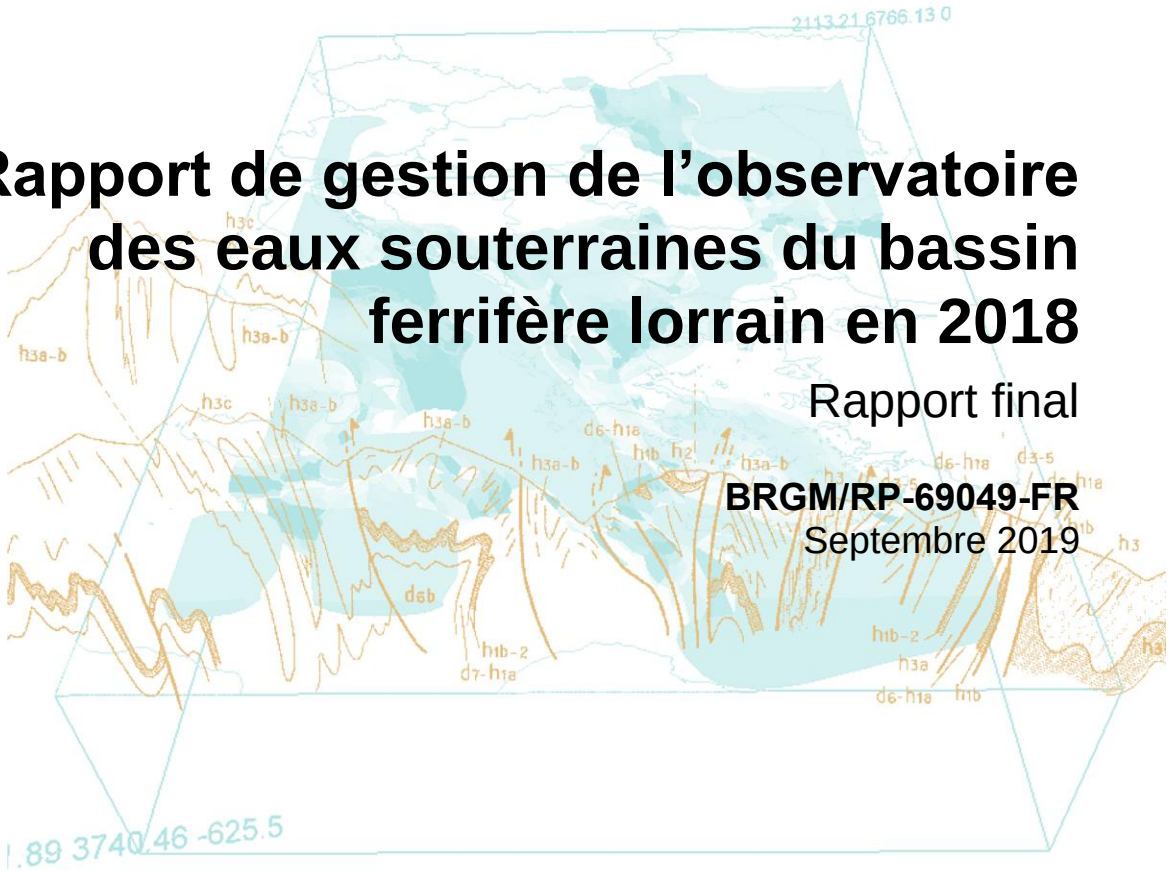


Document public



Rapport de gestion de l'observatoire des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2018

Rapport final

BRGM/RP-69049-FR
Septembre 2019

AGENCE DE L'EAU RHIN•MEUSE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE EN CHARGE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Rapport de gestion de l'observatoire des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2018

Rapport final

BRGM/RP-69049-FR
Septembre 2019

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

S. Guignat

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : Laurent Vaute	Nom : MIDOT
Fonction : Hydrogéologue	Fonction : Directeur Régional Grand Est
Date : 09/08/19	Date : 23/09/19
Signature : 	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

AGENCE DE L'EAU RHIN•MEUSE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE EN CHARGE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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. (2019) – Rapport de gestion de l'observatoire des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2018. Rapport final. **BRGM/RP-69049-FR**, 55 p., 34 ill., 1 cd-rom contenant les annexes.

© BRGM, **2019**, 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 maitrise d'ouvrage du BRGM en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) et la région Grand Est. La DREAL Grand Est est partenaire technique de l'observatoire. 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 de l'exploitation minière et à l'ennoyage consécutif des réservoirs miniers.

La surveillance mise en place dans le cadre de l'observatoire répond aux enjeux règlementaires de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et des objectifs du SAGE du bassin ferrifère. Elle comprend l'acquisition des données et leur interprétation en termes de fonctionnement hydrogéologique et chimique des aquifères et s'appuie sur un réseau opérationnel constitué de 27 stations (10 qualitomètres, 11 piézomètres et 6 points de débordements des réservoirs). Les niveaux piézométriques et les débits de débordement des réservoirs sont mesurés en continu par des centrales d'acquisition. Les échantillonnages et les analyses sont effectués à des fréquences mensuelles à annuelles, et concernent les éléments majeurs (calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, chlorure, bicarbonate), les composés azotés (ammonium, nitrate), certains éléments caractéristiques de l'eau d'ennoyage des réservoirs miniers (fer, manganèse, bore), et les certains polluants potentiellement présents dans l'eau des réservoirs miniers (hydrocarbures totaux, indice phénol). Les données de surveillance sont bancarisées dans la Banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (http://www.ades.eaufrance.fr/). Les résultats des surveillances qualitative et quantitative menées par l'AERM, le BRGM et la DREAL et l'Agence Régionale de Santé (ARS) dans le cadre de la DCE et du suivi des eaux destinées à l'alimentation en eau potable sont également intégrées et valorisées dans le cadre de ce projet.

Ce rapport présente les études et travaux réalisés en 2018 dans le cadre de la convention trisannuelle 2017-2019. Deux chroniques d'information semestrielles présentant ces résultats ont été publiées en 2018 et sont accessibles depuis le Système d'information pour la gestion des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse (http://sigesrm.brgm.fr/).

Concernant la gouvernance du réseau, la pérennisation de l'accès aux ouvrages a été préparée par l'identification des propriétaires privés des parcelles sur lesquelles sont implantés les ouvrages sans convention.

Concernant la logistique, certaines prestations sont sous-traitées comme les mesures de débits, la réalisation des analyses et le renouvellement d'équipement des stations piézométriques.

Concernant les travaux de maintenance et la modernisation du réseau, le parc a été renouvelé avec l'équipement de cinq stations piézométriques et hydrométriques et la mise en place de la télétransmission et l'installation de deux préleveurs de fond. Deux tournées de maintenance préventive ont été réalisées en juillet et en novembre pour la récupération des données piézométriques et l'entretien des stations. Une vingtaine de mesures de débit en sortie de chenal des réservoirs ont été réalisées et ont permis d'évaluer les volumes de débordements.

En 2018, les volumes de débordement s'élèvent respectivement à 72, 40 et 16 millions de m^3 pour les réservoirs Sud, Nord et Centre. Ces volumes sont plus élevés que les années précédentes, consécutif à une bonne recharge hivernale 2017/2018.

Les concentrations en sulfates sont toujours à la baisse dans les secteurs où l'eau est bien renouvelée et stables dans les autres secteurs. L'analyse de l'évolution des sulfates et des autres paramètres (fer, manganèse, ammonium) indique un taux de renouvellement différent du stock d'eau minéralisée initialement formé lors de l'ennoyage des travaux miniers d'un secteur à l'autre. Les secteurs où l'eau est bien renouvelée représentent 60% de la surface des trois principaux réservoirs du bassin ferrifère. Le réservoir Sud présente une meilleure qualité de l'eau minière comparativement aux autres réservoirs.

Les produits phytosanitaires, analysés dans le cadre de la DCE, ont été détectés ponctuellement à des concentrations supérieures aux valeurs seuils au niveau des points de débordement. Ces détections tardives dans l'histoire des réservoirs miniers ennoyés pourraient être corrélées à des changements de pratiques agricoles, et/ou être dues à la complexité des circulations et à la dynamique de remplissage puis de renouvellement des réservoirs miniers, notamment par le rôle de drainage général de la nappe du Dogger par le réservoir minier. La poursuite et la généralisation des analyses de phytosanitaires sur des stations captant directement l'eau minière (puits minier) et l'eau des calcaires du Dogger (aquifères alimentant le réservoir minier) apparait pertinent afin de mettre en évidence l'évolution de ces polluants et identifier les sources en amont.

Sommaire

1. Introduction 9

2. Objectifs et gouvernance de l'observatoire 11

2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS 11

2.2. CONVENTIONS D'ACCES AUX STATIONS 11

3. Programme de surveillance 13

3.1. PROGRAMME DE SURVEILLANCE 13
3.1.1. Surveillance quantitative 16
3.1.2. Surveillance qualitative 16

3.2. PRESTATIONS SOUS-TRAITEES 17

4. Gestion des réseaux de surveillance 19

4.1. ACQUISITION ET BANCARISATION DES DONNEES 19
4.1.1. Surveillance quantitative 19
4.1.2. Surveillance Qualitative 21
4.1.3. Bancarisation des données 22

4.2. TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET RENOUVELLEMENT DES EQUIPEMENTS 22
4.2.1. Stations piézométriques et hydrométriques 22
4.2.2. Préleveur de fond 25
4.2.3. Actes de vandalisme 26

5. Résultat de la surveillance 2018 27

5.1. SURVEILLANCE QUANTITATIVE 27
5.1.1. Réservoir Nord 27
5.1.2. Réservoir Centre 29
5.1.3. Réservoir Sud 31
5.1.4. Synthèse des débordements 34

5.2. SURVEILLANCE QUALITATIVE 34
5.2.1. Sectorisation des réservoirs miniers Nord, Centre et Sud 35
5.2.2. Evolution de l'ion sulfate 35
5.2.3. Evolution des autres paramètres 48
5.2.4. Synthèse sur la qualité des réservoirs 2016/2018 53
5.2.5. Analyse des tendances 53

5.3. LES CHRONIQUES SEMESTRIELLES 56

6. Conclusion 57

Liste des figures

Illustration 1 : Liste des stations de l'observatoire avec convention 12
Illustration 2 : Liste des stations sans convention avec identification des propriétaires 12
Illustration 3 : Liste des stations des réseaux et type de surveillance 14
Illustration 4 : Carte d'implantation des stations des réseaux de surveillance 15
Illustration 5 : Liste des stations avec surveillance qualitative 17
Illustration 6 : Jaugeage au micromoulinet du Conroy 20
Illustration 7 : Mesure de débit par bateau Doppler en sortie de galerie de Moyeuvre-Grande 20
Illustration 8 : Prélèvements directs sur les stations du Woigot et de la Paix 21
Illustration 9 : Exemple de prélèveur de fond 21
Illustration 10 : Photographie avant et après aménagement des stations N20, N21, S14 et S15 24
Illustration 11 : Equipement de la station du Woigot à Mancieulles 25
Illustration 12 : Renouvellement préleveur de fond du puits N6 – puits Boulange grise 26
Illustration 13 : Evolution des niveaux du réservoir Nord depuis la fin de l'ennoyage 28
Illustration 14 : Chronique 2018 du réservoir Nord et statistiques mensuelles 28
Illustration 15 : Evolution des niveaux du réservoir Centre depuis la fin de l'ennoyage 30
Illustration 16 : Chronique 2018 du réservoir Centre et statistique mensuelle 30
Illustration 17 :Evolution des niveaux du réservoir Sud 32
Illustration 18 : Chronique 2018 du réservoir Sud et statistique mensuelle 32
Illustration 19 : Corrélation entre niveau piézométrique et débit de débordement 33
Illustration 20 : Synthèse des volumes annuels de débordement 34
Illustration 21 : Secteurs du réservoir nord et évolution des concentrations en sulfates 37
Illustration 22 : Secteurs du réservoir Centre et évolution des concentrations en sulfates 41
Illustration 23 : Débits au point de débordement C5 et concentration en sulfates 43
Illustration 24 : Secteurs du réservoir Sud et évolution des concentrations en sulfates 45
Illustration 25 : Cartographie de la concentration en sulfates du bassin ferrifère lorrain 47
Illustration 26 : Indicateurs sulfates 48
Illustration 27 : Bornes et classes de l'écart relatif de la Mma aux valeurs seuils 49
Illustration 28 : Valeurs seuils retenues 49
Illustration 29 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Nord 50
Illustration 30 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Centre 51
Illustration 31 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Sud 52
Illustration 32 : Evolution des concentrations des majeurs depuis l'ennoyage au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord) 54

Illustration 33 : Evolution des concentrations en métaux depuis l'ennoyage au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord).....54
Illustration 34 : Evolution des concentrations en composés azotés au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord) 55

Liste des annexes (présentes sur le CD-Rom joint)

Annexe 1 : Graphique d'évolution des paramètres analysés

Annexe 2 : Chroniques semestrielles

1. 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 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. Lors de l'ennoyage, la remontée du niveau dans les réservoirs s'est accompagnée de la reconstitution de la nappe des calcaires du Dogger. 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.

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 ont été constitués depuis les années 90 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 règlementaires 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 2018. Il présente les opérations de gouvernance mise en place ainsi que les travaux réalisés et les résultats de cette surveillance.

2. Objectifs et gouvernance de l'observatoire

2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Créé début 2017, l'observatoire du bassin ferrifère lorrain permet de réaliser la surveillance qualitative et quantitative des eaux souterraines et superficielles au droit du bassin de Briey-Longwy. Le programme de surveillance s'inscrit dans la continuité des actions engagées depuis 1995 et est formalisé par une convention trisannuelle 2017 – 2019 et tripartite entre le BRGM, l'AERM et la région Grand-Est.

Les objectifs généraux du programme de surveillance sont le suivi quantitatif des eaux souterraines, c'est-à-dire le suivi de l'évolution des niveaux piézométriques et des débits des points de débordement des réservoirs miniers, et le suivi qualitatif des eaux souterraines, c'est-à-dire le suivi de l'évolution de la qualité de l'eau.

La surveillance mise en place dans le cadre de l'observatoire répond aux enjeux règlementaires 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. Elle s'appuie sur un réseau opérationnel constitué de 10 qualitomètres, 11 piézomètres et 6 stations hydrométriques mixtes (qualitatif et quantitatif) situées au niveau des points de débordements des réservoirs.

2.2. CONVENTIONS D'ACCES AUX STATIONS

Les ouvrages de l'observatoire, équipés en station de mesure, appartiennent à des propriétaires privés ou publics. 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. Les propriétaires des parcelles au droit desquelles sont implantés les ouvrages peuvent différer des propriétaires des ouvrages.

En 2018, l'accès et l'exploitation à des fins de réalisation de mesures sont contractualisés par une convention ou servitude de passage pour 26 stations. Le tableau de l'Illustration 1 présente les stations avec convention :

	INDICE BFL	TYPE OUVRAGE	NOM	COMMUNE	CONVENTION
NORD	N2	Piézomètre	François Brune	AUMETZ	occupation domaine public
	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	contrat de bail privé
	N8	Puits de mine	Puits Havange Brune	FONTOY	contrat de bail privé
	N9	Puits de mine	Puits Bure Jaune Sauvage	TRESSANGE	occupation domaine public
	N10	Piézomètre	Errouville Brune	ERROUVILLE	contrat de bail privé
	N12	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger inf.	BOULANGE	contrat de bail privé
	N13	Piézomètre	Pz. Chem. Sud Dogger sup.	BOULANGE	contrat de bail privé
	N14bis	Galerie	Gal. des eaux de Knutange (la Paix)	KNUTANGE	contrat de bail privé
	N15	Piézomètre	Pz. Fensch aval 1	KNUTANGE	contrat de bail privé
	N16	Piézomètre	Pz. Fensch amont 2	KNUTANGE	occupation domaine public
	N17 ou N10bis	Puits de mine	Puits Errouville III	ERROUVILLE	occupation domaine public
CENTRE	C3	Galerie	Gal. de Bois d'Avril	NEUFCHEF	servitude de passage
	C10	Piézomètre	Pz. Mance bis	MANCE	occupation domaine public
	C11	Piézomètre	Pz. P1 - St-Pierremont	AVRIL	servitude de passage
	C12	Piézomètre	Pz. P2 - St-Pierremont	AVRIL	servitude de passage
SUD	S4	Galerie	Gal. du chenal de Moyeuvre	MOYEUVRE-GRAN	servitude de passage
	S9	Piézomètre	Pz. Briey A	BRIEY	servitude de passage
	S10	Piézomètre	Pz. Briey B	BRIEY	servitude de passage
	S11	Piézomètre	Pz. Conroy aval	NEUFCHEF	servitude de passage
	S13	Piézomètre	Pz. H1 - Hatrize	HATRIZE	servitude de passage
	S16	Piézomètre	Pz. V105 - Ville / Yron	VILLE-SUR-YRON	contrat de bail privé
	S17	Piézomètre	Pz. V19 - Ville / Yron	VILLE-SUR-YRON	contrat de bail privé

Illustration 1 : Liste des stations de l'observatoire avec convention

Des travaux de recherche des propriétaires ont été menés en 2018 pour les 20 stations sans conventions. Ils ont abouti à l'identification des propriétaires des parcelles, nommé privé ou public (Illustration 2 : Liste des stations sans convention avec identification des propriétaires) et constituent une base à la préparation des futures conventions d'utilisation d'un puits ou d'un piézomètre pour le suivi piézométrique et qualitatif de l'observatoire.

	INDICE BFL	TYPE OUVRAGE	NOM	COMMUNE	Type
NORD	N1	Piézomètre	François Grise	AUMETZ	privé
	N11	Piézomètre	Pz. Cheminée Sud	BOULANGE	public
	N18	Galerie	Gal. de Metzange (Charles)	THIONVILLE	public
	N20	Piézomètre	Pz. Fontoy nord	FONTOY	privé
	N21	Piézomètre	Pz. Fontoy sud	FONTOY	public
BURBACH	Bu1	Galerie	Gal. de Burbach	ALGRANGE	privé
CENTRE	C1	Forage	For. Ferme de Mance	MANCE	privé
	C2	Forage	For. Route Blanche	FONTOY	public
	C5	Galerie	Gal. du Woigot	MANCIEULLES	privé
	C6	Piézomètre	Pz. A15 - Avril amont	AVRIL	public
	C7	Piézomètre	Pz. A25 - Avril aval	AVRIL	public
	C8	Piézomètre	Pz. Chevillon artésien	AVRIL	public
	C13	Puits de mine	Puits Amermont III	DOMMARY-BARONCOURT	public
	C14	Puits de mine	Puits Anderny II	TUCQUEGNIEUX	public
	C16	Puits de mine	Pts St-Pierremont	MANCIEULLES	public
	C21	Cours d'eau	Conroy - station hydrométrique	MOYEUVRE-GRANDE	public
SUD	S14	Piézomètre	Pz. M1 - Paradis aval	MOINEVILLE	privé
	S15	Piézomètre	Pz. M2 - Paradis aval	MOINEVILLE	privé
	S23	Puits de mine	Puits Roncourt I	RONCOURT	public
HAYANGE SUD	Ha1	Piézomètre	Pz. Hayange Sud	NEUFCHEF	privé

Illustration 2 : Liste des stations sans convention avec identification des propriétaires

3. Programme de surveillance

3.1. PROGRAMME DE SURVEILLANCE

L'opération 2018 a consisté à réaliser la surveillance :

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

Les résultats des surveillances qualitative et quantitative menées dans le cadre de la Directive Cadre Européenne ainsi que 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 3 recense ces stations par bassin, aquifère surveillé et type de surveillance. Les stations suivies « hors observatoire » apparaissent sur fond gris dans la colonne type de surveillance du tableau. Le code couleur s'applique aux différents aquifères surveillés : ainsi les stations sur fond vert captent les alluvions de la Fensch, sur fond bleu clair les calcaires du Dogger, sur fond bleu foncé les eaux superficielles, sur fond gris la formation ferrifère non exploité et en transparence le réservoir minier.

	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
	N17	Puits Errouville III	puits	ERROUVILLE	Réservoir minier		X
	N18	Gal. de Metzange (Charles)	point de débordement	THIONVILLE	Réservoir minier		X
CENTRE	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	MOYEUVRE-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	NEUFCHEF	Réservoir minier	X	X
	C5	Gal. du Woigot	point de débordement	MANCIEULLES	Réservoir minier	X	X
	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
SUD	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 Moyeuvre	point de débordement	MOYEUVRE-GRANDE	Réservoir minier	X	X
	S14	Pz. M1 - Paradis aval	piézomètre	MOINEVILLE	Réservoir minier - Zone foudroyée	X	
	S19	Puits Auboué I	puits	AUBOUE	Réservoir minier	X	
	S6	Gal. Saint-Paul	point de débordement	MOYEUVRE-GRANDE	Réservoir minier		X
	S20	Puits Droitaumont II	puits	JARNY	Réservoir minier		X
	S2	For. Valleroy-Moineville 1	forage	MOINEVILLE	Réservoir minier		X
	S22	Puits Paradis V	puits	MOINEVILLE	Réservoir minier		X
	S3	For. Valleroy-Moineville 2	forage	MOINEVILLE	Réservoir minier		X

Illustration 3 : Liste des stations des réseaux et type de surveillance

La carte de l'Illustration 4 permet de localiser ces stations au sein des 3 bassins. Les stations suivies hors observatoire (DCE ou eau potable) apparaissent sur fond gris de l'étiquette sur la carte.

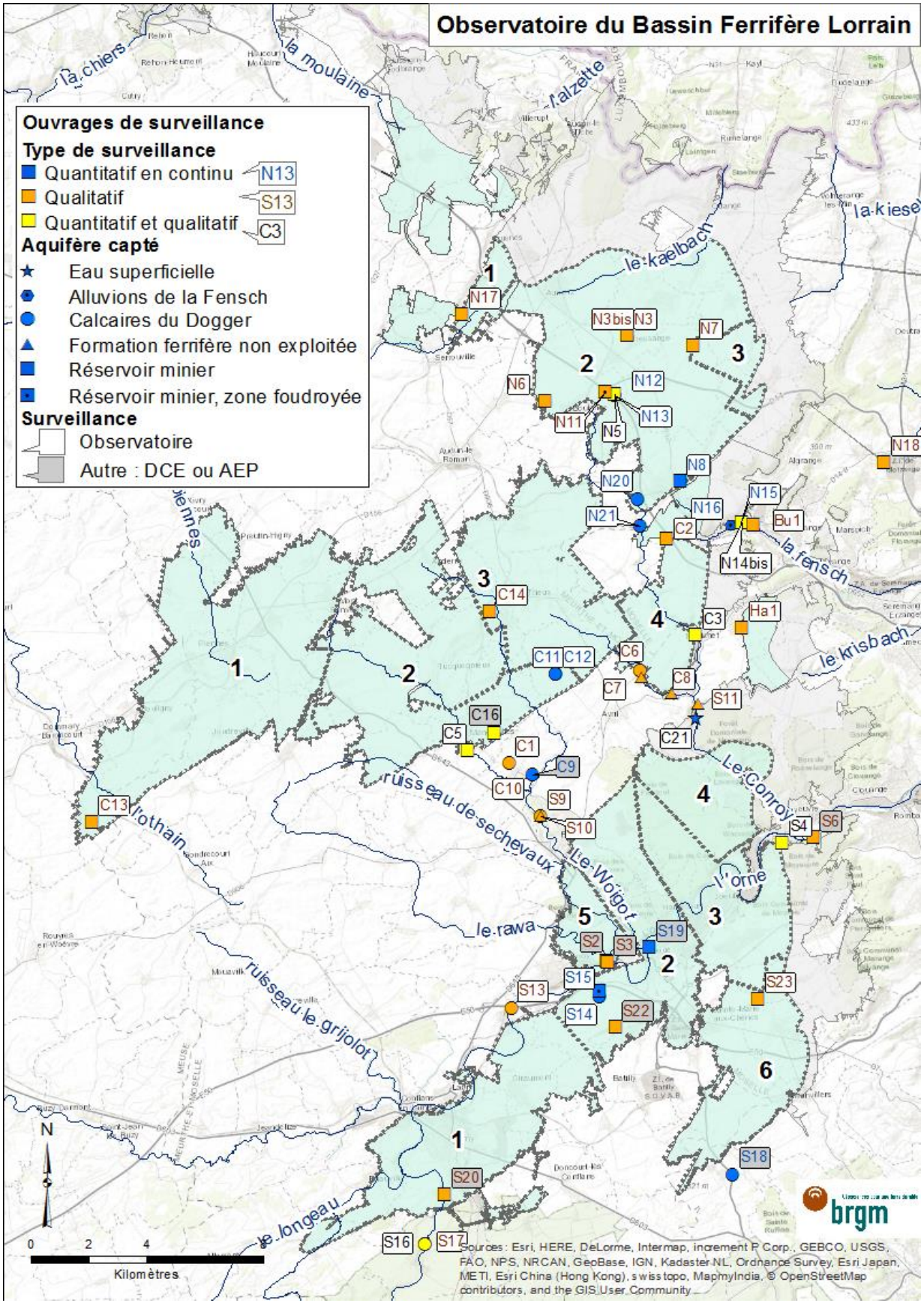


Illustration 4 : Carte d'implantation des stations des réseaux de surveillance

3.1.1. Surveillance quantitative

L'ennoyage du réservoir minier et la remontée de la surface piézométrique de la nappe du Dogger a entrainé la mise en communication hydraulique :

- d'une part de l'aquifère du Dogger avec les réservoirs miniers, mis en communication au niveau des zones foudroyées qui constituent des zones de recharge du réservoir ;
- d'autre part des aquifères perchés du Bajocien inférieur et du Bathonien avec l'aquifère principal du Dogger ;
- enfin, des aquifères du Dogger et des réservoirs miniers avec les aquifères alluviaux au niveau des vallées.

La surveillance quantitative consiste en le suivi de l'évolution du niveau piézométrique des nappes précitées et des débits de débordement des 3 réservoirs miniers.

3.1.2. Surveillance qualitative

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, hydrogénobicarbonate ;
- composés azotés : amonium, nitrate ;
- métaux : fer, manganèse, bore ;
- micropolluants organiques : hydrocarbures totaux, indice phénol ;
- paramètres physico-chimiques : température, conductivité, oygène 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 dans 10 puits de mine, forages et piézomètres du réservoir minier ainsi que sur 3 des 5 points de débordement. Les analyses « réduites » trimestrielles sont réalisées sur 5 points de débordement et la station hydrométrique du Conroy C21. Trois points de débordement, la galerie du Woigot à Mancieulles (C5), la galerie de Bois d'avril à Neufchef (C3) et la galerie de Metzange à Thionville (N18) combinent les 2 types d'analyses « étendue » annuelle et « réduite » trimestrielle. Le tableau suivant (Illustration 5) récapitule ces stations par type et fréquence d'analyse.

	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	MOYEUVRE-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***	***NEUFCHEF***	***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***	***MOYEUVRE-GRANDE***	***Réservoir minier***	trimestrielle réduite**
* Analyses réduites : sulfates						
**Analyses étendues : majeurs, NH4, NO2, Fe, Mn, B, Sr, Ni, hydrocarbures totaux, indice phénol						

Illustration 5 : Liste des stations avec surveillance qualitative

3.2. PRESTATIONS SOUS-TRAITEES

Certaines opérations du programme sont sous-traitées par le BRGM à des prestataires spécialisés.

Il s'agit de :

- la surveillance des points de débordement des 3 bassins, qui comprend les mesures de débits et la mise à jour des courbes de tarage, le prélèvement et l'analyse trimestrielle de l'ion sulfate ;
- la réalisation des analyses étendues annuelles ;
- l'équipement des stations piézométriques.

En 2017 et pour la durée de la convention, le BRGM a attribué, suite à l'analyse des offres après consultation des entreprises, la surveillance des points de débordement au bureau d'étude Gestion Hydro et au laboratoire ASPECT pour les analyses réduites trimestrielles, la réalisation des analyses étendues annuelles au laboratoire ALPA CAE et l'équipement des stations piézométriques à la société HydroServices.

En 2018, la filiale CAE, du groupe Alpa a été placée en redressement judiciaire en vue d'une cession et a été reprise par le groupe Carso. Ainsi, le laboratoire ayant réalisé les analyses étendues annuelles diffère entre 2017 (CAE) et 2018 (Carso).

4. Gestion des réseaux de surveillance

4.1. ACQUISITION ET BANCARISATION DES DONNEES

4.1.1. Surveillance quantitative

a) Données piézométriques

Des appareils de mesure automatique des niveaux piézométriques (sondes pression) installés sur les stations permettent d'acquérir une mesure en continu. Seule est bancarisée la valeur piézométrique maximale journalière afin de pallier l'effet d'éventuels pompages.

Deux maintenances préventives semestrielles ont été réalisées en 2018, la première au mois de mai et la seconde en novembre. Au cours de ces maintenances, un contrôle du niveau piézométrique a été réalisé avec reparamétrage de la sonde enregistreuse si une divergence entre les deux niveaux était observée. Les batteries des appareils sont vérifiées et changées si besoin et de façon systématique pour les appareils de télétransmission.

Les données ont été validées et bancarisées dans la banque de données ADES à l'issue de chaque maintenance préventive.

b) Débit de débordement

Les débits de débordement sont mesurés en sortie des réservoirs Nord, Centre et Sud au niveau de 4 stations. Ces stations sont réparties comme suit :

- *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 en 2005 par modélisation avant le débordement du réservoir Nord et confirmée par quelques jaugeages manuels ultérieurs.

- *Réservoir Centre :*

Des mesures de débits sont effectuées au droit des 2 points de débordement C5 – galerie du Woigot et C3 – galerie de Bois d'Avril et sur le cours d'eau du Conroy au niveau de la station hydrométrique C21. Située à l'aval de la confluence avec le Chevillon, la station hydrométrique est équipée d'un capteur de niveau d'eau et de conductivité et permet d'effectuer les calculs de débits de fuite du réservoir Centre.

Les débits 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 (Illustration 6) sont effectués à une fréquence semestrielle pour ajuster les 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 automatiquement au pas de temps horaire grâce à des stations hydrométriques. Ces stations sont installées au droit de la section aménagée. Une échelle limnimétrique permet le contrôle visuel de la hauteur d'eau.

- *Réservoir Sud :*

L'accès à la station S4 - galerie du chenal de Moyeuvre-Grande est très contraint : en période de hautes eaux en raison de fortes turbulences, et 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.

En 2018, 20 mesures de débit en sortie du chenal ont été réalisées. 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 (Illustration 7) en périodes de hautes eaux. Les mesures de débits ont été réalisées avec une fréquence plus élevée en période de hautes eaux afin de compléter cette gamme de valeur pour affiner la corrélation entre débits et niveau piézométrique du réservoir.





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

4.1.2. Surveillance Qualitative

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

- prélèvement direct aux points de débordement et dans le cours d'eau ;
- prélèvement in-situ sur les ouvrages profonds des réservoirs miniers (puits de mine, piézomètre, 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 de l'Illustration 8.




Illustration 8 : Prélèvements directs sur les stations du Woigot et de la Paix

Les paramètres physico-chimiques : pH, conductivité et oxygène dissous sont analysés in-situ au moment du prélèvement. Ces prélèvements et analyses ont été confiés à un sous-traitant équipé du matériel de mesure adéquat.

Le prélèvement in-situ sur les ouvrages profonds est un prélèvement direct sans purge préalable à la profondeur désirée. 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 (Illustration 9). Grâce à la mise en œuvre de cycle compression – décompression à l'aide d'azote sous pression, l'eau échantillonnée est remontée en surface. Le principe de fonctionnement de ce système est développé dans le rapport BRGM/RP-63469 FR (Ollagnier, 2014).

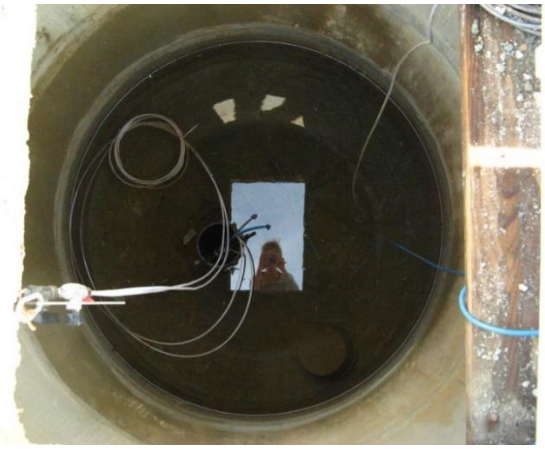



Illustration 9 : Exemple de prélèveur de fond

4.1.3. Bancarisation des données

Les réseaux de l'observatoire relatifs aux suivis quantitatif et qualitatif sont déclarés sur ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) 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 sont bancarisées dans la banque ADES et sont consultables et téléchargées sur le site public www.ades.eaufrance.fr.

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).

4.2. TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET RENOUVELLEMENT DES EQUIPEMENTS

En 2018, le réseau de surveillance a été modernisé avec le renouvellement de l'équipement de cinq stations pour le suivi quantitatif et d'un préleveur de fond pour le suivi qualitatif.

Par ailleurs, on déplore la perte de matériel et de données suite à des actes de vandalismes commis sur le réseau.

4.2.1. Stations piézométriques et hydrométriques

Le matériel de mesure de quatre stations piézométriques et d'une station hydrométrique a été remplacé entre juillet et novembre 2018. Ce remplacement a bénéficié de 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 un mât de support.

Ces aménagements concernent :

- Les stations piézométriques N20 - code BSS 01137X0160/F, N21 - code BSS 01137X0159/F et S15 - code BSS 01377X0212/M02 qui captent les calcaires du dogger à Fontoy et Moineville ainsi que la station S14 - code BSS 01377X0211/M01 qui capte le réservoir minier dans sa partie foudroyée à Moineville ;
- La station hydrométrique C5 – Galerie du Woigot à Mancieulles, l'un des deux points de débordement du réservoir Centre. Cette station a été équipée d'une sonde multiparamètres qui enregistre en continue en plus de la hauteur d'eau (convertie en débit), la température et la conductivité.

L'illustration ci-dessous (*Illustration 10*) présente une planche photographique des travaux d'aménagement de ces stations.



N20 : Photo avant travaux



N20 : Photo après travaux d'aménagement



N21 : Photo avant travaux



N21 : Photo après travaux d'aménagement



S14 : Photo avant travaux



S14 : Photo après travaux d'aménagement



S15 : Photo avant travaux



S15 : Photo après travaux d'aménagement

Illustration 10 : Photographie avant et après aménagement des stations N20, N21, S14 et S15

Les photographies de l'Illustration 11 présentent les équipements mis en place pour la station de mesure de débit du Woigot.

	
Photo avant travaux	Photo après travaux d'aménagement

Illustration 11 : Equipement de la station du Woigot à Mancieulles

4.2.2. Préleveur de fond

Deux préleveurs de fond ont été remplacés en octobre 2018 : le premier au niveau du puits Boulange Grise (N6) dont le préleveur usé avait été rompu et le second au niveau du puits Anderny II à Tucquenieux (C14) dont le préleveur était colmaté.

Les préleveurs, maintenus en surface par des pinces d'ancrage, ont été installés à 195 m de profondeur pour le puits C14 et 220 m de profondeur pour le puits (N6). La photo de l'Illustration 12 présente l'équipement installé au droit du puits N6.



Illustration 12 : Renouvellement préleveur de fond du puits N6 – puits Boulange grise

4.2.3. Actes de vandalisme

Au cours de l'année 2018, on déplore deux actes de vandalisme sur le réseau de surveillance affectant une sonde piézométrique et un préleveur de fond.

Le vol de la sonde piézométrique installée au droit de la station S14 - Pz M1 Paradis aval - Réservoir minier zone foudroyée à Moineville a entrainé une perte de données du 08/02/2018 au 12/07/2018 et a nécessité une nouvelle installation réalisée le 12/07/2018.

La perte du préleveur de fond installé en septembre 2018 au droit du puits N6 - Puits Boulange Grise – réservoir minier à Boulange a condamné son échantillonnage pour une campagne d'analyse et nécessite une nouvelle installation programmée pour 2019.

5. Résultat de la surveillance 2018

5.1. SURVEILLANCE QUANTITATIVE

L'ennoyage des réservoirs miniers ainsi que les interactions entre les aquifères en jeux (calcaires du Dogger et nappes alluviales) sont décrits dans la chronique hors-série n°2 du bassin ferrifère lorrain disponible sur le site du SIGES Rhin-Meuse (http://sigesrm.brgm.fr/). Ces éléments sont repris en parti ci-dessous.

La remontée du niveau d'ennoyage des réservoirs est 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. Le niveau du réservoir est contraint par la cote du seuil de son point de débordement le plus bas. Les points de débordement étant aménagés pour laisser passer des débits de crue très importants, ils limitent la possibilité d'élévation du niveau du réservoir. Par ailleurs, le niveau piézométrique du réservoir minier est considéré comme identique en tout point du réservoir du fait de son très faible gradient piézométrique (très faible résistance à l'écoulement de l'eau dans le réseau de galerie).

Parallèlement, lors de l'ennoyage, la remontée du niveau dans les réservoirs s'est accompagnée de la reconstitution de la nappe des calcaires du Dogger. Toutefois, cette reconstitution n'est que partielle (puisque la remontée du niveau d'un réservoir est limitée par l'existence des points de débordement) et 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. Au-dessus des travaux miniers, la surface piézométrique de la nappe principale des calcaires du Dogger est déprimée, et présente un relief « bosselé » : les « creux » piézométriques correspondent aux zones où le drainage vers le réservoir minier sous-jacent est important (zones foudroyées ou fracturées), les « bosses » correspondent aux zones de drainage moindre (zones non foudroyées ou de perméabilité verticale plus faible).

5.1.1. 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 m^3/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. Ces eaux débordent vers la Fensch à Knutange.

Ce fonctionnement est mis en évidence dans l'Illustration 13 qui présente les chroniques acquises depuis l'ennoyage (2008) à fin 2018 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 m^3/s ;

- N18 – point de débordement à la galerie de Metzange représenté par la courbe orange avec une mesure de débit en m^3/s ;

- N5 - puits Cheminée Sud à Boulange de code BSS 01137X0175/PTS-5 représenté par la courbe bleue avec une mesure de niveaux du réservoir en m NGF.

Le graphique de l'Illustration 14 présente la chronique piézométrique du réservoir mesurée pour l'année 2018 à la station N5 comparativement aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrée depuis l'ennoyage (2008) jusqu'à l'année n-1 (2017). La pluviosité ainsi que la pluie efficace mesurées en mm au droit de la station météorologique d'Errouville (54) sont également reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

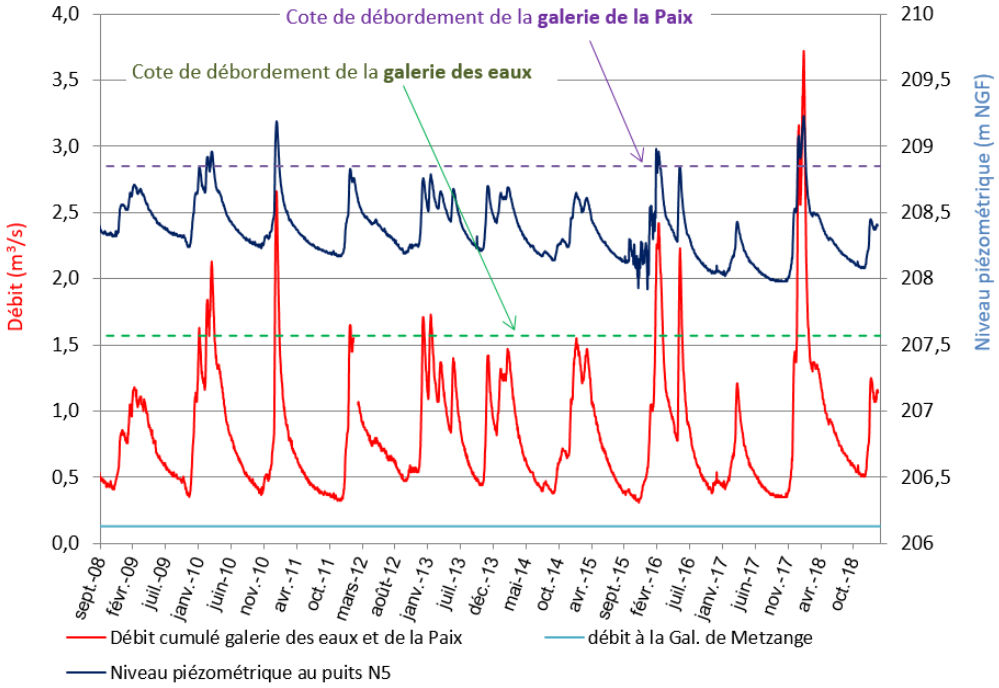


Illustration 13 : Evolution des niveaux du réservoir Nord depuis la fin de l'ennoyage

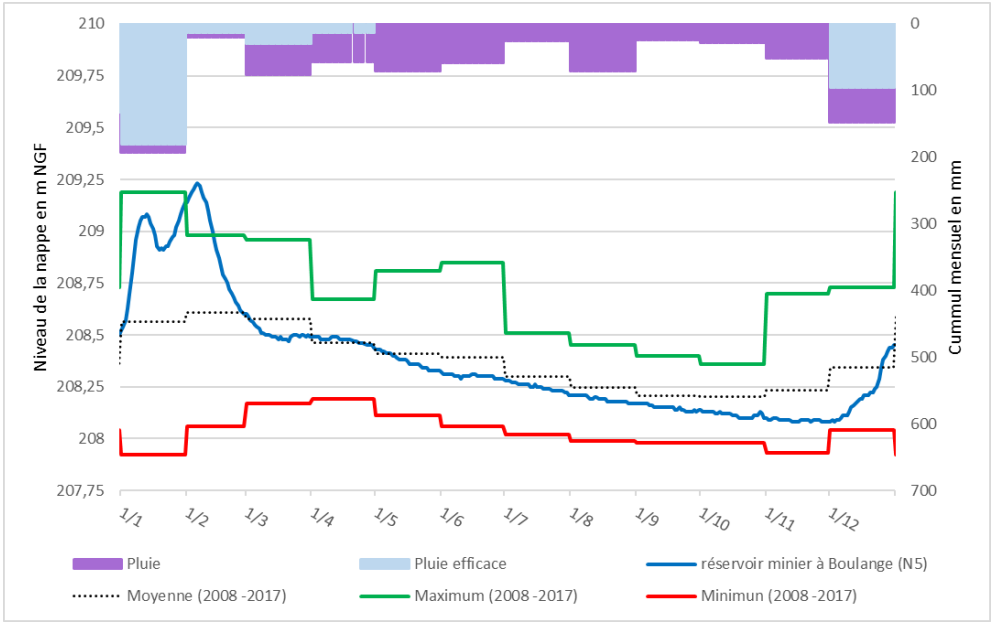


Illustration 14 : Chronique 2018 du réservoir Nord et statistiques mensuelles

Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau du réservoir et le débit de débordement correspondant fluctuent de manière saisonnière, selon les apports de la pluie efficace, avec une période de hautes eaux (recharge) de décembre à avril et de basses eaux (vidange) de mai à novembre. 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.

Le réservoir a débuté l'année 2018 avec un niveau très haut, proche des maximales enregistrées sur la chronique pour le mois de janvier et supérieur pour le mois de février. Après une très bonne recharge hivernale 2017/2018, le réservoir a entamé sa décharge dès le mois de février. Sans nouveaux apports conséquents, le niveau piézométrique a montré ensuite une baisse continue et est passé sous la moyenne mensuelle à partir du mois de mai jusqu'à fin novembre 2018. En décembre, le niveau est remonté et a atteint 208,3 m fin décembre 2018. Le débit de débordement a suivi la même tendance que le niveau piézométrique. Les débits mesurés durant les mois de janvier et février 2018 sont les plus élevés jamais mesurés.

Le volume d'eau qui a débordé au cours de l'année 2018 du réservoir Nord est de 40,7 millions de m^3 (contre 18,7 millions de m^3 en 2017 et 34,6 millions de m^3 en 2016).

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.

5.1.2. 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 15 présente les chroniques acquises ces dernières années sur les points de débordements et sur le niveau du réservoir mesuré au puits St-Pierremont II. Les fuites du réservoir ont été calculées et sont également intégrées au graphique. On distingue les stations :

- C5 - point de débordement de la galerie du Woigot avec un déversement dans le cours d'eau du Woigot représenté par la courbe orange ;

- C3 - point de débordement de la galerie du Bois d'avril avec un déversement dans le cours d'eau du Conroy représenté par la courbe violette ;

- C16 - puits Saint Pierremont II représenté par la courbe bleue correspondant au niveau du réservoir en m NGF ;

- fuites du réservoir Centre calculées à partir du débit et de la conductivité du Conroy mesurés à la station C21, de la conductivité de la nappe des calcaires du Dogger et de la conductivité du réservoir minier mesurée à la station C5.

Le graphique de l'illustration 16 présente la chronique piézométrique 2018 du réservoir Centre mesurée au puits Saint-Pierremont (C16) comparativement aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrées depuis l'ennoyage (2003) jusqu'à l'année n-1 (2017). Les cumuls mensuels de la pluviosité et de la pluie efficace mesurés au niveau de la station météorologique d'Errouville (54) sont reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

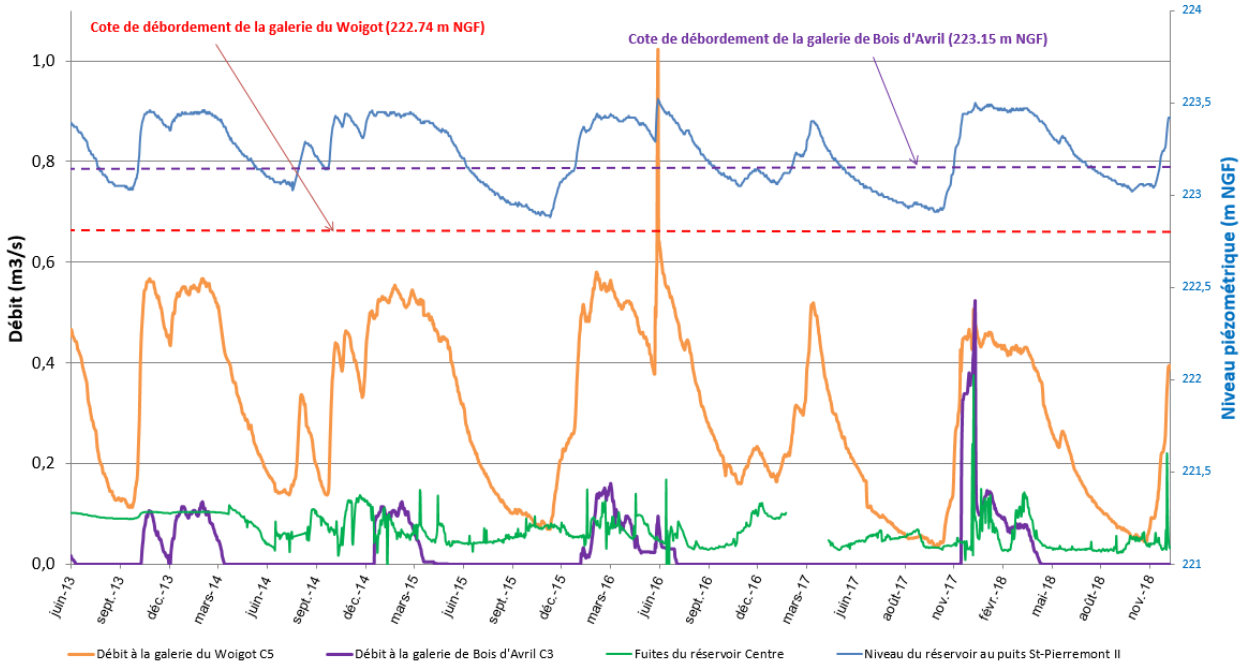


Illustration 15 : Evolution des niveaux du réservoir Centre depuis la fin de l'ennoyage

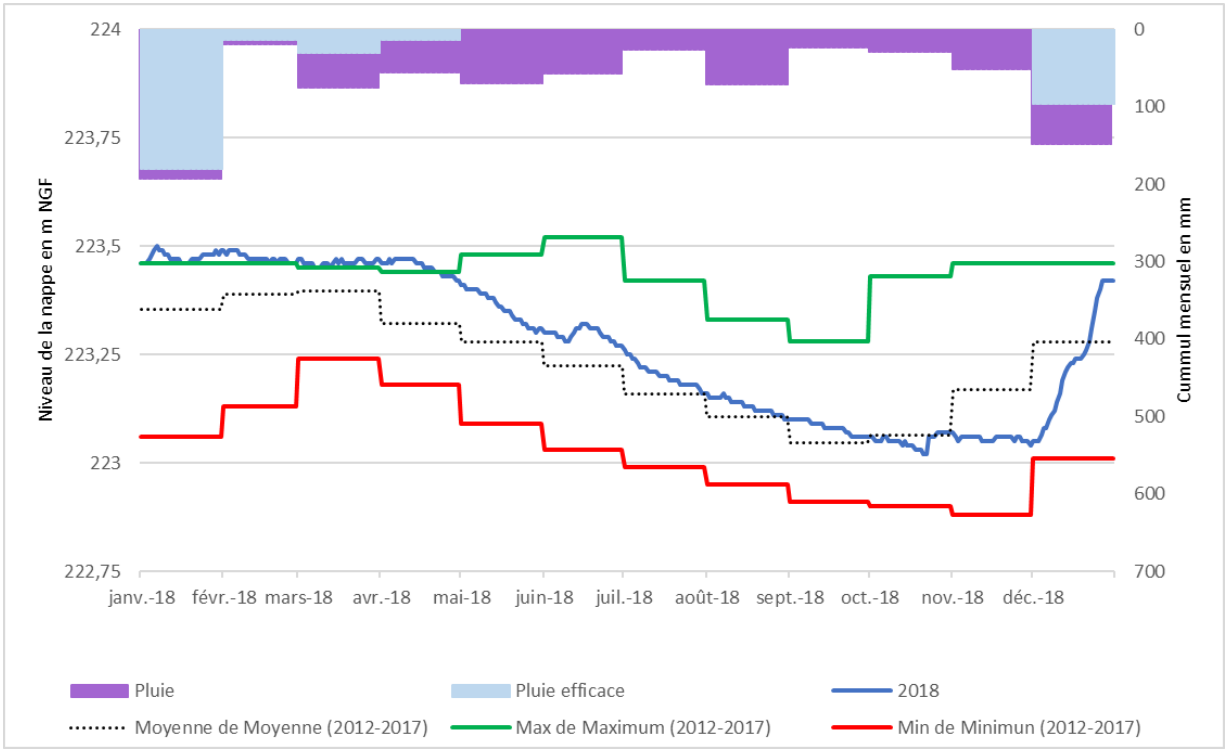


Illustration 16 : Chronique 2018 du réservoir Centre et statistique mensuelle

Le réservoir minier présente une grande inertie avec un battement observé de 0,64 m entre les hautes et basses eaux du fait de son contrôle par ses points de débordement situés à la cote 222,74 m (galerie du Woigot - C5), 223,15 m (galerie de Bois d'Avril - C3), 223,5 (galerie du Fontoy) et des fuites au niveau du Chevillon.

Les écoulements à la galerie du Bois d'avril (C3) ont été observés entre le 01 janvier et le 09 mai avec un débit particulièrement important ; ils n'ont pas repris par la suite. Les écoulements à la galerie du Woigot (C5) ont enregistré un débit annuel moyen de 0,2 m^3/s avec des pointes supérieures à 0,4 m^3/s observées en mars et décembre ; entre ces deux événements les débits n'ont cessé de baisser et sont passés sous le régime de 0,1 m^3/s de juillet à novembre.

Suite à une bonne recharge 2017/2018, le niveau du réservoir s'est maintenu au-dessus des maximums mensuels enregistrés jusqu'en avril. Le réservoir a entamé sa décharge début mai et son niveau a baissé régulièrement jusque fin novembre où il se situait sous la moyenne. En décembre, le niveau a entamé sa remontée.

Le volume d'eau qui a débordé en 2018 est de 16,5 millions de m^3.

N.B. Les calculs prennent en compte le débordement de l'exutoire principal du Woigot (C5), de l'exutoire secondaire de Bois d'Avril (C3) et les fuites du réservoir Centre. Les débits de débordement de la galerie de Fontoy ne sont pas intégrés car sont négligeables ou nuls.

5.1.3. 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 17 : Evolution des niveaux du réservoir Sud* qui présente les chroniques acquises depuis la mise en place du nouvel exutoire en 2003 (galerie du chenal de Moyeuvre) 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.

Le graphique de Illustration 18 présente la chronique piézométrique 2018 du réservoir Sud mesuré à la station S14 comparativement aux valeurs mensuelles maximales, minimales et moyennes enregistrées depuis la fin de l'ennoyage jusqu'à l'année n-1 (2017). La pluviosité ainsi que la pluie efficace mesurées au droit de la station météorologique de Doncourt (54) sont également reportées en haut du graphique avec une échelle inversée.

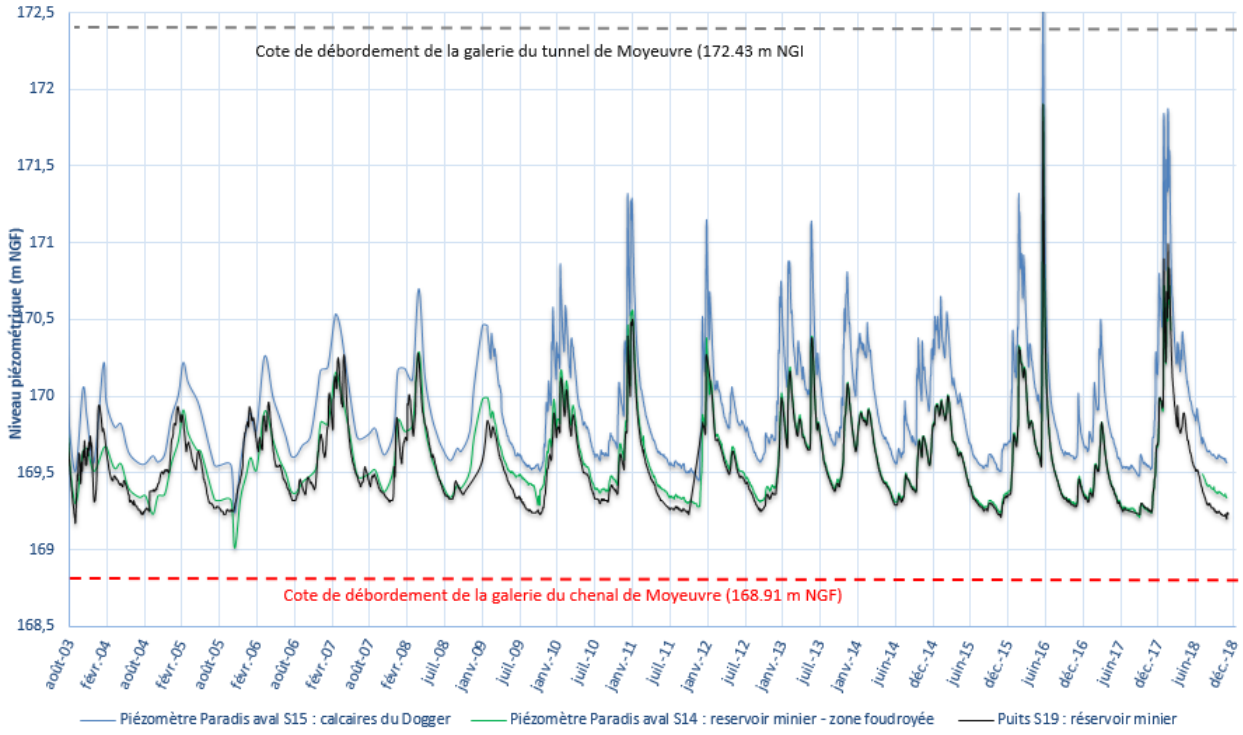


Illustration 17 : Evolution des niveaux du réservoir Sud

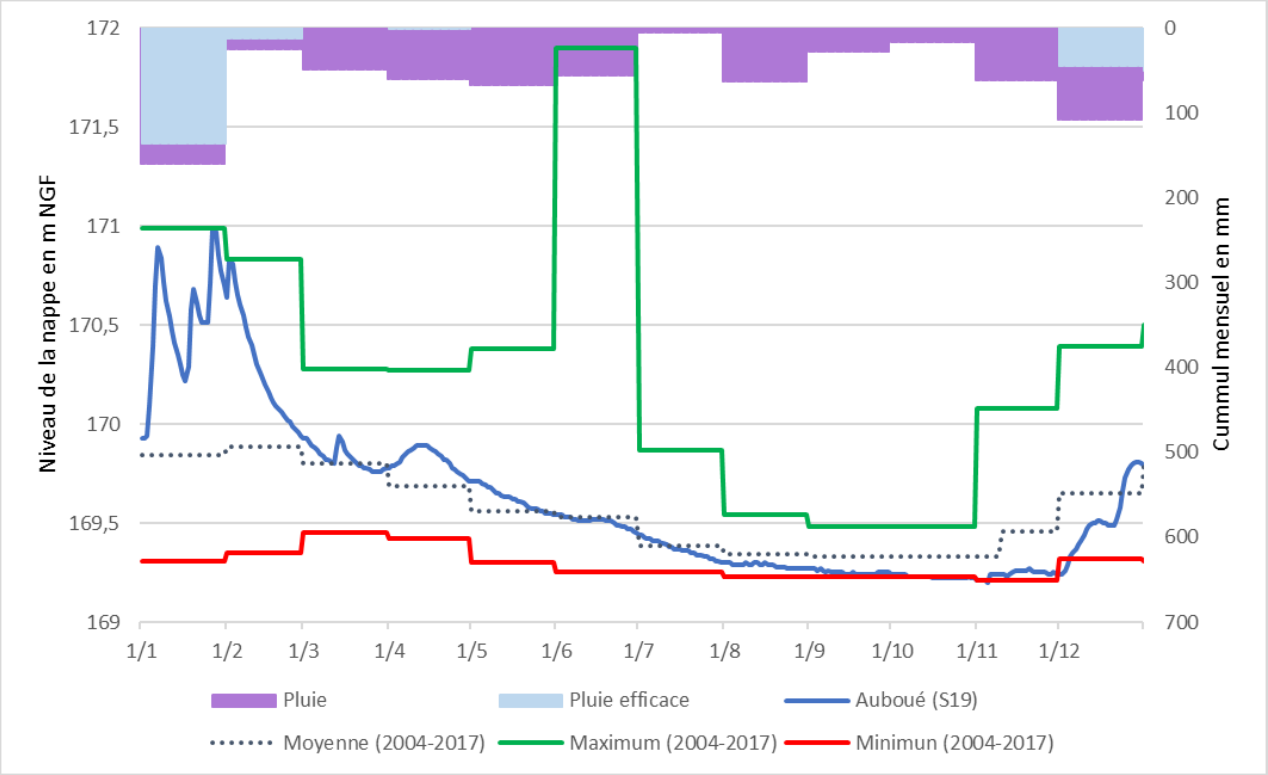


Illustration 18 : Chronique 2018 du réservoir Sud et statistique mensuelle

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 avec 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 hydraulique au sein du réservoir.

Après une bonne recharge hivernale 2017/2018, le niveau du réservoir présentait des valeurs hautes en début d'année 2018. Le réservoir a entamé sa décharge dès le mois de février et son niveau n'a cessé de baisser jusque fin novembre où il a atteint les valeurs minimums mensuelles jamais enregistrés depuis l'ennoyage (169,2 m début décembre). Son niveau est remonté avec l'arrivée des pluies efficaces de décembre.

Le débit de débordement du réservoir Sud a été calculé à partir de l'équation de corrélation entre les mesures de débits ponctuelles réalisées en sortie de galerie du chenal de Moyeuvre-Grande (40 mesures entre 2017 et 2018) et du niveau piézométrique du réservoir mesuré à la station S19- Puits Auboué I. Le graphique suivant présente la courbe de corrélation entre ces deux mesures.

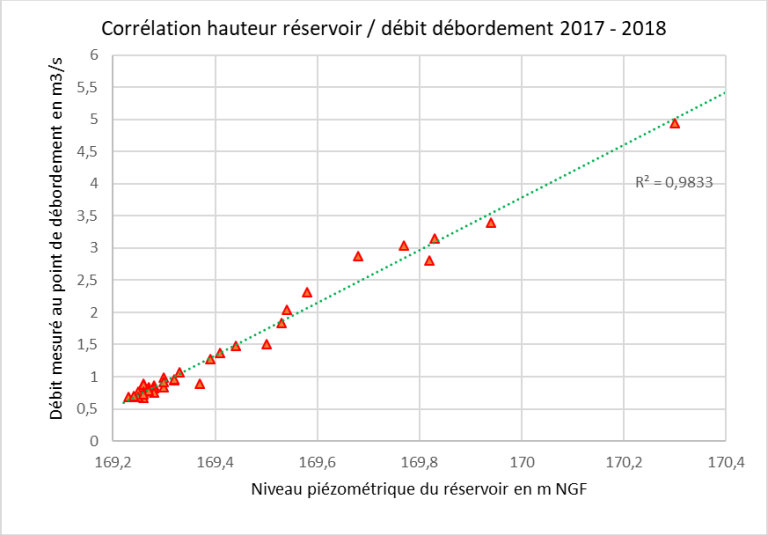


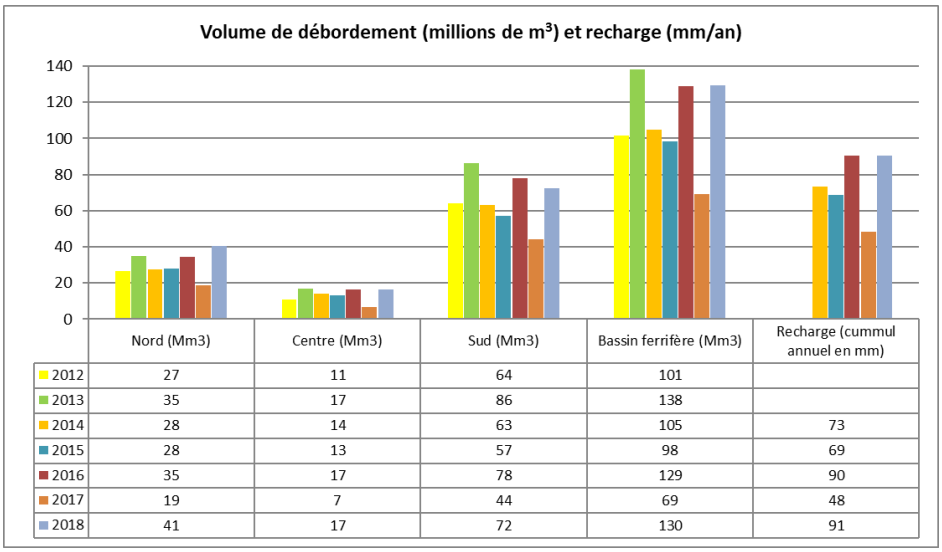
Illustration 19 : Corrélation entre niveau piézométrique et débit de débordement

Le volume d'eau calculé qui a débordé en 2018 du réservoir Sud est de 72,3 millions de m^3.

5.1.4. Synthèse des débordements

Le tableau de l'illustration 20 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 et le débordement de la galerie de Metzange ;
- 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 extrapolés à partir de la relation hauteur / débit.



	Nord (Mm3)	Centre (Mm3)	Sud (Mm3)	Bassin ferrifère (Mm3)	Recharge (cummul annuel en mm)
2012	27	11	64	101	
2013	35	17	86	138	
2014	28	14	63	105	73
2015	28	13	57	98	69
2016	35	17	78	129	90
2017	19	7	44	69	48
2018	41	17	72	130	91

Illustration 20 : Synthèse des volumes annuels de débordement

Le débit de débordement est directement corrélé à la recharge.

Entre 2012 et 2018, le débit moyen annuel de débordement cumulé des 3 réservoirs est de 110 Mm^3. Le volume de débordement cumulé des 3 réservoirs calculé en 2018 est de 129 Mm^3.

5.2. SURVEILLANCE QUALITATIVE

La surveillance qualitative 2018 de l'observatoire a porté sur les trois réservoirs miniers Nord, Centre et Sud pour 11 puits, forage ou piézomètres et 5 galeries de débordements. Les résultats sont présentés par réservoirs et par secteurs.

En 2017, les résultats analytiques n'ont pu être confirmés pour certaines stations notamment pour l'ion sulfate. Aussi, en 2018, le BRGM a procédé à un contrôle analytique pour quatre stations en faisant réaliser les analyses des ions majeurs par le laboratoire sous-traitant et par celui du BRGM. Les quatre stations concernées sont N5, N7, C13 et S23.

En raison de la reprise du laboratoire CAE par le laboratoire Carso, les analyses étendues annuelles diffèrent entre 2017 (CAE) et 2018 (Carso). Par ailleurs, la méthode d'analyse de l'ammonium demandée pour les analyses 2018 n'a pas été respectée par le laboratoire. A cause d'une limite de quantification (LQ) trop élevée, les résultats analytiques ne peuvent être exploités. Pour compenser cette perte d'information, une deuxième campagne a été réalisée en février 2019. Lors de cette deuxième campagne, le puits N6 n'a pu être échantillonné suite à un acte de vandalisme.

5.2.1. Sectorisation des réservoirs miniers Nord, Centre et Sud

La construction de simulateurs hydrologiques et chimiques des trois grands réservoirs miniers ennoyés Nord, Centre et Sud, pour prévoir l'évolution à long terme des concentrations en sulfates, s'est basée sur la délimitation de secteurs homogènes des réservoirs (BRGM/RP-62998-FR – Vaute, 2013). Un secteur est défini comme homogène au regard de la concentration de l'ion sulfate et de son évolution (tendances comparables). Cette sectorisation a été obtenue par le croisement entre les tendances observées d'évolution des concentrations en sulfates et les résultats d'analyse détaillée des plans miniers. Ce travail de sectorisation a abouti à la délimitation de 6 secteurs pour le réservoir Sud, 4 pour le réservoir Centre et 3 pour le réservoir Nord.

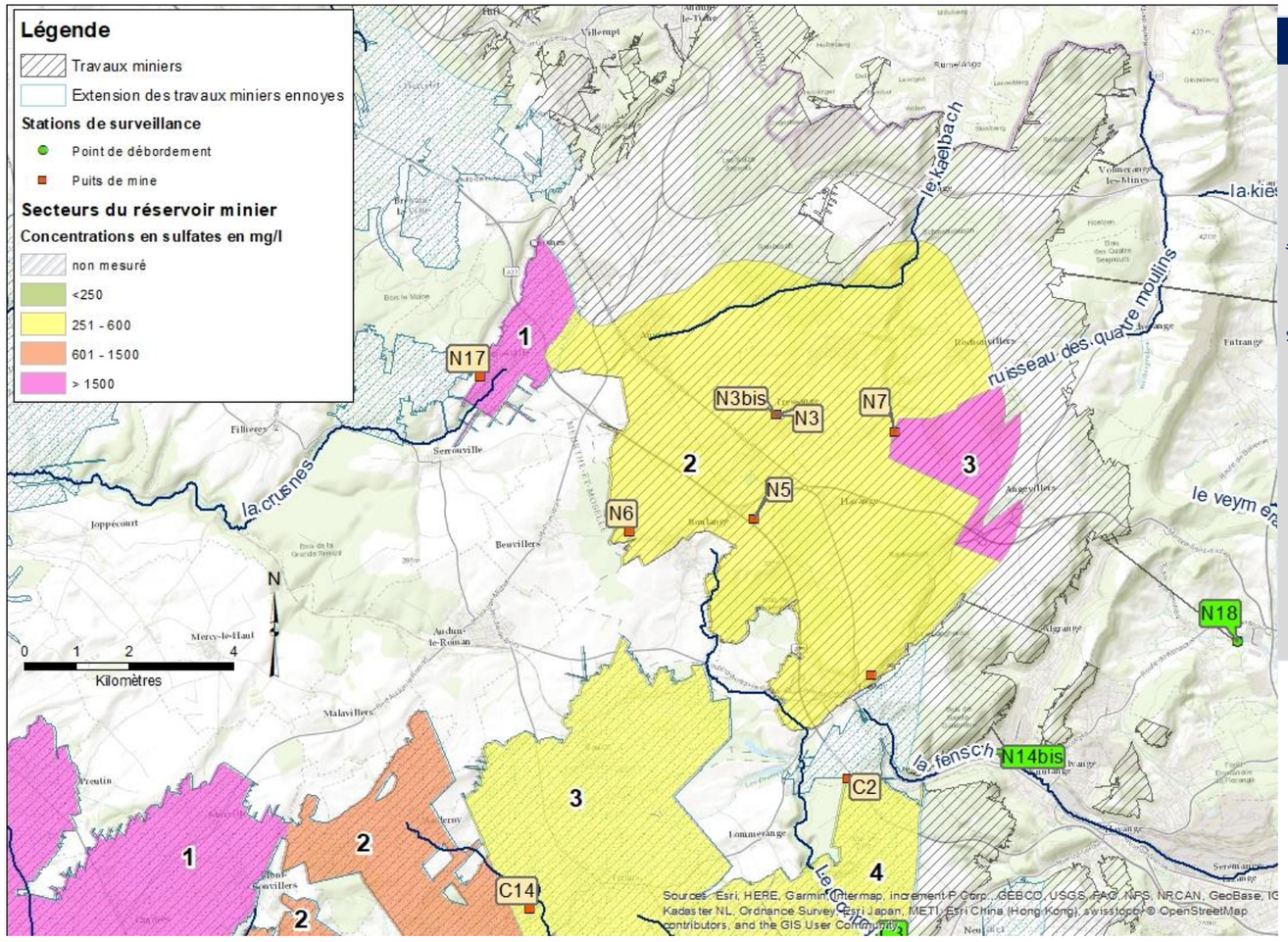
5.2.2. Evolution de l'ion sulfate

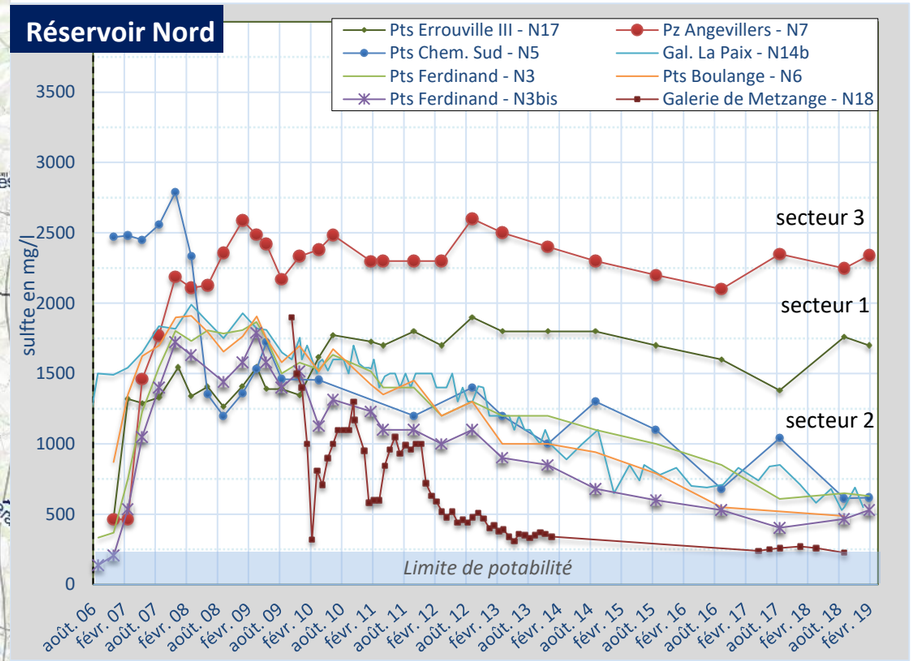
Une cartographie des secteurs avec l'implantation des points de mesure est présentée pour les réservoirs Nord (illustration 21), Centre (illustration 22) et Sud (illustration 23). Des graphiques d'évolution des concentrations de l'ion sulfate depuis l'ennoyage à février 2019 ont été réalisés à partir des analyses effectuées au droit des stations de mesure pour chacun des 3 réservoirs, ainsi qu'à partir du calcul des statistiques sur les concentrations en sulfate (médiane, moyenne,1er et 3ème quartiles, minimum et maximum) pour les 3 dernières années (2016 à février 2019).

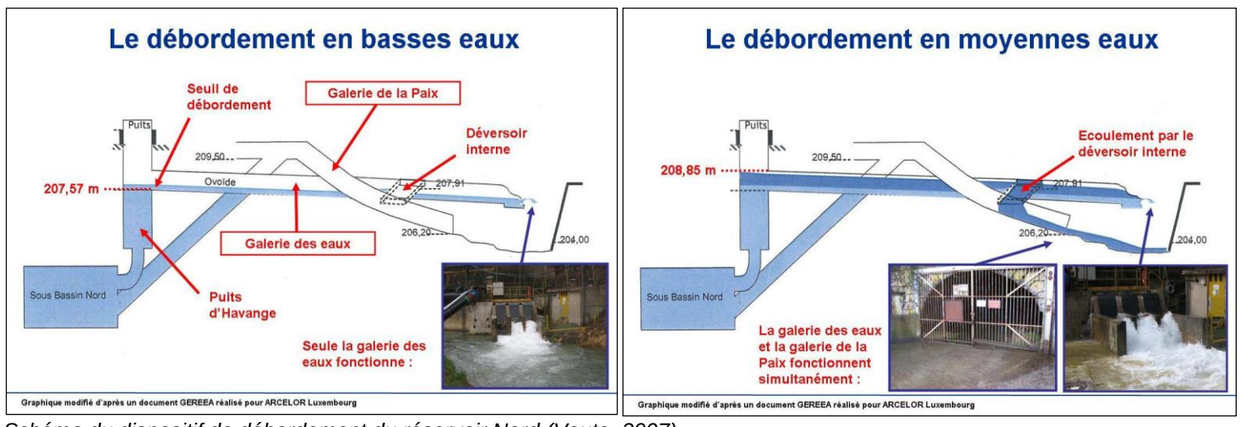
a) Réservoir Nord

Trois grands secteurs ont été délimités au sein du réservoir Nord. Ces secteurs sont suivis par 8 ouvrages dont 5 puits, 1 piézomètre et 2 points de débordement (N14bis).

En 2018, une double analyse a été réalisée au droit de la station N7 - Pz Angeviller (secteur 3) et N5 - puits Cheminée Sud grise à Boulange (secteur 2) par le laboratoire CARSO-CAE et par le BRGM. Les résultats analytiques du laboratoire CARSO-CAE pour l'ion sulfate sont inférieurs de 6 (N5) à 9 % (N7) à ceux du BRGM.







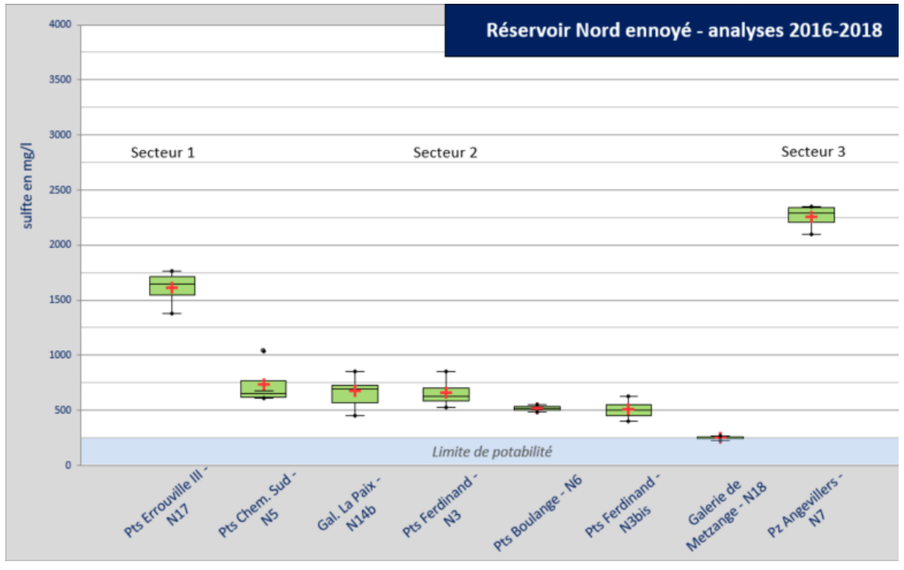


Schéma du dispositif de débordement du réservoir Nord (Vaute, 2007)

Illustration 21 : Secteurs du réservoir nord et évolution des concentrations en sulfates

A la lecture des courbes d'évolution, deux types de comportement se distinguent :

- une stabilité des concentrations en sulfate à des valeurs élevées ;
- une tendance à la baisse qui se poursuit depuis l'ennoyage (2008) au droit du secteur 2.

Le premier comportement s'observe au droit des secteurs 1 et 3. Les concentrations moyennes en sulfate mesurées en 2018 et 2019 au droit des stations N7 Pz Angeviller (secteur 3) et N17-Pts Errouville III (secteur 1) étaient respectivement de 2 300 mg/l et 1 730 mg/l.

Le deuxième comportement s'observe au droit du secteur 2. Les résultats d'analyses 2018 et 2019 indiquent des concentrations comprises entre 466 mg/l (au droit de la sation N3bis - Puits Ferdinand Jaune à Tressange) et 628 mg/l (au droit de la station N3- Puits Ferdinand Grise à Tressange). Les concentrations en sulfates ont diminué de - 70 % par rapport à la valeur maximale mesurée post-ennoyage. Cependant, les concentrations restent bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l (+ 137 %).

Ces résultats confortent les hypothèses émises dans l'étude de sectorisation selon laquelle l'eau du réservoir minier est peu renouvelée au niveau des secteurs 1 et 3 et au contraire bien renouvelée au niveau du secteur 2.

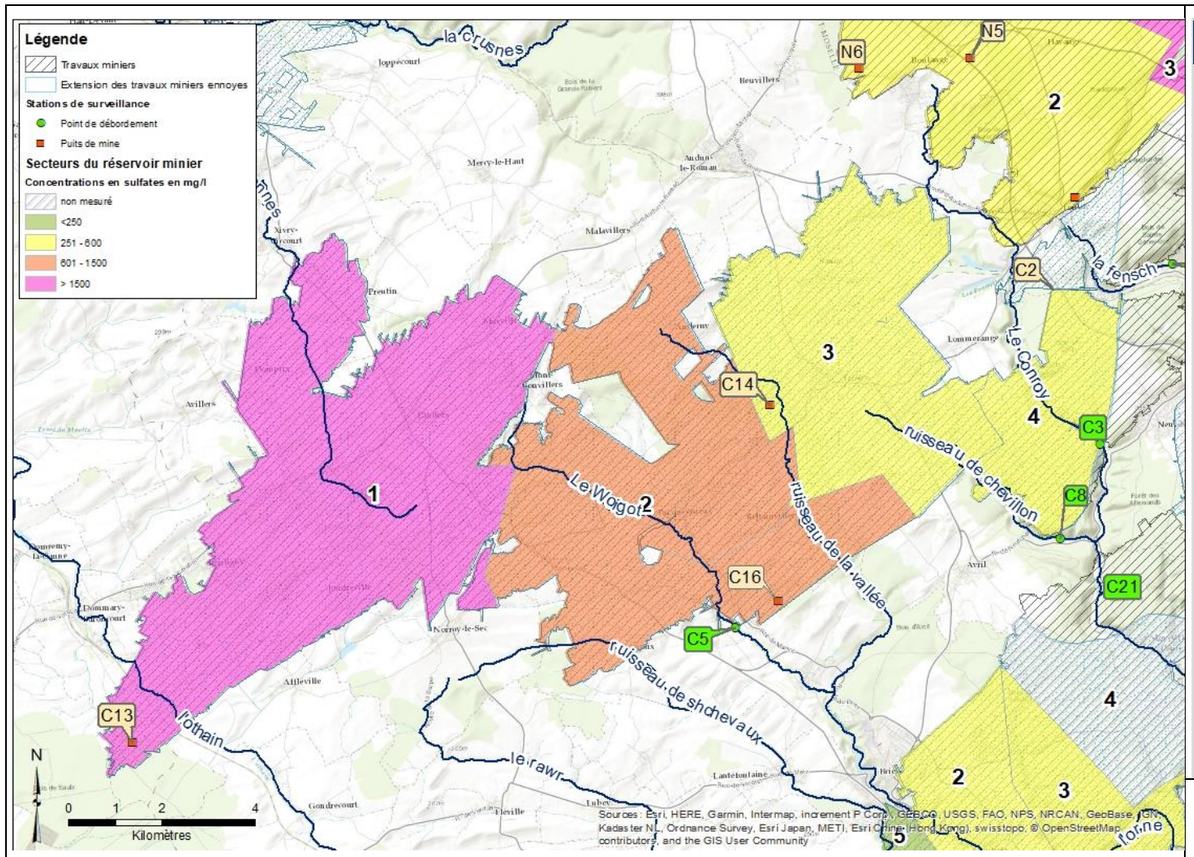
La surface du réservoir où l'eau est bien renouvelée (secteur 2) représente 46 km^2, soit 85 % de la surface globale du réservoir Nord (54 km^2).

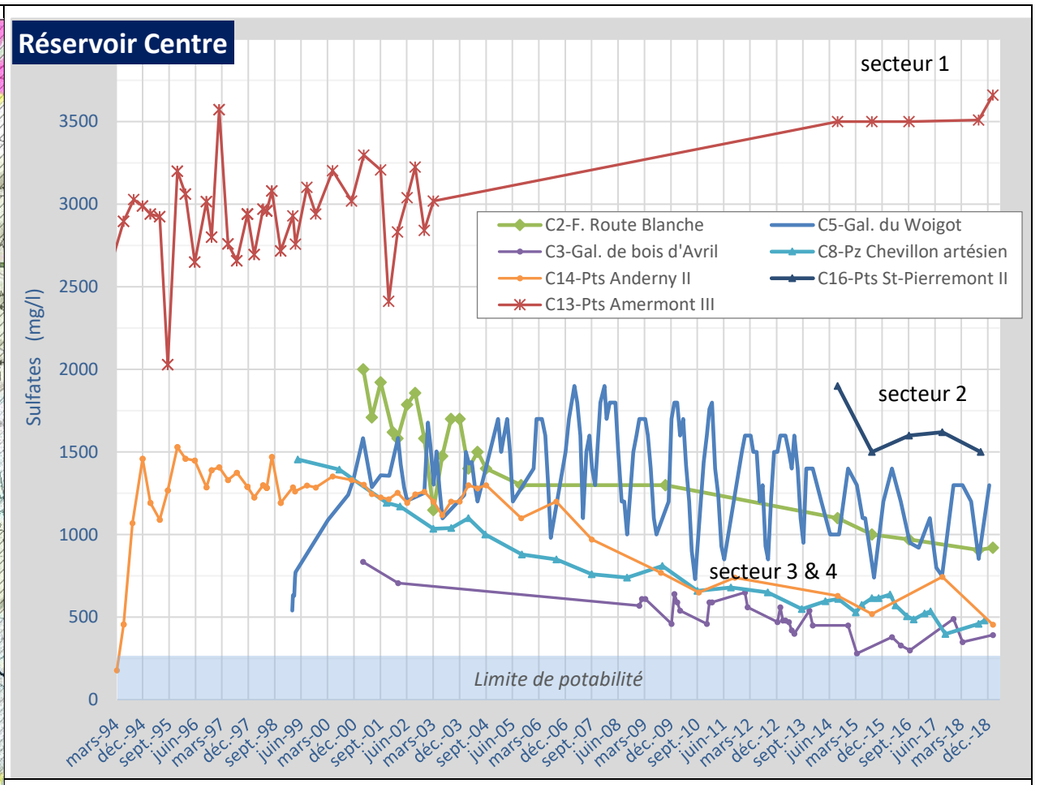
b) Réservoir Centre

Quatre secteurs ont été identifiés au sein du réservoir Centre. Ces secteurs sont suivis par 7 ouvrages dont 3 puits, 1 forage, 1 piézomètre et 2 points de débordement. Le piézomètre Chevillon artésien (C8), bien qu'implanté dans la formation ferrifère non exploitée, capte les eaux du réservoir minier drainées vers le Chevillon. Cette station est intégrée à l'évaluation qualitative de l'eau du réservoir minier Centre. Cette station est suivie par l'agence de l'eau Rhin-Meuse dans le cadre de la DCE.

En 2018, une double analyse a été réalisée au droit de la station C13 – Puits Amermont III par le laboratoire CARSO-CAE et par le BRGM. Les résultats analytiques du laboratoire CARSO-CAE pour l'ion sulfate sont inférieurs de 7 % à ceux du BRGM.

Le résultat analytique 2018 en ion sulfate de la station C14 (1870 mg/l) s'écarte de plus de 200 % de la moyenne 2015 – 2019 (573 mg/l). Ce résultat erroné a été retiré de l'analyse statistique et n'est pas représenté sur le graphique. Il en est de même pour les analyses 2017 des stations C13 et C2 suite au même constat (cf rapport RP-68392-FR, 2018).





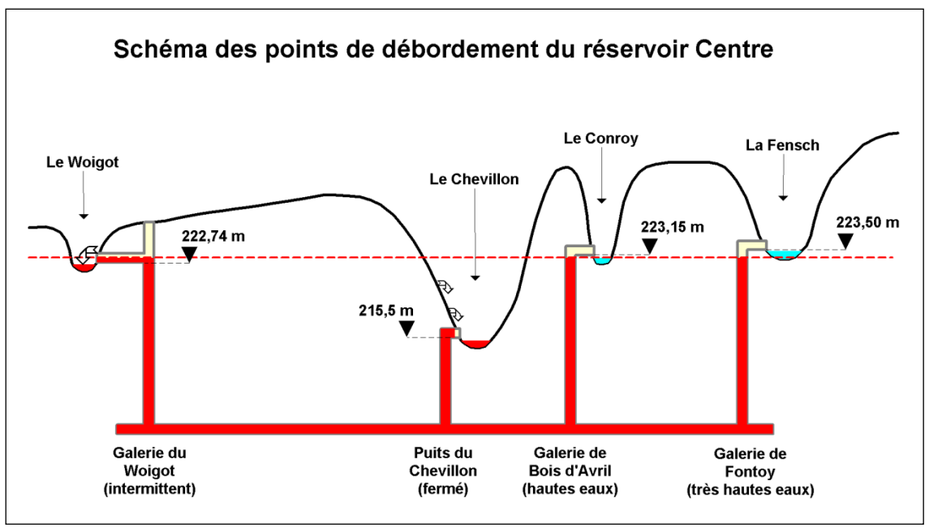


Schéma du dispositif de débordement du réservoir Centre (Vaute, 2007)

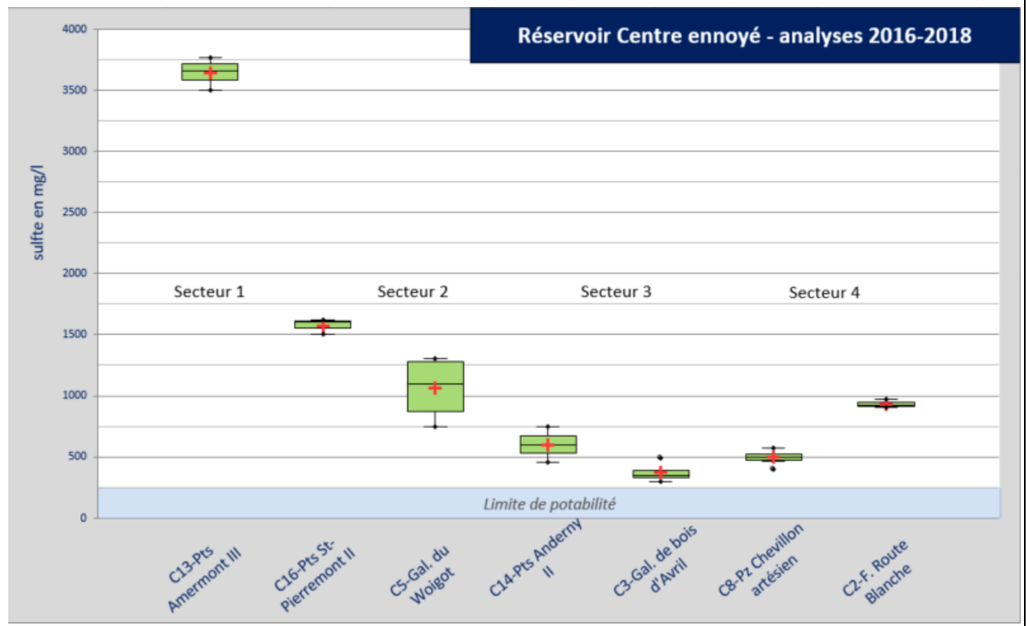


Illustration 22 : Secteurs du réservoir Centre et évolution des concentrations en sulfates

Le point C5 présente une fluctuation temporelle des concentrations en sulfates. On remarque d'après le graphe de l'illustration 23 que les concentrations en sulfates suivent la tendance des débits avec des valeurs plus fortes en période de hautes eaux (1 400 mg/l) qu'en période d'étiage (800 mg/l).

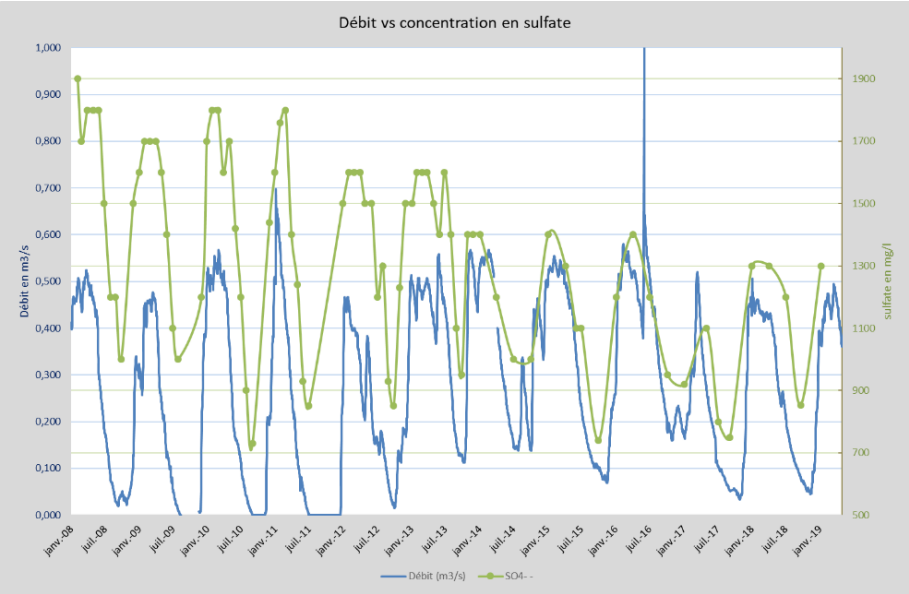


Illustration 23 : Débits au point de débordement C5 et concentration en sulfates

Ce comportement est lié à une particularité locale du point de débordement C5 : l'eau qui s'écoule dans cette galerie provient pour partie du réservoir minier via le puits Saint-Pierremont II, et pour partie de l'eau provenant des calcaires du Dogger via des infiltrations à travers le cuvelage de ce même puits et/ou de la galerie elle-même. Le débit d'infiltration en provenance du Dogger varie relativement peu comparativement au débit provenant de la mine. Ainsi, en hautes eaux, l'eau qui déborde au point C5 provient majoritairement du réservoir minier, et la concentration en sulfates de l'eau de débordement se rapproche de celle du réservoir minier. En basses eaux au contraire, la concentration du point de débordement diminue car la part d'eau de mine dans l'eau de débordement diminue.

La situation est très contrastée entre :

- la partie Ouest (secteurs 1 et 2), où les concentrations se maintiennent à des valeurs très élevées, voire sont à la hausse pour le secteur 1. La moyenne des concentrations 2018/2019 mesurées dans le secteur 1 au droit de la station C13 – Puits Amermont III est de 3 585 mg/l et celles mesurées dans le secteur 2 au droit des stations C16 – Puits St-Pierremont II et C5 – galerie du Woigot sont de 1 500 mg/l et 1 300 mg/l ;
- la partie Est (secteurs 3 et 4), où les concentrations baissent fortement depuis l'ennoyage. Les concentrations en sulfate ont diminué de - 73 % par rapport à la valeur maximale mesurée post-ennoyage. Les résultats d'analyses 2018 et 2019 indiquent des concentrations comprises entre 350 mg/l (point de débordement C3 - galerie de bois d'Avril) et 480 mg/l (C8 - Pz Chevillon artésien). Les concentrations sont supérieures de + 89 % au seuil de potabilité de 250 mg/l. La partie nord-est du secteur 4, mesurée par le forage C2 - forage Route Blanche à Fontoy, présente des concentrations supérieures avec une moyenne 2018/2019 de 910 mg/l ; la tendance est cependant à la baisse.

De même qu'observé au sein du réservoir Nord, cette différence de comportement traduit un taux de renouvellement différent du stock d'eau minéralisée initialement formé lors de l'ennoyage des travaux miniers.

La surface du réservoir où l'eau est bien renouvelée (secteurs 3 et 4) représente 36 km^2, soit 30 % de la surface globale du réservoir Centre (122 km^2).

c) Réservoir Sud

Six secteurs ont été identifiés au sein du réservoir Sud. Ces secteurs sont suivis par 5 ouvrages dont 3 puits, 1 forage et 1 point de débordement.

En 2018, une double analyse a été réalisée au droit de la station S23 - puits Roncourt I par le laboratoire CARSO-CAE et par le BRGM. Les résultats analytiques du laboratoire CARSO-CAE pour l'ion sulfate sont inférieurs de 14% à ceux du BRGM.

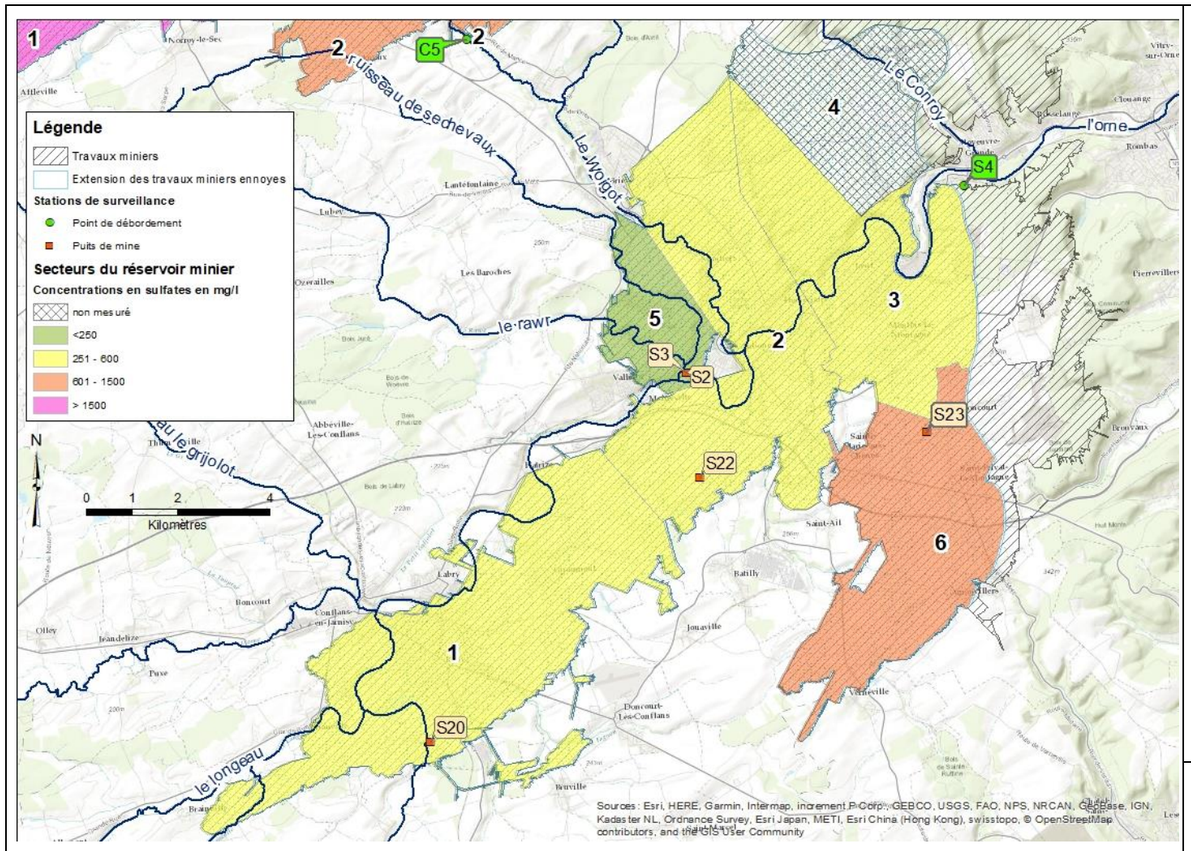
Le résultat analytique 2017 en ion sulfate de la station S23 (2 100 mg/l) s'écarte de plus de 40 % de la moyenne 2015 – 2019 (1 470 mg/l). Ce résultat a été retiré de l'analyse statistique et n'est pas représenté sur le graphique.

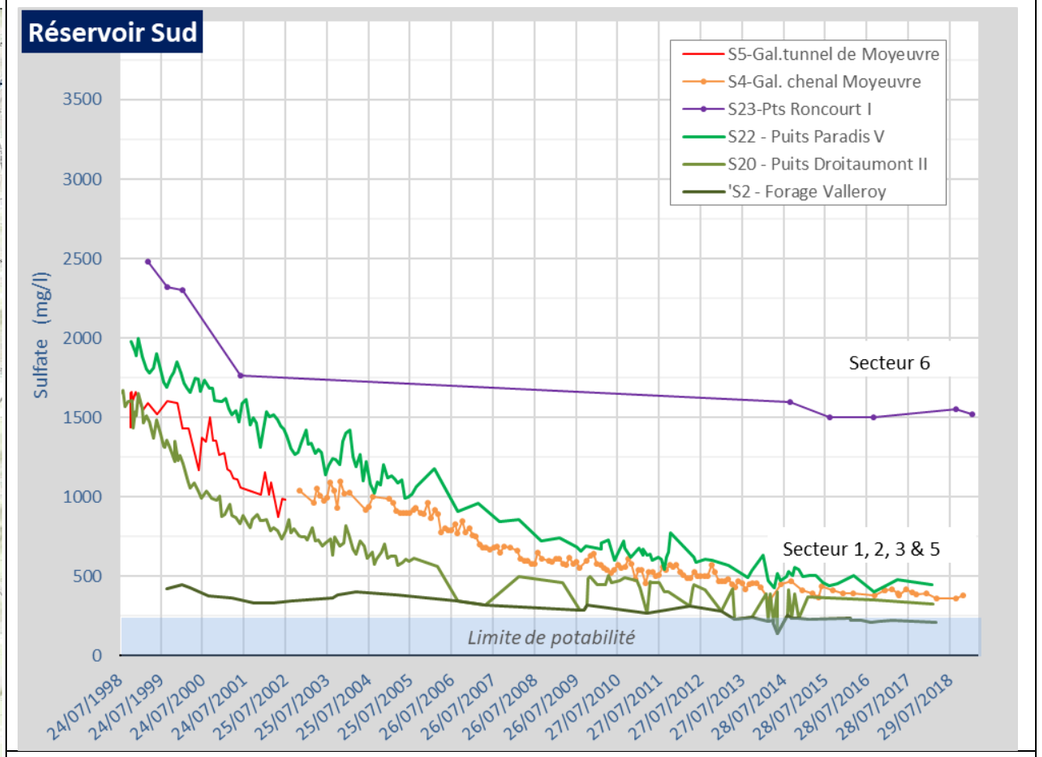
Les stations S02 - Forage Valleroy-Moineville 1 , S20 - Puits Droitaumont II et S22 - Puits Paradis V sont utilisées pour l'alimentation en eau potable et sont suivies par l'Agence Régionale de Santé (ARS).

La situation est très contrastée entre :

- la partie Sud-est (secteur 6) où les concentrations se maintiennent à des valeurs très élevées. La moyenne des concentrations 2018/2019 mesurées au droit de la station S23 - Pts Roncourt I est de 1 540 mg/l ;
- les parties Ouest et Nord (secteurs 1 à 5) où les concentrations baissent fortement depuis l'ennoyage. Les concentrations en sulfate ont diminué de - 78 % par rapport à la valeur maximale mesurée post-ennoyage. La tendance à la baisse se poursuit. Les résultats d'analyses 2018 et 2019 indiquent des concentrations comprises entre 446 mg/l (S22 - Puits Paradis V) et 213 mg/l (S2 - Forage Valleroy). Les concentrations sont supérieures au seuil de potabilité (250 mg/l) de + 49 %.

La surface du réservoir où l'eau est bien renouvelée (secteurs 1 à 5) représente 88 km^2, soit 83 % de la surface globale du réservoir Sud (106 km^2).





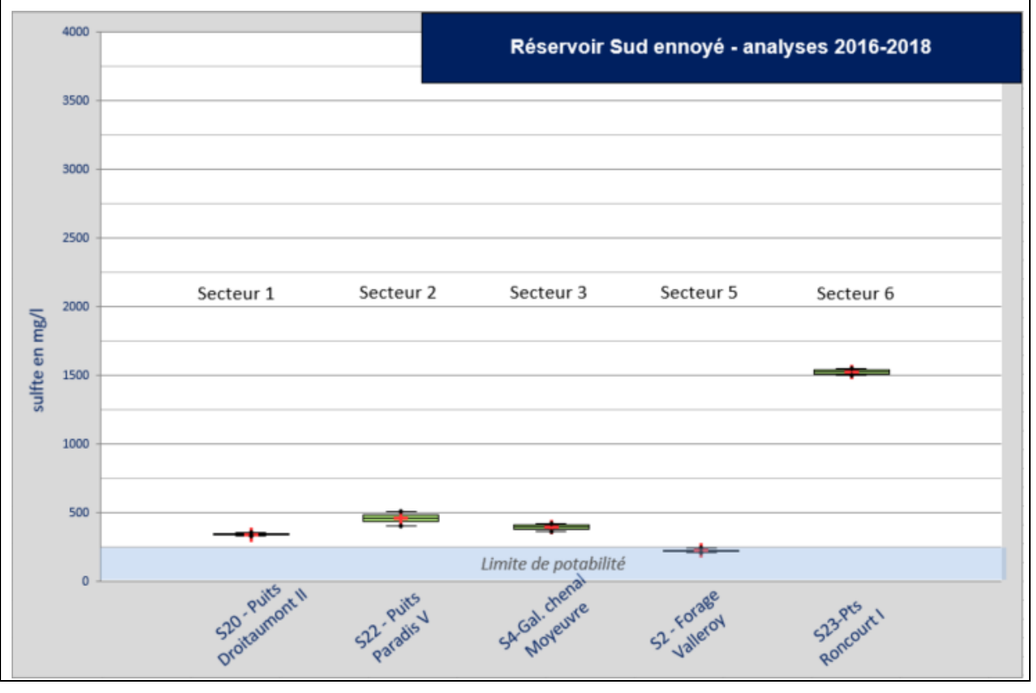


Illustration 24 : Secteurs du réservoir Sud et évolution des concentrations en sulfates

d) Synthèse à l'échelle du bassin ferrifère

La carte de *l'illustration 25* présente les concentrations en sulfates mesurées en 2018 pour tous les secteurs des trois réservoirs principaux du bassin ferrifère. Pour chaque secteur, la couleur indique la gamme des concentrations mesurées sur les points d'accès à l'eau souterraine (puits, forages, débordements). Il est à noter que ces points d'accès sont en nombre très limités, et qu'en raison de la complexité des circulations d'eaux souterraines, il est possible qu'une certaine hétérogénéité des concentrations existe au sein d'un même secteur, sans qu'il soit possible ni de la mesurer ni de la prévoir.

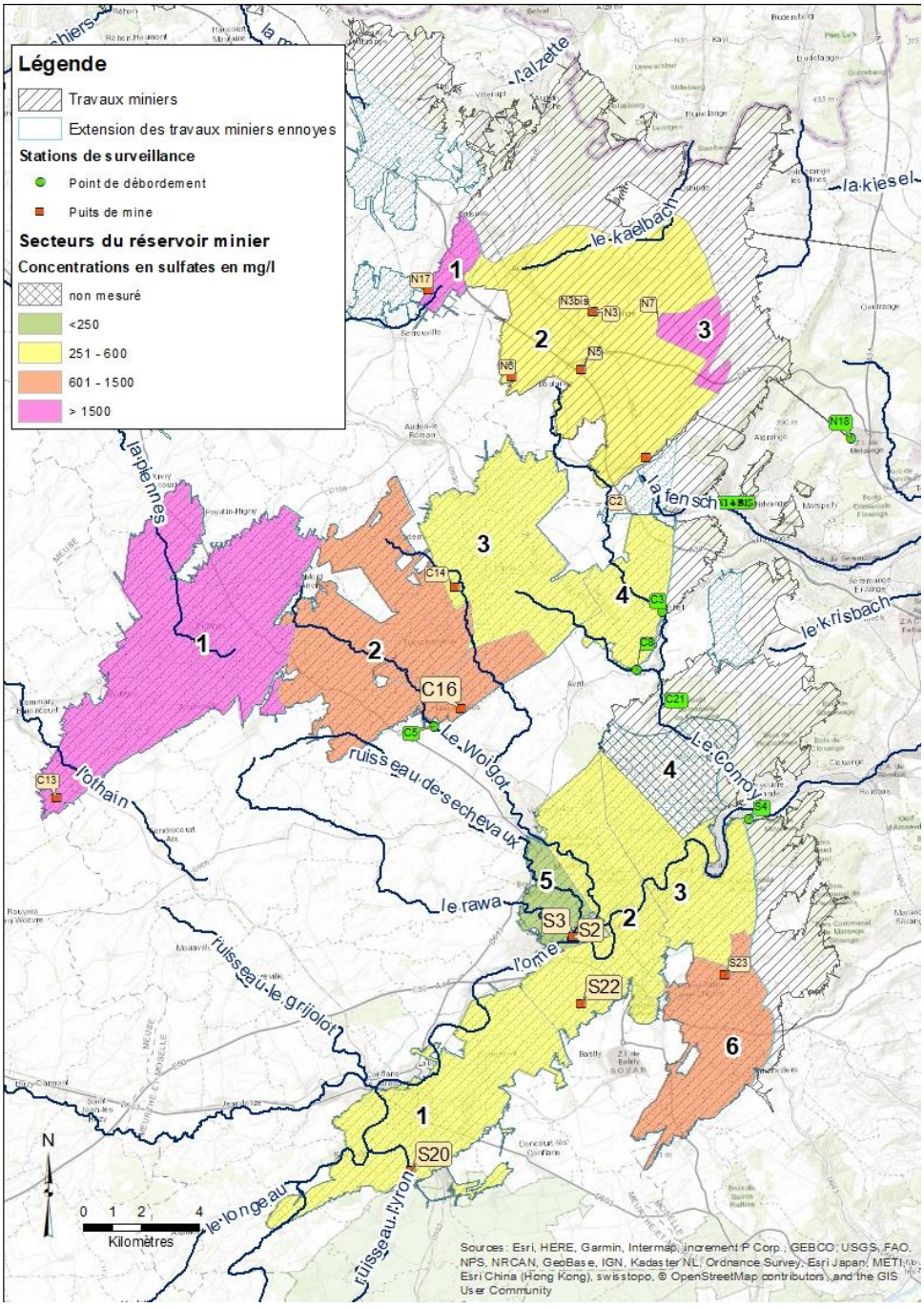
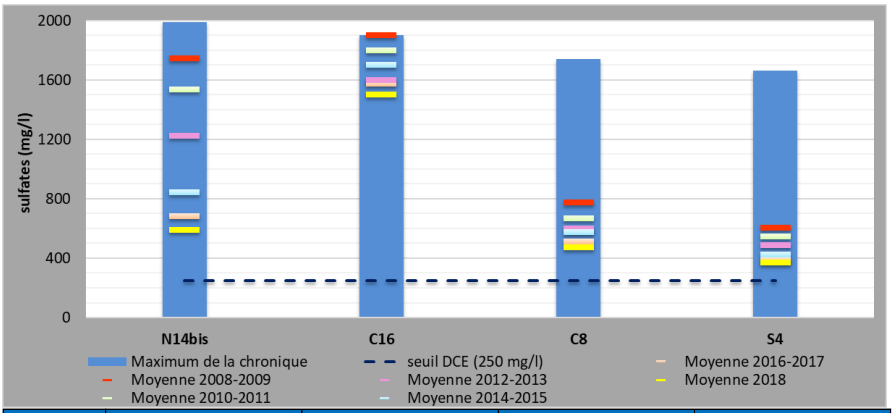


Illustration 25 : Cartographie de la concentration en sulfates du bassin ferrifère lorrain

Les secteurs où l'eau est bien renouvelée (zones en vert et jaune) représentent 60 % de la surface des 3 principaux réservoirs du bassin ferrifère. Le secteur 5 du réservoir Sud présente des concentrations en sulfates conforment au seuil de potabilité (< 250 mg/l). Hormis ce secteur, les concentrations mesurées restent cependant supérieures au seuil de potabilité. Le réservoir Sud présente une meilleure qualité de l'eau minière vis-à-vis des sulfates.

Les indicateurs sulfates (*illustration 26*) ont été calculés à partir des stations de référence des réservoirs Nord (galerie de la Paix - N14bis), Centre (puits Saint-Pierremont - C16 pour la partie Ouest et piézomètre Chevillon artésien - C8 pour la partie Est) et Sud (galerie du Chenal de Moyeuvre - S4).



Indicateurs 2018	NORD (N14bis)	CENTRE (C16)*	CENTRE (C8)**	SUD (S4)***
1	593	1500	473	373
2	-70%	-21%	-73%	-78%
3	137%	500%	89%	49%

Indicateurs :

1 : moyenne bisannuelle 2017/2018

2 : Ecart relatif de la teneur moyenne bisannuelle en sulfates à la valeur maximale post-ennoyage

3 : Ecart relatif de la teneur moyenne bisannuelle en sulfates à la valeur

Illustration 26 : Indicateurs sulfates

Ces indicateurs mettent en évidence la baisse constante des concentrations en sulfates depuis le débordement des réservoirs miniers. Cette tendance à la baisse est cependant moins rapide depuis 2015.

5.2.3. Evolution des autres paramètres

Pour chaque point de surveillance, un graphique de l'évolution des paramètres analysés a été tracé depuis le début de leur surveillance. Les paramètres représentés sont les 14 analysés dans le cadre de ce programme complété par les analyses réalisées dans le cadre de la surveillance DCE (produits phytosanitaires) et du contrôle sanitaire :

- **Conductivité ;**
- **Composés majeurs** : sulfates, magnésium, bicarbonates, calcium, sodium, potassium, chlorure ;
- **Composés azotés** : ammonium, nitrate ;
- **Métaux** : fer, manganèse, bore,
- **Somme des phytosanitaires ;**
- **Fraction hydrocarbures C10-C40 ;**
- **Indice phénol.**

Ces graphiques sont consultables en annexe 1.

Pour chaque composé analysé, des classes de valeurs ont été définies en fonction de l'écart relatif de la Mma (moyenne des moyennes annuelles) à la valeur seuil DCE. Le tableau de l'illustration suivante présente les bornes retenues par classes de valeur, la valeur seuil étant fixée à 1, soit correspondant à la classe résultat 2 :

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

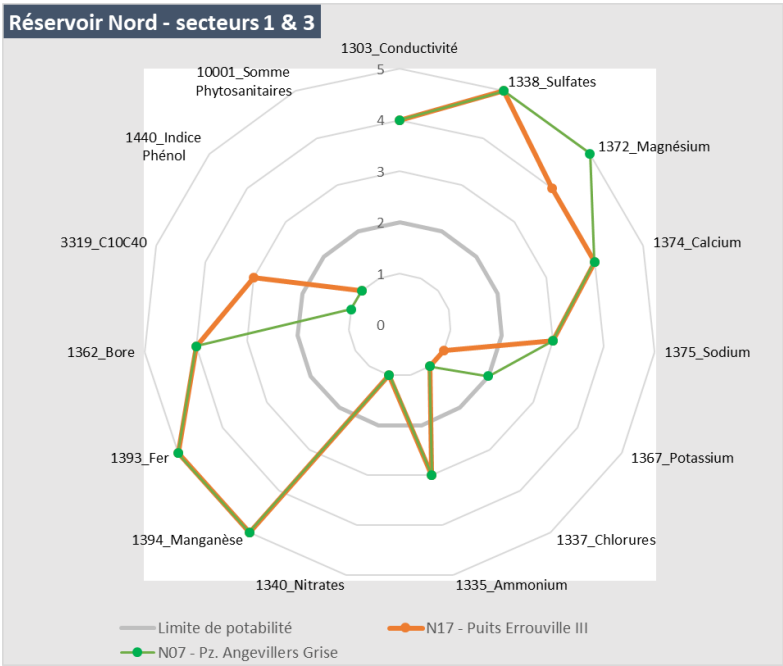
Les valeurs seuils retenues (*illustration 28*) sont celles définies par la DCE, hormis pour les paramètres « potassium », « magnésium », « calcium », et « C10-C40-Coupes hydrocarbures » pour lesquels il n'existe pas de valeur définie. Les valeurs retenues pour ces derniers sont les valeurs guides pour 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
C10-C40-Coupes hydrocarbure	3319	1	milligramme par litre
Somme Phytosanitaires	10001	0,5	microgramme par litre

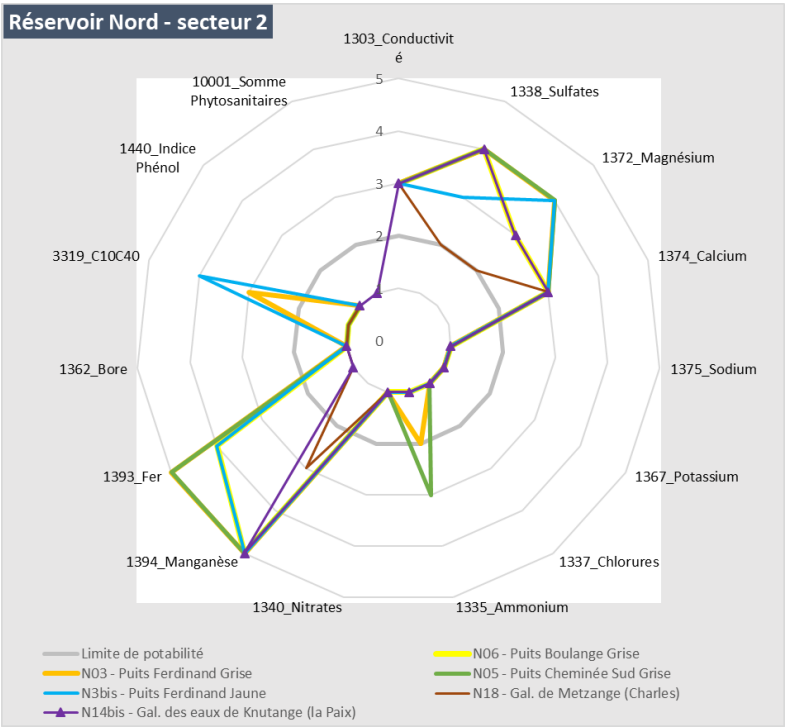
Illustration 28 : Valeurs seuils retenues

Un graphique de la répartition par classe de valeur des Mma des paramètres analysés lors des analyses annuelles étendues de 2016 à février 2019 est présenté par stations pour les réservoirs Nord, Centre et Sud.

a) Réservoir Nord



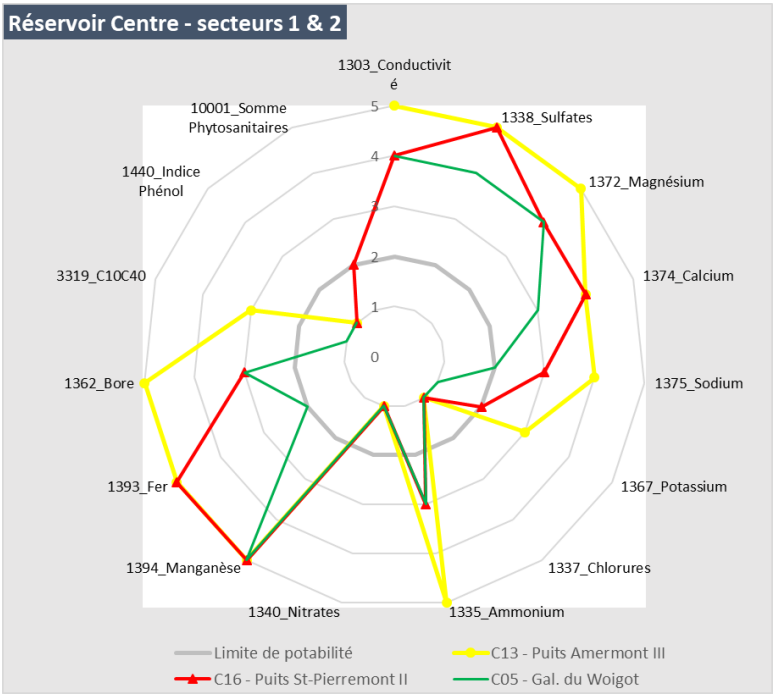
Au niveau des secteurs 1 et 3, là où l'eau est peu renouvelée, on constate un dépassement systématique du sulfate, magnésium, calcium et sodium pour les composés majeurs, du manganèse, du fer et du bore pour les métaux, de l'ammonium pour les composés azotés. Des hydrocarbures ont été détectés au droit de la station N17 avec des valeurs > seuil pour la coupe C10-C40.



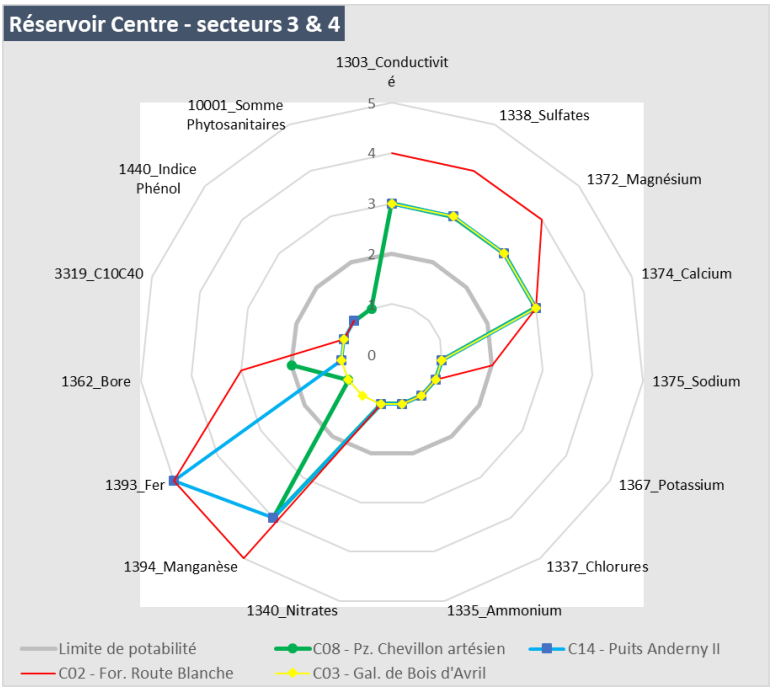
Au niveau du secteur 2, là où l'eau se renouvelle continuellement, on constate un dépassement systématique du sulfate, magnésium et calcium pour les composés majeurs, du manganèse et du fer pour les métaux, hors points de débordement pour le fer (N14bis et N18) et sulfate et magnésium pour N18. La moyenne des moyennes des concentrations en ammonium est > au seuil DCE au droit de la station N5. Des hydrocarbures ont été détectés au droit des stations N3 et N3bis avec des valeurs > seuil pour la coupe C10-C40. La moyenne des moyennes de la somme des produits phytosanitaires analysés au point de débordement N14bis est inférieure à 75 % de la valeur seuil.

Illustration 29 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Nord

b) Réservoir Centre



Au niveau des secteurs 1 et 2, là où l'eau est peu renouvelée, on constate un dépassement systématique du sulfate, magnésium, calcium et sodium pour les composés majeurs, du manganèse, du fer et du bore pour les métaux, de l'ammonium pour les composés azotés, hors point de débordement C5 pour le sodium et le fer. La coupe hydrocarbure C10-C40 dépasse la valeur seuil pour C13. La somme des produits phytosanitaires analysés au droit de C16 est comprise entre 75 % de la valeur seuil et celle-ci.

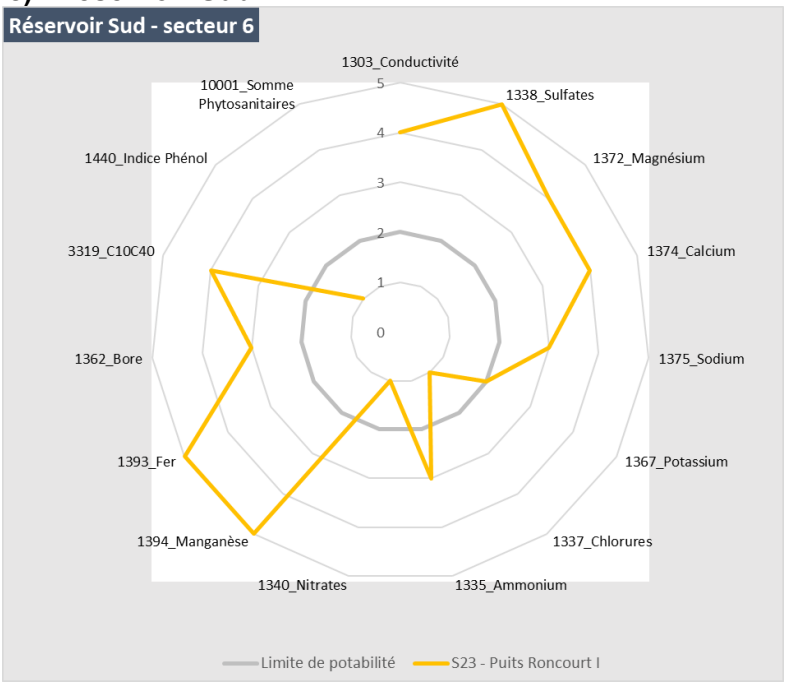


Au niveau des secteurs 3 et 4, là où l'eau se renouvelle continuellement, on constate un dépassement systématique du sulfate, magnésium et calcium pour les composés majeurs et du manganèse pour les métaux. L'ammonium, la coupe hydrocarbure C10-C40 et la somme des produits phytosanitaires présentent des concentrations inférieures à 75 % des valeurs seuil.

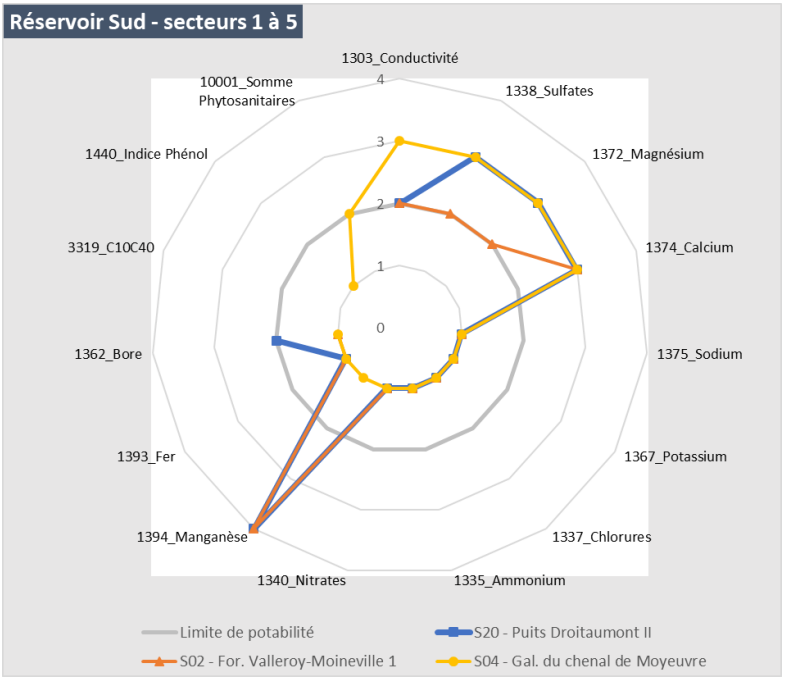
Le forage C2, implanté dans la partie Nord du secteur 4, présente des résultats proches de ceux mesurés au niveau des secteurs 1 et 2 avec des concentrations élevées, signe d'un faible renouvellement de l'eau.

Illustration 30 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Centre

c) Réservoir Sud



Au niveau du secteur 6, là où l'eau est peu renouvelée, on constate un dépassement du sulfate, magnésium, calcium et sodium pour les composés majeurs, du manganèse, du fer et du bore pour les métaux, de l'ammonium pour les composés azotés. Des hydrocarbures ont été détectés avec des valeurs > seuil pour la coupe C10-C40.



Au niveau des secteurs 1 à 5, là où l'eau se renouvelle continuellement, on constate un dépassement du sulfate, magnésium et calcium pour les composés majeurs et du manganèse pour les métaux.

L'ammonium présente des concentrations inférieures à 75% des valeurs seuil. La coupe hydrocarbure C10-C40 n'a pas été analysée. La moyenne des moyennes de la somme des produits phytosanitaires analysés au droit du point de débordement est comprise entre 75 % de la valeur seuil et celle-ci.

Illustration 31 : Diagramme en radar des classes de valeurs de Mma du réservoir Sud

5.2.4. Synthèse sur la qualité des réservoirs 2016/2018

On constate que les secteurs où une baisse significative des concentrations en sulfates a été observée présentent une meilleure qualité de l'eau que ceux où la tendance reste stable. Ce constat confirme l'influence du taux de renouvellement de l'eau sur sa qualité.

Dans les secteurs où l'eau est peu renouvelée, on observe un dépassement systématique de la conductivité, du sulfate, du magnésium, du calcium et du sodium pour les composés majeurs, de l'ammonium pour les composés azotés et du fer, manganèse et bore pour les métaux.

Dans les secteurs où l'eau est bien renouvelée, comparativement aux autres secteurs, le sodium, l'ammonium, le fer et le bore sont moins présents voire absents. Les points de débordement présentent une meilleure qualité de l'eau avec notamment l'absence de fer.

5.2.5. Analyse des tendances

L'examen des chroniques présentées en Annexe 1 permet de dégager des tendances générales d'évolution de la qualité de l'eau.

a) Les majeurs

Les mécanismes géochimiques à l'origine de la minéralisation de l'eau minière lors de l'ennoyage des réservoirs ont été étudiés dans le cadre du GISOS (Groupement d'intérêt scientifique de recherche sur l'Impact et la Sécurité des Ouvrages Souterrains) et sont décrits dans la chronique d'information hors-série n° 2 du bassin ferrifère lorrain , disponible depuis le SIGES Rhin-Meuse (http://sigesrm.brgm.fr/). Sont repris ci-dessous, de façon sommaire, les principaux éléments.

Les éléments chimiques en excès dans l'eau des réservoirs miniers du bassin ferrifère proviennent des réactions de mise en solution des sels minéraux (gypse notamment) issus de l'oxydation de la pyrite contenue dans les inter-bancs marneux de la formation ferrifère. Dissous lors de l'ennoyage, ce stock d'élément ne se renouvelle pas dans les réservoirs ennoyés (milieu insuffisamment oxygéné).

Après une forte hausse des éléments majeurs rendus solubles lors de l'exploitation minière puis dissous lors de l'ennoyage, les concentrations ont immédiatement diminué dans les secteurs où l'eau est bien renouvelée. Dans ces secteurs, la tendance à la baisse est bien marquée et se poursuit de façon régulière (*illustration 32*), tandis qu'ailleurs les concentrations en éléments majeurs restent stables depuis l'ennoyage. Le taux de renouvellement du stock d'eau minéralisée initialement formé lors de l'ennoyage des travaux miniers diffère d'un secteur à l'autre.

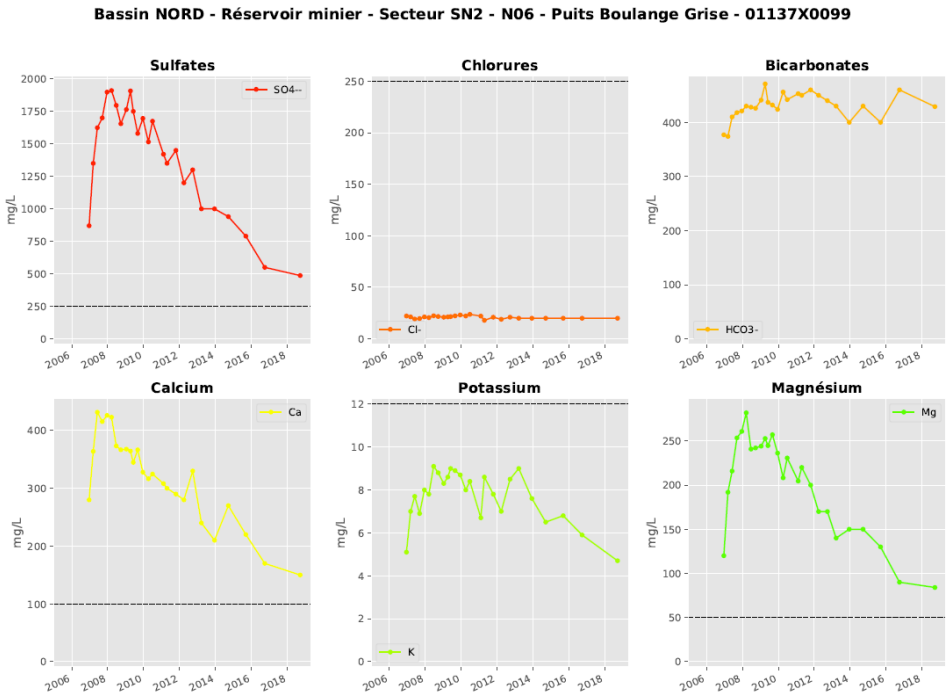


Illustration 32 : Evolution des concentrations des majeurs depuis l'ennoyage au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord)

b) Les métaux

Une forte hausse des concentrations en fer et manganèse a été observée après l'ennoyage des réservoirs, mais cette augmentation s'est produite avec un décalage de quelques années par rapport aux ions majeurs. Dans les secteurs bien renouvelés (*illustration 33*), un palier de concentration a systématiquement été atteint, puis les concentrations se sont mise à baisser suite au renouvellement de l'eau. Les phénomènes géochimiques responsables de ces augmentations de concentrations, différents de ceux qui ont provoqué la hausse de la minéralisation de l'eau (cf. ci-dessus), sont liés au changement d'état d'oxydo-réduction du milieu (diminution de l'oxygène disponible dans l'eau des réservoirs), qui a notamment provoqué la mise en solution de substances auparavant piégées sous forme solide dans les oxy-hydroxydes de fer notamment.

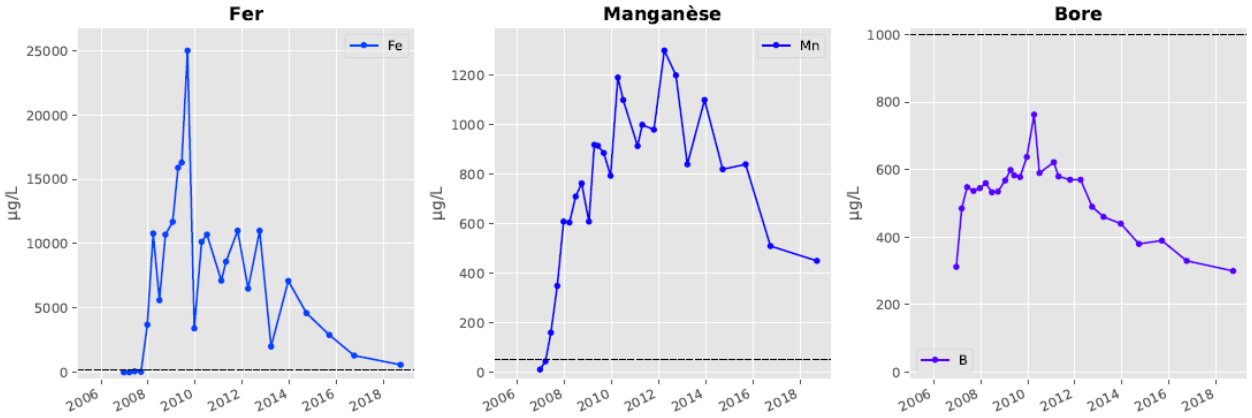


Illustration 33 : Evolution des concentrations en métaux depuis l'ennoyage au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord)

c) Les composés azotés

Les concentrations en ammonium suivent la tendance des métaux et notamment du manganèse : après un pic de concentration atteint quelques années après la fin de l'ennoyage, elles sont désormais à la baisse dans les secteurs bien renouvelés et sont inférieures aux valeurs seuils depuis 2017 sur l'ensemble du réservoir (*illustration 34*). Dans les secteurs peu ou pas renouvelés, les valeurs mesurées sont supérieures aux valeurs seuils et les tendances sont à la stabilité.

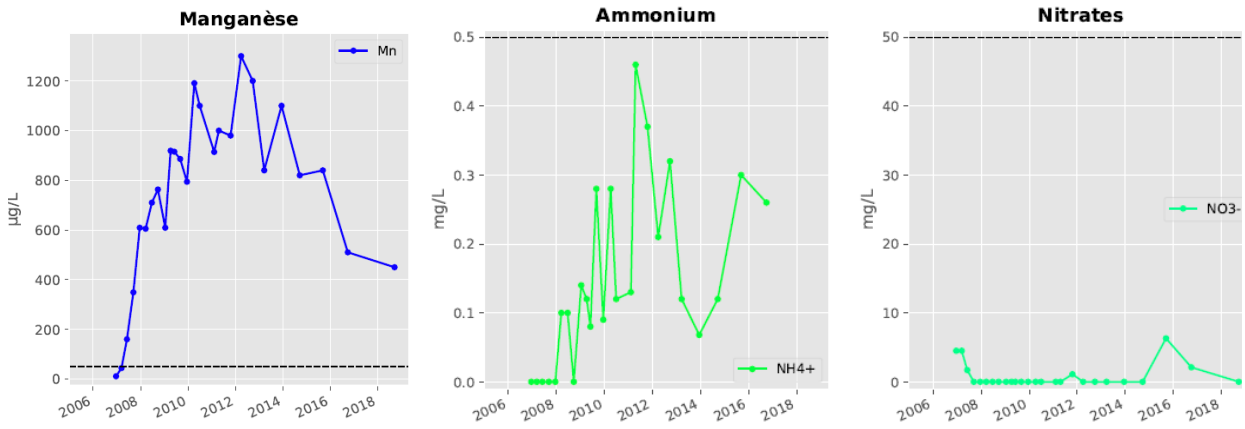


Illustration 34 : Evolution des concentrations en composés azotés au niveau d'un secteur renouvelé (puits N6, reservoir Nord)

Le phénomène géochimique responsable de la mise en solution de l'ammonium n'est pas connu avec précision, mais ne semble pas lié à la présence de nitrates - non détectés dans l'eau du réservoir minier (hormis sur une courte période en 2015/2016). La cinétique de l'ammonium est très corrélée à l'évolution du manganèse – et du fer dans une moindre mesure – et donc probablement aussi à l'évolution du potentiel rédox du milieu.

d) Les hydrocarbures

La fraction hydrocarbures C10 – C40 a été détectée à des concentrations importantes en 2018 (N3bis : 2,3 mg/l, N17 : 1,5 mg/l, S23 : 10,2 mg/l) ou en 2019 (C13 : 5 mg/l) et parfois pour les deux années 2018-2019 (N3 : 1,5 mg/l (2018) et 10,2 mg/l (2019)). Cette fraction n'avait pas été détectée en 2017. Le contrôle qualité réalisé en interne au laboratoire confirme ces résultats. Il est difficile de savoir s'il s'agit d'une pollution ponctuelle (une « bouffée » de polluant), ou si un panache de polluant existant n'avait pas été détecté par les préleveurs (plus flottant ou plus lourd), ou s'il s'agit d'une erreur analytique systématique. La poursuite des campagnes permettra de confirmer ou non ces concentrations.

e) Les phytosanitaires

Les produits phytosanitaires sont mesurés par l'AERM dans le cadre de l'évaluation de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine de la DCE au niveau de 4 points de débordements : N14bis (réservoir Nord), C8 et C16 (réservoir Centre) et S4 (réservoir sud). Ils ont été détectés en septembre 2018 entre 75 % de la valeur seuil et la valeur seuil fixée par la DCE pour la somme des phytosanitaires au niveau des stations N14bis (galerie de la Paix), C16 (Puits St-Pierremont II) et C8 (Pz. Chevillon artésien) et à des valeurs supérieures à la valeur seuil au niveau de la station S4 (galerie du chenal de Moyeuvre). Les résultats de la campagne de novembre 2018 sont quant à eux inférieurs à 75 % de la valeur seuil pour toutes les stations.

Ces détections tardives dans l'histoire des réservoirs miniers ennoyés pourraient être corrélées à des changements de pratiques agricoles, et/ou être dues à la complexité des circulations et à la dynamique de remplissage puis de renouvellement des réservoirs miniers. La poursuite et la généralisation des analyses de phytosanitaires permettraient de mieux comprendre le phénomène afin de prévoir l'évolution des concentrations.

5.3. LES CHRONIQUES SEMESTRIELLES

Deux chroniques d'information ont été réalisées en 2018. Les périodes couvrant ces chroniques semestrielles ont été modifiées pour les mettre en cohérence avec le cycle hydrologique des eaux souterraines. Une chronique « hautes eaux » de novembre à avril et une chronique « basses eaux » de mai à novembre sont désormais réalisées et diffusées en juin pour la première et en décembre pour la seconde.

Le suivi analytique étendu est présenté dans une rubrique complémentaire de la chronique de juin.

Ces chroniques sont destinées à un large public non spécialiste (usagers, collectivités, élus, *etc*.) et ont pour vocation de diffuser des éléments concernant l'évolution qualitative et quantitative des différents réservoirs miniers et des aquifères associés.

Les chroniques semestrielles du bassin ferrifère 2018 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 2.

6. Conclusion

Les actions réalisées en 2018 sont conforment à la programmation de l'observatoire et répondent aux enjeux règlementaires de la DCE et des objectifs du SAGE du bassin ferrifère.

Les travaux de maintenance et modernisation du réseau ont conduit au renouvellement de l'équipement de cinq stations piézométriques et hydrométriques avec la mise en place de la télétransmission et de l'installation de deux préleveurs de fond.

L'identification des propriétaires privés des parcelles sur lesquelles sont implantés les ouvrages sans convention est une première étape vers la pérennisation des stations par la mise en place de conventions d'accès.

Les mesures de débit réalisées en sortie de chenal des réservoirs ont permis d'évaluer les volumes de débordements. Ceux-ci s'élèvent respectivement à 72, 40 et 16 millions de m^3 pour les réservoirs Sud, Nord et Centre. Ces volumes sont plus élevés que les années précédentes, consécutif à une bonne recharge hivernale 2017/2018.

Les concentrations en sulfates sont toujours à la baisse dans les secteurs où l'eau est bien renouvelée et stables dans les autres secteurs. L'analyse de l'évolution des sulfates et des autres paramètres (fer, manganèse, ammonium) indique un taux de renouvellement différent du stock d'eau minéralisée initialement formé lors de l'ennoyage des travaux miniers d'un secteur à l'autre. Les secteurs où l'eau est bien renouvelée représentent 60 % de la surface des 3 principaux réservoirs du bassin ferrifère. Le réservoir Sud présente une meilleure qualité de l'eau minière comparativement aux autres réservoirs.

La mise en évidence de produits phytosanitaires dans l'eau minière est récente. Il est nécessaire de pouvoir déterminer leur présence et leur concentration dans l'eau du réservoir minier. La poursuite de ces recherches, avec un renouvellement de campagne sur des stations captant directement l'eau minière (puits minier) et l'eau des calcaires du Dogger (aquifères alimentant le réservoir minier) apparait pertinent afin de mettre en évidence l'évolution de ces polluants et identifier les sources en amont.

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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

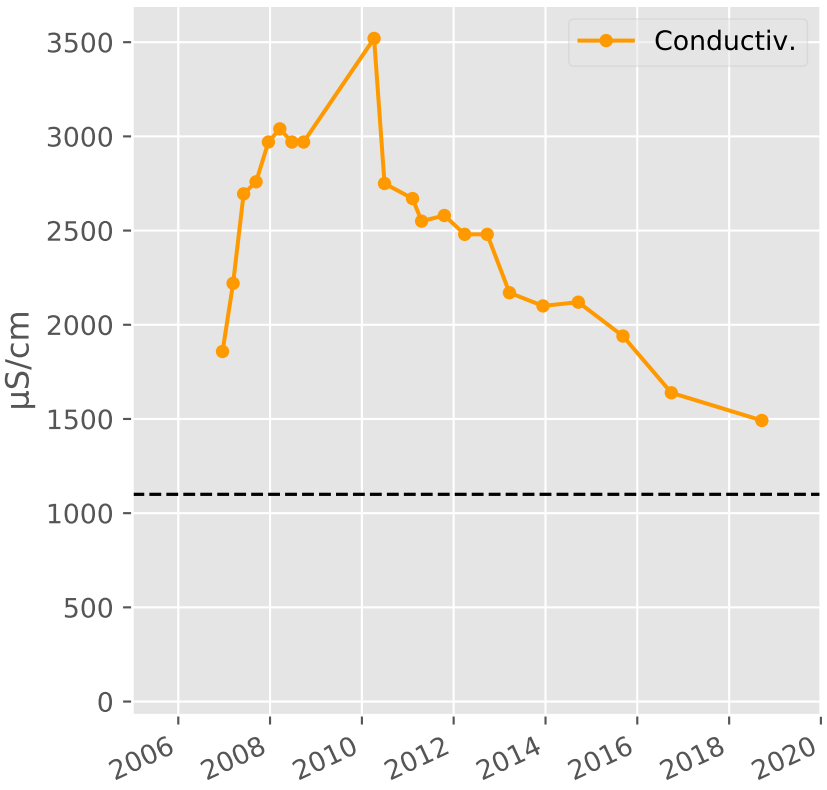
Direction régionale Grand Est – Site de Nancy
1, avenue du Parc de Brabois
54500 – Vandoeuvre-lès-Nancy – France
Tél. : 03 83 44 81 49

Annexe 1 :

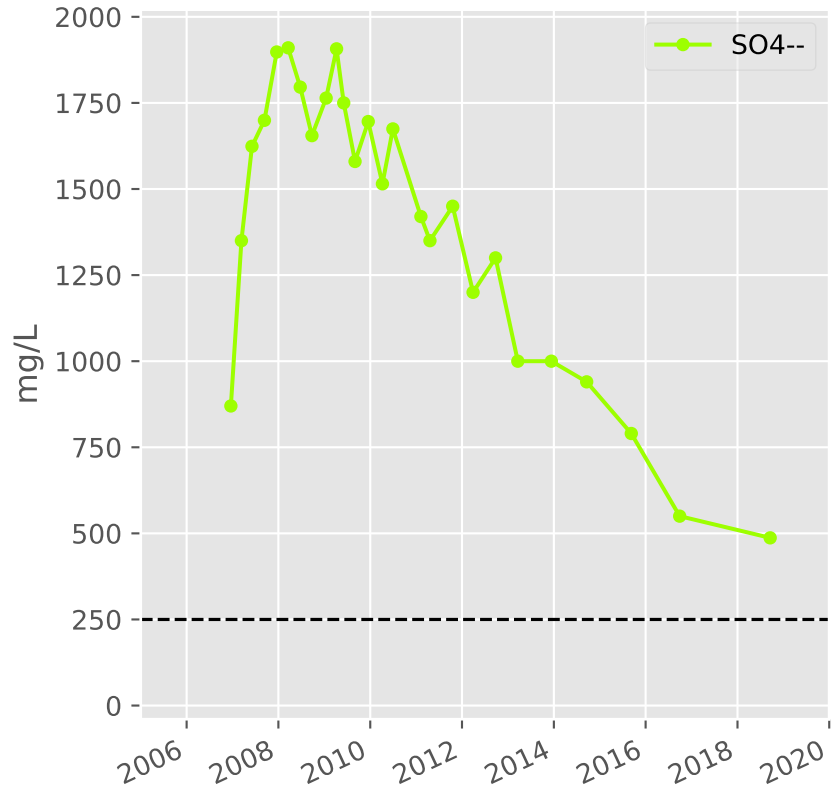
Graphique d'évolution des paramètres analysés

Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N06 - Puits Boulange Grise - 01137X0099

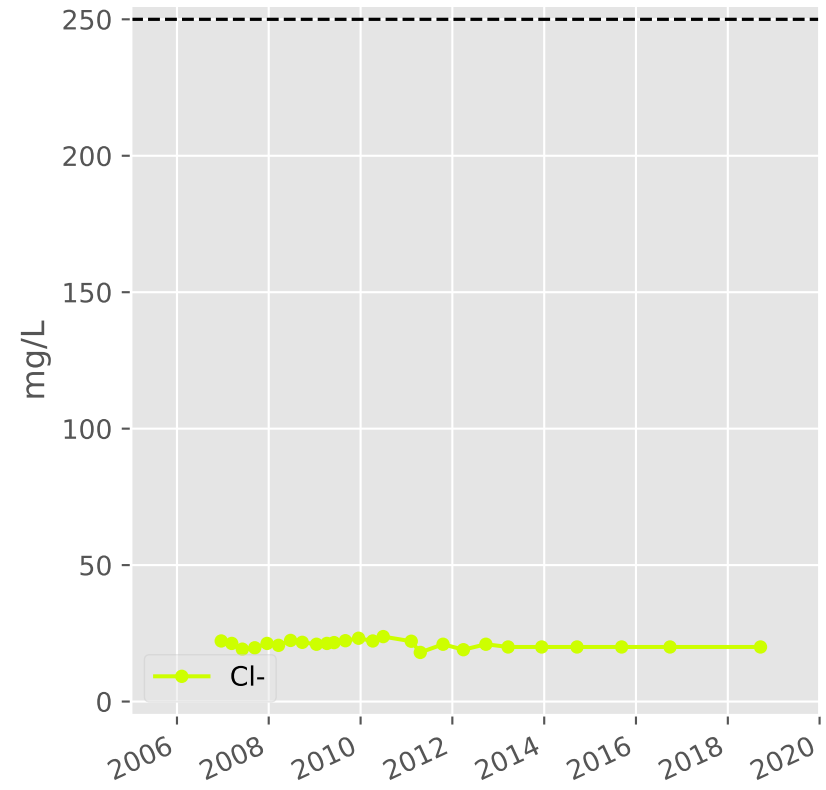
Conductivité



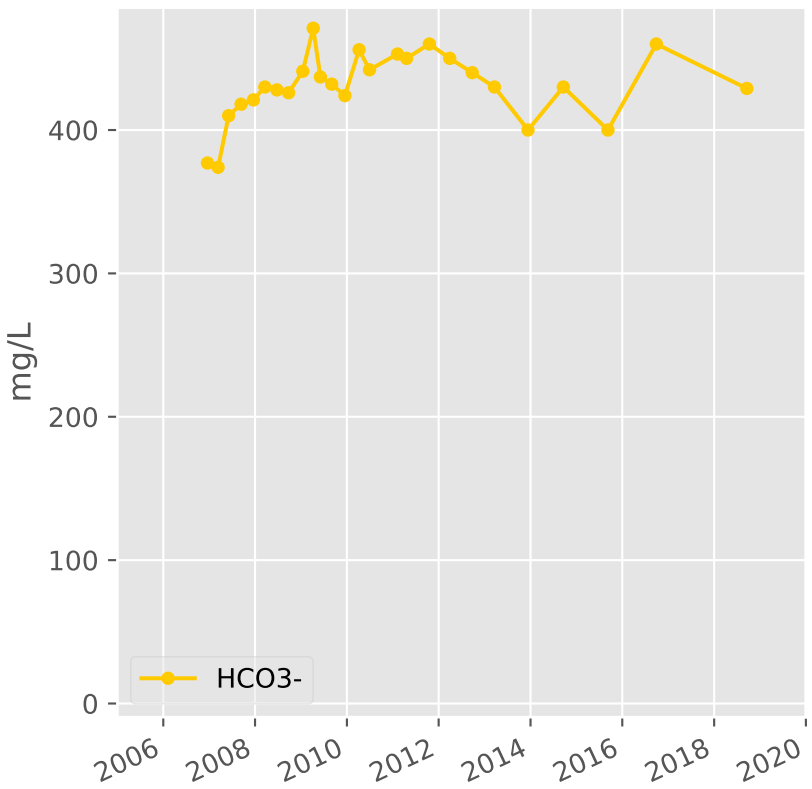
Sulfates



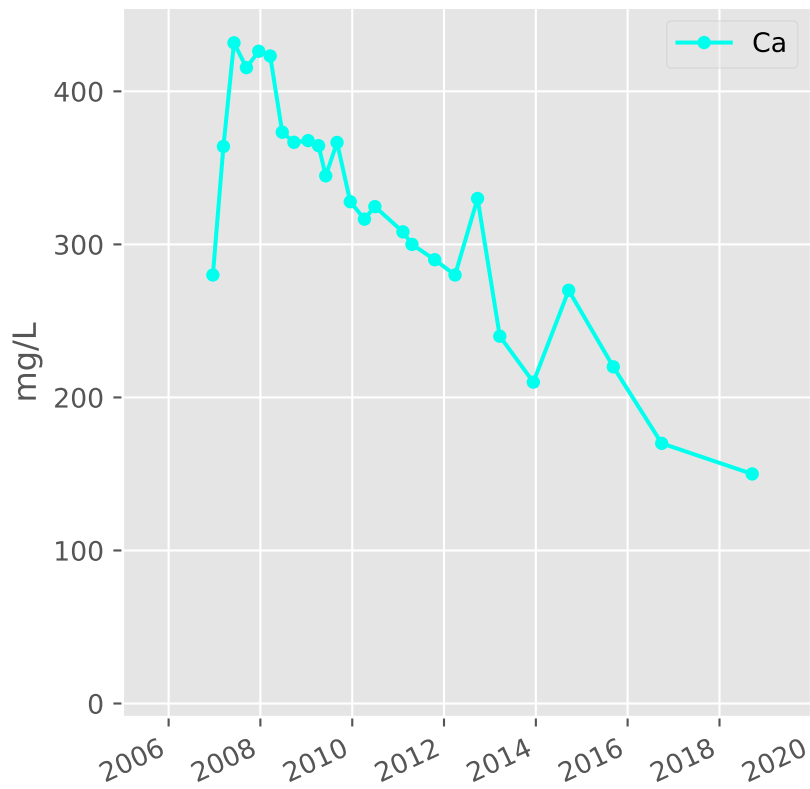
Chlorures



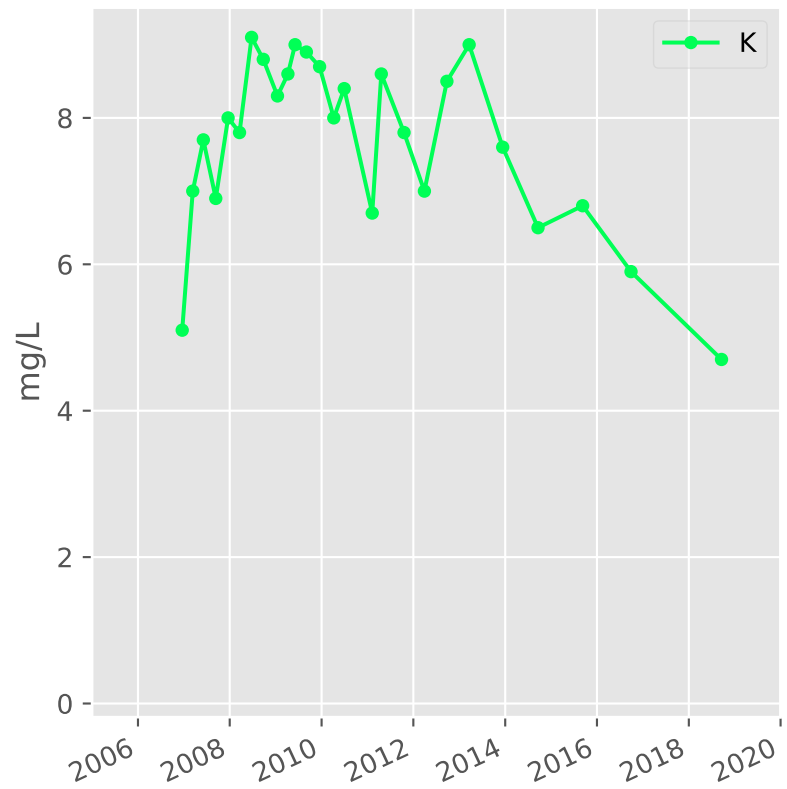
Bicarbonates



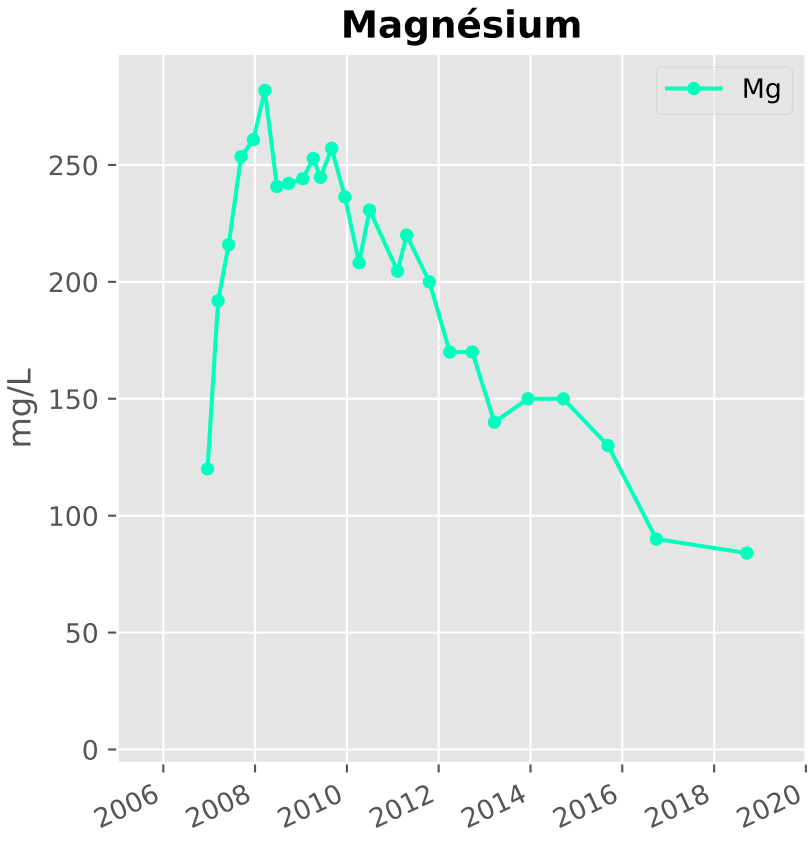
Calcium



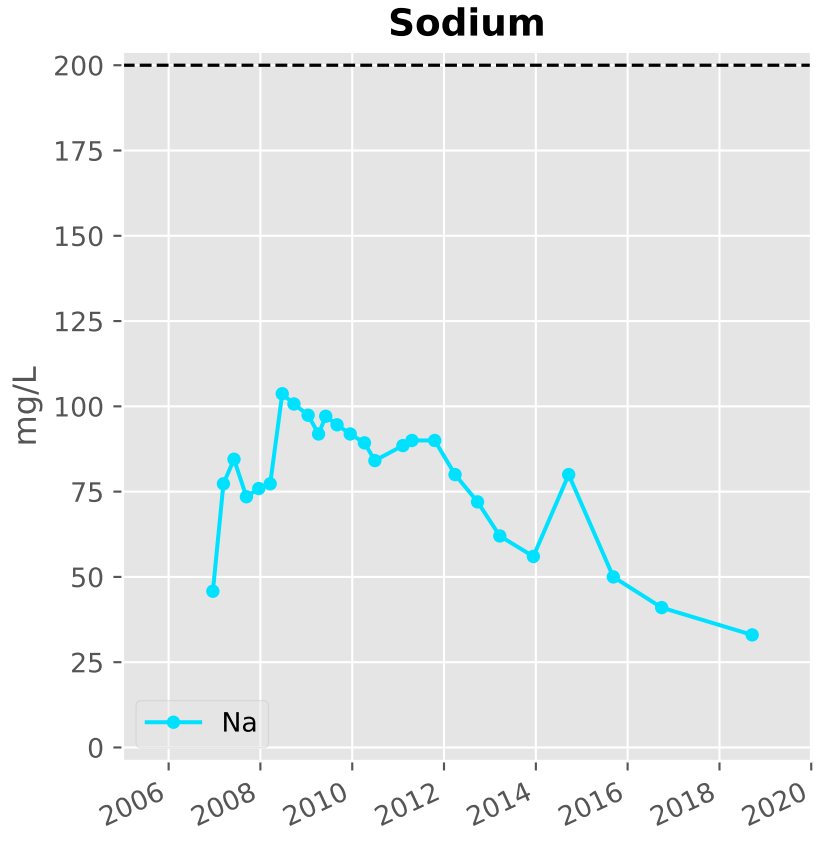
Potassium



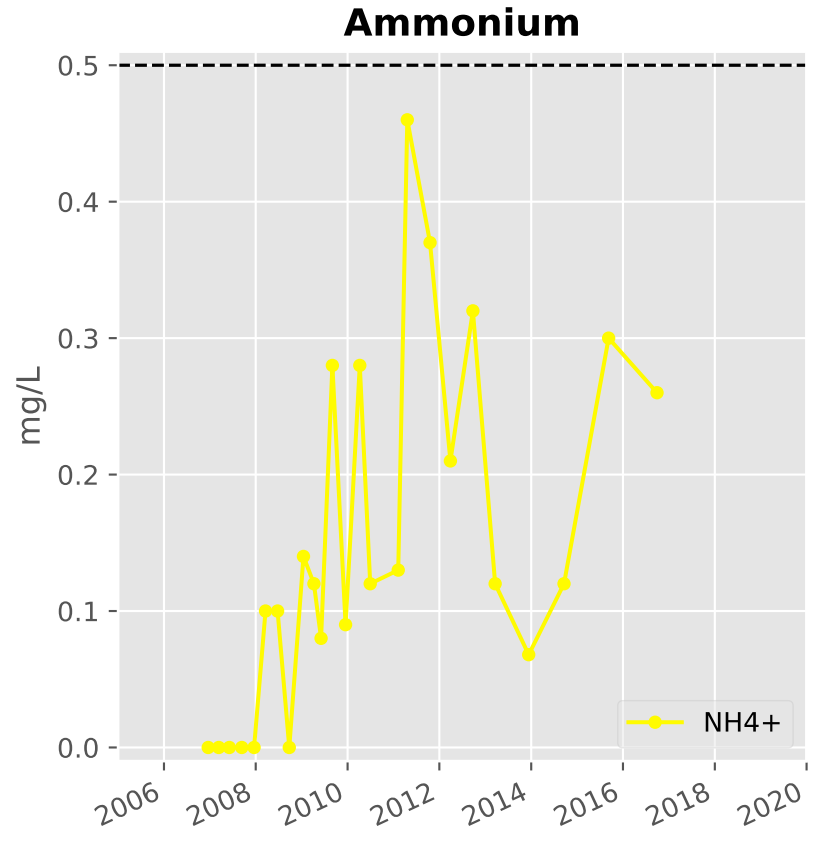
Magnésium



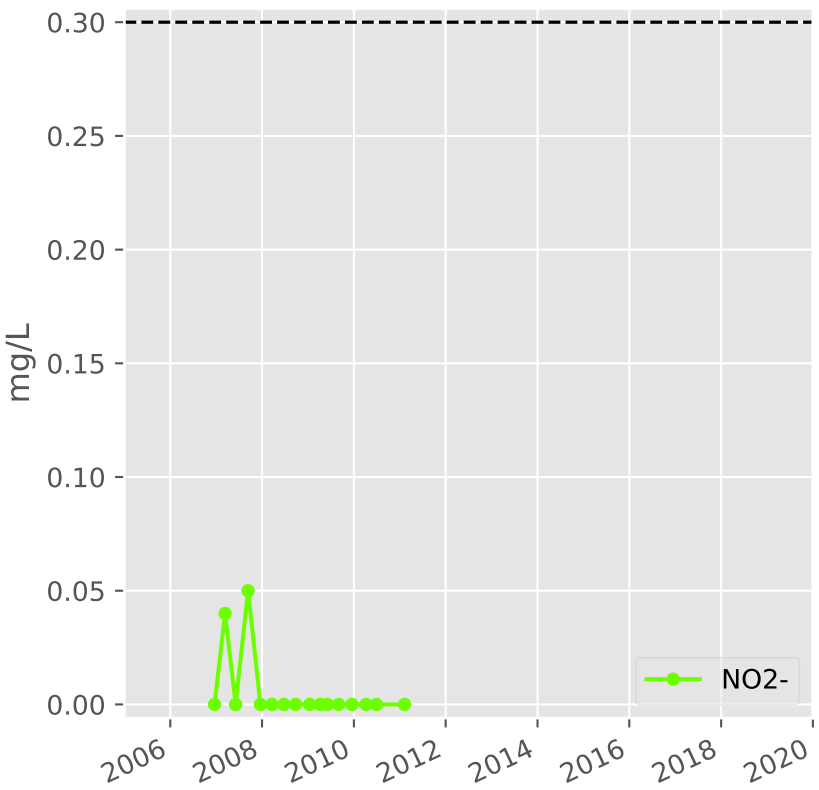
Sodium



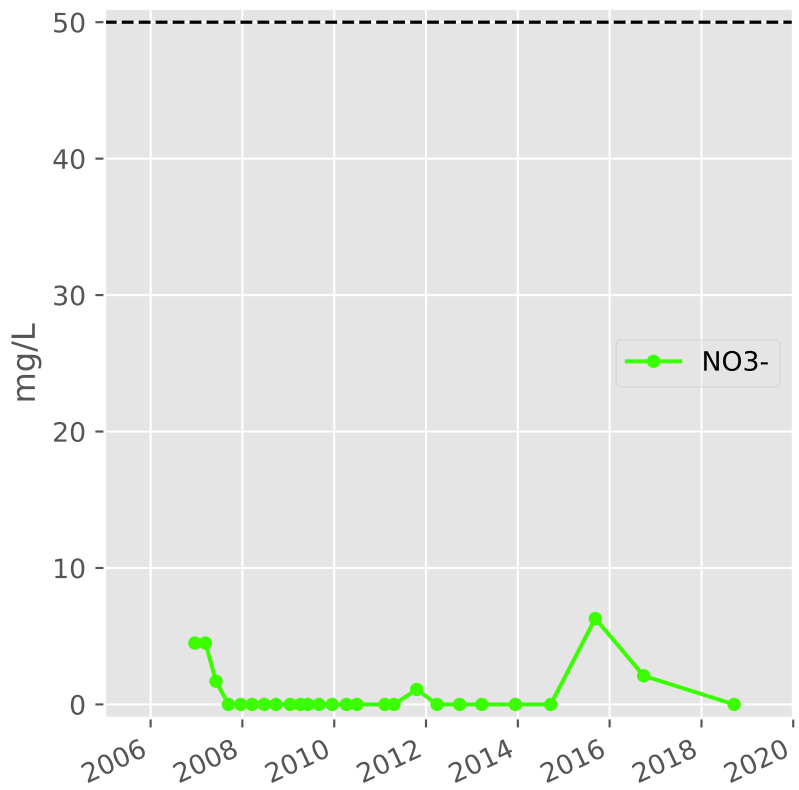
Ammonium



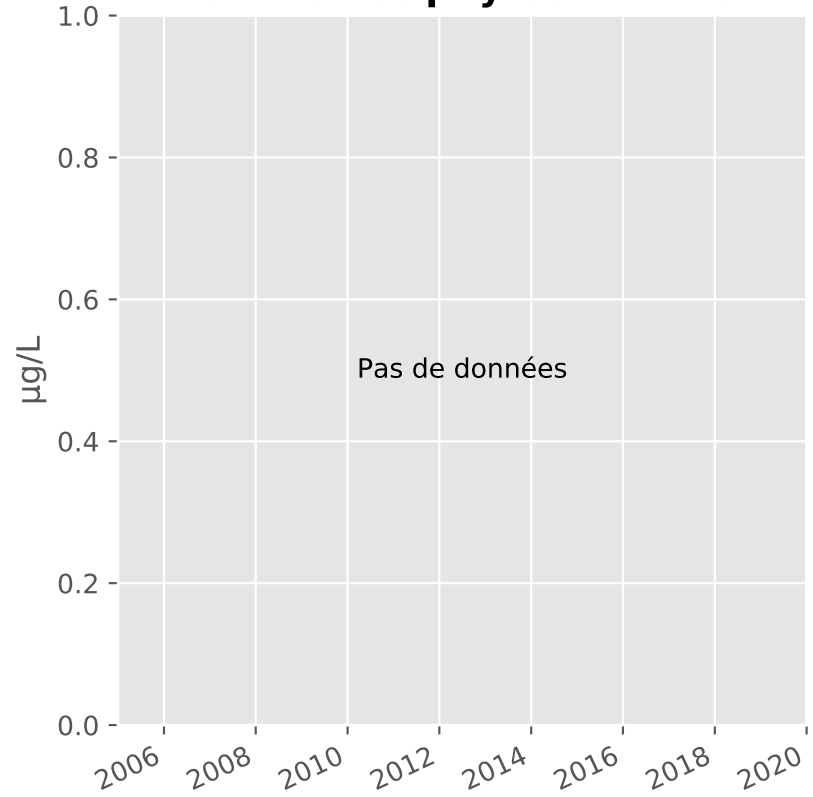
Nitrites



Nitrates

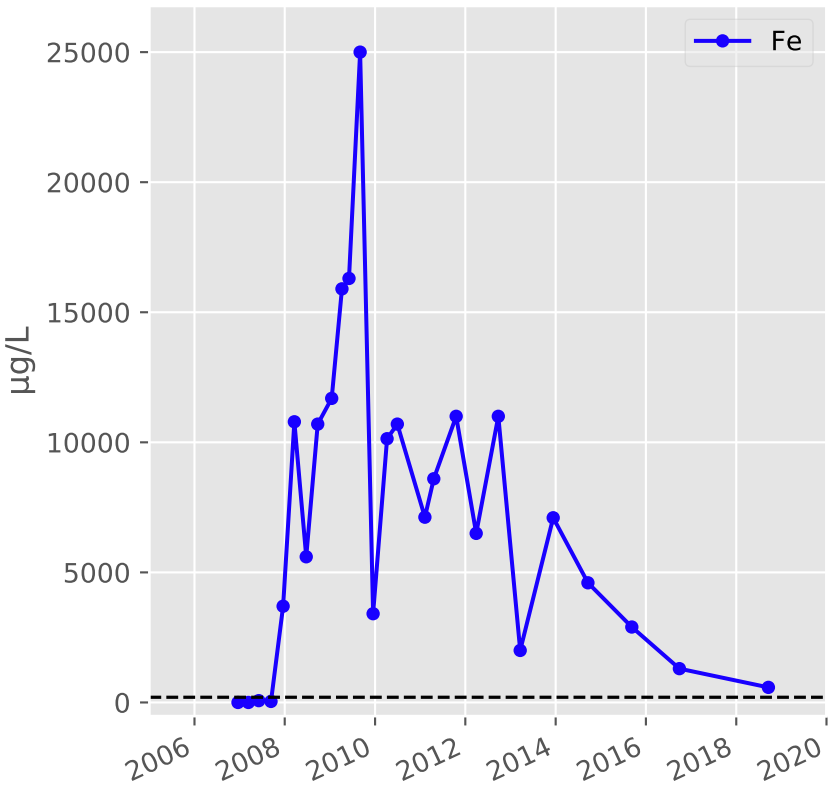


Somme des phytosanitaires

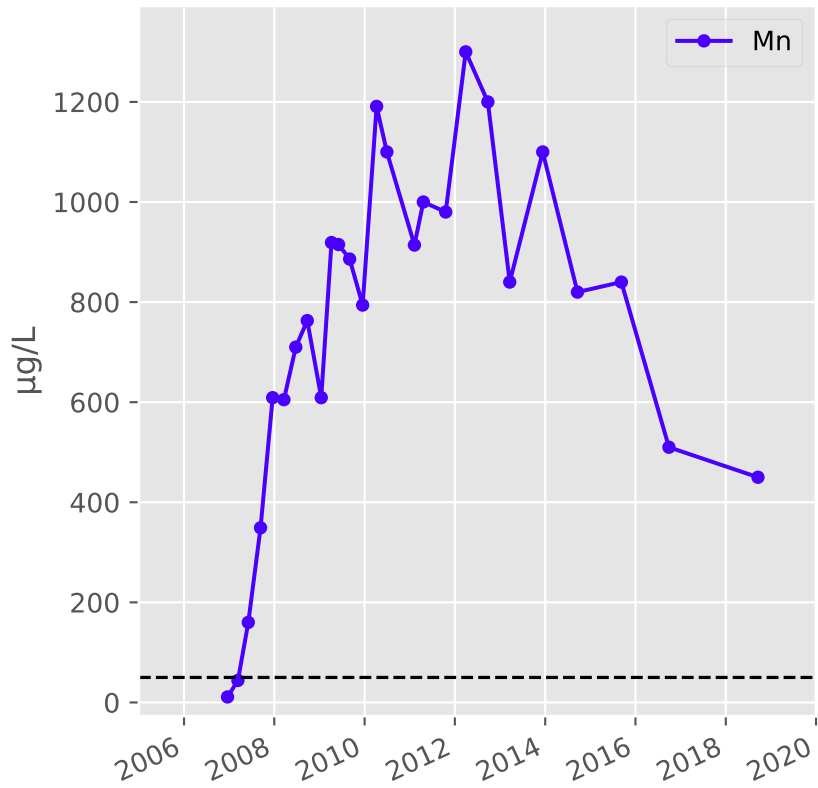


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N06 - Puits Boulange Grise - 01137X0099

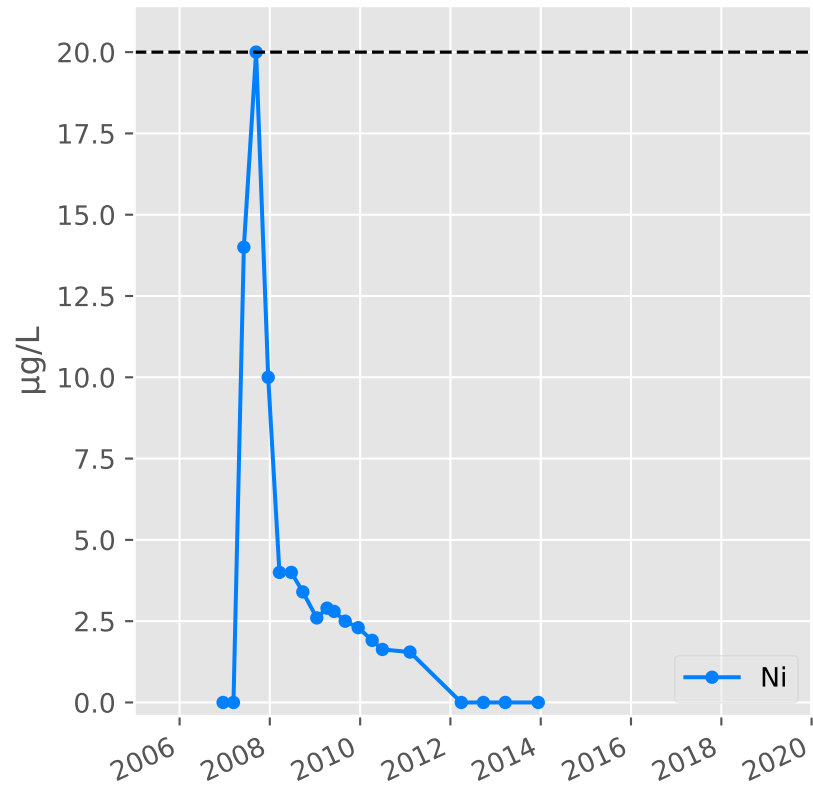
Fer



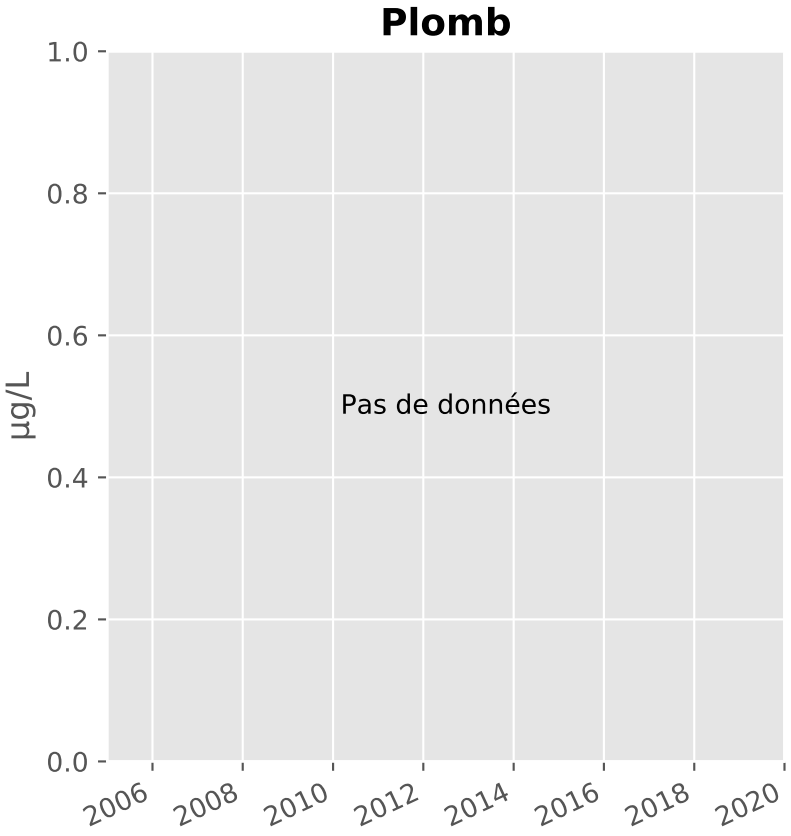
Manganèse



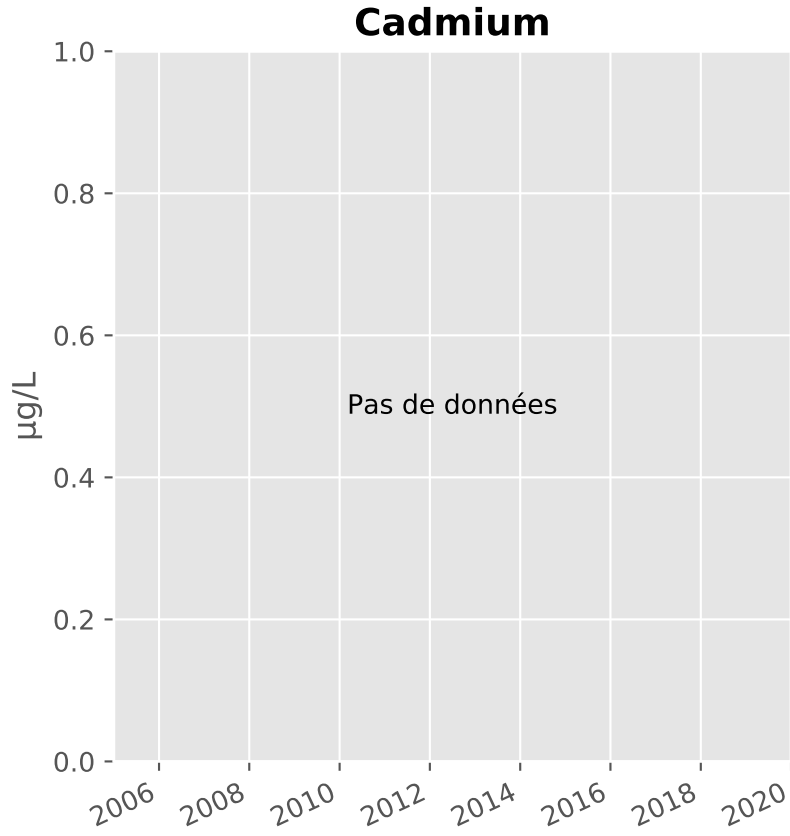
Nickel



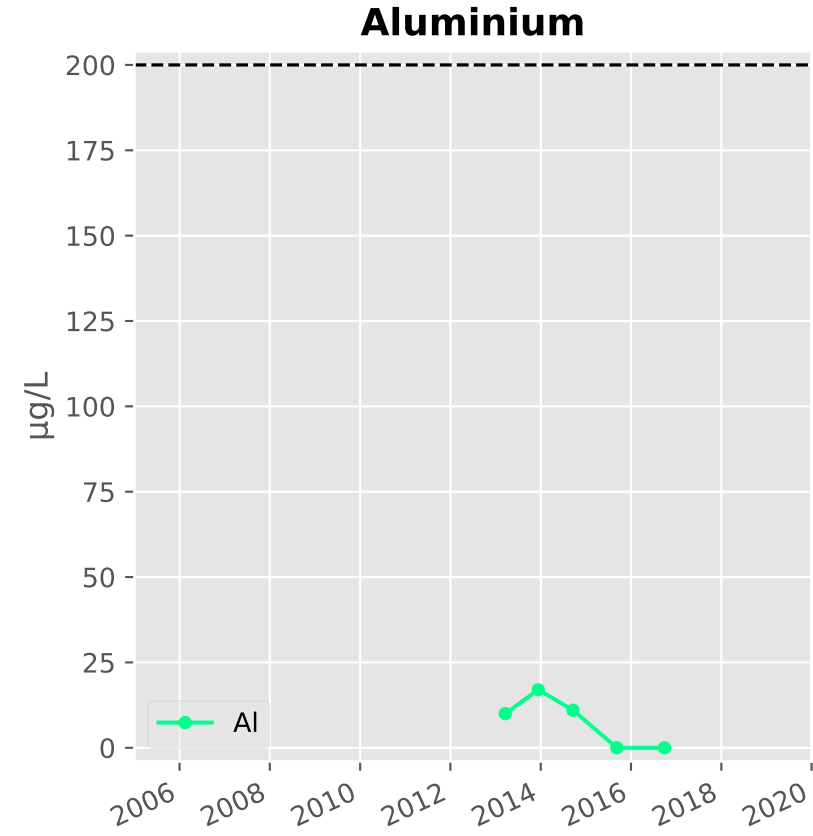
Plomb



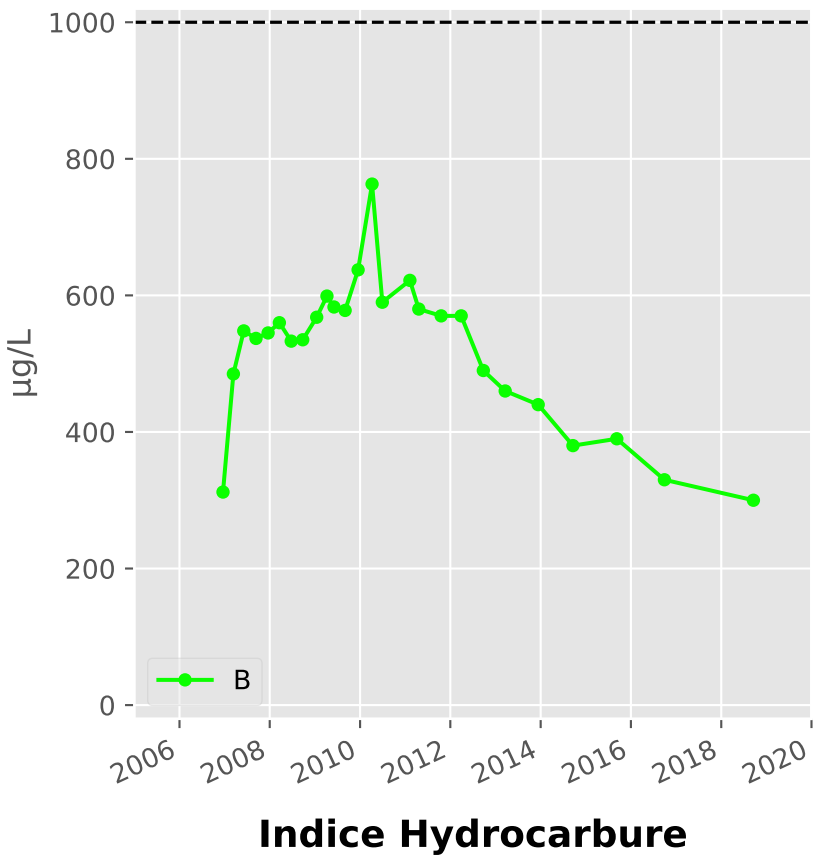
Cadmium



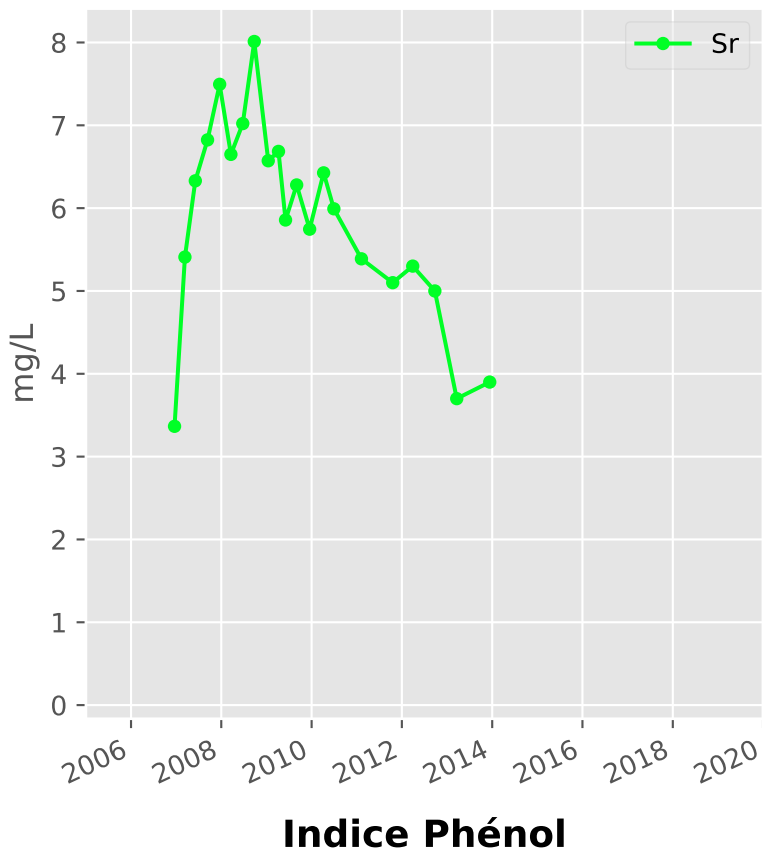
Aluminium



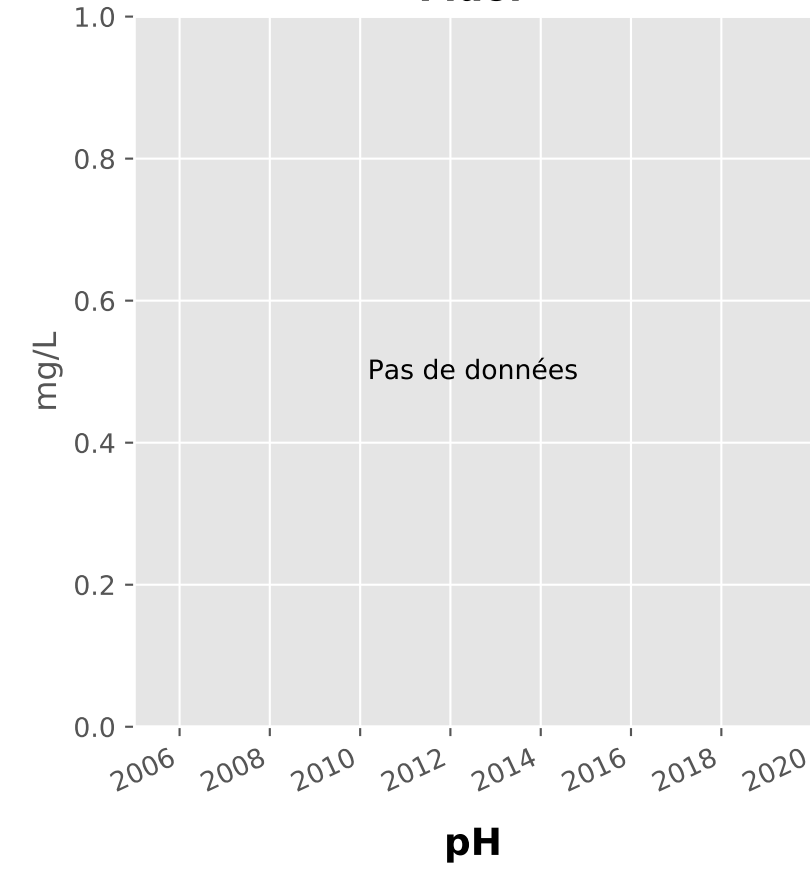
Bore



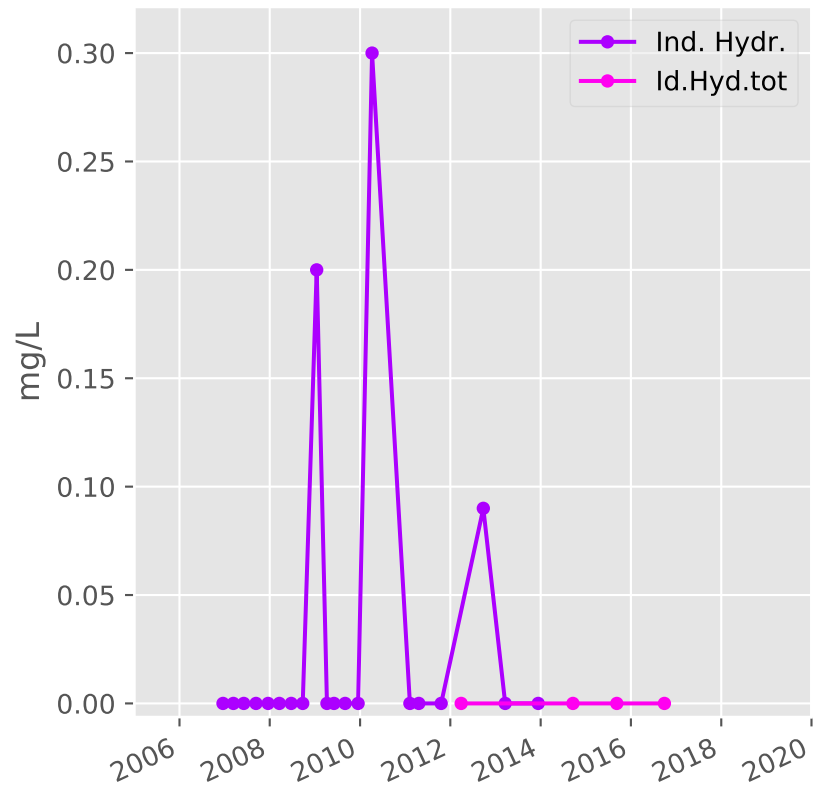
Strontium



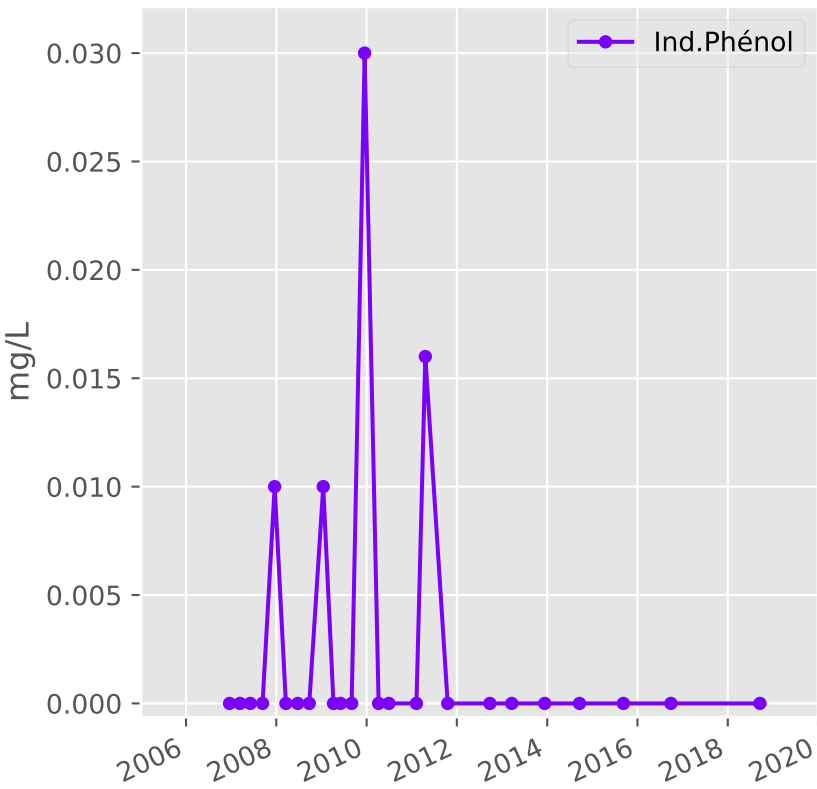
Fluor



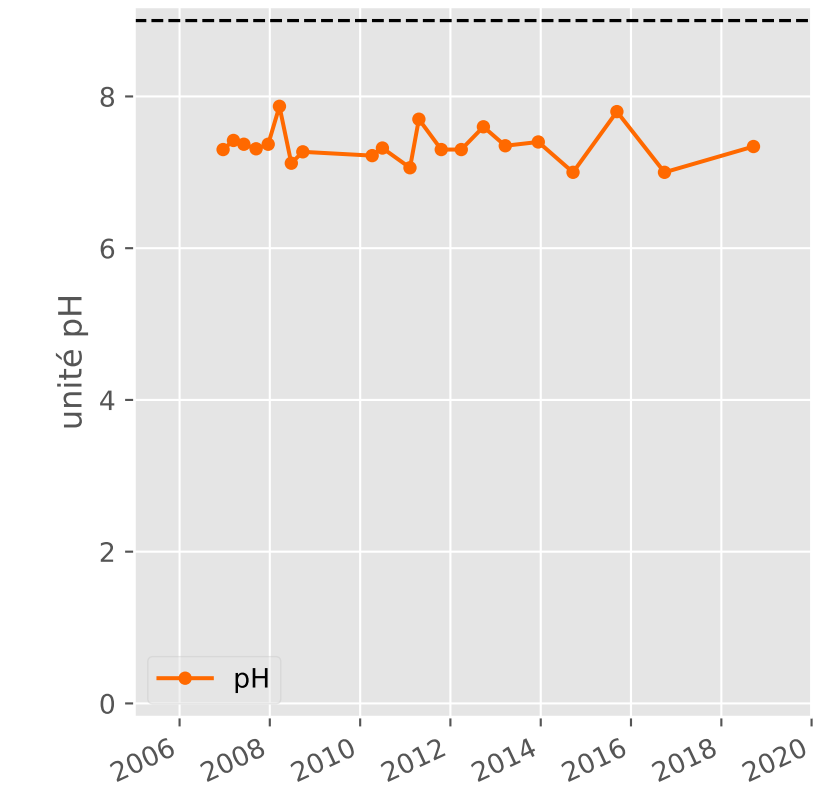
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

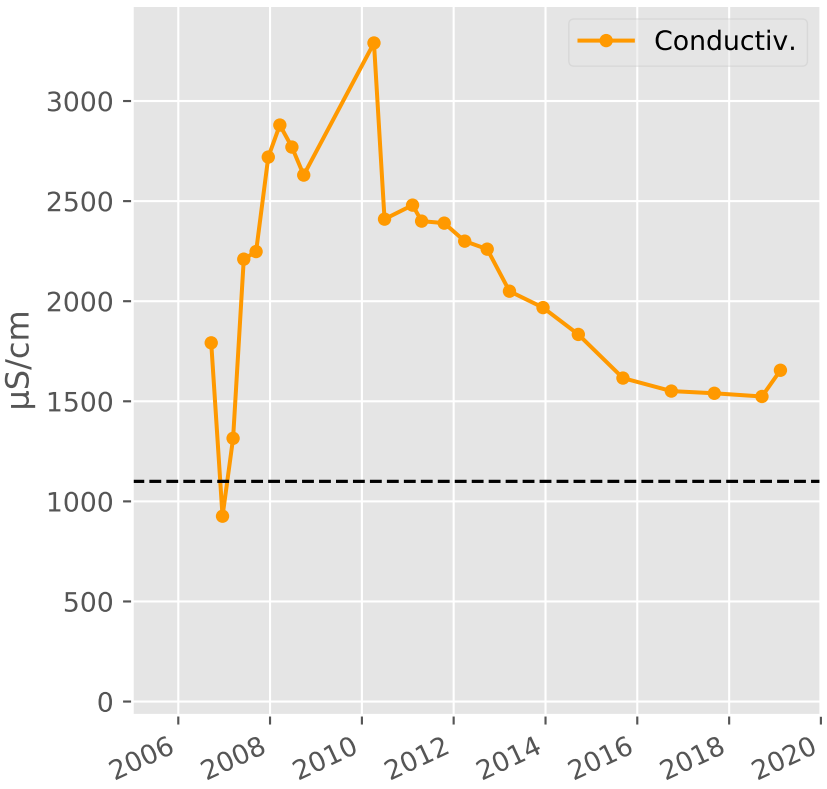


pH

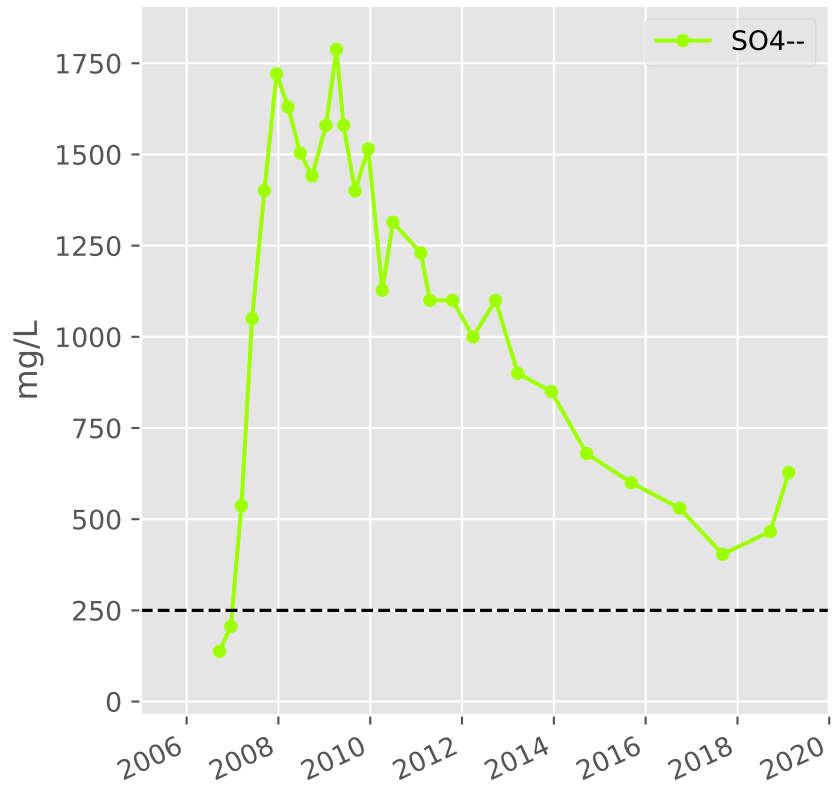


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N3bis - Puits Ferdinand Jaune - 01137X0182

