16
Illustration 7 : Mesure de débit par bateau Doppler en sortie de galerie de Moyeuve-Grande	17
Illustration 8 : Photographie avant et après aménagement des stations C11e t C12	18
Illustration 9 : Equipement de la station du Woigot	19
Illustration 10 : Equipement de la station du Conroy.....	19
Illustration 11 : Evolution des niveaux du réservoir Nord depuis la fin de l'ennoyage	20
Illustration 12 : Chronique 2017 du réservoir Nord et statistique mensuelle	21
Illustration 13 : Evolution des niveaux du réservoir Centre depuis la fin de l'ennoyage	22
Illustration 14 : Chronique 2017 du réservoir Centre et statistique mensuelle.....	23
Illustration 15 : Evolution des niveaux du réservoir Sud	24
Illustration 16 : Chronique 2017 du réservoir Sud et statistique mensuelle	25
Illustration 17 : Corrélation entre niveau piézométrique et débit de débordement.....	26
Illustration 18 : Synthèse des volumes annuels de débordement.....	27
Illustration 19 : Liste des stations avec surveillance qualitative	27
Illustration 20 : Prélèvements directs sur les stations du Woigot et de la Paix	29
Illustration 21 : Exemple de préleveur de fond	29
Illustration 22 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Nord	30
Illustration 23 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Centre	31
Illustration 24 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Sud.....	31
Illustration 25 : Corrélation conductivité / concentration en sulfate et analyse 2017	32
Illustration 26 : Bornes et classes de l'écart relatif de la Mma aux valeurs seuils	33
Illustration 27 : Valeurs seuils retenues.....	33
Illustration 28 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Nord (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre).....	34
Illustration 29 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Centre (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre).....	34
Illustration 30 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Sud (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre).....	35

Liste des annexes

Annexe 1 : Chroniques semestrielles	41
---	----

Introduction

Le bassin ferrifère Lorrain a été le siège d'une intense extraction de minerai de fer : 3 milliards de tonnes ont été extraites sur une période de près de 150 ans. L'exploitation de ces gisements est aujourd'hui arrêtée. La dernière exploitation minière a fermé en 1997.

Lors de l'exploitation du minerai de fer, le creusement de galeries et le foudroyage des piliers ont fracturé les marnes micacées, écran imperméable situé entre les vides miniers de la formation ferrifère et la nappe des calcaires du Dogger sus-jacente. Cette fracturation a provoqué d'importantes pertes d'eau de la nappe du Dogger vers les vides miniers. Des pompages d'exhaure ont dû être mis en place pour permettre à l'extraction du minerai de fer de se poursuivre. L'arrêt des exhaures minières, consécutives à la fermeture des sièges, a entraîné l'ennoyage du réservoir minier et a conduit à de nouvelles modifications du régime des eaux souterraines et superficielles ainsi qu'à l'altération de leur qualité. Il en résulte des impacts lourds vis-à-vis des usages (alimentation en eau), des risques naturels (variation du débit des cours d'eau, remontée progressive de la nappe du Dogger) et des conditions d'alimentation des cours d'eau en période d'étiage.

D'anciens ouvrages miniers spécialement aménagés ont été retenus dans chaque réservoir comme points de débordement de la zone ennoyée, ou comme exutoires aux écoulements se produisant dans la zone située hors ennoyage.

Des réseaux de surveillance des eaux souterraines ont été constitués depuis 1993 notamment 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.

La surveillance mise en place dans le cadre de l'Observatoire répond aux enjeux réglementaires de la DCE et aux objectifs du SAGE en assurant la surveillance qualitative et quantitative des réservoirs miniers Nord, Centre et Sud ainsi que des aquifères sus-jacents qui les alimentent : calcaires du Dogger et alluvions de la Fensch.

Le présent rapport constitue le rapport de synthèse de la surveillance effectuée pour l'année 2017. Il présente les opérations de gouvernance mise en place ainsi que les travaux réalisés et les résultats de cette surveillance.

1. Gouvernance de l'observatoire

1.1. SUIVI DES CONVENTIONS D'ACCES AUX STATIONS

Les ouvrages de l'Observatoire équipés en station de mesure appartiennent à des propriétaires privés ou publics (collectivités). Certains d'entre eux ont été rétrocédés par les exploitants miniers à des collectivités publiques comme les syndicats des eaux ou les communes. D'autres ont été créés par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse dans le cadre de la surveillance des aquifères.

En 2017, les travaux de concertations menés auprès des propriétaires des parcelles sur lesquels sont implantées les ouvrages appartenant à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ont abouti à la signature de conventions comprenant un état des lieux pour les 16 stations suivantes :

INDICE BFL	TYPE OUVRAGE	NOM	COMMUNE	CONVENTION
N15	Piézomètre	Pz. Fensch aval 1	KNUTANGE	contrat de bail privé
N16	Piézomètre	Pz. Fensch amont 2	KNUTANGE	occupation domaine public
N12	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	BOULANGE	contrat de bail privé
N13	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	BOULANGE	contrat de bail privé
N3	Puits de mine	Puits Ferdinand Grise	TRESSANGE	occupation domaine public
N3bis	Puits de mine	Puits Ferdinand Jaune	TRESSANGE	occupation domaine public
N5	Puits de mine	Puits Cheminée Sud Grise	BOULANGE	occupation domaine public
N6	Puits de mine	Puits Boulange Grise	BOULANGE	occupation domaine public
N7	Piézomètre	Pz. Angevillers Grise	HAVANGE	occupation domaine public
N8	Puits de mine	Puits Havange Brune	FONTOY	contrat de bail privé
N14bis	Galerie	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	KNUTANGE	contrat de bail privé
N17	Puits de mine	Puits Errouville III	ERROUVILLE	occupation domaine public
N1	Piézomètre	François Grise	AUMETZ	occupation domaine public
N2	Piézomètre	François Brune	AUMETZ	occupation domaine public
N9	Puits de mine	Puits Bure Jaune Sauvage	TRESSANGE	occupation domaine public
N10	Piézomètre	Errouville Brune	ERROUVILLE	contrat de bail privé
ouvrages hors observatoire				

Illustration 1 : Liste des stations avec signature de convention

Les 4 ouvrages sur fond grisé (N1, N2, N9 et N10) ne font pas l'objet d'une surveillance et ne font pas partie de l'Observatoire. Afin de clarifier leur situation juridique, ces ouvrages seront intégrés à l'Observatoire lors de la prochaine convention.

Pour l'ensemble de l'Observatoire, en 2017, l'accès et l'exploitation à des fins de mesures de surveillance de 21 stations sont contractualisés par une convention, tandis que 20 stations ne disposent pas de convention. Les tableaux des deux illustrations ci-dessous dressent un bilan des stations avec et sans convention :

	INDICE BFL	TYPE OUVRAGE	NOM	COMMUNE	CONVENTION
NORD	N15	Piézomètre	Pz. Fensch aval 1	KNUTANGE	contrat de bail privé
	N16	Piézomètre	Pz. Fensch amont 2	KNUTANGE	occupation domaine public
	N12	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	BOULANGE	contrat de bail privé
	N13	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	BOULANGE	contrat de bail privé
	N3	Puits de mine	Puits Ferdinand Grise	TRESSANGE	occupation domaine public
	N3bis	Puits de mine	Puits Ferdinand Jaune	TRESSANGE	occupation domaine public
	N5	Puits de mine	Puits Cheminée Sud Grise	BOULANGE	occupation domaine public
	N6	Puits de mine	Puits Boulange Grise	BOULANGE	occupation domaine public
	N7	Piézomètre	Pz. Angevillers Grise	HAVANGE	occupation domaine public
	N8	Puits de mine	Puits Havange Brune	FONTOY	contrat de bail privé
	N14bis	Galerie	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	KNUTANGE	contrat de bail privé
	N17	Puits de mine	Puits Errouville III	ERROUVILLE	occupation domaine public
CENTRE	C11	Piézomètre	Pz. P1 - St-Pierremont	AVRIL	servitude de passage
	C12	Piézomètre	Pz. P2 - St-Pierremont	AVRIL	servitude de passage
	C10	Piézomètre	Pz. Mance bis	MANCE	occupation domaine public
SUD	S13	Piézomètre	Pz. H1 - Hatrizze	HATRIZE	servitude de passage
	S16	Piézomètre	Pz. V105 - Ville / Yron	VILLE-SUR-YR	contrat de bail privé
	S17	Piézomètre	Pz. V19 - Ville / Yron	VILLE-SUR-YR	contrat de bail privé
	S9	Piézomètre	Pz. Briey A	BRIEY	servitude de passage
	S10	Piézomètre	Pz. Briey B	BRIEY	servitude de passage
	S11	Piézomètre	Pz. Conroy aval	NEUFCHÉF	servitude de passage

Illustration 2 : Liste des stations de l'Observatoire avec convention

	INDICE BFL	TYPE OUVRAGE	NOM	COMMUNE
NORD	N20	Piézomètre	Pz. Fontoy nord	FONTOY
	N21	Piézomètre	Pz. Fontoy sud	FONTOY
	N11	Piézomètre	Pz. Cheminée Sud	BOULANGE
	N18	Galerie	Gal. de Metzange (Charles)	THIONVILLE
BURBACH	Bu1	Galerie	Gal. de Burbach	ALGRANGE
CENTRE	C1	Forage	For. Ferme de Mance	MANCE
	C6	Piézomètre	Pz. A15 - Avril amont	AVRIL
	C21	Cours d'eau	Conroy - station hydrométrique	MOYEUVRE-GRANDE
	C7	Piézomètre	Pz. A25 - Avril aval	AVRIL
	C8	Piézomètre	Pz. Chevillon artésien	AVRIL
	C2	Forage	For. Route Blanche	FONTOY
	C3	Galerie	Gal. de Bois d'Avril	NEUFCHÉF
	C5	Galerie	Gal. du Woigot	MANCIEULLES
	C13	Puits de mine	Puits Amermont III	DOMMARY-BARONCOURT
SUD	C14	Puits de mine	Puits Anderny II	TUCQUEGNIEUX
	Ha1	Piézomètre	Pz. Hayange Sud	NEUFCHÉF
	S15	Piézomètre	Pz. M2 - Paradis aval	MOINEVILLE
	S23	Puits de mine	Puits Roncourt I	RONCOURT
	S4	Galerie	Gal. du chenal de Moyeuve	MOYEUVRE-GRANDE
	S14	Piézomètre	Pz. M1 - Paradis aval	MOINEVILLE

Illustration 3 : Liste des stations de l'Observatoire sans convention

Concernant les stations sans convention, le BRGM va identifier en 2019 les propriétaires privés des parcelles sur lesquelles sont implantés ces ouvrages afin de préparer les futures conventions.

1.2. PRESTATIONS EXTERNALISEES

Certaines prestations du programme ne sont pas réalisées directement par le BRGM. Il s'agit de la réalisation des mesures de débits, de la mise à jour des courbes de tarage, de l'échantillonnage et des analyses réduites trimestrielles aux points de débordement, des analyses étendues annuelles et de l'équipement des stations piézométriques. Pour le choix des prestataires de service, le BRGM a procédé à des consultations d'entreprises. Suite à l'analyse des offres, les mesures de débits et l'échantillonnage aux points de débordement ont été confiées au bureau d'étude Gestion Hydro, la réalisation des analyses étendues annuelles a été confiée au laboratoire ALPA CAE et l'équipement des stations piézométriques à la société HydroServices.

2. Résultat de la surveillance 2017

L'opération 2017 a consisté en la surveillance :

- des débits de débordement des réservoirs miniers (5 stations) ;
- des niveaux piézométriques des réservoirs miniers, de l'aquifère des calcaires du Dogger et des alluvions de la Fensch (11 stations) ;
- de la qualité des eaux souterraines des réservoirs miniers (16 stations).

Les résultats des surveillances qualitative et quantitative menées dans le cadre de la Directive Cadre Européenne ainsi que ceux du suivi des eaux destinées à l'alimentation en eau potable sont également intégrés et valorisés dans le cadre de ce projet.

Le tableau de l'illustration ci-dessous recense les stations surveillées en 2017 par bassin minier, aquifère surveillé et type de surveillance. La carte de l'illustration ci-dessous permet de localiser ces stations au sein des bassins miniers. Les stations suivies hors observatoire apparaissent sur fond gris dans la colonne type de surveillance du tableau et correspondent aux étiquettes à fond gris sur la carte.

	INDICE BFL	NOM	TYPE D'OUVRAGE	COMMUNE	AQUIFERE CAPTE	Type de surveillance	
						Quantitative	Qualitative
NORD	N15	Pz. Fensch aval 1	piézomètre	KNUTANGE	Alluvions de la Fensch	X	
	N16	Pz. Fensch amont 2	piézomètre	KNUTANGE	Alluvions de la Fensch	X	
	N12	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	piézomètre	BOULANGE	Calcaires du Dogger	X	
	N13	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	piézomètre	BOULANGE	Calcaires du Dogger	X	
	N20	Pz. Fontoy nord	piézomètre	FONTOY	Calcaires du Dogger	X	
	N21	Pz. Fontoy sud	piézomètre	FONTOY	Calcaires du Dogger	X	
	N3	Puits Ferdinand Grise	puits	TRESSANGE	Réservoir minier		X
	N3bis	Puits Ferdinand Jaune	puits	TRESSANGE	Réservoir minier		X
	N5	Puits Cheminée Sud Grise	puits	BOULANGE	Réservoir minier	X	X
	N6	Puits Boulange Grise	puits	BOULANGE	Réservoir minier		X
	N7	Pz. Angevillers Grise	piézomètre	HAVANGE	Réservoir minier		X
	N8	Puits Havange Brune	puits	FONTOY	Réservoir minier	X	
	N14bis	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	point de débordement	KNUTANGE	Réservoir minier	X	X
CENTRE	N17	Puits Errouville III	puits	ERROUVILLE	Réservoir minier		X
	N18	Gal. de Metzange (Charles)	point de débordement	THONVILLE	Réservoir minier		X
	C9	Pz. M52 - Mance	piézomètre	MANCE	Calcaires du Dogger	X	
	C11	Pz. P1 - St-Pierremont	piézomètre	AVRIL	Calcaires du Dogger	X	
	C12	Pz. P2 - St-Pierremont	piézomètre	AVRIL	Calcaires du Dogger	X	
	C21	Conroy - station hydrométrique	cours d'eau	MOYEUVE-GRANDE	Cours d'eau Conroy	X	X
	C8	Pz. Chevillon artésien	piézomètre	AVRIL	Formation ferrifère non exploitée		X
	C2	For. Route Blanche	forage	FONTOY	Réservoir minier		X
	C3	Gal. de Bois d'Avril	point de débordement	NEUFCHÉF	Réservoir minier	X	X
	C5	Gal. du Woigot	point de débordement	MANCIEULLES	Réservoir minier	X	X
SUD	C13	Puits Amermont III	puits	DOMMARY-BARONCOURT	Réservoir minier		X
	C14	Puits Anderny II	puits	TUCQUEGNIEUX	Réservoir minier		X
	C16	Puits St-Pierremont	puits	MANCIEULLES	Réservoir minier	X	X
	S15	Pz. M2 - Paradis aval	piézomètre	MOINEVILLE	Calcaires du Dogger	X	
	S16	Pz. V105 - Ville / Yron	piézomètre	VILLE-SUR-YRON	Calcaires du Dogger	X	
	S18	Pz. Vernéville	piézomètre	VERNEVILLE	Calcaires du Dogger	X	
	S23	Puits Roncourt I	puits	RONCOURT	Réservoir minier		X
	S4	Gal. du chenal de Moyeuve	point de débordement	MOYEUVE-GRANDE	Réservoir minier	X	X
	S14	Pz. M1 - Paradis aval	piézomètre	MOINEVILLE	Réservoir minier - Zone foudroyée	X	
	S19	Puits Auboué I	puits	AUBOUÉ	Réservoir minier	X	

Illustration 4 : Liste des stations des réseaux et type de surveillance

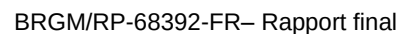


Illustration 5 : Carte d'implantation des stations des réseaux de surveillance

Les réseaux de l'Observatoire sont déclarés sur ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines : www.ades.eaufrance.fr) sous les codes SANDRE suivant :

- 0200000018 : réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain ;
- 0200000013 : réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain.

Les données de surveillance bancarisées dans la banque ADES peuvent être consultées et téléchargées.

Le Système d'information pour la gestion des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse (SIGES) fournit un accès simplifié à ces données ainsi qu'à un grand nombre d'autres données relatives aux eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse (sigesrm.brgm.fr).

2.1. SURVEILLANCE QUANTITATIVE

2.1.1. Acquisition et bancarisation des données piézométriques

La surveillance piézométrique concerne 17 stations implantées au droit du réservoir minier Nord (2 stations), Centre (1 station) et Sud (2 stations dont 1 dans la zone foudroyée), de l'aquifère du Dogger (10 stations) et des alluvions de la Fensch (2 stations).

Des appareils de mesure automatique des niveaux piézométriques (sondes pression) installés sur ces stations permettent d'acquérir une mesure en continu. Seule est bancarisée la valeur piézométrique maximale journalière.

Deux maintenances préventives semestrielles ont été réalisées en 2017, la première en janvier et la seconde en juillet. Au cours de ces maintenances, un contrôle du niveau piézométrique est réalisé et un nouveau paramétrage de la sonde enregistreuse est effectué si une divergence entre les niveaux mesurés manuellement et par la sonde est constatée. Les batteries des appareils sont vérifiées et changées si besoin, et de façon systématique pour les appareils de télétransmission.

Les données sont validées et bancarisées dans la banque de données ADES à l'issue de chaque maintenance préventive, c'est-à-dire à une fréquence semestrielle.

2.1.2. Acquisition et bancarisation des données de débit de débordement

Les données de débit sont acquises pour 4 points de débordement des réservoirs Nord, Centre et Sud. Ces points de débordement sont les stations N14bis pour le réservoir Nord, C5, et C3 pour le réservoir Centre et S4 pour le réservoir Sud. Des mesures sont également effectuées sur le cours d'eau du Conroy au niveau de la station hydrométrique C21. Située à l'aval de la confluence Conroy-Chevillon, la station hydrométrique est équipée d'un capteur de niveau d'eau et de conductivité. Elle permet d'effectuer les calculs de débits de fuite du réservoir Centre.

Les opérations de mesures de débits sur ces stations ont été confiées au bureau d'études Gestion_Hydro.

a) Réservoir Nord

Le débit de débordement de la galerie des eaux (N14 bis) et de la Paix est obtenu par calcul à partir du niveau piézométrique du réservoir mesuré au puits Havange (N8) ou au puits Cheminée Sud à Boulange (N5). Les données de hauteurs d'eau enregistrées en continu sont converties en débits grâce à une courbe de tarage établie par modélisation en 2005 avant l'envoyage du réservoir Nord.

b) Réservoir Centre

Les débits des stations C5 – galerie du Woigot, C21 station du Conroy et C3 – galerie de Bois d'Avril sont obtenus par mesure de la hauteur d'eau convertie par calcul en débit par une courbe de tarage.

Une courbe de tarage est établie pour chaque station et mise à jour annuellement. Des sections ont été aménagées avec des seuils de débordement afin de garantir un écoulement laminaire au droit de la section de mesure. Des jaugeages au micromoulinet sont effectués à une fréquence semestrielle pour ajuster ces courbes de tarage et prendre en compte l'évolution des sections de mesure.



Illustration 6 : Jaugeage au micromoulinet du Conroy

L'acquisition des hauteurs d'eau s'effectue par mesure automatique via des stations hydrométriques composées d'appareils d'enregistrement au pas de temps horaire. Ces stations sont installées au droit de la section aménagée. Une échelle limnimétrique permet le contrôle visuel de la hauteur d'eau.

c) Réservoir Sud

L'accès à la station S4 - galerie du chenal de Moyeuvre-Grande est très contraint, que ce soit en période de hautes eaux en raison de fortes turbulences ou en période d'étiage en raison de la présence de gaz dans la galerie. Du fait de ces difficultés d'accès, l'installation d'une sonde de mesure de hauteur d'eau est délicate et des problèmes récurrents de maintenance sont apparus.

Une autre méthode de mesure a donc été recherchée. En 2017, 20 mesures de débit en sortie du chenal ont été réalisées, à raison d'au moins deux mesures mensuelles à partir du mois de mai. En fonction des conditions hydrauliques, deux modes de mesures sont employés : mesures au micro-moulinet en période de basses eaux et mesure à effet Doppler en périodes de hautes eaux.



Illustration 7 : Mesure de débit par bateau Doppler en sortie de galerie de Moyeuvre-Grande

Pour reconstituer la chronique de débit de débordement du réservoir Sud, une corrélation entre le niveau piézométrique du réservoir Sud et le débit de débordement est établie progressivement de manière à permettre notamment le calcul des volumes annuels de débordement.