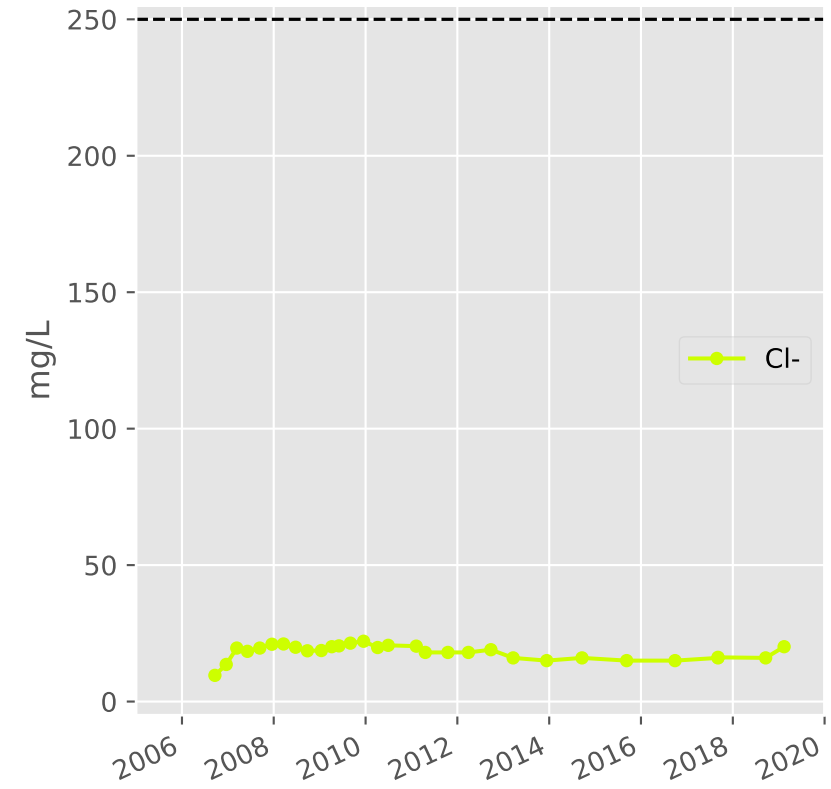
Conductivité



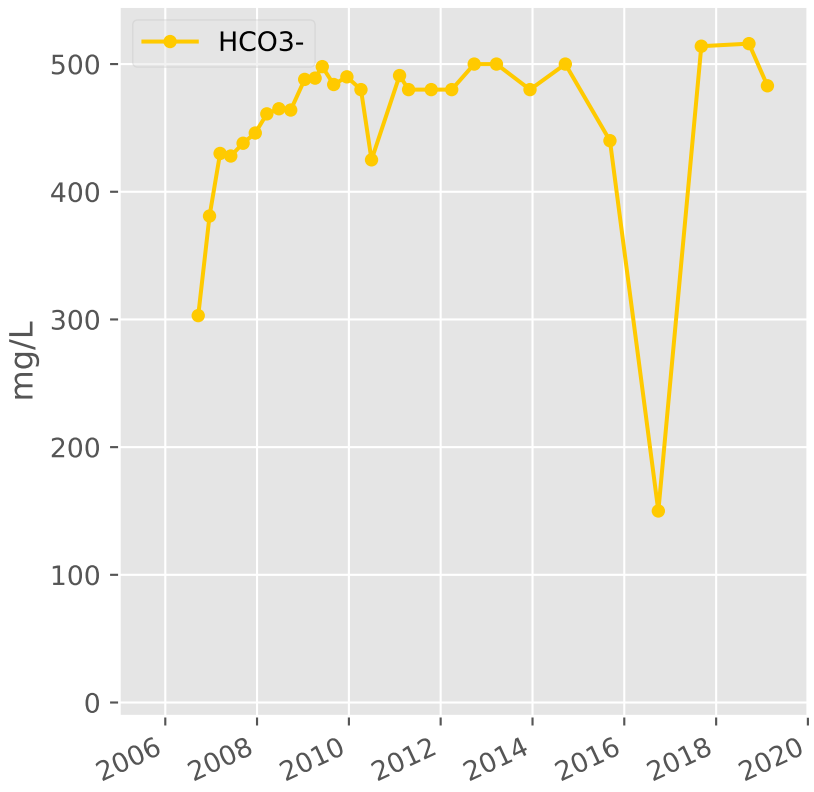
Sulfates



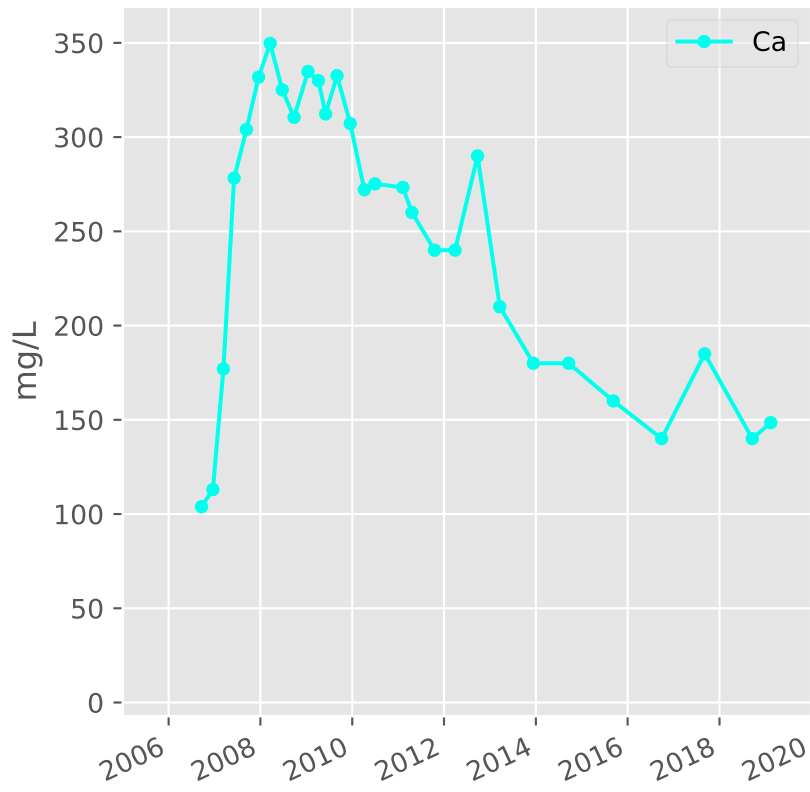
Chlorures



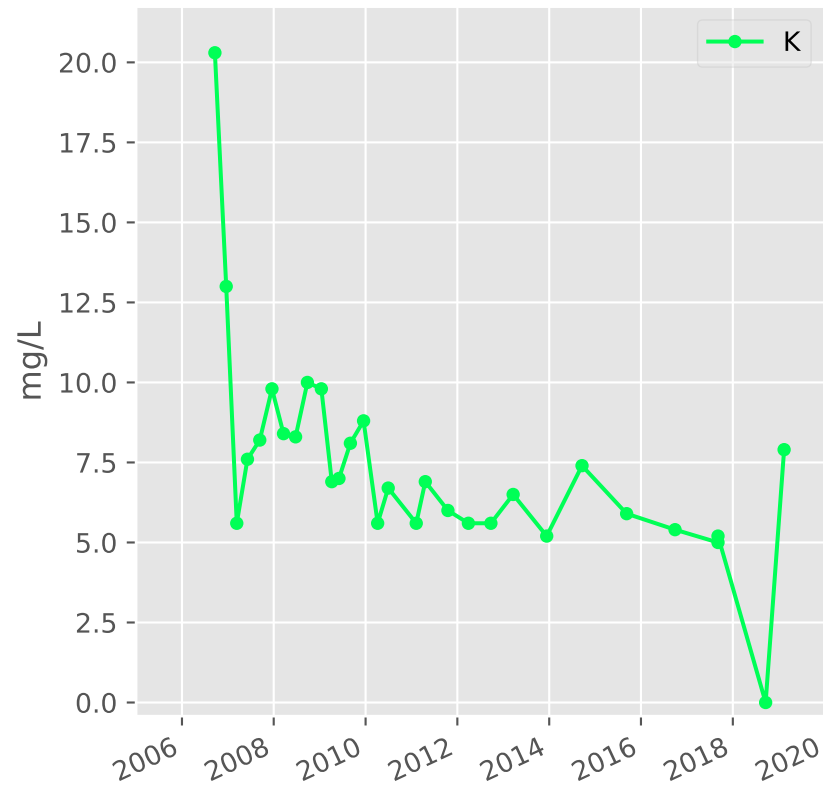
Bicarbonates



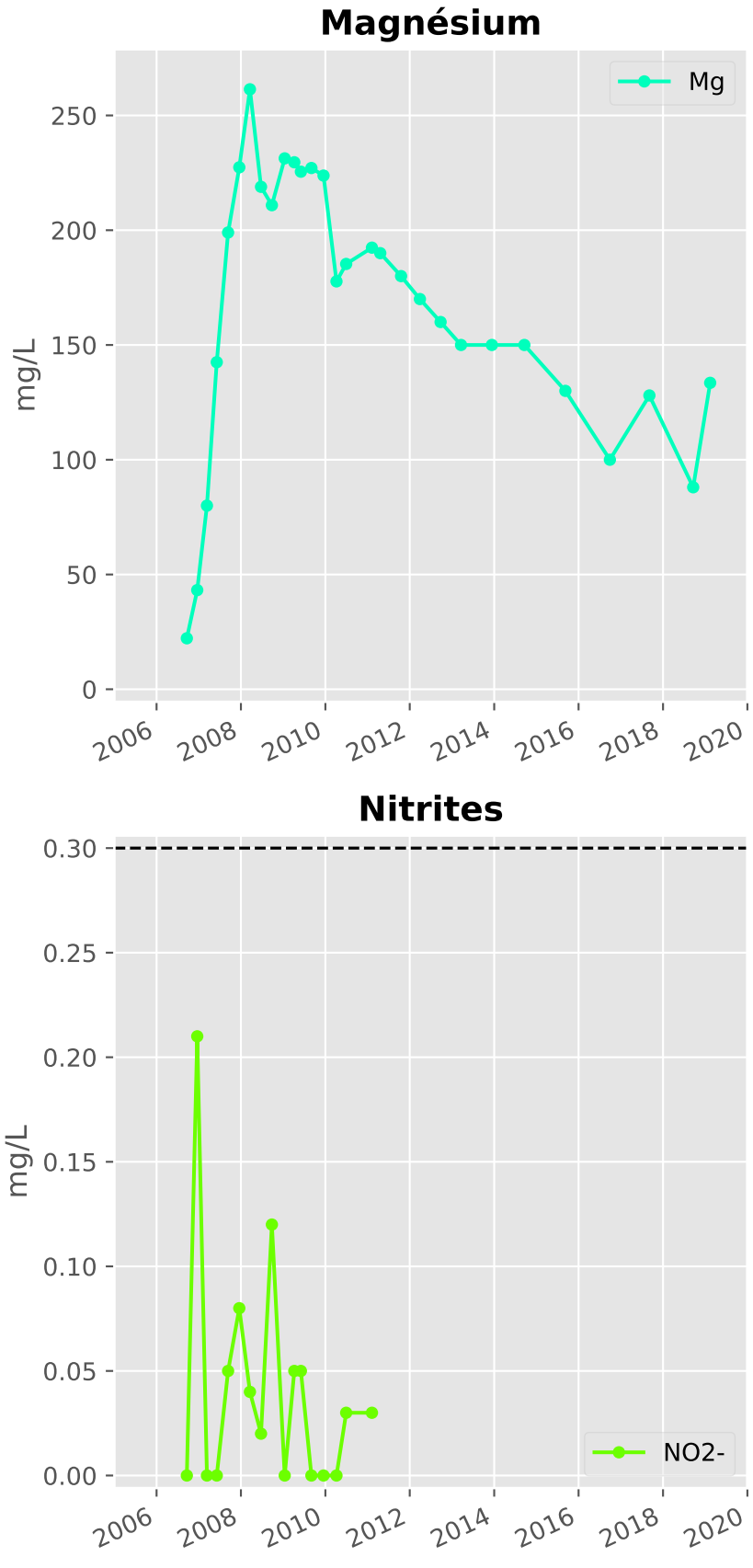
Calcium



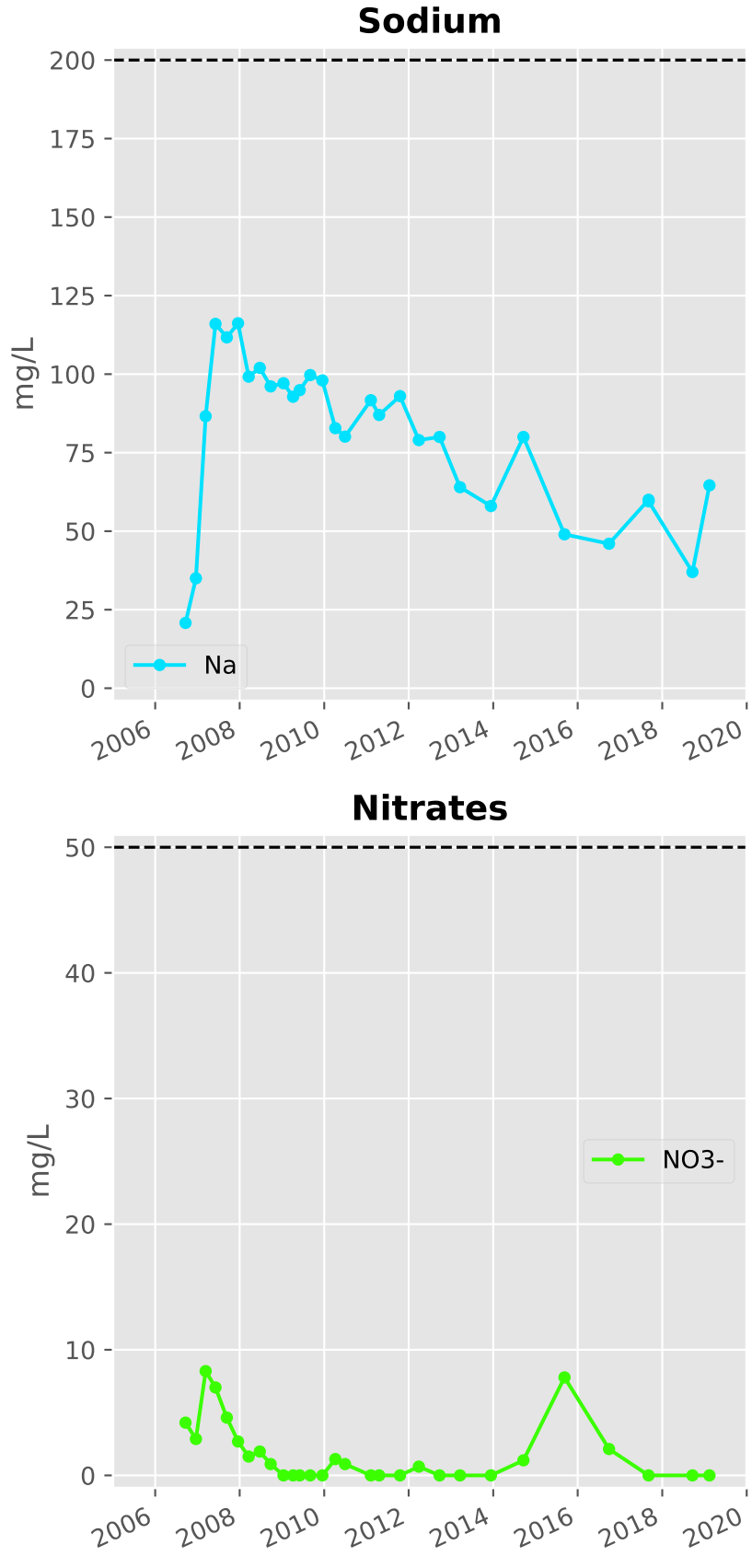
Potassium



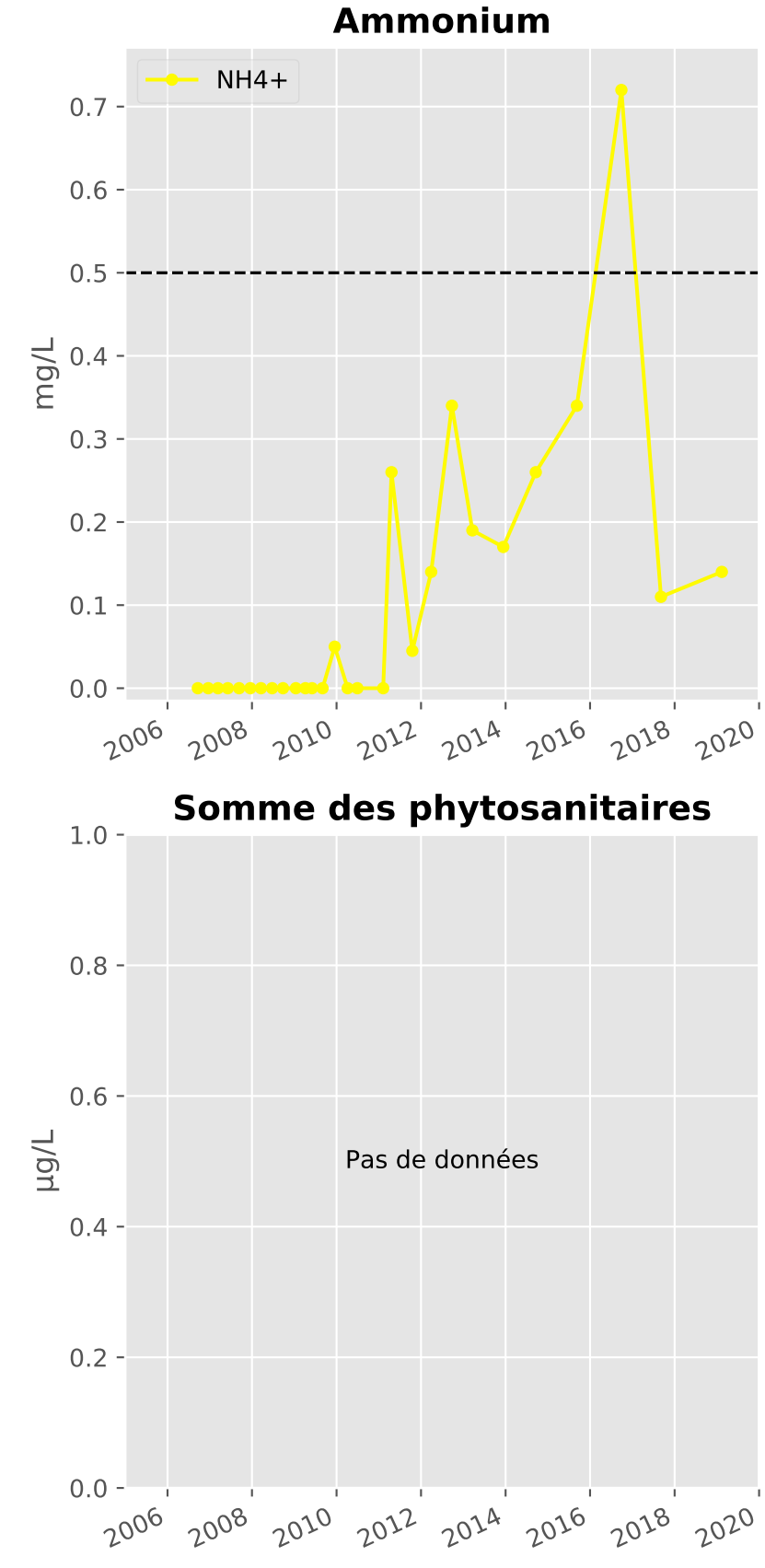
Magnésium



Sodium



Ammonium



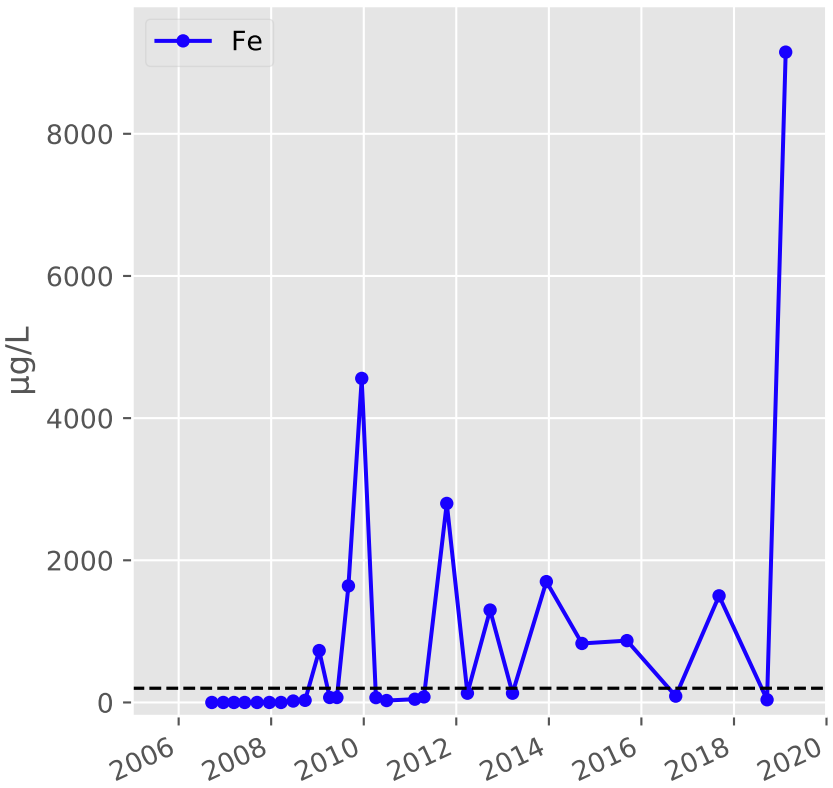
Nitrites

Nitrates

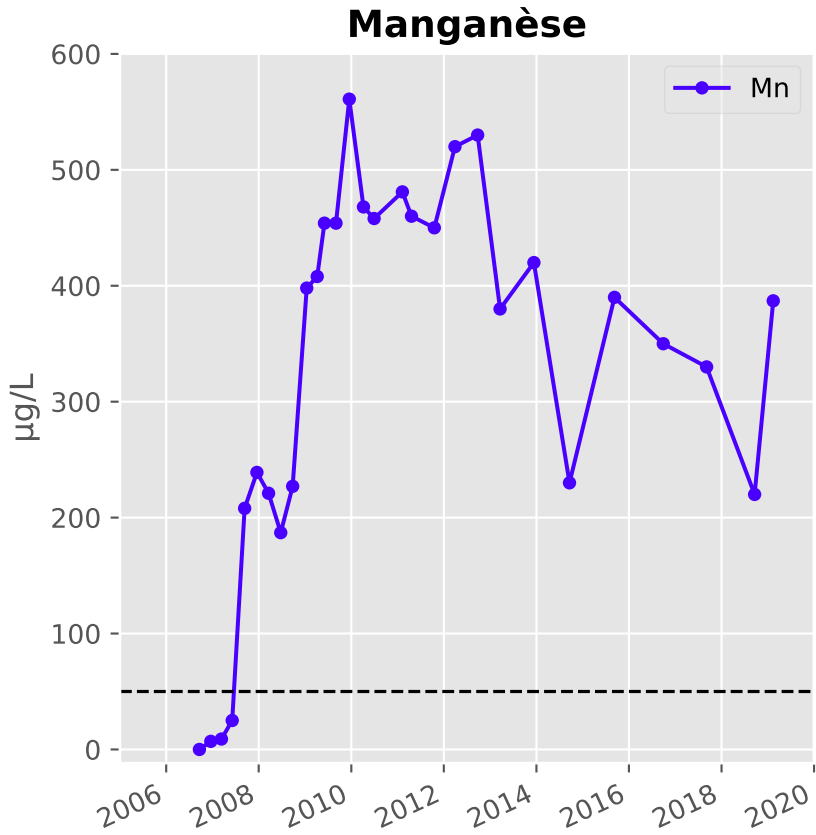
Somme des phytosanitaires

Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N3bis - Puits Ferdinand Jaune - 01137X0182

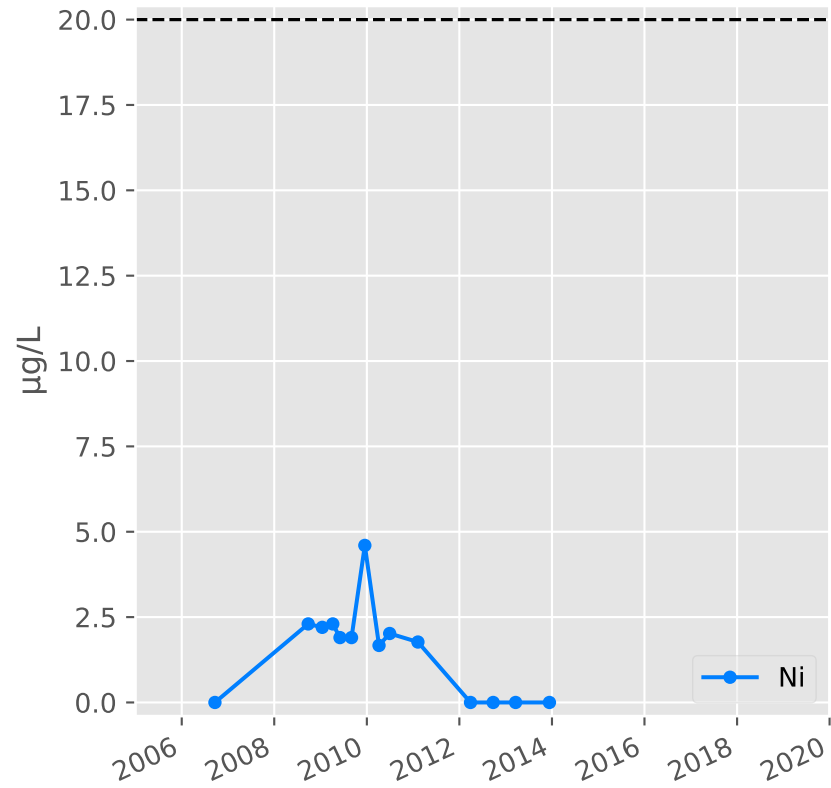
Fer



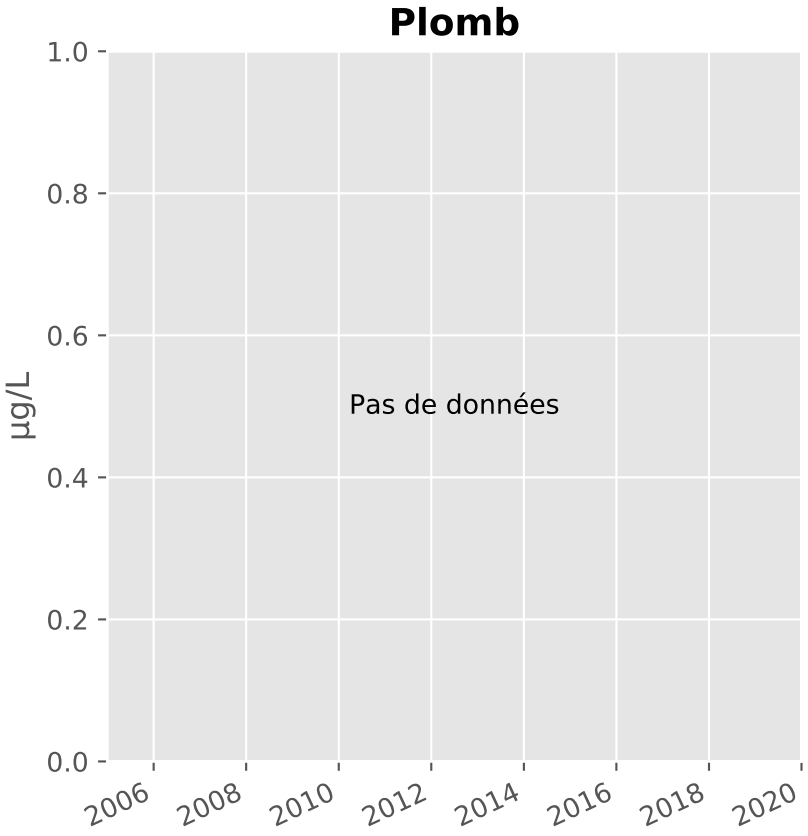
Manganèse



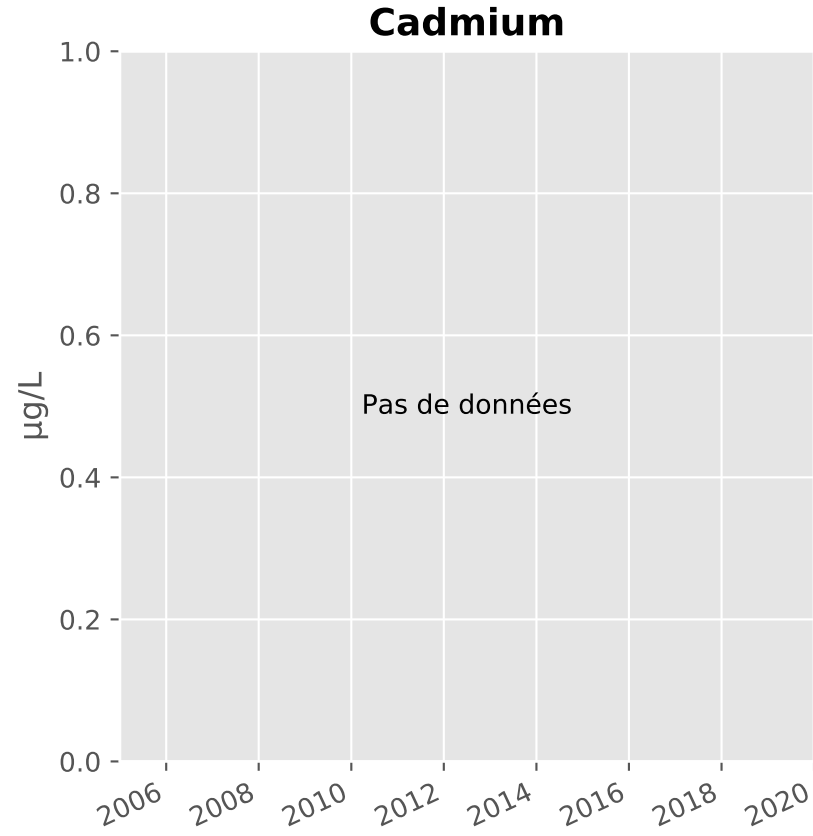
Nickel



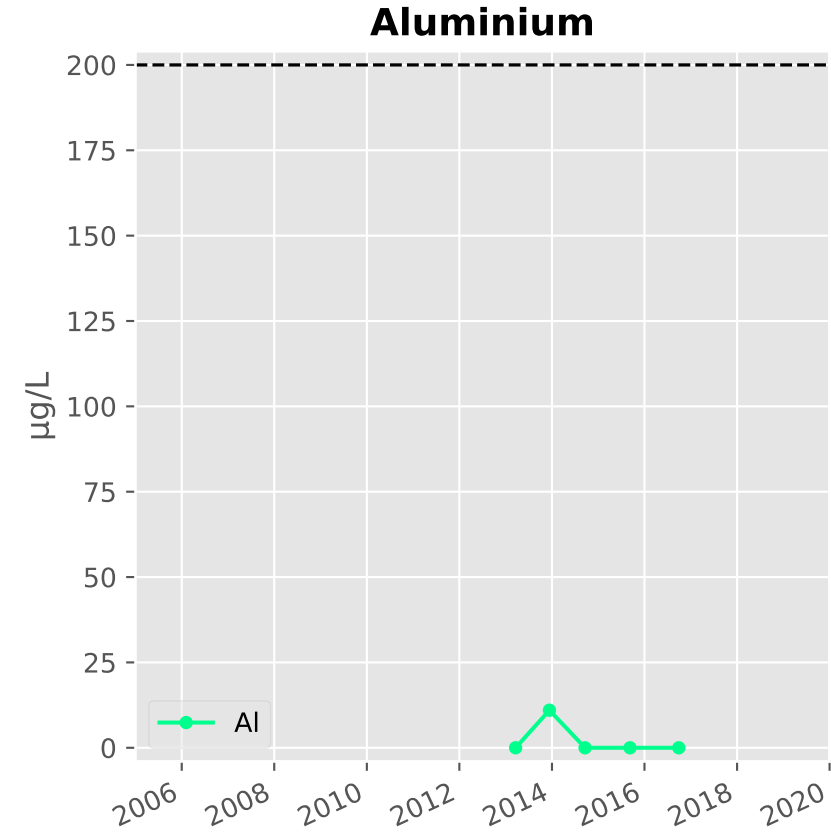
Plomb



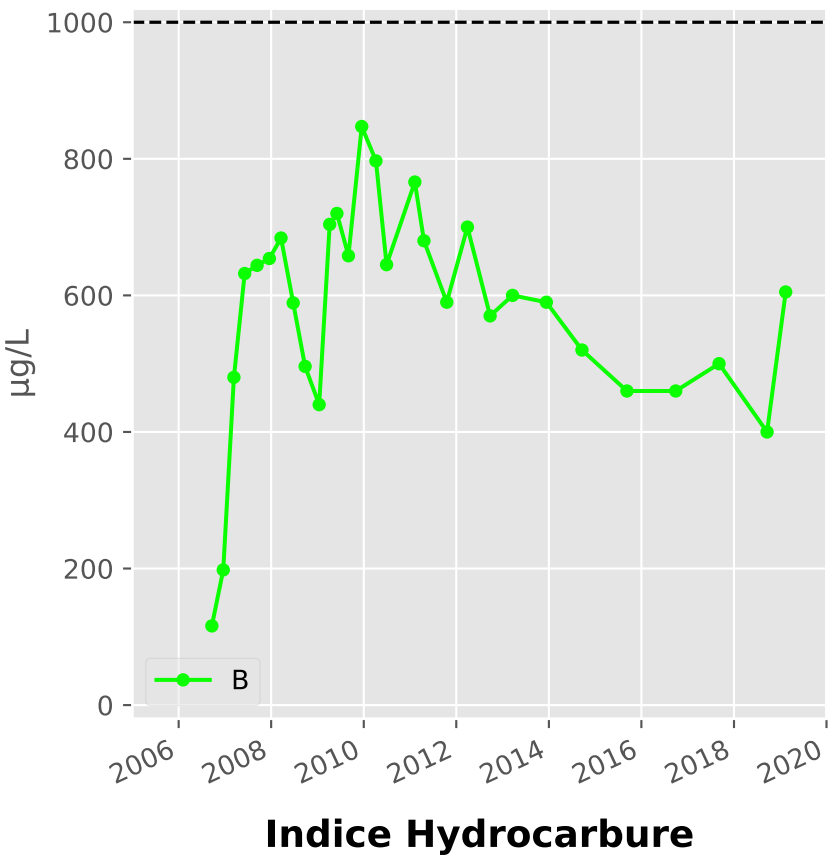
Cadmium



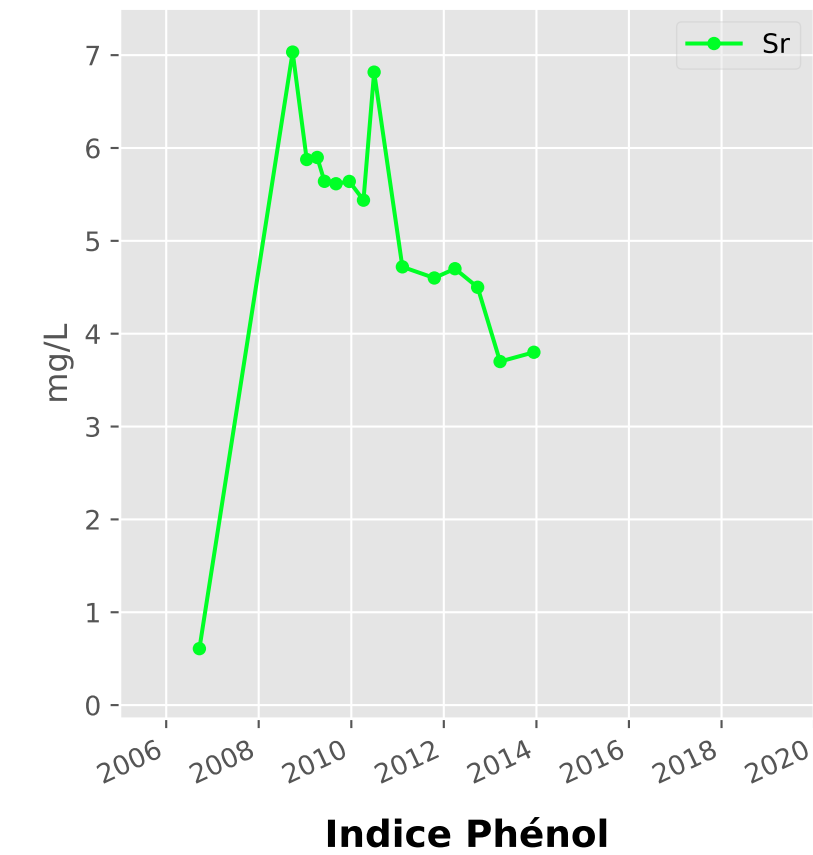
Aluminium



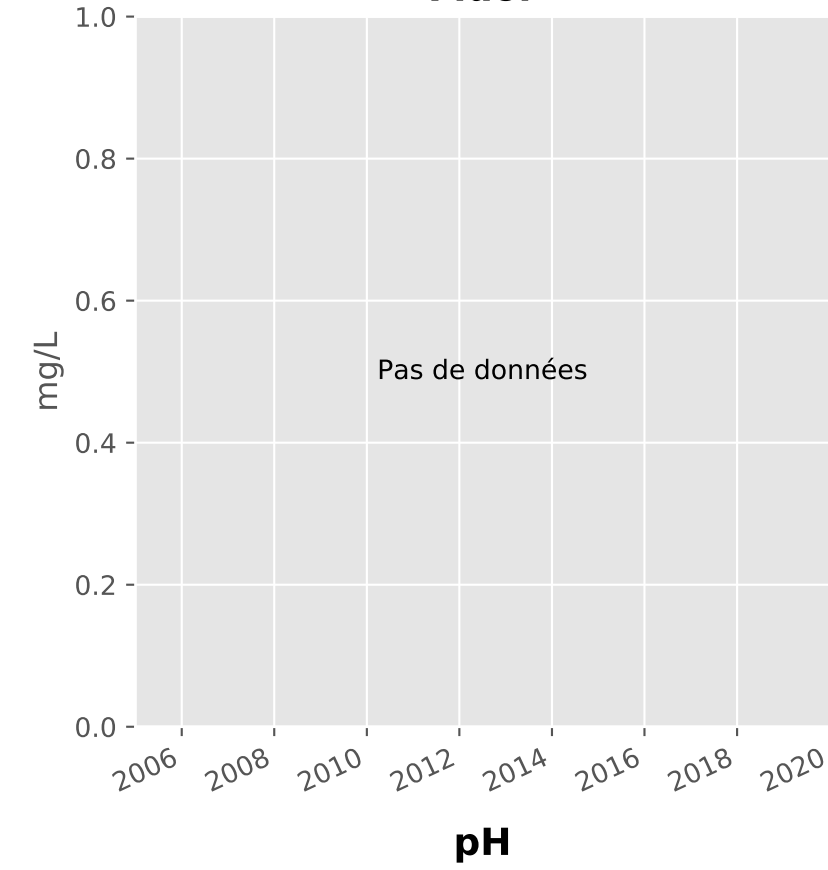
Bore



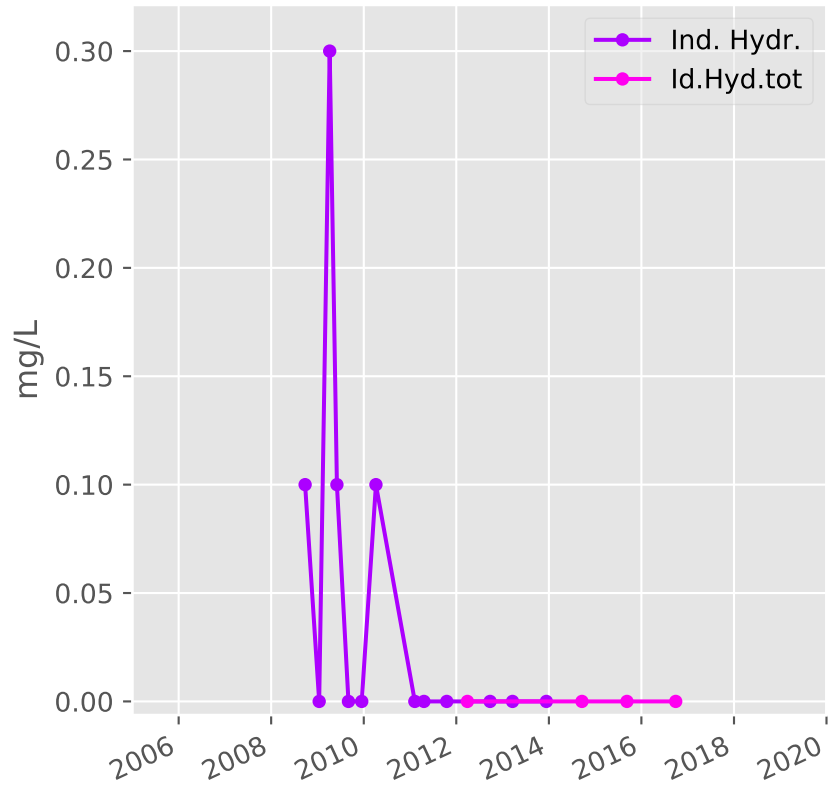
Strontium



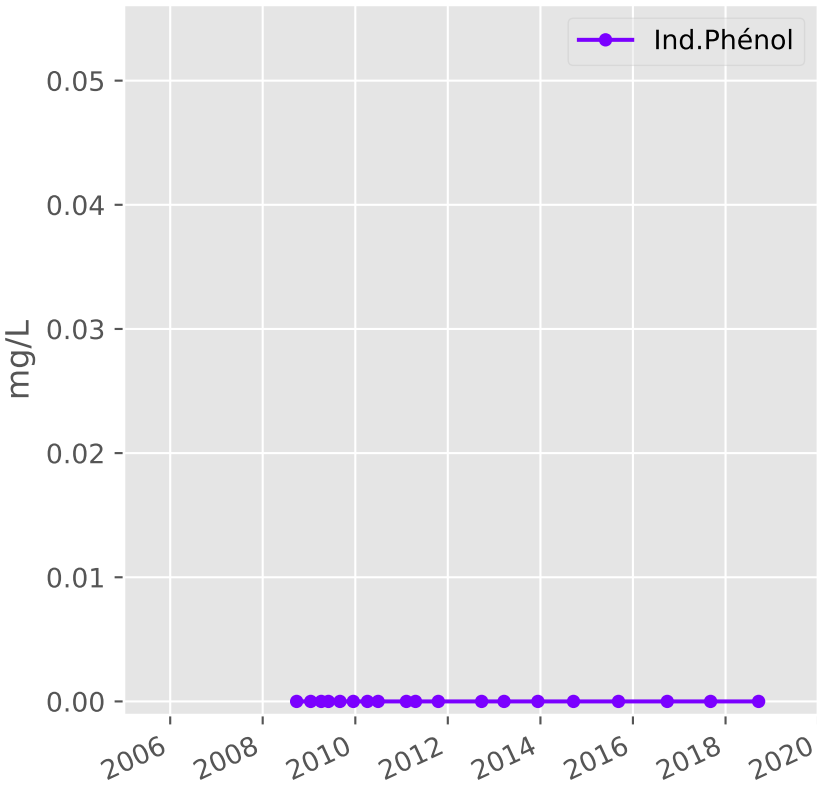
Fluor



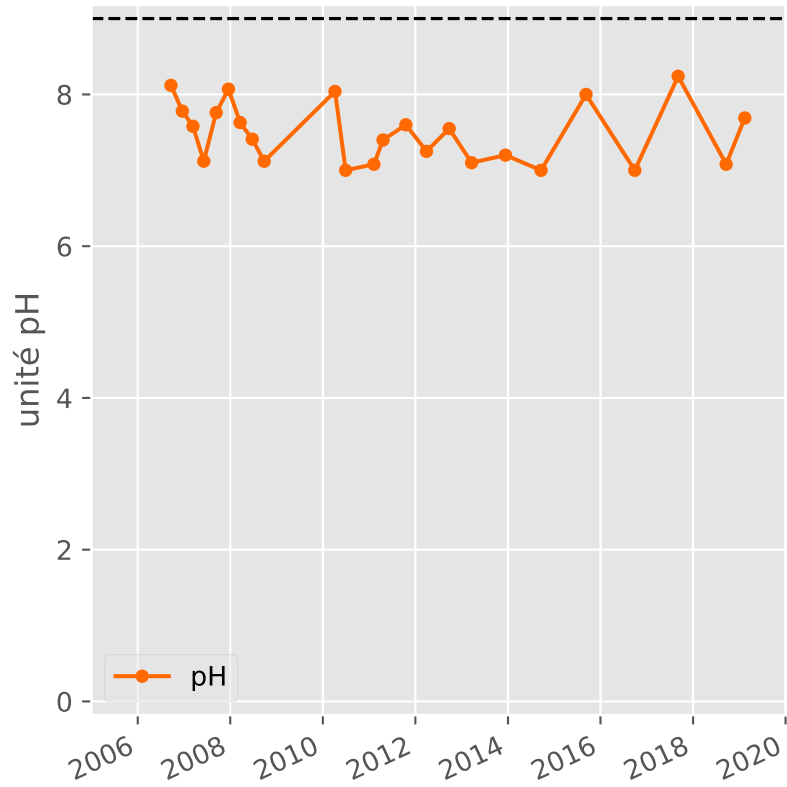
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

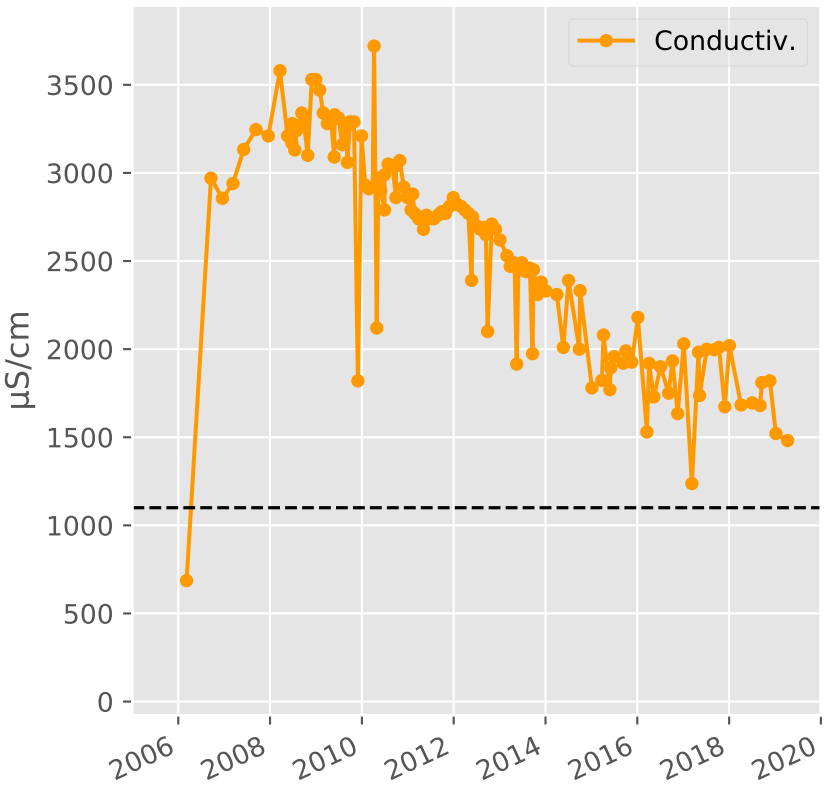


pH

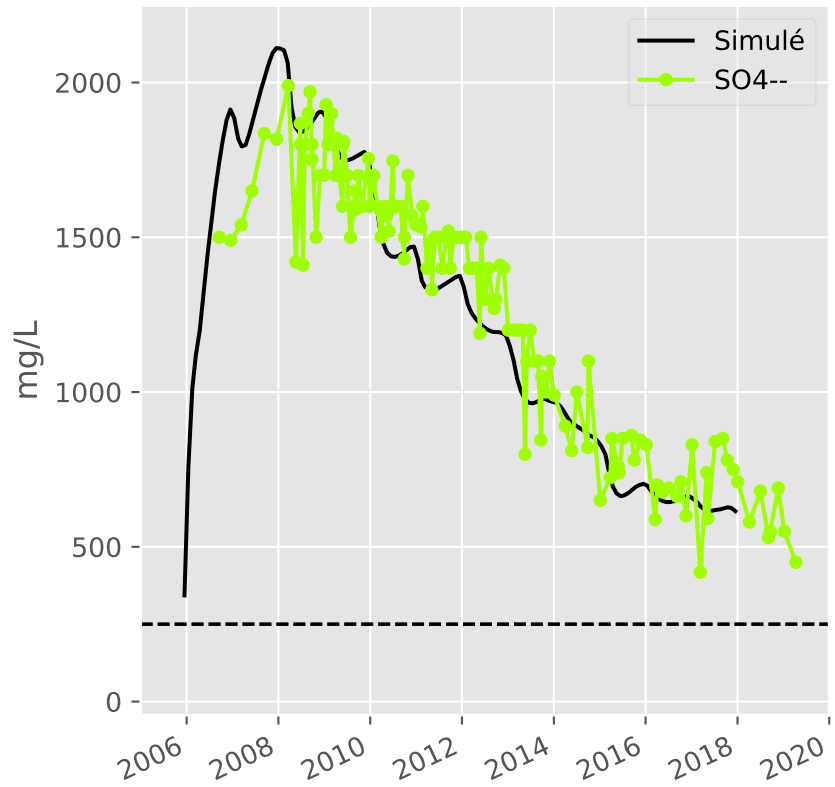


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N14bis - Gal. des eaux de Knutange (la Paix) - 01138X0184

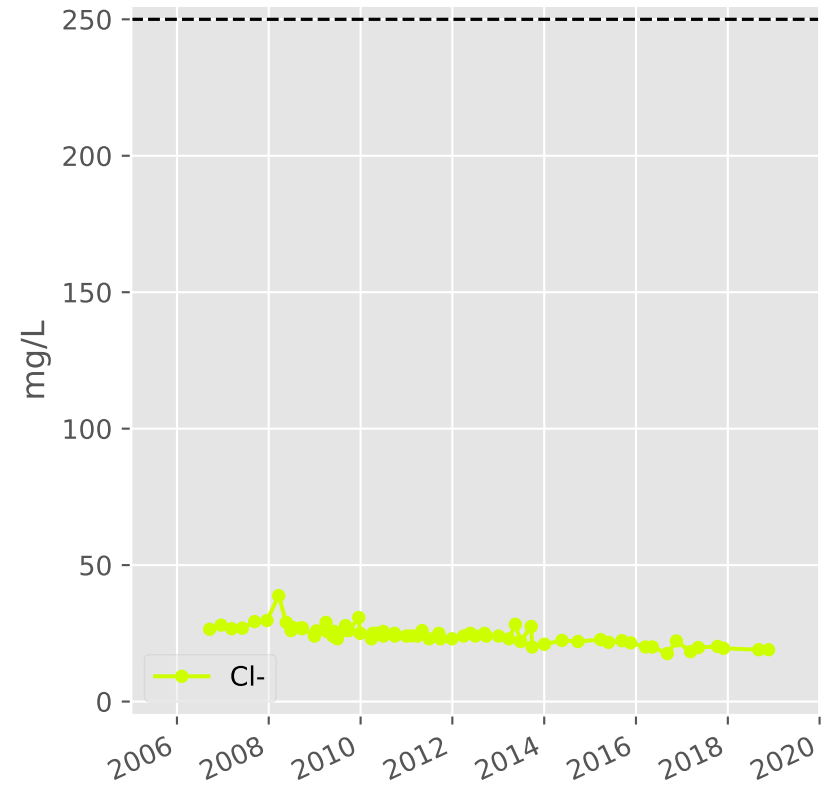
Conductivité



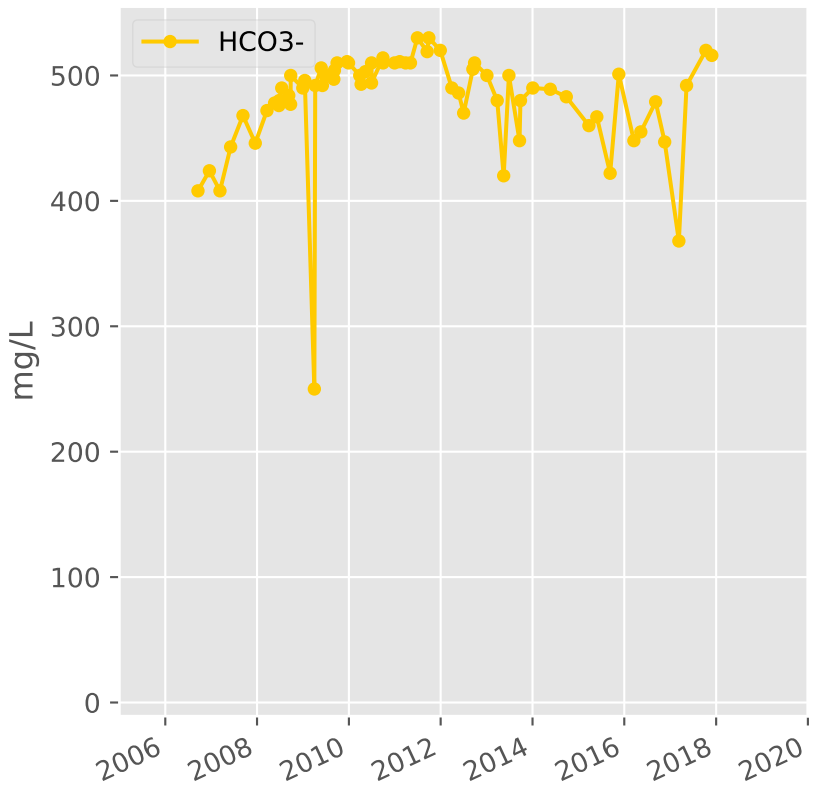
Sulfates



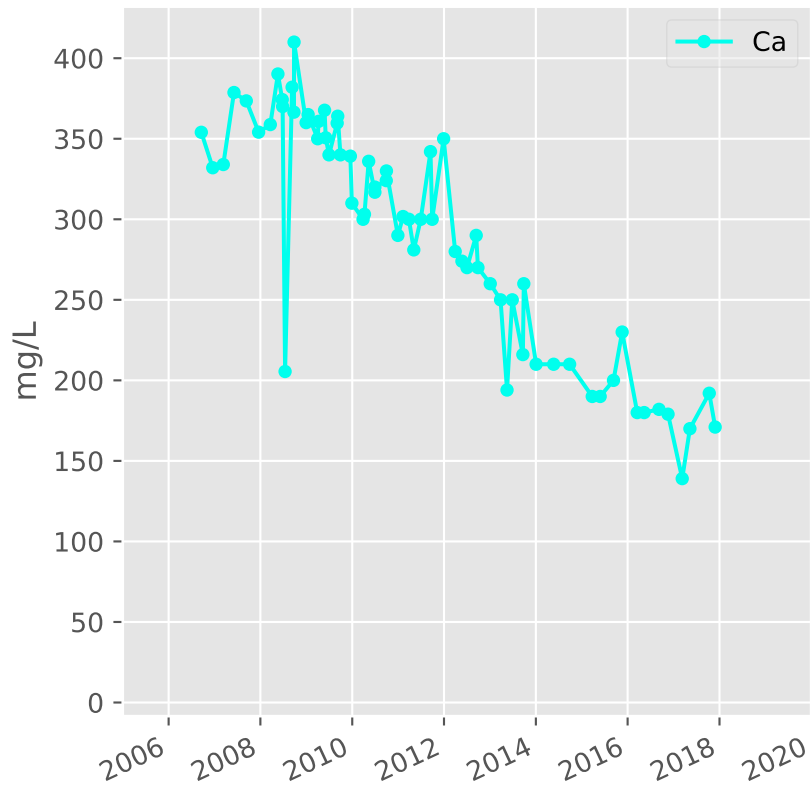
Chlorures



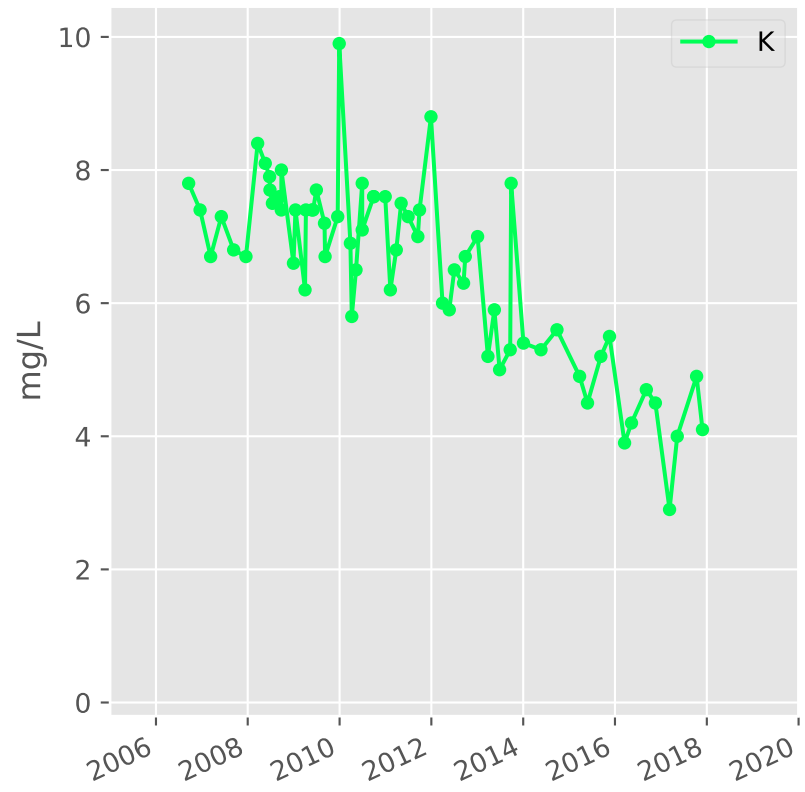
Bicarbonates



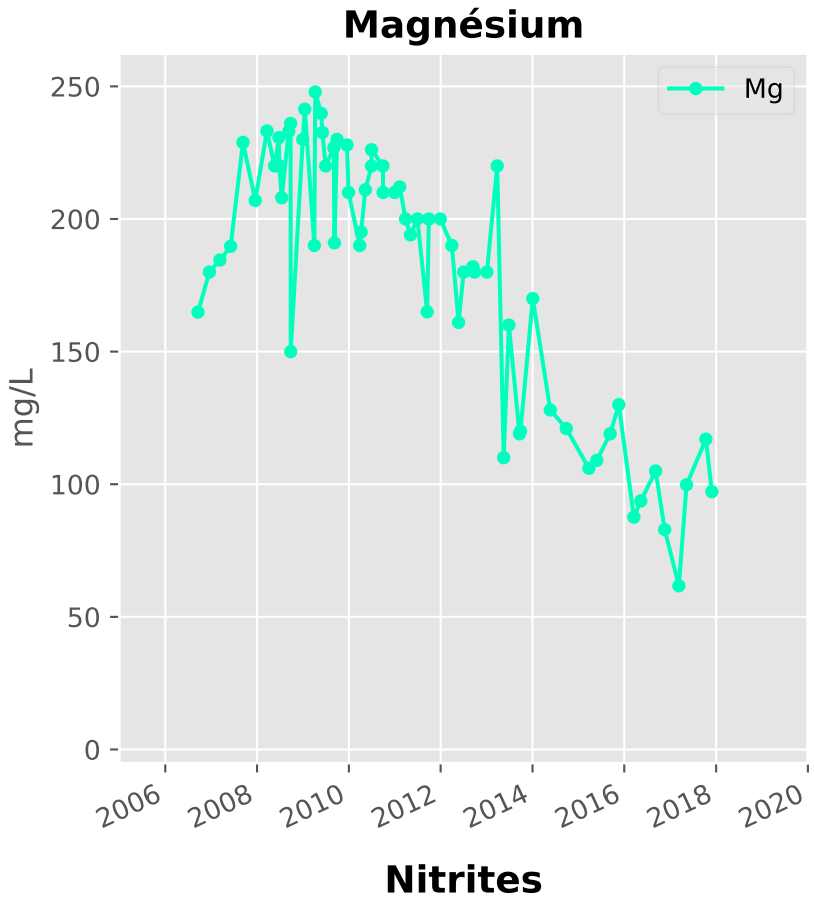
Calcium



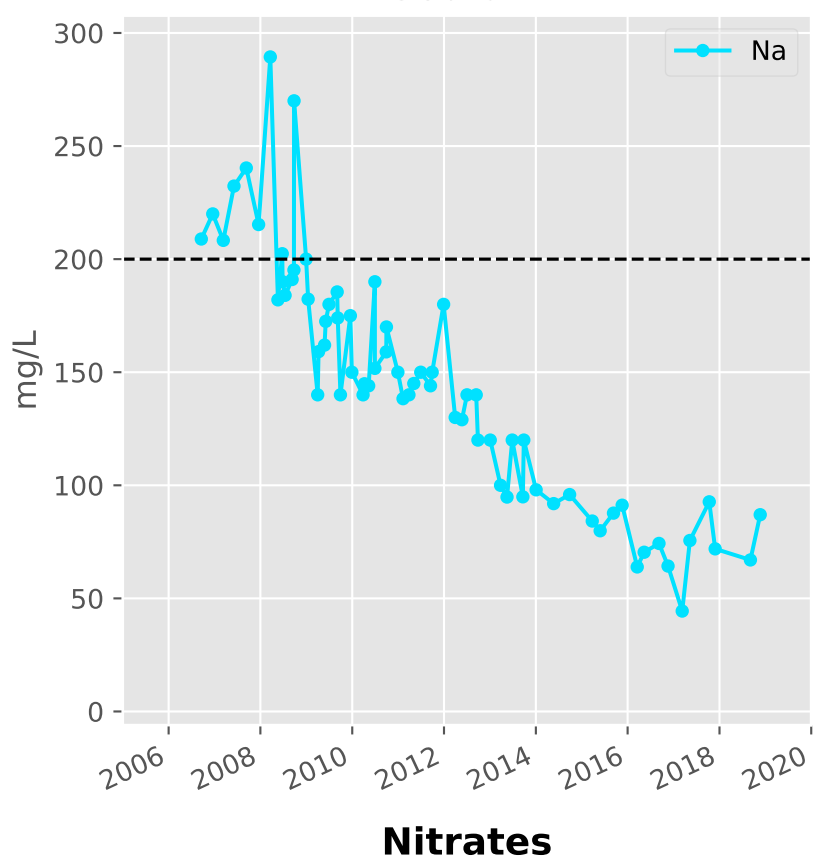
Potassium



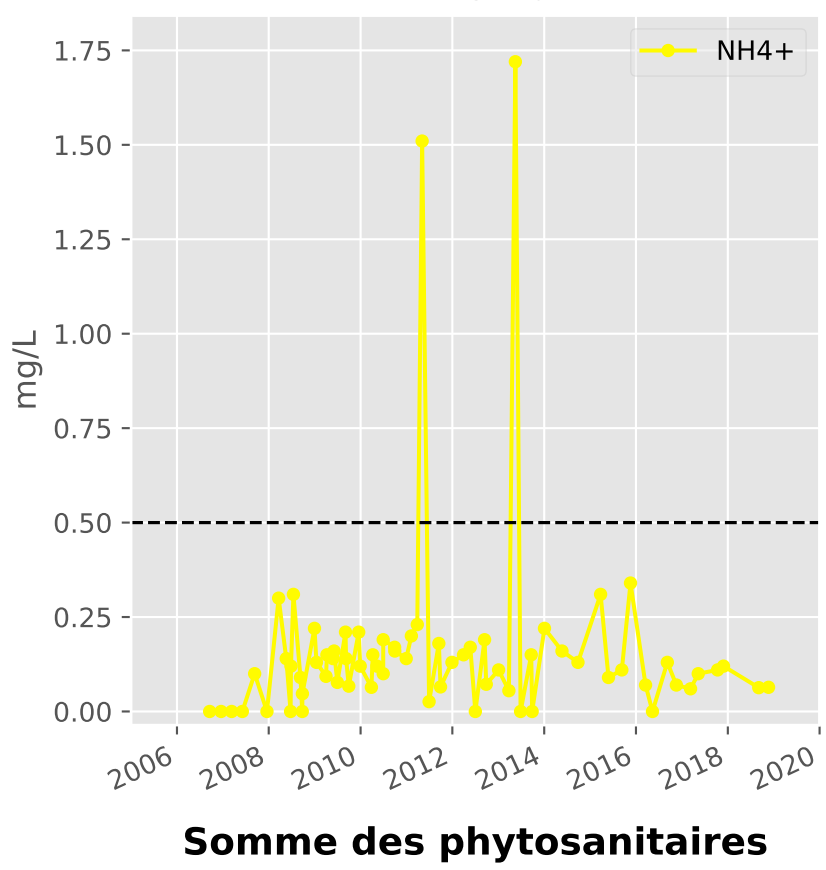
Magnésium



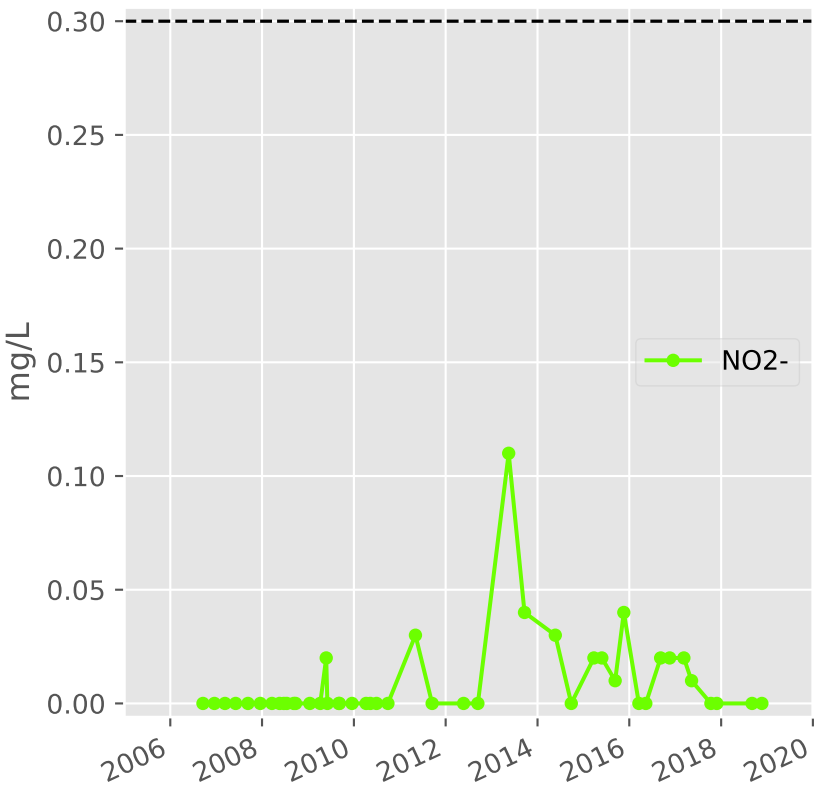
Sodium



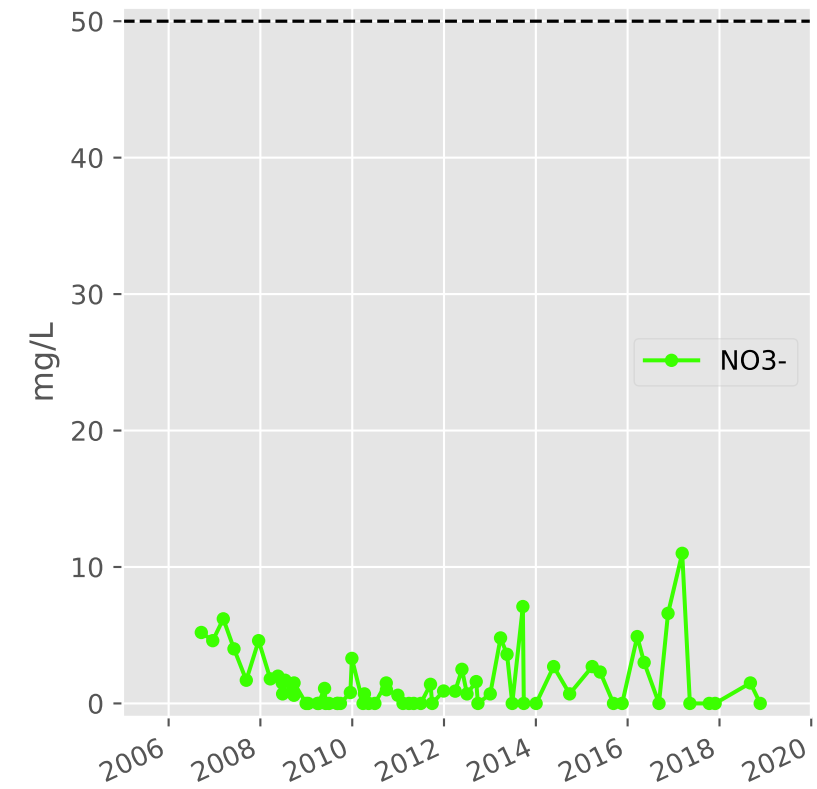
Ammonium



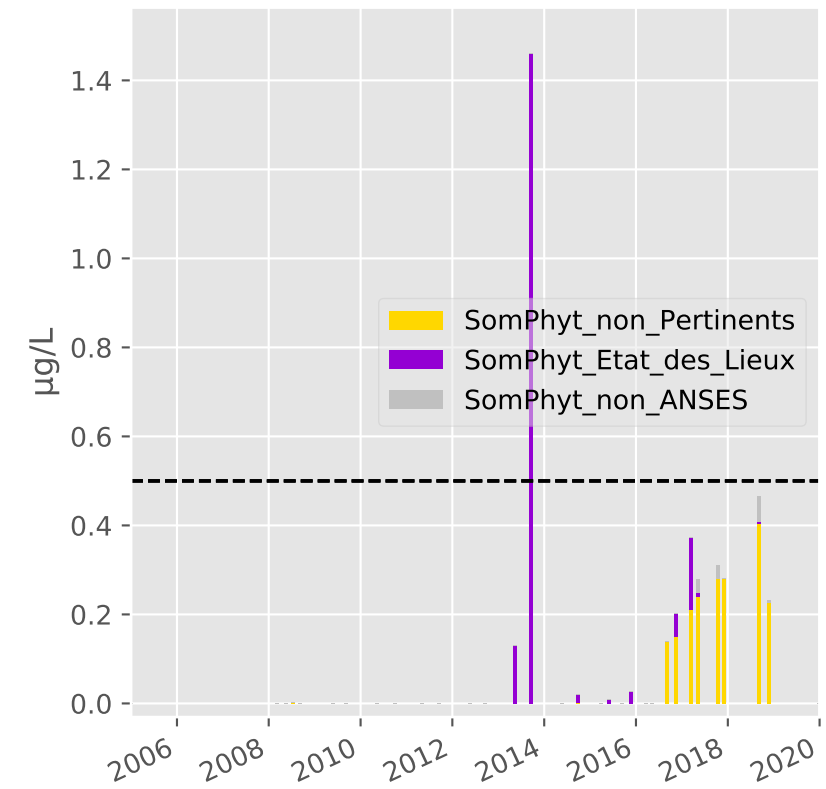
Nitrites



Nitrates

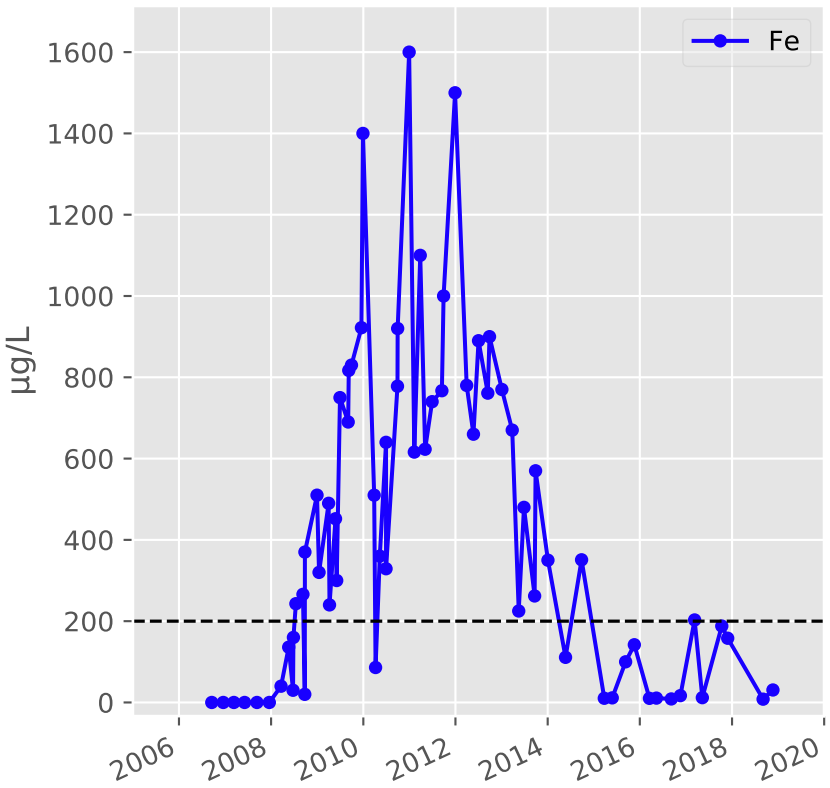


Somme des phytosanitaires

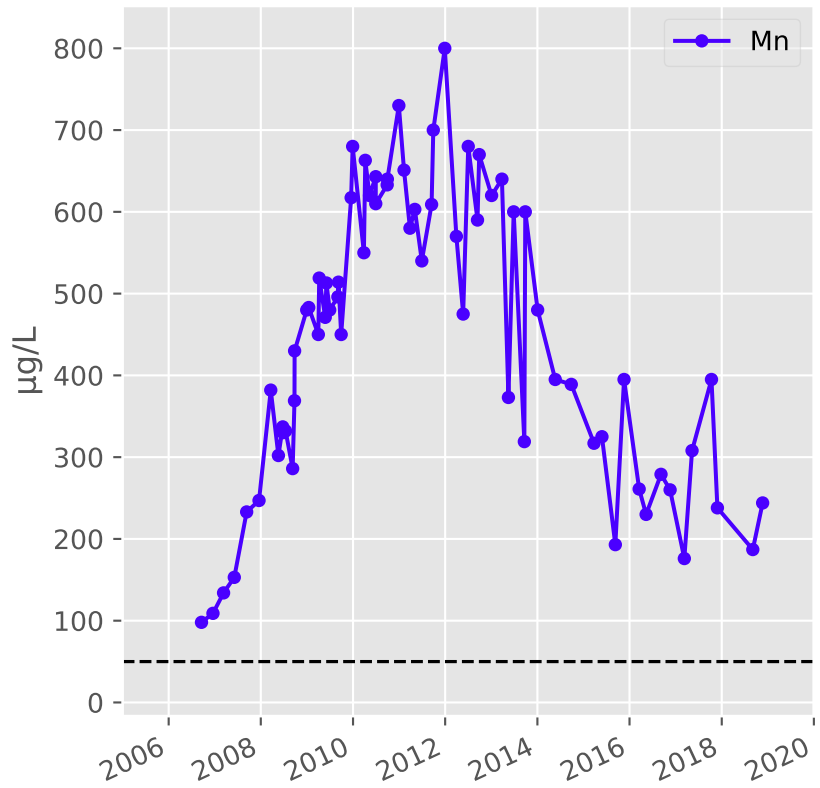


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N14bis - Gal. des eaux de Knutange (la Paix) - 01138X0184

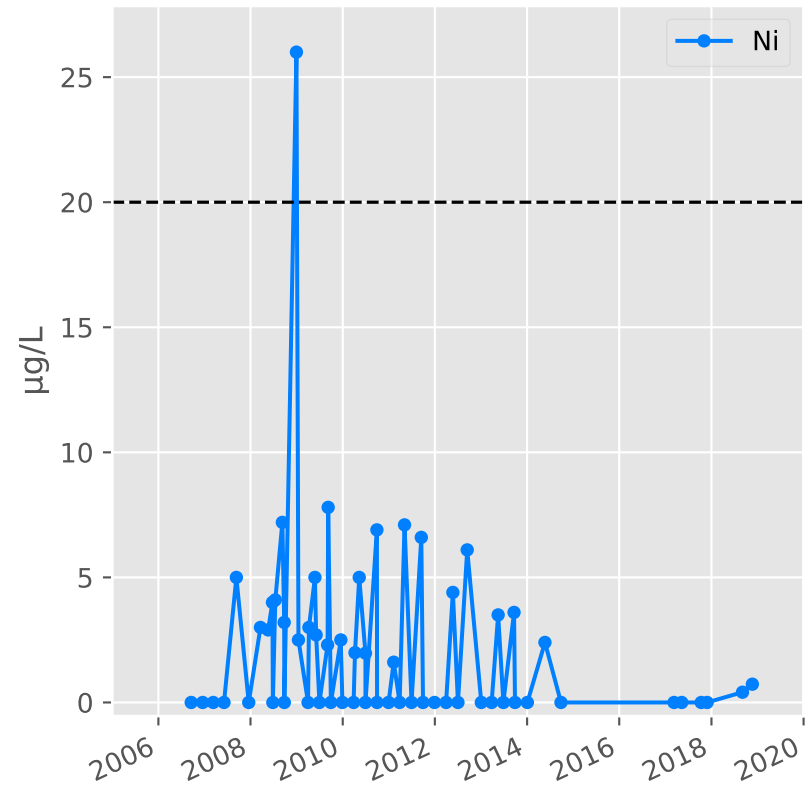
Fer



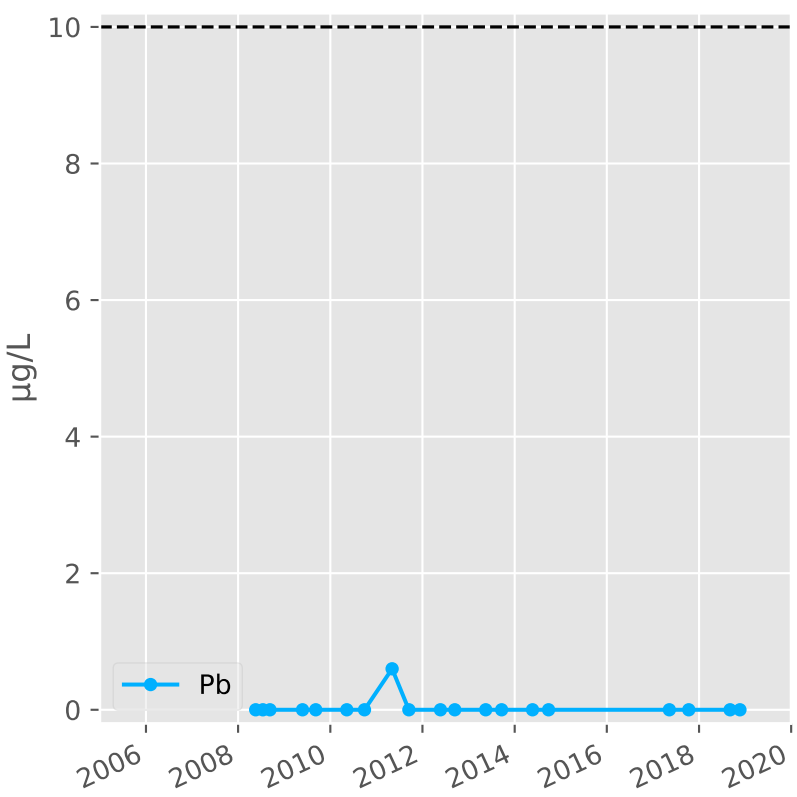
Manganèse



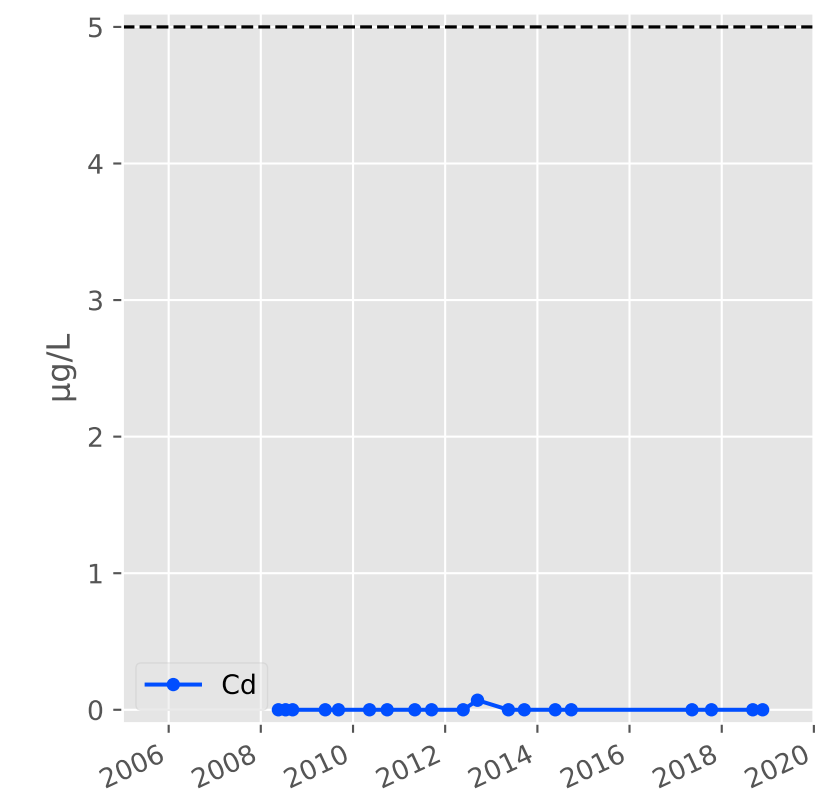
Nickel



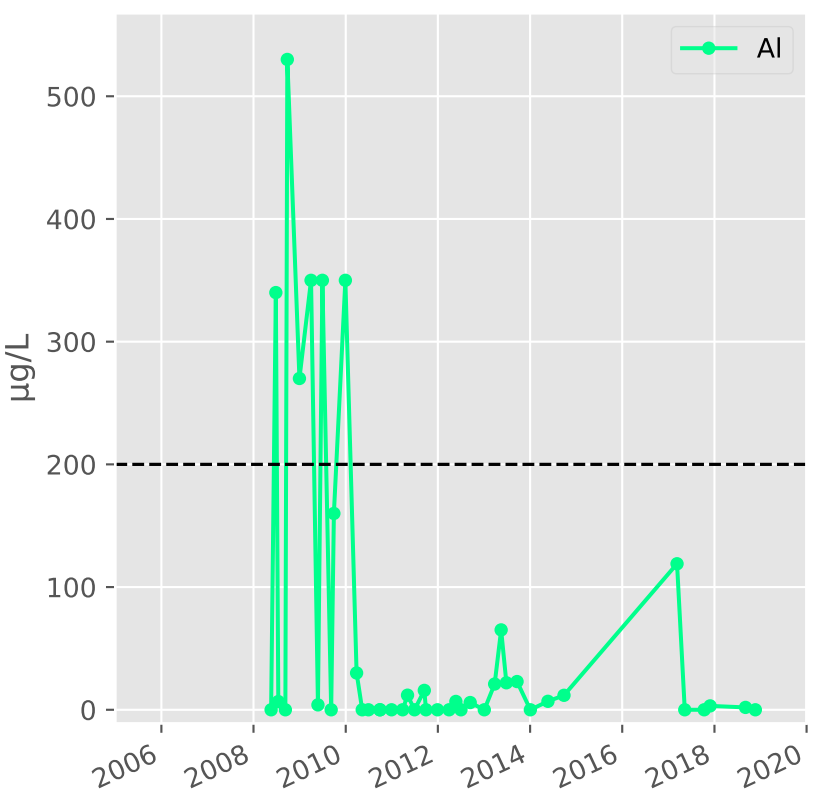
Plomb



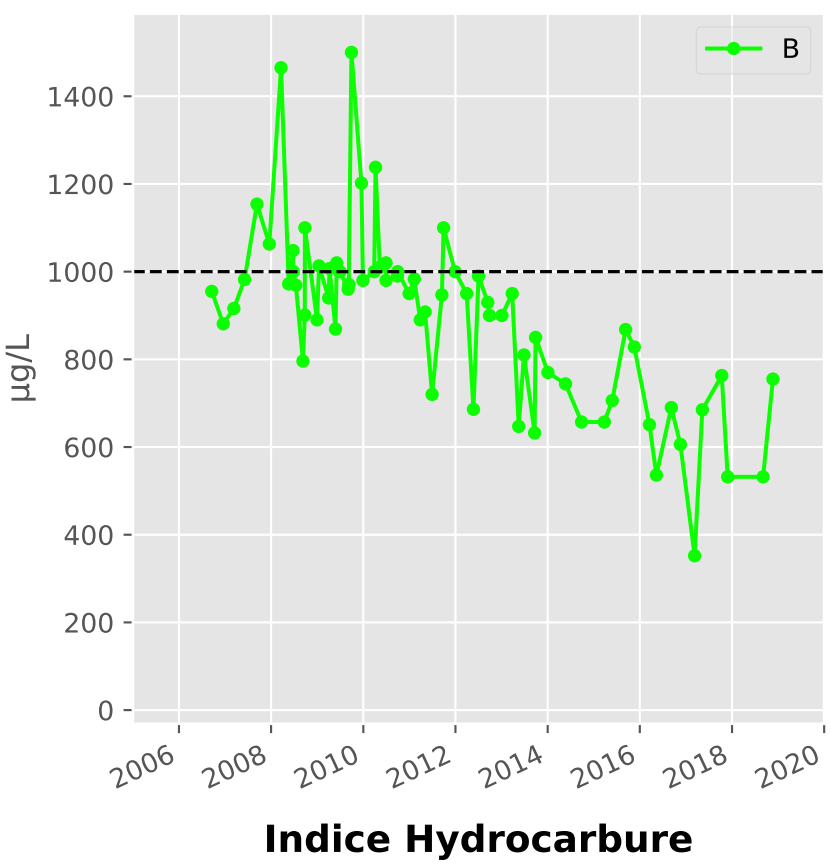
Cadmium



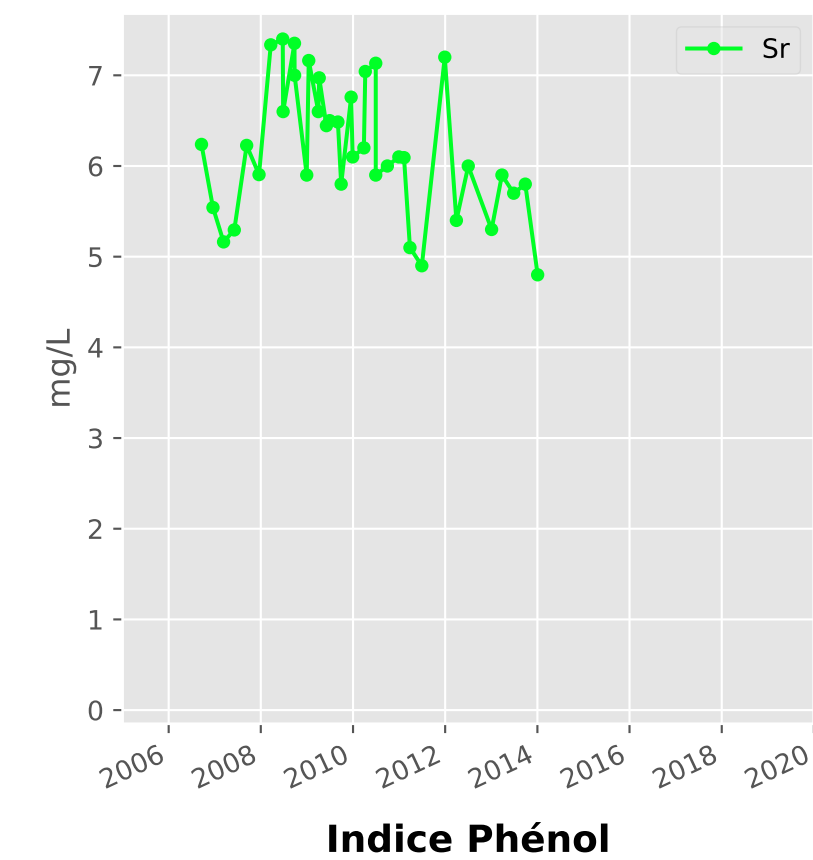
Aluminium



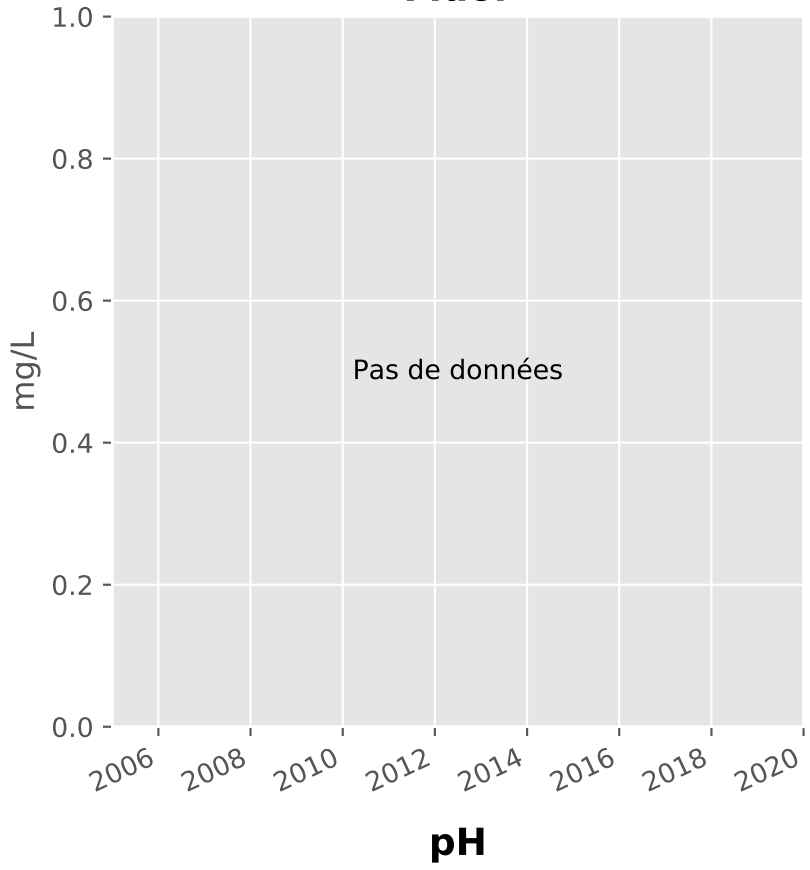
Bore



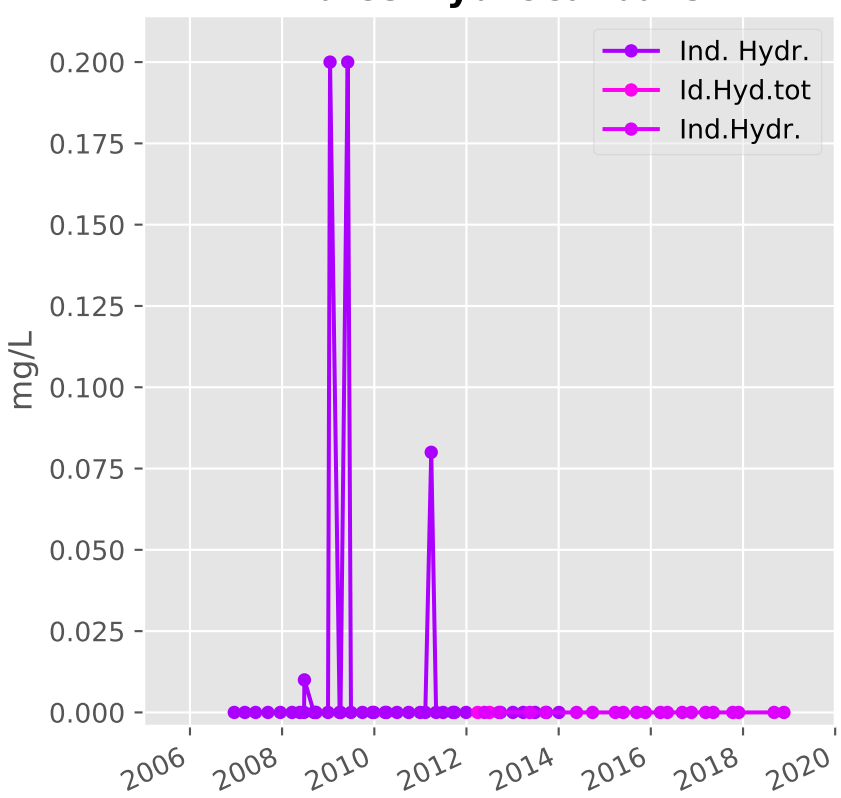
Strontium



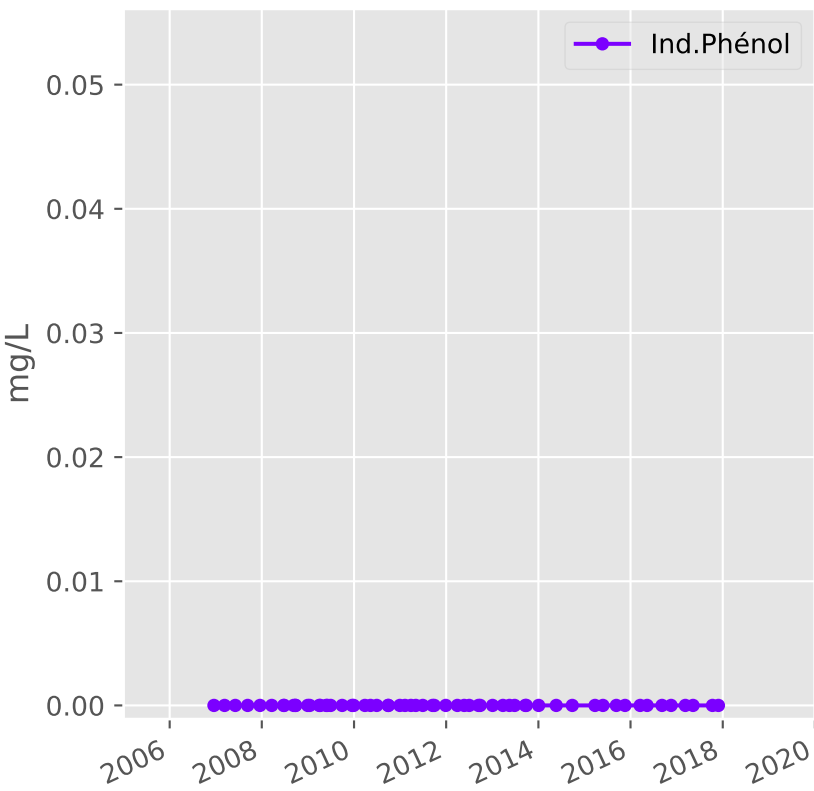
Fluor



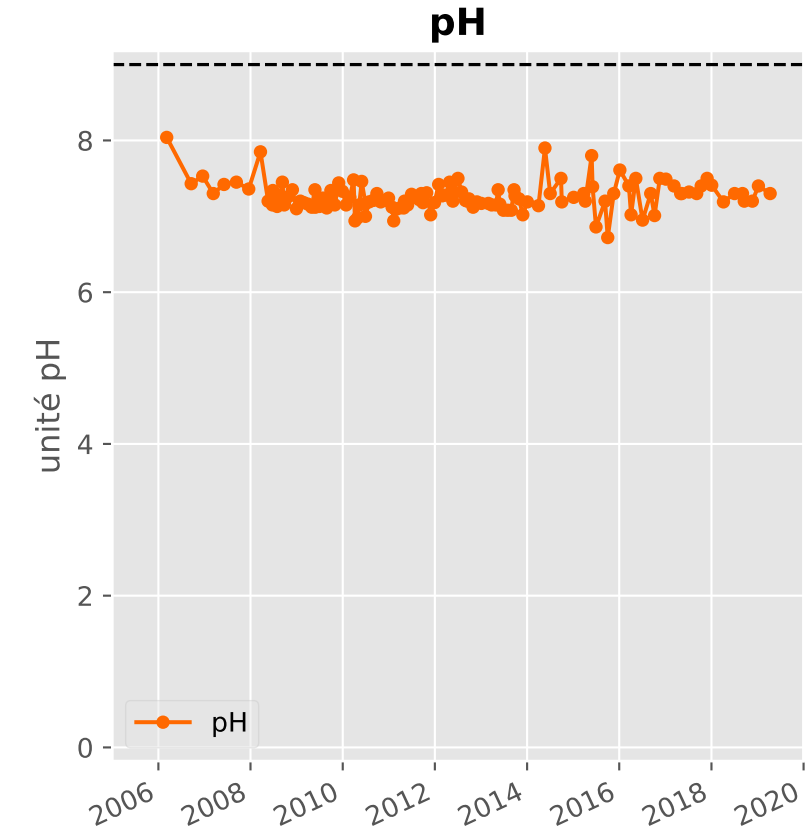
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

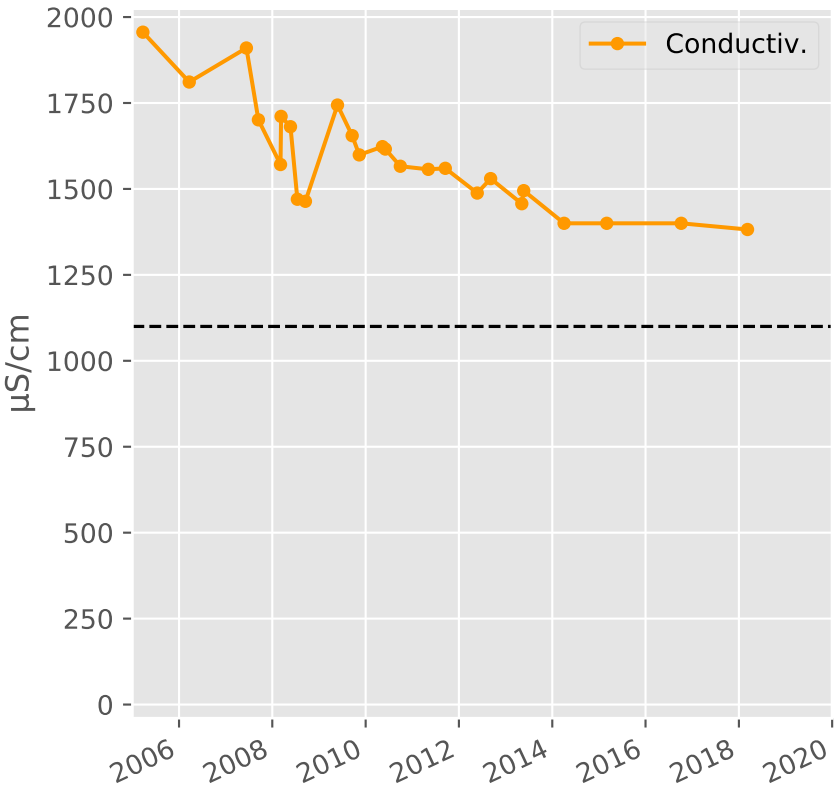


pH

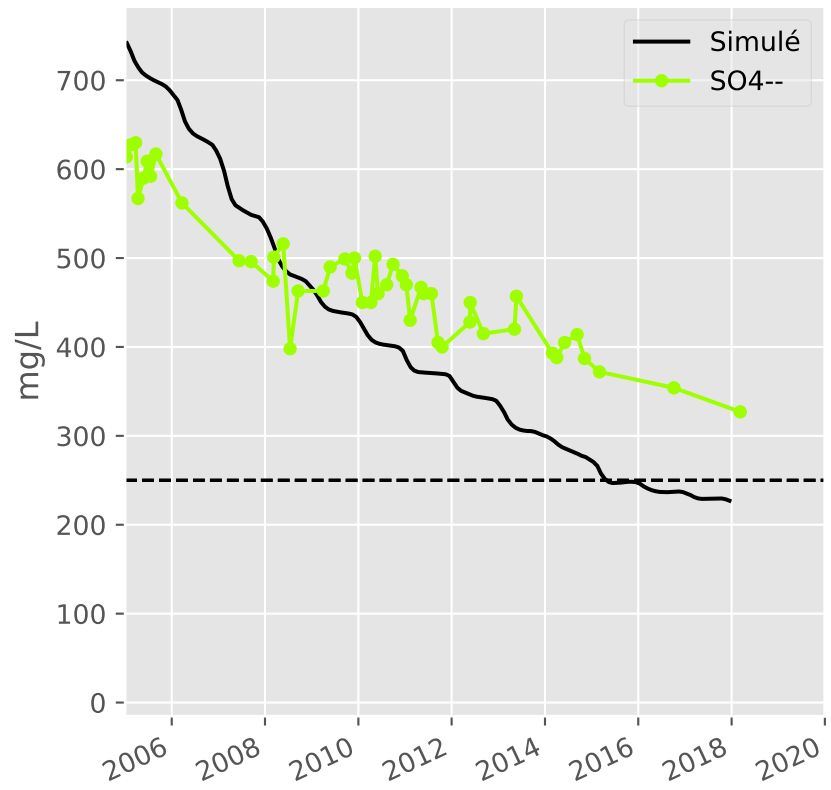


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS1 - S20 - Puits Droitaumont II - 01376X0148

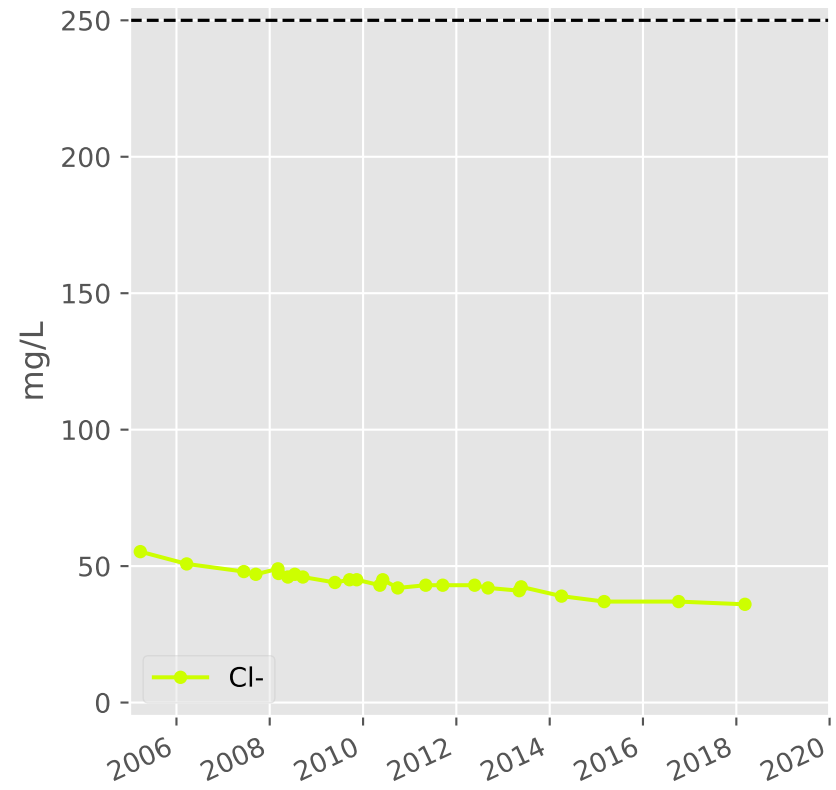
Conductivité



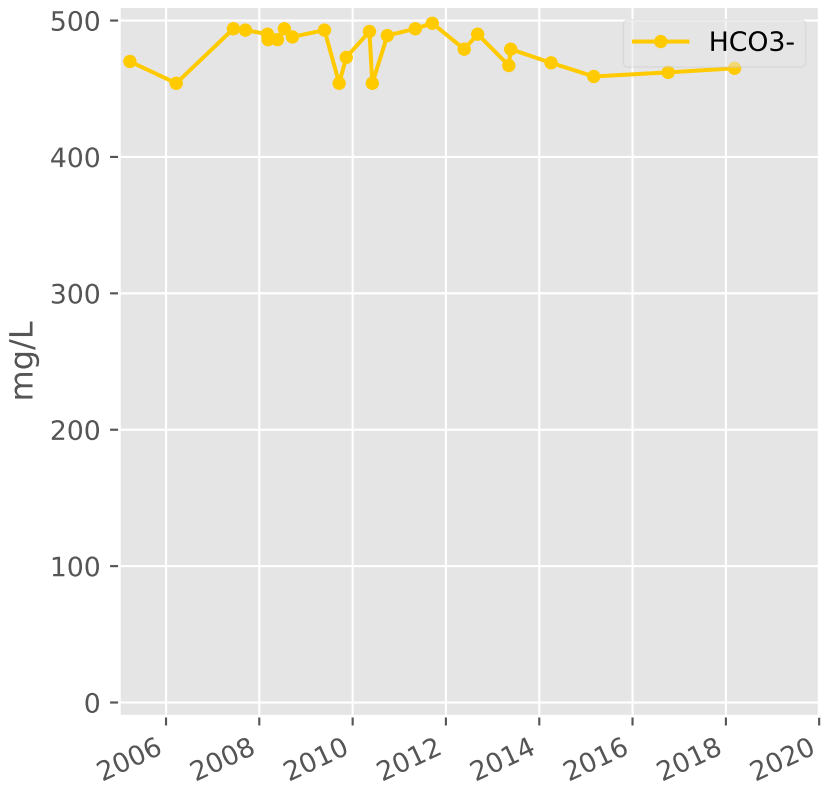
Sulfates



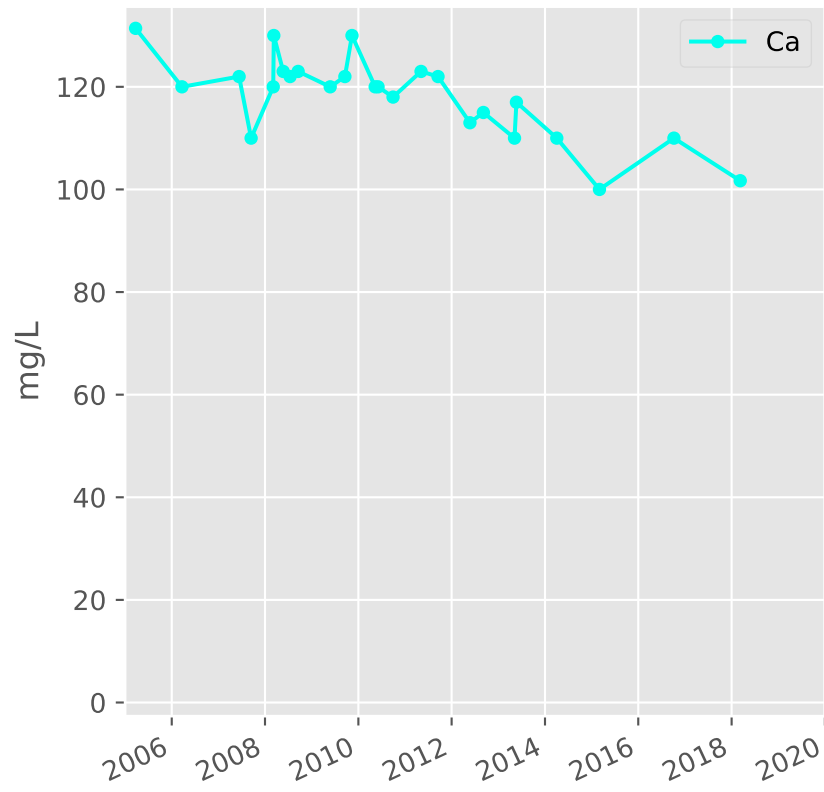
Chlorures



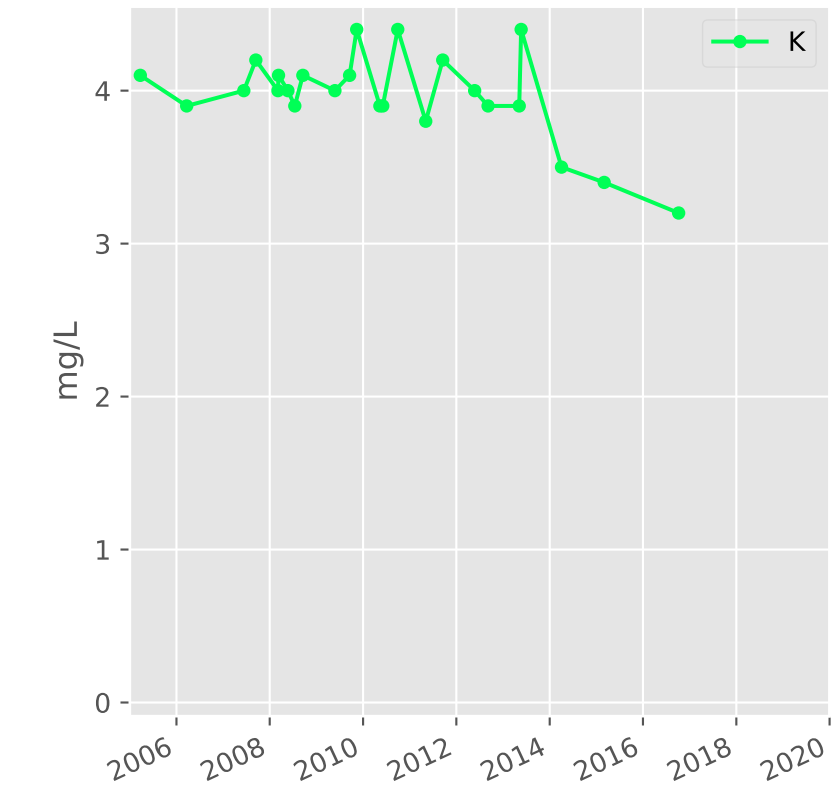
Bicarbonates



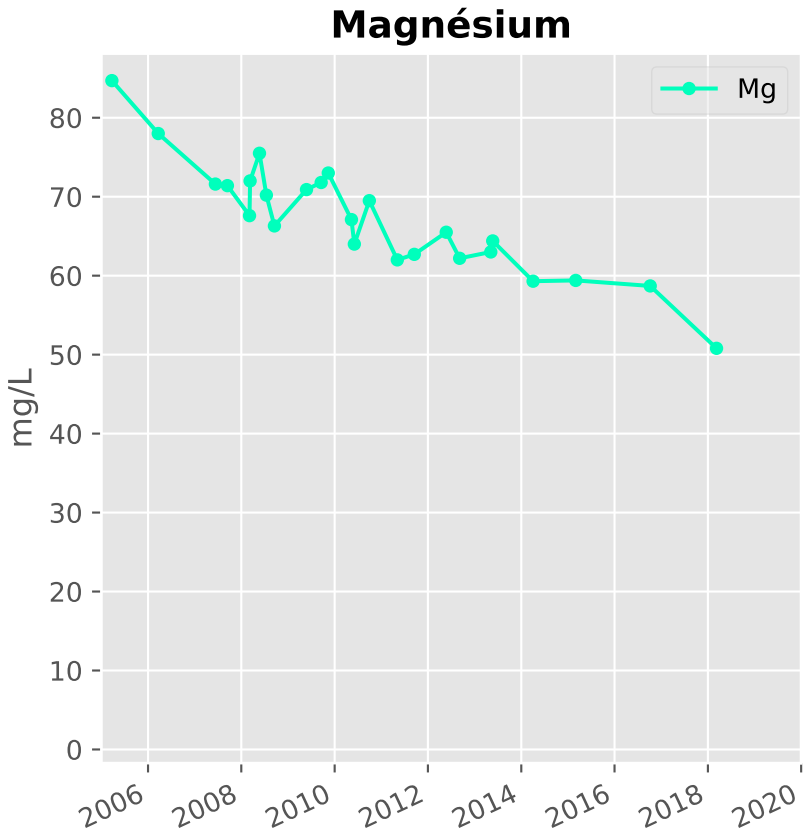
Calcium



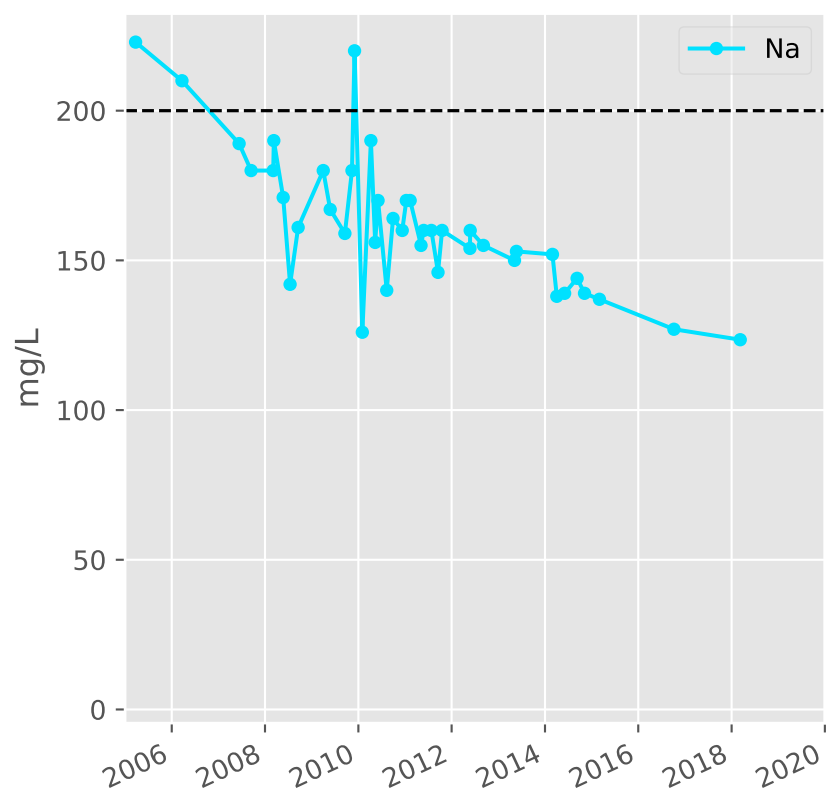
Potassium



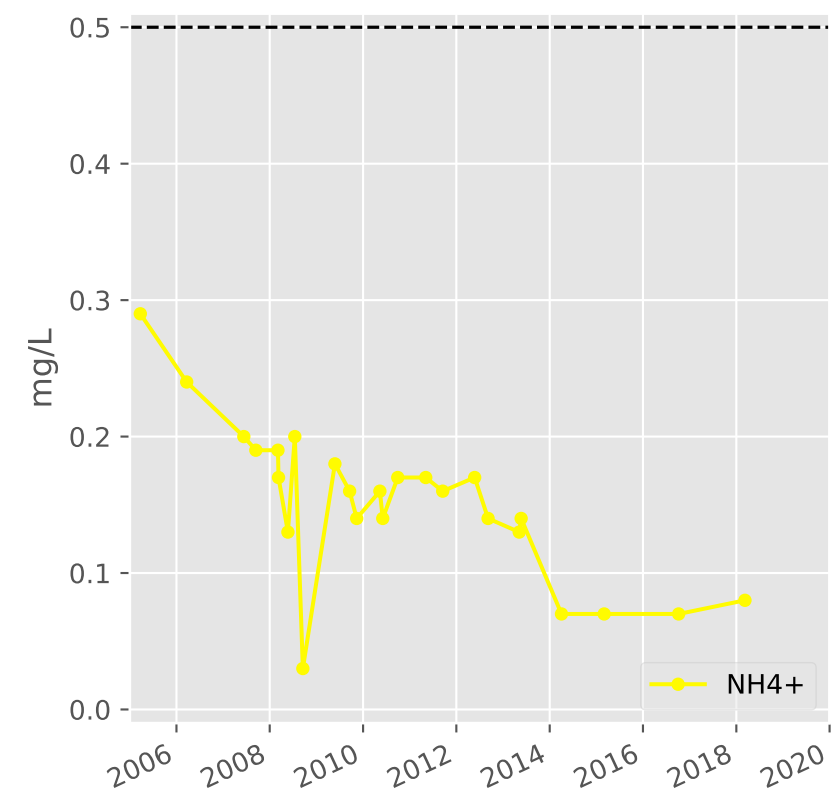
Magnésium



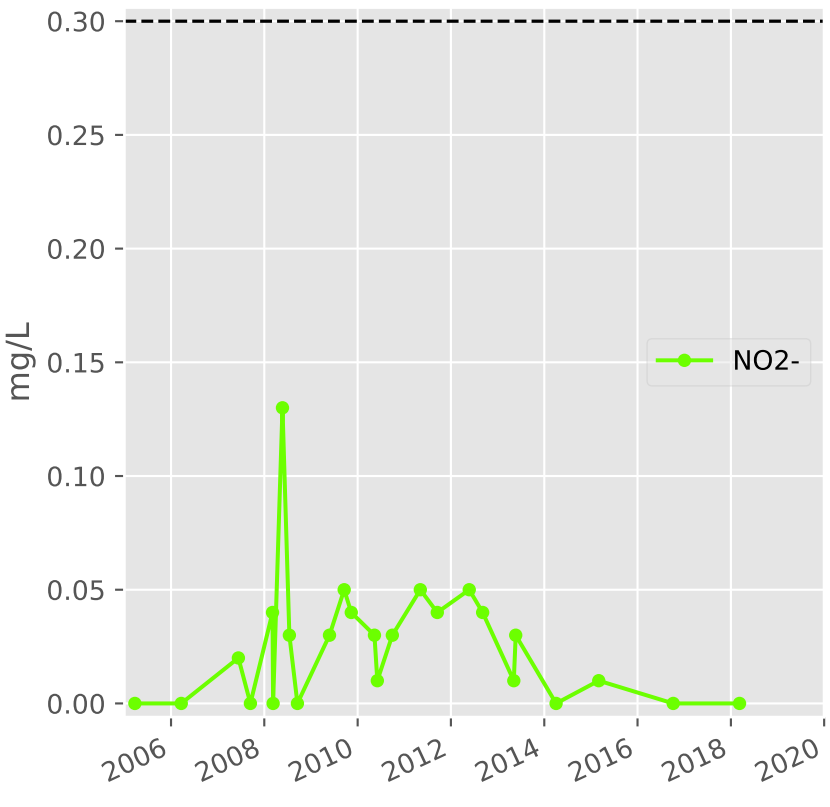
Sodium



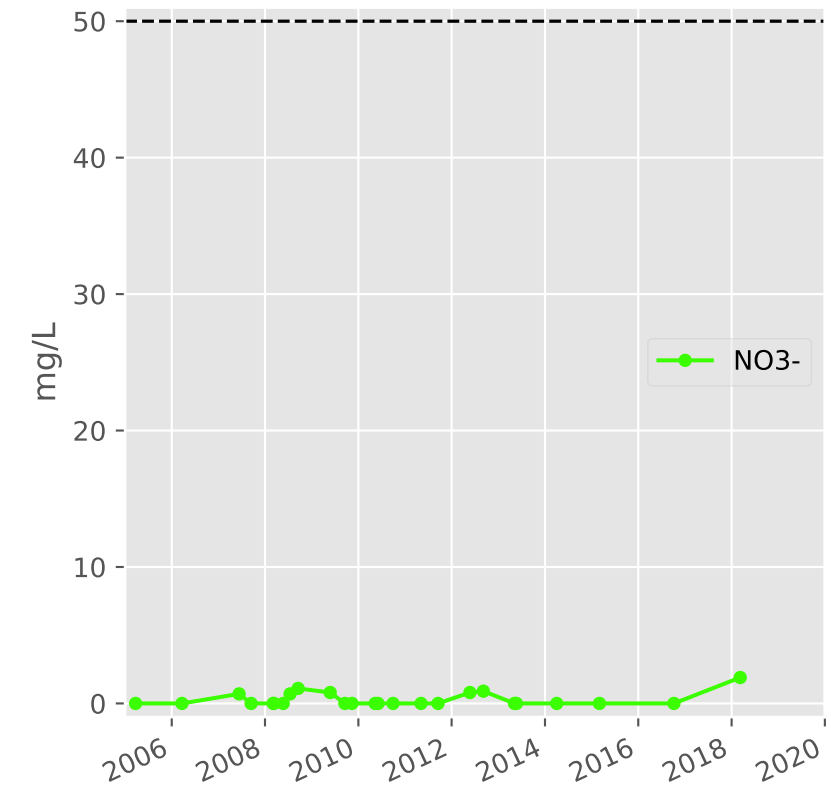
Ammonium



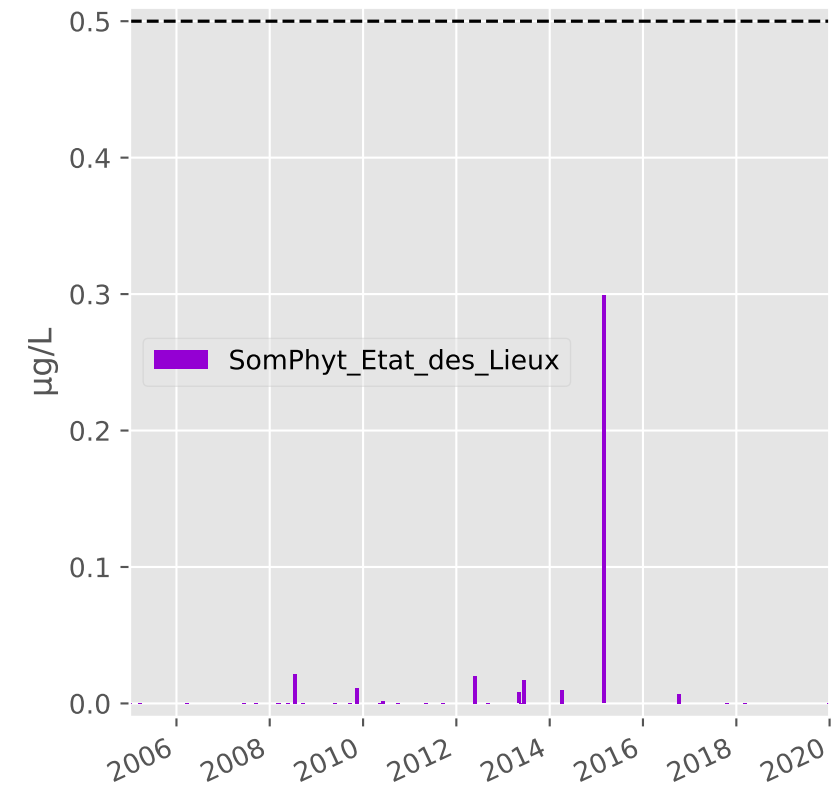
Nitrites



Nitrates

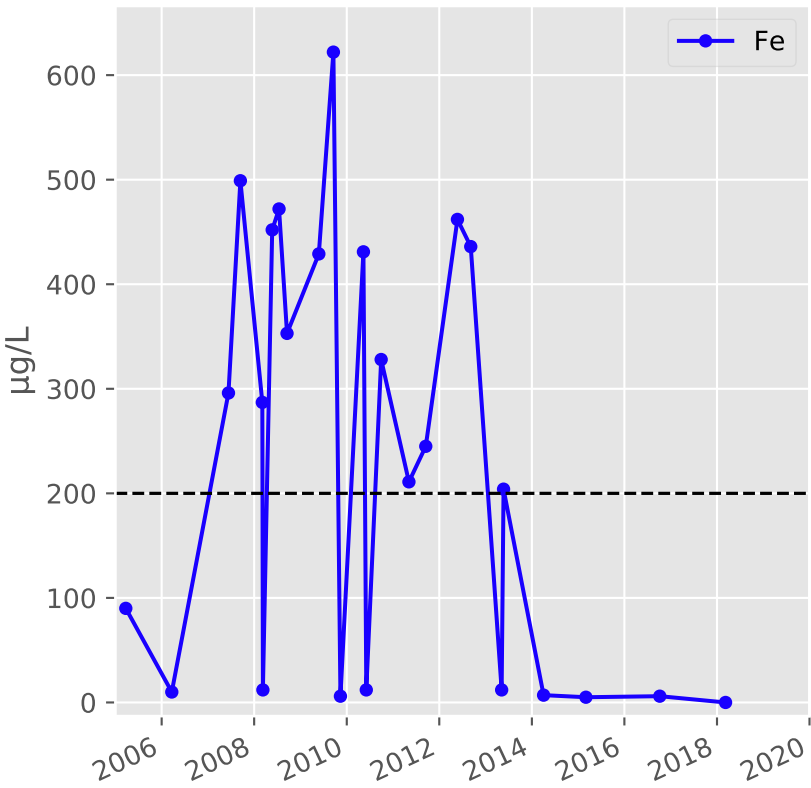


Somme des phytosanitaires

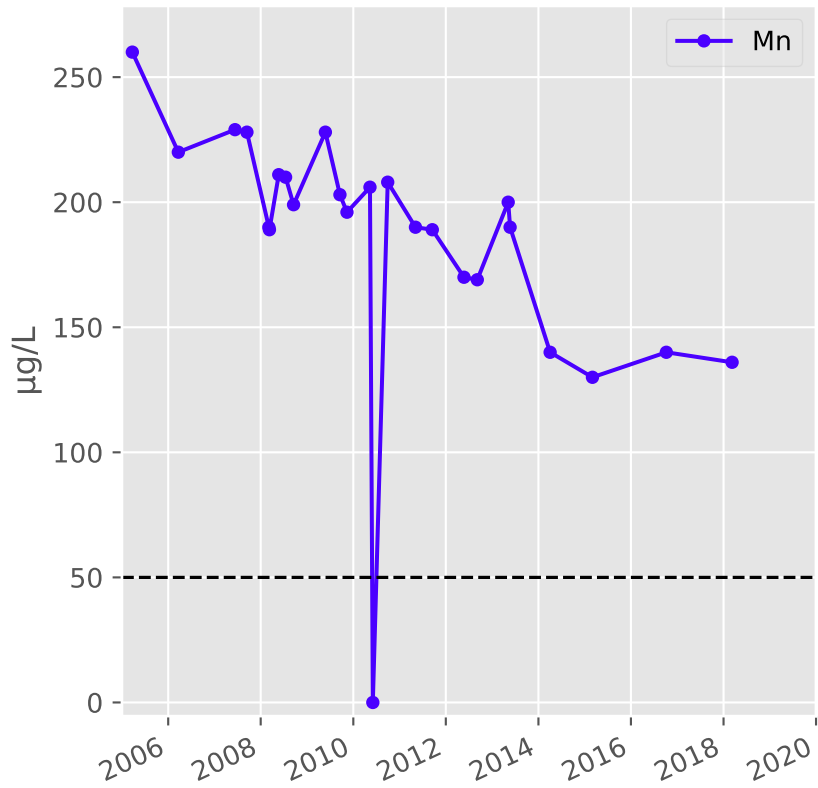


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS1 - S20 - Puits Droitaumont II - 01376X0148

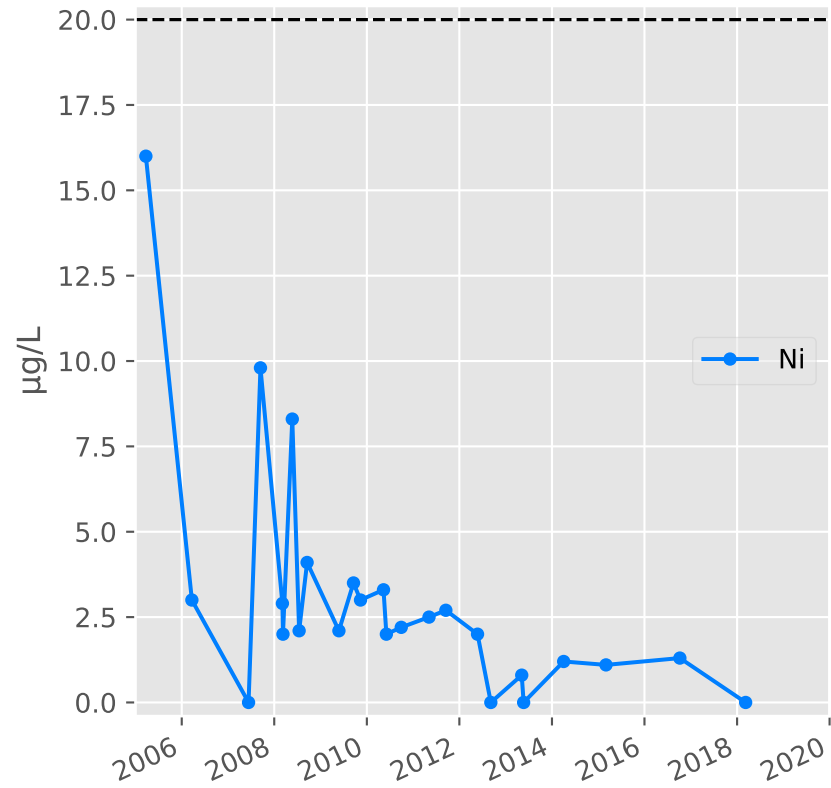
Fer



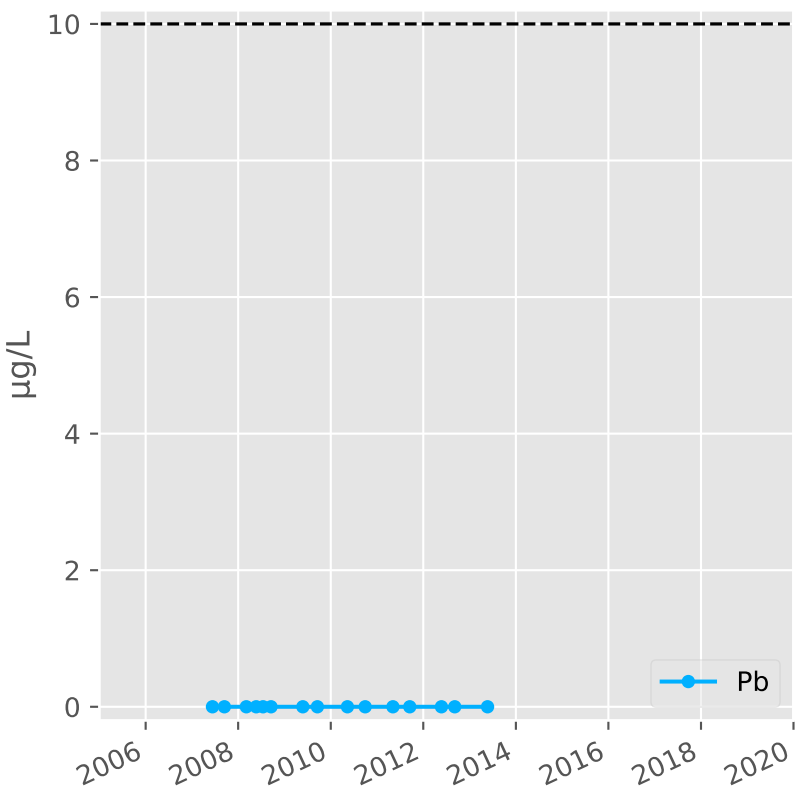
Manganèse



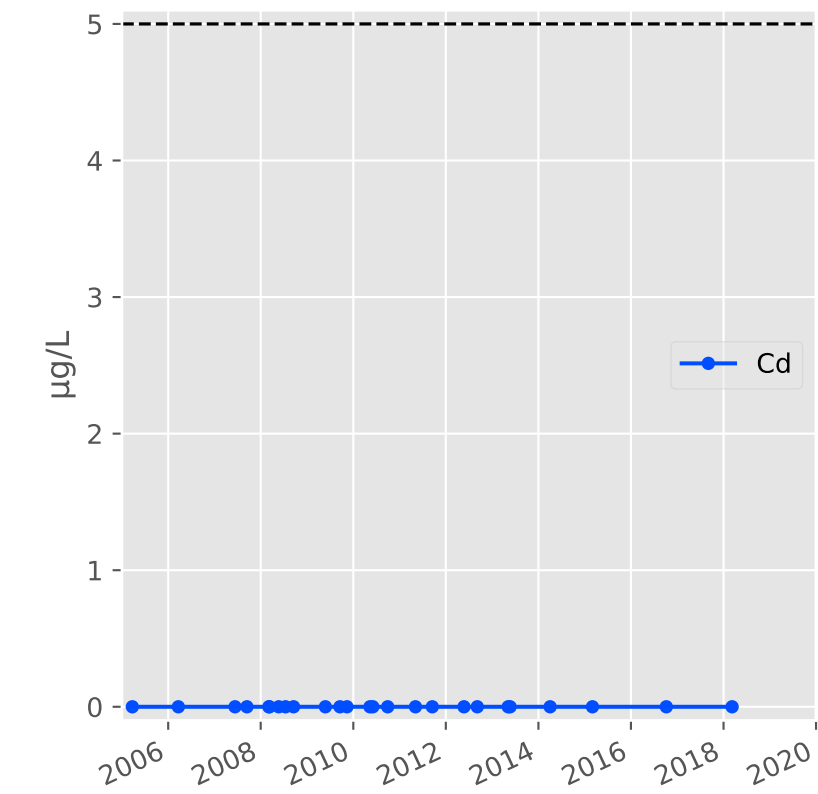
Nickel



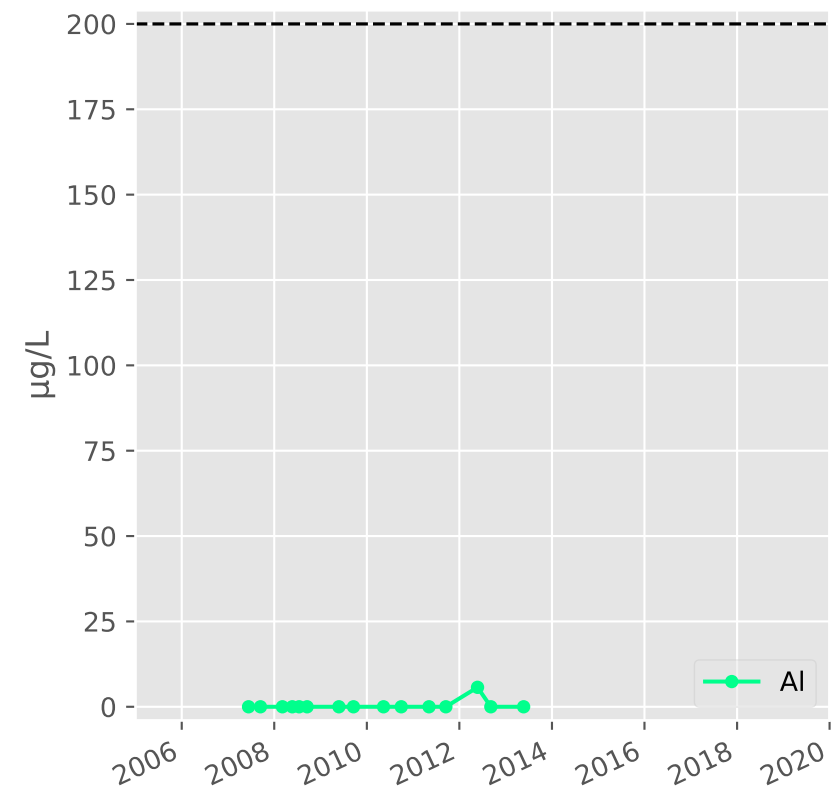
Plomb



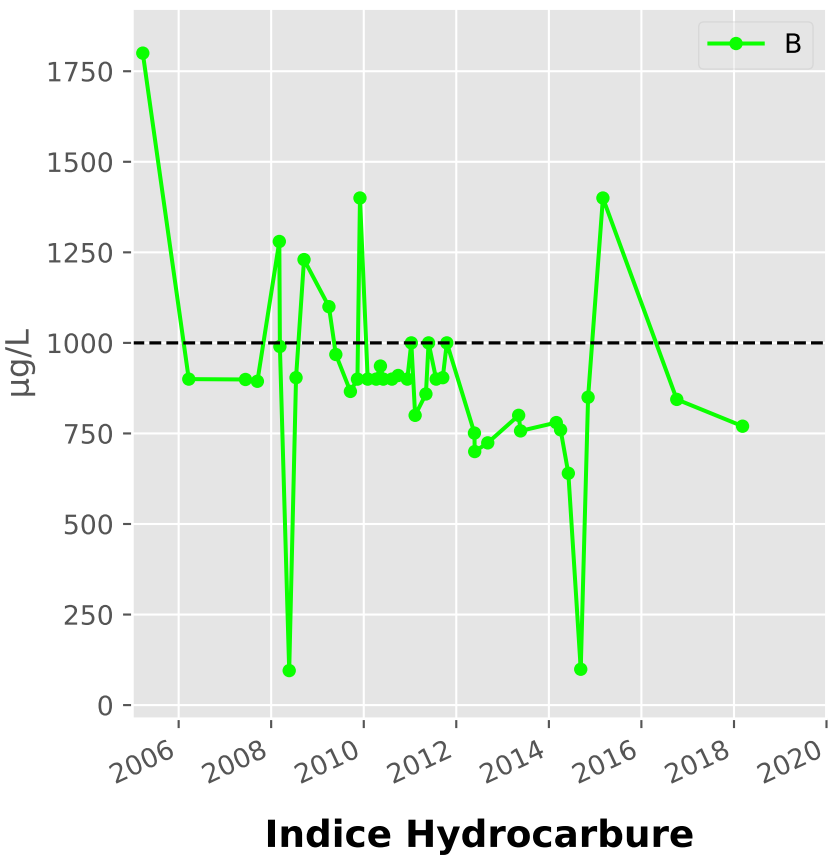
Cadmium



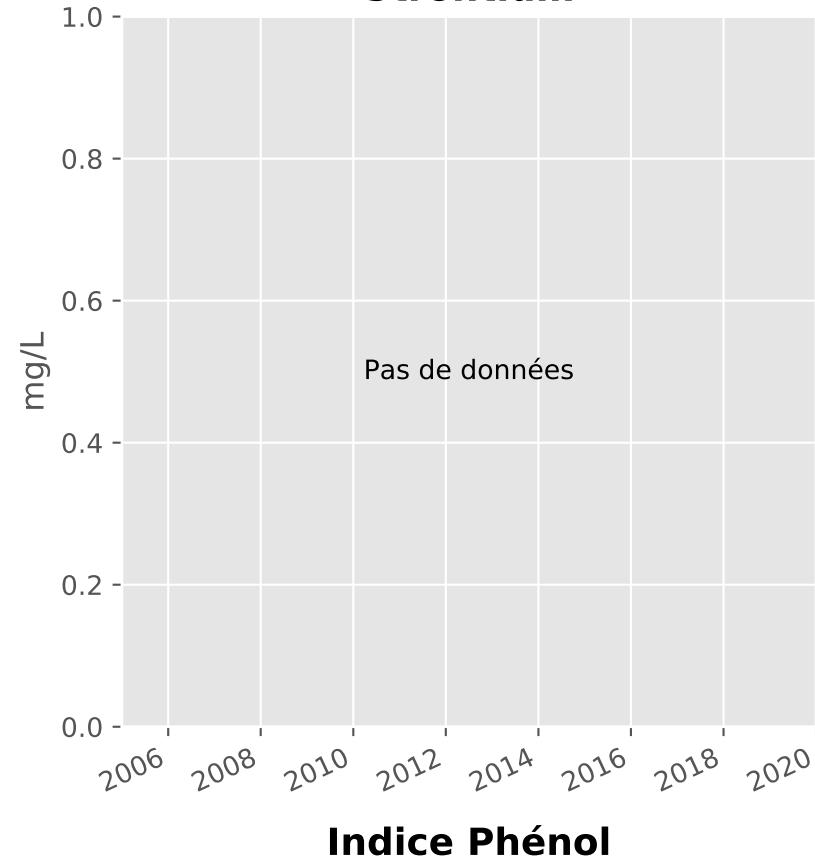
Aluminium



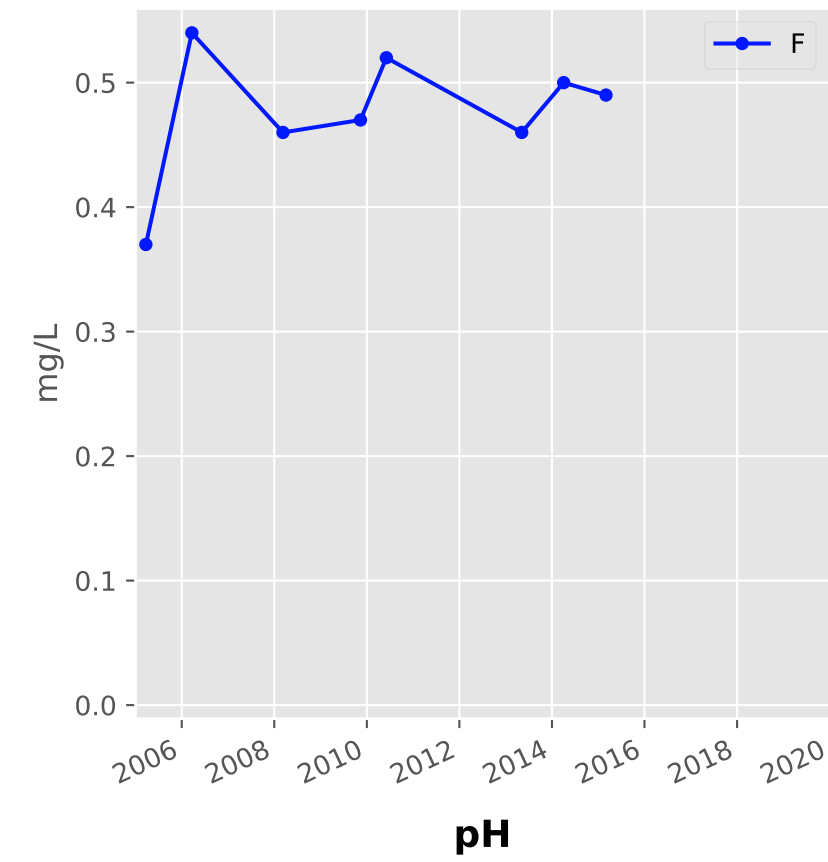
Bore



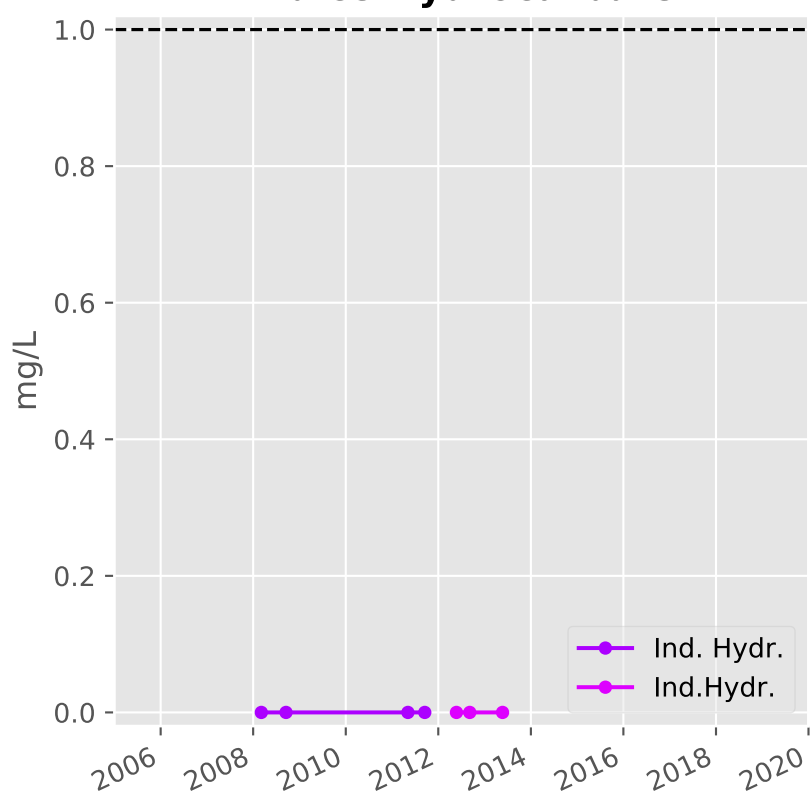
Strontium



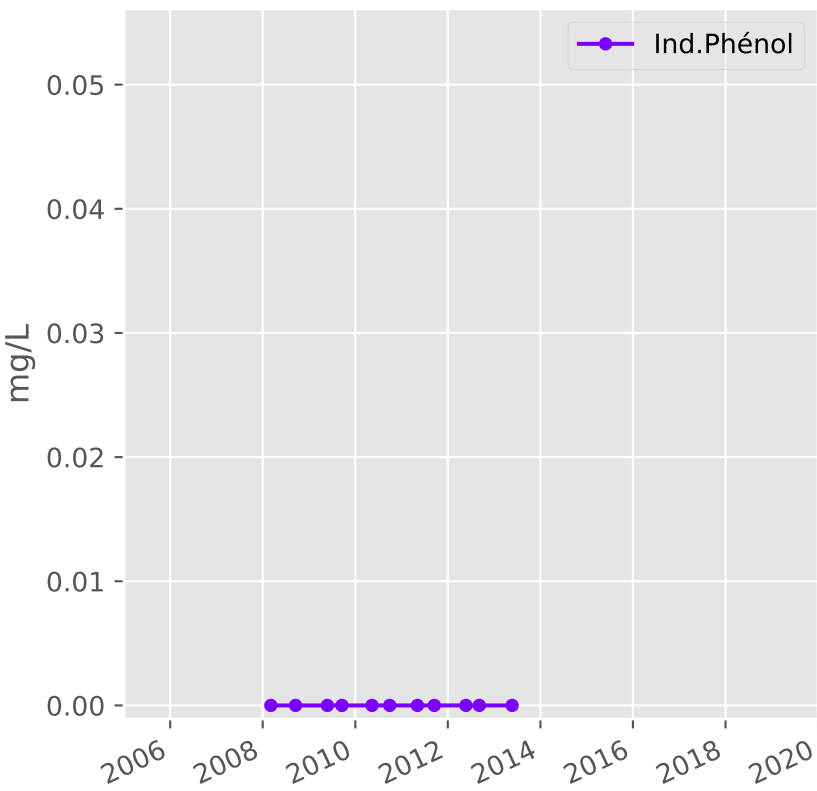
Fluor



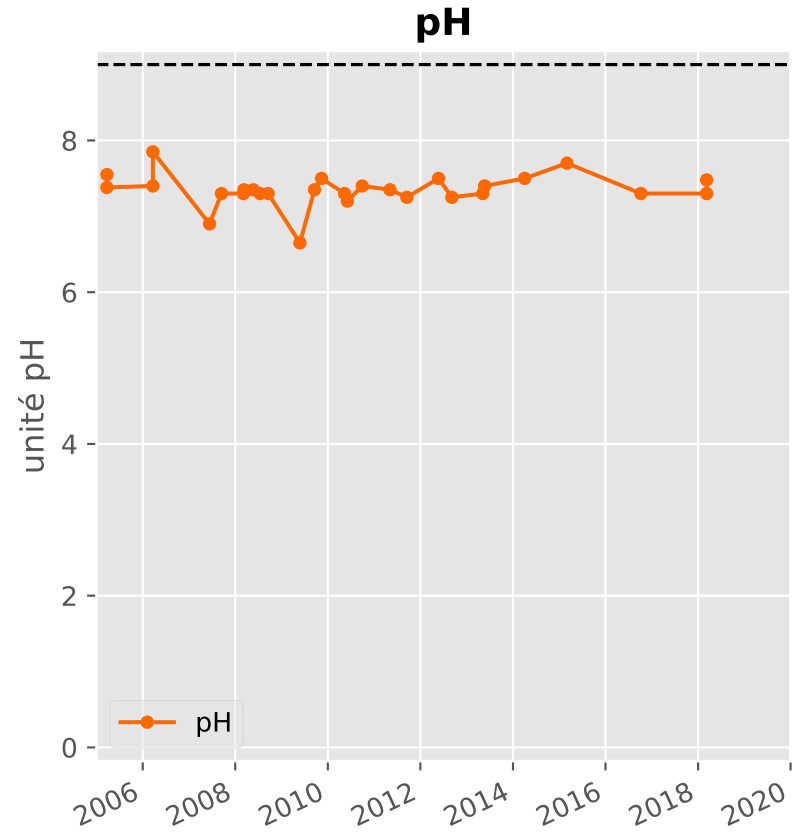
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

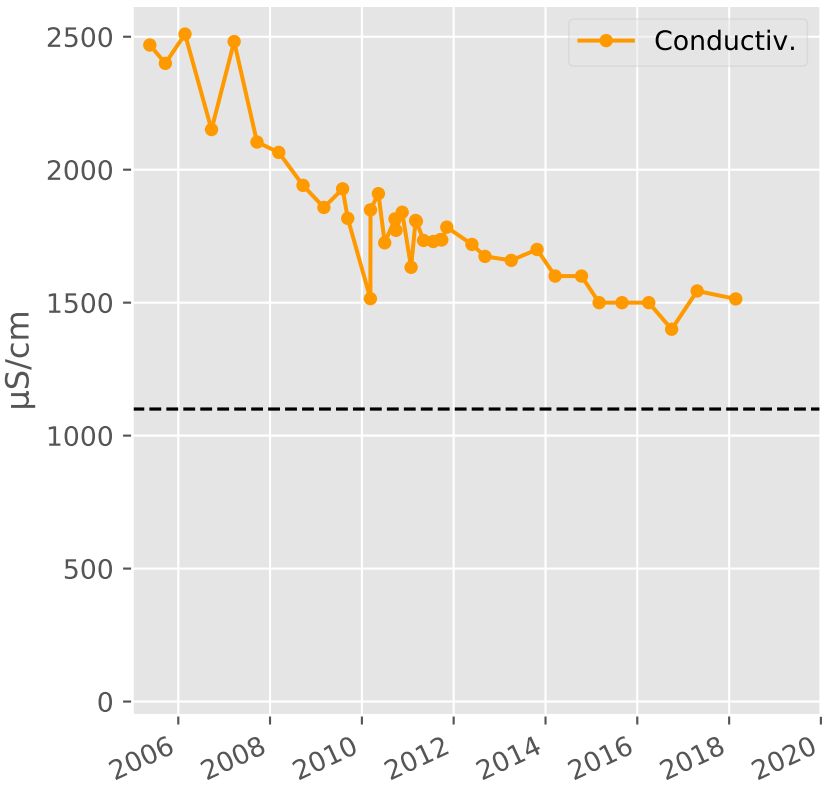


pH

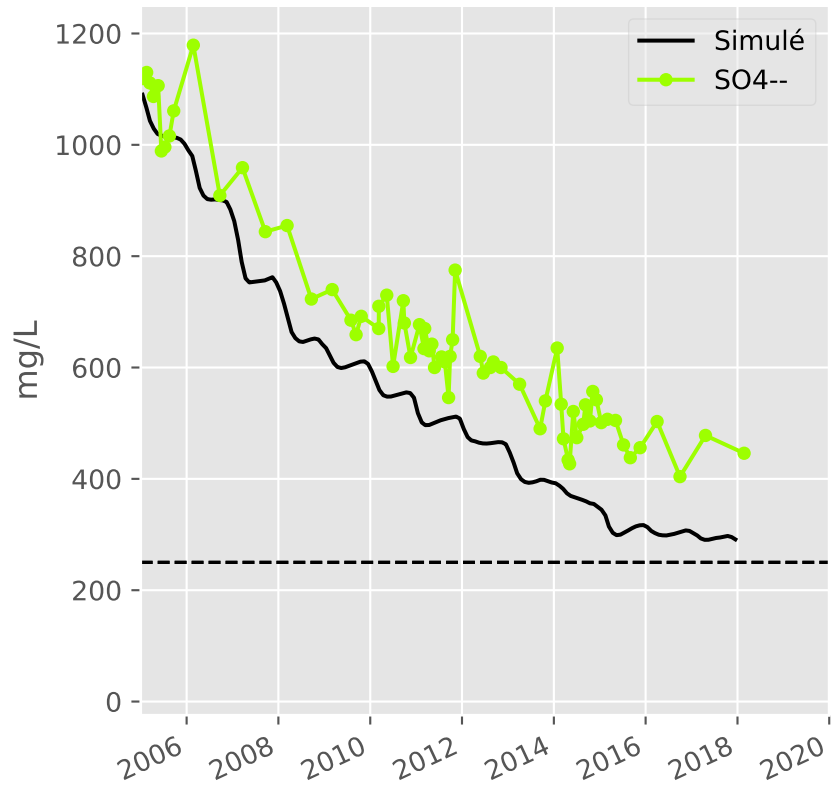


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS2 - S22 - Puits Paradis V - 01377X0213

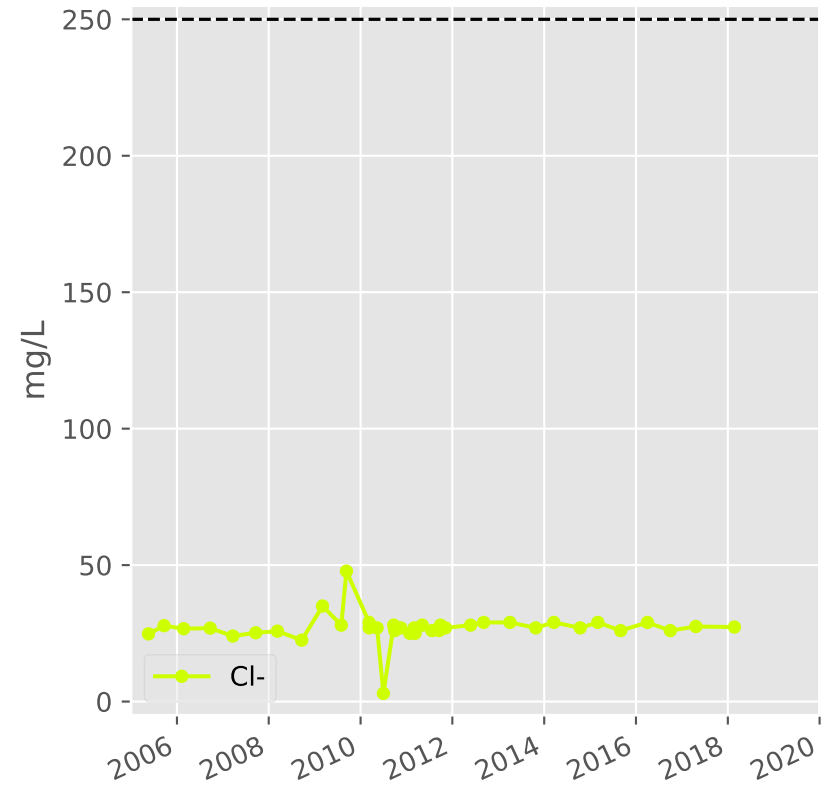
Conductivité



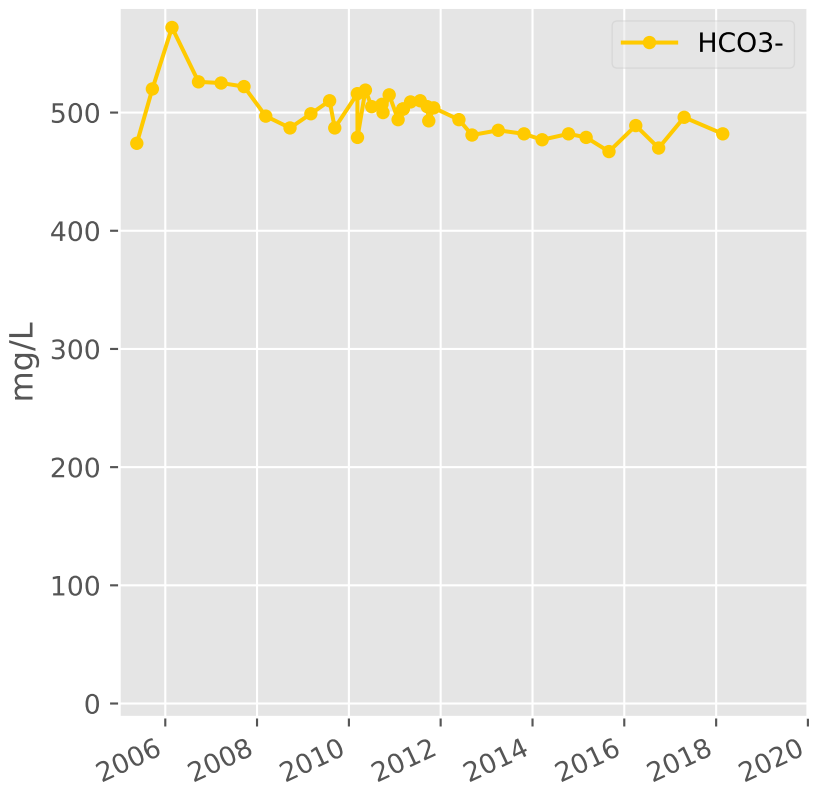
Sulfates



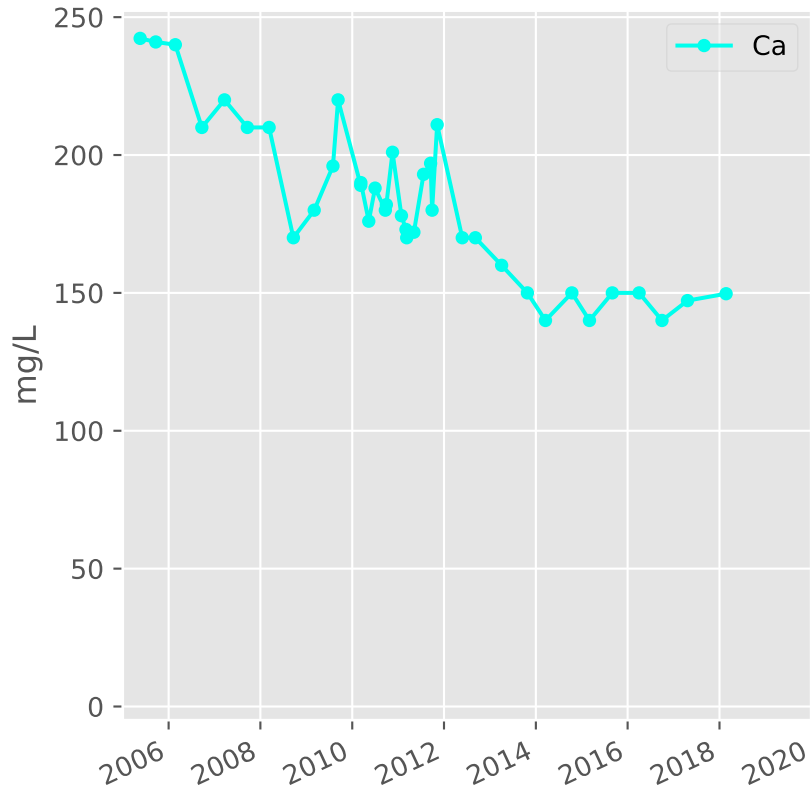
Chlorures



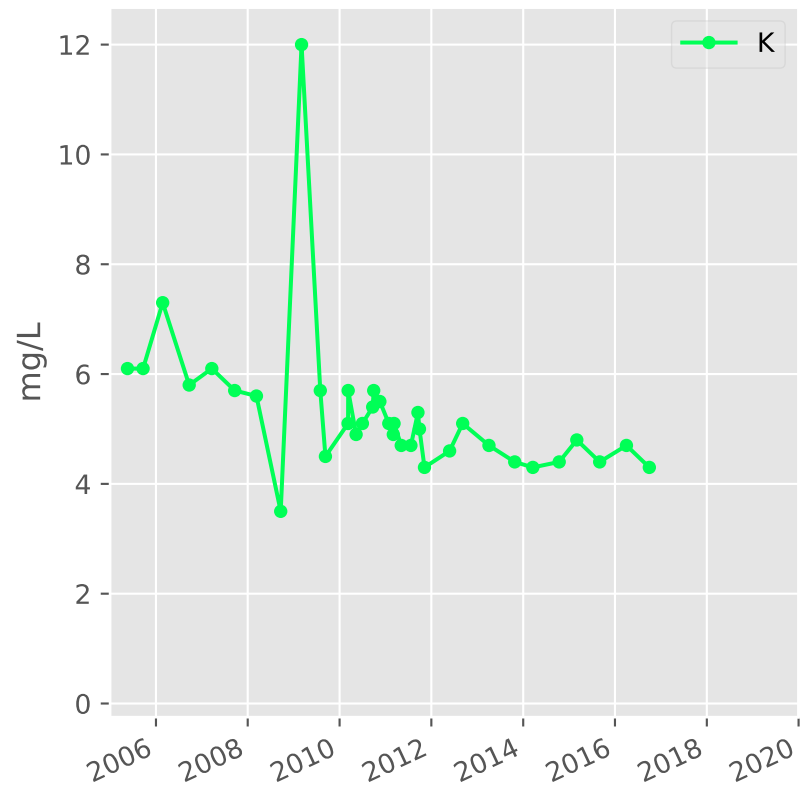
Bicarbonates



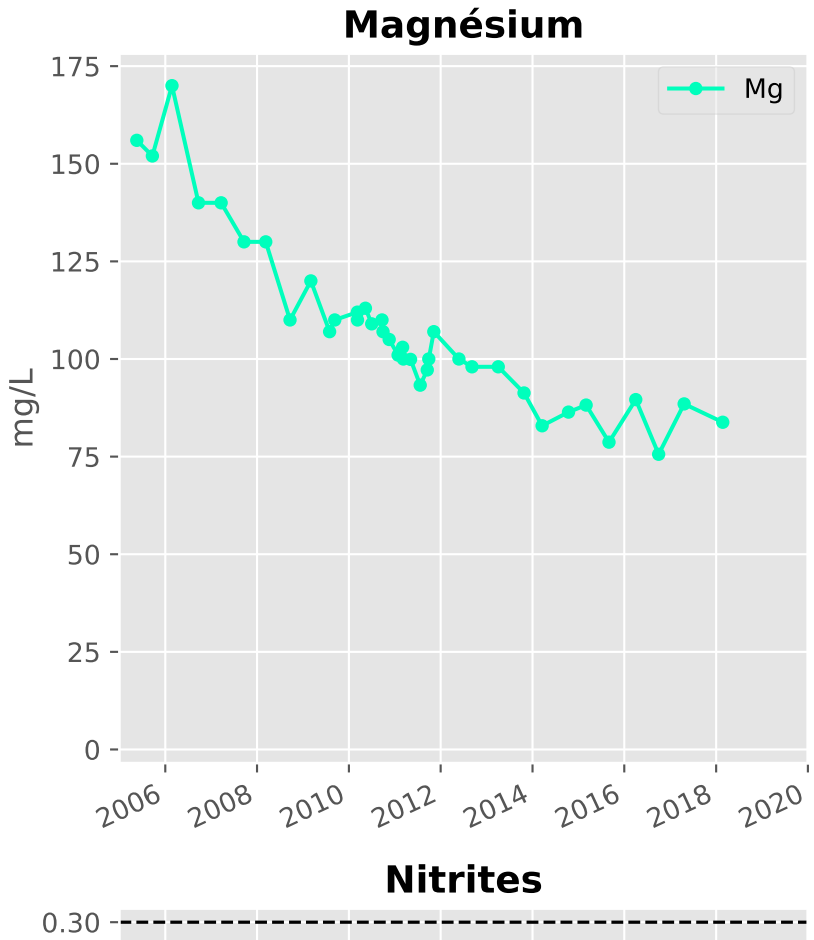
Calcium



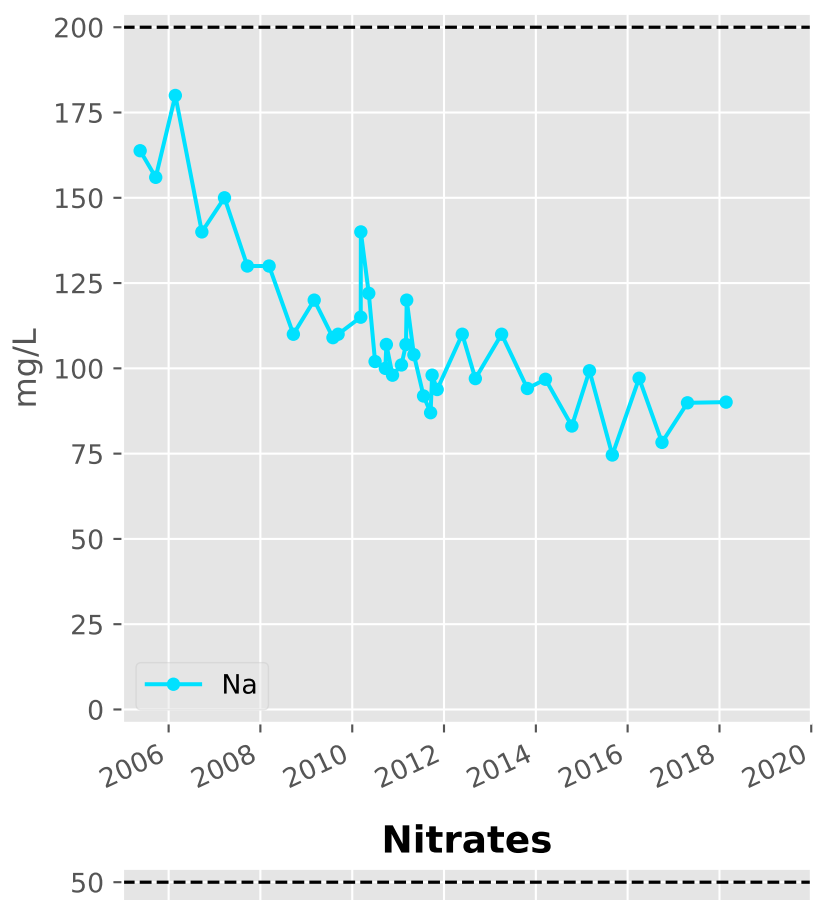
Potassium



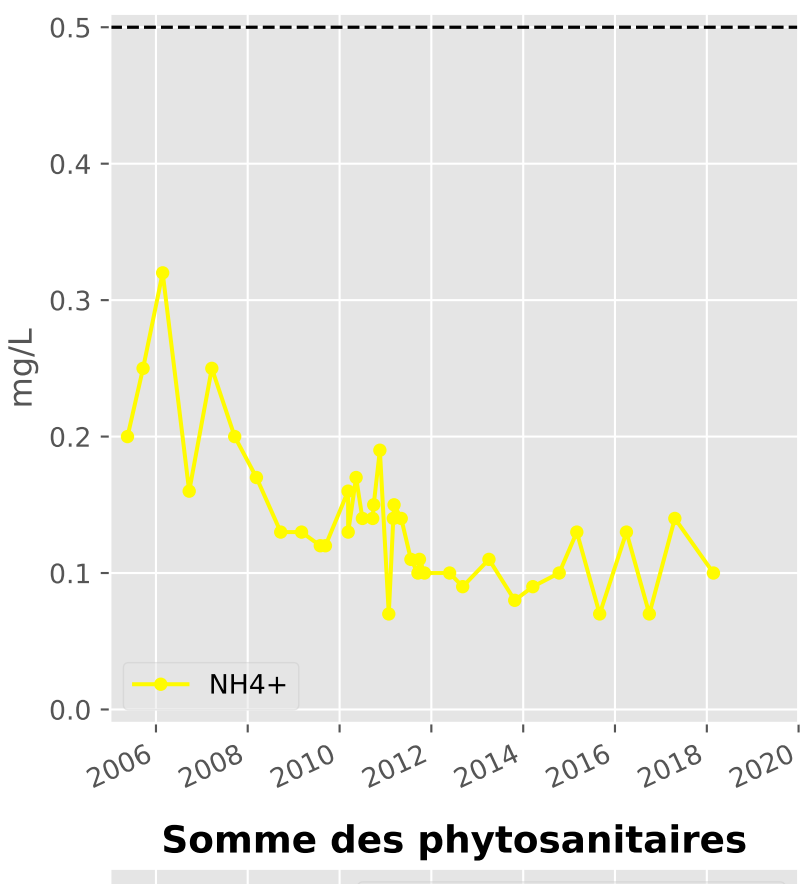
Magnésium



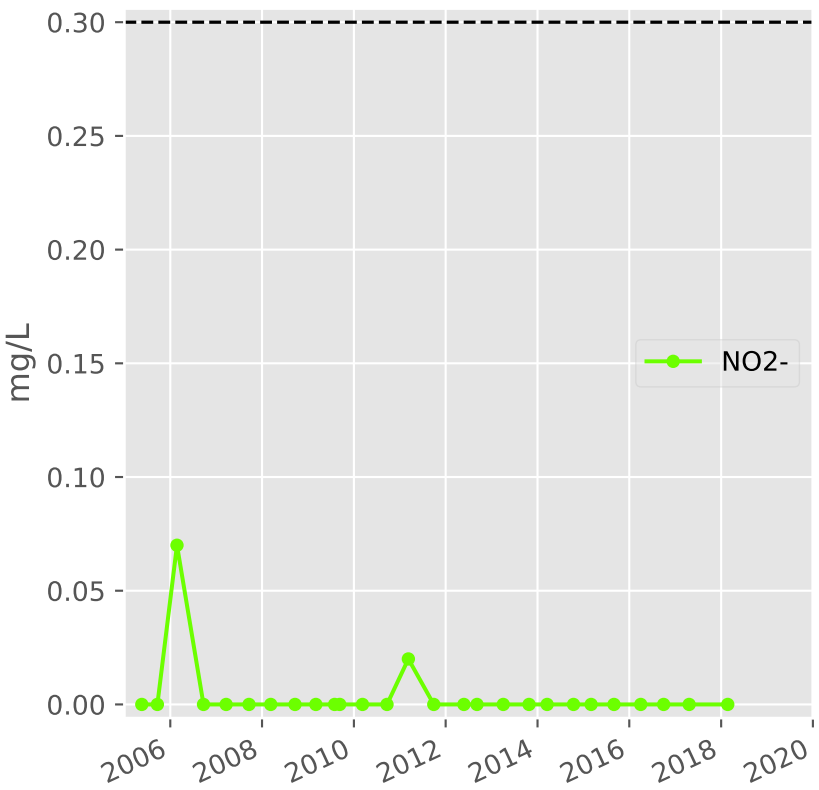
Sodium



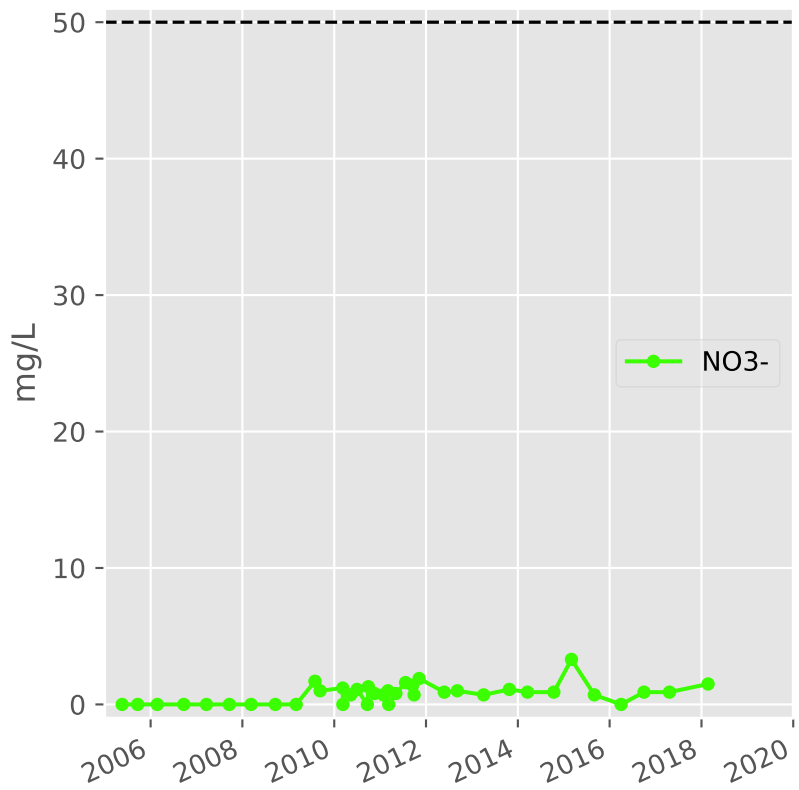
Ammonium



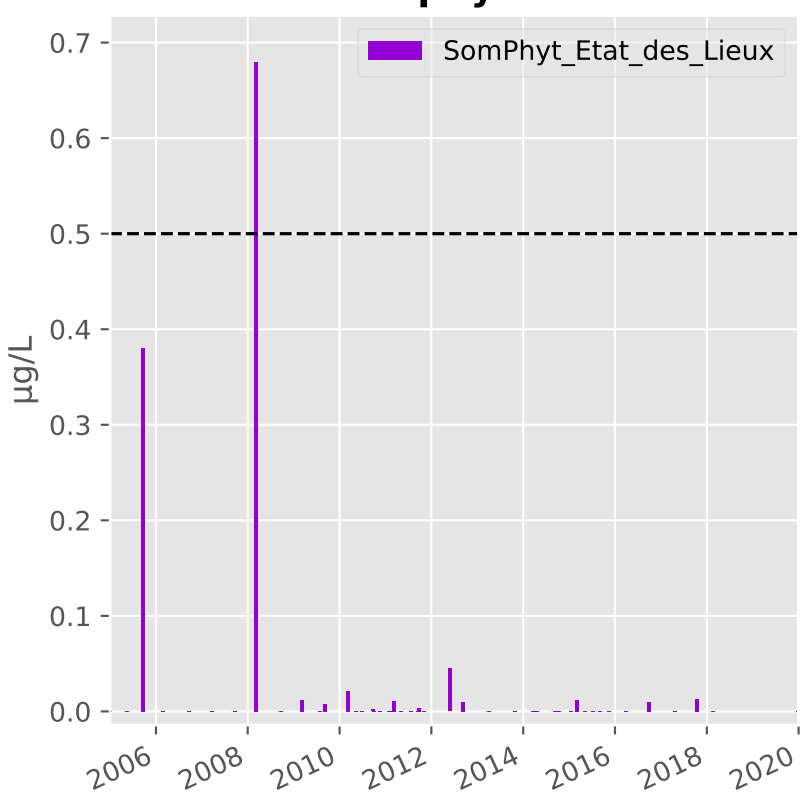
Nitrites



Nitrates

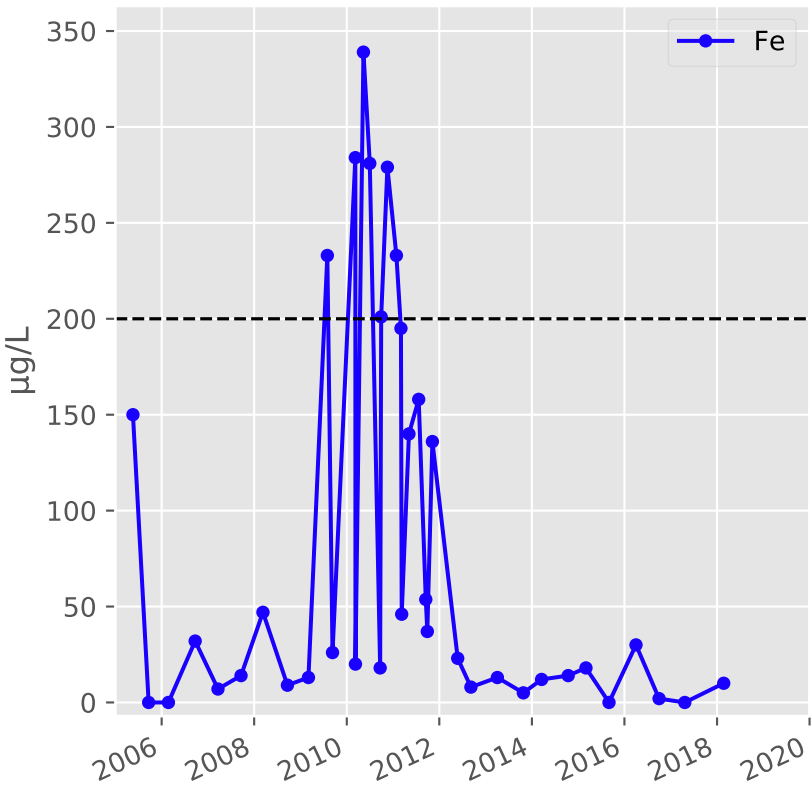


Somme des phytosanitaires

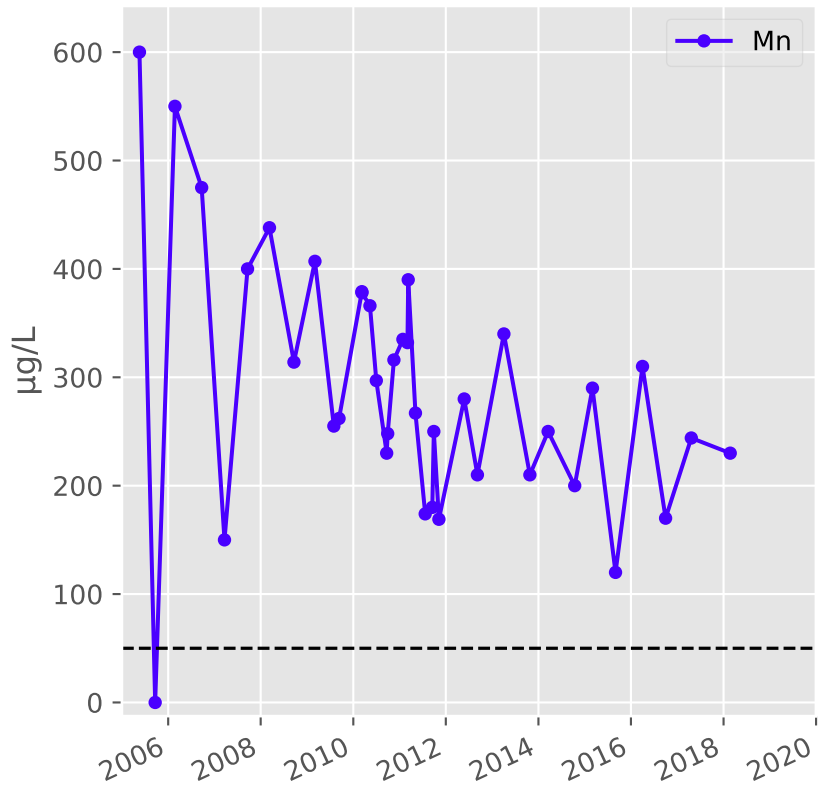


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS2 - S22 - Puits Paradis V - 01377X0213

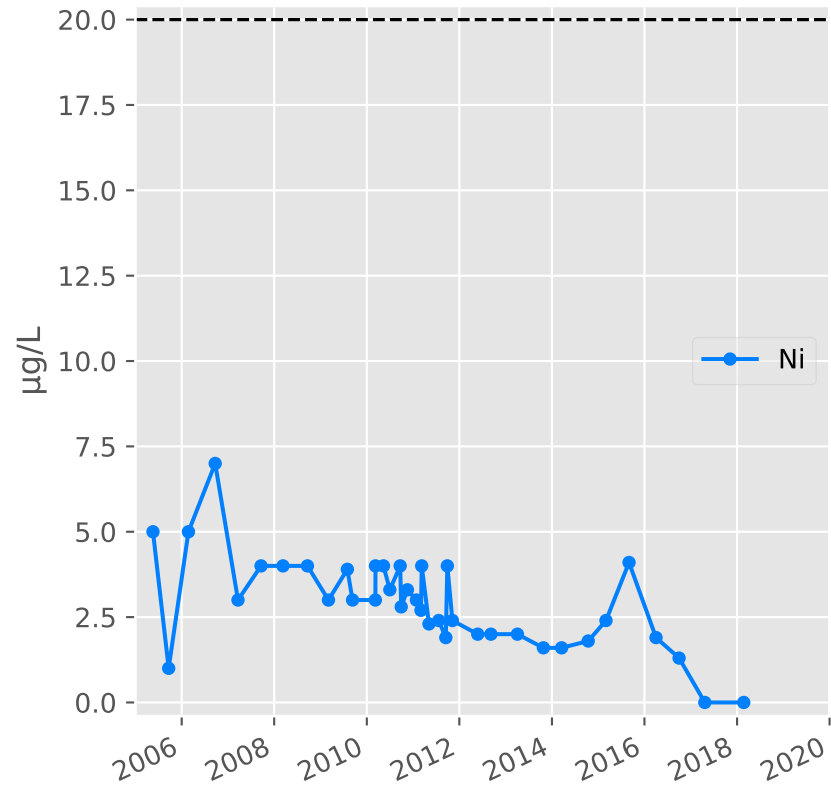
Fer



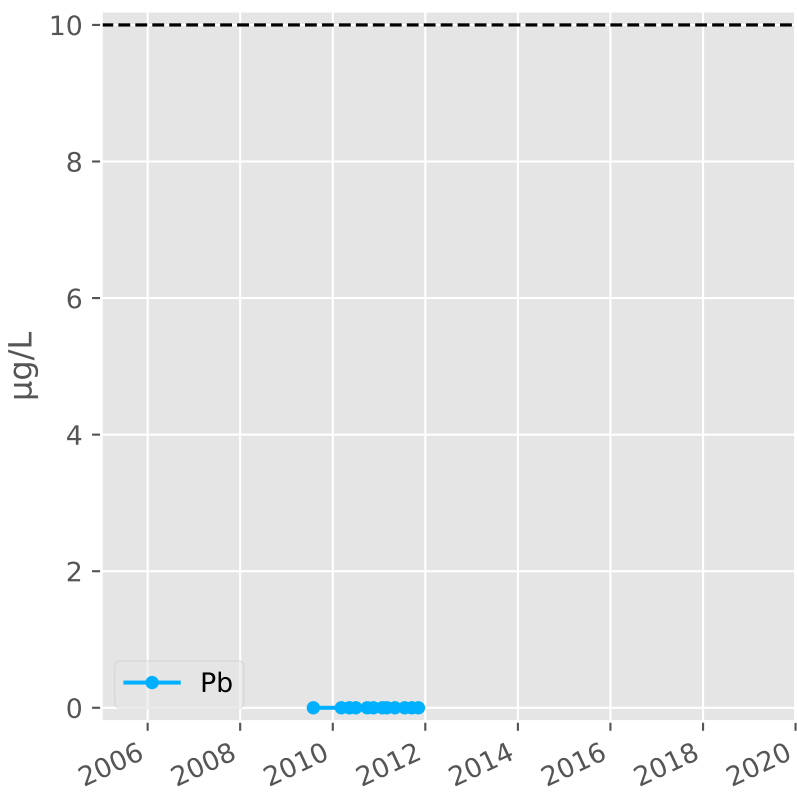
Manganèse



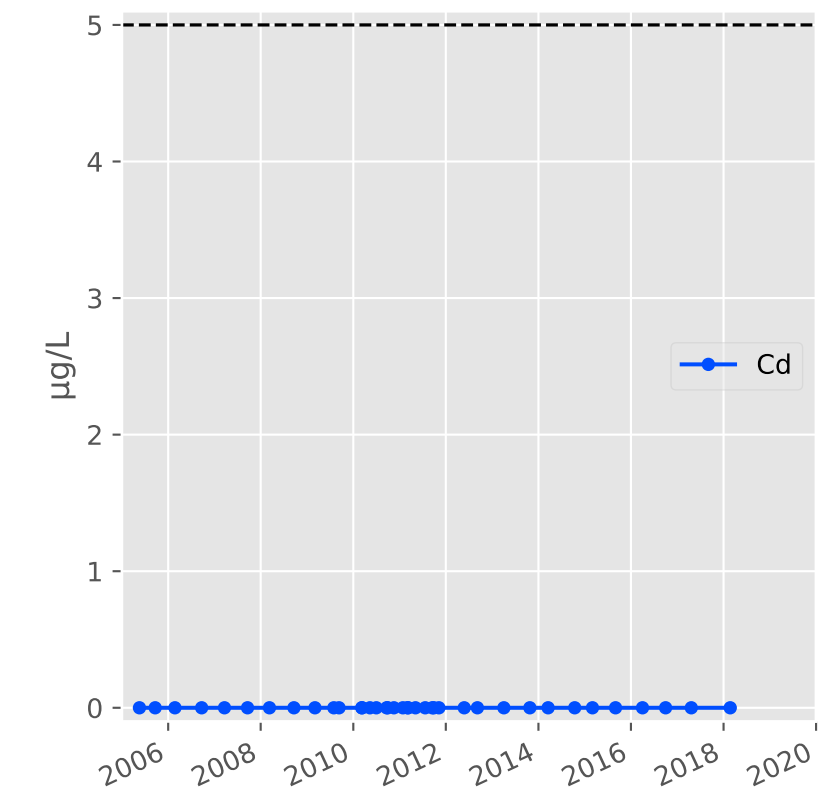
Nickel



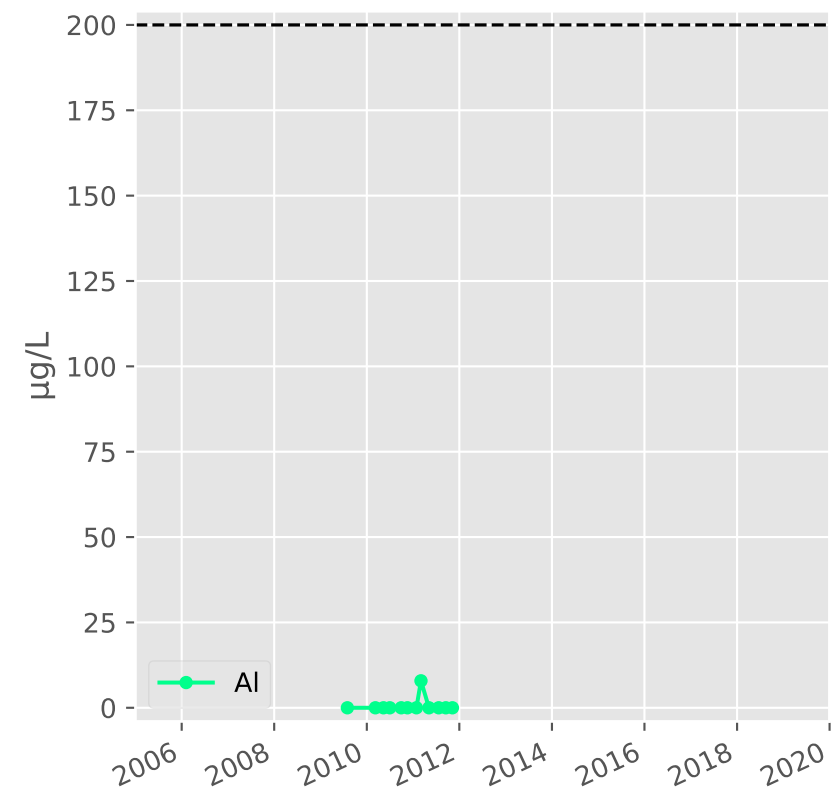
Plomb



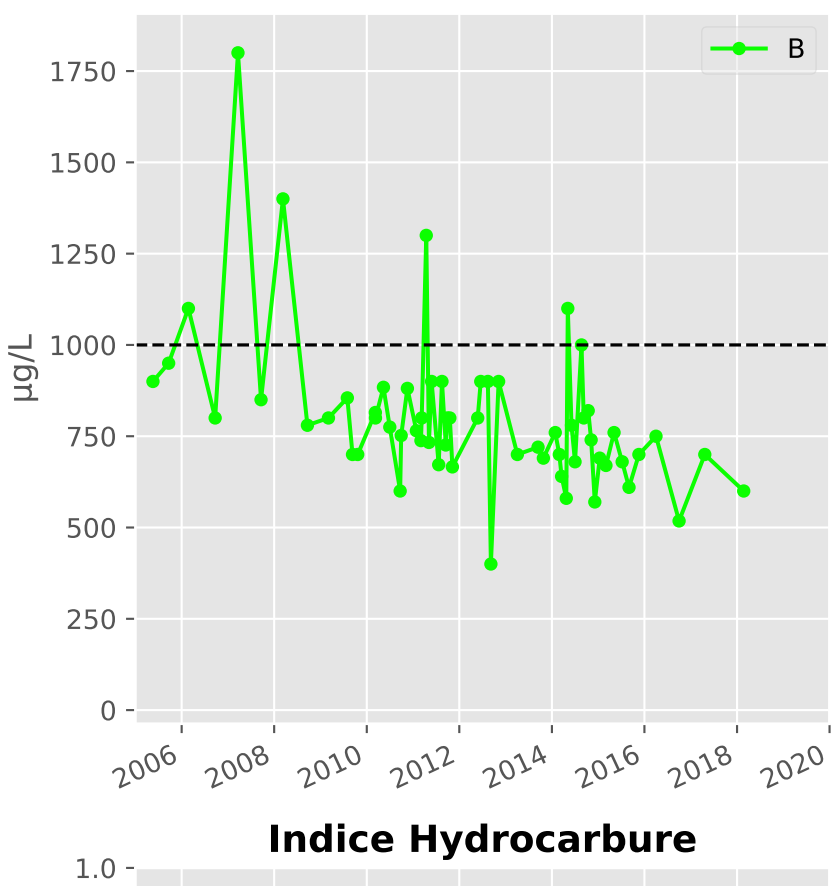
Cadmium



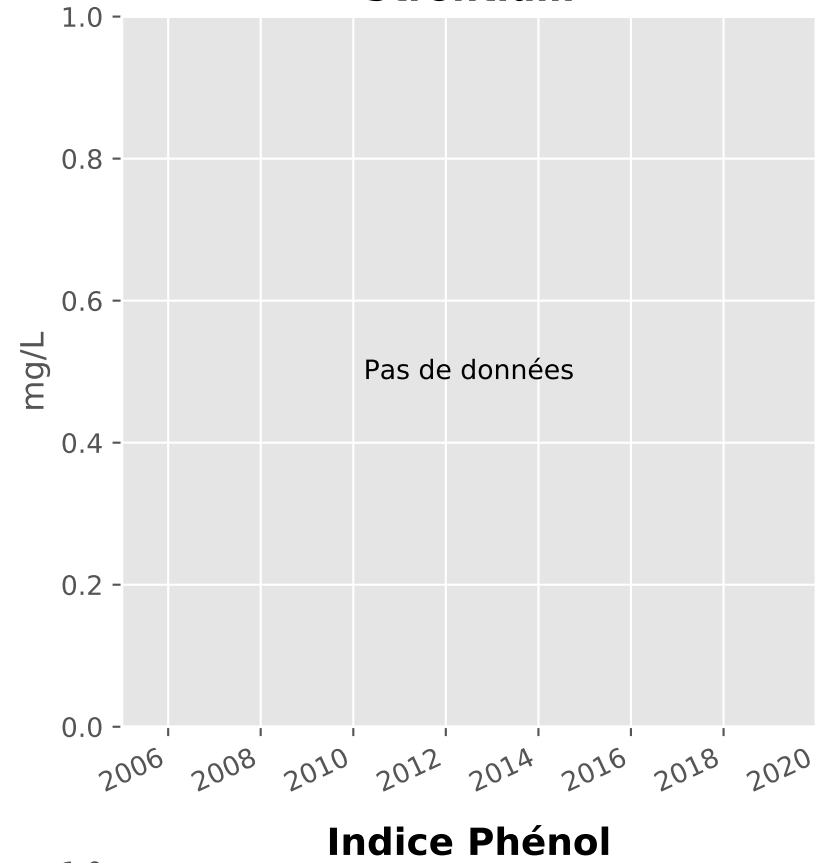
Aluminium



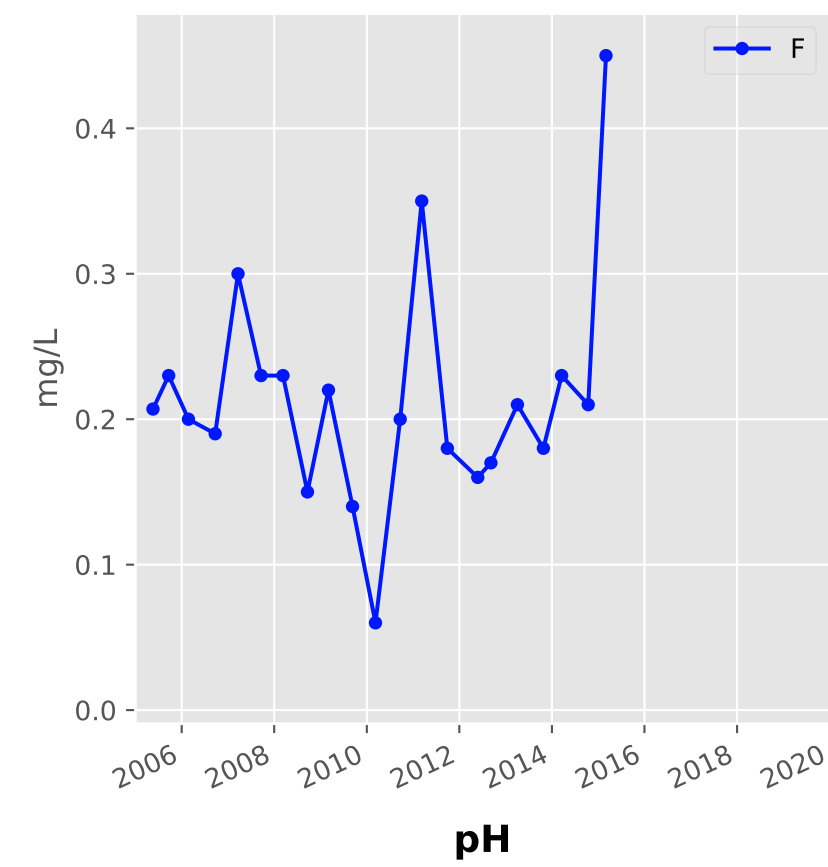
Bore



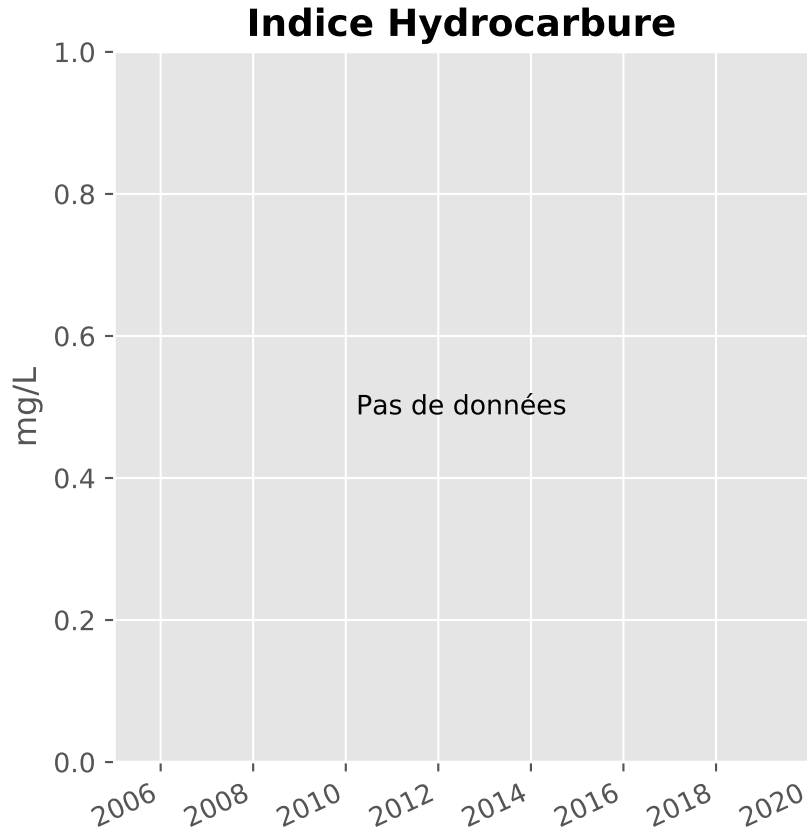
Strontium



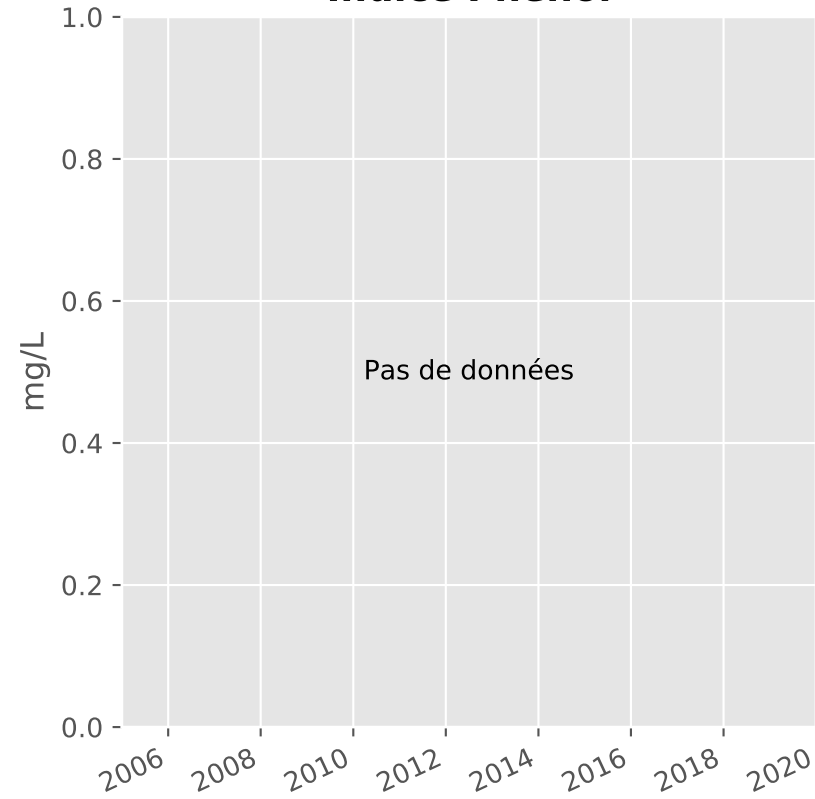
Fluor



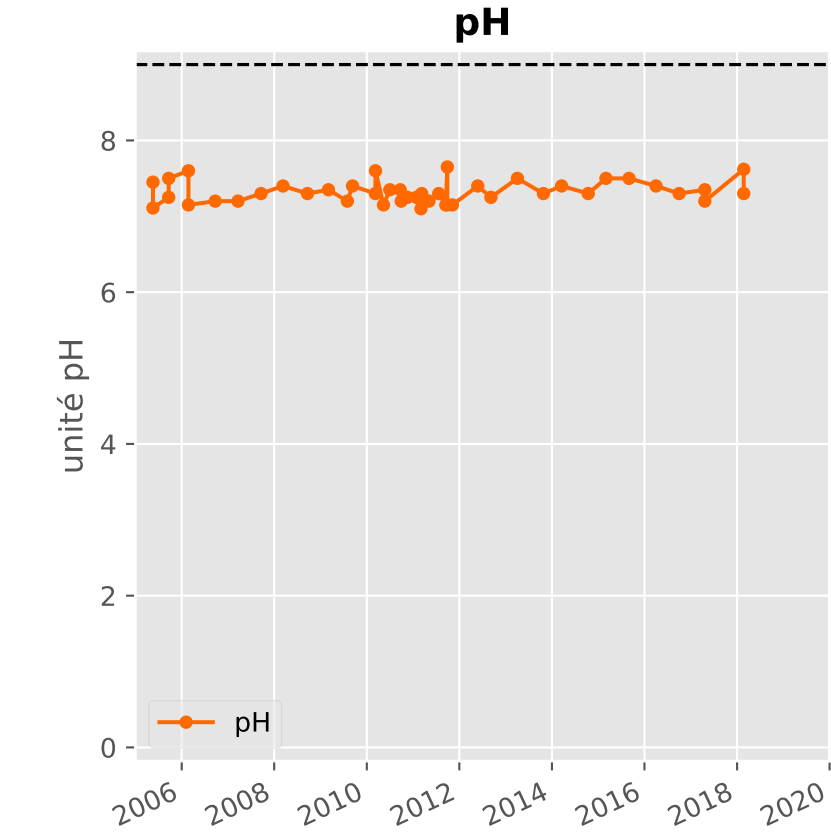
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

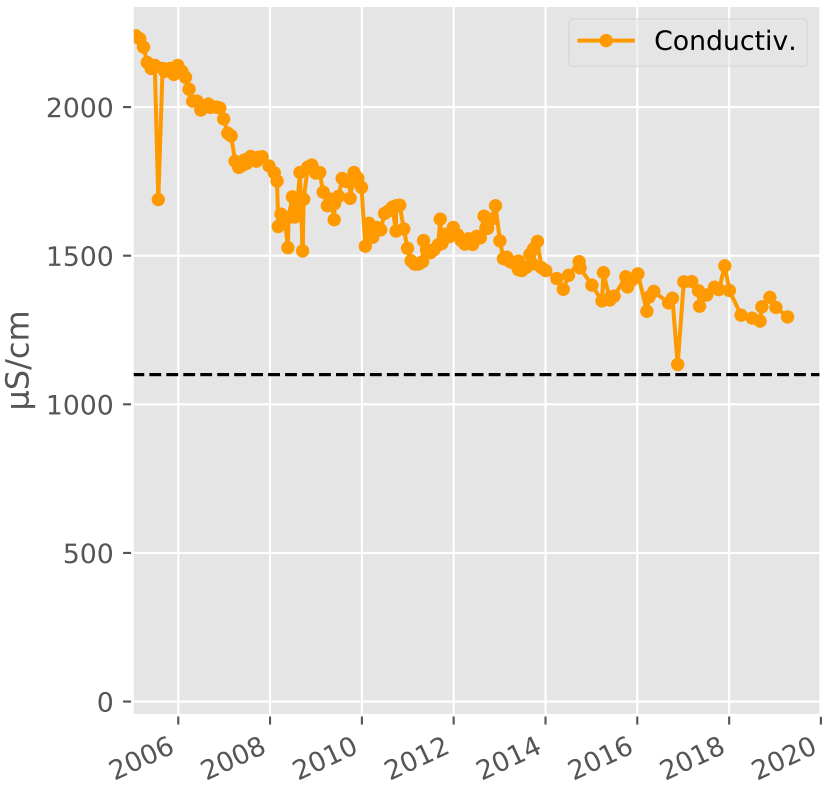


pH

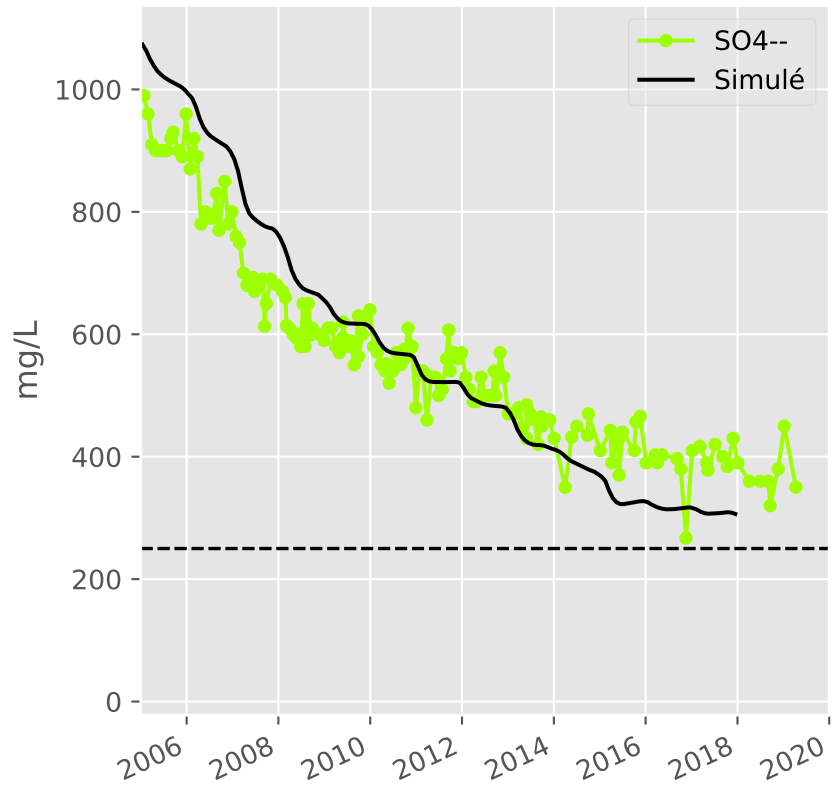


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS3 - S04 - Gal. du chenal de Moyeuvre - 01374X0273