2.1.3. Travaux d'aménagement et renouvellement d'équipement

En 2017, le réseau de surveillance a été modernisé avec le renouvellement de l'équipement de quatre stations et la mise en place de la télétransmission des données de mesure. Dorénavant, les données de mesure sont transmises via le GPRS (*General Packet Radio Service*) quotidiennement sur un compte ftp. Des supports spécifiques ont été dimensionnés et adaptés à la configuration de chaque station et le matériel de télétransmission est déporté sur mât de support.

Ces aménagements concernent deux stations piézométriques et deux stations hydrométriques.

Pour les stations piézométriques, il s'agit des ouvrages C11 d'indice national 01373X0132/P01 et C12 d'indice national 01373X0133/P02 qui captent les calcaires du dogger à Saint-Pierremont.

L'illustration ci-dessous présente une photographie du matériel installé sur le réseau (sonde de pression reliée à une centrale d'enregistrement et à un module de télétransmission « DIPPER PT avec SLIMCOM » - Seba ©).



Illustration 8 : Photographie avant et après aménagement des stations C11e t C12

Pour les stations hydrométriques, il s'agit des stations C3 – galerie de Bois d'Avril à Neufchef et C21 – station du Conroy à Moyeuvre-Grande.

Les photographies de l'illustration suivante présente les équipements mis en place pour la stations de mesure de débit du Woigot -C3.



Illustration 9 : Equipement de la station du Woigot

Les photographies de l'illustration suivante présentent les équipements mis en place pour la station de mesure de débit et de conductivité du Conroy - C21.



Illustration 10 : Equipement de la station du Conroy

2.1.4. Résultats

a) Réservoir Nord

Le niveau du réservoir minier est contrôlé par ses deux points de débordements situés à la cote 207,57 m NGF pour la galerie des eaux (N14bis) et 208,85 m NGF pour la galerie de la Paix. Ces deux galeries superposées et parallèles sont en communication par l'intermédiaire d'un réservoir interne. En période de basses eaux, l'eau déborde par la galerie des eaux. En période de moyennes eaux, lorsque le niveau du réservoir dépasse la cote 208,85 m NGF, soit pour un débit de débordement supérieur à 2,3 m³/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.

Ce fonctionnement est mis en évidence dans l'illustration ci-dessus qui présente les chroniques acquises depuis l'ennoyage (2008) à fin 2017 au droit des stations :

- N14bis - point de débordement de la galerie des eaux et de la Paix représenté par la courbe rouge avec une mesure de débit en m³/s ;
- N5 - puits Cheminée Sud à Boulange d'indice national 01137X0175/PTS-5 représenté par la courbe bleue avec une mesure de niveaux du réservoir en m NGF.

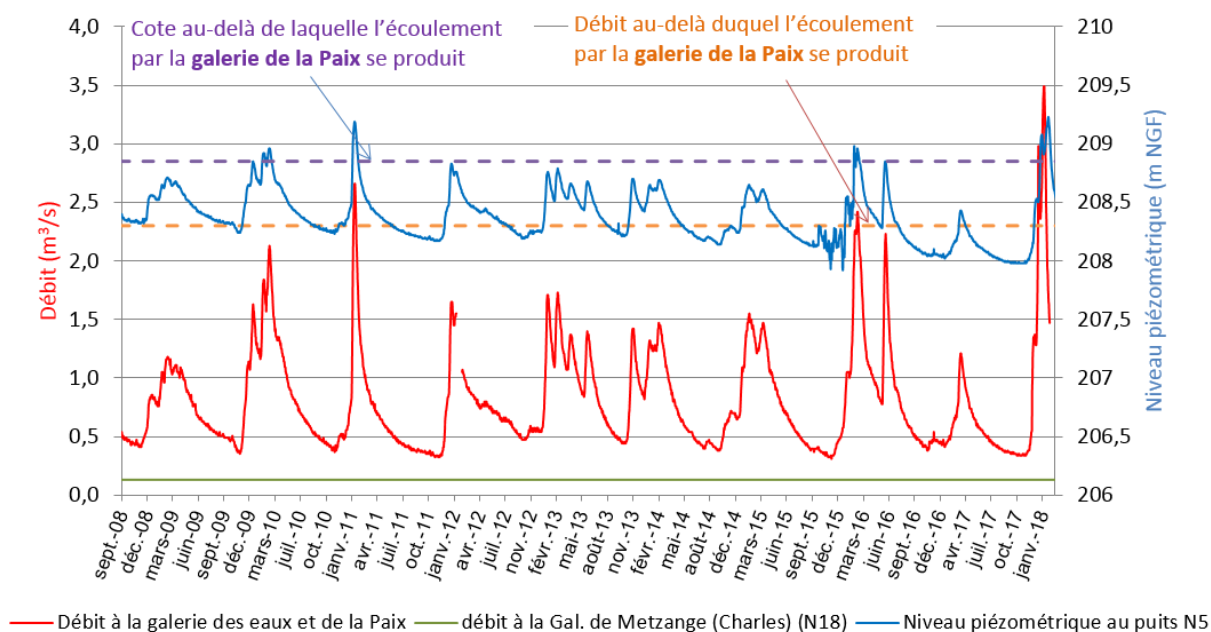


Illustration 11 : Evolution des niveaux du réservoir Nord depuis la fin de l'ennoyage

Le graphique de l'illustration ci-dessous présente la chronique piézométrique 2017 du réservoir Nord mesurée à la station N5 et permet de la comparer aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrée depuis l'ennoyage (2008) jusqu'à l'année n-1 (2016). La pluviométrie et la pluie efficace mesurées au droit de la station météorologique d'Errouville (54) sont également reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

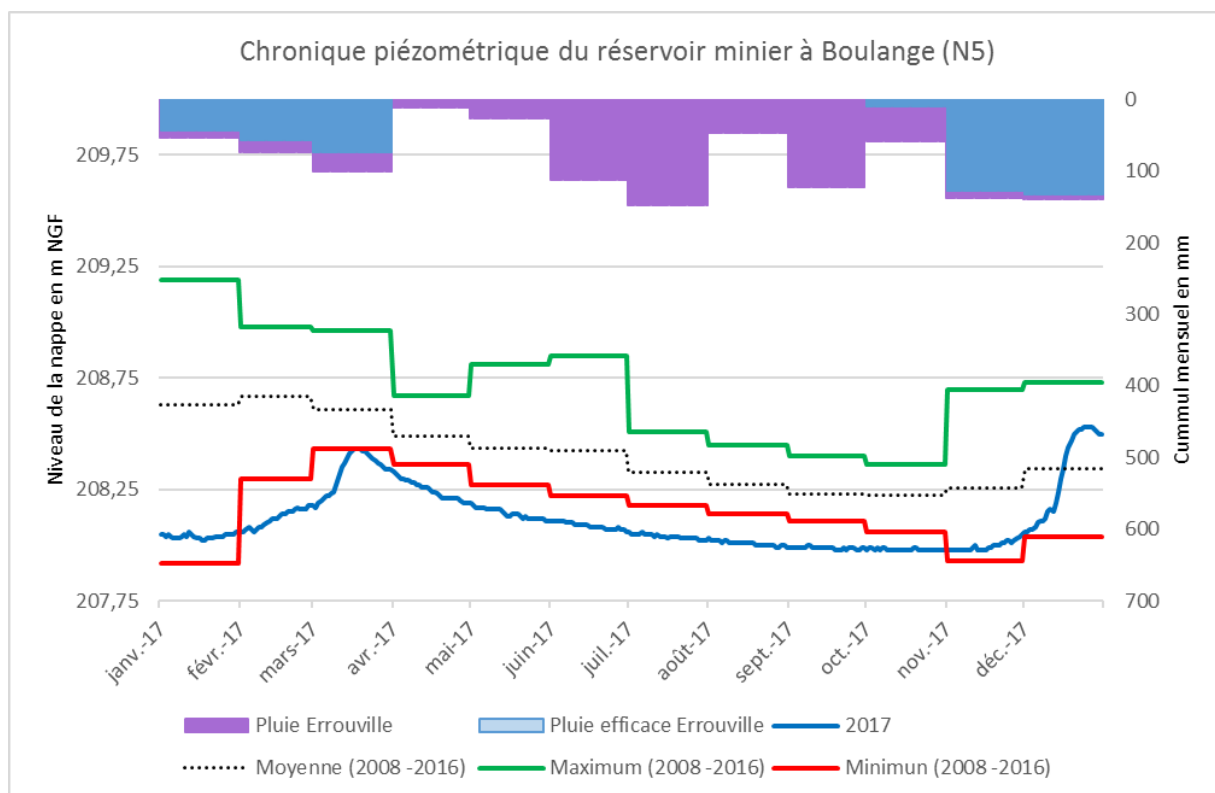


Illustration 12 : Chronique 2017 du réservoir Nord et statistique mensuelle

Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau piézométrique du réservoir minier évolue entre les cotes 207,9 et 209,3 mètres avec un battement de 1,4 mètres et un niveau moyen situé à 208,4 mètres.

Après un étiage prolongé en 2016, l'année 2017 est caractérisée par des niveaux particulièrement bas. La faible recharge du début de printemps n'a pas permis au réservoir de retrouver ses niveaux habituels et le réservoir a entamé sa décharge dès le mois de mars. On observe notamment des cotes inférieures aux minimums mensuels enregistrés depuis 2008 durant 9 mois consécutifs, de février à octobre. Le niveau n'a commencé à remonter qu'au cours du dernier mois de l'année après les importants épisodes pluvieux du début d'hiver.

Le débit de débordement suit la même tendance que le niveau piézométrique.

Le volume d'eau qui a débordé au cours de l'année 2017 au droit du réservoir Nord est de 18,7 millions de m³ (dont 12,6 au cours du 1er semestre), soit un déficit de 46 % par rapport à l'année 2016 (34,6 millions de m³).

N.B. : les calculs prennent en compte le débordement de l'exutoire principal de la galerie de la Paix et le débordement de la galerie Metzange (N18) dont le débit est constant et égal à 130 l/s.

b) Réservoir Centre

Le dispositif de débordement du réservoir Centre est constitué de 3 exutoires. Le débordement principal du réservoir est assuré par la galerie du Woigot (C5 à Mancieulles) qui se situe à la cote la plus basse de tous les exutoires : 222,74 m NGF. Le réservoir possède deux autres exutoires : la galerie du Bois d'Avril (C3 à Neufchef), 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 ces dernières années sur les points de débordement du réservoir Centre (y compris les fuites calculées) et sur les niveaux du réservoir mesurés au puits St-Pierremont II. On distingue les stations :

- C5 - point de débordement de la galerie du Woigot dans le cours d'eau du Woigot, représenté par la courbe orange ;
- C3 - point de débordement de la galerie du Bois d'avril dans le cours d'eau du Conroy, représenté par la courbe violette ;
- fuites du réservoir Centre estimées à partir du niveau du réservoir Centre, représentées par la courbe verte ;
- C16 - puits Saint Pierremont II : mesure du niveau du réservoir en m NGF, représenté par la courbe bleue avec.

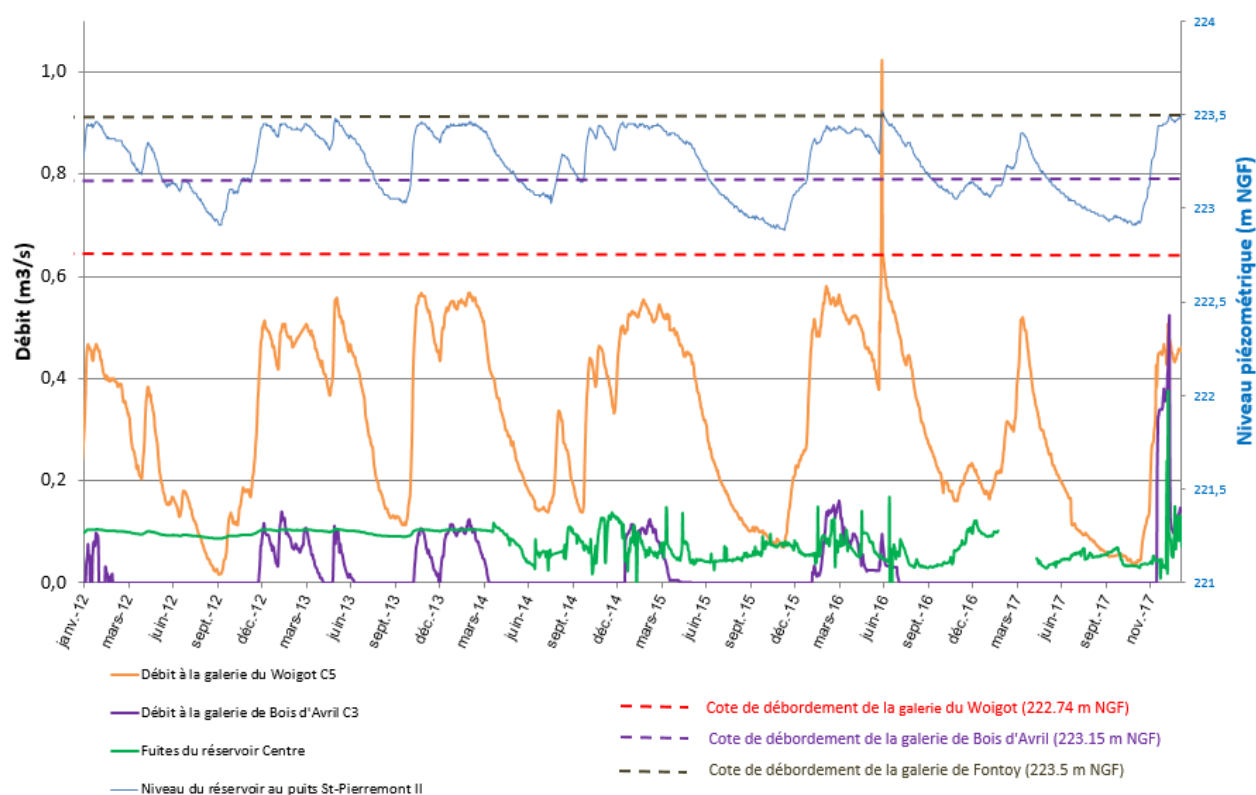


Illustration 13 : Evolution des niveaux du réservoir Centre depuis la fin de l'ennoyage

Le réservoir minier présente une grande inertie, son battement observé est de 0,64 m entre les hautes et les basses eaux du fait de son contrôle par ses différents points de débordement et de fuite.

En 2017, les écoulements à la galerie du Bois d'avril n'ont pas été observés. Les écoulements à la galerie du Woigot ont été enregistrés en moyenne à 0,2 m³/s avec des débits supérieurs à 0,4 m³/s en mars et décembre ; entre ces 2 événements les débits ont été en baisse constante et sont passés sous la valeur de 0,1 m³/s de juillet à novembre.

Le graphique de l'illustration ci-dessous présente la chronique piézométrique 2017 du réservoir Centre mesurée au puits Saint-Pierremont (C16) et permet de la comparer aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrées depuis l'ennoyage (2003) jusqu'à l'année n-1 (2016). La pluviosité ainsi que la pluie efficace mesurées au droit de la station météorologique d'Errouville (54) sont également reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

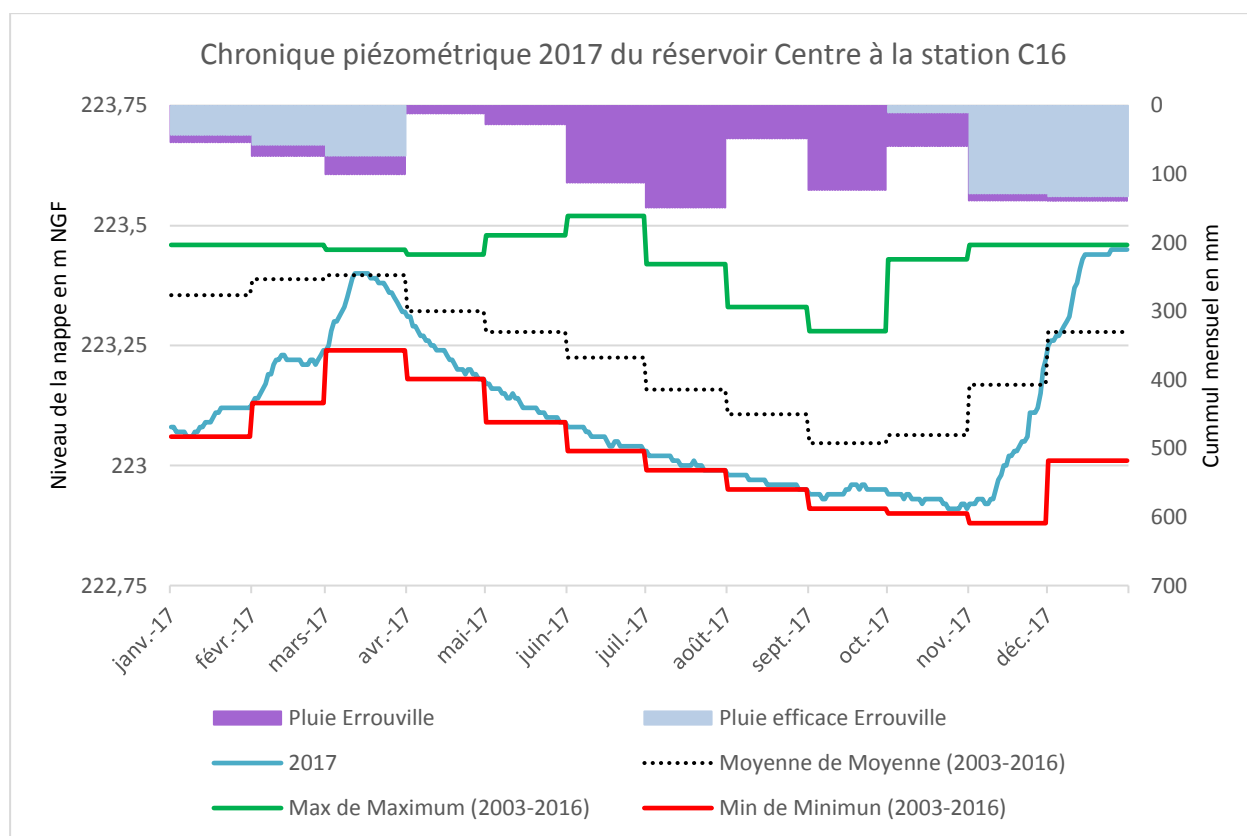


Illustration 14 : Chronique 2017 du réservoir Centre et statistique mensuelle

L'année 2017 a commencé avec des niveaux bas, proche des minimums mensuels enregistrés depuis l'ennoyage. Les pluies efficaces du début de printemps ont apporté une légère recharge observée en février et mars. Dès lors, le réservoir a entamé sa décharge et son niveau a baissé régulièrement, flirtant avec les minimums mensuels jusqu'en novembre. En décembre, le niveau est remonté brutalement jusqu'à la cote 223,45 m NGF.

Le volume d'eau qui a débordé en 2017 est de 6,5 millions de m³ (dont 5,6 au cours du 1^{er} semestre) soit un déficit de 60 % par rapport à l'année précédente (16,5 millions de m³ en 2016).

N.B. : les calculs prennent en compte le débordement de l'exutoire principal du Woigt (C5), de l'exutoire secondaire de Bois d'Avril (C3) et les fuites du réservoir Centre mais n'intègrent pas le débordement de la galerie de Fontoy non mesuré.

c) Réservoir Sud

L'eau de recharge des réservoirs miniers alimente d'abord l'aquifère calcaire du Dogger sus-jacent, puis s'infiltre dans les réservoirs miniers essentiellement par l'intermédiaire des zones foudroyées.

Ce fonctionnement est mis en évidence dans l'illustration ci-dessous qui présente les chroniques acquises au cours des 10 dernières années au droit des stations :

- S15 – piézomètre Paradis aval M2 qui capte les calcaires du Dogger, représenté par la courbe bleue ;
- S14 – piézomètre Paradis aval M1 qui capte le réservoir minier dans sa partie foudroyée, représenté par la courbe verte ;
- S19 – Puits Auboué I qui capte le réservoir minier, représenté par la courbe noire.