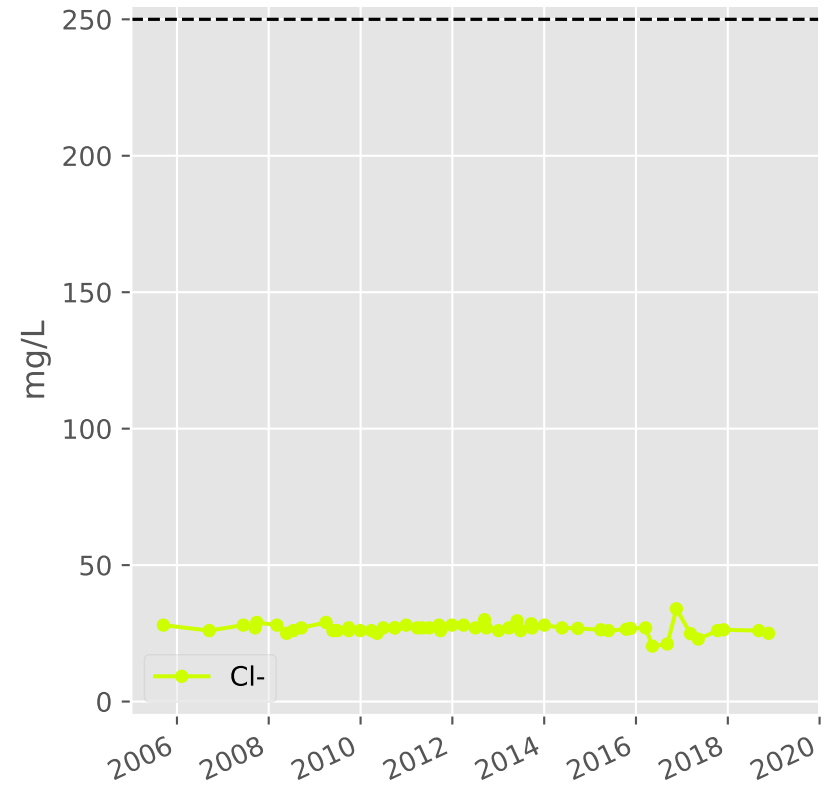
Conductivité



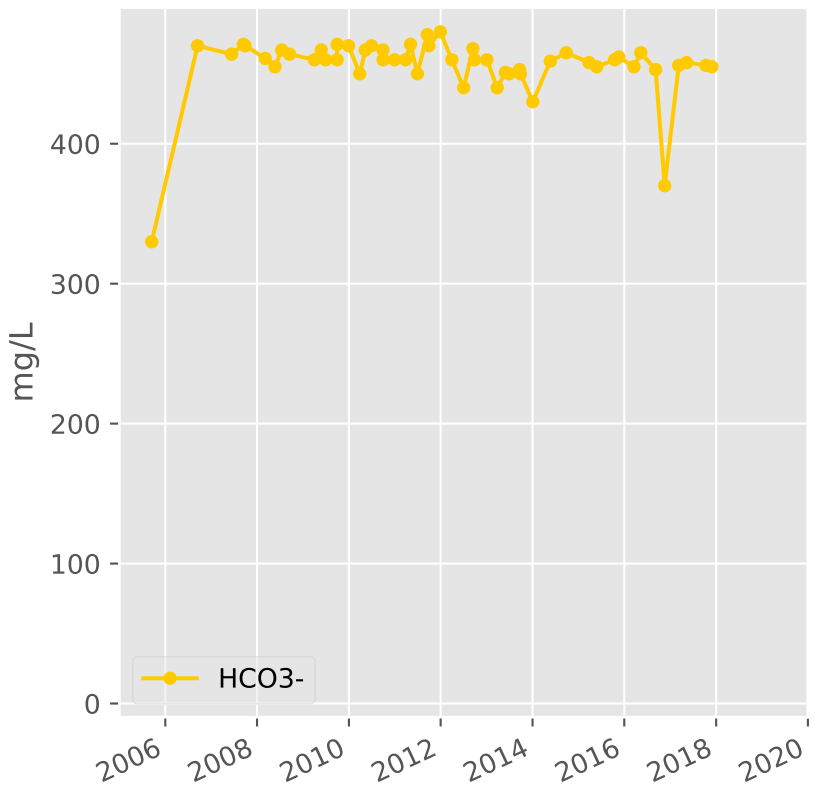
Sulfates



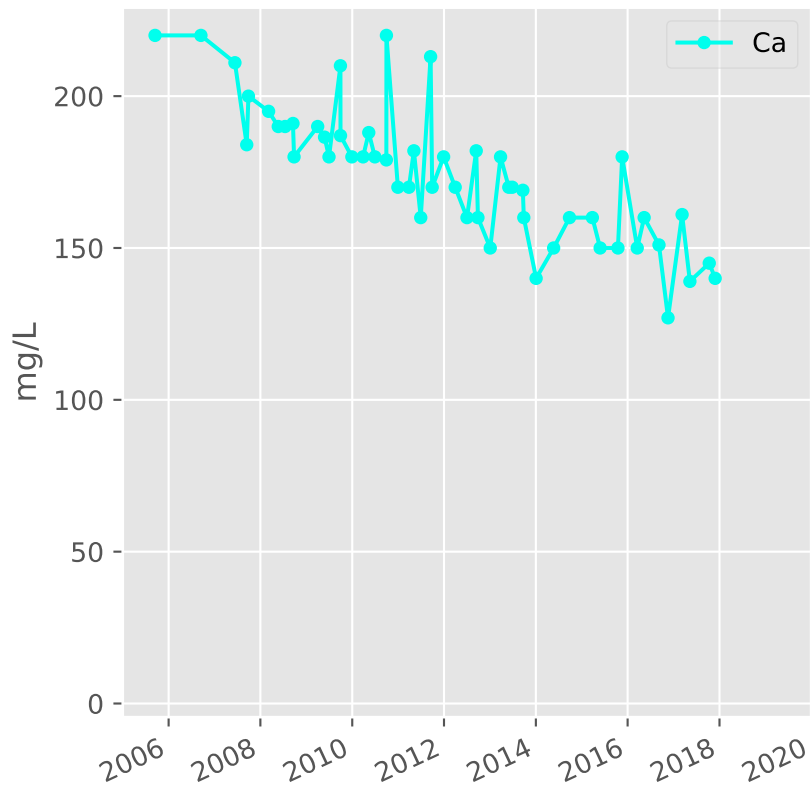
Chlorures



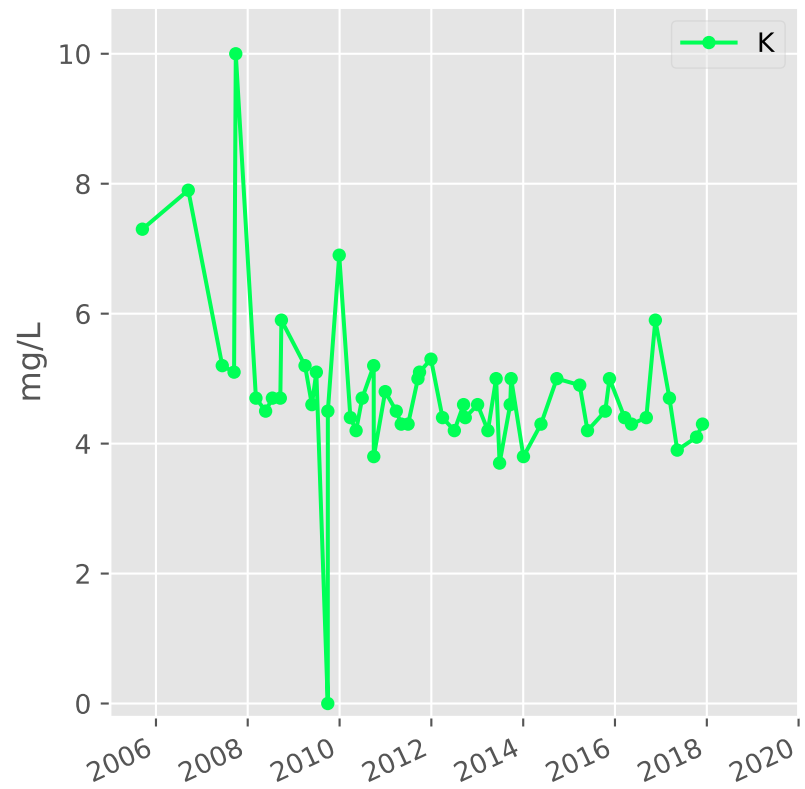
Bicarbonates



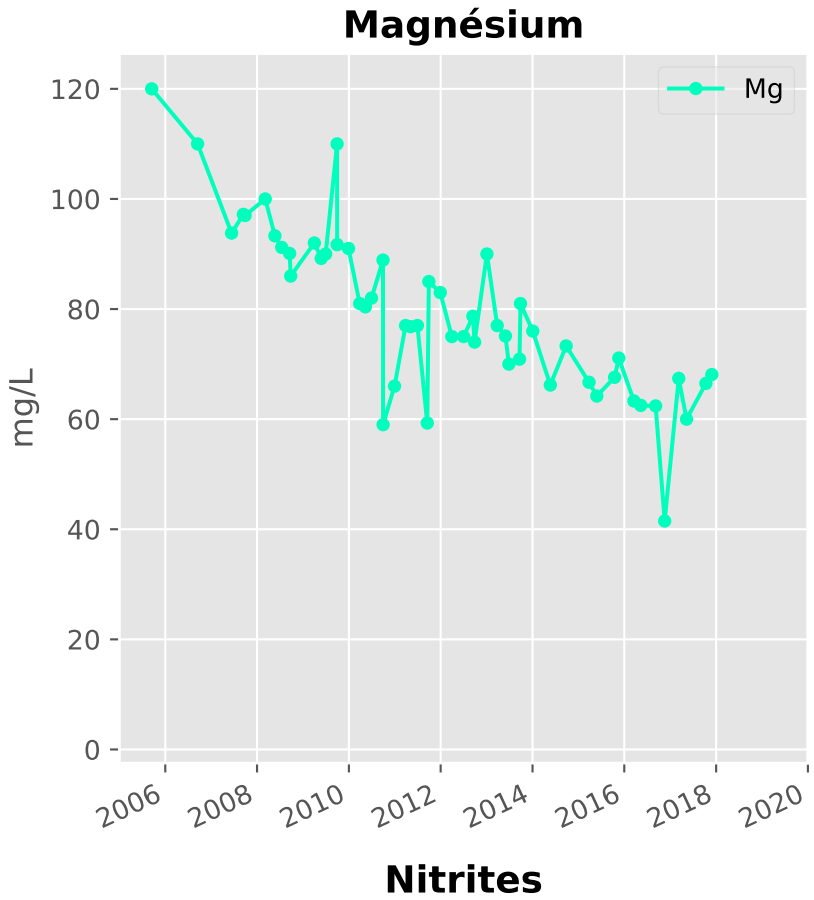
Calcium



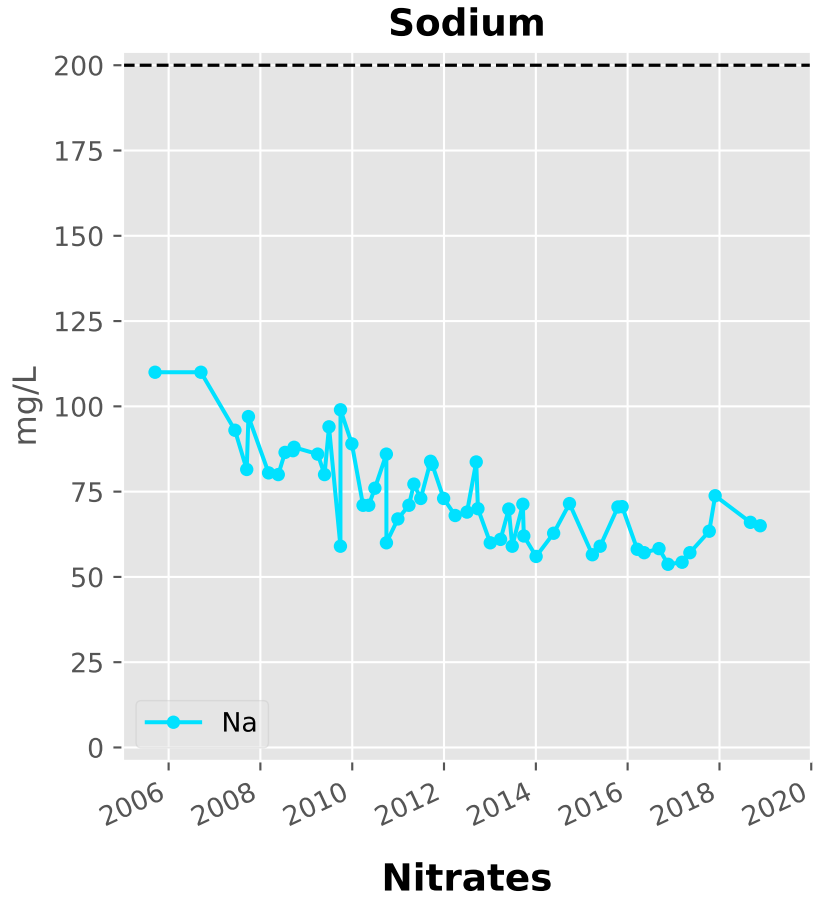
Potassium



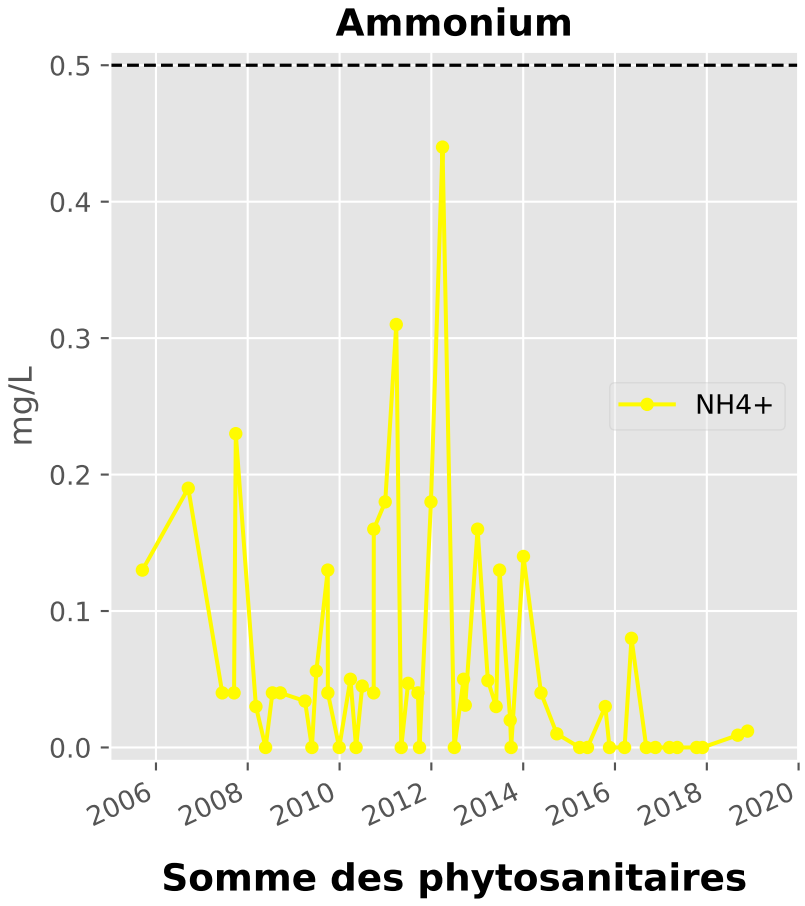
Magnésium



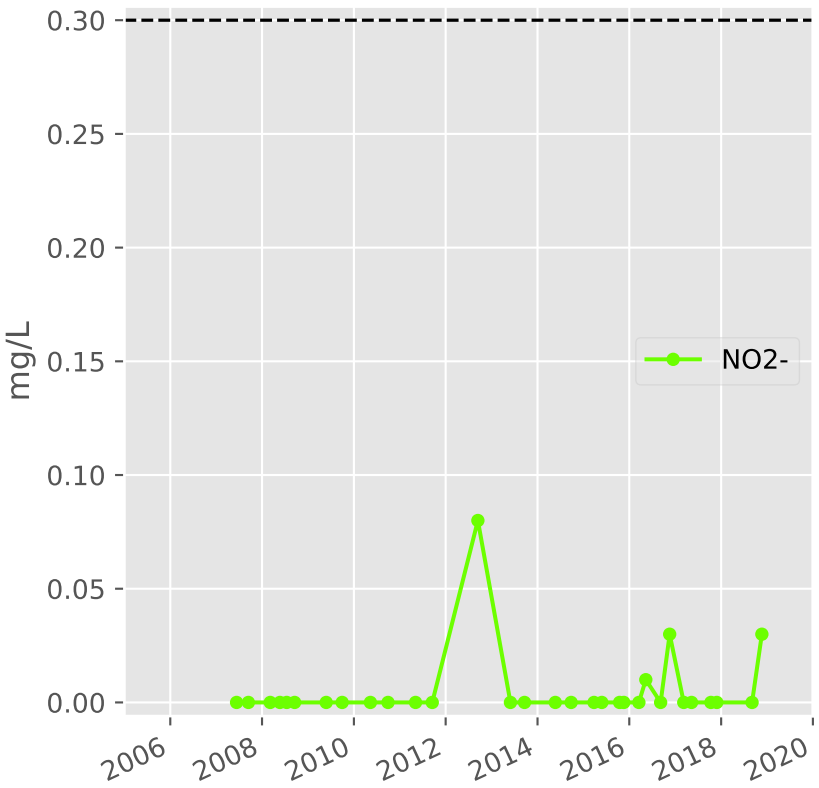
Sodium



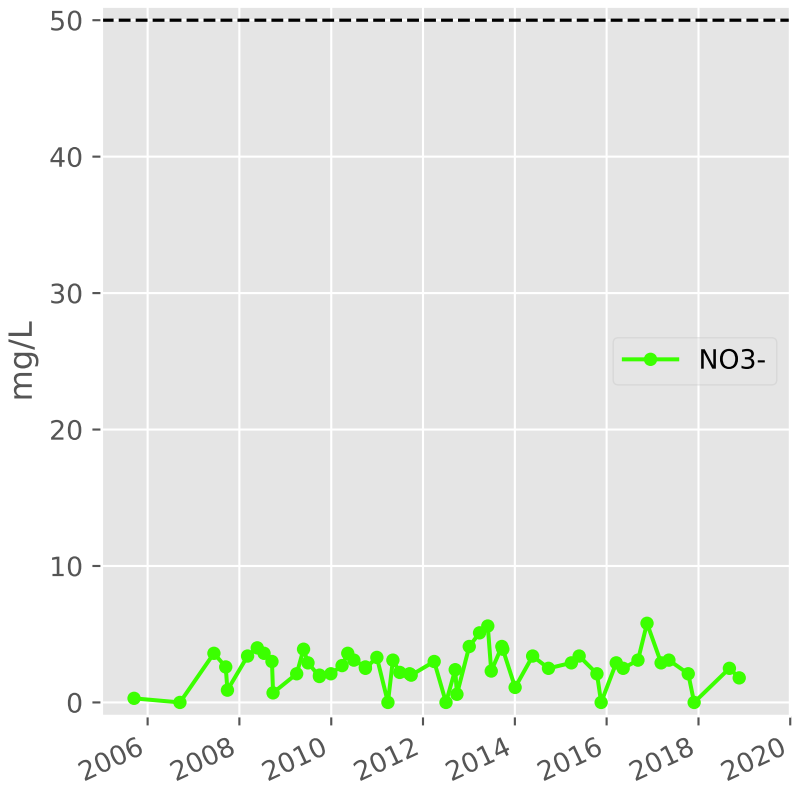
Ammonium



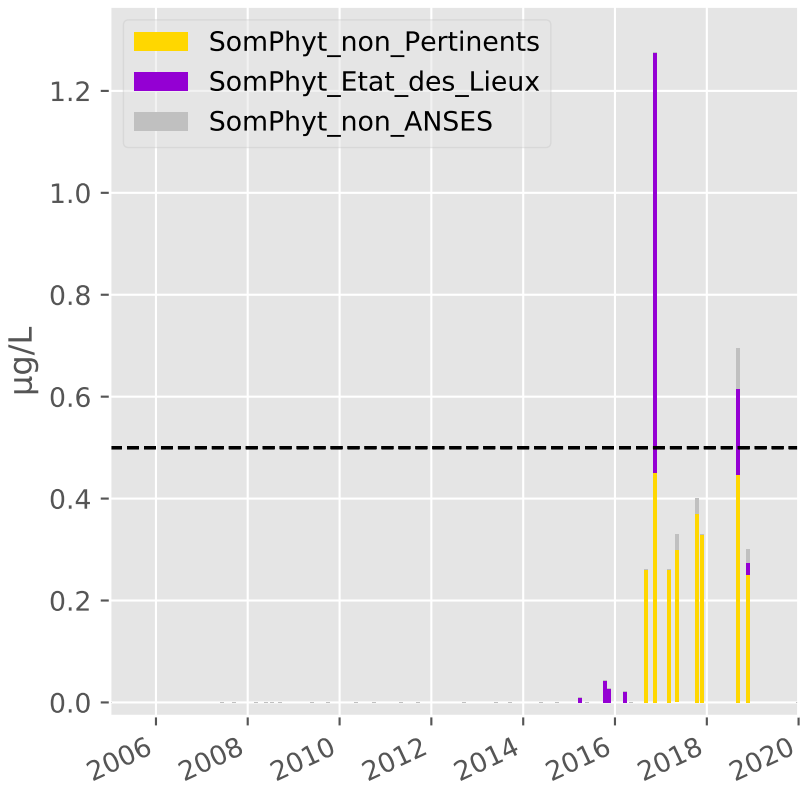
Nitrites



Nitrates

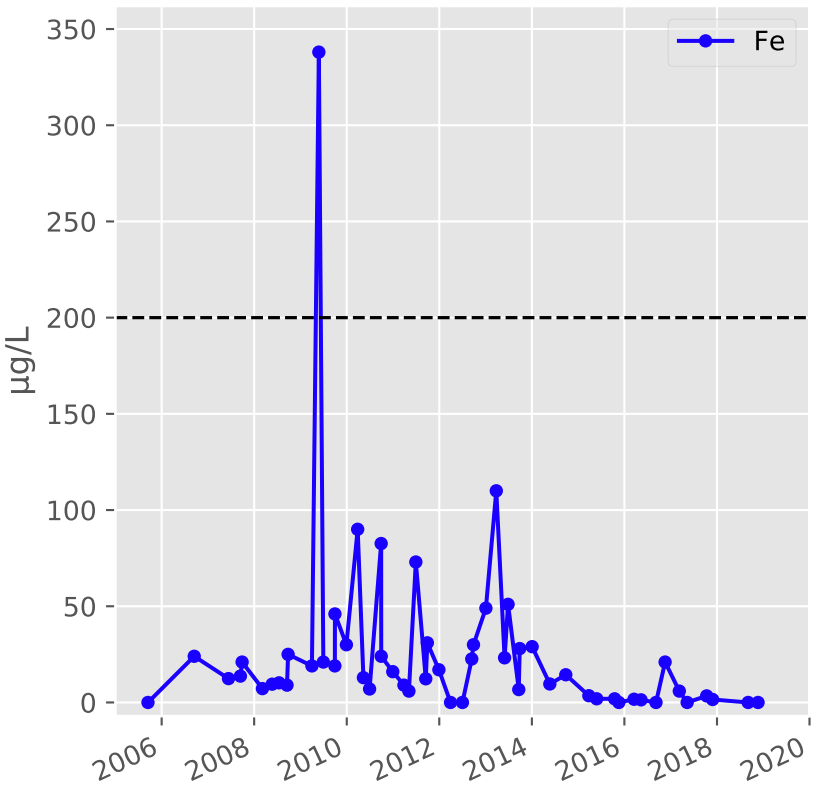


Somme des phytosanitaires

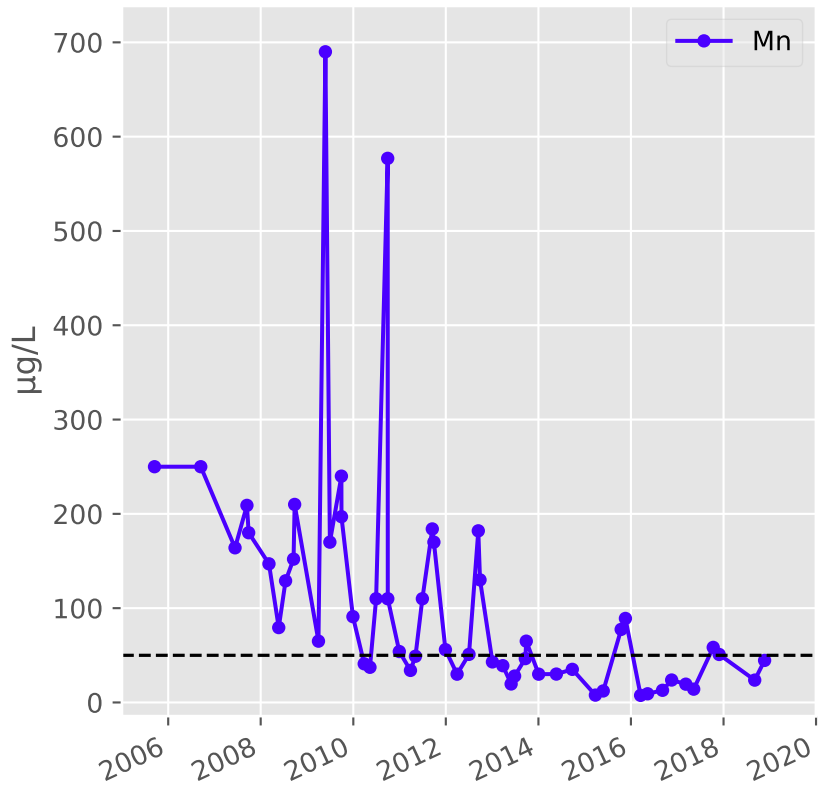


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS3 - S04 - Gal. du chenal de Moyeuvre - 01374X0273

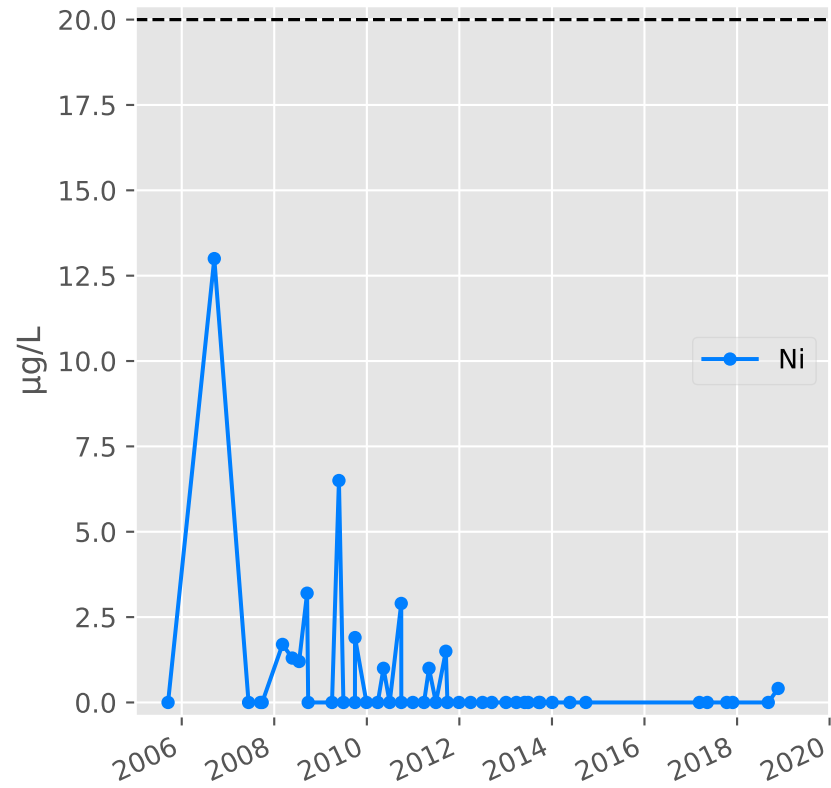
Fer



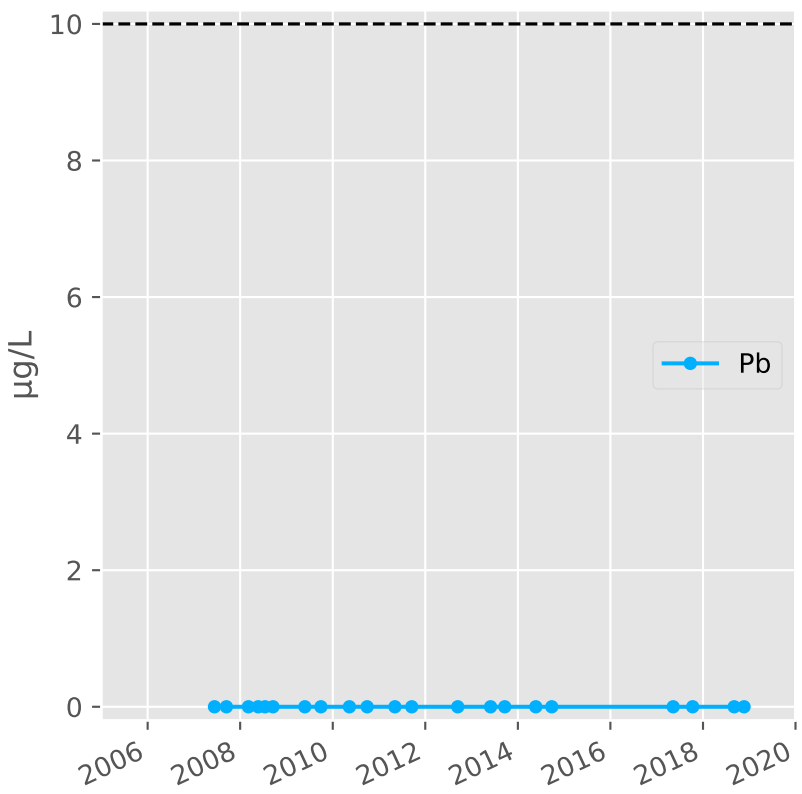
Manganèse



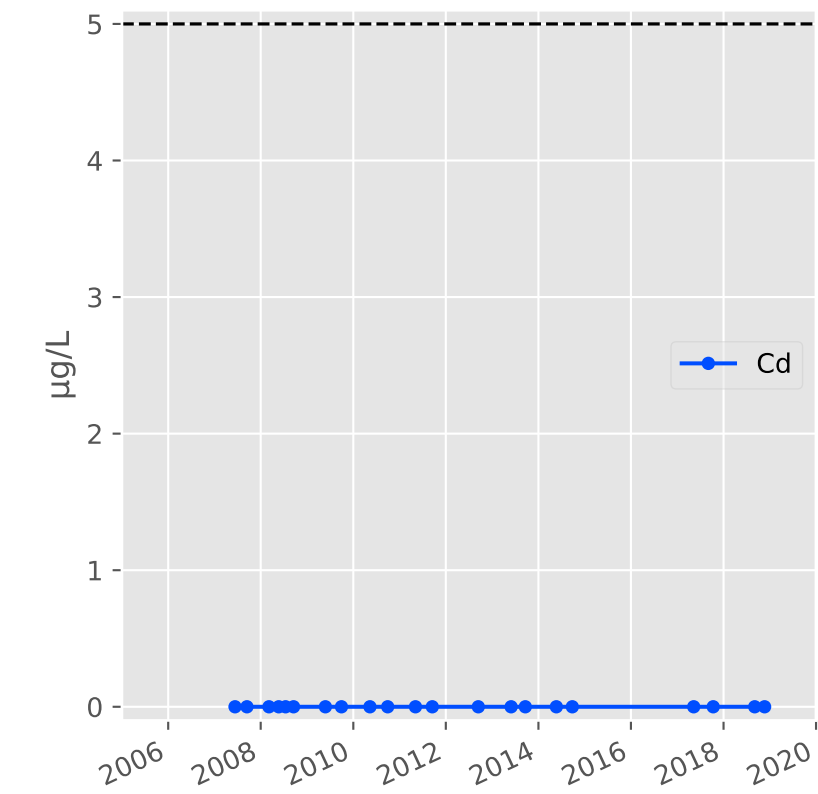
Nickel



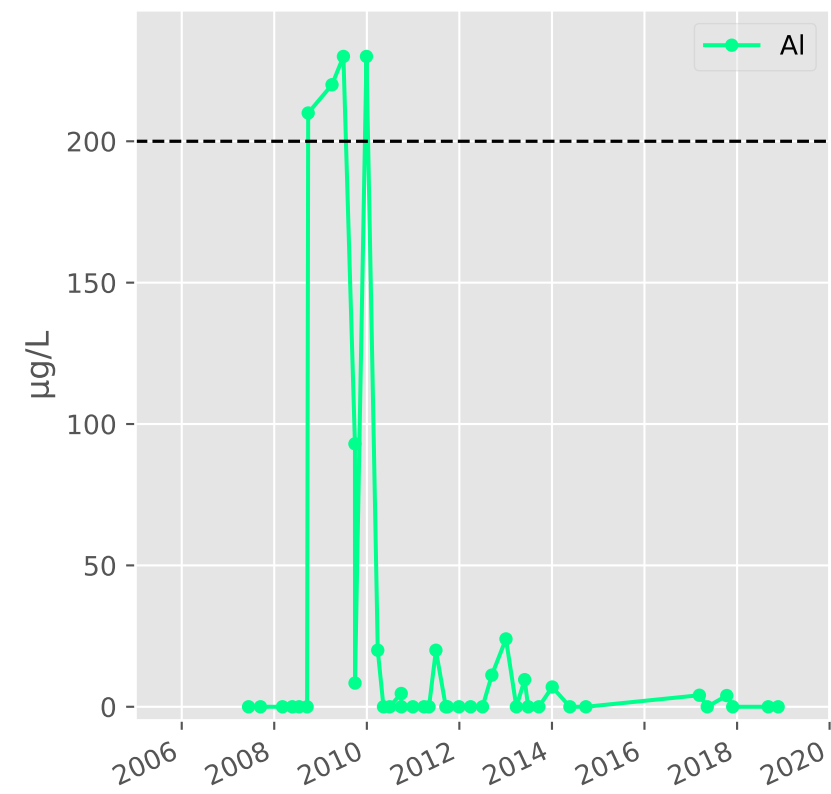
Plomb



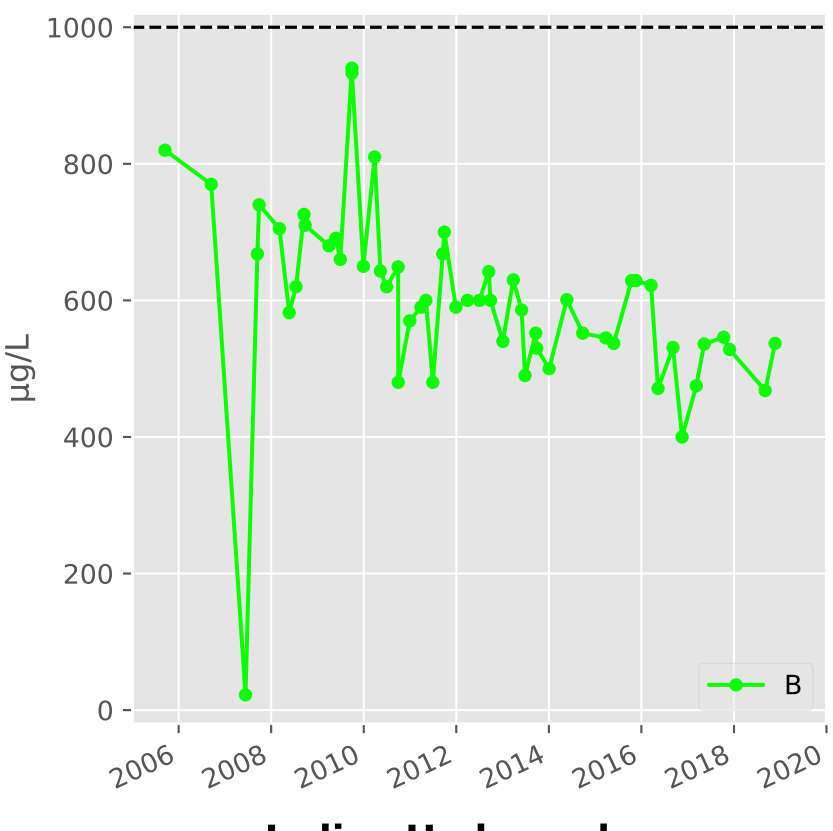
Cadmium



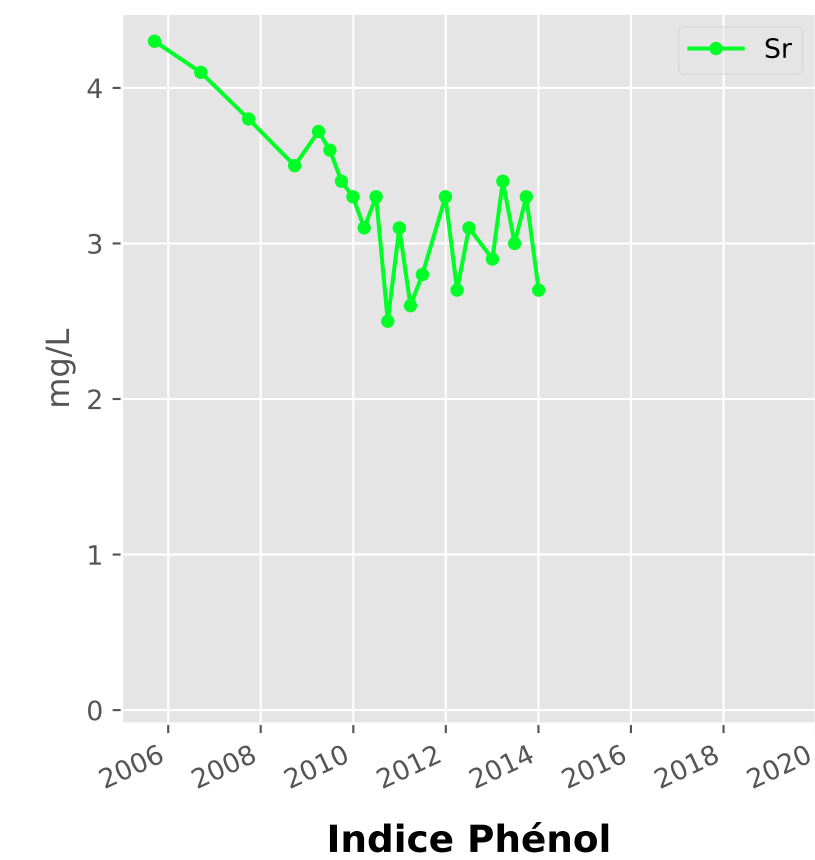
Aluminium



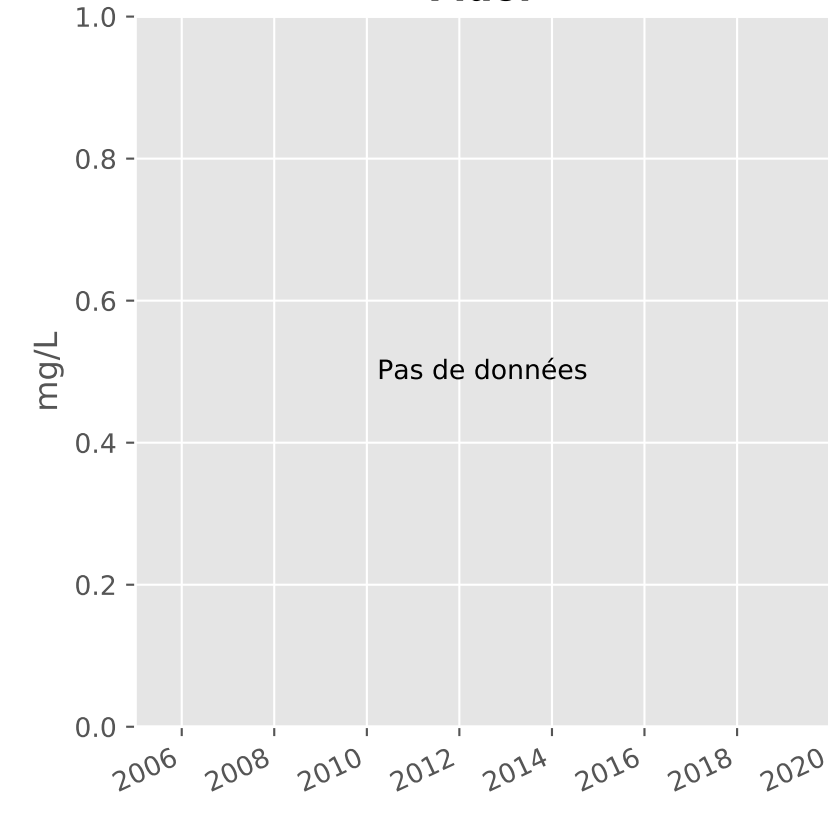
Bore



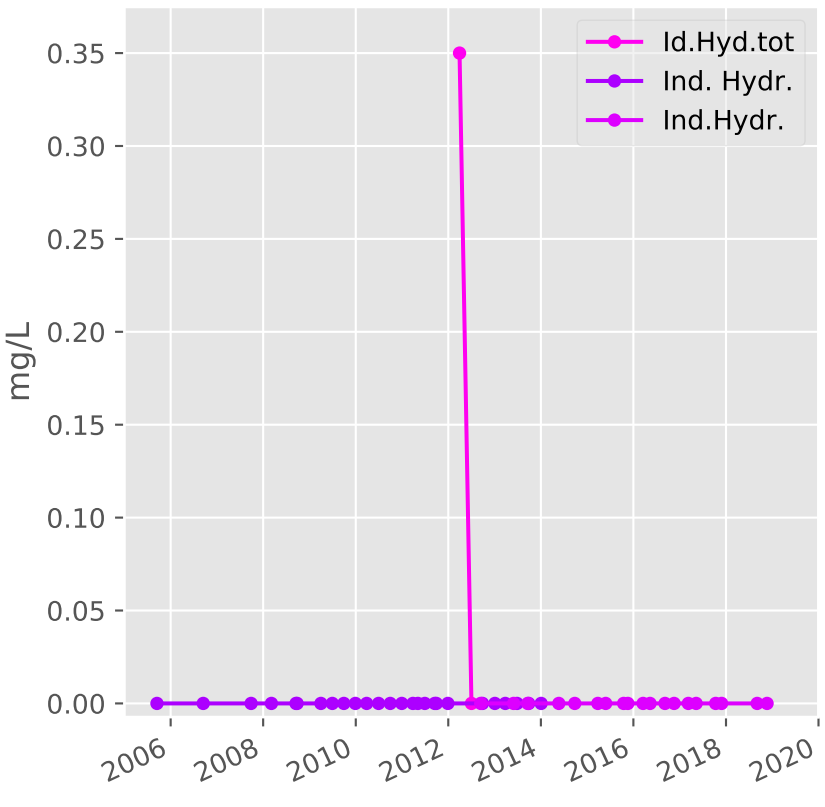
Strontium



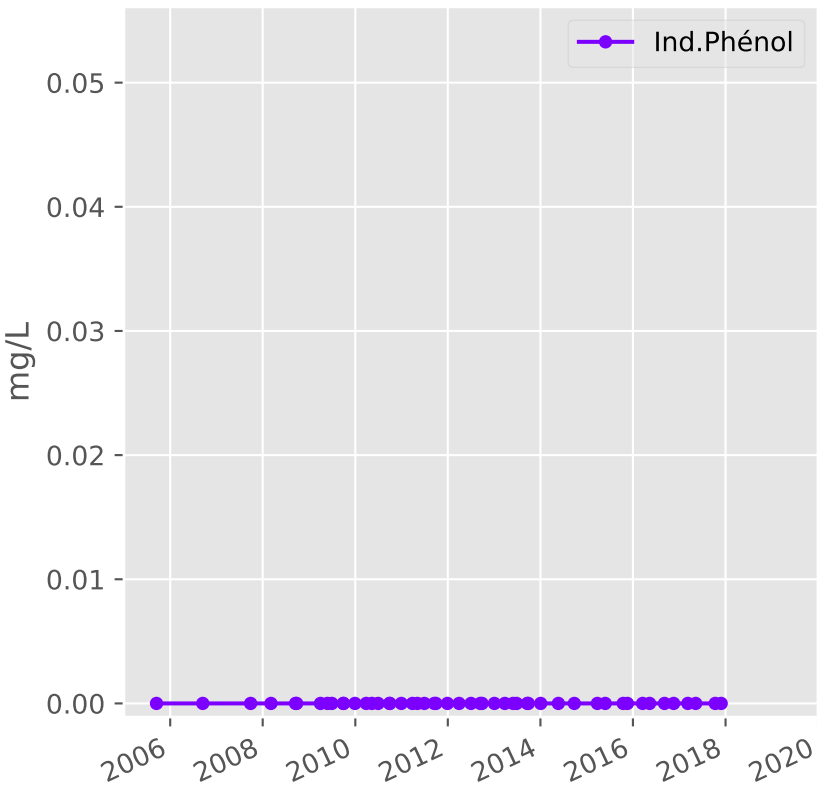
Fluor



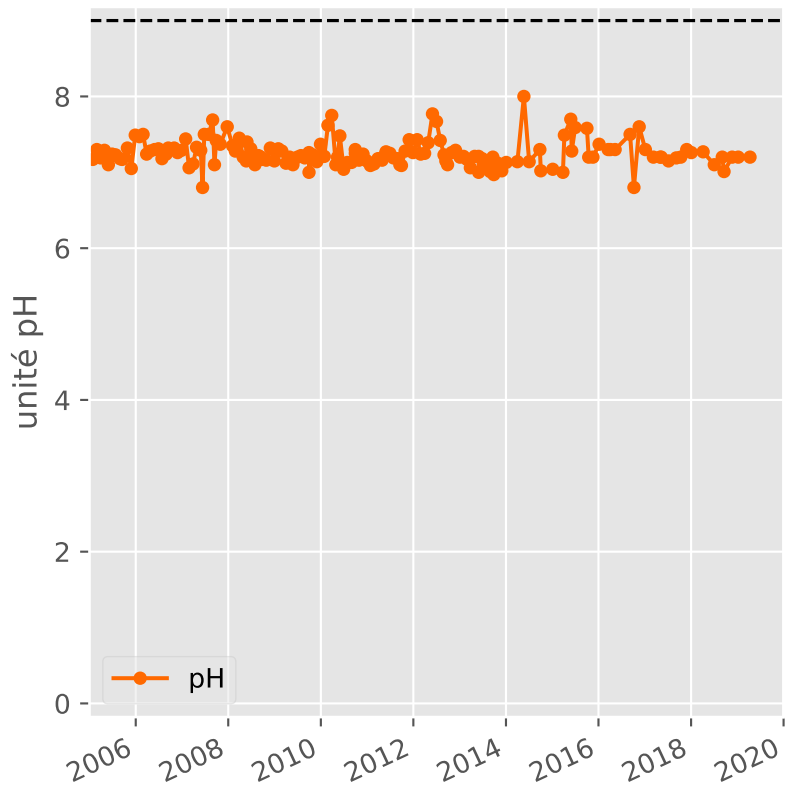
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

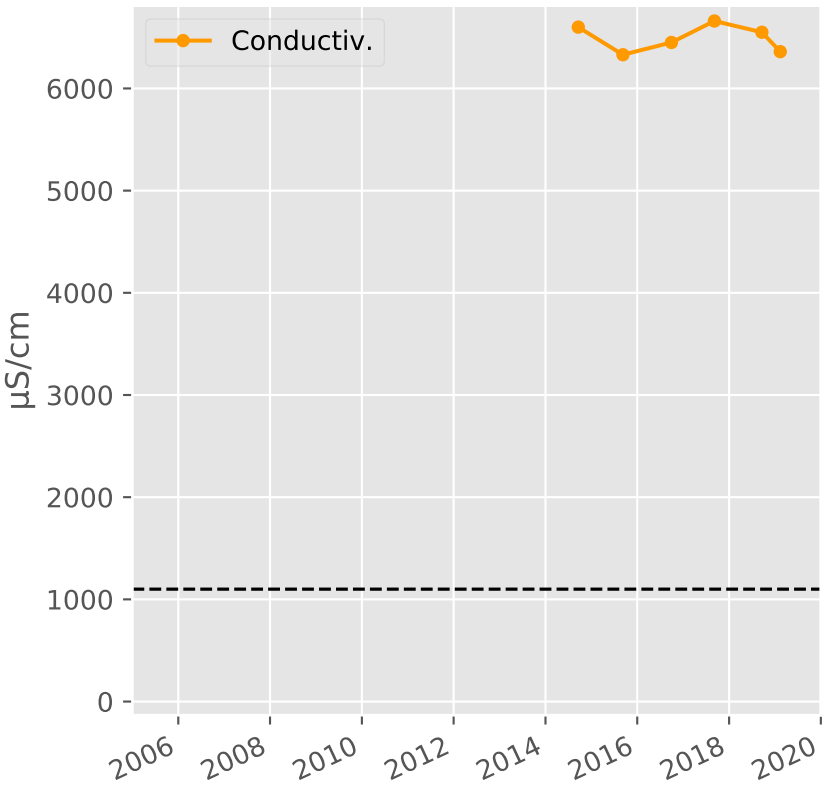


pH

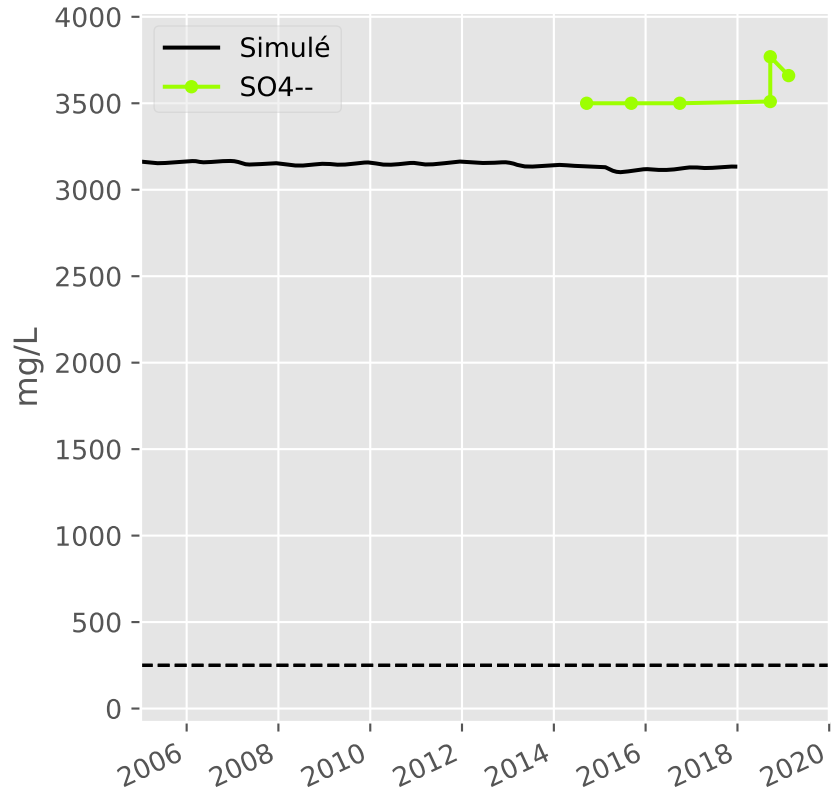


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC1 - C13 - Puits Amermont III - 01364X0042

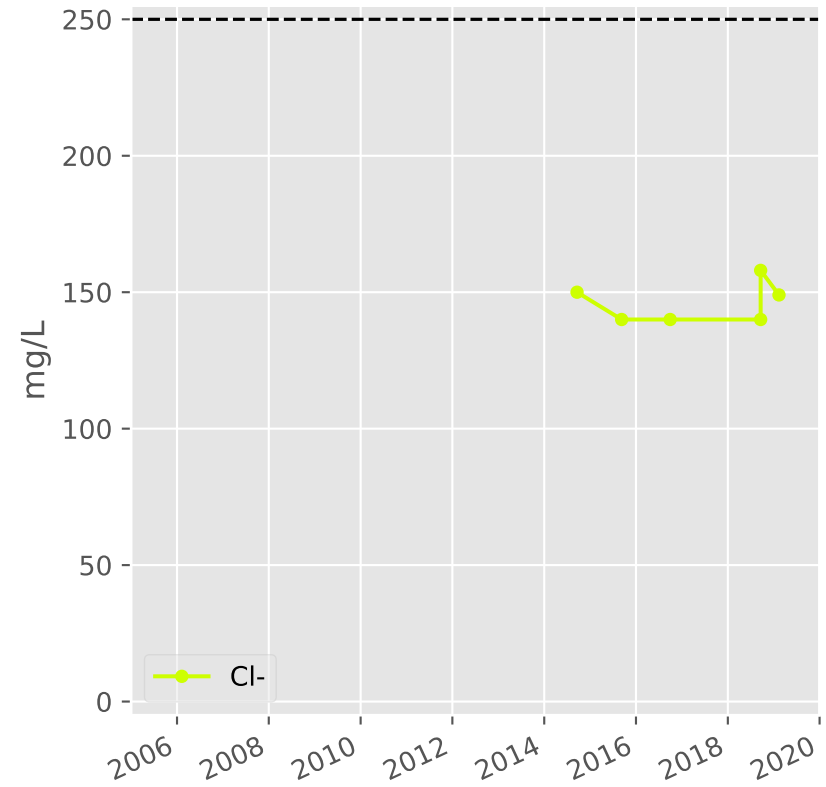
Conductivité



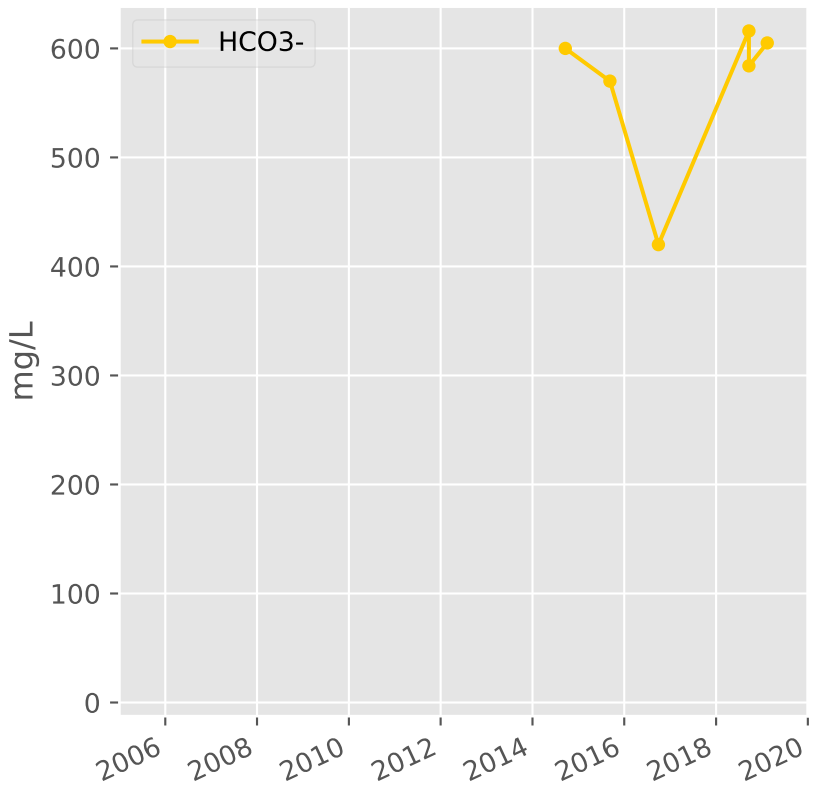
Sulfates



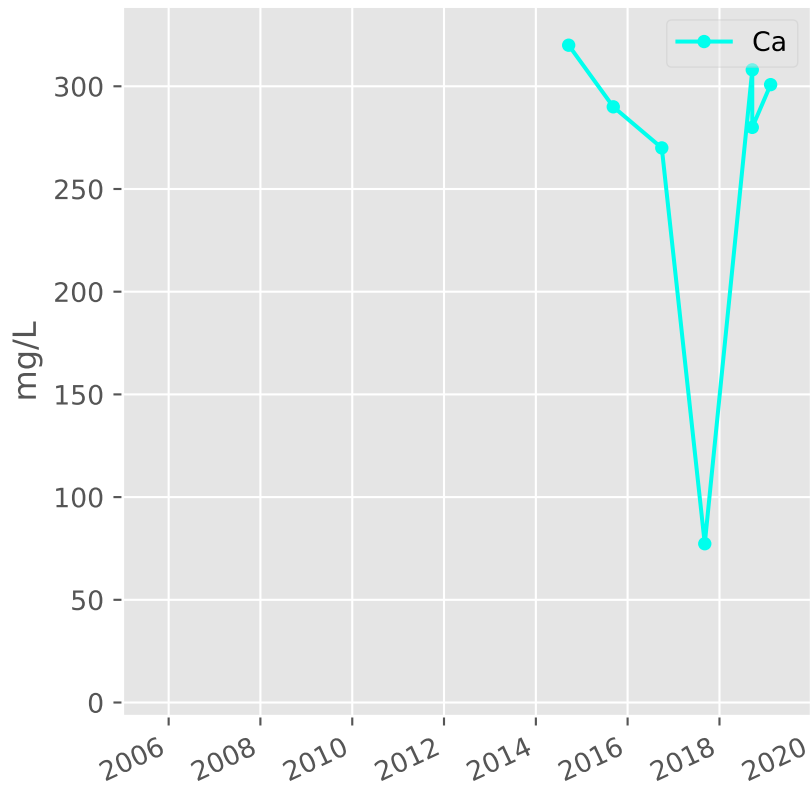
Chlorures



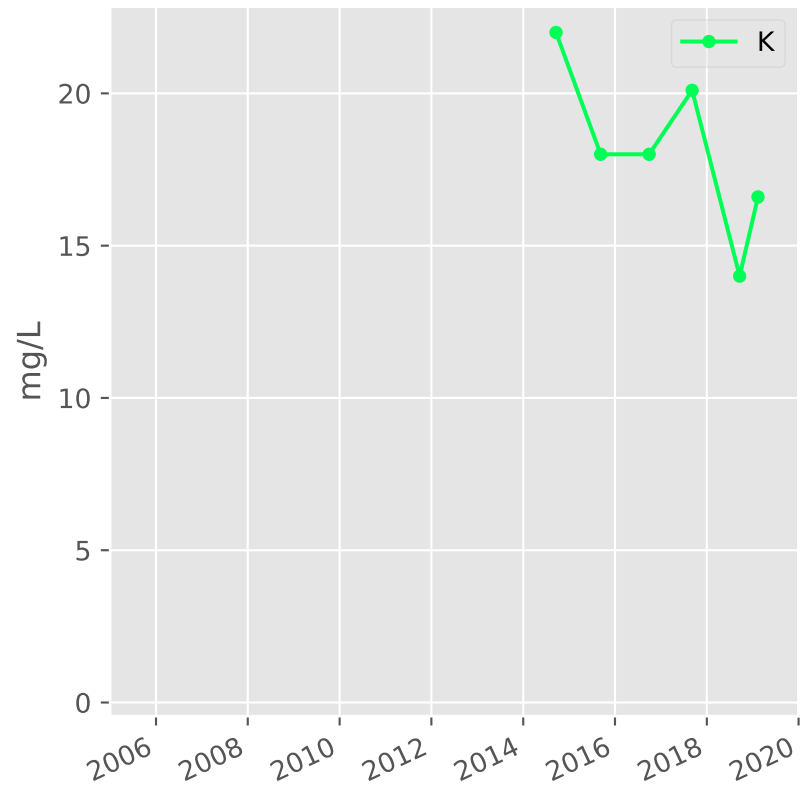
Bicarbonates



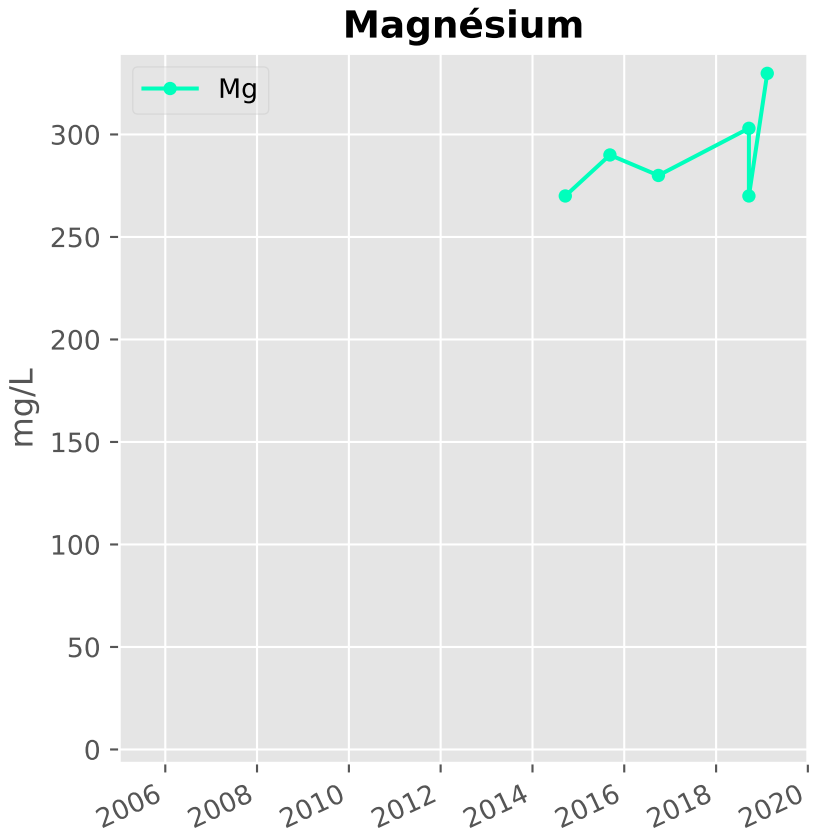
Calcium



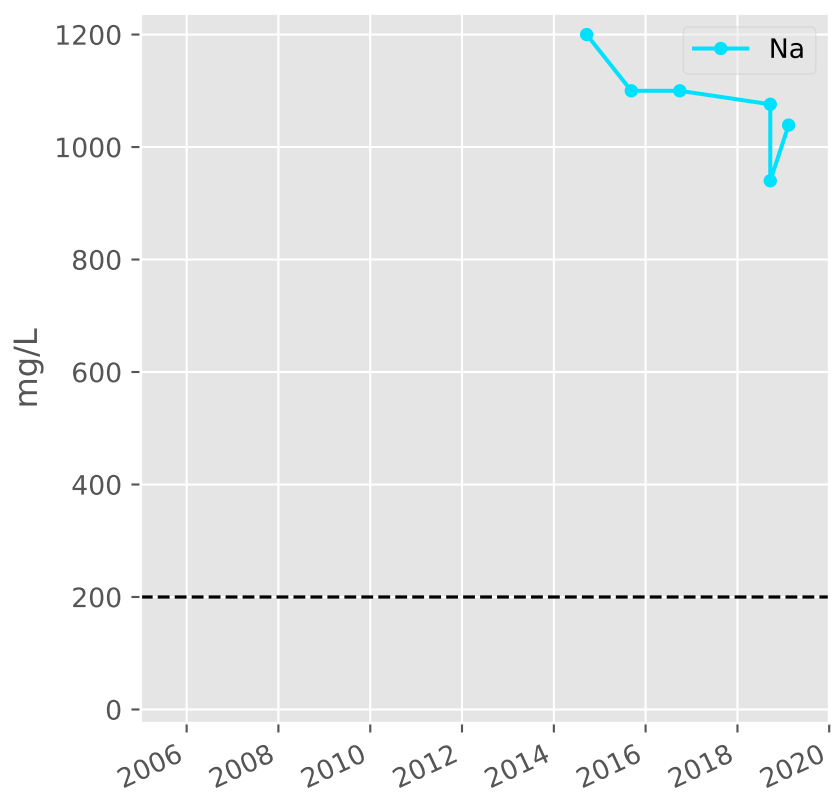
Potassium



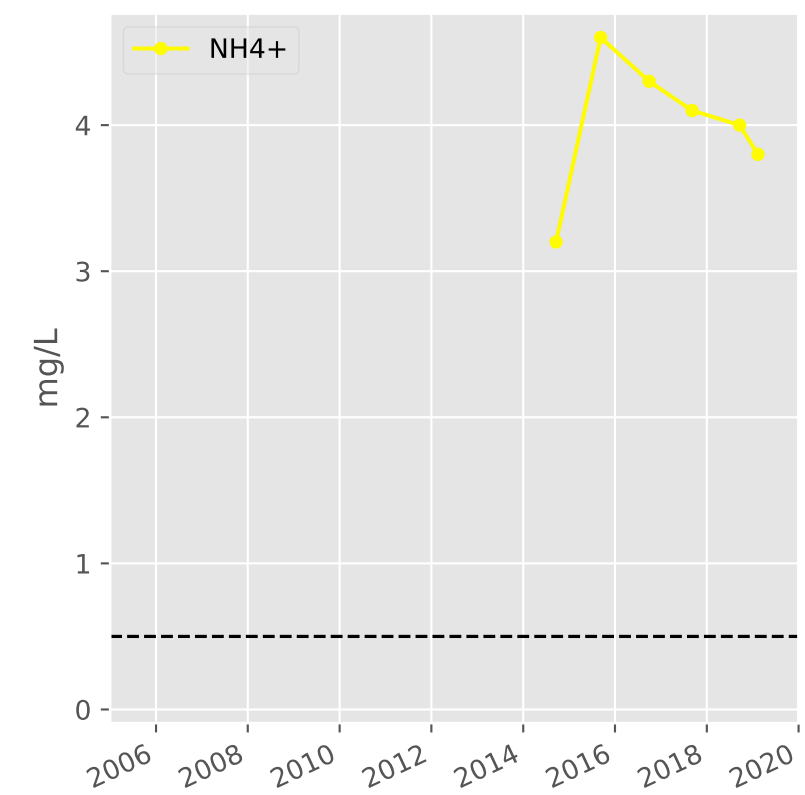
Magnésium



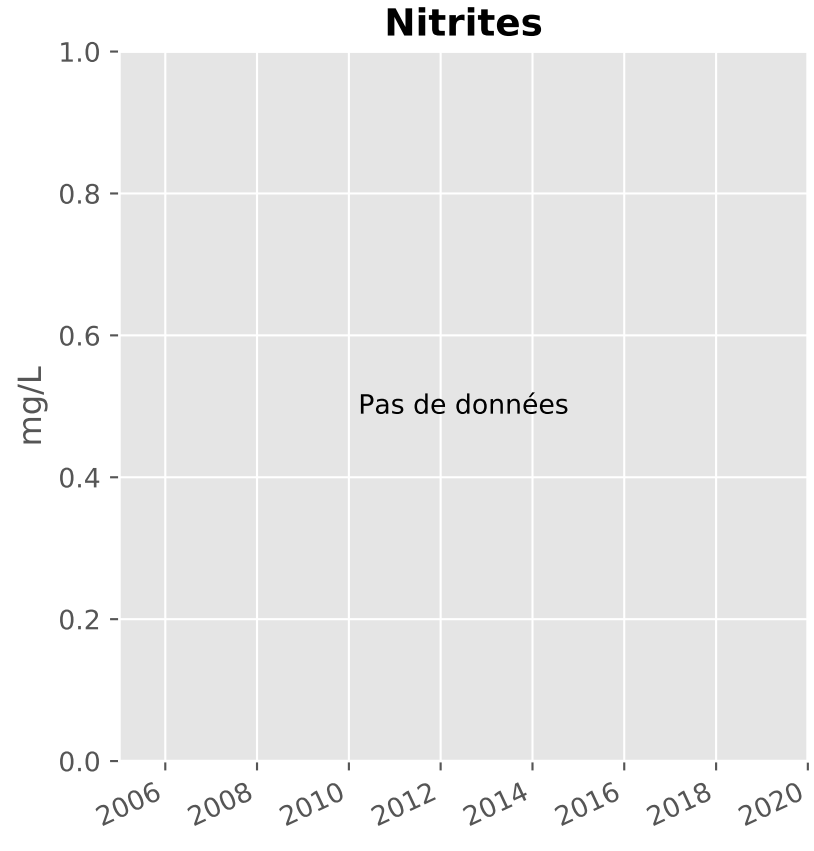
Sodium



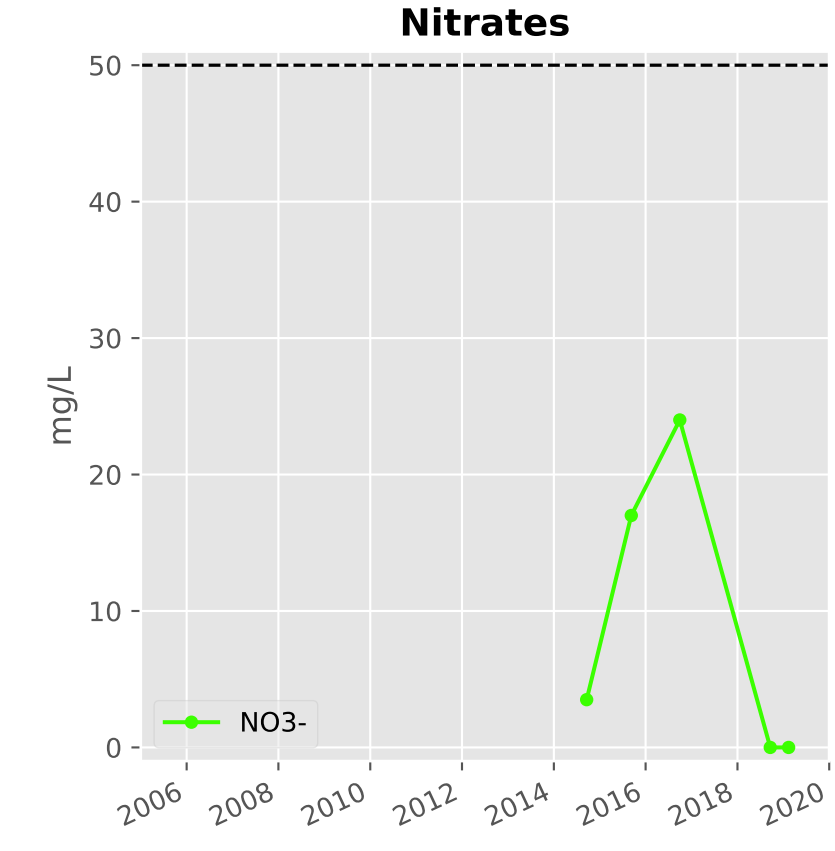
Ammonium



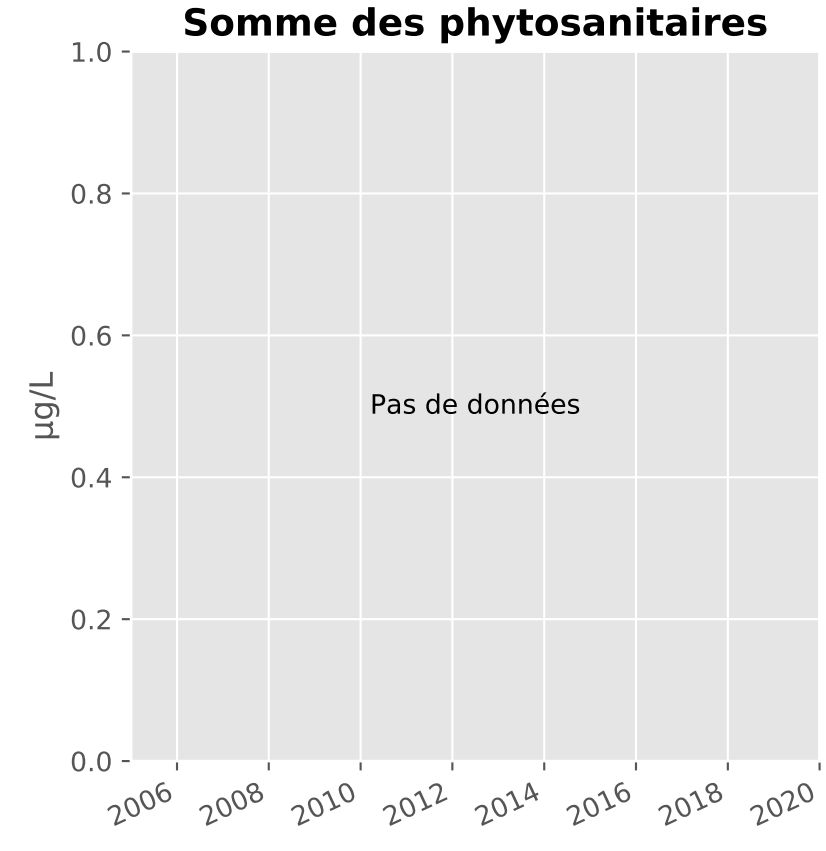
Nitrites



Nitrates

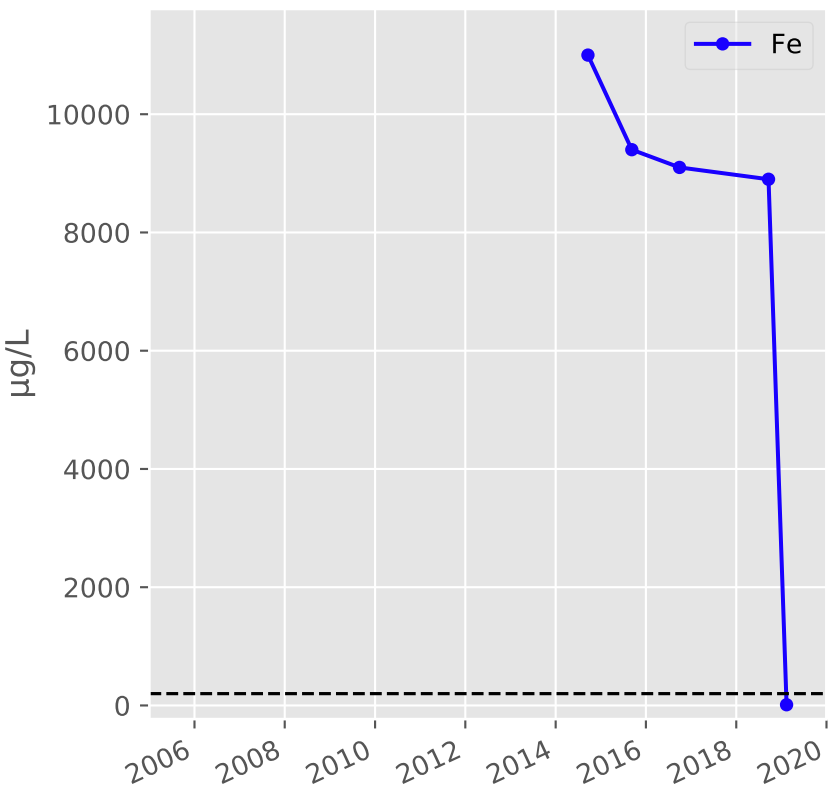


Somme des phytosanitaires

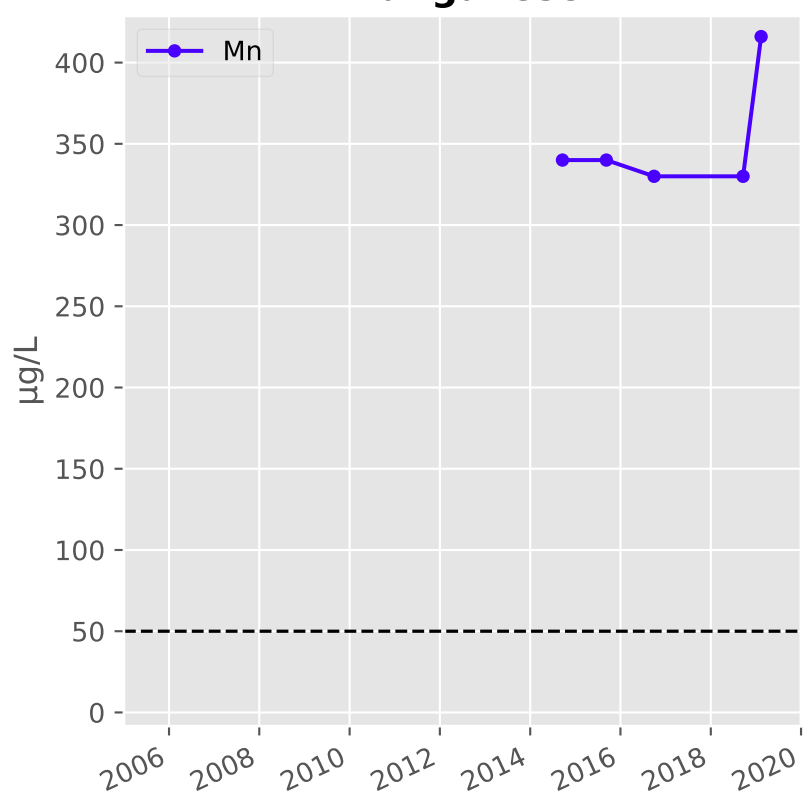


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC1 - C13 - Puits Amermont III - 01364X0042

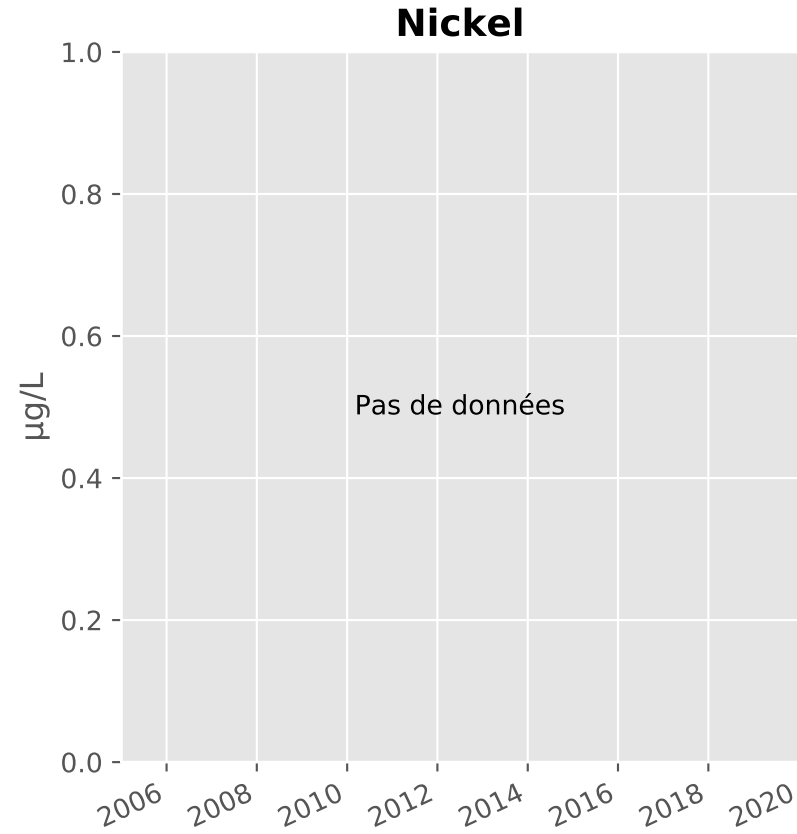
Fer



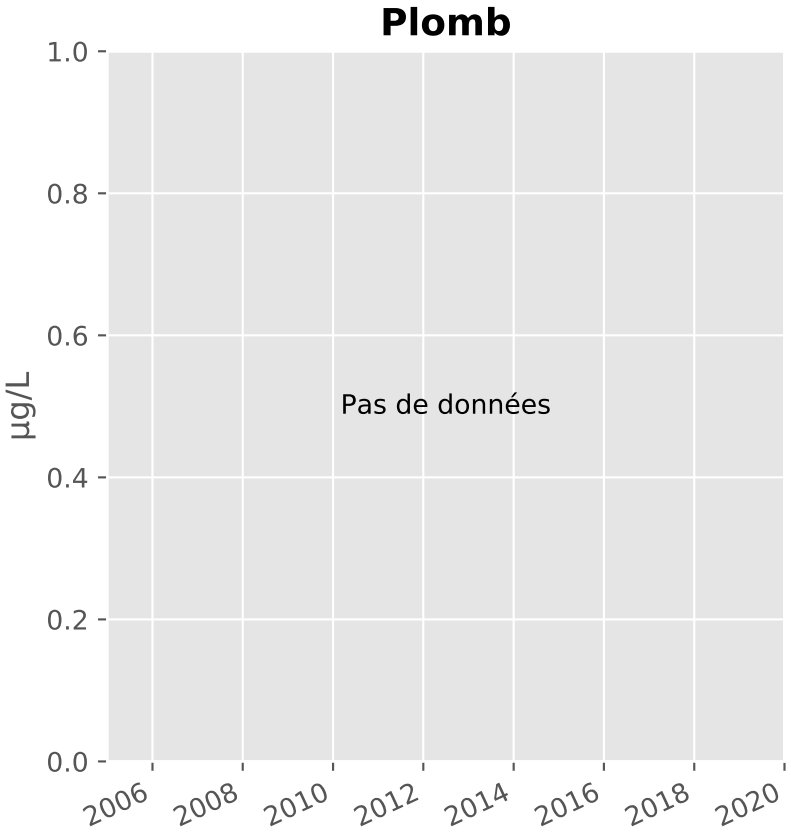
Manganèse



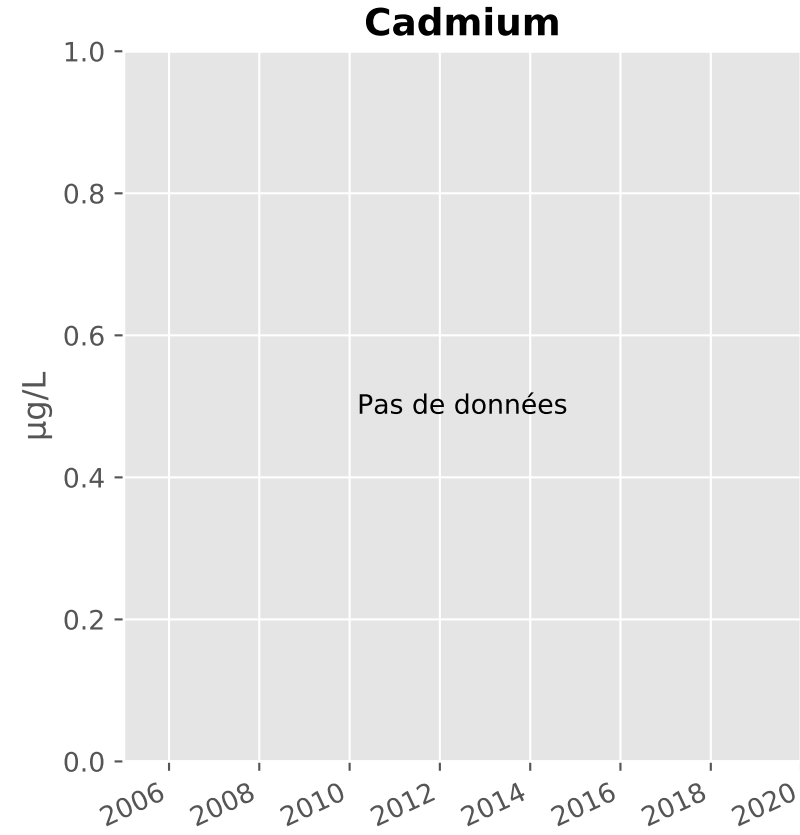
Nickel



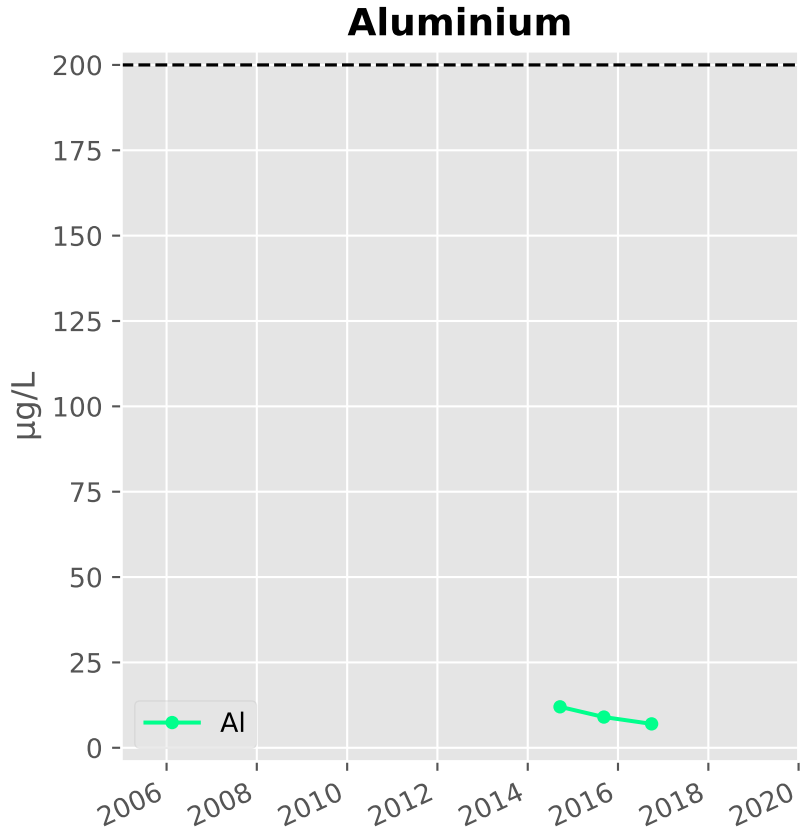
Plomb



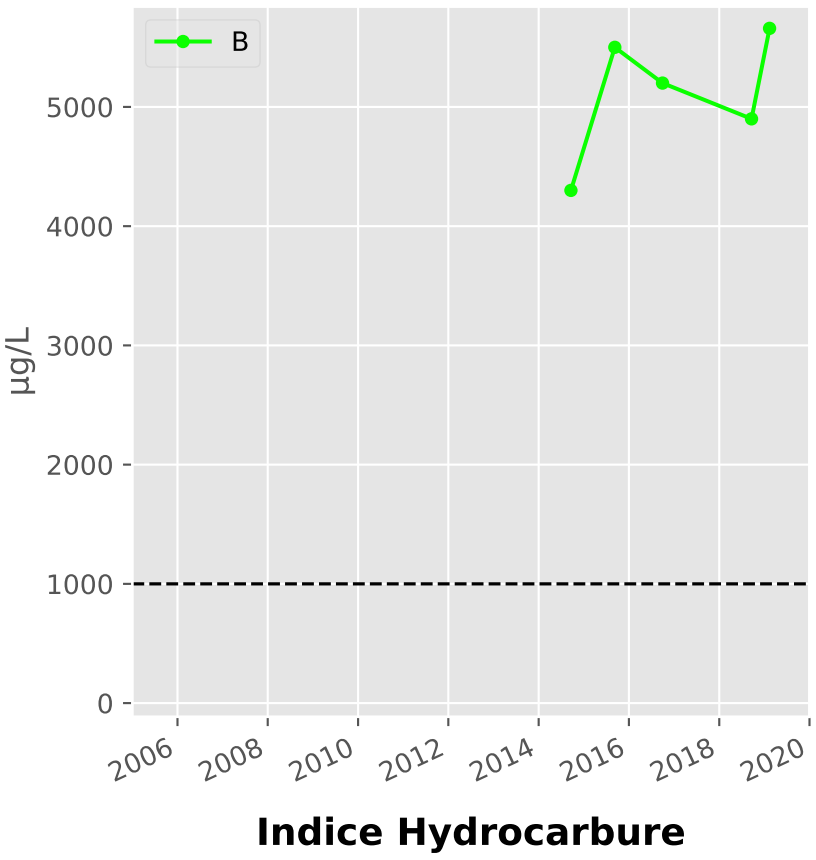
Cadmium



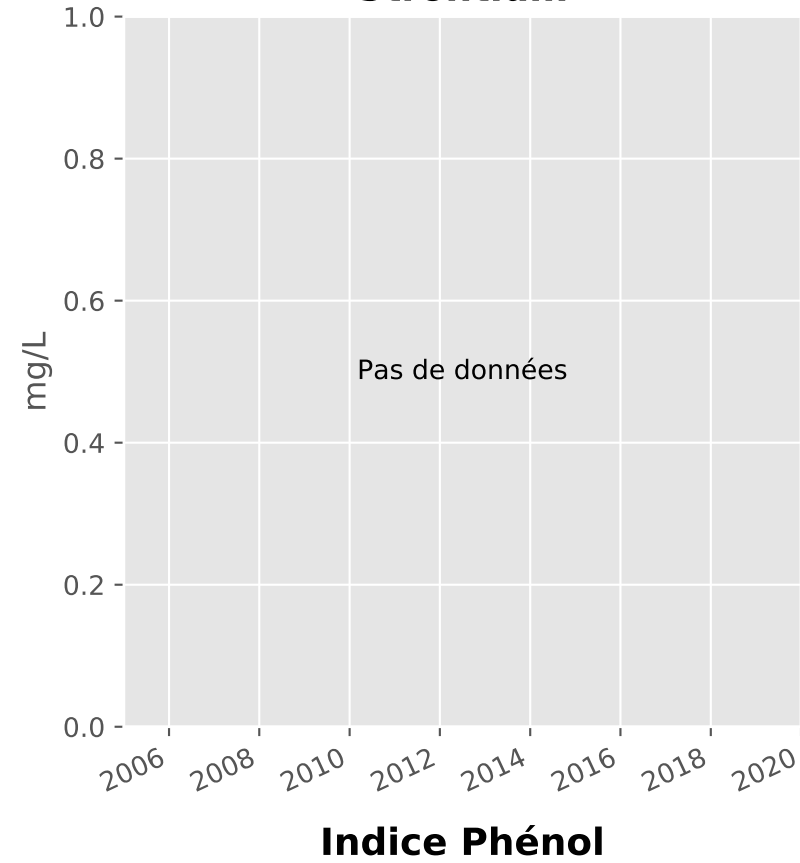
Aluminium



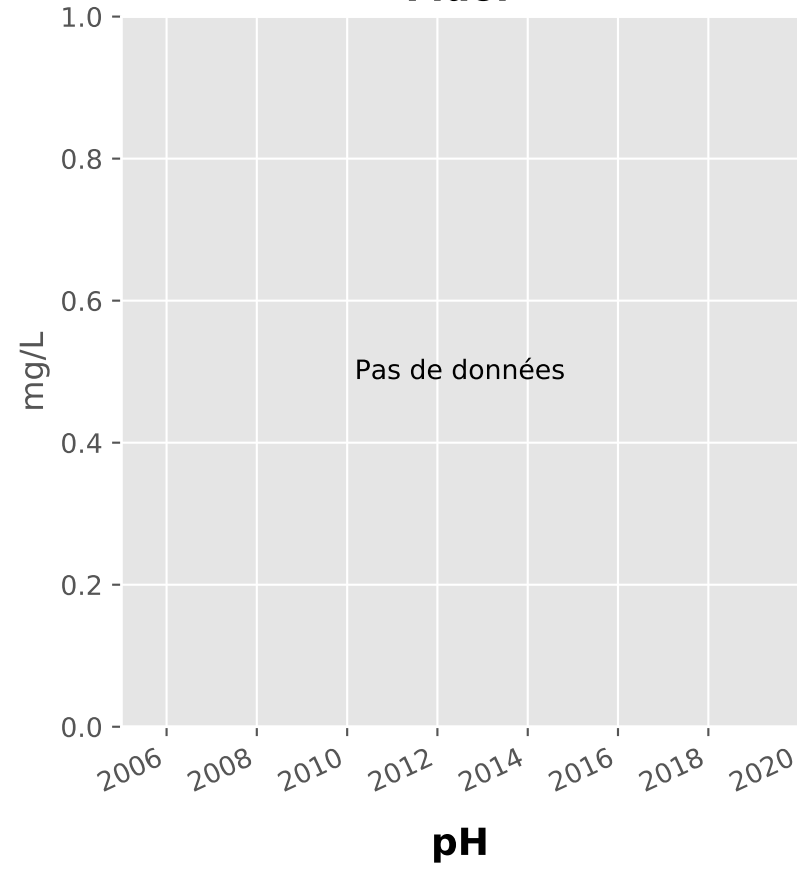
Bore



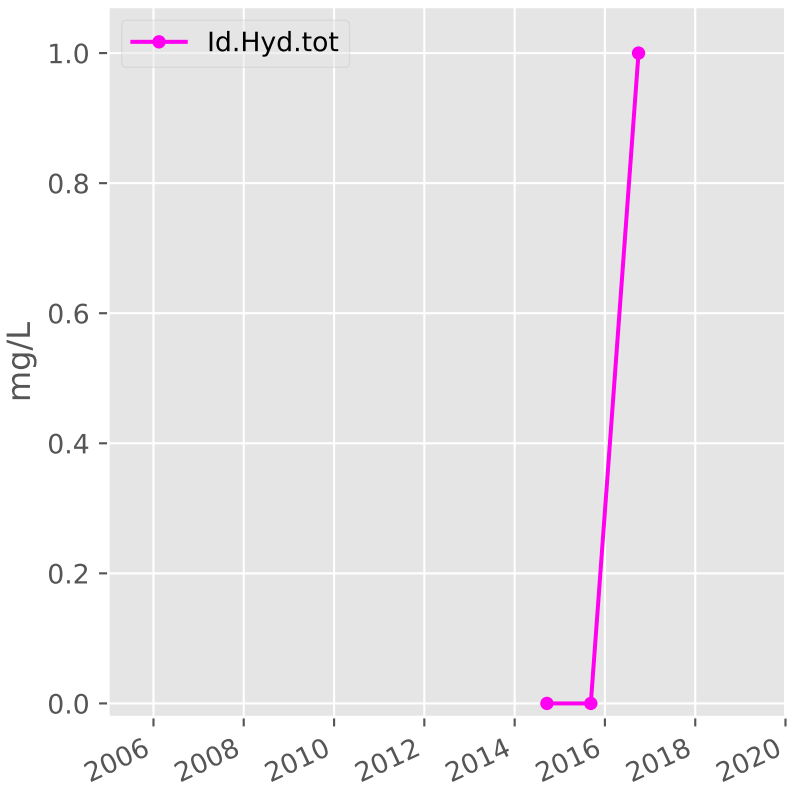
Strontium



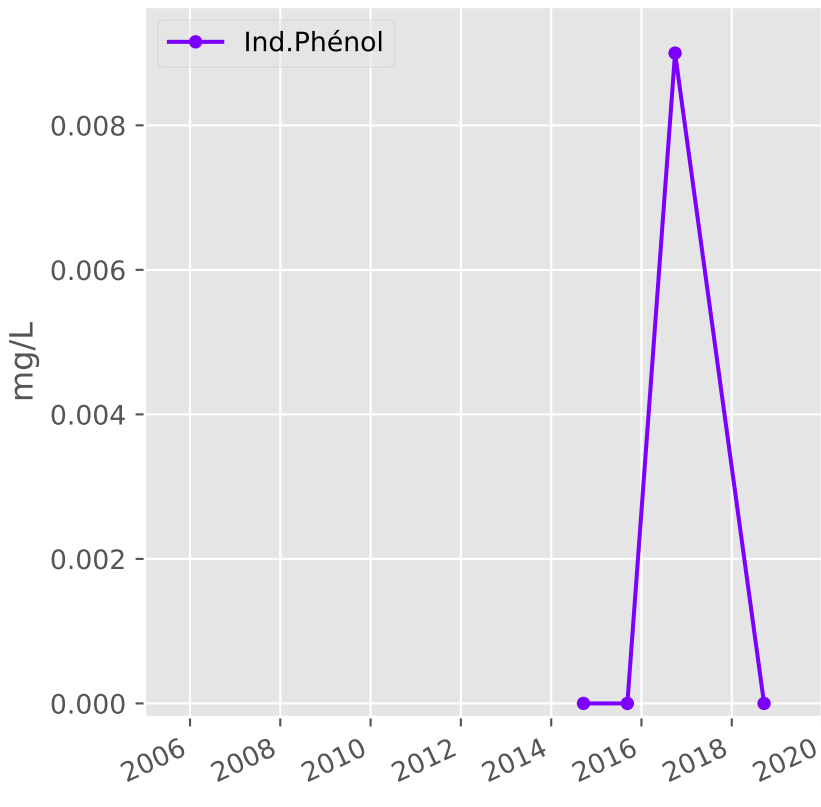
Fluor



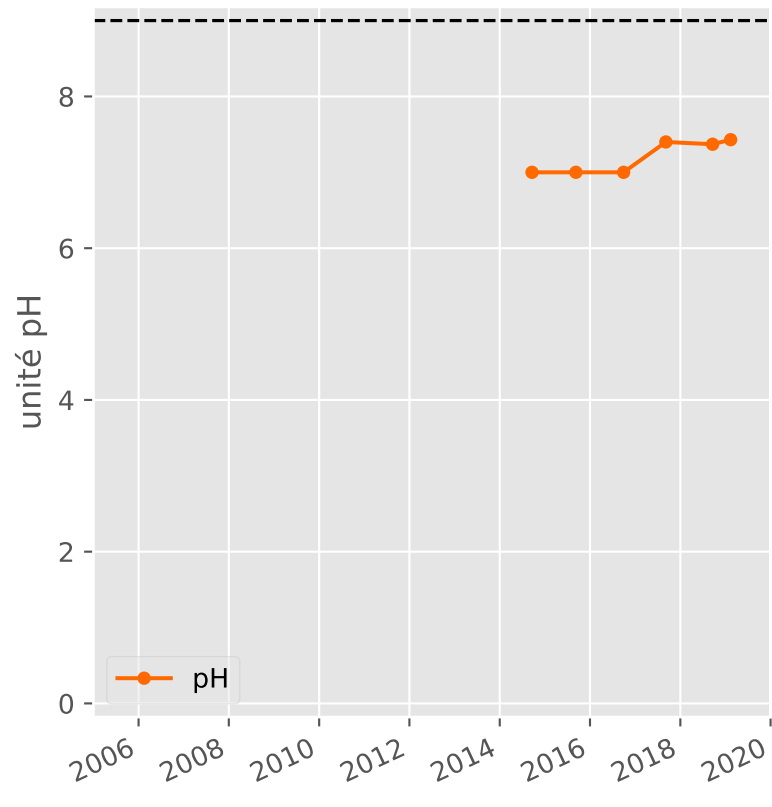
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

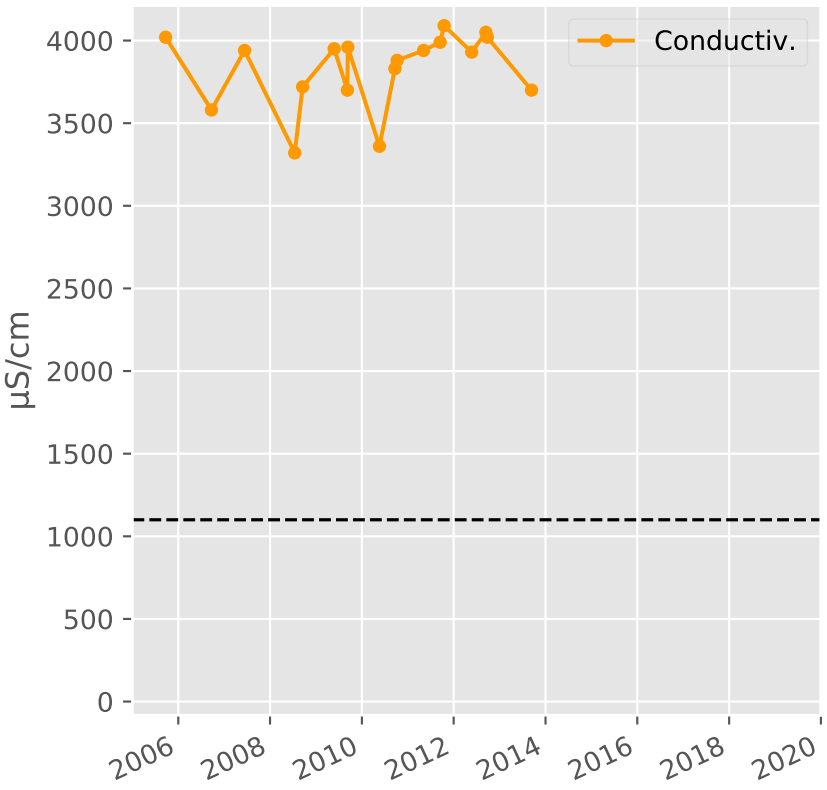


pH

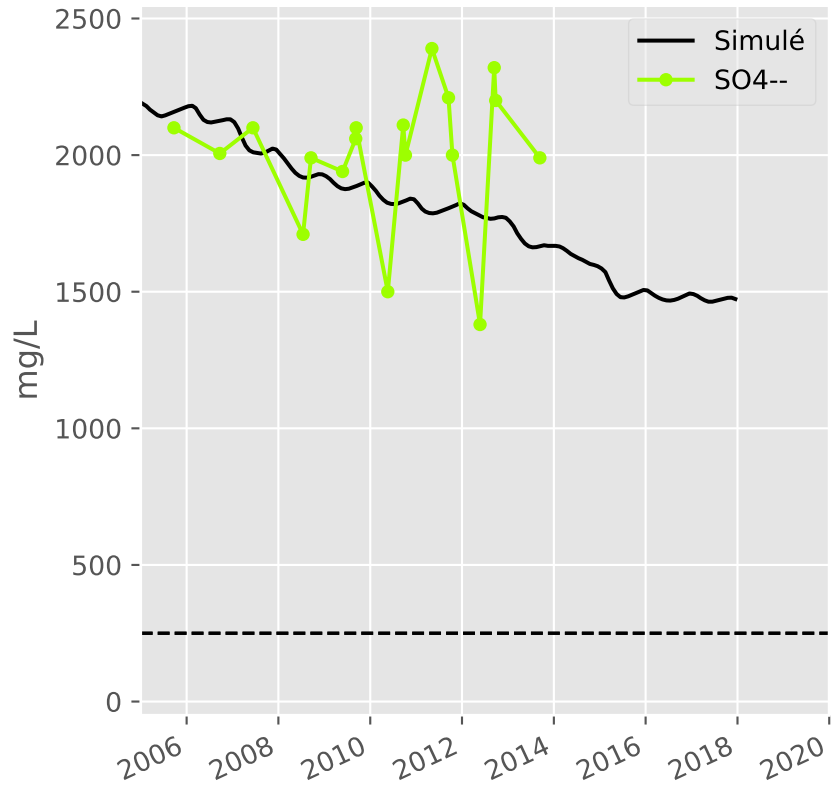


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C17 - Puits Tucquegnieux I - 01372X0196

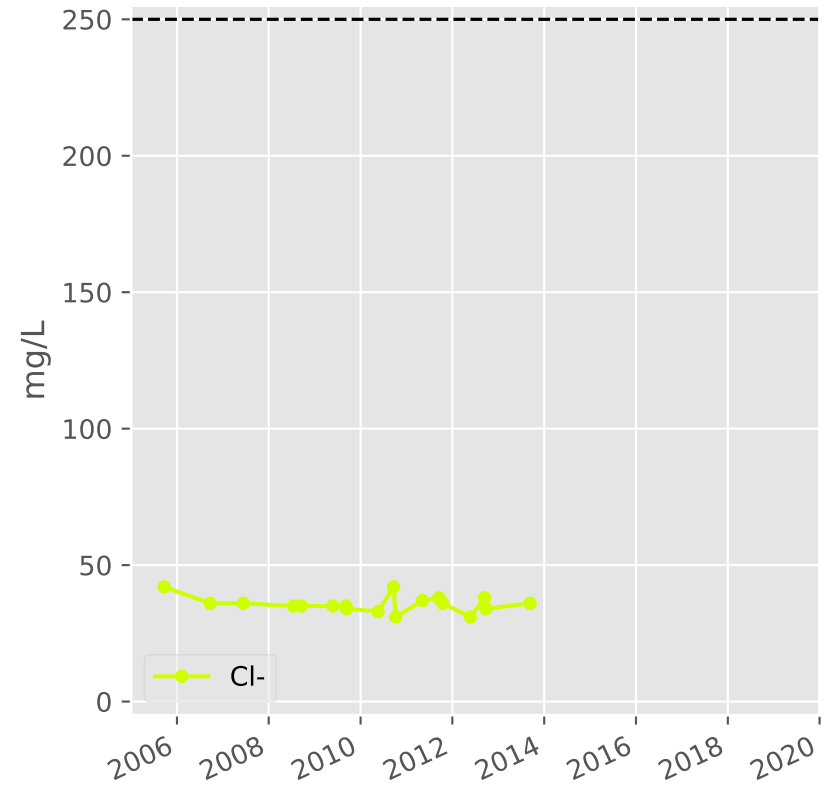
Conductivité



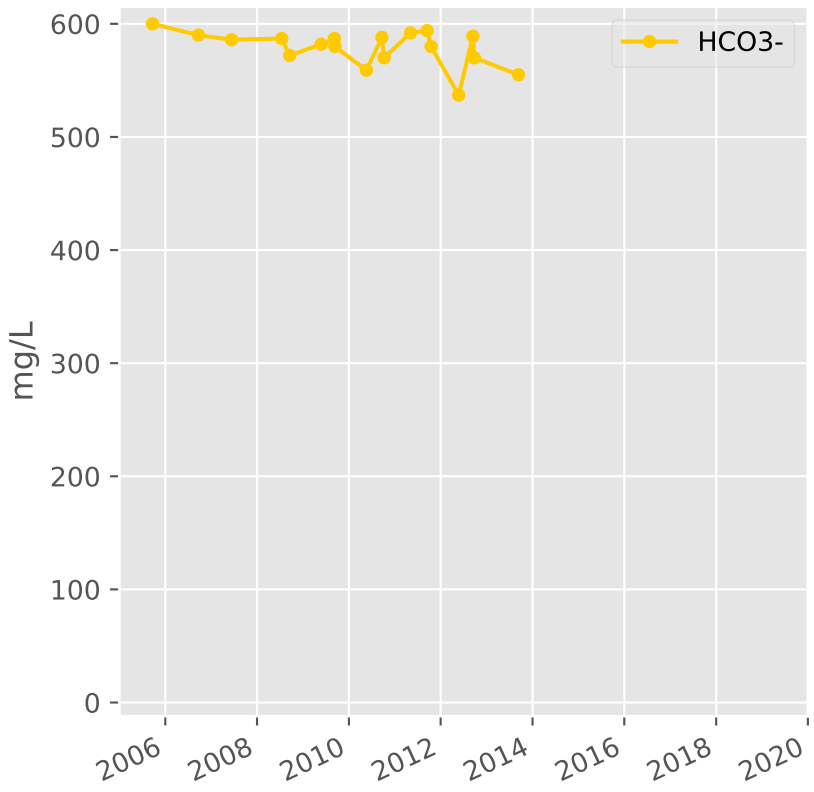
Sulfates



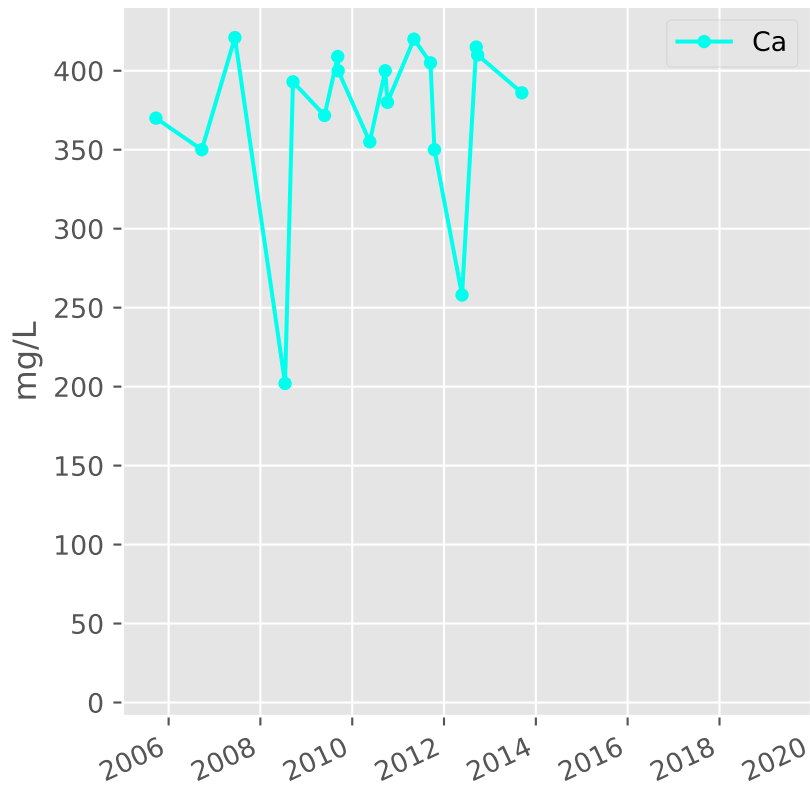
Chlorures



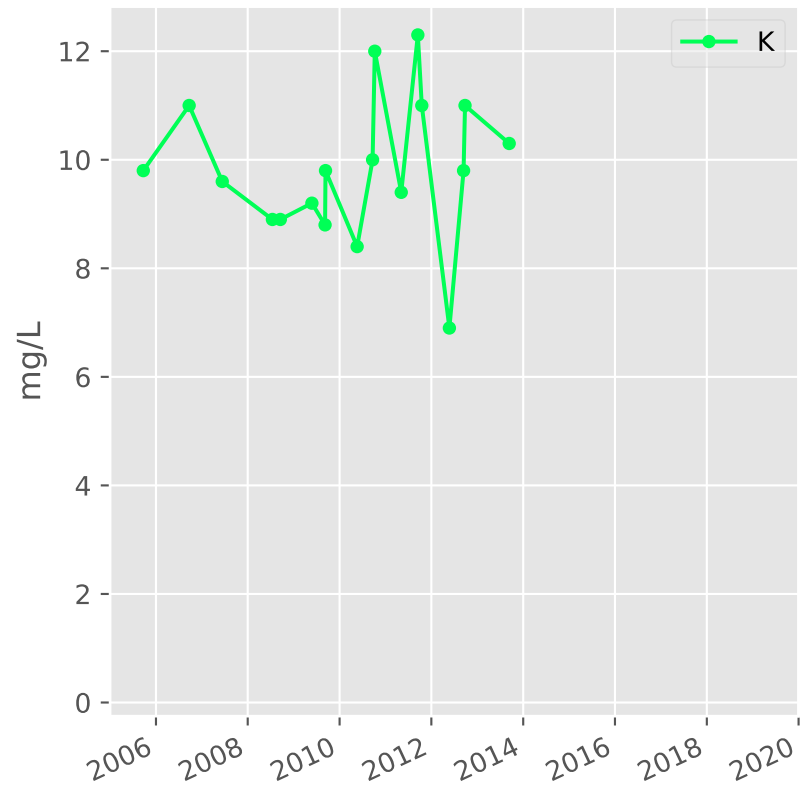
Bicarbonates



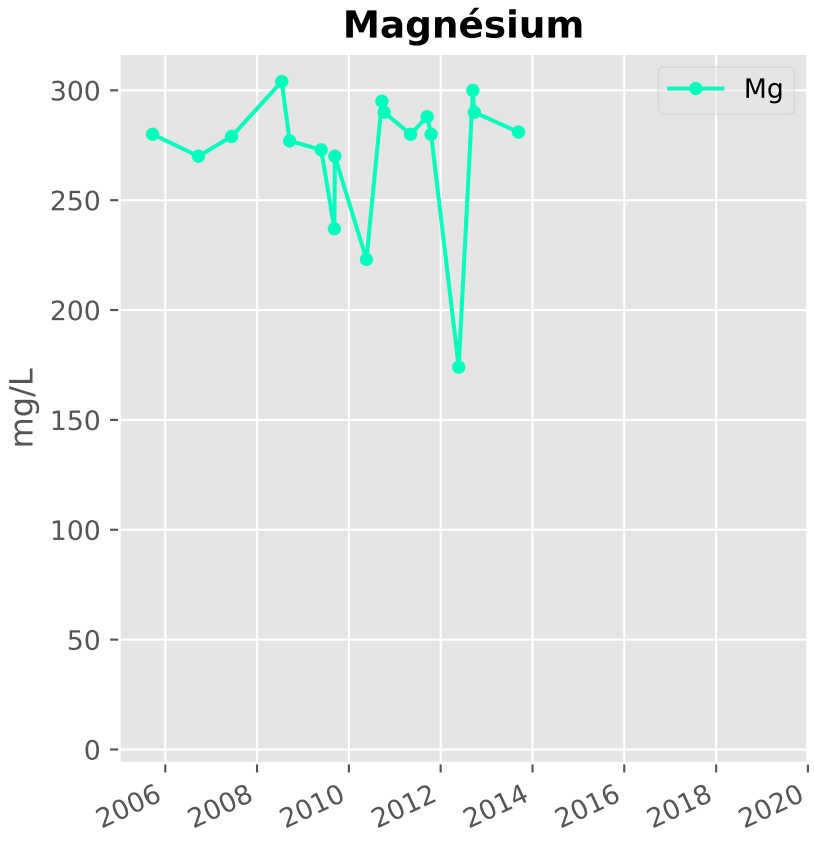
Calcium



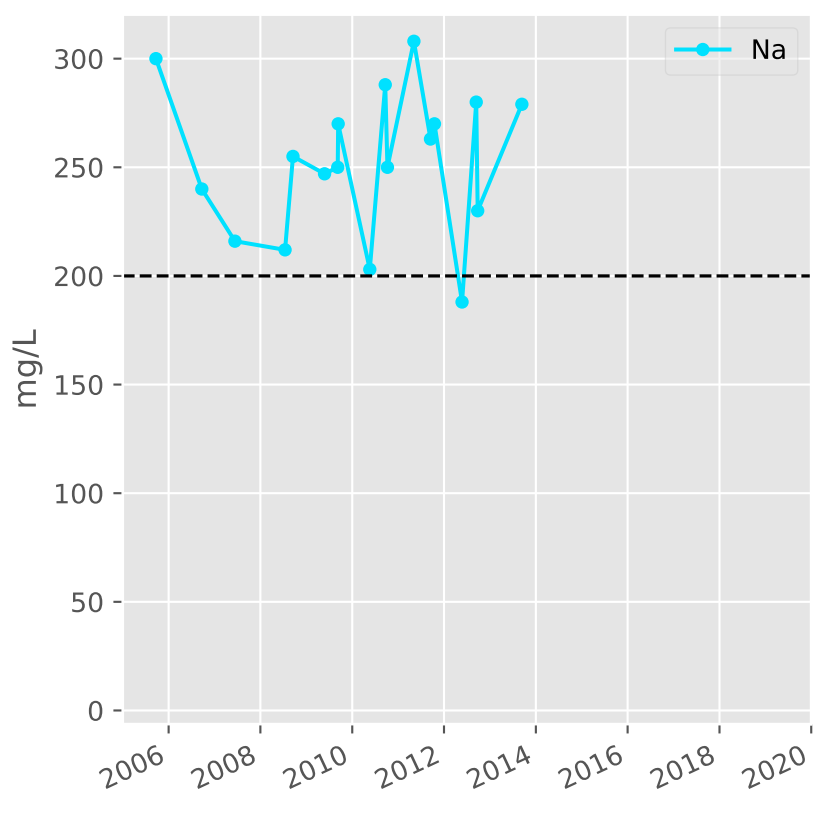
Potassium



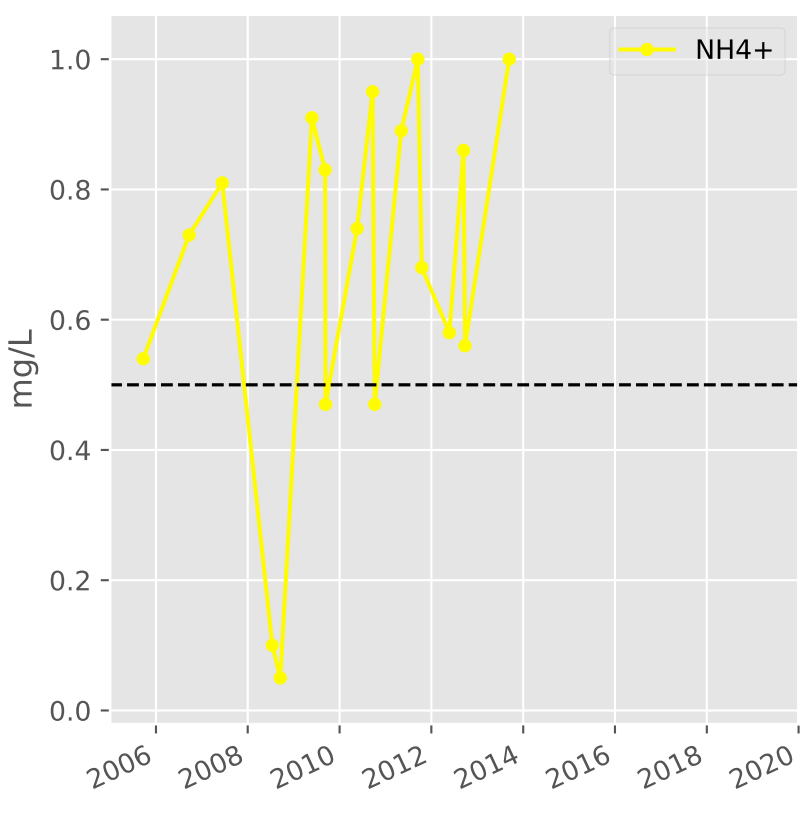
Magnésium



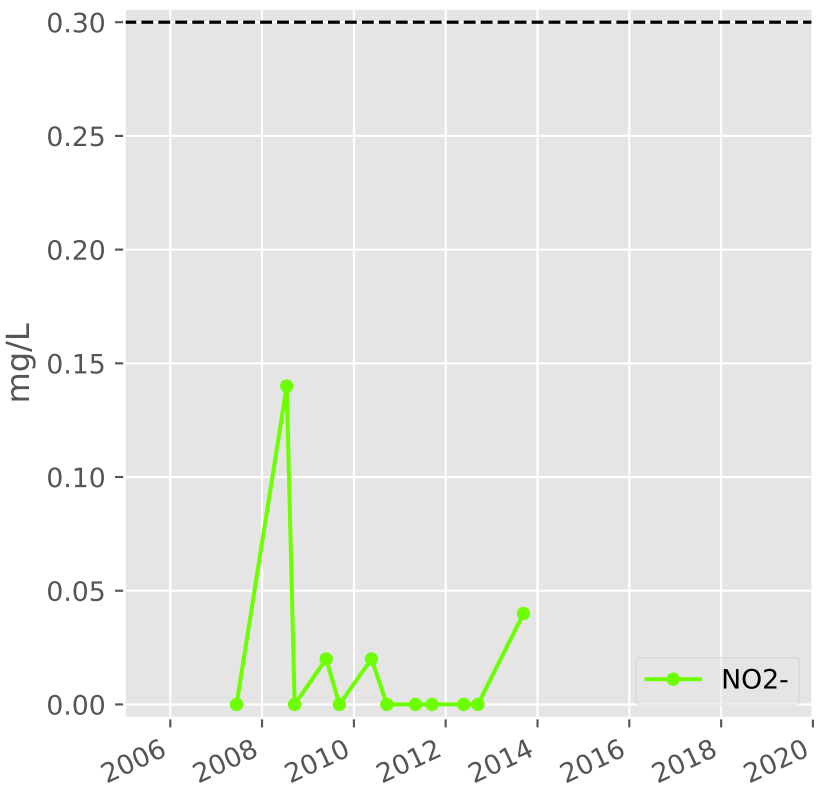
Sodium



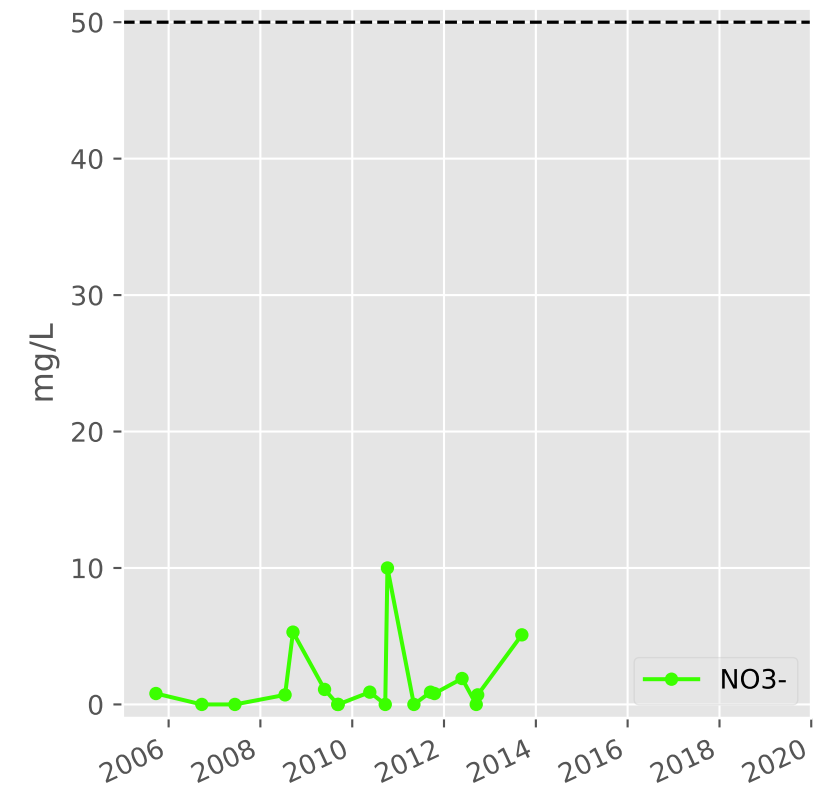
Ammonium



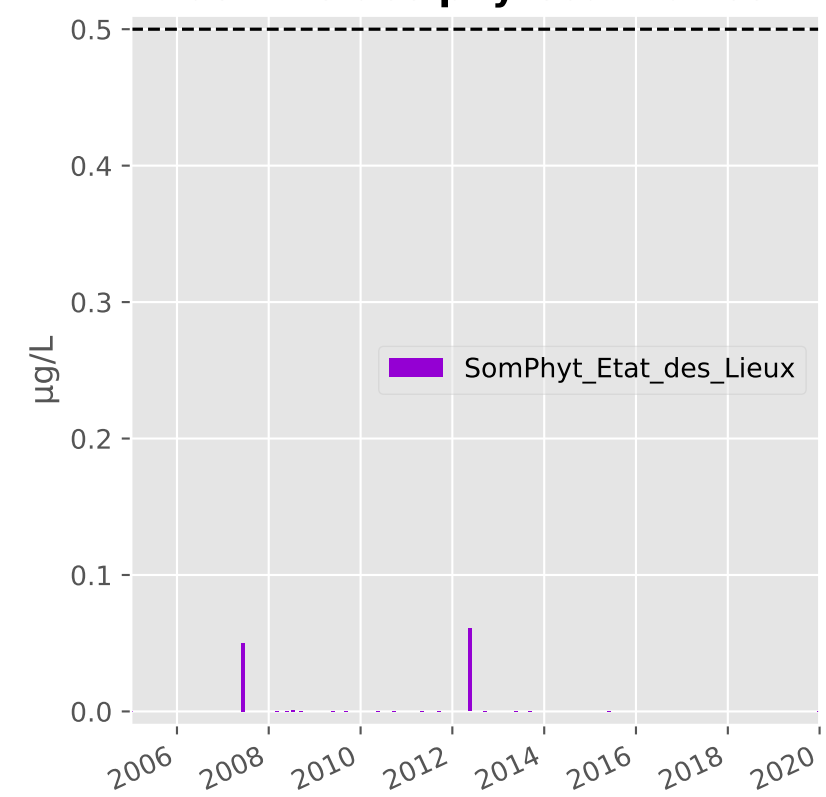
Nitrites



Nitrates

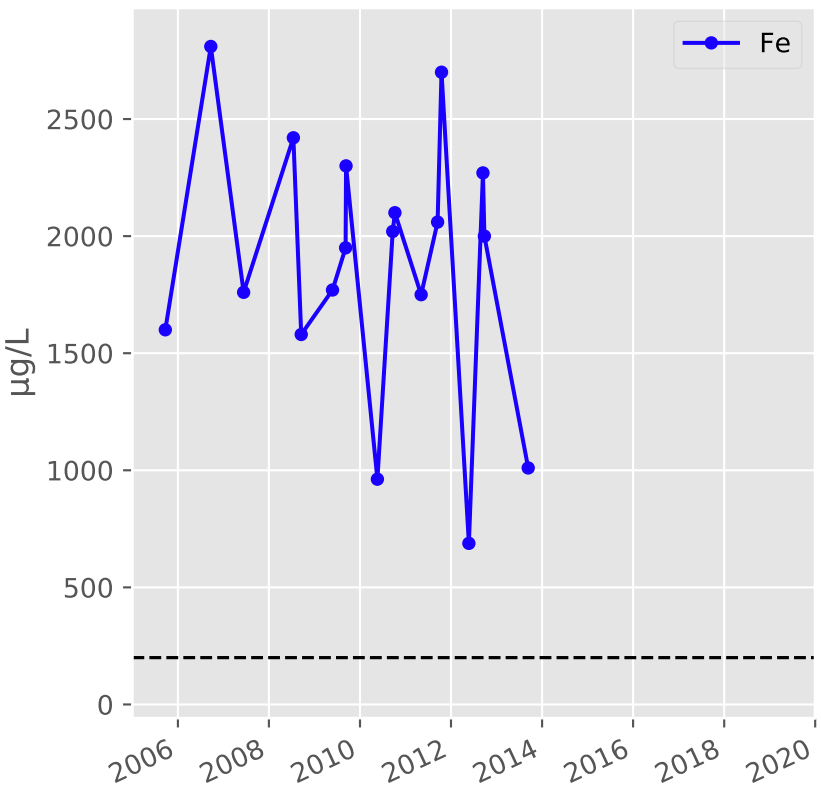


Somme des phytosanitaires

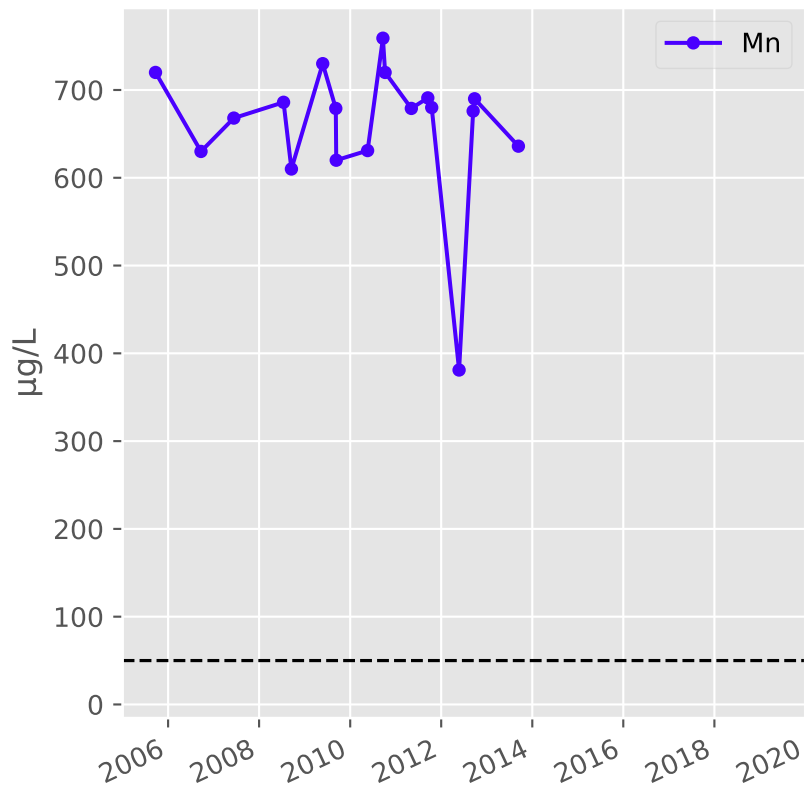


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C17 - Puits Tucquegnieux I - 01372X0196

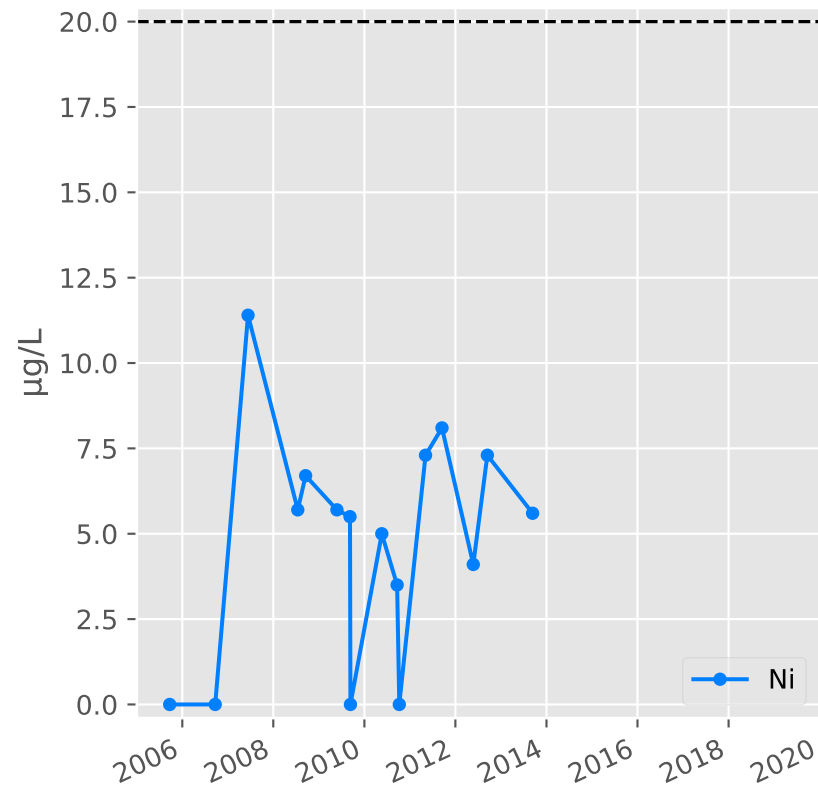
Fer



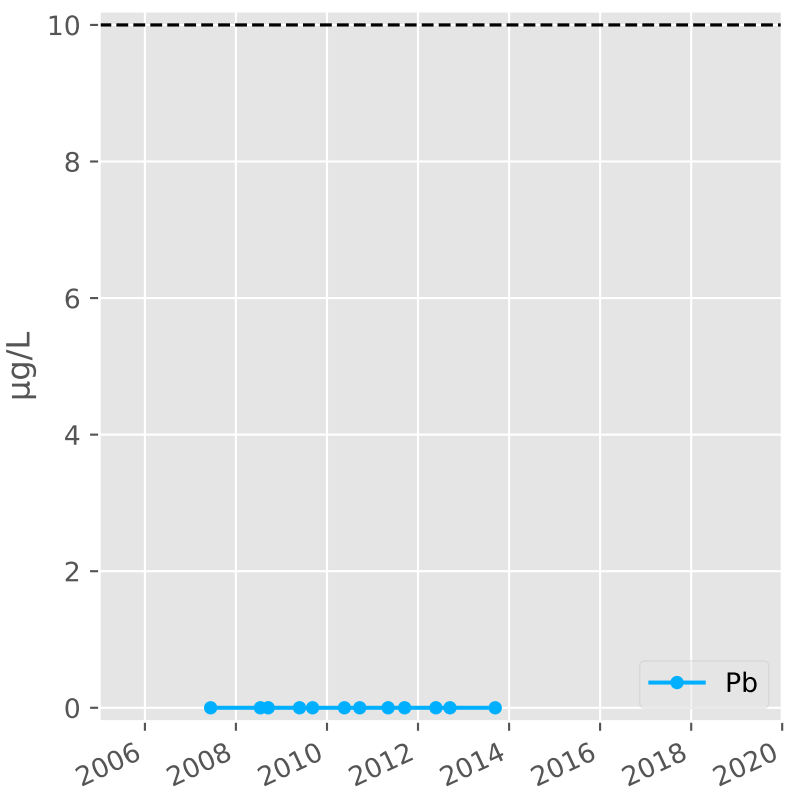
Manganèse



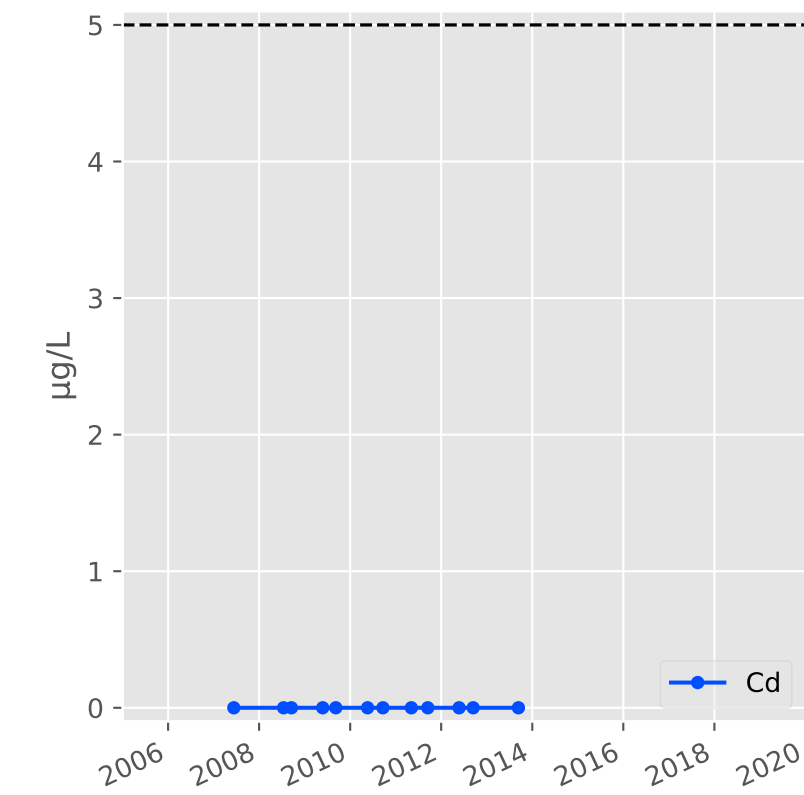
Nickel



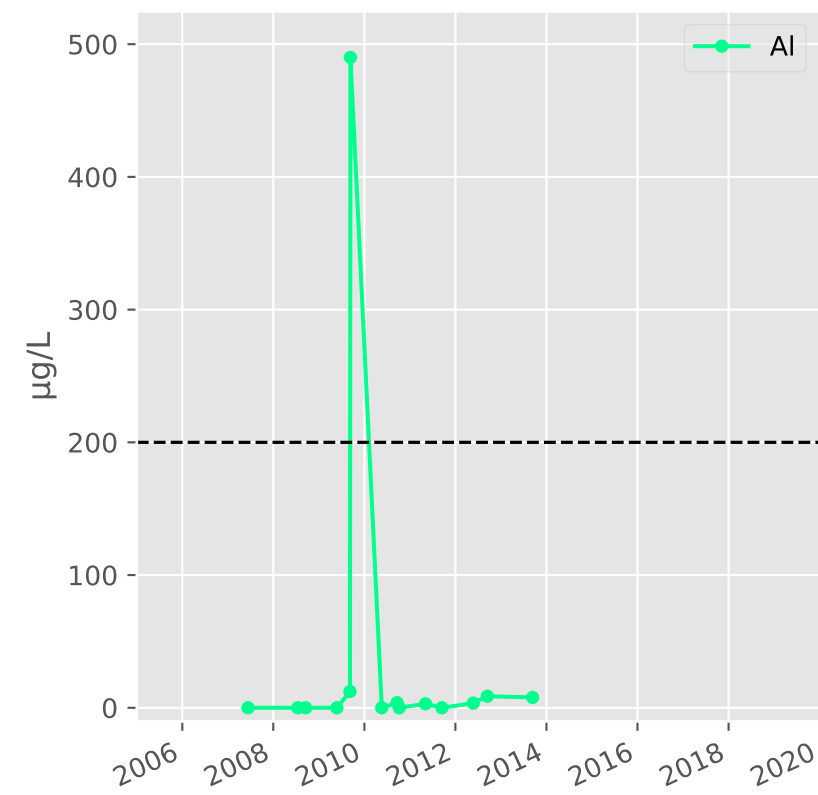
Plomb



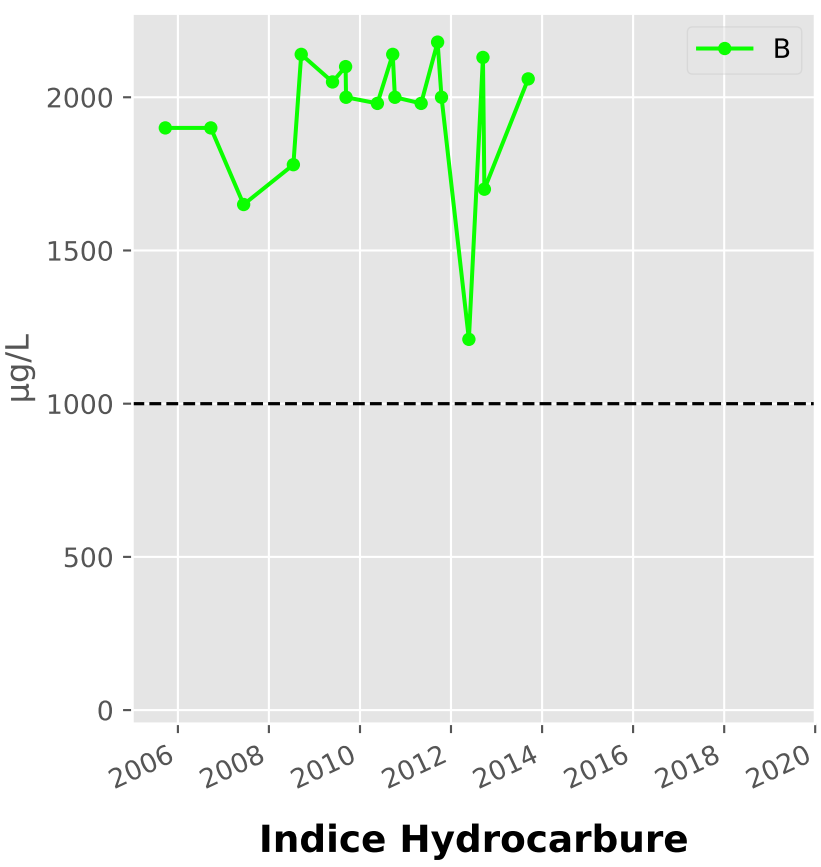
Cadmium



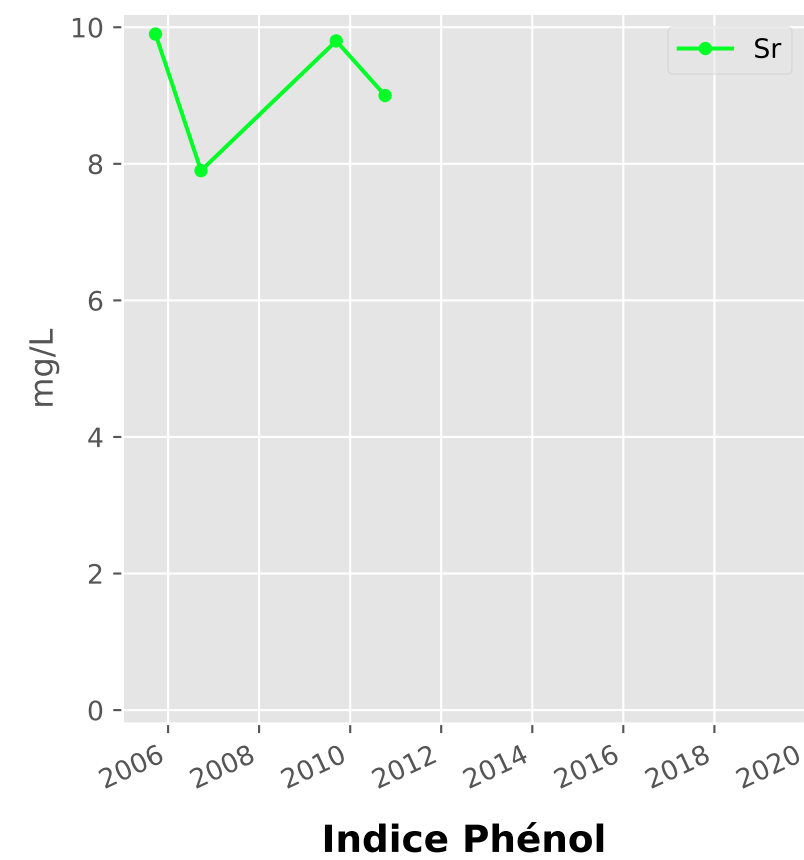
Aluminium



Bore



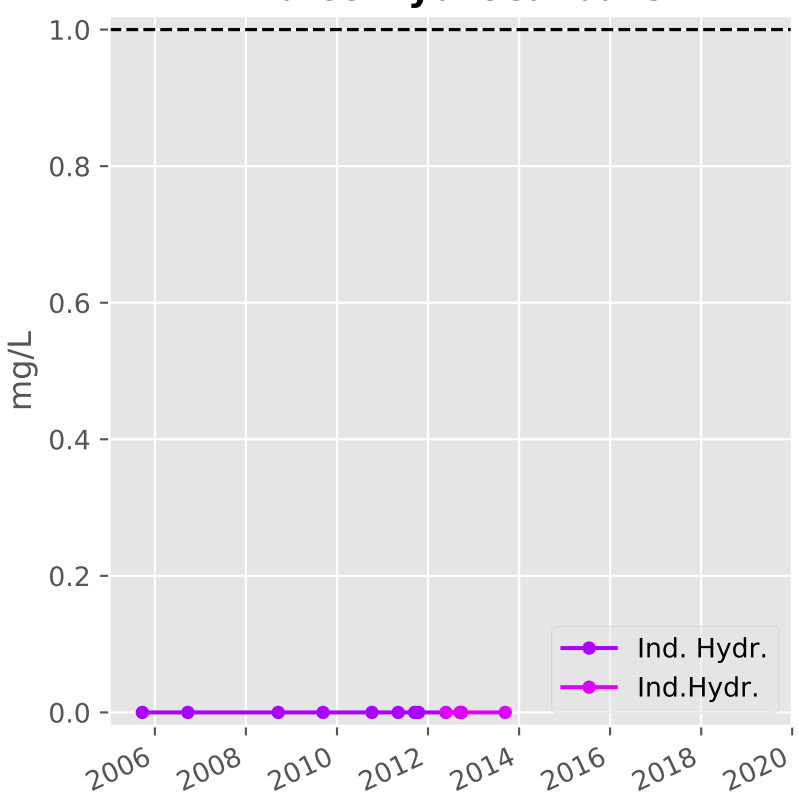
Strontium



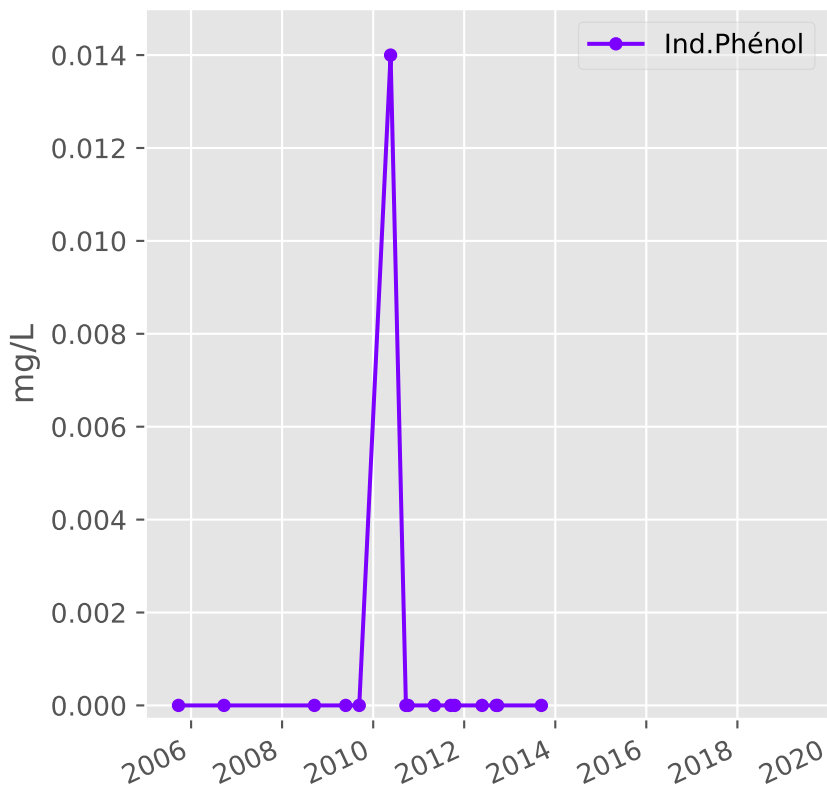
Fluor



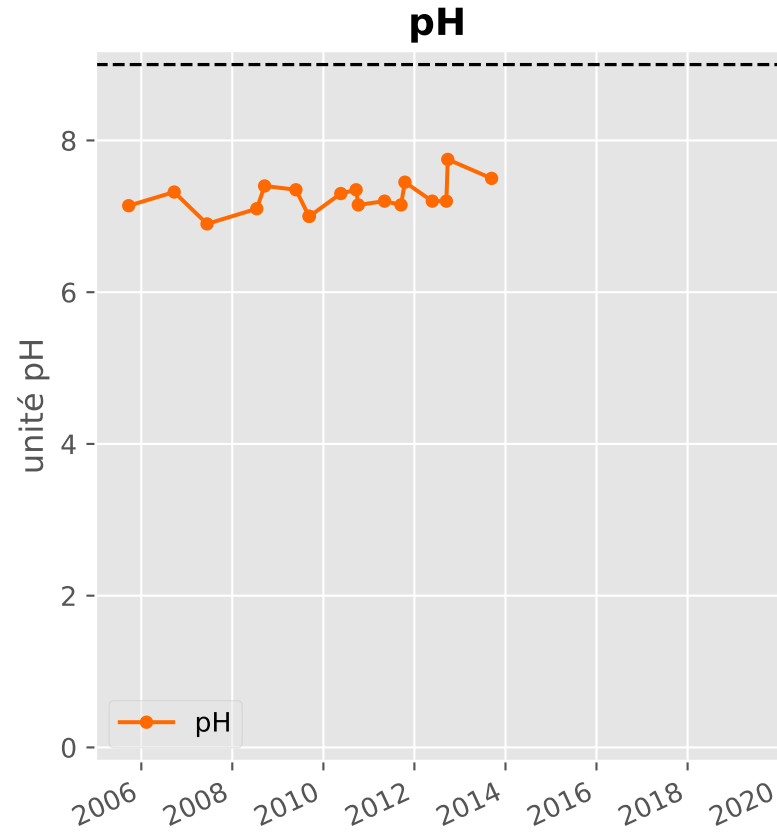
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

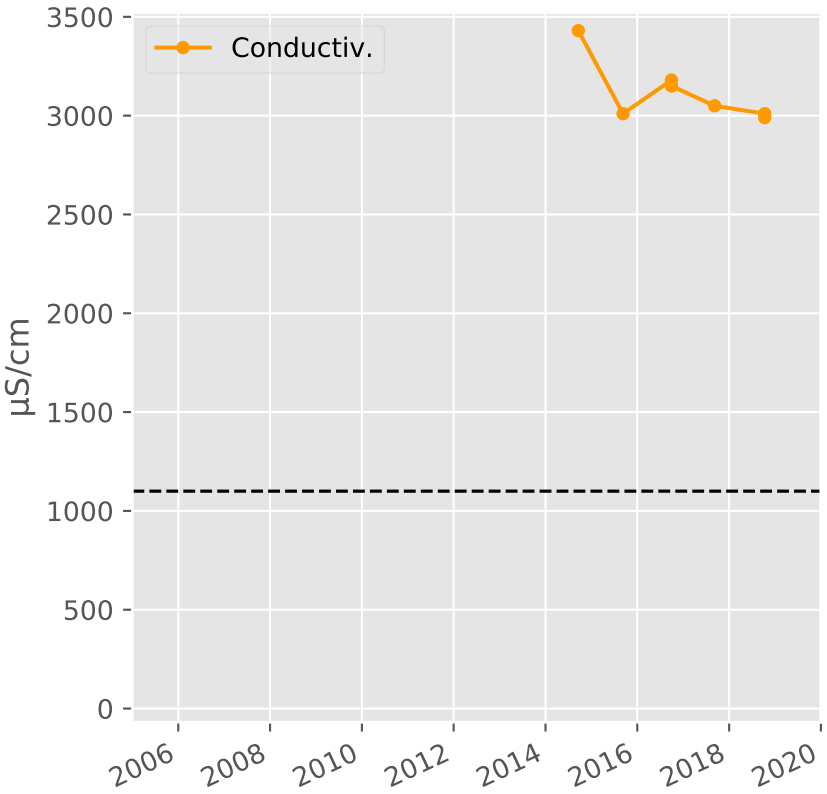


pH

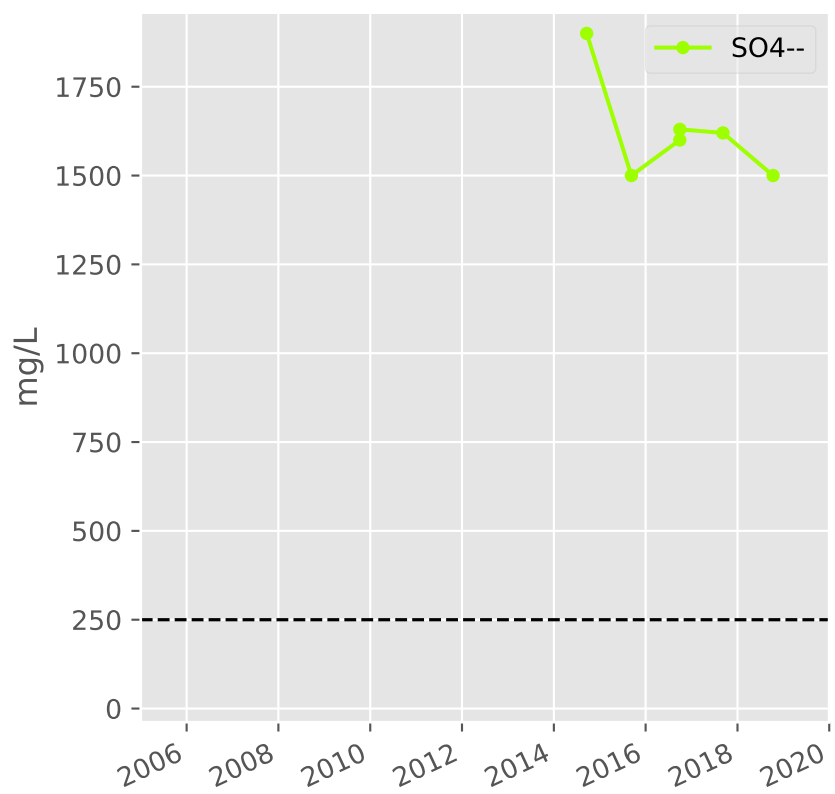


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C16 - Puits St-Pierremont II - 01372X0198

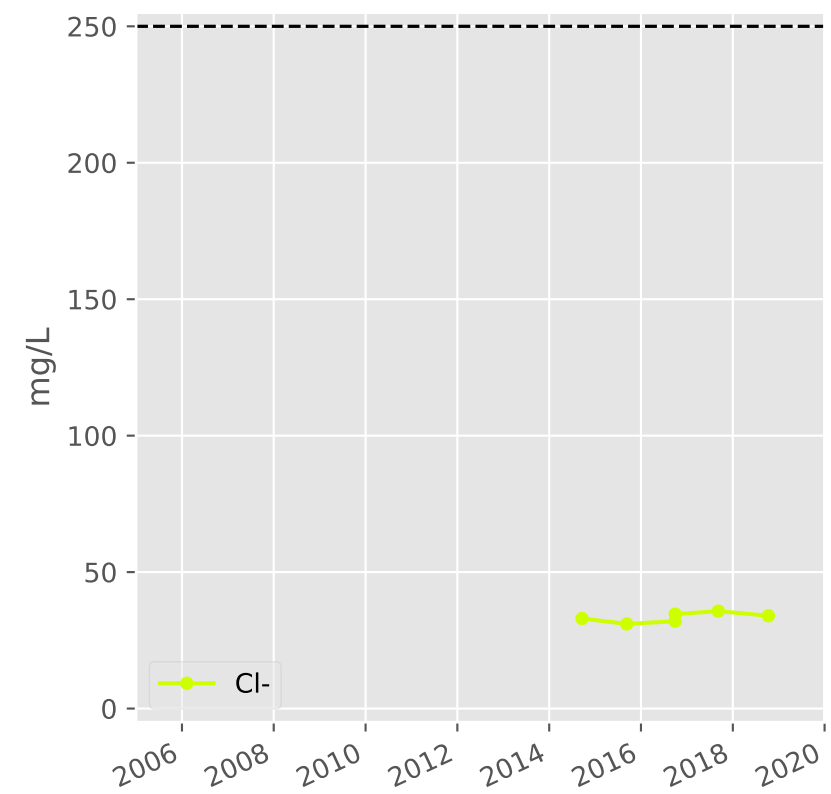
Conductivité



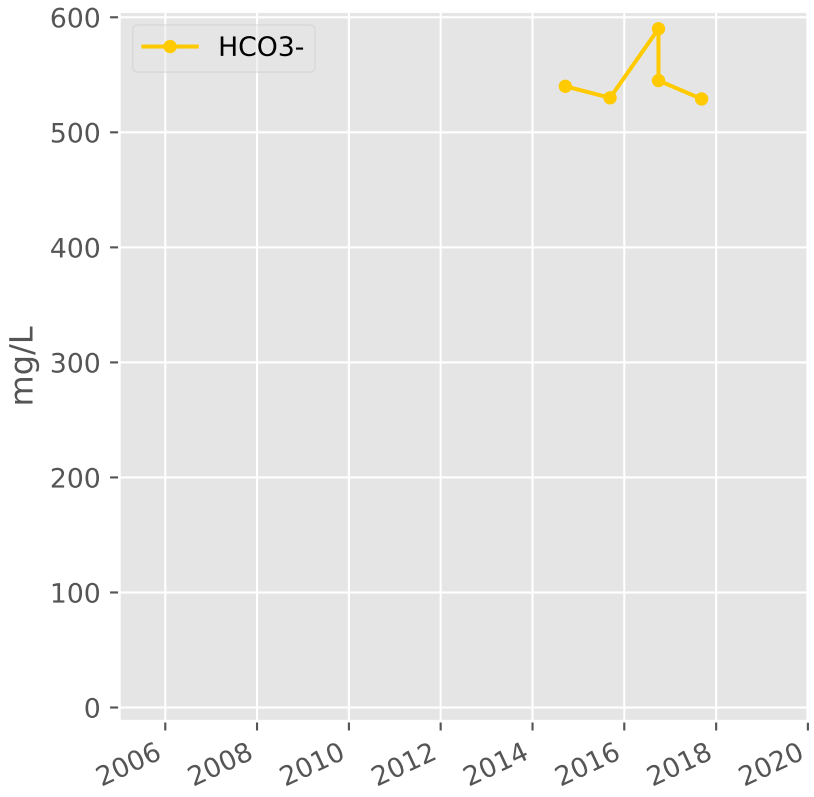
Sulfates



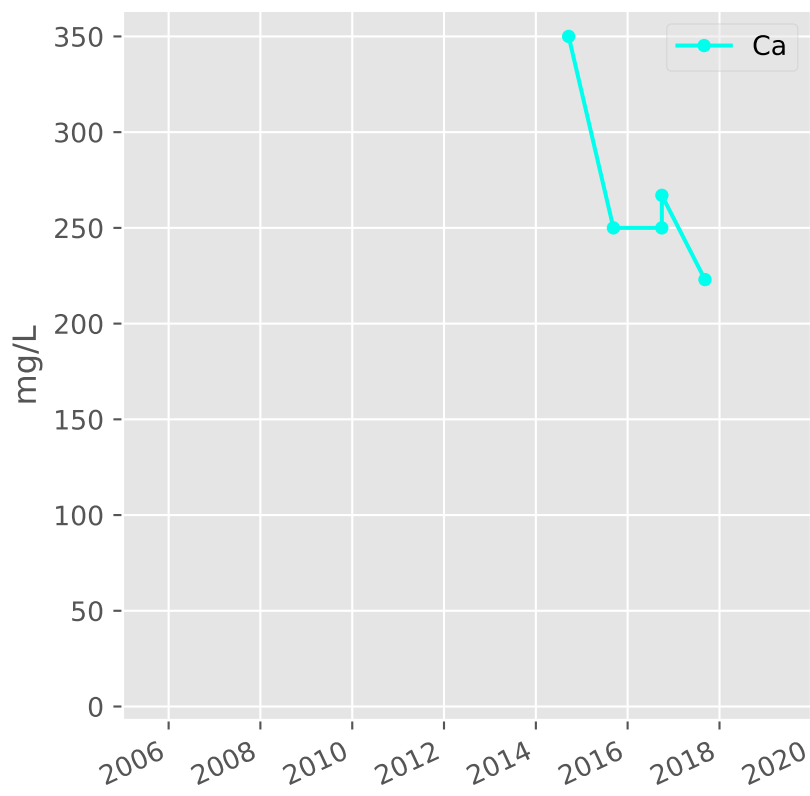
Chlorures



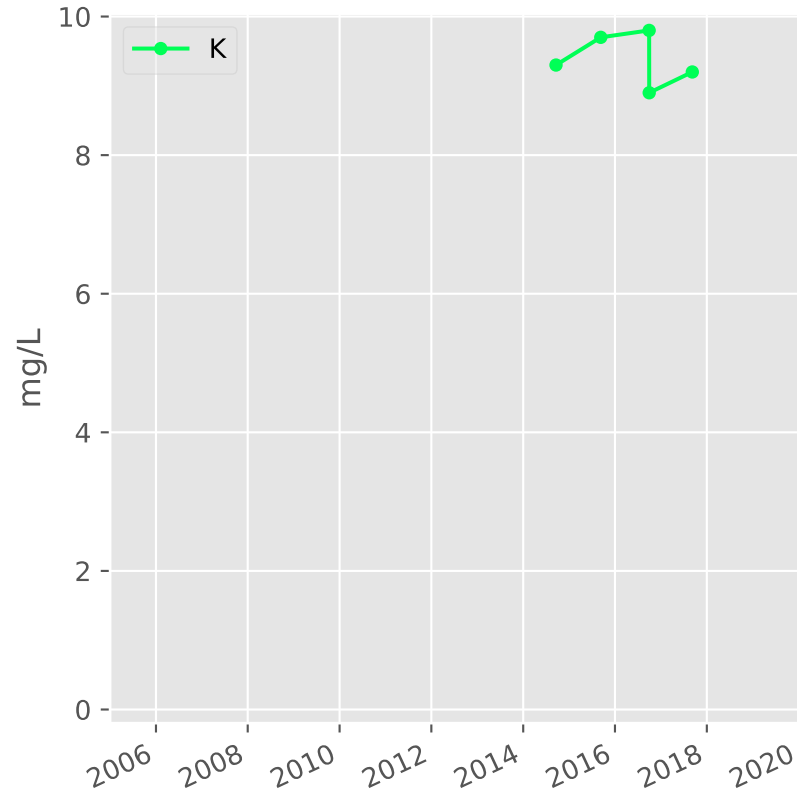
Bicarbonates



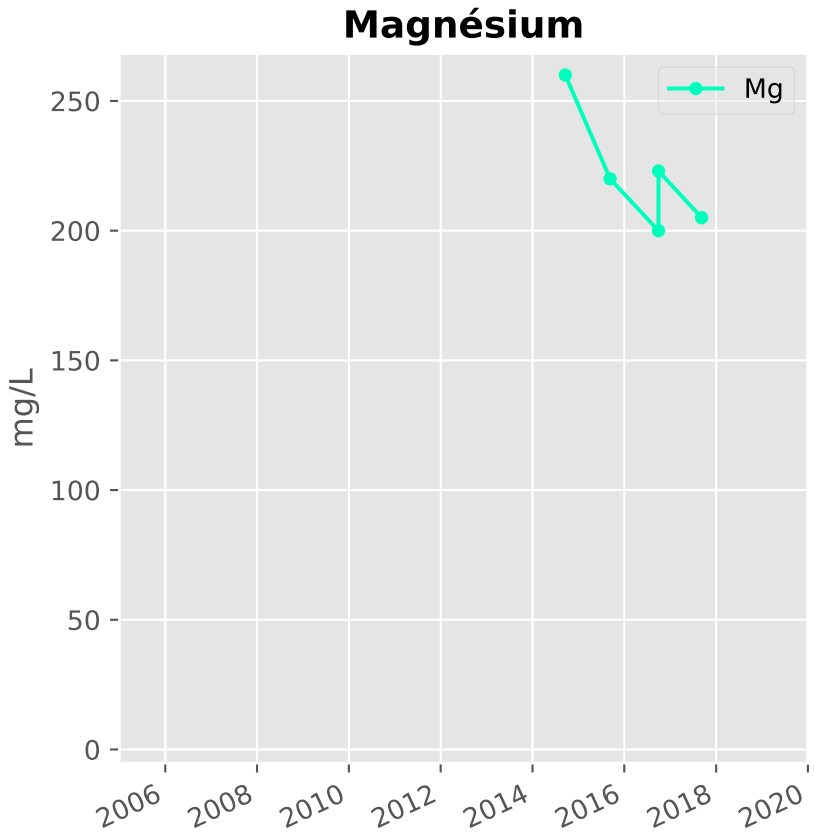
Calcium



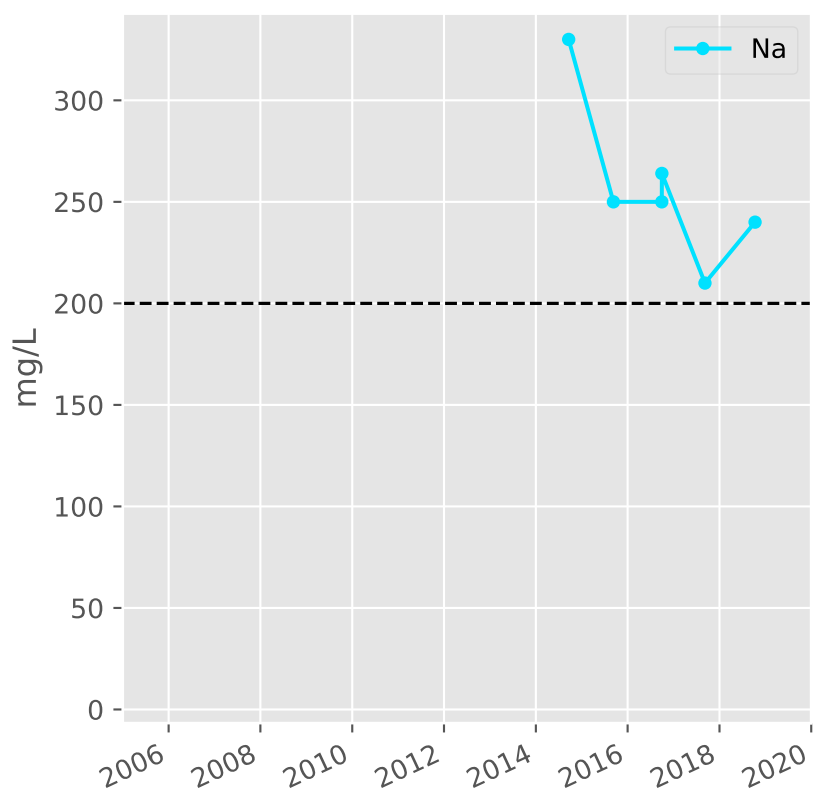
Potassium



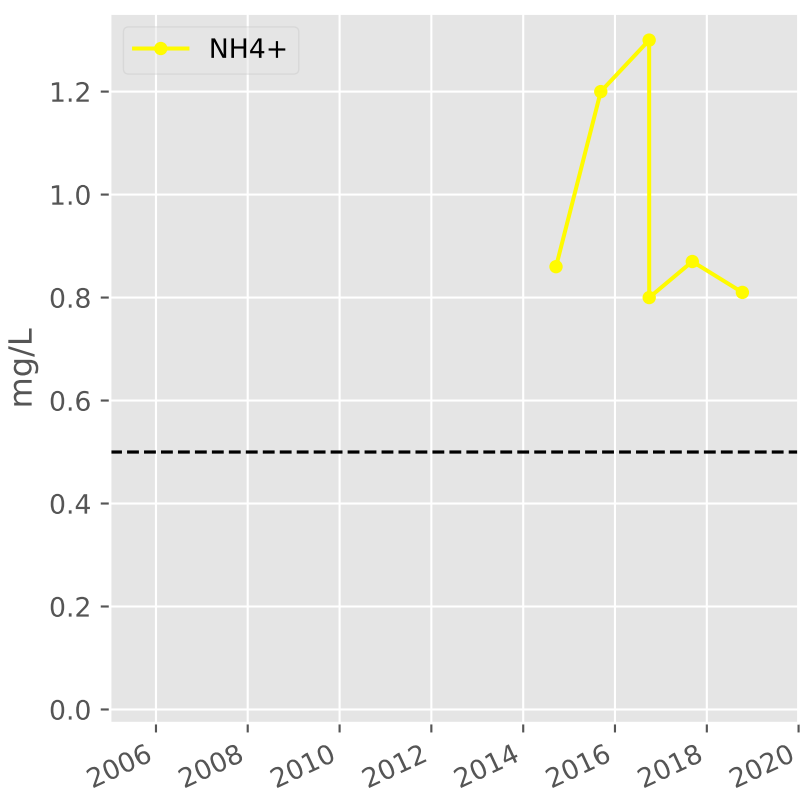
Magnésium



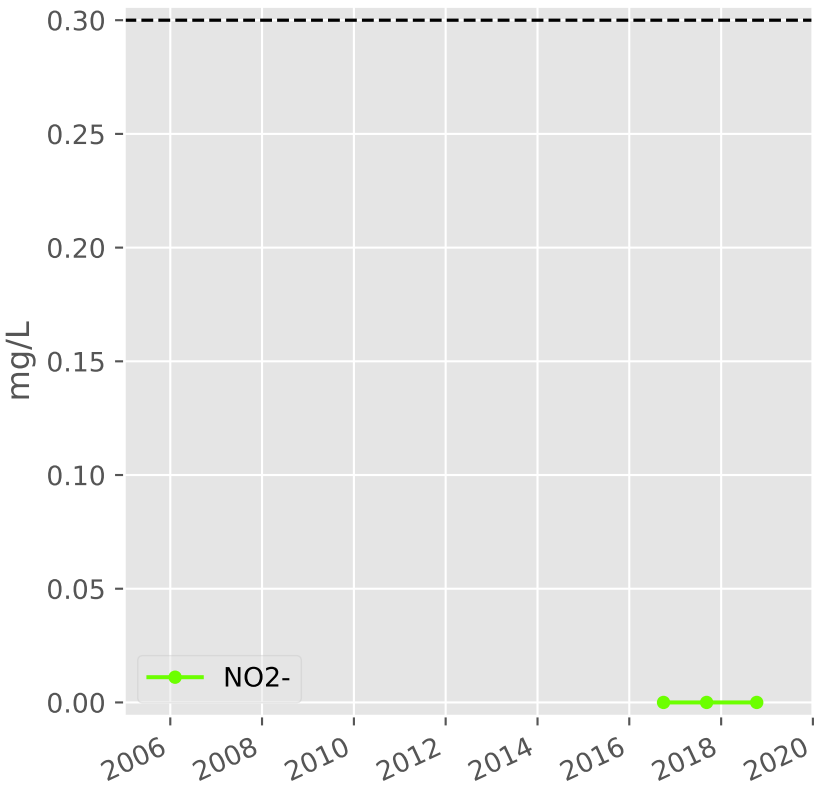
Sodium



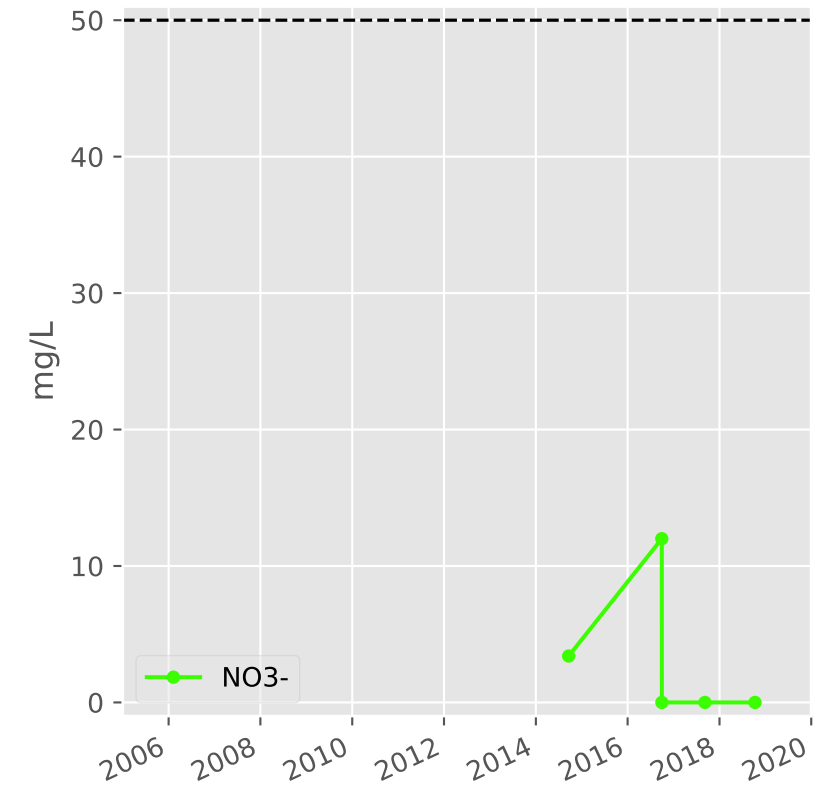
Ammonium



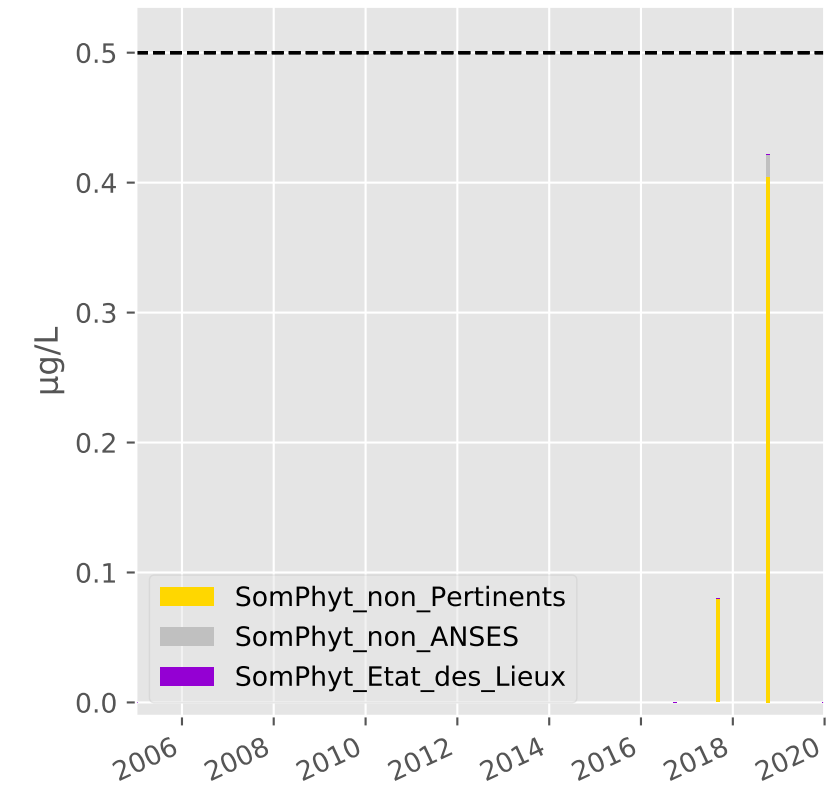
Nitrites



Nitrates

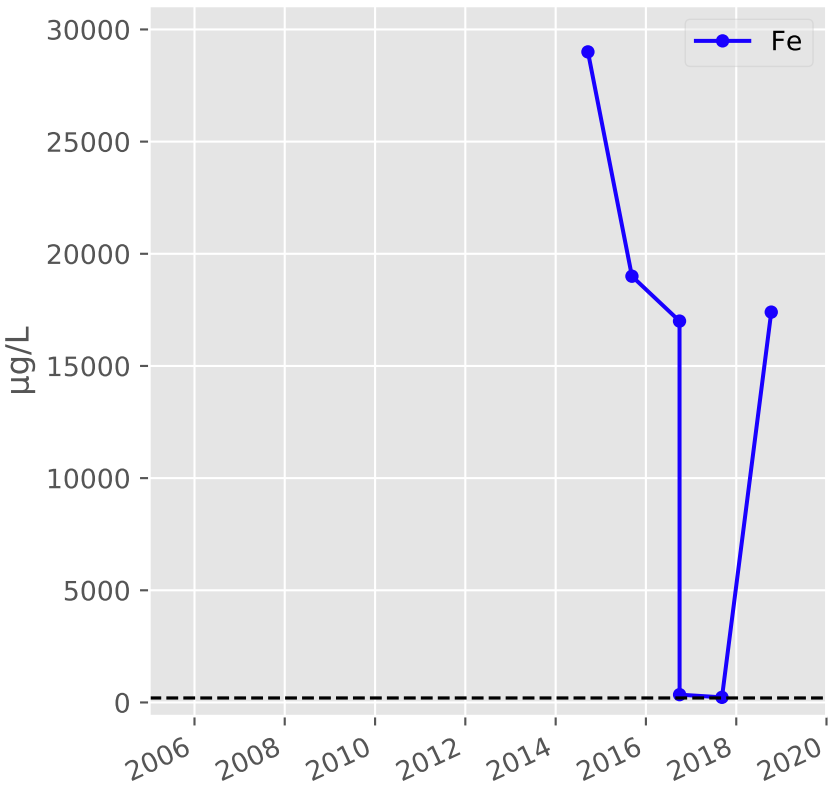


Somme des phytosanitaires

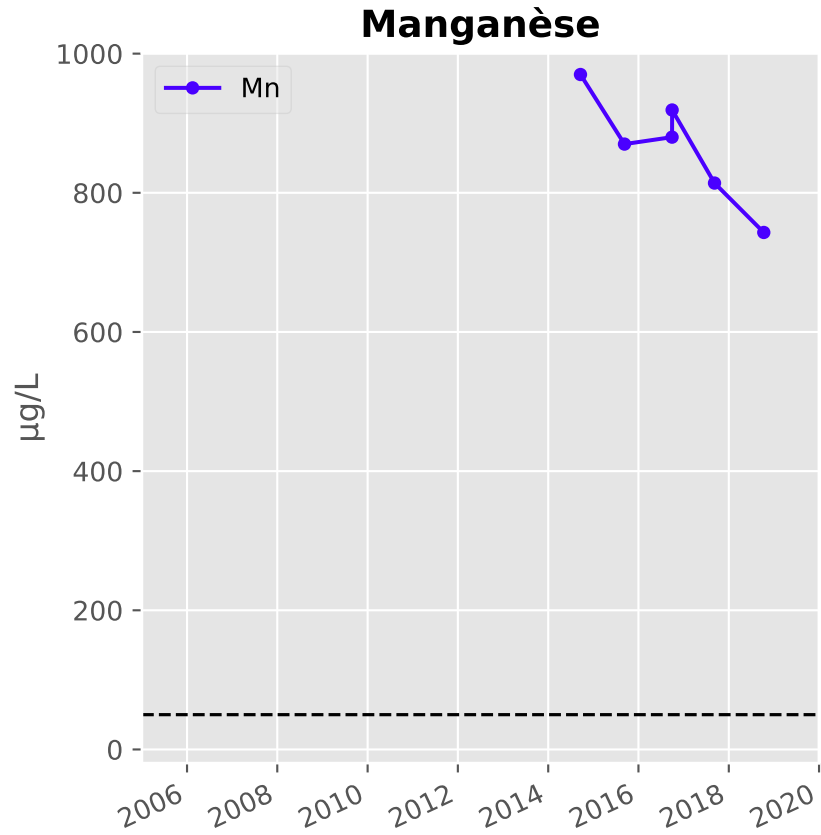


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C16 - Puits St-Pierremont II - 01372X0198

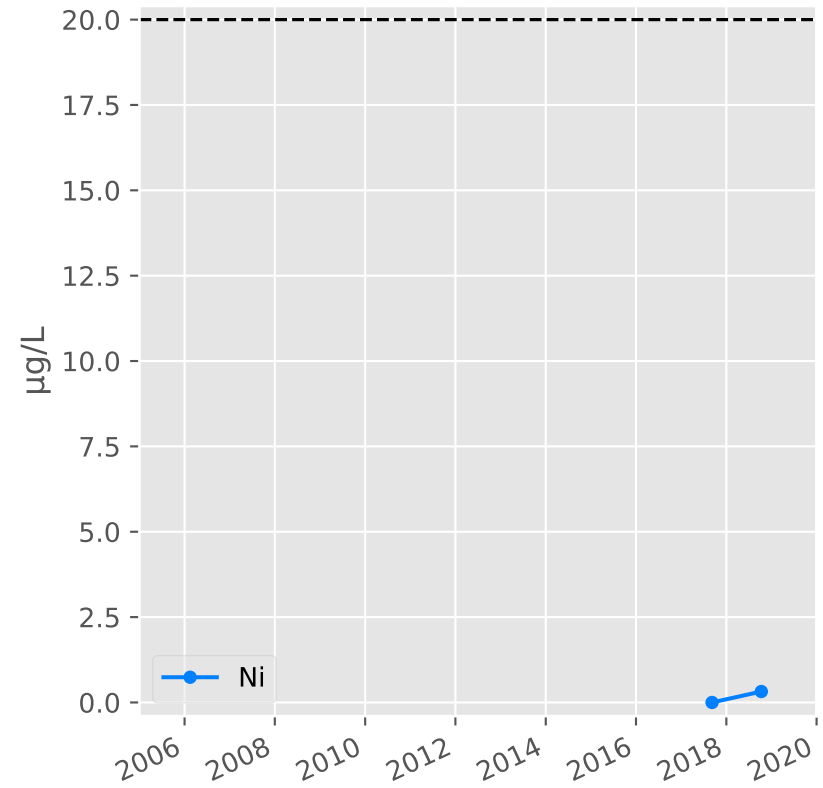
Fer



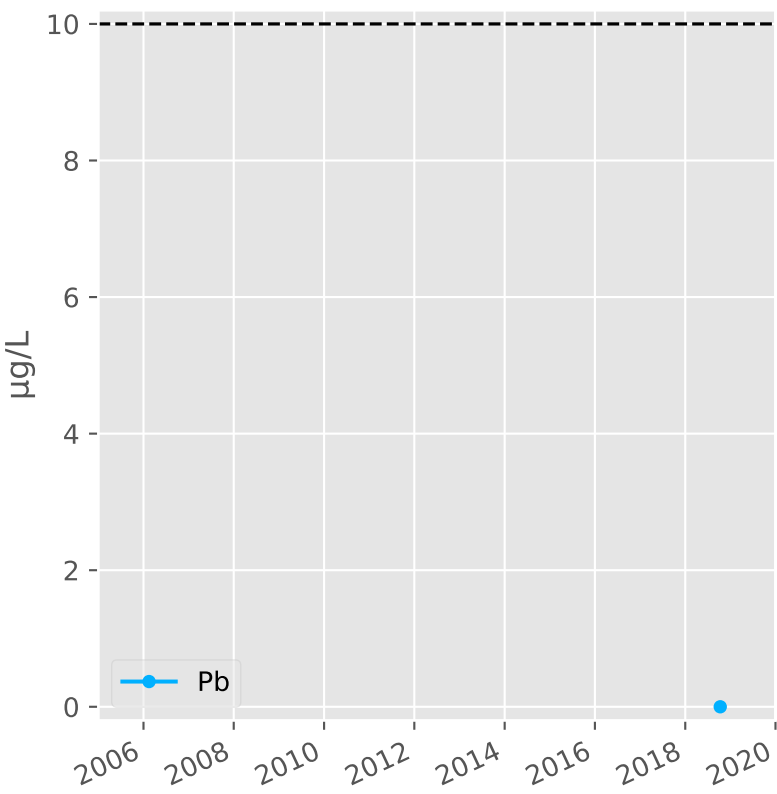
Manganèse



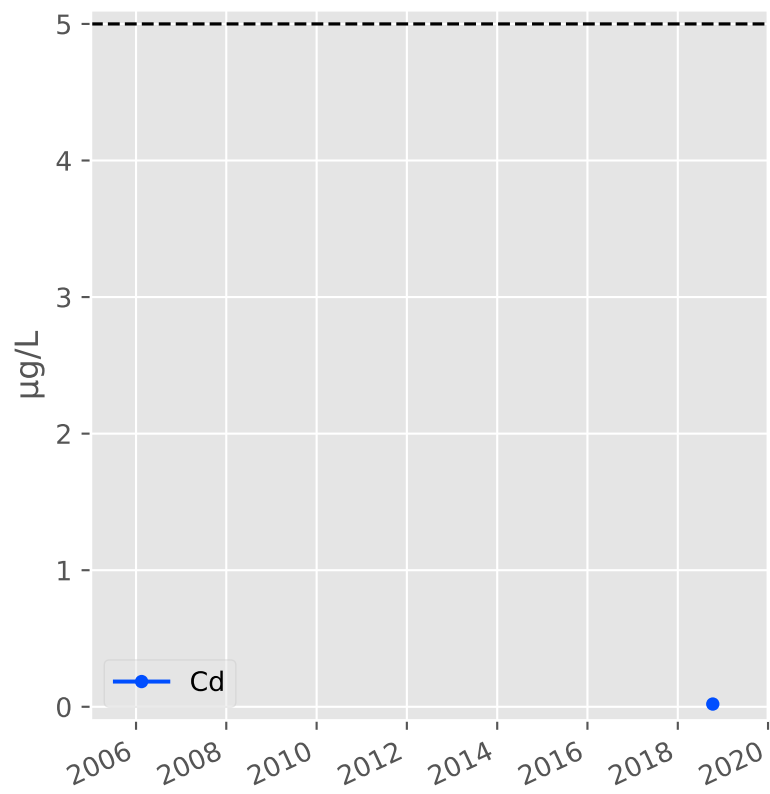
Nickel



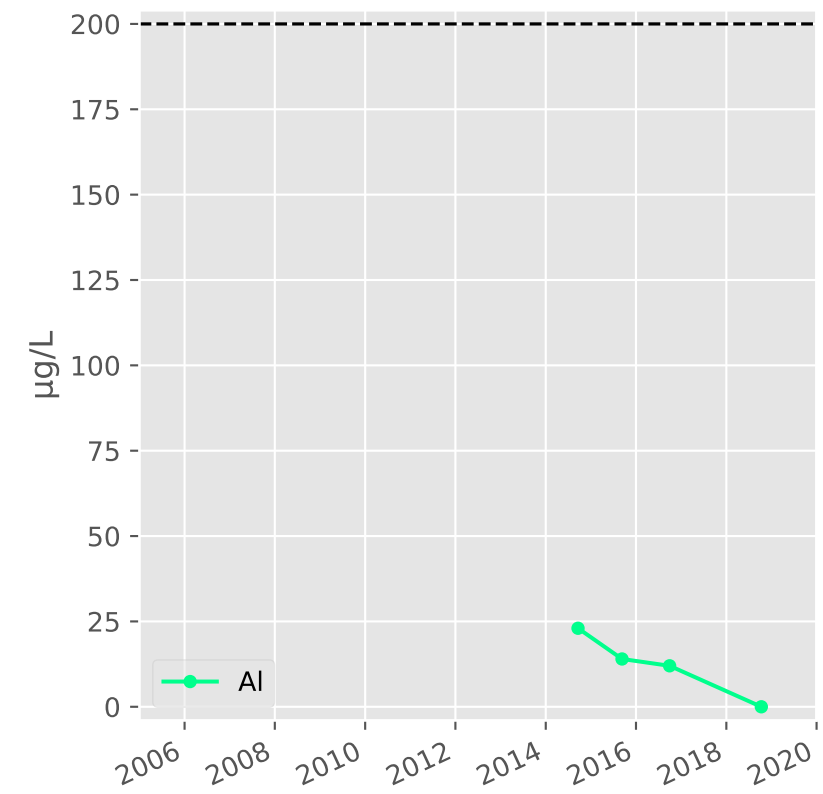
Plomb



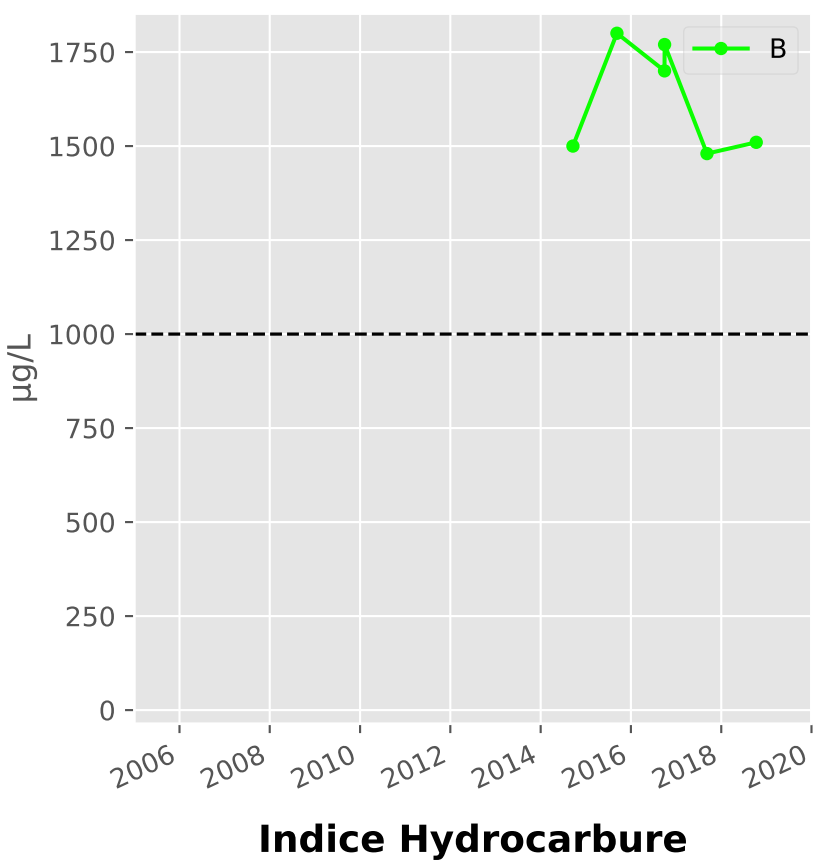
Cadmium



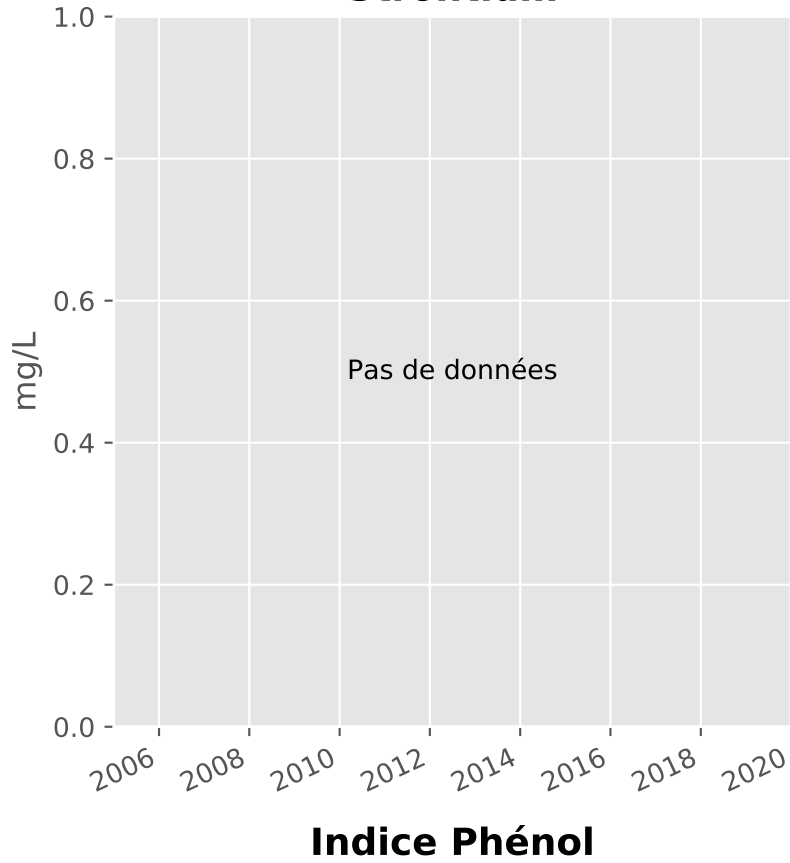
Aluminium



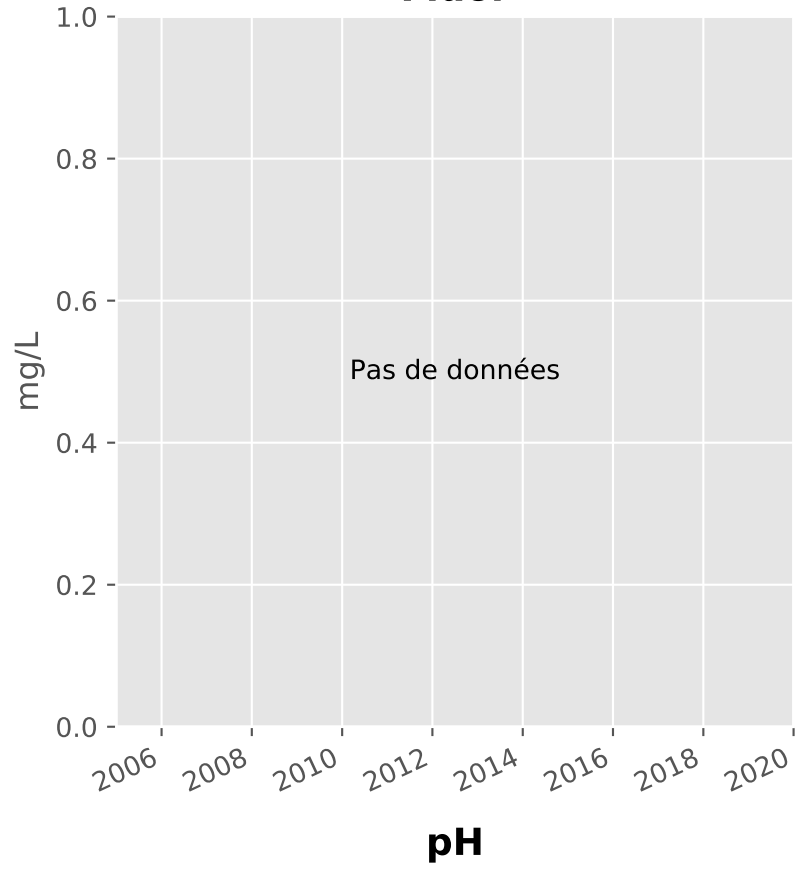
Bore



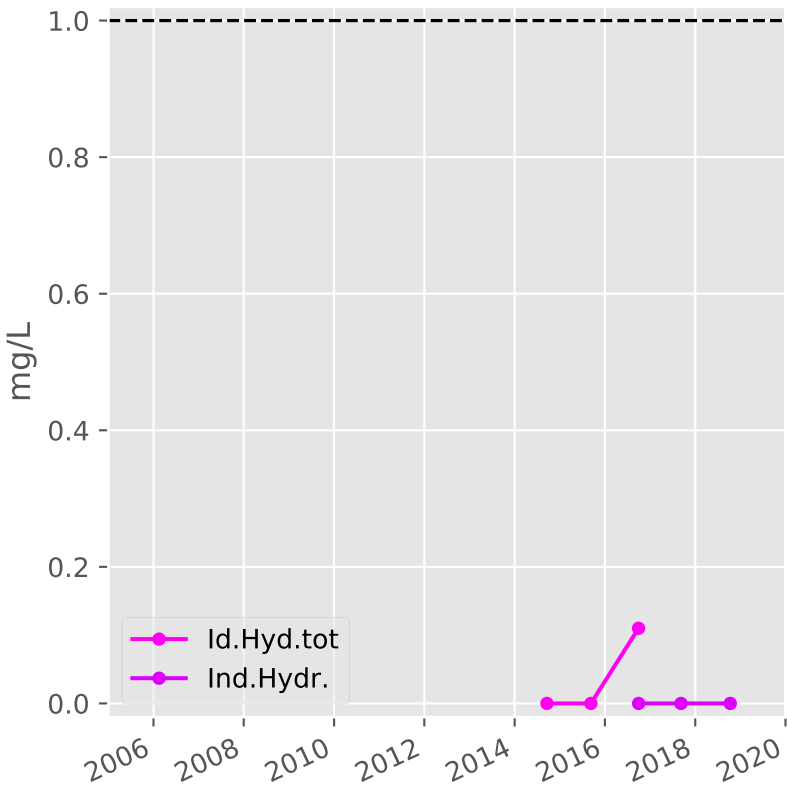
Strontium



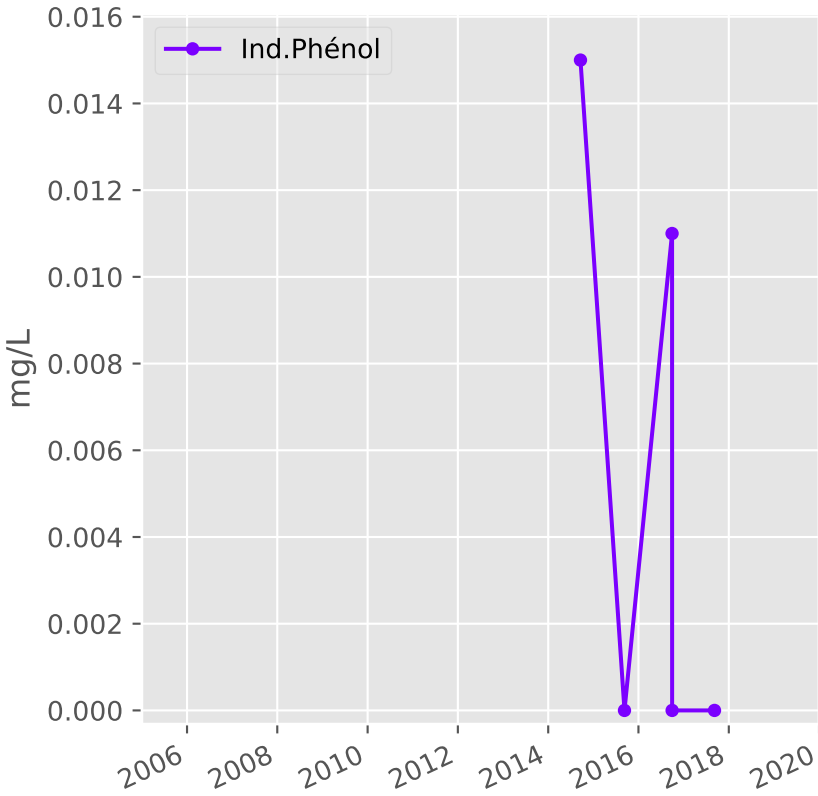
Fluor



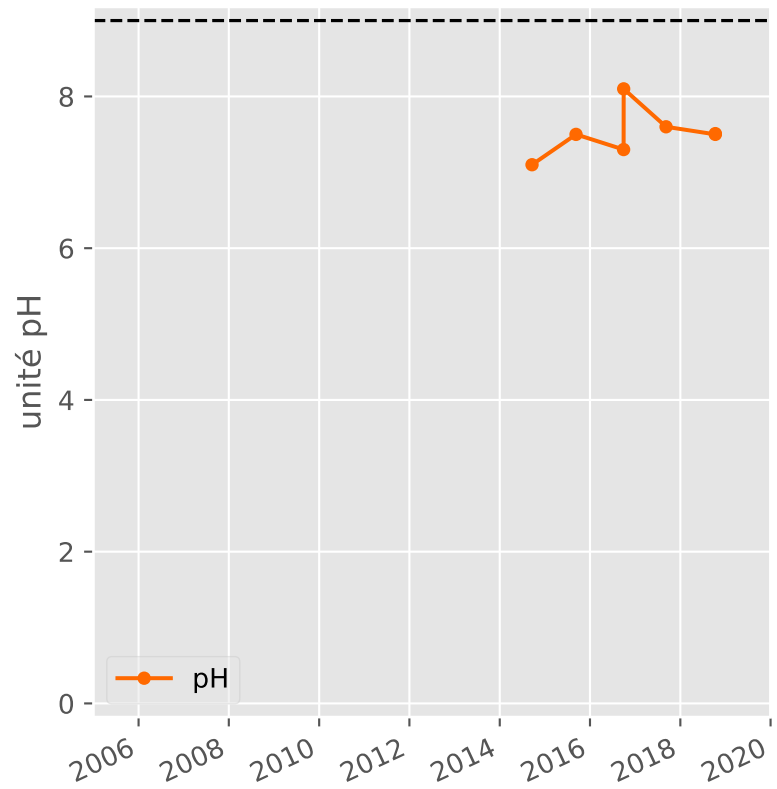
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

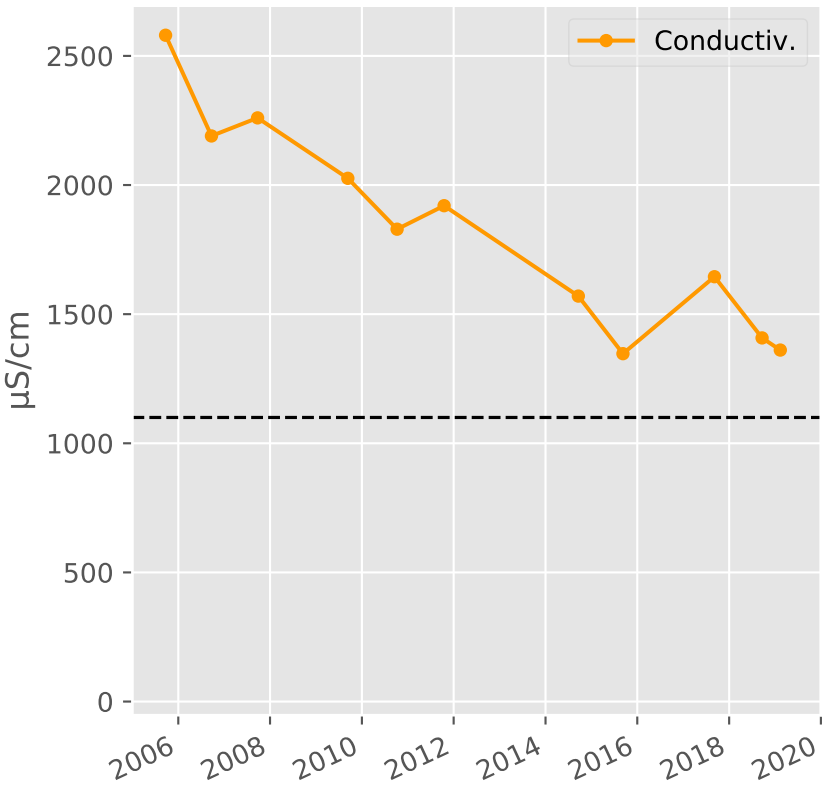


pH

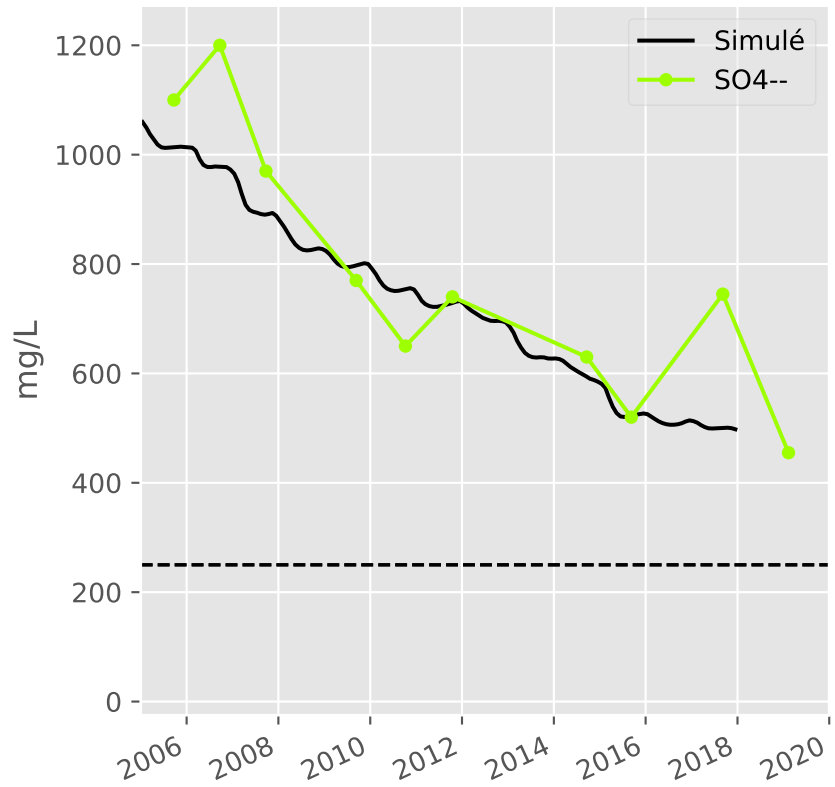


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC3 - C14 - Puits Anderny II - 01136X0148

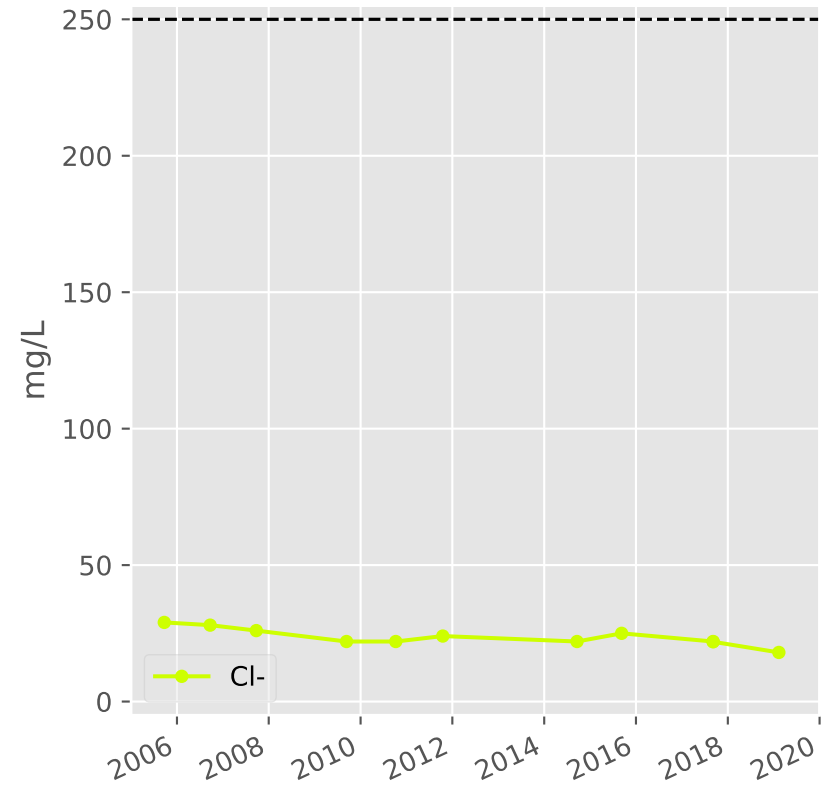
Conductivité



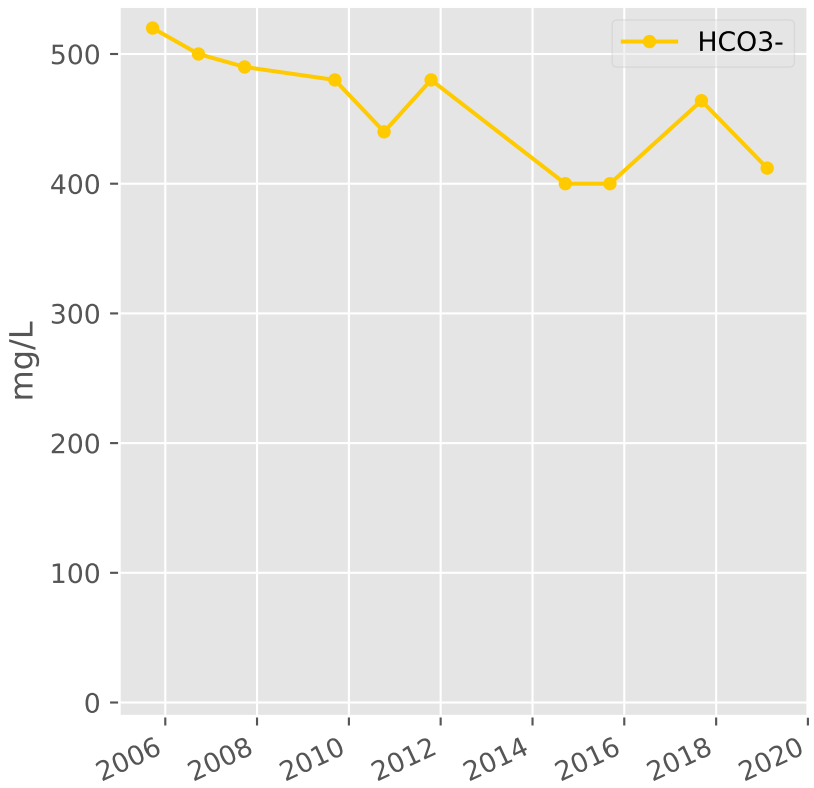
Sulfates



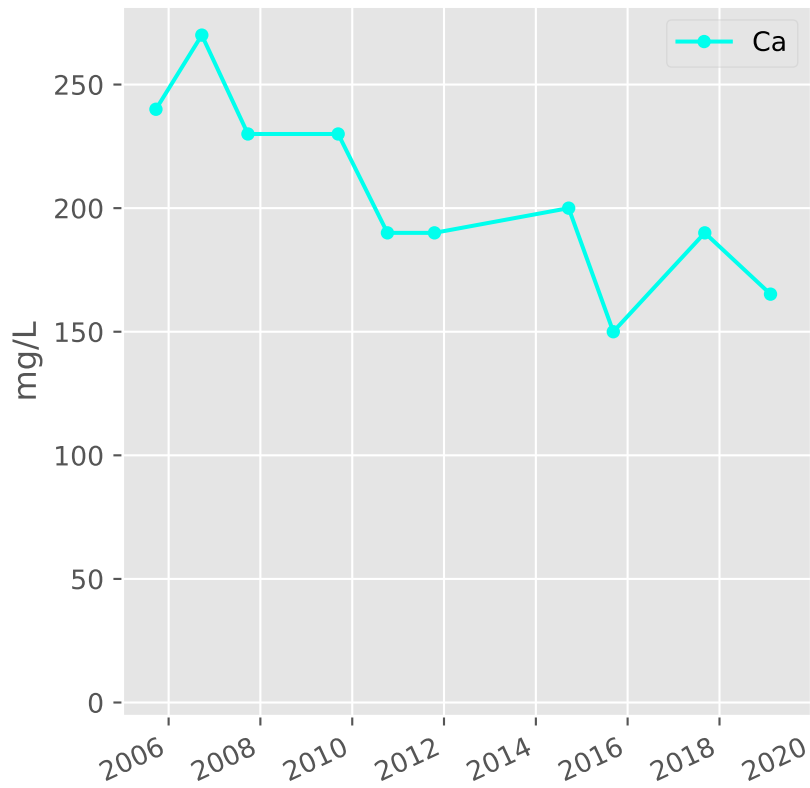
Chlorures



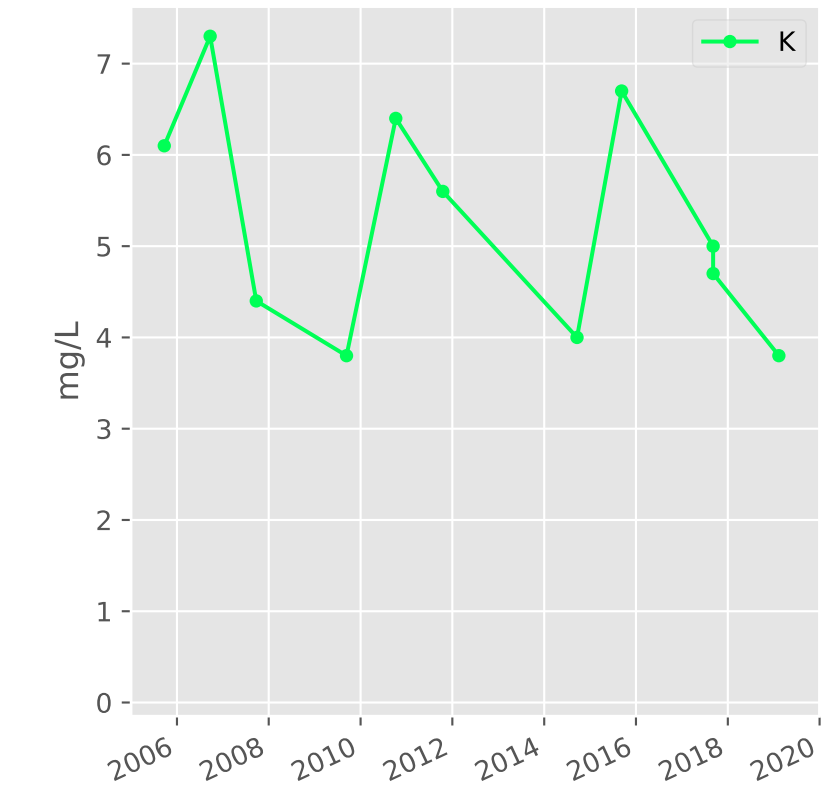
Bicarbonates



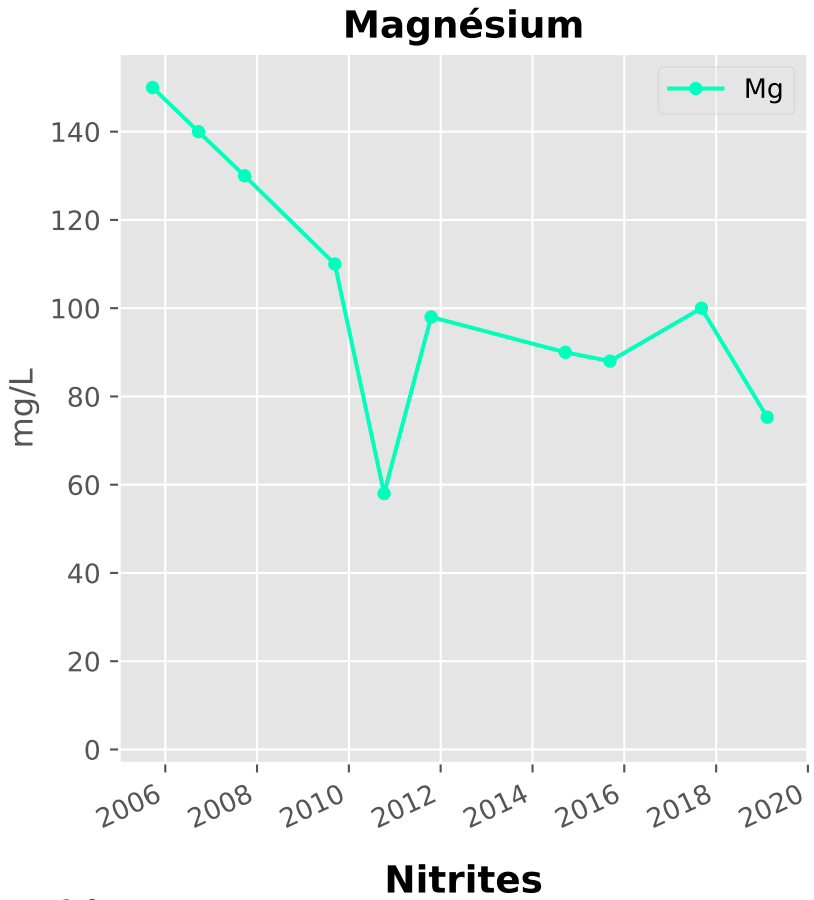
Calcium



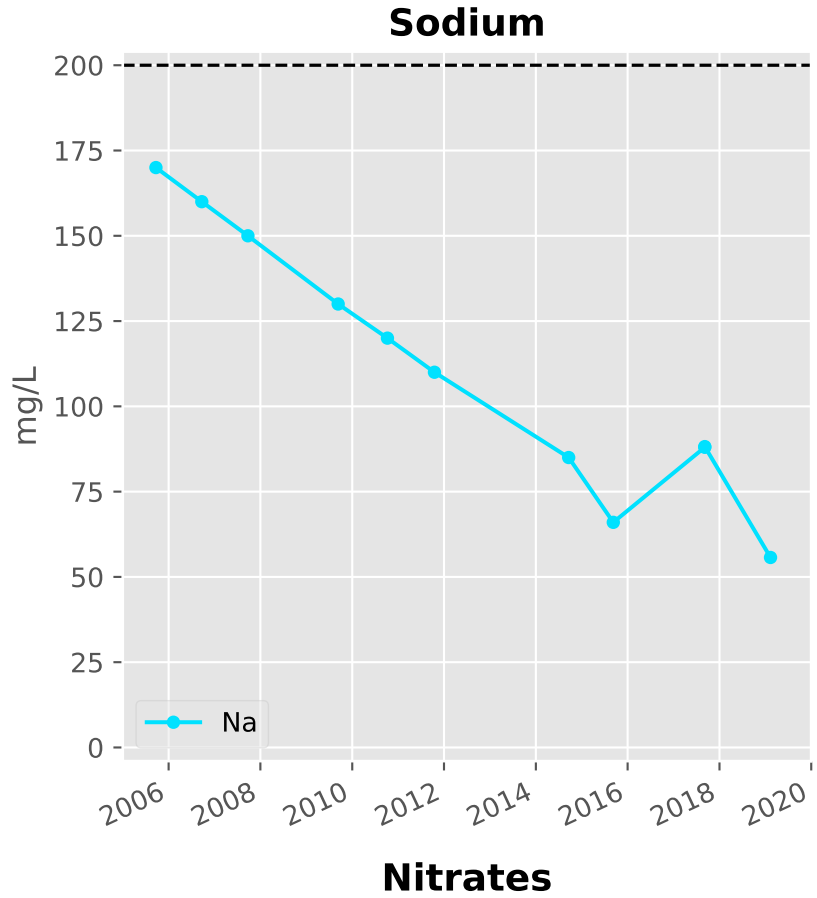
Potassium



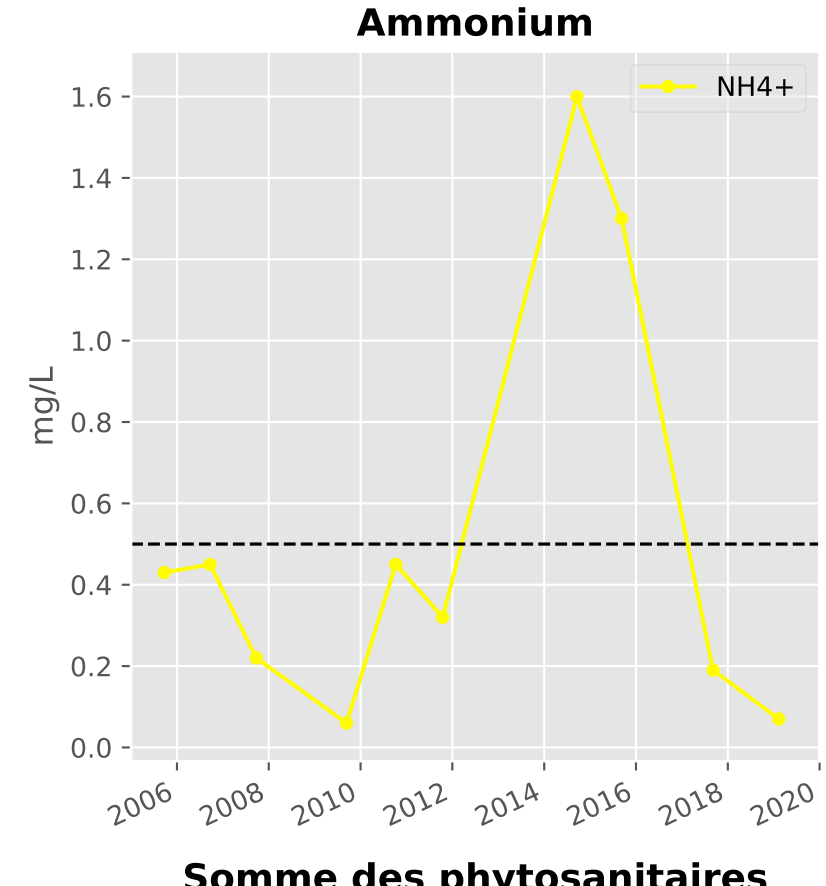
Magnésium



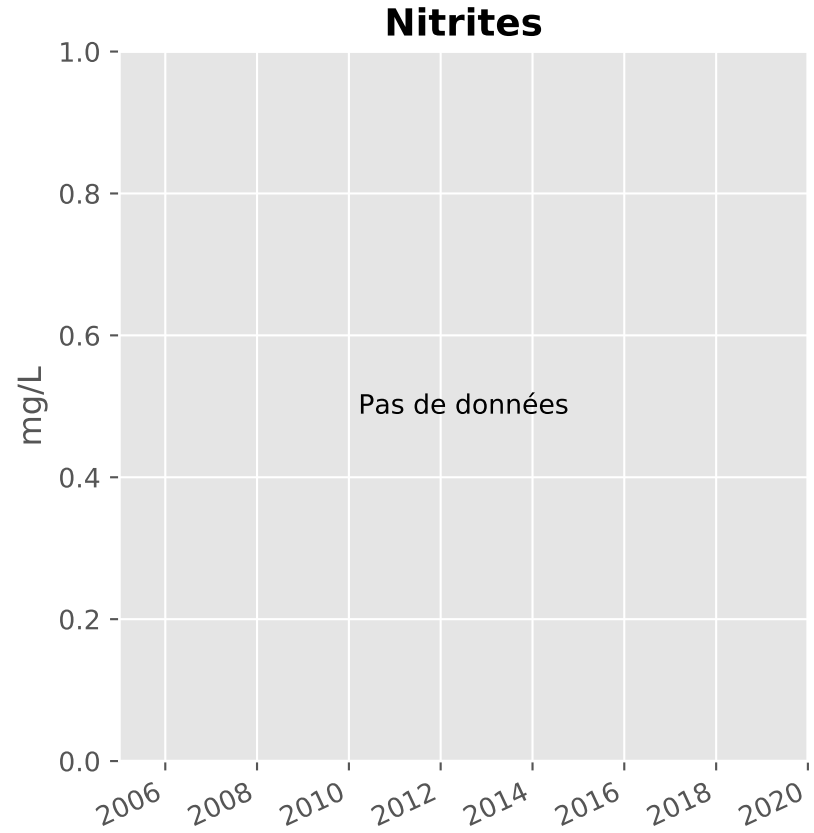
Sodium



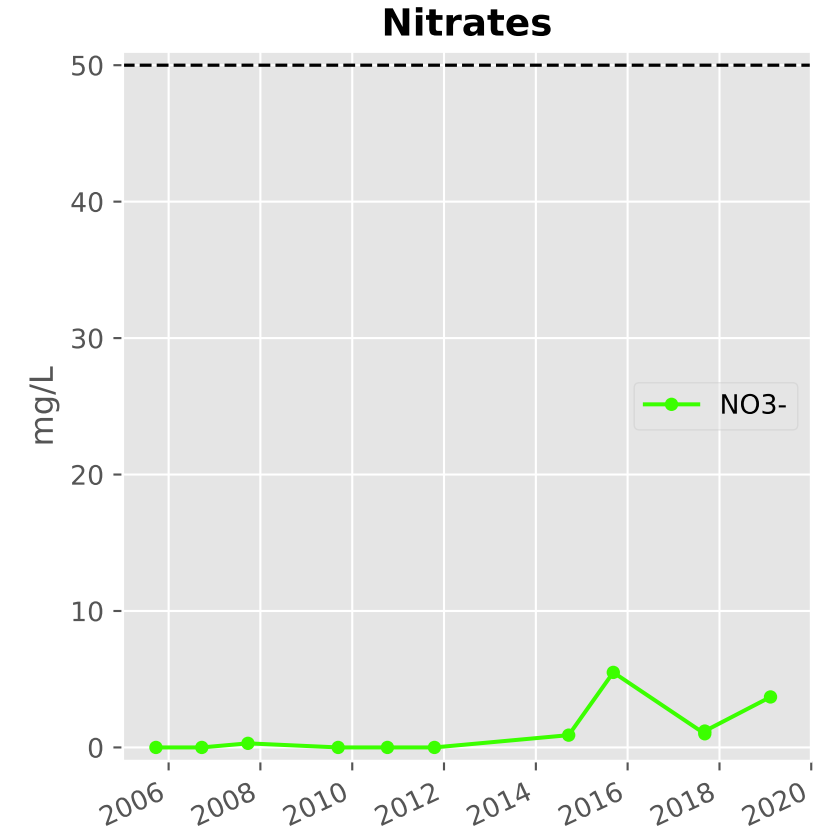
Ammonium



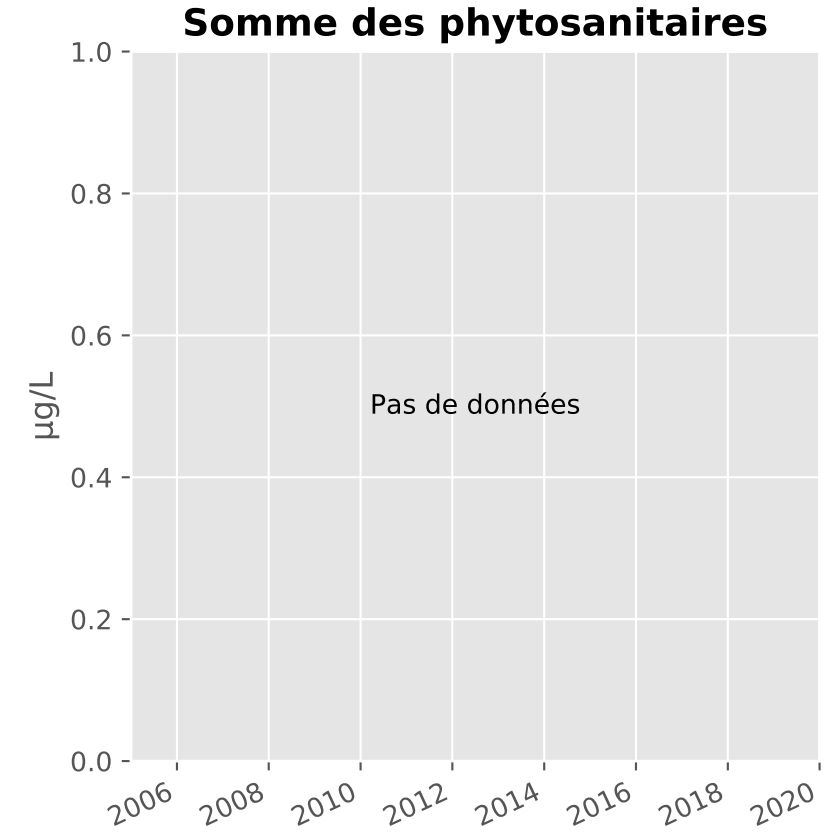
Nitrites



Nitrates

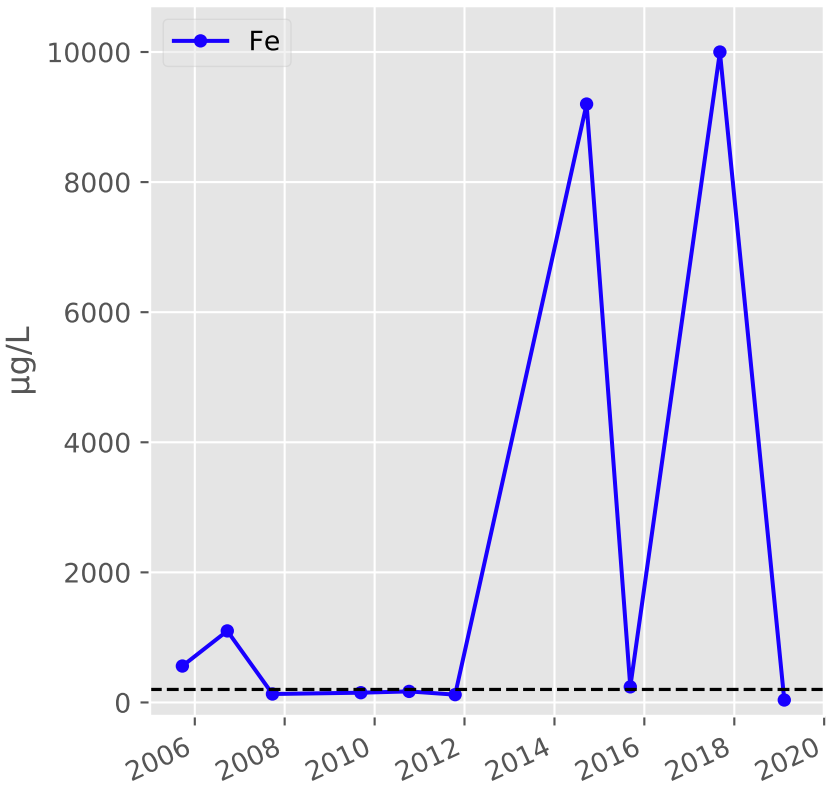


Somme des phytosanitaires

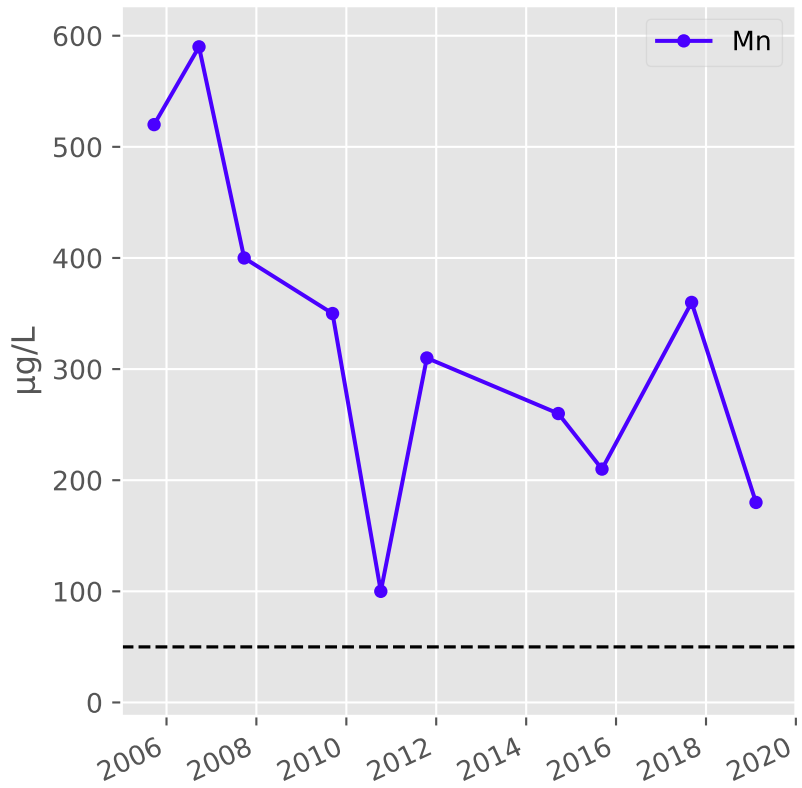


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC3 - C14 - Puits Anderny II - 01136X0148

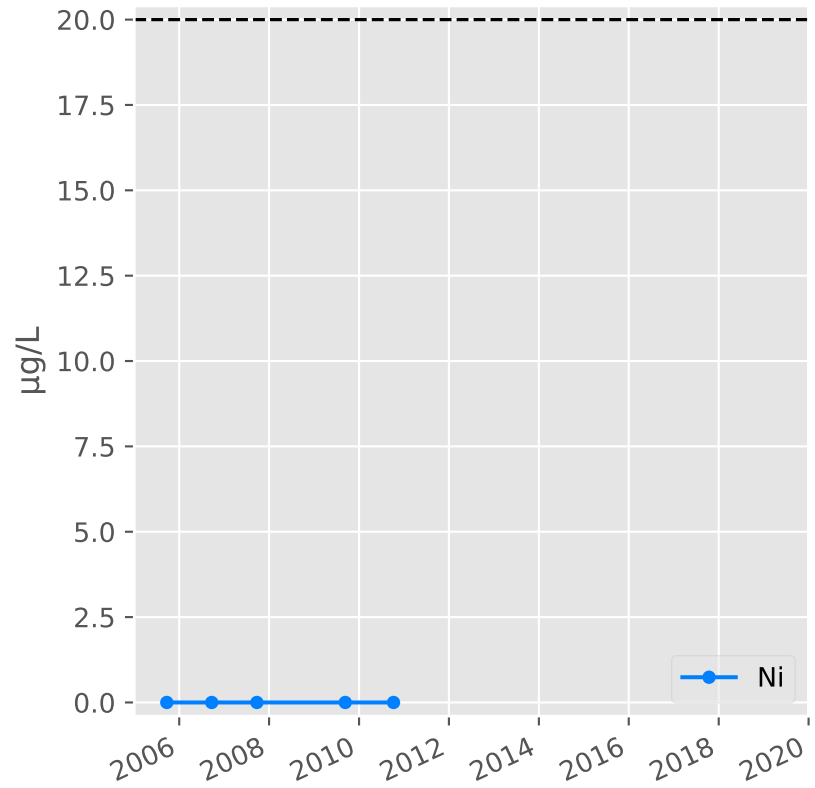
Fer



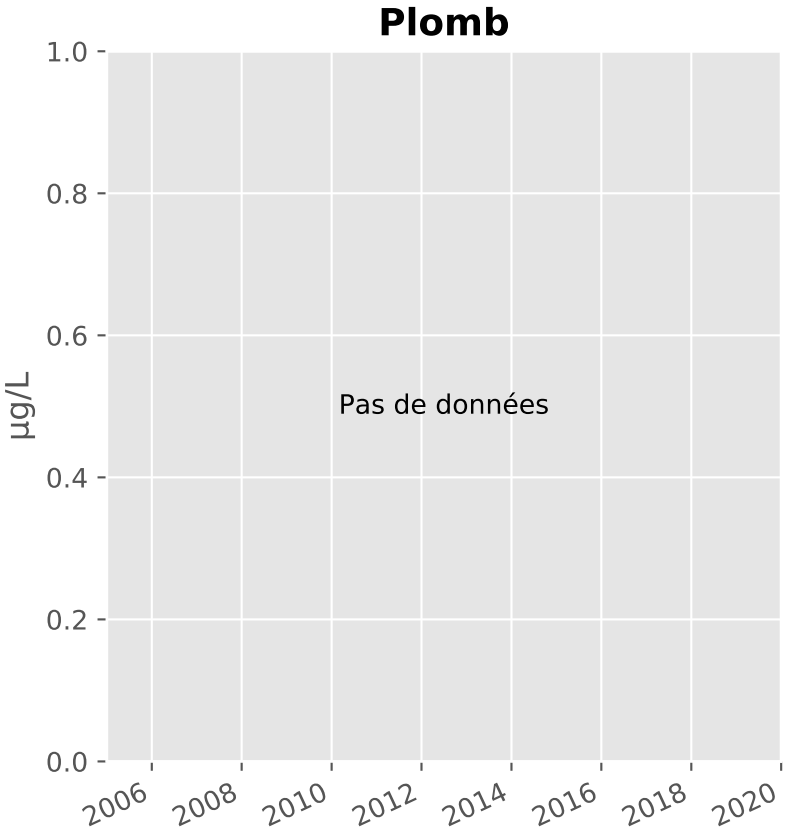
Manganèse



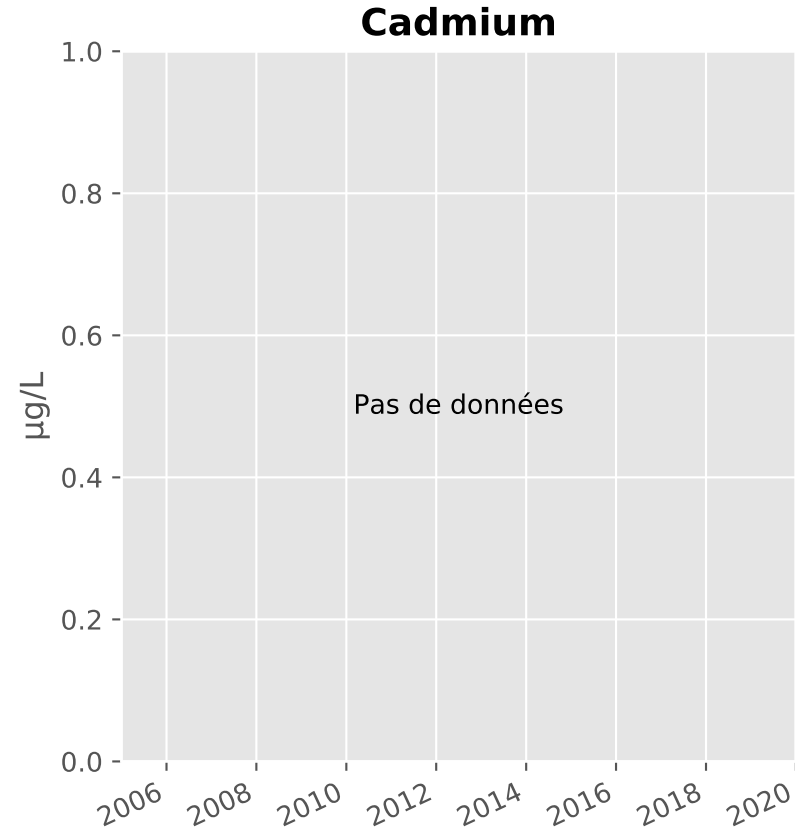
Nickel



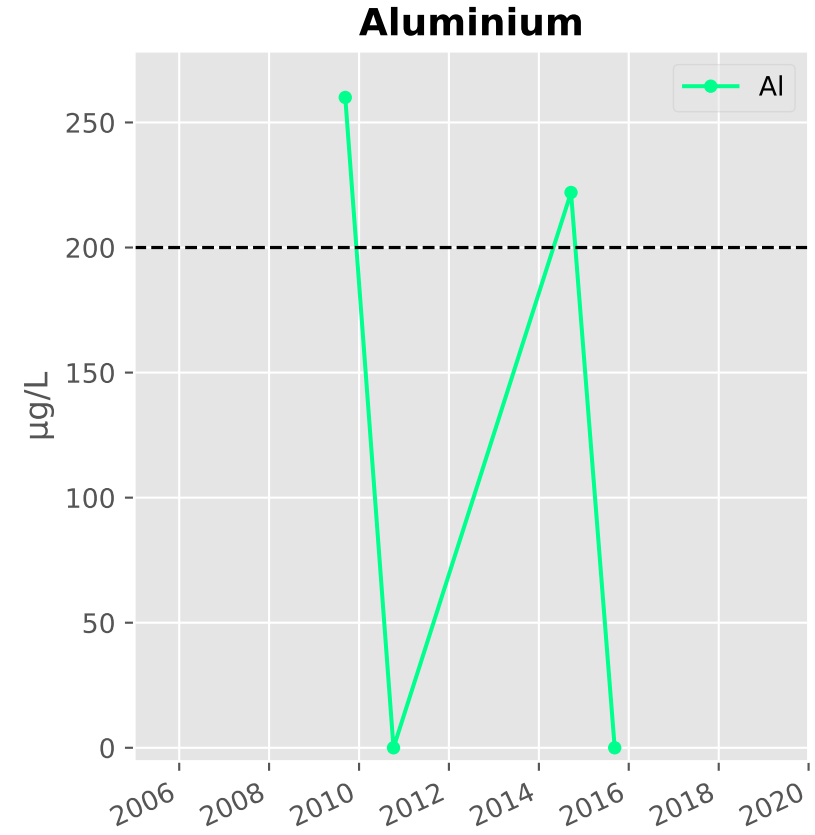
Plomb



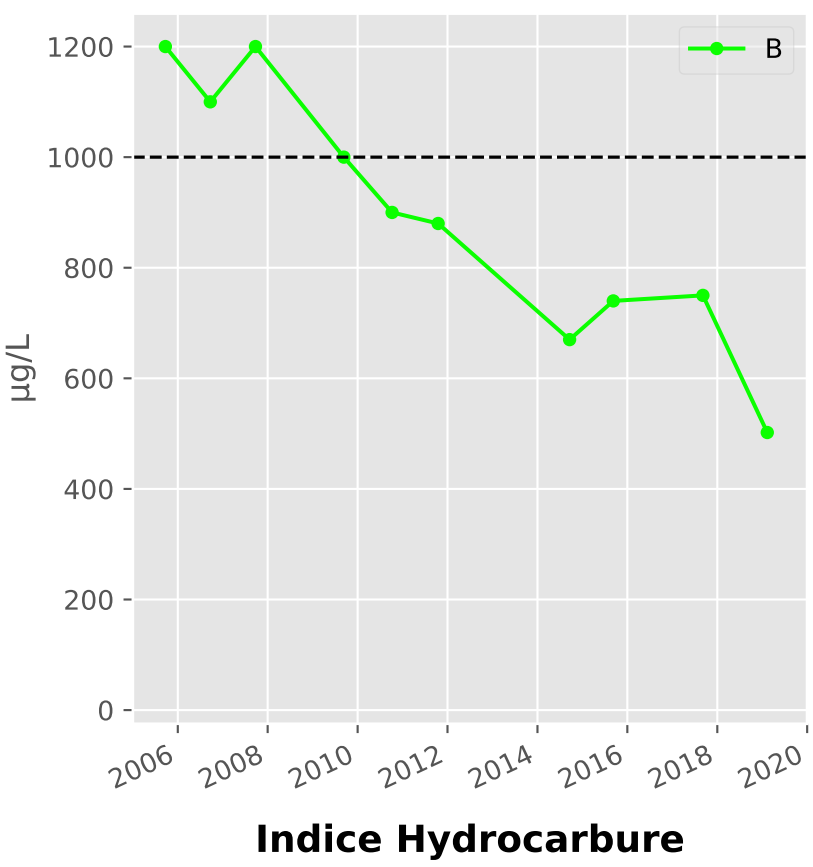
Cadmium



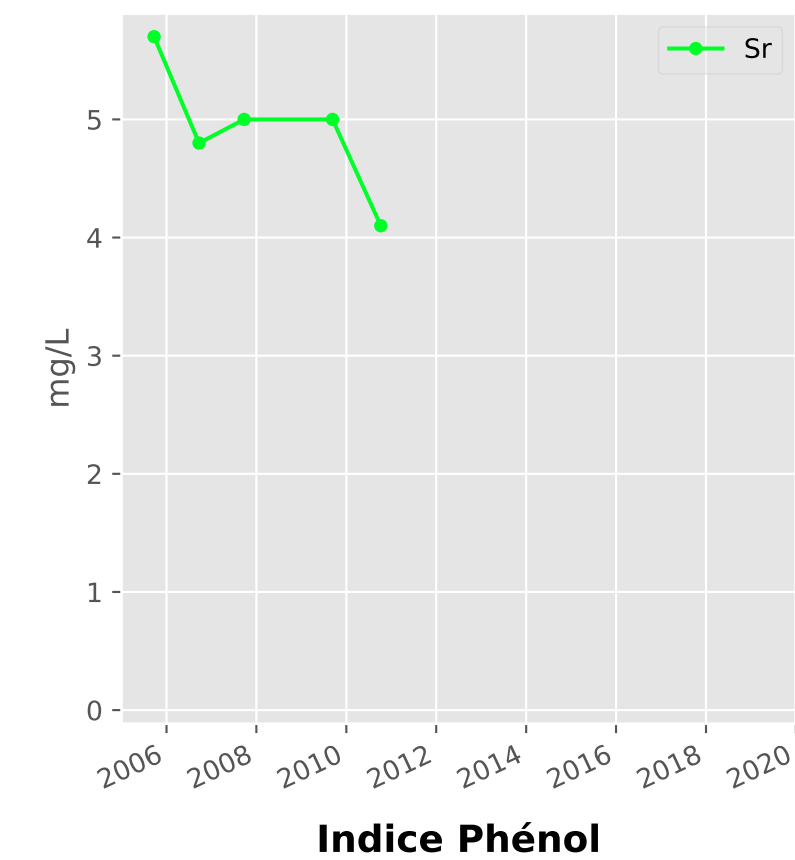
Aluminium



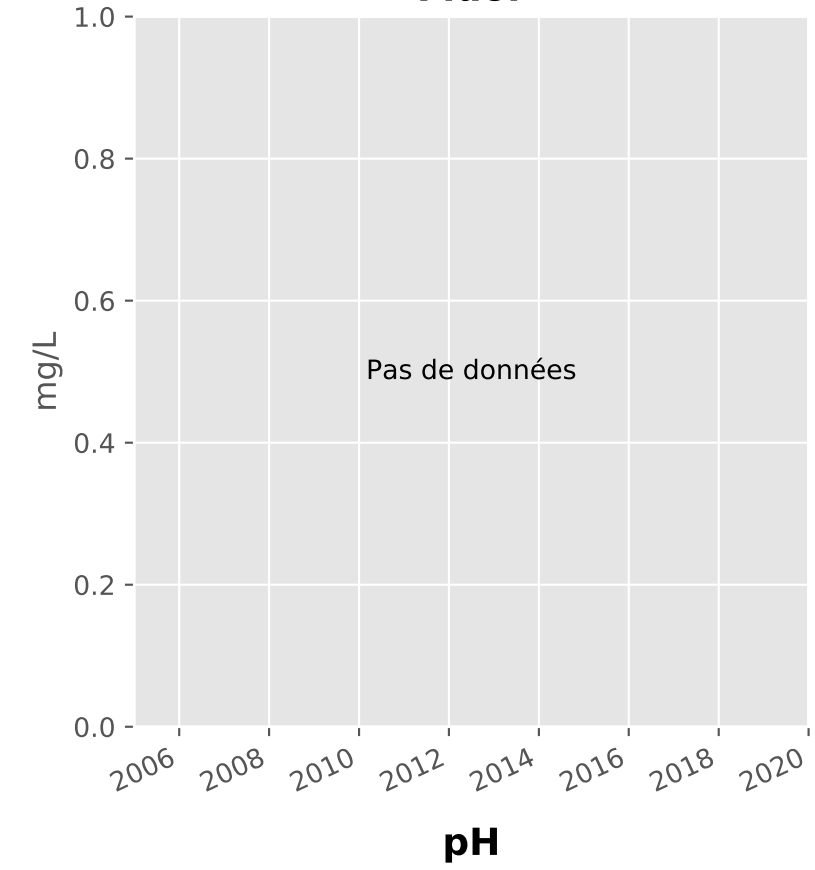
Bore



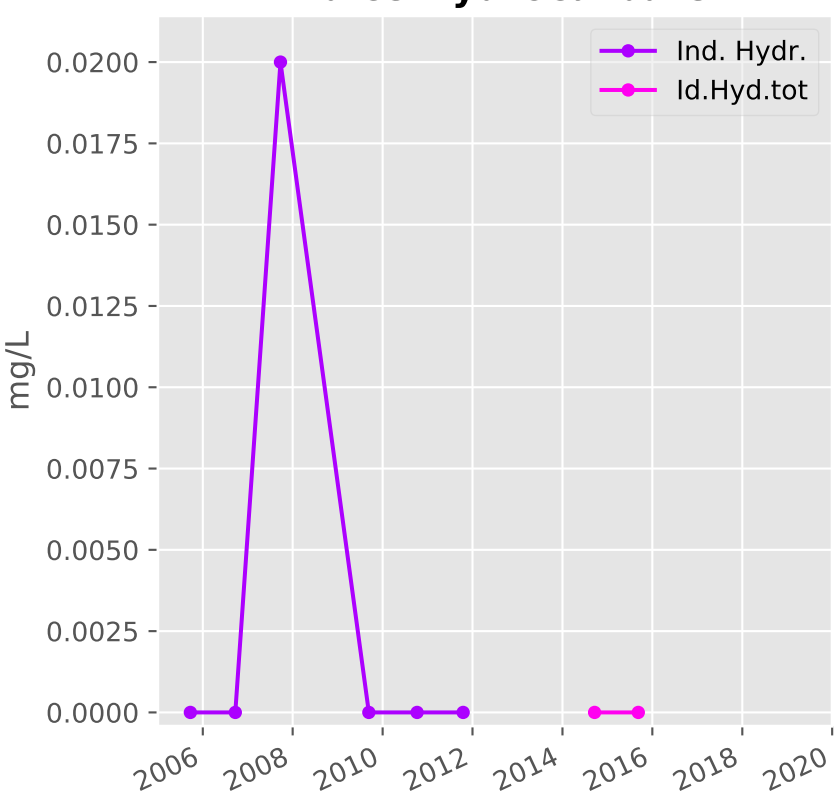
Strontium



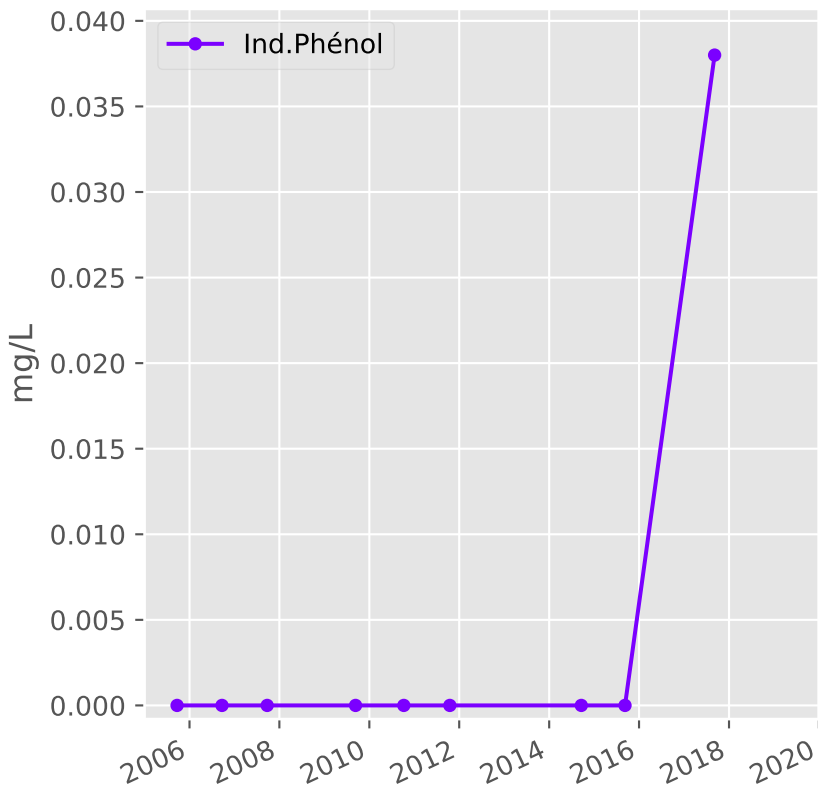
Fluor



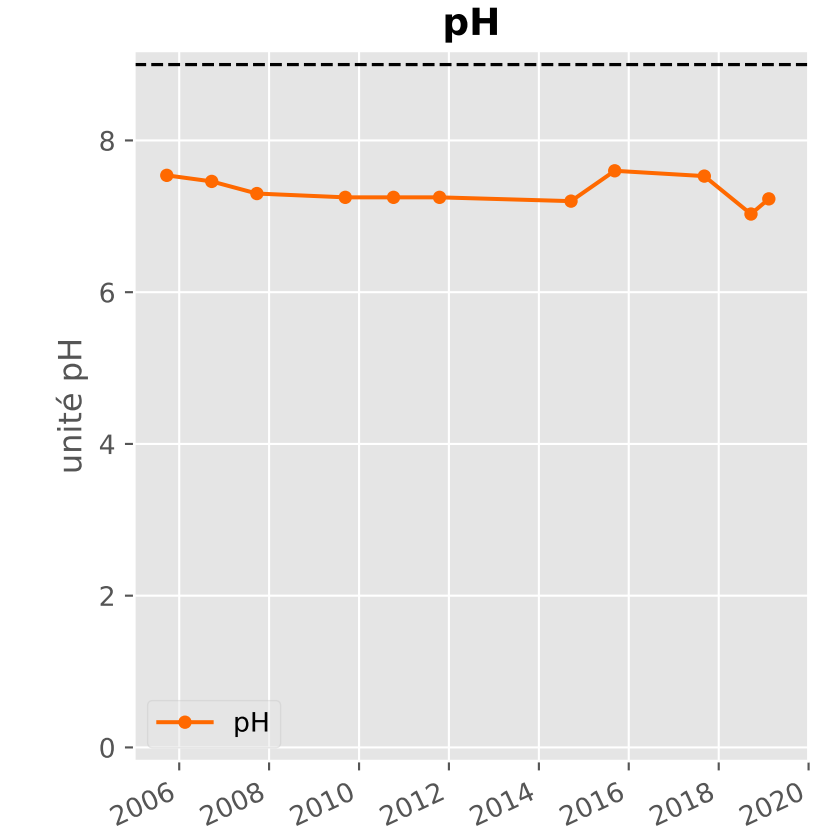
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

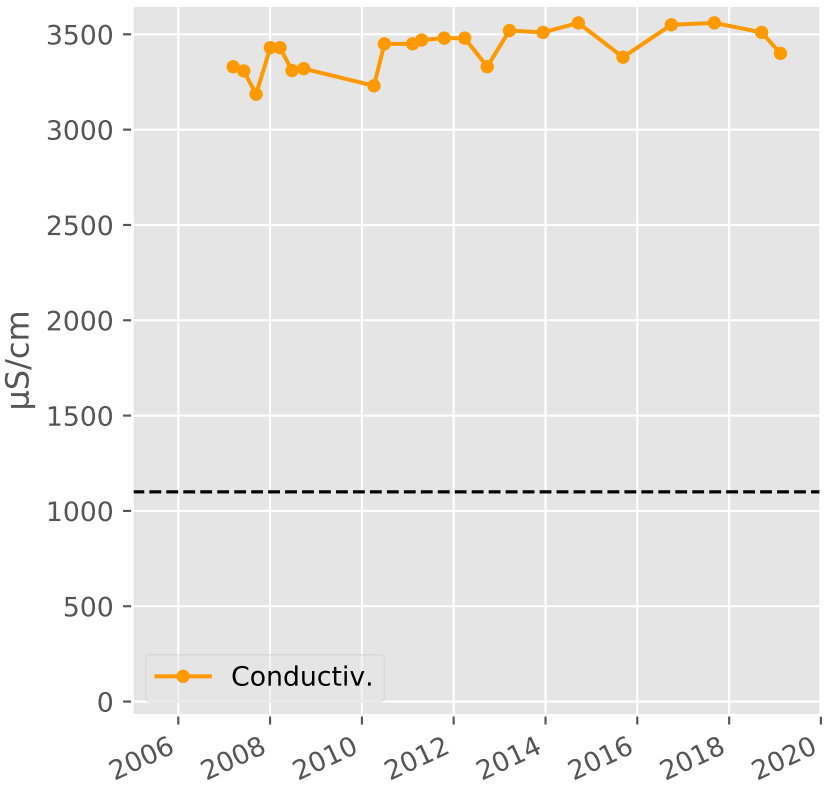


pH

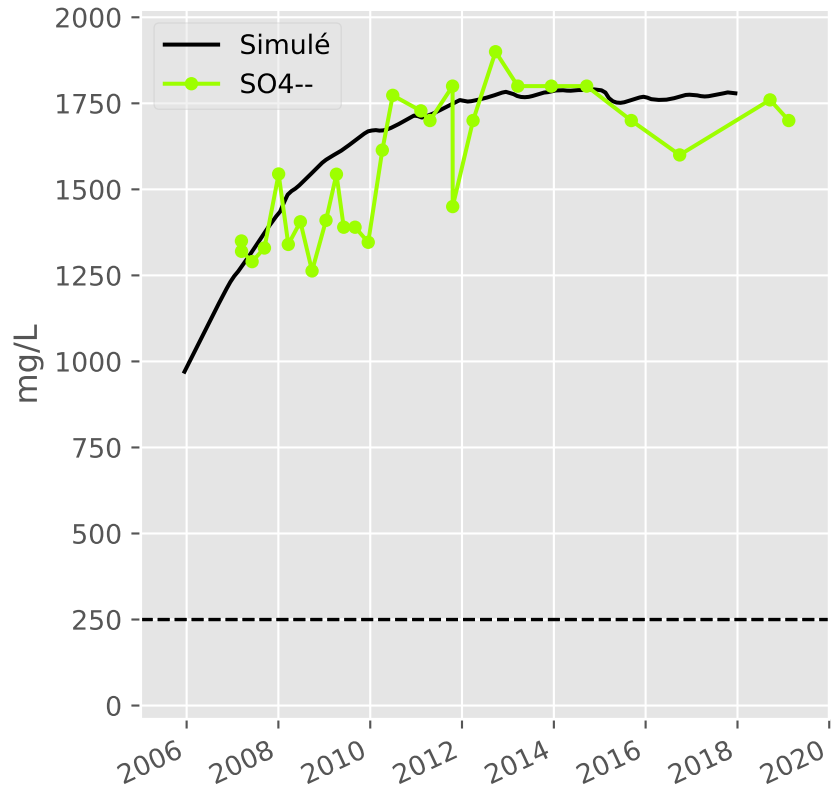


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN1 - N17 - Puits Errouville III - 01132X0164

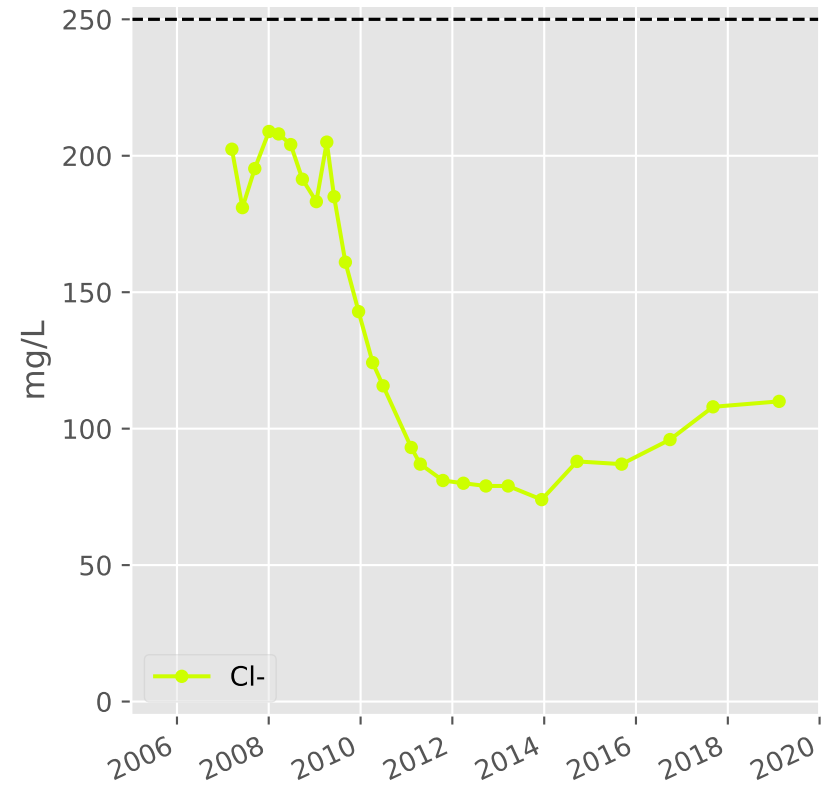
Conductivité



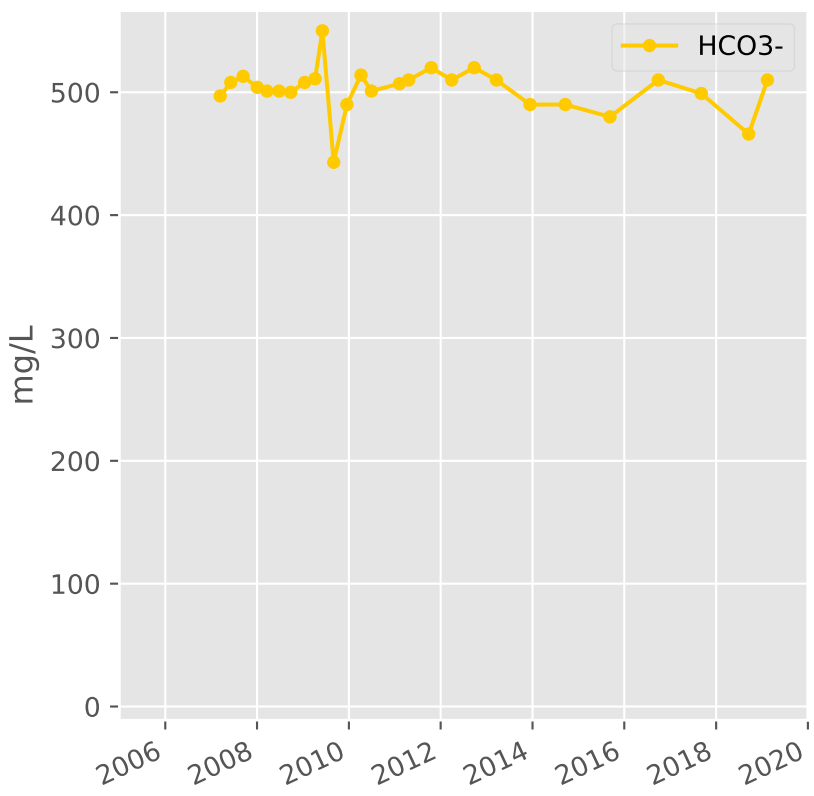
Sulfates



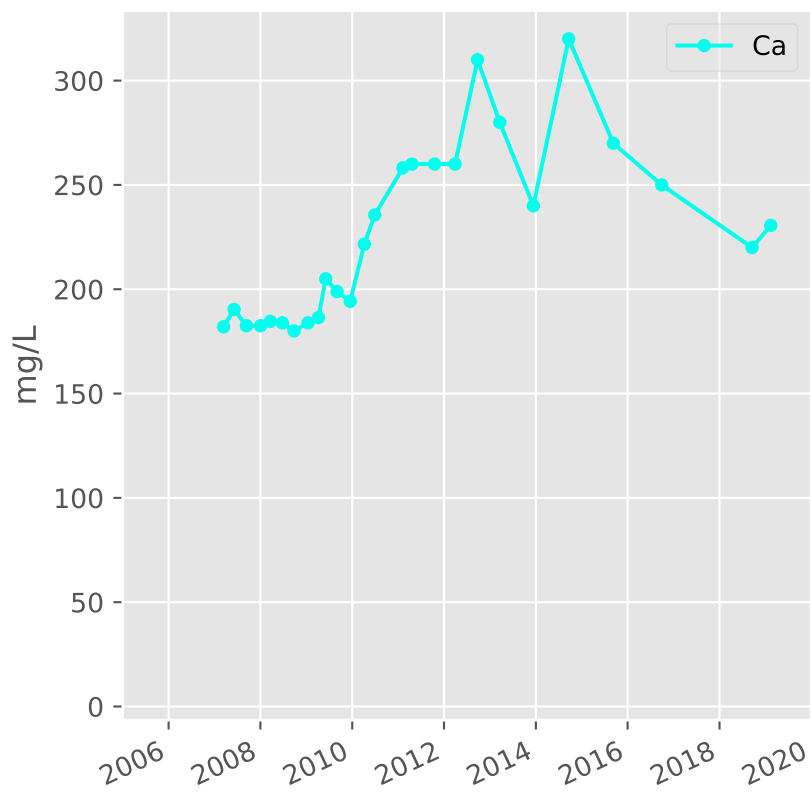
Chlorures



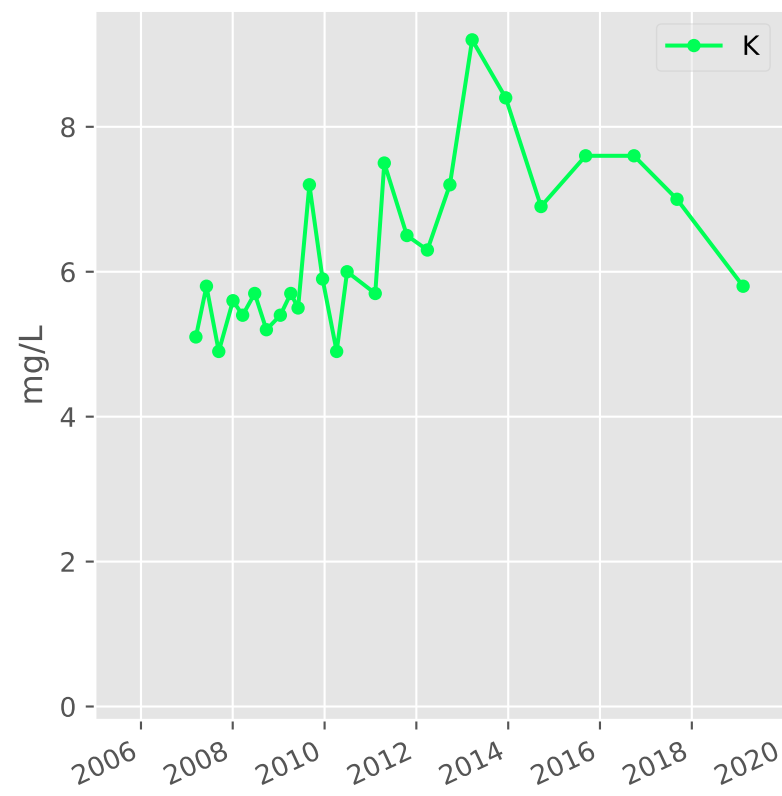
Bicarbonates



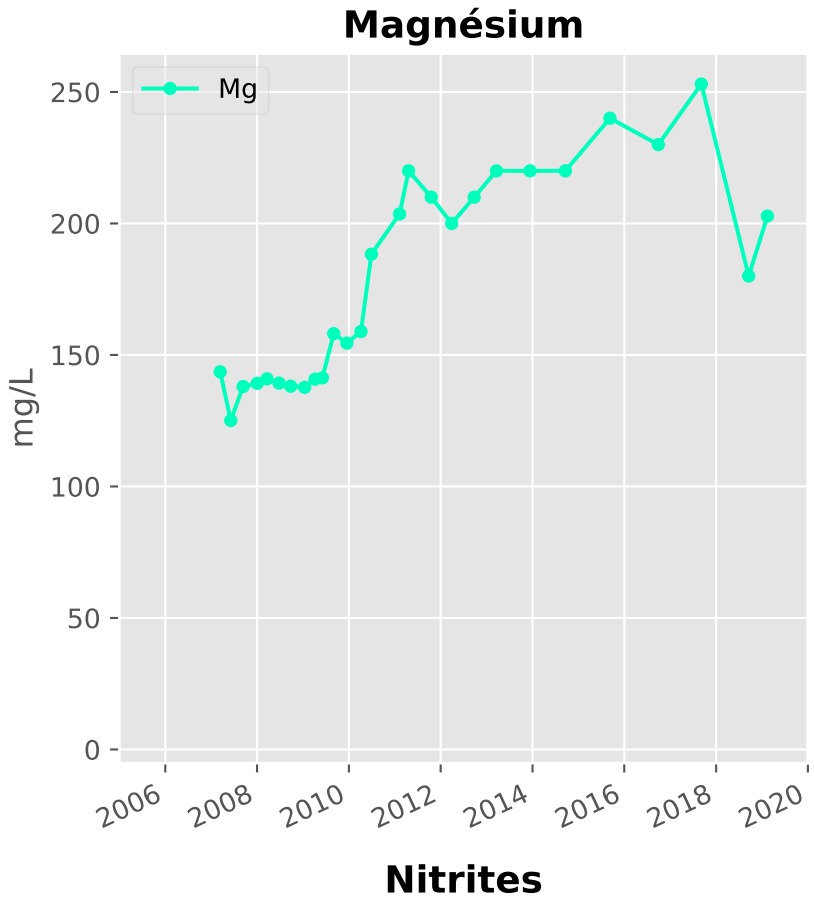
Calcium



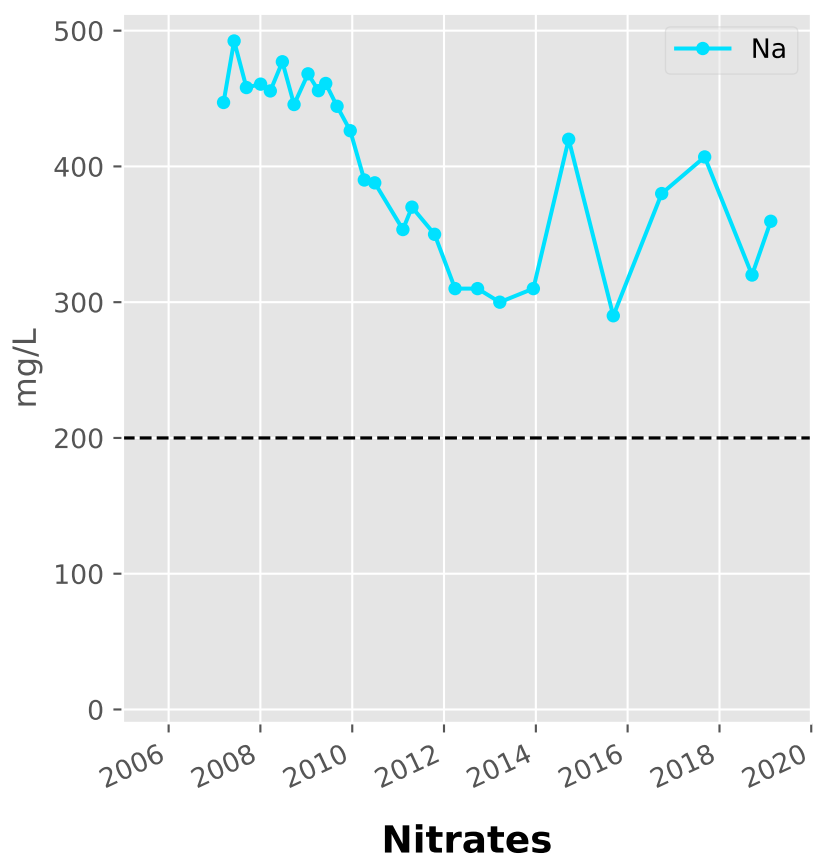
Potassium



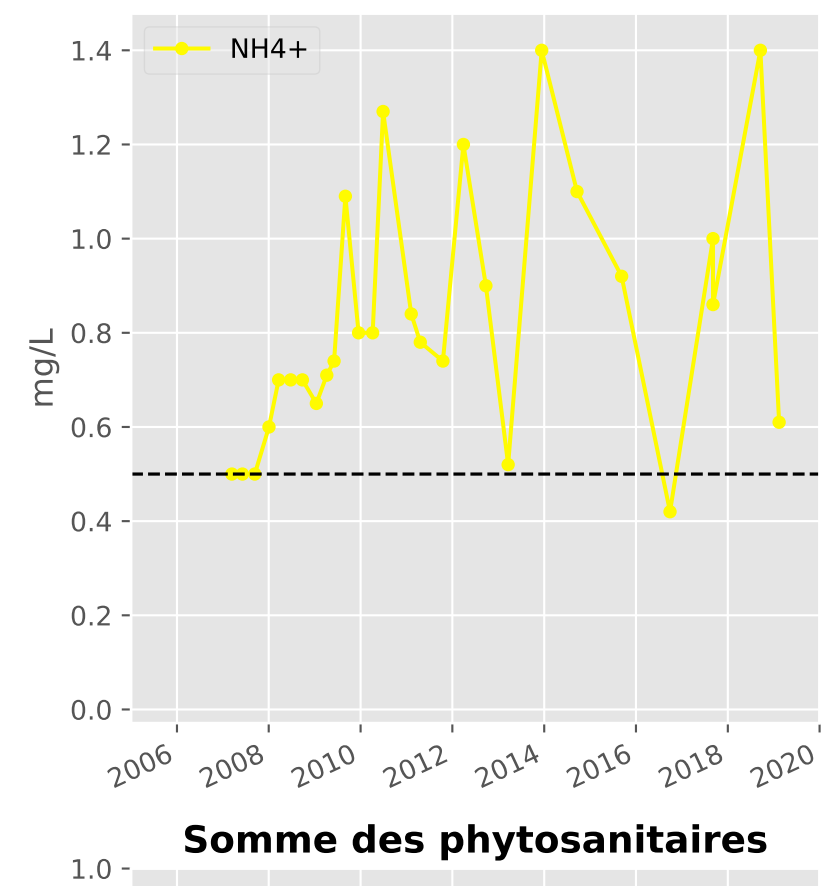
Magnésium



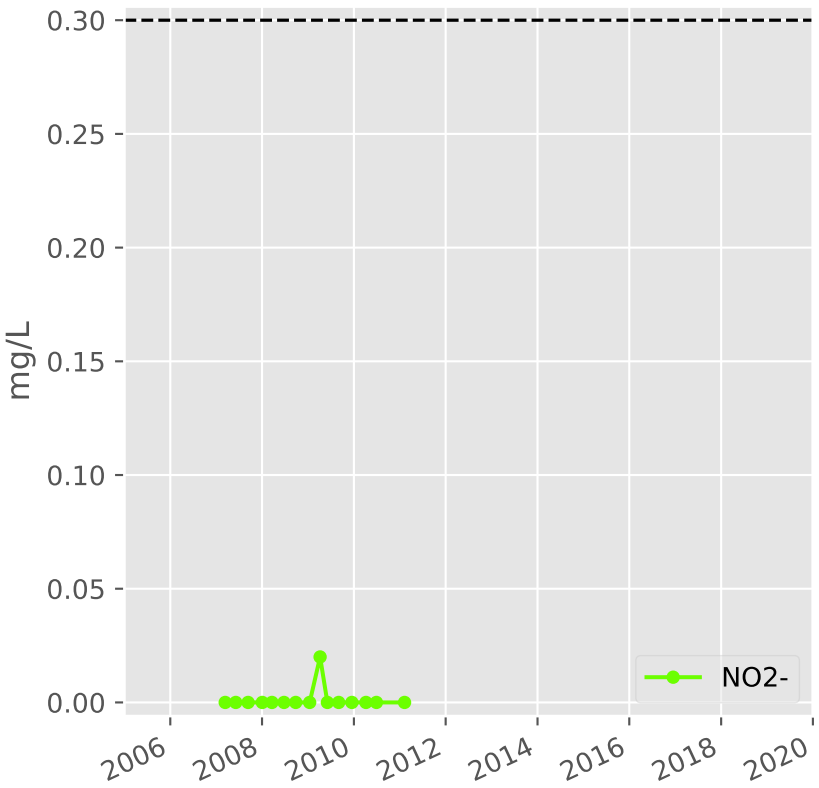
Sodium



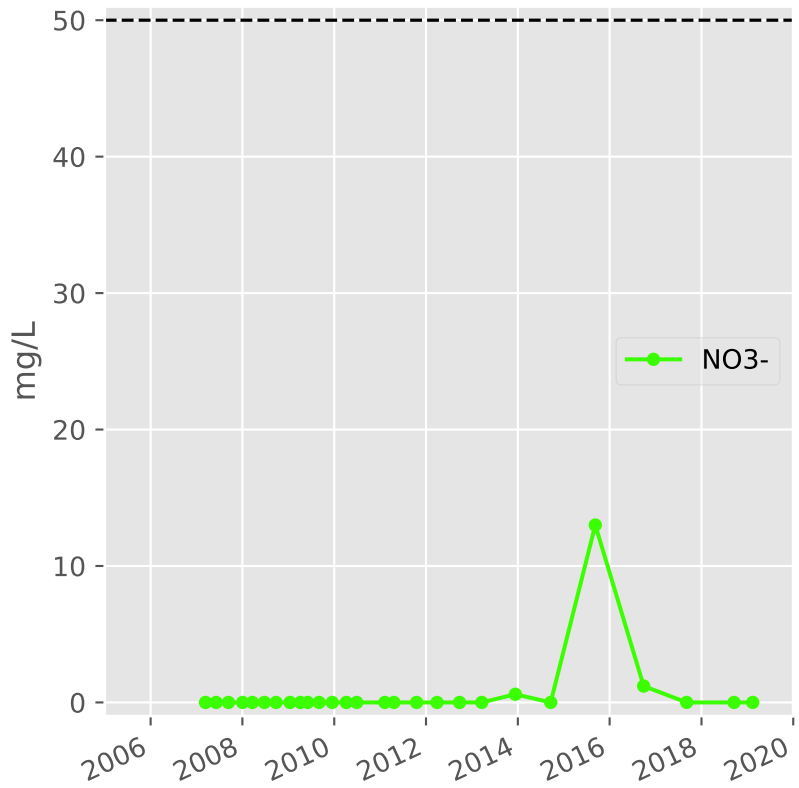
Ammonium



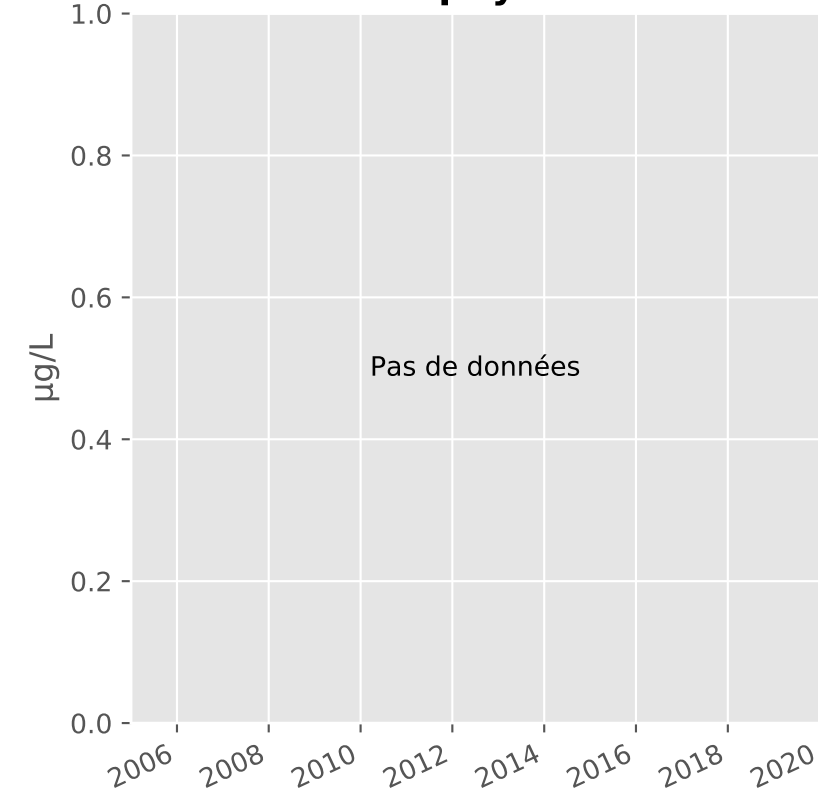
Nitrites



Nitrates

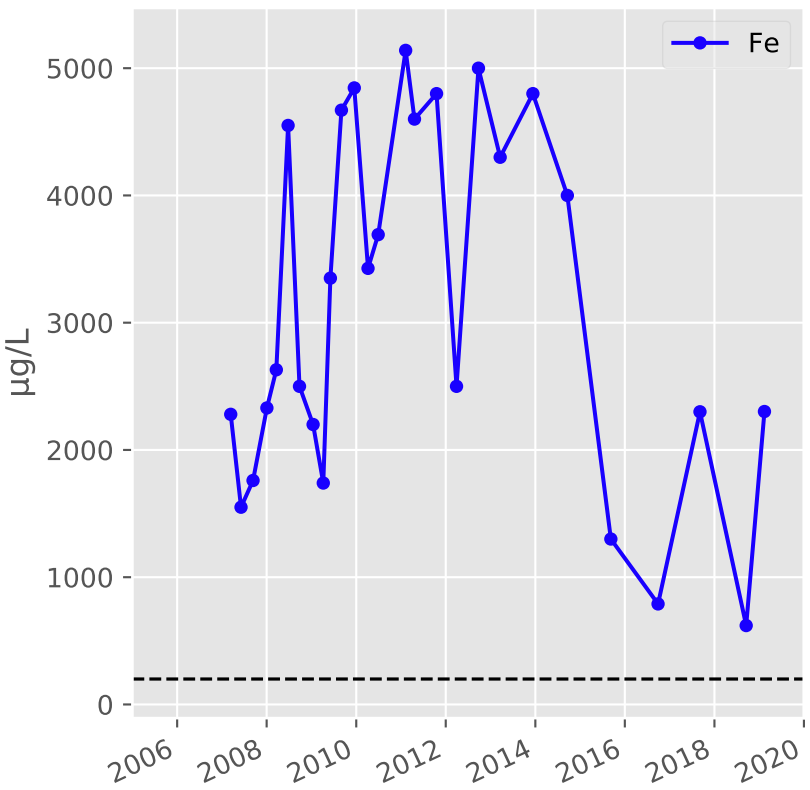


Somme des phytosanitaires

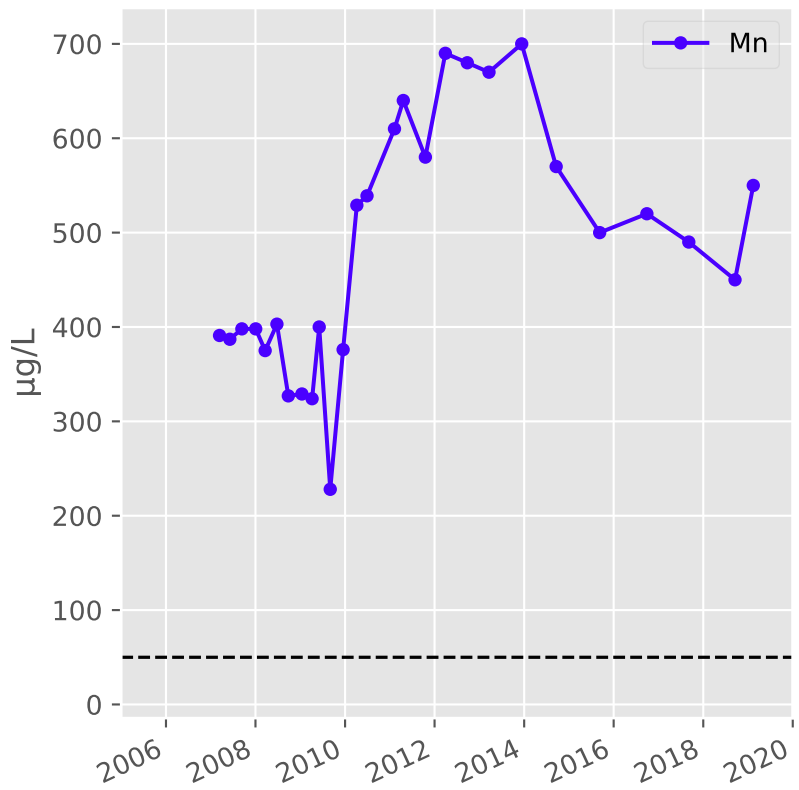


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN1 - N17 - Puits Errouville III - 01132X0164

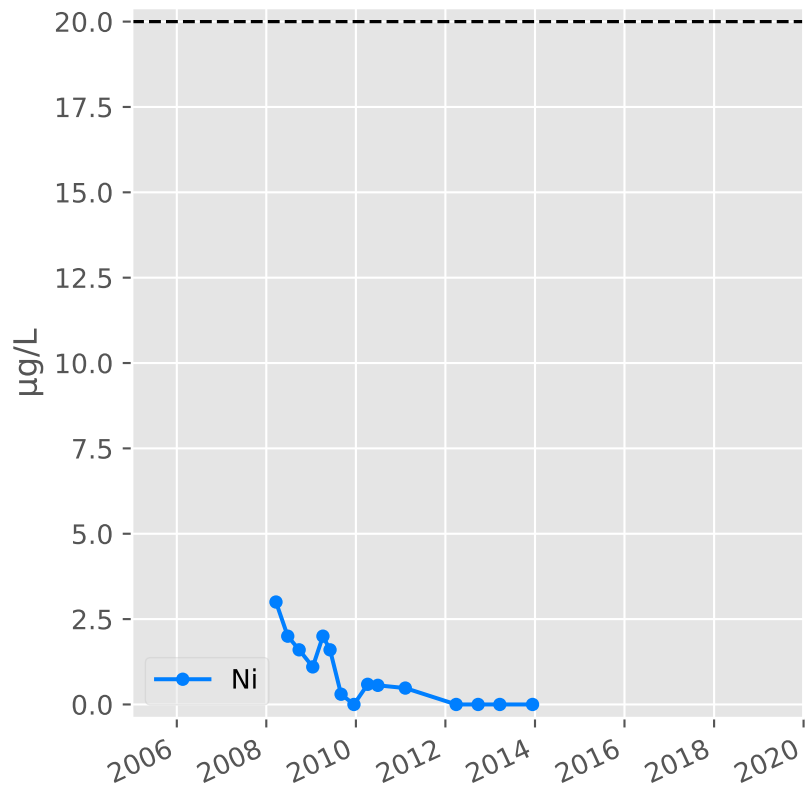
Fer



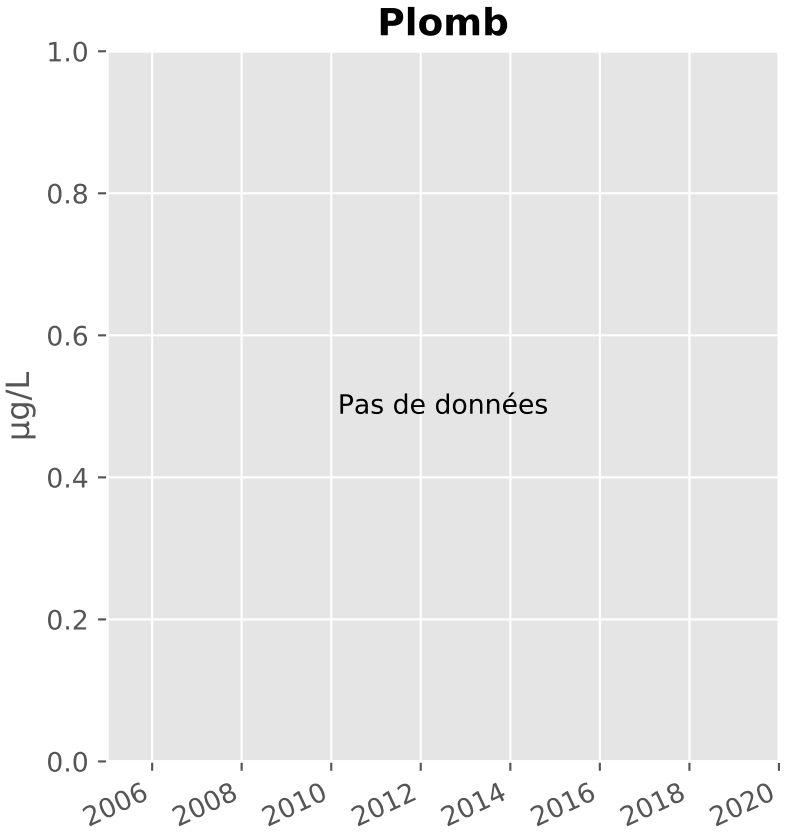
Manganèse



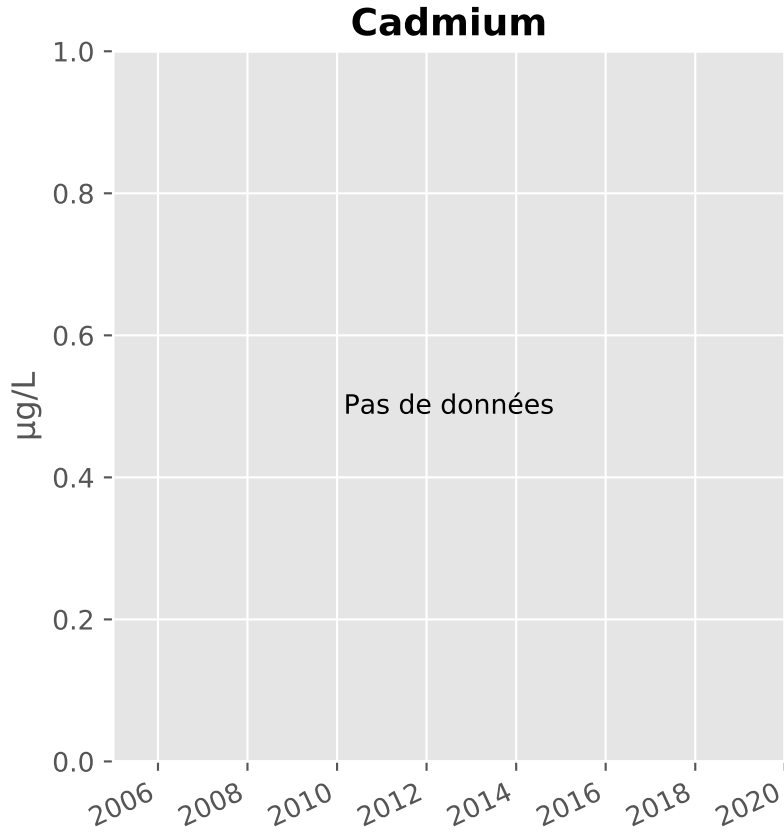
Nickel



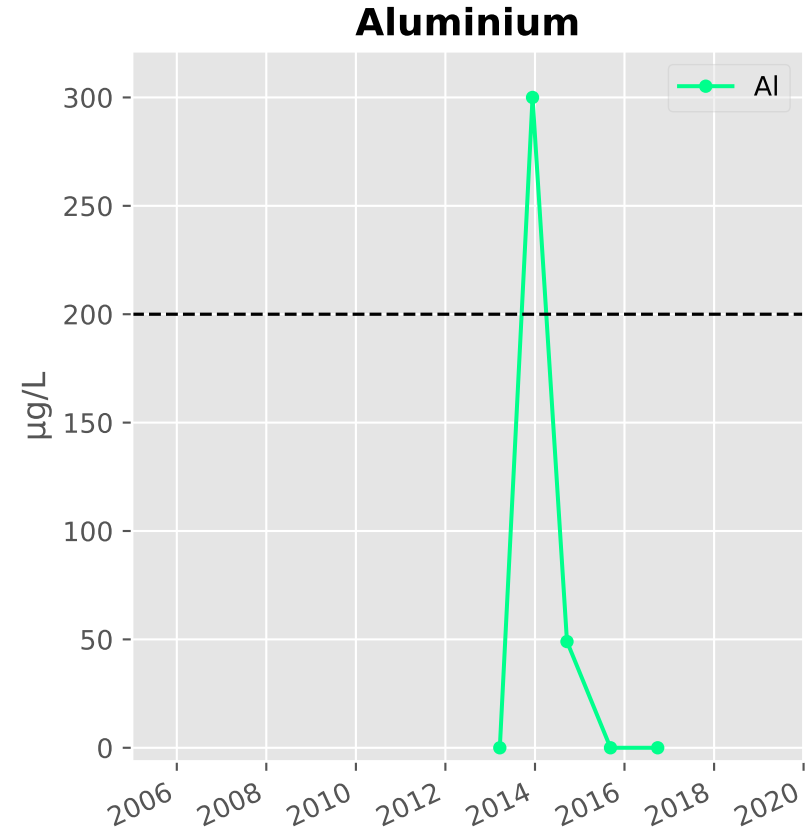
Plomb



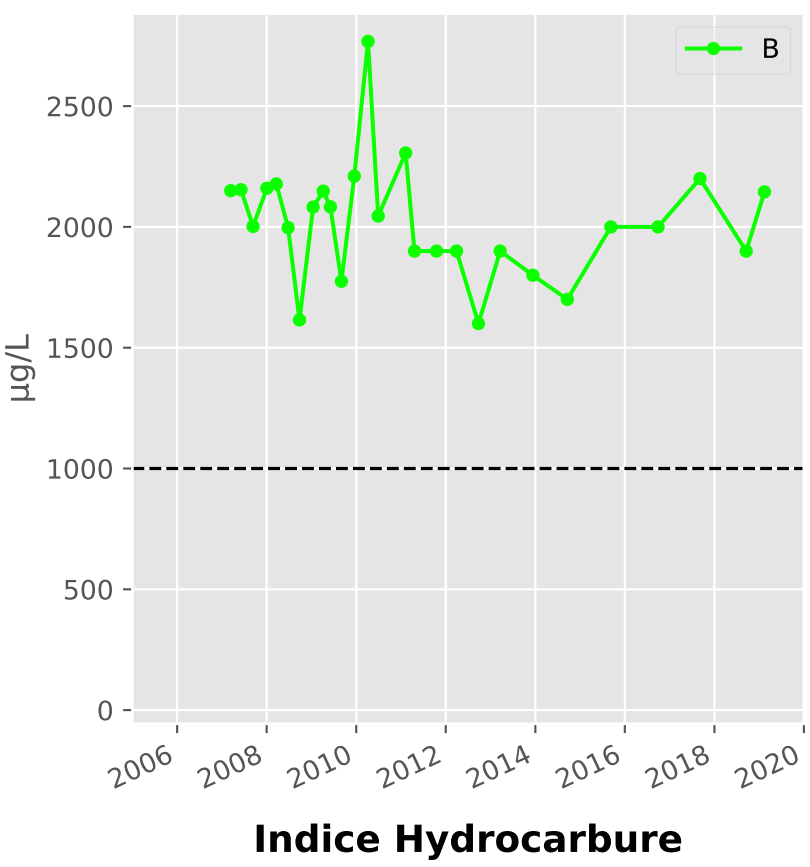
Cadmium



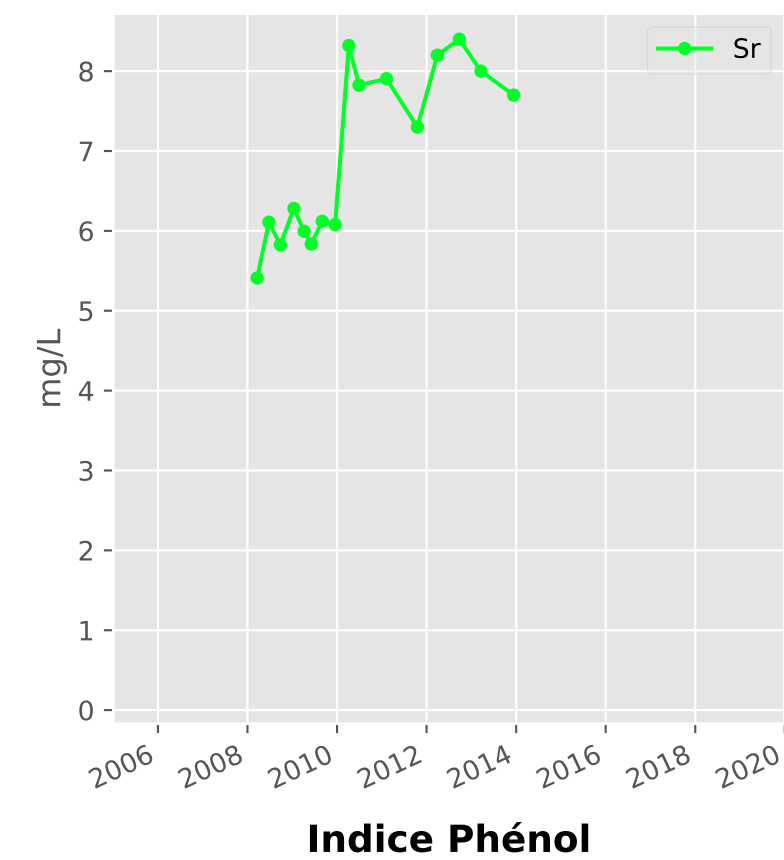
Aluminium



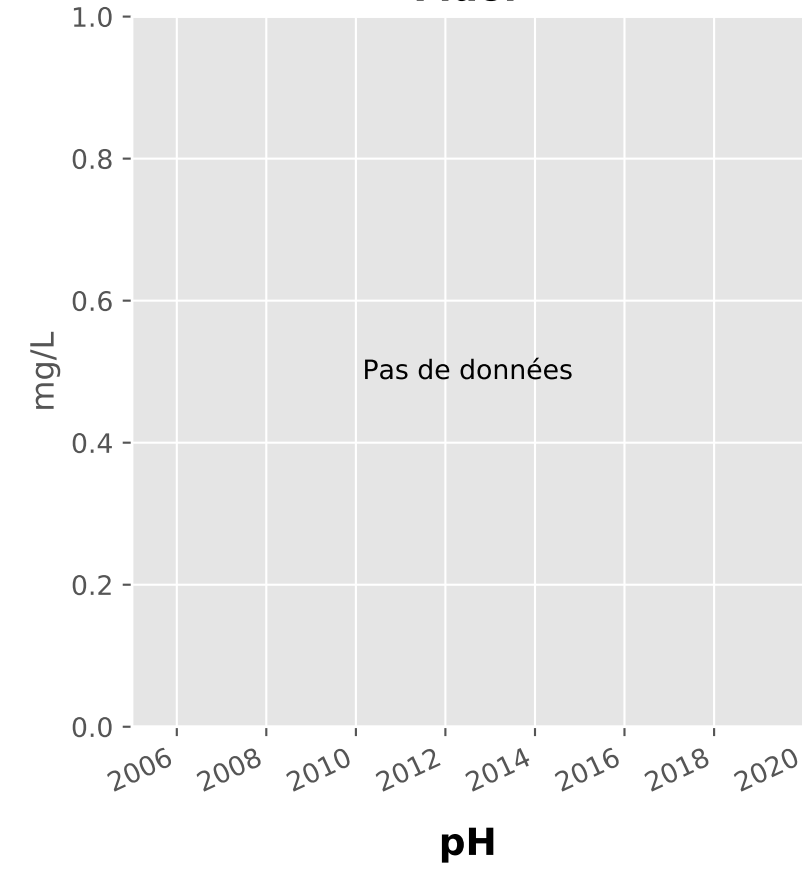
Bore



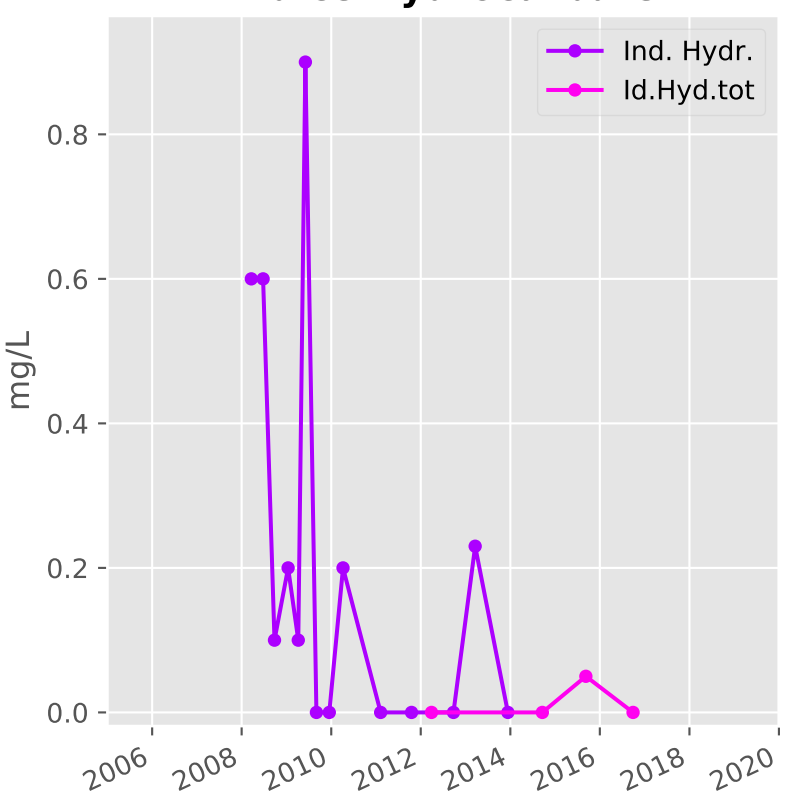
Strontium



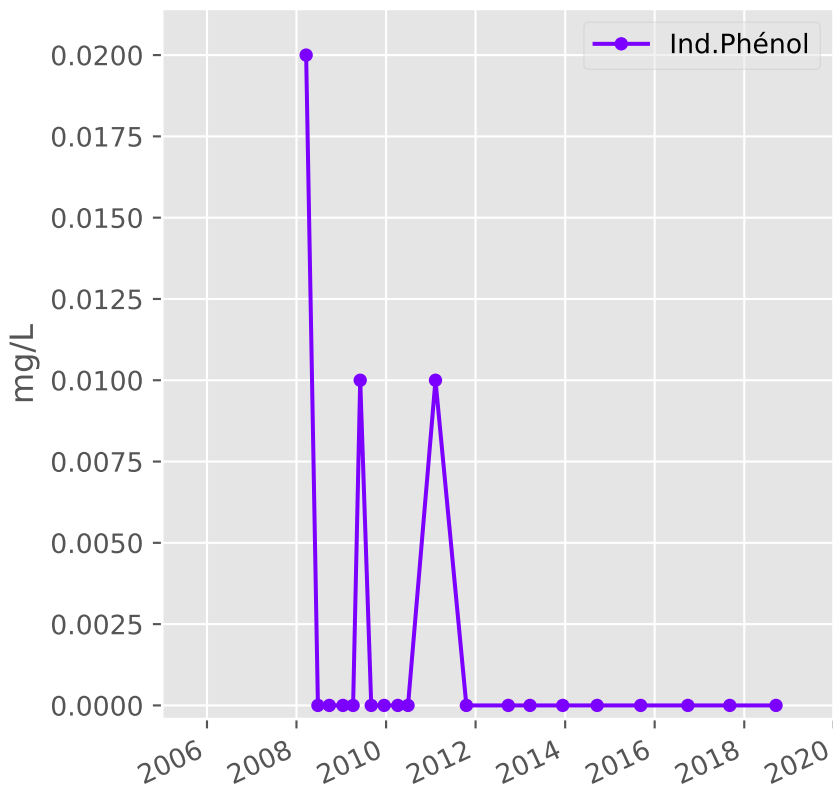
Fluor



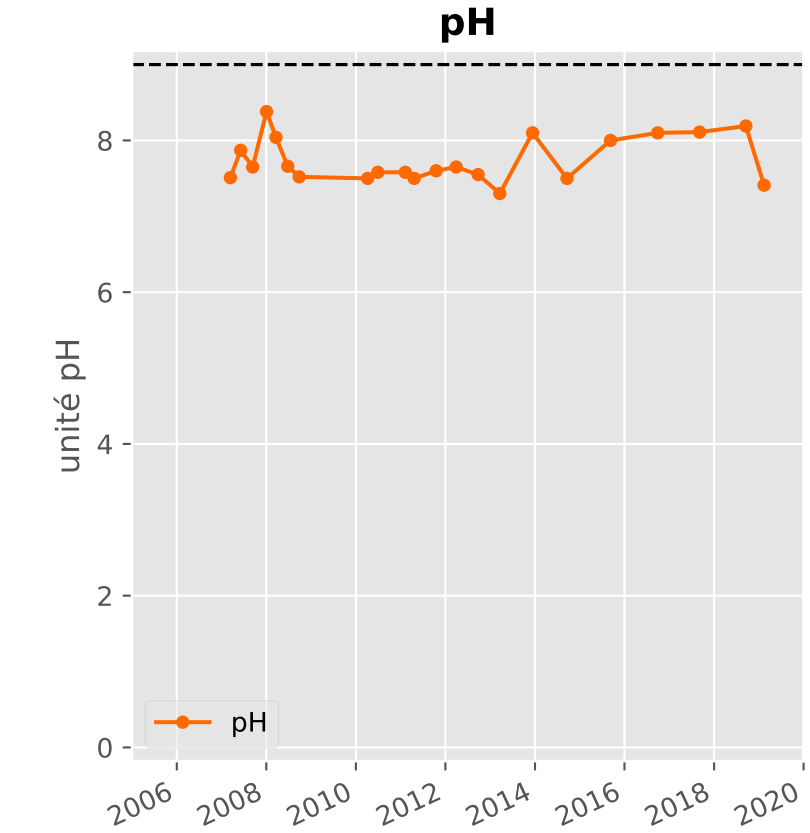
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

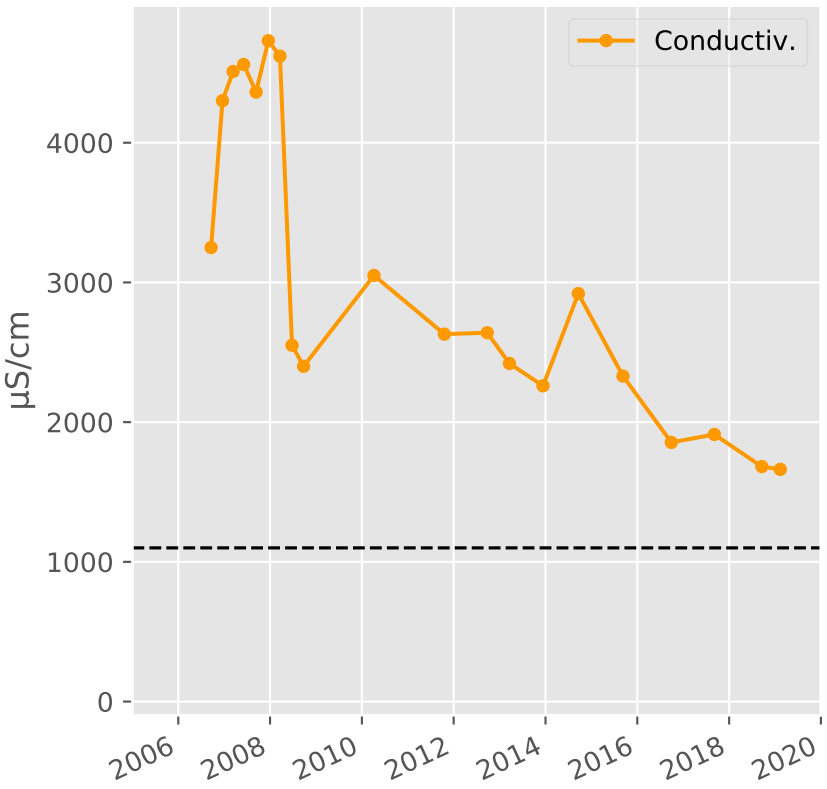


pH

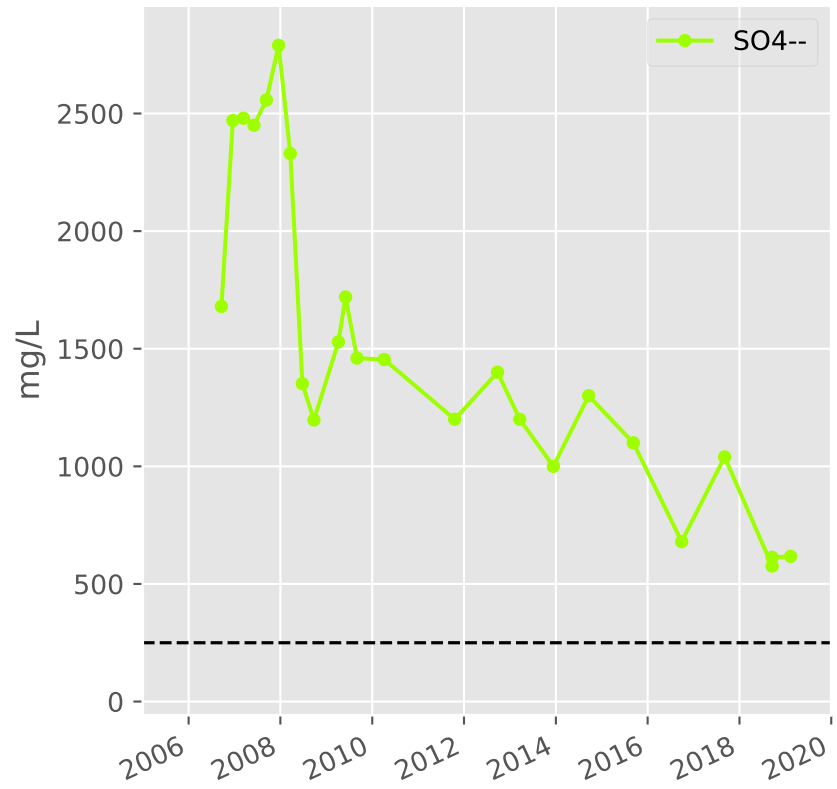


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N05 - Puits Cheminée Sud Grise - 01137X0175

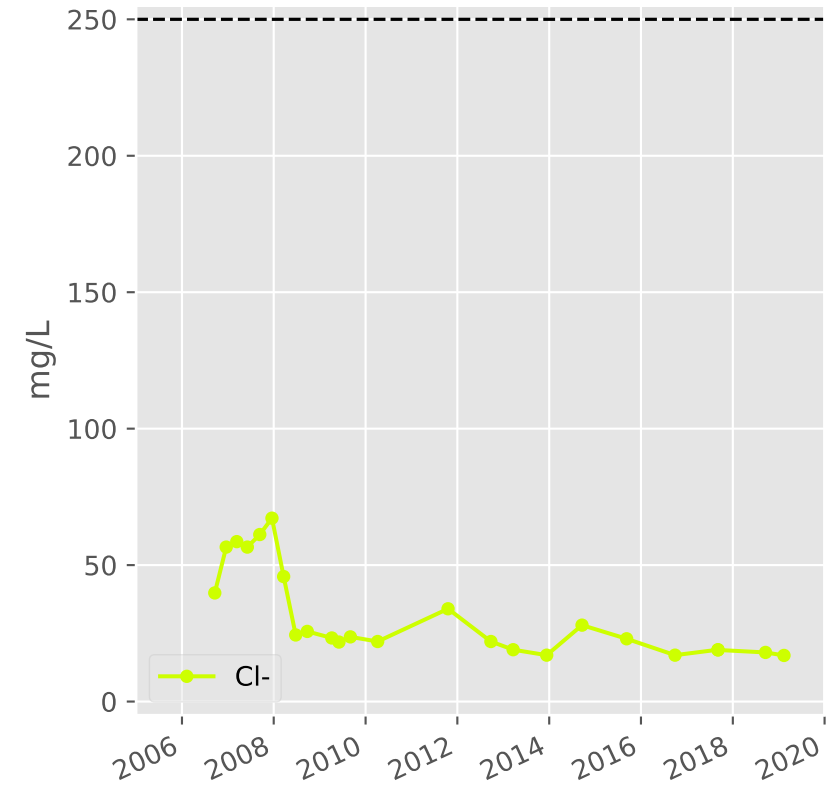
Conductivité



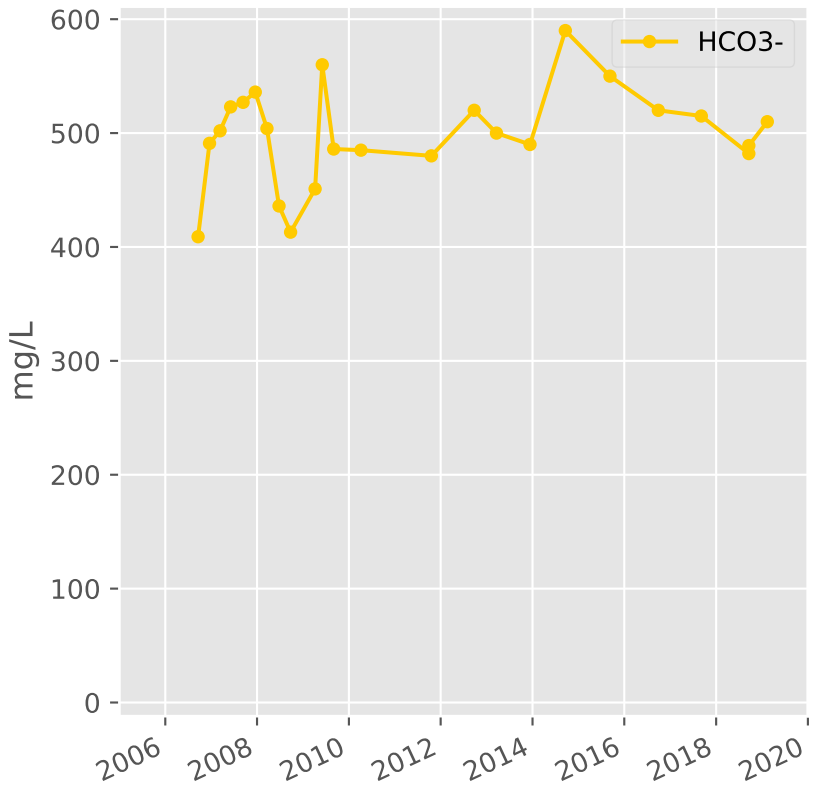
Sulfates



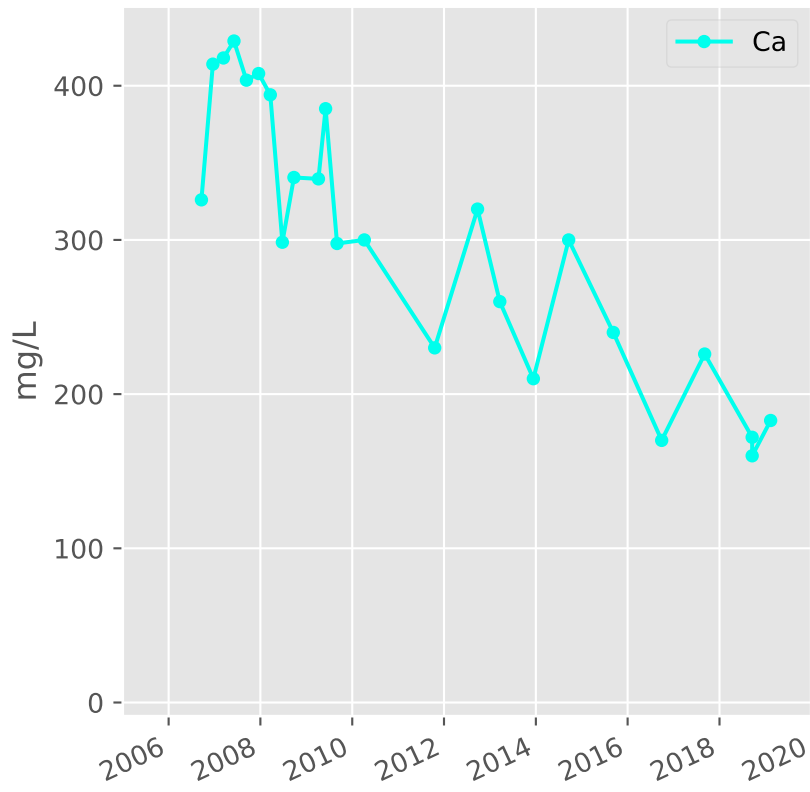
Chlorures



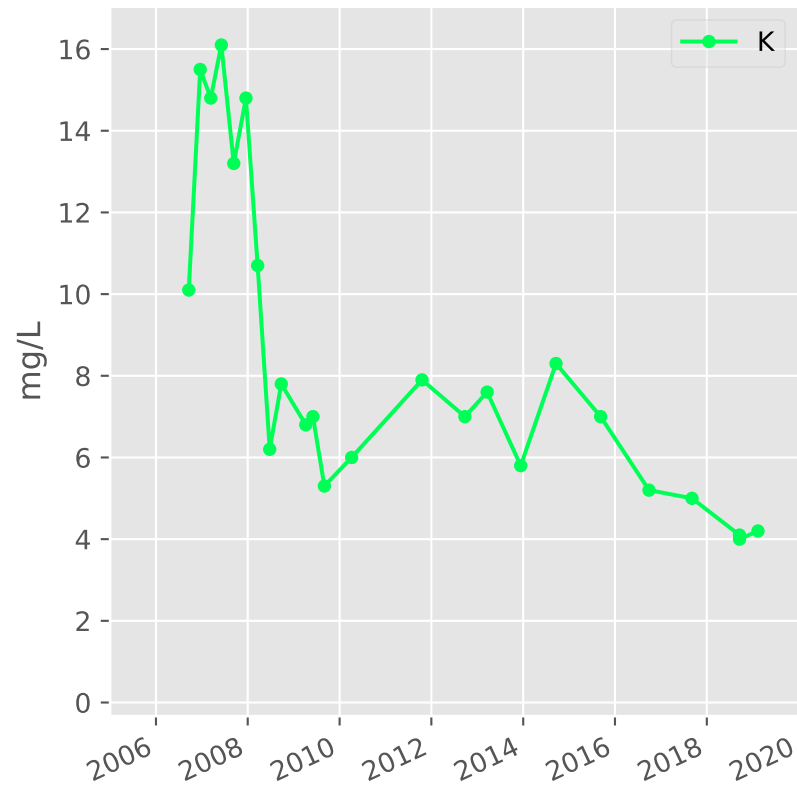
Bicarbonates



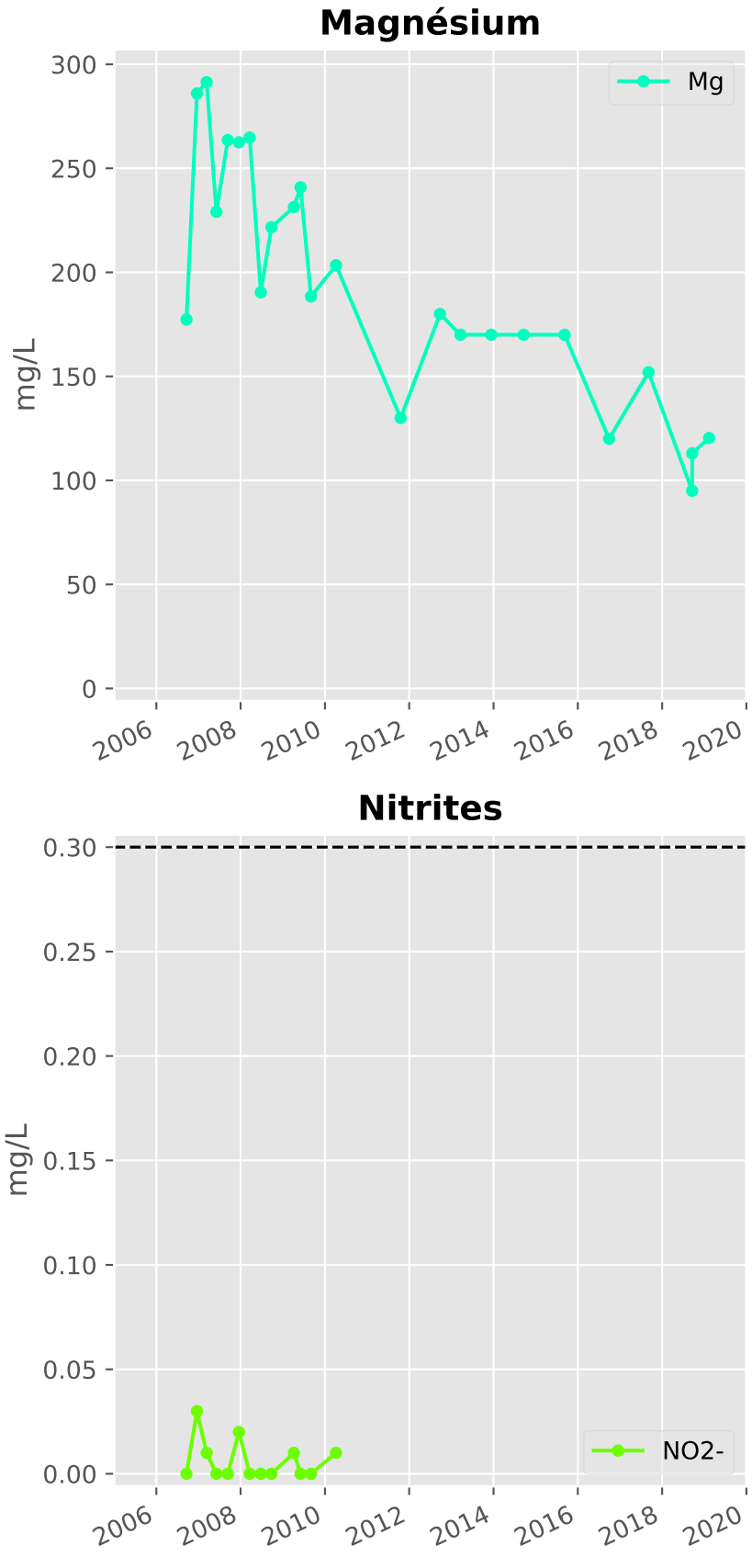
Calcium



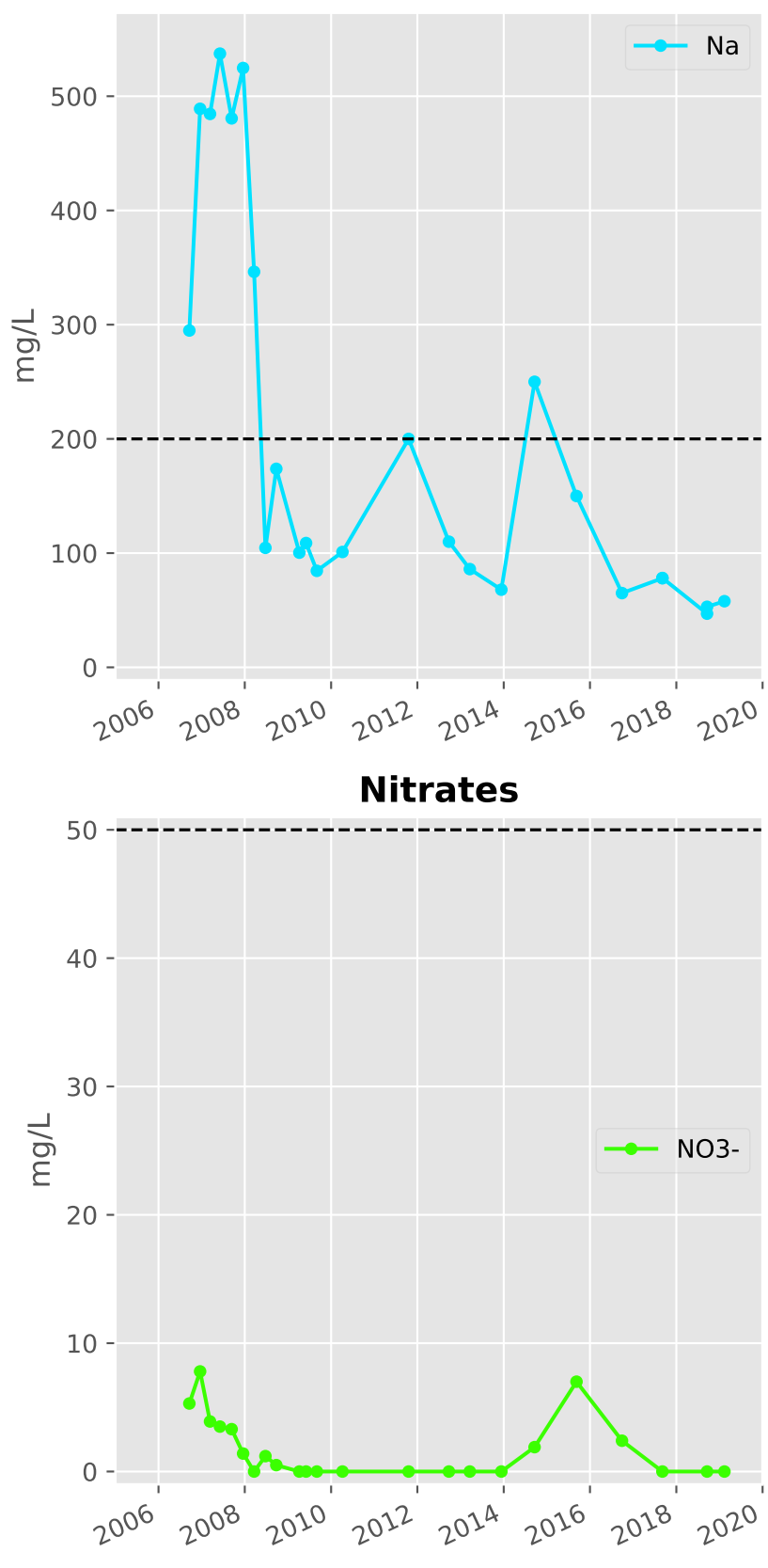
Potassium



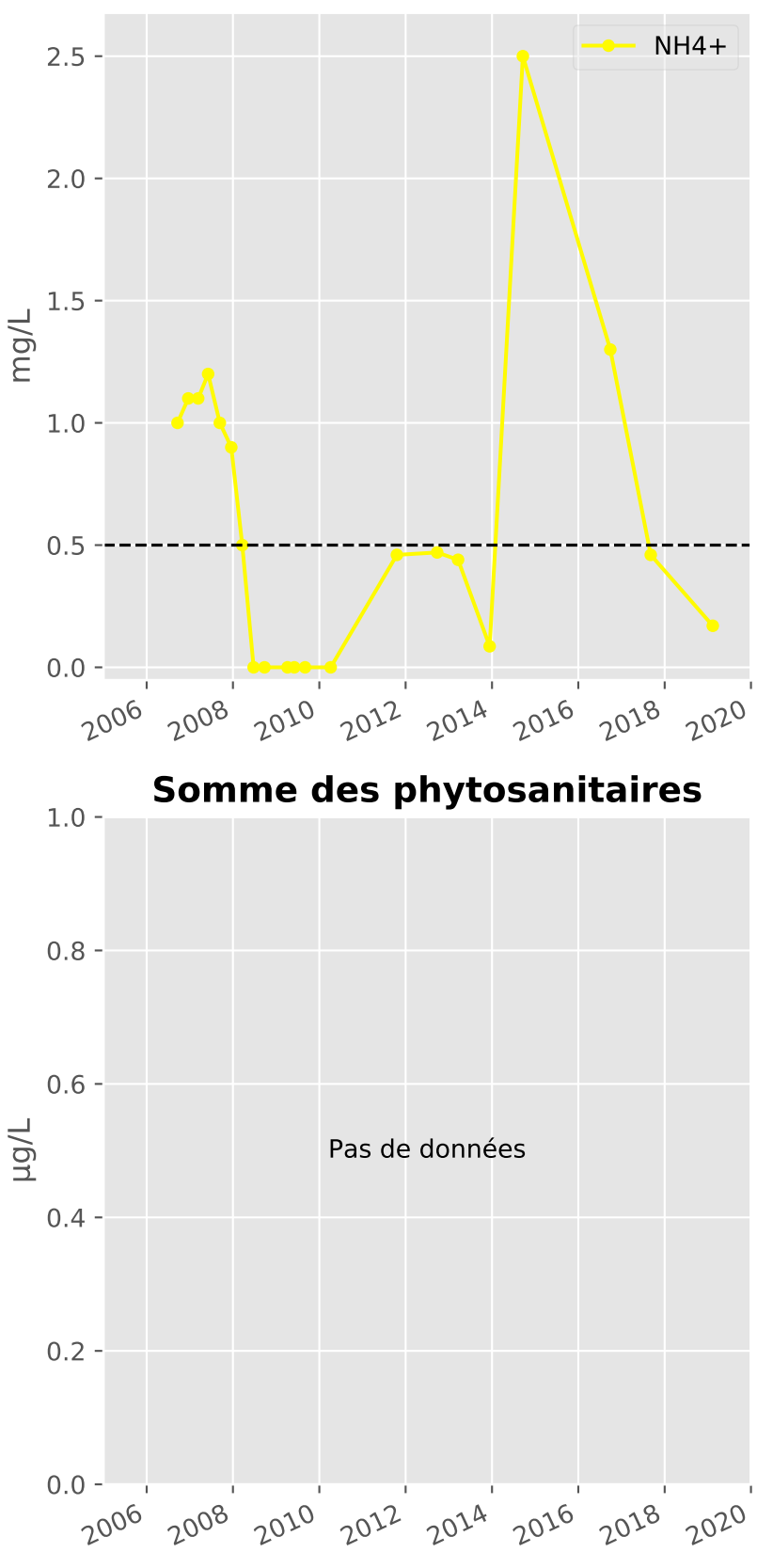
Magnésium



Sodium



Ammonium



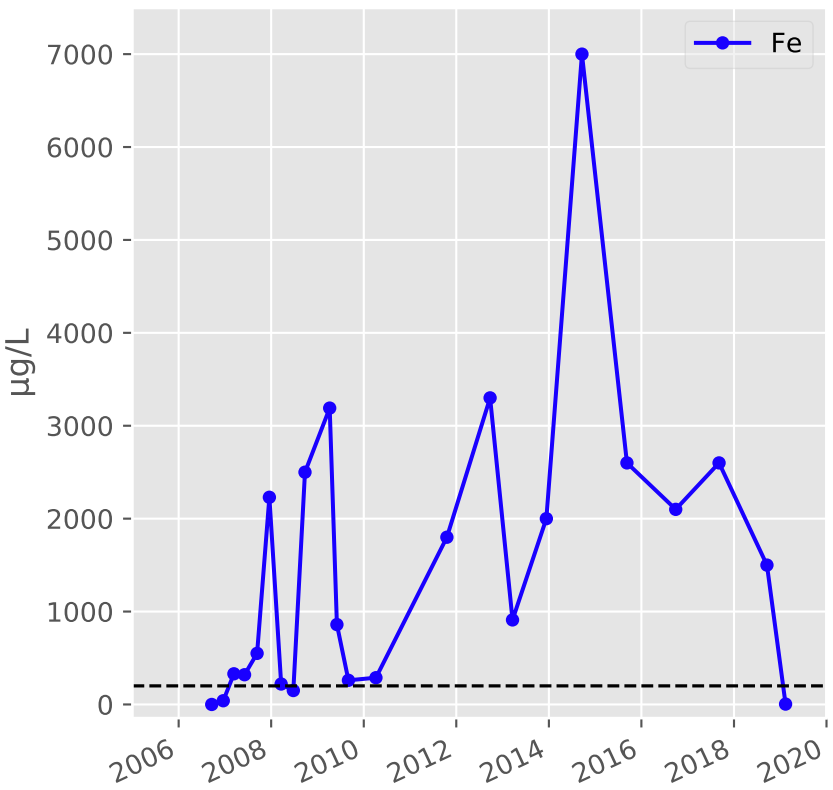
Nitrites

Nitrates

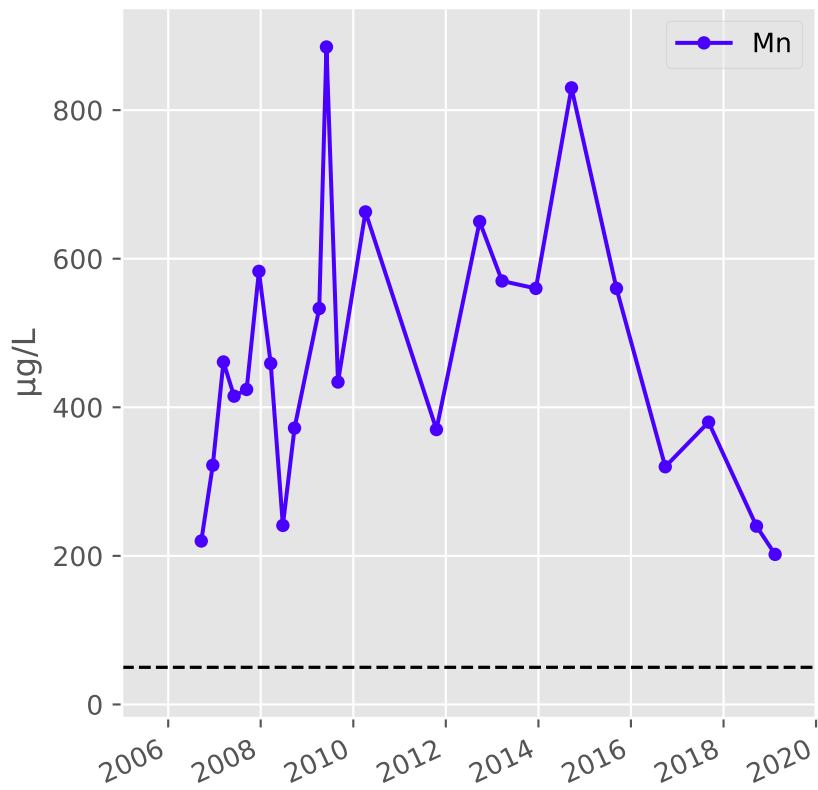
Somme des phytosanitaires

Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N05 - Puits Cheminée Sud Grise - 01137X0175

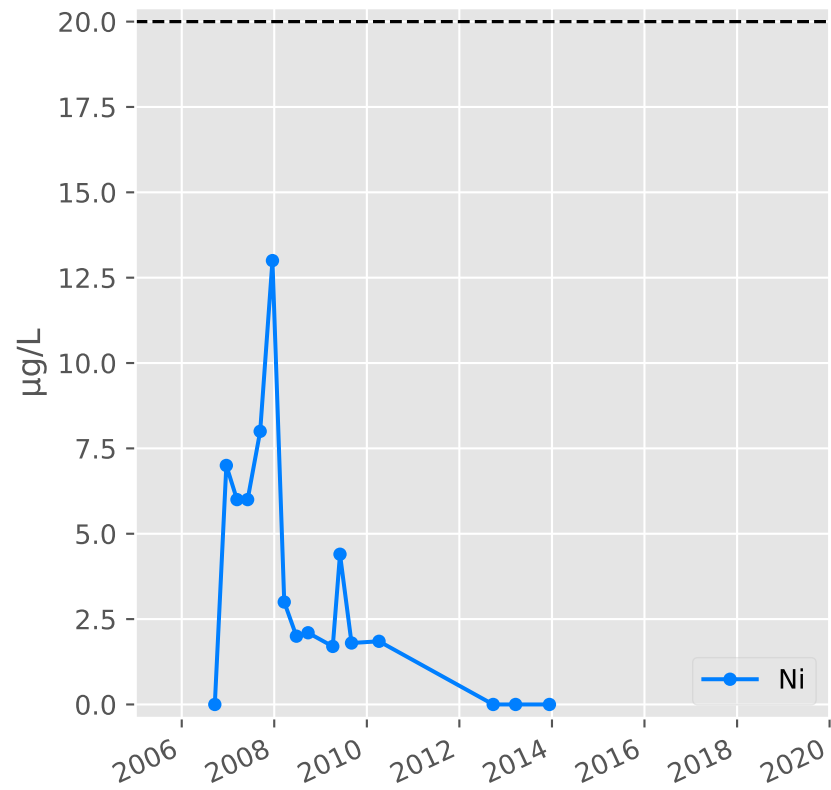
Fer



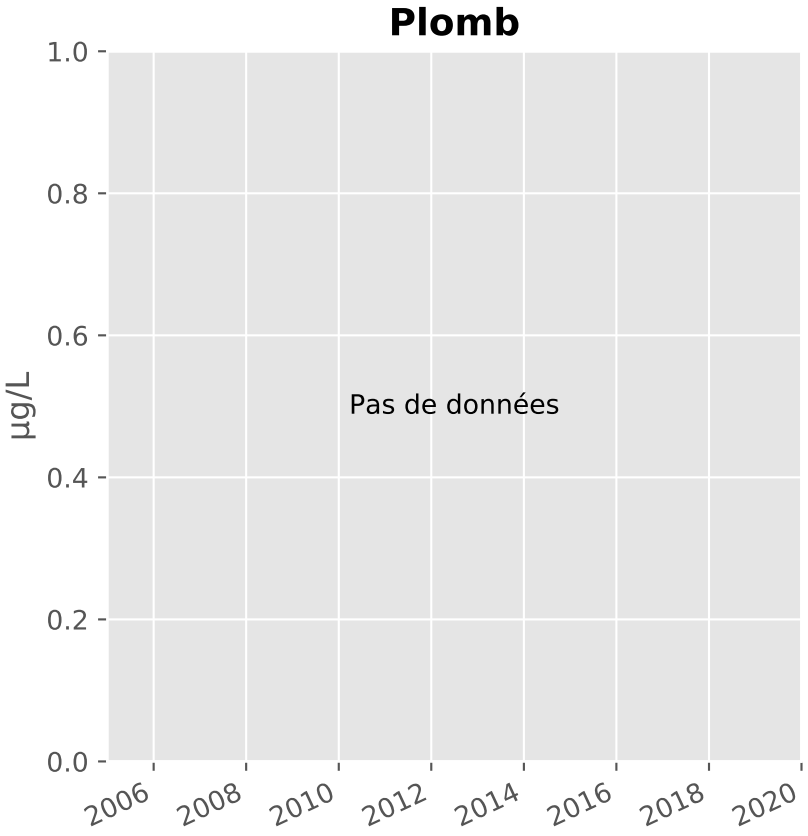
Manganèse



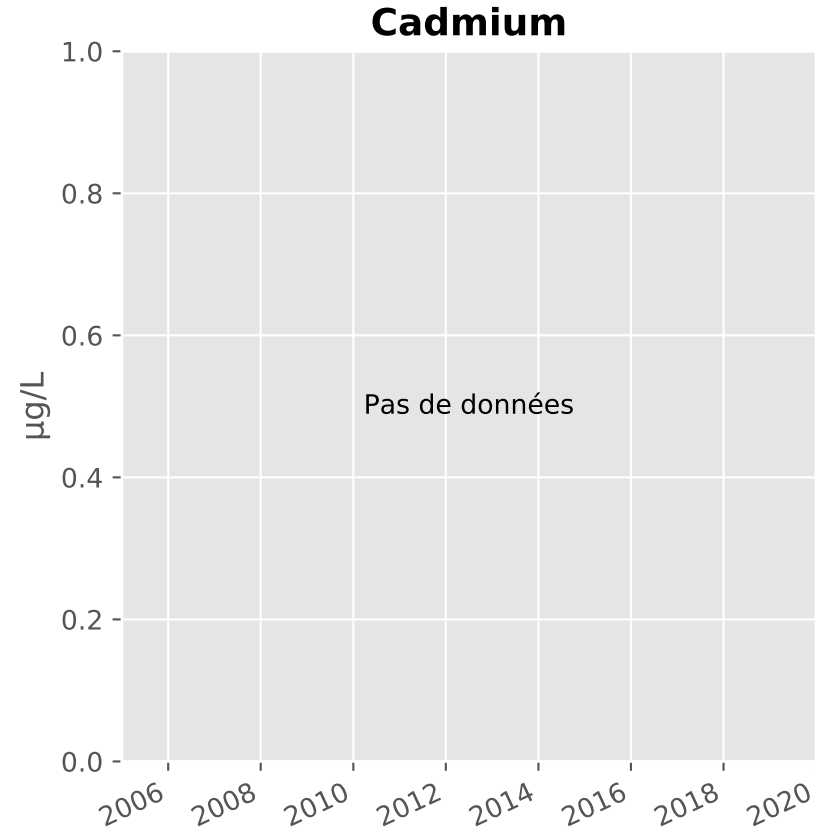
Nickel



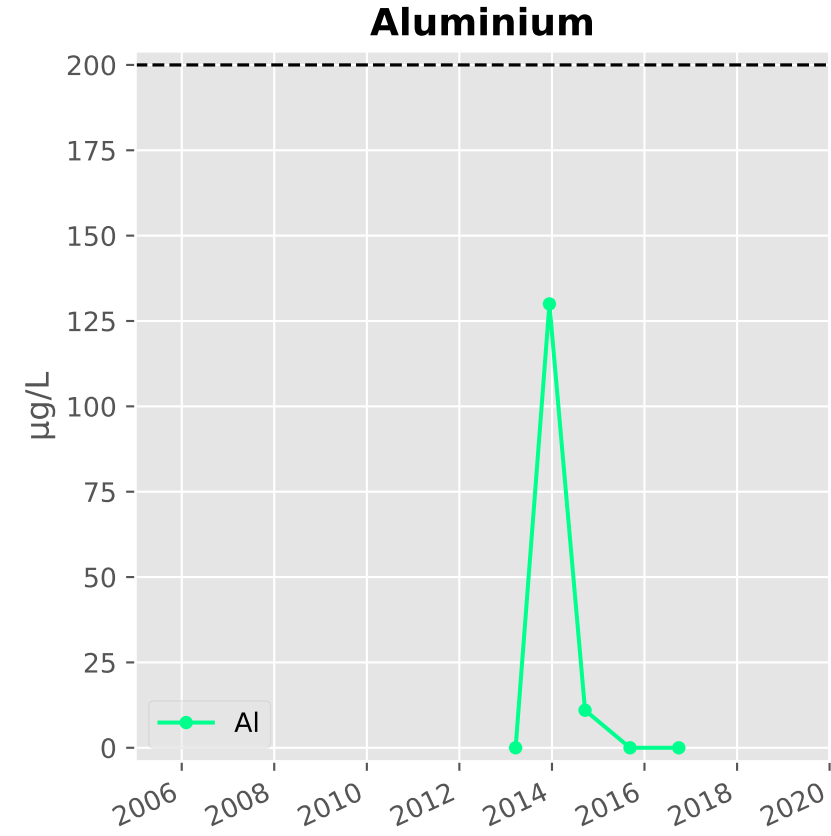
Plomb



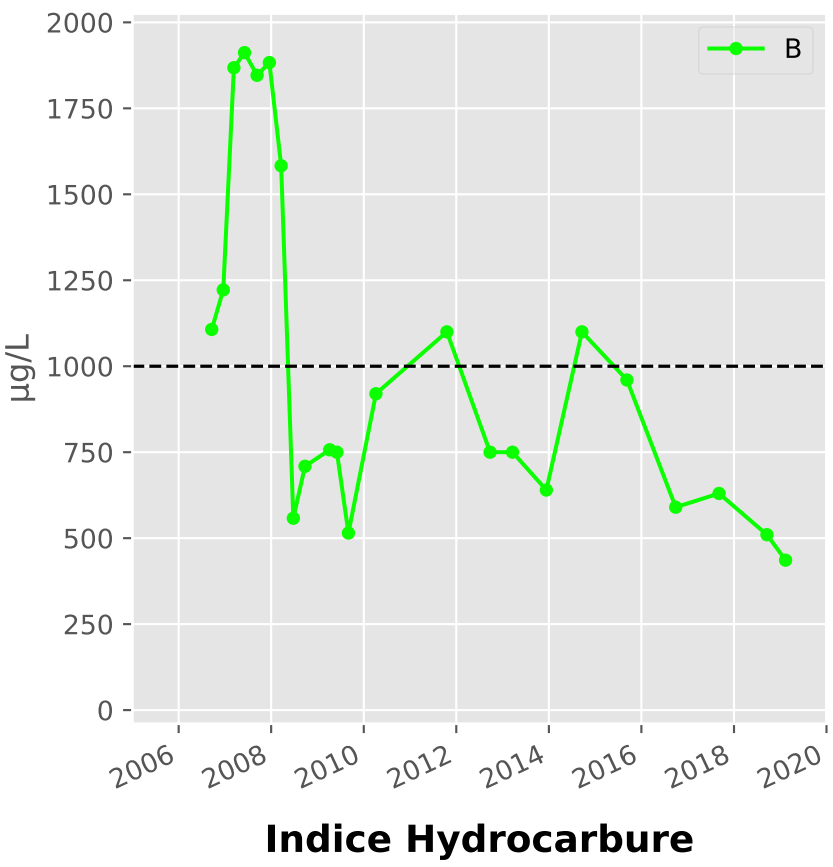
Cadmium



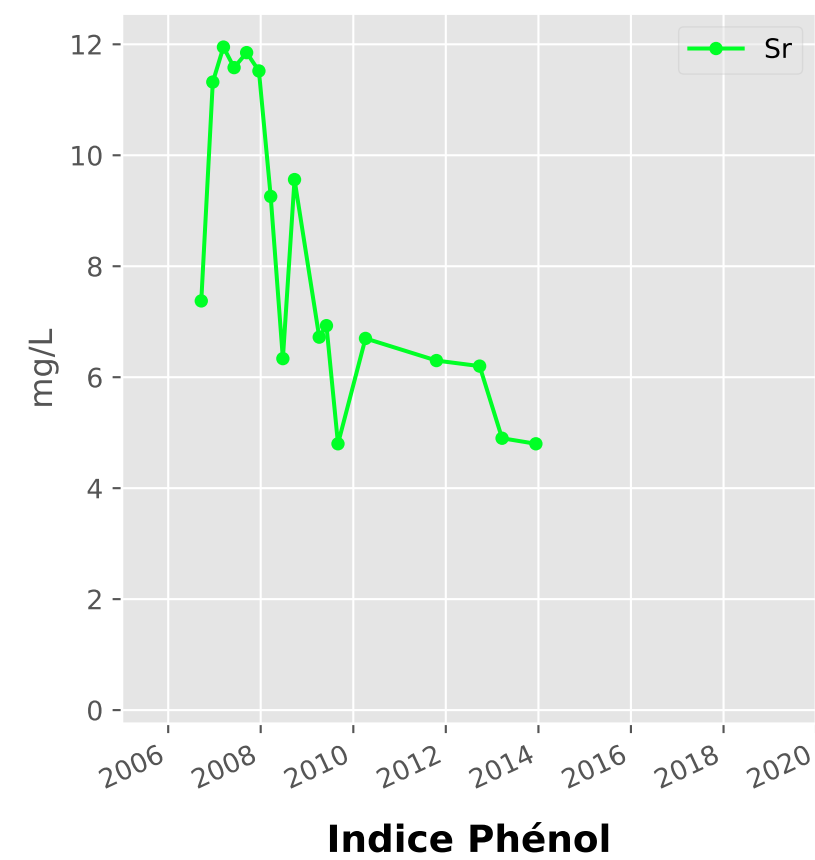
Aluminium



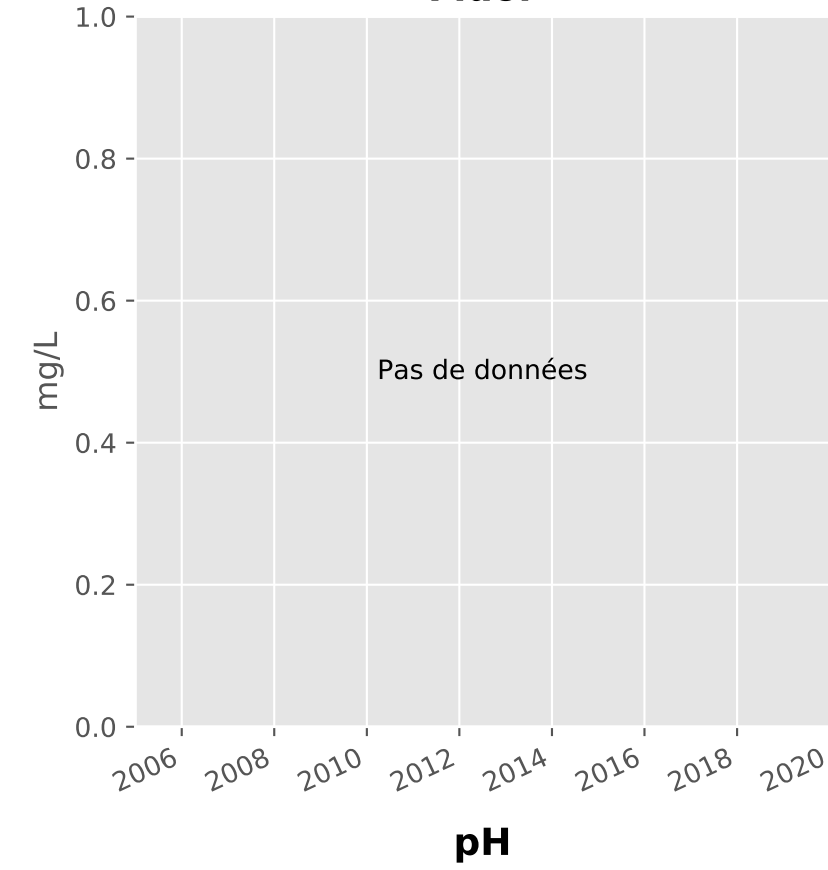
Bore



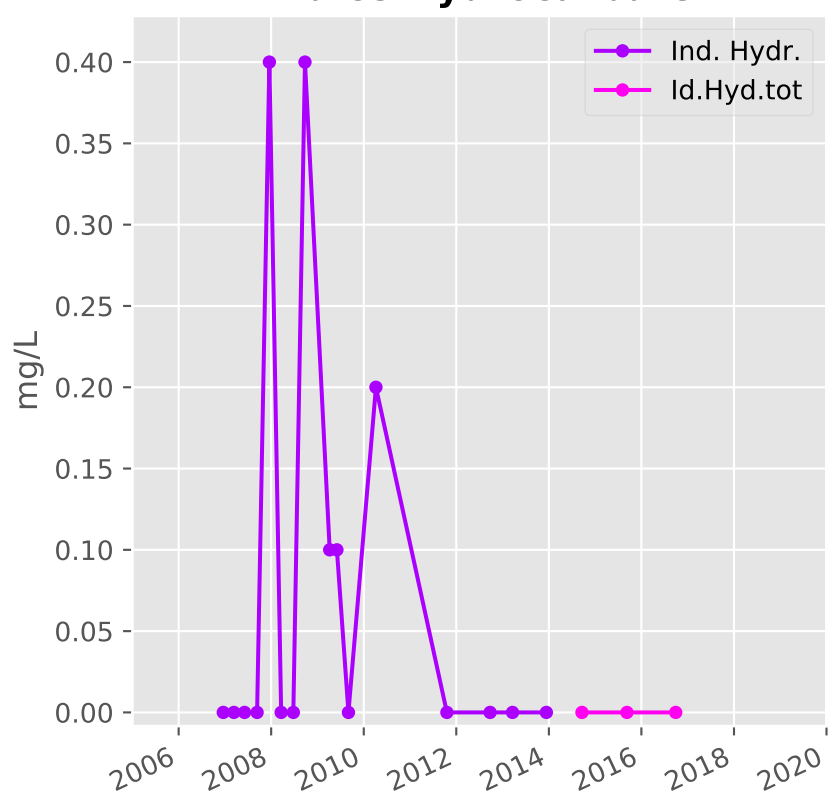
Strontium



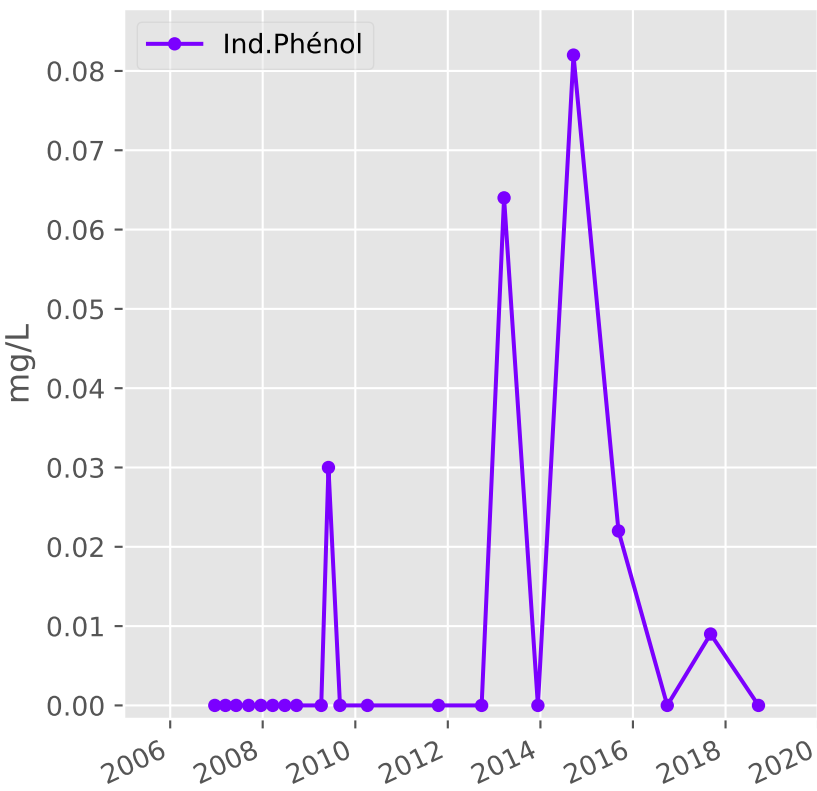
Fluor



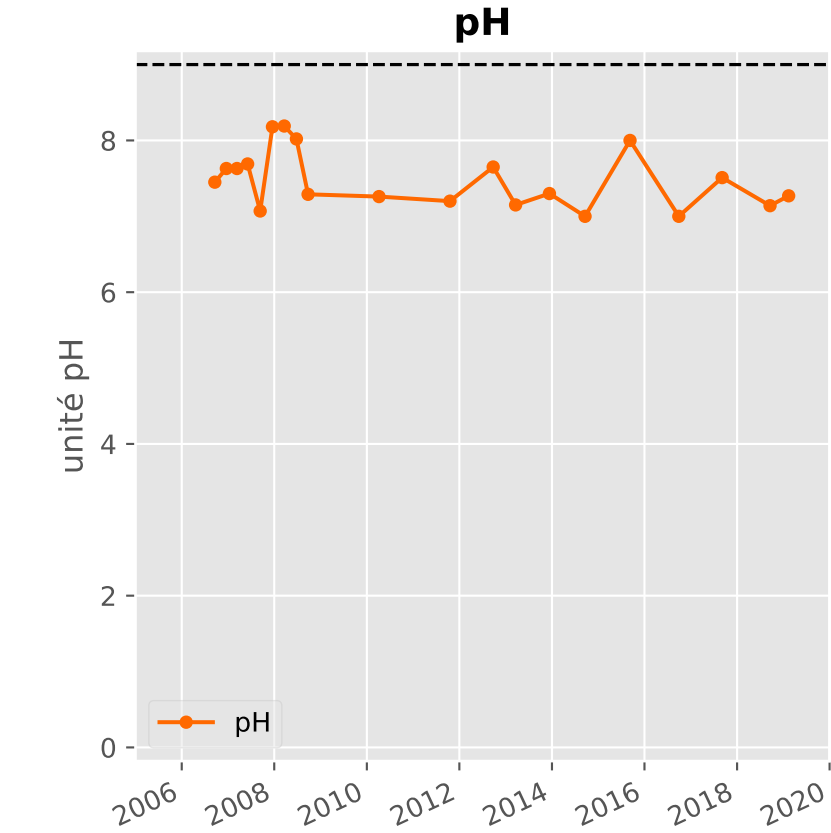
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

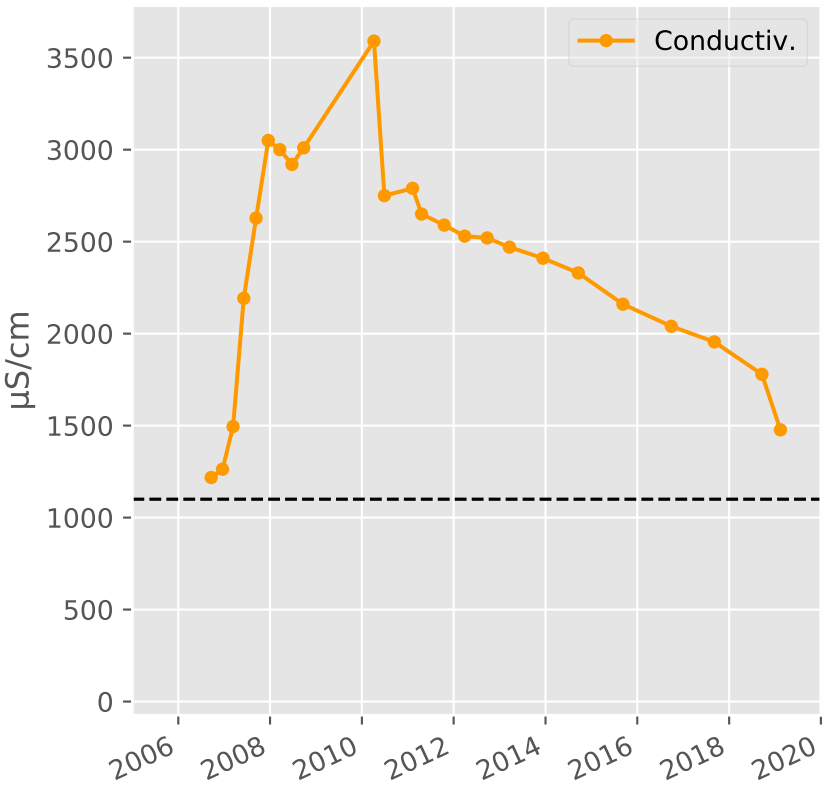


pH

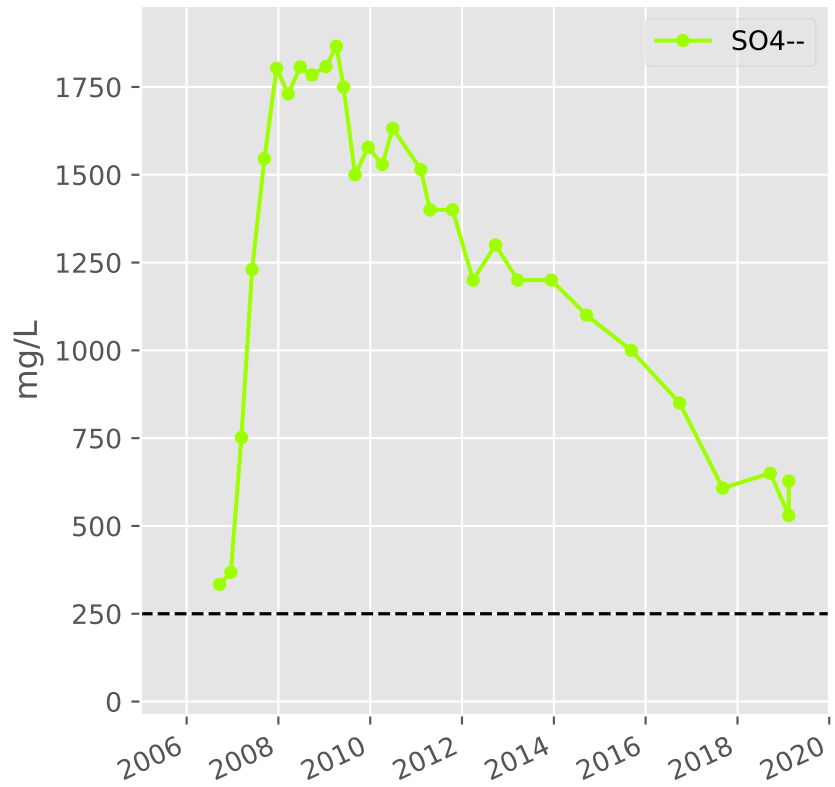


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N03 - Puits Ferdinand Grise - 01137X0143

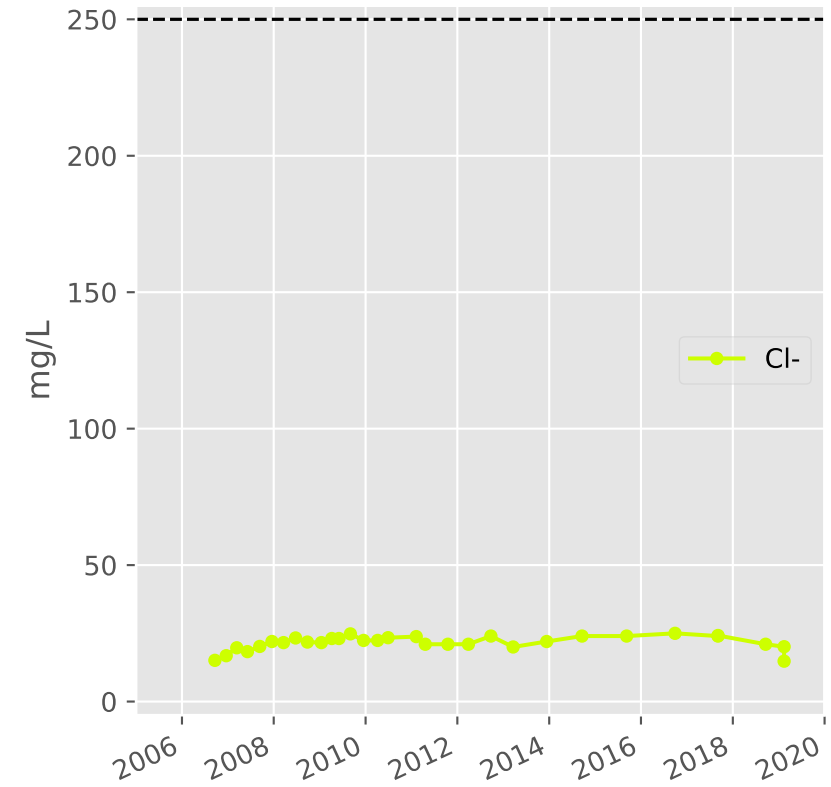
Conductivité



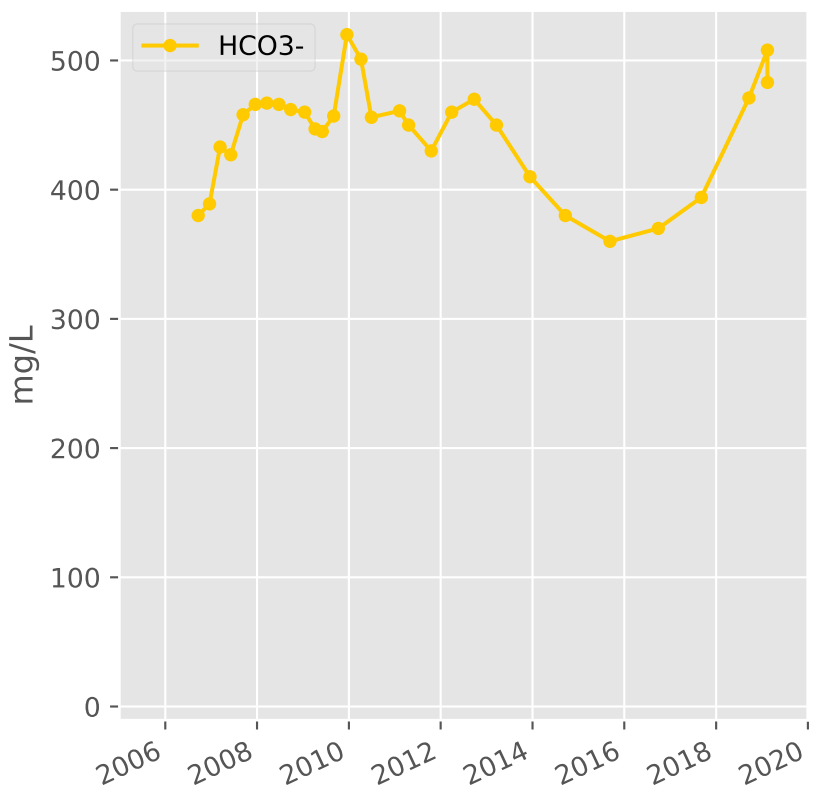
Sulfates



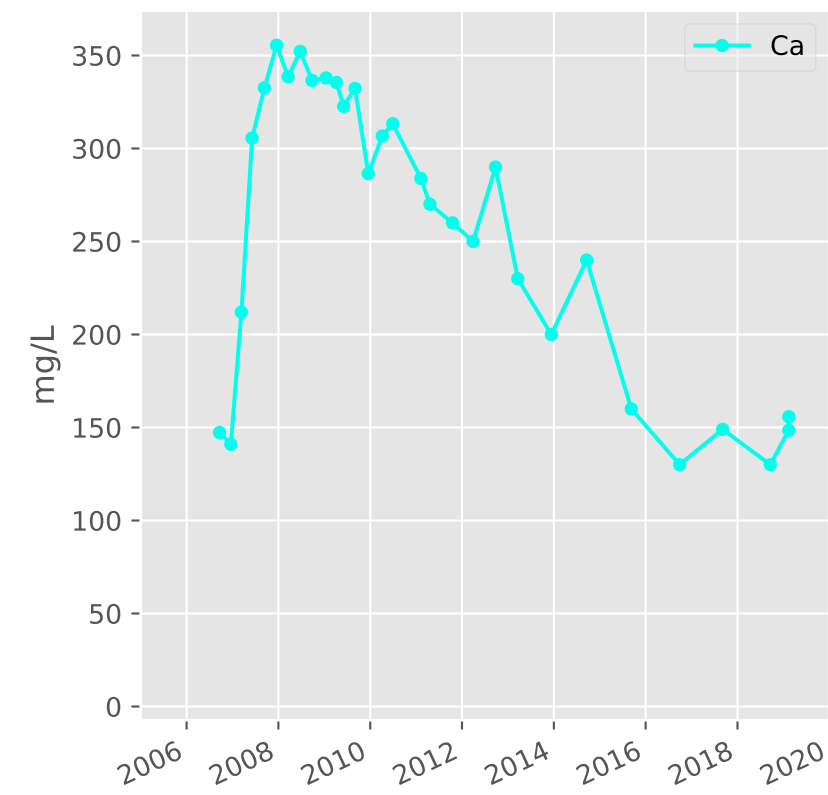
Chlorures



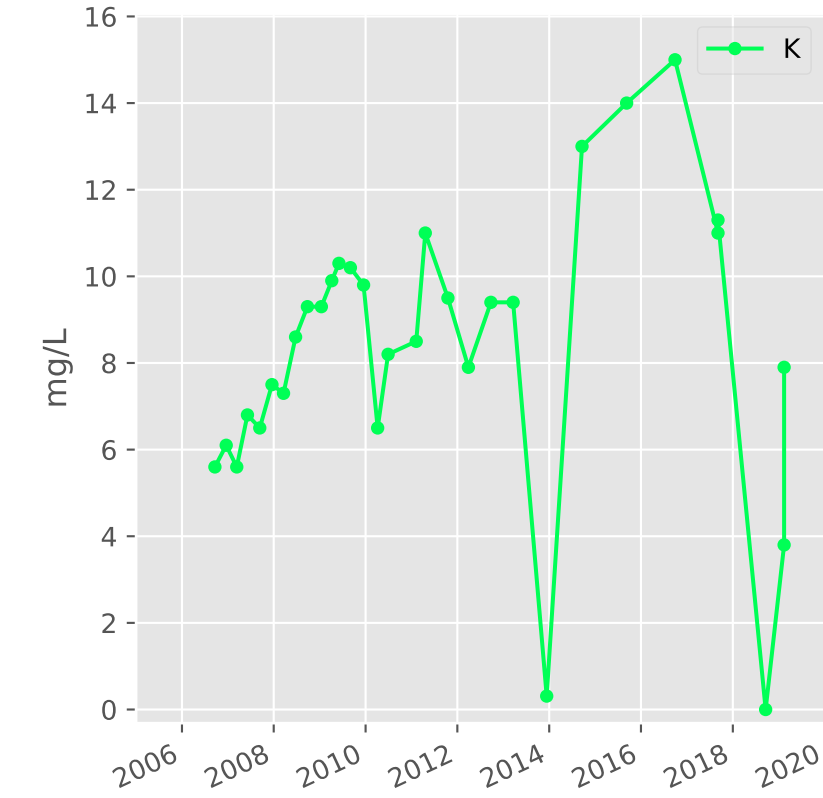
Bicarbonates



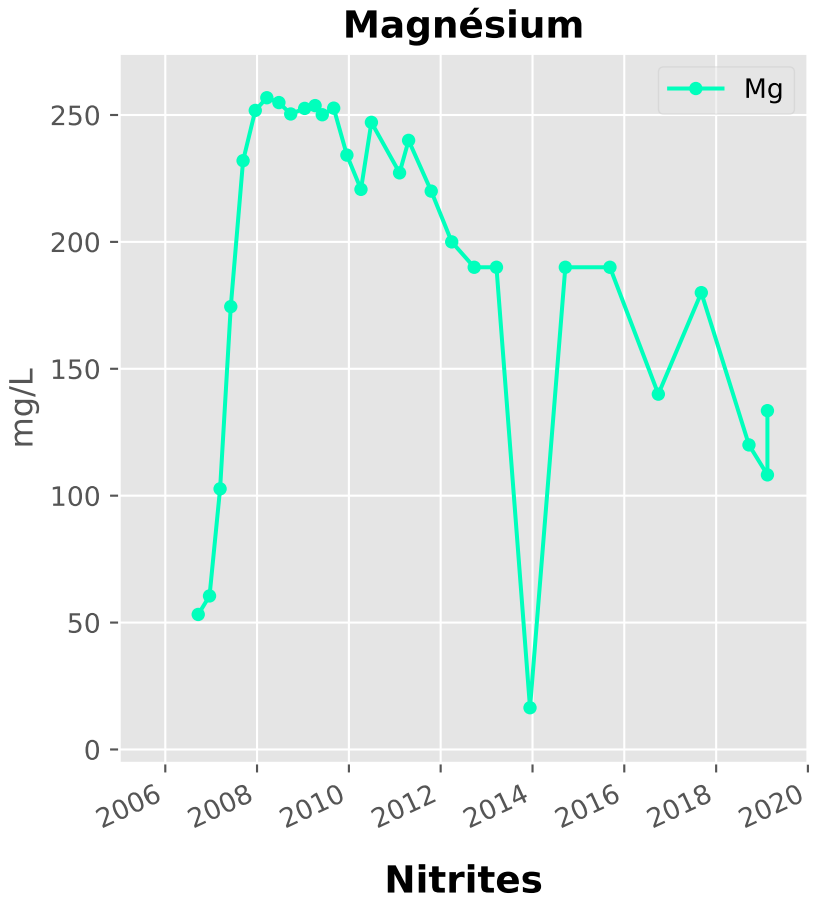
Calcium



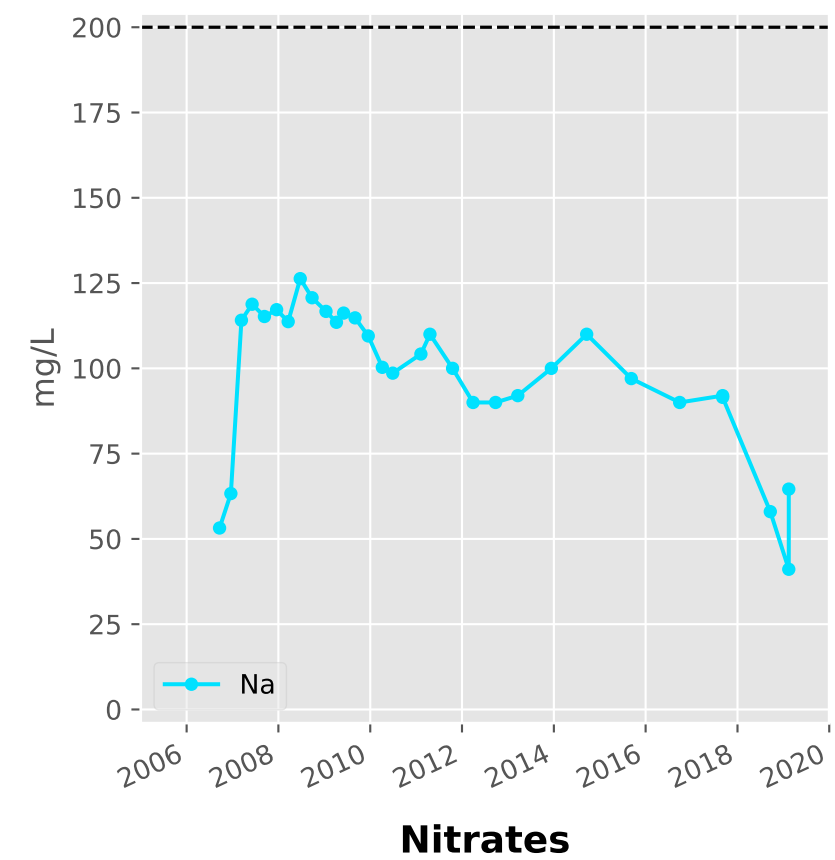
Potassium



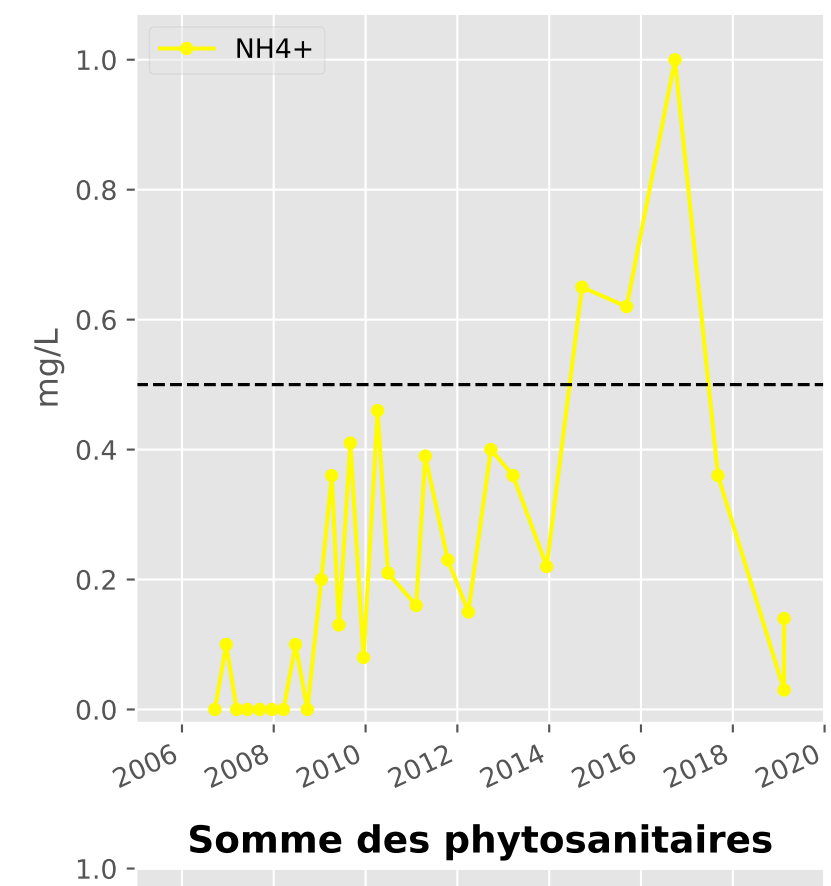
Magnésium



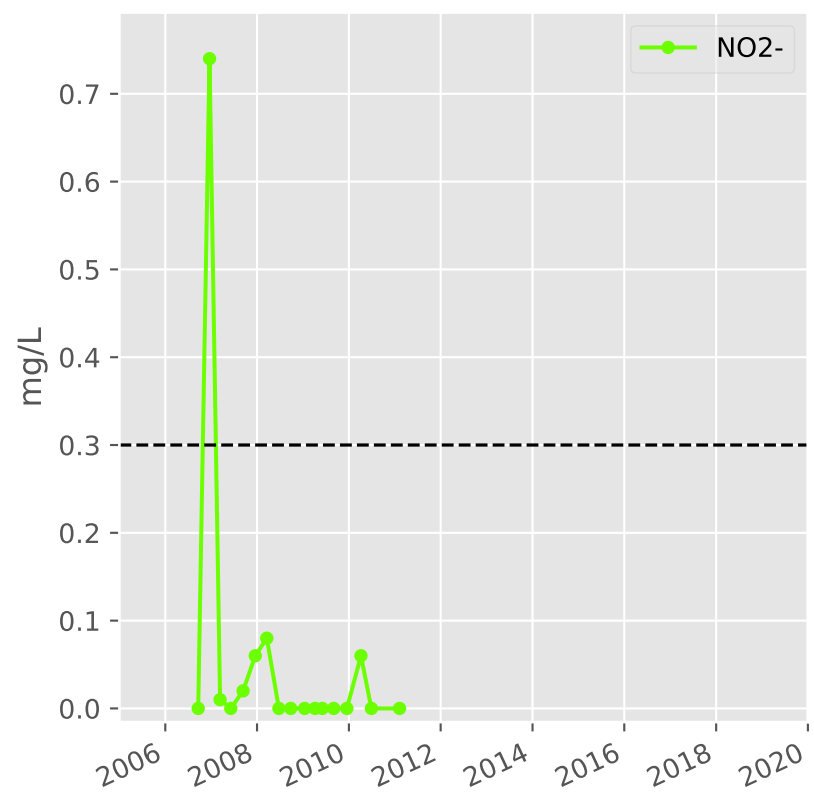
Sodium



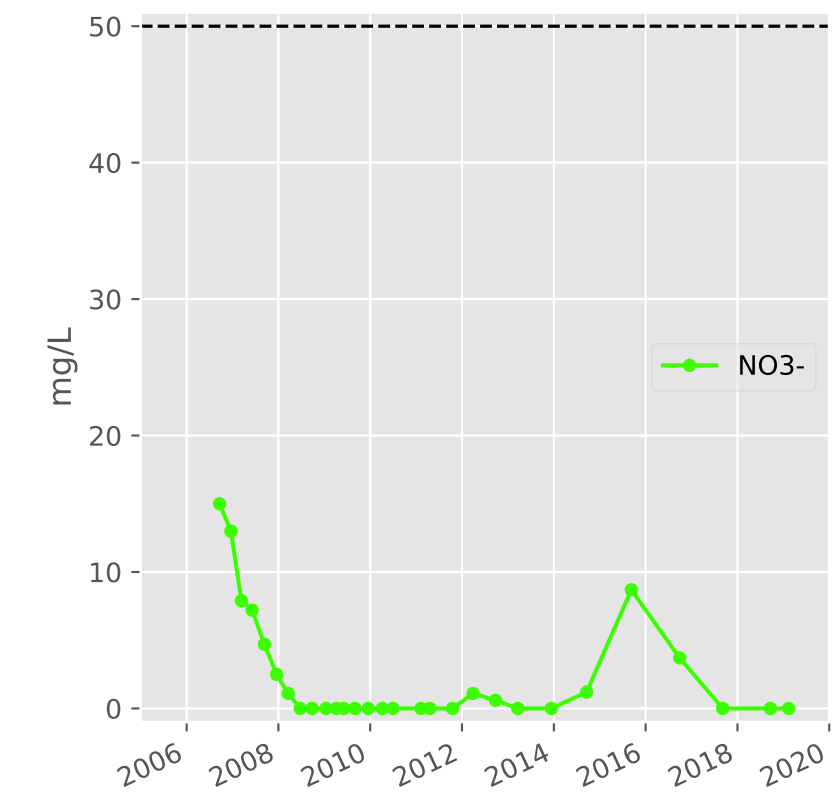
Ammonium



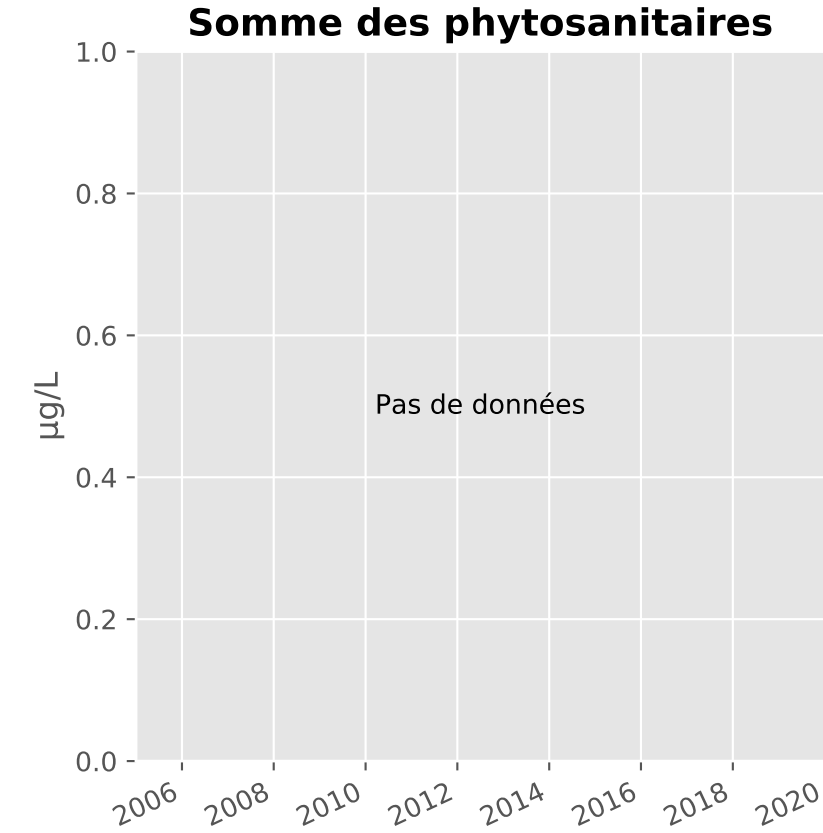
Nitrites



Nitrates

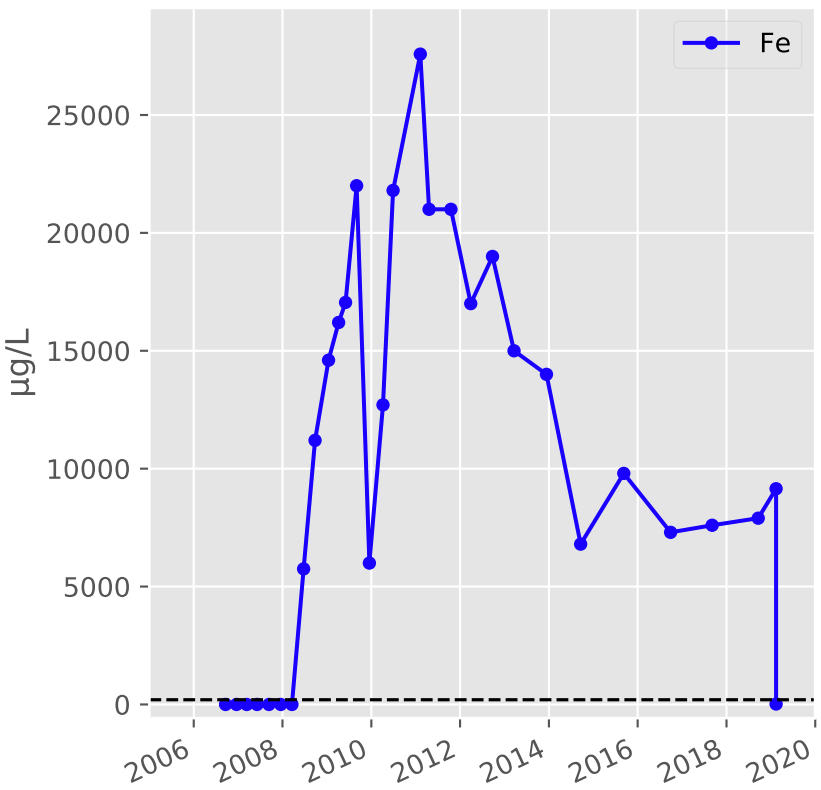


Somme des phytosanitaires

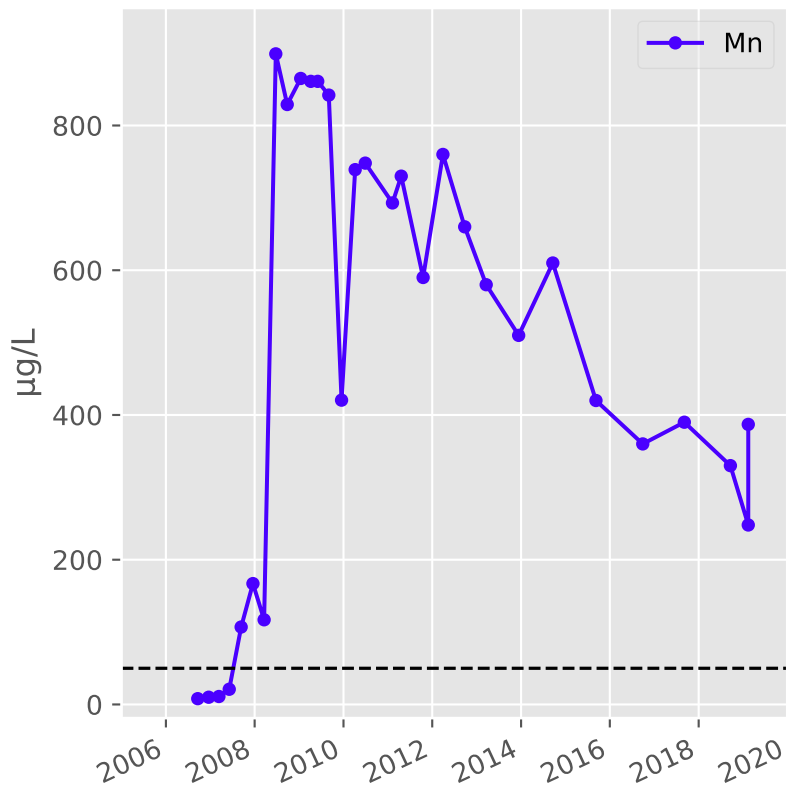


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N03 - Puits Ferdinand Grise - 01137X0143

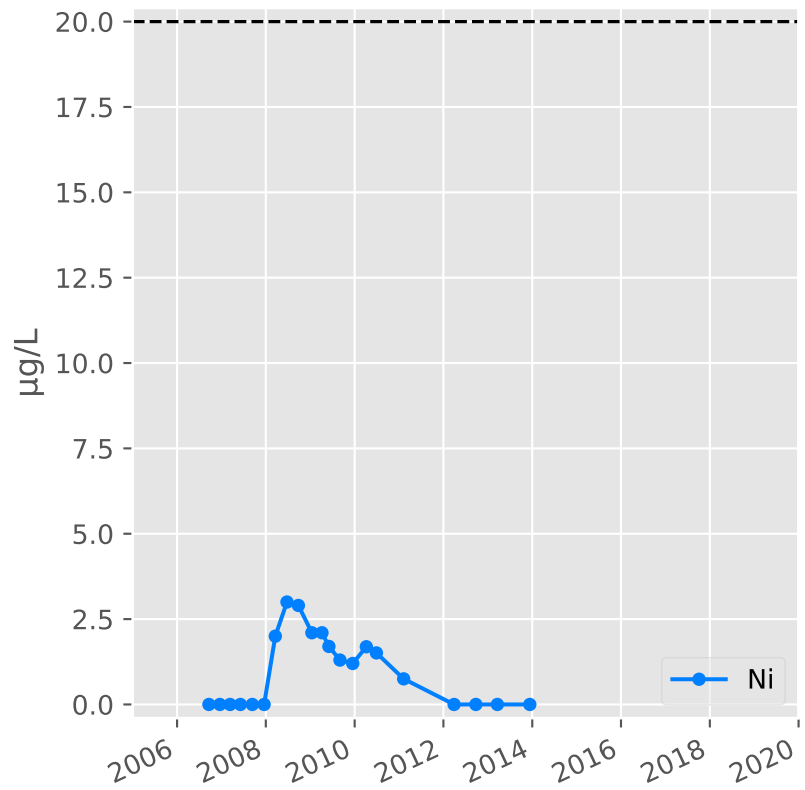
Fer



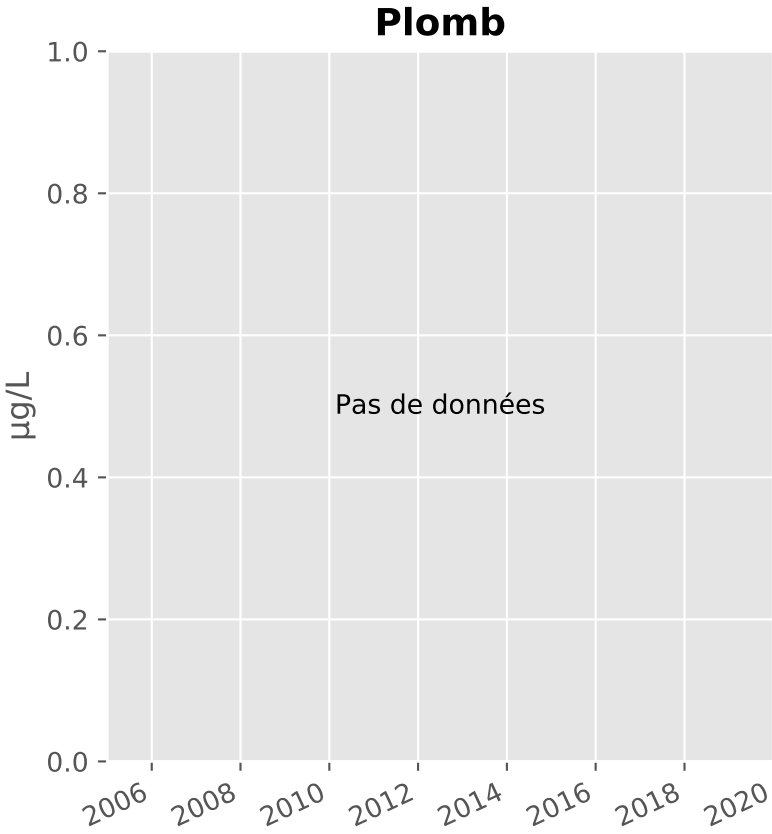
Manganèse



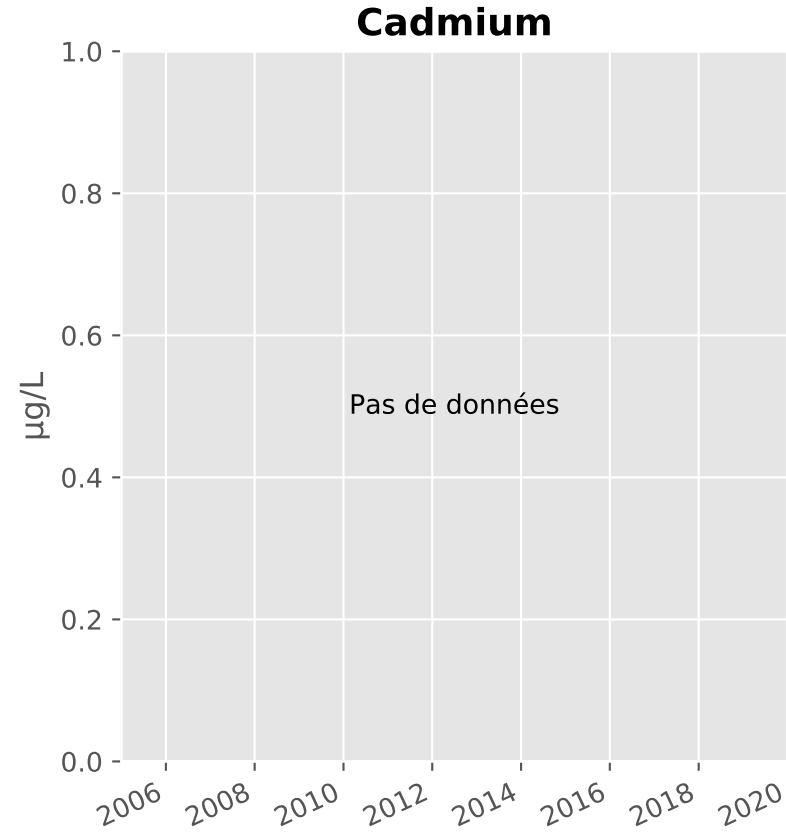
Nickel



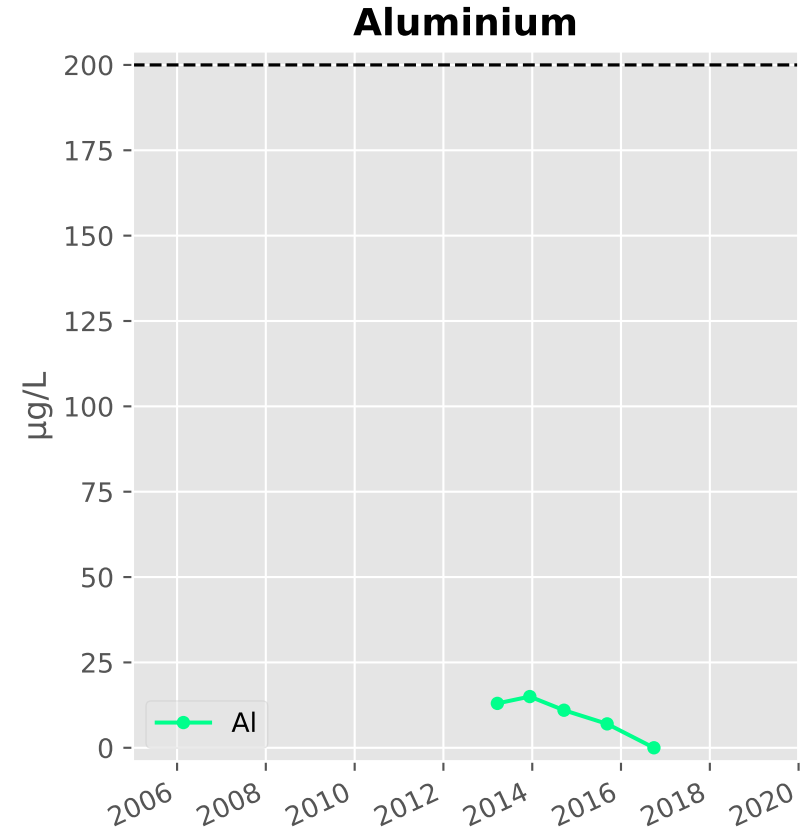
Plomb



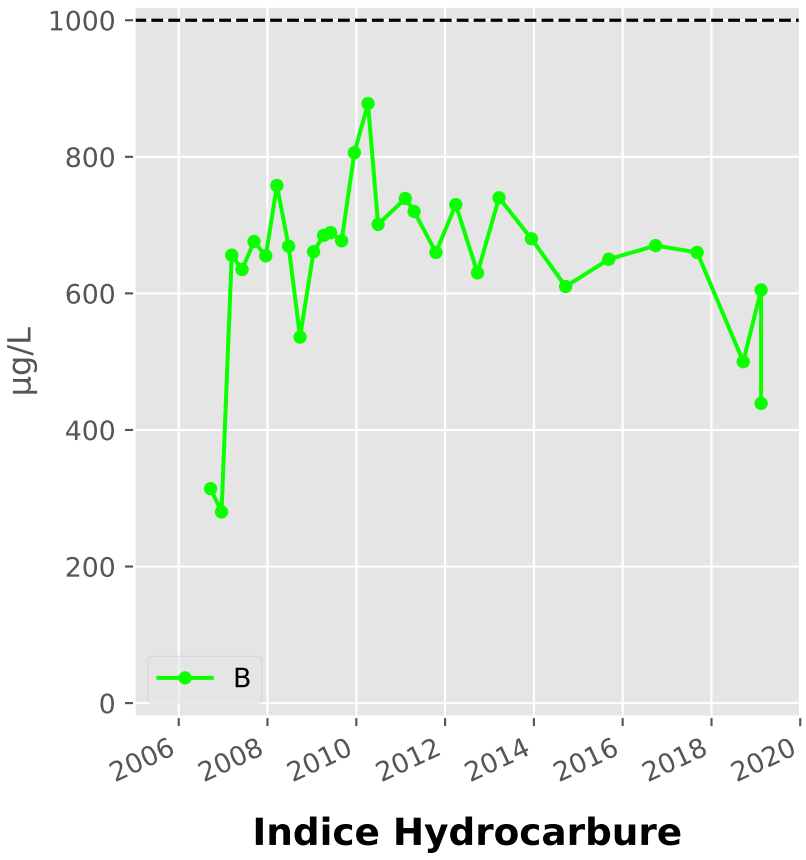
Cadmium



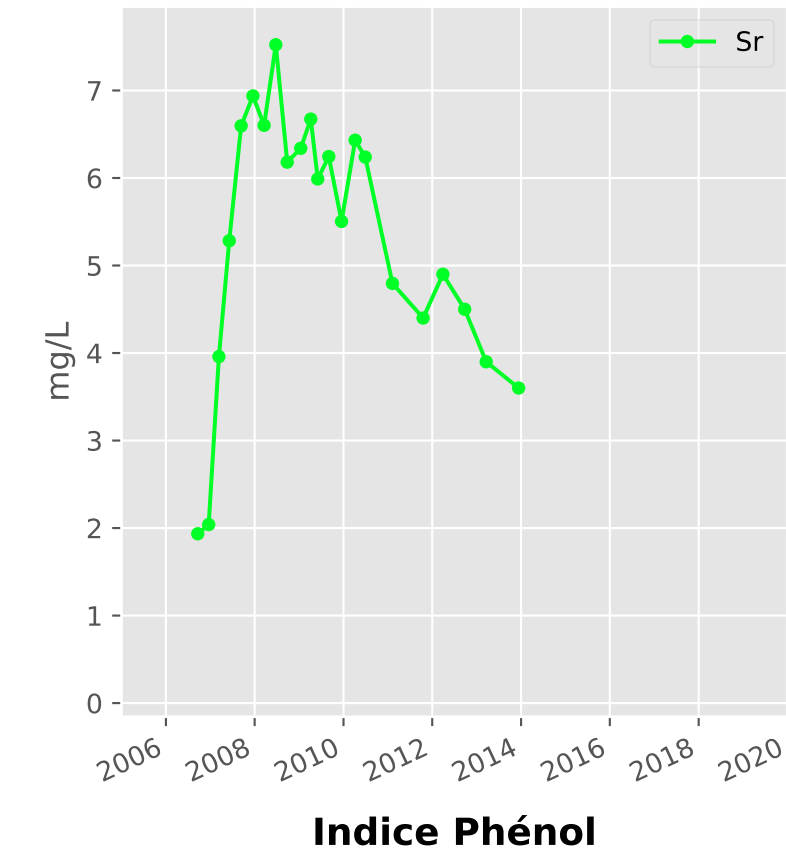
Aluminium



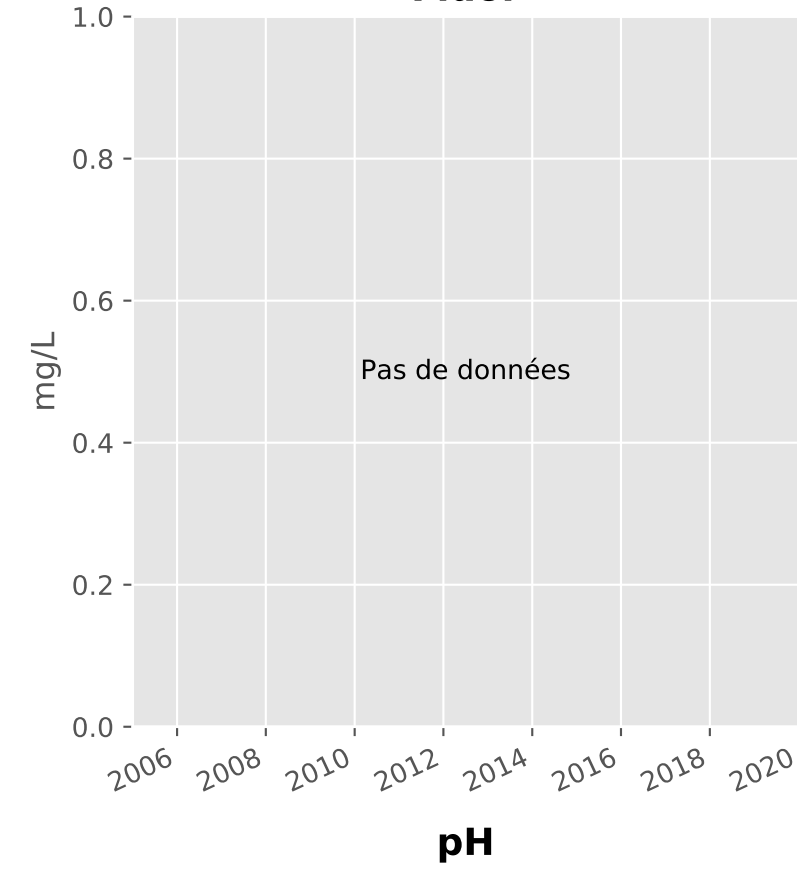
Bore



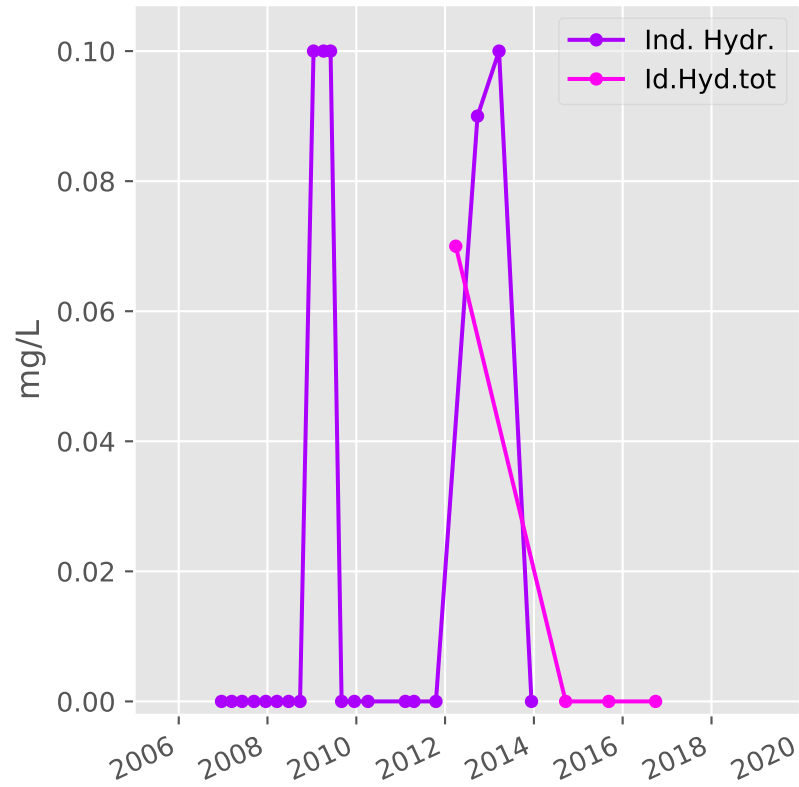
Strontium



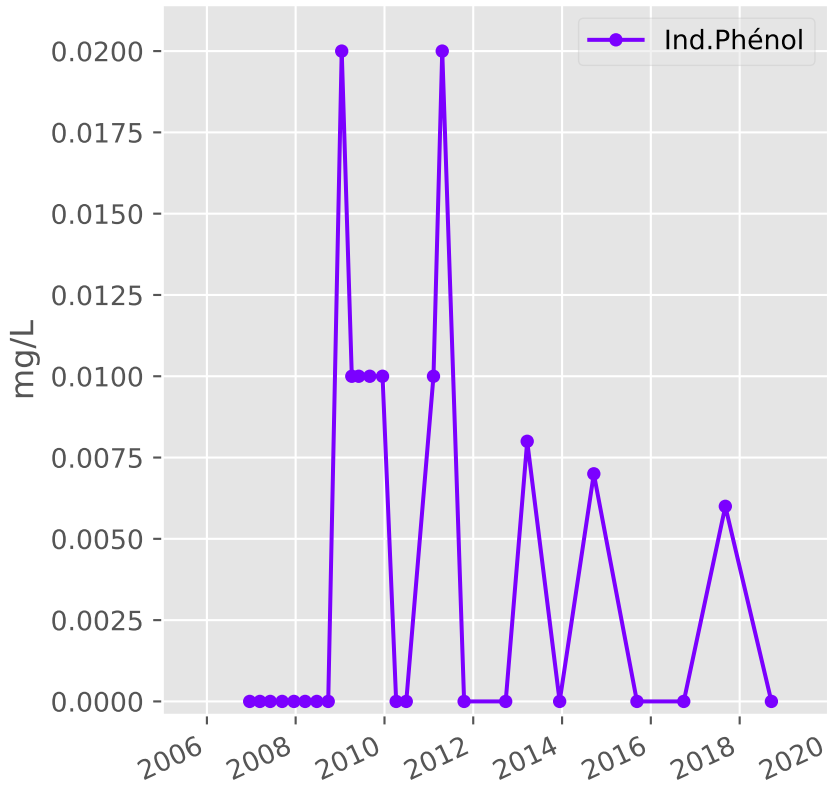
Fluor



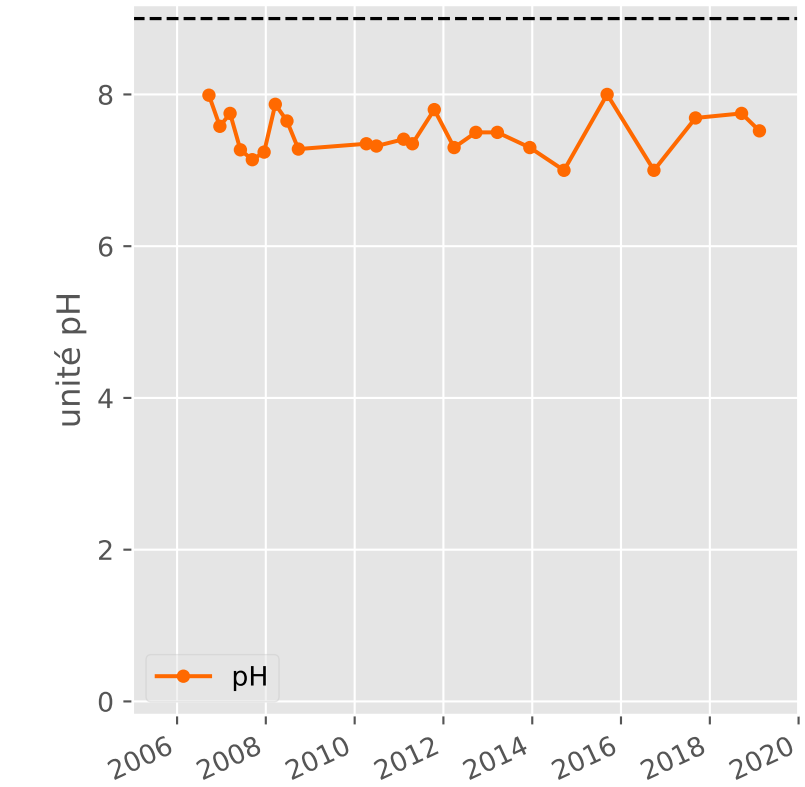
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

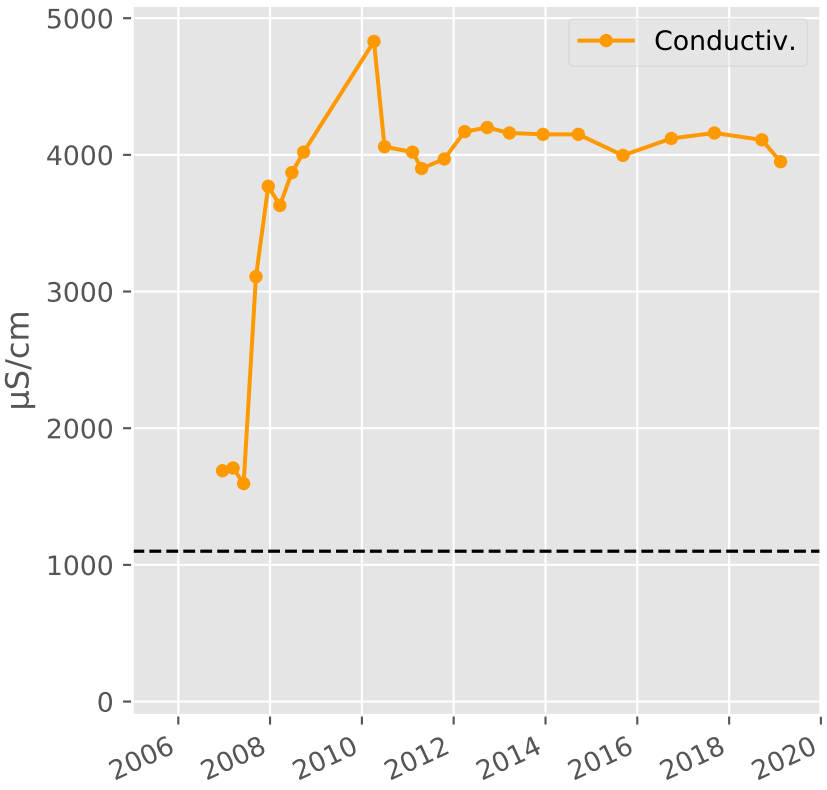


pH

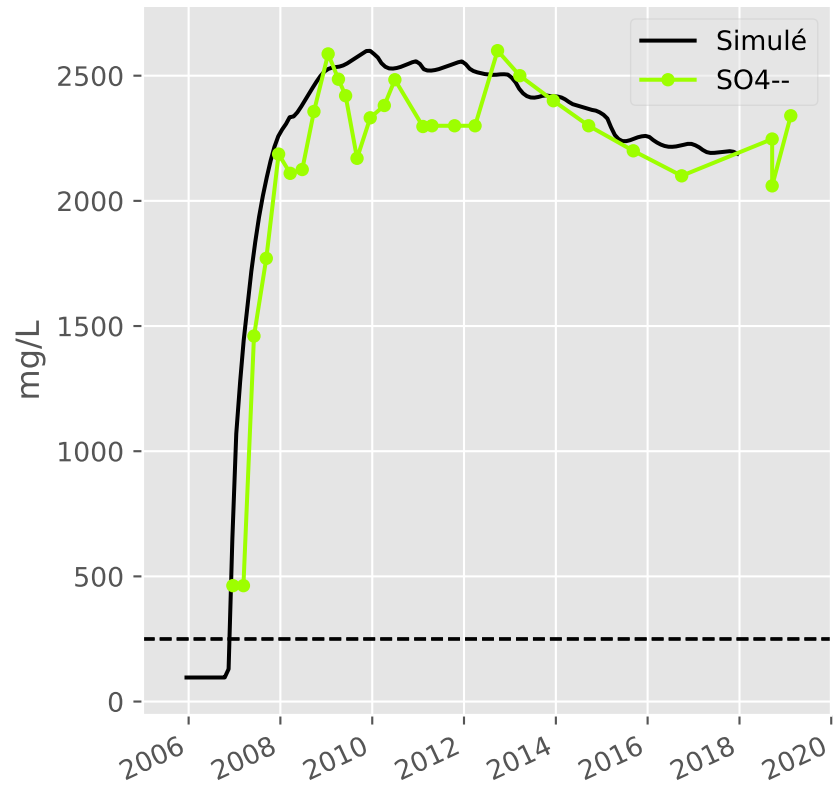


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN3 - N07 - Pz. Angevillers Grise - 01137X0169