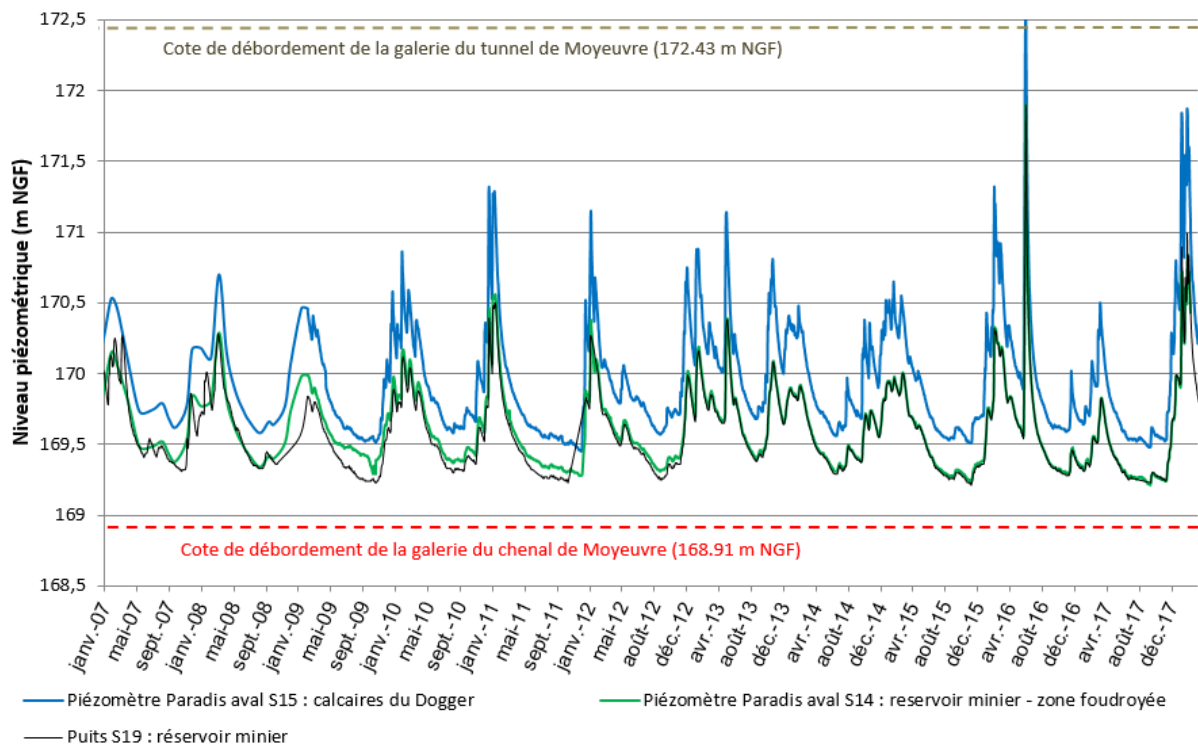


Illustration 15 - Evolution des niveaux du réservoir Sud

Les chroniques mettent en évidence une similitude de comportement entre l'aquifère des calcaires du Dogger et celui du réservoir minier. Les chroniques présentent les mêmes phases de variations entre les périodes de recharge et les périodes d'étiage, et des amplitudes similaires. Le battement de la nappe est légèrement plus important pour l'aquifère des calcaires du Dogger, de l'ordre de 3 m, que pour le réservoir minier qui est de 2,8 m.

Avec une surface piézométrique supérieure d'environ 30 cm au niveau de la zone mesurée, la nappe des calcaires du Dogger sus-jacente alimente le réservoir minier au niveau de la zone foudroyée. Le niveau piézométrique du réservoir minier mesuré au droit d'une zone de galeries (station S19 au puits Auboué) a une cote équivalente à celui mesuré au droit de la zone foudroyée (station S14) ce qui indique une forte conductivité au sein du réservoir.

Le graphique de l'illustration ci-dessous présente la chronique piézométrique 2017 du réservoir Sud mesuré à la station S14 et permet de la comparer aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrées depuis la fin de l'ennoyage jusqu'à l'année n-1 (2016). La pluviosité et la pluie efficace mesurées au droit de la station météorologique de Doncourt (54) sont également reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

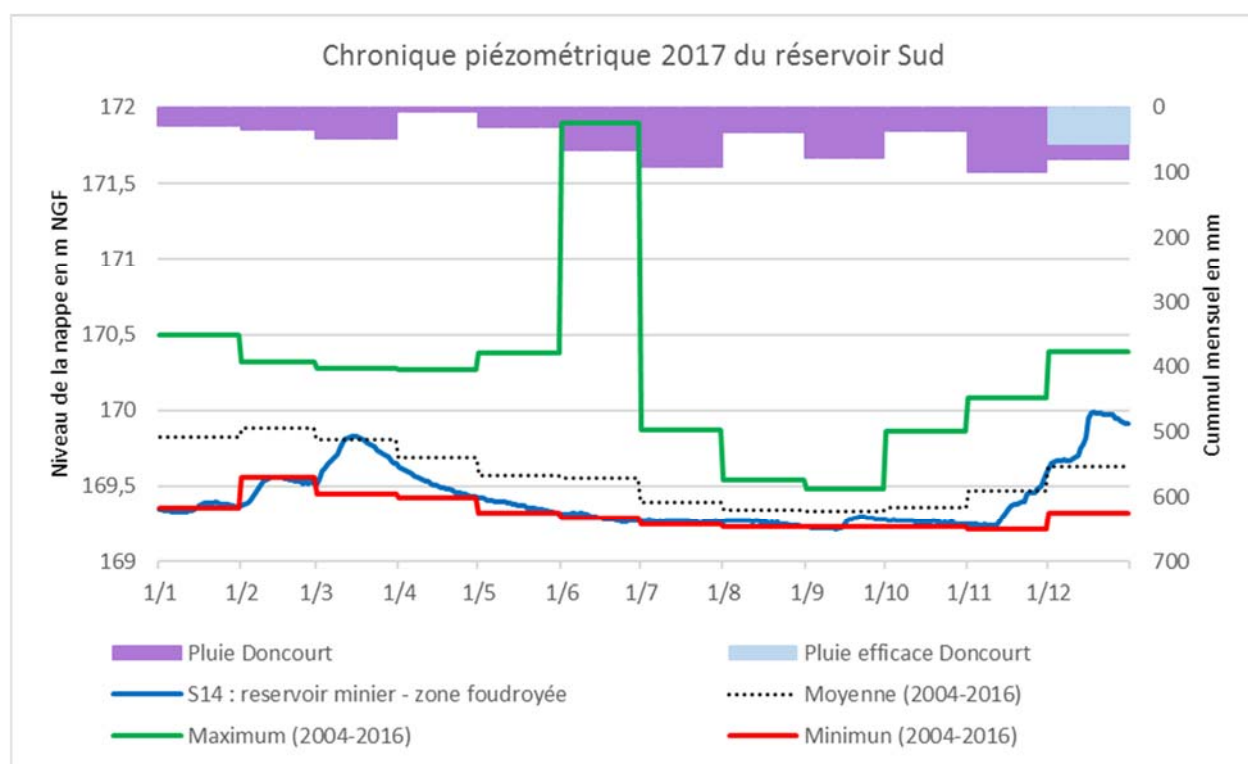


Illustration 16 : Chronique 2017 du réservoir Sud et statistique mensuelle

Le réservoir Sud a été impacté par l'étiage prolongé de 2016 et la faible recharge de 2017. Le réservoir présente les niveaux les plus bas enregistrés depuis la fin de l'ennoyage pour les périodes janvier / février et mai à septembre. On observe une faible recharge en mars / avril puis en fin d'année à partir de mi-novembre.

Le débit de débordement du réservoir Sud a été calculé à partir de l'équation de corrélation entre les mesures de débits ponctuelles réalisés en sortie de galerie du chenal de Moyeuvre-Grande (20 mesures en 2017) et du niveau piézométrique du réservoir mesuré en continu. Le graphique ci-dessous présente la droite de corrélation entre ces deux types de mesures.

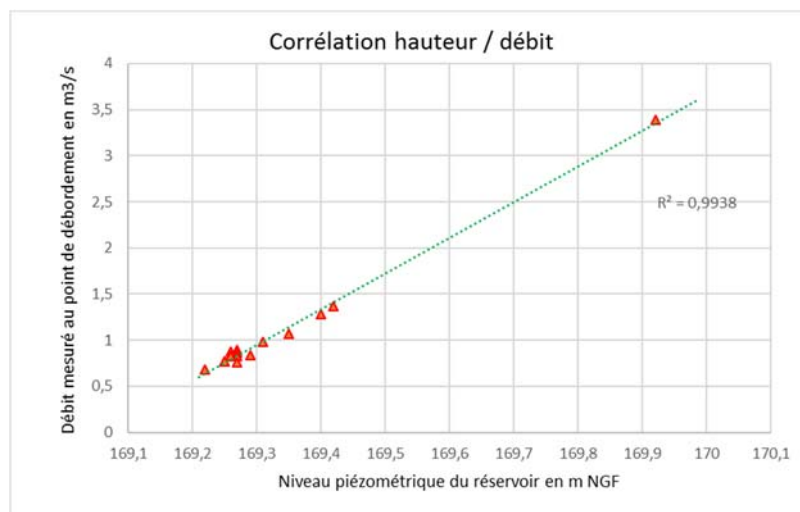


Illustration 17 : Corrélation entre niveau piézométrique et débit de débordement

Le volume d'eau calculé qui a débordé en 2017 du réservoir Sud est de 44 millions de m³, soit un déficit de 43 % par rapport à l'année précédente (78 millions de m³ en 2016).

N.B. : L'équation de corrélation servant aux calculs de volumes a été réalisée à partir des débits mesurés en 2017 et début 2018. Celle-ci est provisoire et sera ajustée avec les nouvelles mesures et donnera lieu à une correction des calculs effectués sur les années antérieures.

d) Synthèse sur les débordements des réservoirs Nord, Centre et Sud

Le tableau de l'illustration ci-dessous présente le bilan des débordements des réservoirs Nord, Centre et Sud à partir de 2012. Les calculs prennent en compte :

Pour le réservoir Nord : le débordement aux exutoires principaux de la galerie des eaux et de la Paix (N14 bis) et le débordement de la galerie de Metzange (débit constant de 130 l/s).

Pour le réservoir Centre : le débordement de l'exutoire principal du Woigot (C5), de l'exutoire secondaire de Bois d'Avril (C3) et les fuites du réservoir Centre vers le Chevillon. La galerie de Fontoy n'est pas instrumentée pour la mesure du débit. Celle-ci déborde pour des périodes très courtes seulement en cas de très hautes eaux.

Pour le réservoir Sud, les calculs de débits de débordements ont été calculés à partir de la relation hauteur / débit présentée au § précédent, à partir de la chronique de mesure en continu du niveau piézométrique du réservoir (S19).

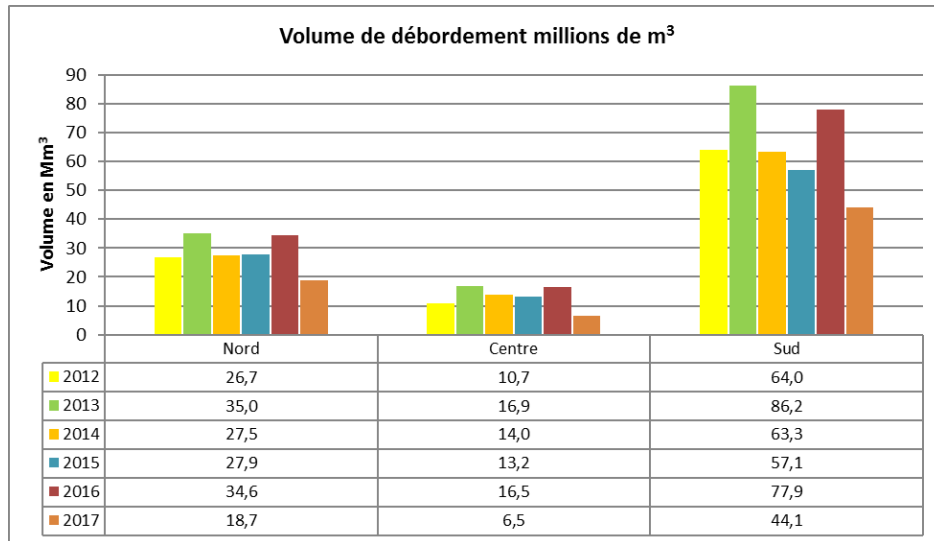


Illustration 18 : Synthèse des volumes annuels de débordement

Entre 2012 et 2017, le débit moyen annuel de débordement cumulé des 3 réservoirs est de 106,8 millions de m³.

2017 se caractérise par des débits de débordement particulièrement faibles, inférieurs de 35 % par rapport à la moyenne pluriannuelle 2012-2017.

2.2. SURVEILLANCE QUALITATIVE

La surveillance qualitative 2017 de l'Observatoire ne concerne que les réservoirs miniers sur les stations suivantes :

	INDICE BFL	NOM	TYPE D'OUVRAGE	COMMUNE	AQUIFERE CAPTE	ANALYSE
Nord	N3	Puits Ferdinand Grise	puits	TRESSANGE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N3bis	Puits Ferdinand Jaune	puits	TRESSANGE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N5	Puits Cheminée Sud Grise	puits	BOULANGE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N6	Puits Boulange Grise	puits	BOULANGE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N7	Pz. Angevillers Grise	piézomètre	HAVANGE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N14bis	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	point de débordement	KNUTANGE	Réservoir minier	trimestrielle réduite**
	N17	Puits Errouville III	puits	ERROUVILLE	Réservoir minier	annuelle étendue*
	N18	Gal. de Metzange (Charles)	point de débordement	THIONVILLE	Réservoir minier	trimestrielle réduite et annuelle étendue
Centre	C21	Conroy - station hydrométrique	cours d'eau	MOYEUVE-GRANDE	Cours d'eau Conroy	trimestrielle réduite**
	C2	For. Route Blanche	forage	FONTOY	Réservoir minier	annuelle étendue*
	C3	Gal. de Bois d'Avril	point de débordement	NEUFCHÉF	Réservoir minier	trimestrielle réduite et annuelle étendue
	C5	Gal. du Woigot	point de débordement	MANCIEULLES	Réservoir minier	trimestrielle réduite et annuelle étendue
	C13	Puits Amermont III	puits	DOMMARY-BARONCOURT	Réservoir minier	annuelle étendue*
	C14	Puits Anderny II	puits	TUCQUEGNIEUX	Réservoir minier	annuelle étendue*
Sud	S23	Puits Roncourt I	puits	RONCOURT	Réservoir minier	annuelle étendue*
	S4	Gal. du chenal de Moyeuvre	point de débordement	MOYEUVE-GRANDE	Réservoir minier	trimestrielle réduite**
* Analyses réduites : sulfates						
** Analyses étendues : majeurs, NH ₄ , NO ₂ , Fe, Mn, B, Sr, Ni, hydrocarbures totaux, indice phénol						

Illustration 19 : Liste des stations avec surveillance qualitative

2.2.1. Fréquence et type d'analyses

Les échantillonnages et les analyses sont effectués à des fréquences trimestrielles à annuelles en fonction du type d'analyse : « étendues » ou « réduites ».

Une analyse « étendue » correspond à la mesure de la concentration des composés suivants :

- éléments majeurs : calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, chlorure, hydrogénobarbonate ;
- composés azotés : ammonium, nitrate ;
- métaux : fer, manganèse, bore ;
- micropolluants organiques : hydrocarbures totaux, indice phénol ;
- paramètres physico-chimiques : température, conductivité, oxygène dissous et potentiel redox.

Une analyse « réduite » correspond à la mesure de la concentration du paramètre sulfate et des paramètres physico-chimiques.

Les analyses « étendues » sont réalisées à une fréquence annuelle tandis que les analyses « réduites » le sont à une fréquence trimestrielle.

Les analyses « étendues » annuelles sont réalisées au droit des 16 puits de mine, forages et piézomètres du réservoir minier ainsi qu'au droit de 3 des 5 points de débordement. Les analyses « réduites » trimestrielles sont réalisées au droit des 5 points de débordement et de la station hydrométrique du Conroy C21. Trois points de débordement, Galerie du Woigot à Mancieulles (C5), Galerie de Bois d'avril à Neufchef (C3) et galerie de Metzange à Thionville (N18) combinent les 2 types d'analyses « étendue » annuelle et « réduite » trimestrielle.

2.2.2. Protocole d'échantillonnage :

Le protocole d'échantillonnage est adapté au contexte de chaque station :

- prélèvement direct aux points de débordement et au niveau du cours d'eau ;
- prélèvement in-situ sur les ouvrages profonds des réservoirs miniers (puits de mine / piézomètre et forage).

Le prélèvement direct est réalisé par une canne ou au seau en fonction du contexte de la station. Ce système est illustré par les photographies ci-dessous :



Illustration 20 : Prélèvements directs sur les stations du Woigot et de la Paix

Les paramètres physico-chimiques : pH, conductivité et oxygène dissous sont relevés in-situ au moment du prélèvement. Ces prélèvements et analyses ont été confiés au bureau d'études Gestion Hydro.

Le prélèvement in-situ sur les ouvrages profonds est un prélèvement direct à la profondeur désirée sans purge préalable. Ce type de prélèvement utilise le système pneumatique bitube développé par le BRGM. Le préleveur de fond est installé à l'intérieur de l'ouvrage à la profondeur désirée pour l'échantillonnage de l'eau du réservoir. Grâce à la mise en œuvre de cycles compression – décompression à l'aide d'azote sous pression, l'eau échantillonnée est remontée en surface. Le principe de fonctionnement de ce système est décrit dans le rapport BRGM/RP-63469 FR (Ollagnier, 2014).



Illustration 21 : Exemple de préleveur de fond

Le système bitube installé dans le puits N6 - Puits Boulange Grise s'est sectionné à sa base par usure. Ainsi le puits N6 n'a pas pu être échantillonné en 2017. Un nouveau préleveur sera installé au cours de la prochaine campagne de prélèvement en 2018.

Par ailleurs, en raison de l'absence d'écoulement au droit de la galerie de Bois d'avril à Neufchef (C3), cette station n'a pas pu être prélevée en 2017.

2.2.3. Analyses

Suite à la consultation d'entreprise pour la réalisation des analyses pour la durée du programme 2017-2019, les analyses « étendues » annuelles ont été confiées au laboratoire accrédité COFRAC ALPA CAE.

Les analyses « réduites » trimestrielles ont été confiées au laboratoire accrédité COFRAC ASPECT Services Environnement dans le cadre de la prestation d'échantillonnage aux points de débordement.

Les données analytiques 2017 ont été bancarisées dans la banque de données ADES sous le code SANDRE 0200000013.

2.2.4. Résultats

Des graphiques d'évolution des concentrations en sulfate ont été réalisés à partir des analyses effectuées au droit des stations de mesure pour chaque réservoir depuis l'ennoyage à fin 2017.