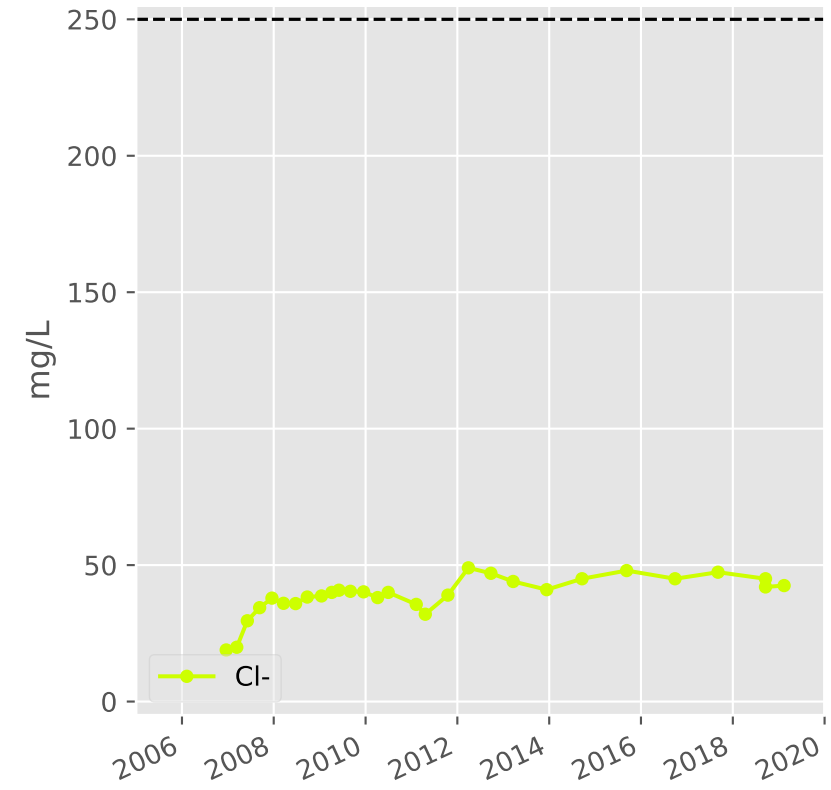
Conductivité



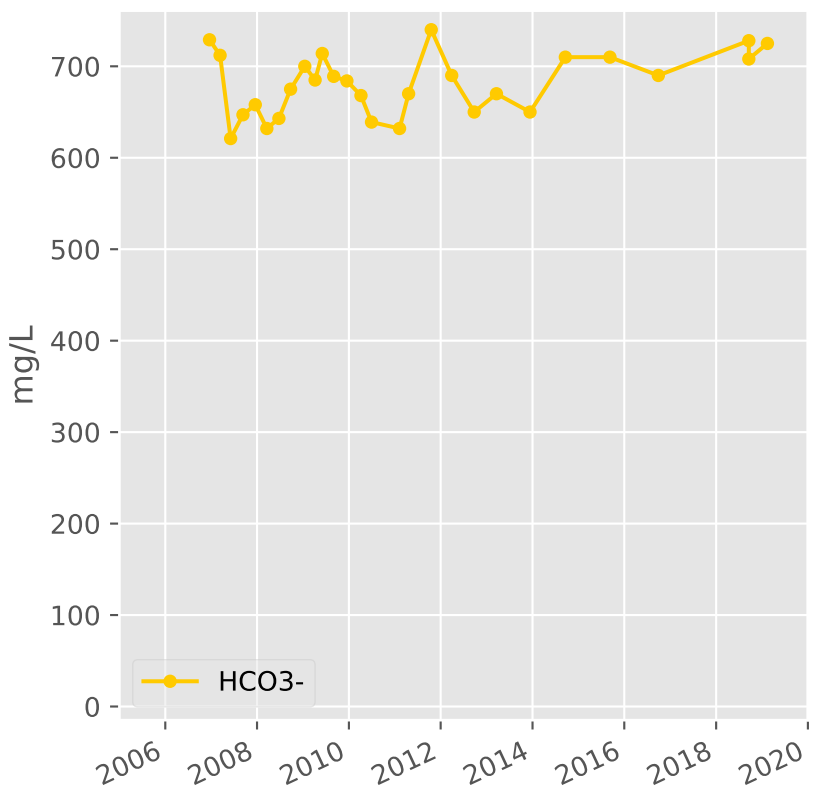
Sulfates



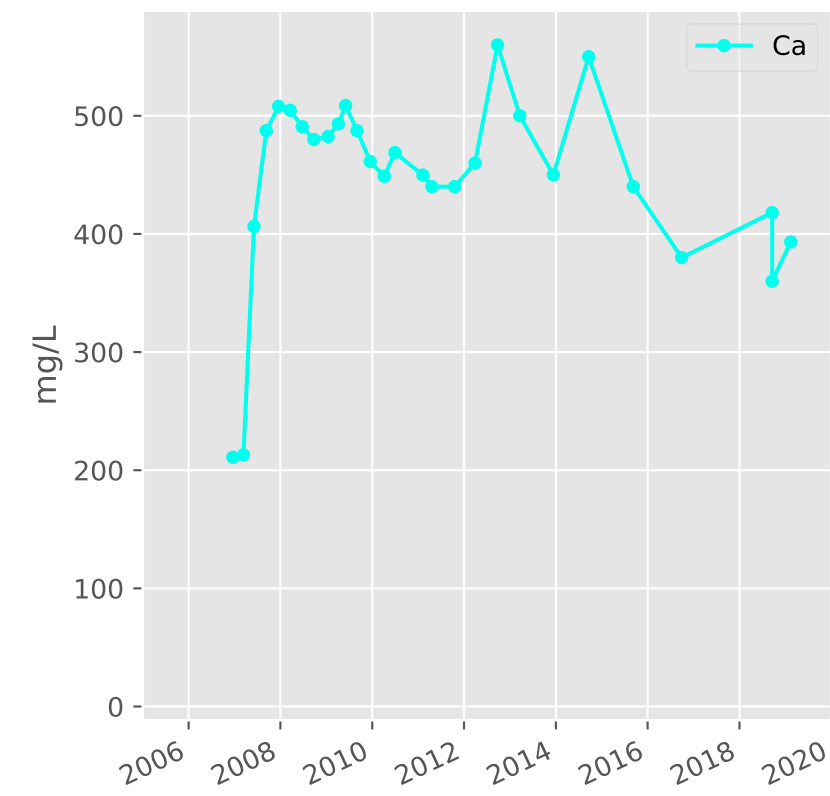
Chlorures



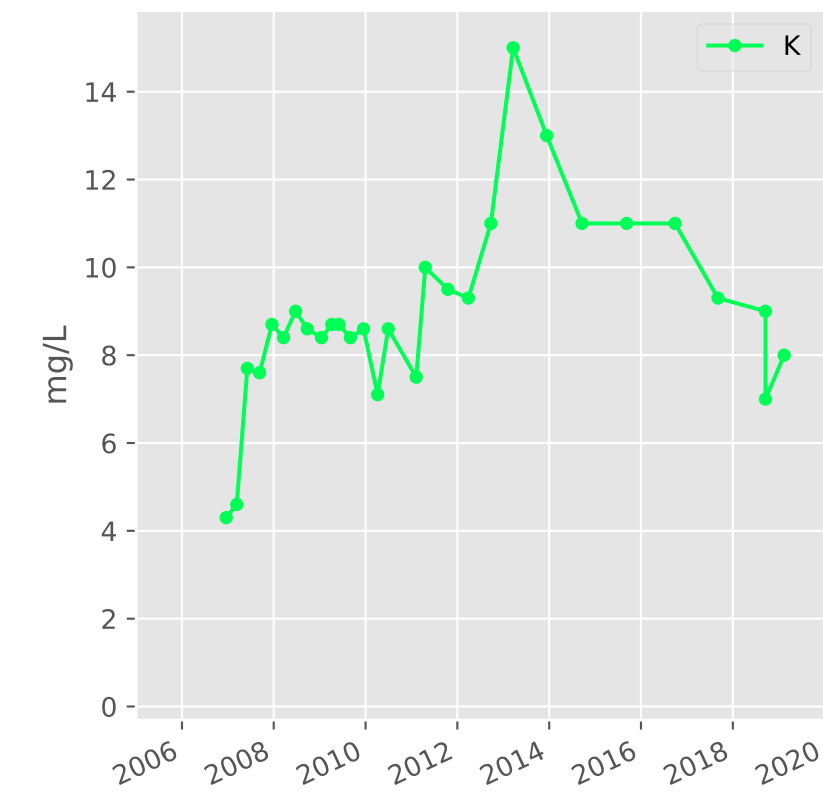
Bicarbonates



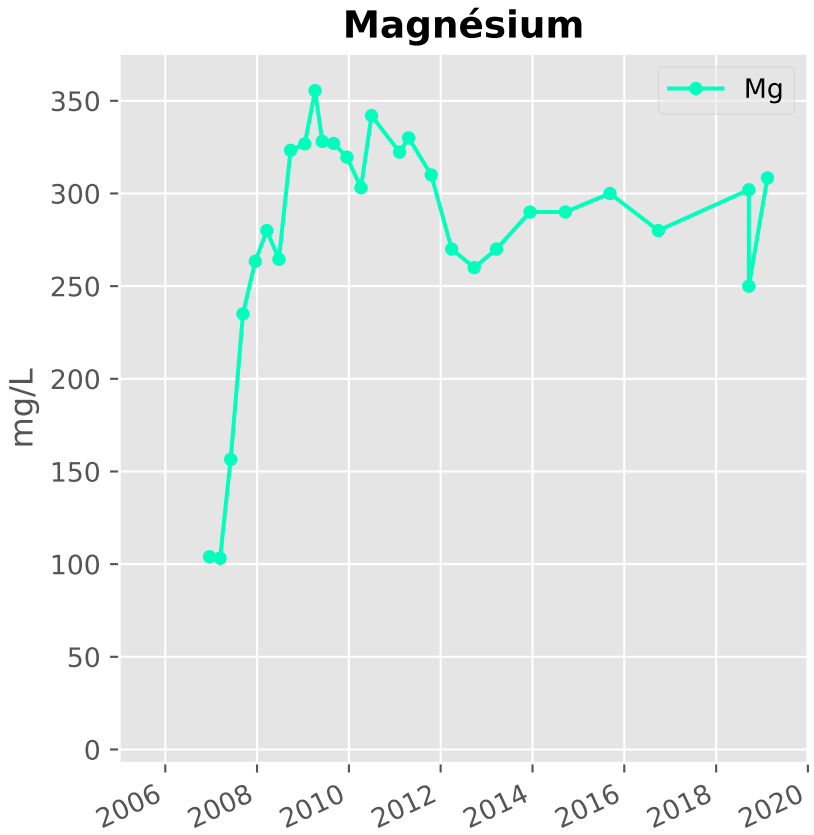
Calcium



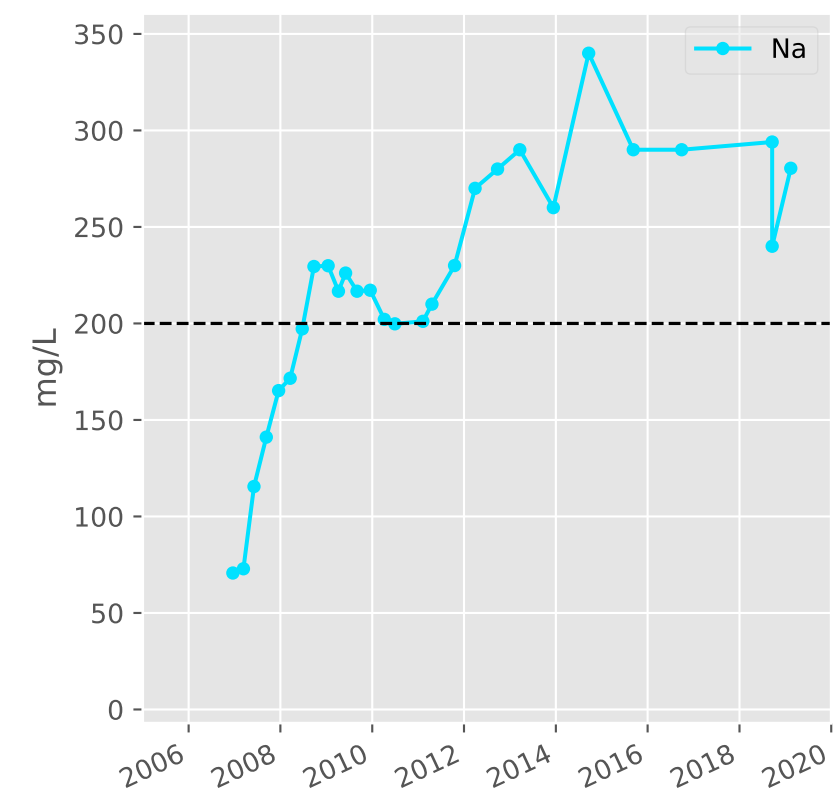
Potassium



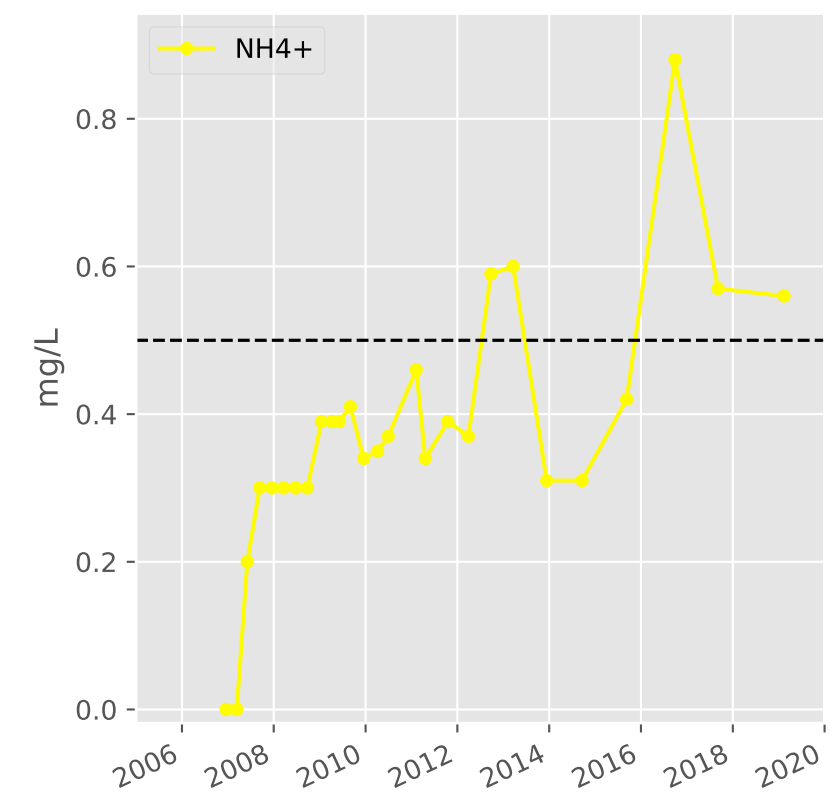
Magnésium



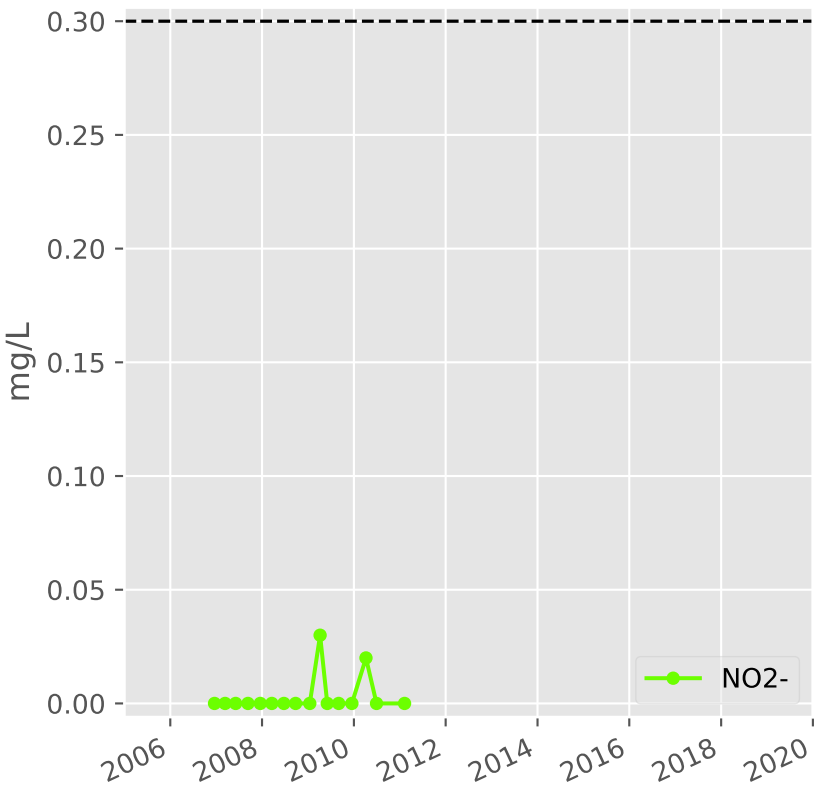
Sodium



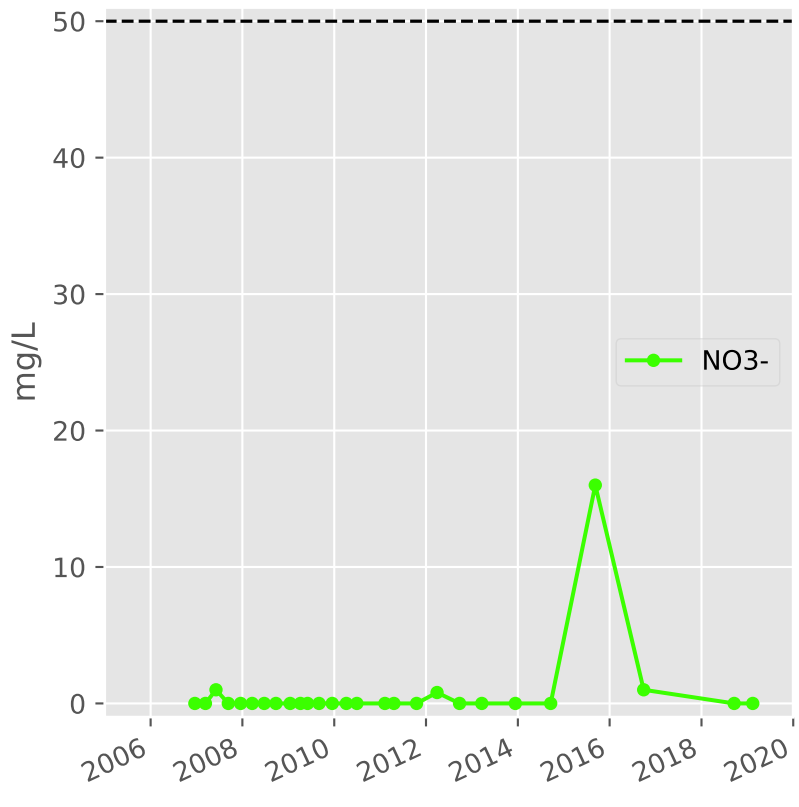
Ammonium



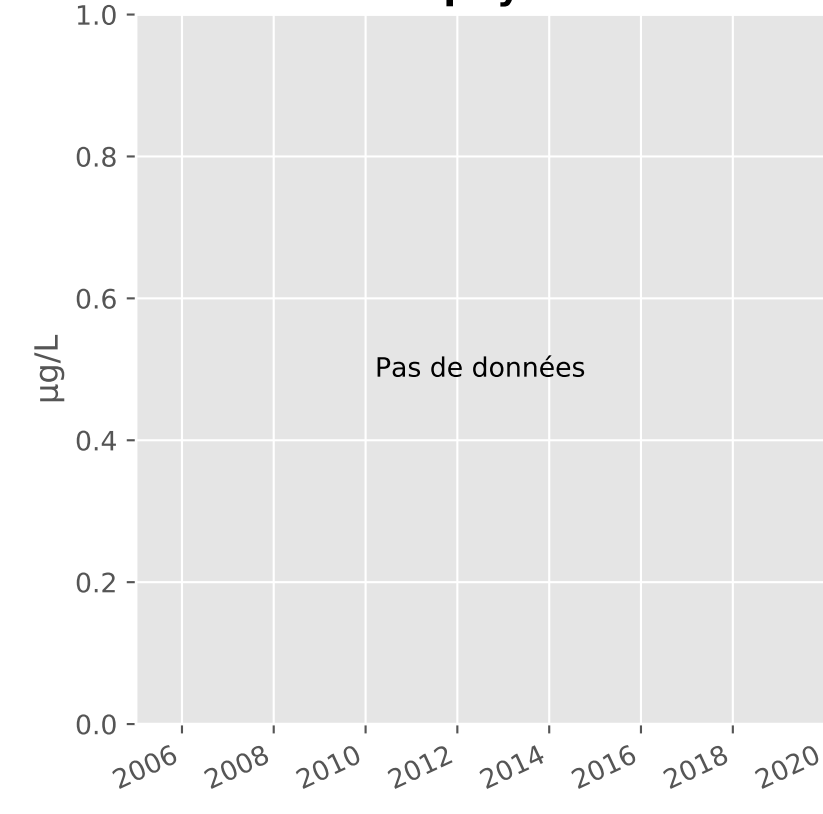
Nitrites



Nitrates

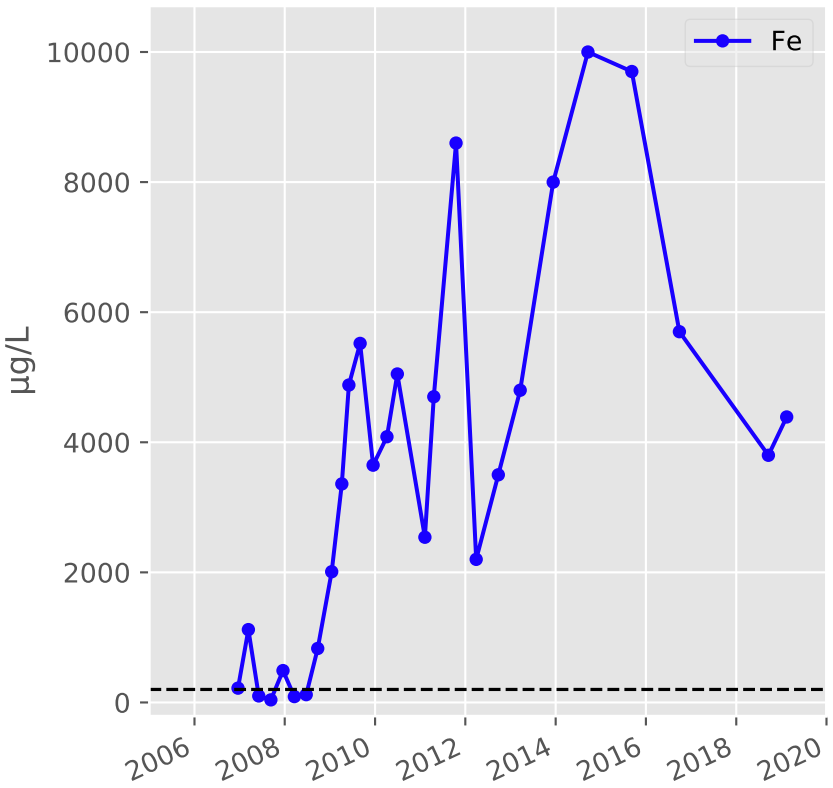


Somme des phytosanitaires

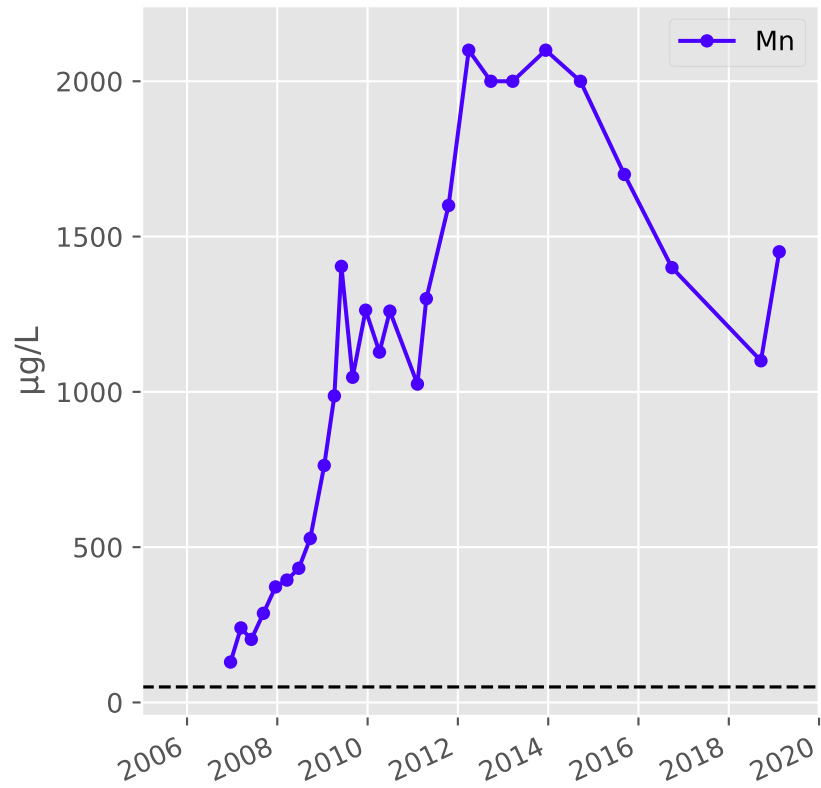


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN3 - N07 - Pz. Angevillers Grise - 01137X0169

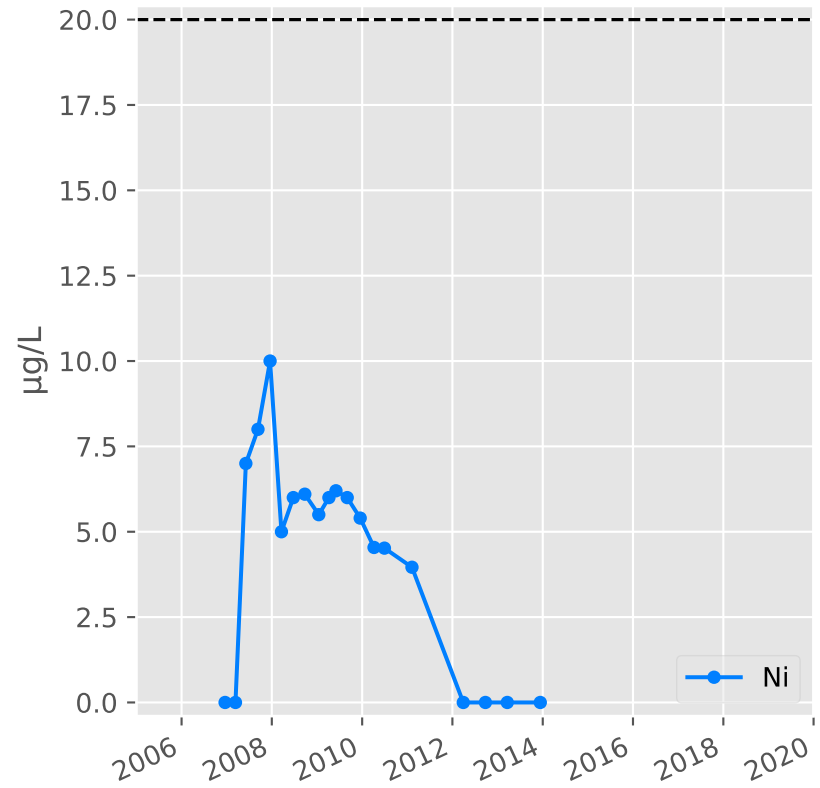
Fer



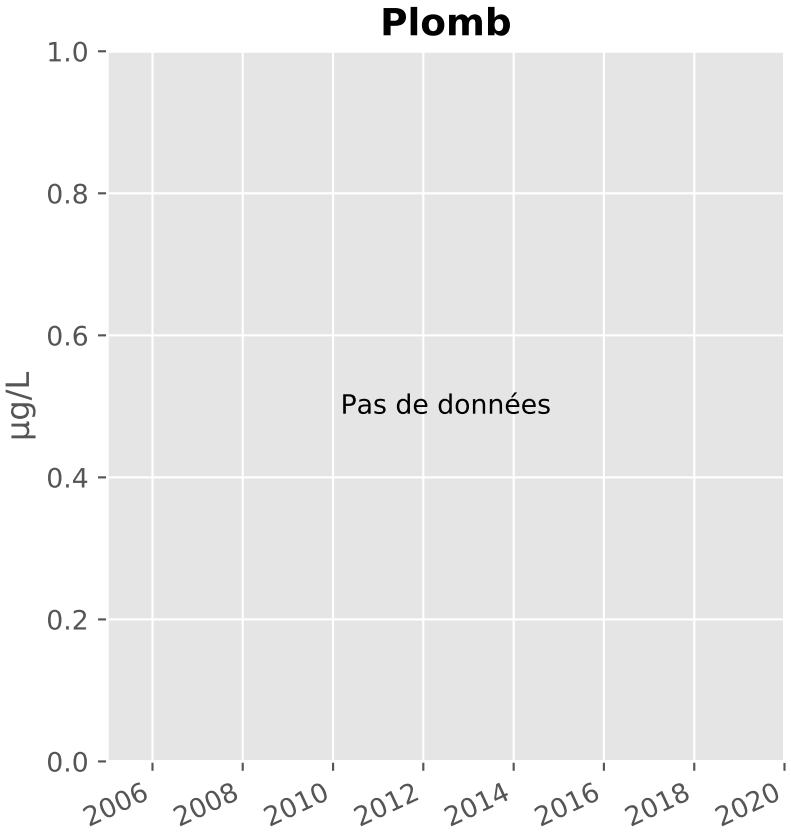
Manganèse



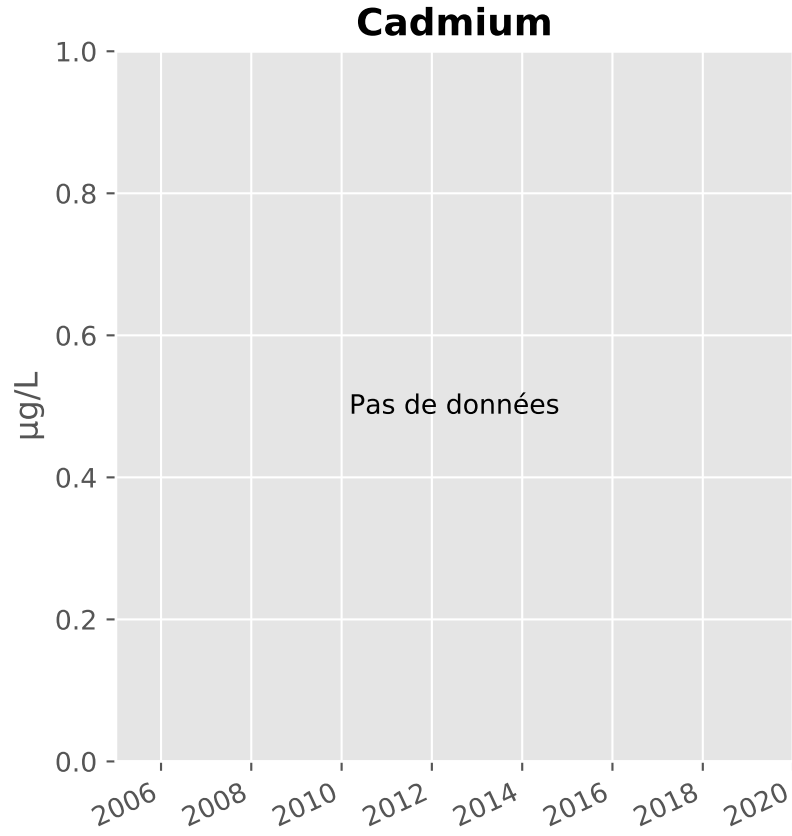
Nickel



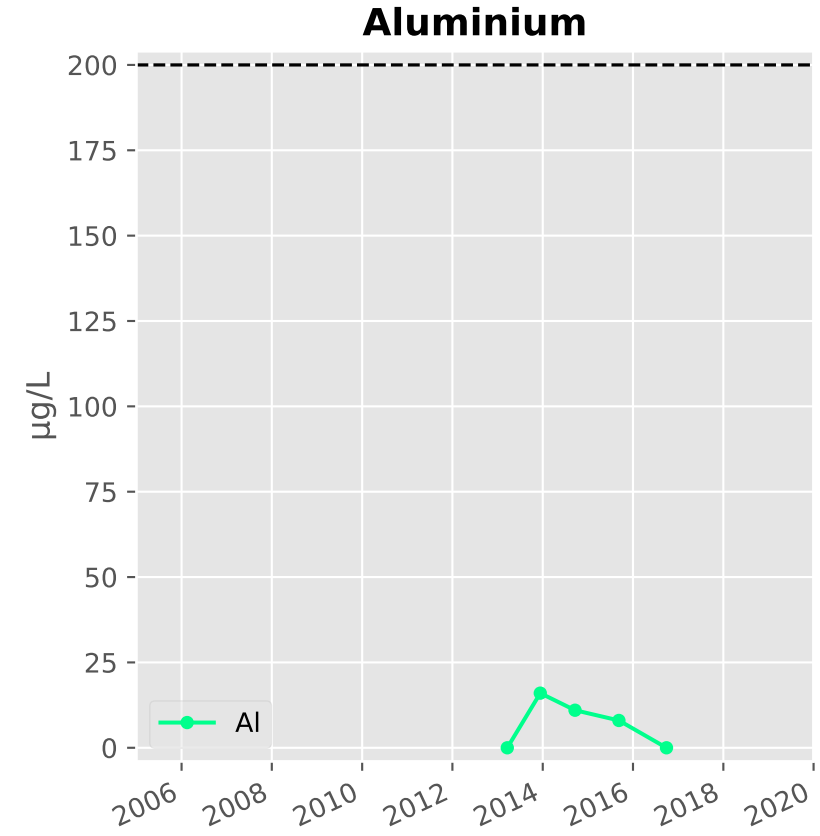
Plomb



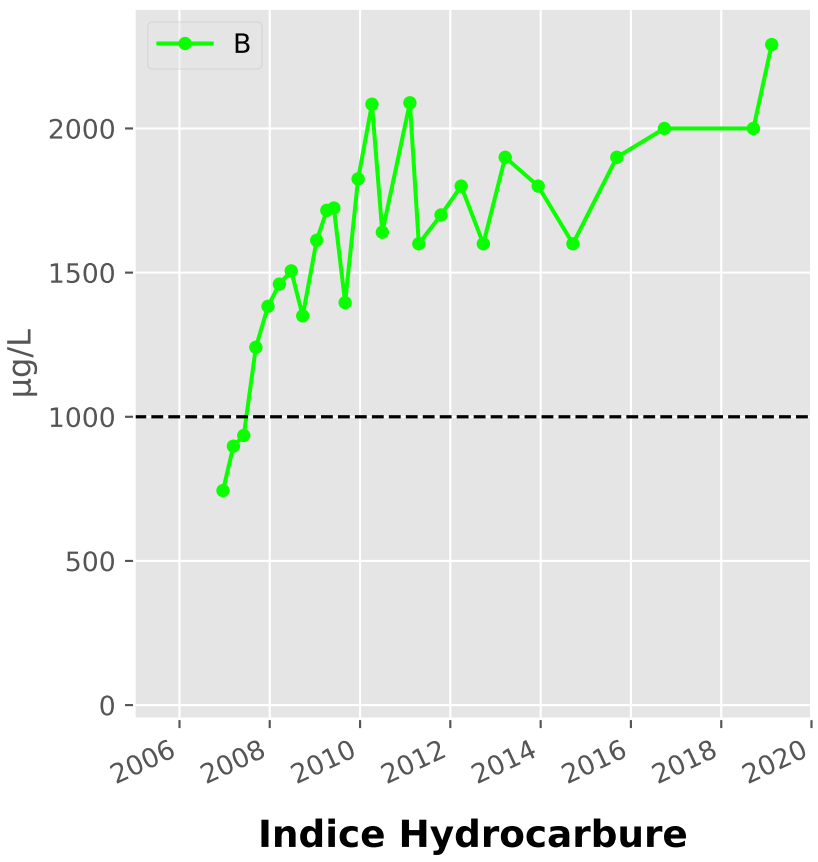
Cadmium



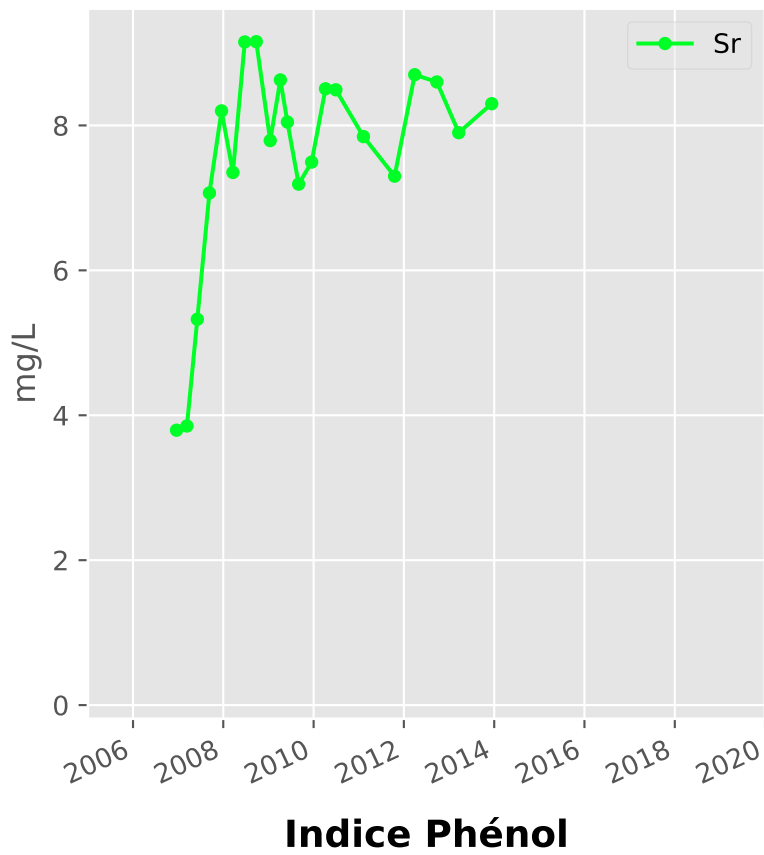
Aluminium



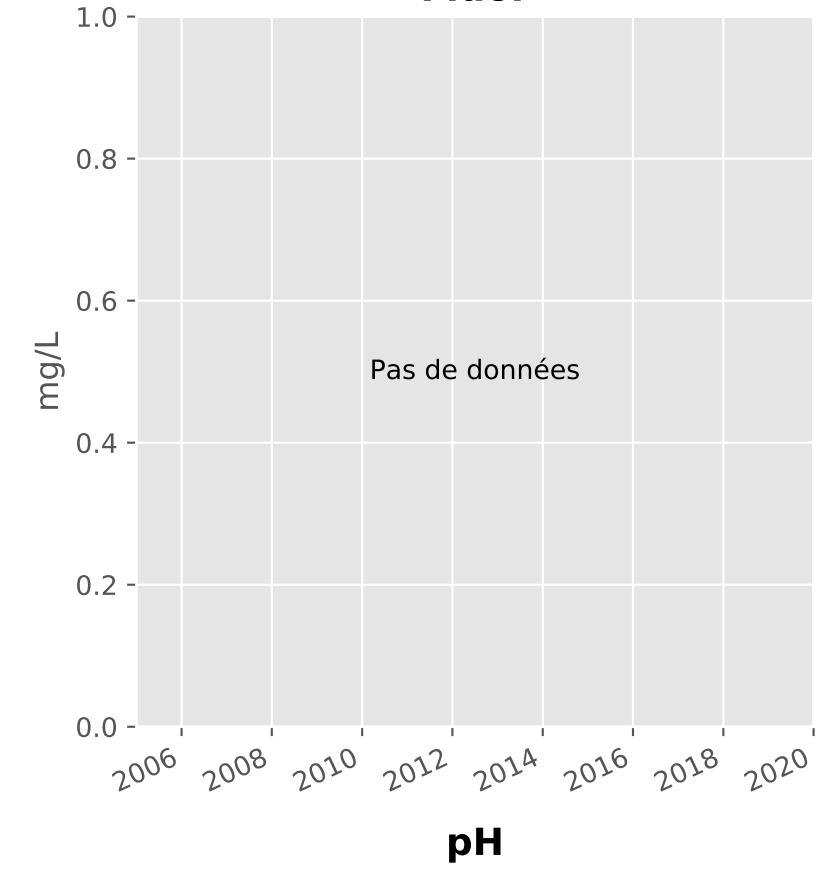
Bore



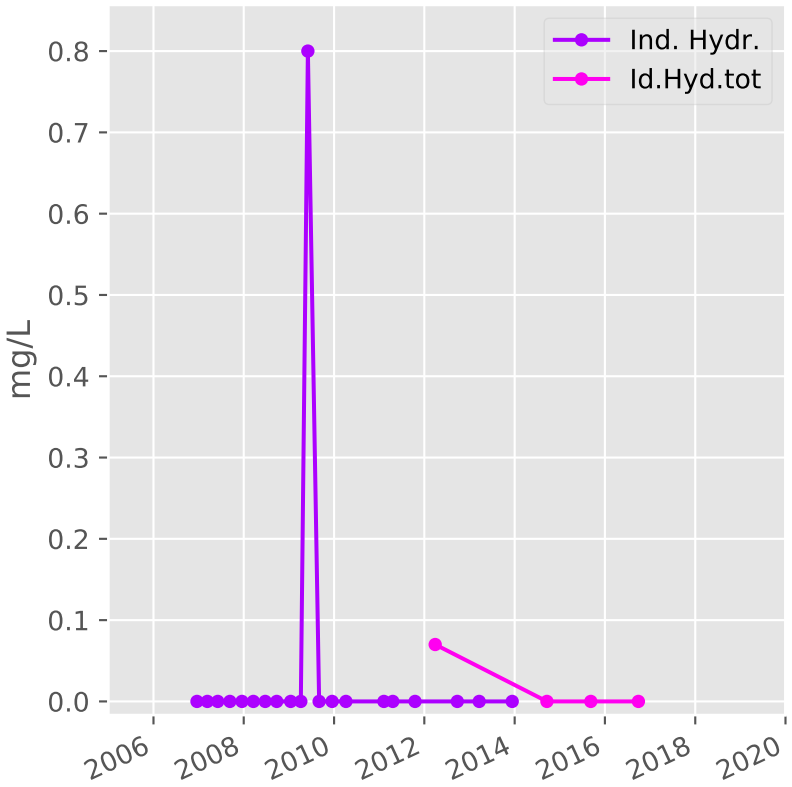
Strontium



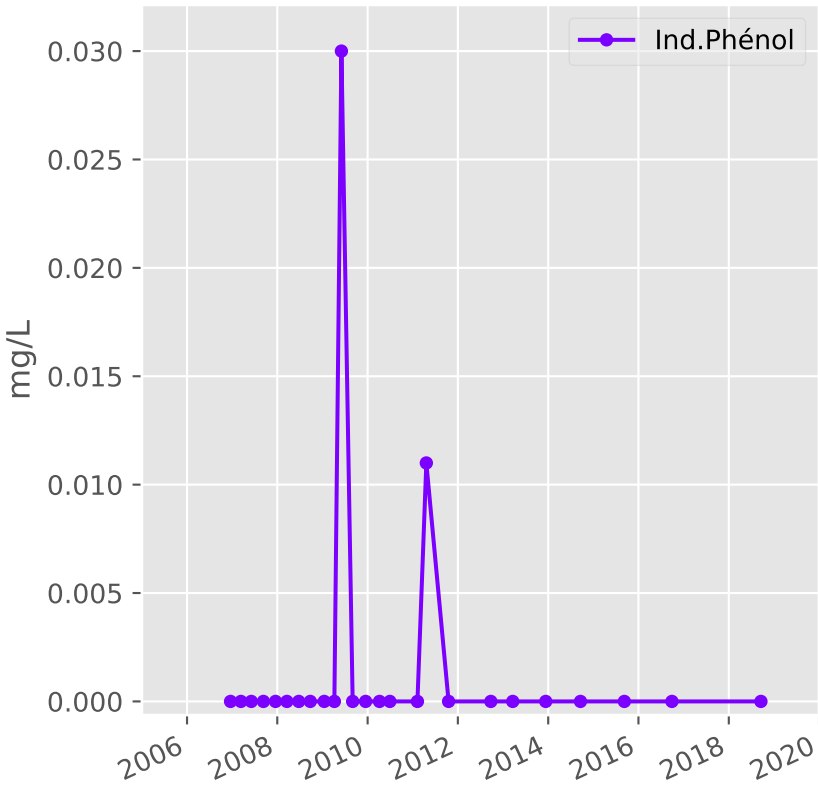
Fluor



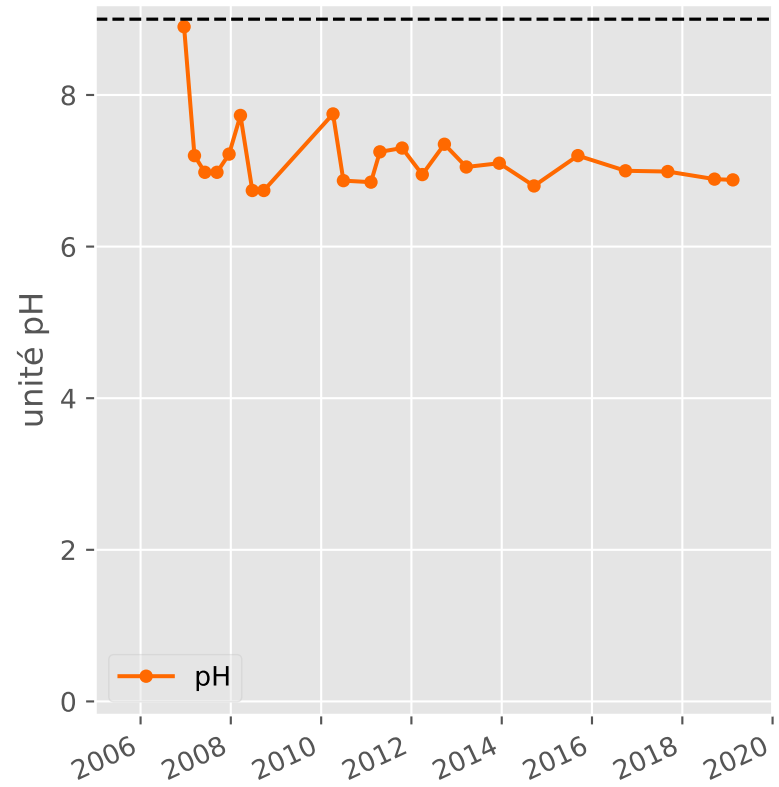
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

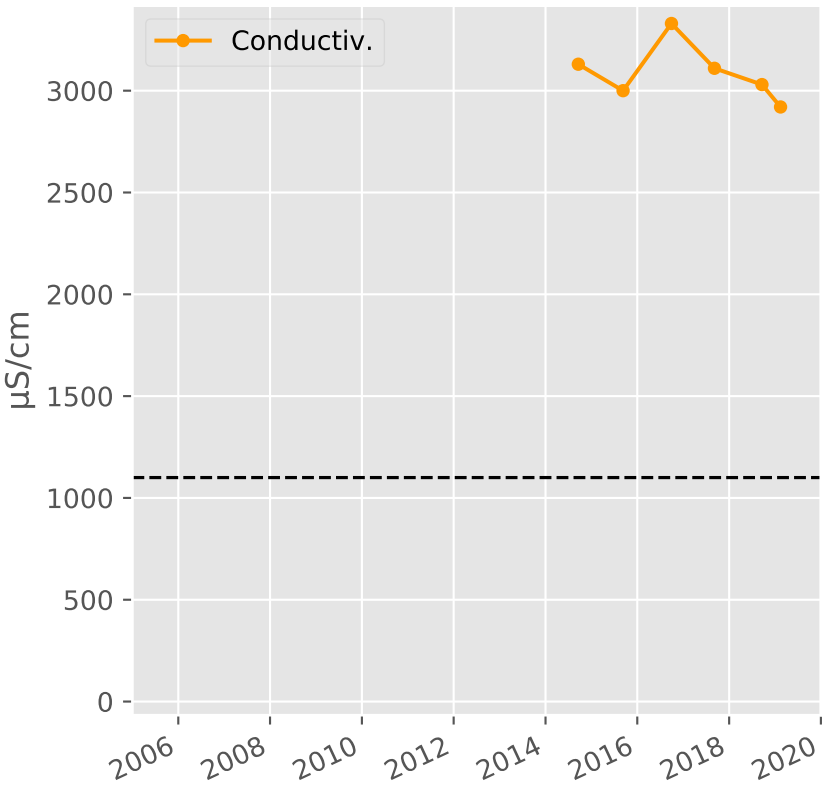


pH

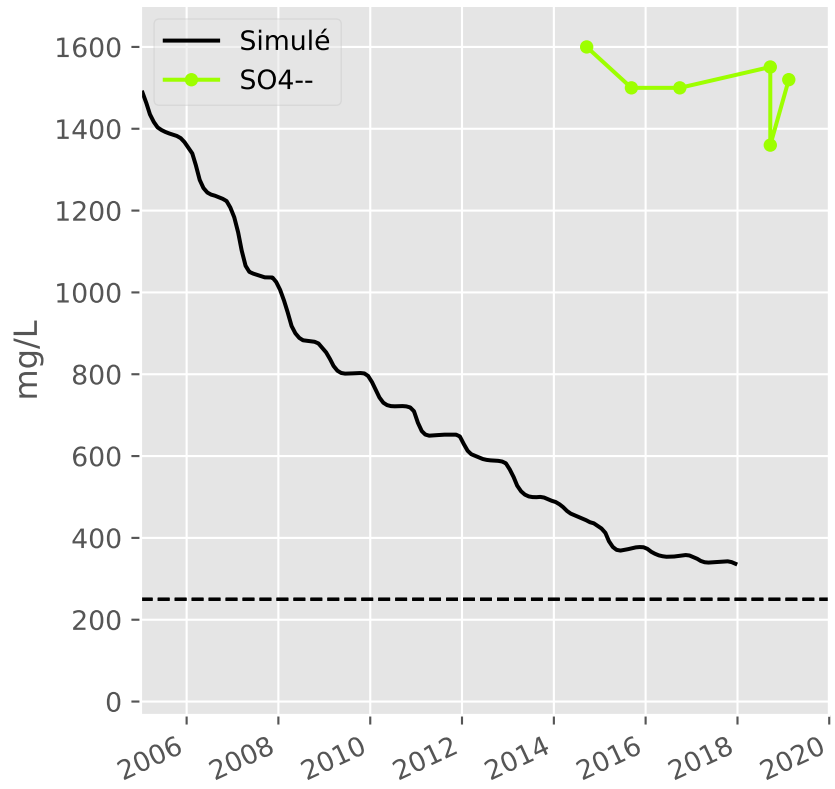


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS6 - S23 - Puits Roncourt I - 01378X0121

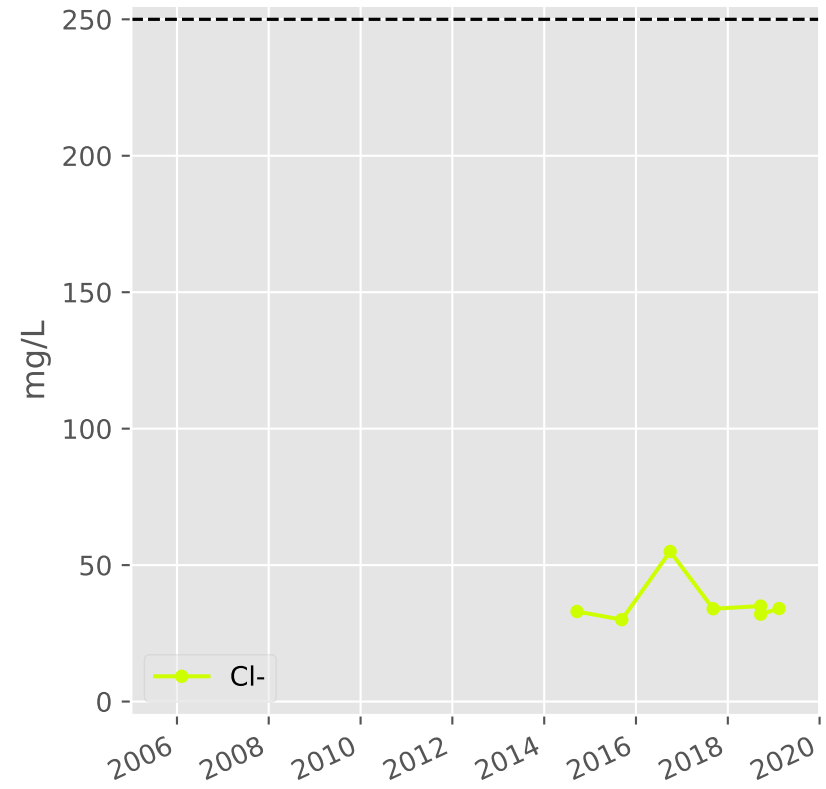
Conductivité



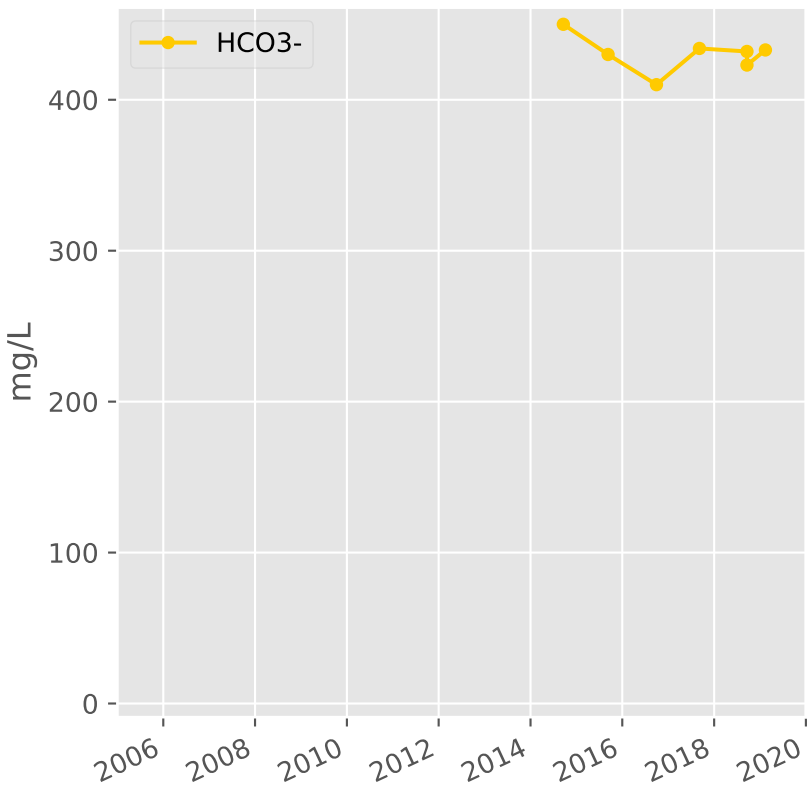
Sulfates



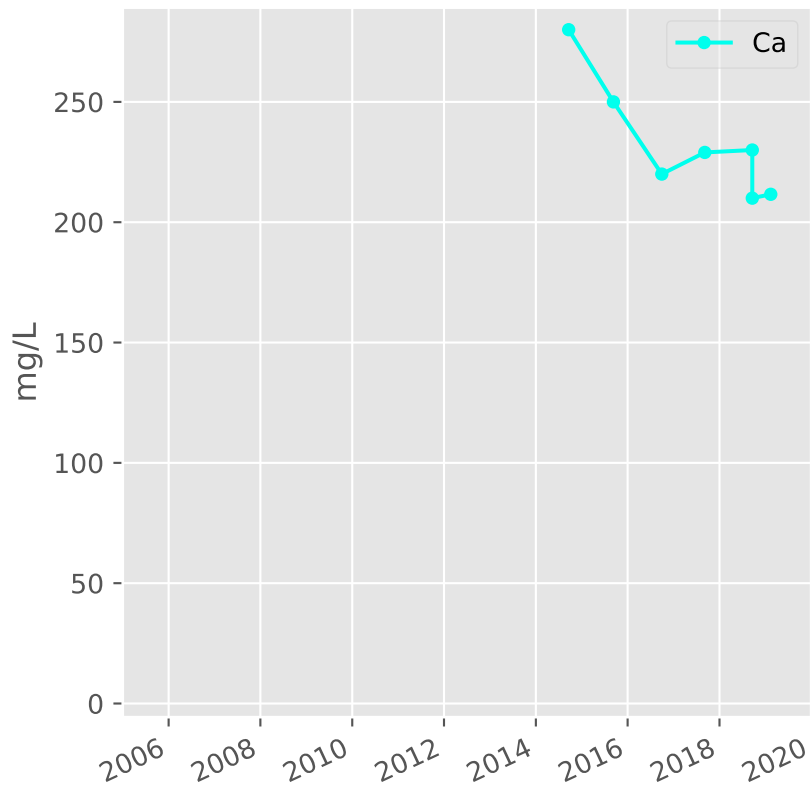
Chlorures



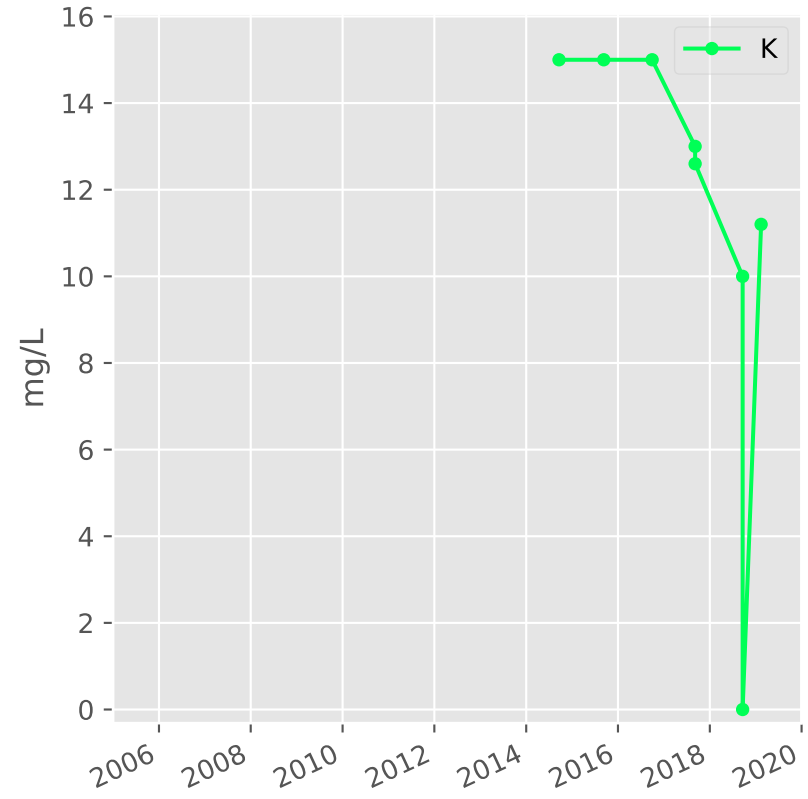
Bicarbonates



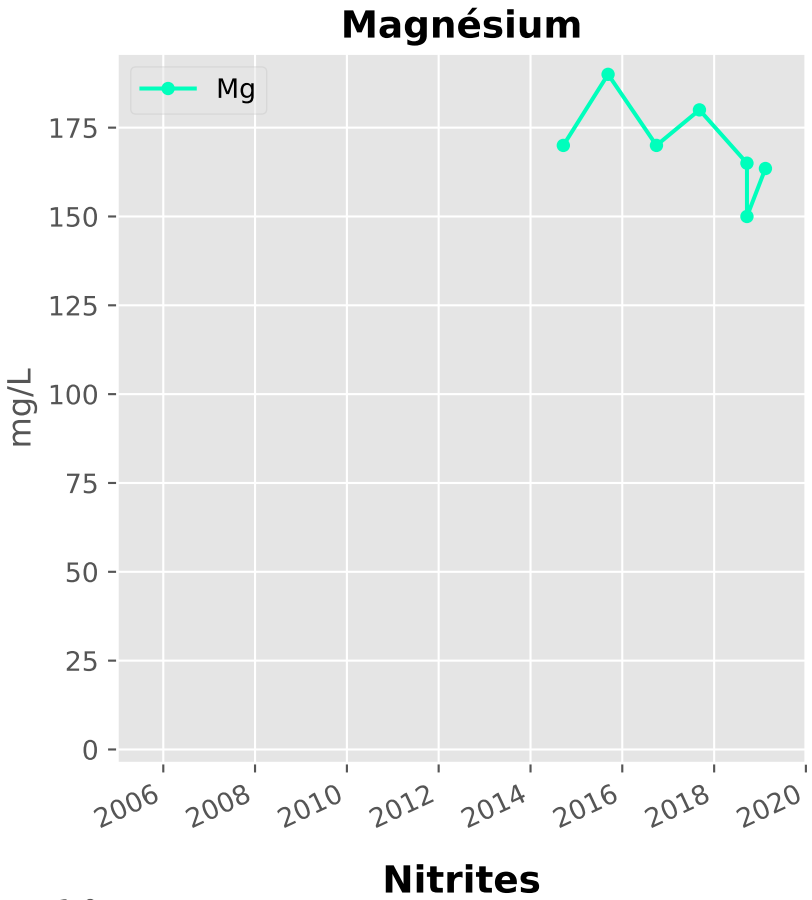
Calcium



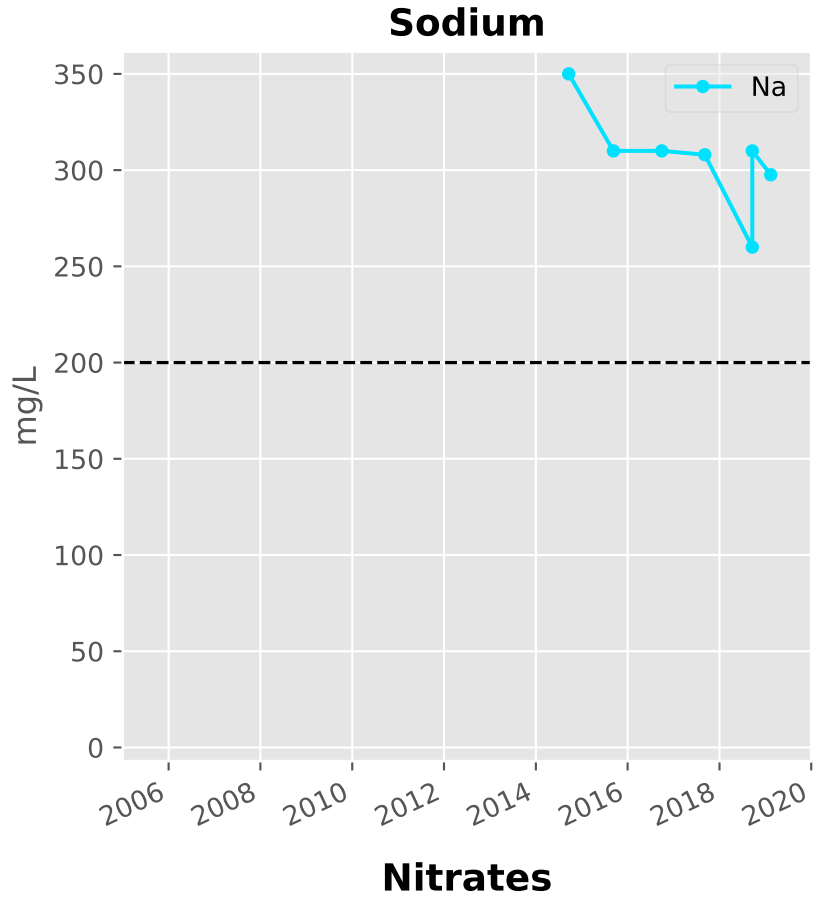
Potassium



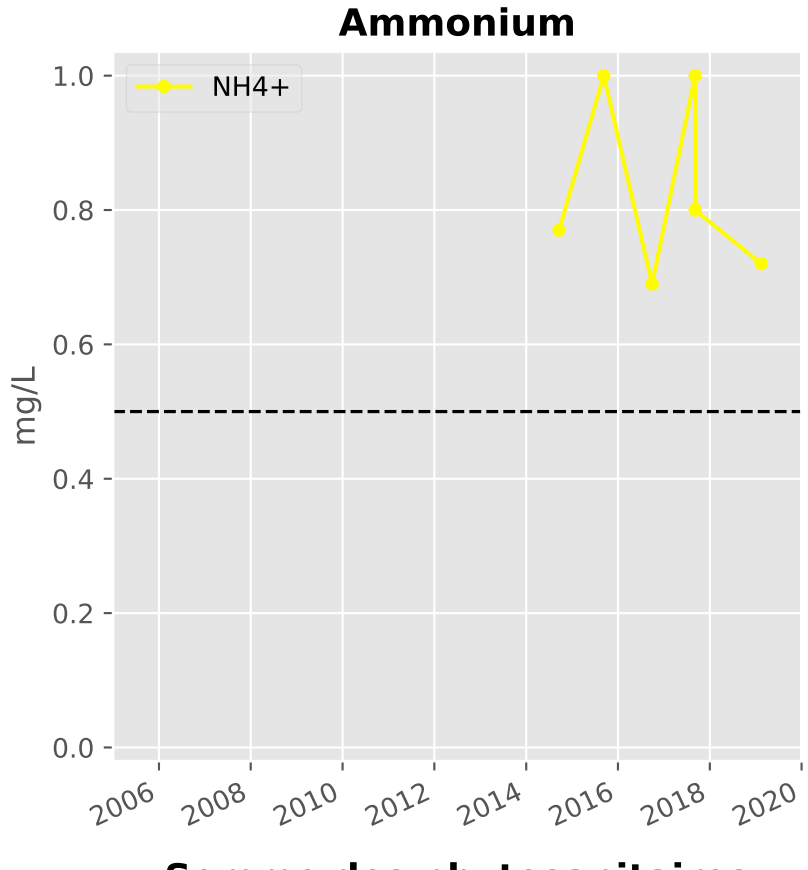
Magnésium



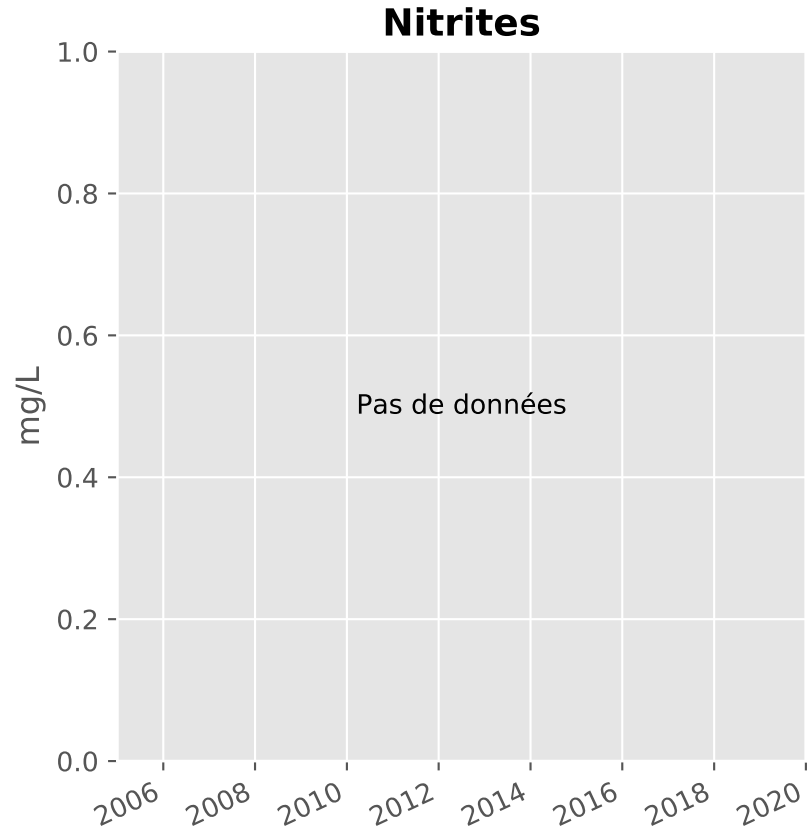
Sodium



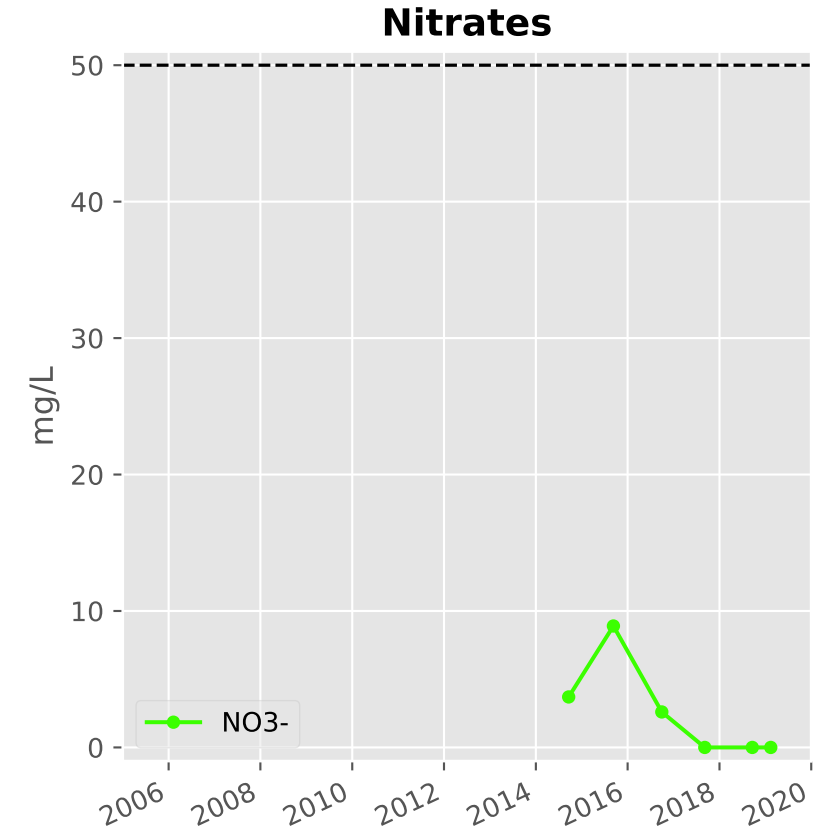
Ammonium



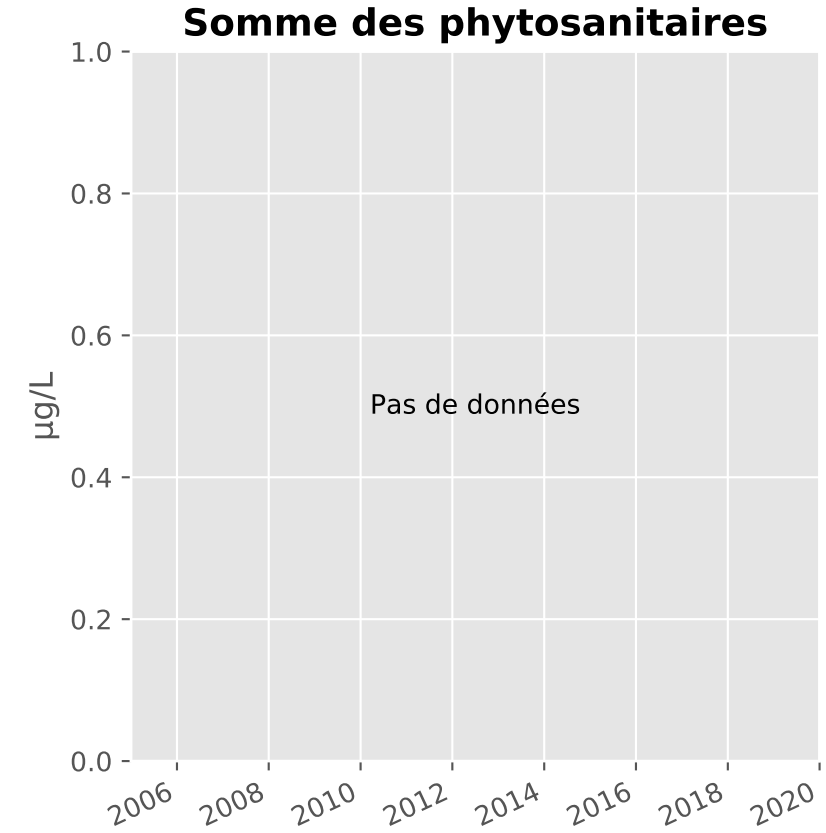
Nitrites



Nitrates

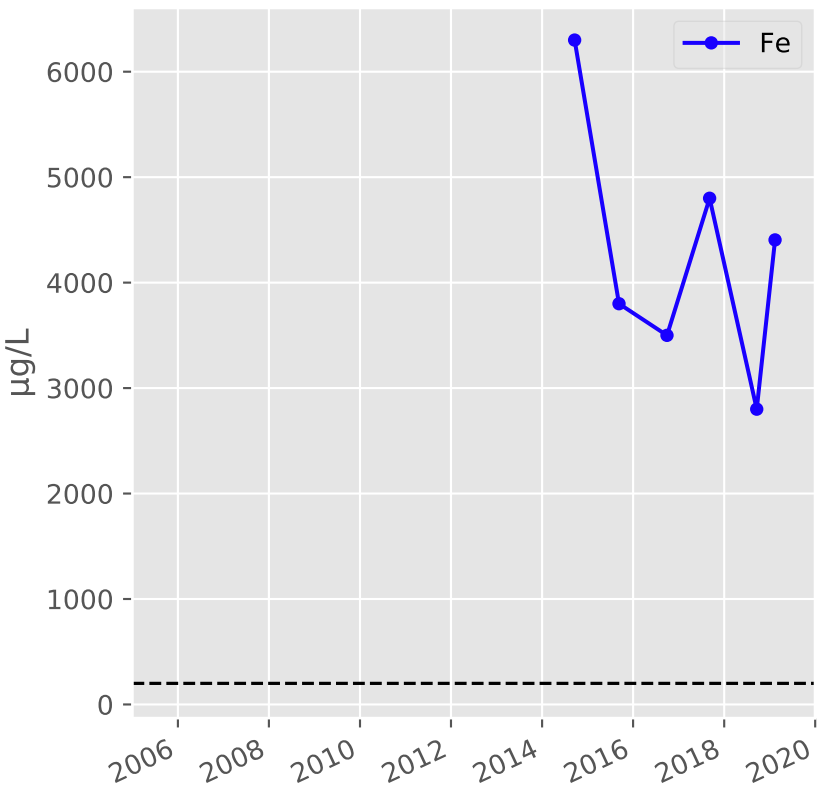


Somme des phytosanitaires

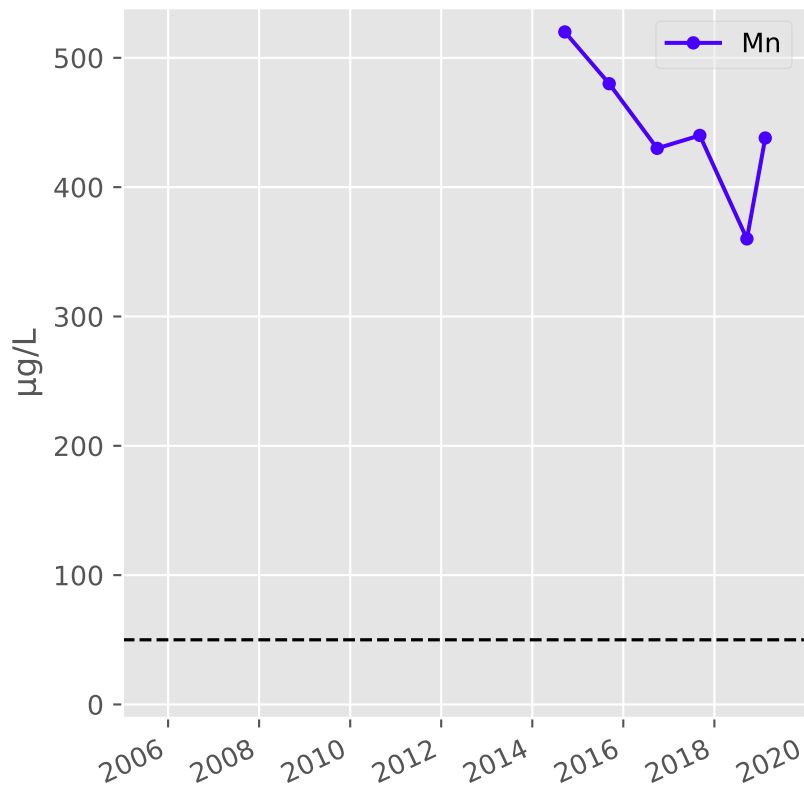


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS6 - S23 - Puits Roncourt I - 01378X0121

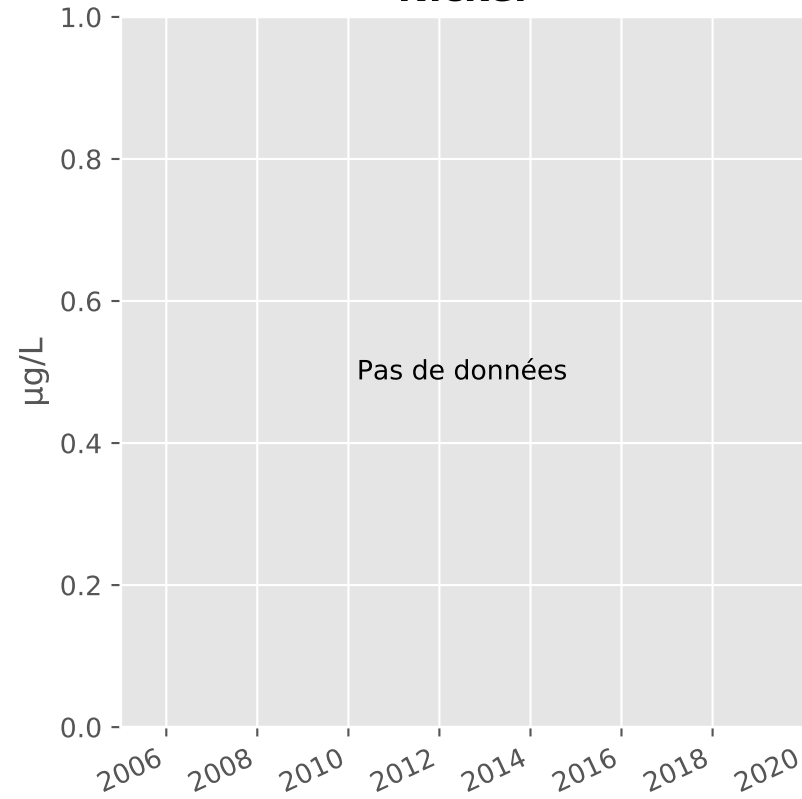
Fer



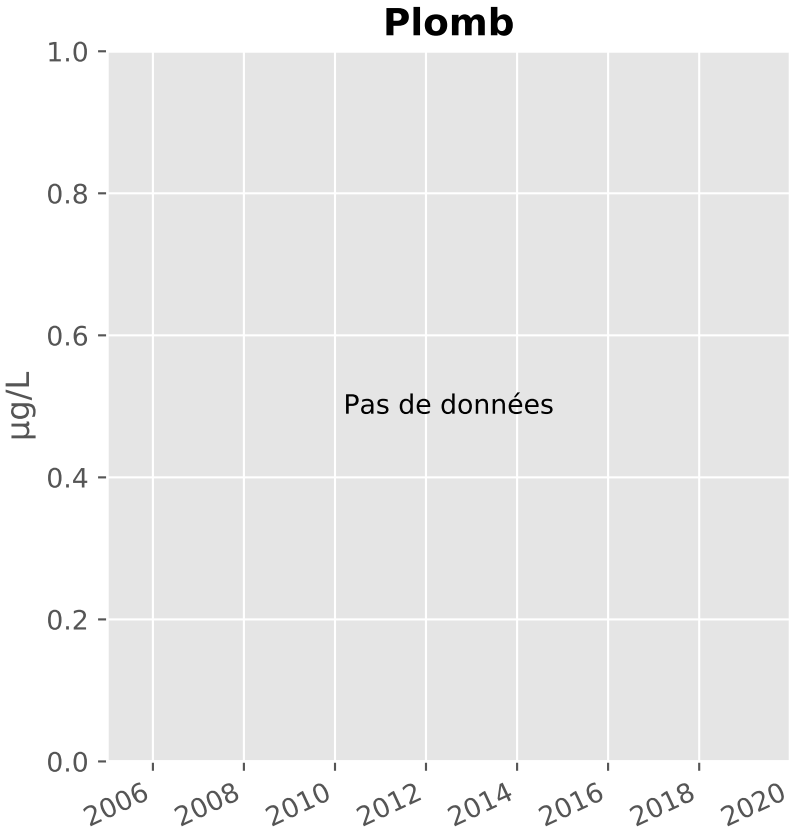
Manganèse



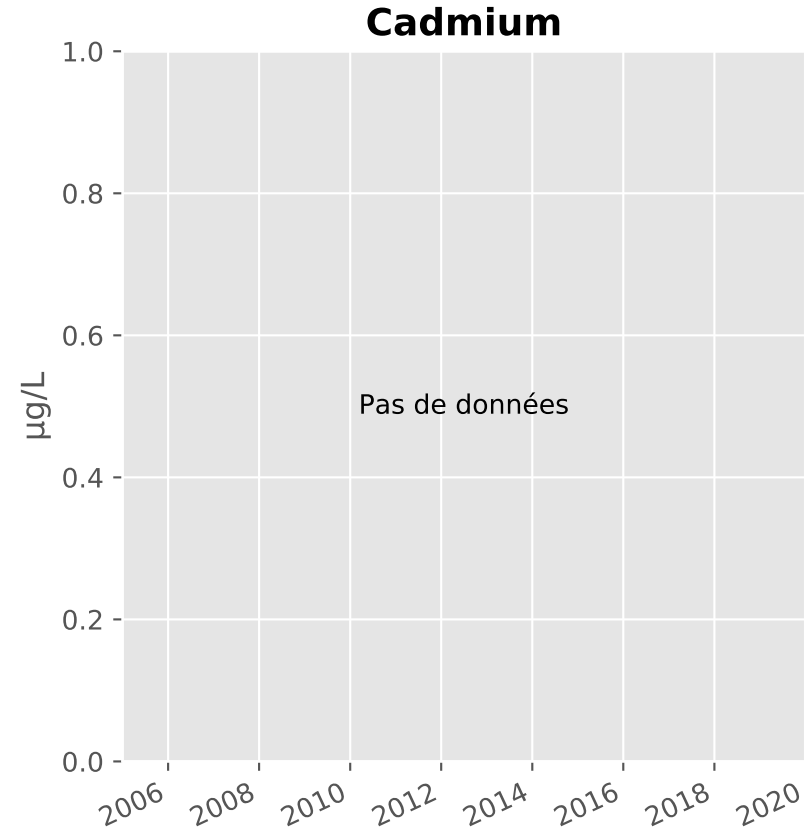
Nickel



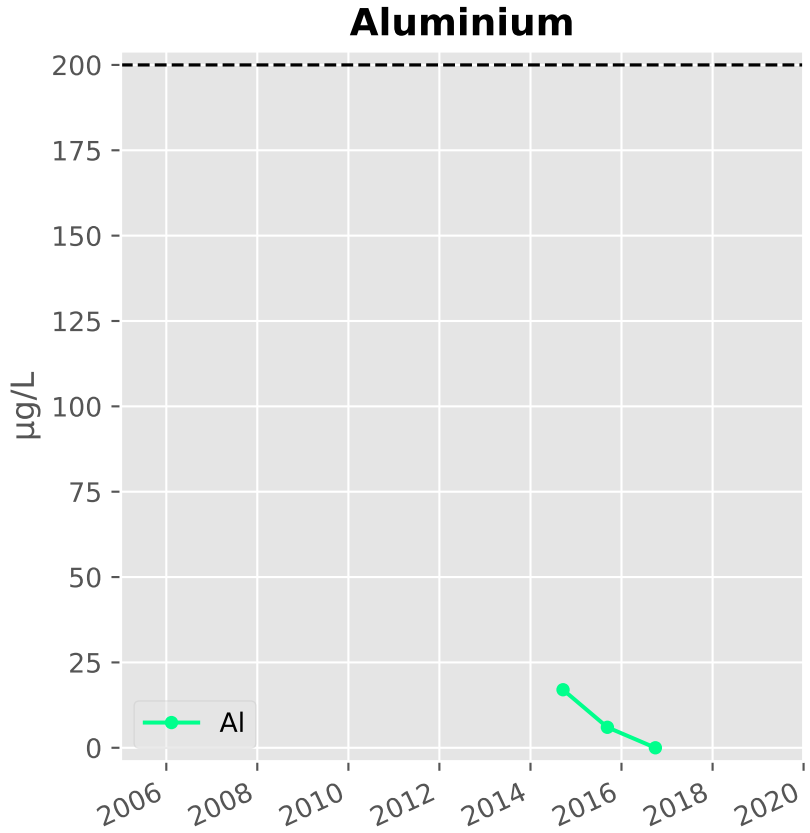
Plomb



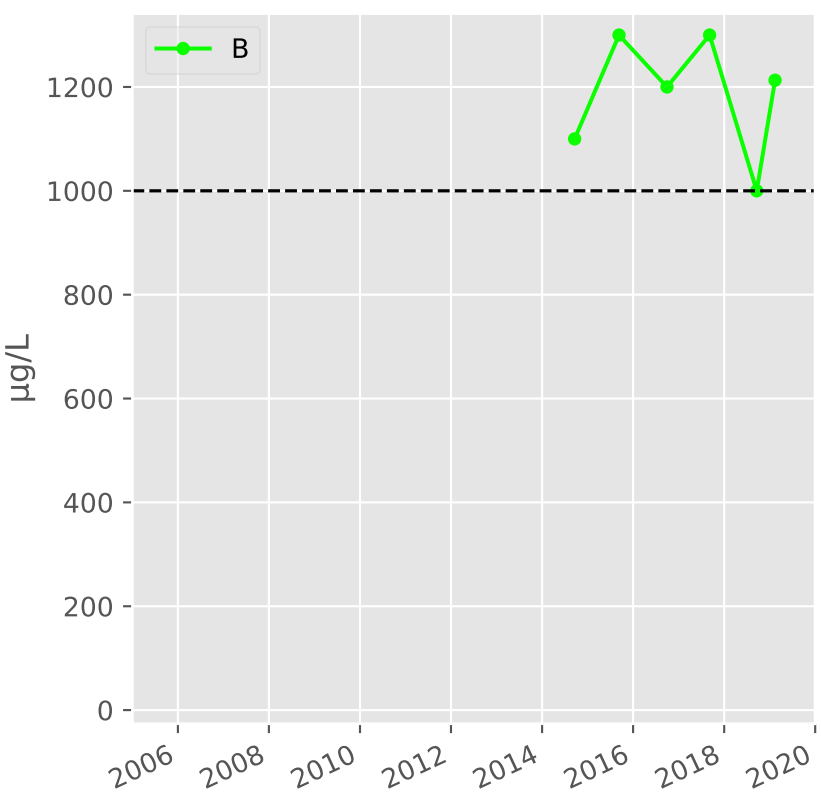
Cadmium



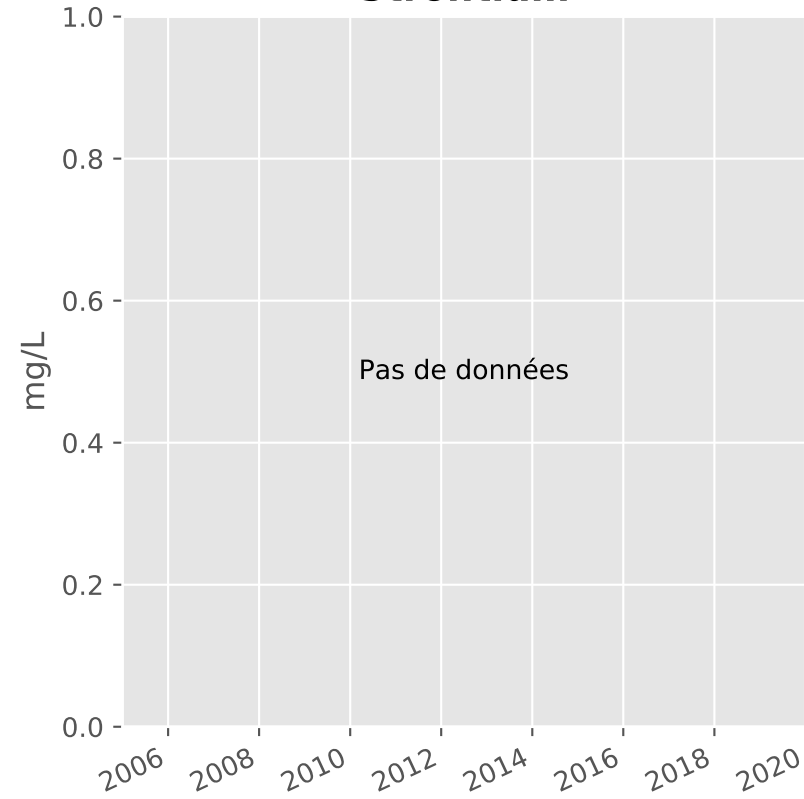
Aluminium



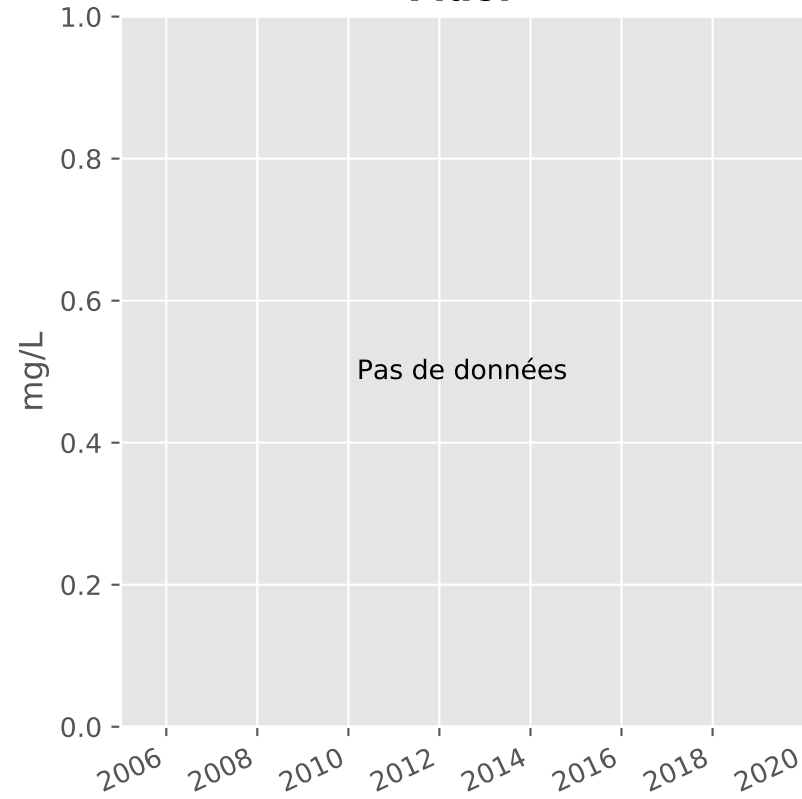
Bore



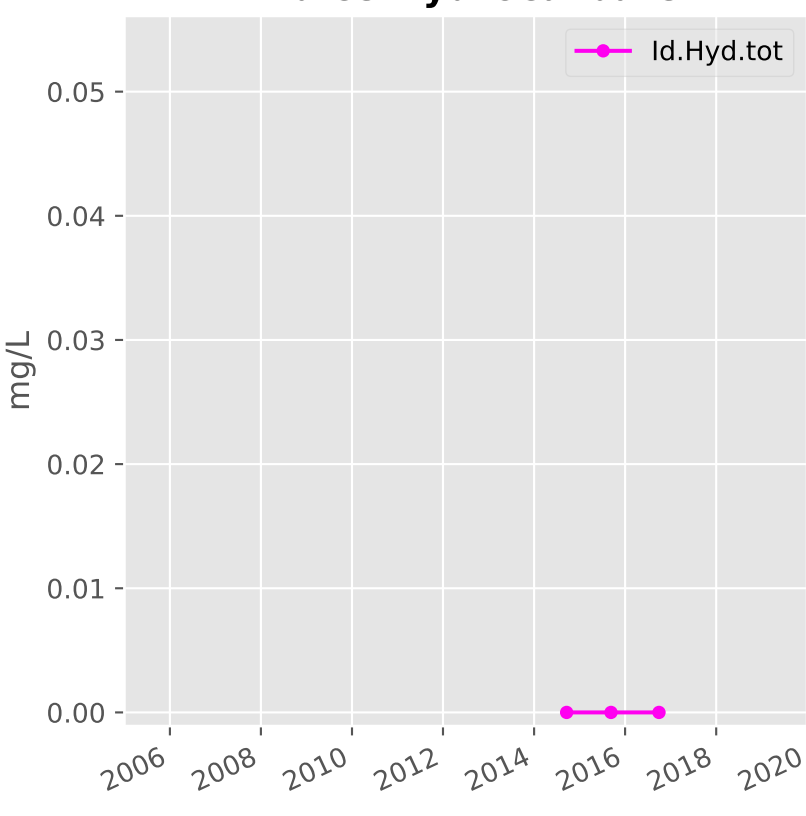
Strontium



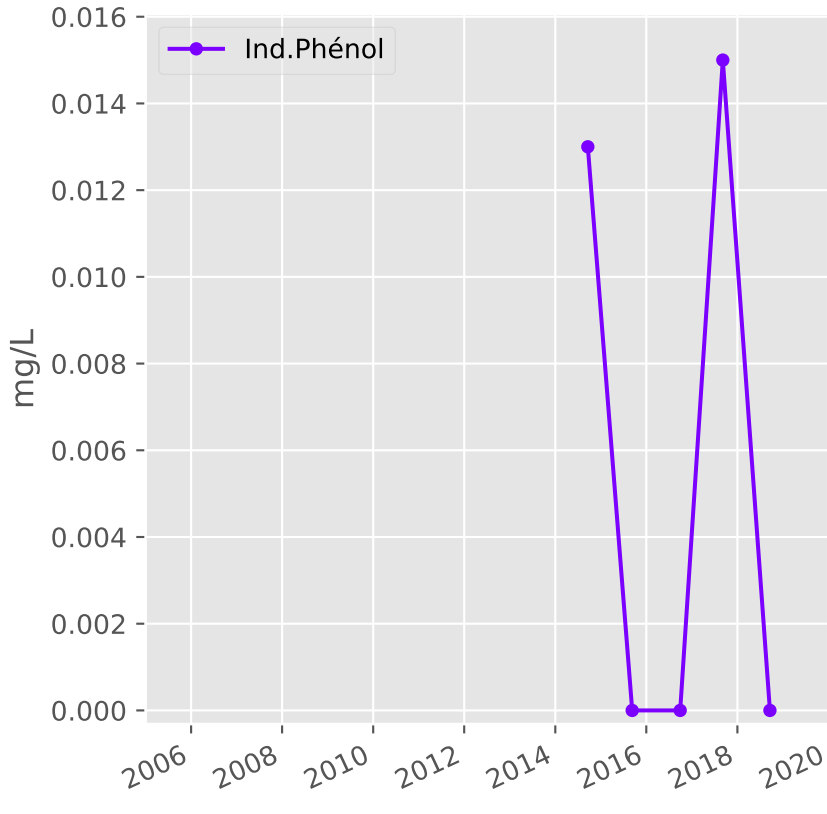
Fluor



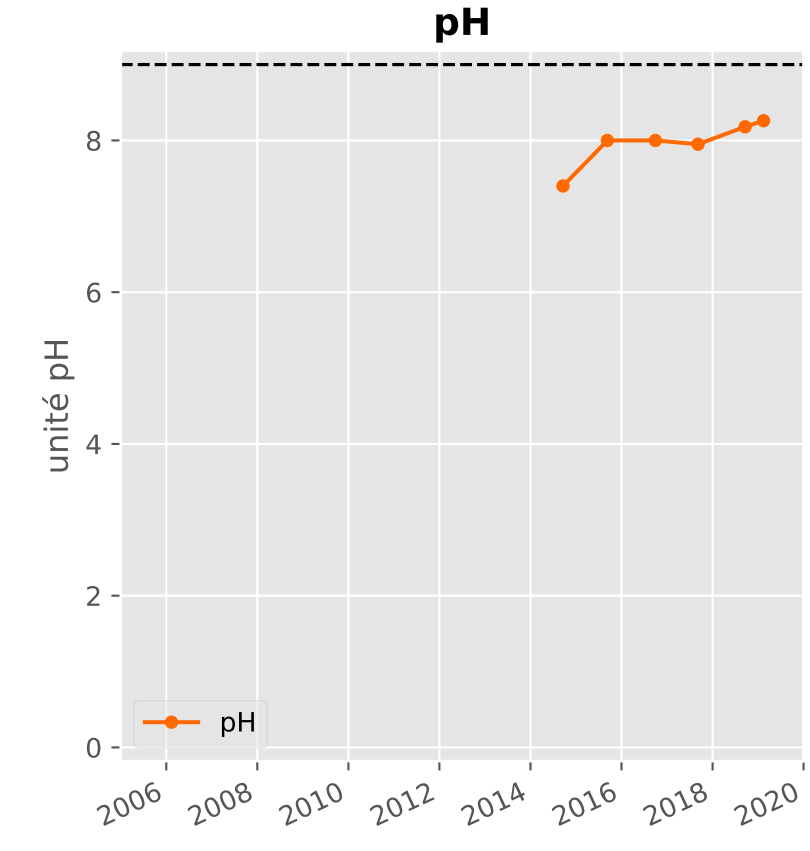
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

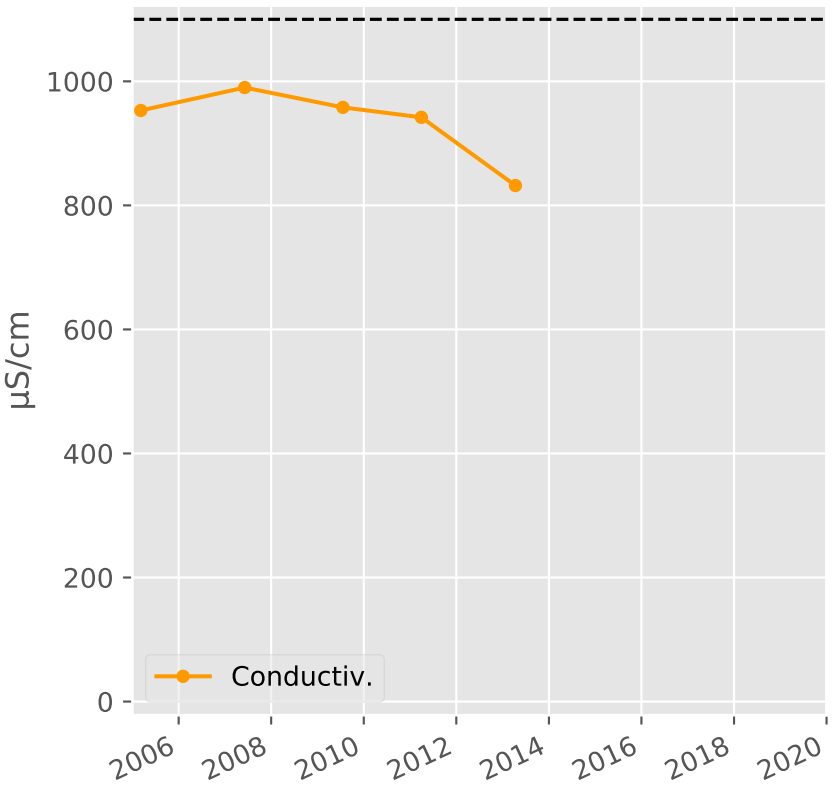


pH

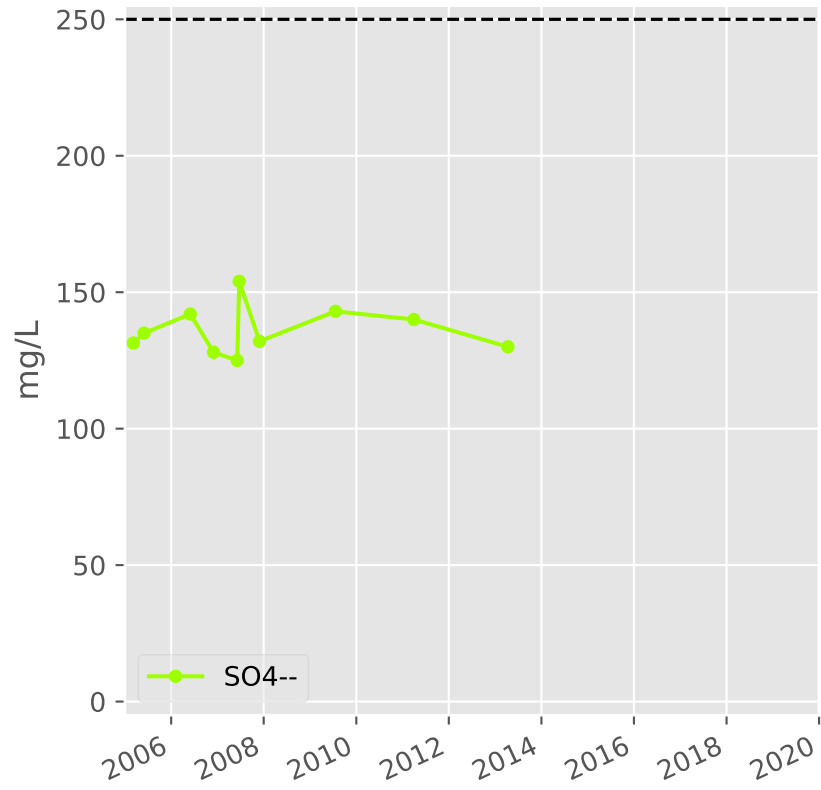


Bassin LONGWY - Réservoir minier - Lo1 - Gal. de Rehon - 00898X0051

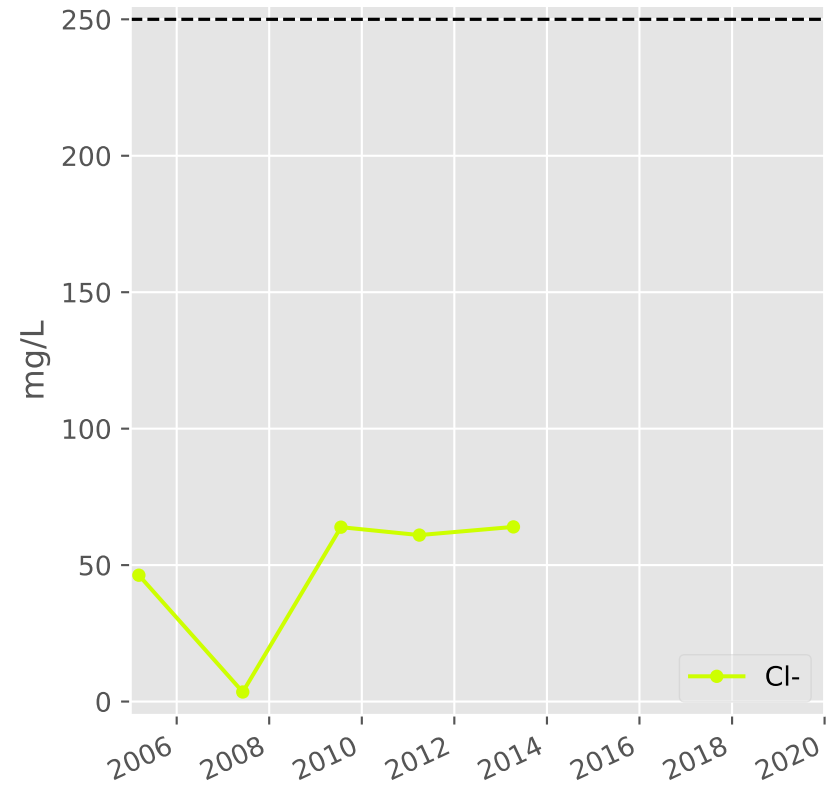
Conductivité



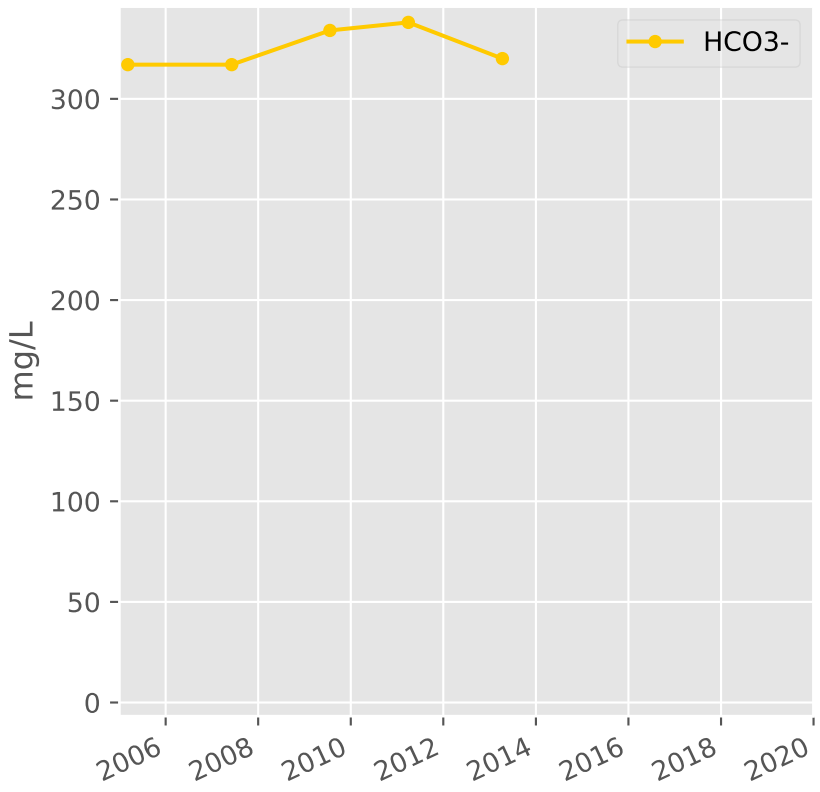
Sulfates



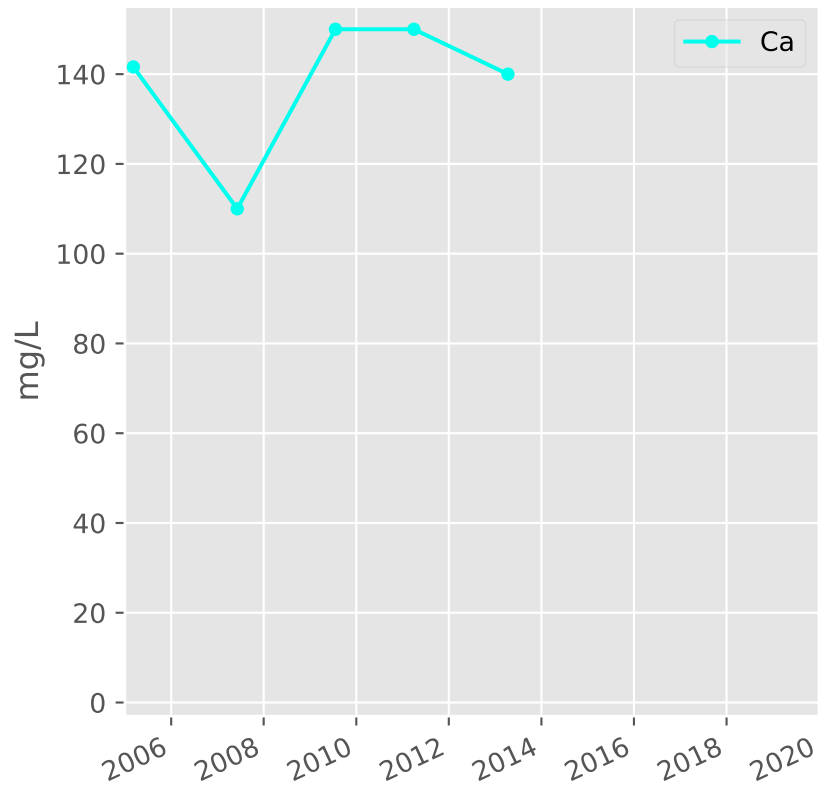
Chlorures



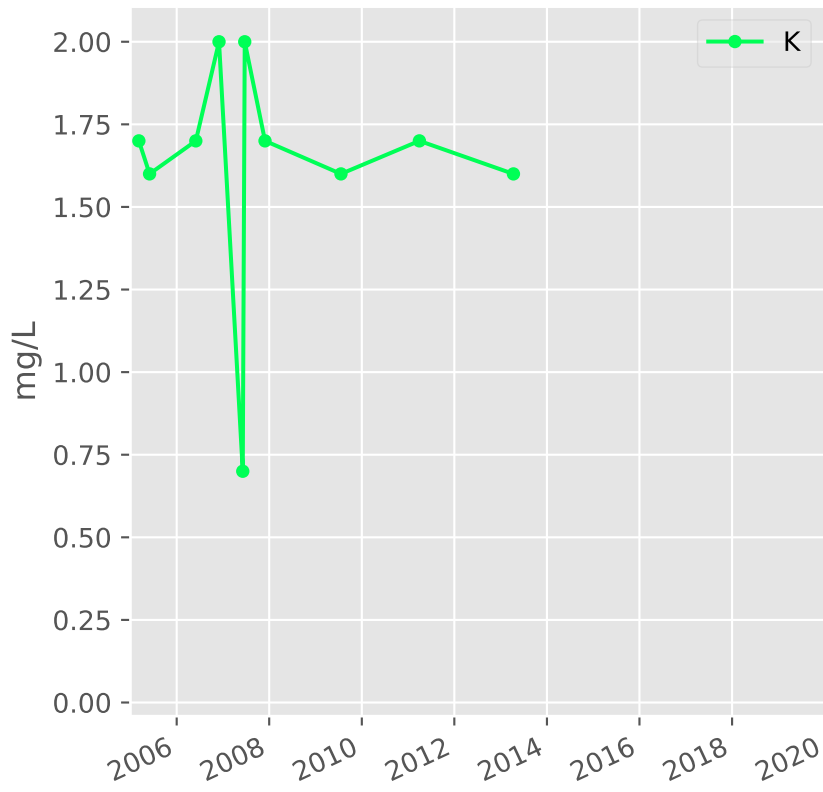
Bicarbonates



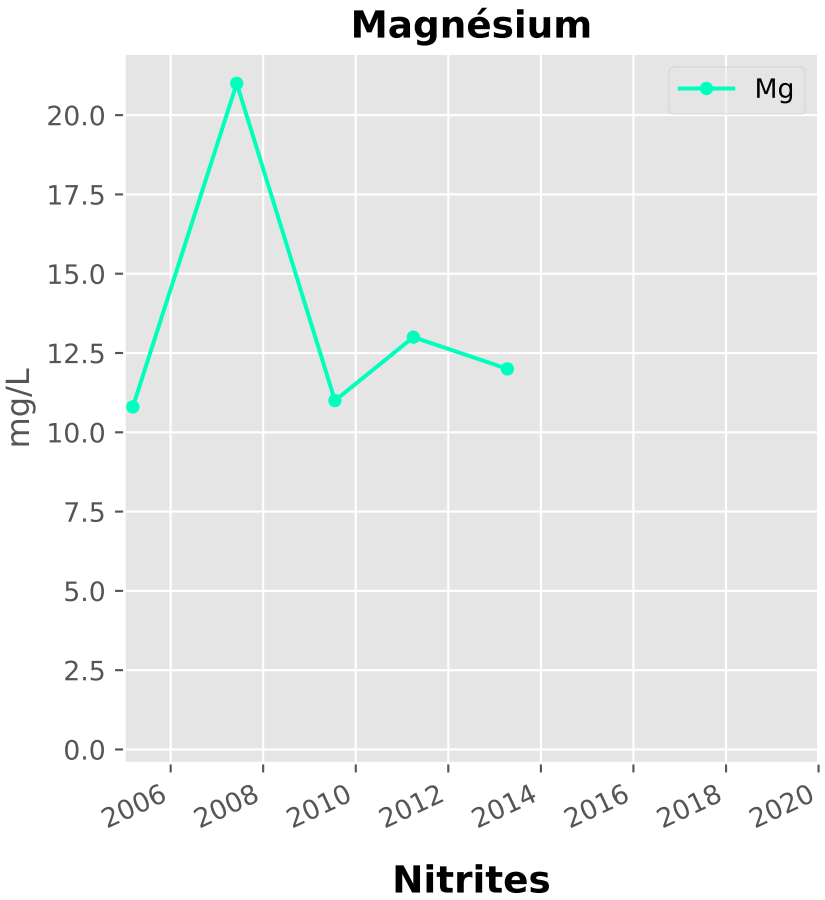
Calcium



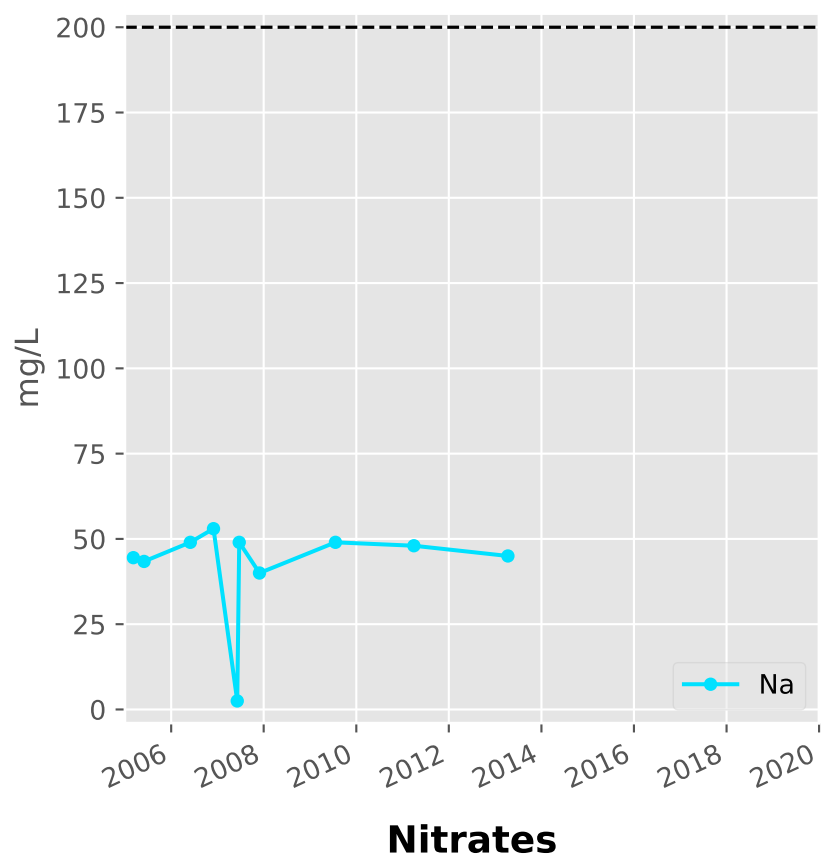
Potassium



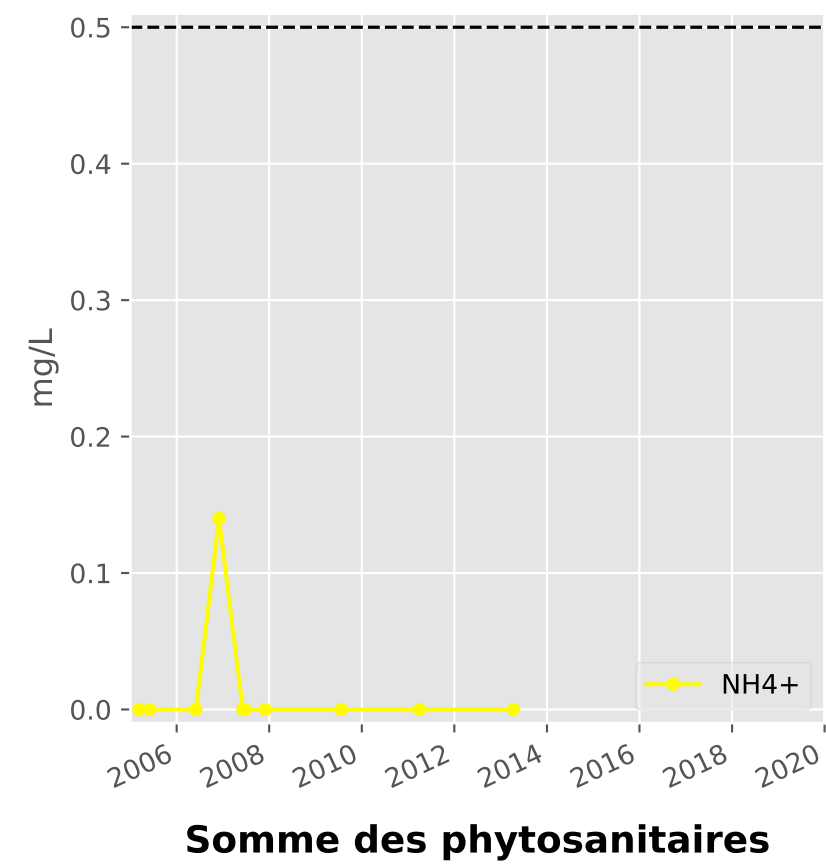
Magnésium



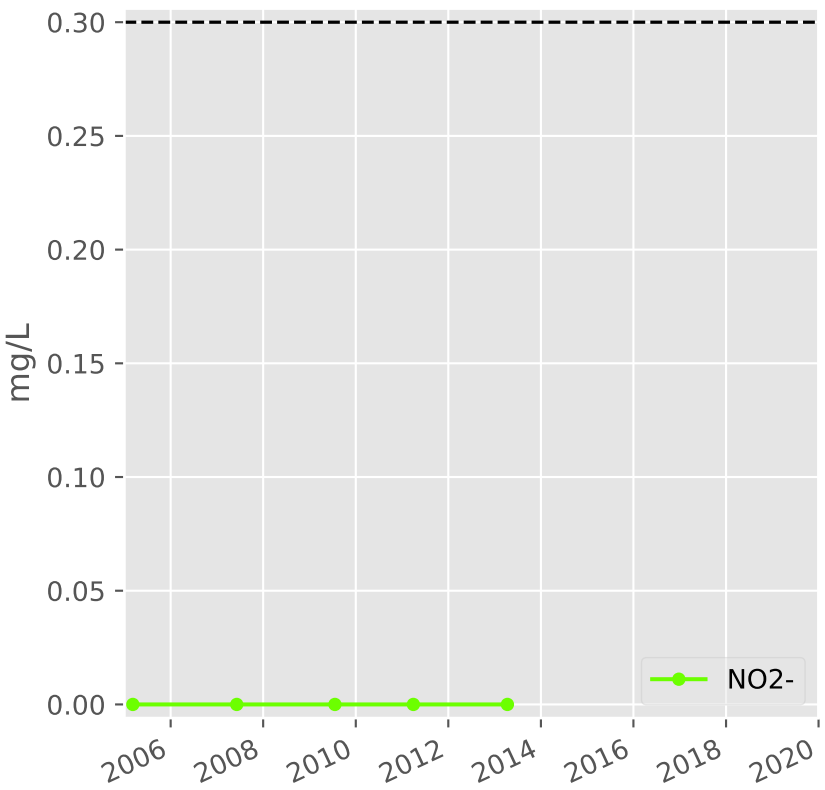
Sodium



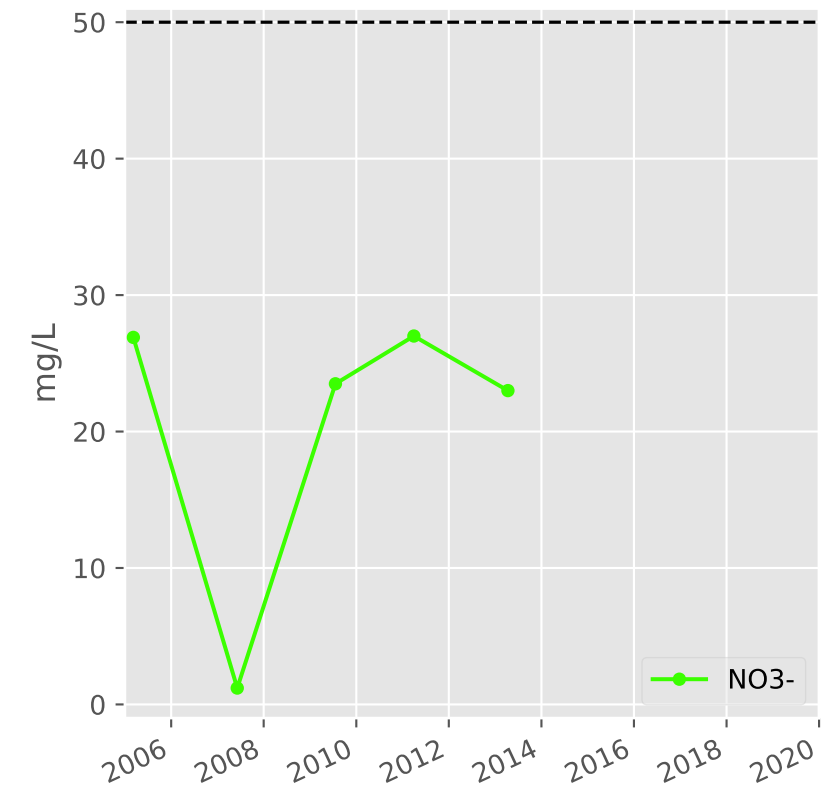
Ammonium



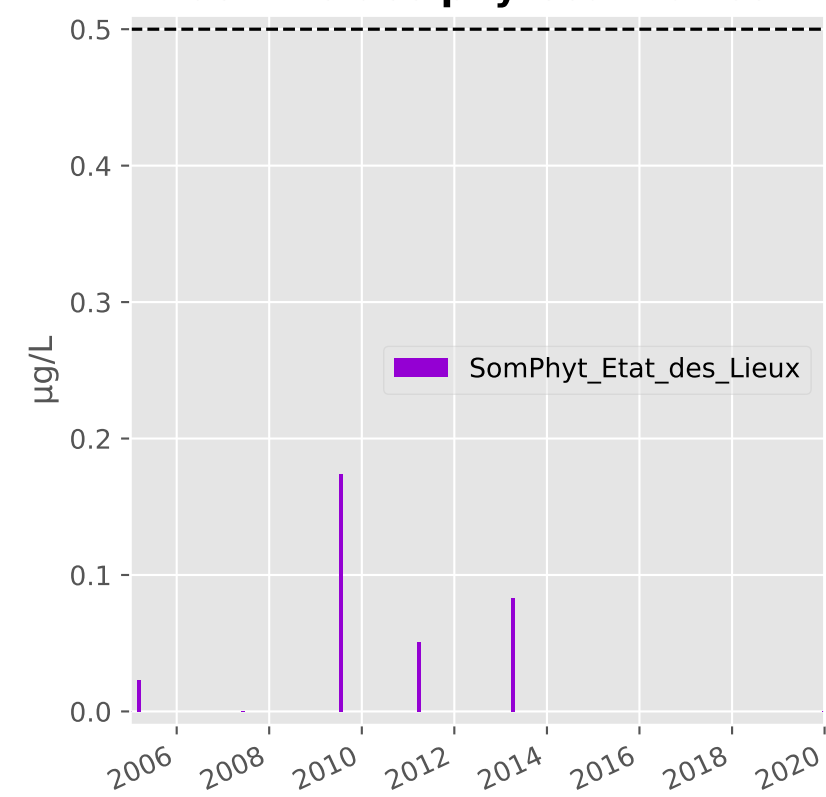
Nitrites



Nitrates

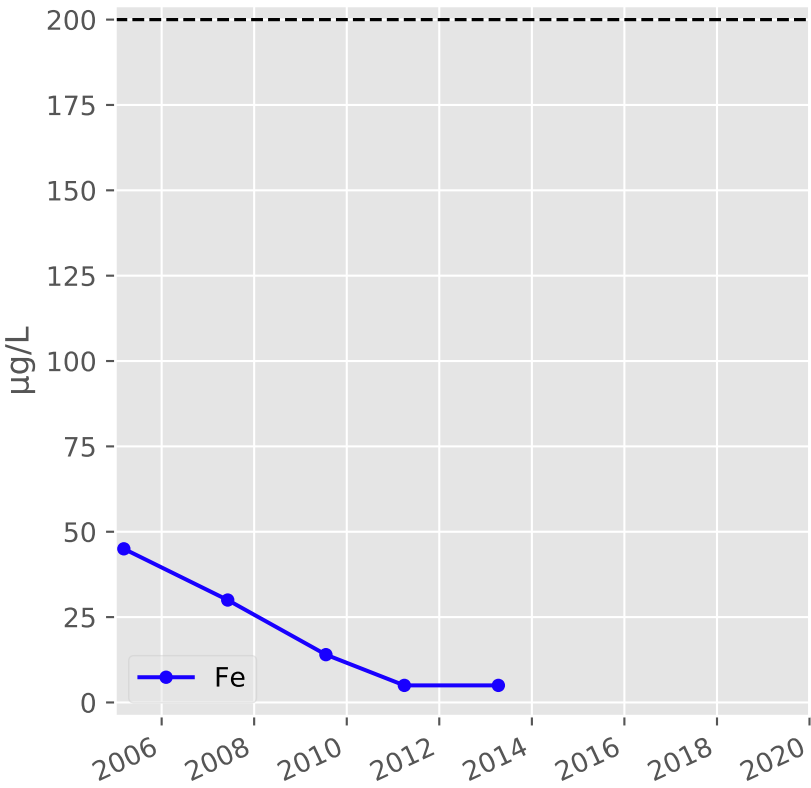


Somme des phytosanitaires

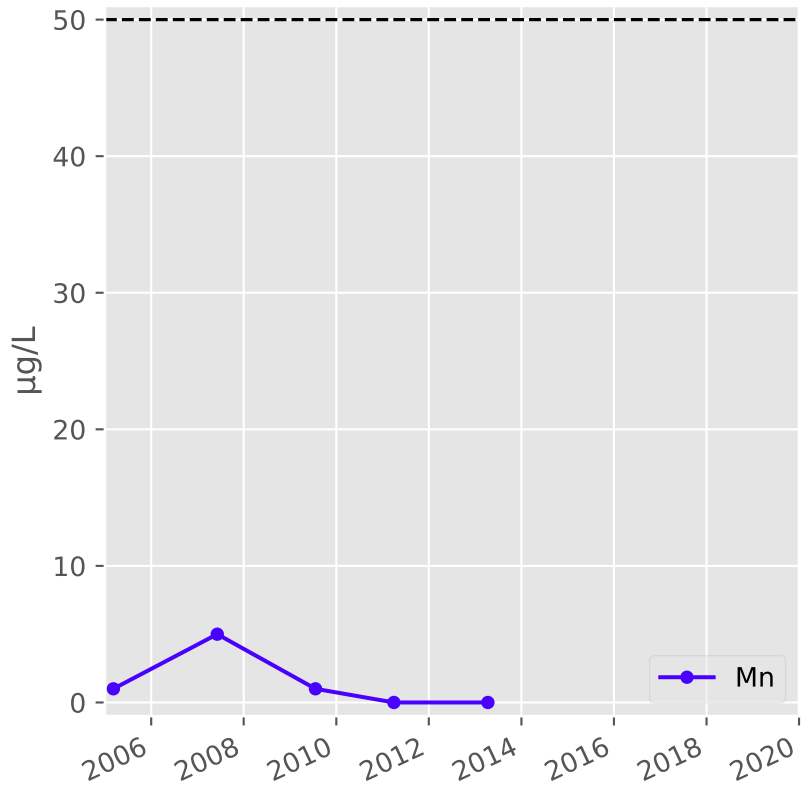


Bassin LONGWY - Réservoir minier - Lo1 - Gal. de Rehon - 00898X0051

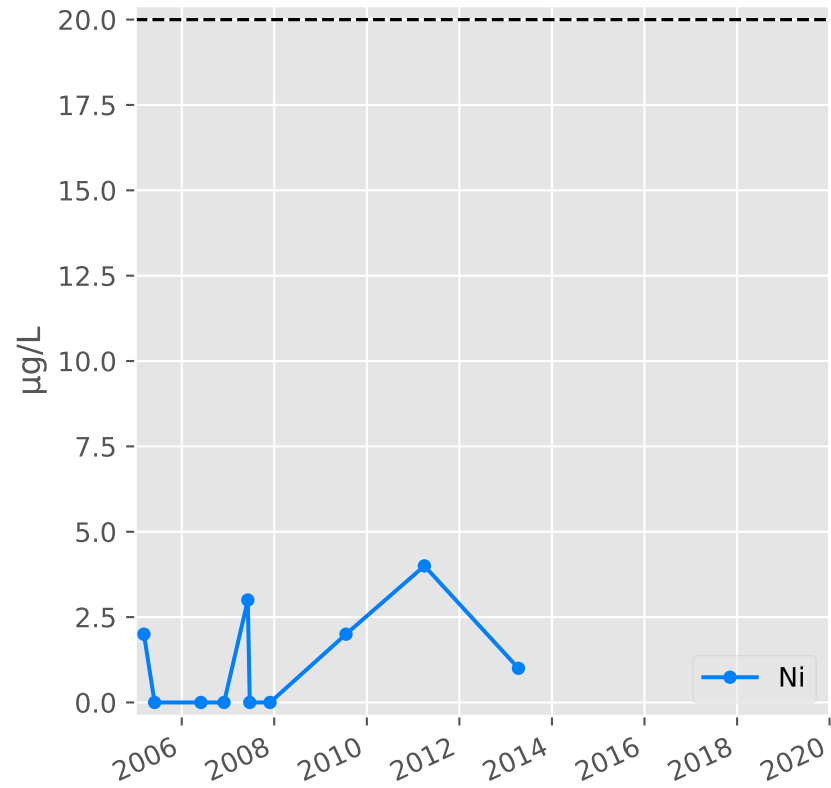
Fer



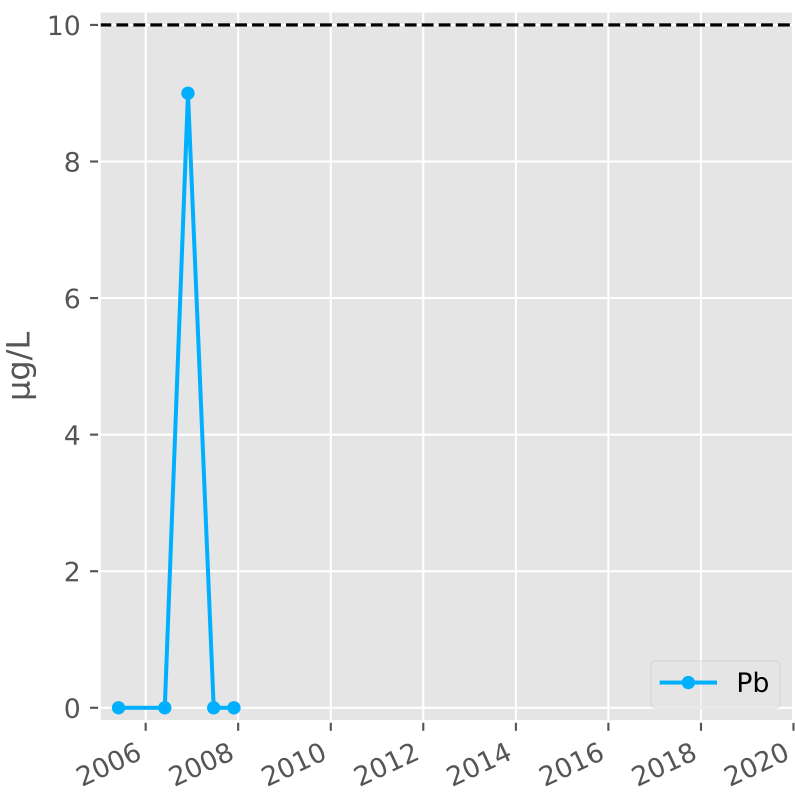
Manganèse



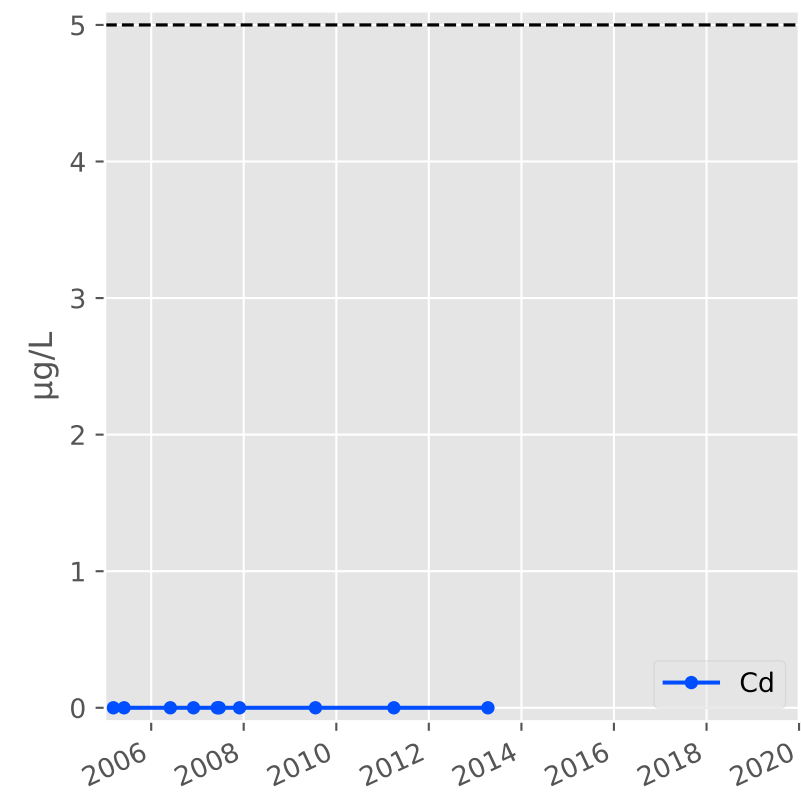
Nickel



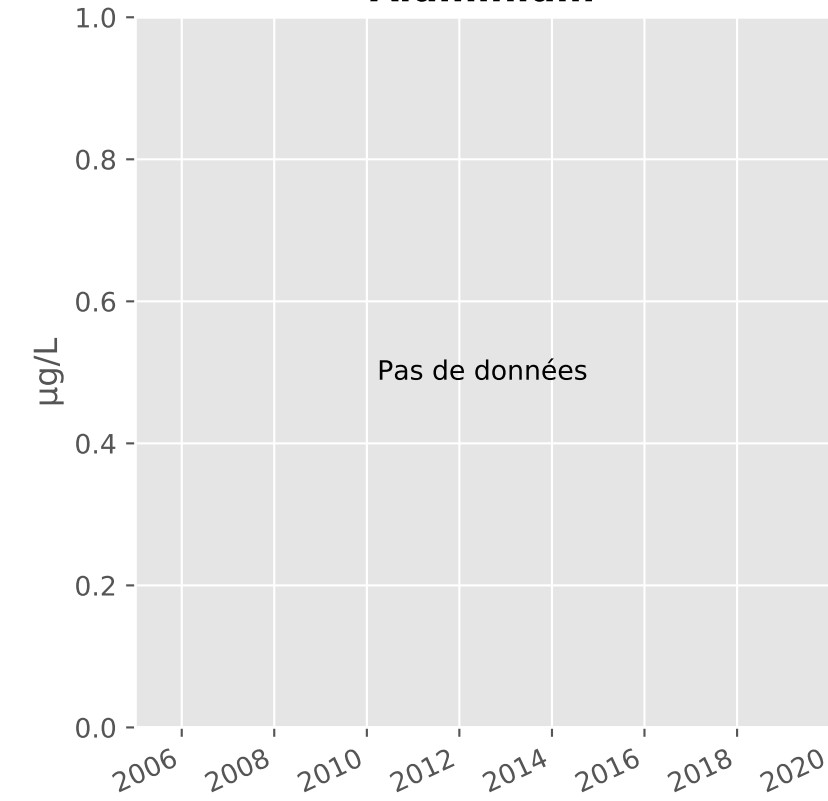
Plomb



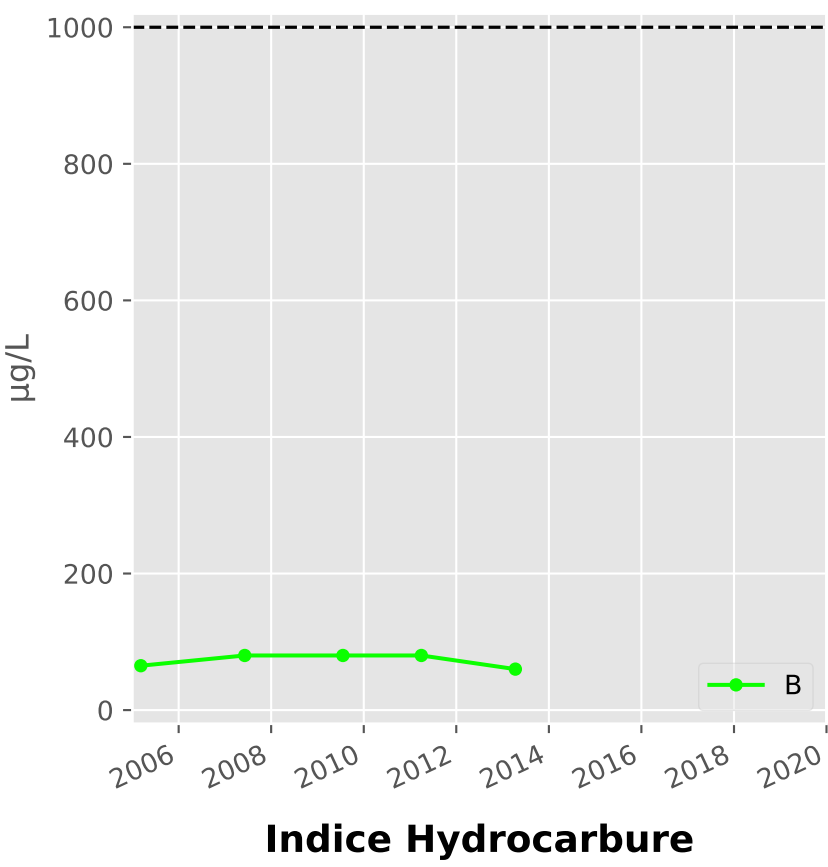
Cadmium



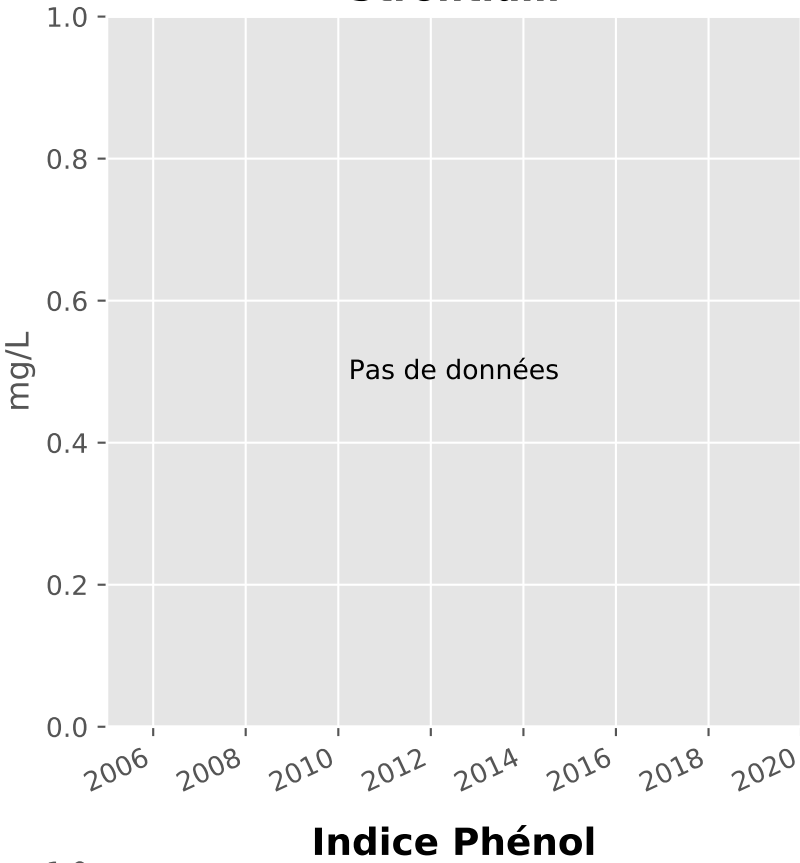
Aluminium



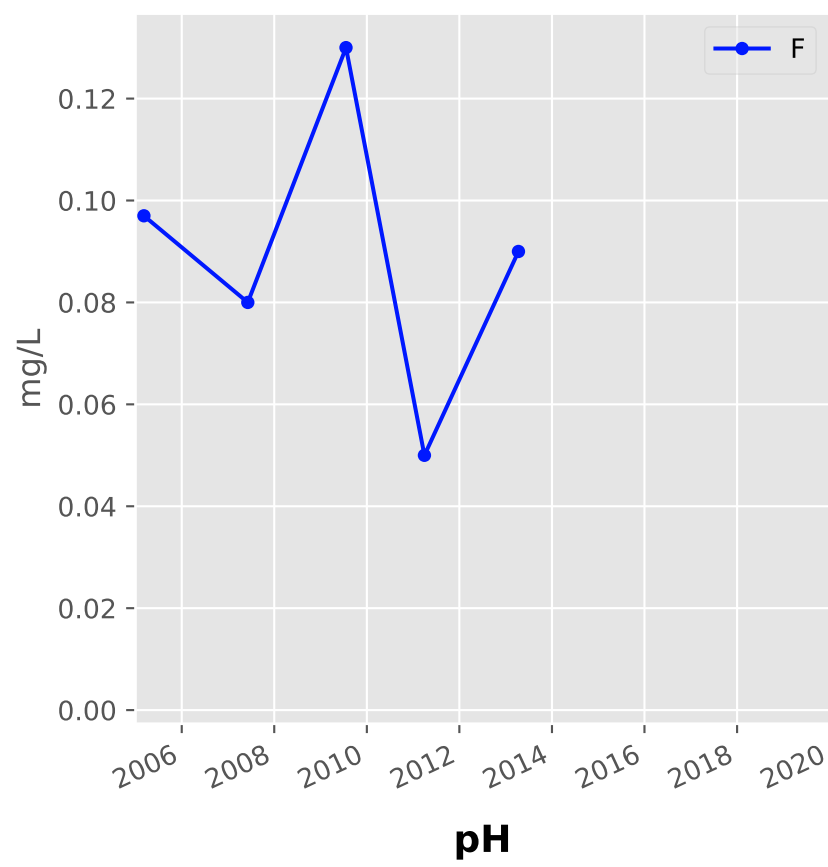
Bore



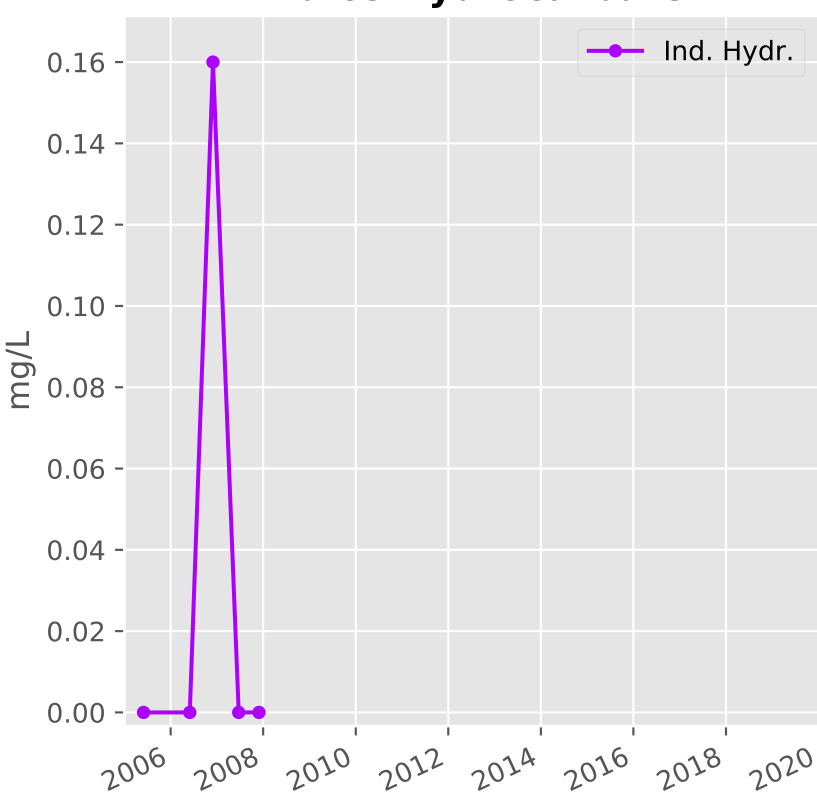
Strontium



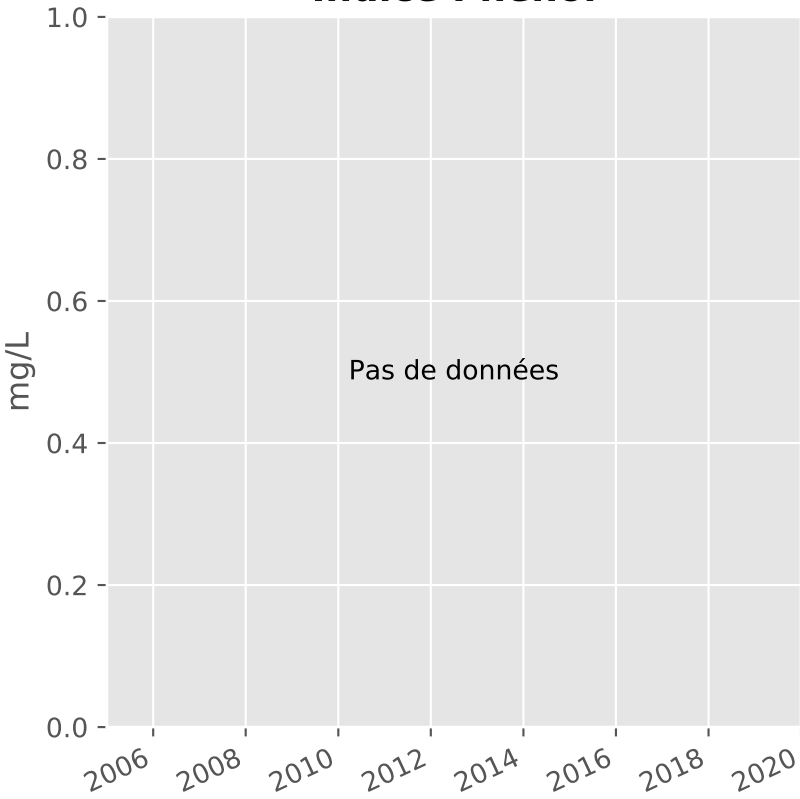
Fluor



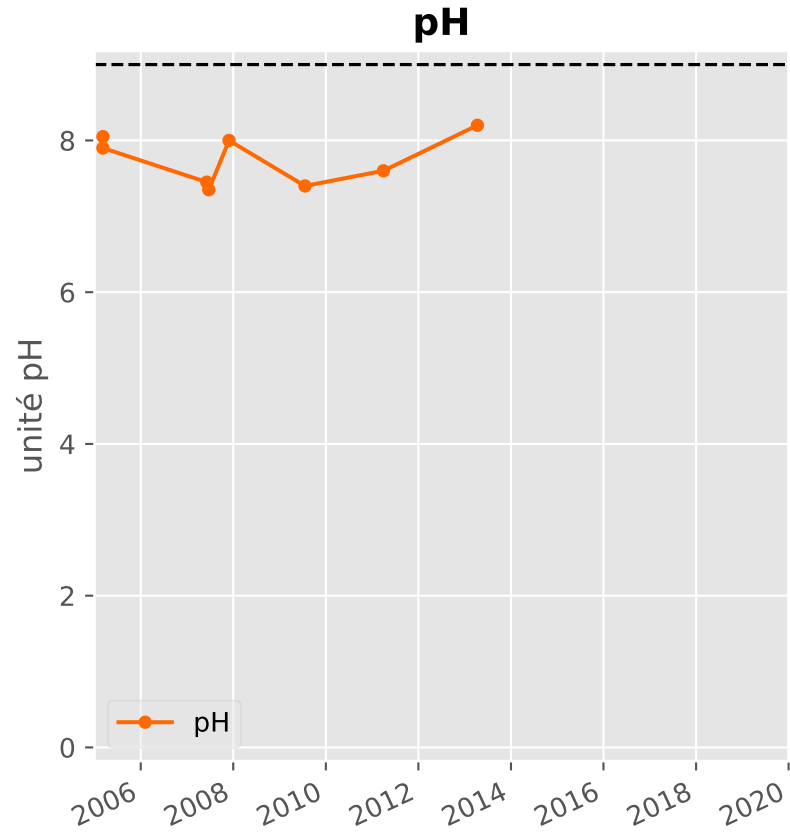
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

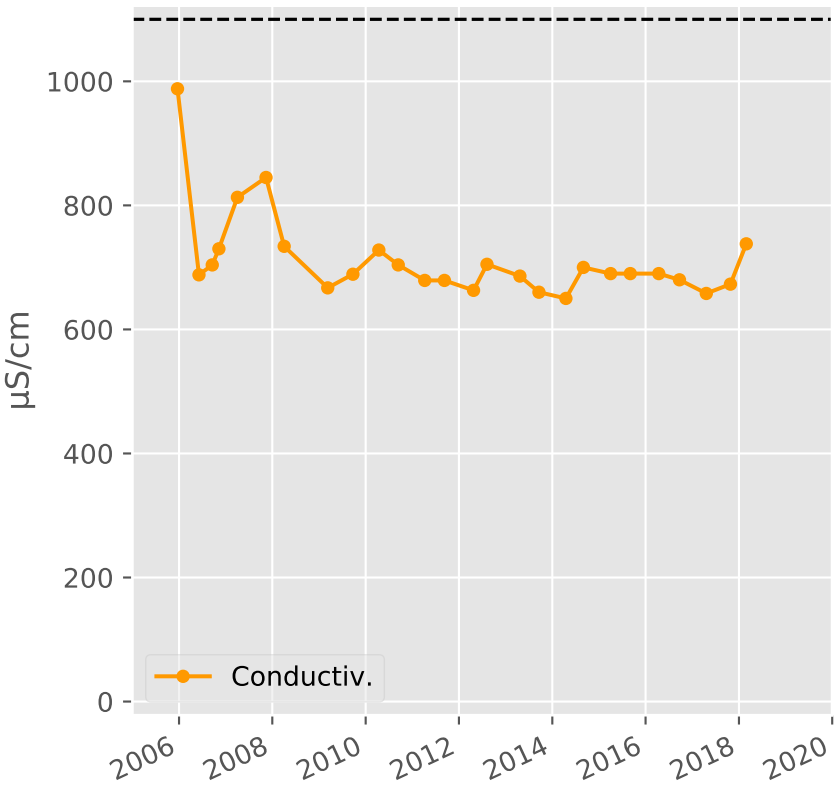


pH

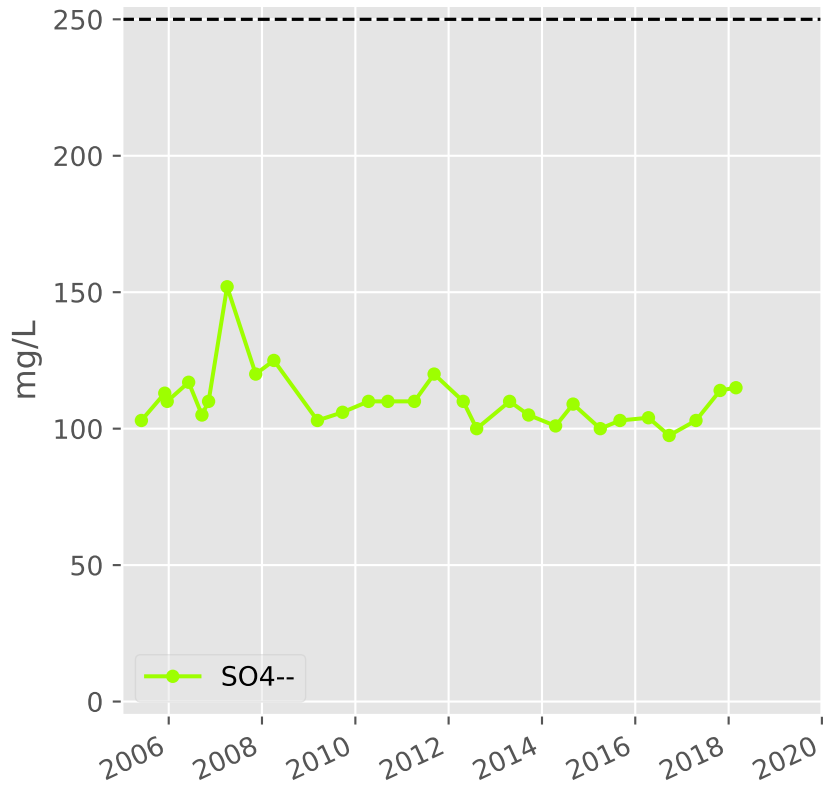


Bassin MOULAINE - Réservoir minier - Mo1 - Gal. de Moulaine - 00905X0061

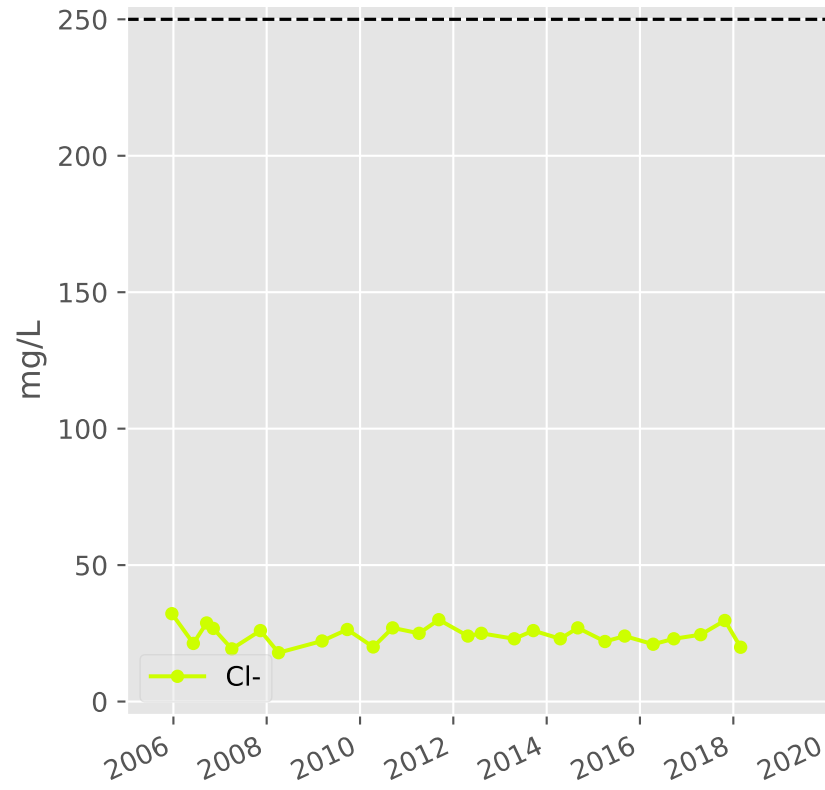
Conductivité



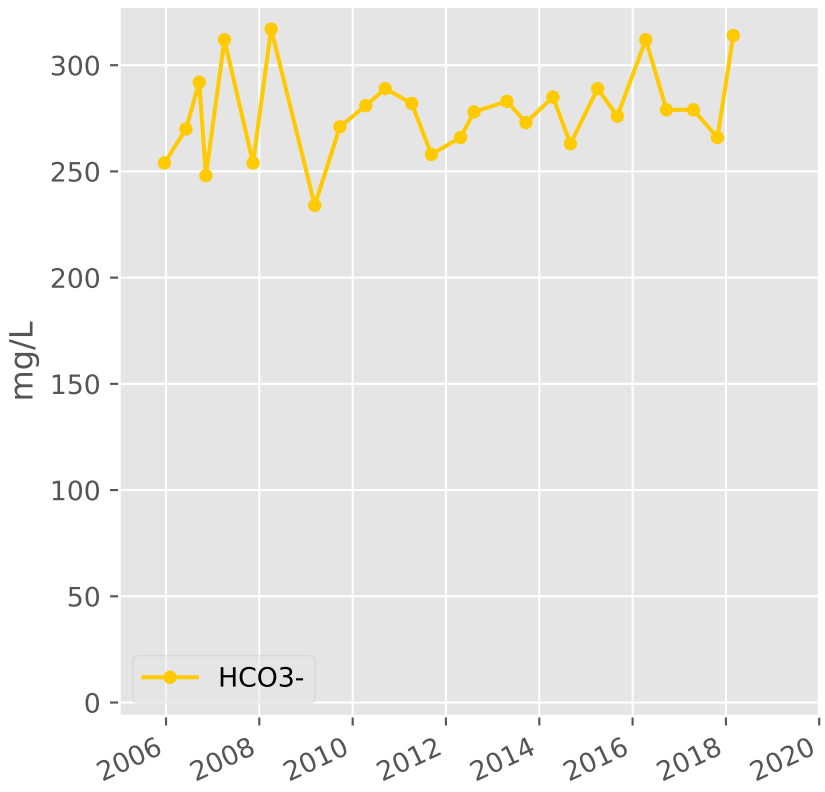
Sulfates



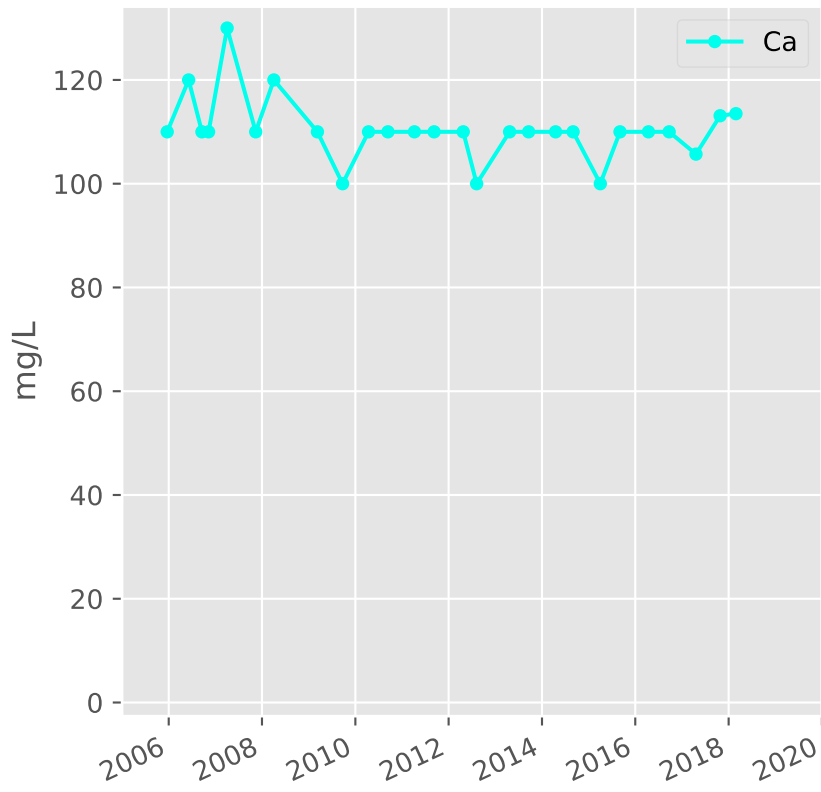
Chlorures



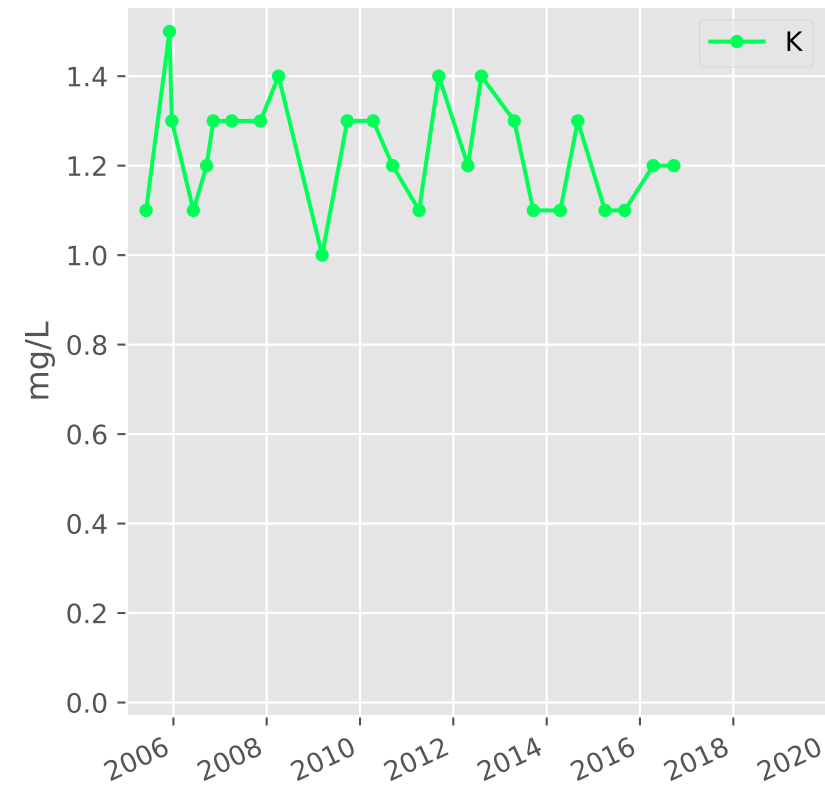
Bicarbonates



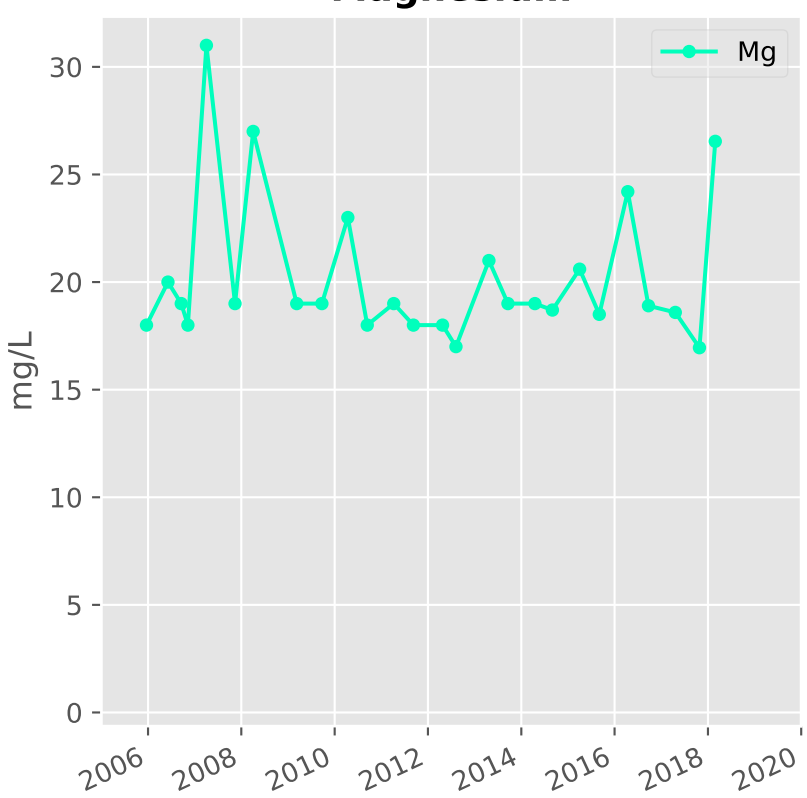
Calcium



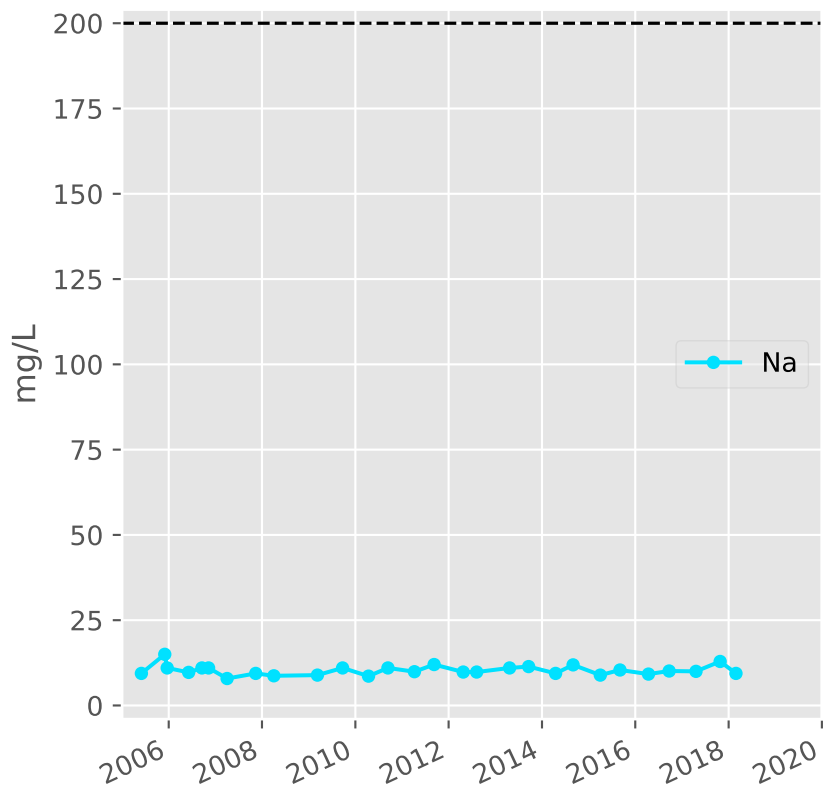
Potassium



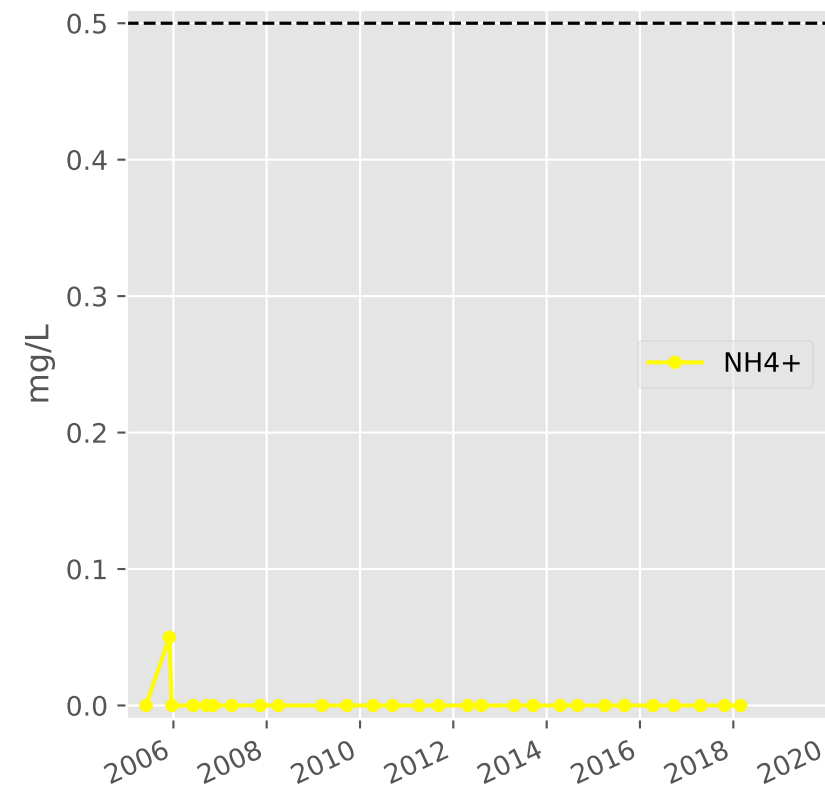
Magnésium



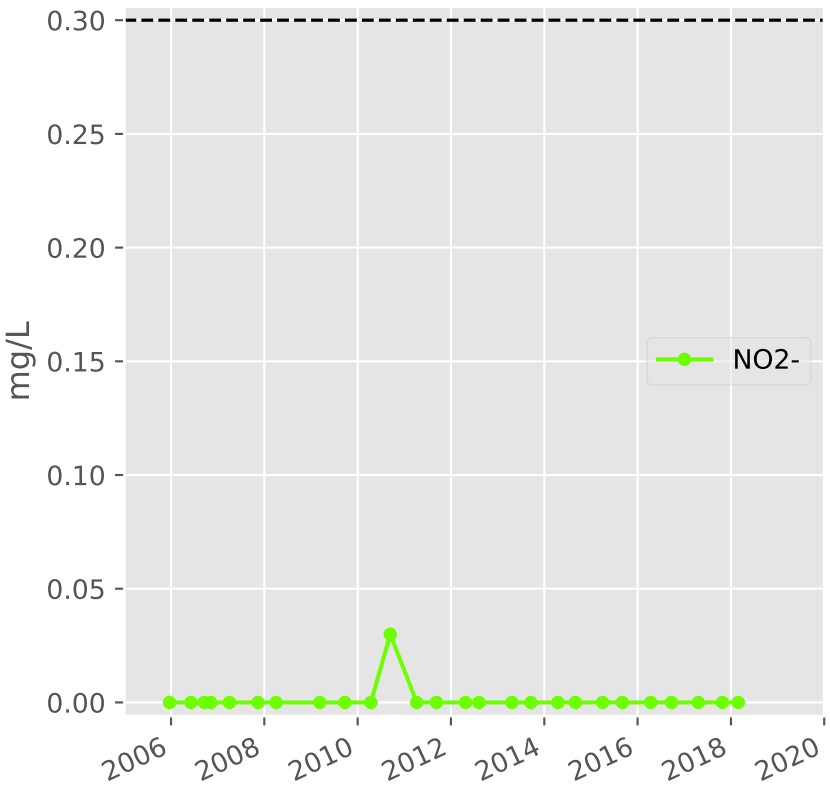
Sodium



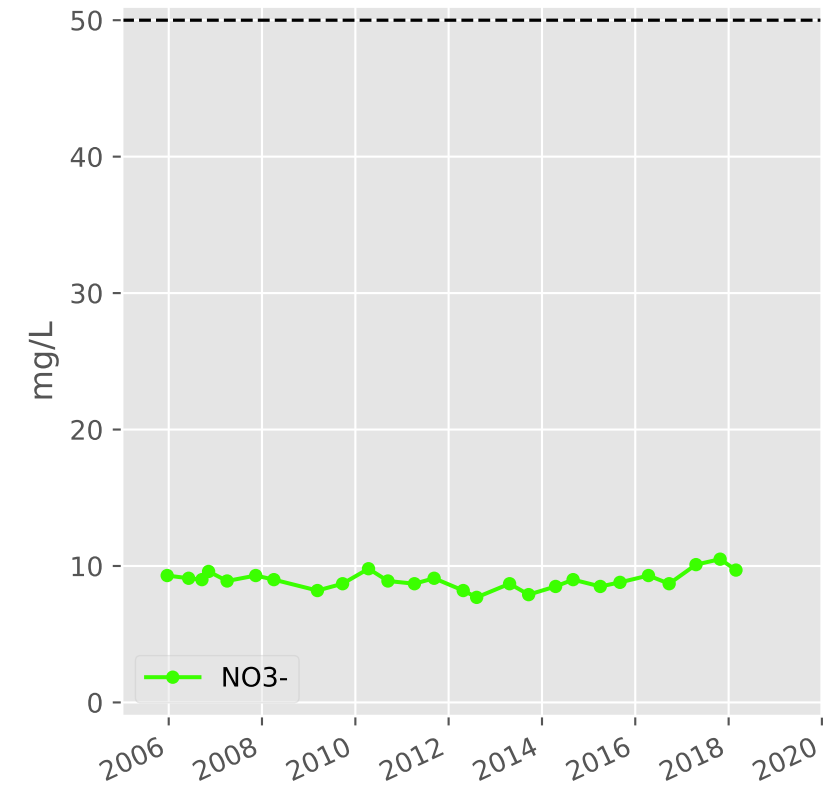
Ammonium



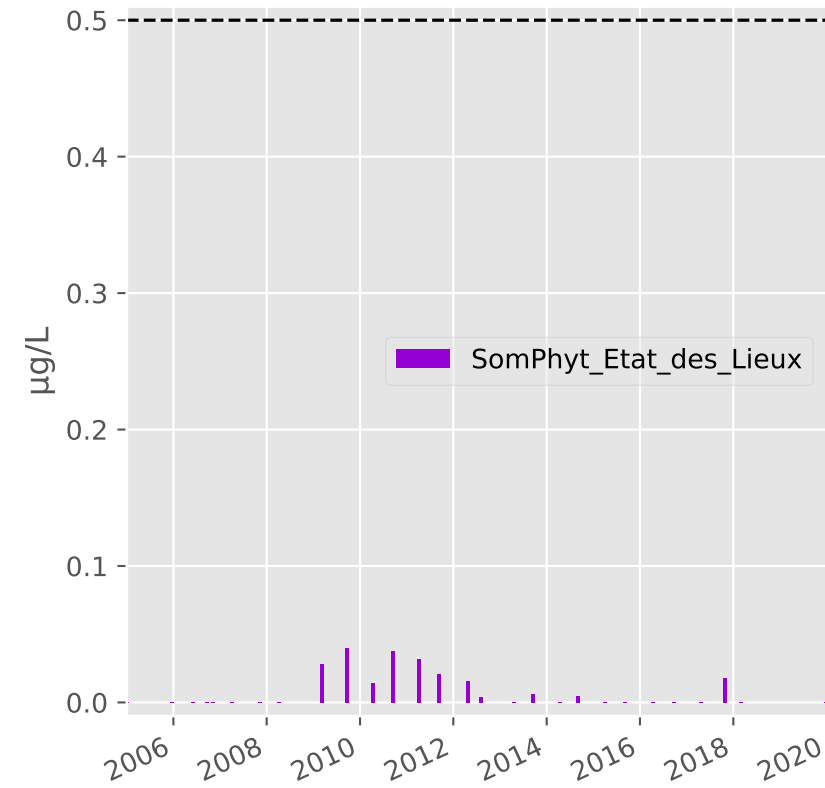
Nitrites



Nitrates

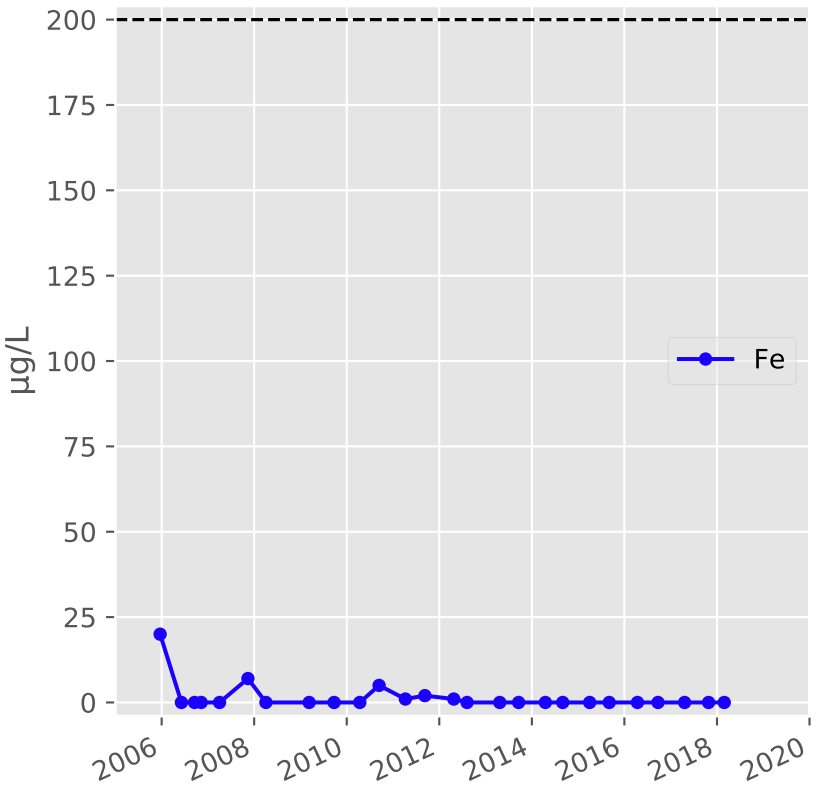


Somme des phytosanitaires

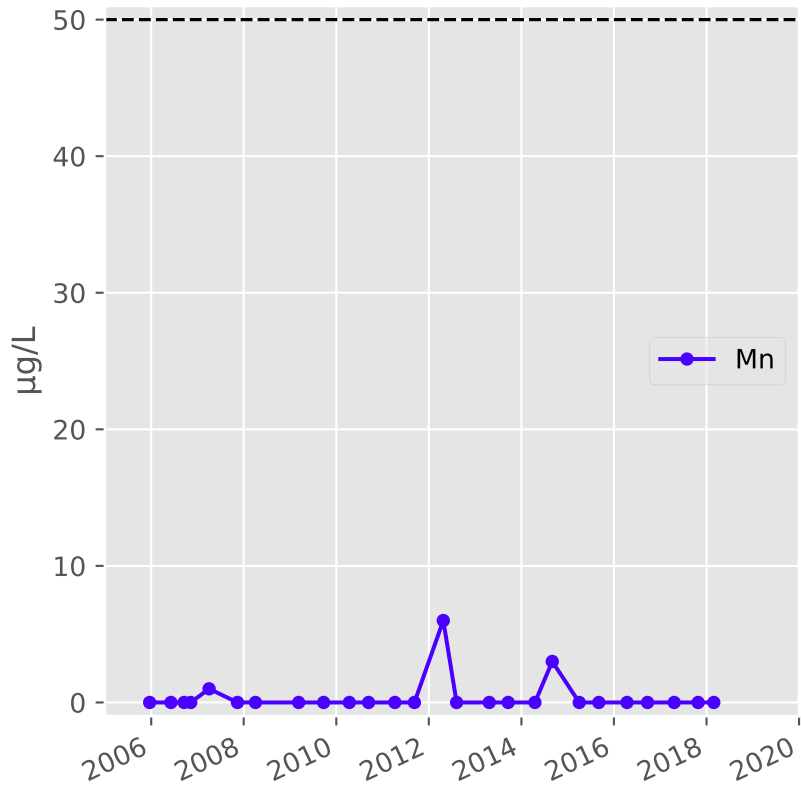


Bassin MOULAINE - Réservoir minier - Mo1 - Gal. de Moulaine - 00905X0061

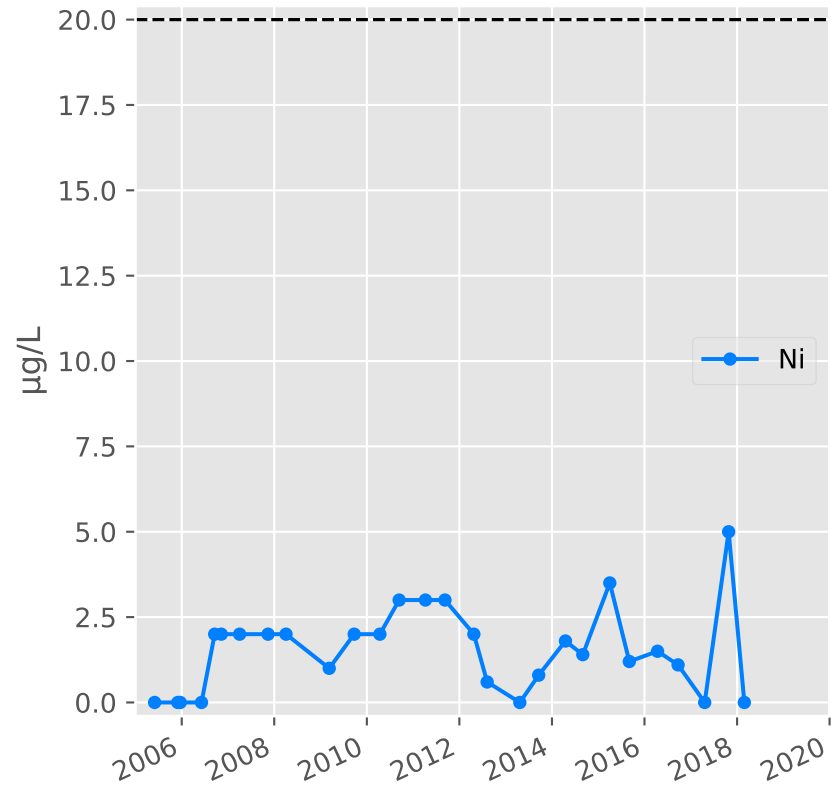
Fer



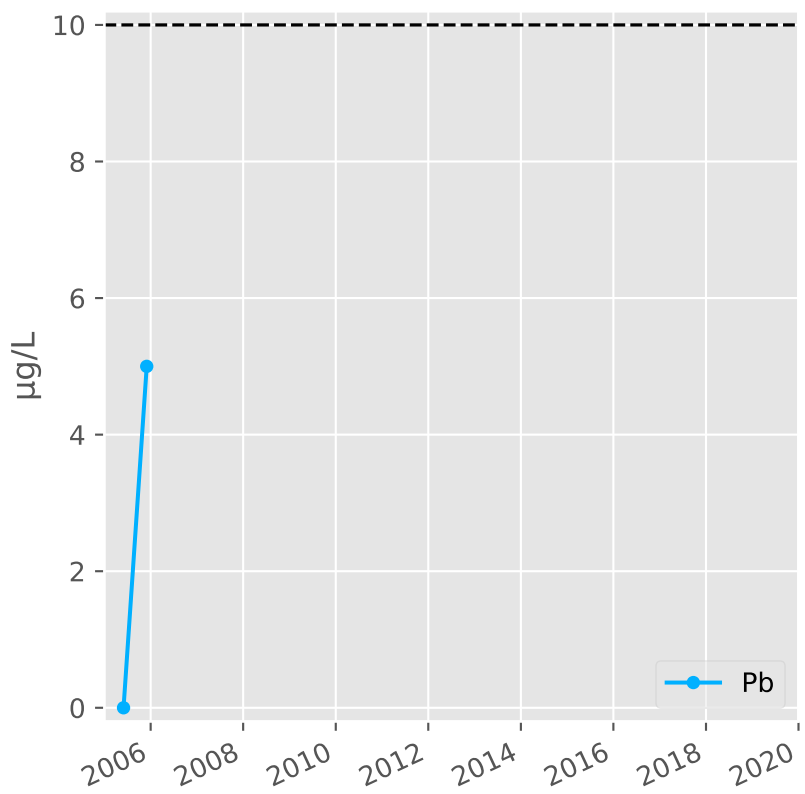
Manganèse



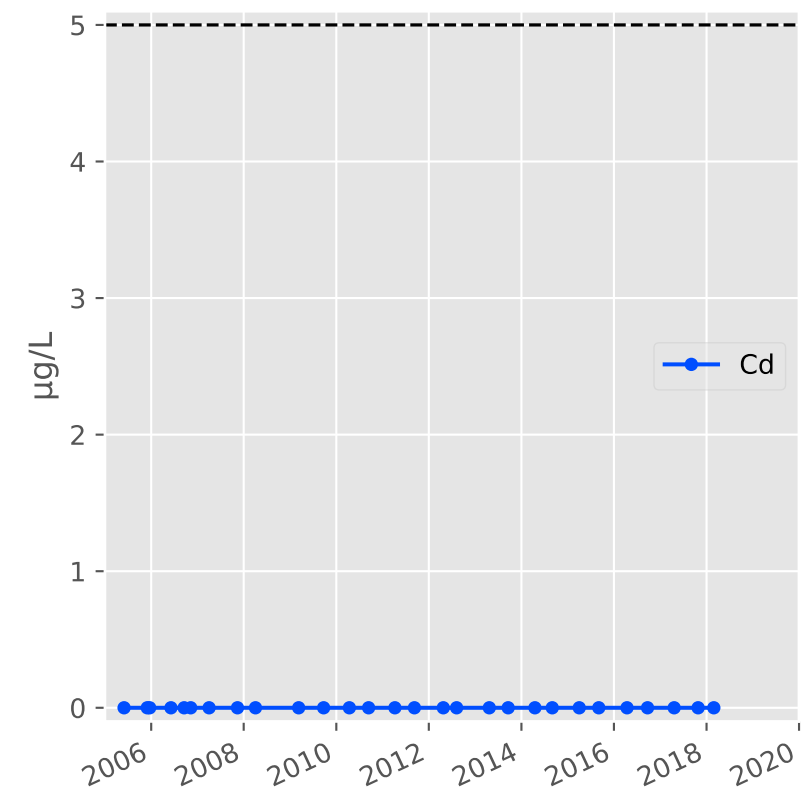
Nickel



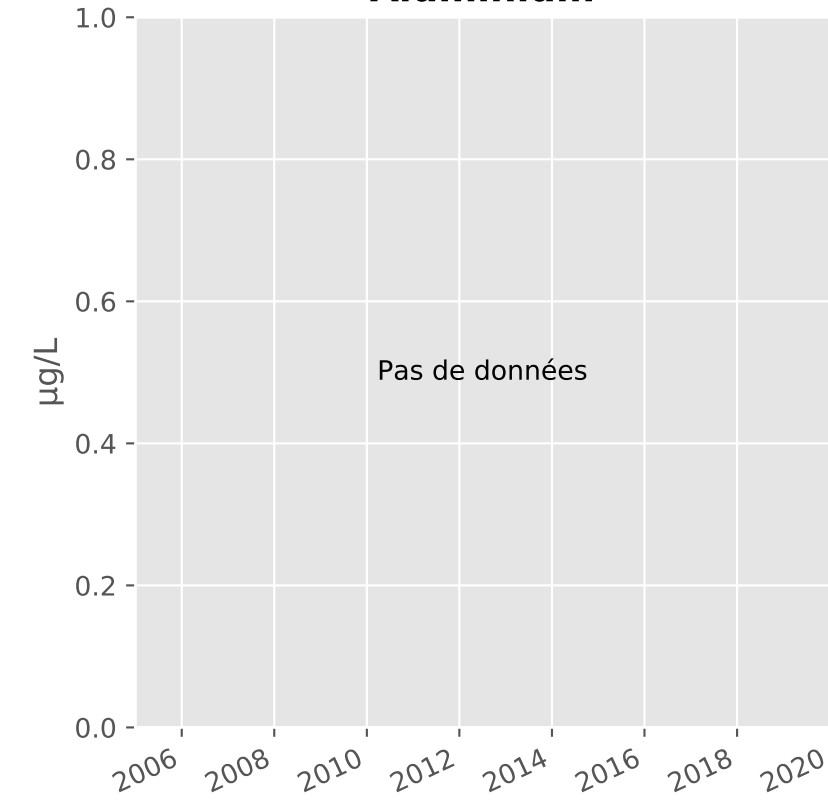
Plomb



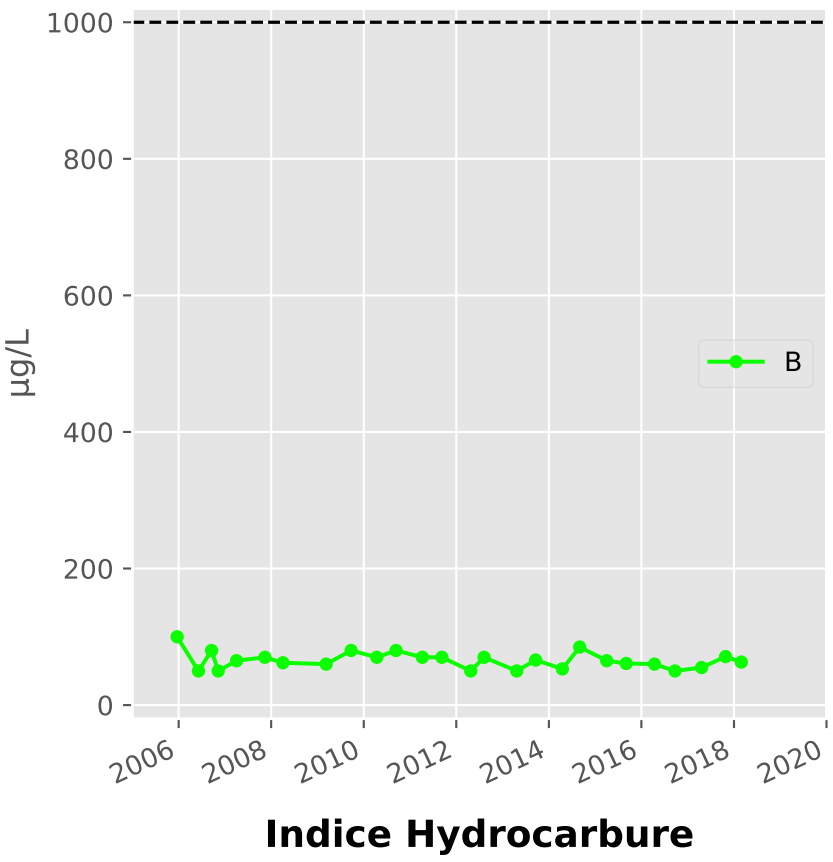
Cadmium



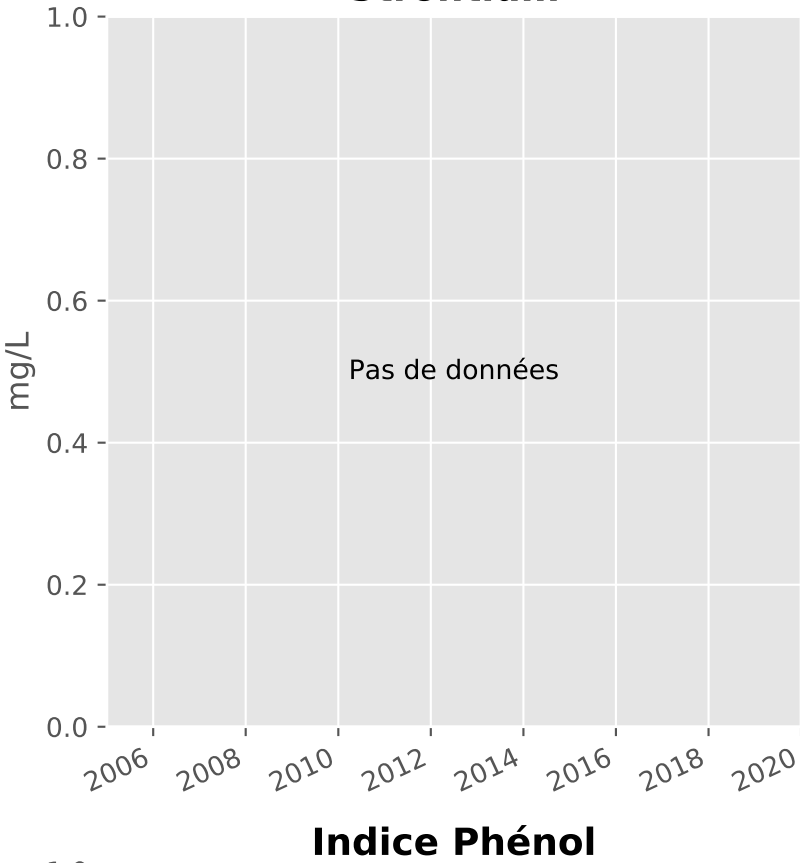
Aluminium



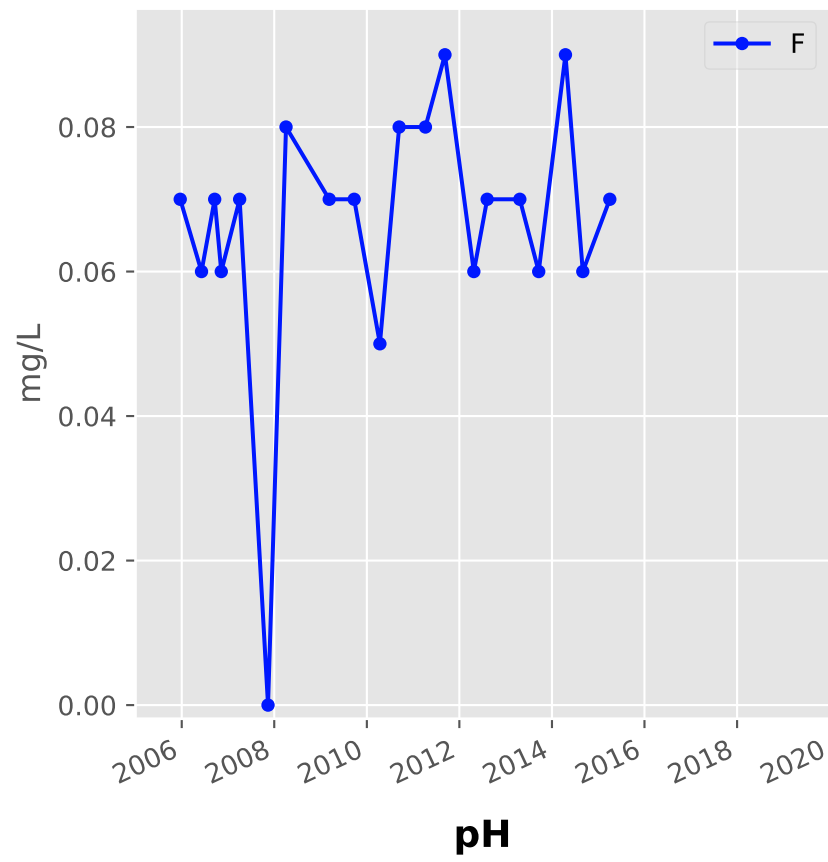
Bore



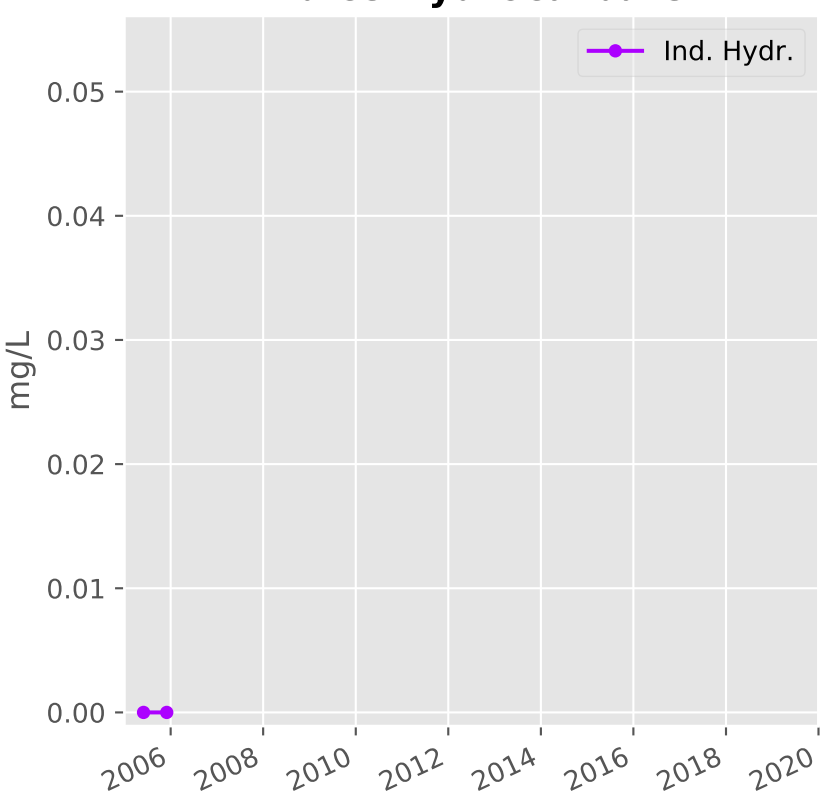
Strontium



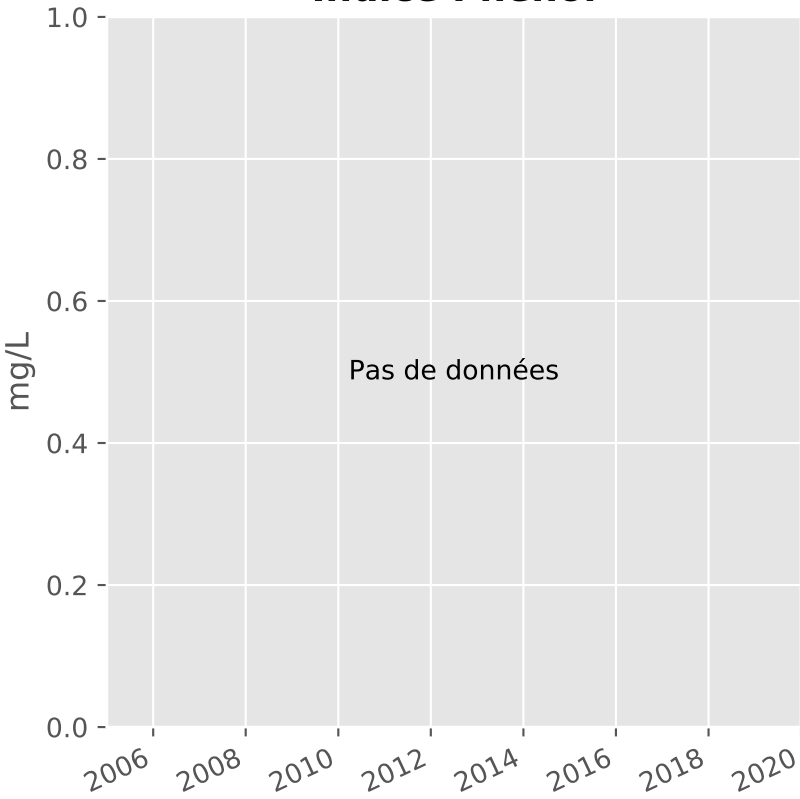
Fluor



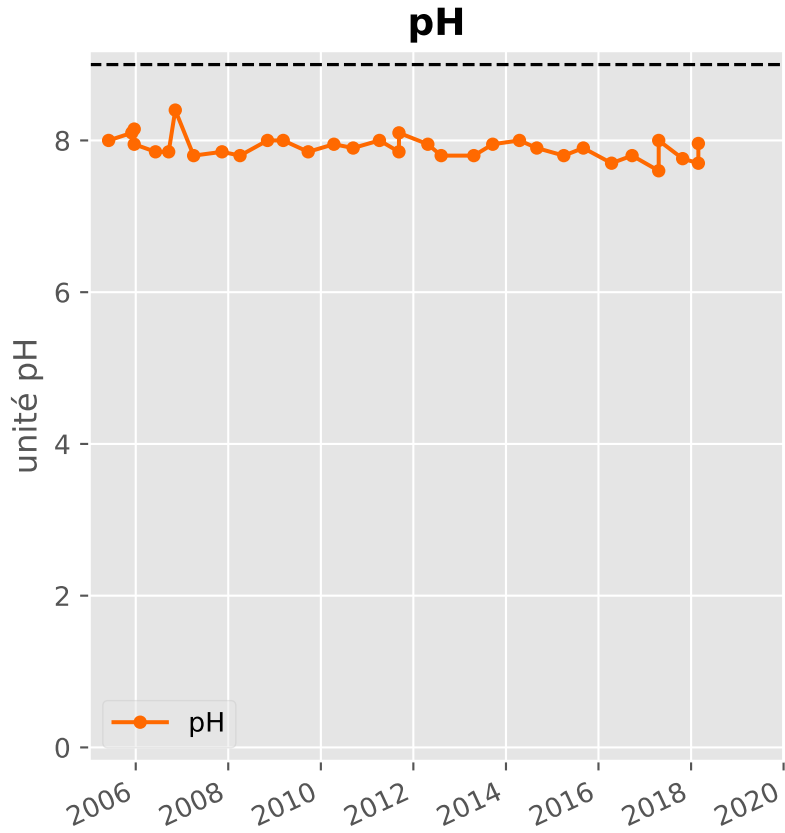
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

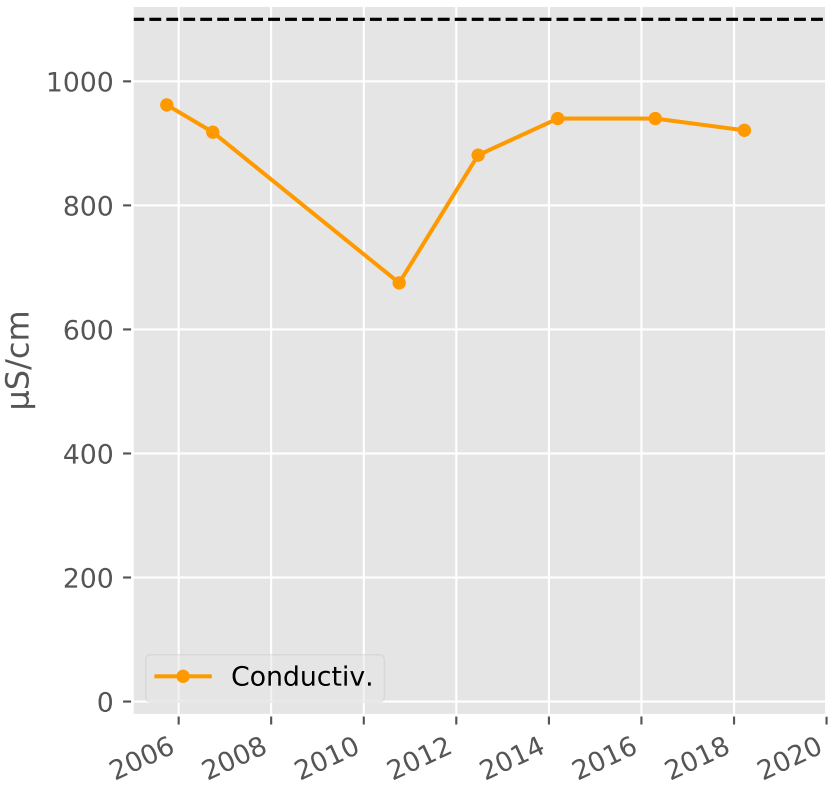


pH

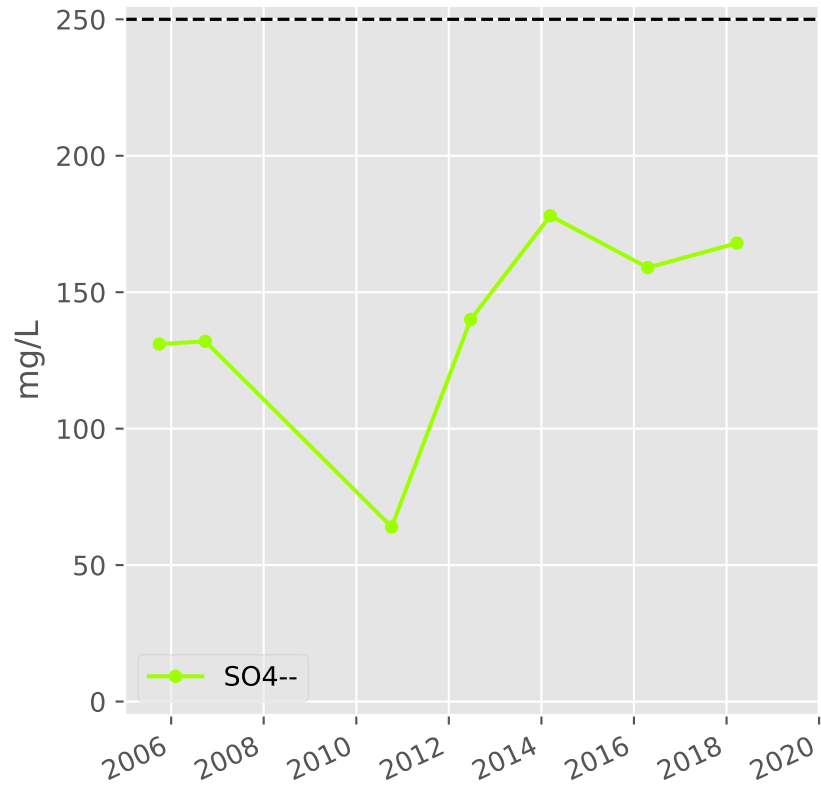


Bassin GODBRANGE - Réservoir minier - G02 - Puits Hussigny-Godbrange - 01132X0172