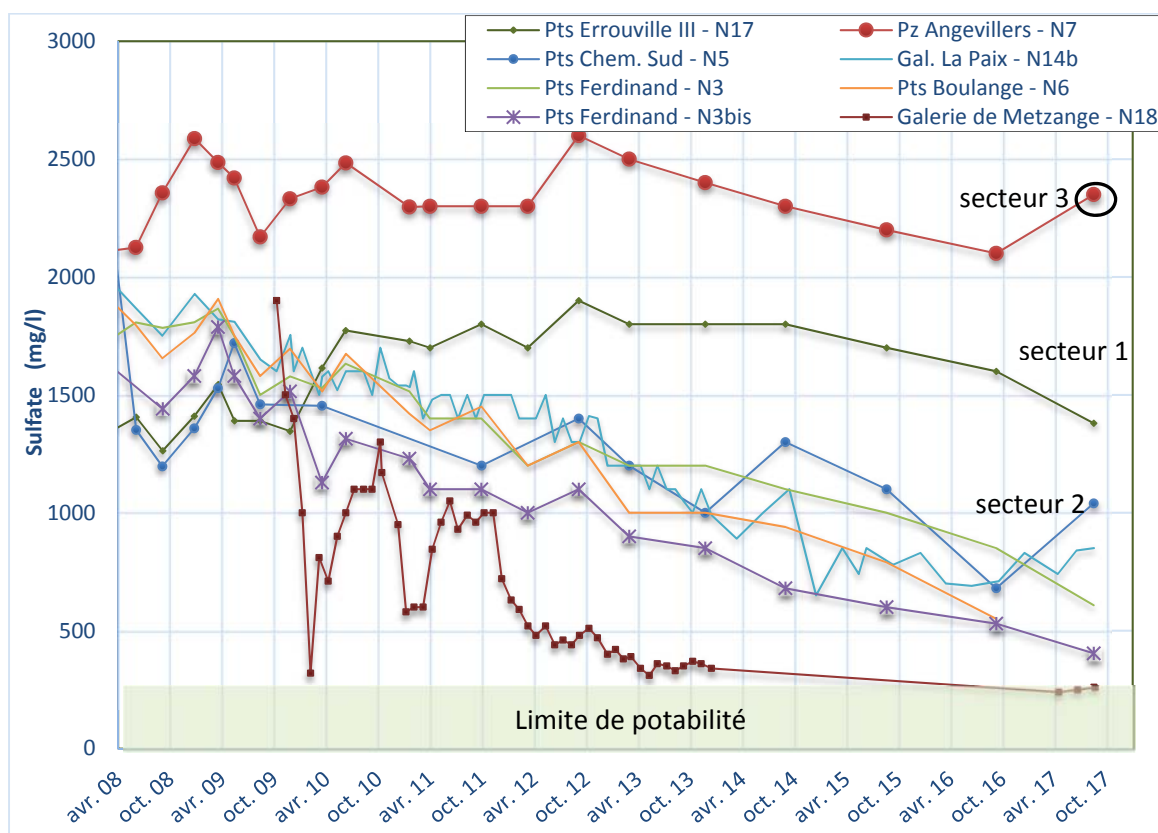


Illustration 22 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Nord

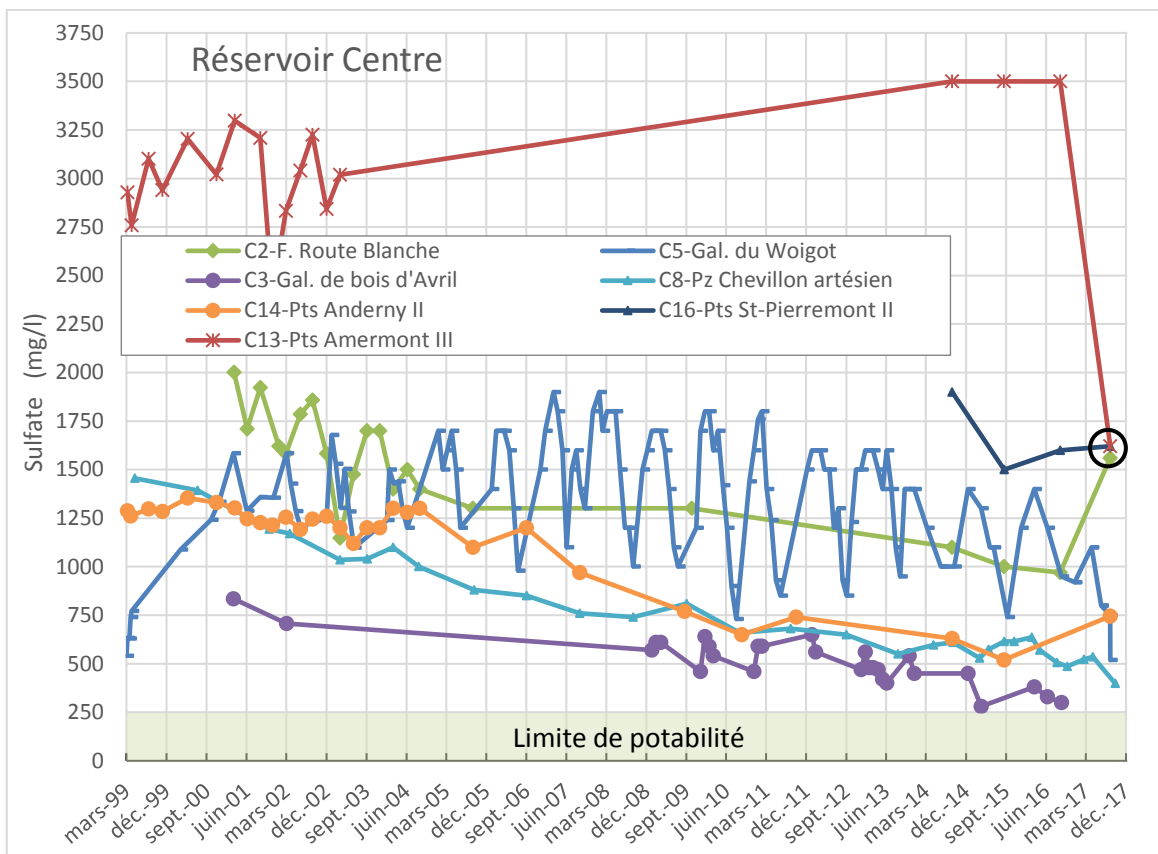


Illustration 23 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Centre

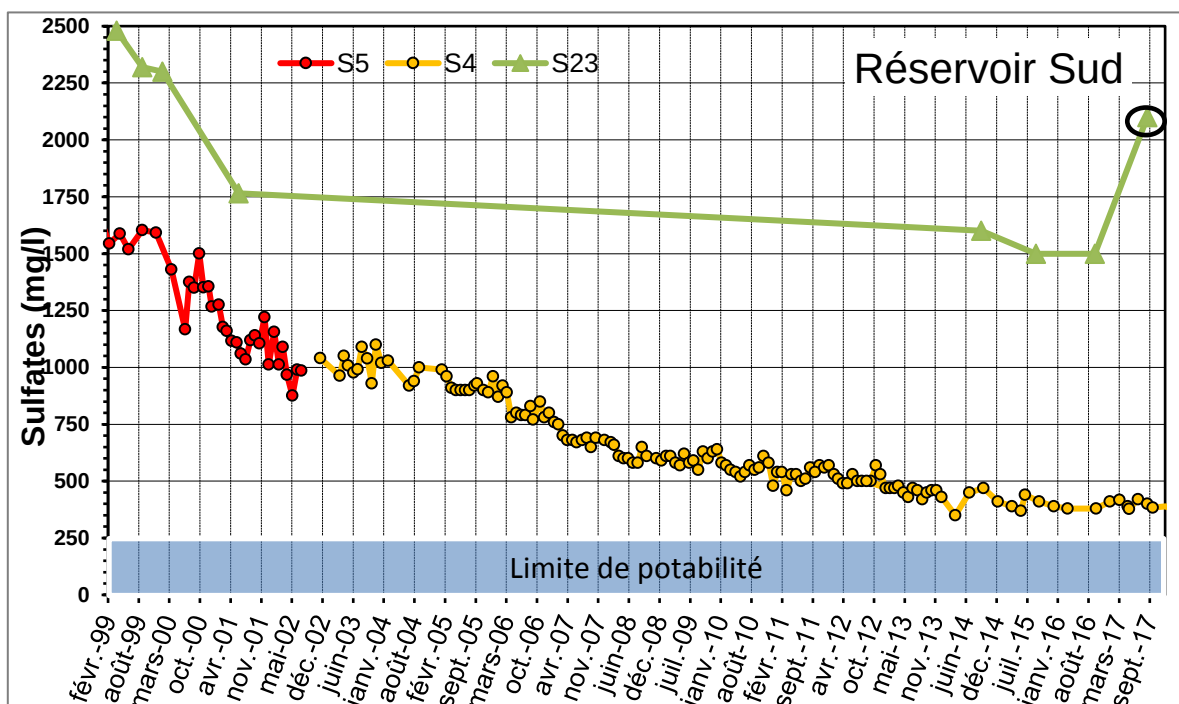


Illustration 24 : Evolution des concentrations en sulfate au droit du réservoir Sud

A la lecture des chroniques d'évolution des concentrations en sulfate au droit des réservoirs Nord, Centre et Sud, on constate que les résultats analytiques 2017 présentent des ruptures de tendance, identifiées sur le graphique par des cercles noirs, que ce soit avec des concentrations à la hausse (cas des stations N7, C2 et S23) ou à la baisse (cas de la station C13).

La conductivité d'une eau est reliée à la concentration et à la mobilité des espèces ioniques qu'elle contient. Dans l'eau d'envoyage des réservoirs minierse, l'ion sulfate est l'espèce majeure prédominante. Ainsi, la concentration en ion sulfate peut être corrélée à la conductivité. Les graphiques ci-dessous représentent les courbes de concentration en ion sulfate (ordonnées) en fonction de la conductivité mesurée à 25°C (abscisse) avec report des résultats d'analyses 2017 (croix rouge).

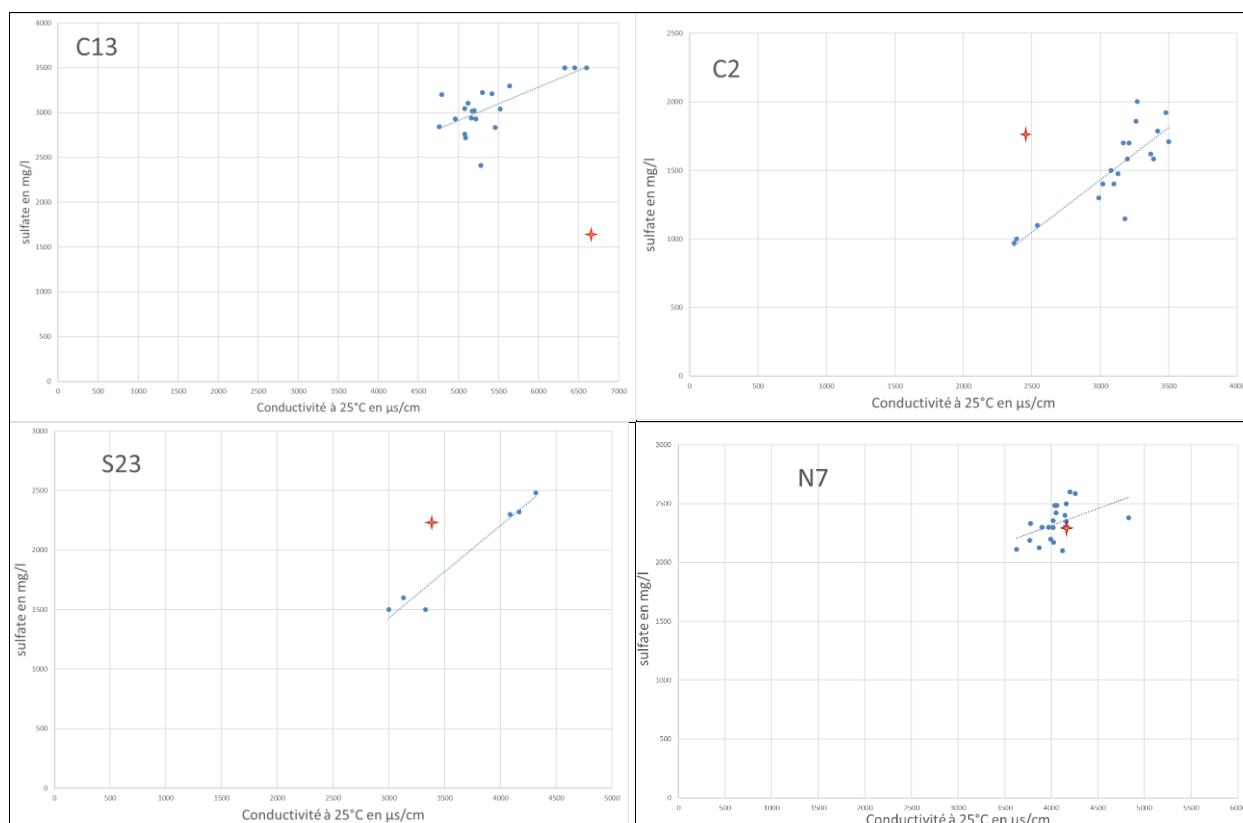


Illustration 25 : Corrélation conductivité / concentration en sulfate et analyse 2017

Les analyses 2017 (représentées par une croix rouge) se trouvent très éloignées des droites de corrélation pour les stations C13, C2 et S23. Le résultat analytique de la station N7 est au contraire situé à proximité de la droite de corrélation conductivité / concentration en sulfate.

Ne pouvant confirmer les résultats analytique 2017, le BRGM procédera pour la campagne 2018 à un contrôle analytique des ions majeurs (calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, chlorure, bicarbonate) par double échantillonnage et double analyse auprès d'un autre laboratoire pour ces quatre stations.

2.2.5. Evolution des autres paramètres

Pour chaque composé analysé, des classes de valeurs ont été définies en fonction de l'écart relatif de la moyenne des moyennes annuelles (Mma dans le tableau ci-dessous à la valeur seuil de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE). Le tableau de l'illustration suivante présente les bornes retenues par classes de valeur, la valeur seuil étant fixée à 1 :

CLASSE_RESULTAT	BORNE_CLASSE
1	Mma < 0,75
2	0,75 < Mma < 1
3	1 < Mma < 2
4	2 < Mma < 5
5	Mma > 5

Illustration 26 : Bornes et classes de l'écart relatif de la Mma aux valeurs seuils

Les valeurs seuils retenues sont celles définies par la DCE, hormis pour les paramètres « potassium », « magnésium », « calcium », pour lesquels il n'existe pas de valeur définie. Les valeurs retenues pour ces derniers sont les valeurs guides pour l'alimentation en eau potable. Ces valeurs seuils ont une valeur indicative non réglementaire car elles ne concernent pas l'eau avant traitement pour la distribution. Elles ne sont utilisées qu'à titre de référence afin de mettre en évidence les principales problématiques qualitatives. En l'absence de valeur guide pour le bicarbonate, ce paramètre n'est pas intégré à l'analyse.

Paramètre	Code SANDRE	SEUIL	UNITE
Conductivité	1303	1100	microSiemens par centimètre
Sulfates	1338	250	milligramme de sulfate par litre
Magnésium	1372	50	milligramme de magnésium par litre
Calcium	1374	100	milligramme de calcium par litre
Sodium	1375	200	milligramme de sodium par litre
Chlorures	1337	250	milligramme de chlore par litre
Ammonium	1335	0,5	milligramme d'ammonium par litre
Nitrates	1340	50	milligramme de nitrate par litre
Manganèse	1394	50	microgramme de manganèse par litre
Fer	1393	200	microgramme de fer par litre
Indice Phénol	1440	1	milligramme par litre
Indice hydrocarbure	7007	1	milligramme par litre

Illustration 27 : Valeurs seuils retenues

Un graphique de la répartition par classe de valeur des Mma des paramètres analysés lors des analyses annuelles étendues de 2015 à 2017 est présenté par stations pour les réservoirs Nord, Centre et Sud.

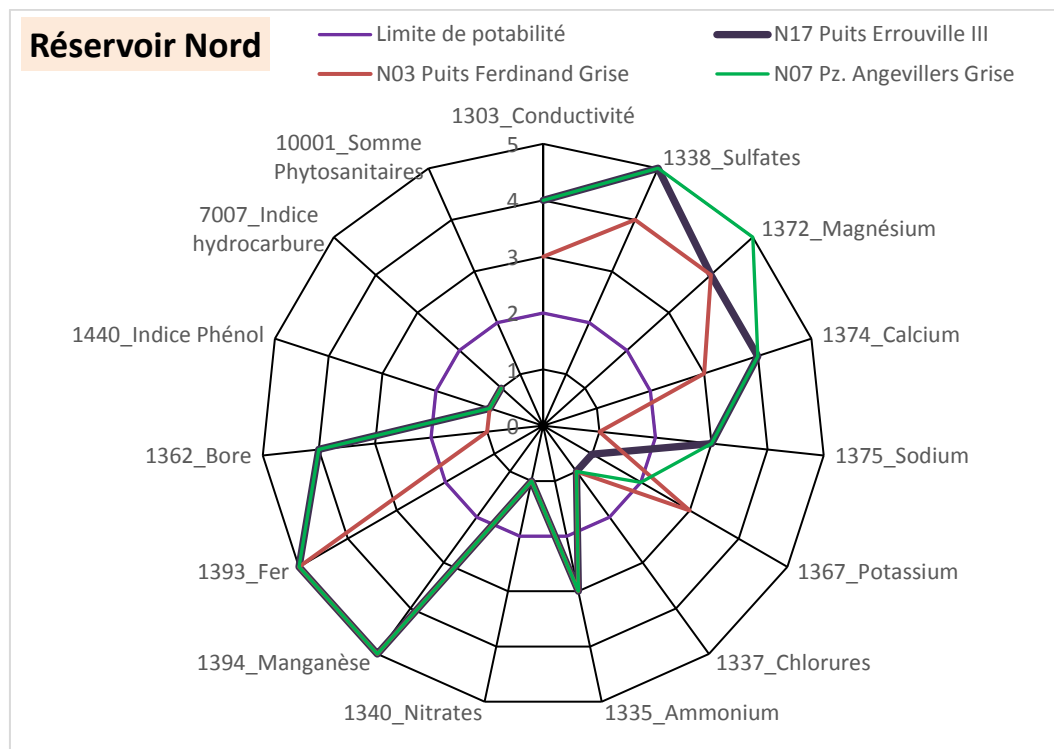


Illustration 28 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Nord (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre)

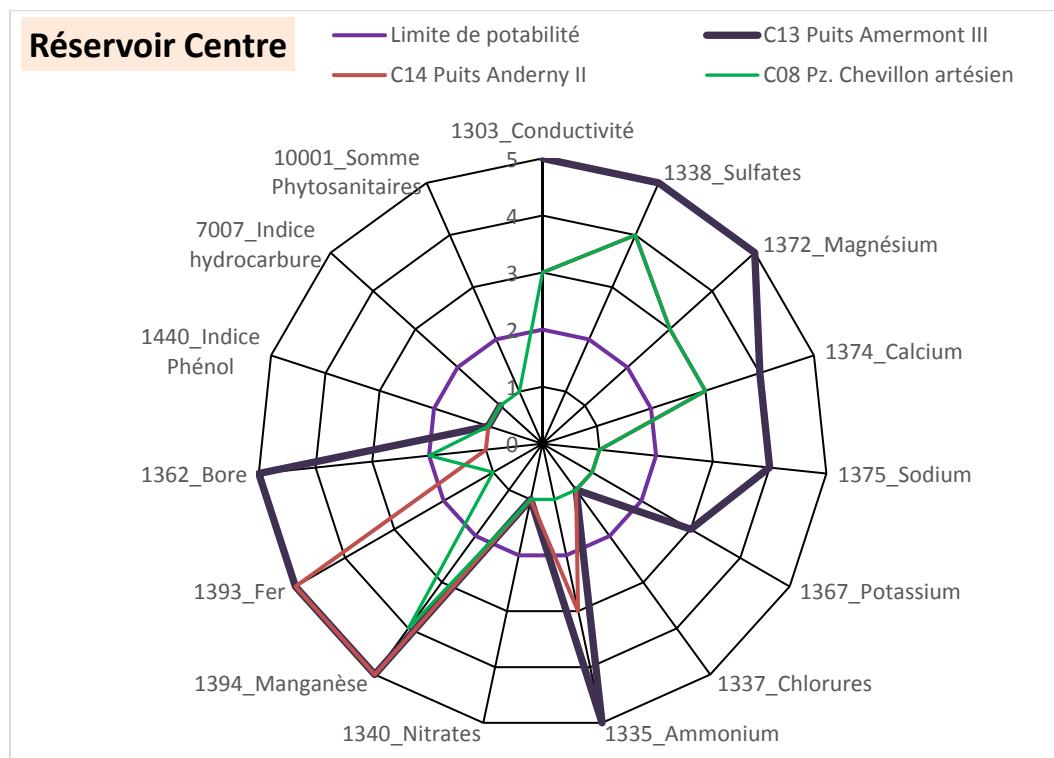


Illustration 29 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Centre (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre)

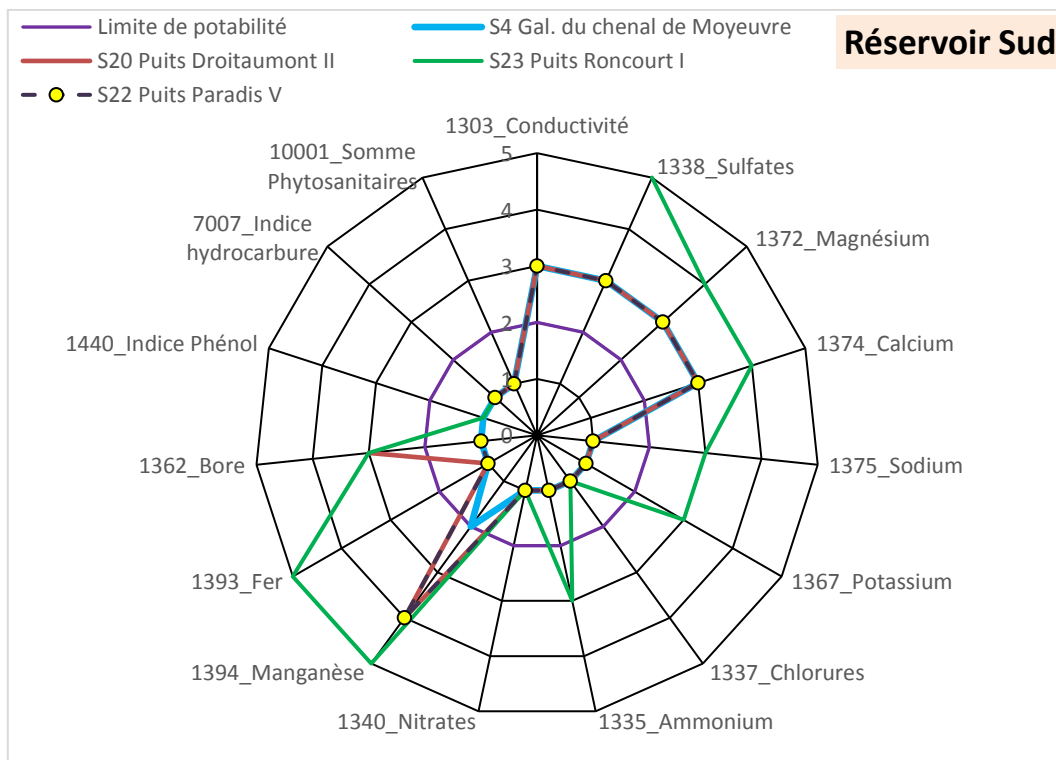


Illustration 30 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Sud (le code SANDRE du paramètre chimique préfixe le nom du paramètre)

On constate un dépassement quasi-systématique de la conductivité, des composés majeurs sulfate, magnésium et calcium, des métaux manganèse et fer, et du composé azoté ammonium. Les indicateurs somme des produits phytosanitaires et indice hydrocarbures sont inférieurs aux valeurs seuils.