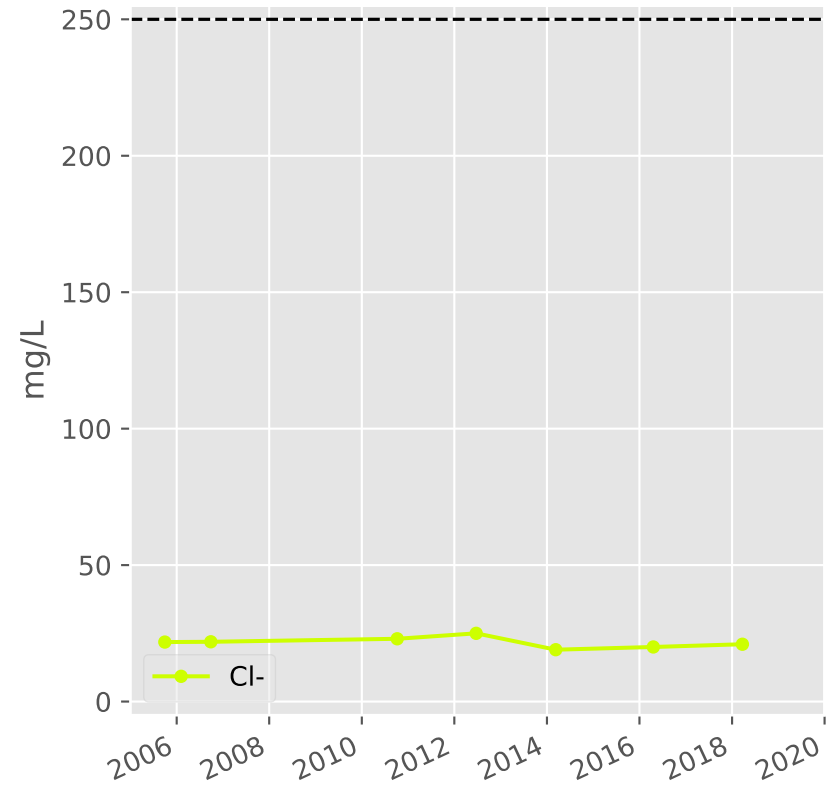
Conductivité



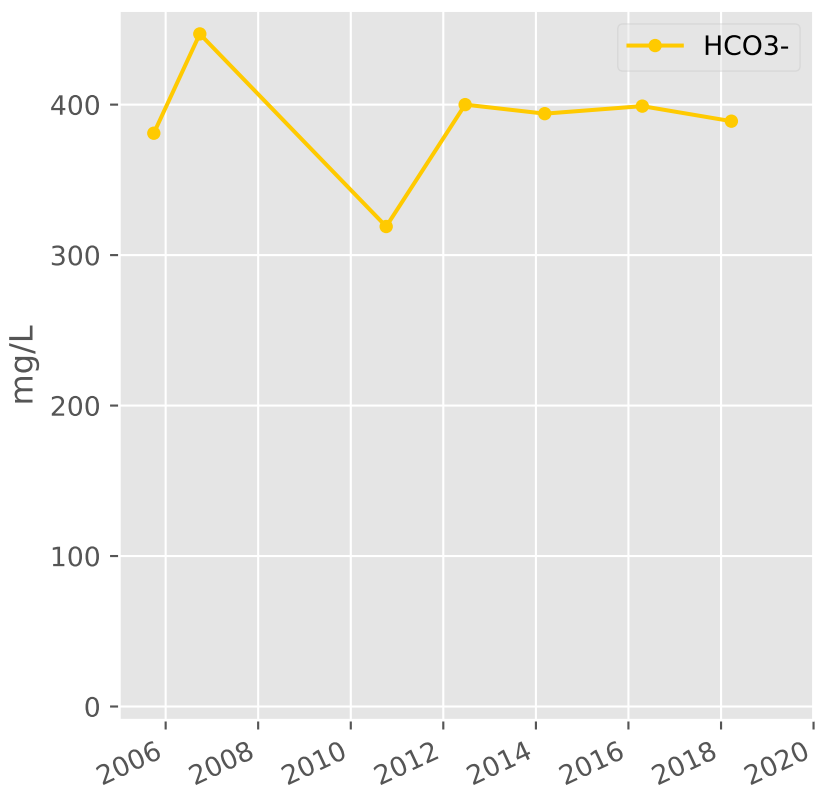
Sulfates



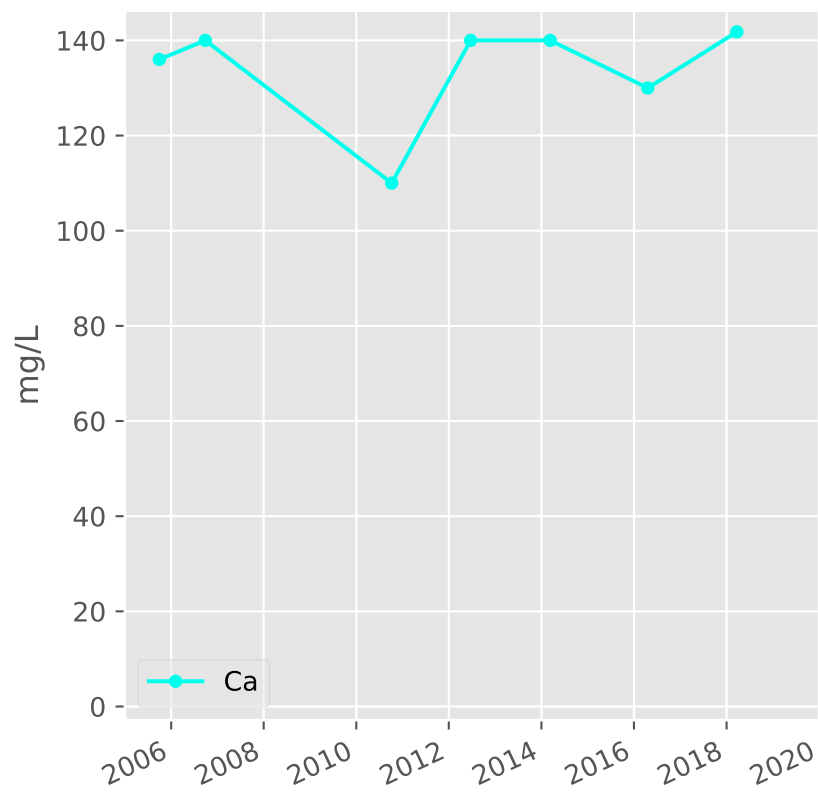
Chlorures



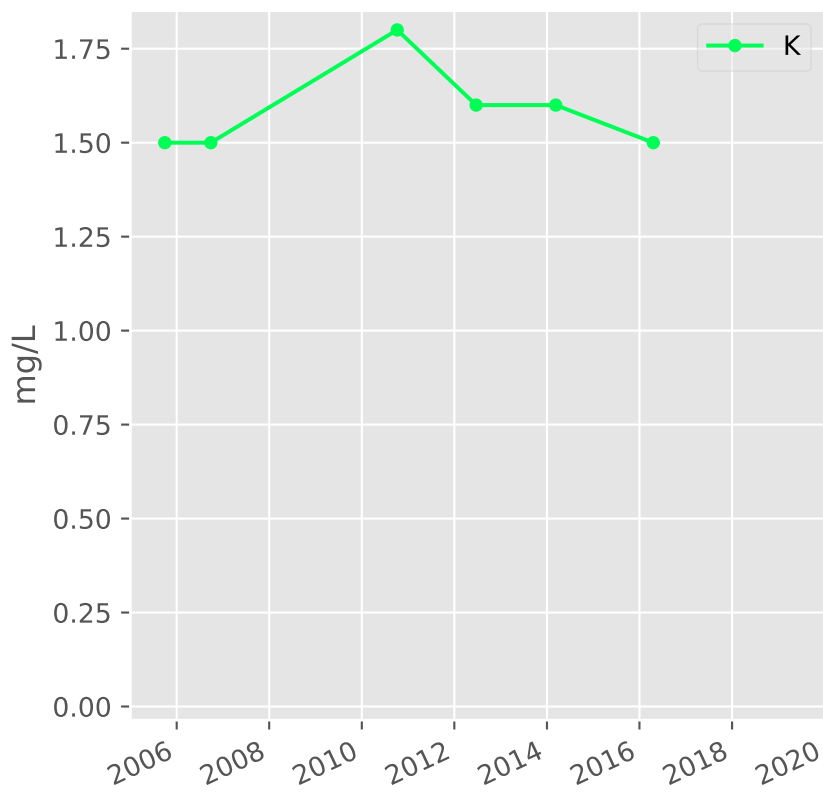
Bicarbonates



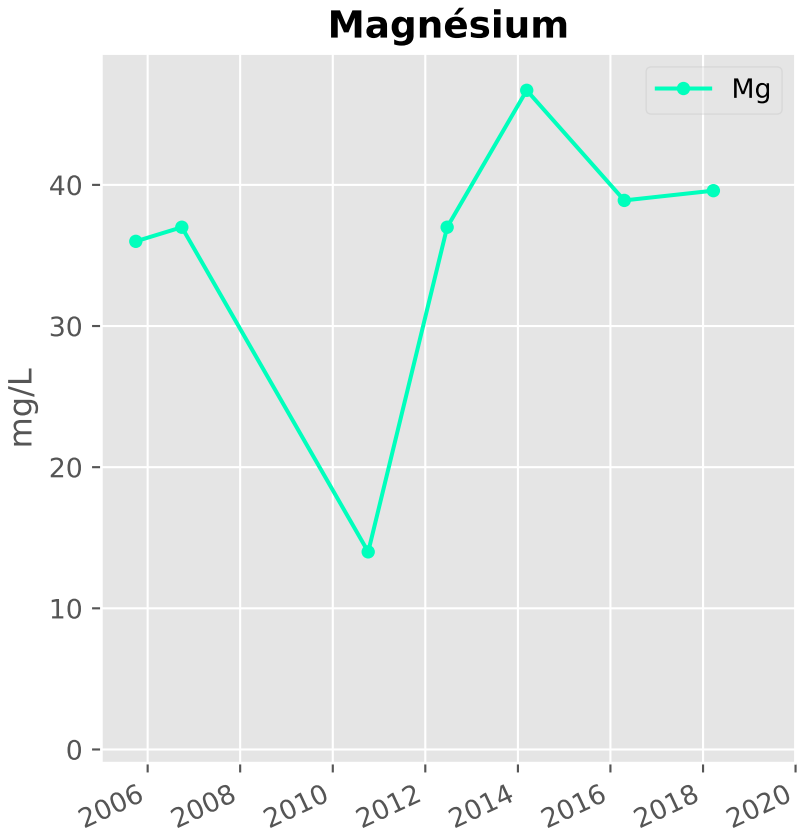
Calcium



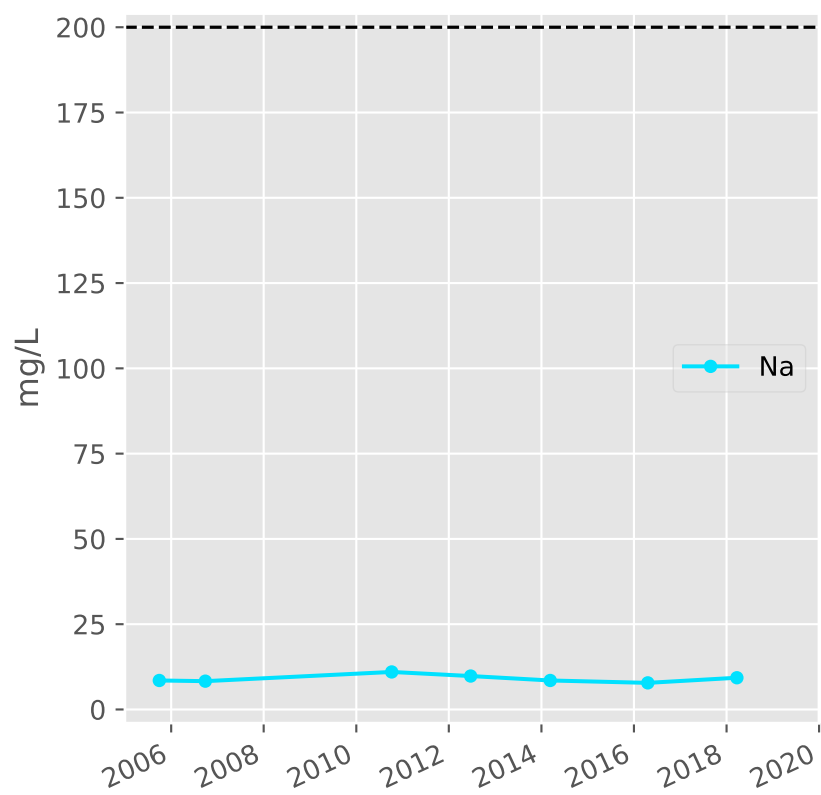
Potassium



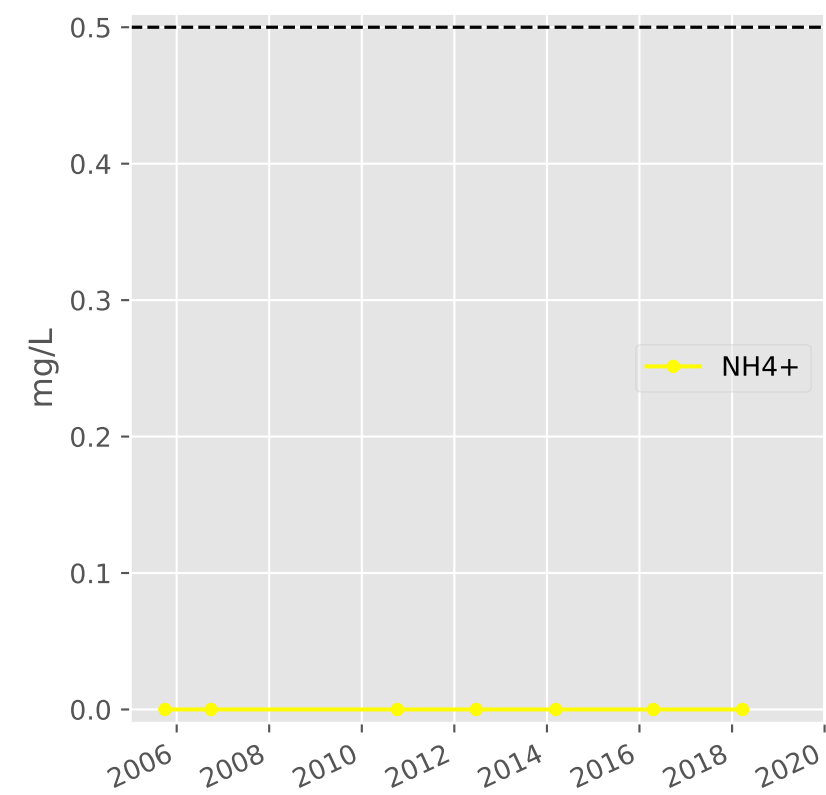
Magnésium



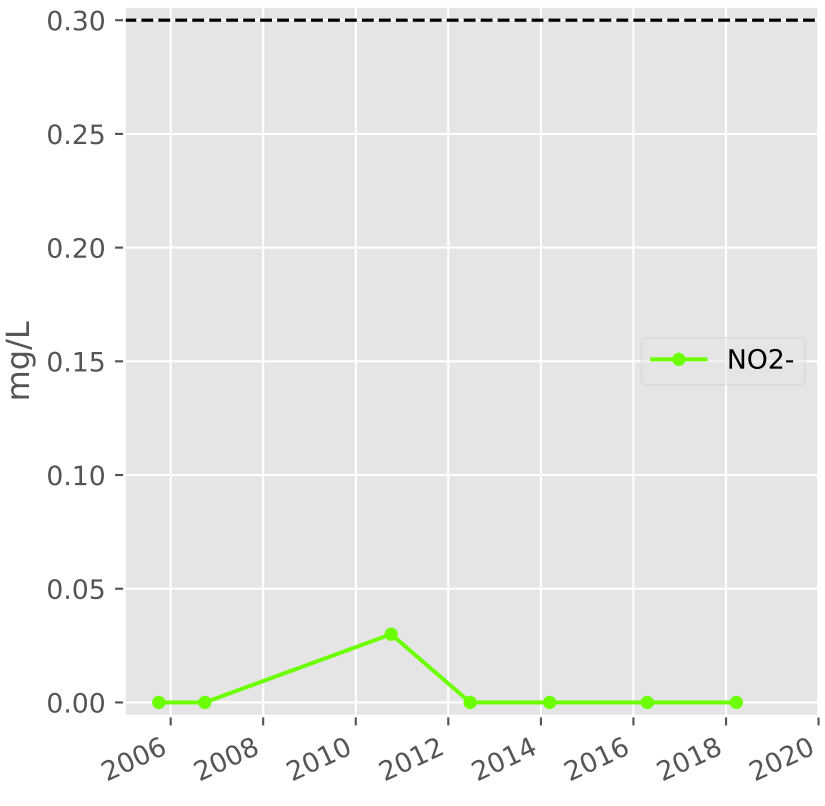
Sodium



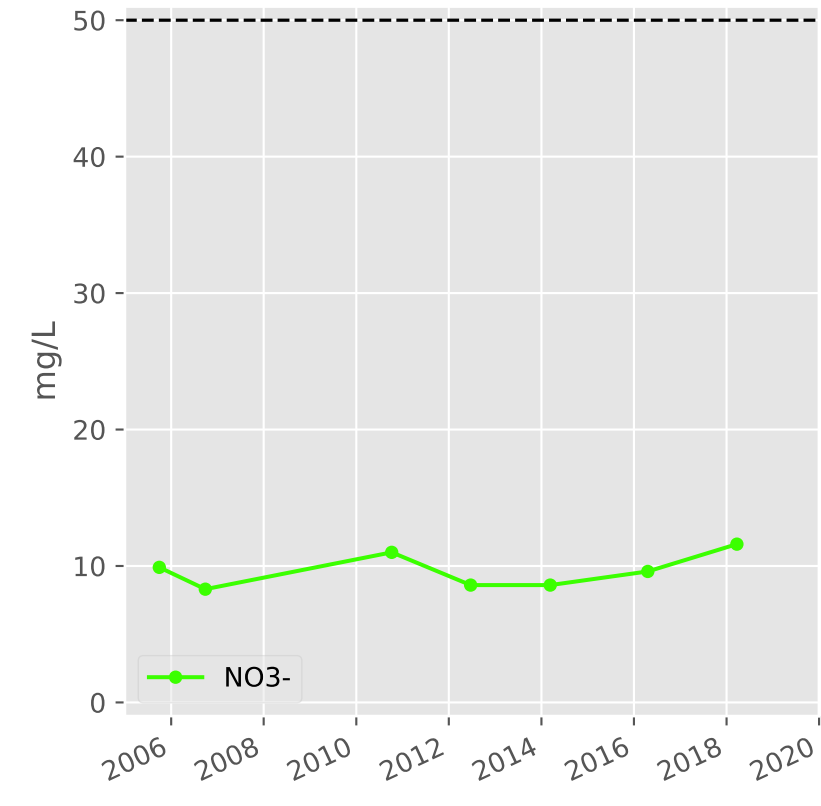
Ammonium



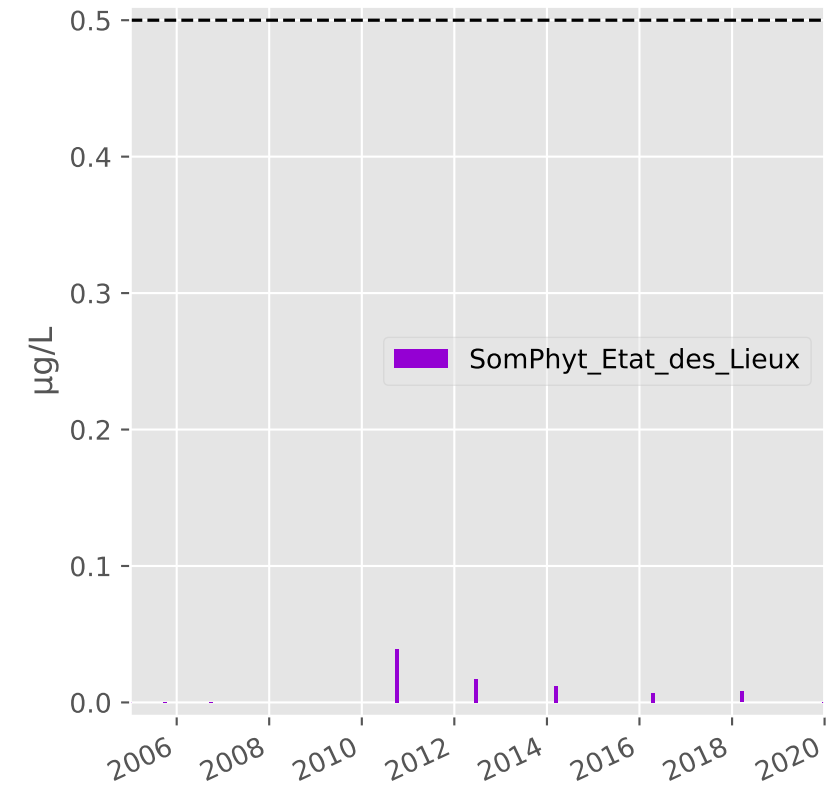
Nitrites



Nitrates

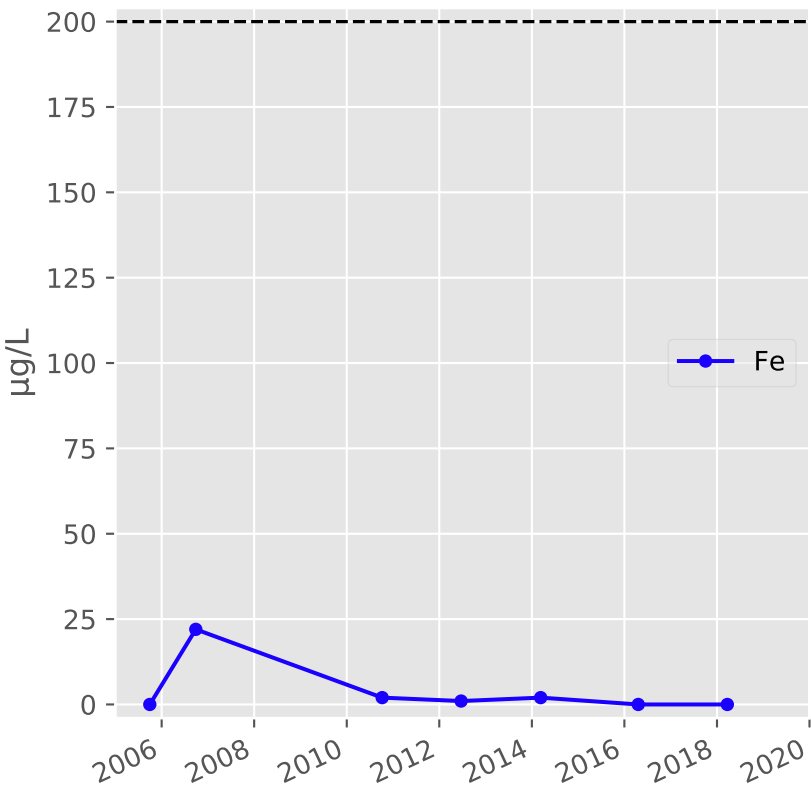


Somme des phytosanitaires

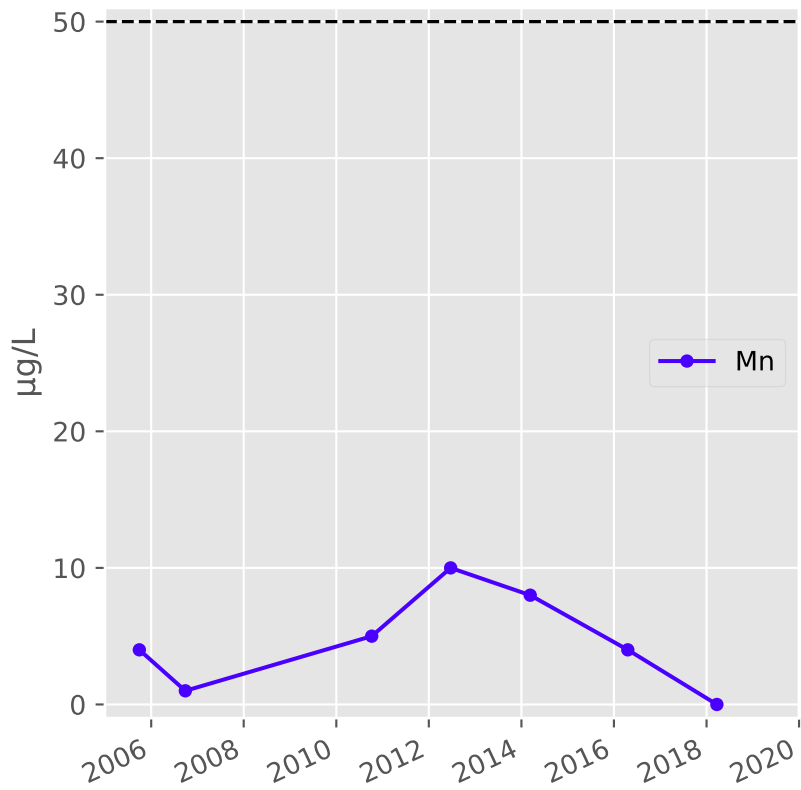


Bassin GODBRANGE - Réservoir minier - G02 - Puits Hussigny-Godbrange - 01132X0172

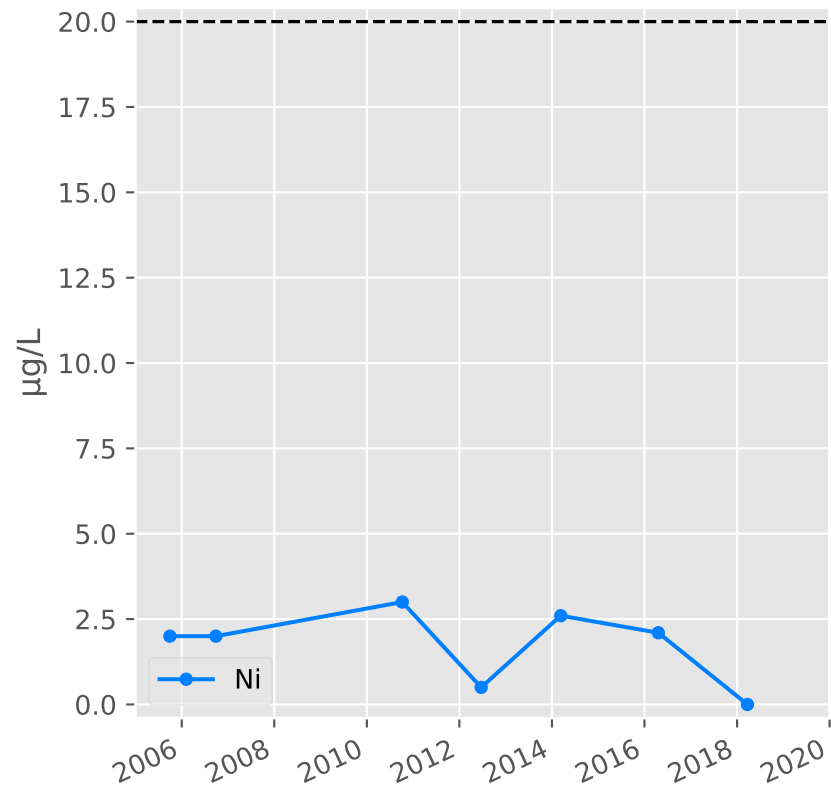
Fer



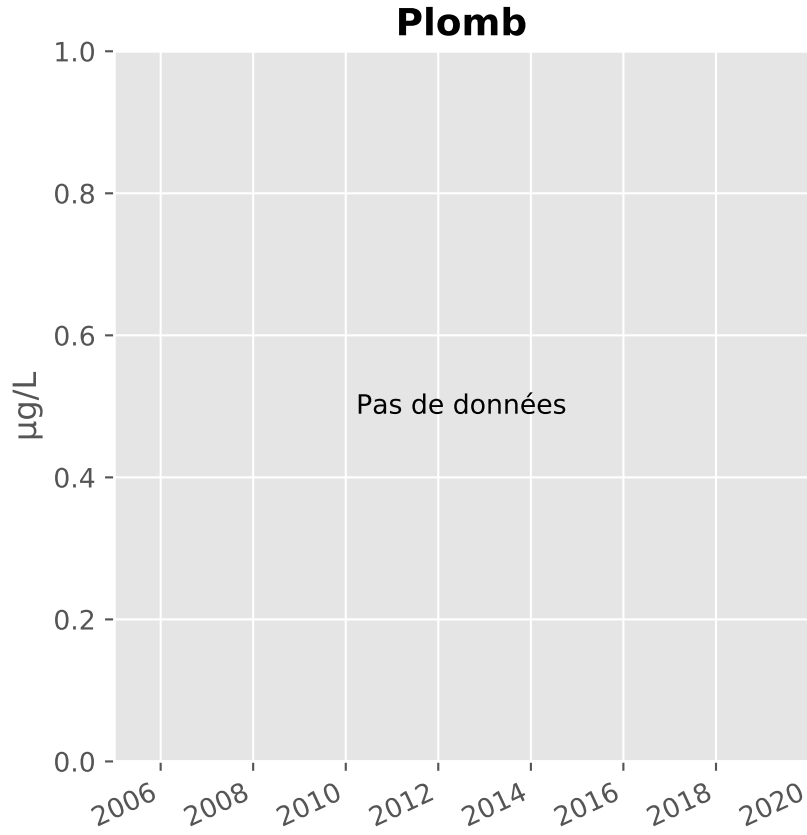
Manganèse



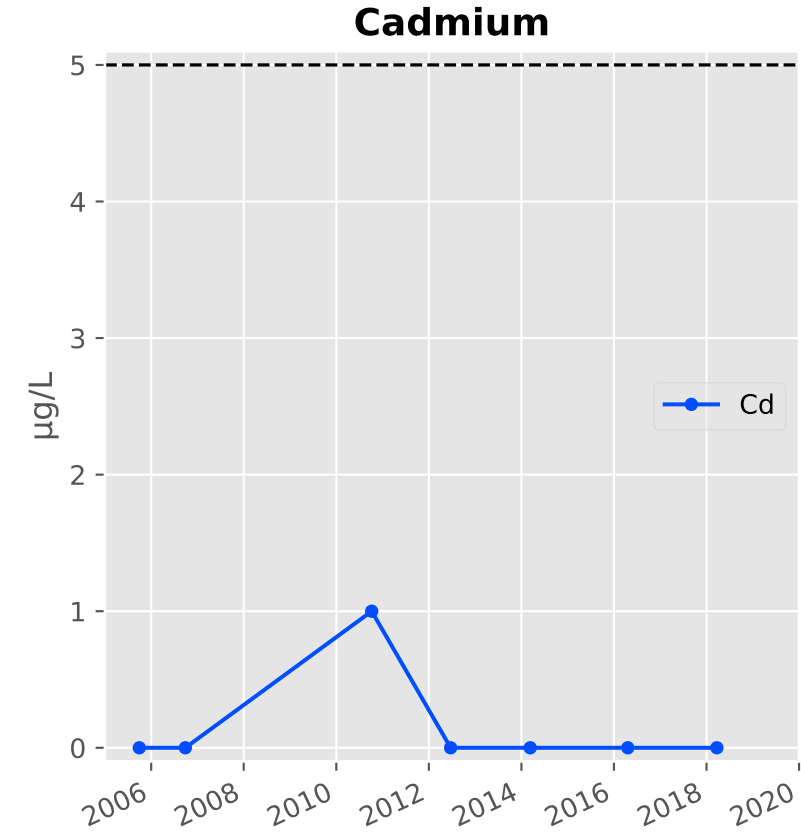
Nickel



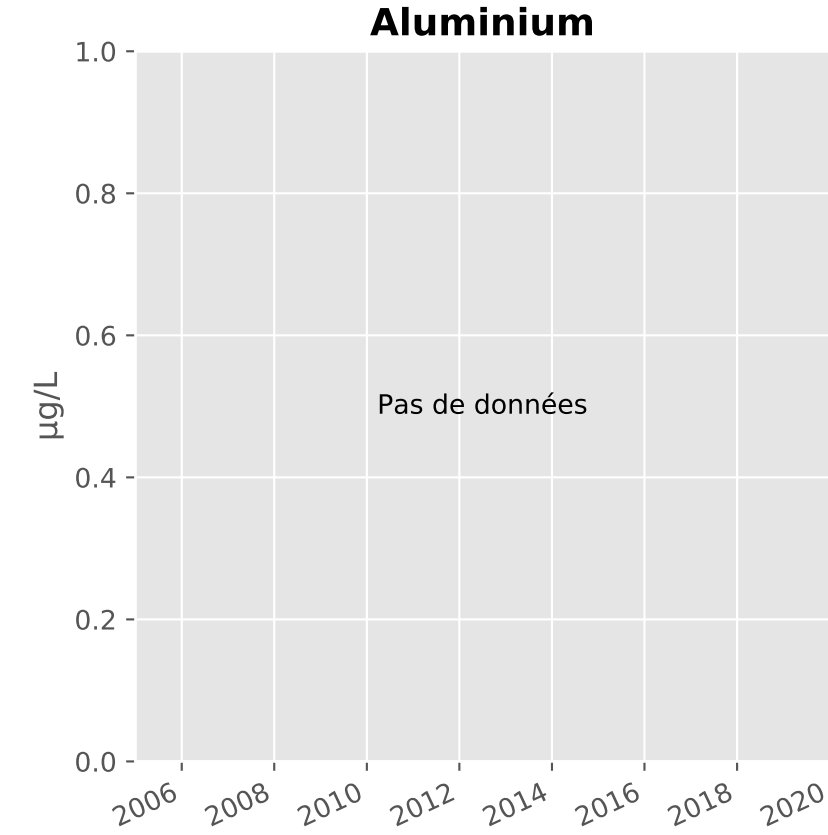
Plomb



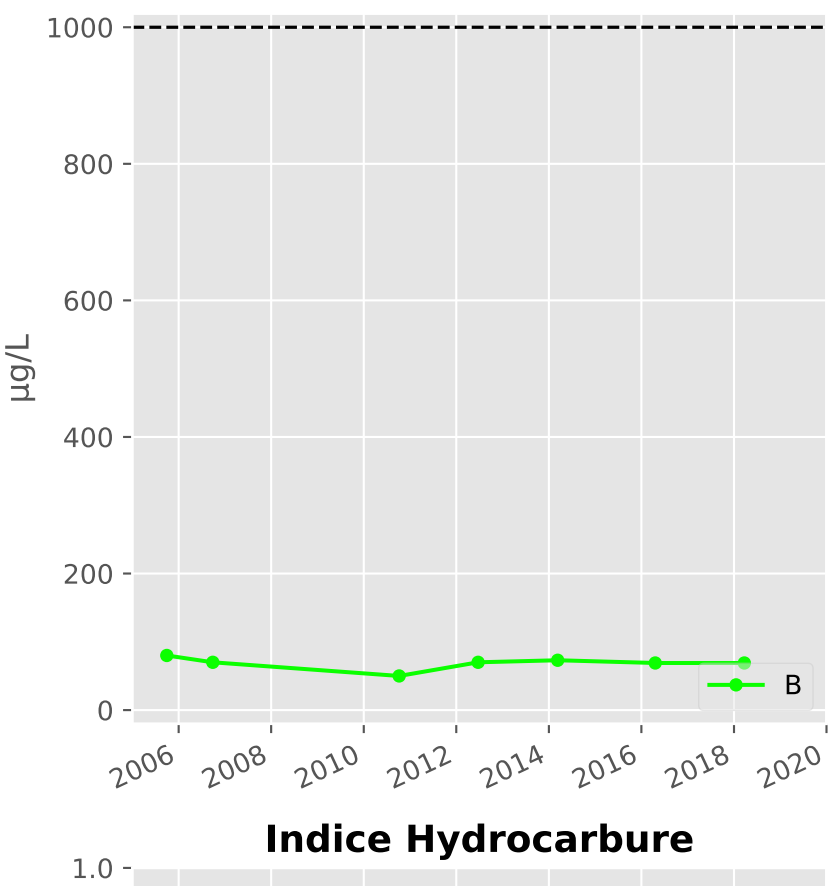
Cadmium



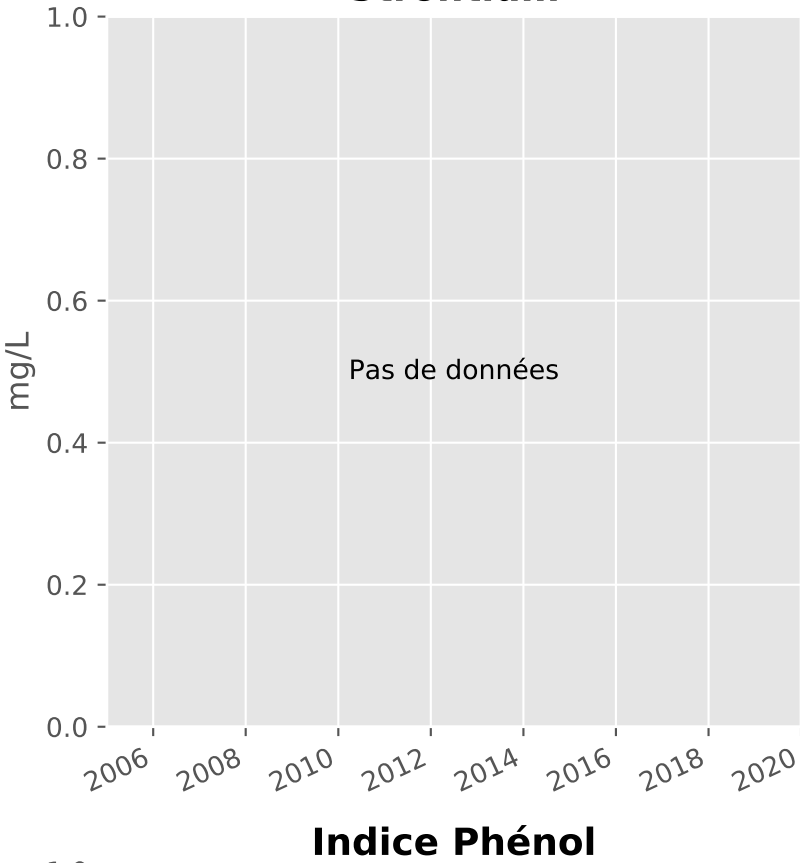
Aluminium



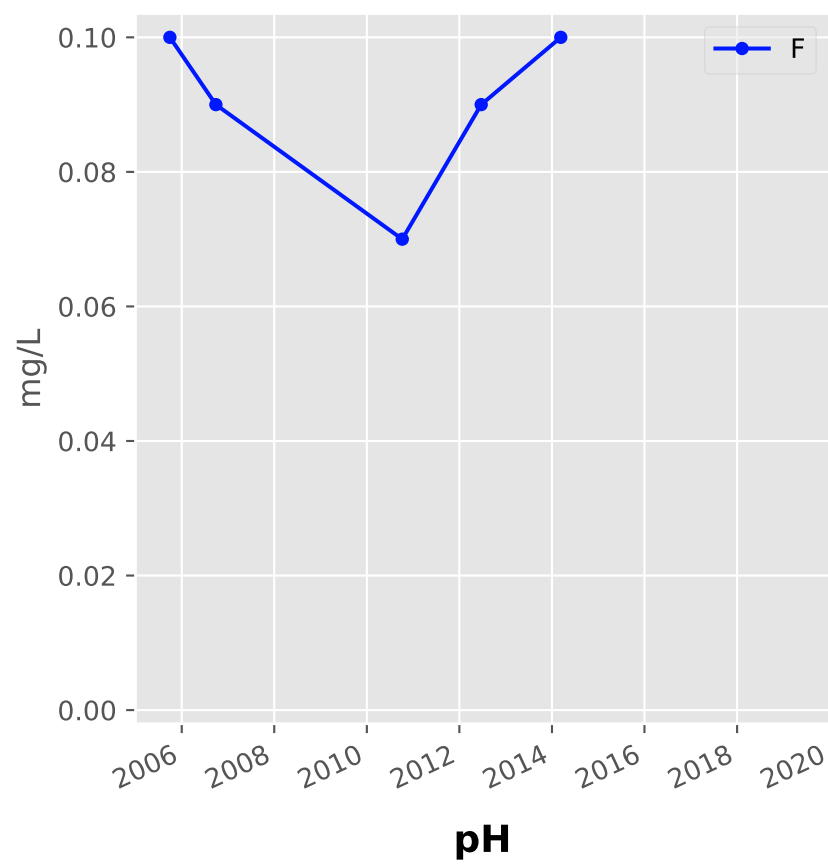
Bore



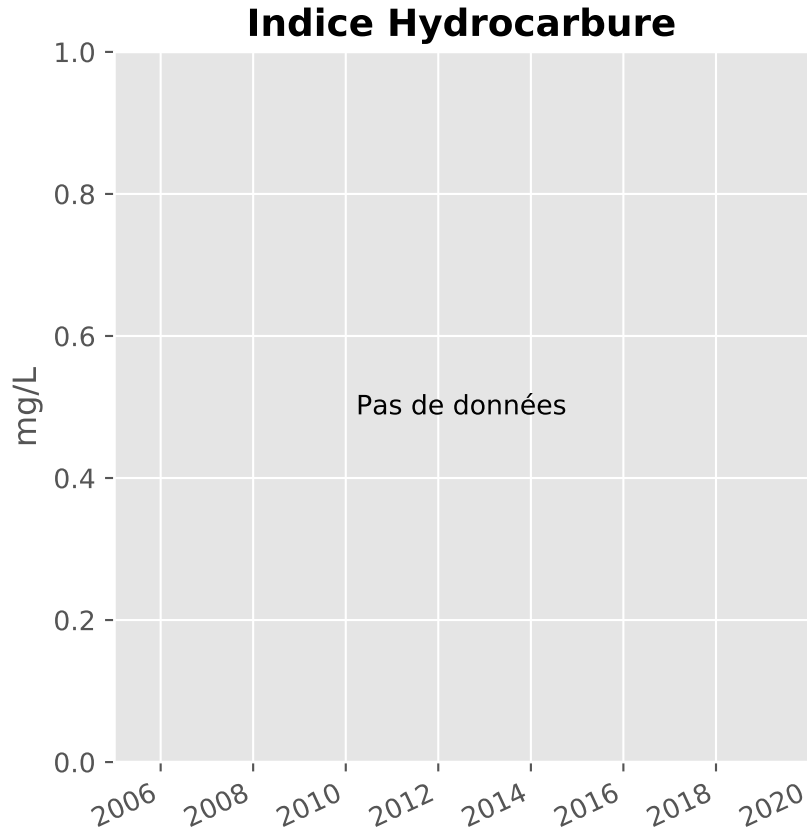
Strontium



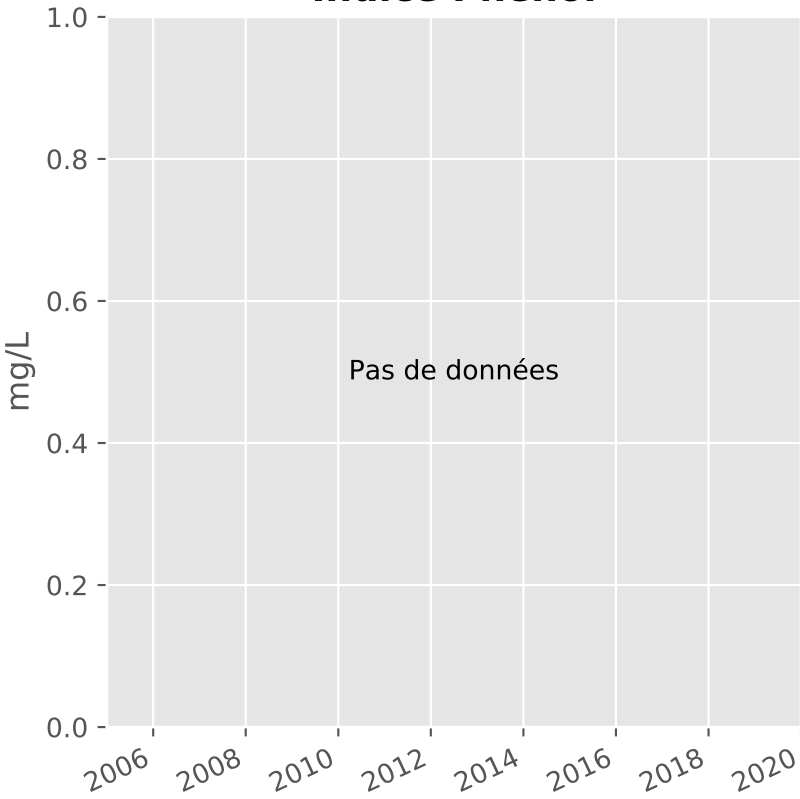
Fluor



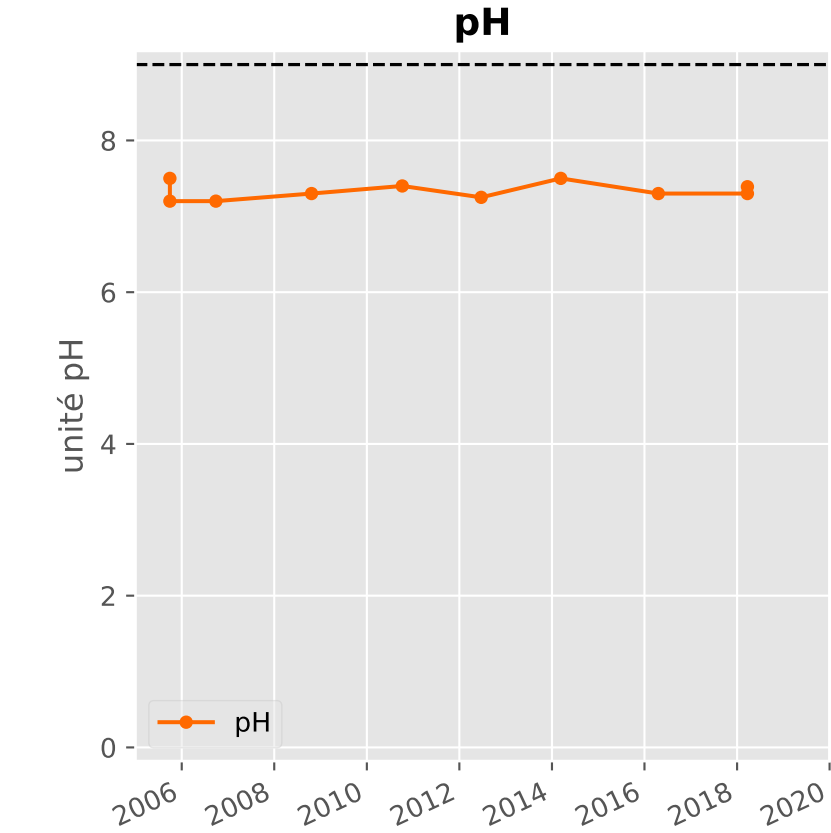
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

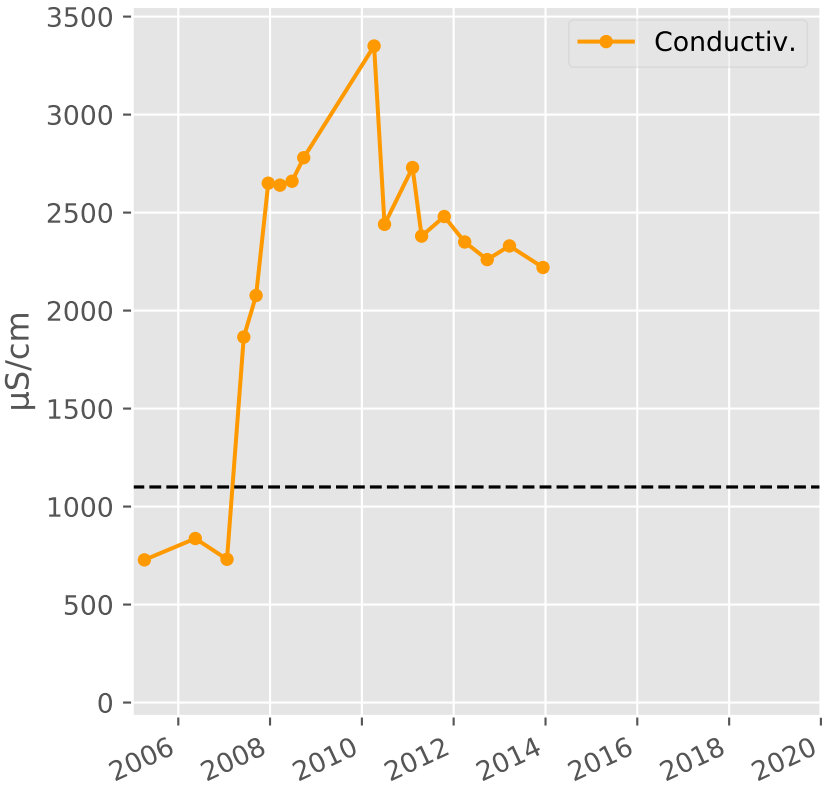


pH

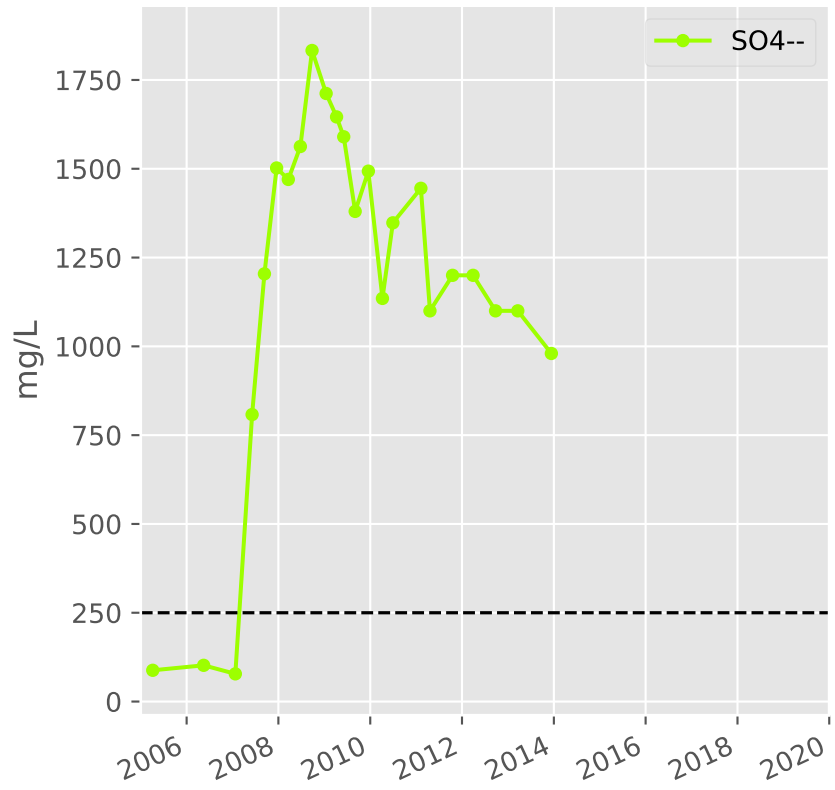


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N09 - Puits Bure Jaune Sauvage - 01133X0052

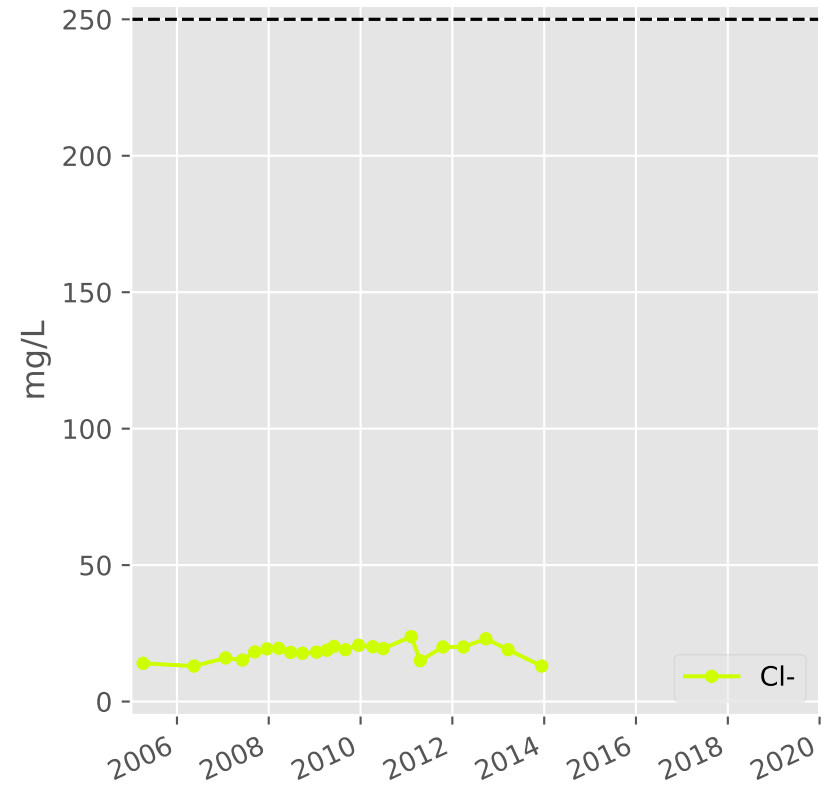
Conductivité



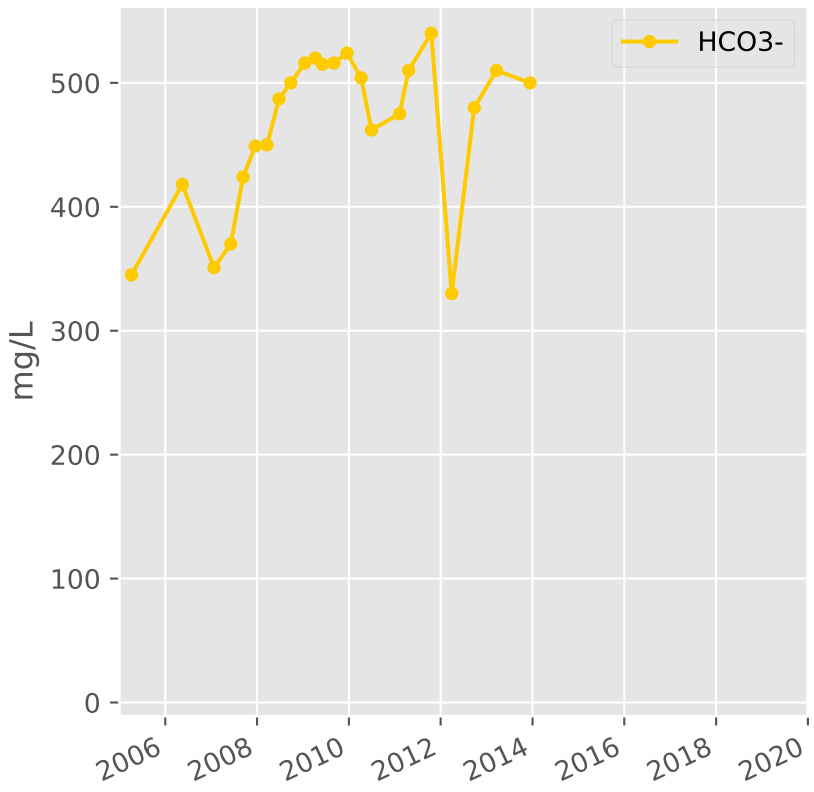
Sulfates



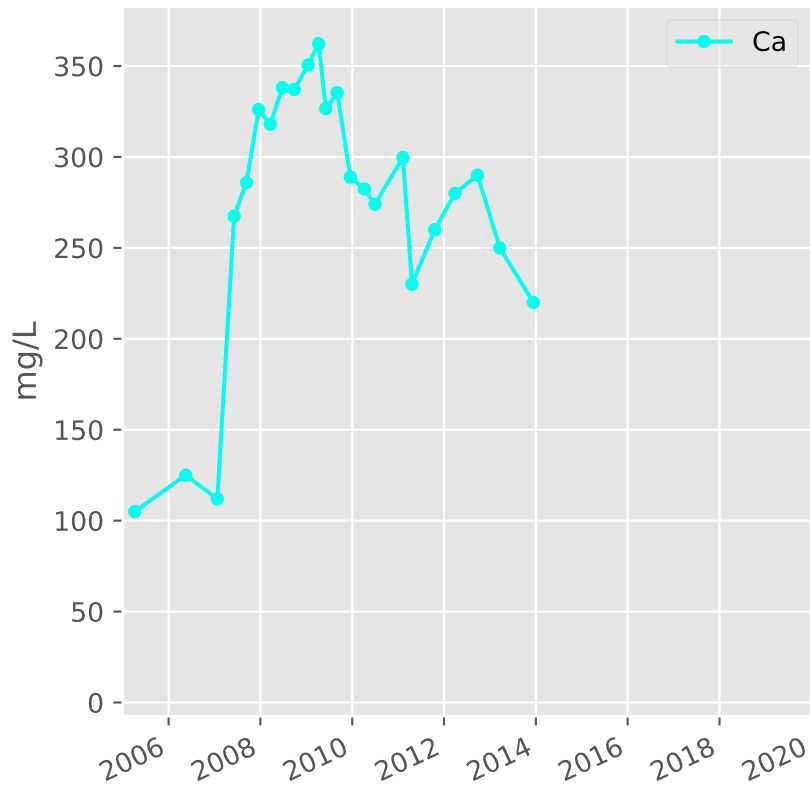
Chlorures



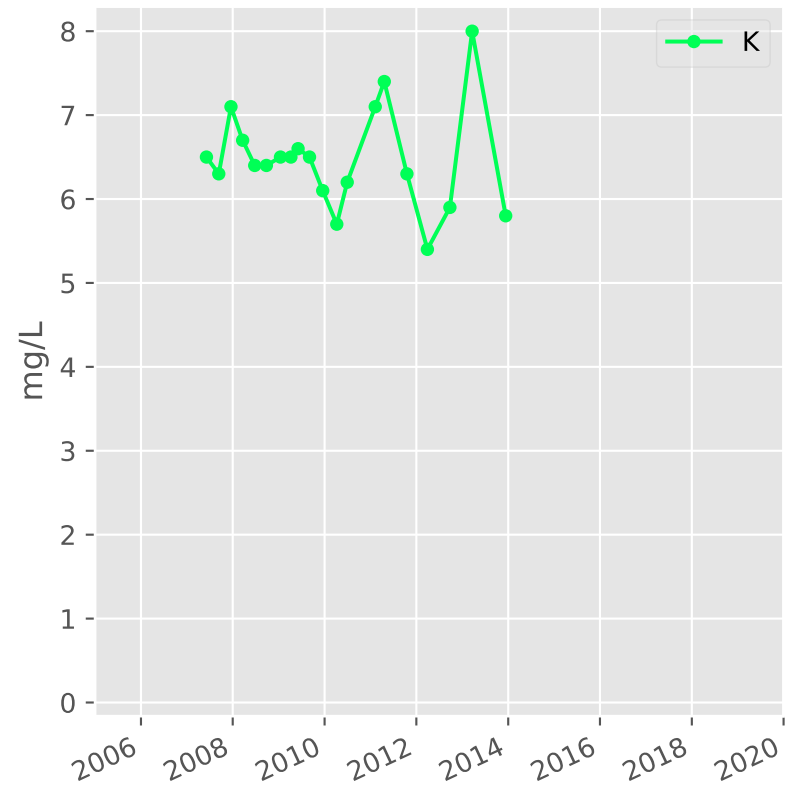
Bicarbonates



Calcium



Potassium

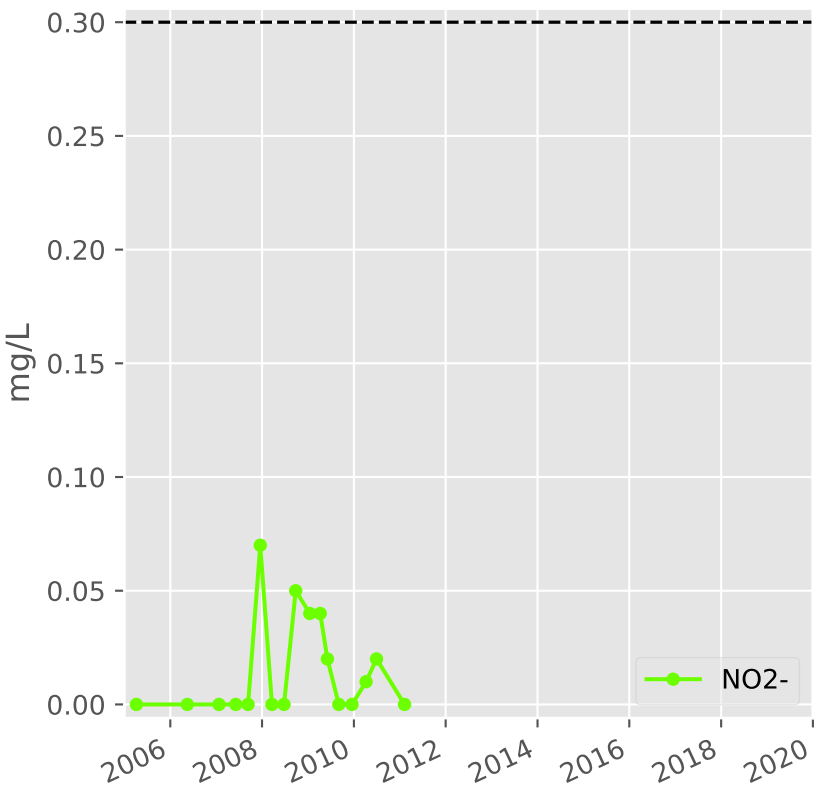


Magnésium

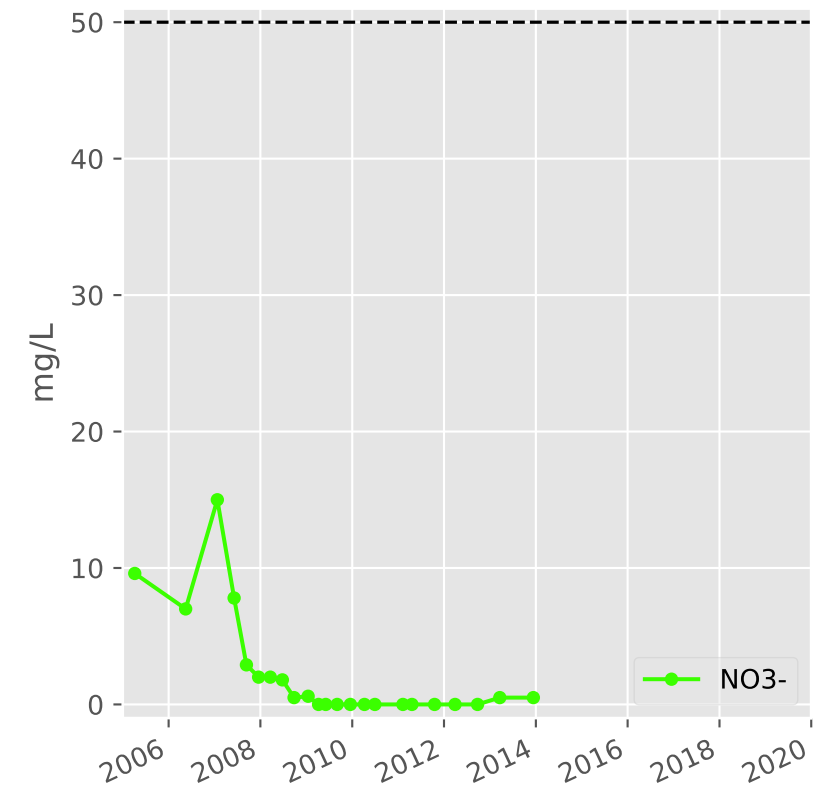
Sodium

Ammonium

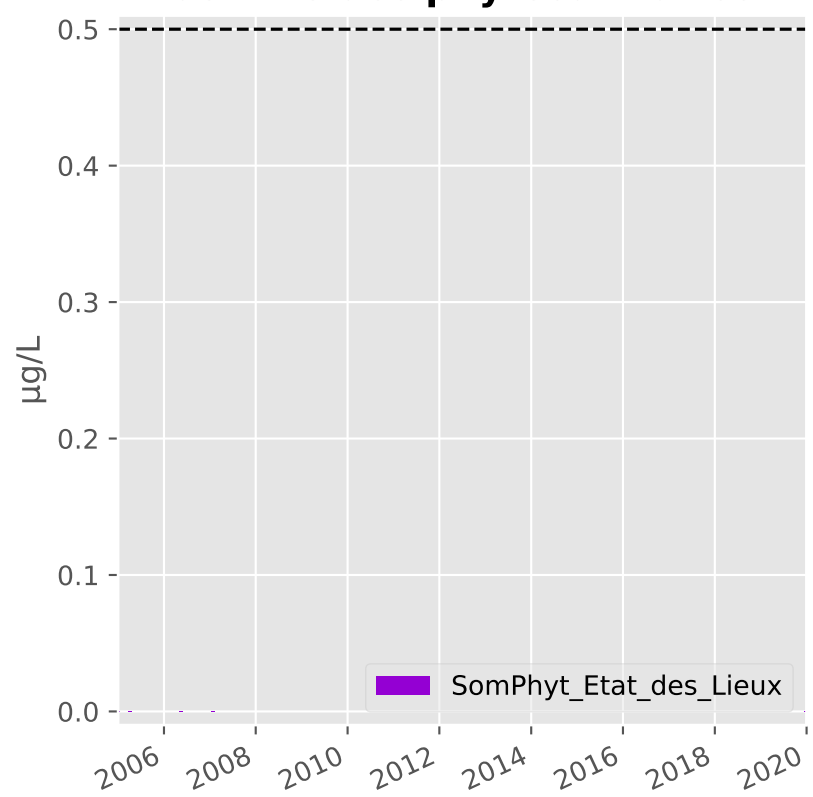
Nitrites



Nitrates

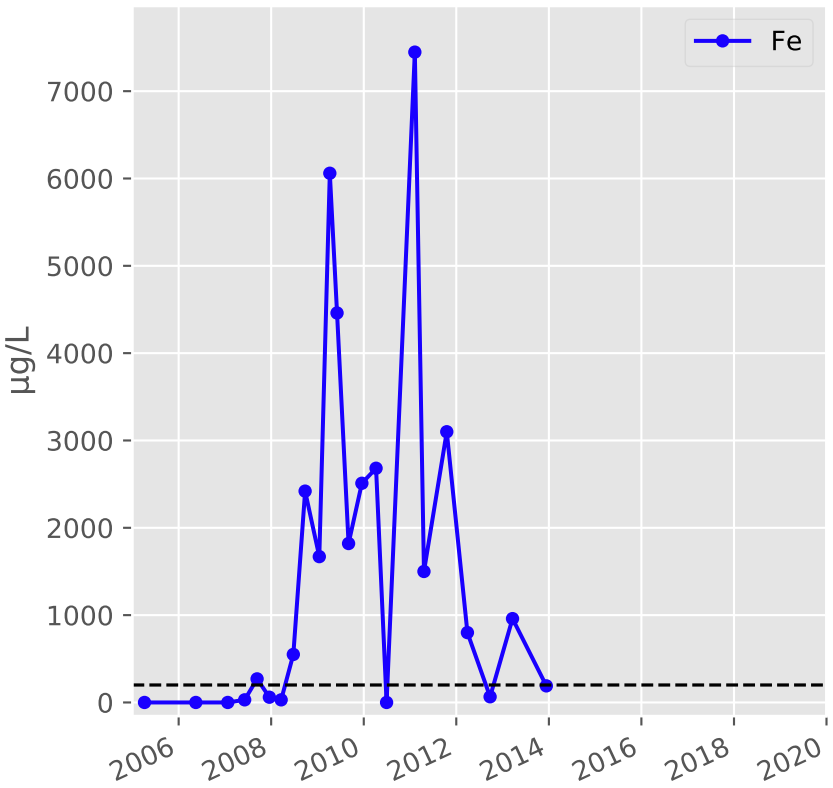


Somme des phytosanitaires

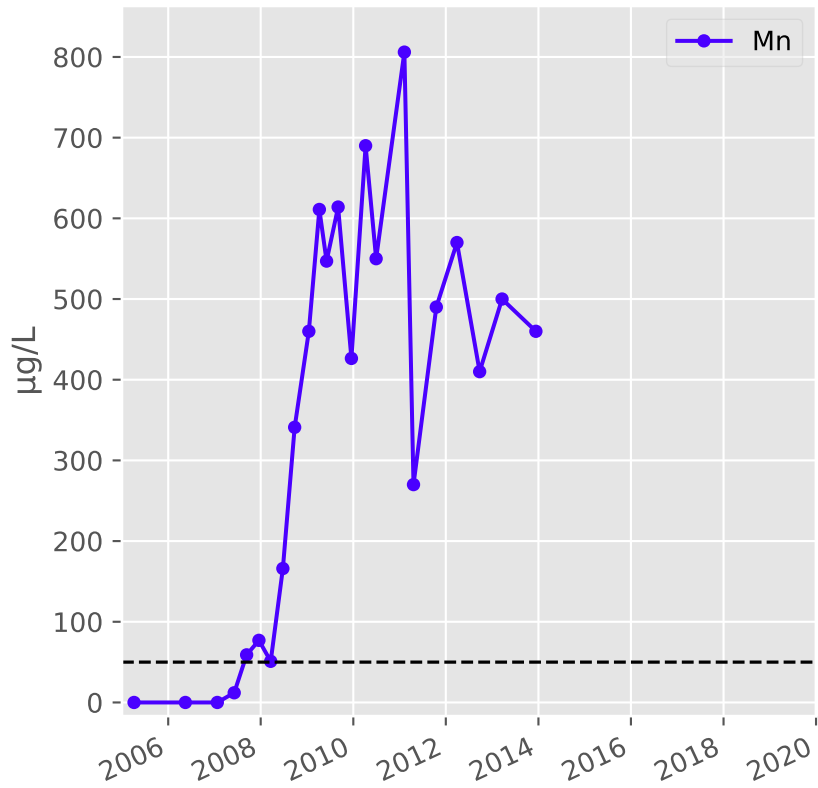


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N09 - Puits Bure Jaune Sauvage - 01133X0052

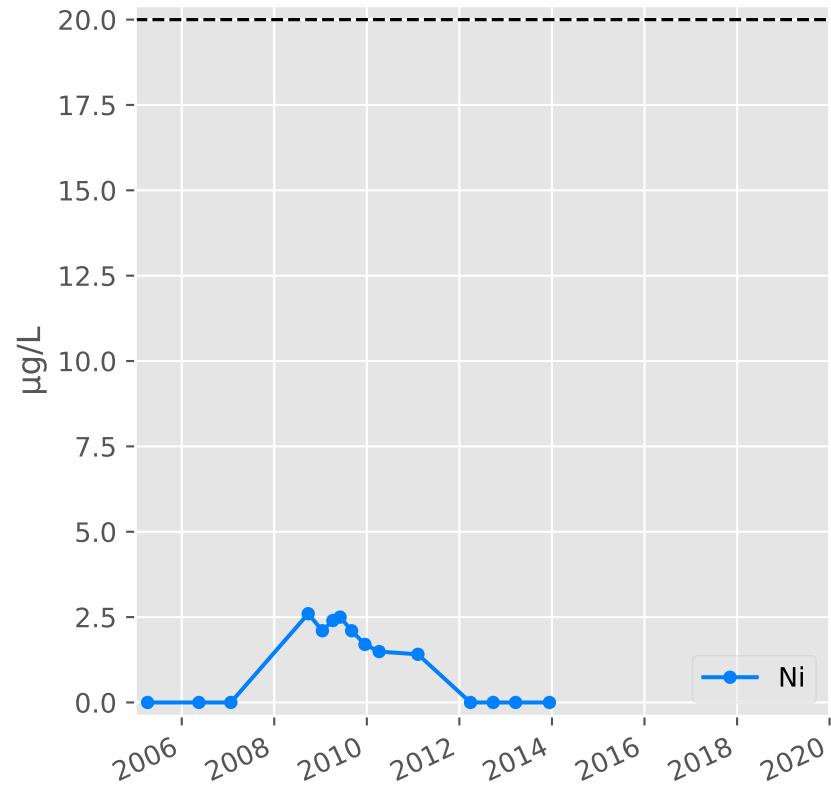
Fer



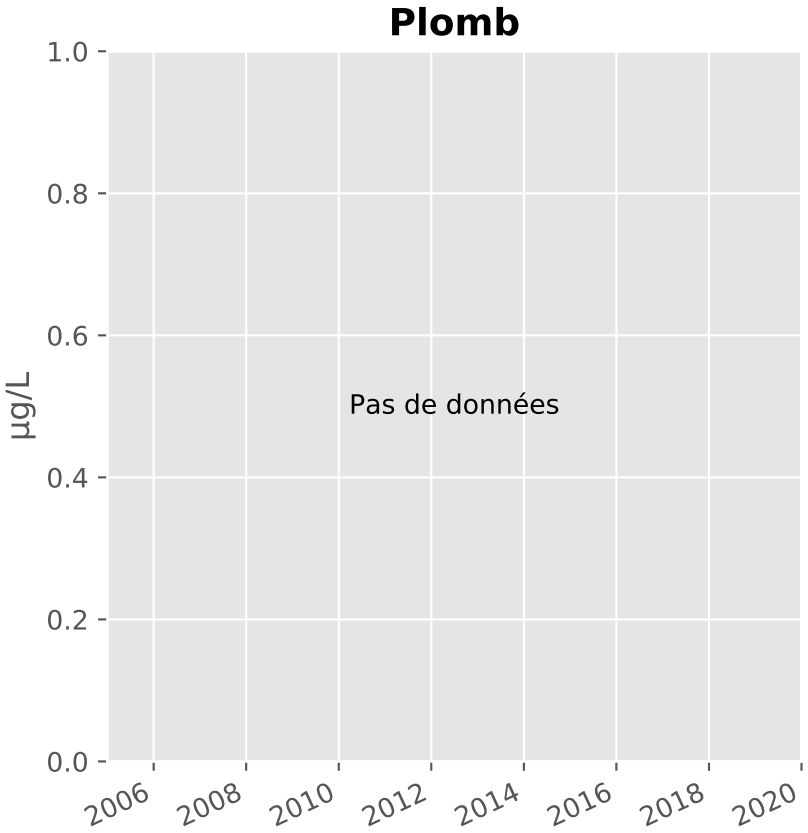
Manganèse



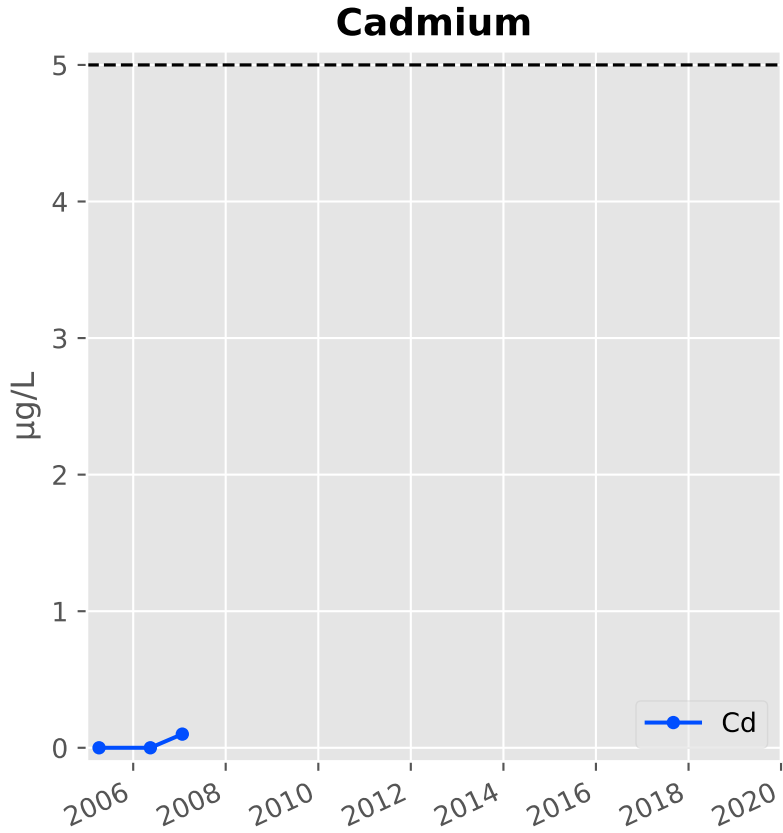
Nickel



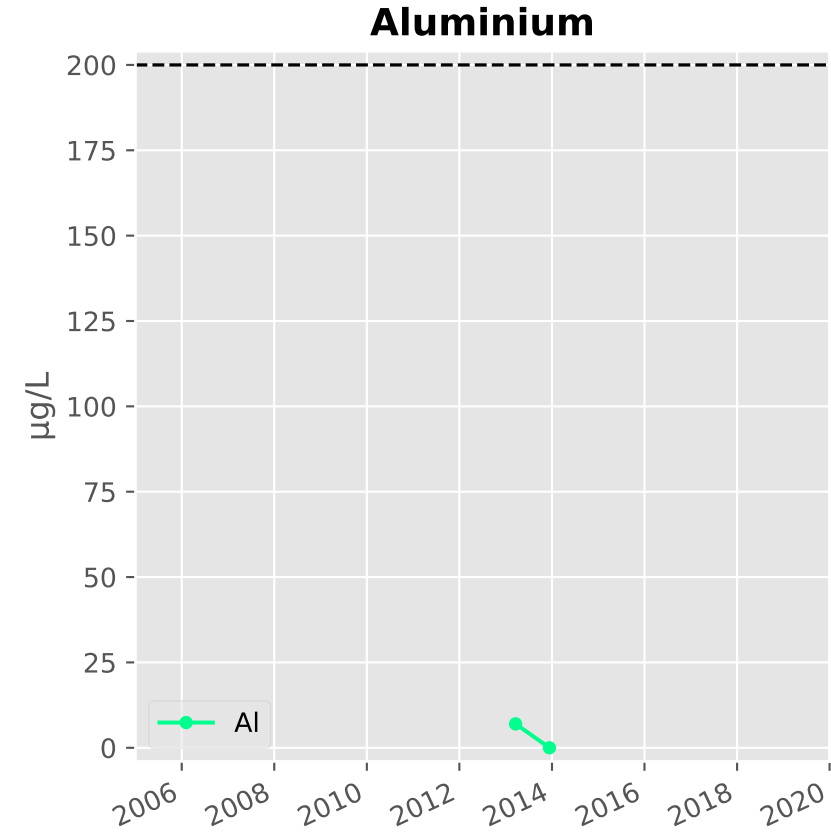
Plomb



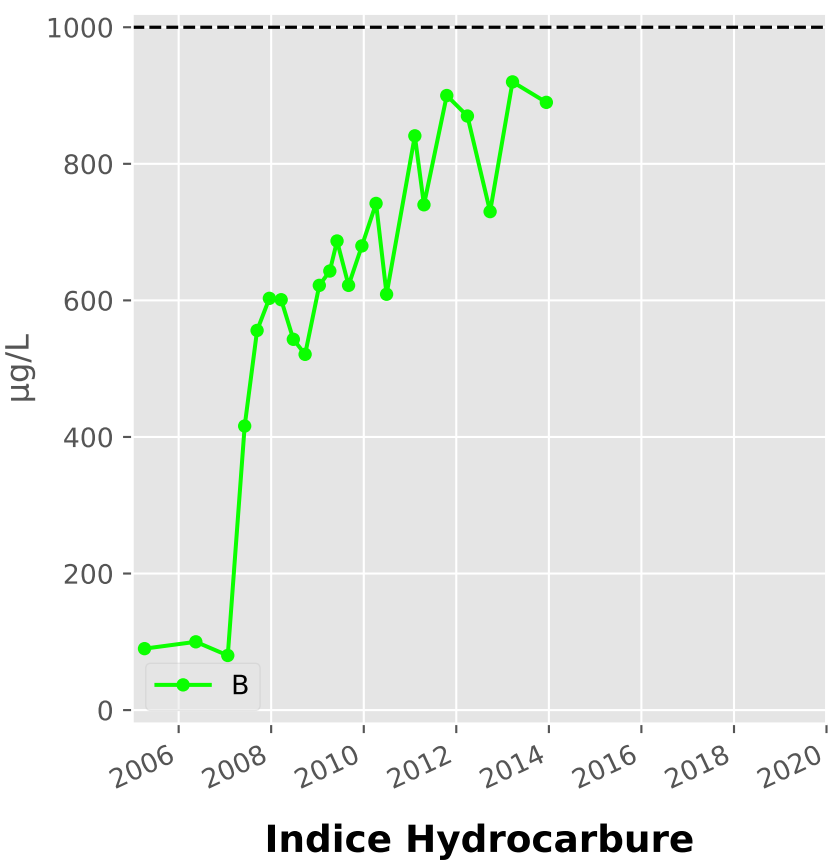
Cadmium



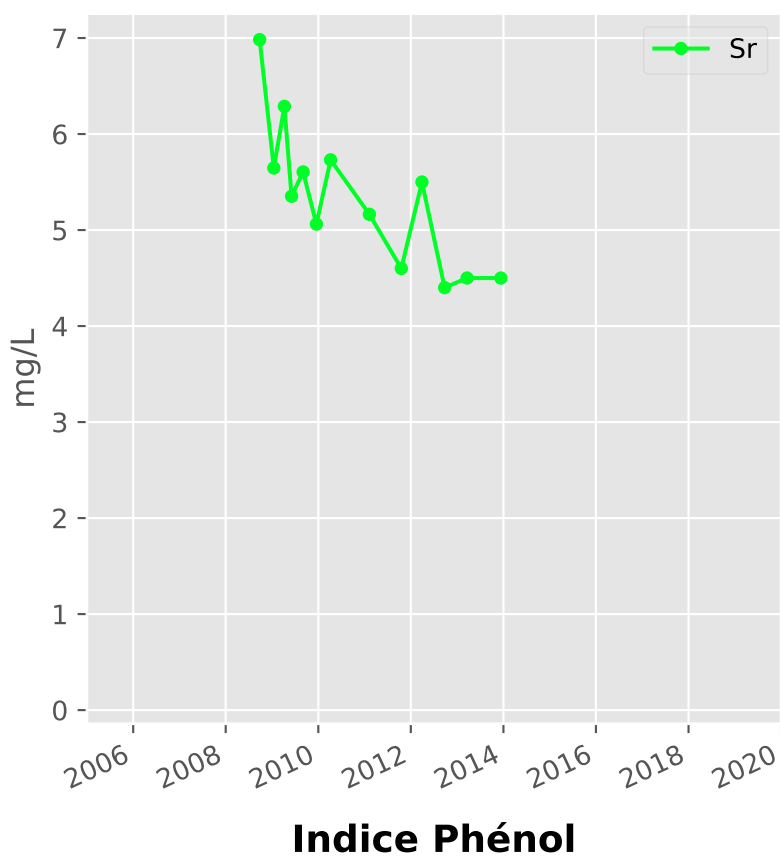
Aluminium



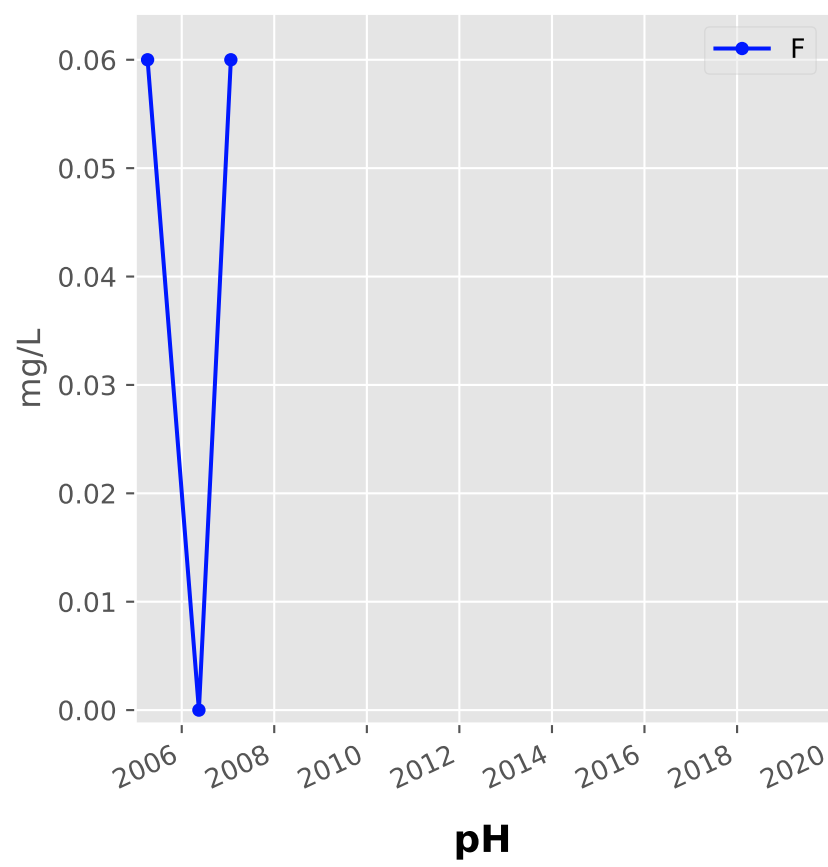
Bore



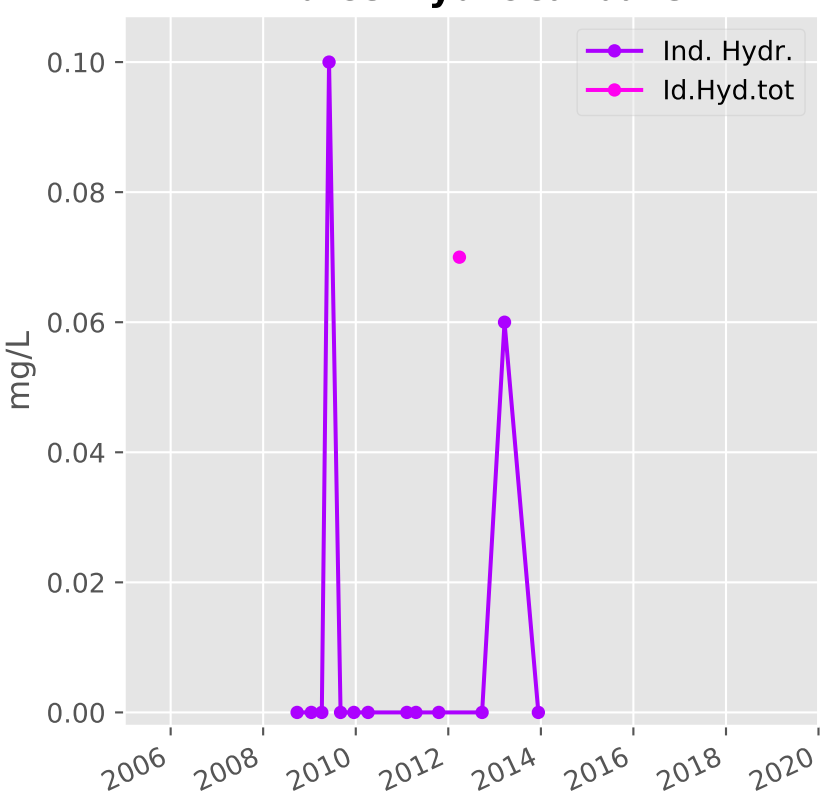
Strontium



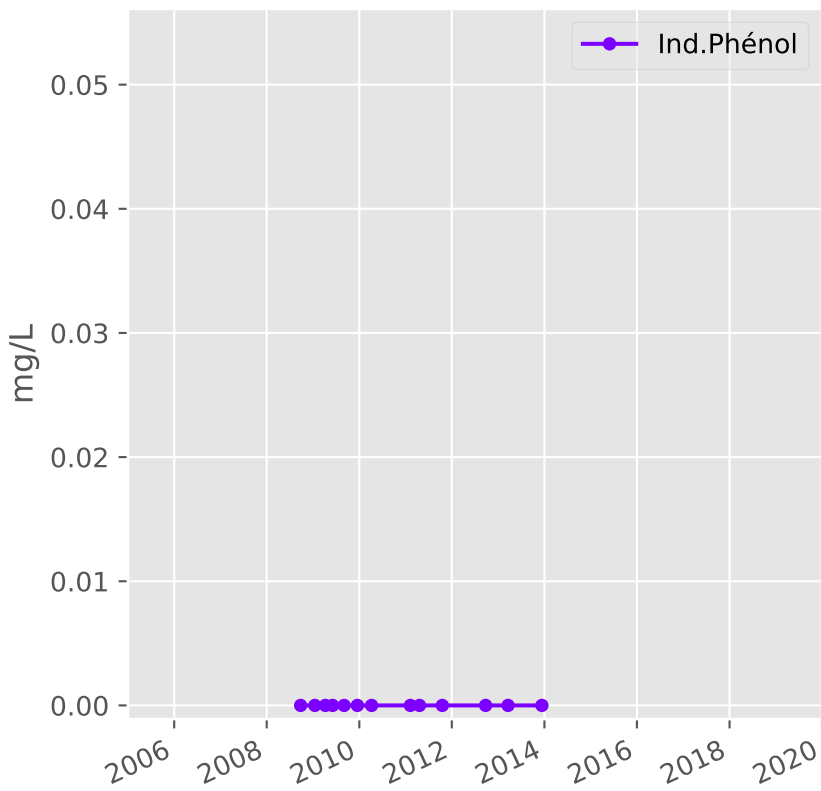
Fluor



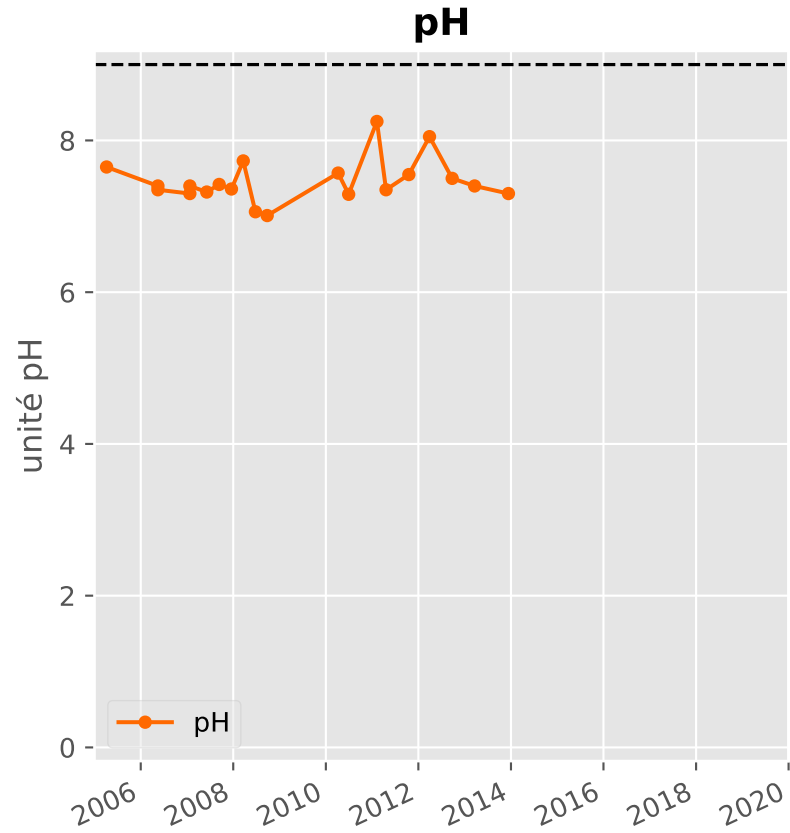
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

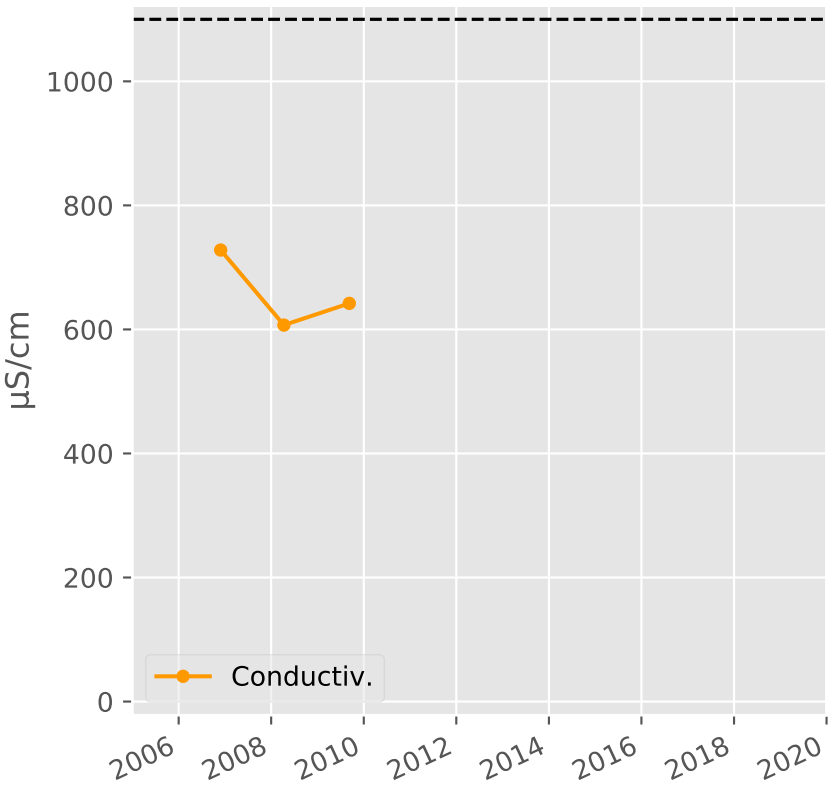


pH

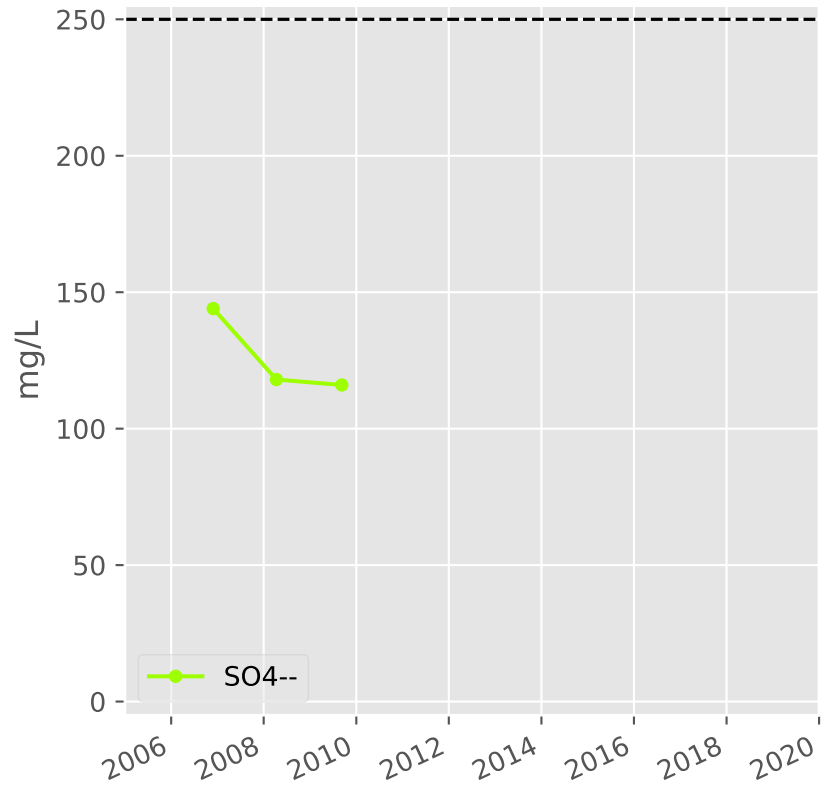


Bassin NORD - Réservoir minier - N24 - Puits Saint-Michel - 01133X0074

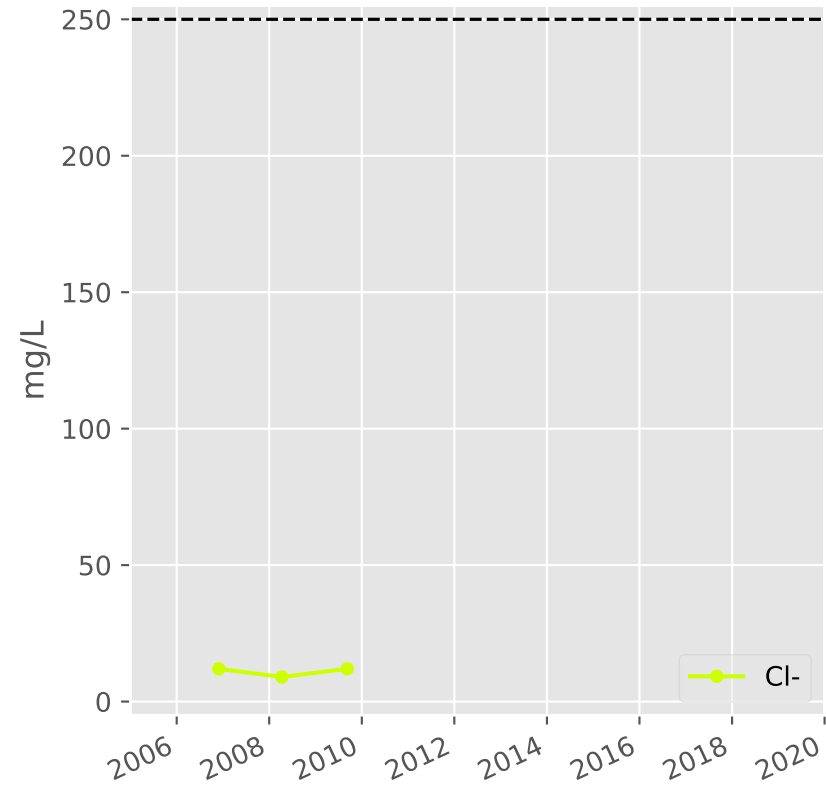
Conductivité



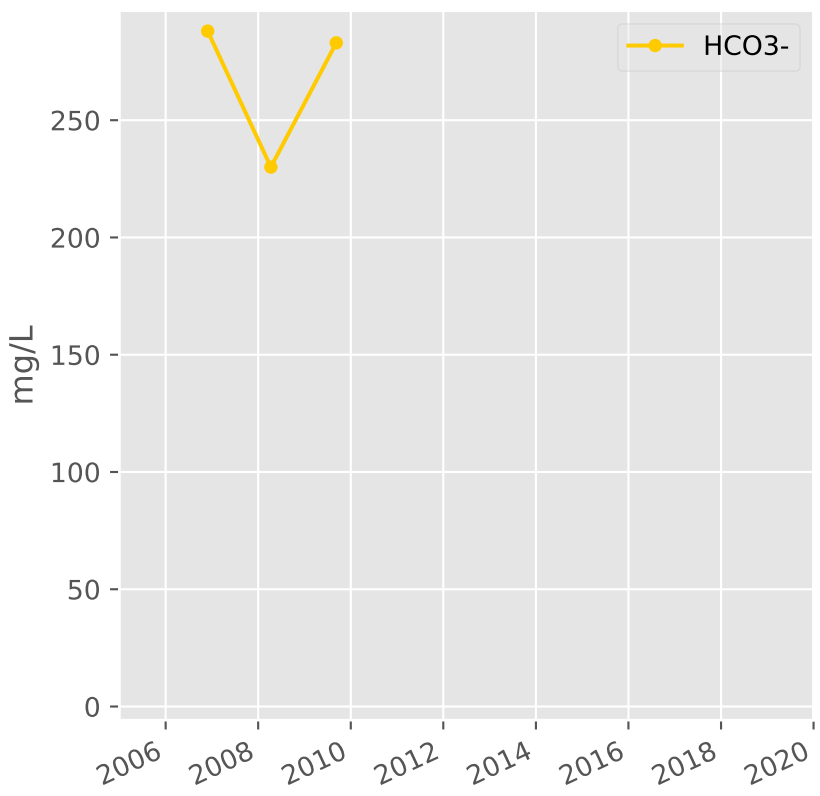
Sulfates



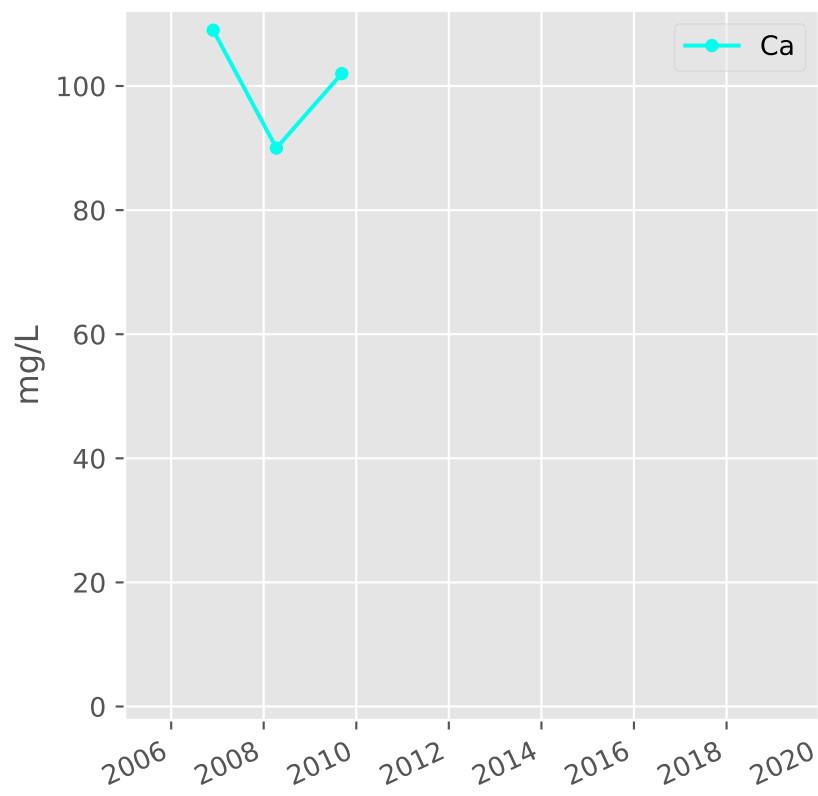
Chlorures



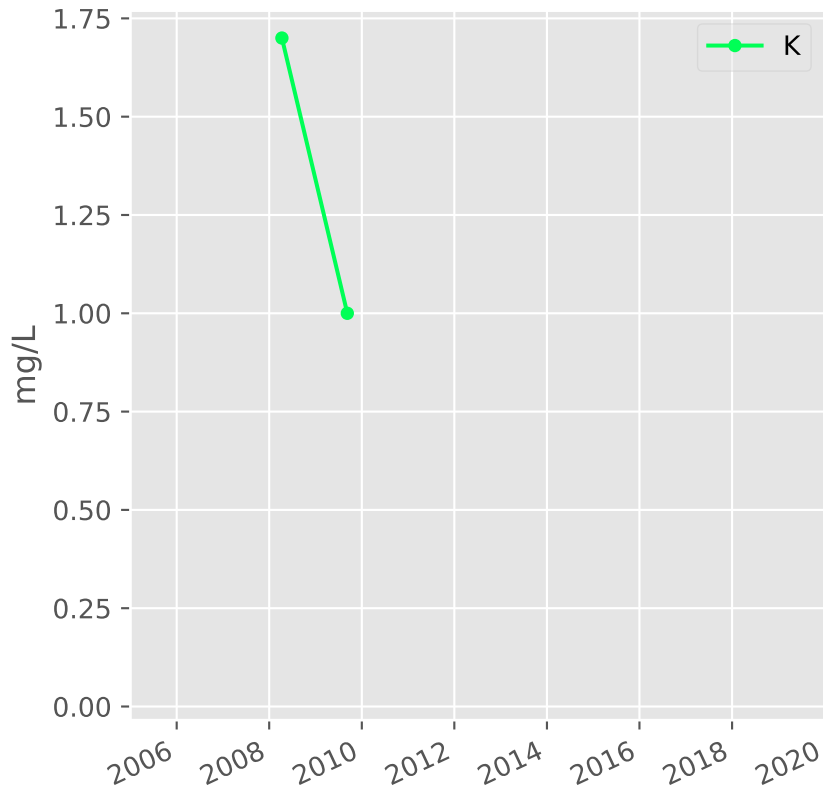
Bicarbonates



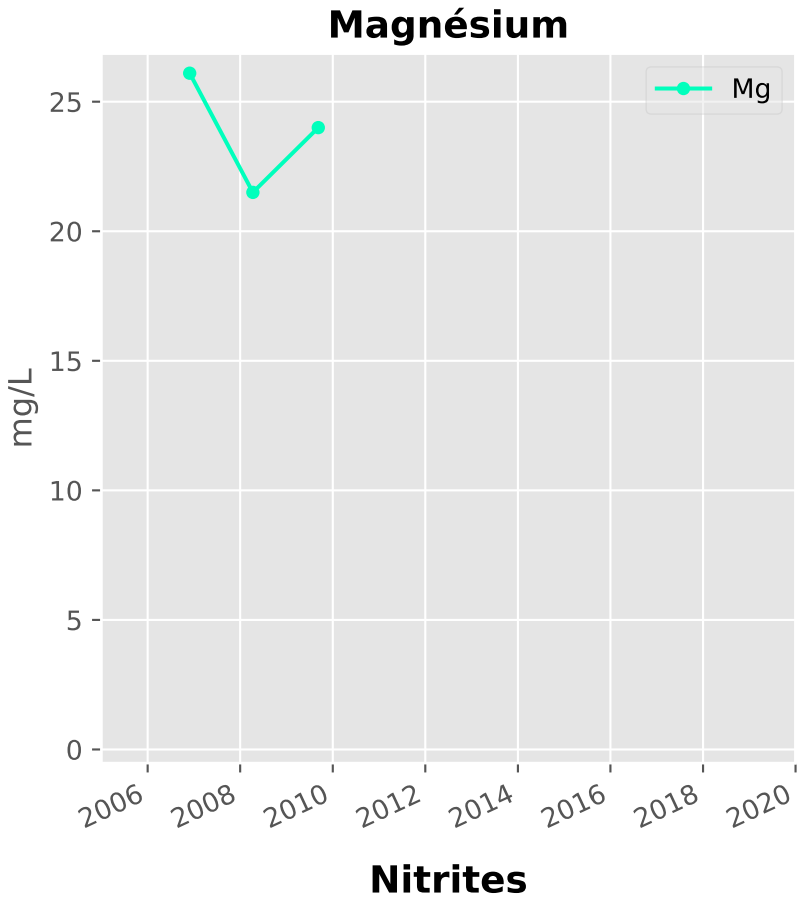
Calcium



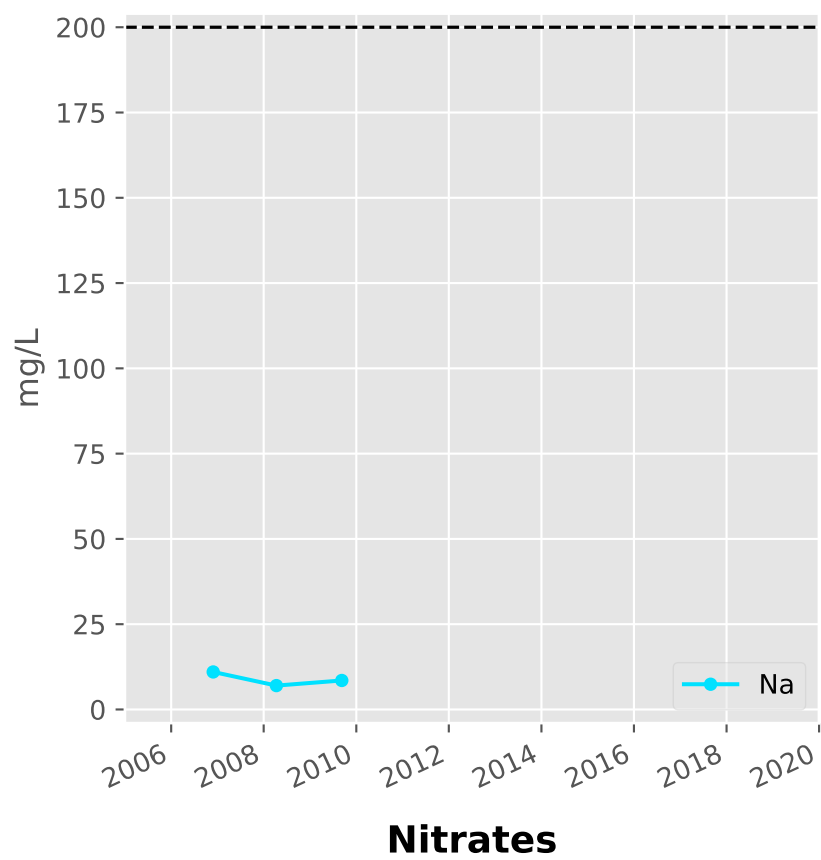
Potassium



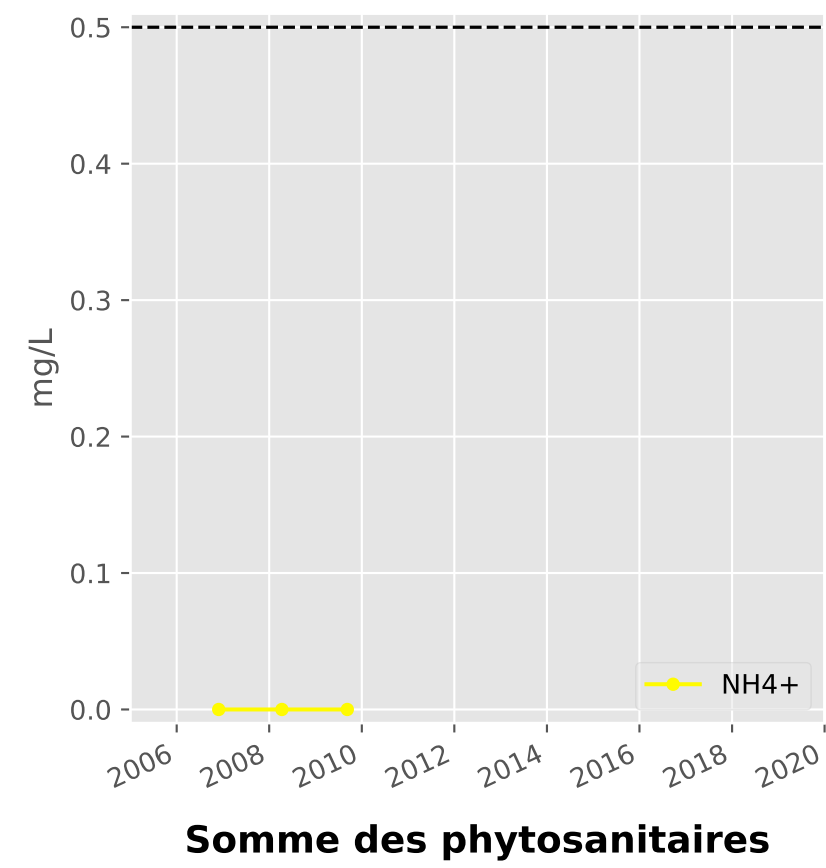
Magnésium



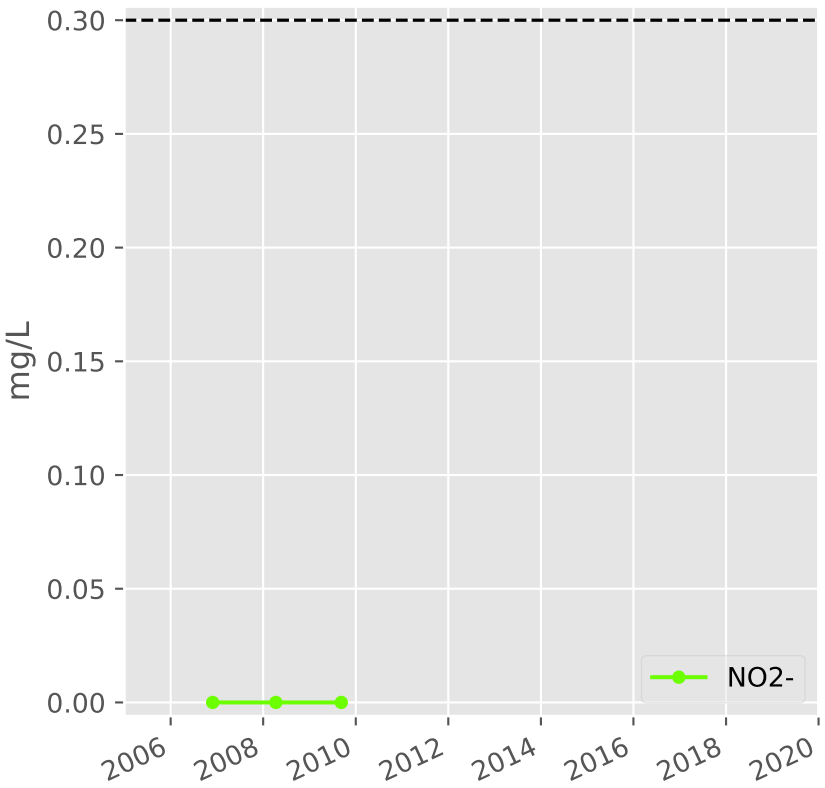
Sodium



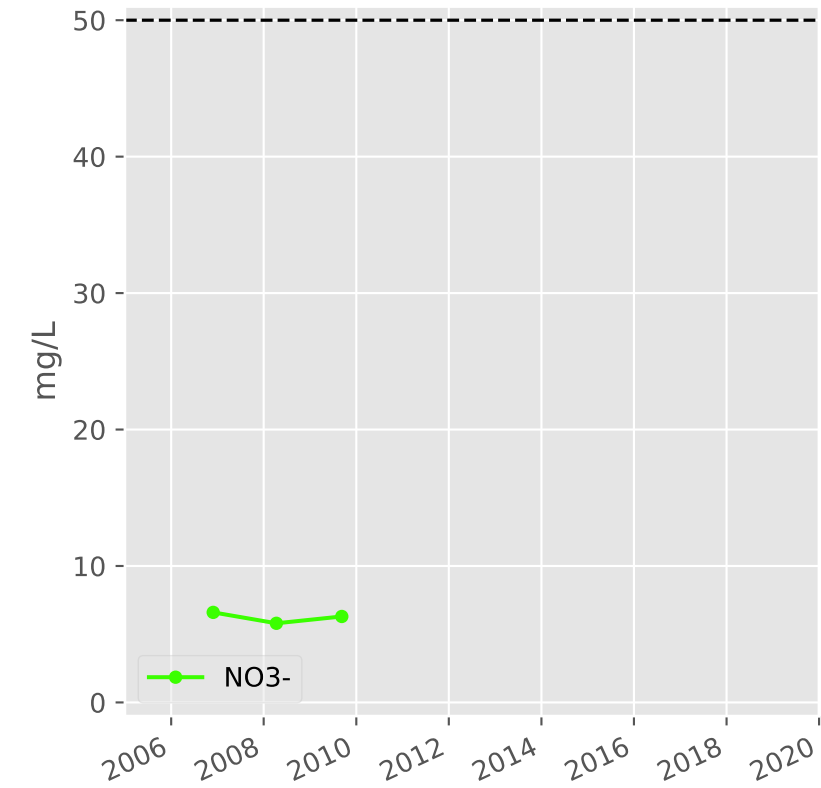
Ammonium



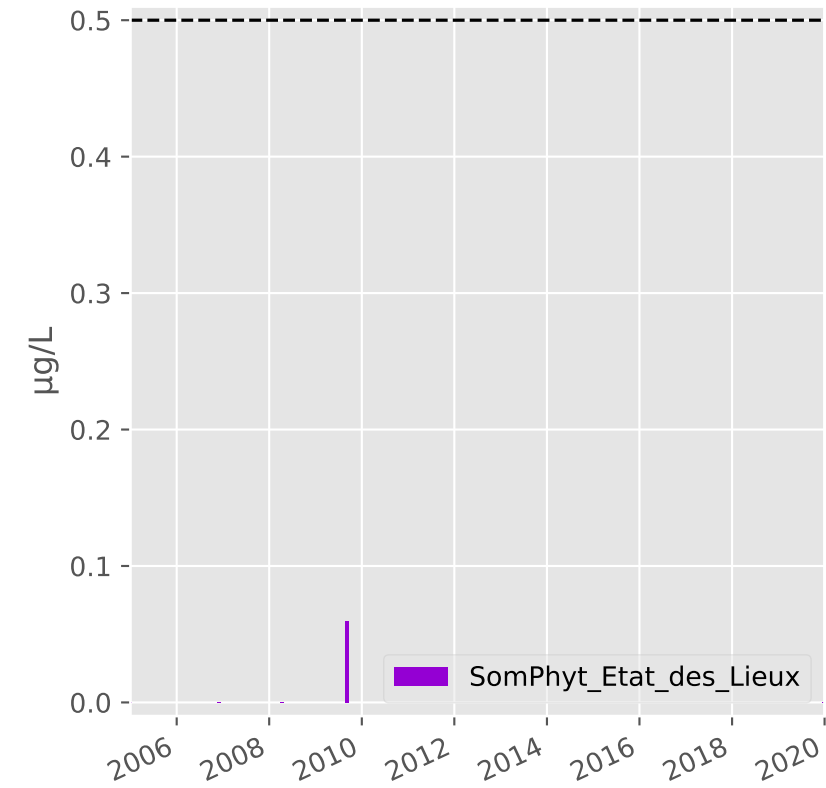
Nitrites



Nitrates

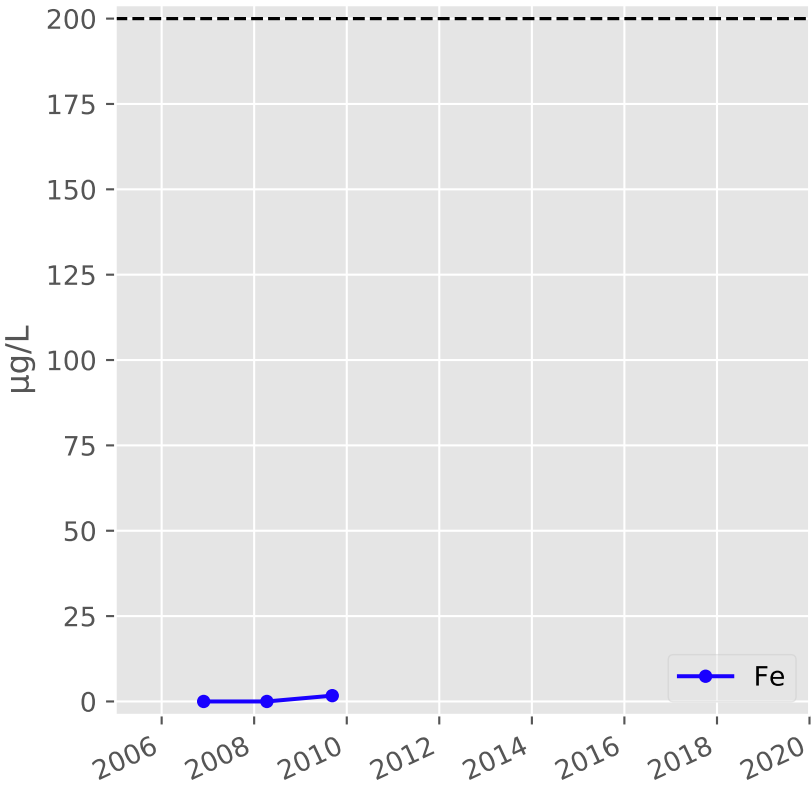


Somme des phytosanitaires

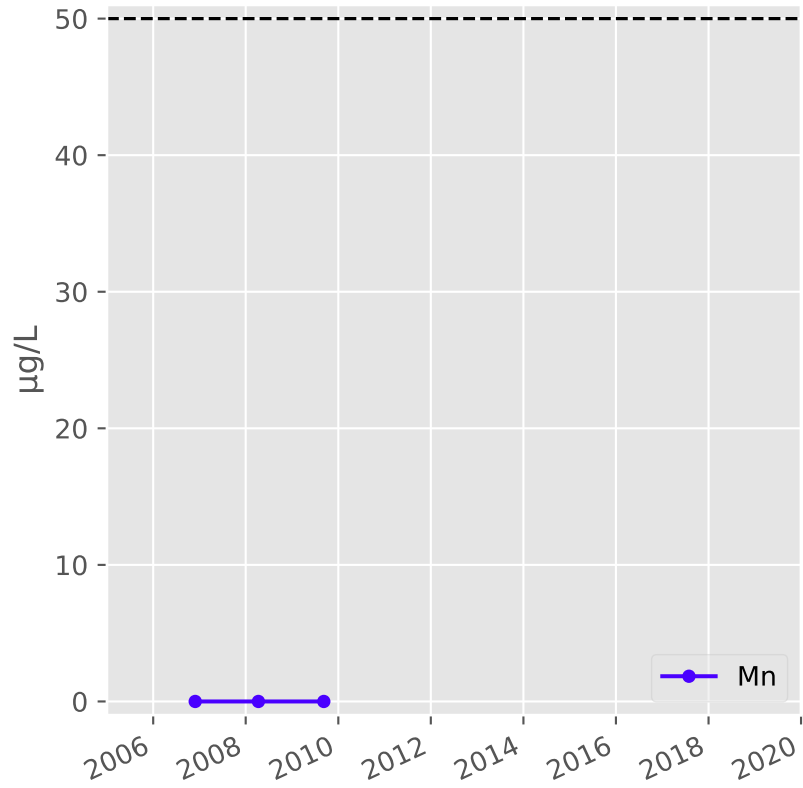


Bassin NORD - Réservoir minier - N24 - Puits Saint-Michel - 01133X0074

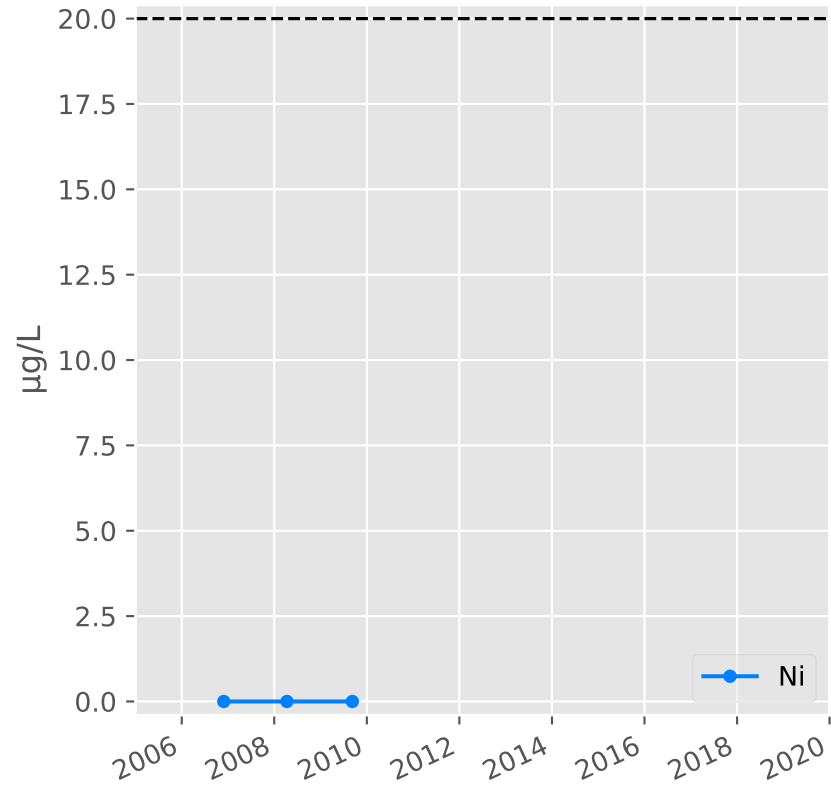
Fer



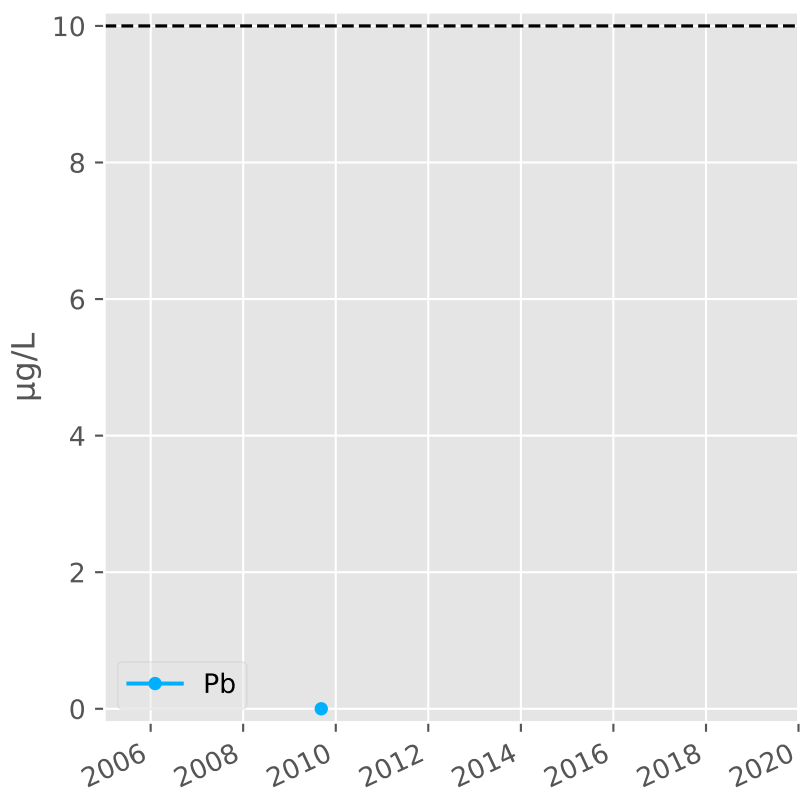
Manganèse



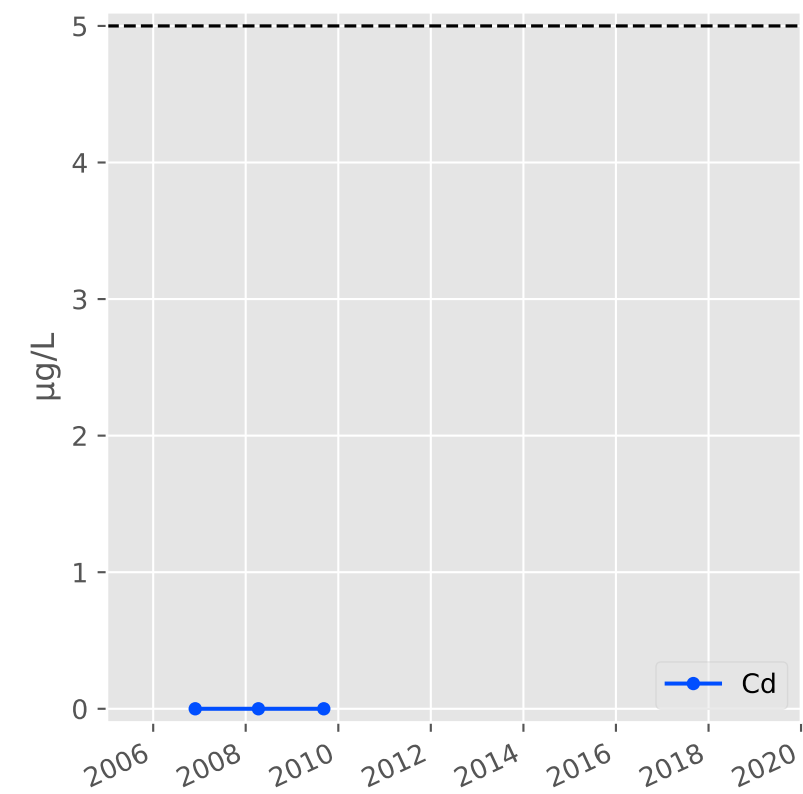
Nickel



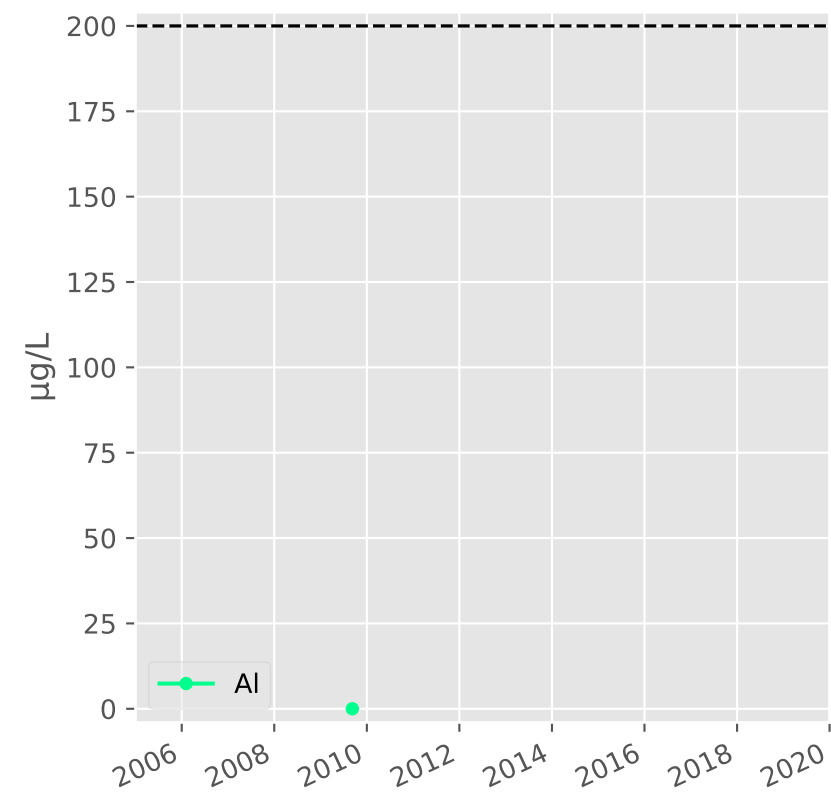
Plomb



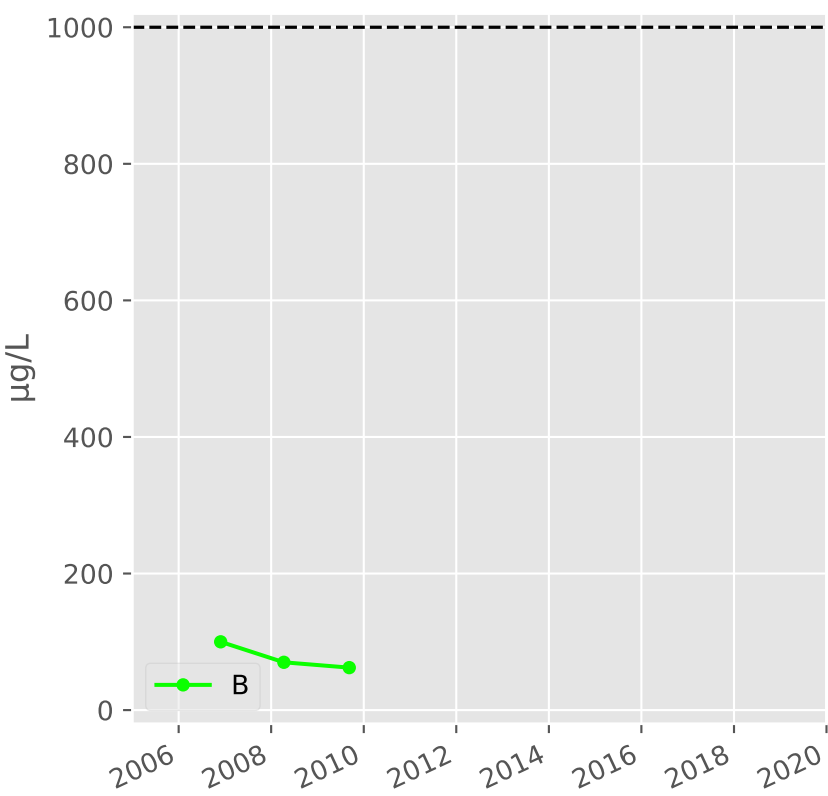
Cadmium



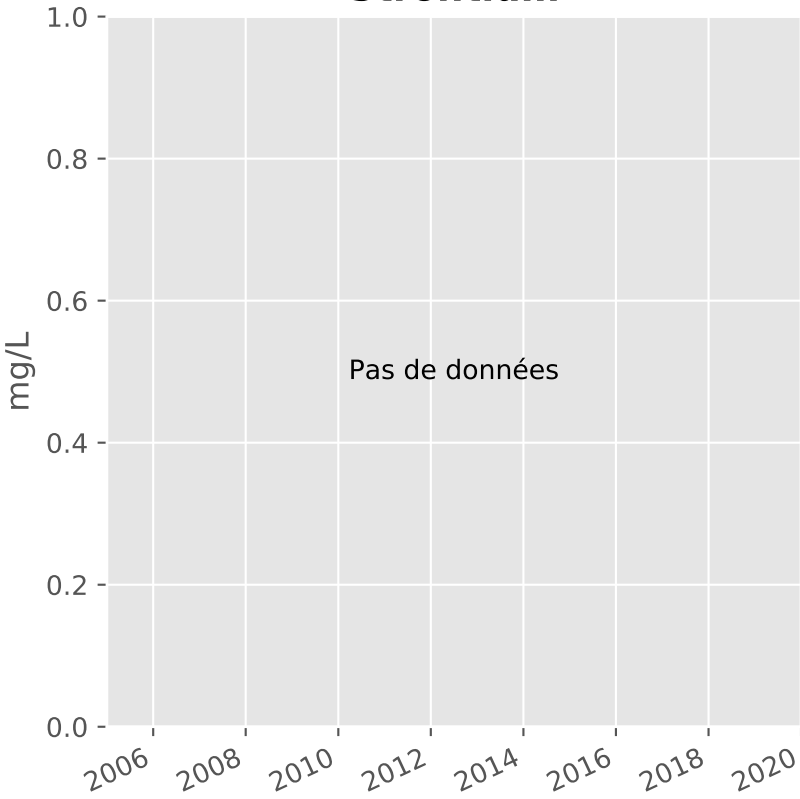
Aluminium



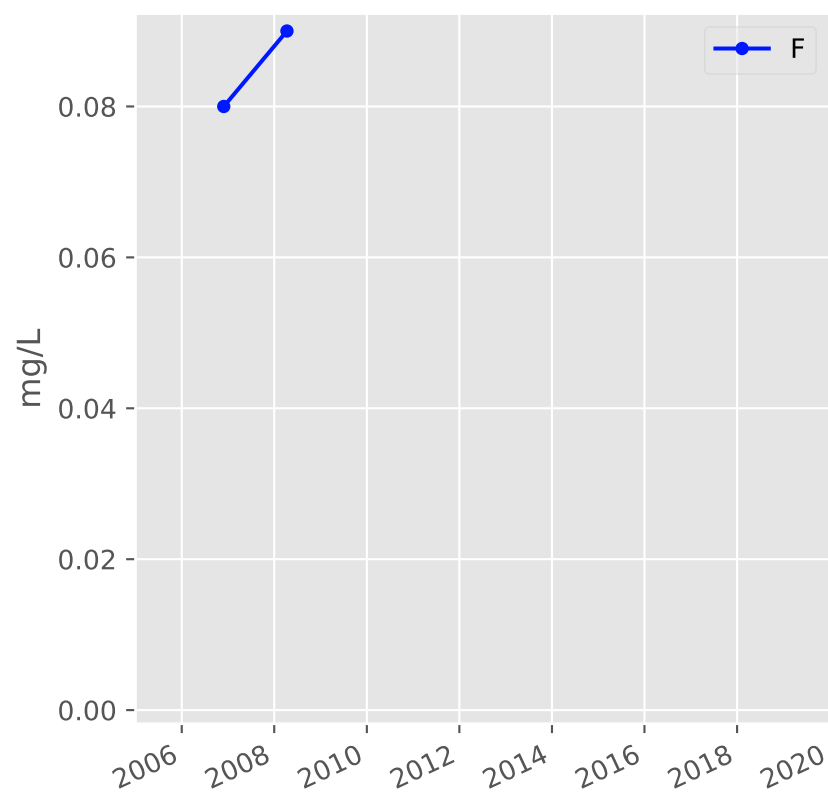
Bore



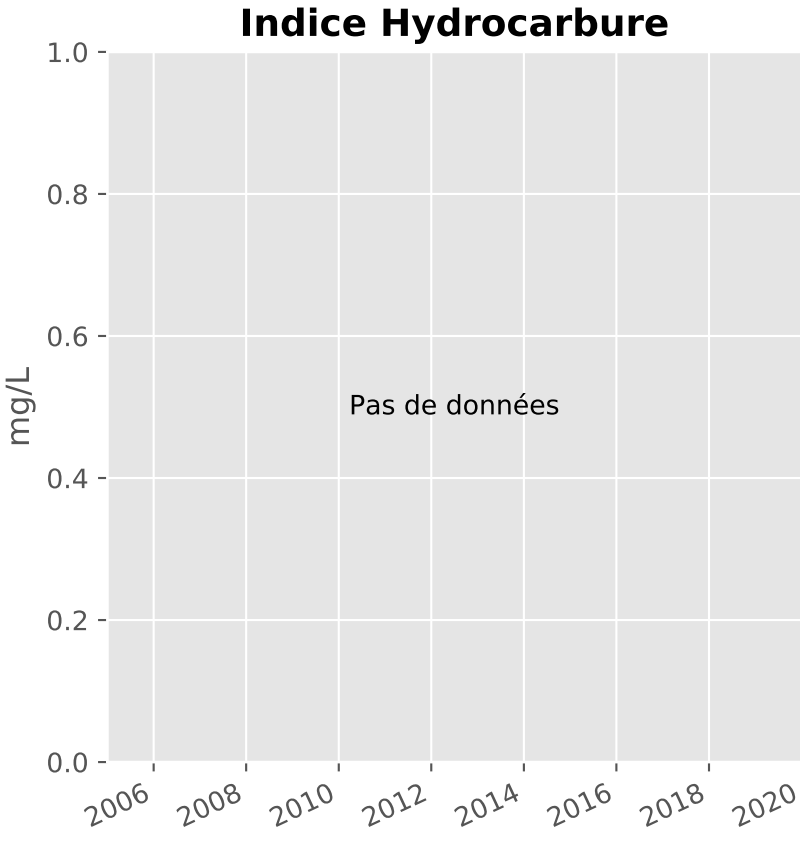
Strontium



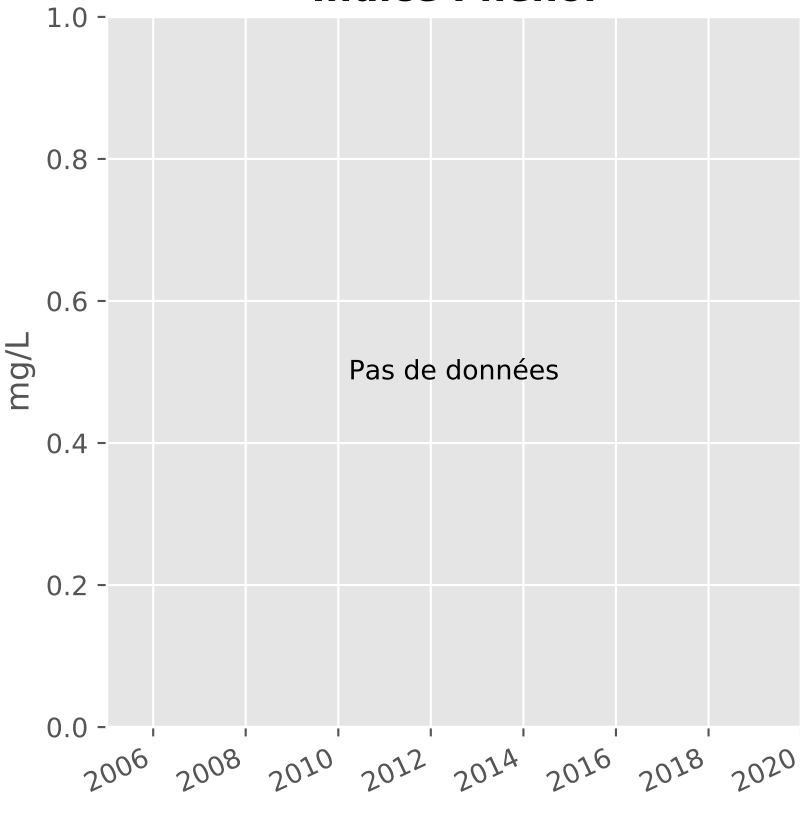
Fluor



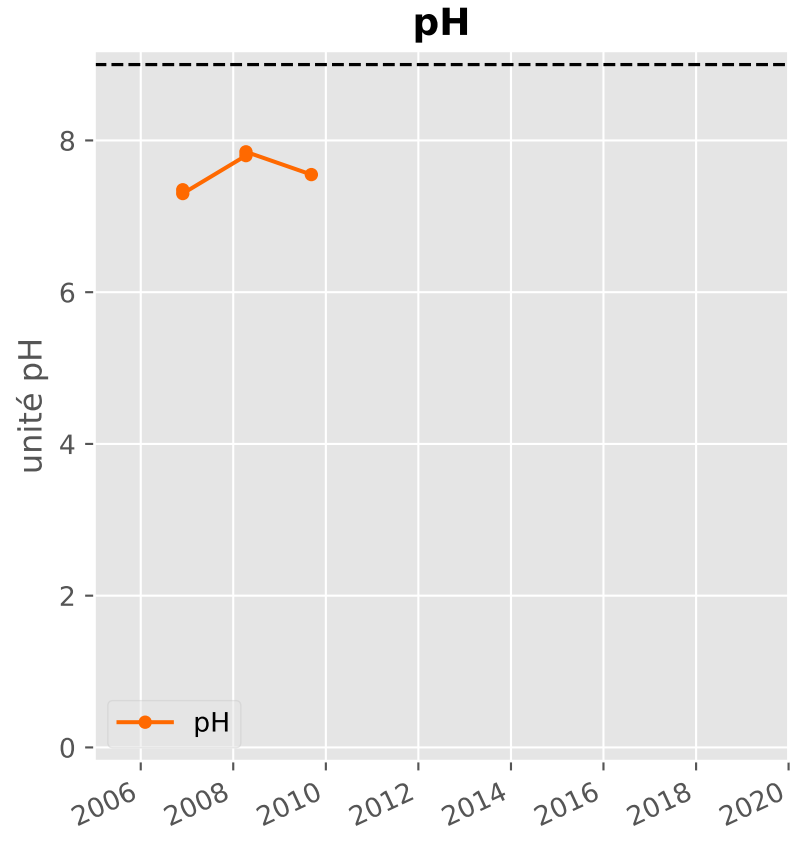
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

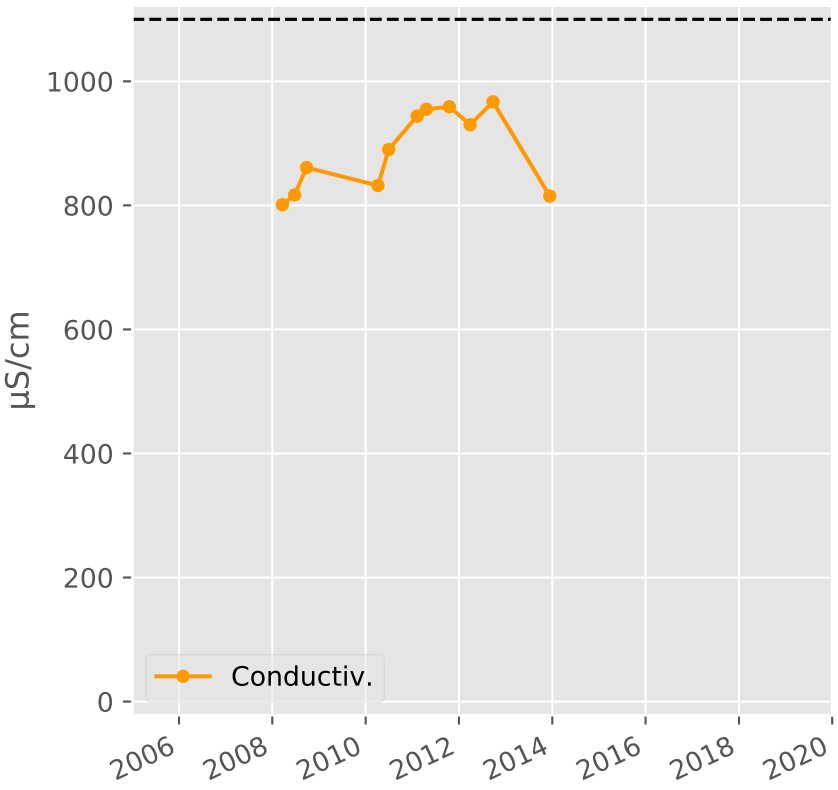


pH

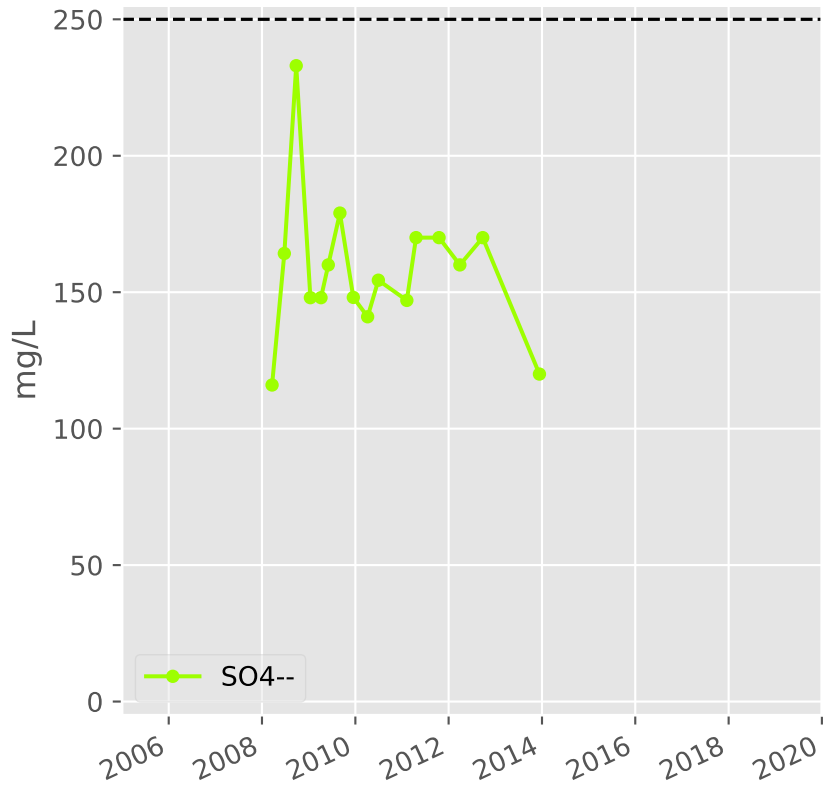


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N02 - Pz. François Brune - 01133X0094

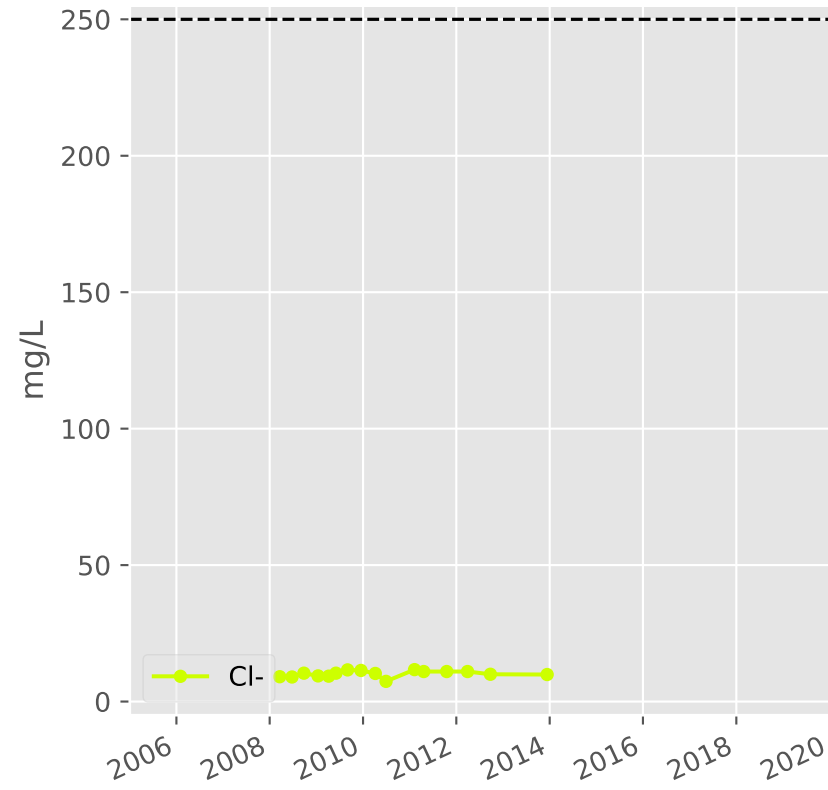
Conductivité



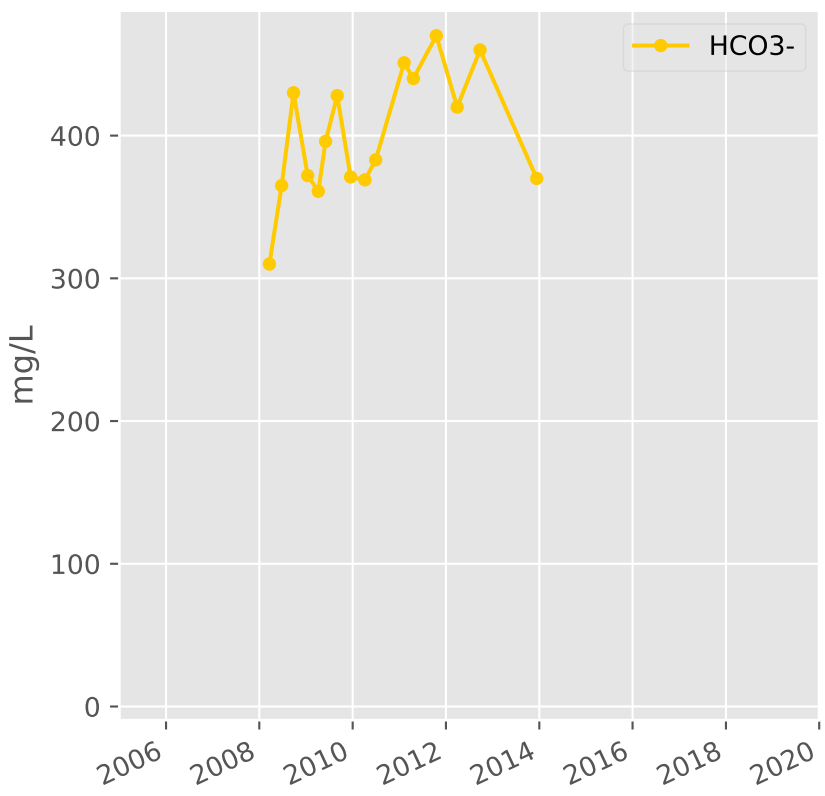
Sulfates



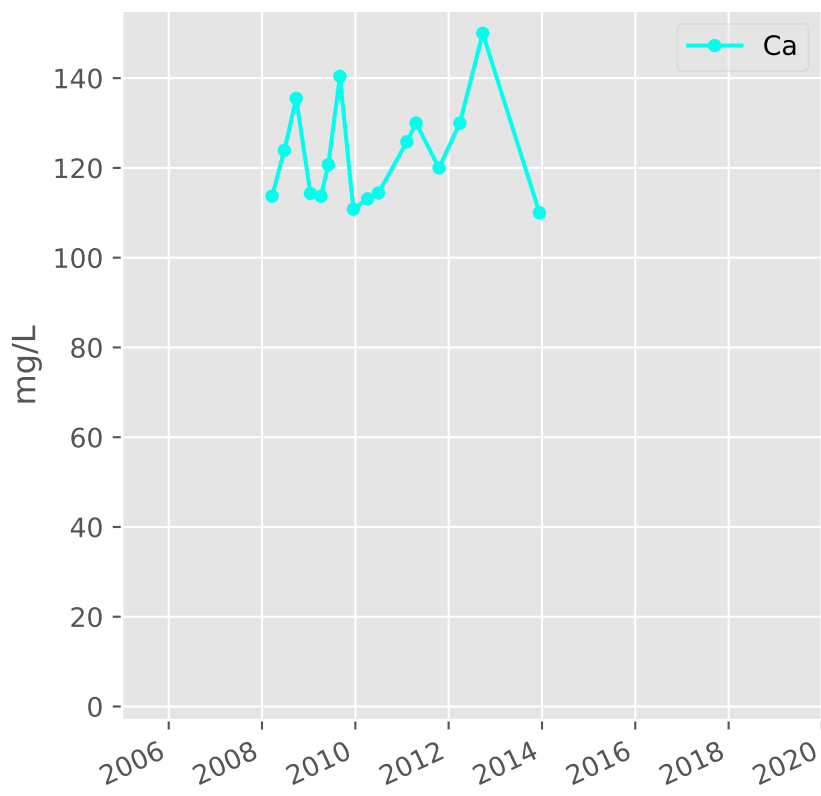
Chlorures



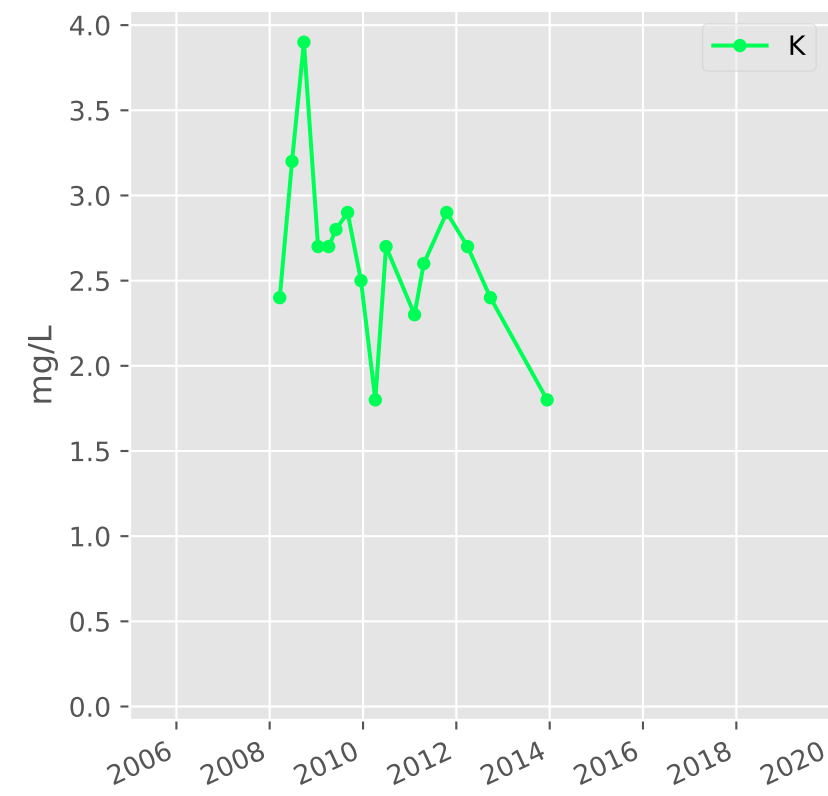
Bicarbonates



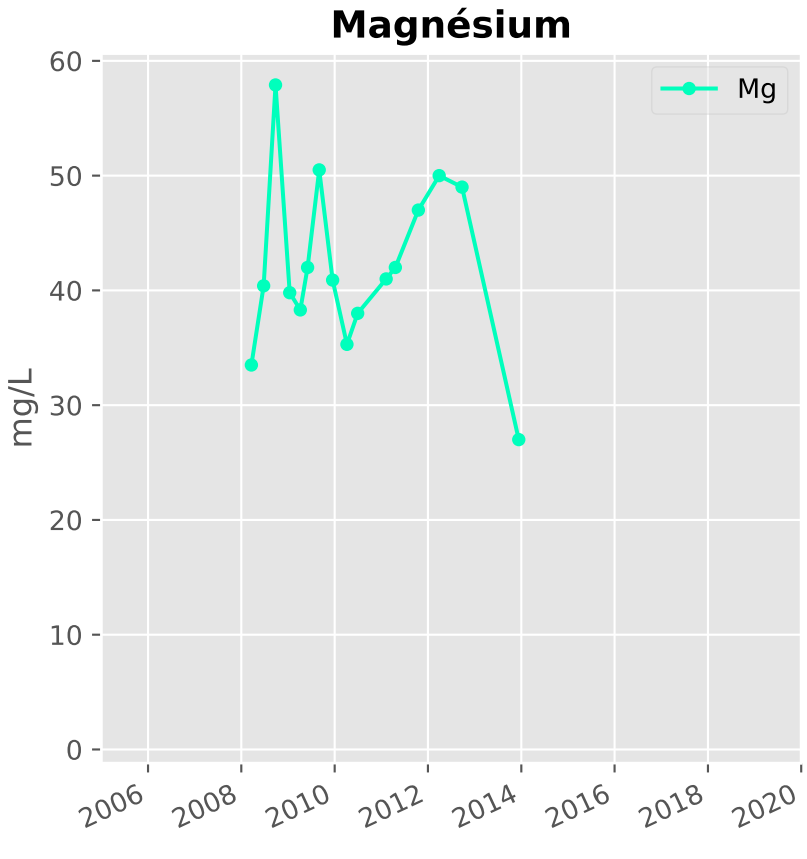
Calcium



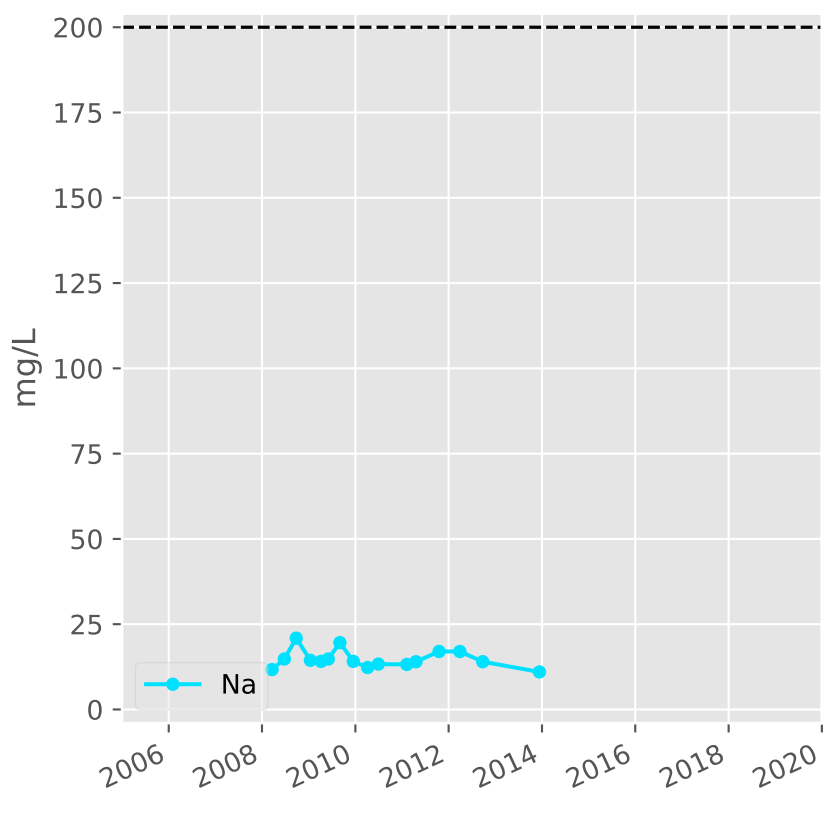
Potassium



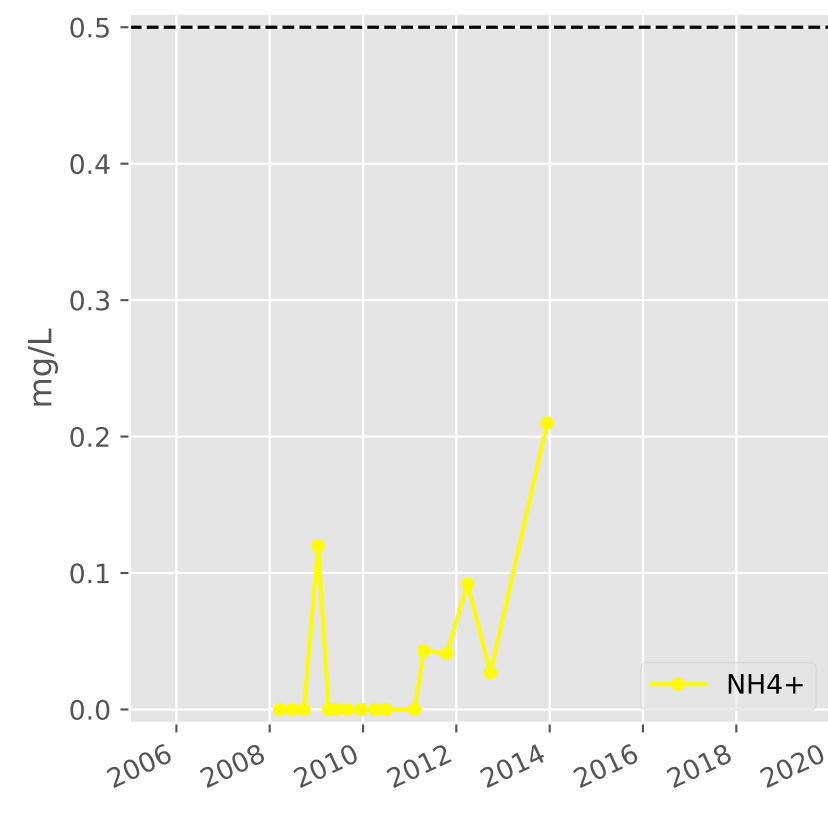
Magnésium



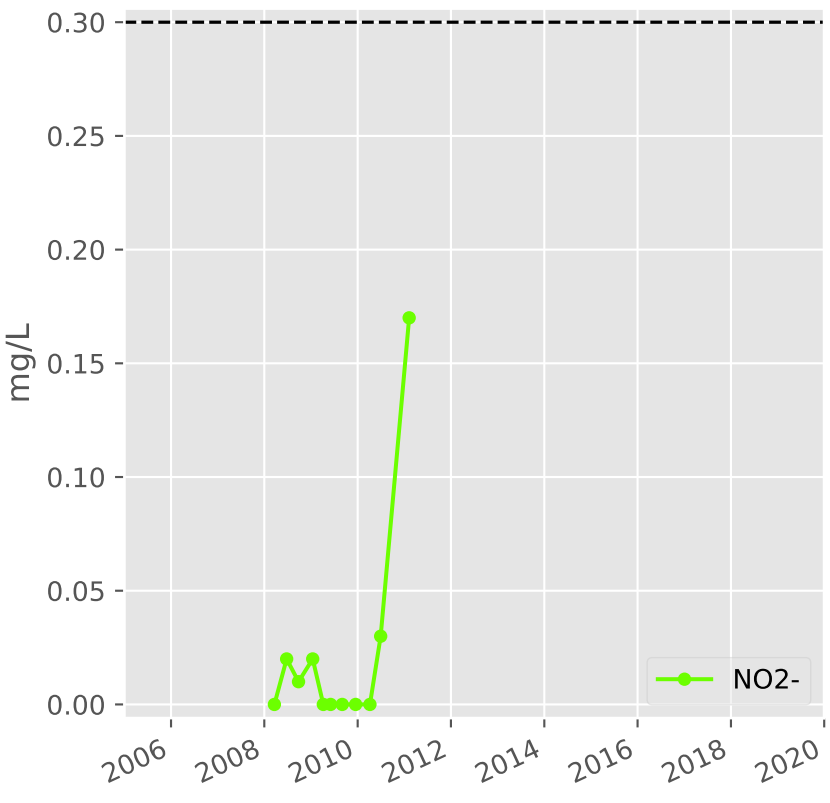
Sodium



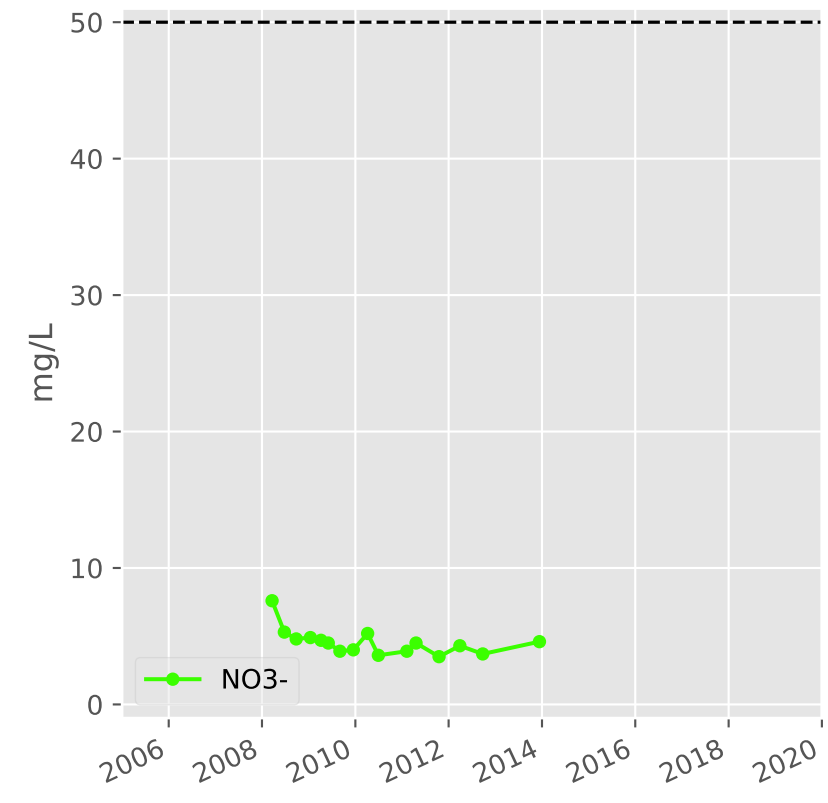
Ammonium



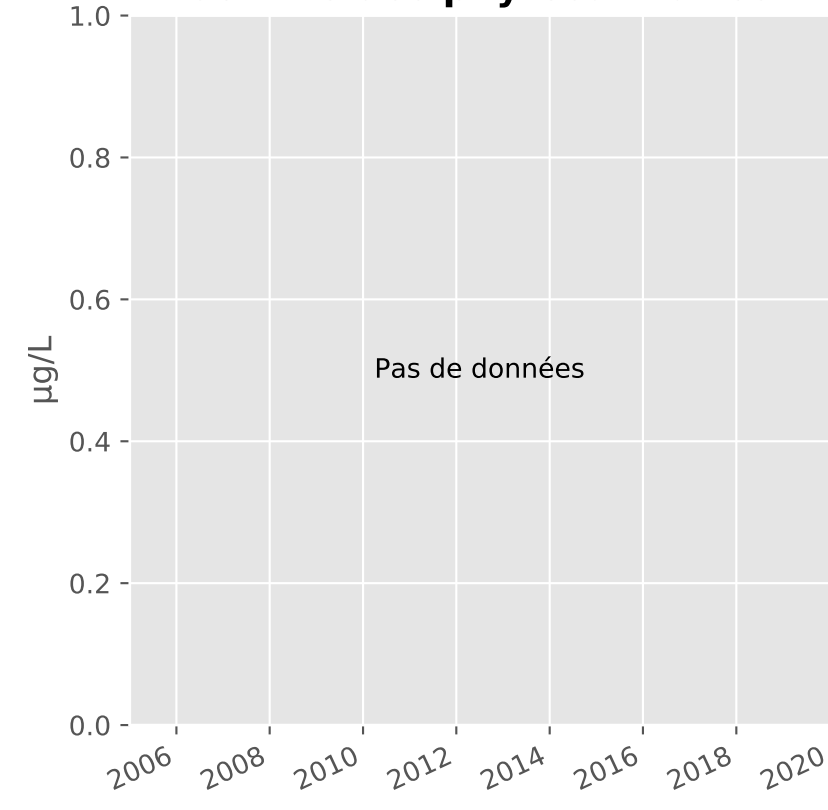
Nitrites



Nitrates

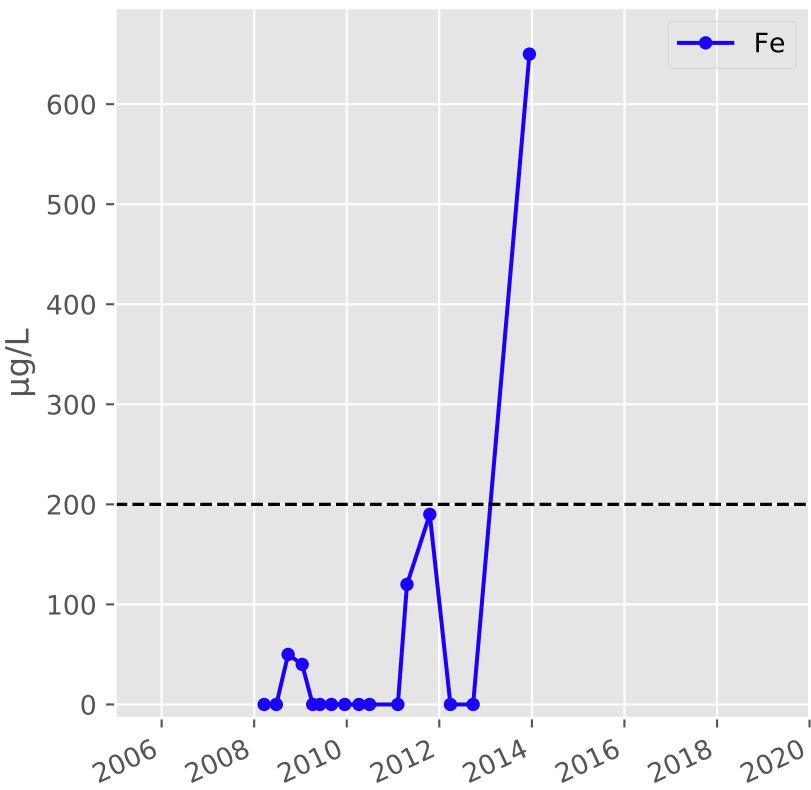


Somme des phytosanitaires

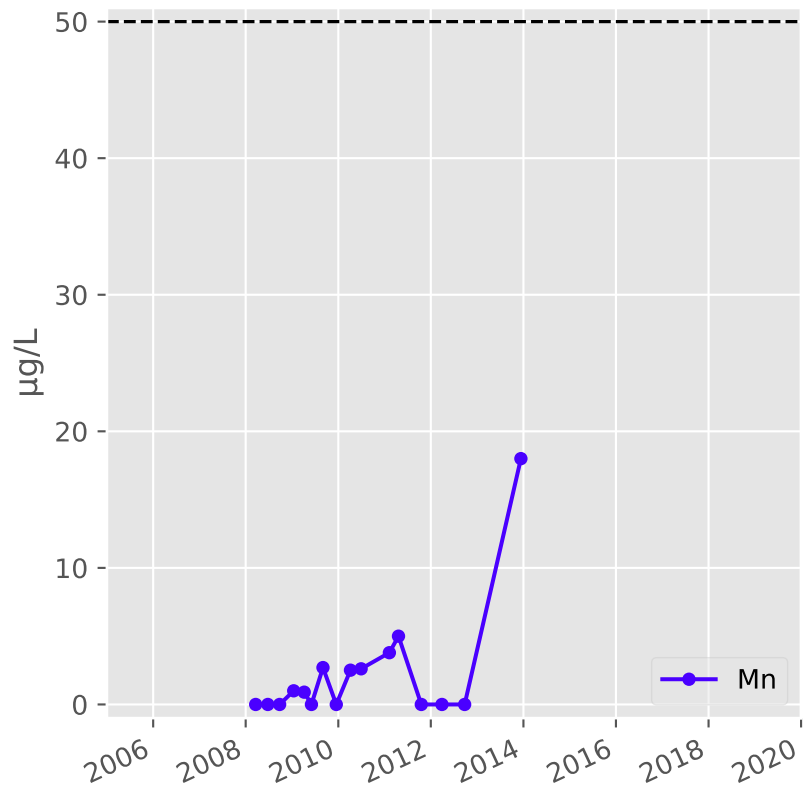


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN2 - N02 - Pz. François Brune - 01133X0094

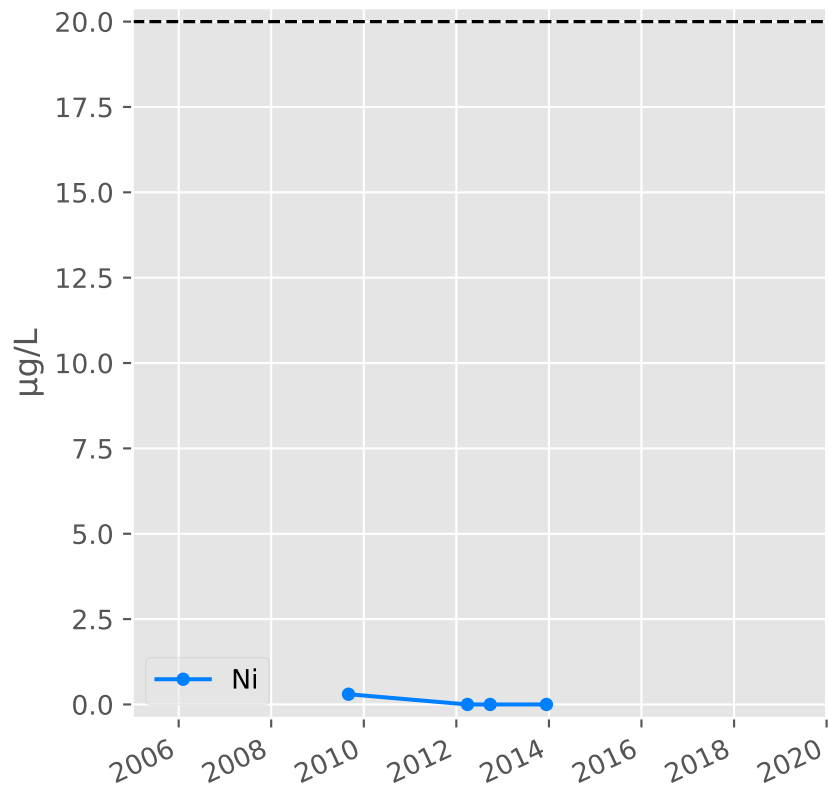
Fer



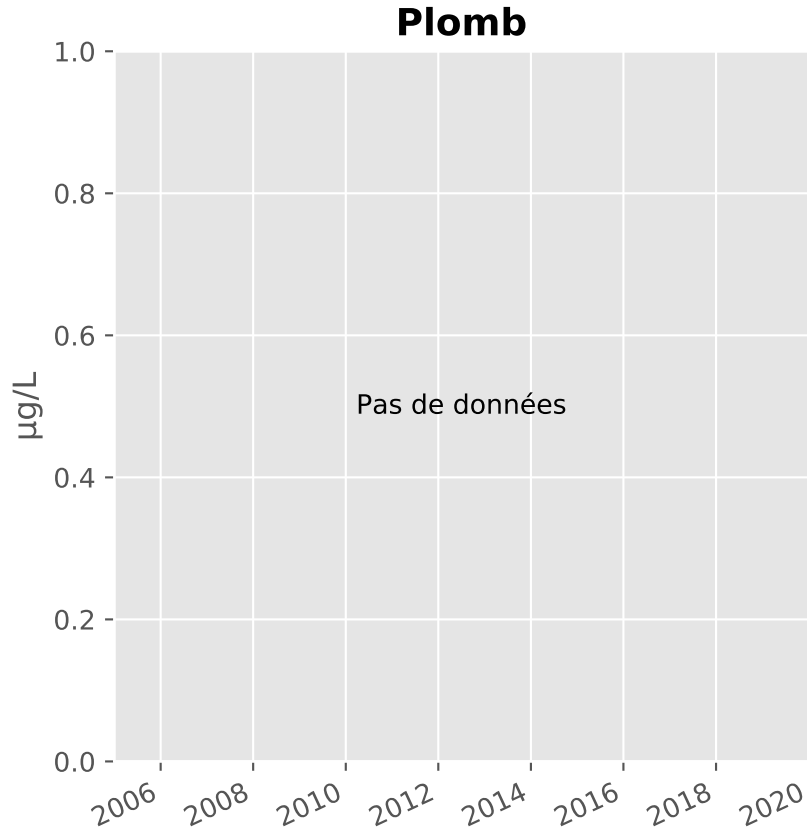
Manganèse



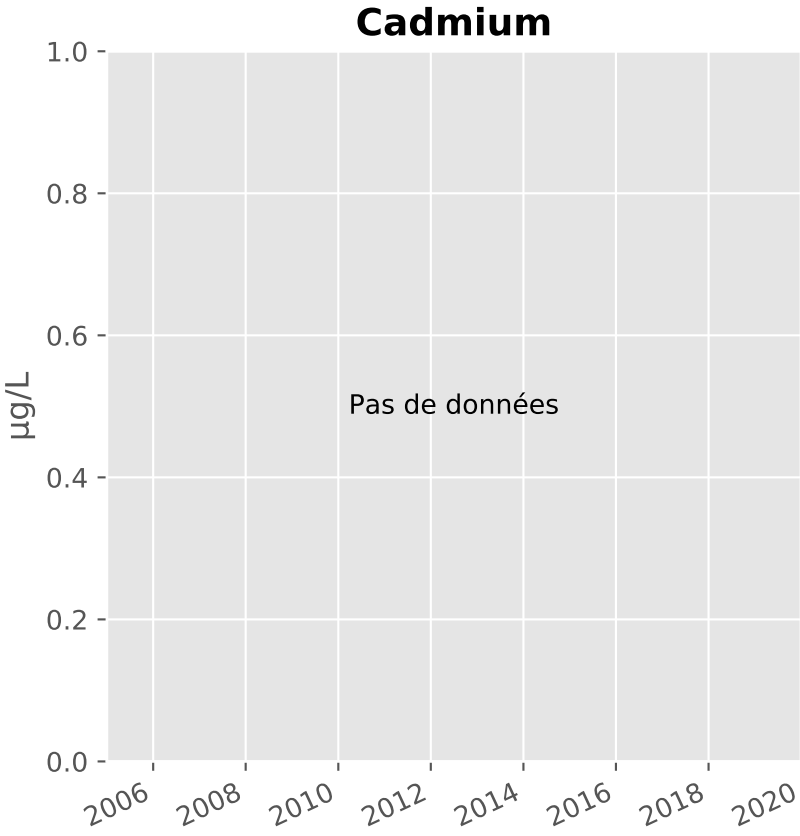
Nickel



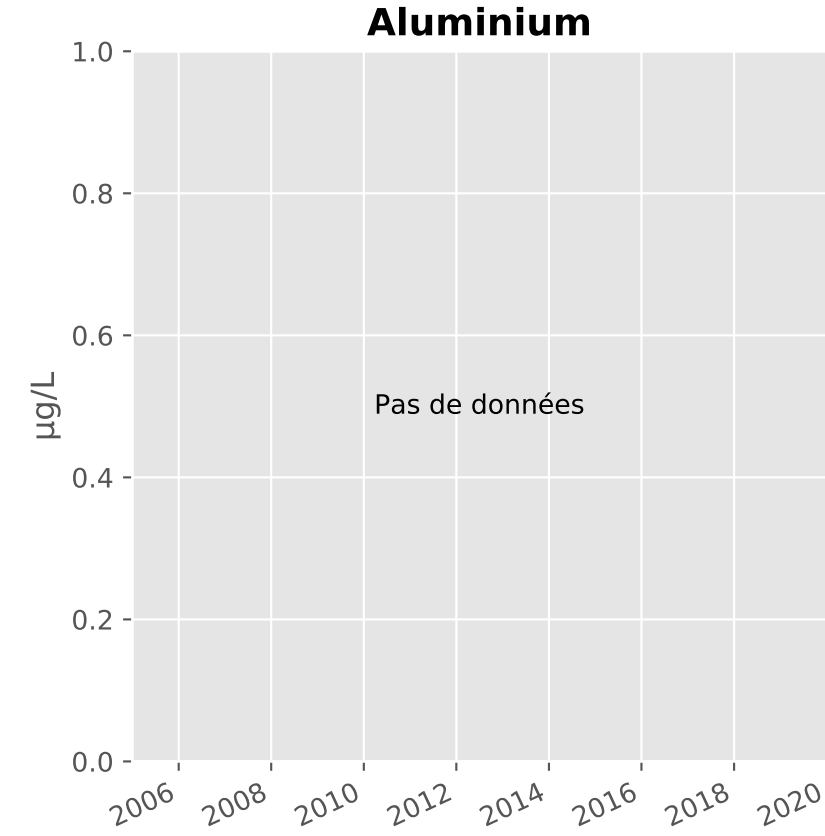
Plomb



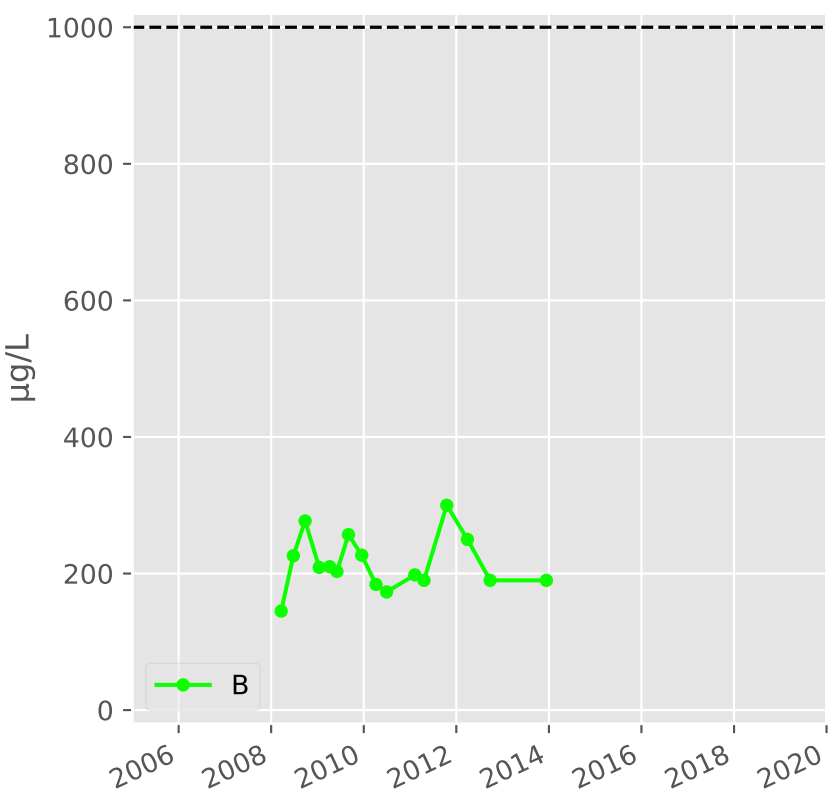
Cadmium



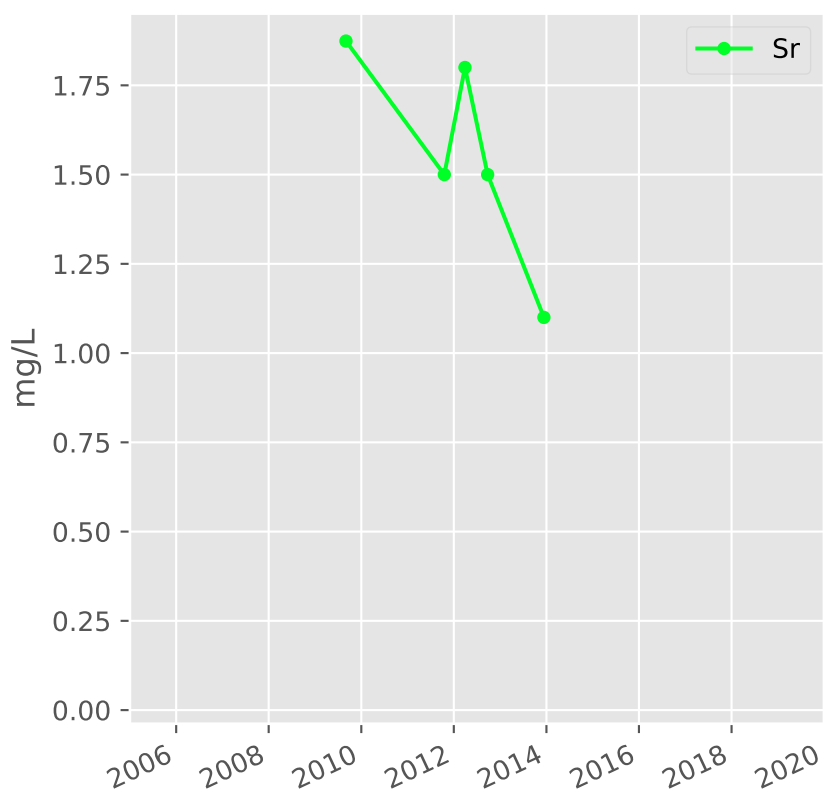
Aluminium



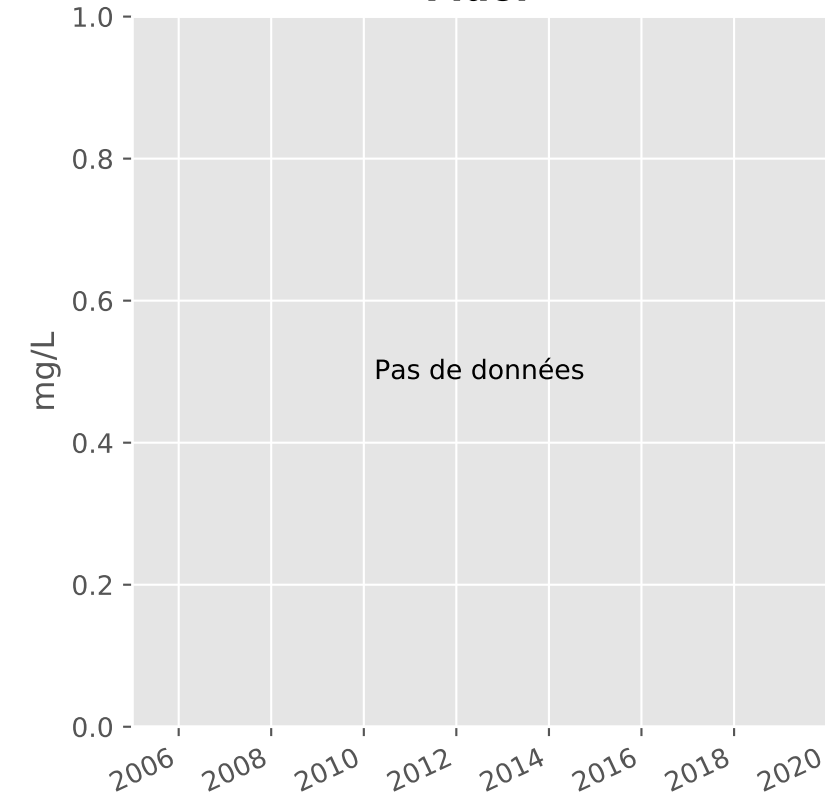
Bore



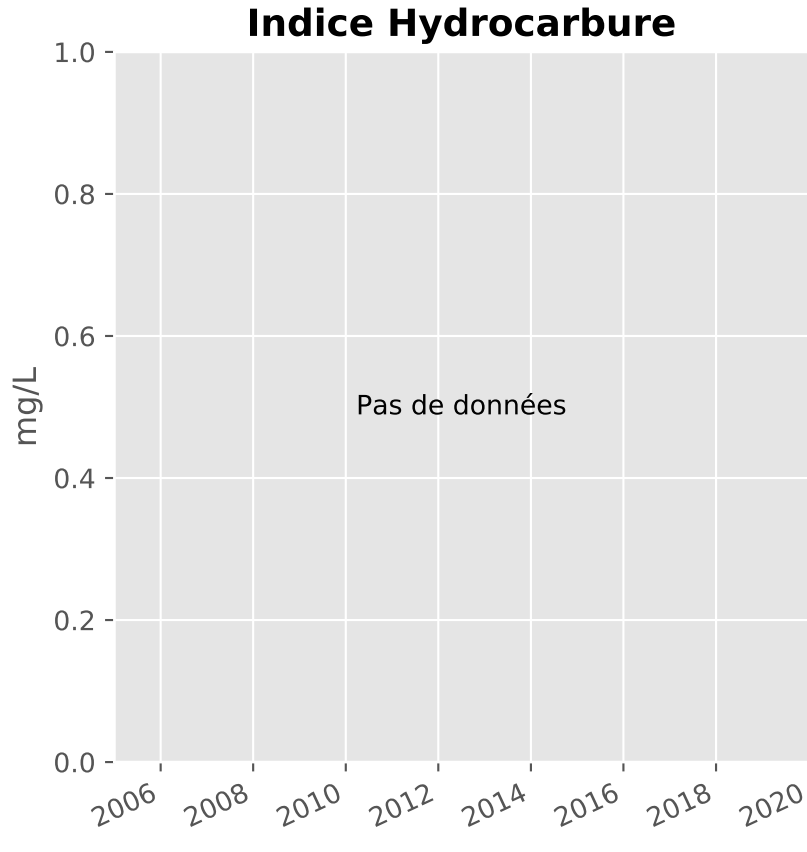
Strontium



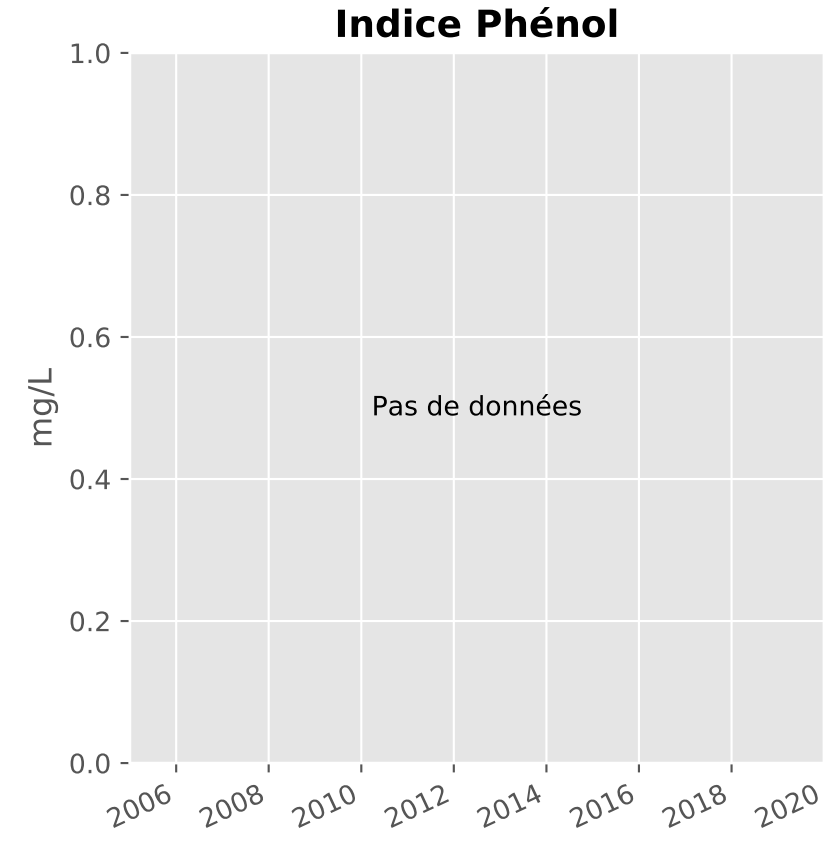
Fluor



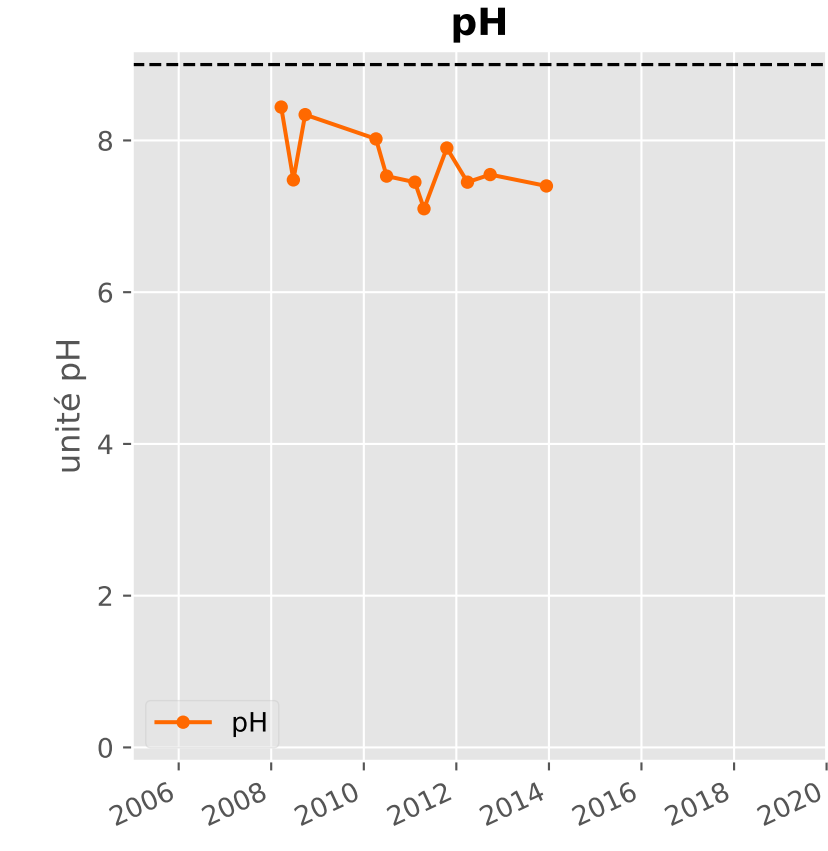
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

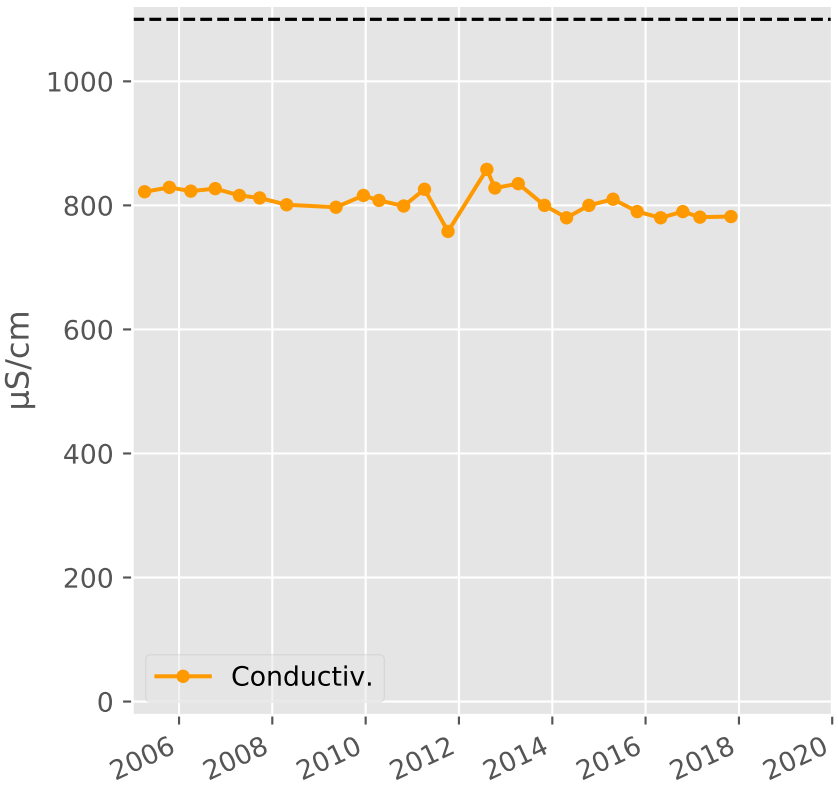


pH

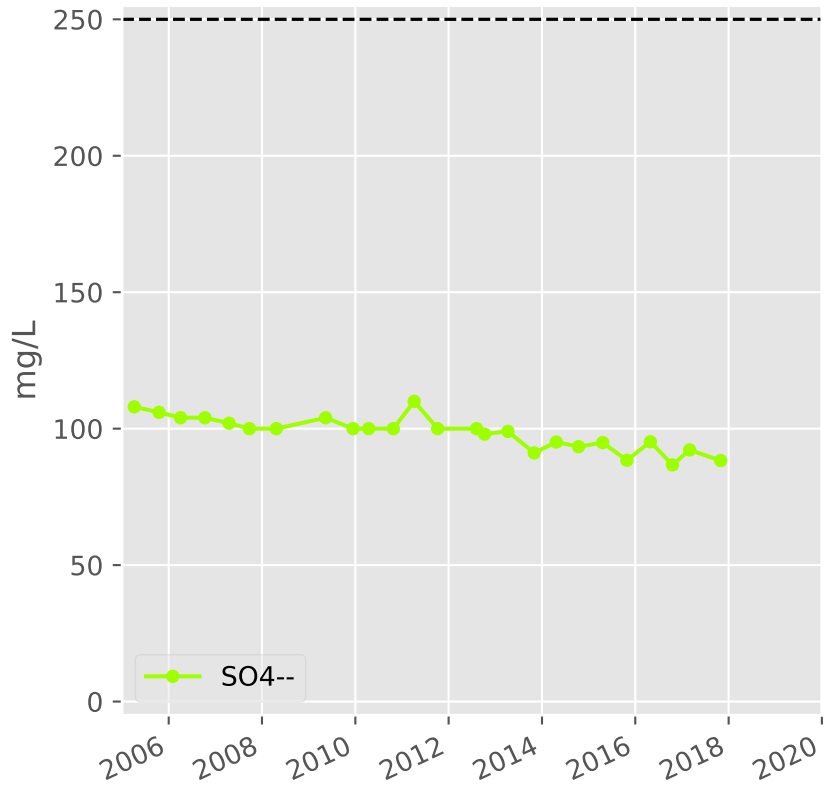


Bassin SERROUVILLE - Réservoir minier - Se1 - Puits Serrouville - 01136X0150

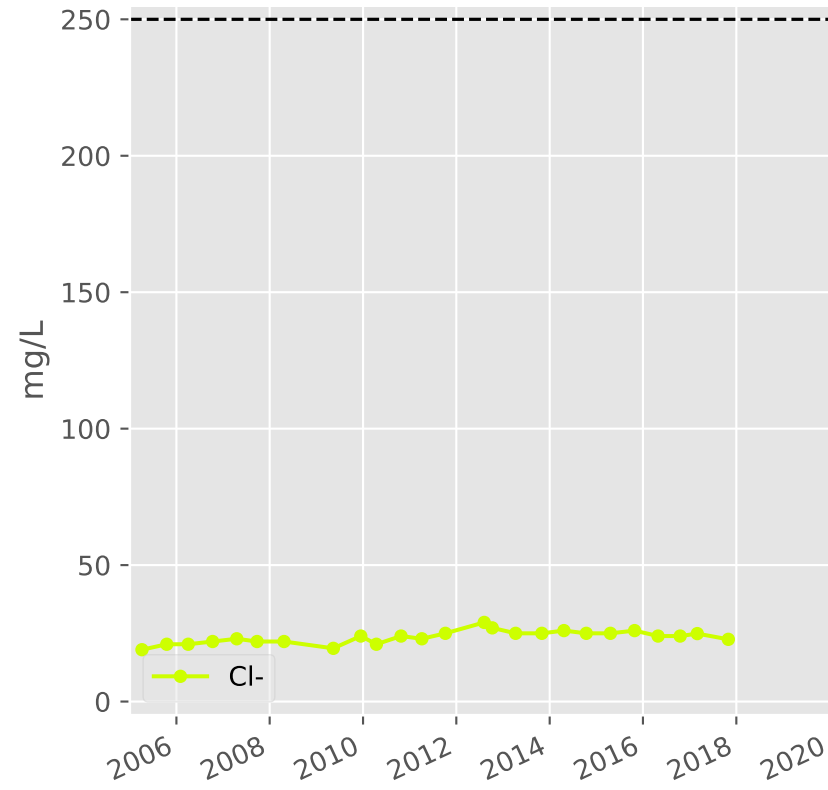
Conductivité



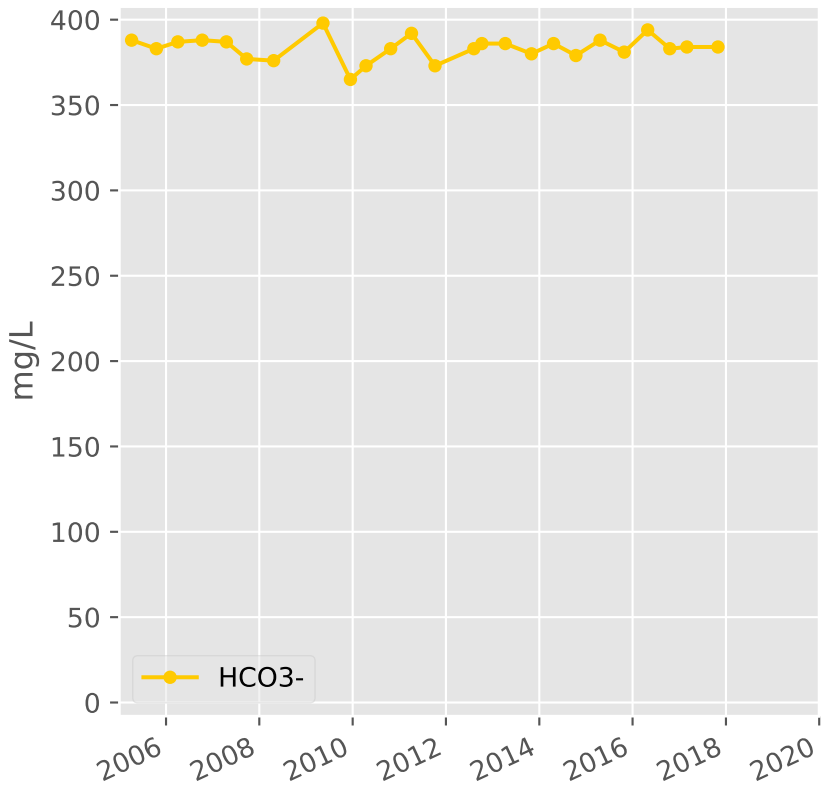
Sulfates



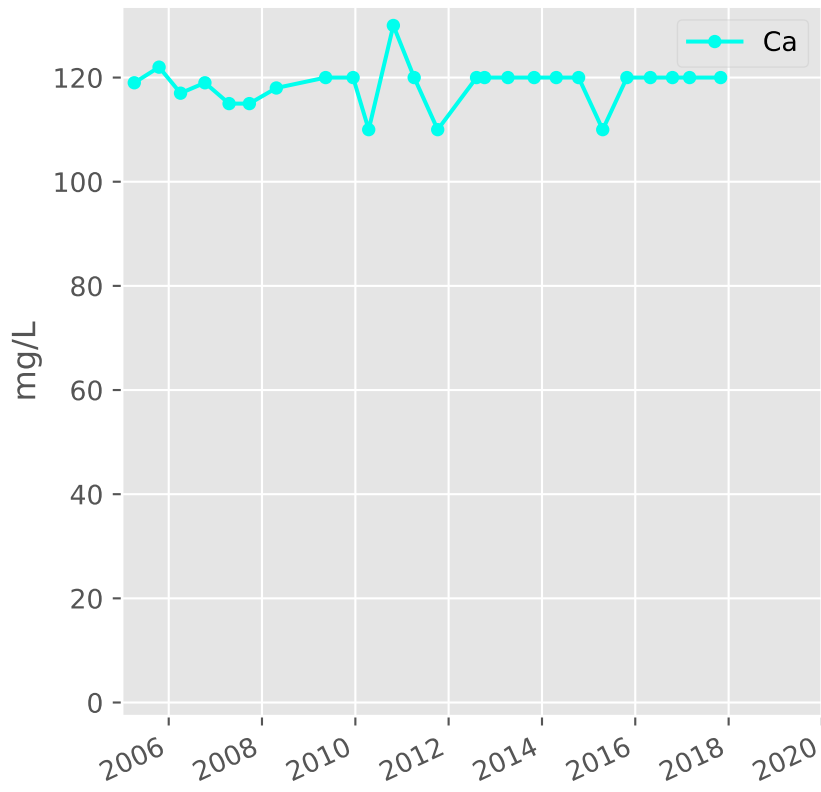
Chlorures



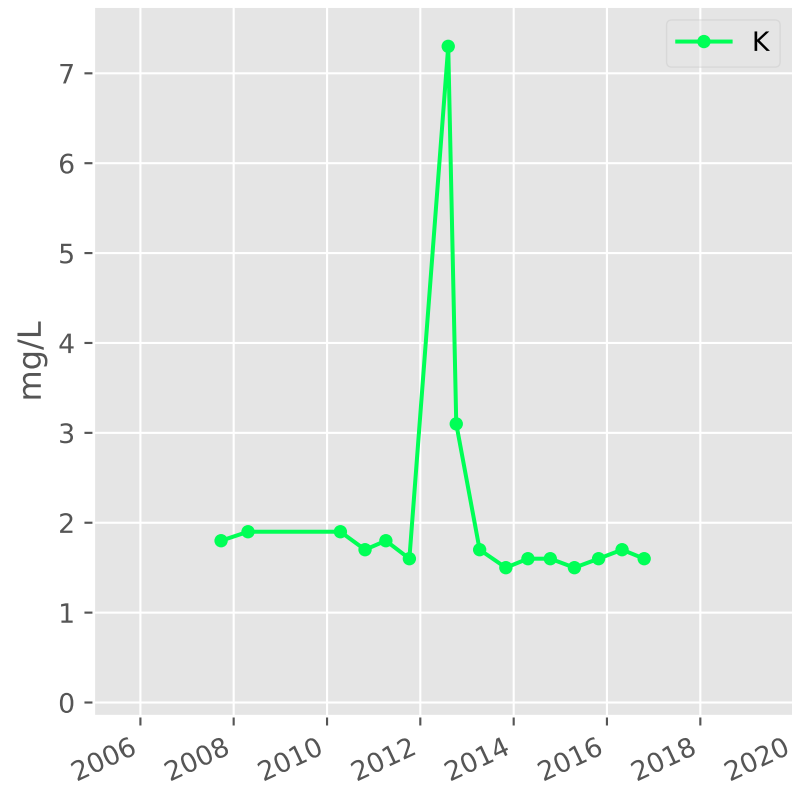
Bicarbonates



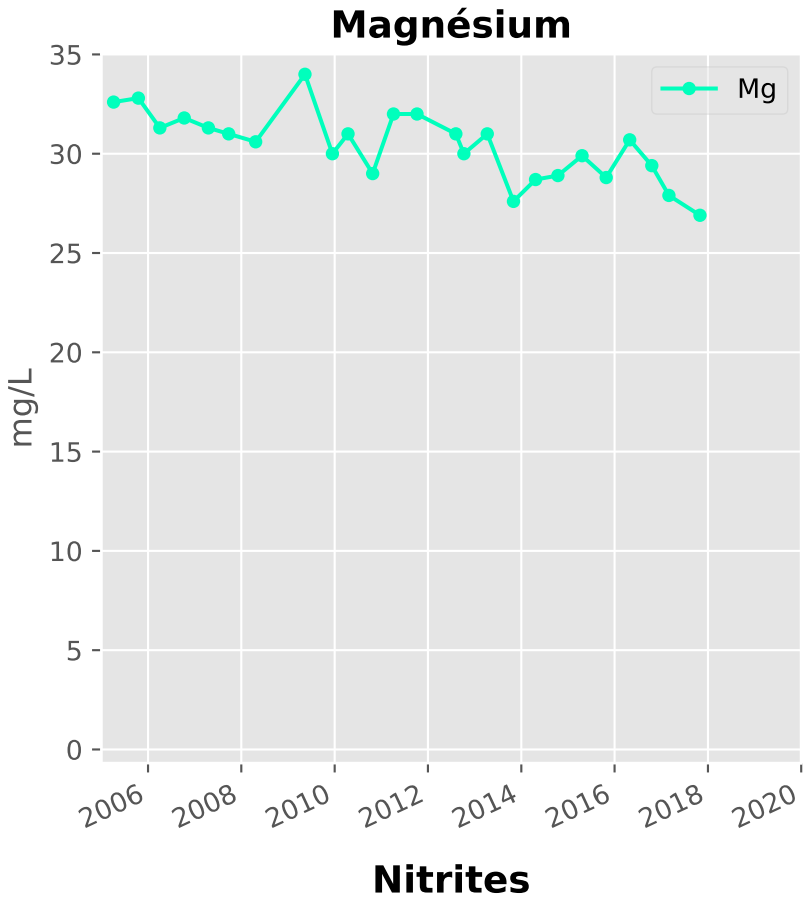
Calcium



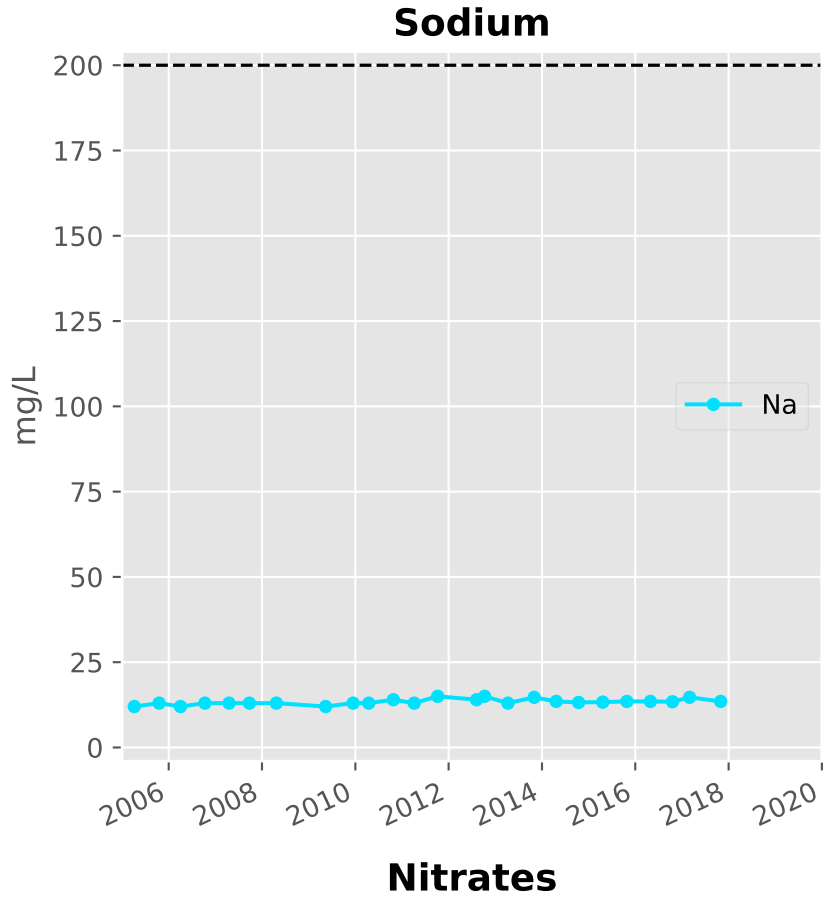
Potassium



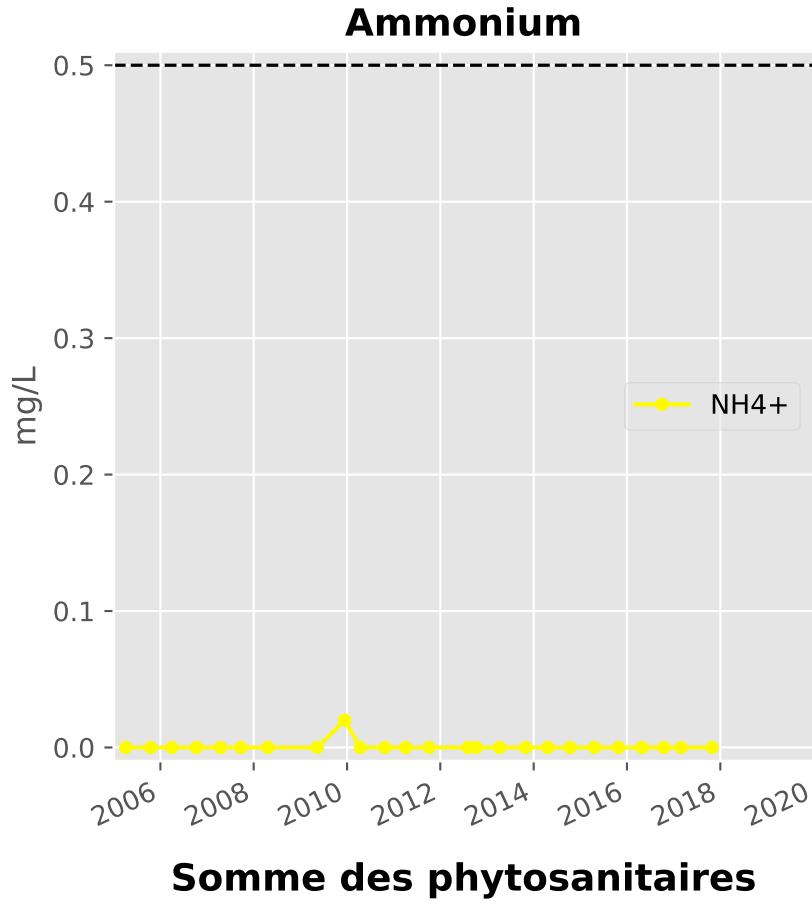
Magnésium



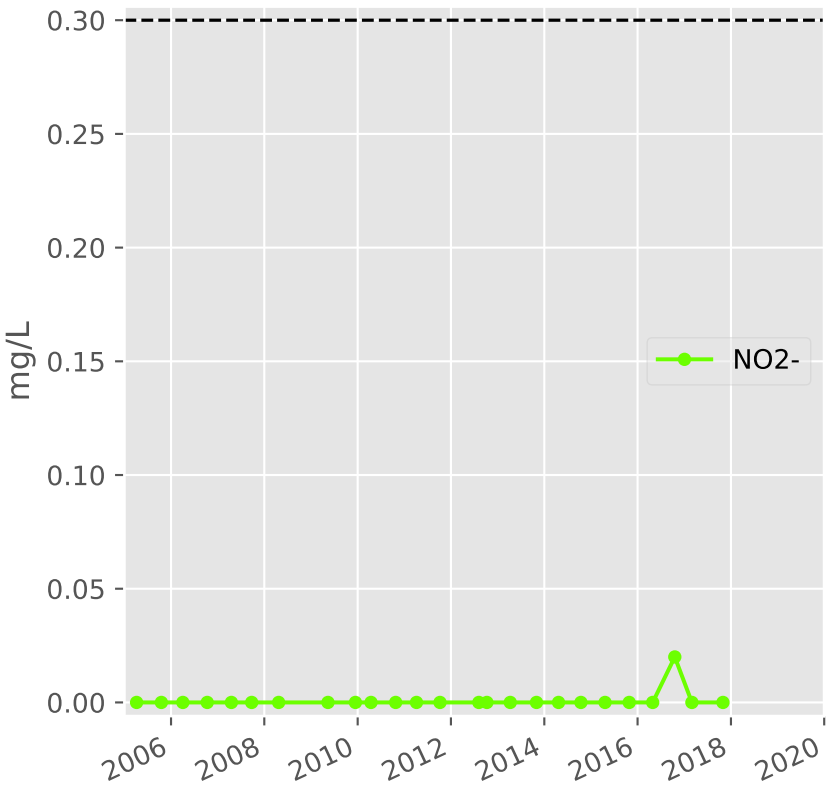
Sodium



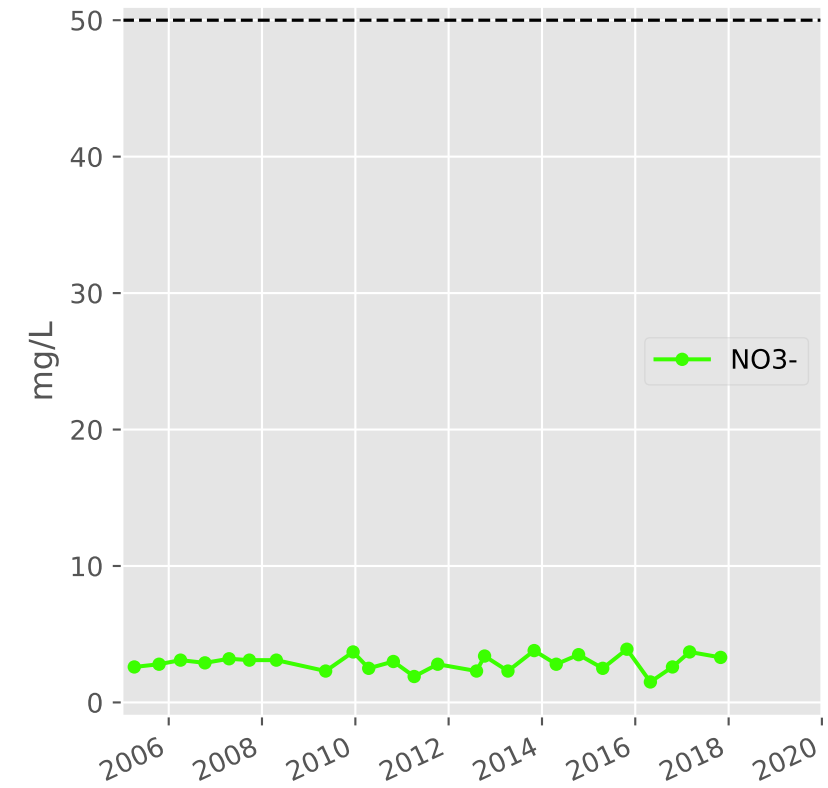
Ammonium



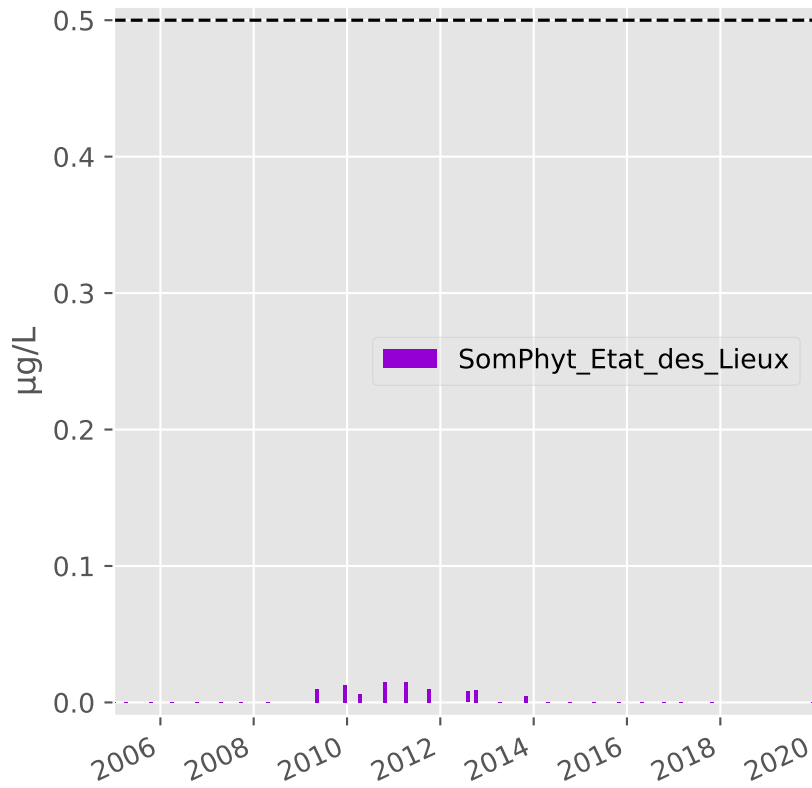
Nitrites



Nitrates

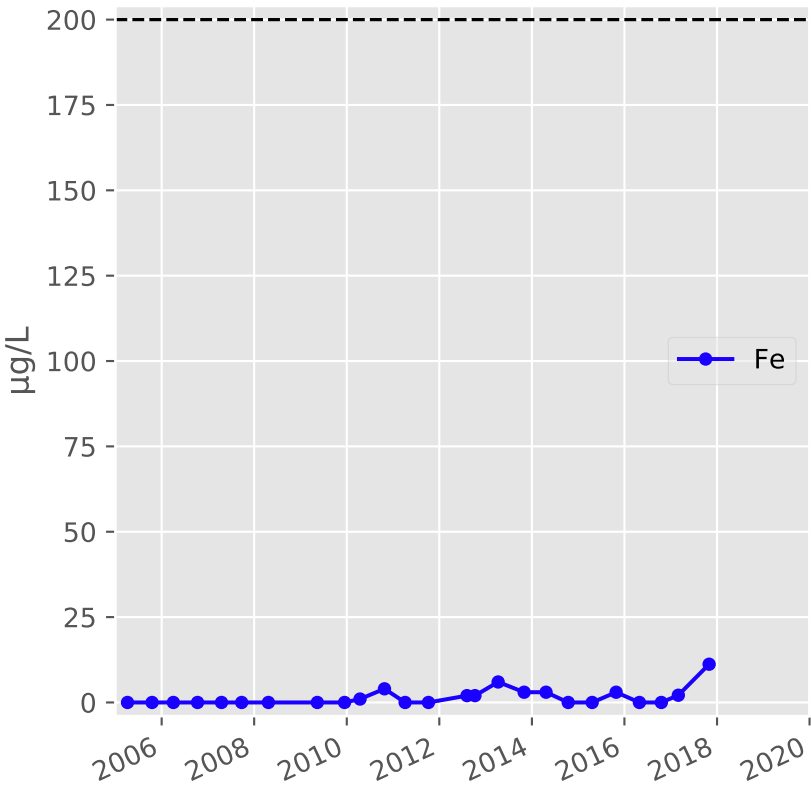


Somme des phytosanitaires

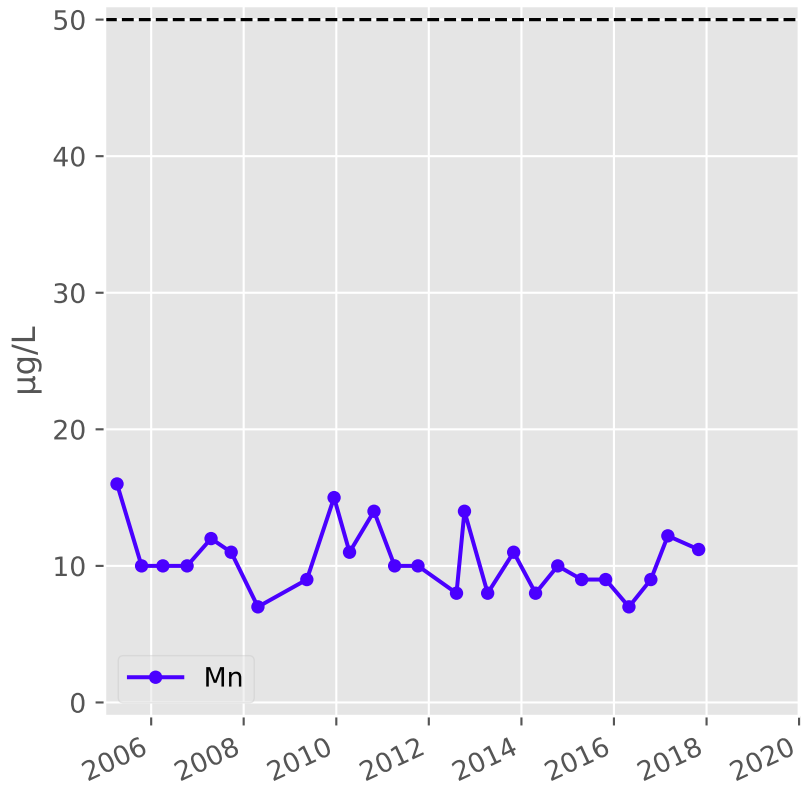


Bassin SERROUVILLE - Réservoir minier - Se1 - Puits Serrouville - 01136X0150

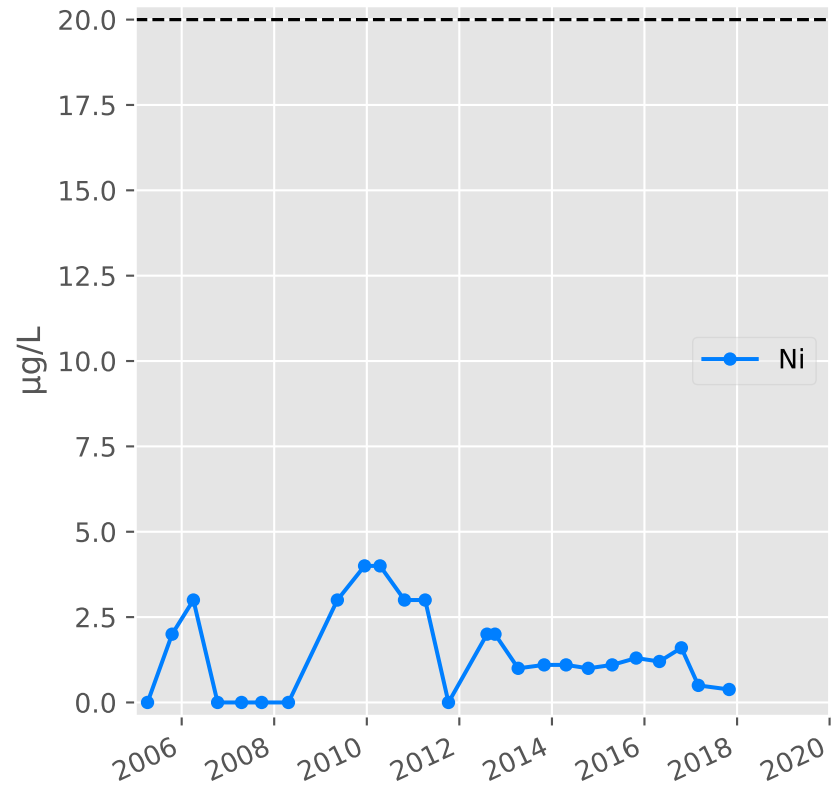
Fer



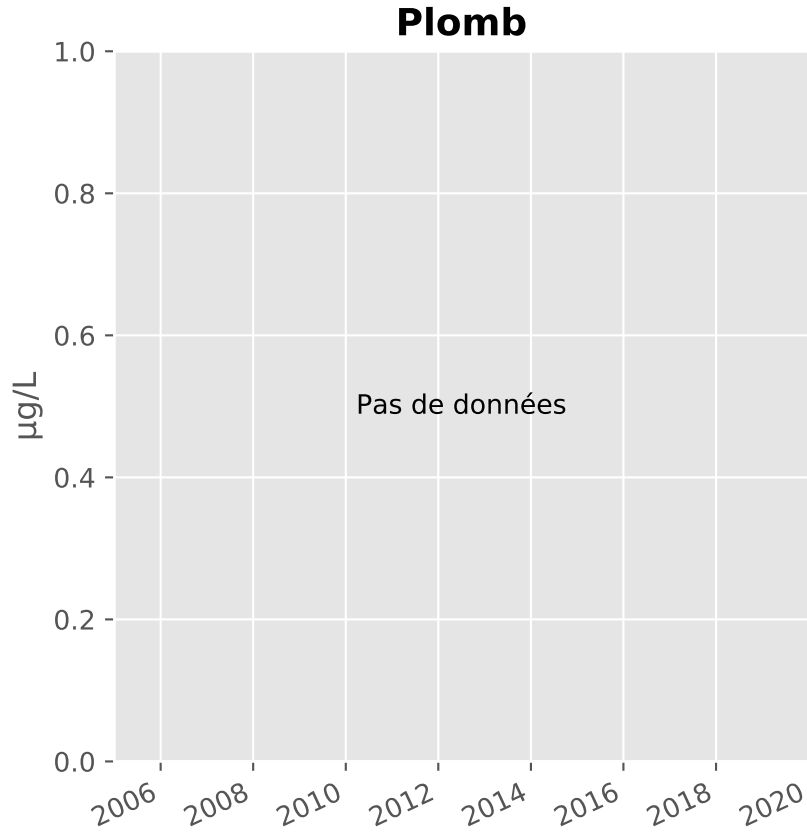
Manganèse



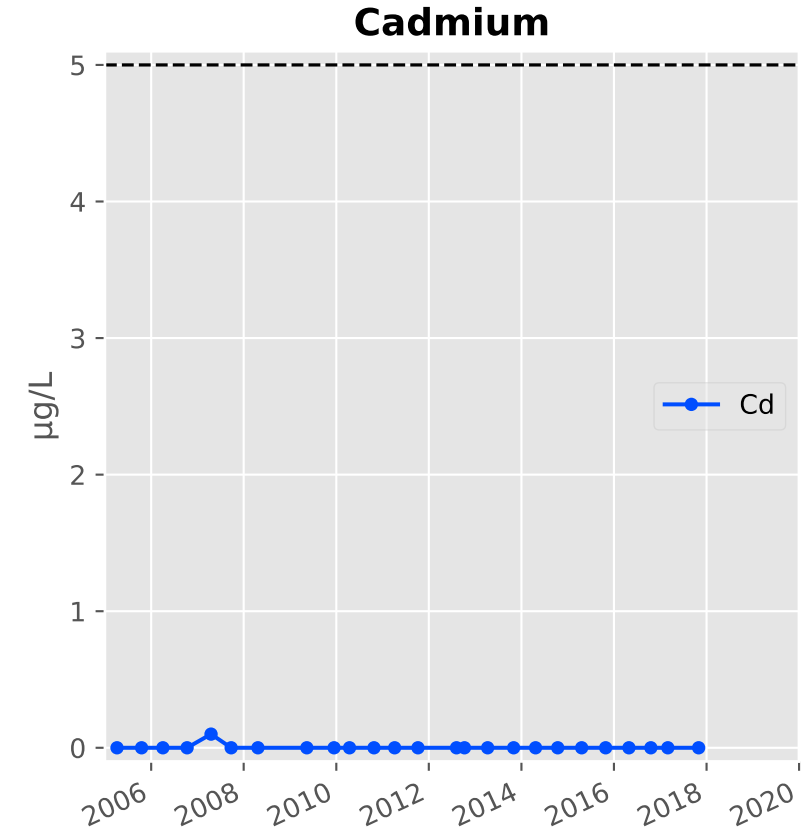
Nickel



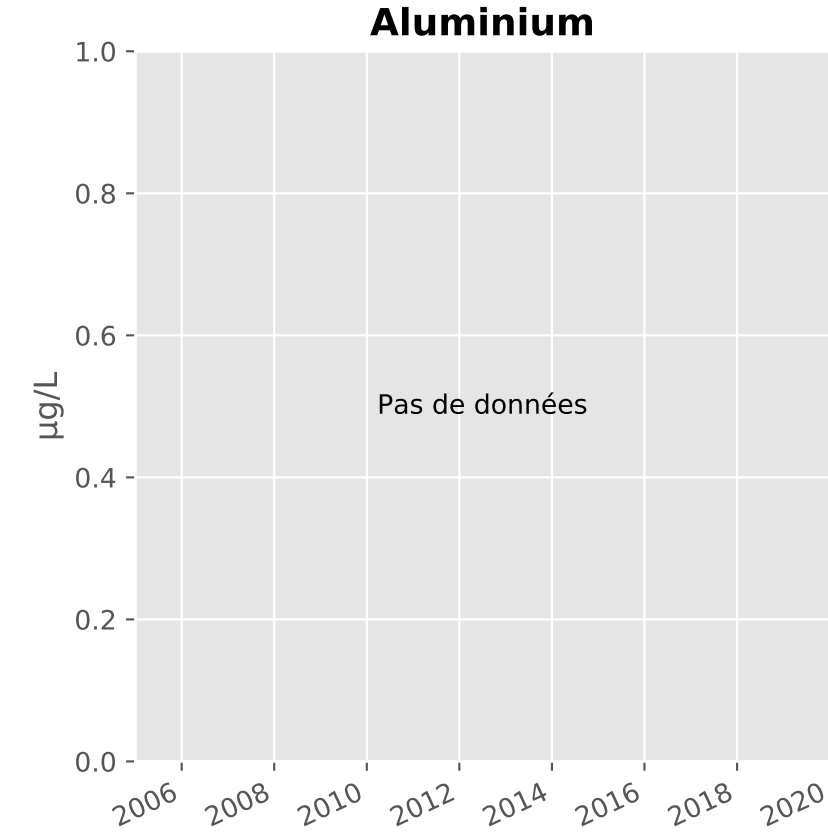
Plomb



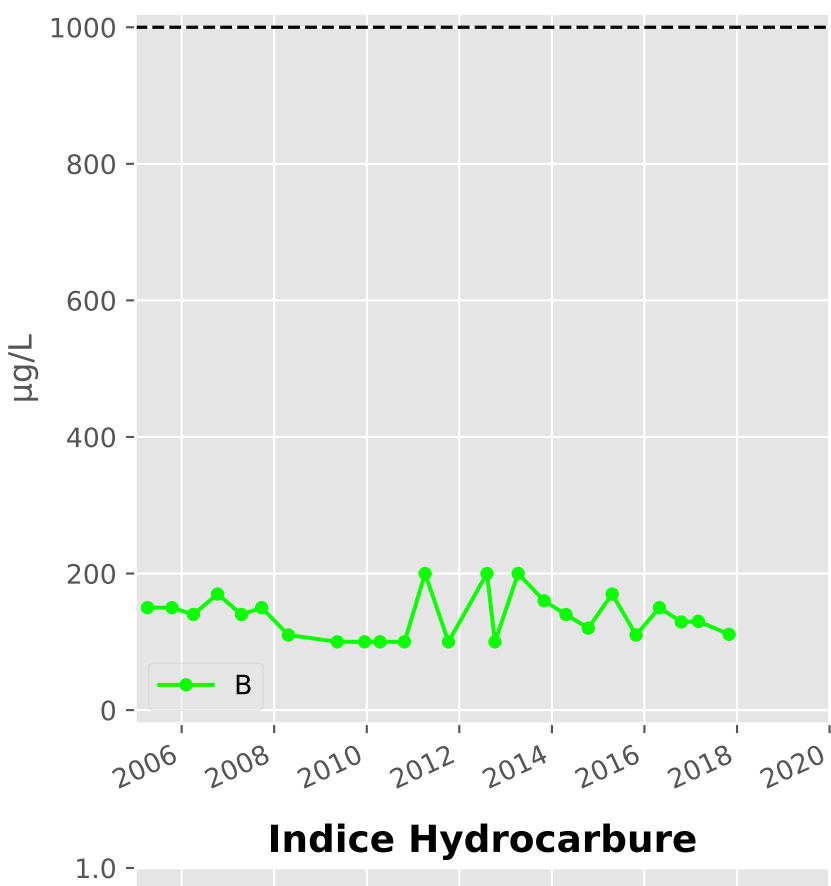
Cadmium



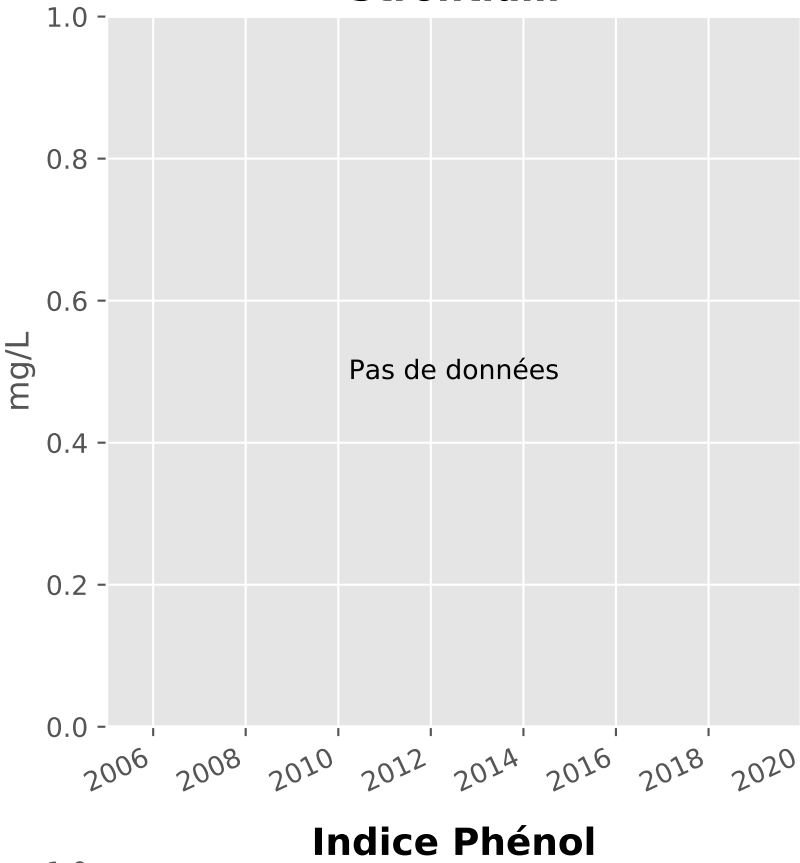
Aluminium



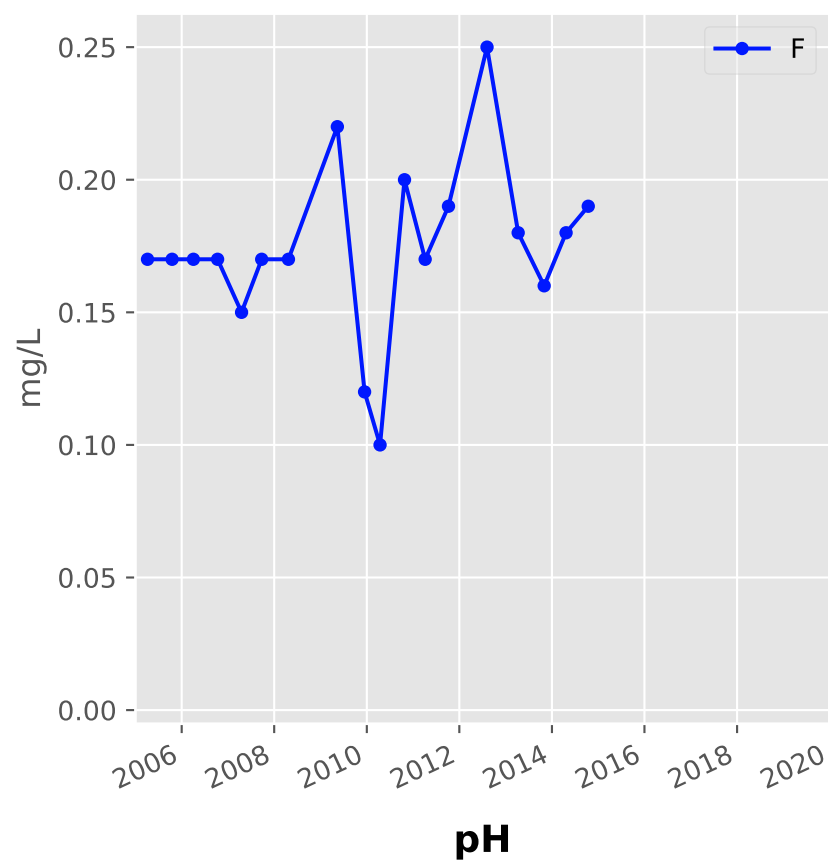
Bore



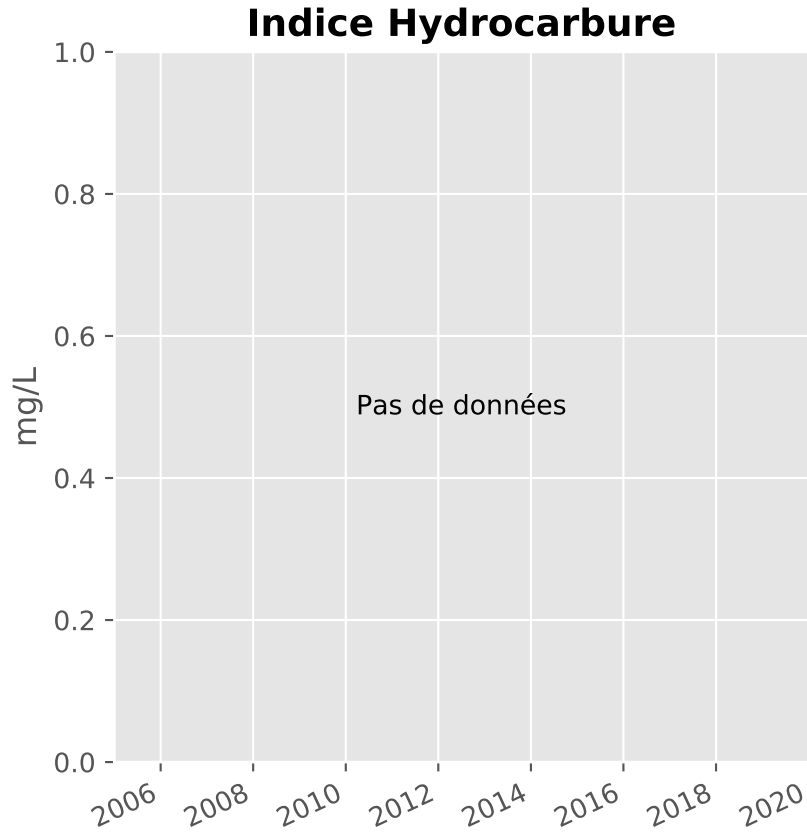
Strontium



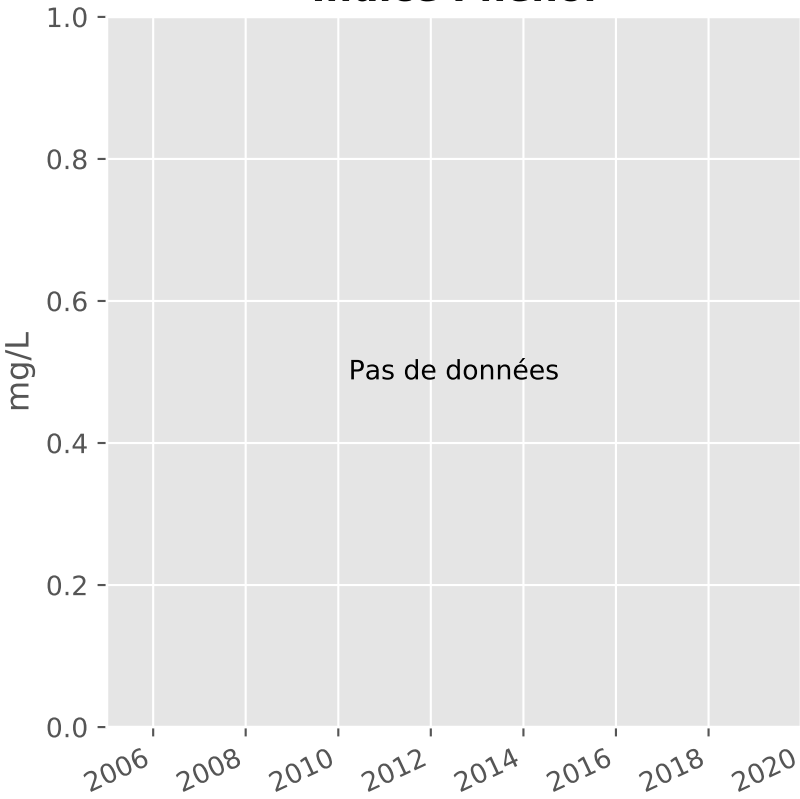
Fluor



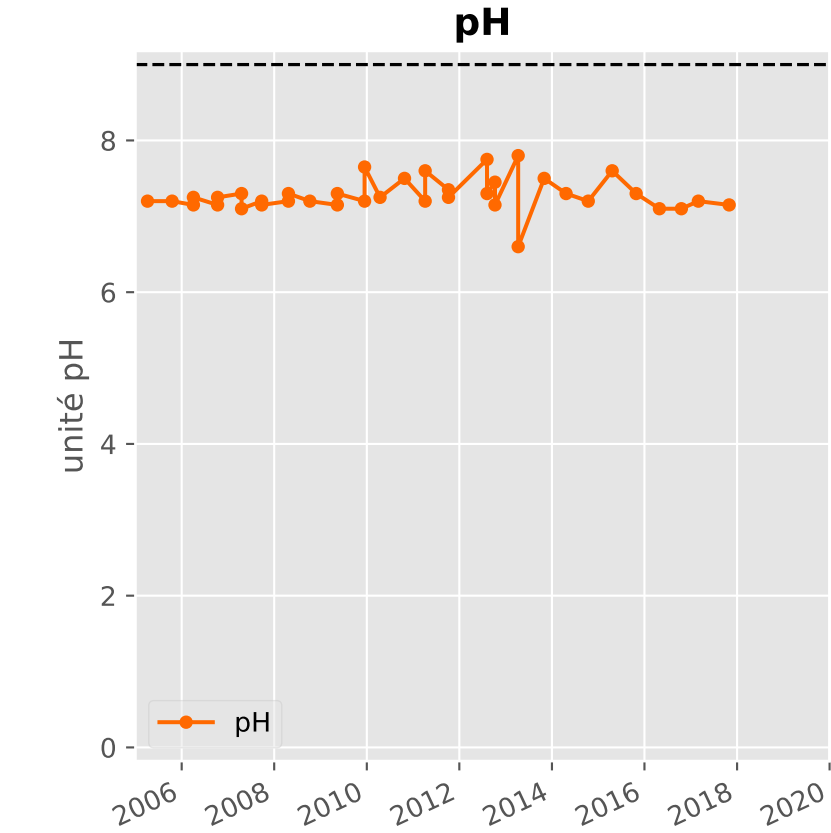
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

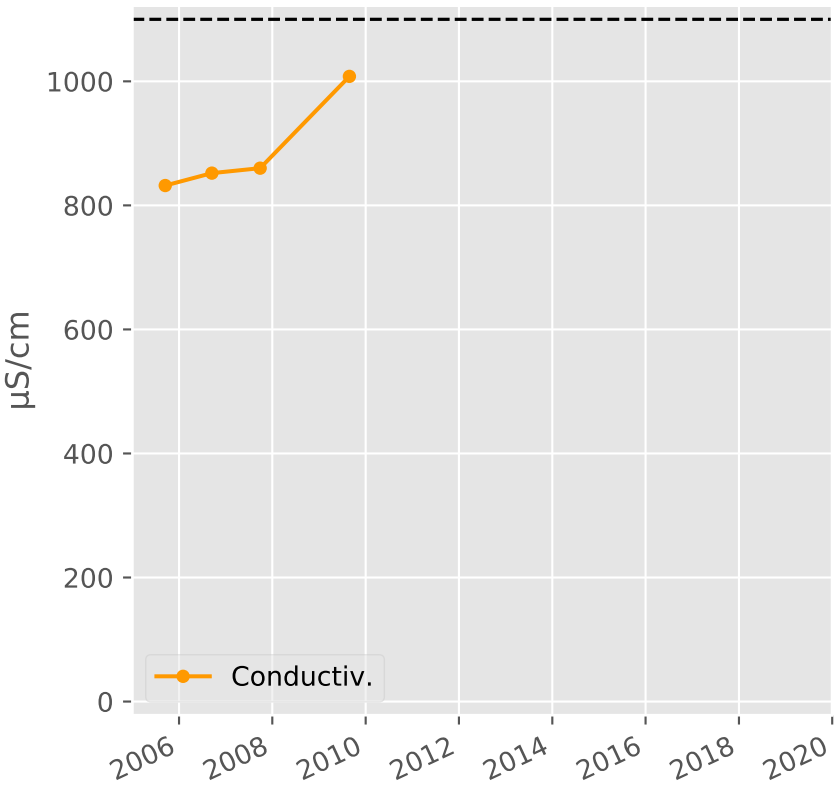


pH

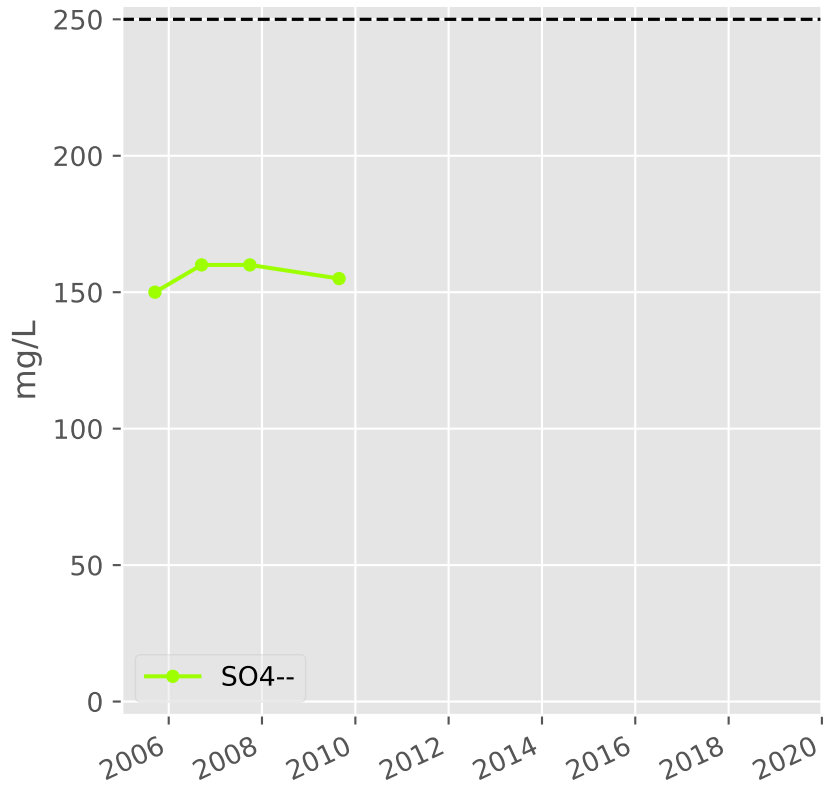


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C04 - Gal. de Fontoy - 01137X0151

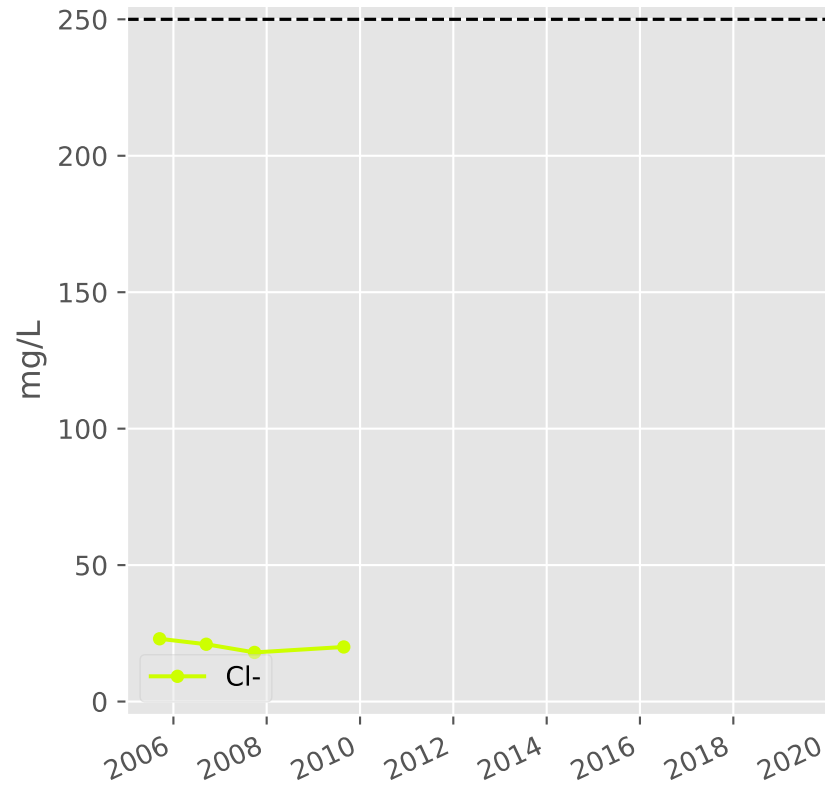
Conductivité



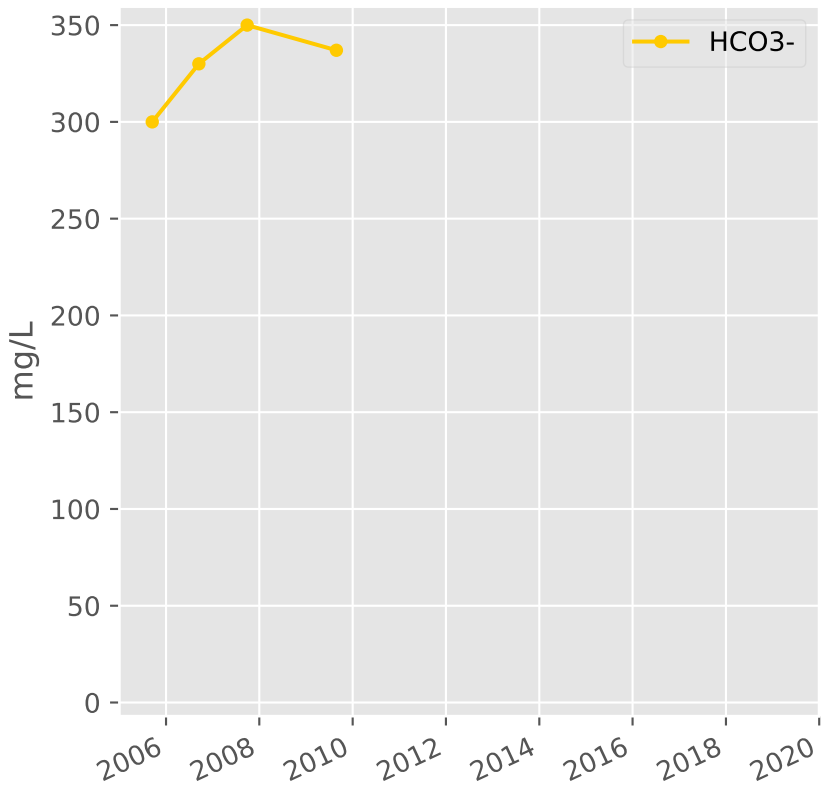
Sulfates



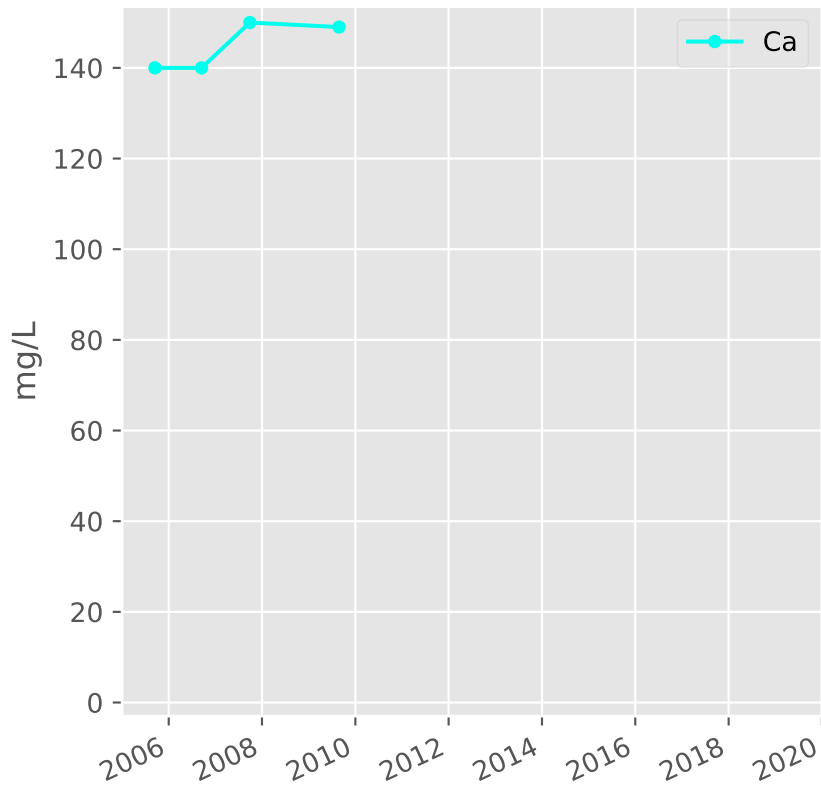
Chlorures



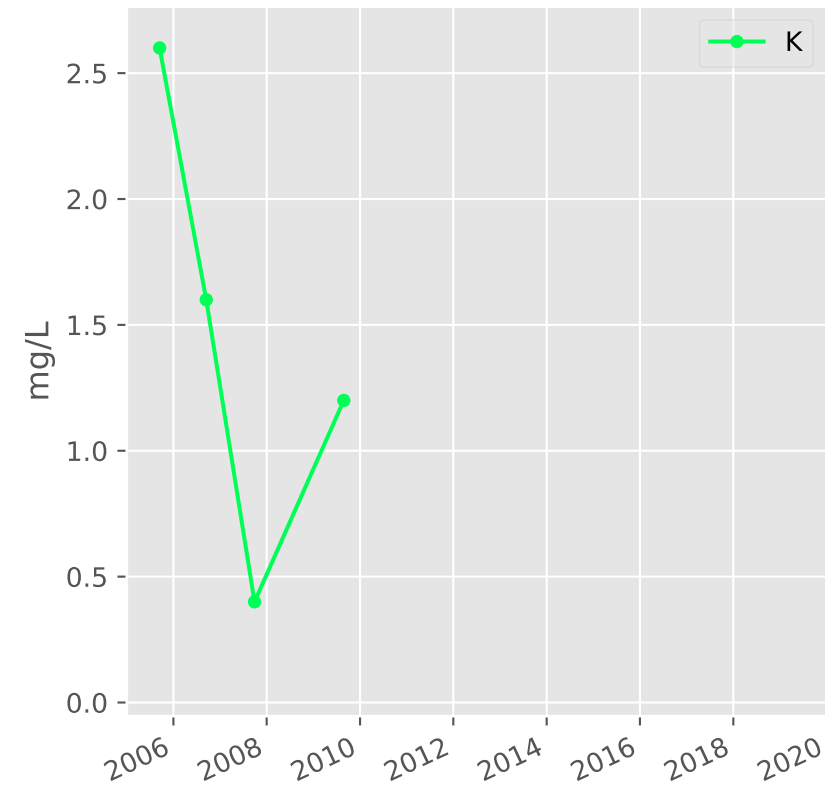
Bicarbonates



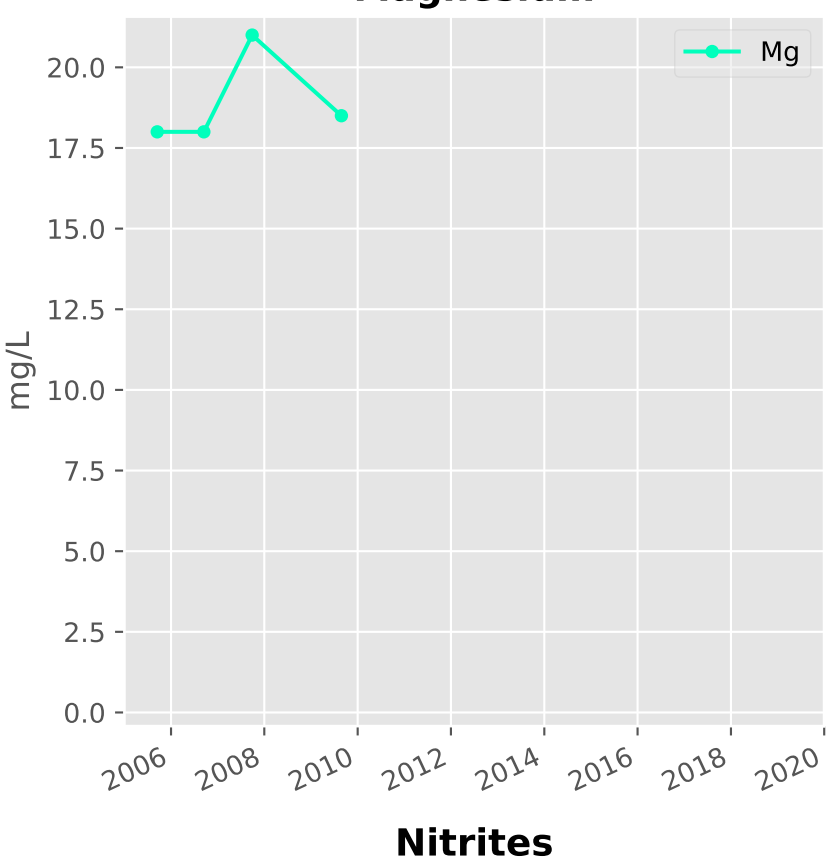
Calcium



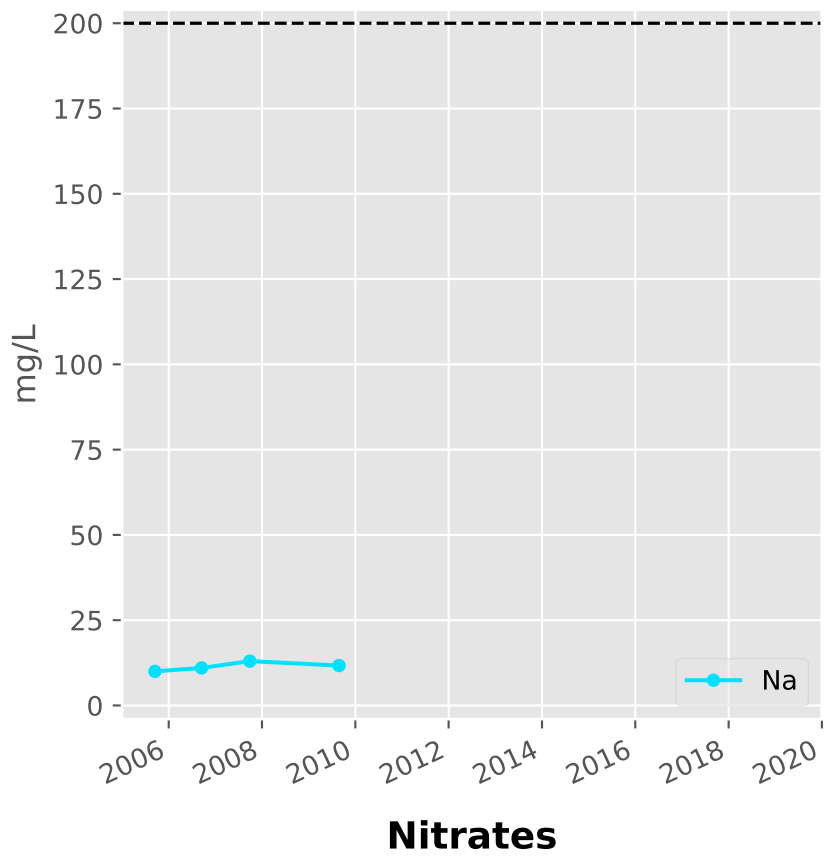
Potassium



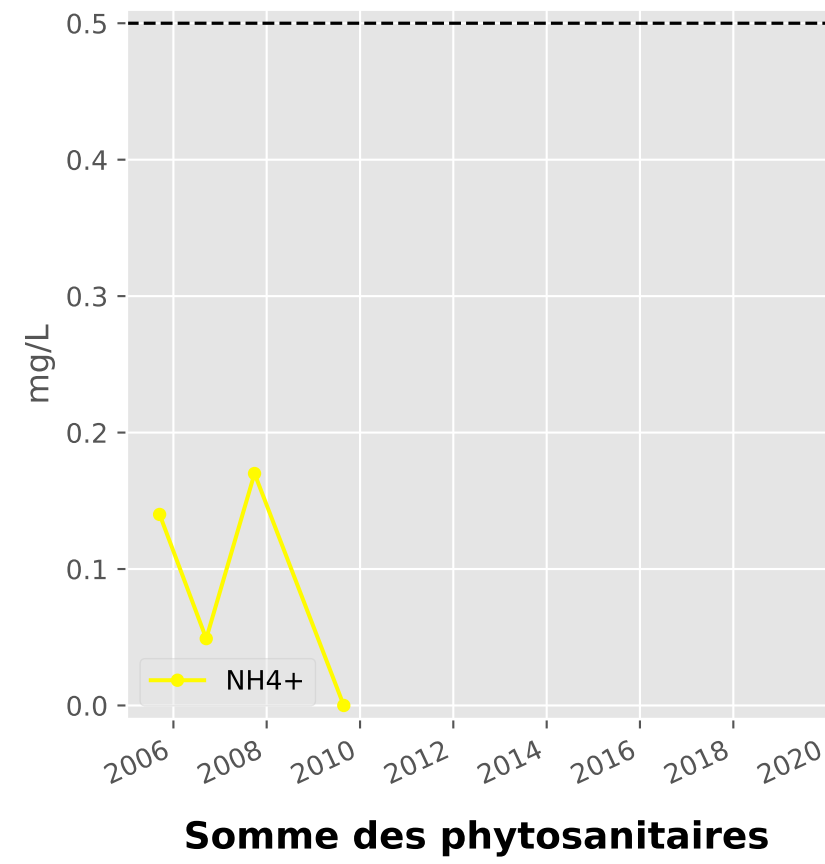
Magnésium



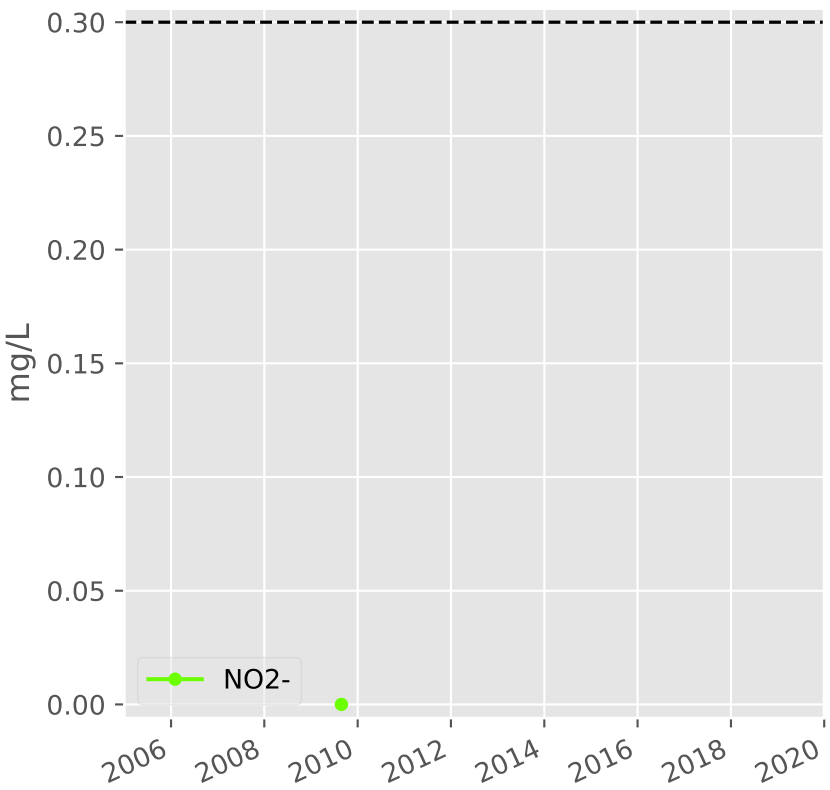
Sodium



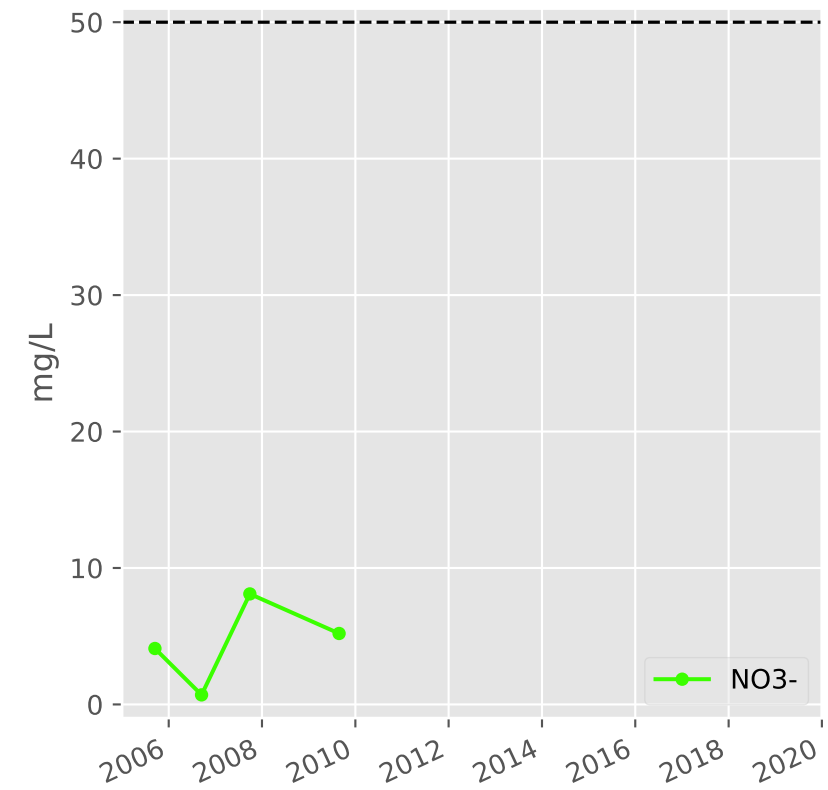
Ammonium



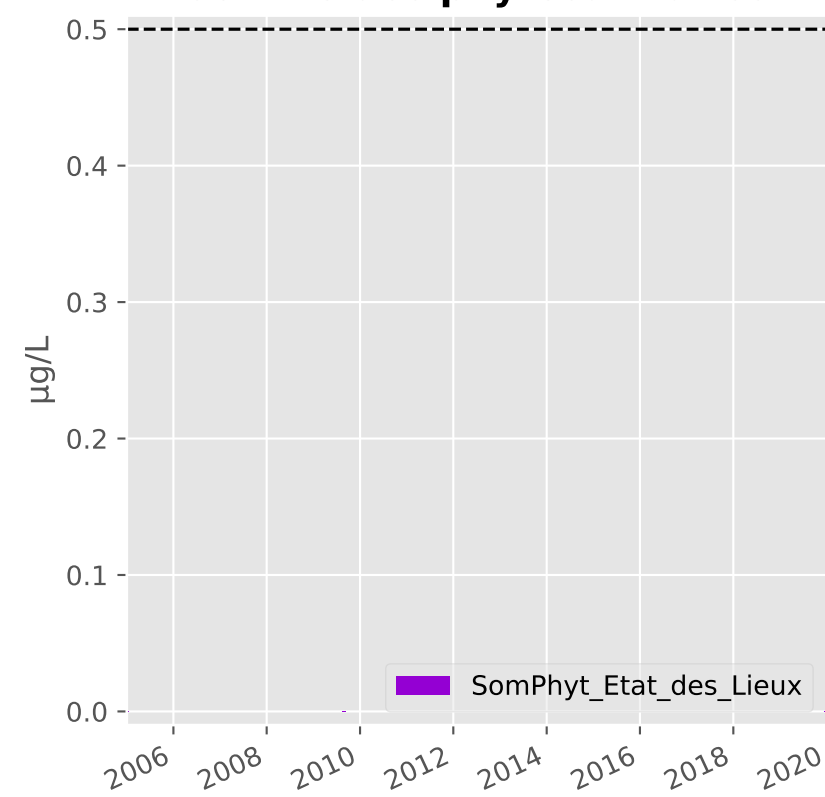
Nitrites



Nitrates

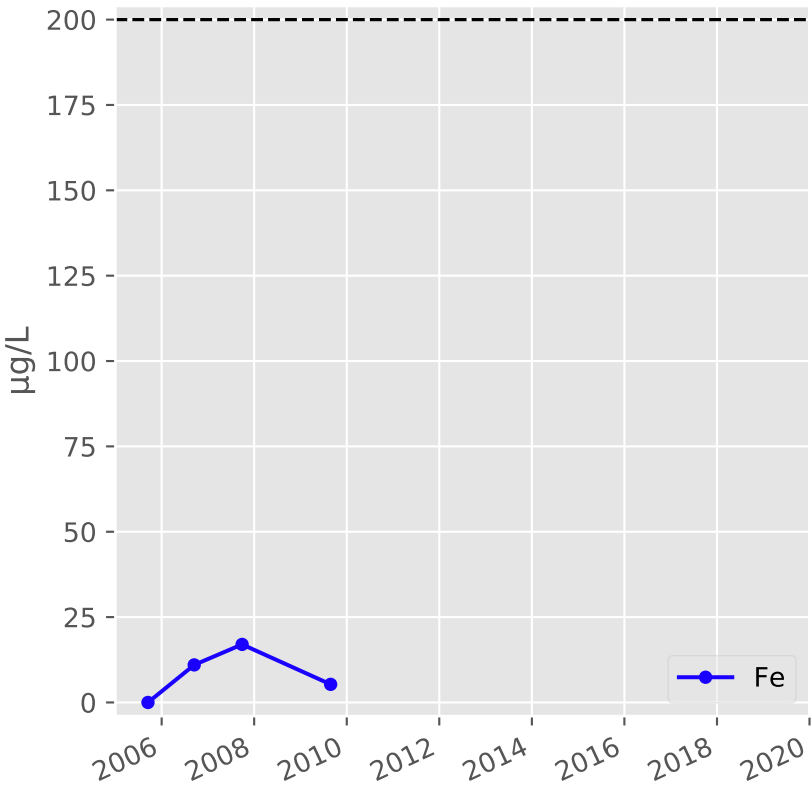


Somme des phytosanitaires

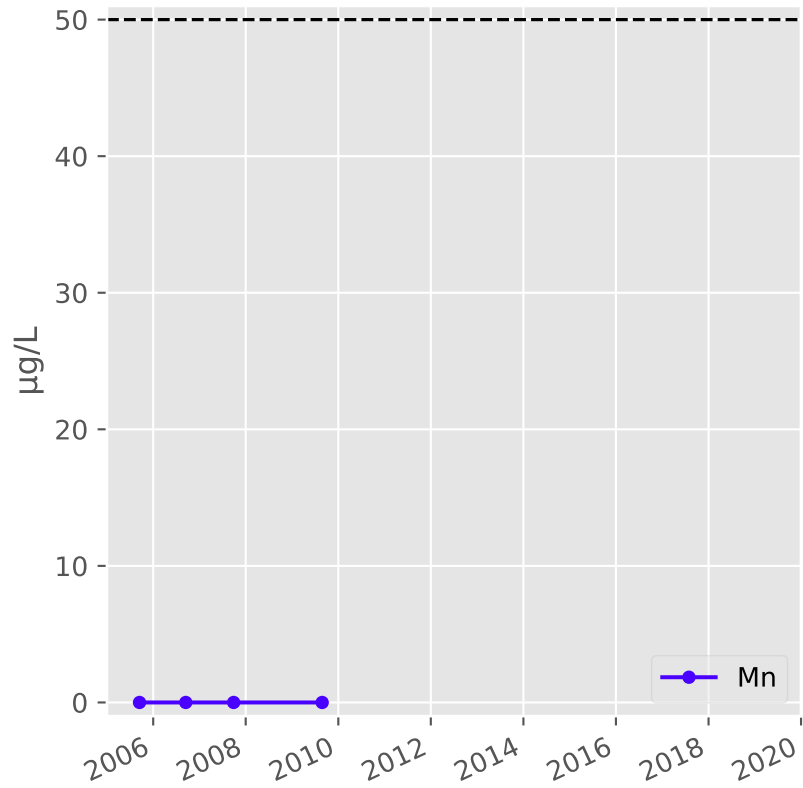


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C04 - Gal. de Fontoy - 01137X0151

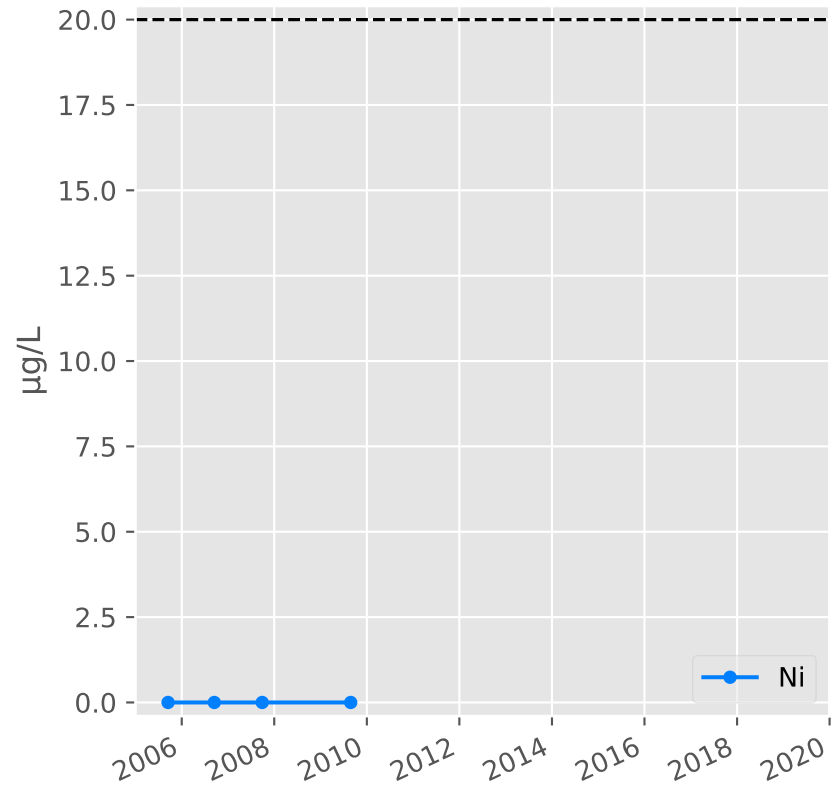
Fer



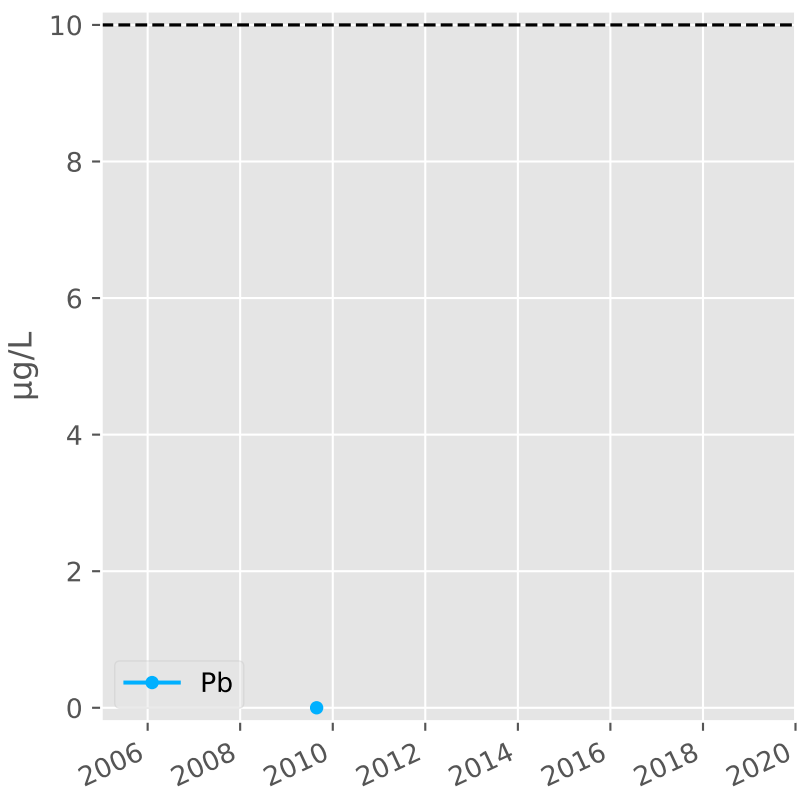
Manganèse



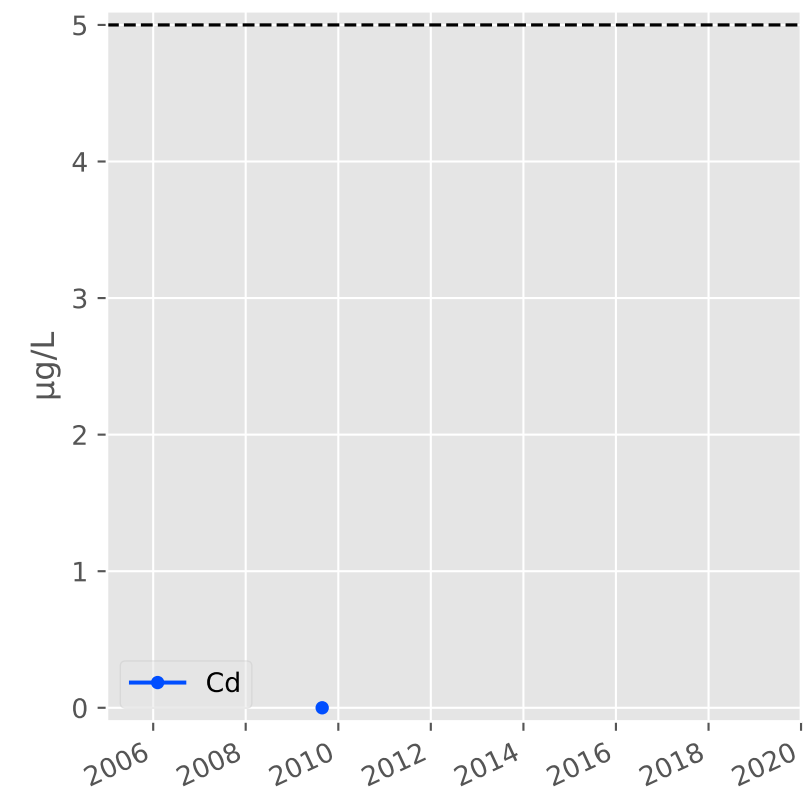
Nickel



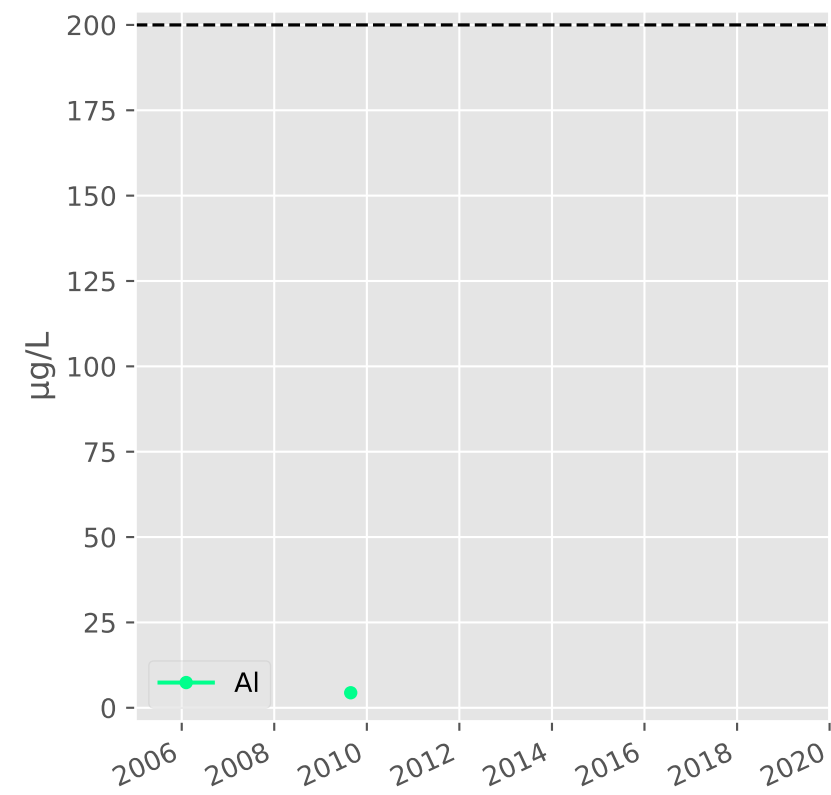
Plomb



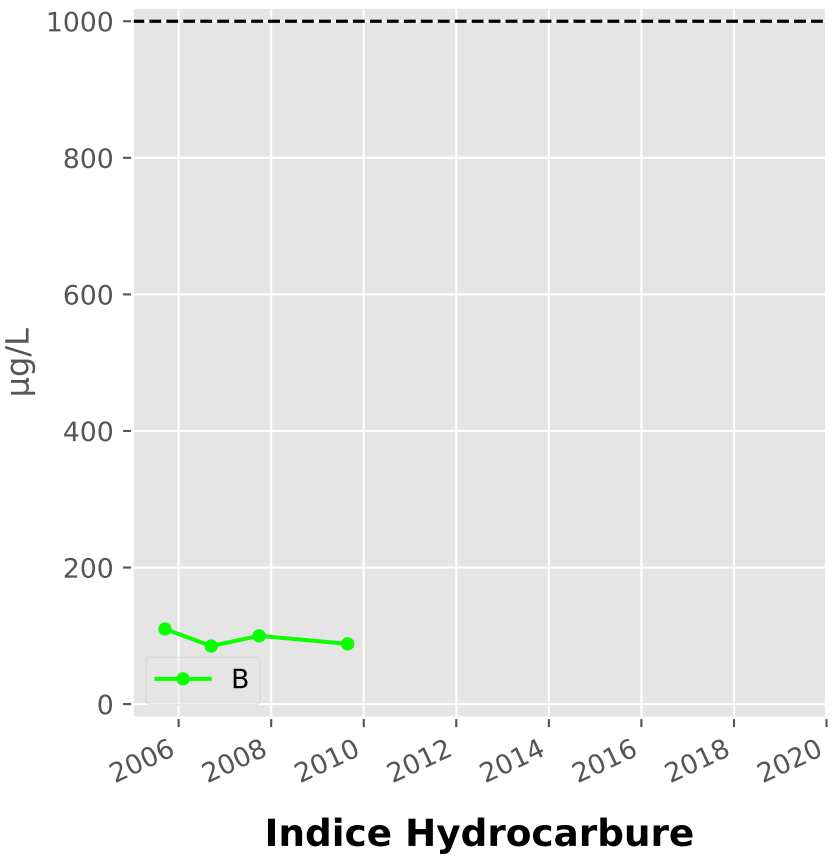
Cadmium



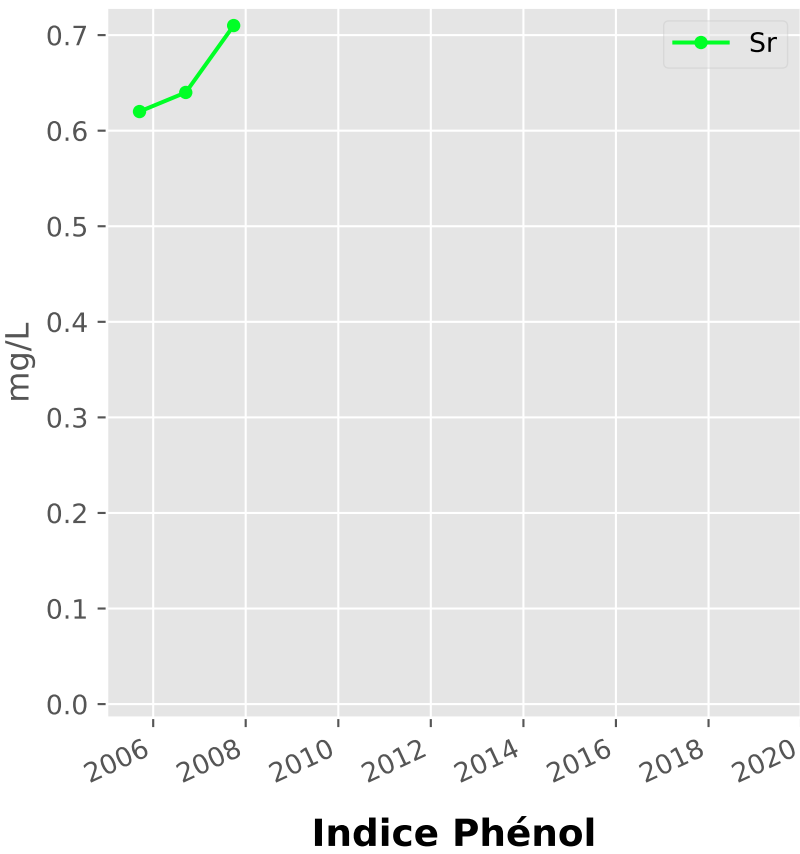
Aluminium



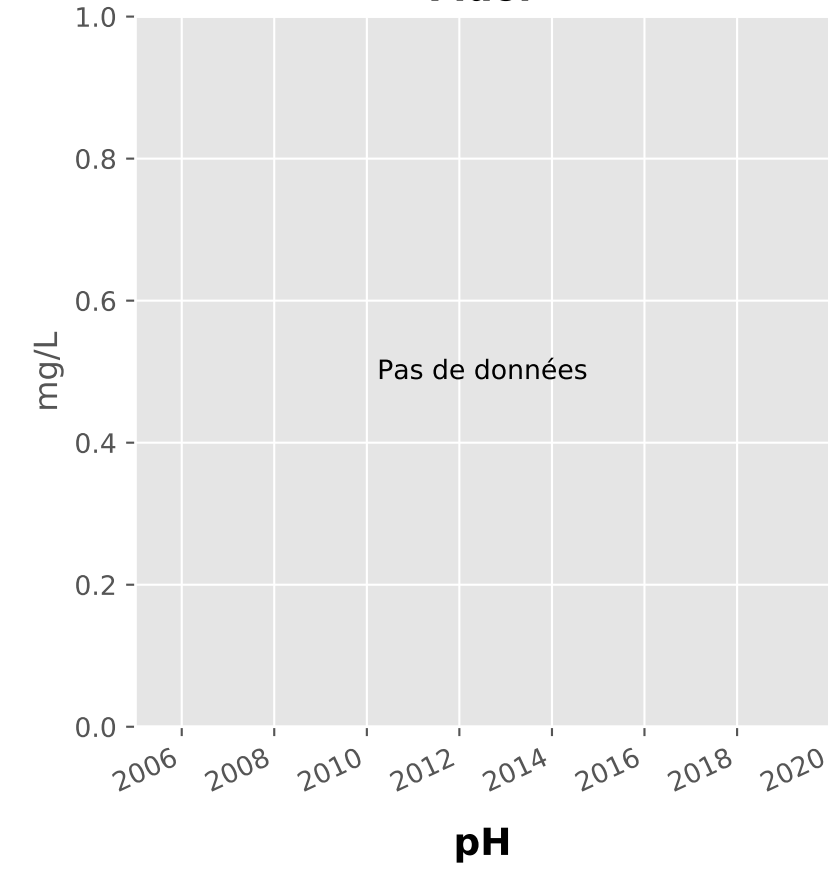
Bore



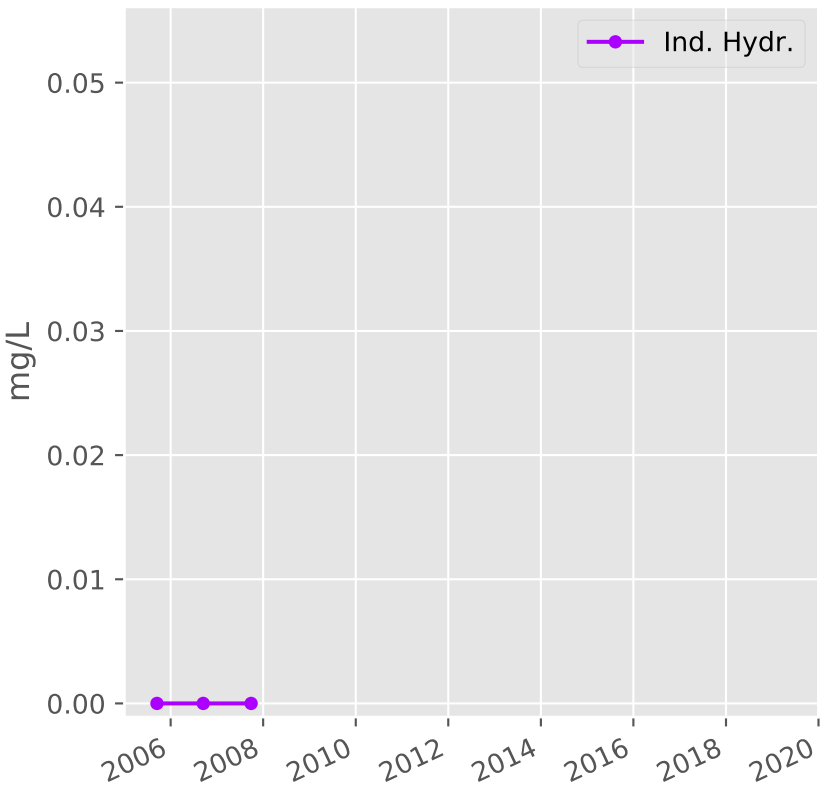
Strontium



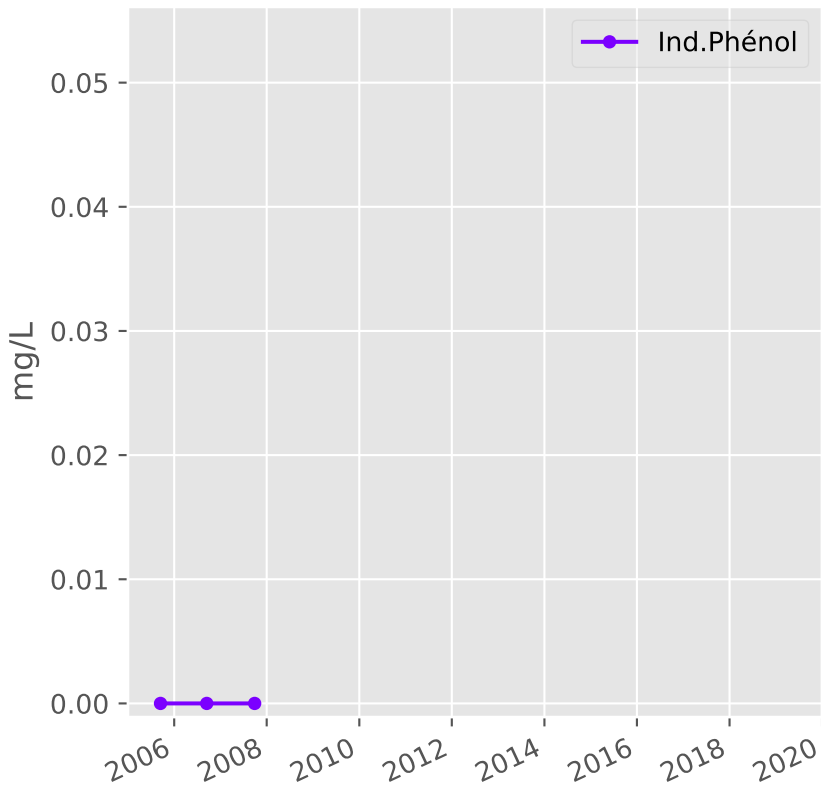
Fluor



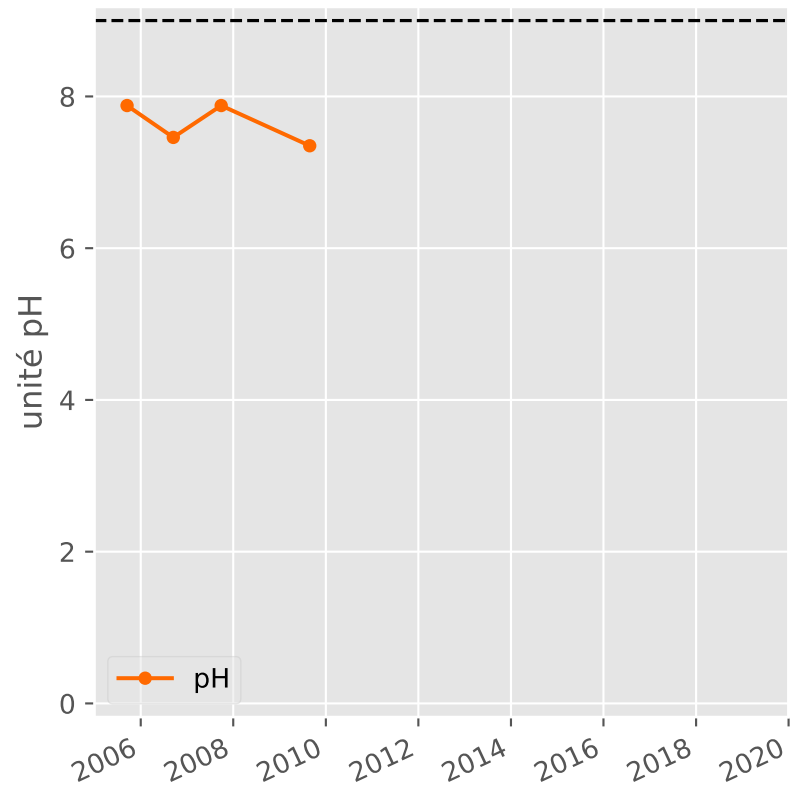
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

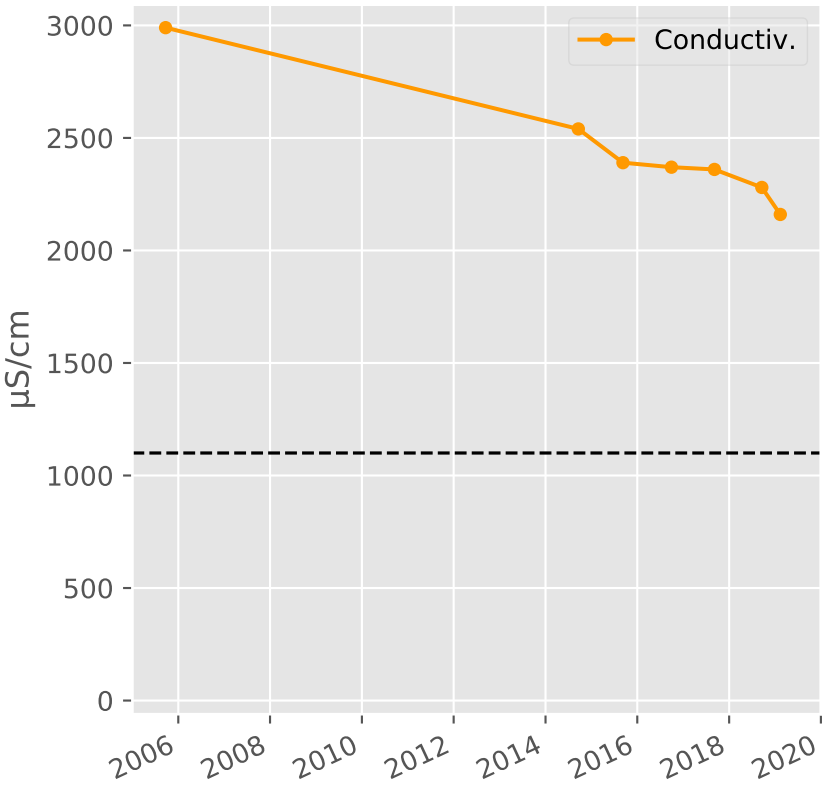


pH

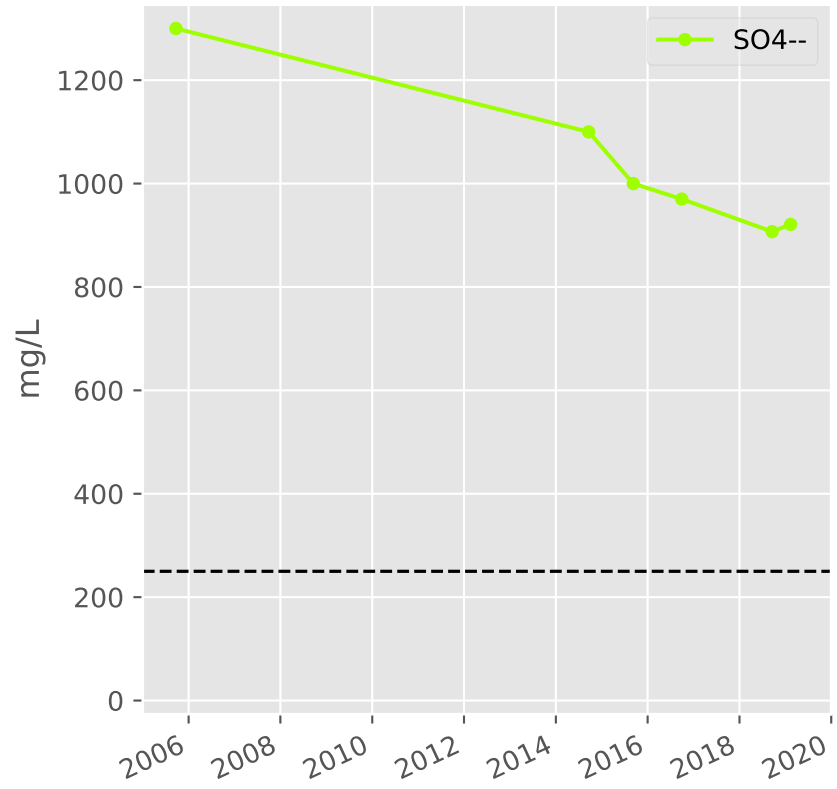


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C02 - For. Route Blanche - 01137X0157

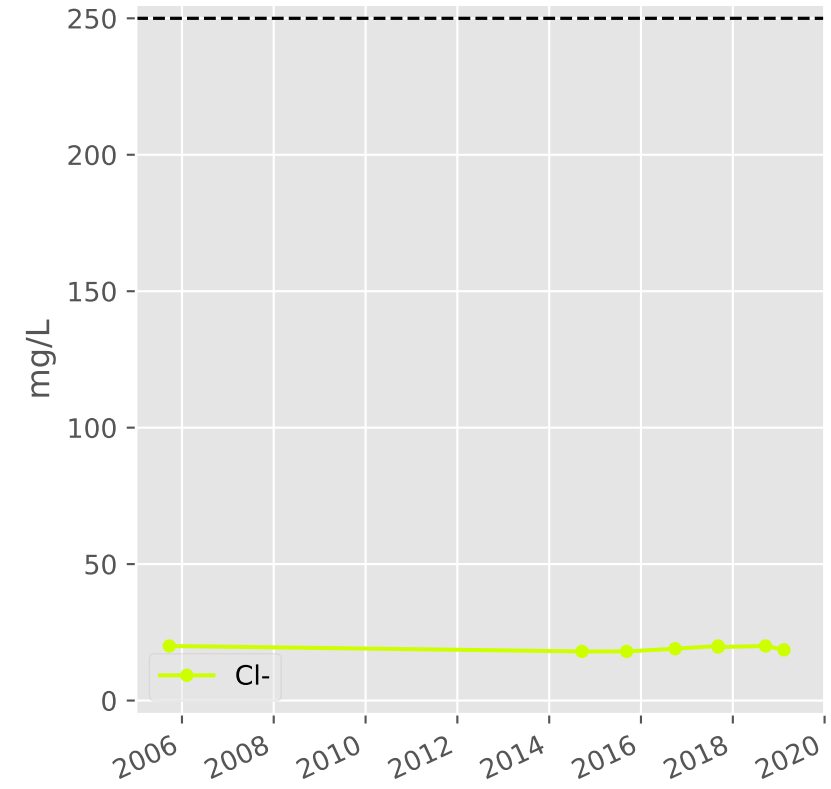
Conductivité



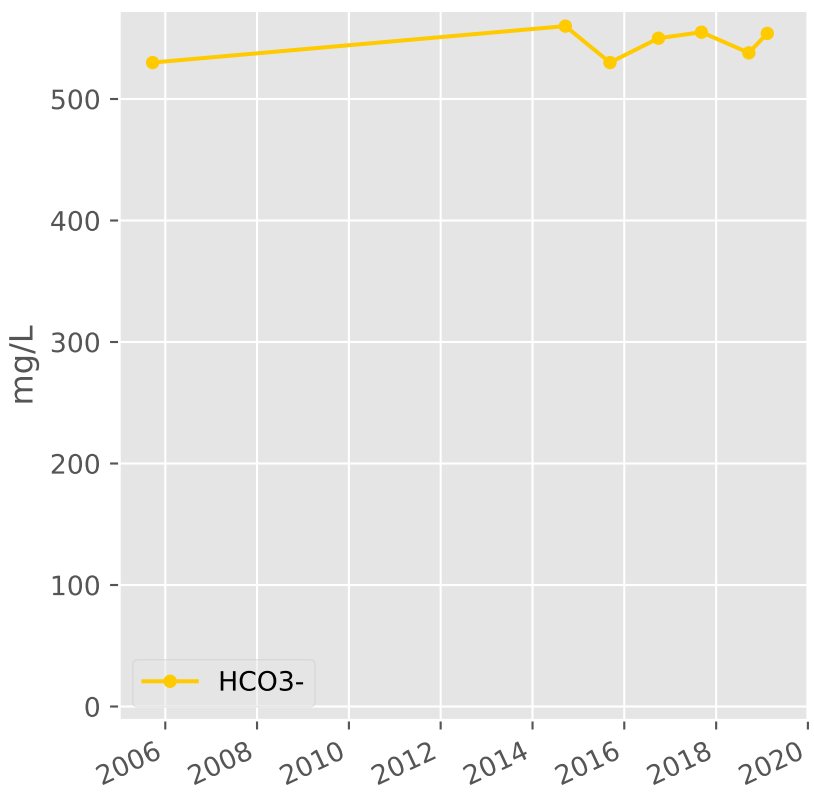
Sulfates



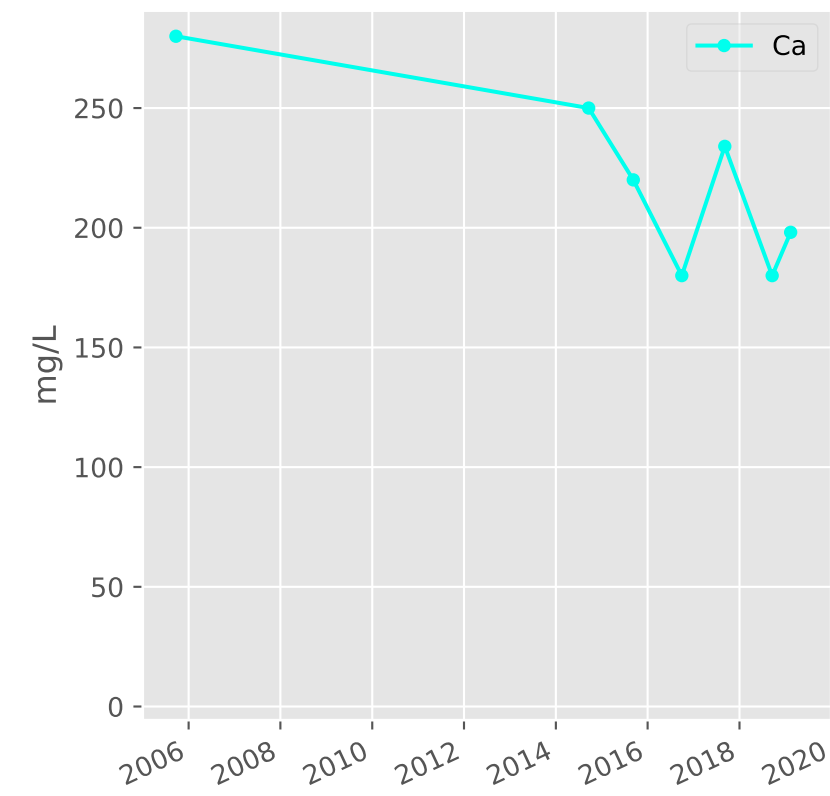
Chlorures



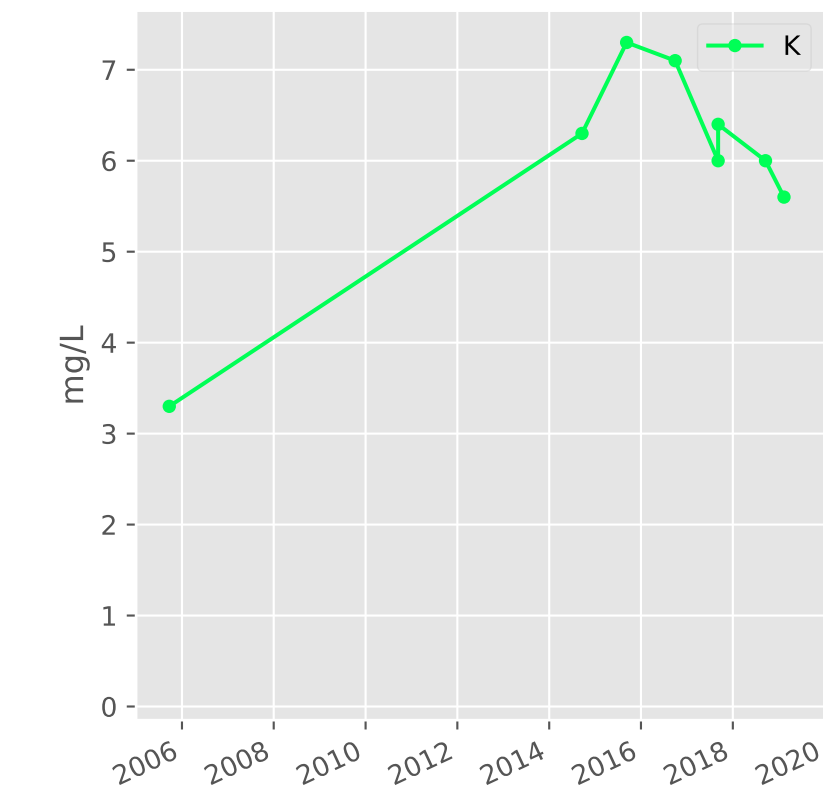
Bicarbonates



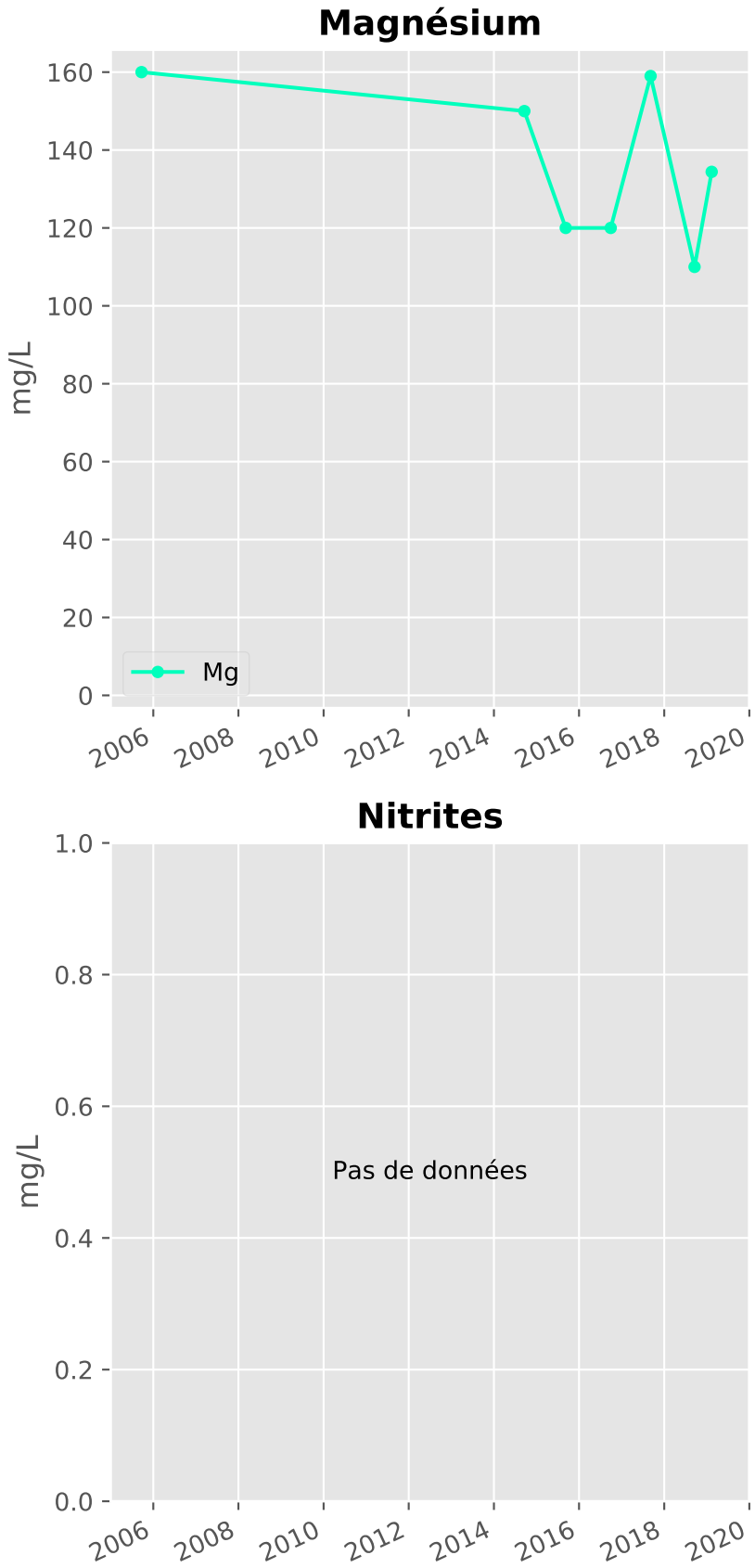
Calcium



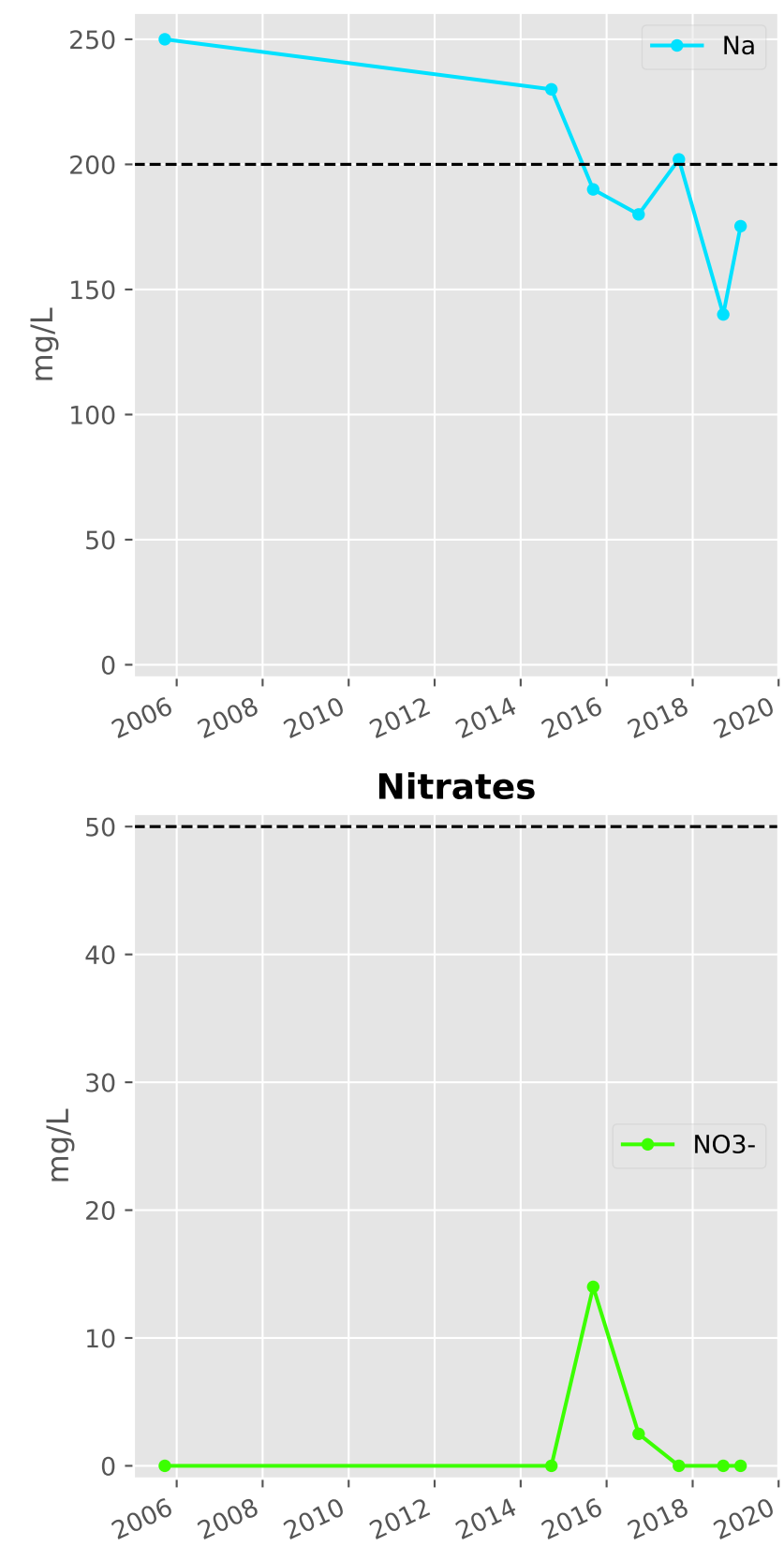
Potassium



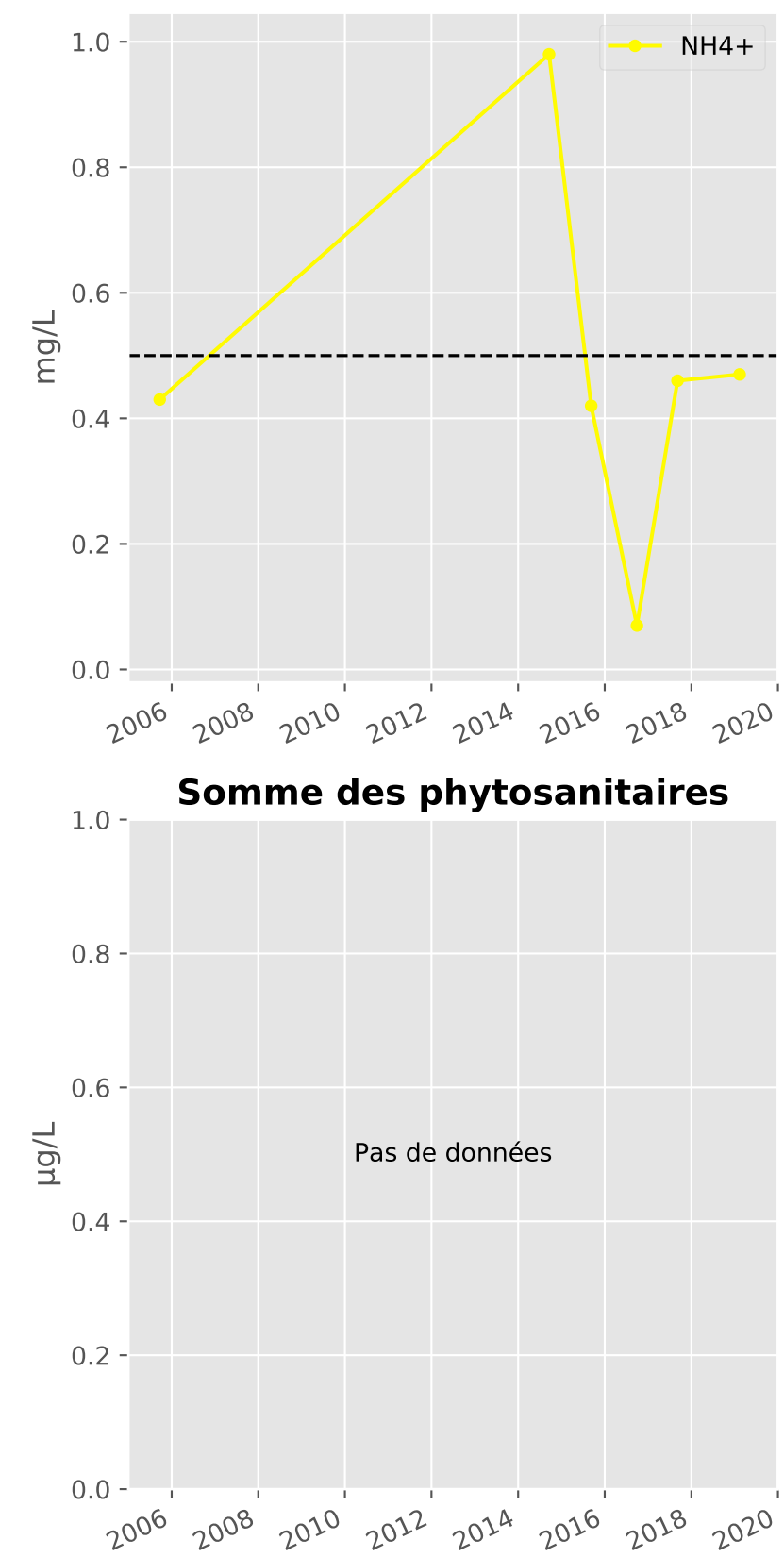
Magnésium



Sodium



Ammonium



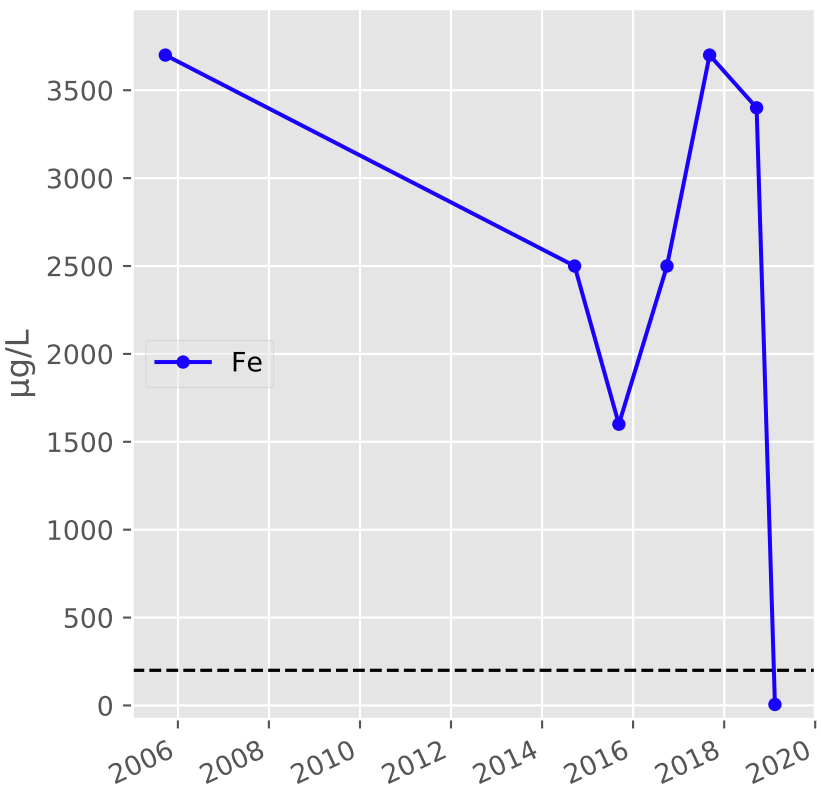
Nitrites

Nitrates

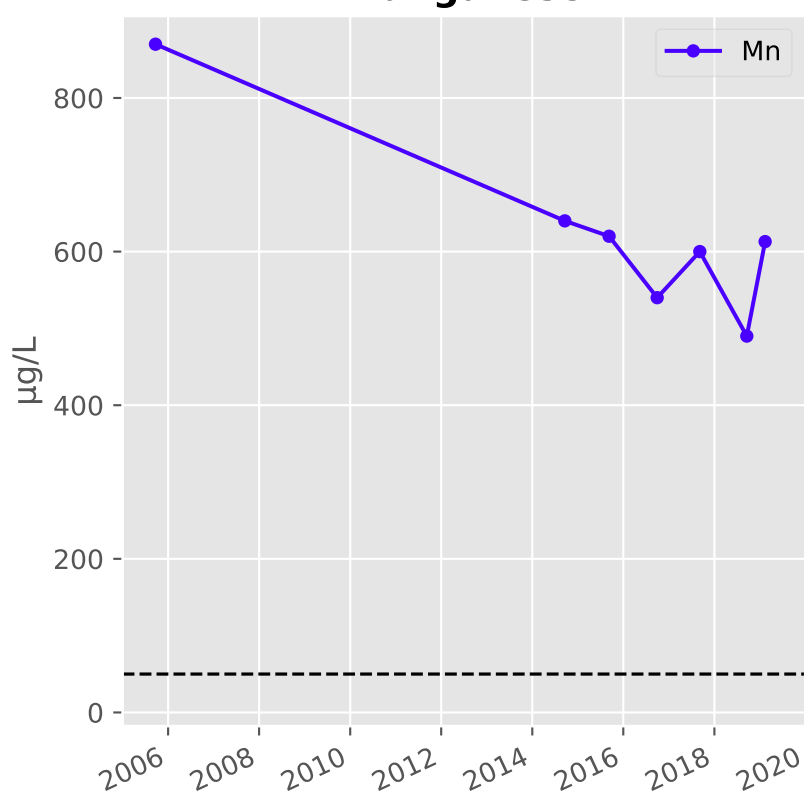
Somme des phytosanitaires

Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C02 - For. Route Blanche - 01137X0157

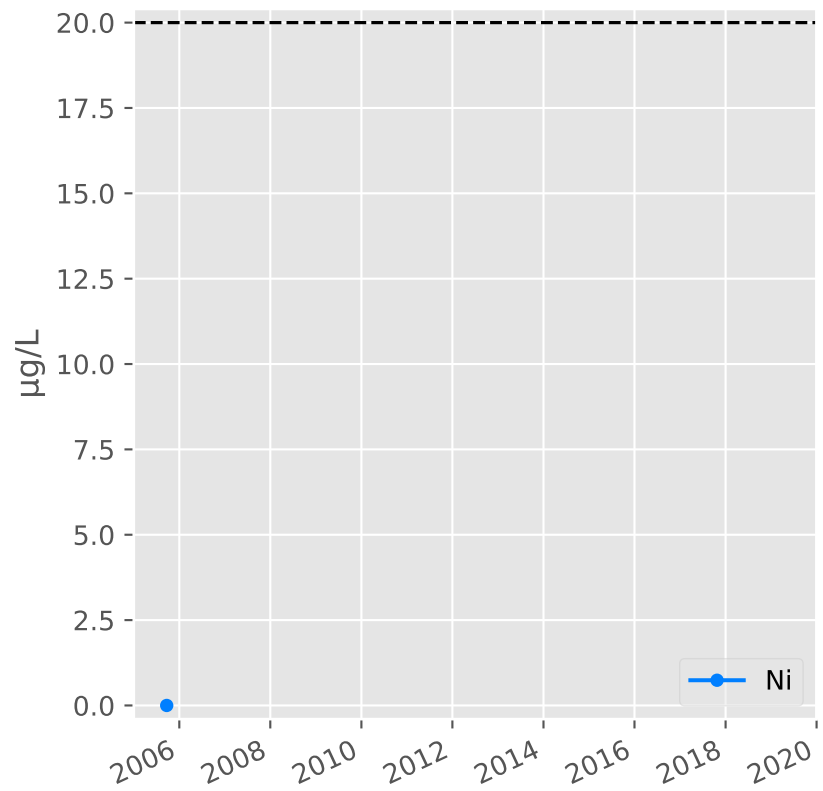
Fer



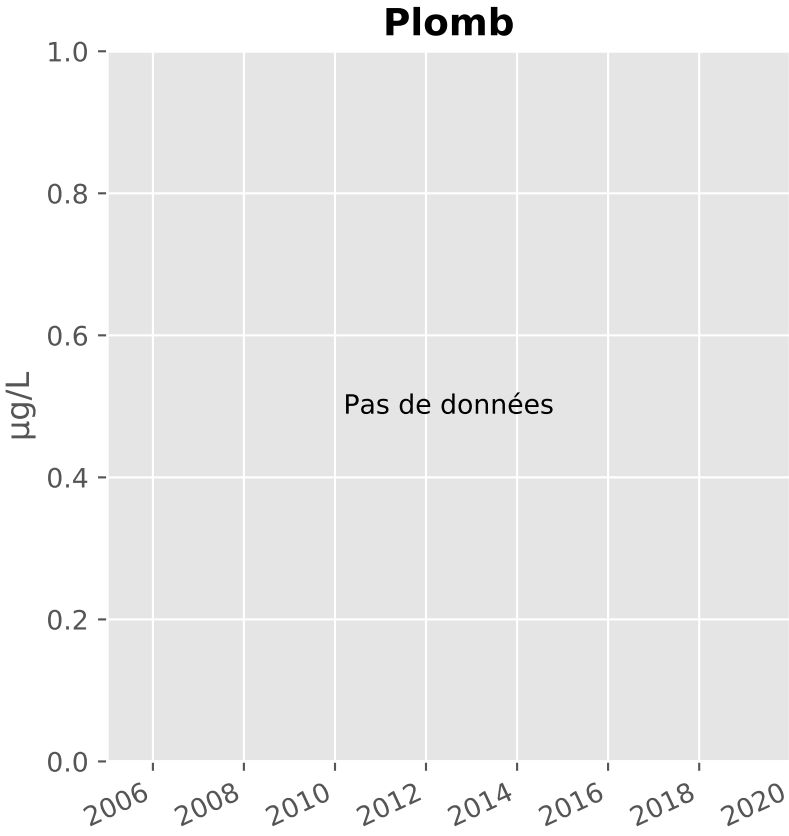
Manganèse



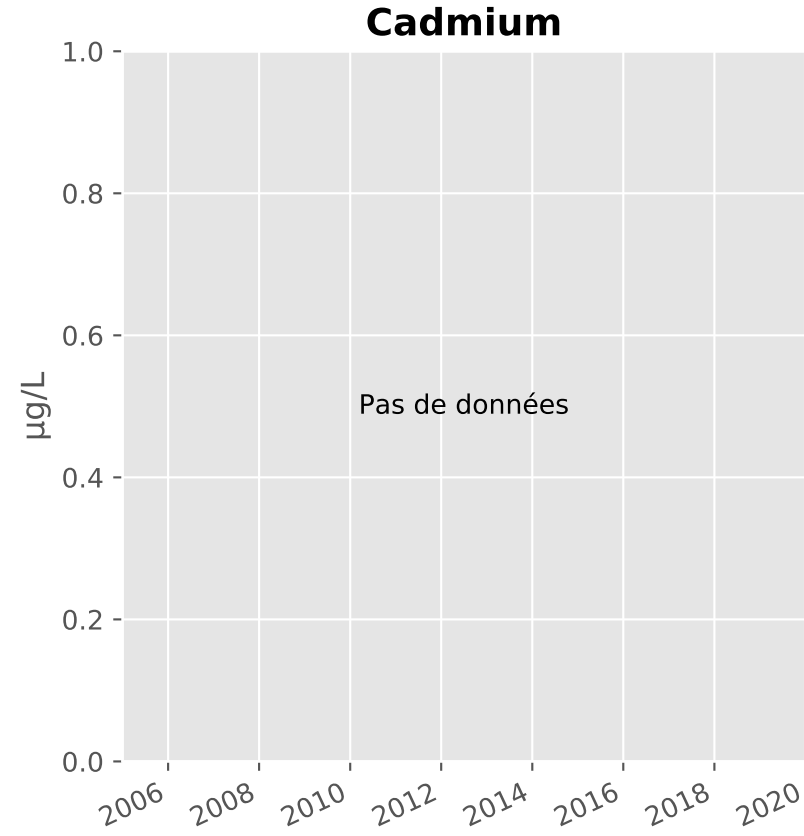
Nickel



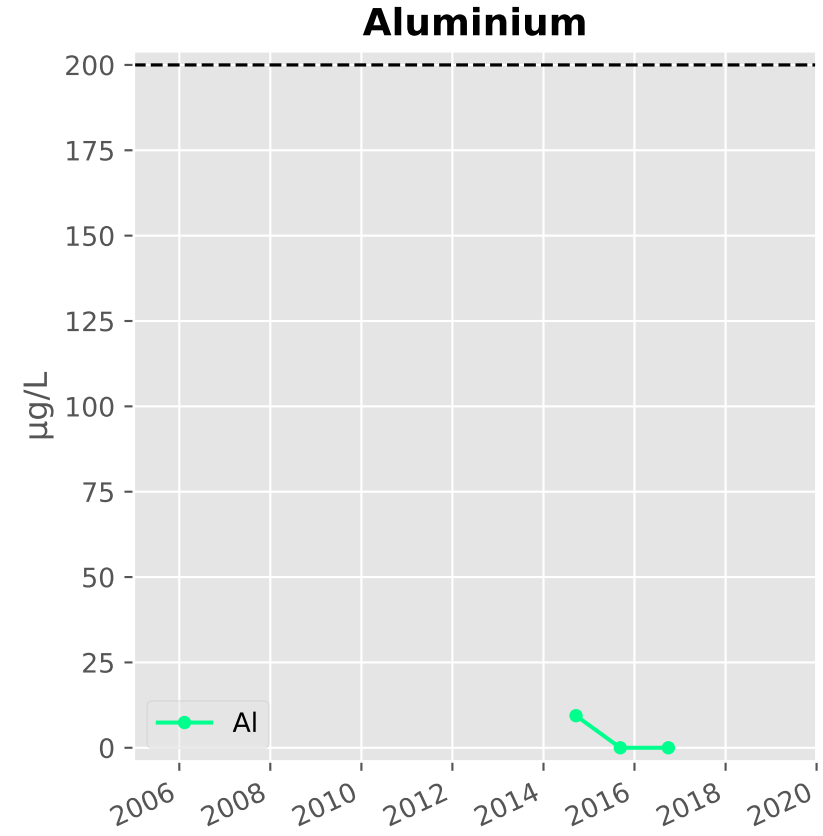
Plomb



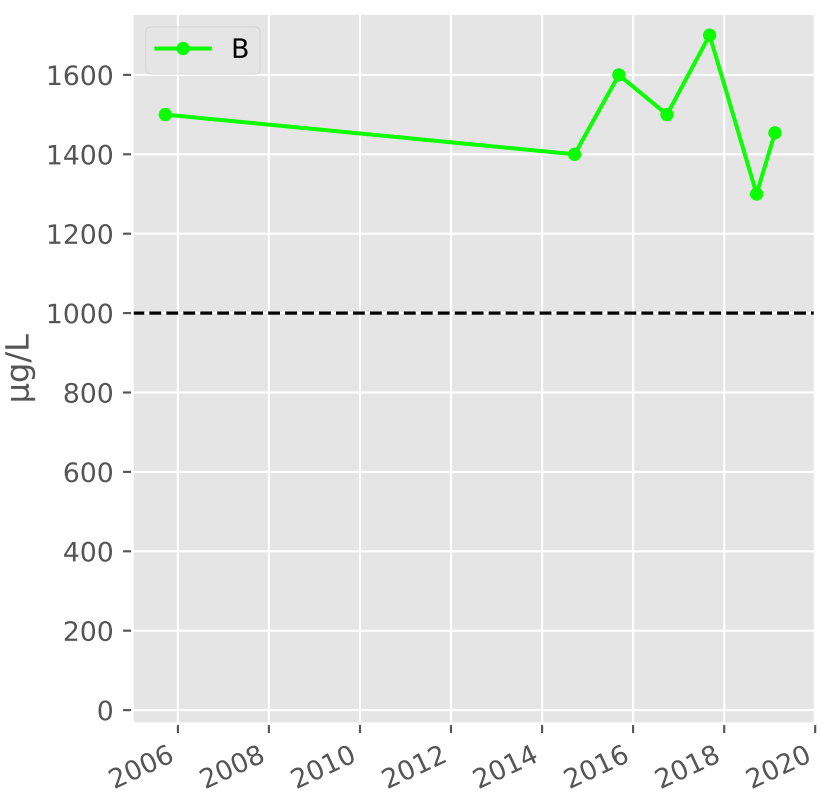
Cadmium



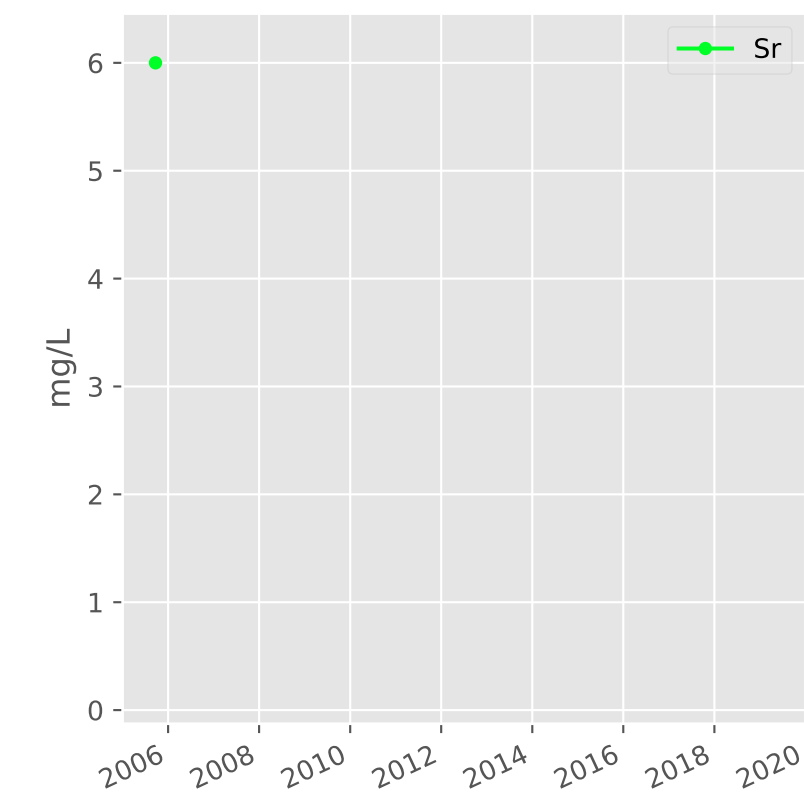
Aluminium



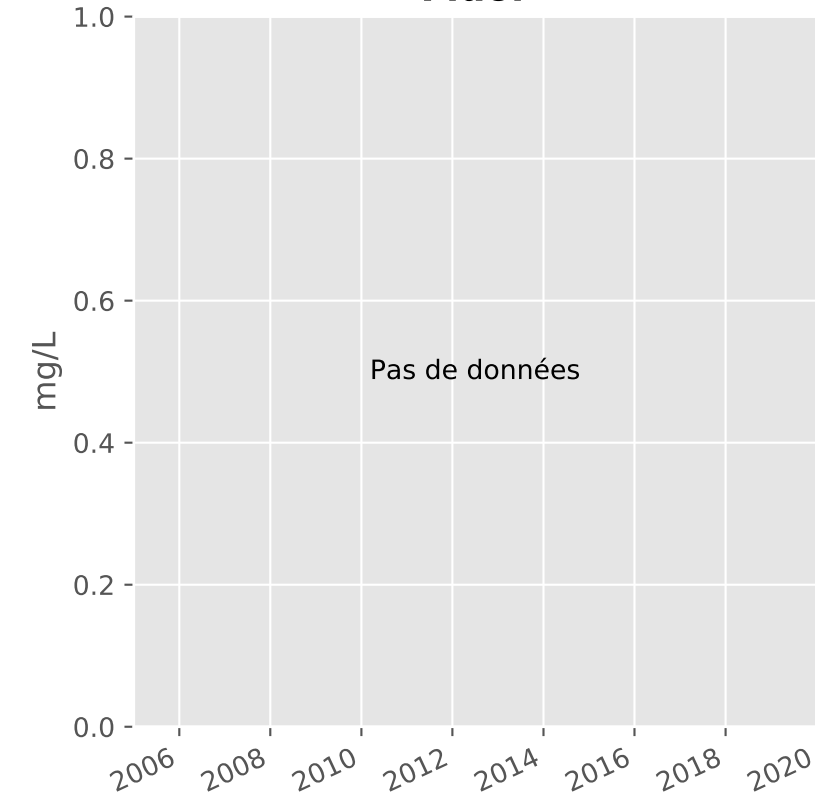
Bore



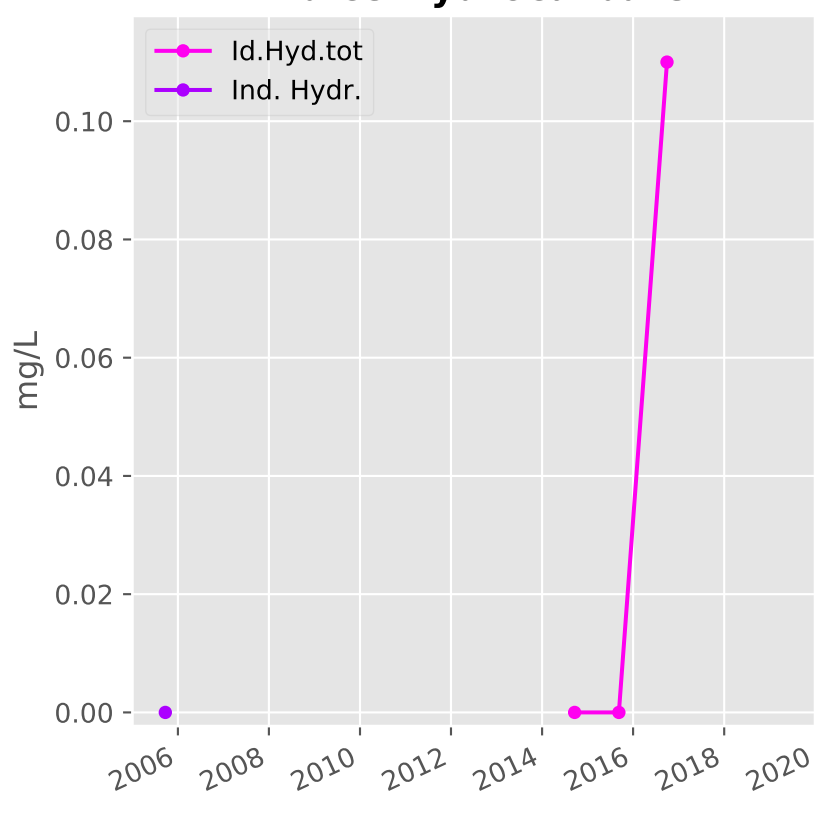
Strontium



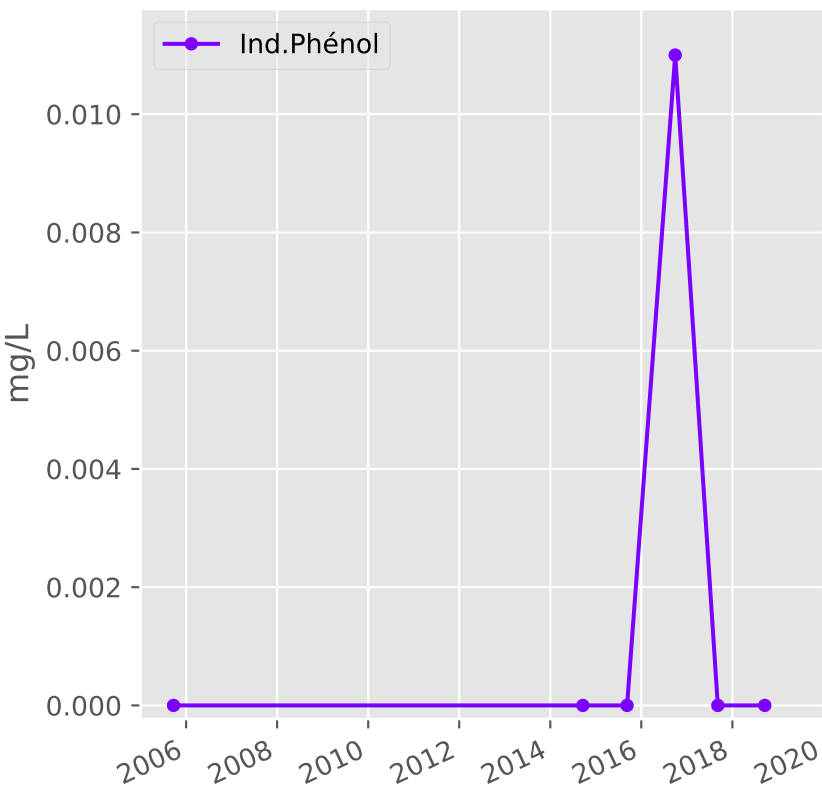
Fluor



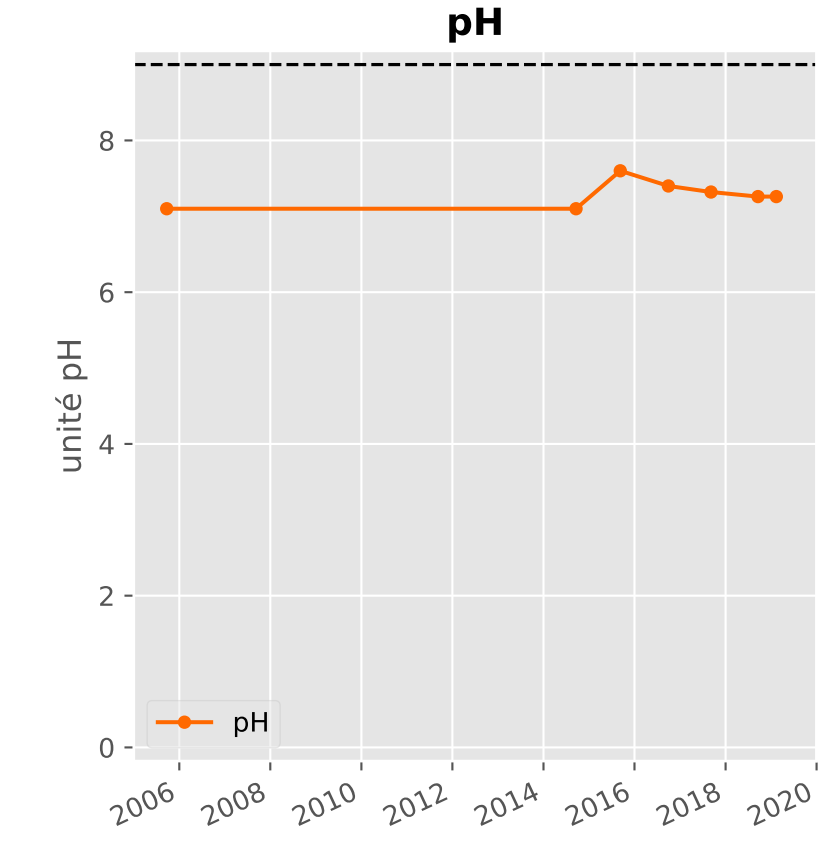
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

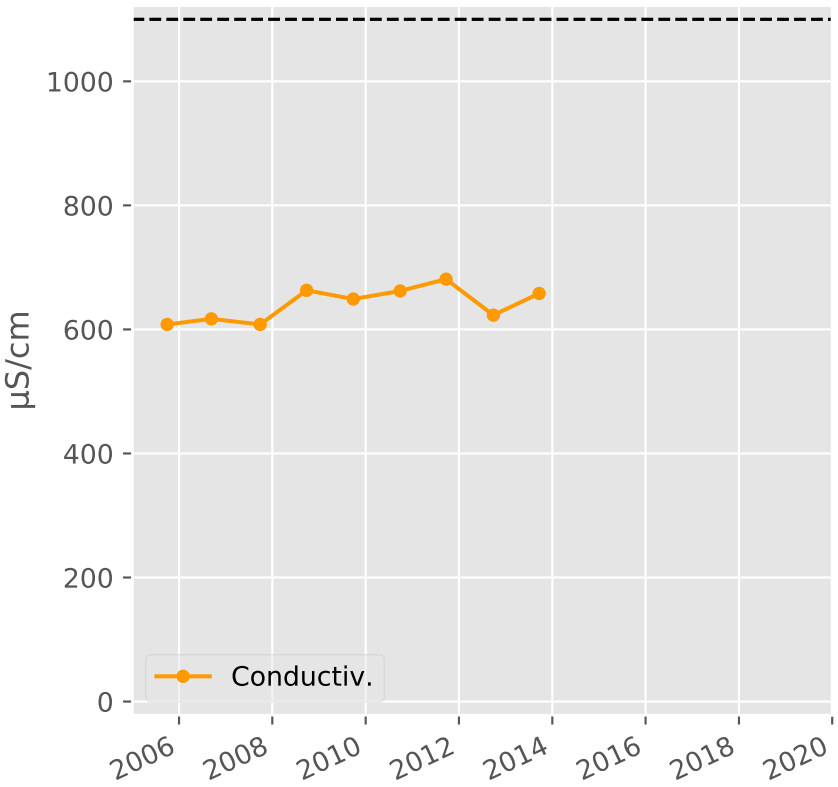


pH

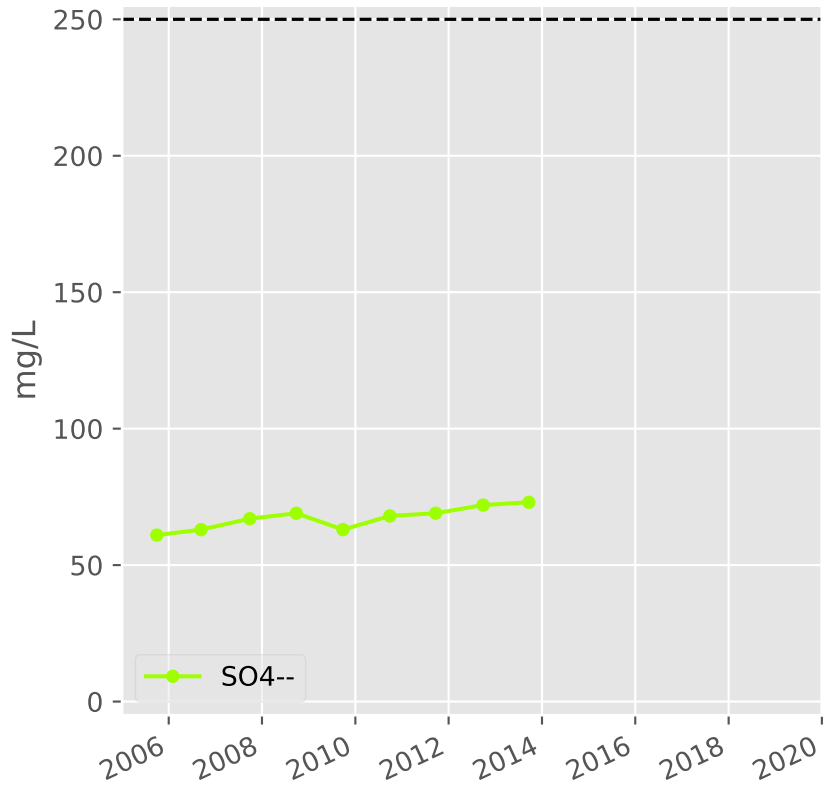


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N21 - Pz. Fontoy sud - 01137X0159

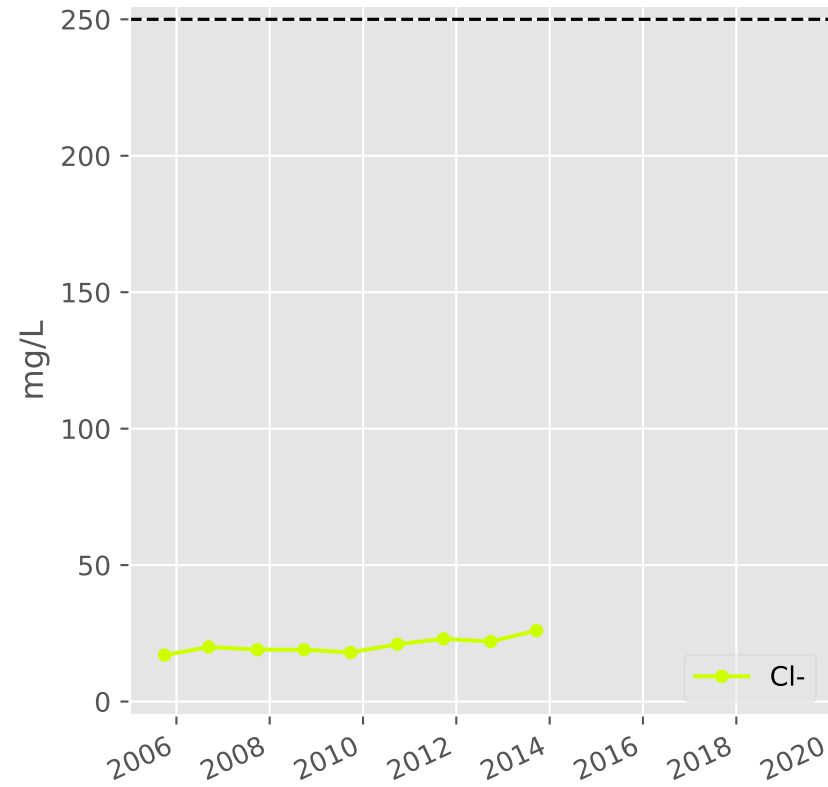
Conductivité



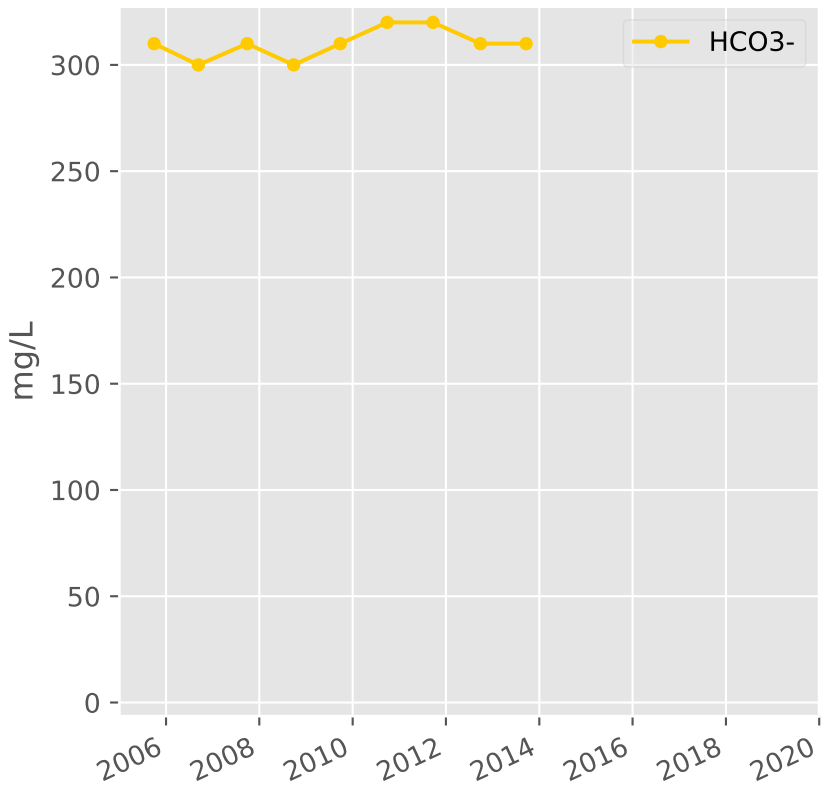
Sulfates



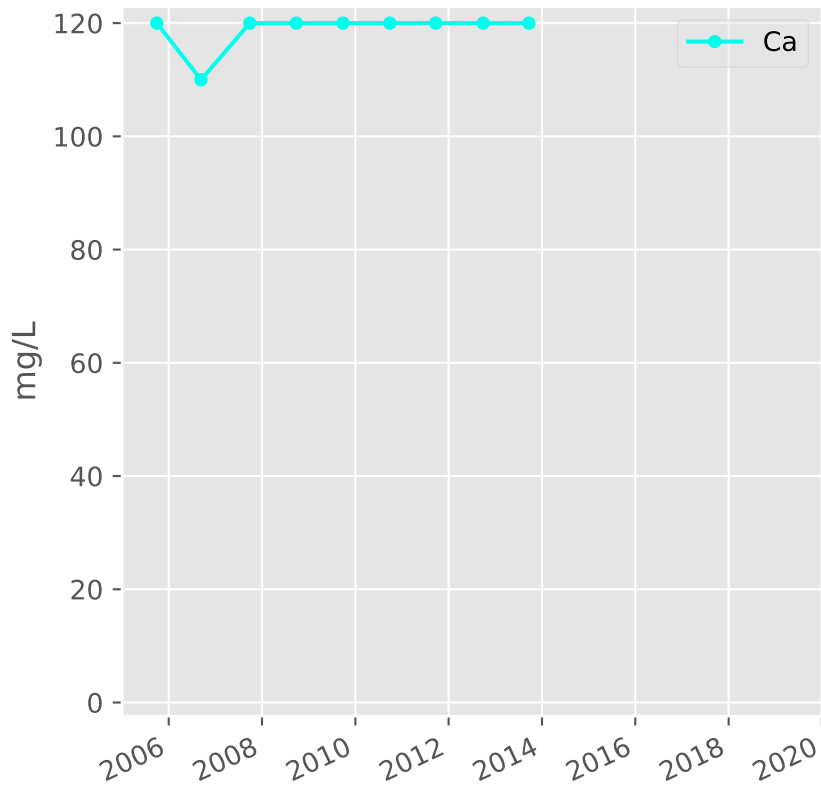
Chlorures



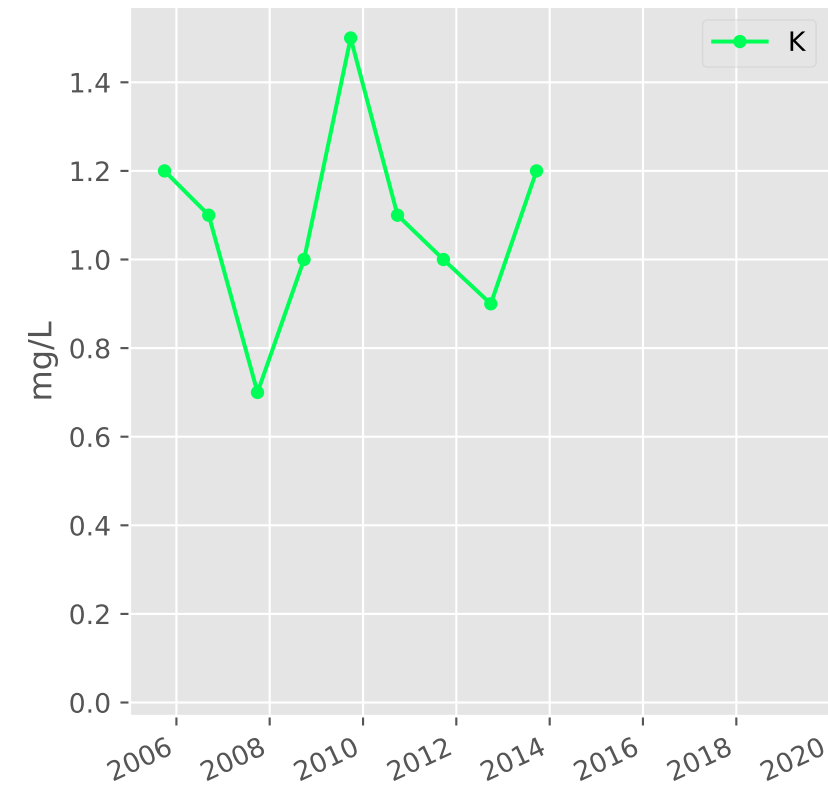
Bicarbonates



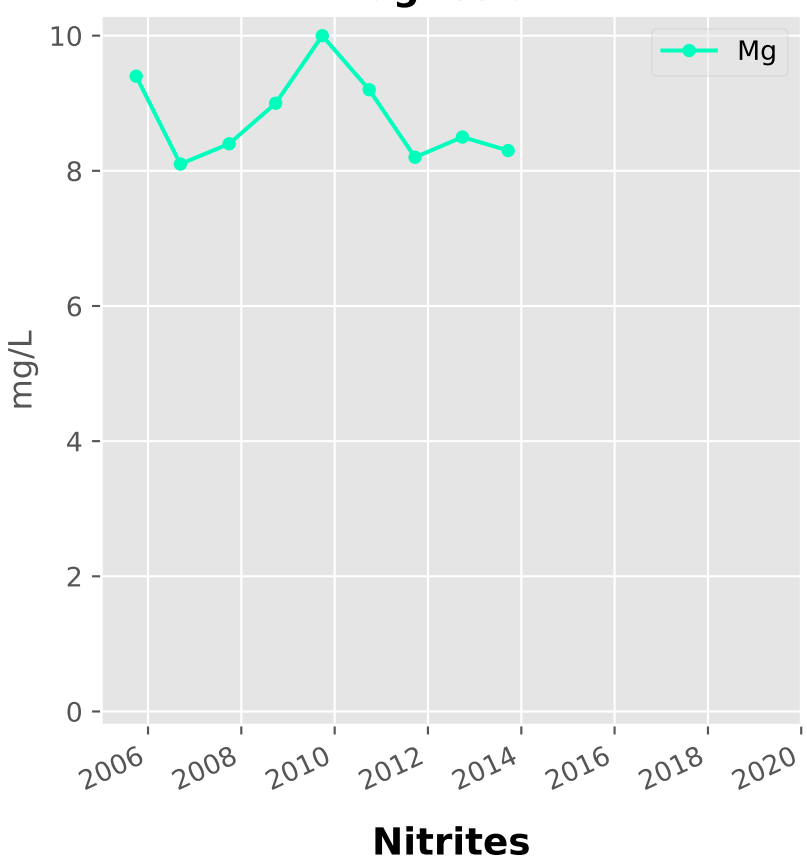
Calcium



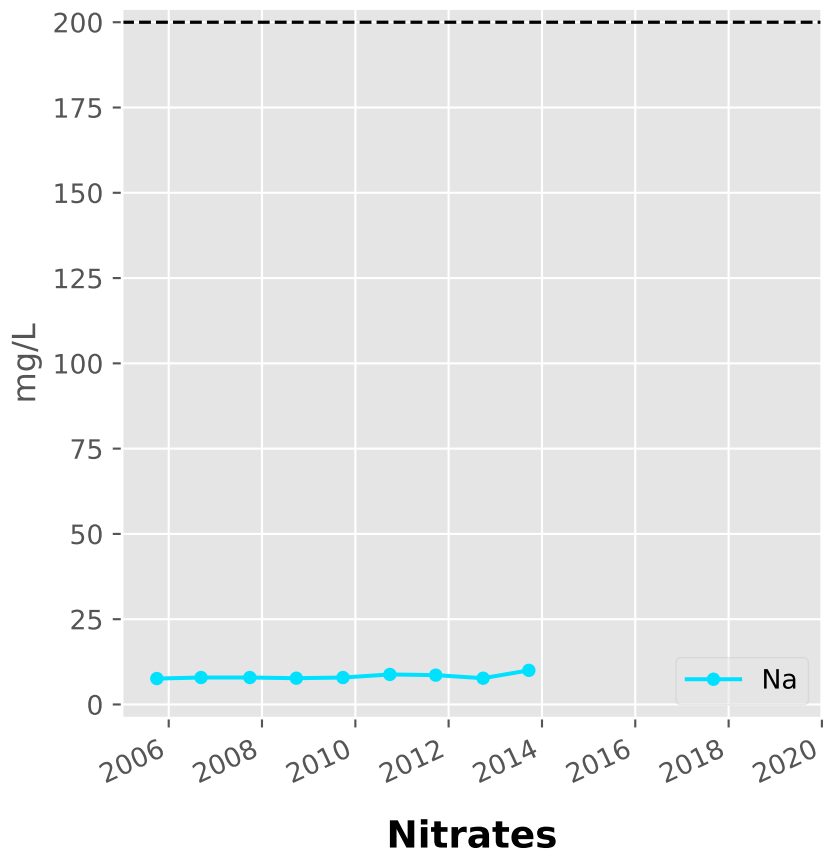
Potassium



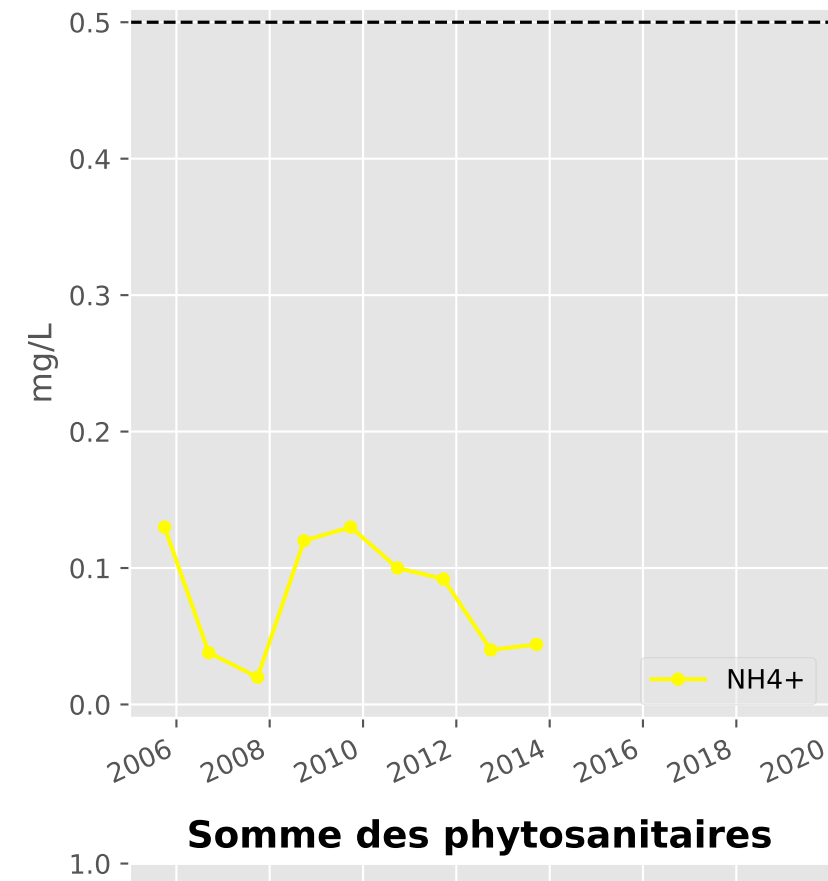
Magnésium



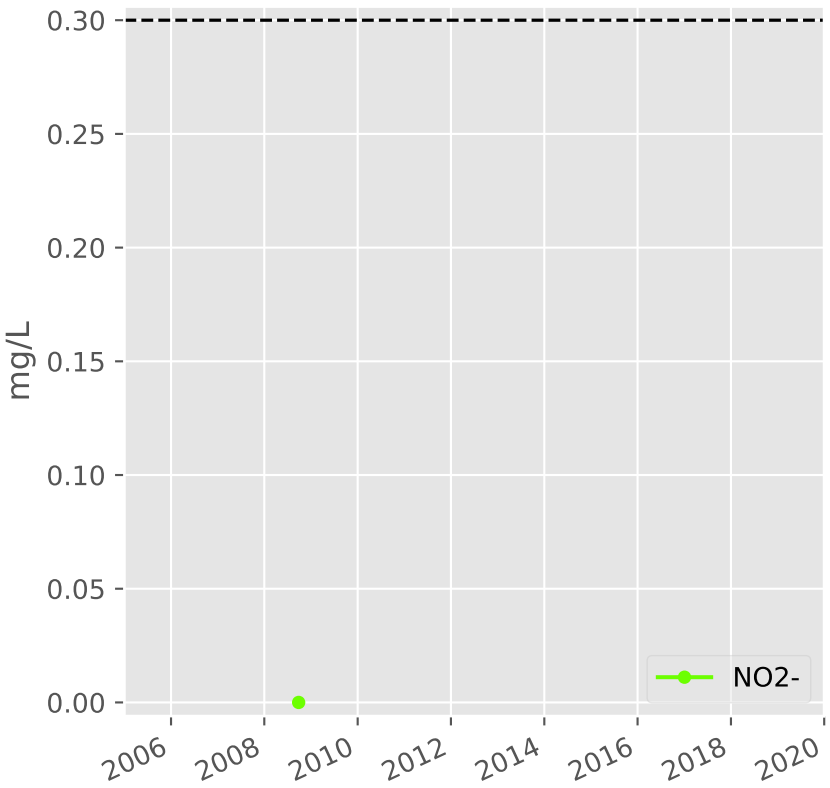
Sodium



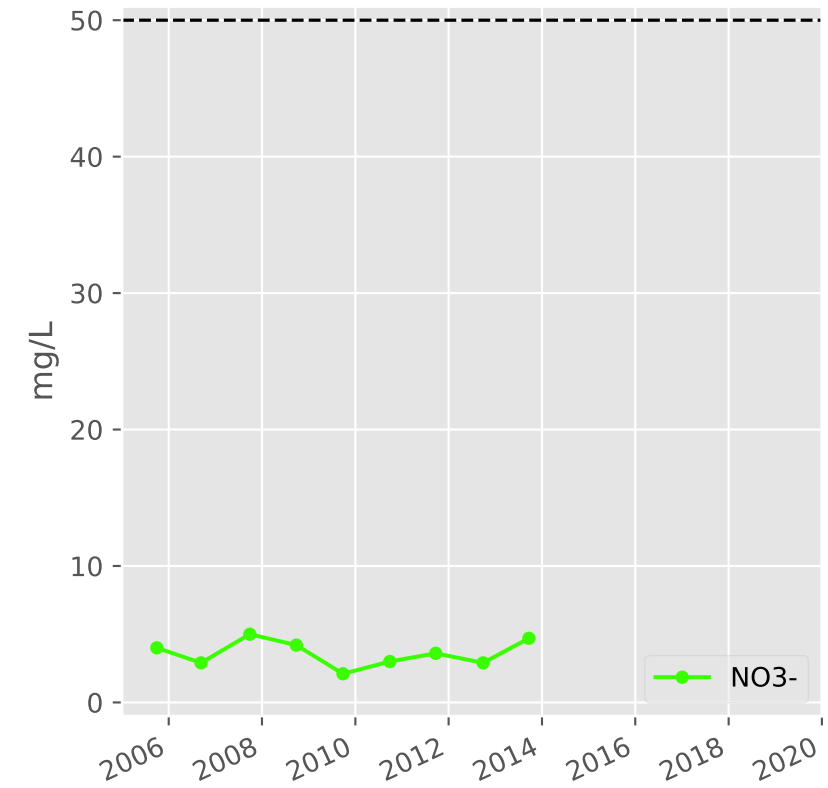
Ammonium



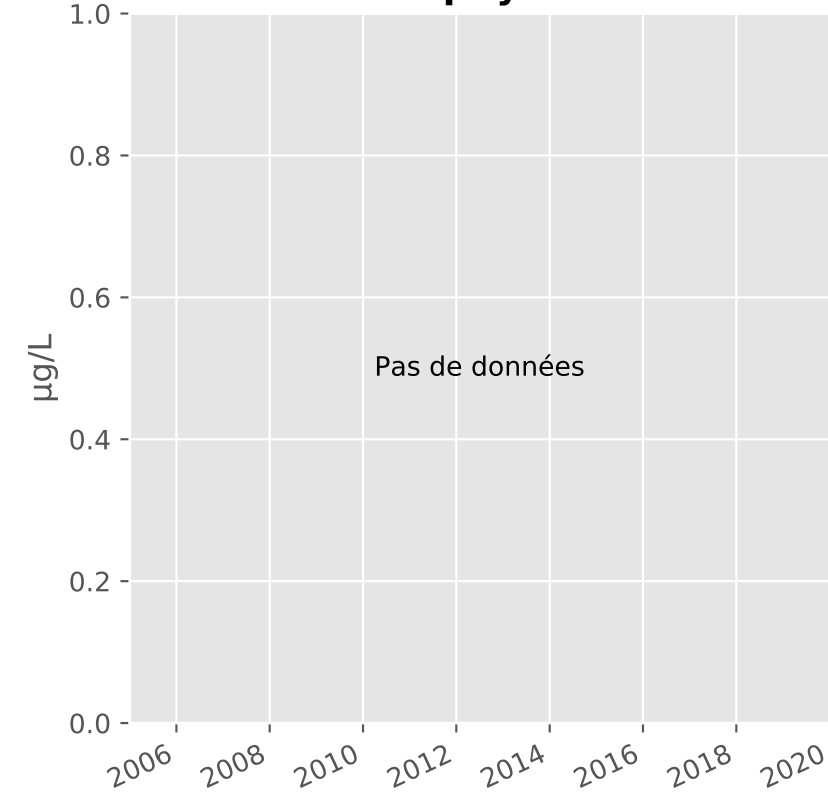
Nitrites



Nitrates

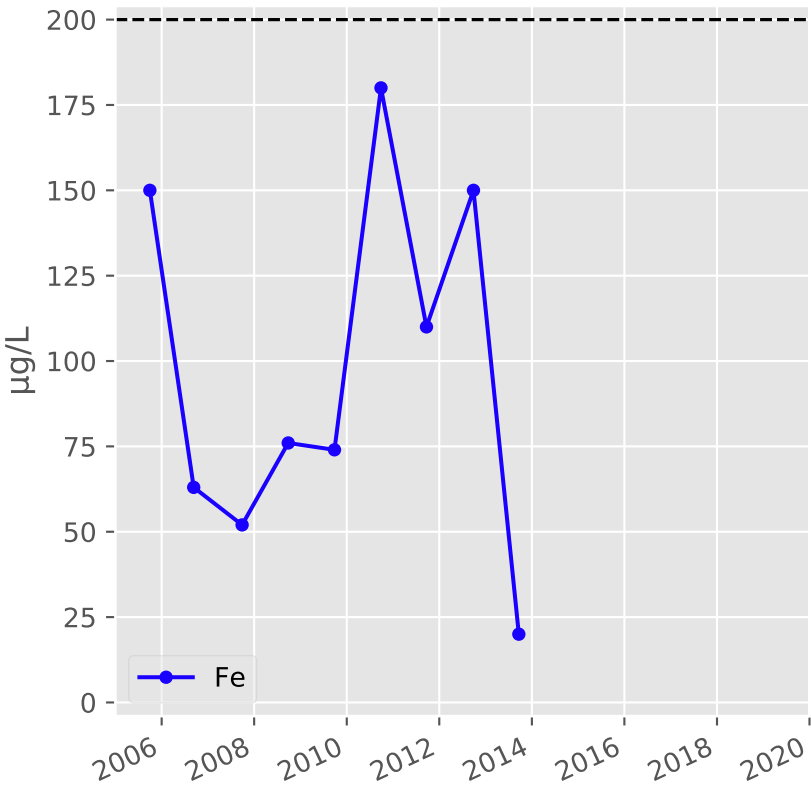


Somme des phytosanitaires

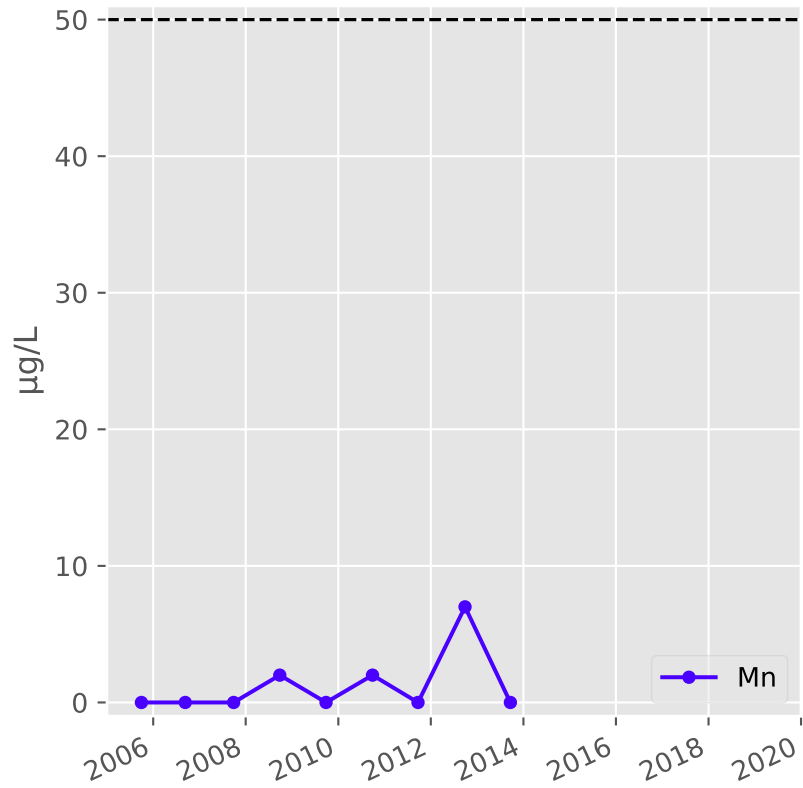


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N21 - Pz. Fontoy sud - 01137X0159

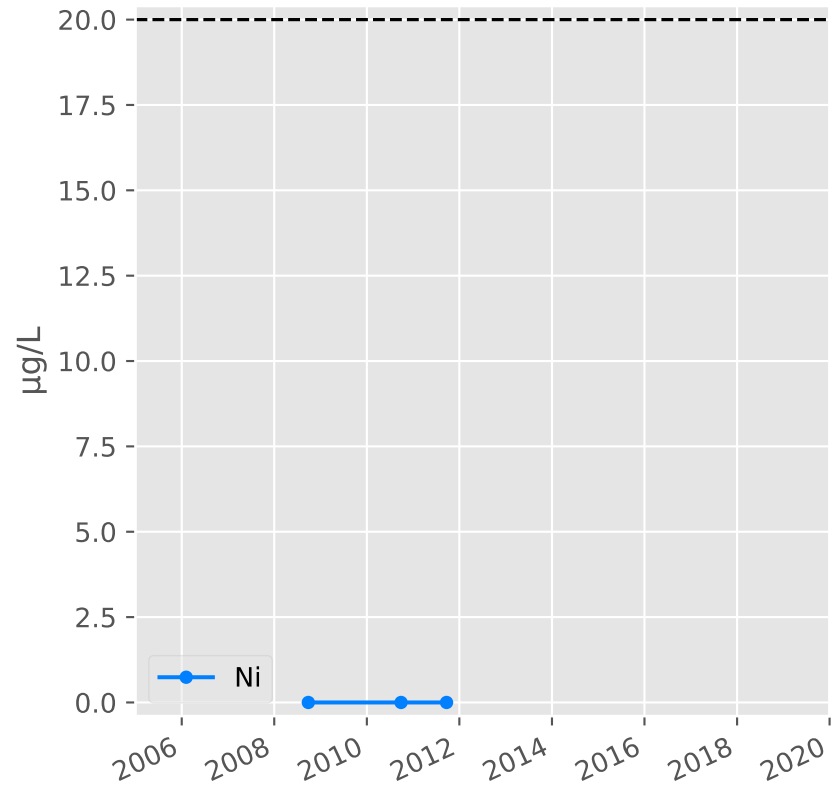
Fer



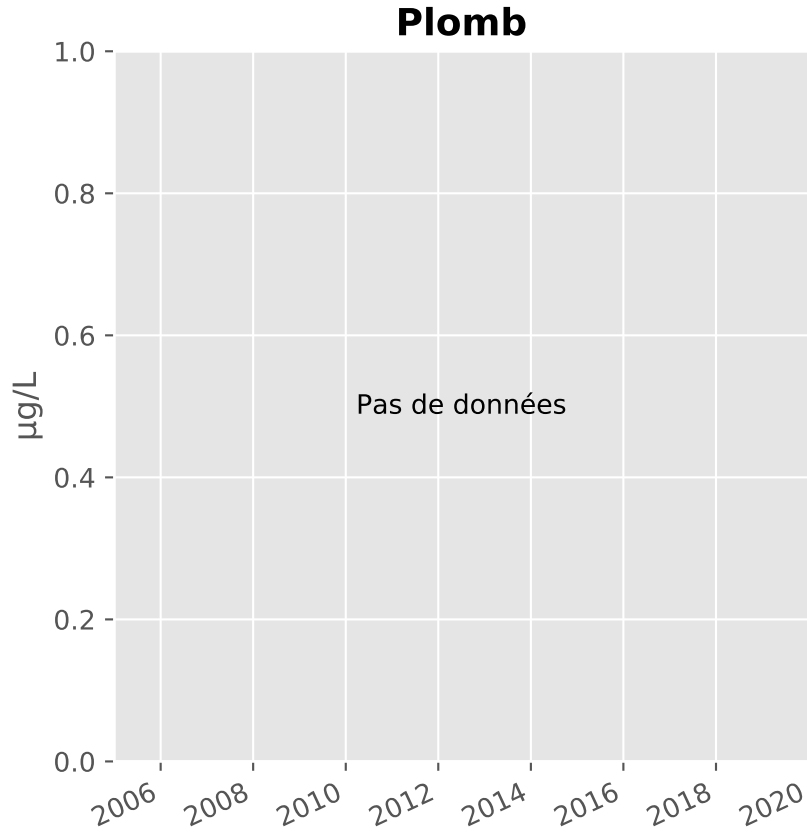
Manganèse



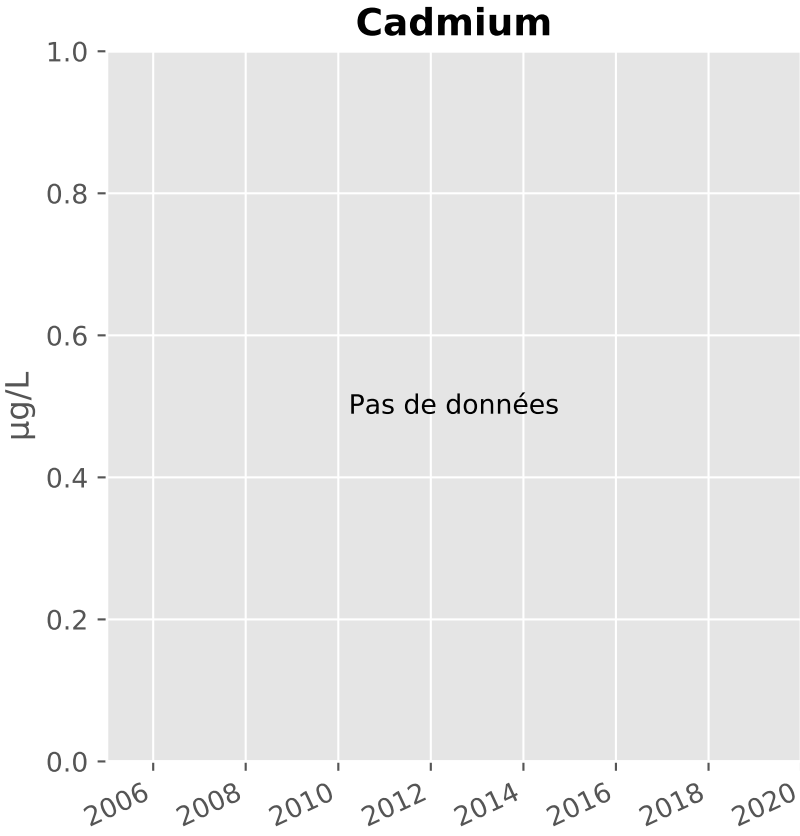
Nickel



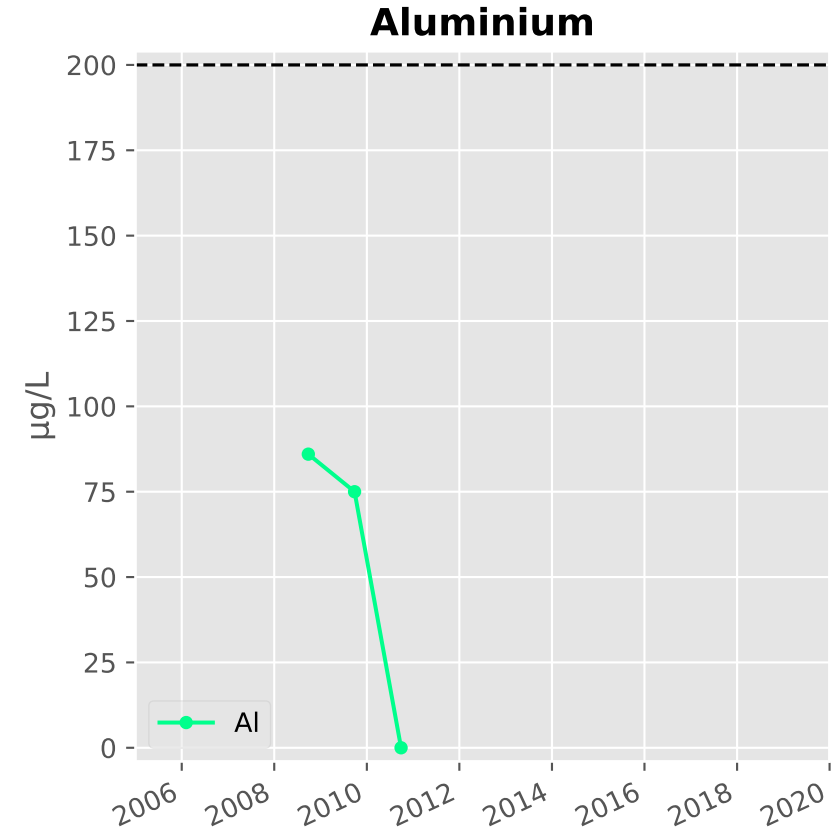
Plomb



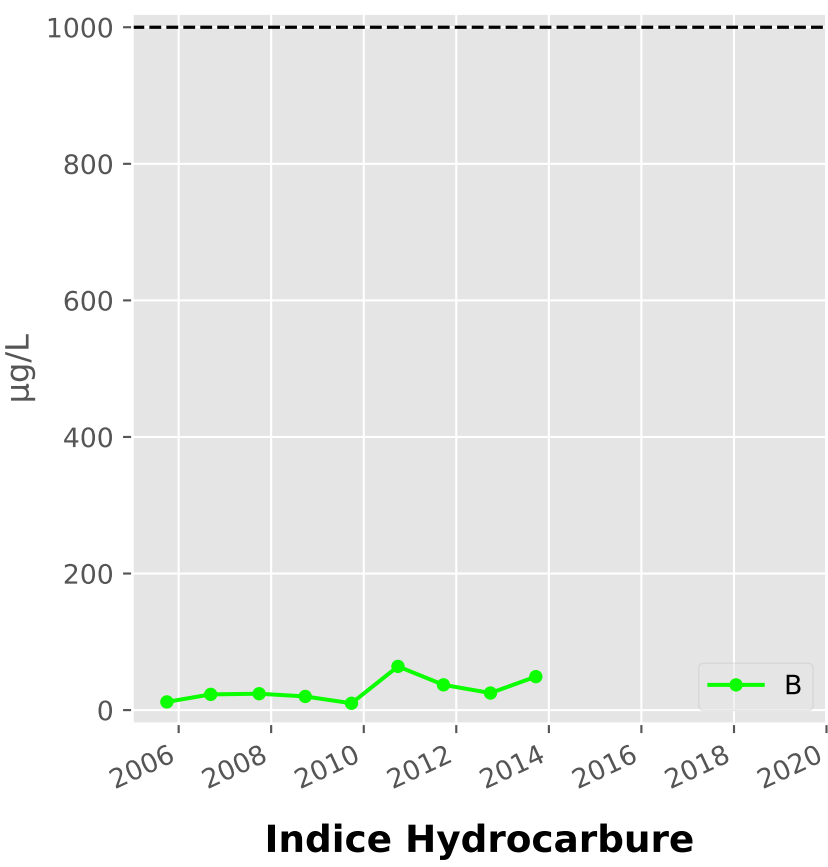
Cadmium



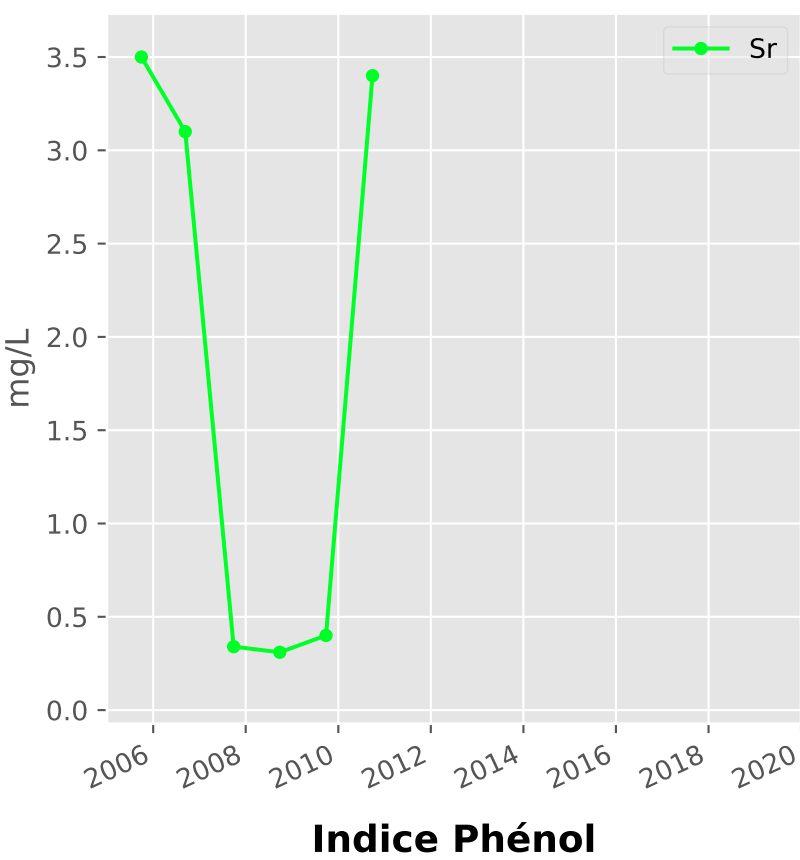
Aluminium



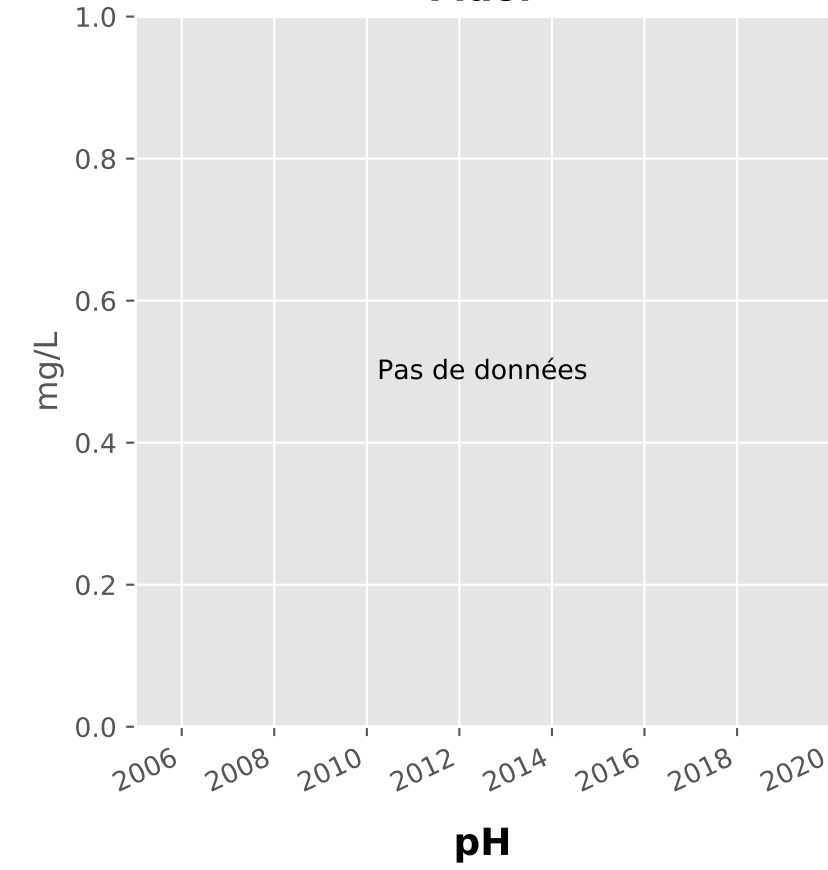
Bore



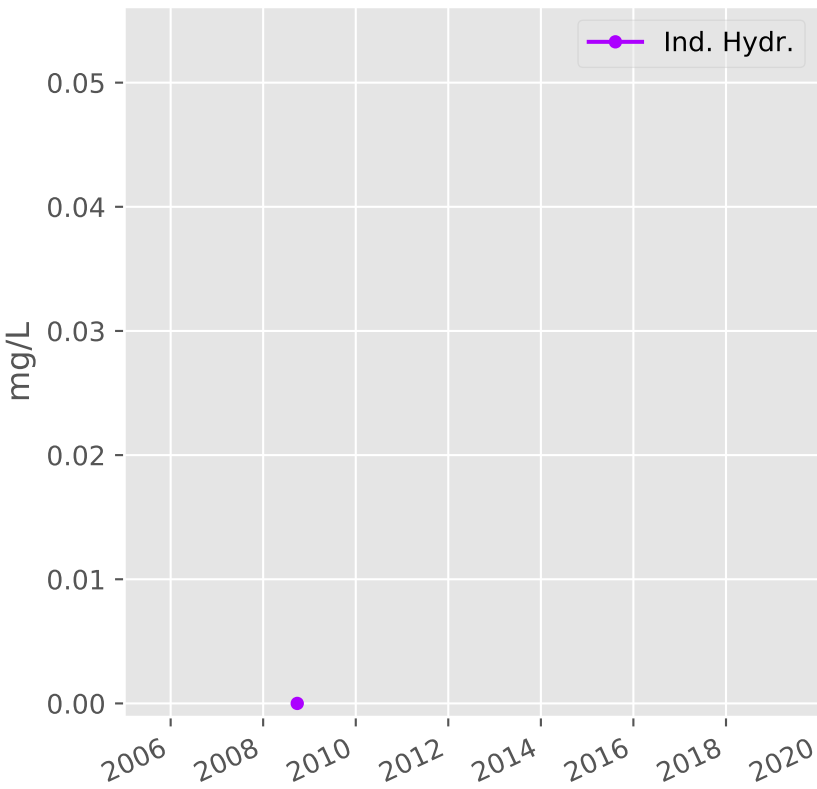
Strontium



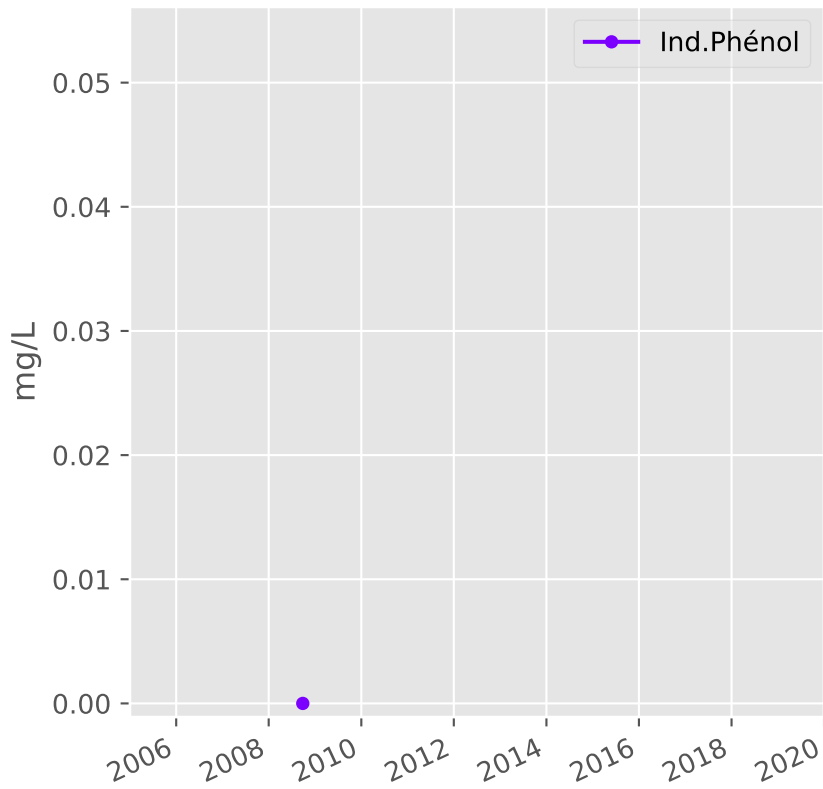
Fluor



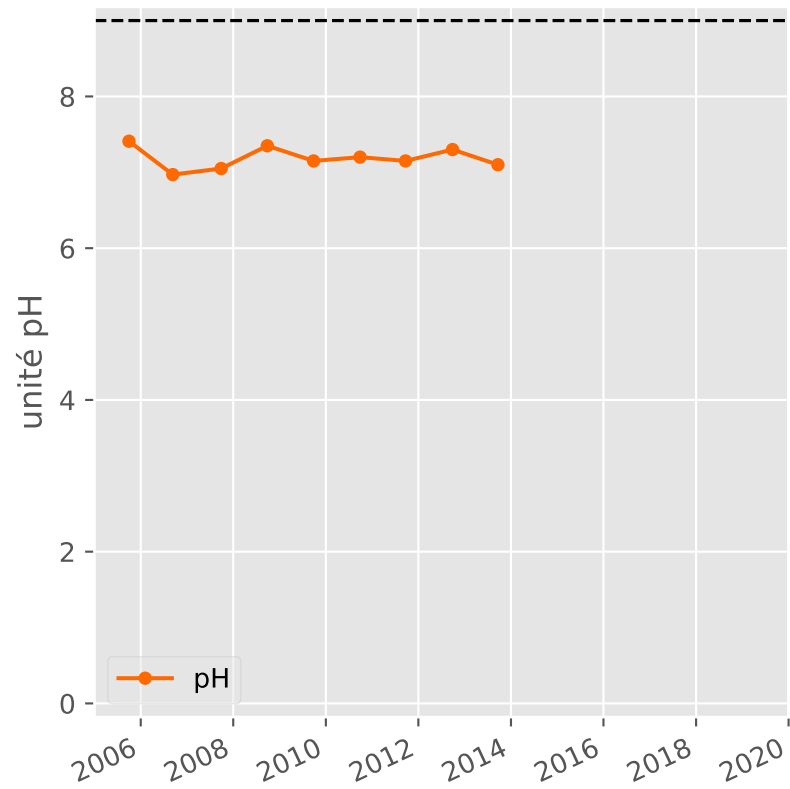
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

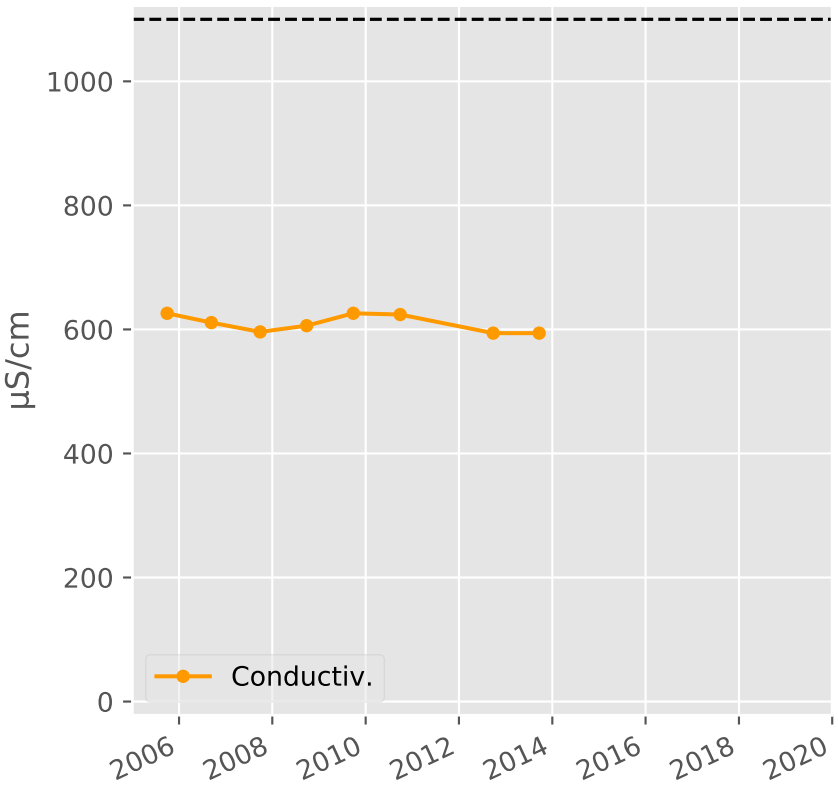


pH

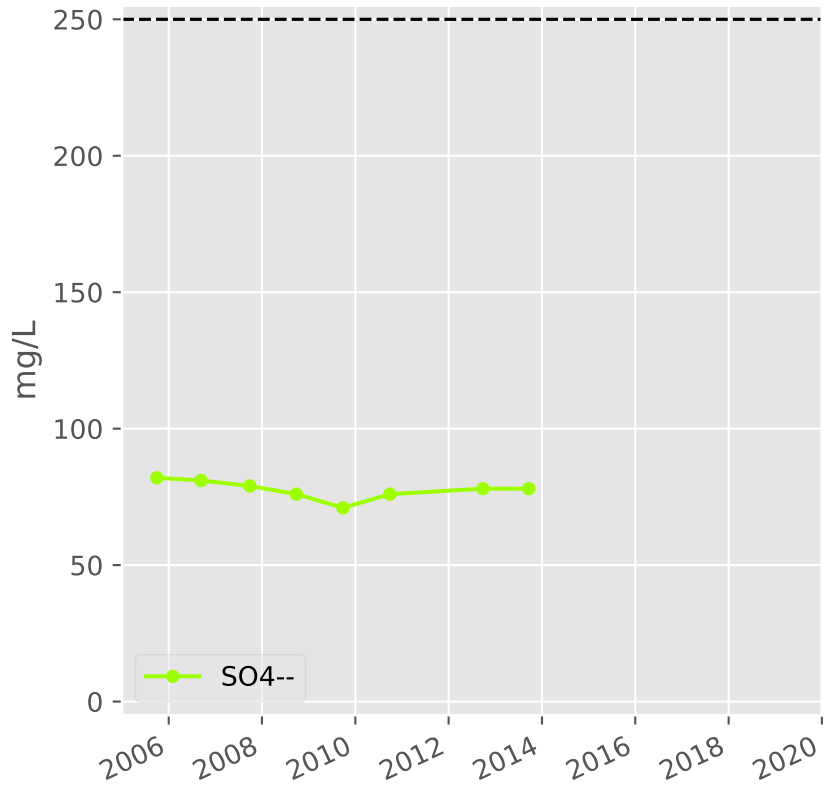


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N20 - Pz. Fontoy nord - 01137X0160