3. Les chroniques semestrielles

Deux chroniques d'information ont été réalisées en 2017 à une fréquence semestrielle. Ces chroniques, destinées à un large public non spécialiste ont pour vocation de diffuser des informations synthétiques concernant l'évolution qualitative et quantitative des différents réservoirs miniers et des aquifères associés. Les chroniques semestrielles du bassin ferrifère 2017 sont publiées sur le SIGES <http://sigesrm.brgm.fr/> dans la rubrique <http://sigesrm.brgm.fr/Reseau-piezometrique-du-bassin-ferrifere-lorrain>. Elles sont présentées en annexe 1.

4. Conclusion

2017 est l'année de lancement du programme trisannuel de l'Observatoire. Le programme de surveillance mis en place répond aux enjeux réglementaires de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et des objectifs du SAGE du bassin ferrifère.

D'un point de vue quantitatif, les conditions de recharge des réservoirs miniers sont liées aux niveaux piézométriques de l'aquifère des calcaires du Dogger sus-jacent qui l'alimente directement à travers les zones foudroyées. Très réactif à la pluviosité, l'aquifère du Dogger conditionne les niveaux d'eau des réservoirs miniers et donc les débits de débordement associés. L'année 2017 se caractérise par des débits de débordement particulièrement faibles, inférieurs de 35% par rapport à la moyenne pluriannuelle 2012-2017.

Concernant la surveillance qualitative, un dépassement quasi-systématique est observé de la conductivité, des ions majeurs sulfates, magnésium et calcium, des métaux manganèse et fer et du composé azoté ammonium.

Pour la suite du programme, il est prévu, de poursuivre la surveillance qualitative et quantitative, de renouveler progressivement le matériel trop ancien ou défectueux, d'identifier les propriétaires privés des parcelles sur lesquelles sont implantés les ouvrages sans convention, de proposer une explication à l'évolution à la hausse de certains paramètres dépassant les valeurs seuils, et enfin d'évaluer les flux de solutés apportés aux cours d'eau.

Annexe 1 :

Chroniques semestrielles



1^{er} semestre 2017

bassin ferrifère *surveillance eau* **les chroniques d'information**

Actualités marquantes du semestre

PLUVIOMETRIE : Très déficitaire sur l'ensemble du semestre. Les pluies du mois de mars ont certes apporté une bonne recharge, mais a suivi un printemps sec. La faible pluviométrie combinée à des températures élevées ont contribué à un assèchement des sols superficiels et une faible recharge des nappes.

Sommaire :

Indicateur sulfate	2
Bassin Nord	3
Bassin Centre	4
Bassin Sud	5
Rappels hydrogéologiques	6
Accès aux données/ liens utiles	8
Liste des stations	9
Carte de localisation des stations	10



Puits Cheminée sud à Boulange (N5)

BASSIN NORD

Piézométrie et débordement

Depuis les épisodes pluvieux du mois de juin 2016 où le réservoir avait atteint une cote de 209 m, le niveau du réservoir ne cesse de baisser ; il atteint 208 m en juin 2017. Le volume d'eau qui a débordé au cours du 1^{er} semestre 2017 au droit du réservoir Nord est de 10,5 millions de m³ contre 21 au 1^{er} semestre 2016.

Qualité des eaux souterraines

Au 1^{er} semestre 2017, les concentrations en sulfates mesurées varient de 740 à 840 mg/l.

BASSIN CENTRE

Piézométrie et débordement

Les écoulements à la galerie du Bois d'avril se sont interrompus à partir du 8 juillet 2016 et n'ont pas repris depuis. La cote du réservoir minier présente des niveaux bas. Le volume d'eau qui a débordé au cours du 1^{er} semestre 2017 est de 4 millions de m³ contre 8 au 1^{er} semestre 2016.

Qualité des eaux souterraines

Les concentrations en sulfate mesurées sont stables et fluctuent autour de 1 000 mg/l au point de débordement de la galerie du Woigot (C5).



Exutoire de la galerie du Woigot à Mancieulles (C5)



Déversement des eaux de la galerie du chenal de Moyeuve dans l'Orne (S4)

BASSIN SUD

Piézométrie et débordement

Avec une faible recharge épisodique au mois de mars, les niveaux des réservoirs miniers sont bas.

Qualité des eaux souterraines

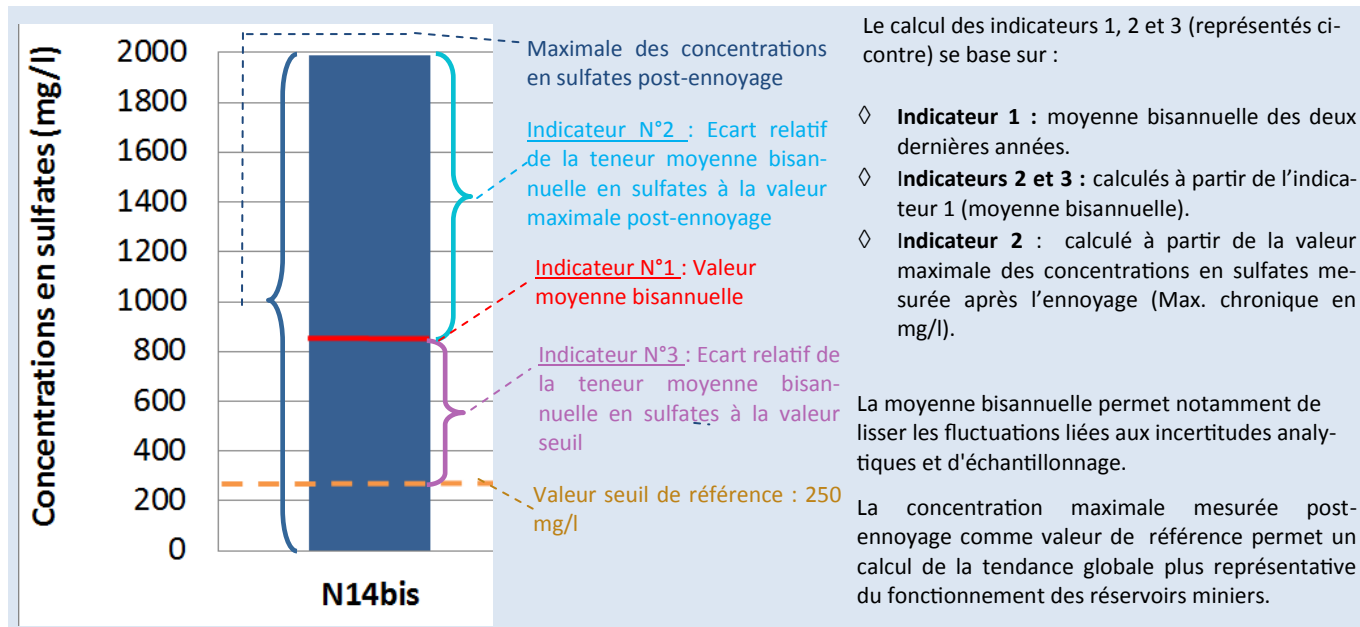
Après une forte baisse, les concentrations en sulfates se stabilisent depuis 2014 autour de 400 mg/l. Au 1^{er} semestre 2017, la moyenne des concentrations en sulfates mesurée est de 405 mg/l.

Contact :

BRGM Direction régionale Grand-Est www.brgm.fr

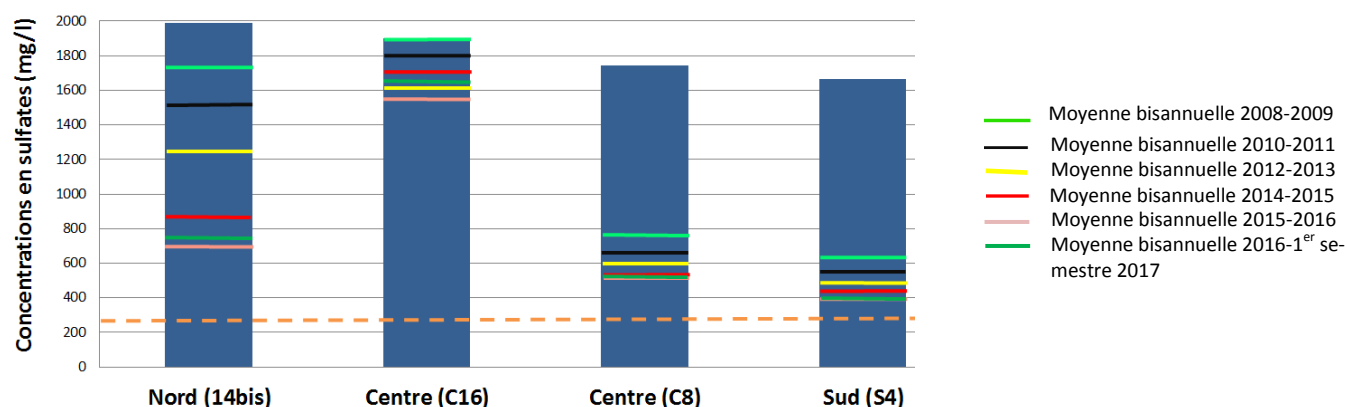
Indicateurs sulfates—Année 2017

3 Indicateurs sont calculés annuellement pour rendre compte de l'évolution de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère vis-à-vis des sulfates. Ceux-ci sont calculés à partir de stations de référence des réservoirs principaux Nord, Centre et Sud. La station de référence du réservoir Nord est le point de débordement principal de la Paix (N14bis), celle du réservoir Sud est la galerie du Chenal de Moyeuve (S4). Le réservoir Centre dispose de 2 stations de référence du fait de l'hétérogénéité des circulations d'eau souterraine entre la partie Est : puits Saint-Pierremont 2 (C16) et la partie Ouest : piézomètre Chevillon artésien (C8).



Indicateurs 2017

Nb : Les indicateurs sont calculés à partir des valeurs mesurées au droit des stations de référence des réservoirs miniers. En raison de la complexité des circulations d'eaux souterraines, les indicateurs ne peuvent être représentatifs de la situation sur l'intégralité des réservoirs.



Indicateurs	NORD (N14bis)	CENTRE (C16)*	CENTRE (C8)**	SUD (S4)***
1	763	1630	550	395
2	-62	-14	-68	-76
3	205	552	120	58

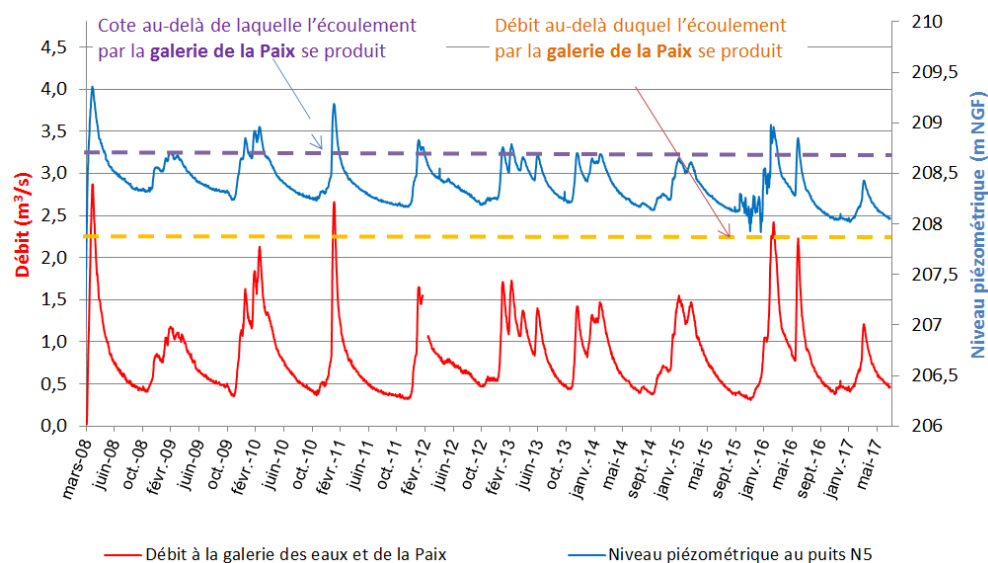
*Max chronique du C5 (galerie du Woigot)
 **Max. chronique du C18 (source La Chapelle)
 *** Max. chronique du S5 (galerie du

Les indicateurs sulfates montrent une forte tendance à la baisse des concentrations en sulfate depuis l'ennoyage jusqu'en 2015 (-58 à -74%) en dehors de la partie Ouest du réservoir Centre (C16).

Cependant cette forte tendance à la baisse s'atténue ces dernières années. Au 1^{er} semestre 2017, elle est de -62% au réservoir Nord, -76% au réservoir Sud. La situation reste très contrastée au réservoir centre avec une baisse de -68% dans la partie Est (C8) et de -14% dans la partie Ouest (C16).

Les moyennes des concentrations mesurées sur l'ensemble des réservoirs restent bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l.

Bassin Nord – Piézométrie et débordement



Le réservoir minier présente une grande inertie du fait de son contrôle par les points de débordement situés à la cote 207,57 m (galerie des eaux - N14bis) et 208,85 m (galerie de la Paix).

Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau piézométrique du réservoir minier évolue entre les cotes 207,8 et 209,2 mètres. Le débit de débordement varie quant à lui de 0,3 à 2,8 m³/s.

Depuis les épisodes pluvieux du mois de juin 2016 où le réservoir avait atteint une cote de 209 m, le niveau du réservoir ne cesse de baisser. Il atteint 208 m en juin 2017.

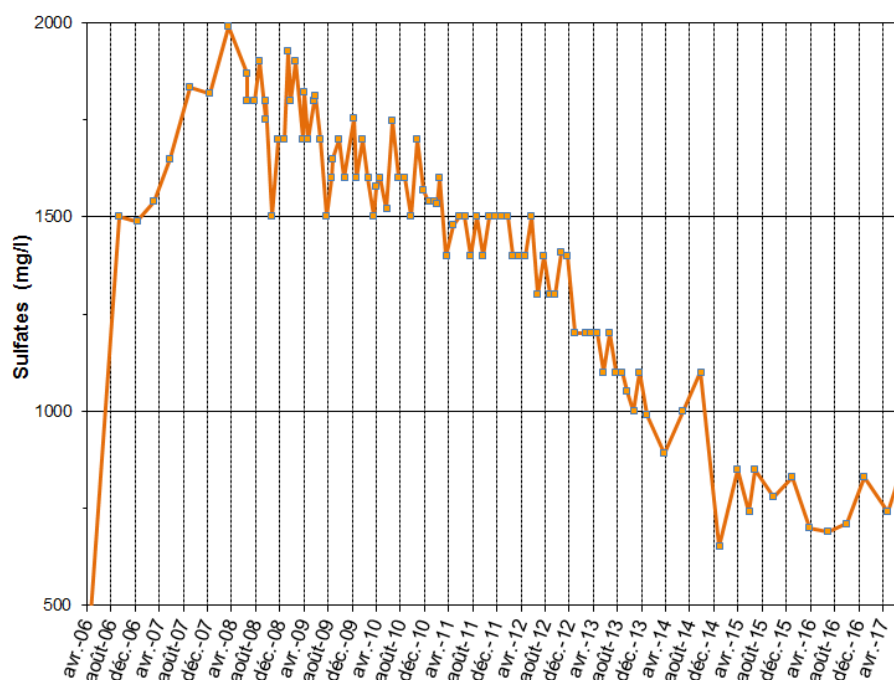
Le débit de débordement suit la même tendance que le niveau piézométrique. Depuis janvier 2017, celui-ci oscille autour de 0,5 m³/s hormis en mars où les épisodes pluvieux ont permis une hausse jusqu'à 1,2 m³/s.

Débit de débordement de la galerie de la Paix et piézométrie du réservoir Nord.

Le débit de débordement de la galerie des eaux (N14 bis) et de la Paix est obtenu par calcul à partir du niveau piézométrique du réservoir mesuré au puits cheminée sud grise (N5) et d'une courbe de tarage établie à la suite du débordement du réservoir Nord.

Le volume d'eau qui a débordé au cours du 1^{er} semestre 2017 au droit du réservoir Nord est de 10,5 millions de m³ contre 21 au 1^{er} semestre 2016.

Bassin Nord – Suivi des concentrations en sulfates



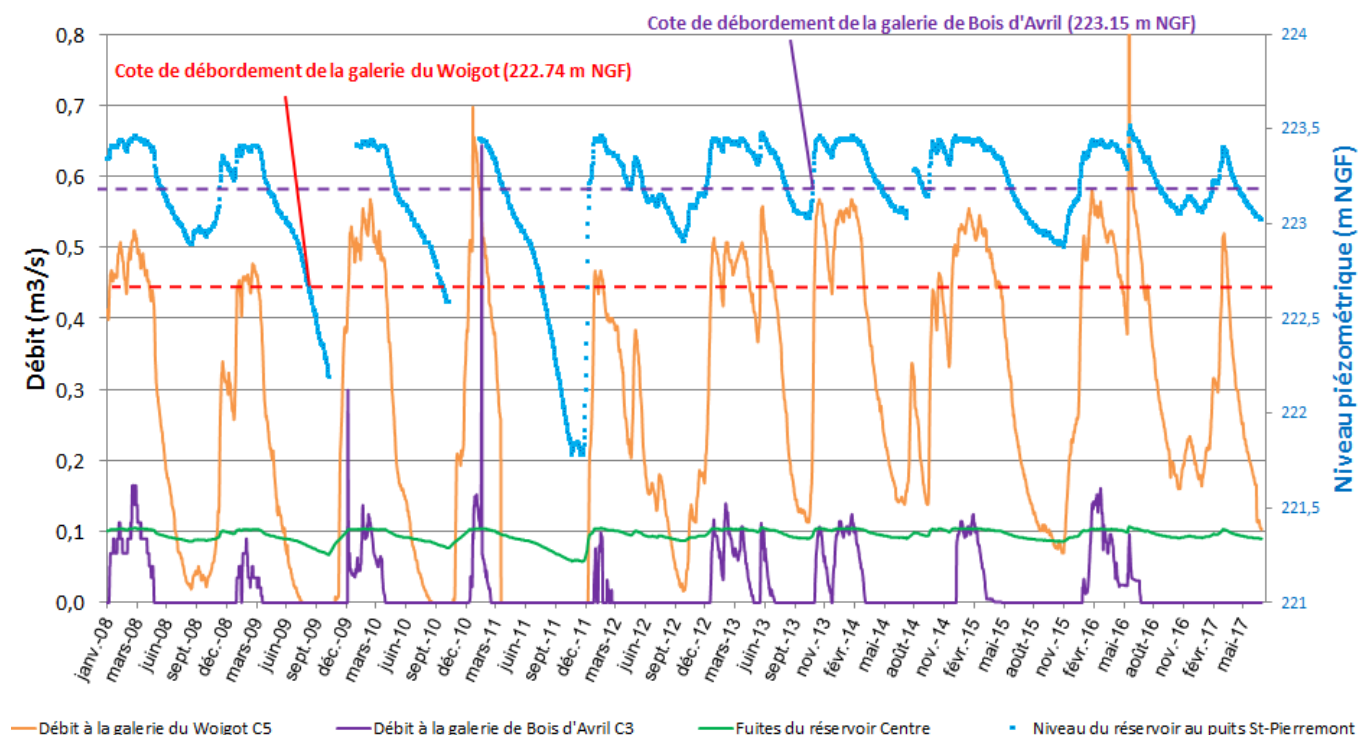
Après une forte baisse des concentrations en sulfates mesurées au point de débordement du réservoir Nord (N14bis) depuis l'ennoyage (-62%), la tendance se stabilise depuis 2015 autour de 750 mg/l.

Au cours du 1^{er} semestre 2017, les concentrations en sulfates se situent entre 740 mg/l et 840 mg/l.

Ces concentrations restent bien supérieures au seuil de 250 mg/l.

Concentrations en sulfates mesurées à la galerie de la Paix (N14bis)

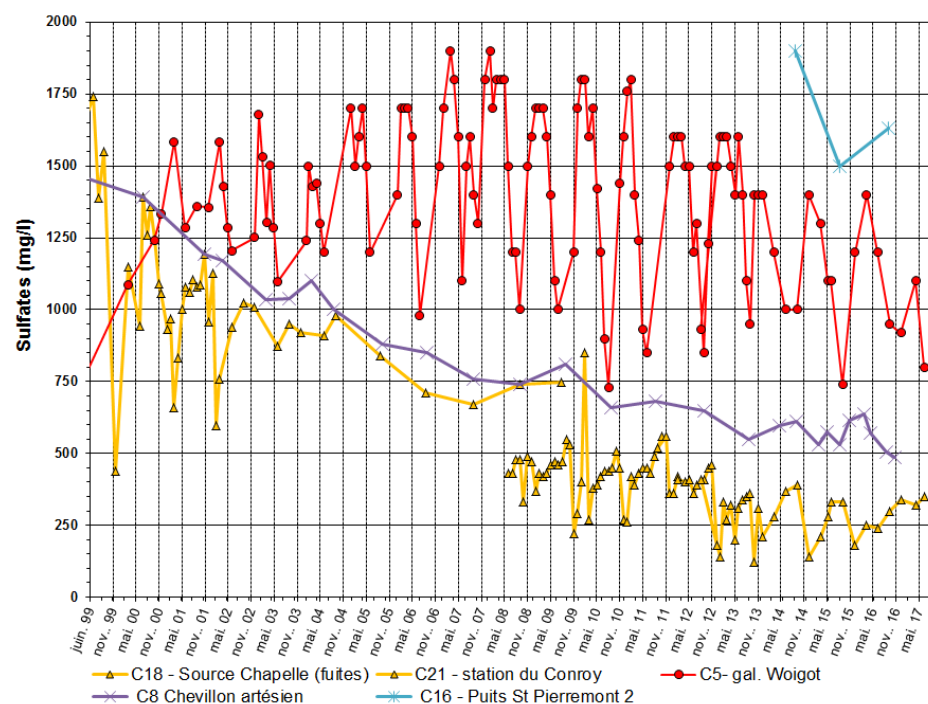
Bassin Centre – Piézométrie et débordement



Les écoulements à la galerie du Bois d'avril se sont interrompus à partir du 8 juillet 2016 et n'ont pas repris depuis. Les écoulements à la galerie du Woigot présentent un débit moyen de $0,279 \text{ m}^3/\text{s}$, avec des débits supérieurs à $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ uniquement au cours du mois de mars. Ils sont descendus en dessous de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ depuis fin mai. La cote du réservoir minier présente des niveaux bas, légèrement au dessus de 223 m NGF.

Le volume d'eau qui a débordé au cours du 1^{er} semestre 2017 est de 4 millions de m^3 contre 8 au 1^{er} semestre 2016.

Bassin Centre – Suivi des concentrations en sulfates



Le suivi des concentrations en sulfates sur le bassin Centre s'effectue habituellement à partir des 2 stations de référence qui sont le Puits St Pierremont 2 (C16) et le piézomètre Chevilon artésien (C8).

Cependant, par manque de données sur ces stations pour le 1^{er} semestre 2017, les données des deux anciennes stations (C5 et C21) ont été utilisées.

Les concentrations en sulfate mesurées au droit de ces deux stations sont stables et fluctuent autour de 1 000 mg/l au point de débordement C5 et 335 mg/l au niveau du Conroy.

Concentrations en sulfates mesurées au droit du réservoir Centre



2^{ème} semestre 2017

bassin ferrifère surveillance eau

les chroniques d'information

Actualités marquantes du semestre

PLUVIOMETRIE : excédentaire sur l'ensemble du semestre, avec des passages pluvieux en été (sous forme d'orage) et hiver (novembre et décembre). Seules les pluies hivernales ont contribué à la recharge des réservoirs.

Sommaire :

Indicateur sulfate	2
Bassin Nord	3
Bassin Centre	4
Bassin Sud	5
Suivi des autres paramètres chimiques	6
Rappels hydrogéologiques	7
Sectorisation des réservoirs miniers	9
Accès aux données/liens utiles	10
Liste des stations	11
Carte de localisation des stations	12



Puits Cheminée sud à Boulange (N5)

BASSIN NORD

Piézométrie et débordement

Le réservoir minier continue sa décharge (entamée depuis mars) et atteint des niveaux particulièrement bas (< 208 m). Le volume d'eau qui a débordé en 2017 est de 18,7 millions de m³ contre 30 en 2016.

Qualité des eaux souterraines

En 2017, les concentrations en sulfates mesurées varient de 740 (mai) à 850 mg/l (septembre).

BASSIN CENTRE

Piézométrie et débordement

Le volume d'eau qui a débordé en 2017 est de 6,5 millions de m³ contre 13,4 en 2016.

Les écoulements à la galerie du Bois d'avril n'ont pas été observés en 2017. La cote du réservoir minier présente des niveaux bas jusqu'en décembre.

Qualité des eaux souterraines

Les concentrations en sulfate mesurées restent très contrastées entre la partie ouest (secteurs 1 & 2) où les valeurs sont supérieures à 1 000 mg/l et la partie est (secteurs 3 & 4) où elles fluctuent en 2017 autour de 485 mg/l.

C11 : Nouvel équipement en sonde pression



Déversement des eaux de la galerie du canal de Moyeuve dans l'Orne (S4)

BASSIN SUD

Piézométrie et débordement

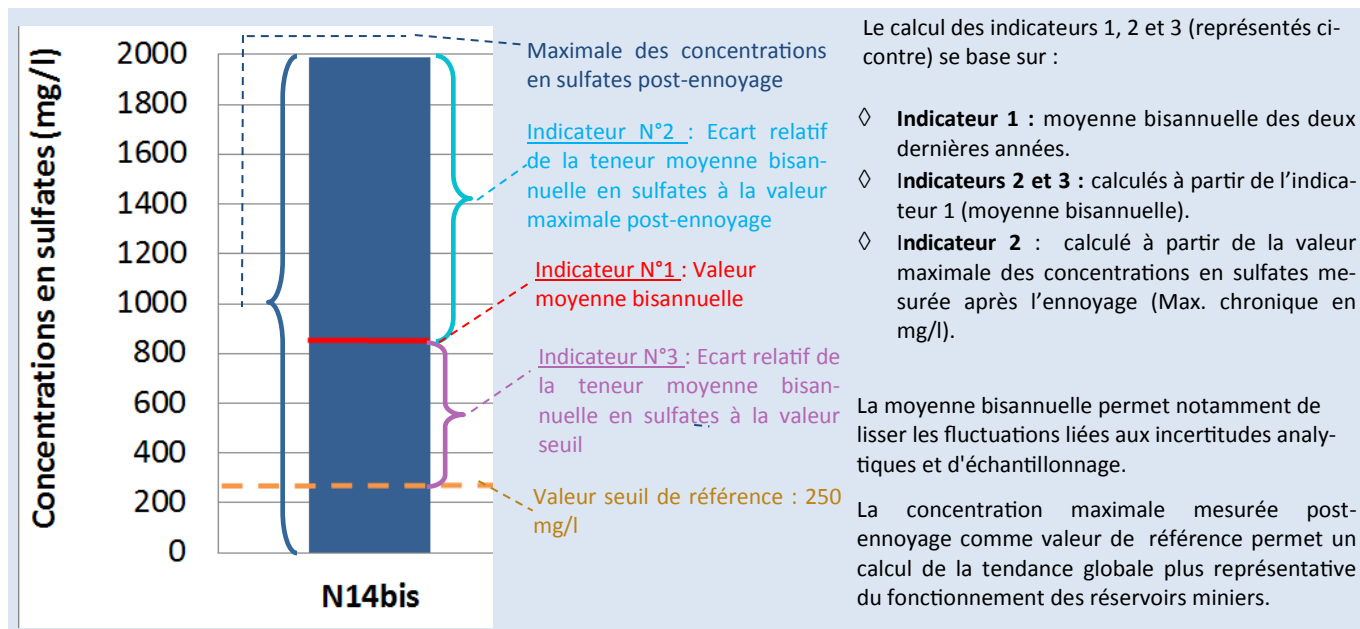
Le réservoir minier se maintient à un niveau bas jusqu'en novembre puis remonte à un niveau haut au cours du dernier mois de l'année.

Qualité des eaux souterraines

Après une forte baisse, les concentrations en sulfates se stabilisent depuis 2014 autour de 400 mg/l. En 2017, les résultats d'analyse confirment cette tendance avec des concentrations mesurées entre 384 et 420 mg/l.

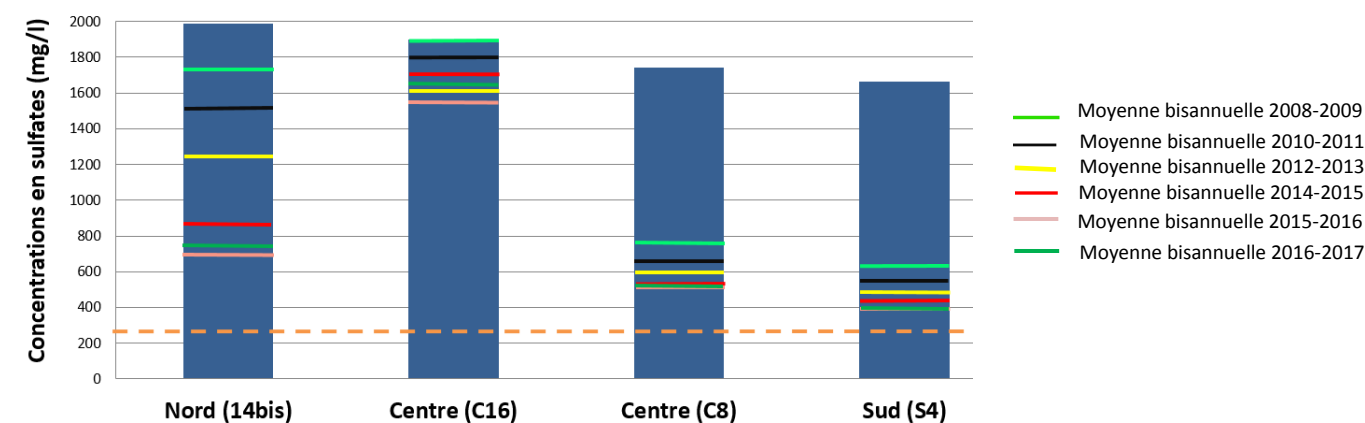
Indicateurs sulfates—Année 2017

3 Indicateurs sont calculés annuellement pour rendre compte de l'évolution de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère vis-à-vis de l'ion sulfate. Ceux-ci sont calculés à partir de stations de référence des réservoirs principaux Nord, Centre et Sud. La station de référence du réservoir Nord est le point de débordement principal de la Paix (N14bis), celle du réservoir Sud est la galerie du Chenal de Moyeuve (S4). Le réservoir Centre dispose de 2 stations de référence du fait de l'hétérogénéité des circulations d'eau souterraine entre la partie Est : puits Saint-Pierremont 2 (C16) et la partie Ouest : piézomètre Chevillon artésien (C8).



Indicateurs 2017

Nb : Les indicateurs sont calculés à partir des valeurs mesurées au droit des stations de référence des réservoirs miniers. En raison de la complexité des circulations d'eaux souterraines, les indicateurs ne peuvent être représentatifs de la situation sur l'intégralité des réservoirs.



Indicateur	NORD (N14bis)	CENTRE (C16)*	CENTRE (C8)**	SUD (S4)***
1	748	1610	522	394
2	-62	-15	-70	-76
3	199	544	109	58

*Max chronique du C5 (galerie du Woigot)

**Max. chronique du C18 (source La Chapelle)

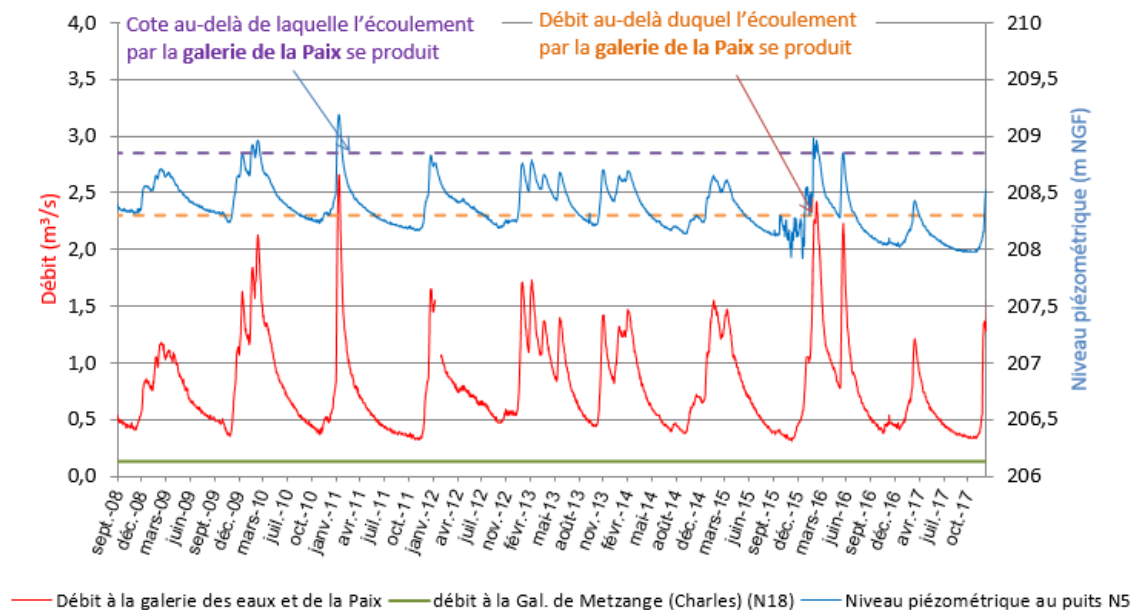
*** Max. chronique du S5 (galerie du

Les indicateurs sulfate montrent une forte tendance à la baisse des concentrations depuis l'ennoyage jusqu'en 2014—2015 (de – 58 à –74%) en dehors de la partie Ouest du réservoir Centre (C16). Depuis ces indicateurs restent relativement stables étayant des diminutions de concentrations plutôt faibles ces 3 dernières années. Les moyennes bisannuelles 2016-2017 s'échelonne autour de 750 mg/l pour le réservoir Nord, 500 mg/l pour le réservoir Centre et 400 mg/l pour le réservoir Sud.

La situation reste très contrastée au droit des secteurs où l'eau est peu renouvelée et présente des concentrations supérieures à 1 000 mg/l (secteurs 1 & 3 du réservoir Nord, secteur 1&2 du réservoir Centre et secteur 6 du réservoir Sud).

Les moyennes des concentrations mesurées sur l'ensemble des réservoirs restent cependant bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l (trait pointillé orange).

Réservoir Nord – Piézométrie et débordement



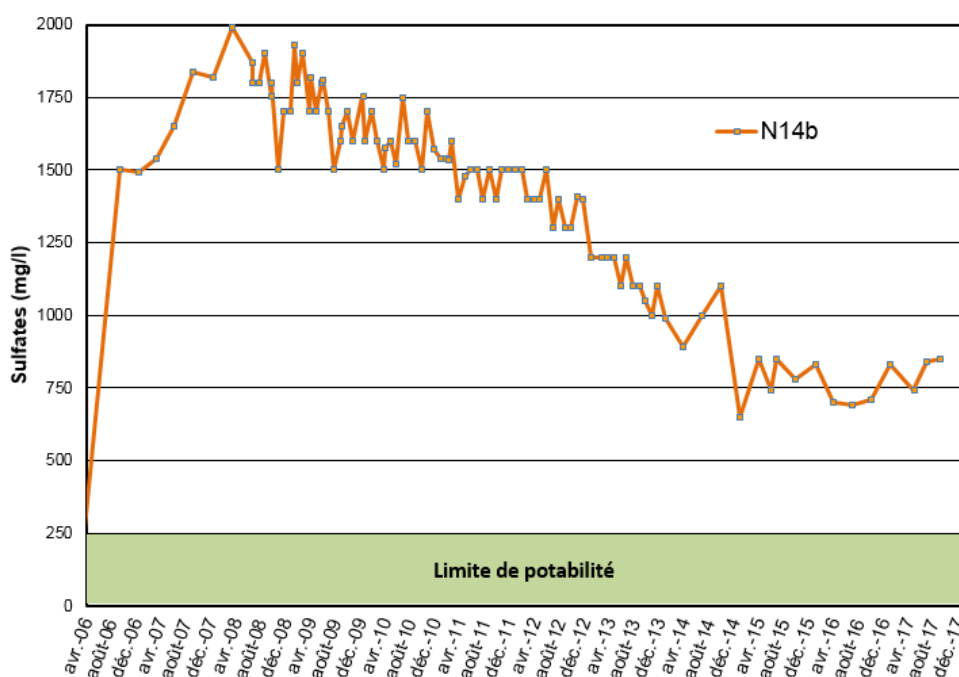
Débit de débordement de la galerie de la Paix et piézométrie du réservoir Nord.

Le niveau du réservoir minier est contrôlé par ces deux points de débordement situés à la cote 207,57 m (galerie des eaux - N14bis) et 208,85 m (galerie de la Paix). Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau piézométrique du réservoir minier évolue entre les cotes 207,9 et 209,3 mètres avec un battement de 1,4 mètres et un niveau moyen situé à 208,4 mètres.

2017 se caractérise par des niveaux particulièrement bas avec 92% des jours de l'année en dessous du niveau moyen. La faible recharge du début de printemps n'a pas permis de retrouver les niveaux habituels. Le réservoir entame sa décharge à partir du mois de mars et passe sous la cote 208 m à partir de septembre jusqu'en fin novembre. Le niveau remonte au cours du dernier mois de l'année.

Le débit de débordement suit la même tendance que le niveau piézométrique. **Le volume d'eau qui a débordé au cours de l'année 2017 au droit du réservoir Nord est de 18,7 millions de m³** (dont 12,6 au cours du 1er semestre), **soit 38% inférieur à celui de 2016** (30 millions de m³).

Réservoir Nord – Suivi des concentrations en sulfate



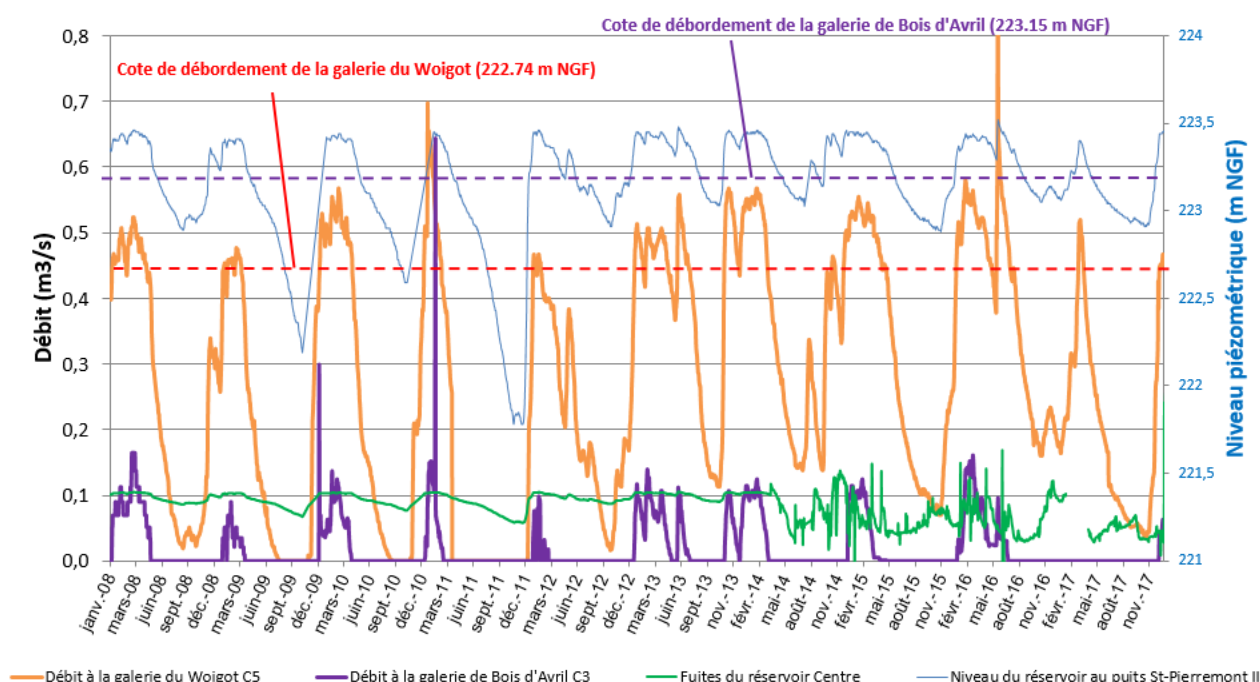
Concentrations en sulfates mesurées à la galerie de la Paix (N14bis)

Après une forte baisse de la concentration en sulfate mesurée au point de débordement du réservoir Nord (galerie de la Paix—N14bis) depuis l'ennoyage (-62%), la concentration fluctue autour de 750 mg/l depuis 2014.

Au cours de l'année 2017, les concentrations en sulfates mesurées sont comprises entre 740 (mai 2017) et 850 mg/l (septembre 2017). On constate que la concentration en sulfate est plus forte en période de basses eaux qu'en période de hautes eaux.

Ces concentrations restent bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l.

Réservoir Centre – Piézométrie et débordement



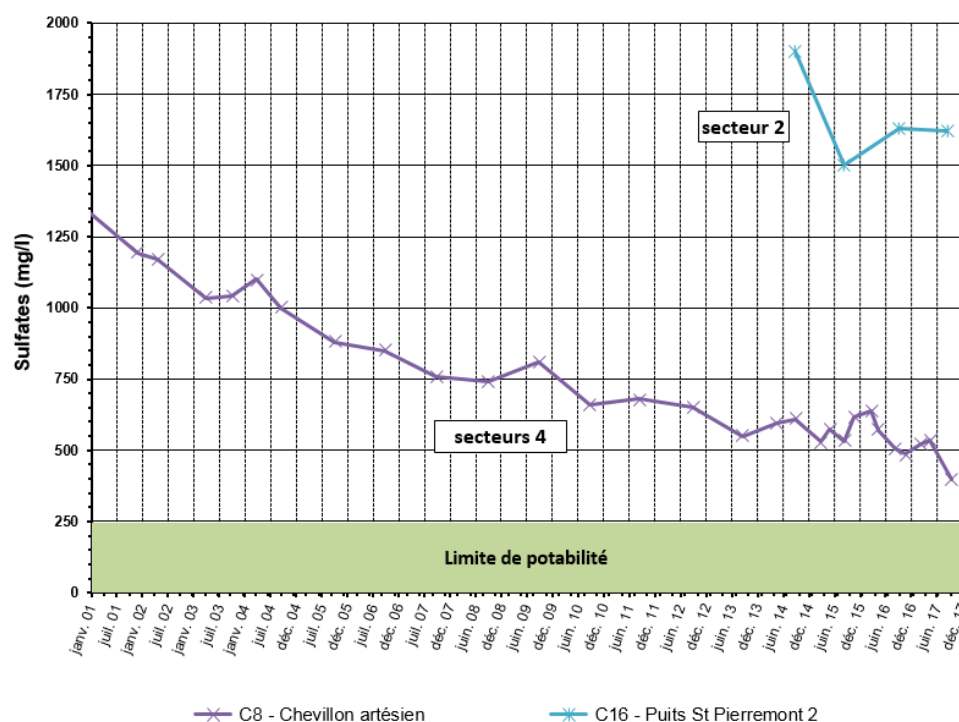
Débit de débordement et piézométrie du réservoir Centre

Le réservoir minier présente une grande inertie (battement observé de 0,60 m) du fait de son contrôle par les points de débordement situés à la cote 222,75 m (galerie du Woigot - C5) et 223,15 m (galerie de Bois d'Avril—C3) et des fuites au niveau du Chevillon.

En 2017, les écoulements à la galerie de Bois d'avril n'ont pas été observés. Les écoulements à la galerie du Woigot enregistrent un débit moyen de 0,2 m³/s avec des débits supérieurs à 0,4 m³/s observés en mars et décembre ; entre ces 2 événements les débits sont en baisse constante et passent sous le régime de 0,1 m³/s de juillet à novembre.

Le volume d'eau qui a débordé en 2017 est de 6,5 millions de m³ (dont 5,6 au cours du 1^{er} semestre) contre 13,4 en 2016.

Réservoir Centre – Suivi des concentrations en sulfate



Deux situations très contrastées sont mises en évidence sur le réservoir Centre :

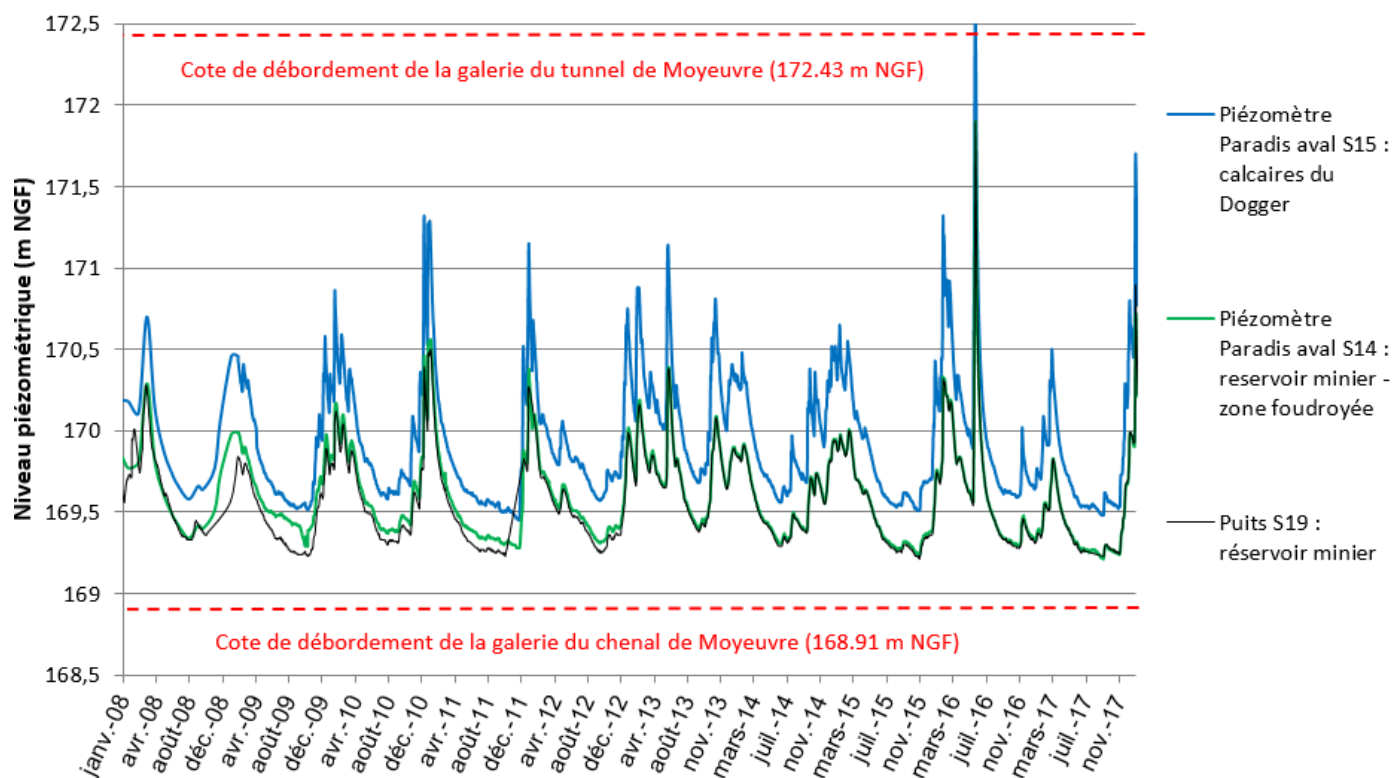
- A l'ouest (secteur 2) où les concentrations en sulfate mesurées au droit du qualitomètres C16 restent très élevées malgré une baisse observée entre 2014 et 2015. Depuis 2016 les concentrations restent stables autour de 1 600 mg/l.

- A l'est (secteurs 3 & 4) où l'on observe une diminution progressive et constante des concentrations en sulfate, signe d'un bon renouvellement en eau. Au cours de l'année 2017, les concentrations en sulfates mesurées sont comprises entre 535 (mai 2017) et 398 mg/l (octobre 2017).

Toutefois, ces concentrations restent supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l.

Concentrations en sulfates mesurées au droit du réservoir Centre

Réservoir Sud – Piézométrie et débordement



Les conditions de recharge du réservoir minier sont liées aux niveaux piézométriques de l'aquifère des calcaires du Dogger sus-jacent qui l'alimente directement à travers les zones foudroyées. Très réactif à la pluviométrie, l'aquifère du Dogger, mesuré à la station S15, s'est légèrement rechargé avec les précipitations du mois de mars. Depuis les niveaux sont en baisse avec des cotes mesurées basses. Le réservoir minier suit la même tendance dans sa partie foudroyée (S14) et au centre (S19). Les précipitations abondantes du mois de novembre ont fait remonter le niveau des réservoirs en décembre.

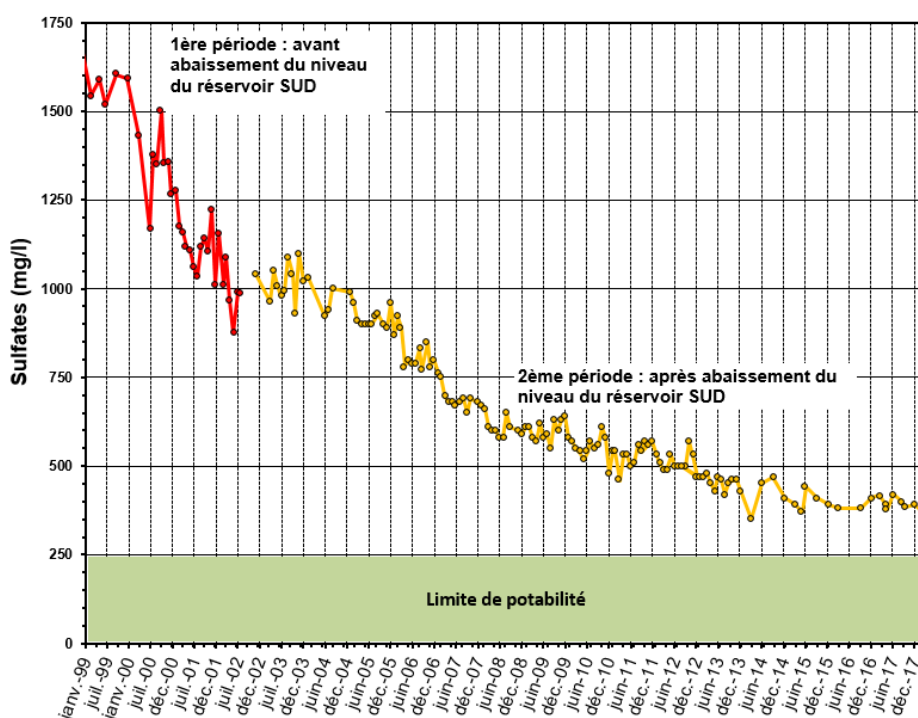
Réservoir Sud – Suivi des concentrations en sulfate

Au sein du réservoir Sud, le suivi des concentrations en sulfate est réalisé depuis 2003 à partir de la station de la galerie du chenal de Moyeuvre (S4).

Avant l'abaissement du niveau du réservoir, ce suivi était réalisé depuis la galerie du Tunnel de Moyeuvre (S5). La valeur maximale de référence post-ennoyage est prise au niveau de cette station.

Après une forte tendance à la baisse des concentrations en sulfate observée au cours des premières années jusqu'en 2013 (- 71% des concentrations en sulfates par rapport à la valeur maximale post-ennoyage), cette tendance se stabilise autour de 400 mg/l depuis 2014.

En 2017, les résultats d'analyse confirment cette tendance avec des concentrations en sulfate mesurées entre 384 et 420 mg/l.



Concentrations en sulfates mesurées au droit de l'ancien point de débordement : galerie du Tunnel de Moyeuvre (S5) - courbe rouge puis de la galerie du Chenal de Moyeuvre (S4)

Suivi des autres paramètres

Les éléments chimiques en excès dans l'eau des réservoirs miniers proviennent des réactions de mise en solution des sels minéraux lors de l'ennoyage. Ce stock d'éléments ne se renouvelant pas, cette situation est transitoire jusqu'à ce que le stock d'eau minéralisée initial soit évacué par le jeu des circulations souterraines.

Une surveillance de la qualité des eaux souterraines des réservoirs miniers a été mise en place. Elle intègre l'analyse annuelle des paramètres suivants :

- éléments majeurs : calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, chlorure, bicarbonate
- composés azotés : ammonium, nitrate ;
- métaux caractéristiques de l'eau d'ennoyage des réservoirs miniers : fer, manganèse, bore ;
- polluants potentiellement présents dans l'eau des réservoirs miniers : hydrocarbures totaux, indice phénol, phytosanitaires.

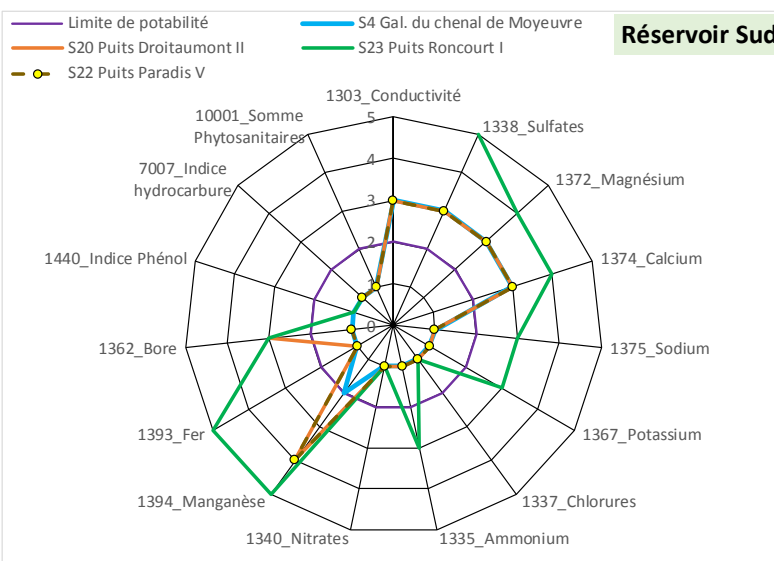
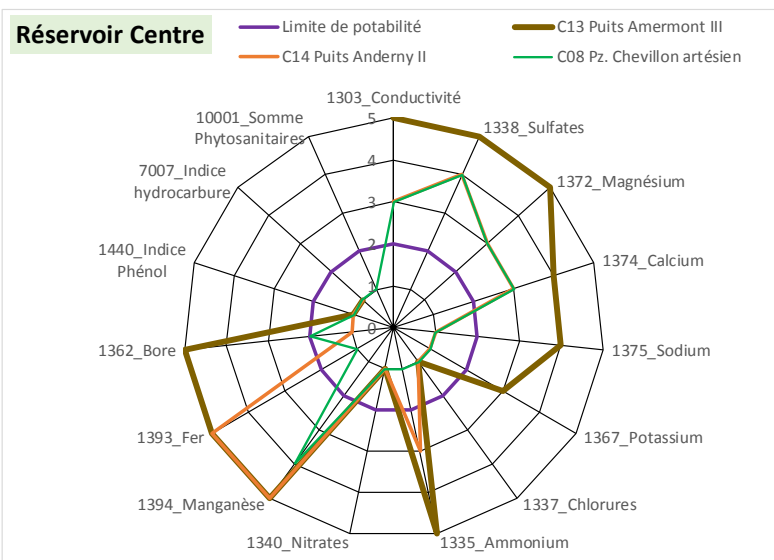
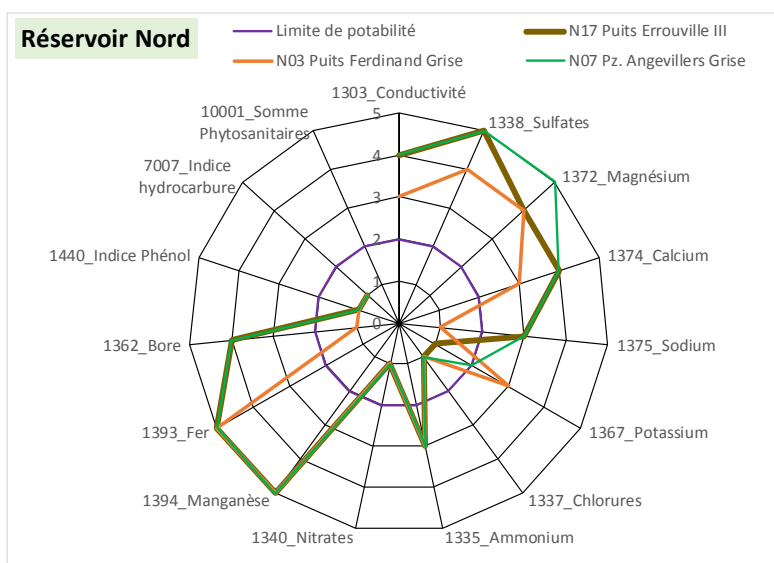
Bilan 2015—2017 :

Pour chaque point de surveillance des trois principaux bassins, ont été calculées la moyenne des moyennes annuelles des 3 dernières années, soit de 2015 à 2017. Cette moyenne, nommée Mma, a été répartie par classe de valeur, allant de 1 à 5. Les bornes des classes ont été définies en fonction de l'écart relatif de la Mma à la valeur seuil DCE, la valeur seuil étant fixée à 1.

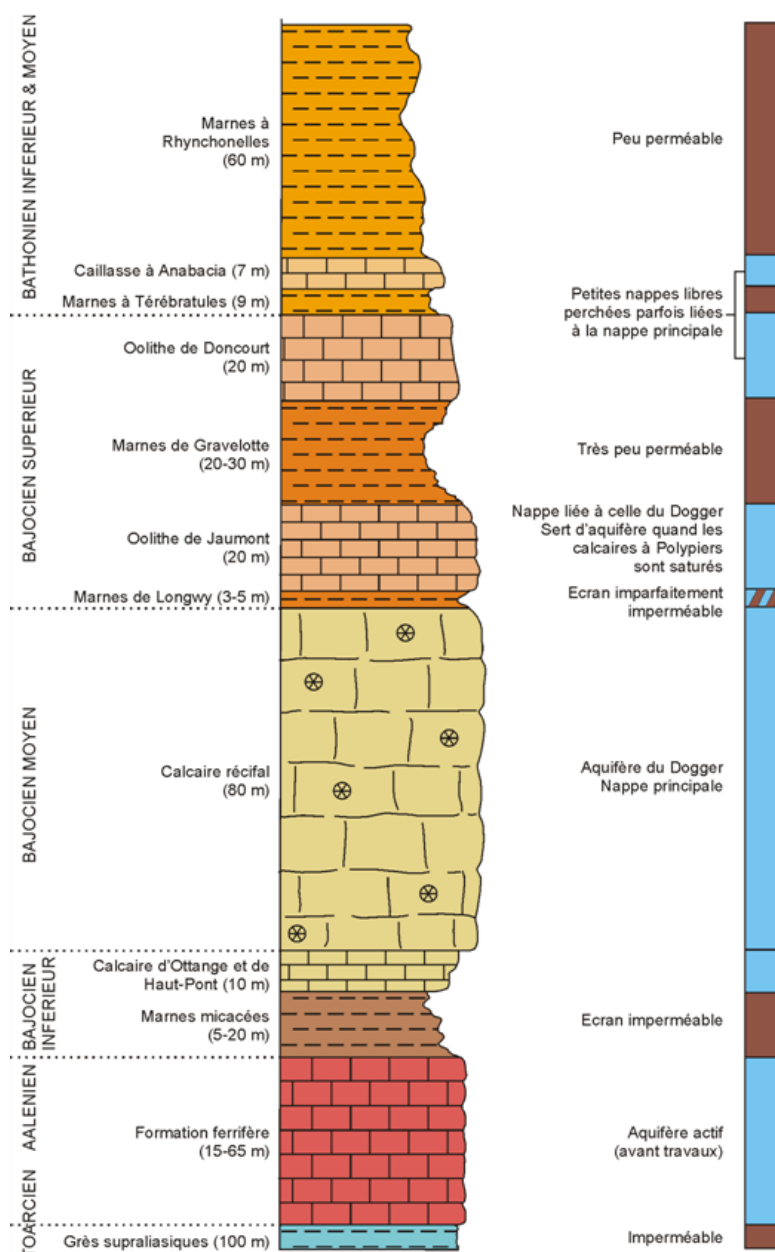
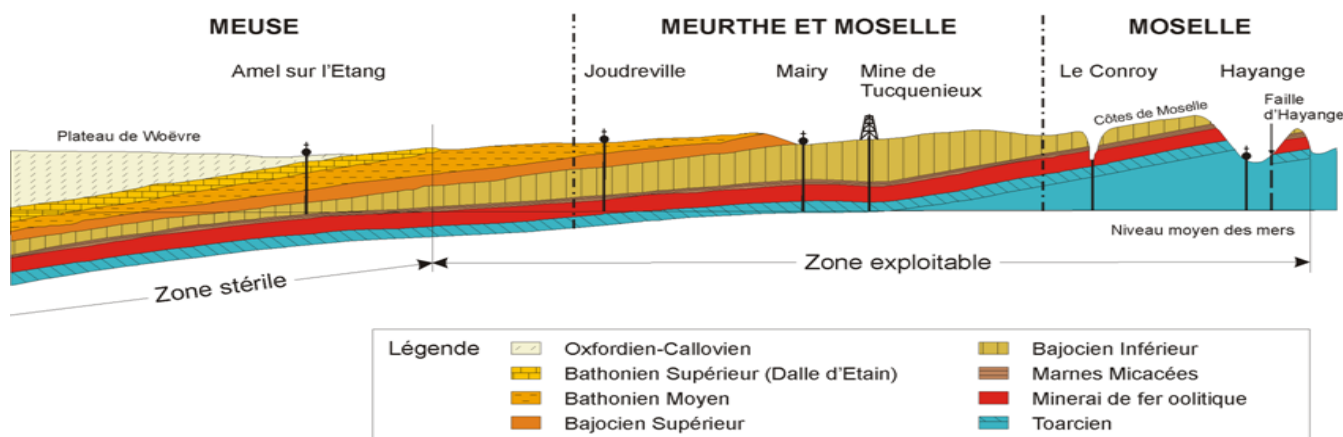
CLASSE RESULTAT	BORNE_CLASSE p/r au seuil DCE
1	Mma < 0,75
2	0,75 < Mma < 1
3	1 < Mma < 2
4	2 < Mma < 5
5	Mma > 5

Les diagrammes ci-contre représentent la classe de valeur des Mma par rapport aux valeurs seuil de référence.

On constate un dépassement quasi-systématique de la conductivité, sulfate, magnésium et calcium pour les composés majeurs, du manganèse et du fer pour les métaux, de l'ammonium pour les composés azotés. Les produits phytosanitaires et les hydrocarbures sont inférieurs aux valeurs seuils.



Rappels hydrogéologiques – les formations aquifères



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

Quelques nappes alluviales de faible importance : alluvions du Conroy et de l'Orne (non représentés sur le log ci-contre).

Plusieurs petites nappes perchées et discontinues, les nappes des oolites de Jaumont, Doncourt qui reposent sur des niveaux marneux.

La nappe principale du Dogger : contenue dans les calcaires à polypiers du Bajocien moyen et dans les calcaires du Bajocien inférieur.

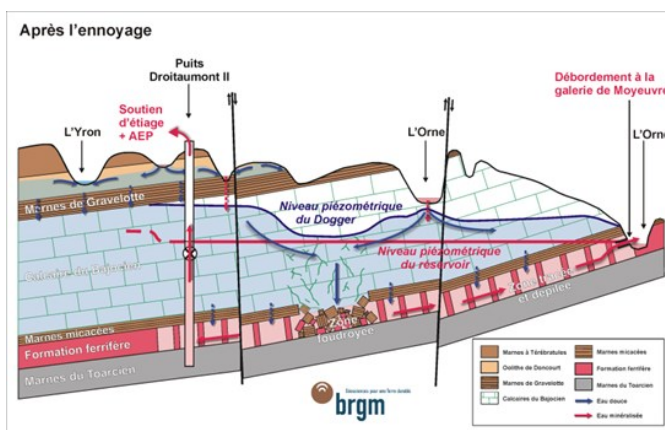
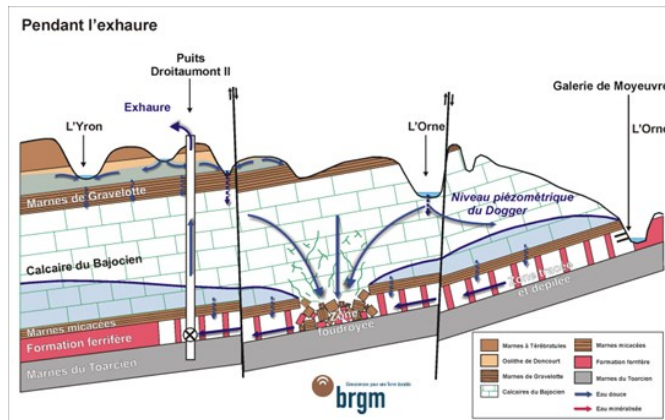
Les réservoirs miniers, dans la formation ferrifère : cet aquifère, modeste à l'état naturel, devient un véritable « réservoir » d'eau souterraine artificiel, lorsqu'il est percé de galeries ; un réservoir peut être rempli ou non d'eau (il peut être ennoyé, partiellement ennoyé ou non ennoyé).

Fonctionnement hydrogéologique du bassin ferrifère Lorrain

Par convention, le **réservoir minier** peut être défini comme un aquifère artificiel constitué de l'ensemble des vides laissés par l'homme dans la formation ferrifère. On distingue dans un réservoir minier les **zones ennoyées** (dans lesquelles les anciennes galeries abandonnées sont remplies d'eau et débordent généralement vers des points de débordements aménagés) ; et les **zones non ennoyées** (qui collectent et conduisent l'eau qui s'y infiltre vers les zones ennoyées).

Après l'arrêt des exhaures, l'eau d'ennoyage a rempli les vides artificiels laissés par l'activité minière. La remontée du niveau d'ennoyage des différents réservoirs a été limitée par la présence d'un ou **plusieurs points de débordement**, qui jouent le rôle de déversoirs des eaux d'ennoyage vers les cours d'eau. Généralement, le

débordement le plus bas, même en période de hautes eaux. En effet, la plupart des points de débordement sont aménagés pour laisser passer des débits de crue très importants, ce qui limite la possibilité d'élévation du niveau du réservoir. Lors de l'ennoyage, la remontée du niveau dans les réservoirs s'est accompagnée de la reconstitution de la nappe des calcaires du Dogger sus-jacente. Toutefois, cette reconstitution n'a été que partielle, puisque la remontée du niveau d'un réservoir est limitée par l'existence des points de débordement. D'autre part, la nappe des calcaires du Dogger continue à être en très forte relation avec les réservoirs miniers, par l'intermédiaire des **zones foudroyées**. Le réservoir minier ennoyé conserve donc son **rôle de drainage général de la nappe du Dogger**.

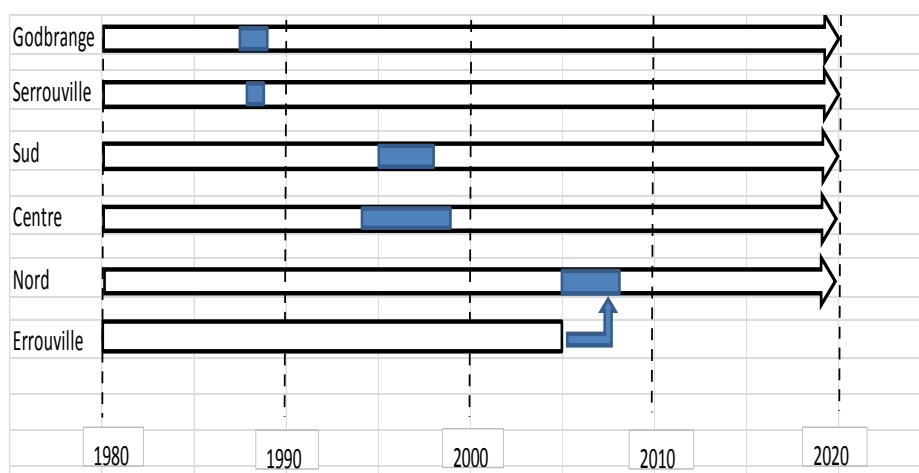


L'ennoyage des principaux réservoirs

L'illustration ci-contre représente les périodes d'ennoyage des principaux réservoirs miniers (représentées en bleu sur les échelles chronologiques horizontales).

L'illustration met en évidence le caractère récent de l'ennoyage du réservoir Nord par rapport aux réservoirs Godbrange et Serrouville, ennoyés dans les années 1980.

Le réservoir d'Errouville est connecté avec le réservoir Nord depuis l'ennoyage de ce dernier.



Ennoyage achevé

Depuis 30 ans dans les réservoirs Serrouville et Godbrange

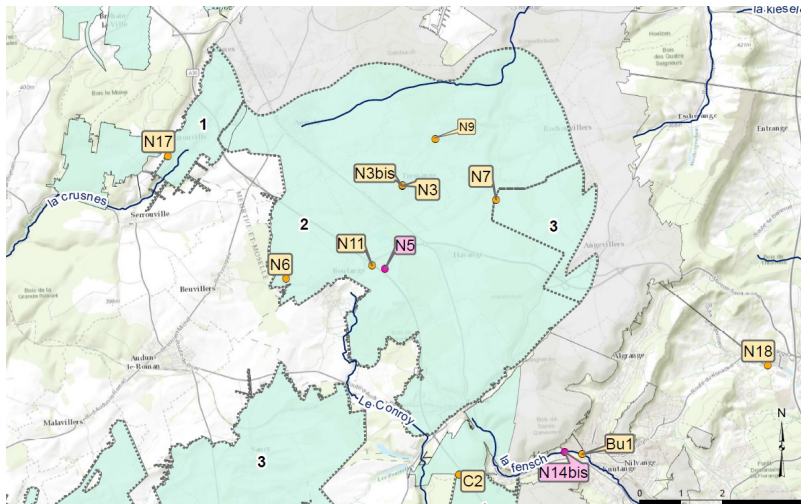
Depuis 20 ans dans le réservoir Sud

Depuis 19 ans dans le réservoir Centre

Depuis 10 ans dans le réservoir Nord

Sectorisation des réservoirs miniers Nord, Centre et Sud

Les travaux de simulation hydrologiques et chimiques des trois grands réservoirs miniers ennoyés ont mis en évidence une compartimentation des réservoirs (BRGM/RP-62998-FR – Vaute, 2013). La sectorisation des réservoirs a été obtenue par le croisement entre l'analyse détaillée des plans miniers et les tendances observées d'évolution des concentrations de l'ion sulfate. La différence de comportement de l'ion sulfate entre secteurs traduit un taux variable de renouvellement du stock d'eau minéralisée initialement formé lors de l'ennoyage des travaux miniers. Ce travail de sectorisation a abouti à la délimitation des secteurs suivants (avec leurs qualitomètres associés) :



Réservoir Nord

Trois secteurs ont été identifiés au sein du Réservoir Nord : secteur 1 (N17), secteur 2 (N3, N3bis, N5, N6, N11, N14bis, N18) et secteur 3 (N7).

D'après l'analyse de l'évolution des concentrations en sulfates mesurées au droit de ces 3 secteurs, deux types de comportement se distinguent :

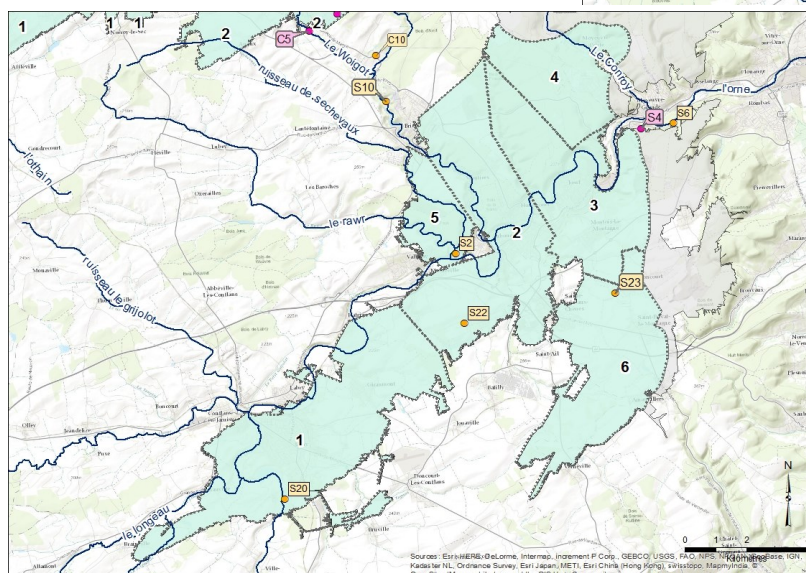
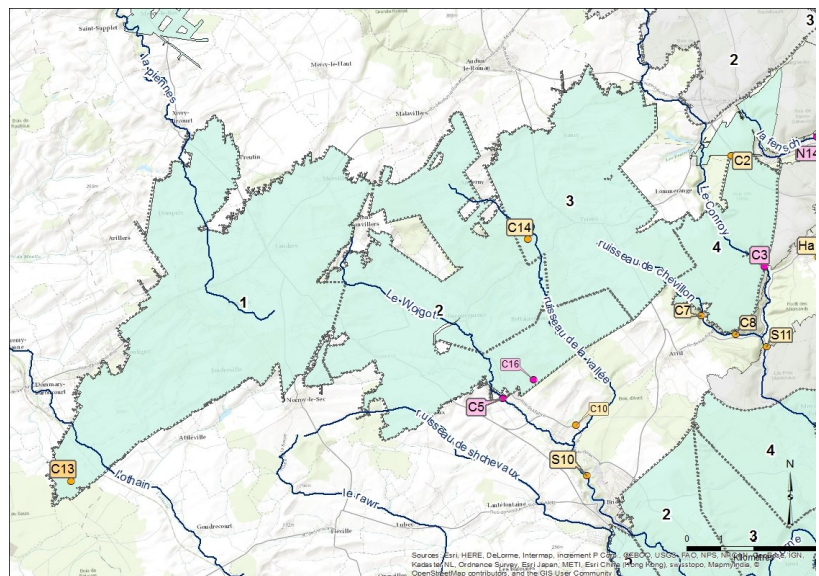
- **Secteurs 1 et 3** : tendance lente à la baisse avec des concentrations en sulfates qui restent élevées (1500 et 2225 mg/l) → **eau peu renouvelée**
- **Secteur 2** : forte tendance à la baisse durant les 6 premières années suivant l'ennoyage puis com-

Réservoir Centre

Quatre secteurs ont été identifiés au sein du Réservoir Centre : secteur 1 (C13), secteur 2 (C16, C5), secteur 3 (C14, C3) et secteur 4 (C8, C2).

La situation est très contrastée entre :

- la partie Ouest du réservoir (secteurs 1 et 2) et l'extrême nord est (4 nord) où les concentrations se maintiennent à des valeurs très élevées (2800, 1500 et 1200 mg/l) → **eau peu renouvelée**
- la partie Est (secteurs 3 et 4 sud) où les concentrations baissent fortement depuis l'ennoyage puis comportement asymptotique → **eau bien renouvelée**



Réservoir Sud

Six secteurs ont été identifiés au sein du Réservoir Sud : secteur 1 (S20), secteur 2 (S22), secteur 3 (S4), secteur 4, secteur 5 (S2, S3) et secteur 6 (S23).

Le réservoir Sud présente une meilleure qualité globale de l'eau minière par rapport aux autres réservoirs. La partie nord-ouest (secteur 5) est utilisée pour l'alimentation en eau potable. Les secteurs 1, 2 et 3 indiquent une eau bien renouvelée avec une forte baisse des concentrations en sulfates depuis l'ennoyage avec une stabilisation autour de 400 mg/l.

Le secteur 6 se démarque avec une forte concentration en sulfate (supérieure à 1 000 mg/l).

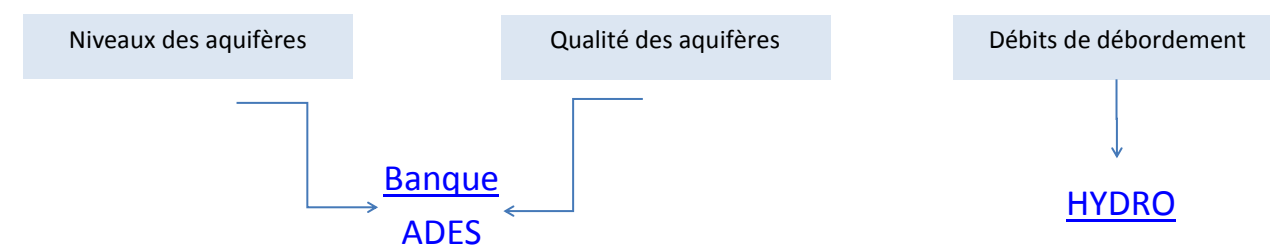
Accès aux données

Les réseaux de suivi des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain permettent d'acquérir des données :

- sur le niveau des aquifères,
- sur les débits de débordement des réservoirs miniers,
- sur la qualité des aquifères.

Les données sont bancarisées après un circuit de validation :

- Dans la banque nationale d'accès aux données sur les eaux souterraines (ADES),
- Dans la banque HYDRO qui stocke les mesures de hauteur d'eau et de débit



Réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain

CODE : 0200000018

Réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain

CODE : 0200000013



Puits de Bure



Piézomètre Fontoy Nord



Débordement de la Paix

Liens utiles

Site internet du BRGM : www.brgm.fr

Site internet de la banque ADES : www.adès.eaufrance.fr

Site internet de la banque HYDRO : www.hydro.eaufrance.fr

Site internet du SAGE du bassin ferrifère lorrain : www.lorraine.eu/sagebf

Les chroniques d'information semestrielles du bassin ferrifère lorrain sont téléchargeables sur le site du SIGES Rhin-Meuse : <http://sigesrm.brgm.fr/>

Stations permettant la surveillance du bassin ferrifère Lorrain

RESERVOIR	CODE_BSS	INDICE BFL	TYPE	COMMUNE	AQUIFERE_CAPTE
NORD	01137X0174/PZ-16	N16	Piézomètre	KNUTANGE	Alluvions de la Fensch
	01138X0185/PZ-15	N15	Piézomètre	KNUTANGE	Alluvions de la Fensch
	01137X0159/F	N21	Piézomètre	FONTOY	Calcaires du Dogger
	01137X0160/F	N20	Piézomètre	FONTOY	Calcaires du Dogger
	01137X0172/PZ-13	N13	Piézomètre	BOULANGE	Calcaires du Dogger
	01137X0173/PZ-12	N12	Piézomètre	BOULANGE	Calcaires du Dogger
	01137X0175/PTS-5	N5	Puits	BOULANGE	Réservoir minier
	01132X0164/PUITS	N17	Puits	ERROUVILLE	Réservoir minier
	01133X0052/P1	N9	Puits	TRESSANGE	Réservoir minier
	01137X0169/PZ-7	N7	Piézomètre	HAVANGE	Réservoir minier
	01137X0182/N3BIS	N3bis	Puits	TRESSANGE	Réservoir minier
	01138X0147/P	N18	Galerie	THIONVILLE	Réservoir minier
	01137X0099/P1	N6	Puits	BOULANGE	Réservoir minier
	01137X0143/S	N3	Puits	TRESSANGE	Réservoir minier
	01138X0184/G14BIS	N14bis	Galerie	KNUTANGE	Réservoir minier
	01137X0170/PTS-8	N8	Puits	FONTOY	Réservoir minier
	01137X0171/PZ-11	N11	Piézomètre	BOULANGE	Réservoir minier - Zone foudroyée
BURBACH	01138X0172/BURBAC	Bu1	Galerie	ALGRANGE	Réservoir minier
CENTRE	01373X0131/A15	C6	Piézomètre	AVRIL	Calcaires du Dogger
	01372X0206/F	C1	Forage	MANCE	Calcaires du Dogger
	01373X0132/P01	C11	Piézomètre	AVRIL	Calcaires du Dogger
	01373X0133/P02	C12	Piézomètre	AVRIL	Calcaires du Dogger
	01373X0176/PREL	C21	Cours d'eau	MOYEUVE-GRANDE	Cours d'eau Conroy
	01372X0211/PZBIS	C10	Piézomètre	MANCE	Formation ferrifère non exploitée
	01373X0130/A25	C7	Piézomètre	AVRIL	Formation ferrifère non exploitée
	01373X0158/PZ	C8	Piézomètre	AVRIL	Formation ferrifère non exploitée
	01137X0157/PUITS	C2	Forage	FONTOY	Réservoir minier
	01364X0042/P3	C13	Puits	DOMMARY-BARONCOURT	Réservoir minier
	01136X0148/P	C14	Puits	TUCQUEGNIEUX	Réservoir minier
	01372X0197/EX	C5	Galerie	MANCIEULLES	Réservoir minier
	01373X0134/EXHAUR	C3	Galerie	NEUFCHÉF	Réservoir minier
	01372X0198/P2	C16	Puits	MANCIEULLES	Réservoir minier
HAYANGE SUD	01374X0268/S	Ha1	Piézomètre	NEUFCHÉF	Réservoir minier
SUD	01372X0210/BRIEYA	S9	Piézomètre	BRIEY	Calcaires du Dogger
	01376X0149/H01	S13	Piézomètre	HATRIZE	Calcaires du Dogger
	01632X0071/V19	S17	Piézomètre	VILLE-SUR-YRON	Calcaires du Dogger
	01377X0212/M02	S15	Piézomètre	MOINEVILLE	Calcaires du Dogger
	01632X0070/V105	S16	Piézomètre	VILLE-SUR-YRON	Calcaires du Dogger
	01372X0204/M52	C9	Piézomètre	MANCE	Calcaires du Dogger
	01377X0205/F3	S18	Piézomètre	VERNEVILLE	Calcaires du Dogger
	01372X0209/BRIEYB	S10	Piézomètre	BRIEY	Formation ferrifère non exploitée
	01373X0160/PZAAVAL	S11	Piézomètre	NEUFCHÉF	Formation ferrifère non exploitée
	01378X0121/RC1	S23	Puits	RONCOURT	Réservoir minier
	01374X0273/G	S4	Galerie	MOYEUVE-GRANDE	Réservoir minier
	01377X0211/M01	S14	Piézomètre	MOINEVILLE	Réservoir minier - Zone foudroyée
	01377X0099/FM	S19	Puits	AUBOUE	Réservoir minier



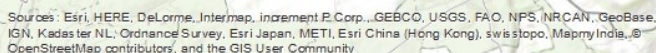
Surveillance qualitative



Surveillance quantitative



Surveillance qualitative et quantitative





Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain - BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Grand Est
1, avenue du Parc de Brabois
54500 – Vandœuvre-lès-Nancy – France
Tél. : 03.83.44.81.49