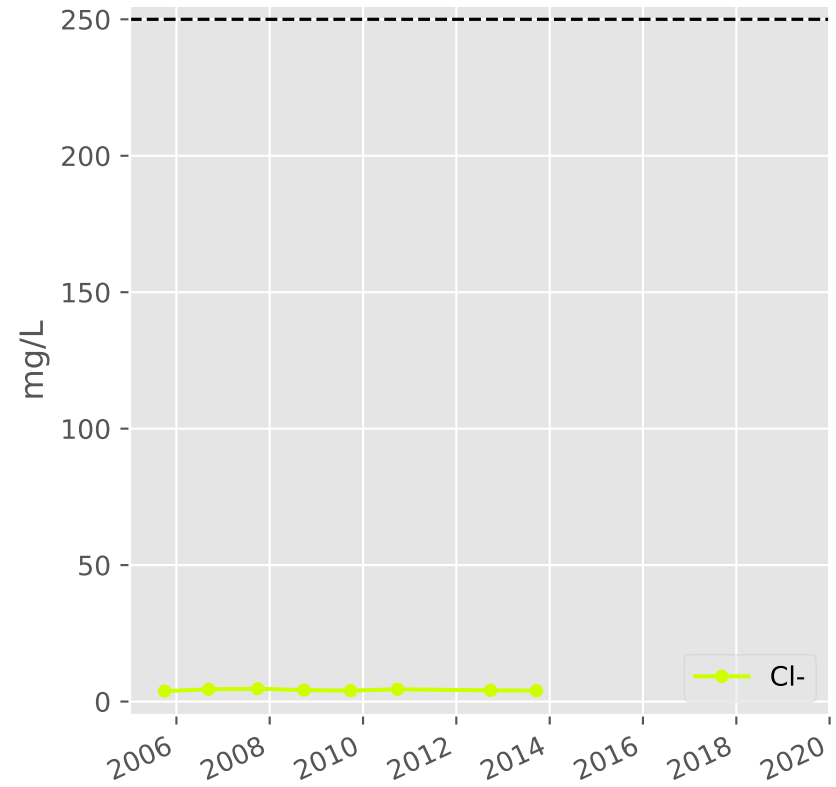
Conductivité



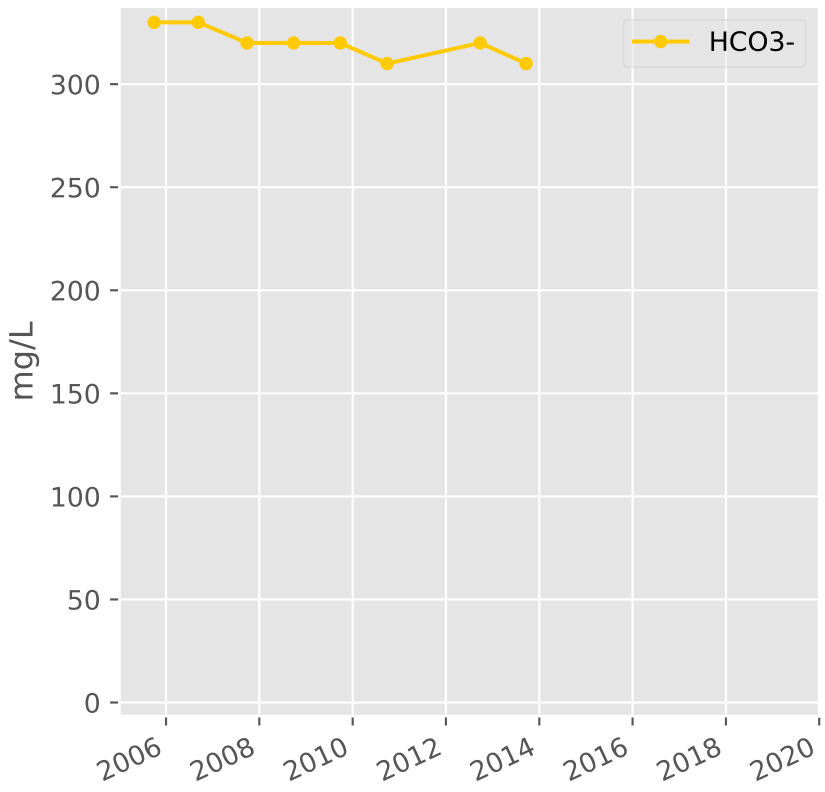
Sulfates



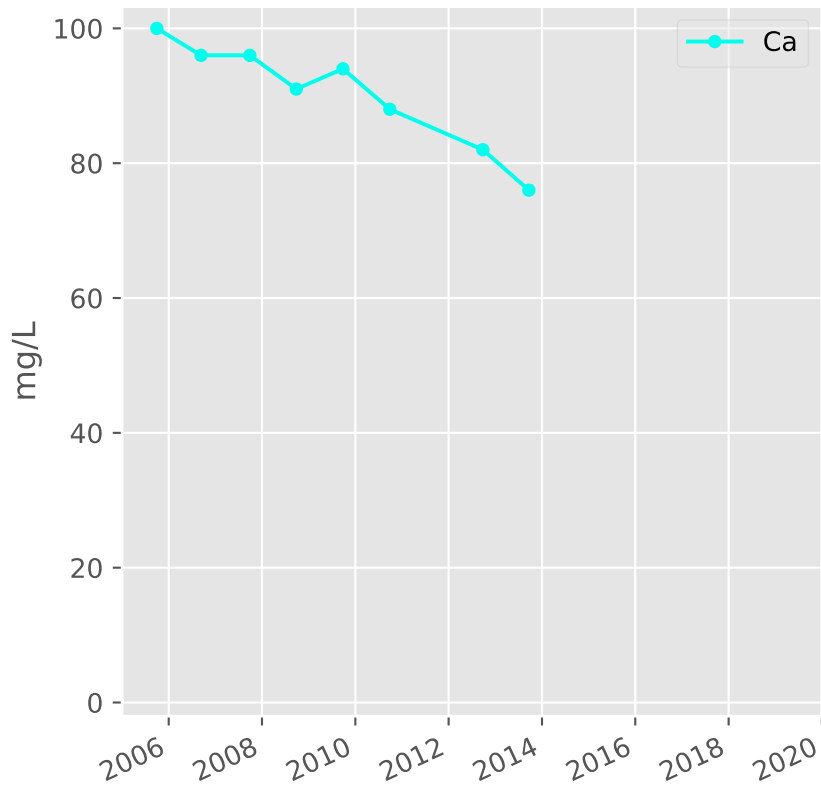
Chlorures



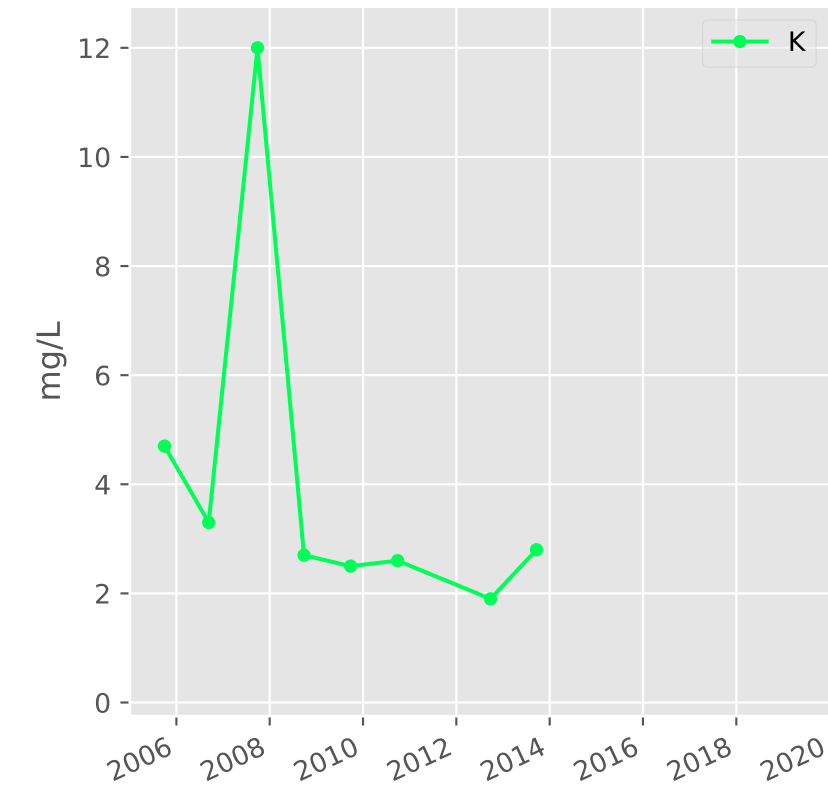
Bicarbonates



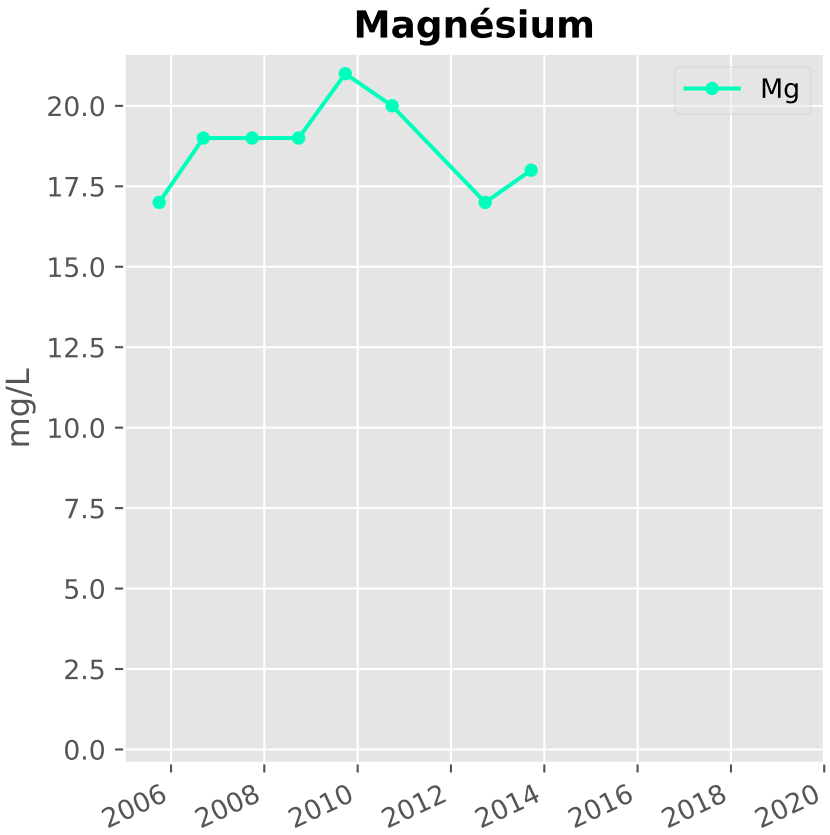
Calcium



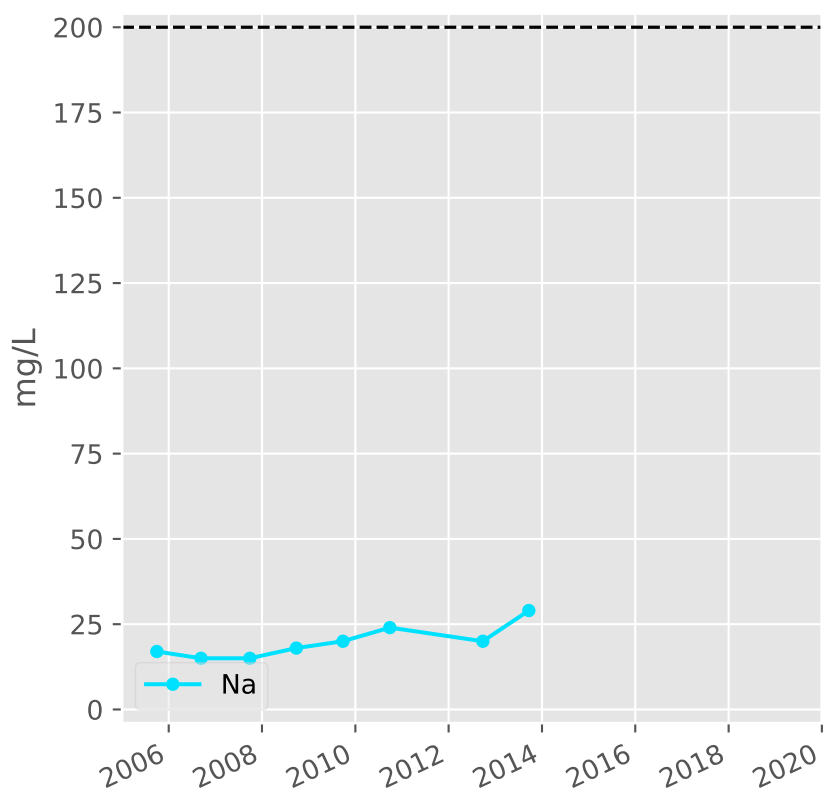
Potassium



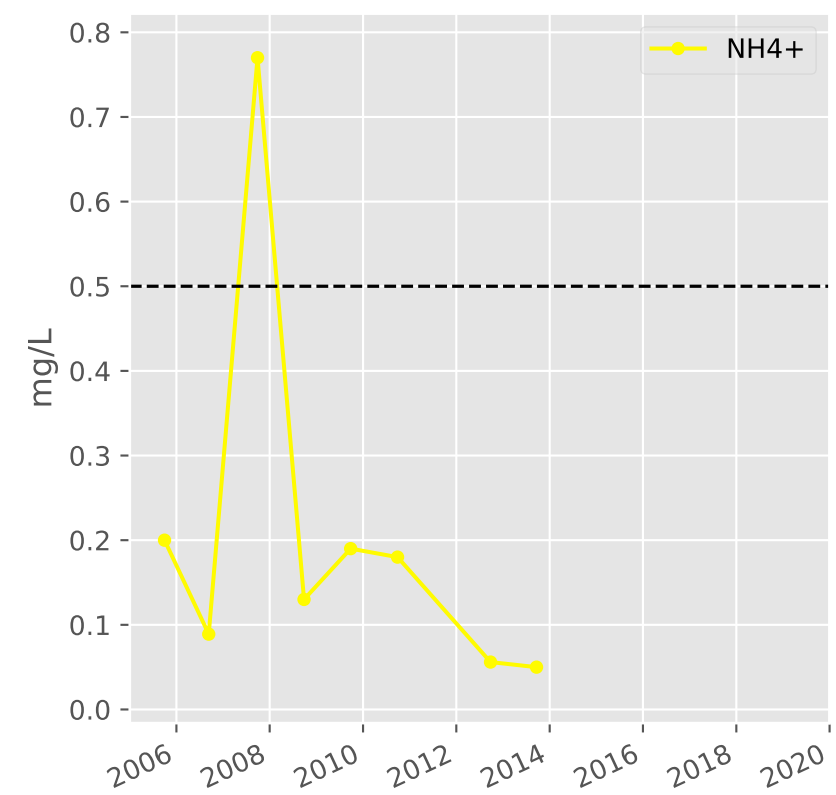
Magnésium



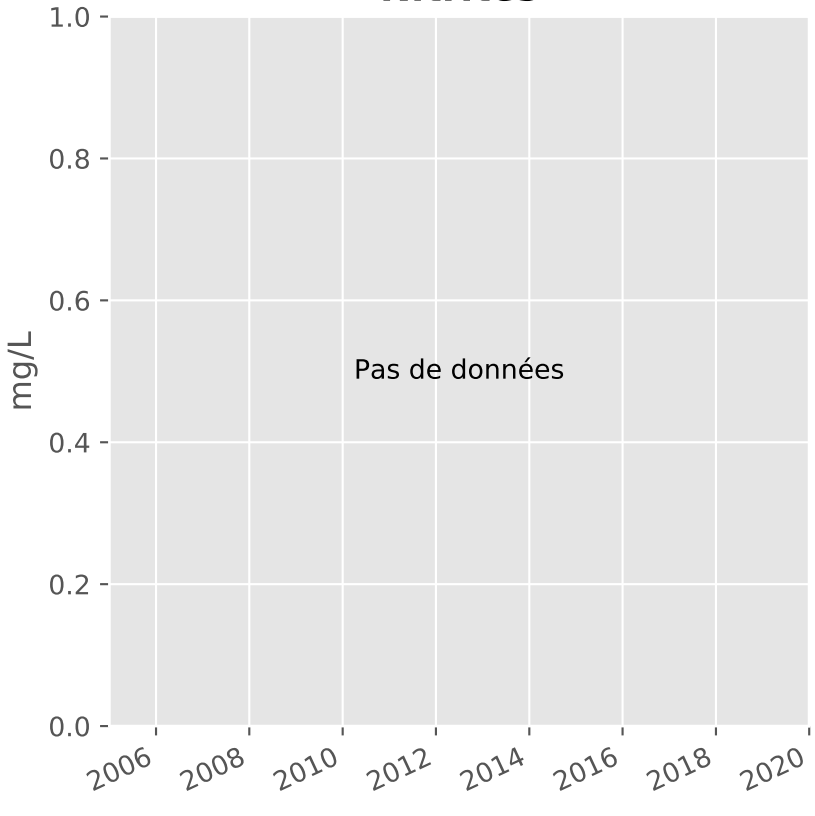
Sodium



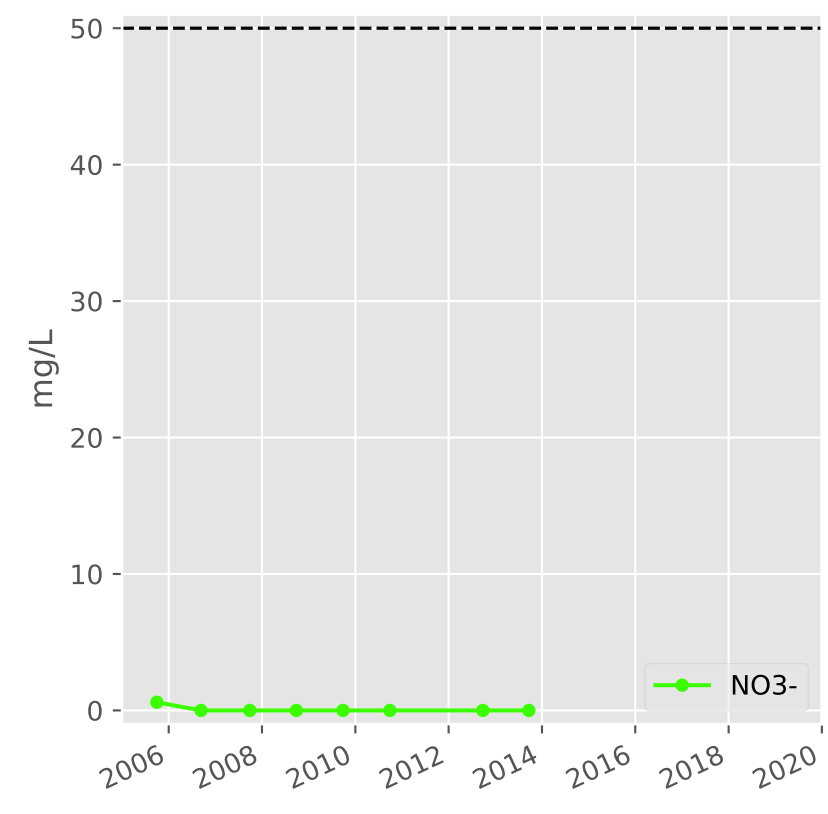
Ammonium



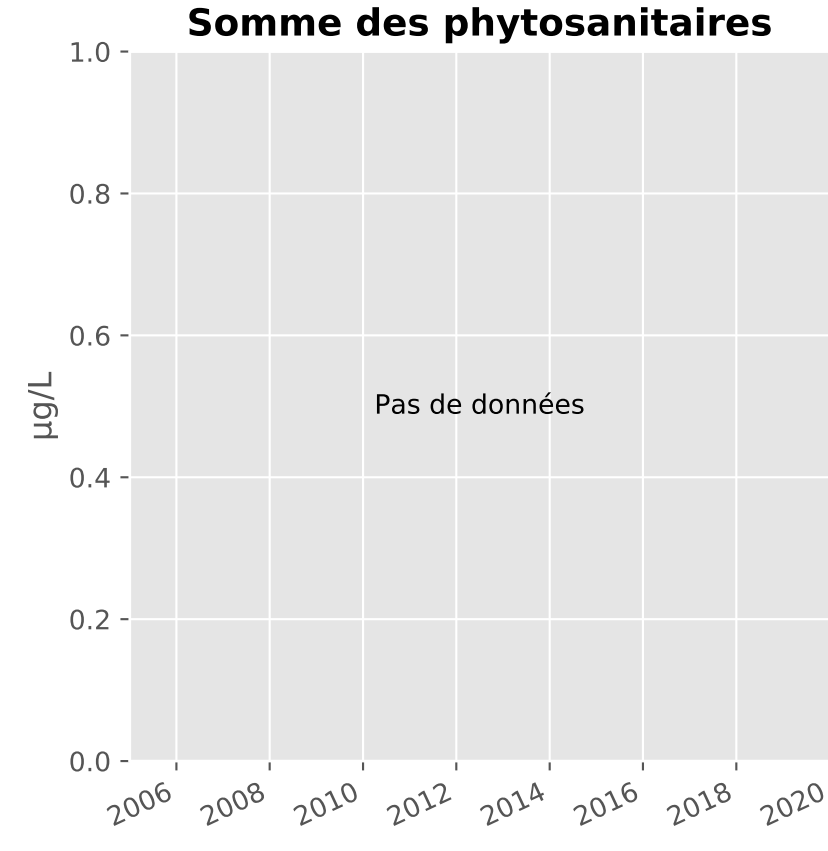
Nitrites



Nitrates

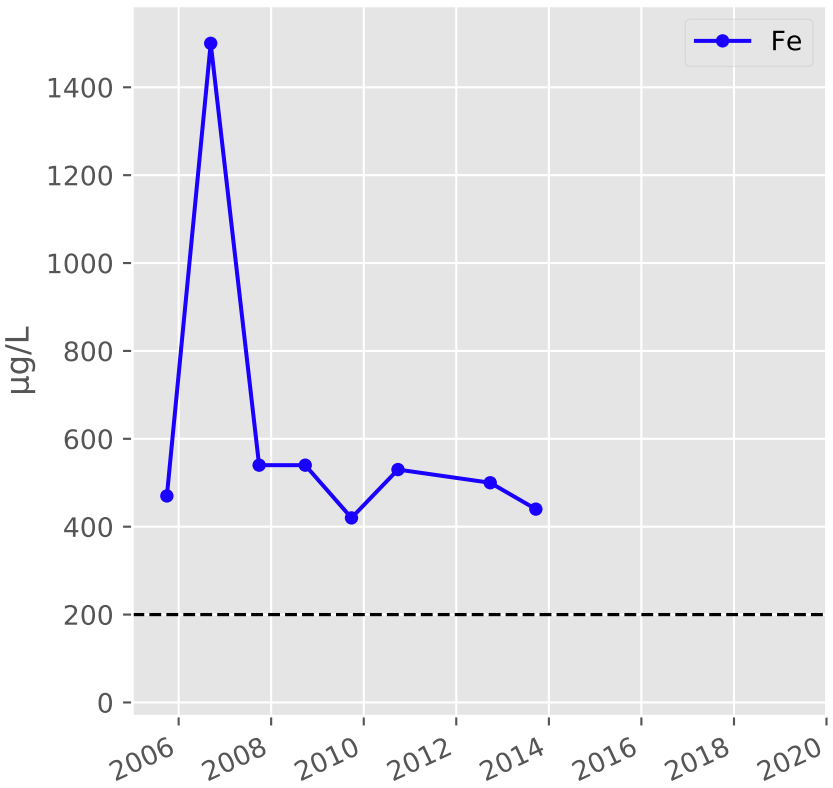


Somme des phytosanitaires

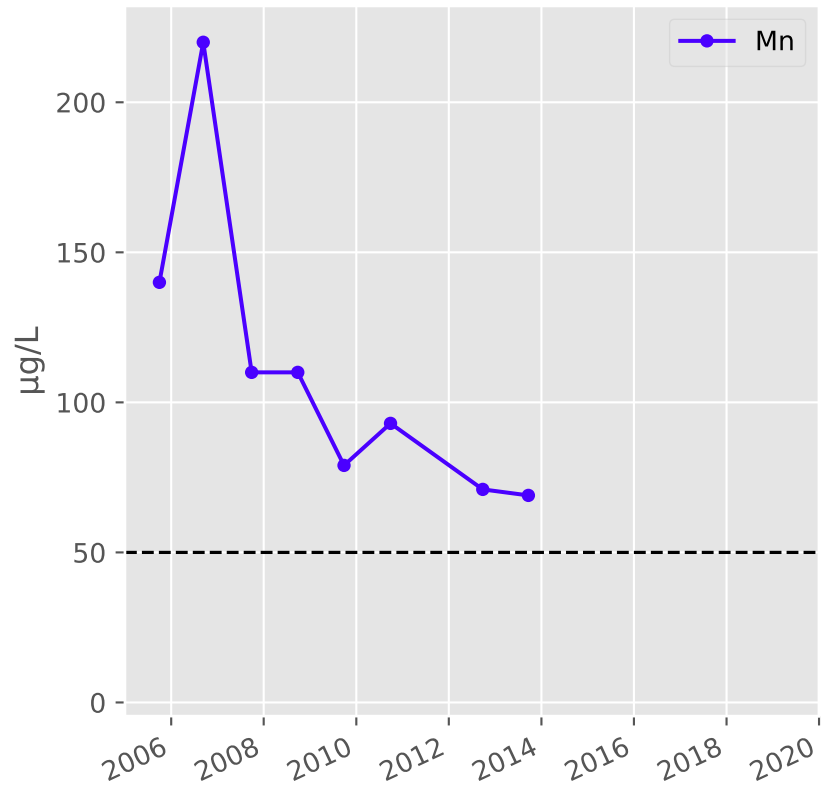


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N20 - Pz. Fontoy nord - 01137X0160

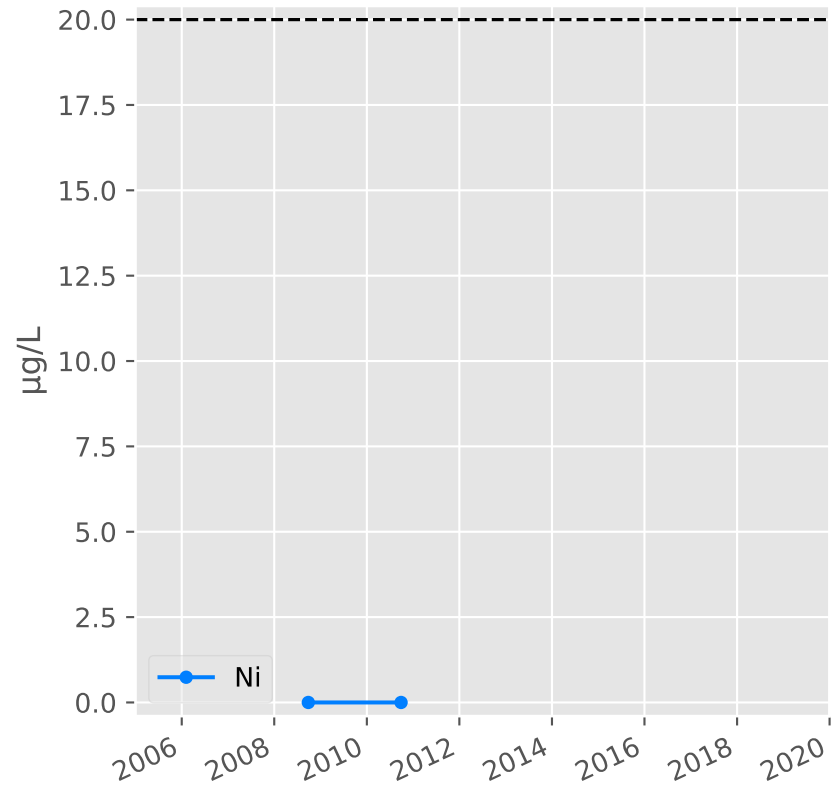
Fer



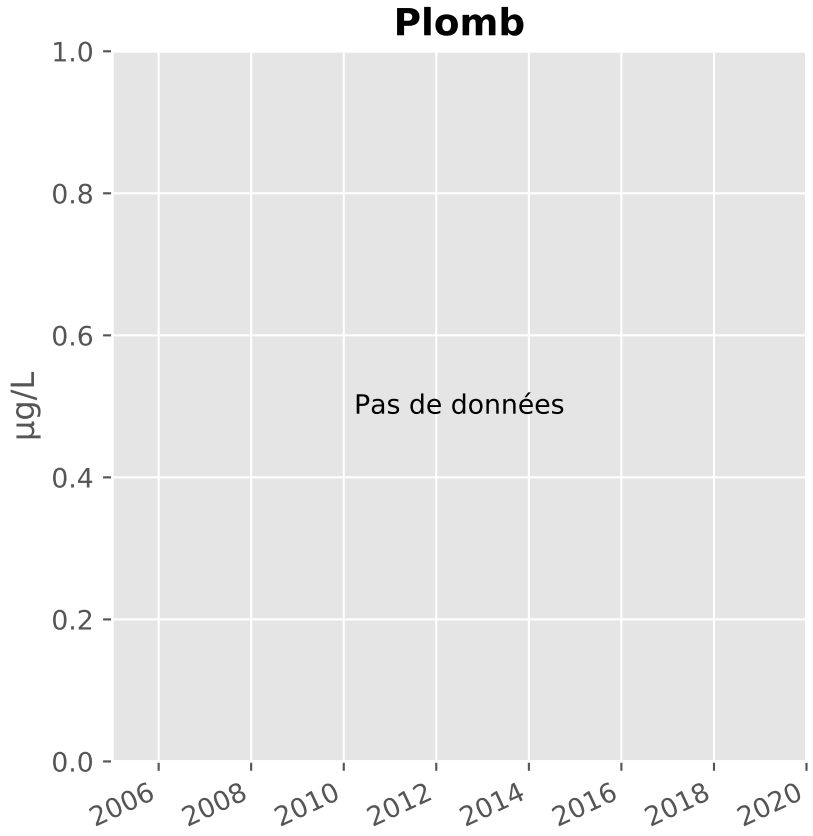
Manganèse



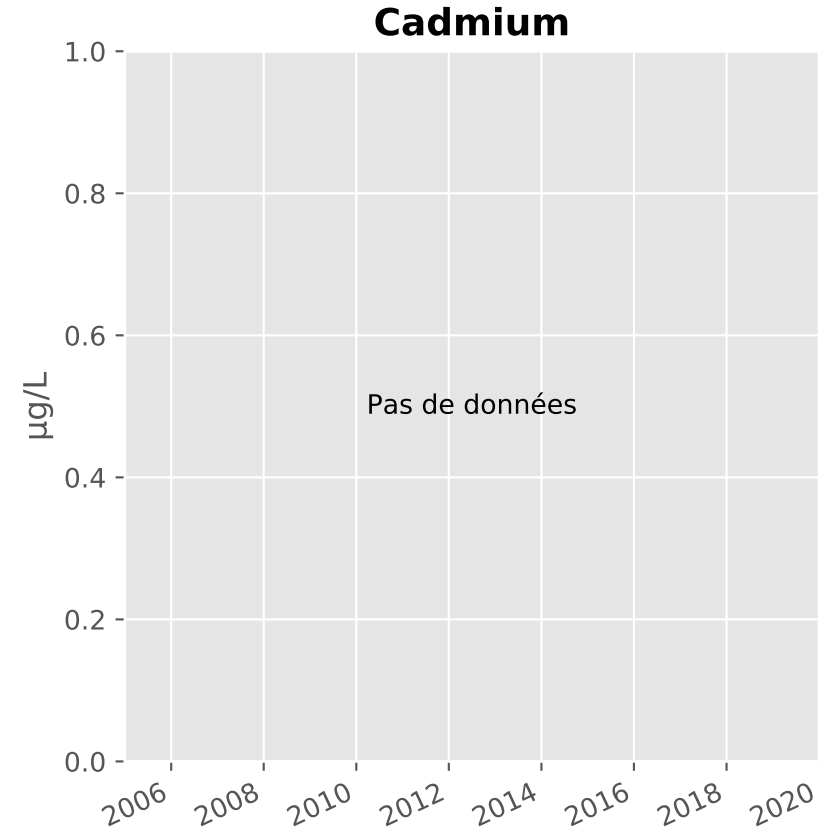
Nickel



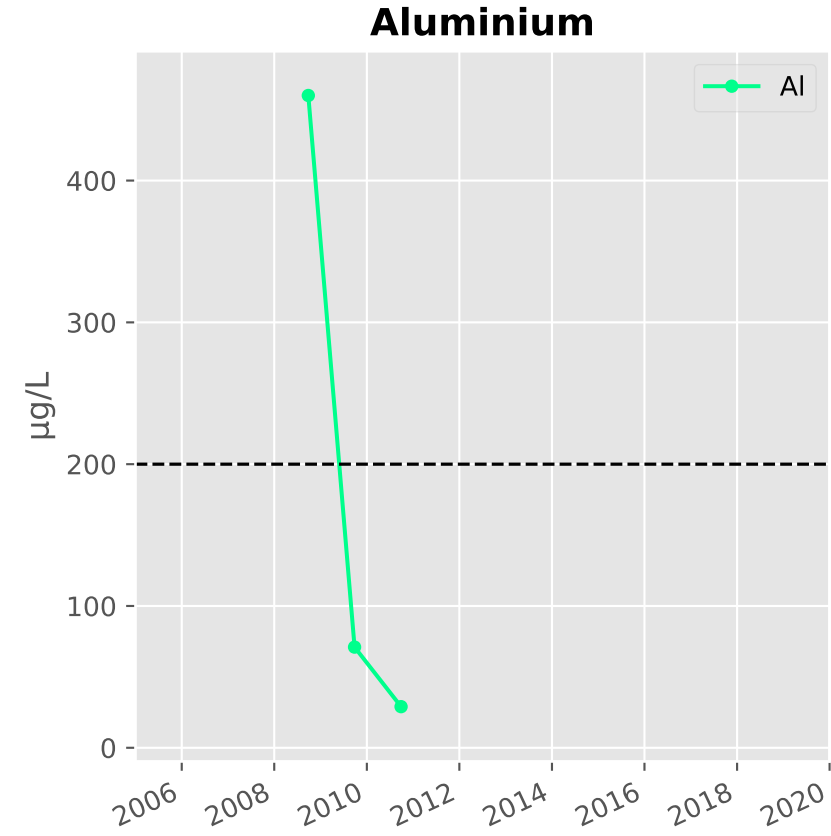
Plomb



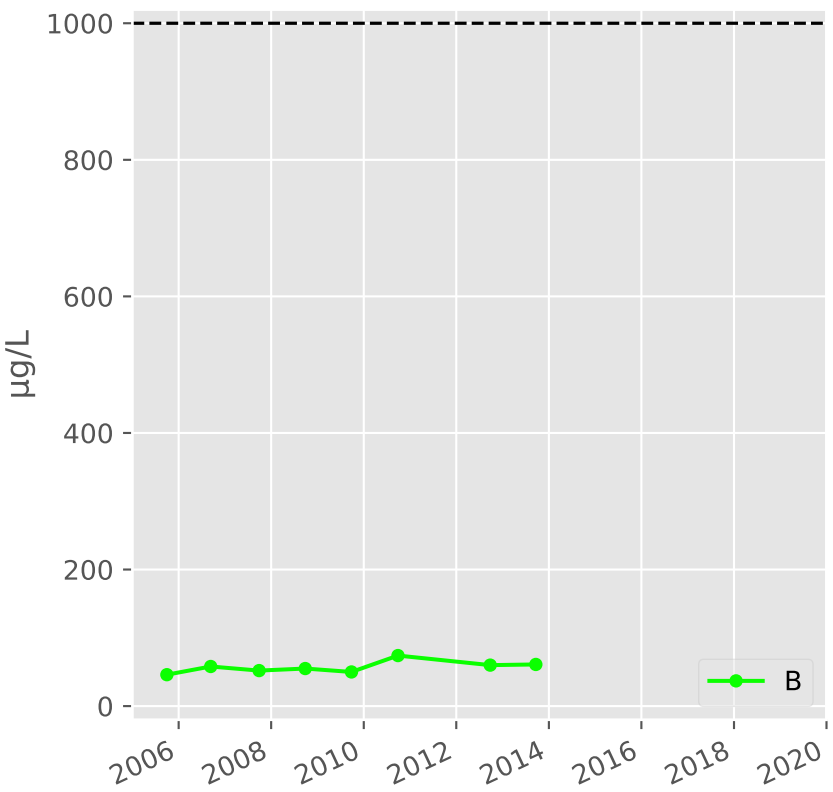
Cadmium



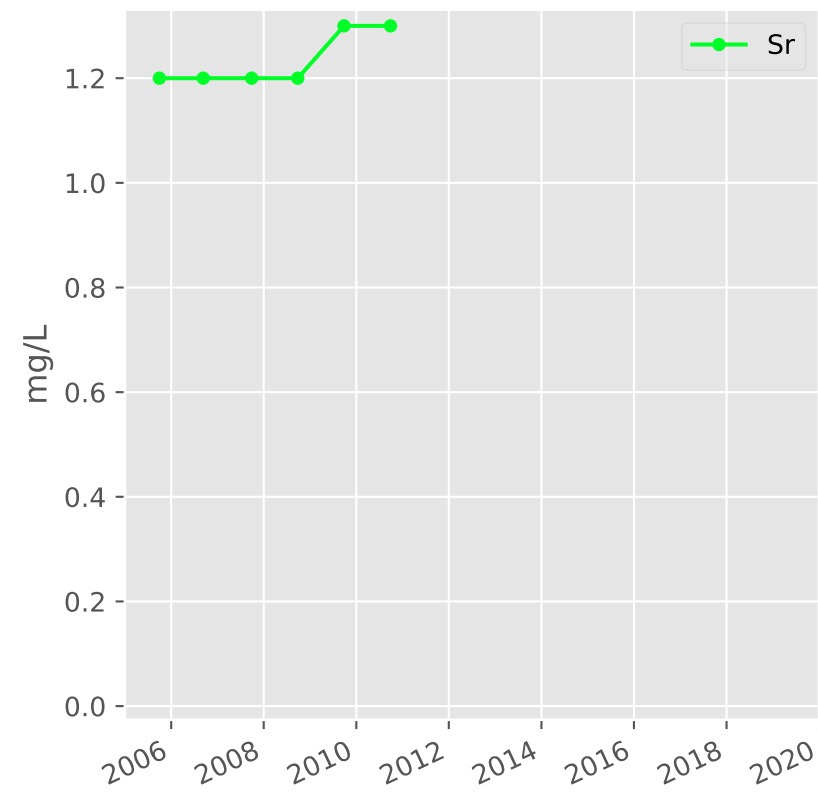
Aluminium



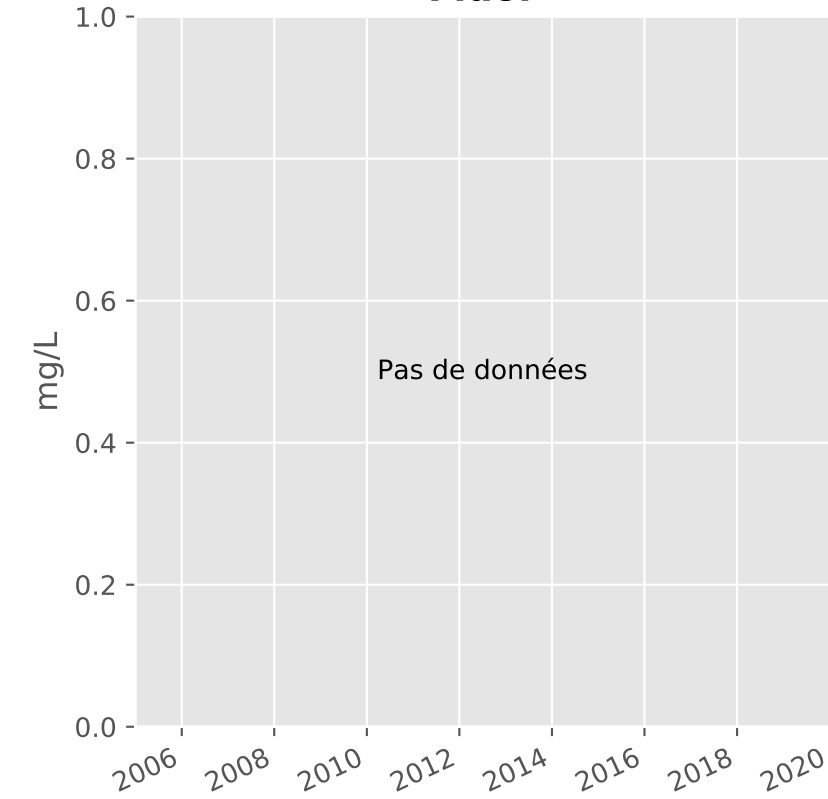
Bore



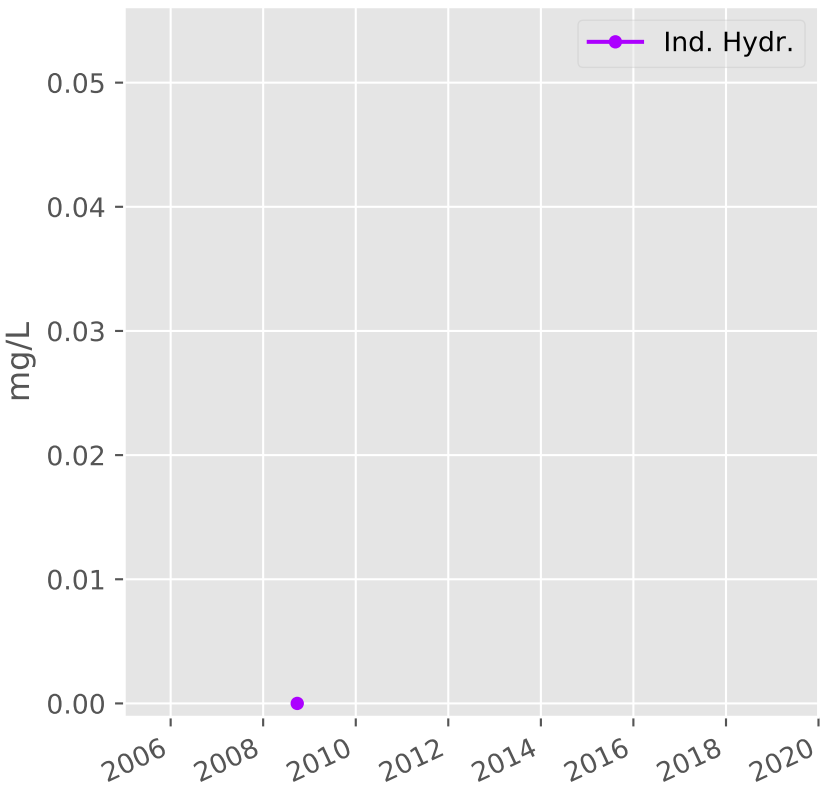
Strontium



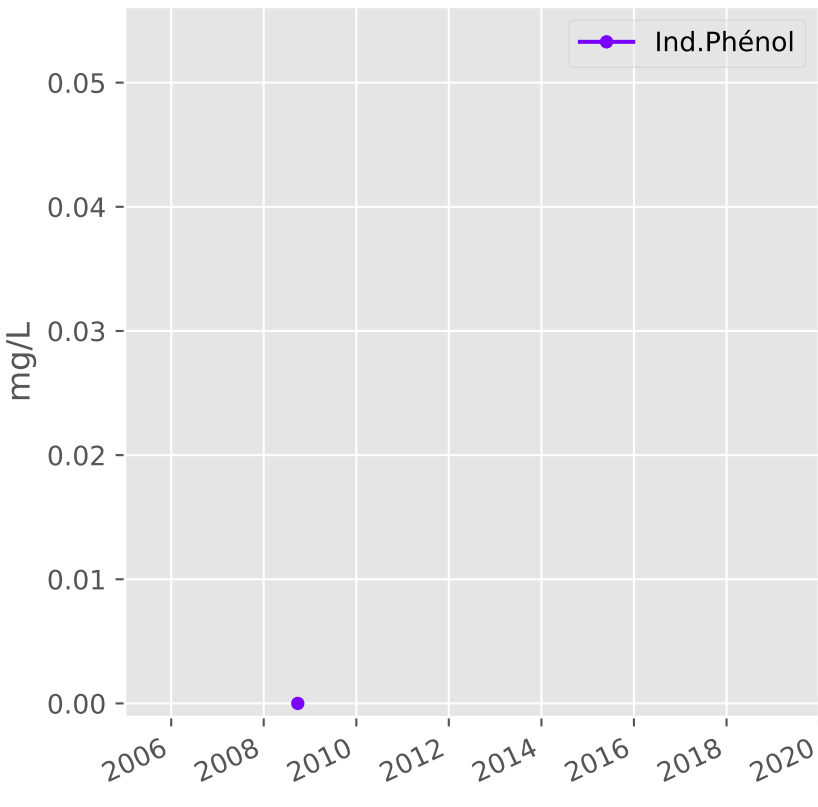
Fluor



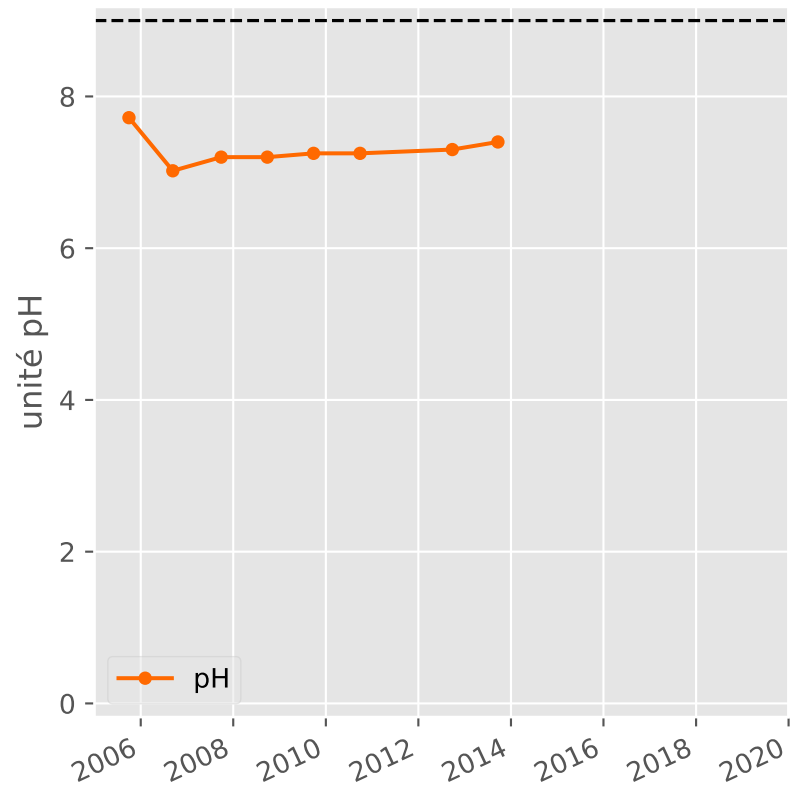
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

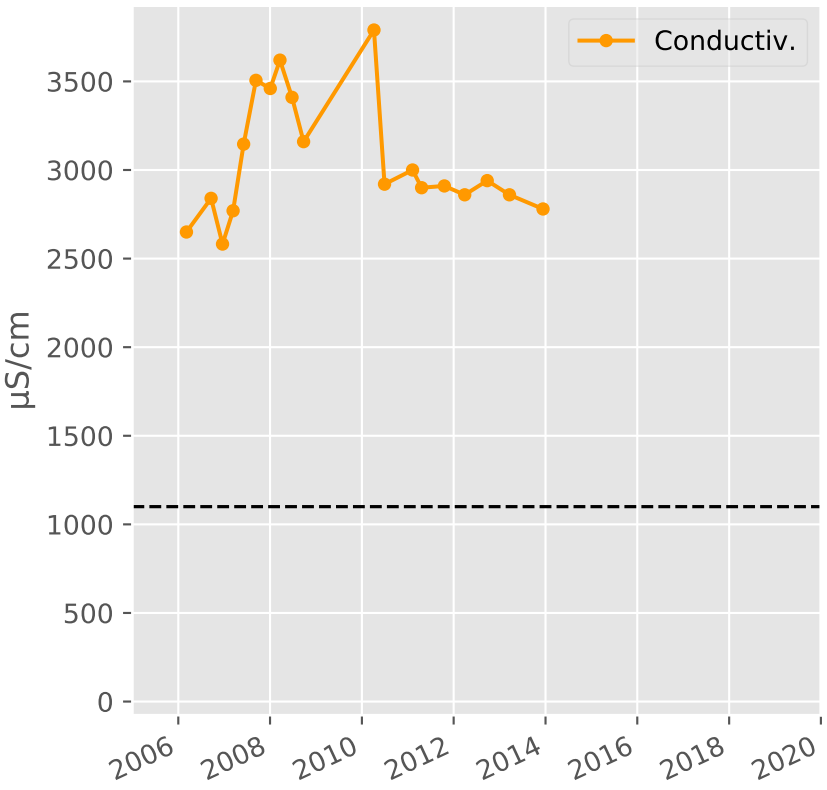


pH

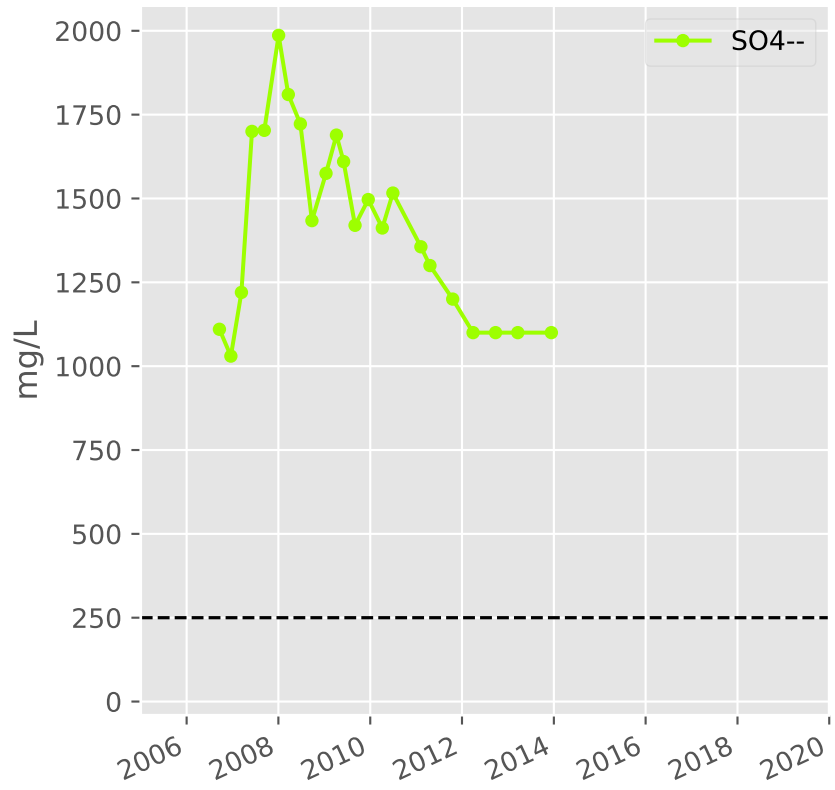


Bassin NORD - Réservoir minier - Zone foudroyée - N11 - Pz. Cheminée Sud - 01137X0171

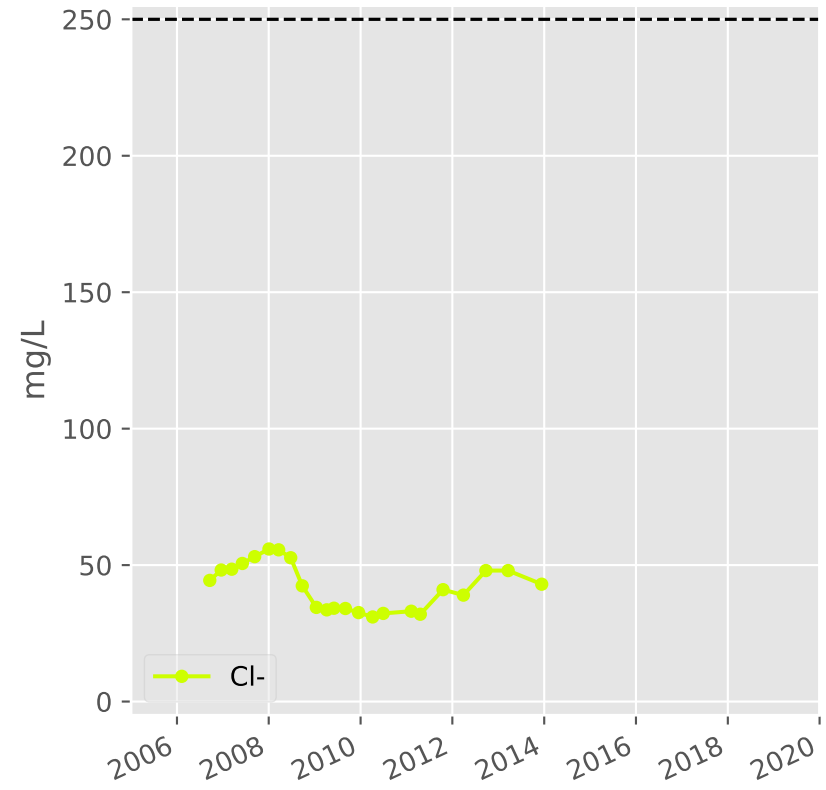
Conductivité



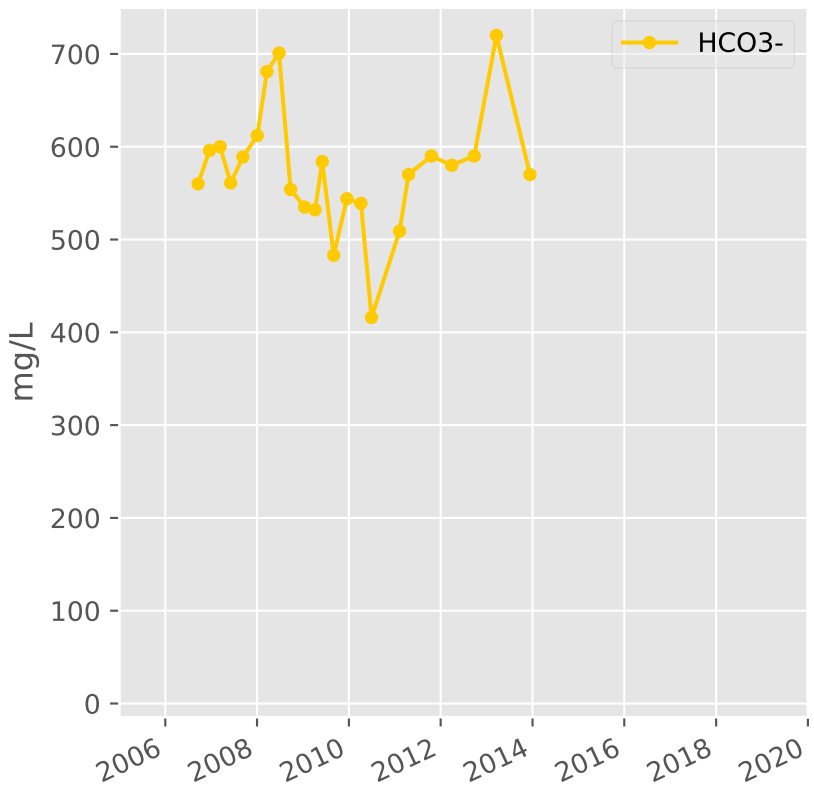
Sulfates



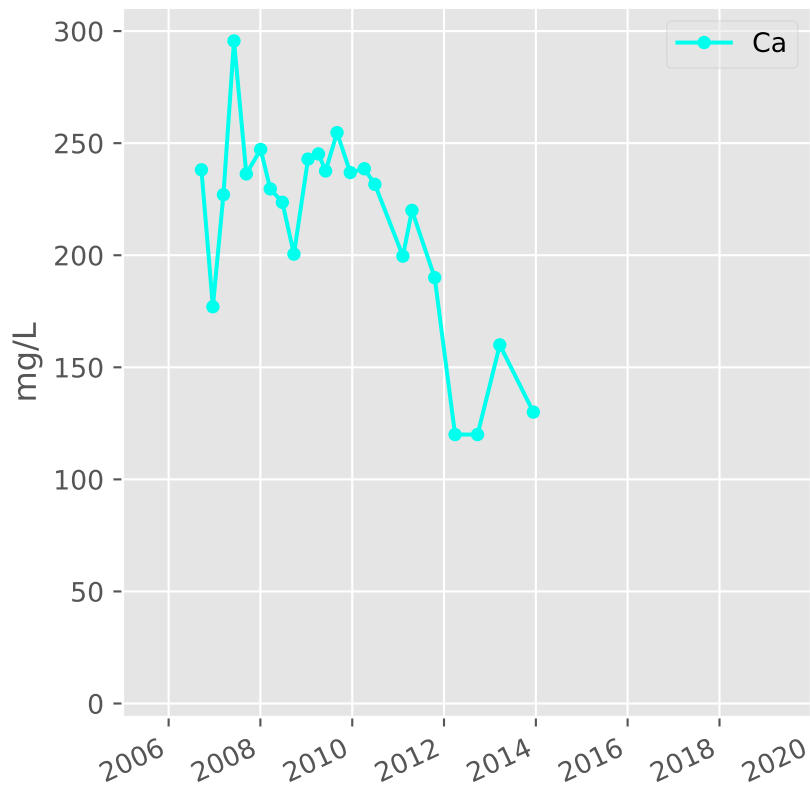
Chlorures



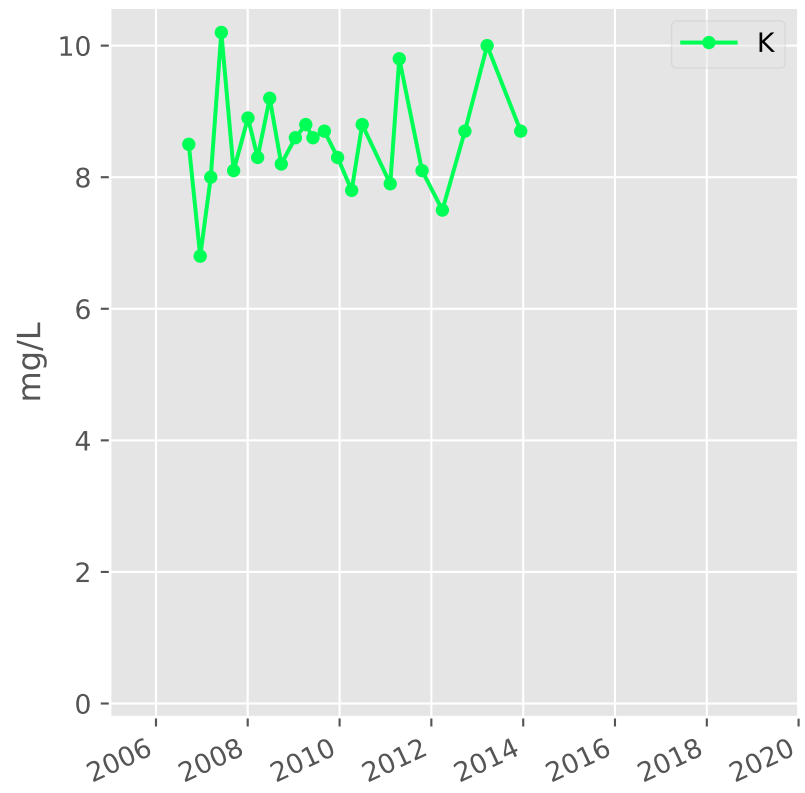
Bicarbonates



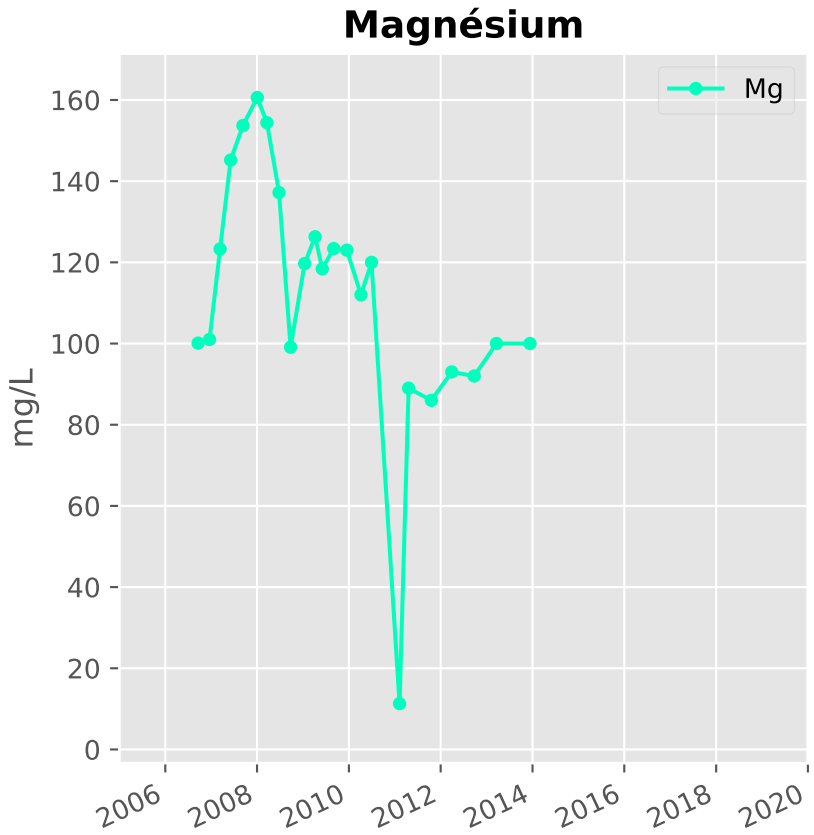
Calcium



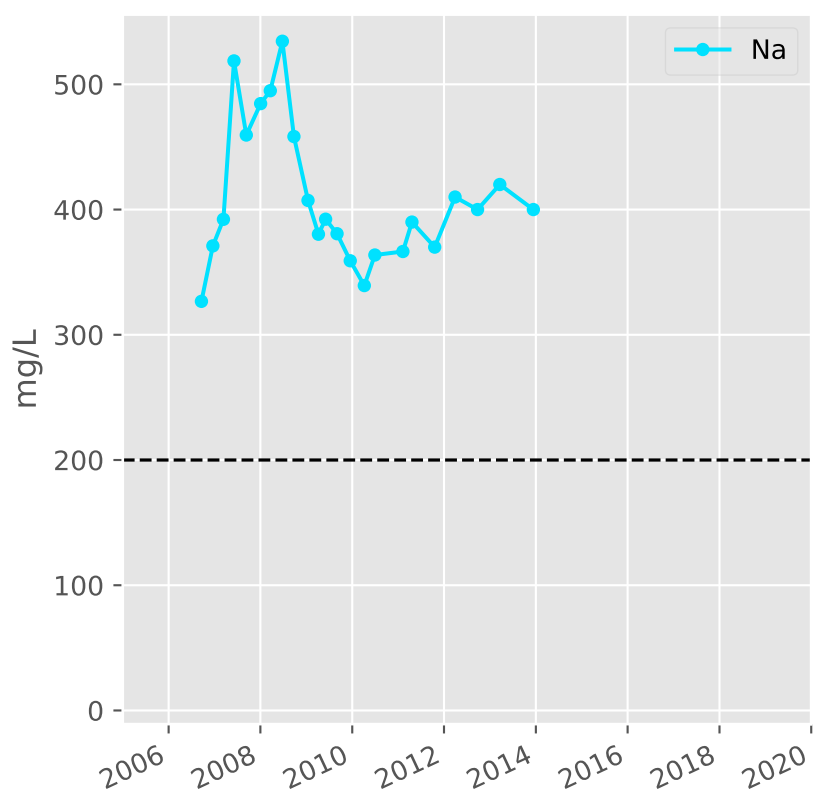
Potassium



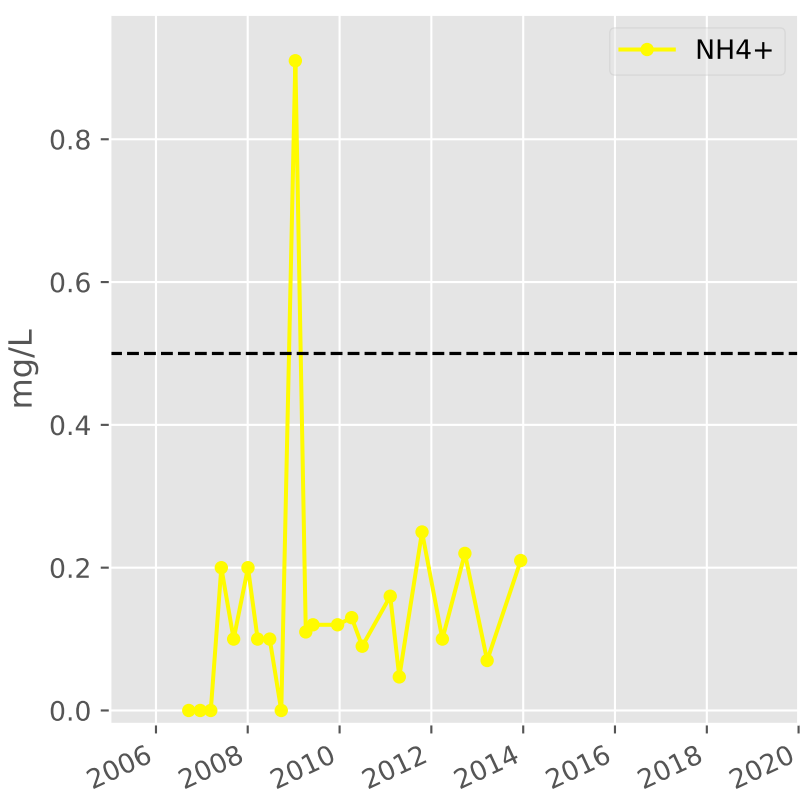
Magnésium



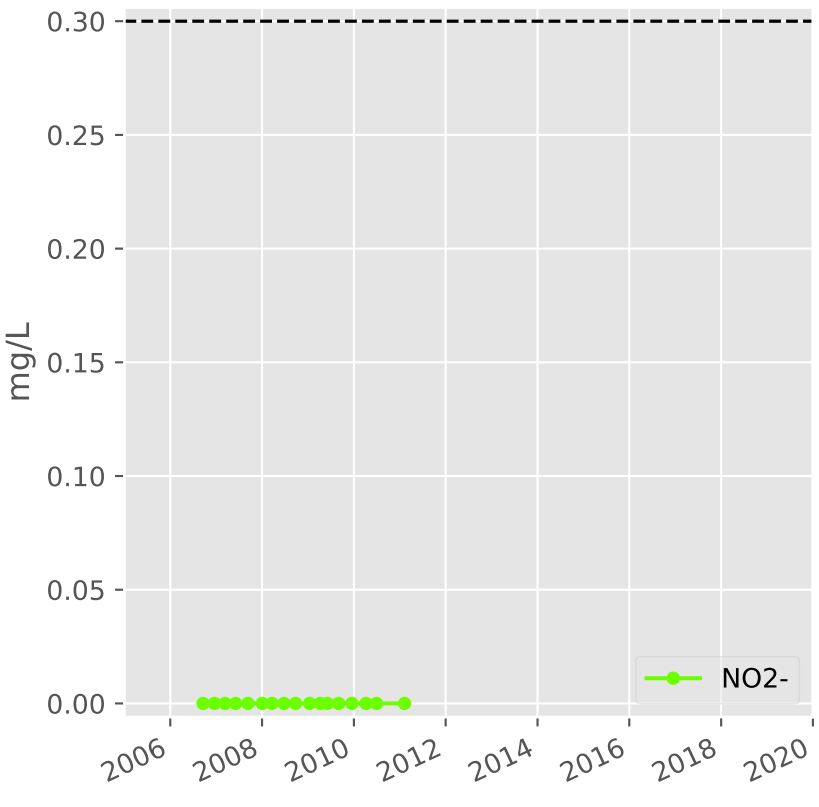
Sodium



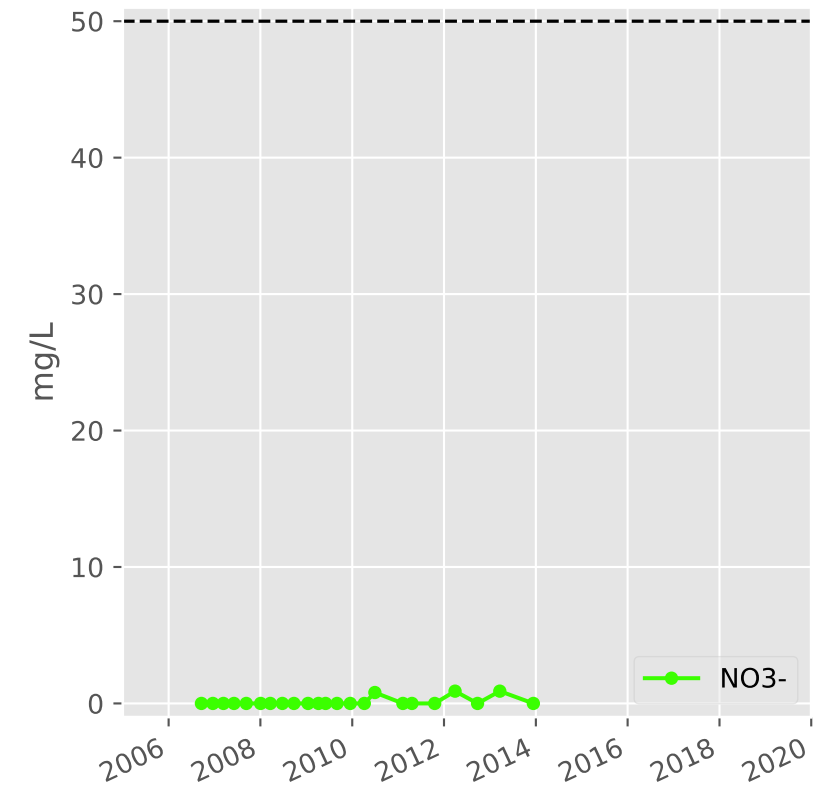
Ammonium



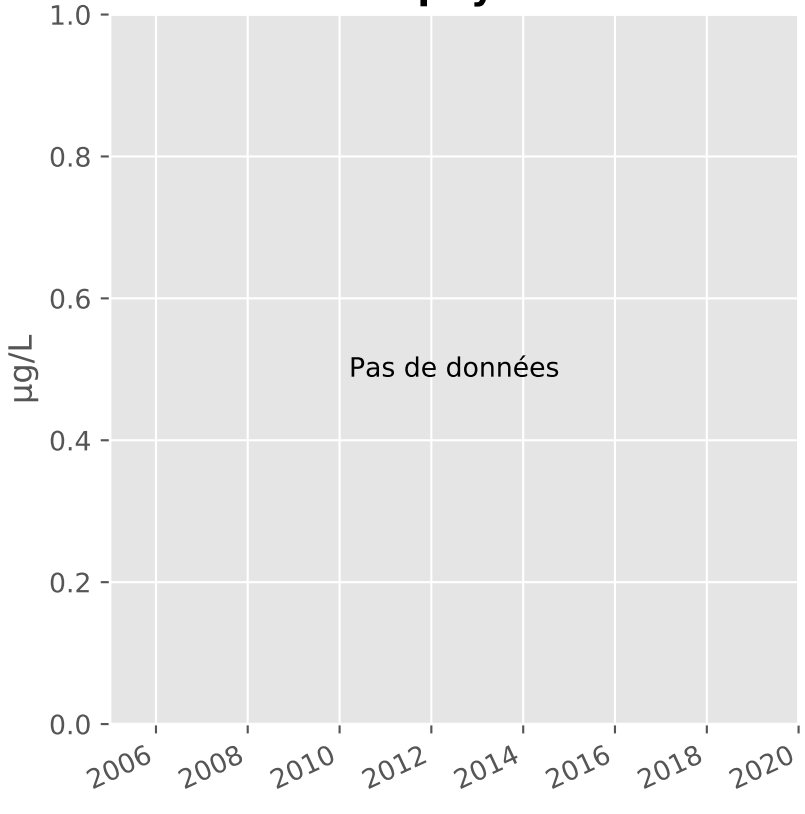
Nitrites



Nitrates

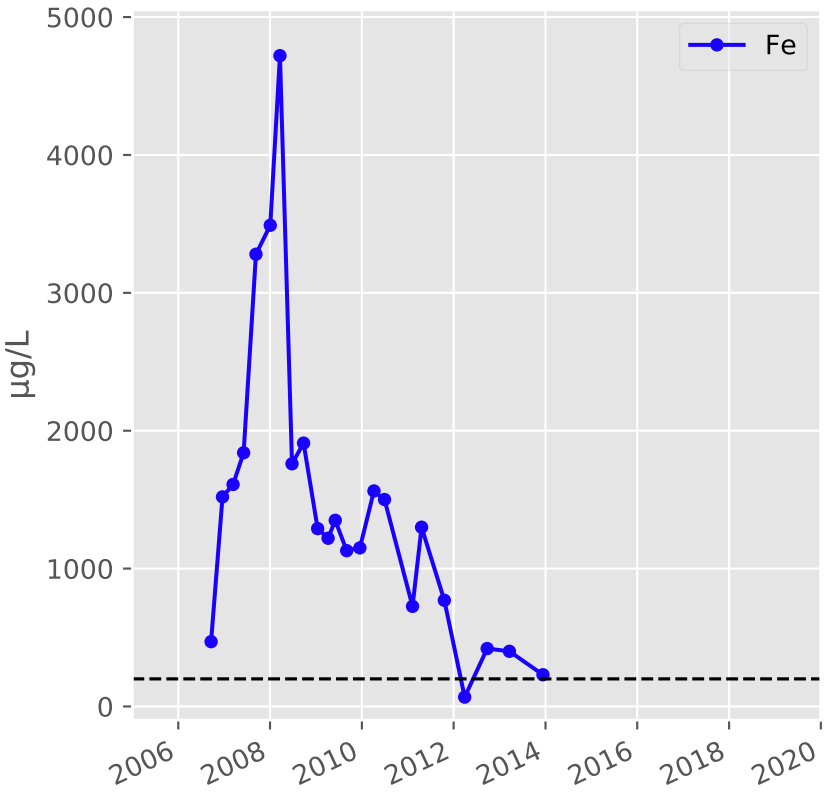


Somme des phytosanitaires

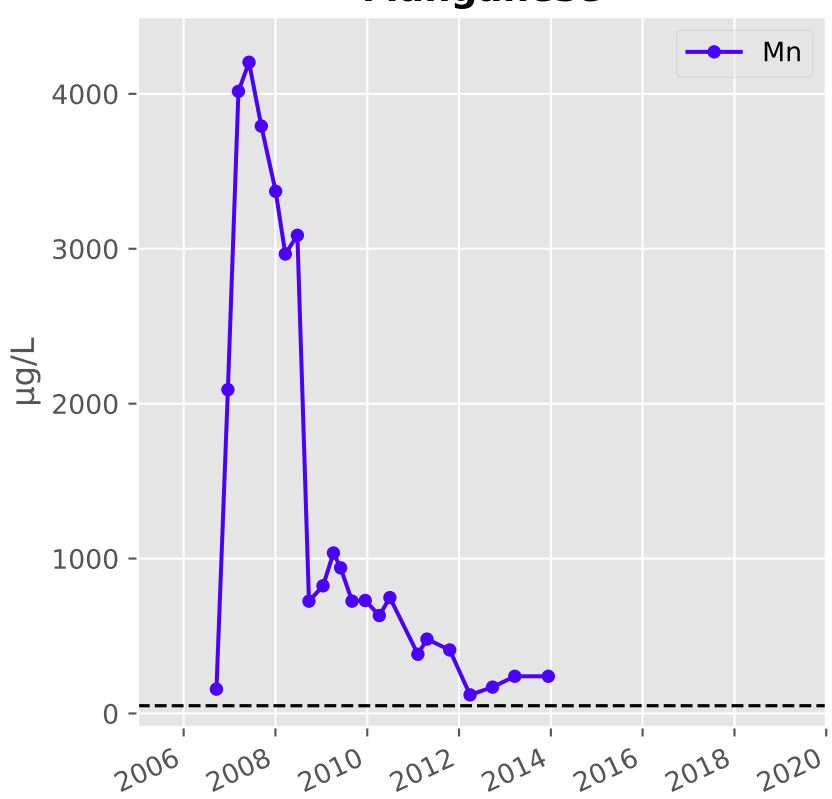


Bassin NORD - Réservoir minier - Zone foudroyée - N11 - Pz. Cheminée Sud - 01137X0171

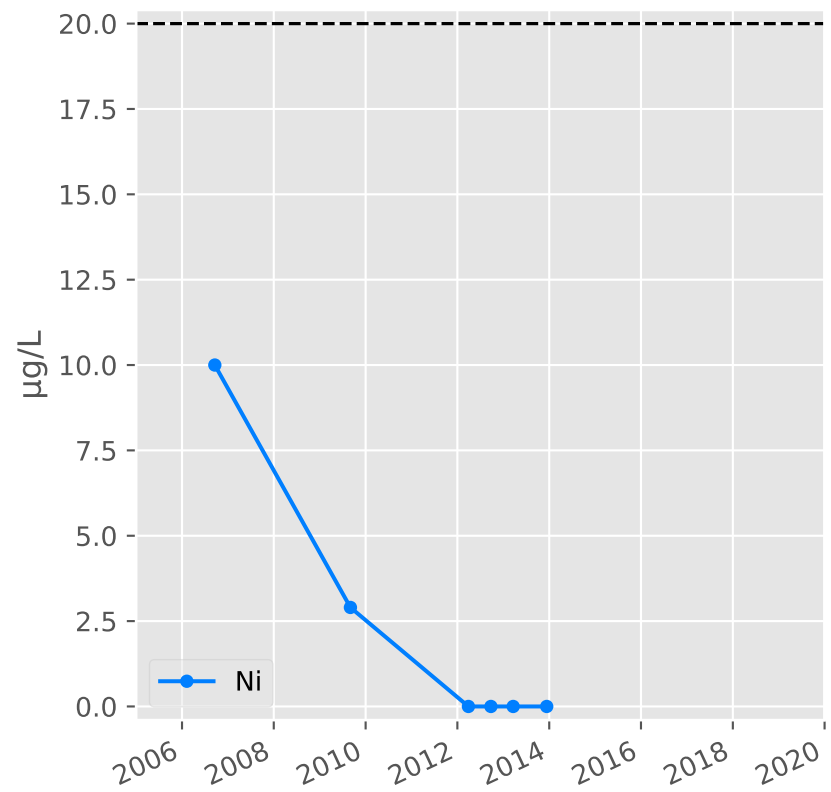
Fer



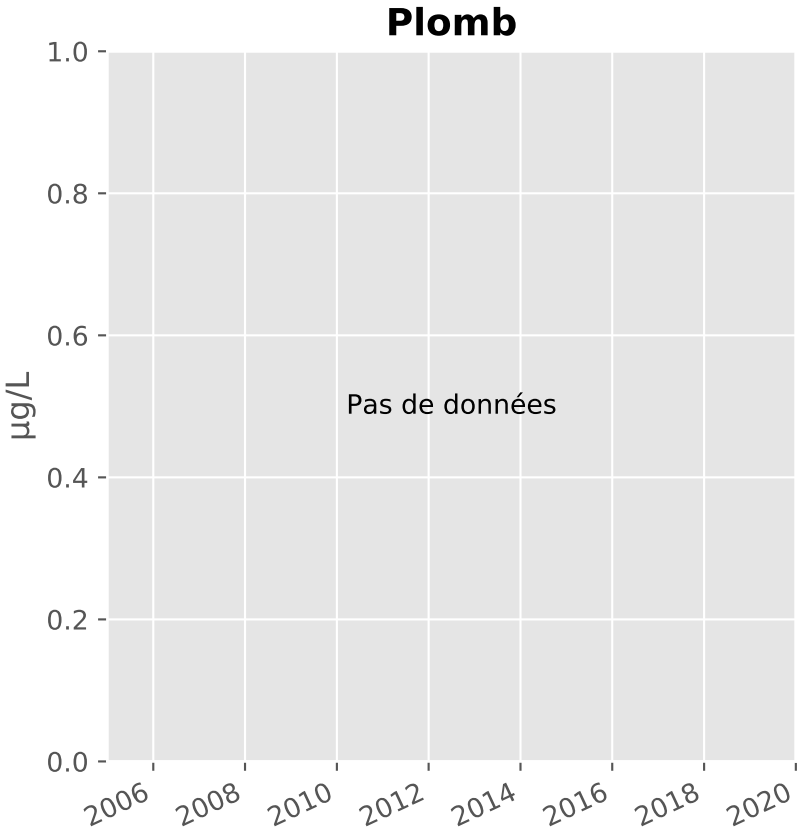
Manganèse



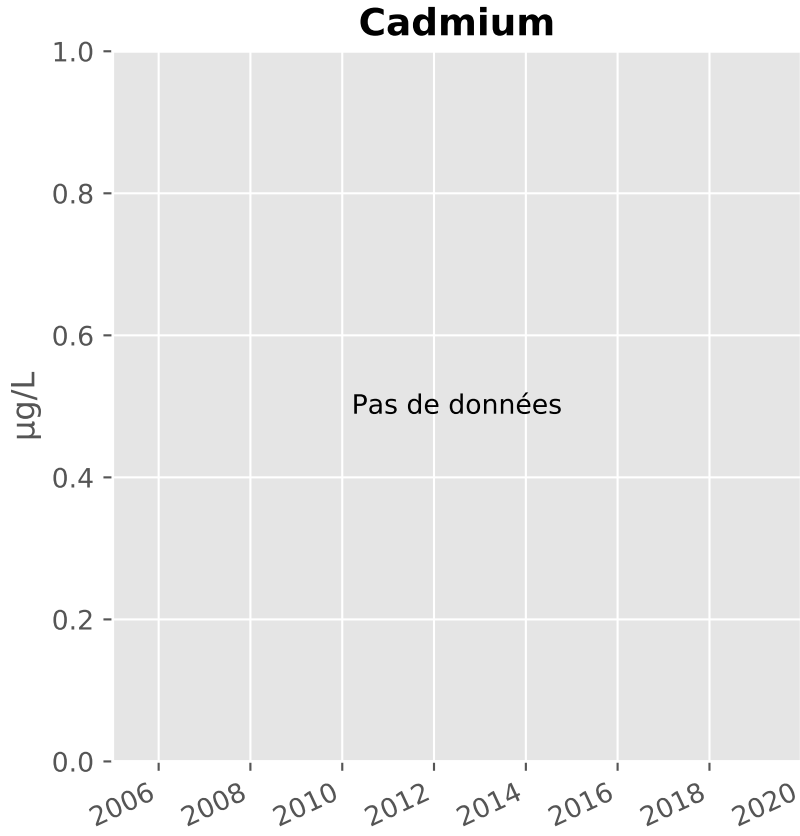
Nickel



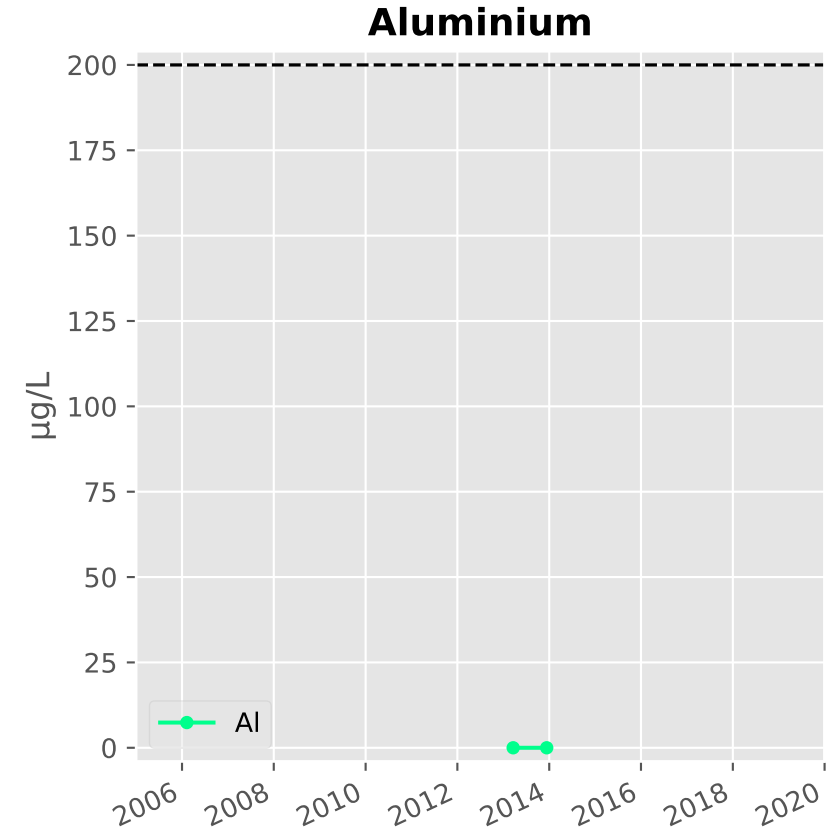
Plomb



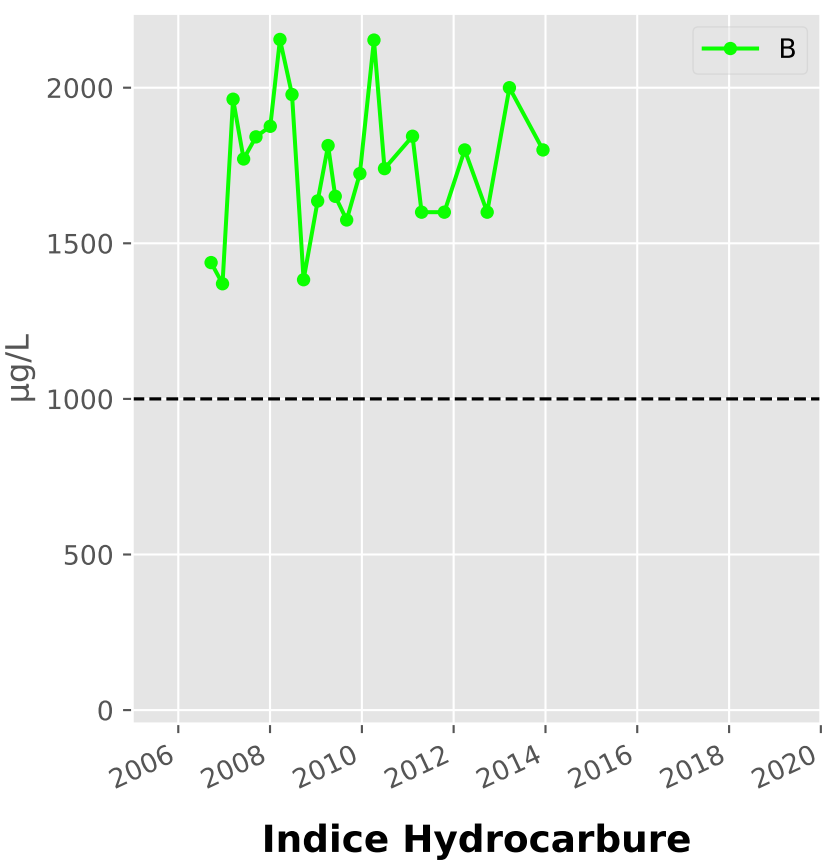
Cadmium



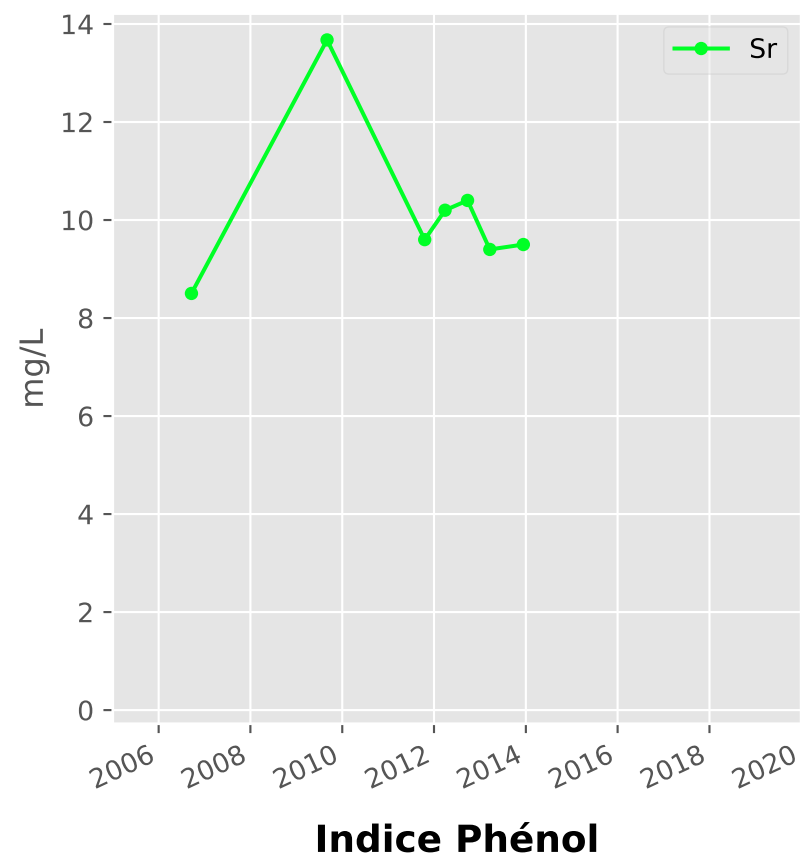
Aluminium



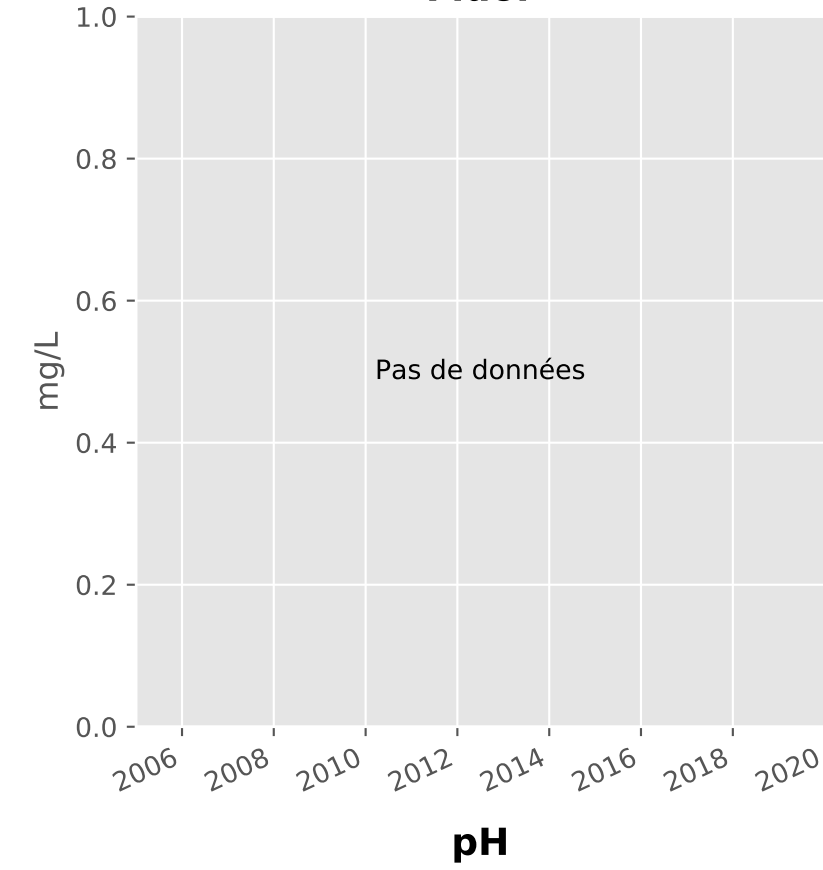
Bore



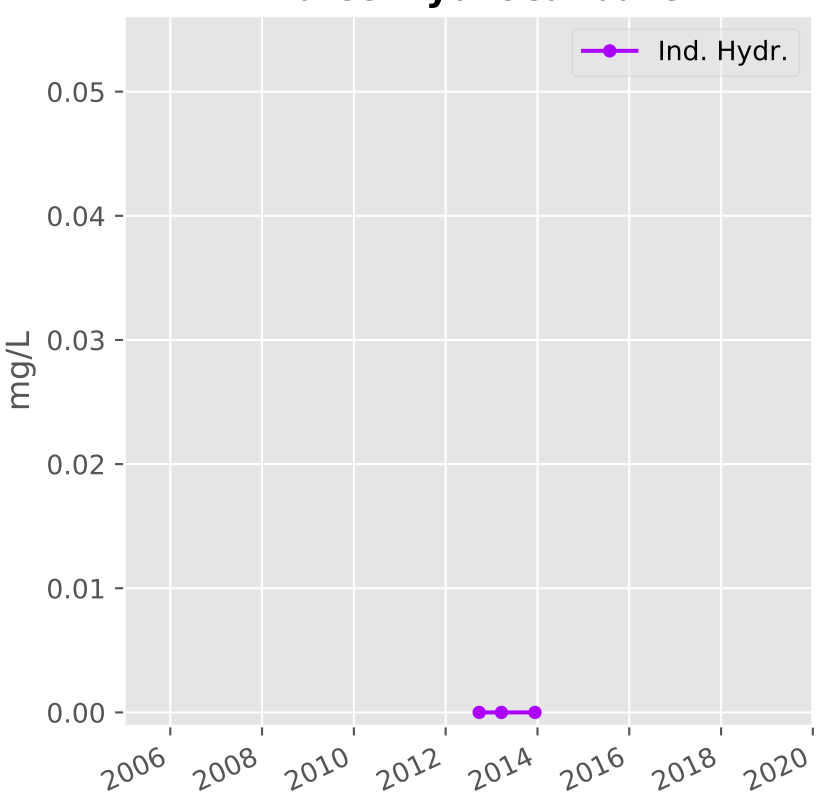
Strontium



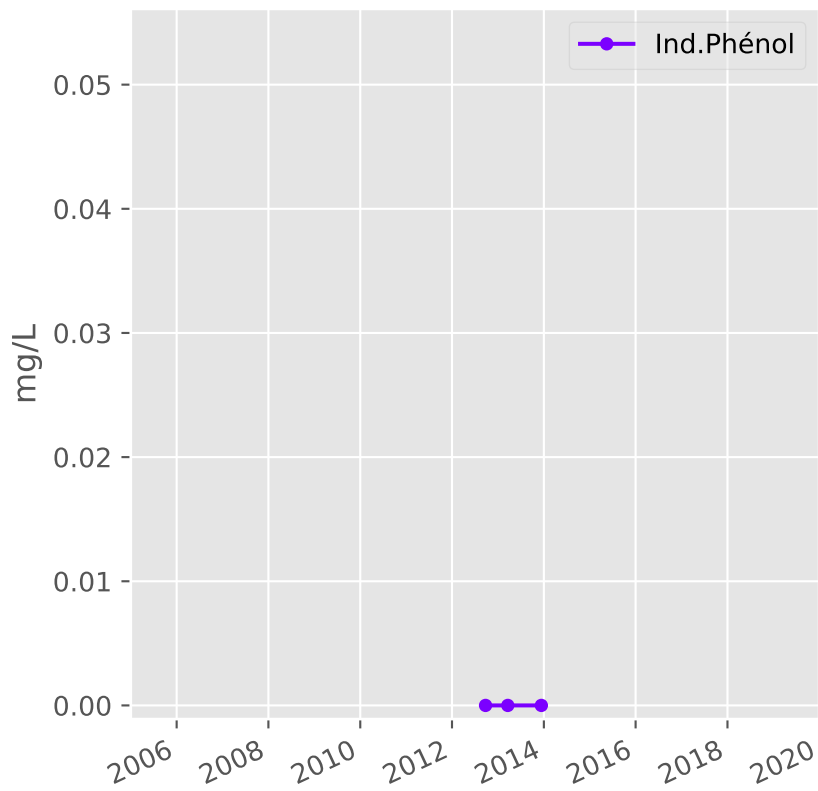
Fluor



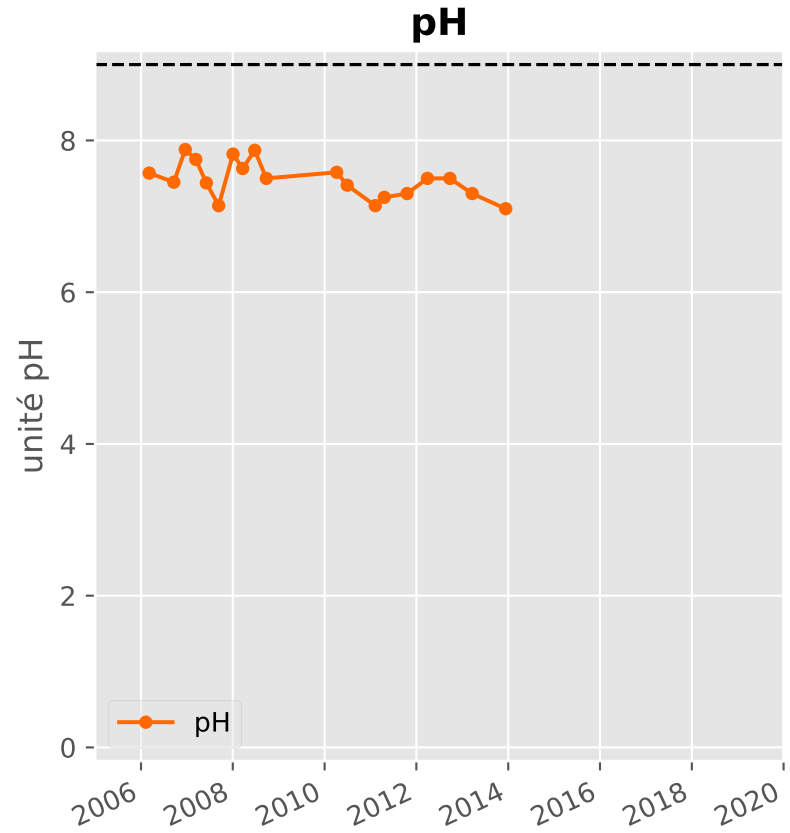
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

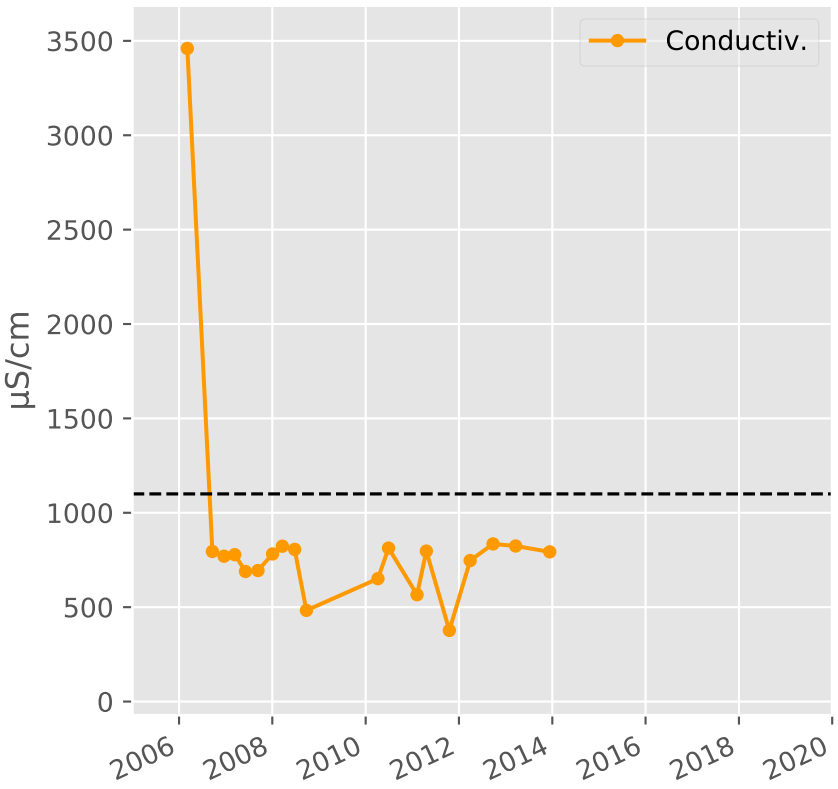


pH

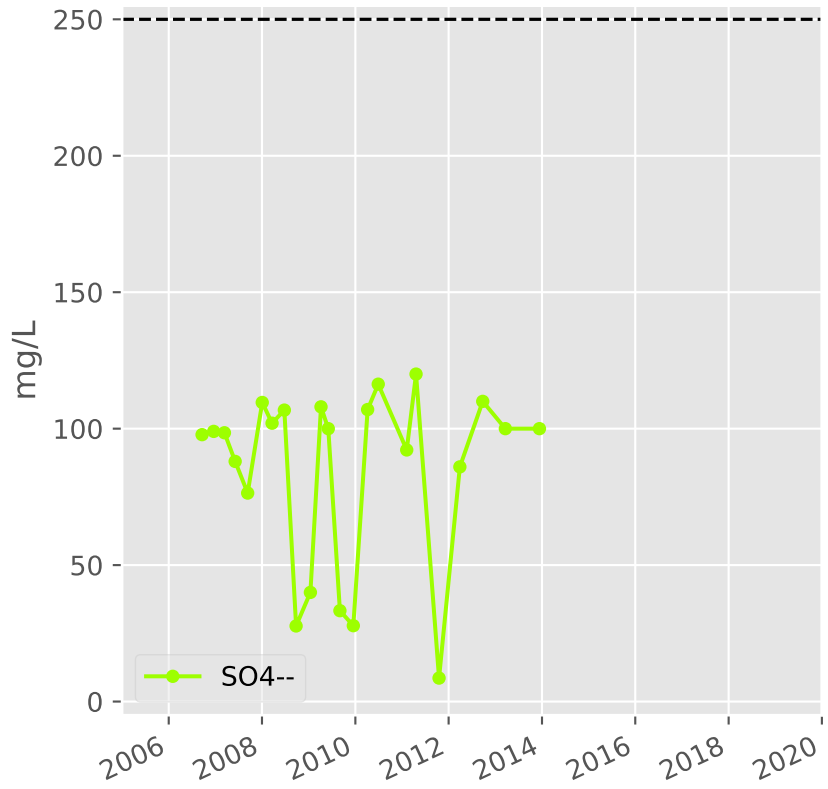


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N13 - Pz. Chem. Sud Dogger sup. - 01137X0172

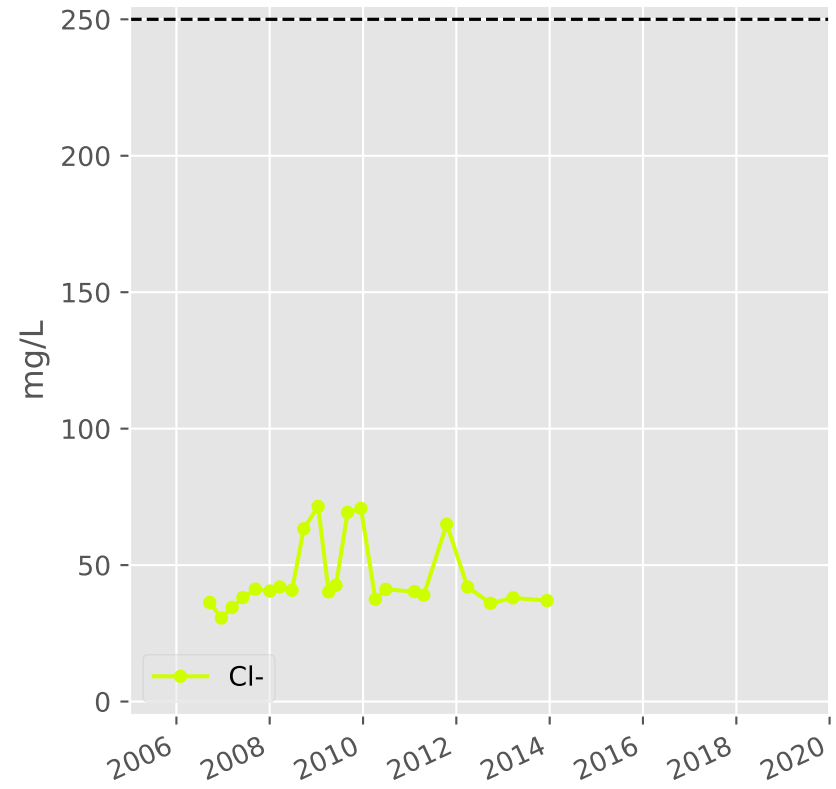
Conductivité



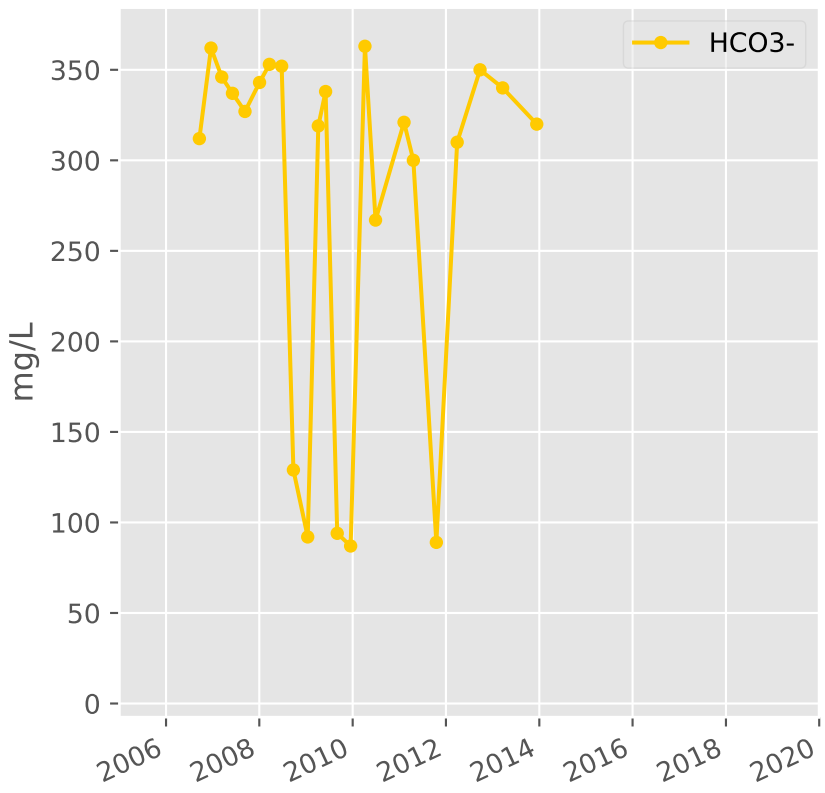
Sulfates



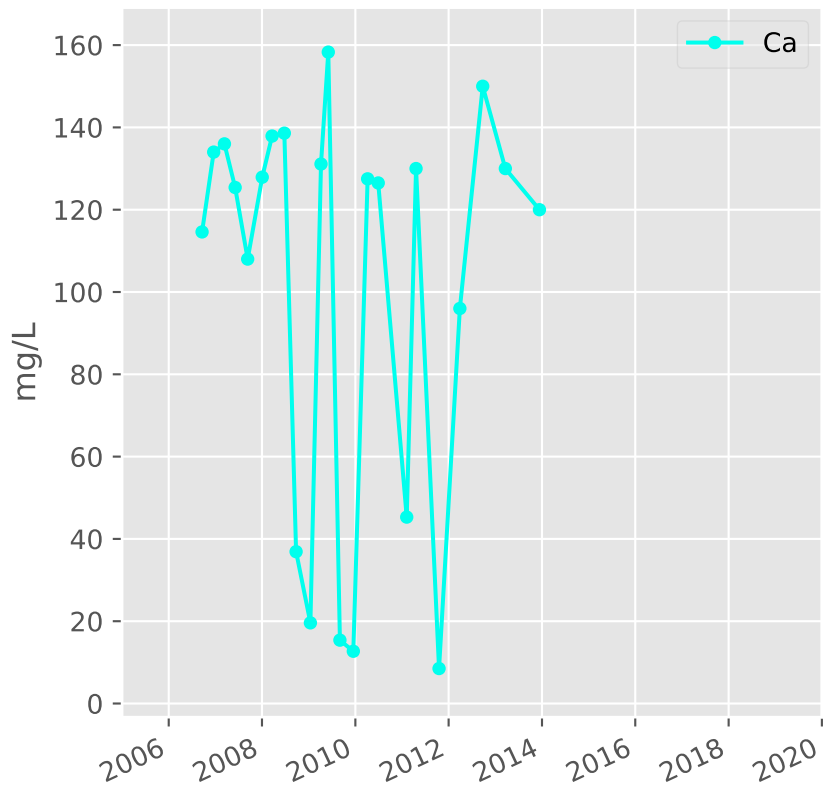
Chlorures



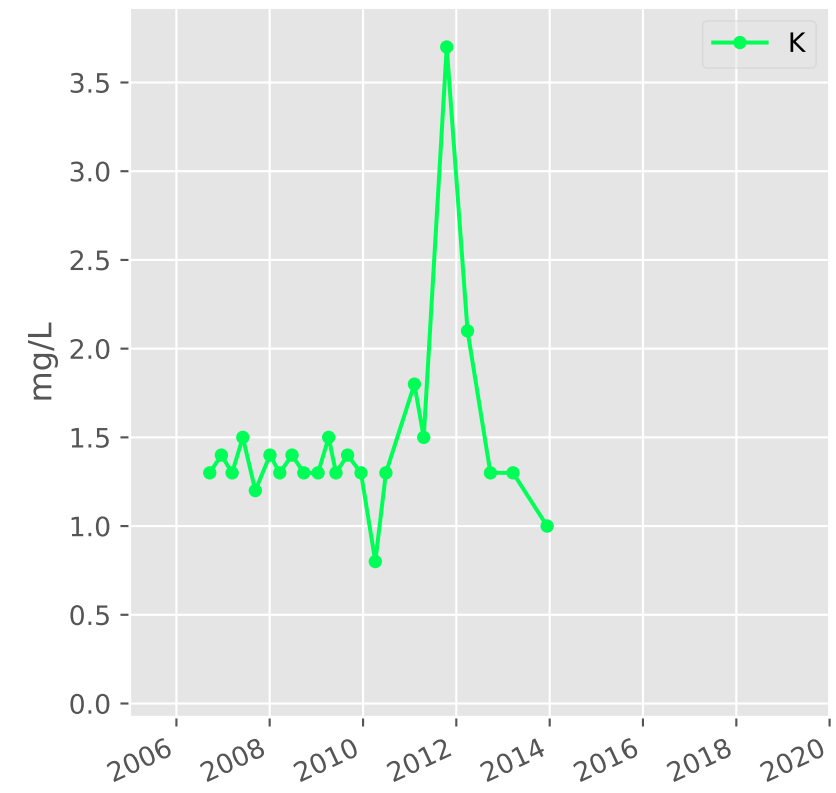
Bicarbonates



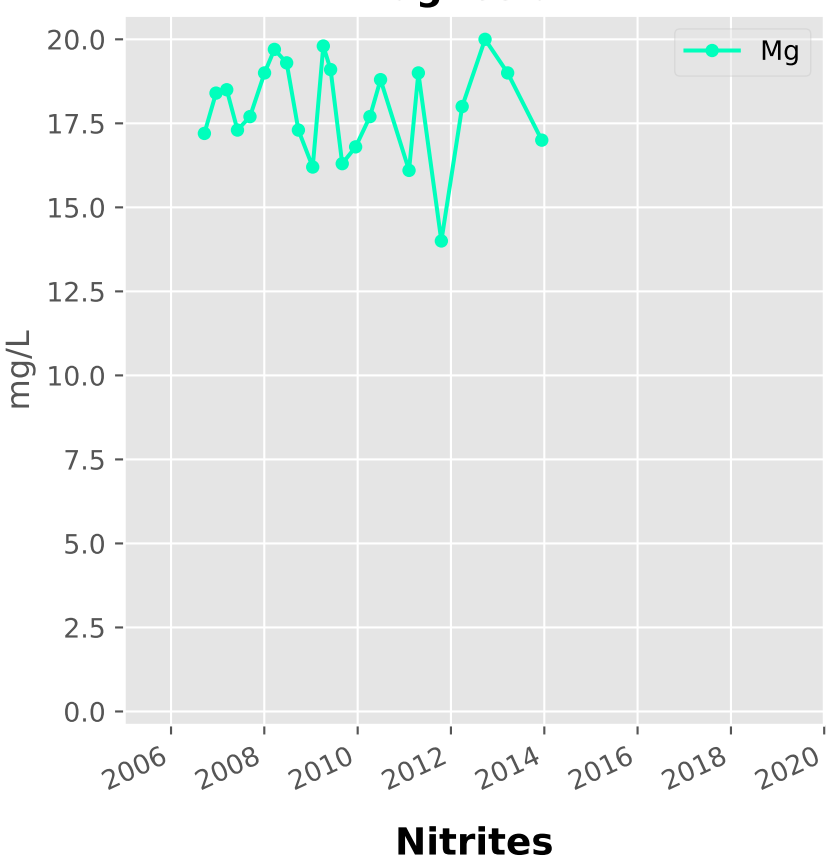
Calcium



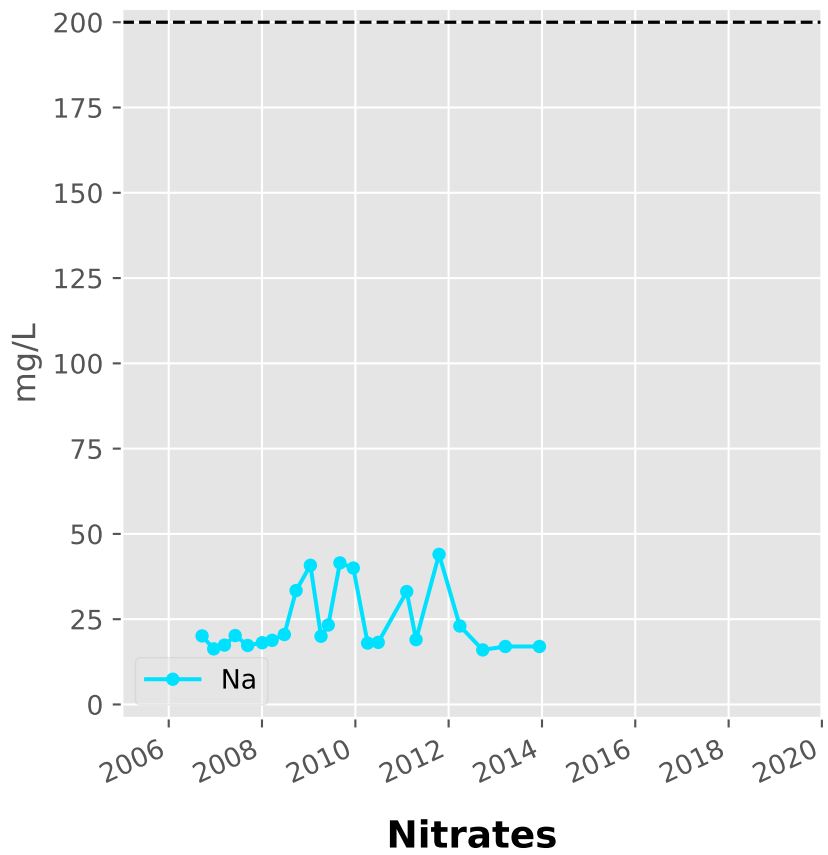
Potassium



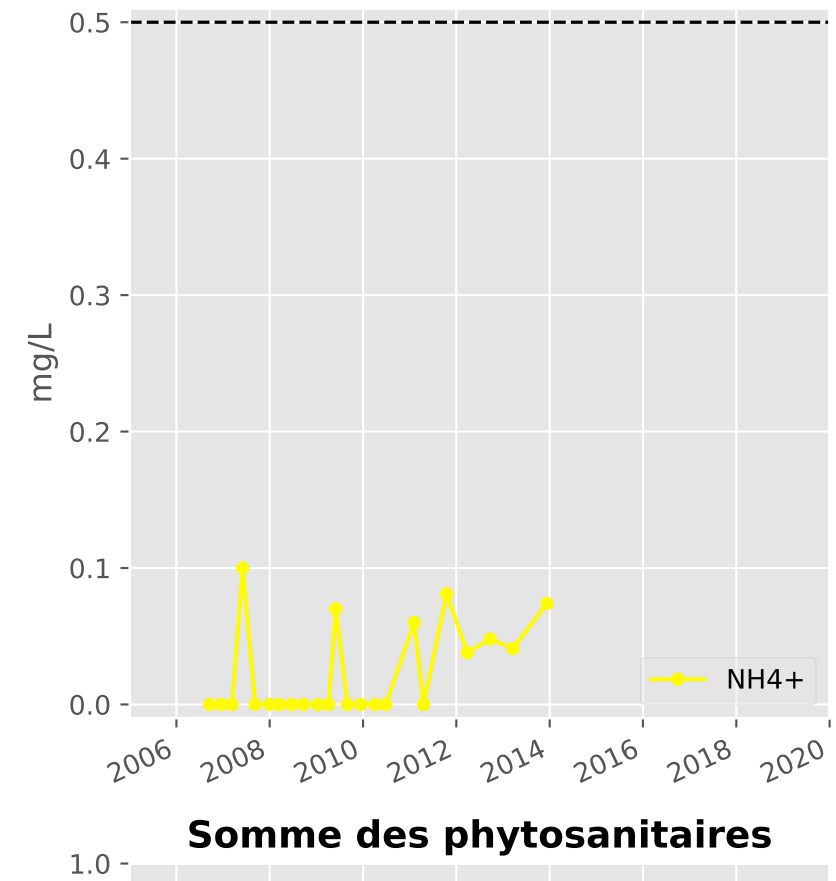
Magnésium



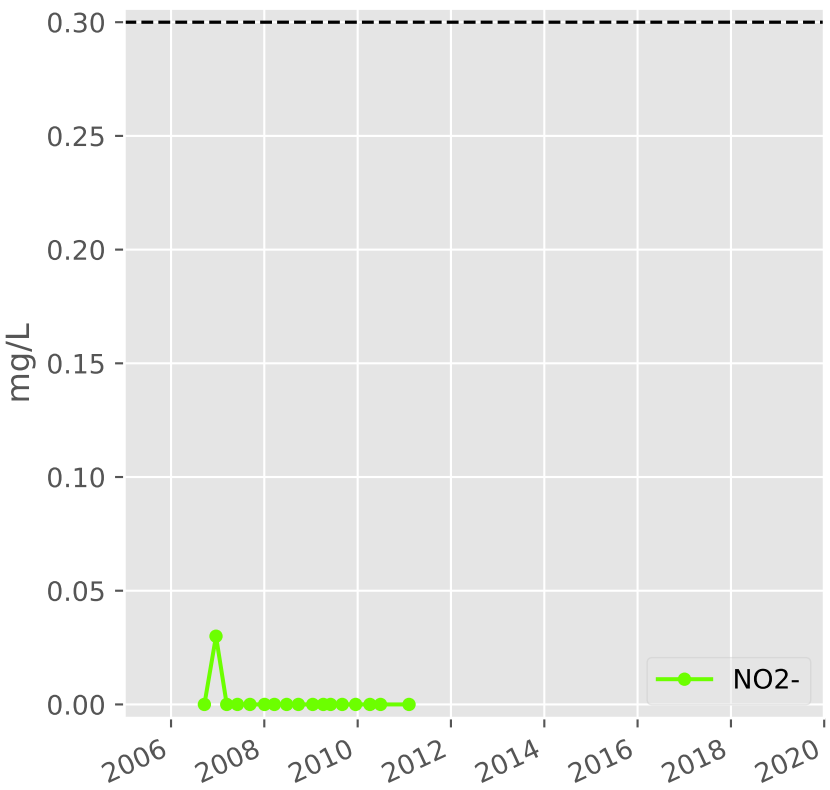
Sodium



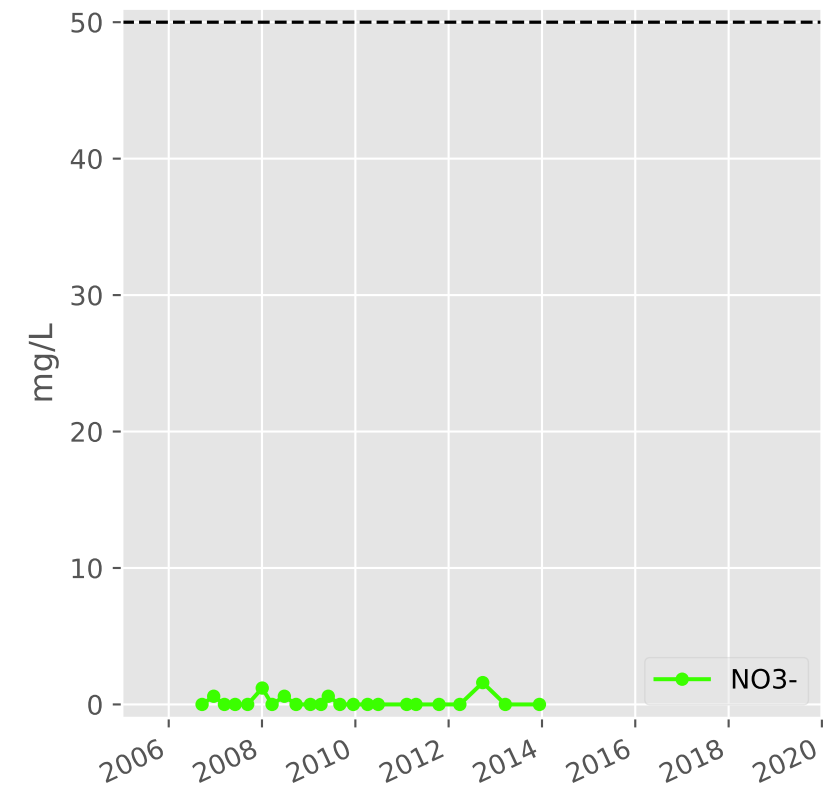
Ammonium



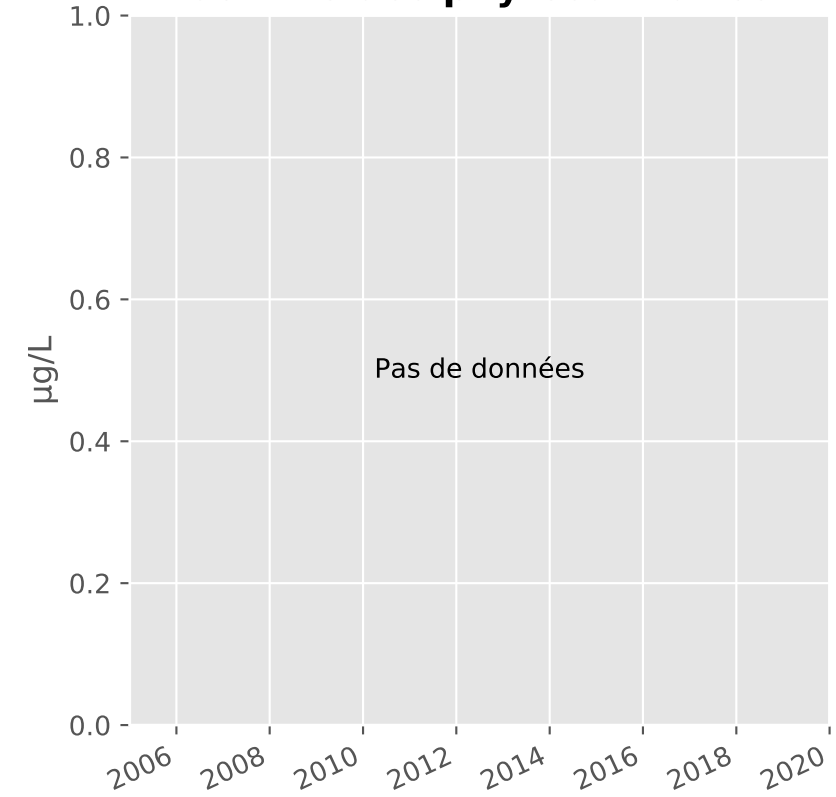
Nitrites



Nitrates

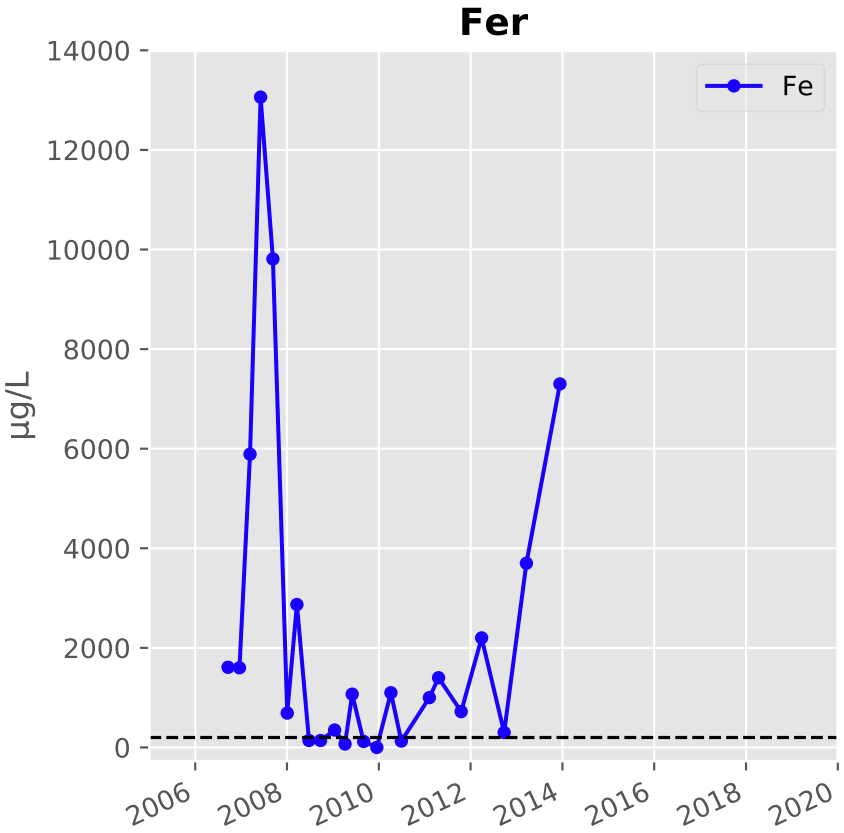


Somme des phytosanitaires

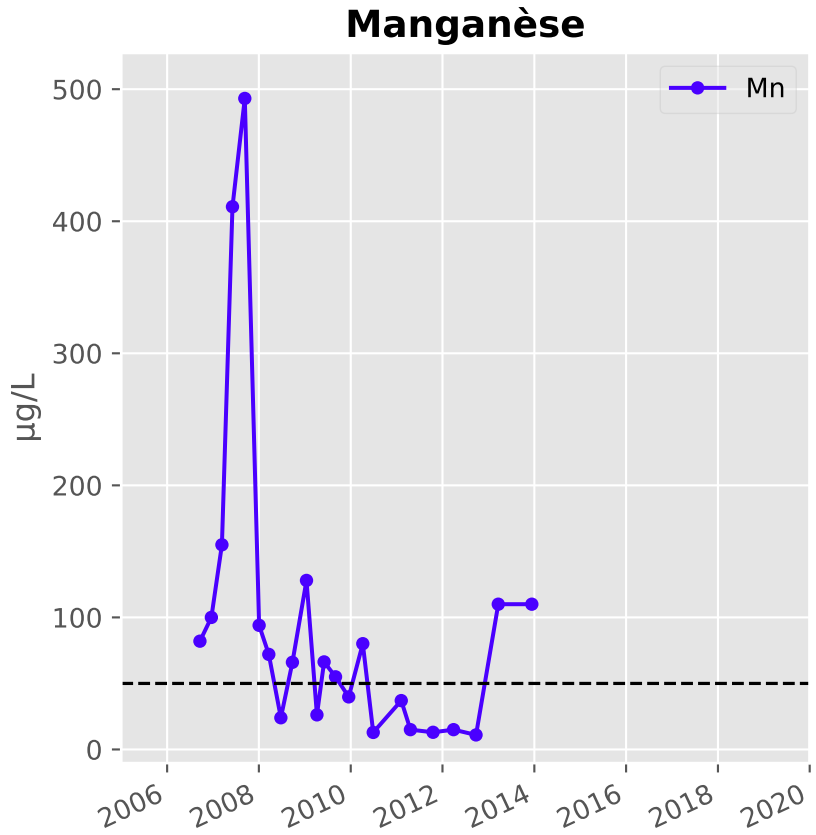


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N13 - Pz. Chem. Sud Dogger sup. - 01137X0172

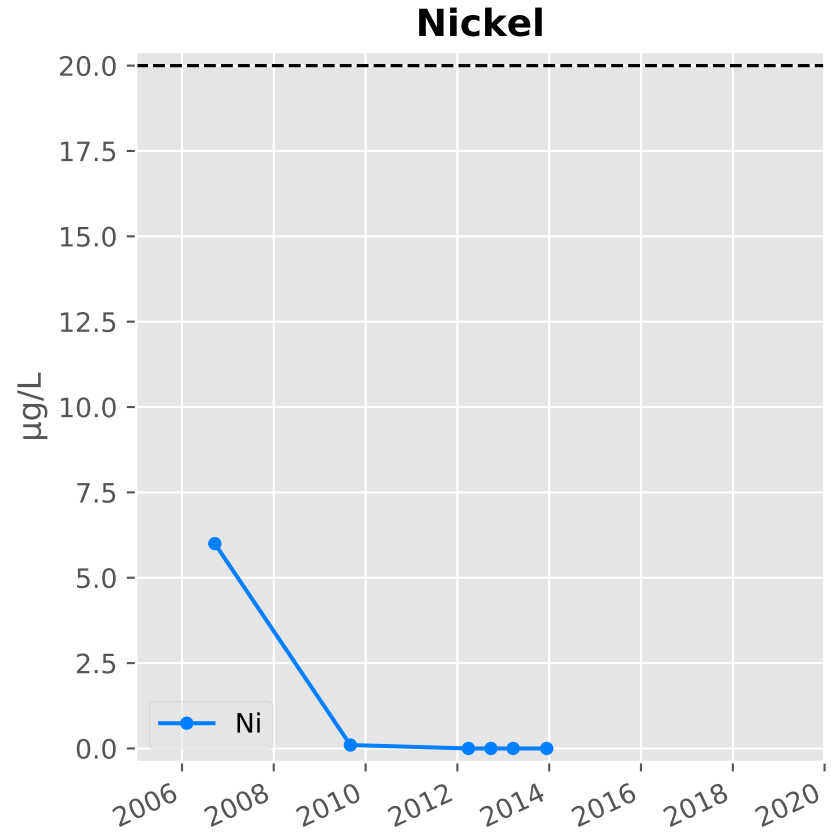
Fer



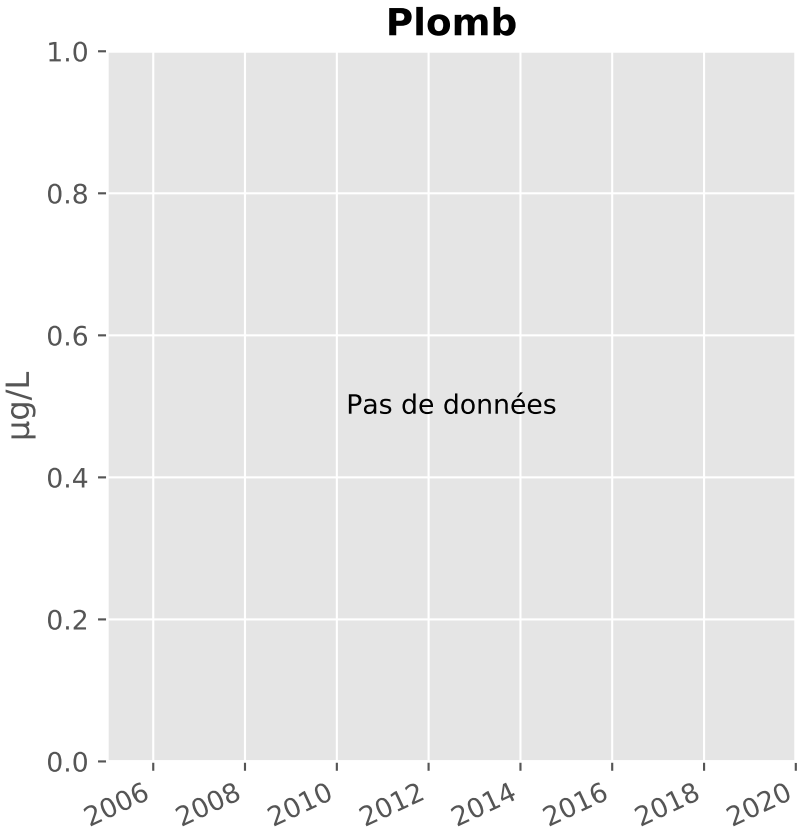
Manganèse



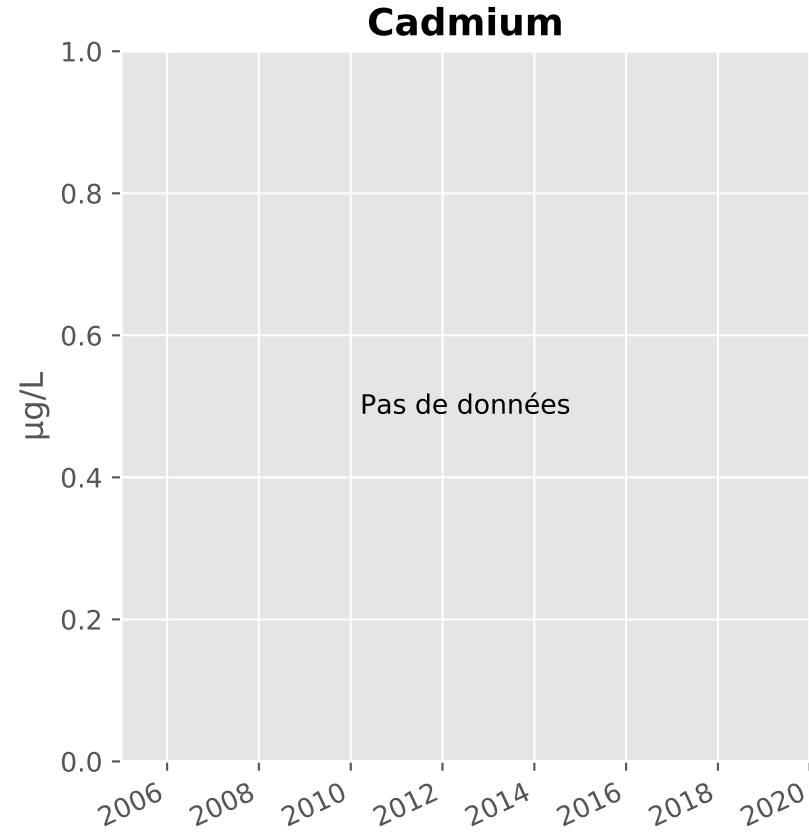
Nickel



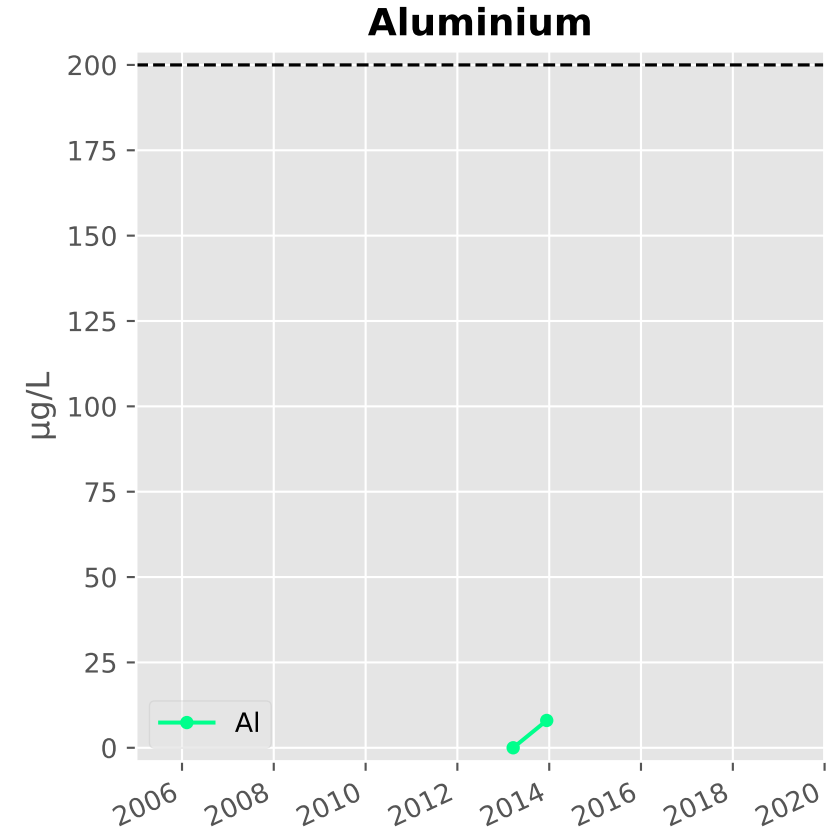
Plomb



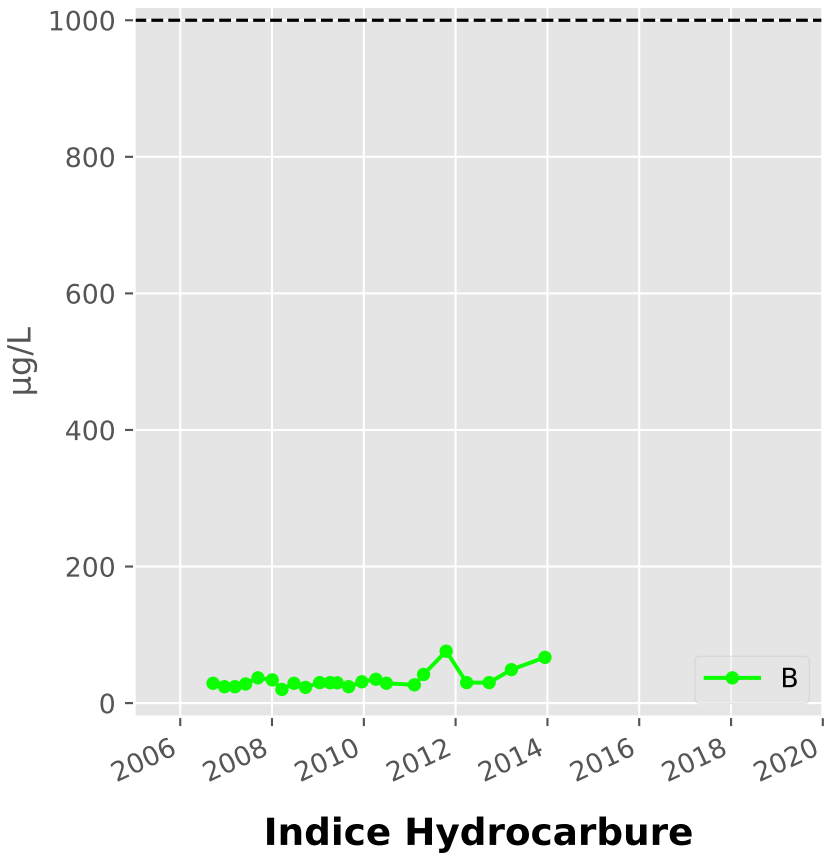
Cadmium



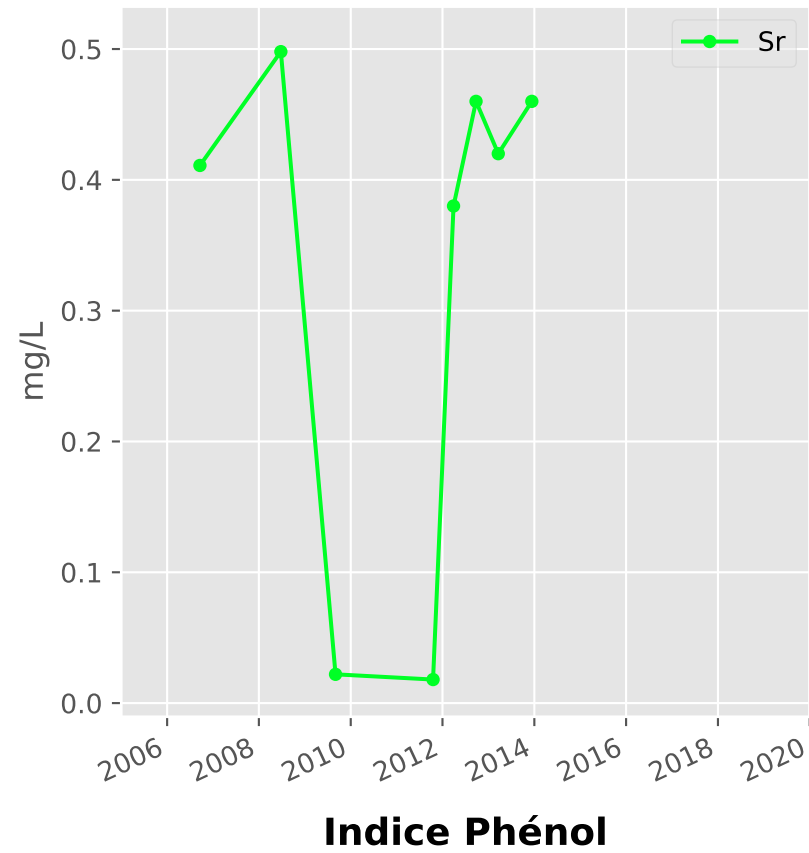
Aluminium



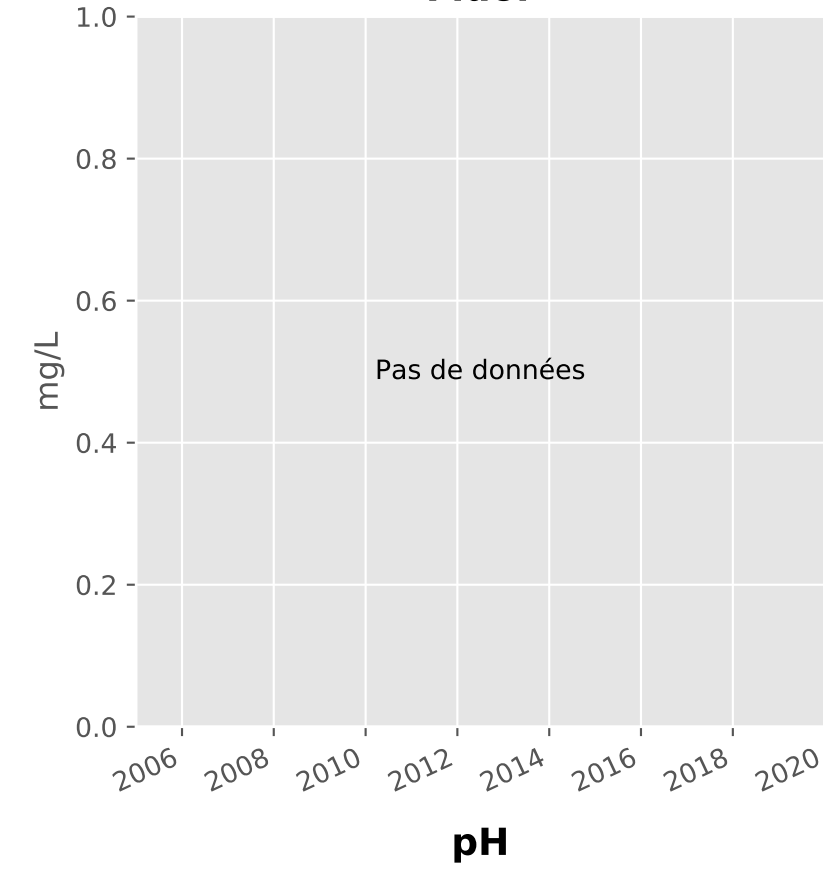
Bore



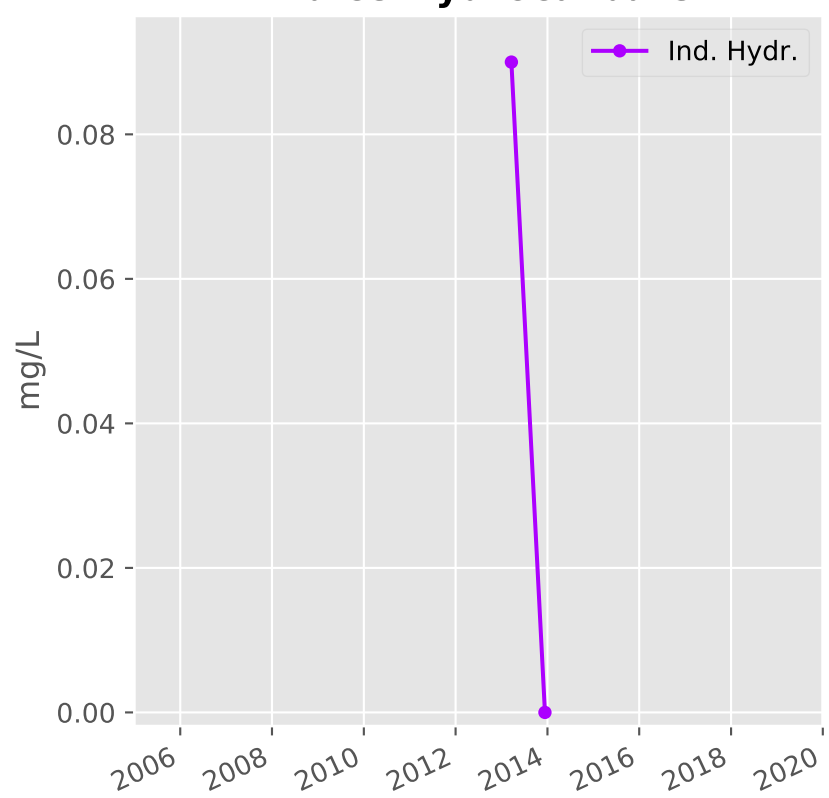
Strontium



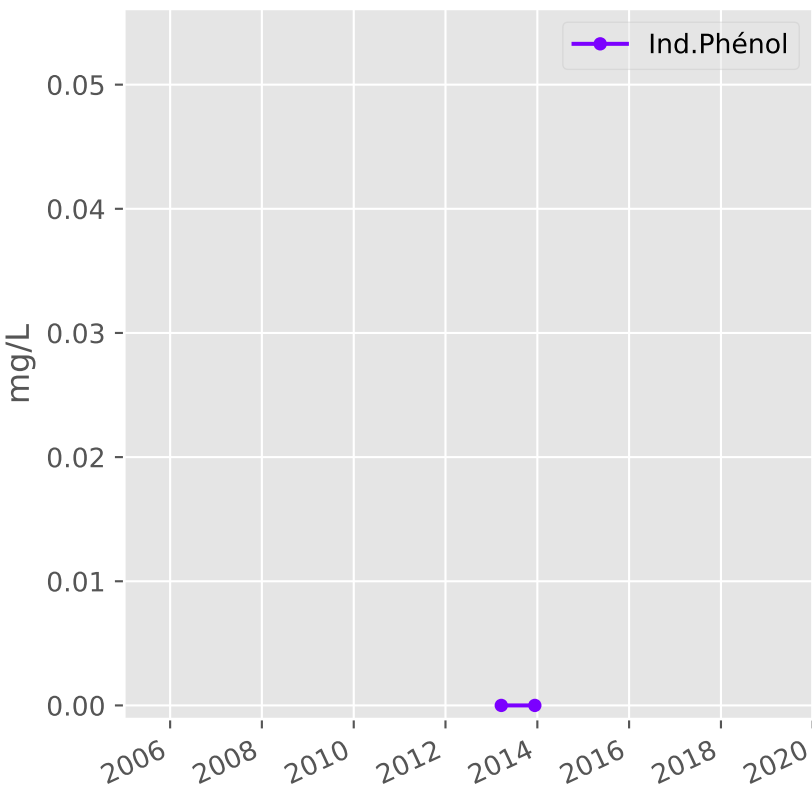
Fluor



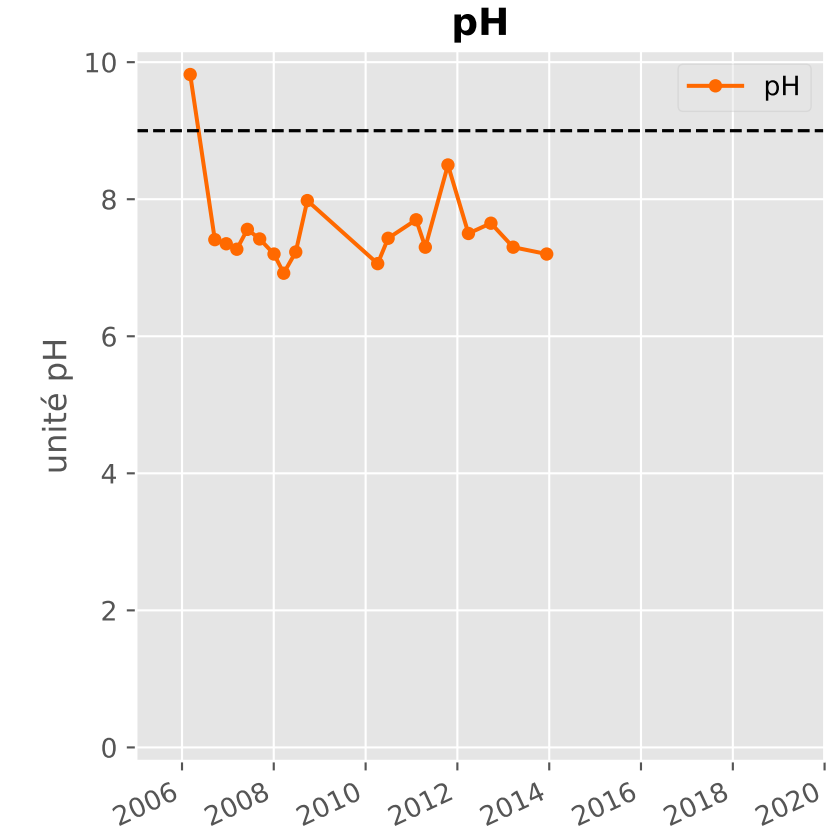
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

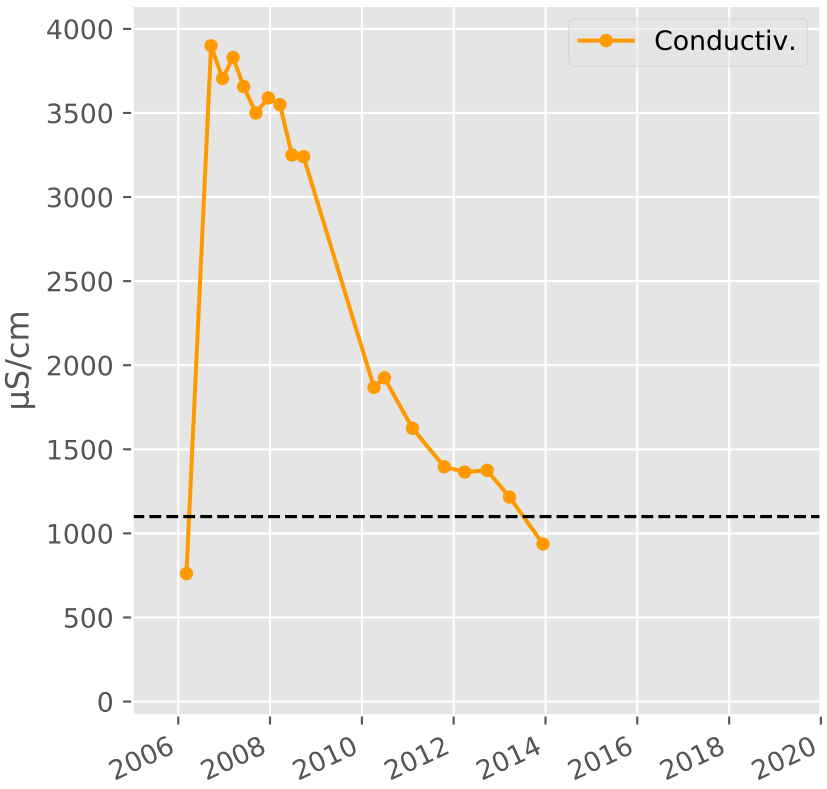


pH

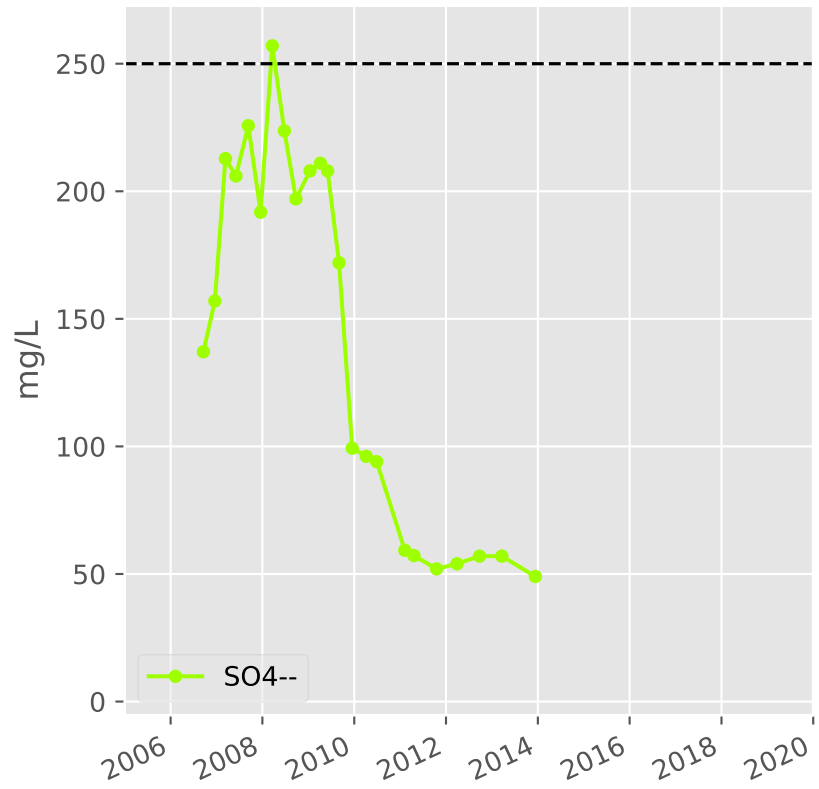


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N12 - Pz. Chem. Sud Dogger inf. - 01137X0173

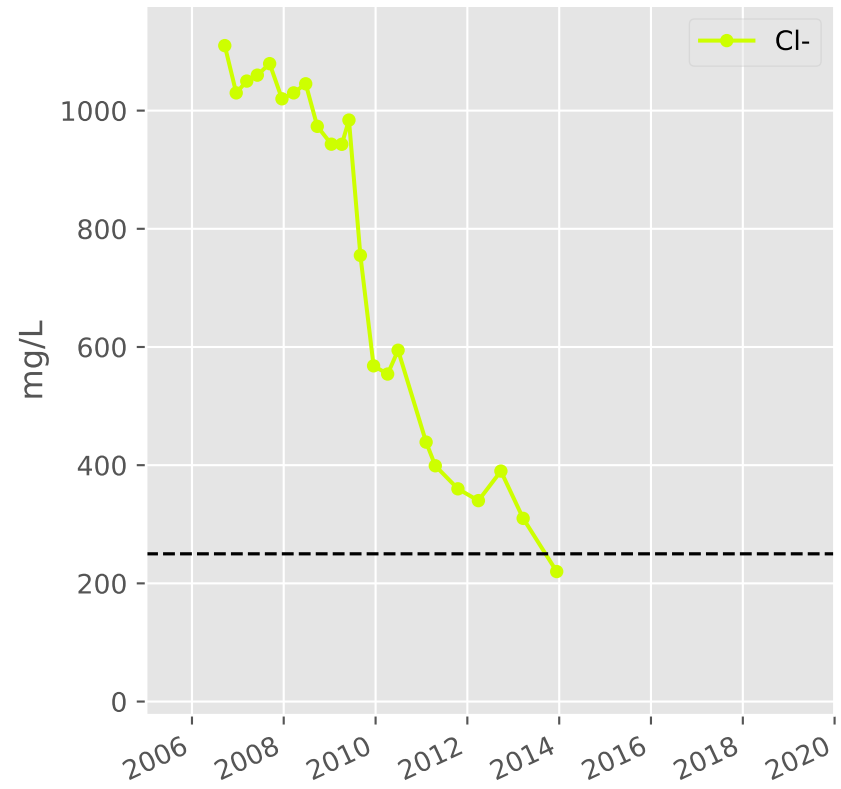
Conductivité



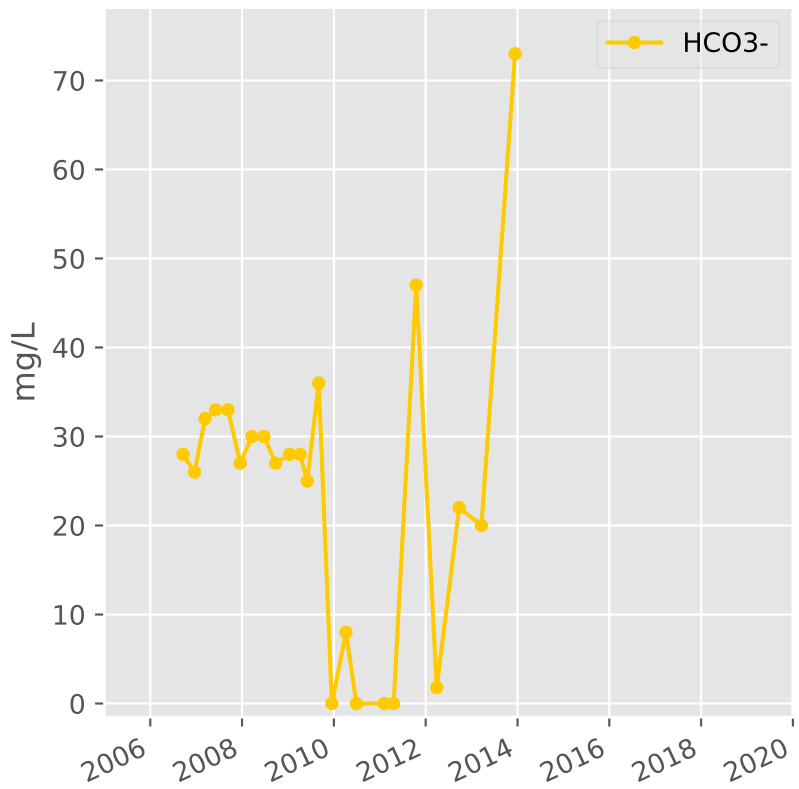
Sulfates



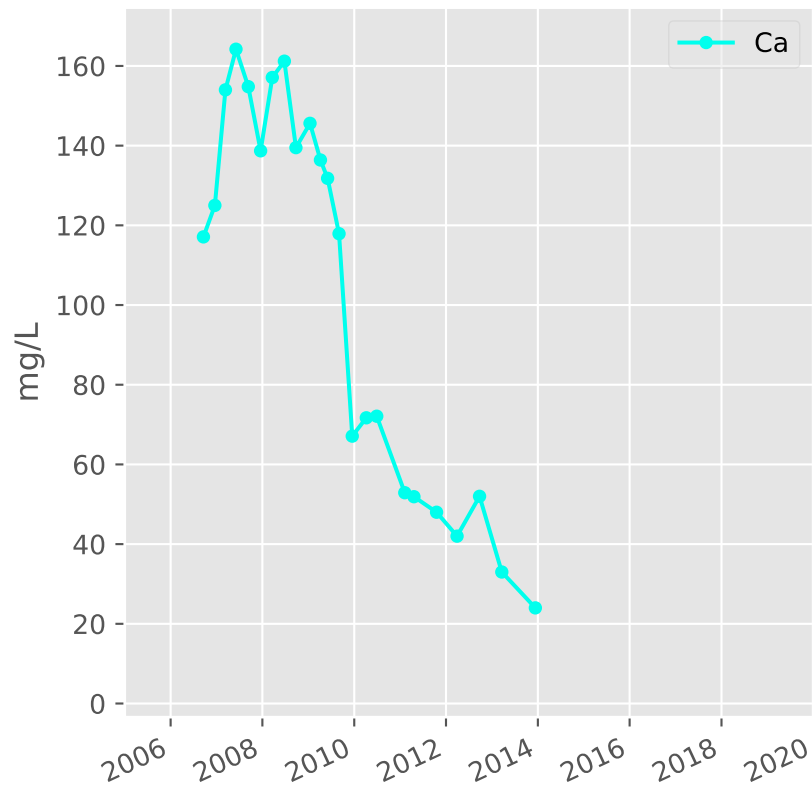
Chlorures



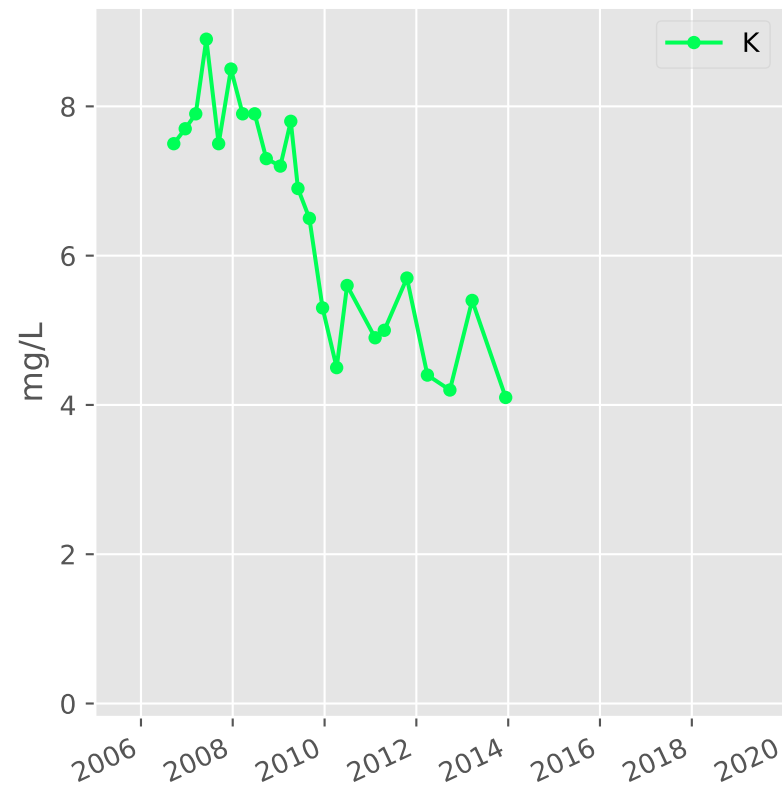
Bicarbonates



Calcium



Potassium

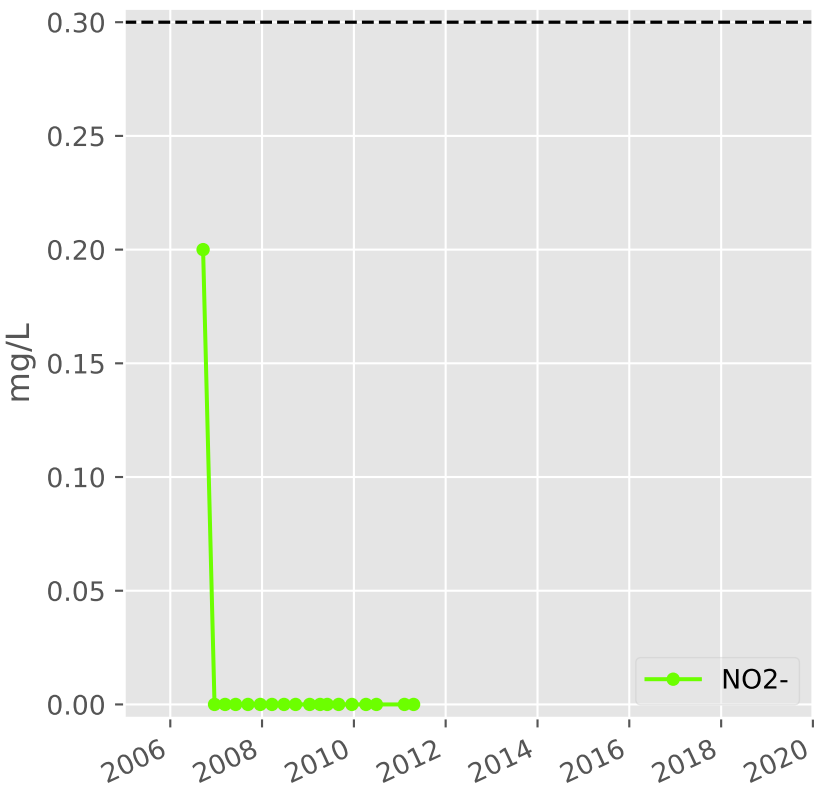


Magnésium

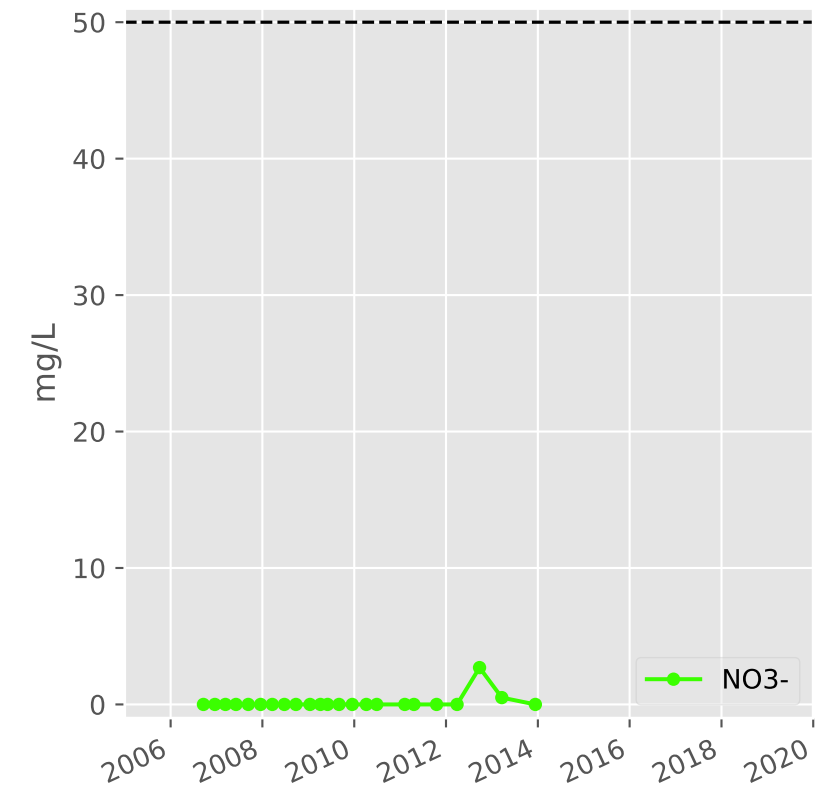
Sodium

Ammonium

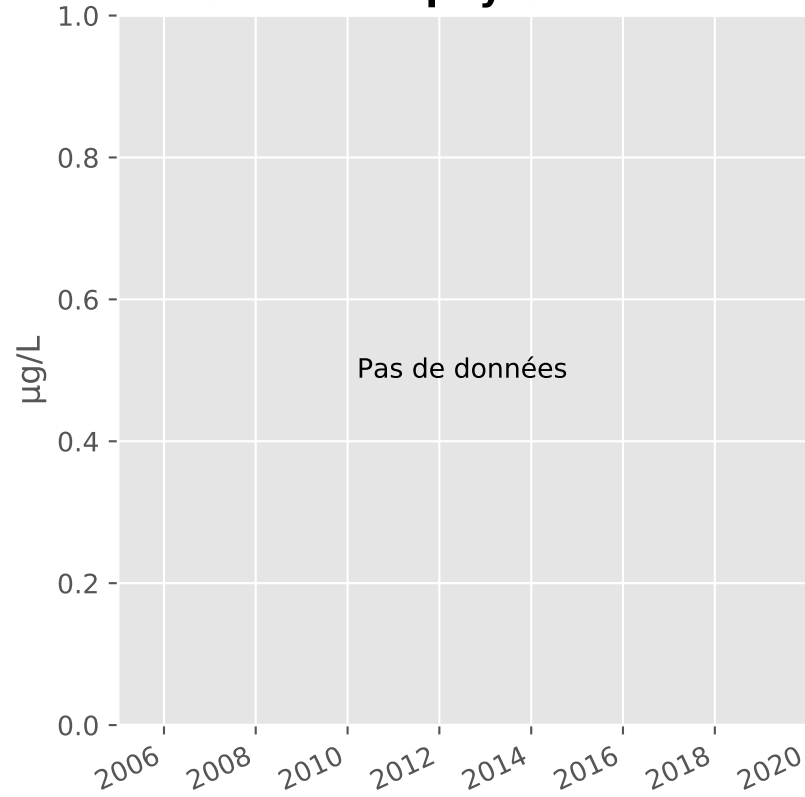
Nitrites



Nitrates

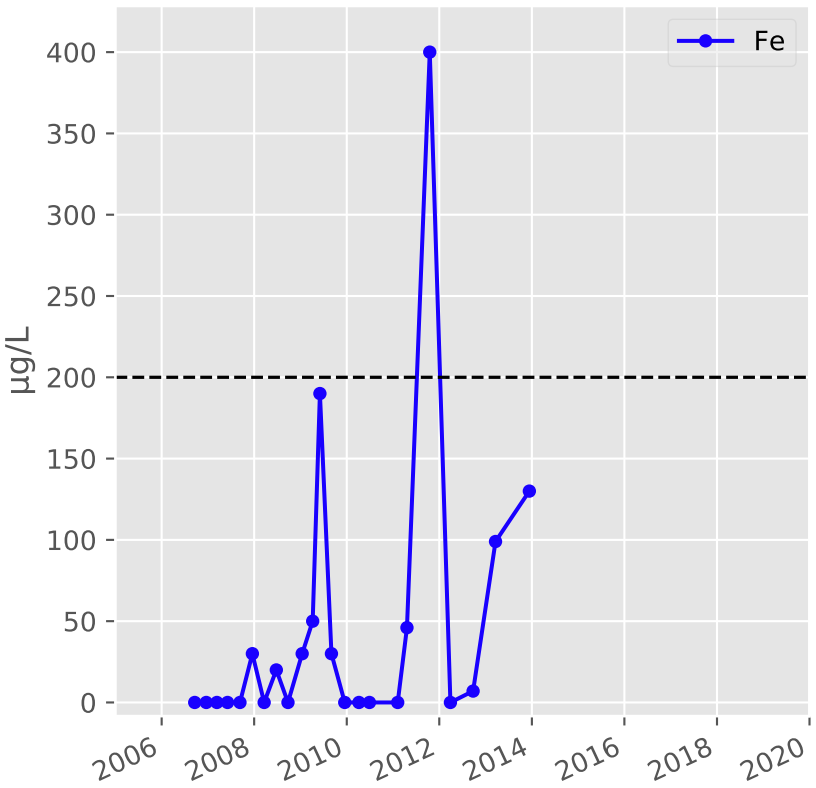


Somme des phytosanitaires

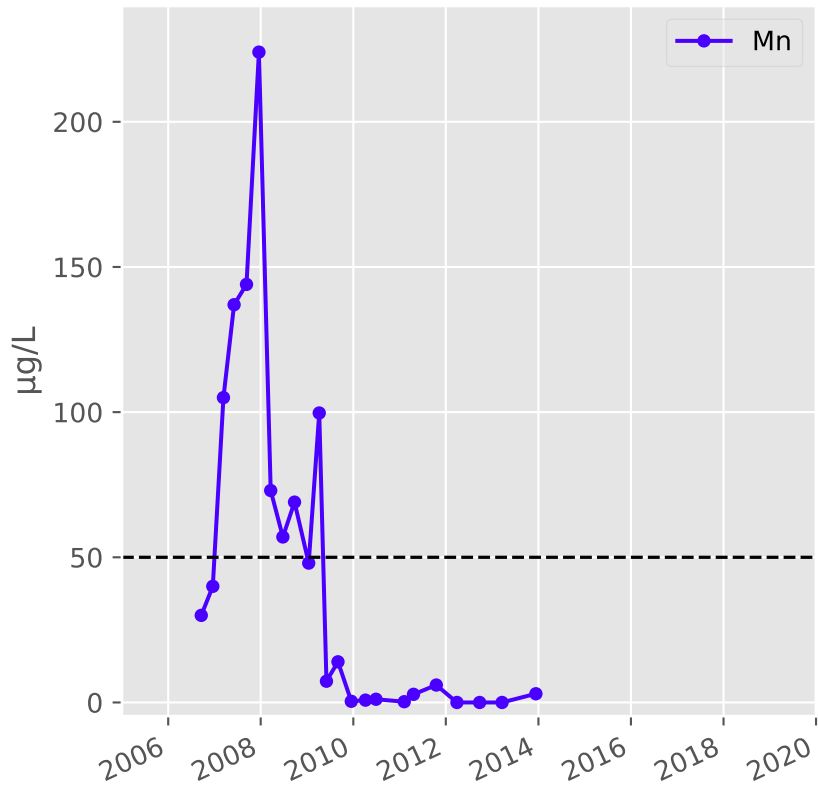


Bassin NORD - Calcaires du Dogger - N12 - Pz. Chem. Sud Dogger inf. - 01137X0173

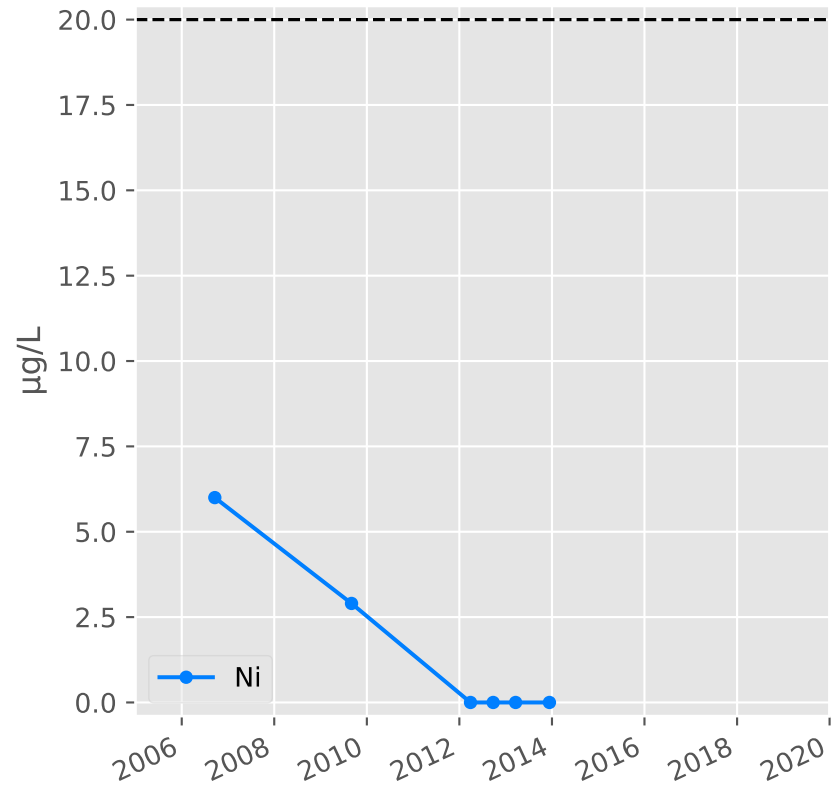
Fer



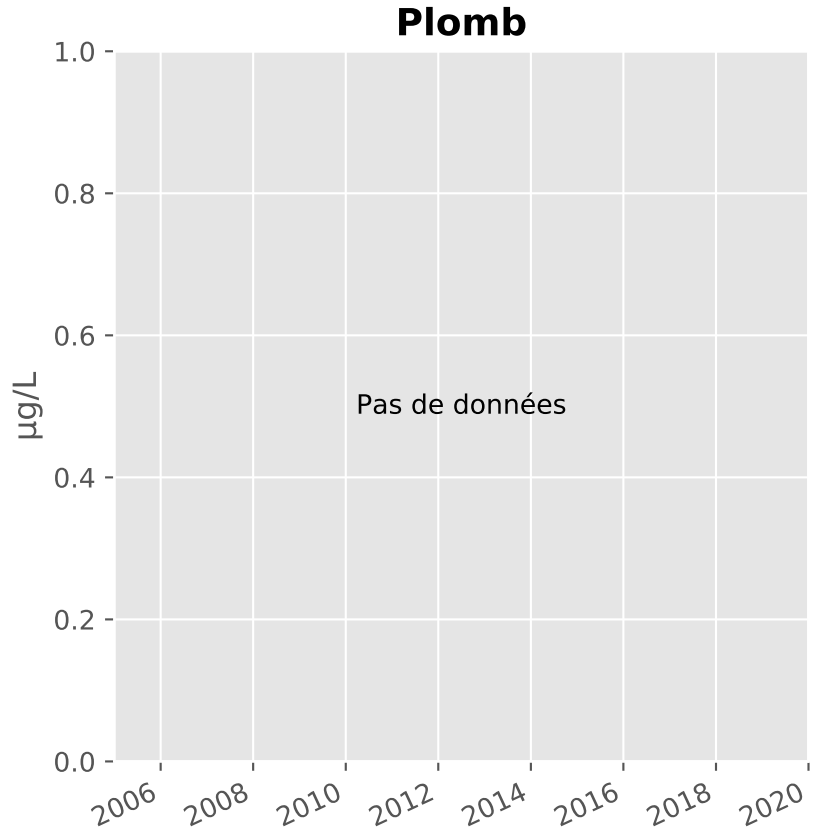
Manganèse



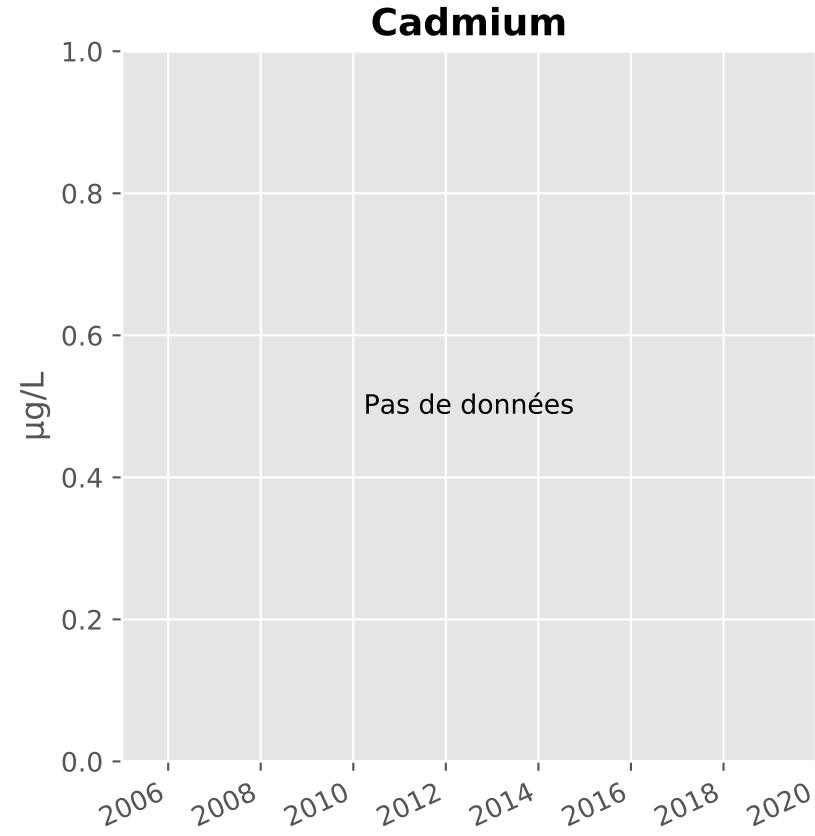
Nickel



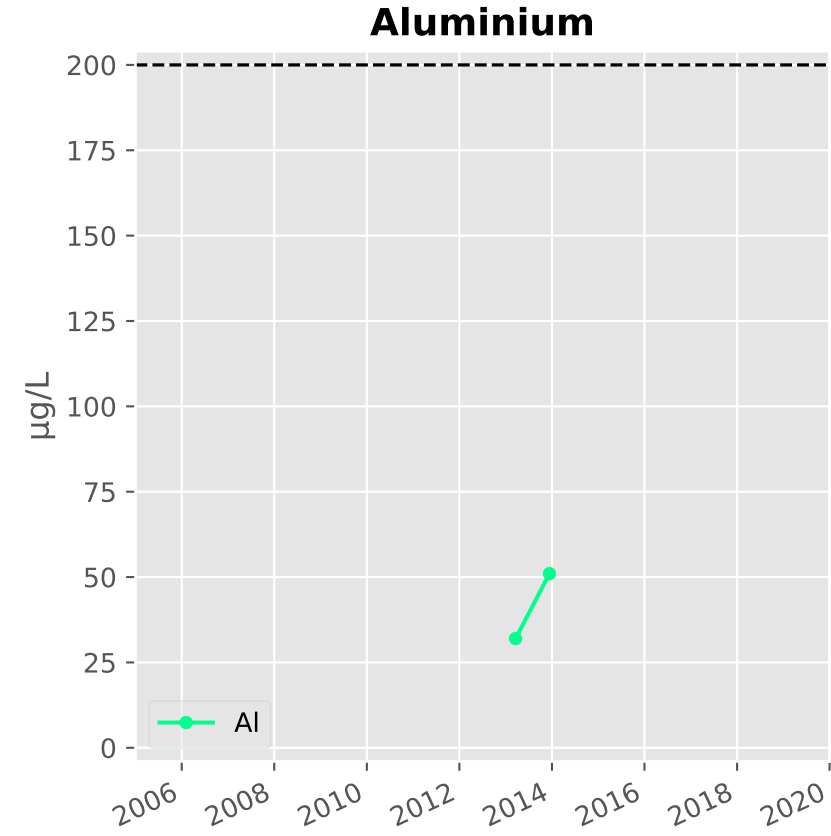
Plomb



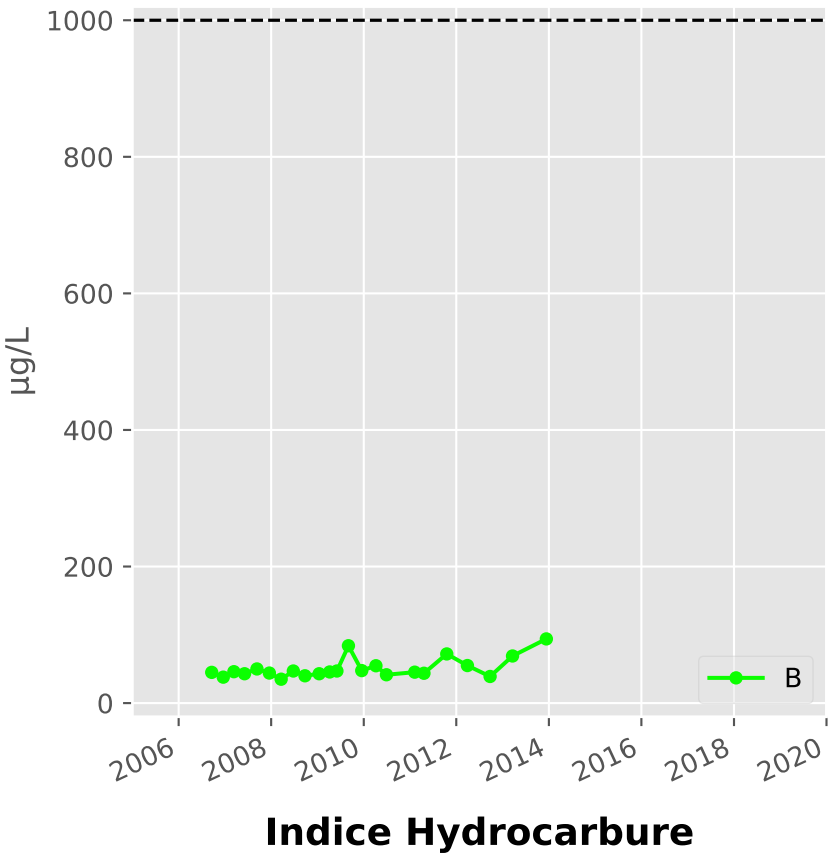
Cadmium



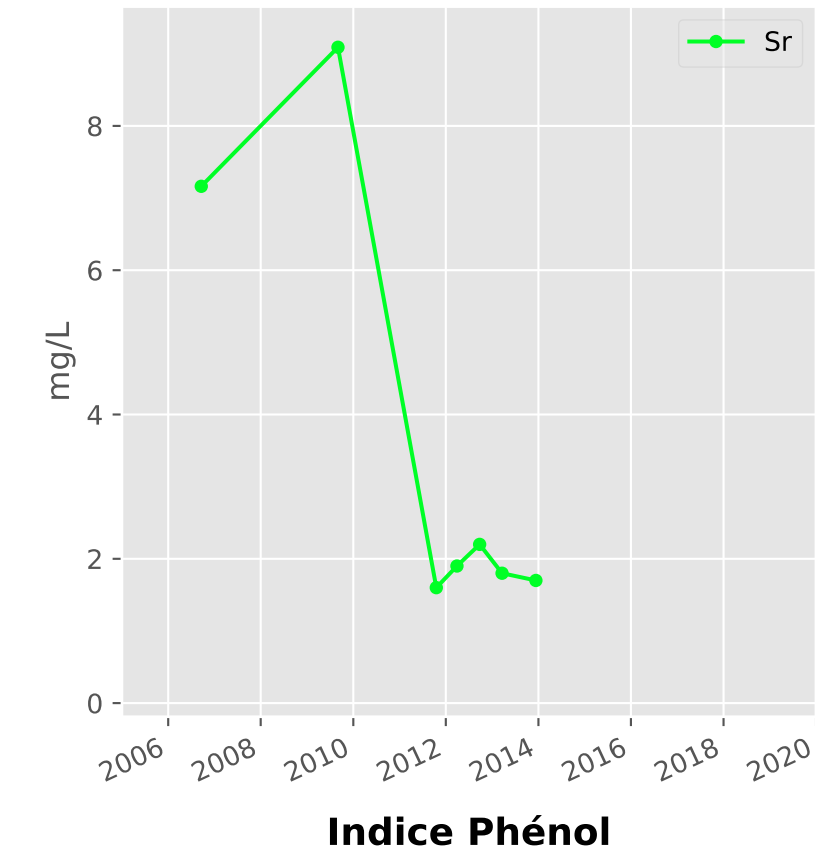
Aluminium



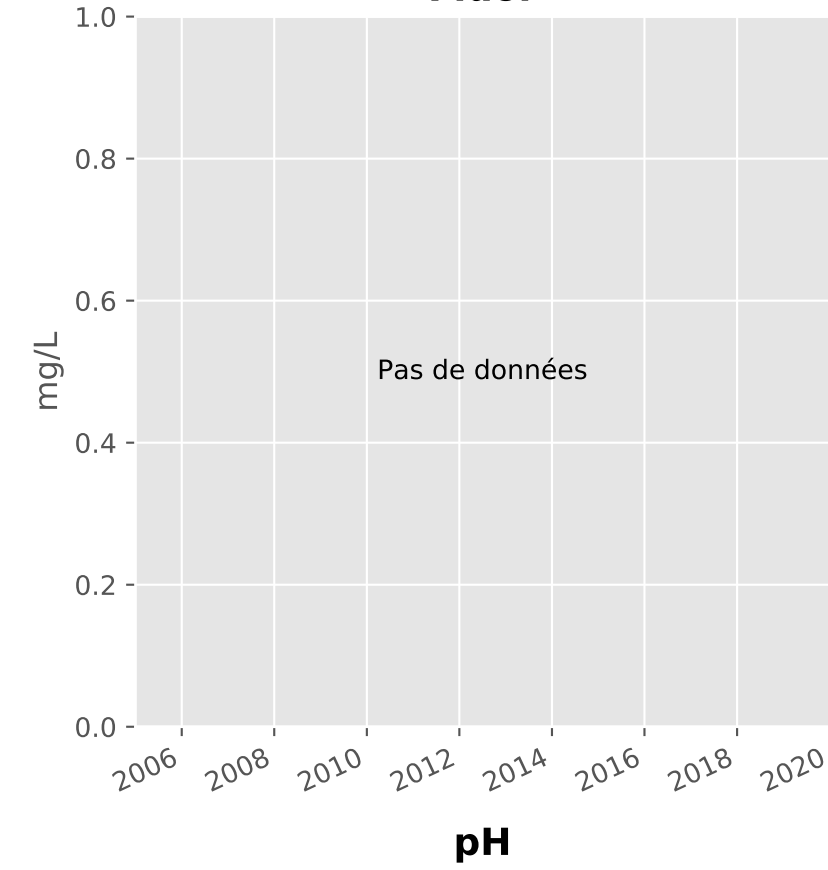
Bore



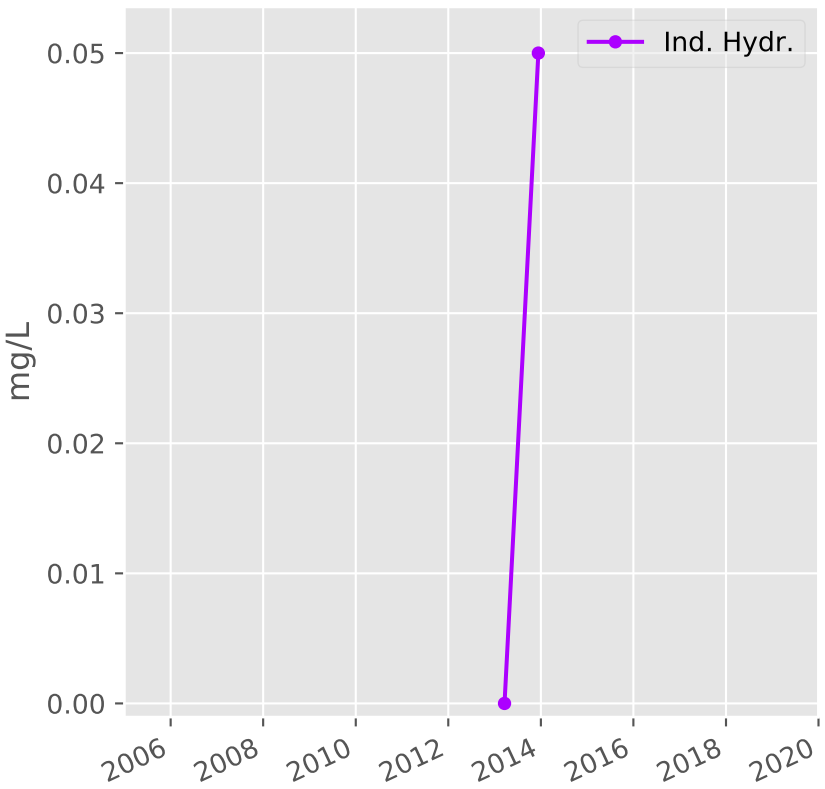
Strontium



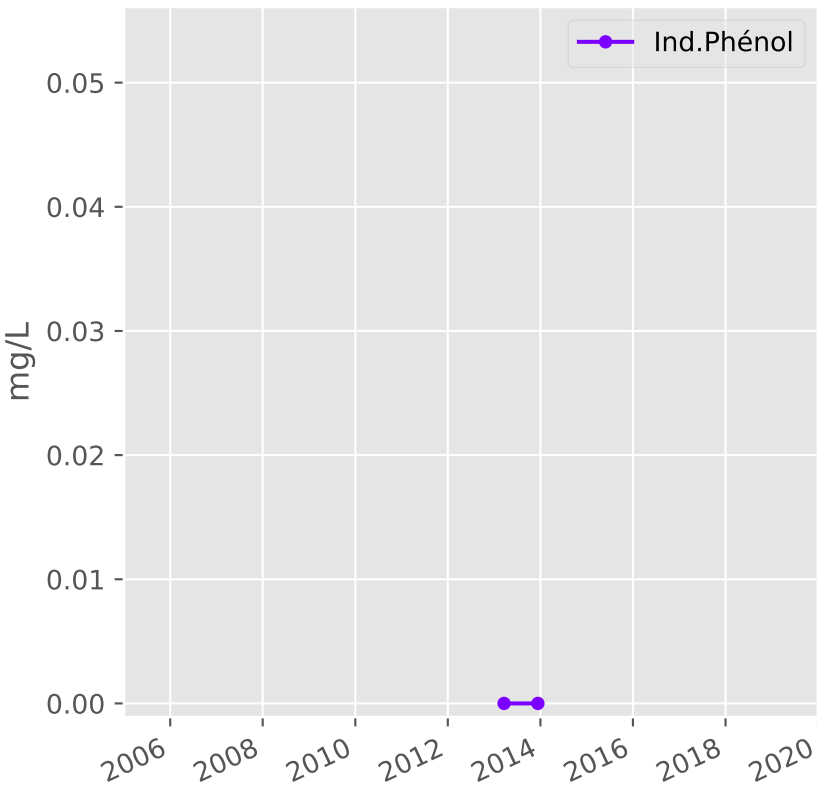
Fluor



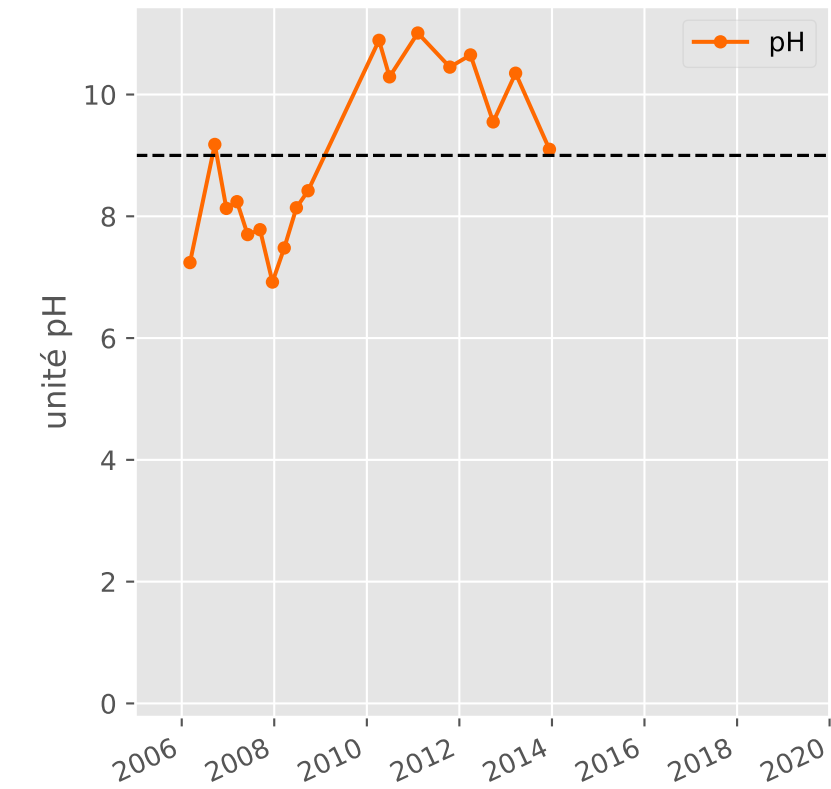
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

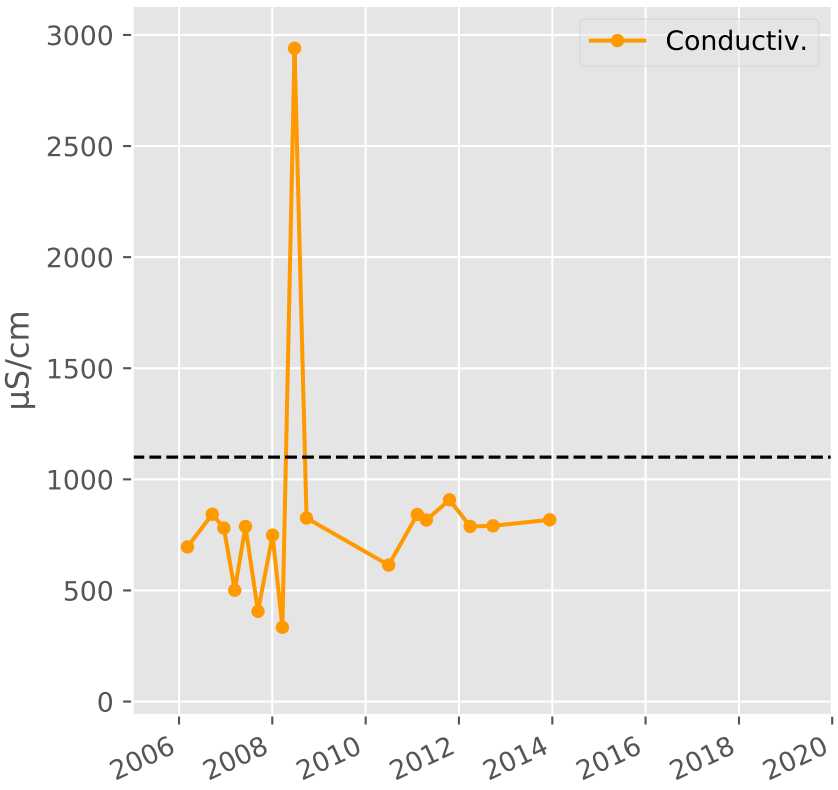


pH

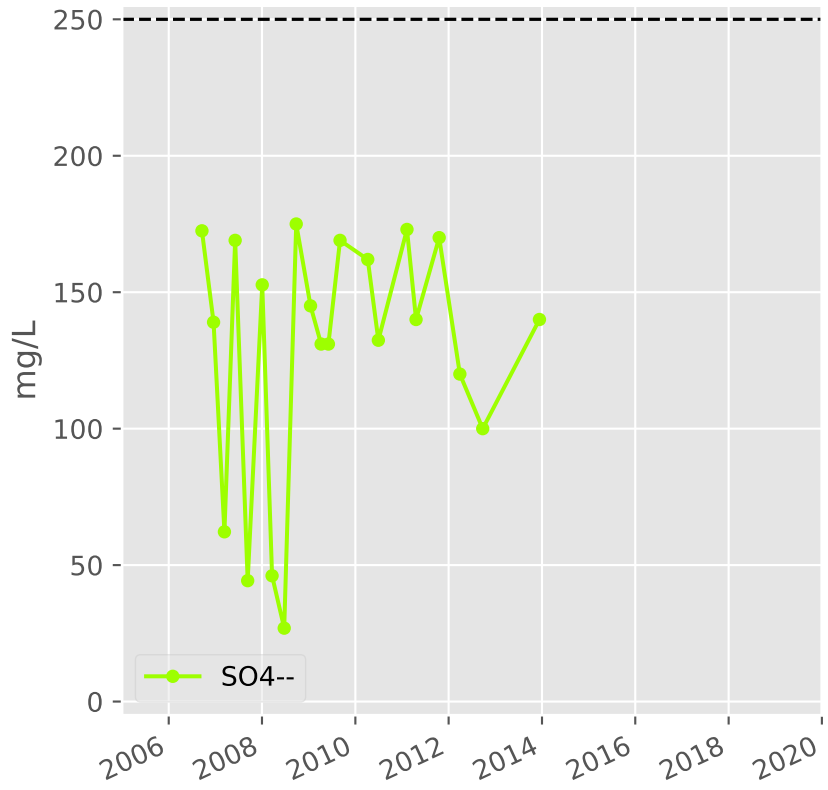


Bassin NORD - Alluvions de la Fensch - N16 - Pz. Fensch amont 2 - 01137X0174

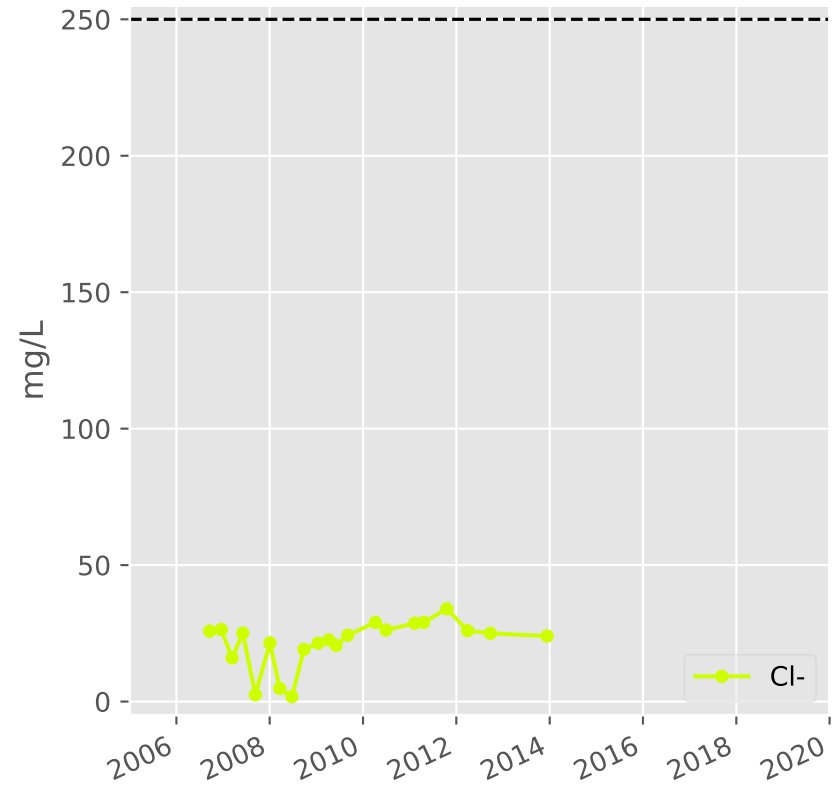
Conductivité



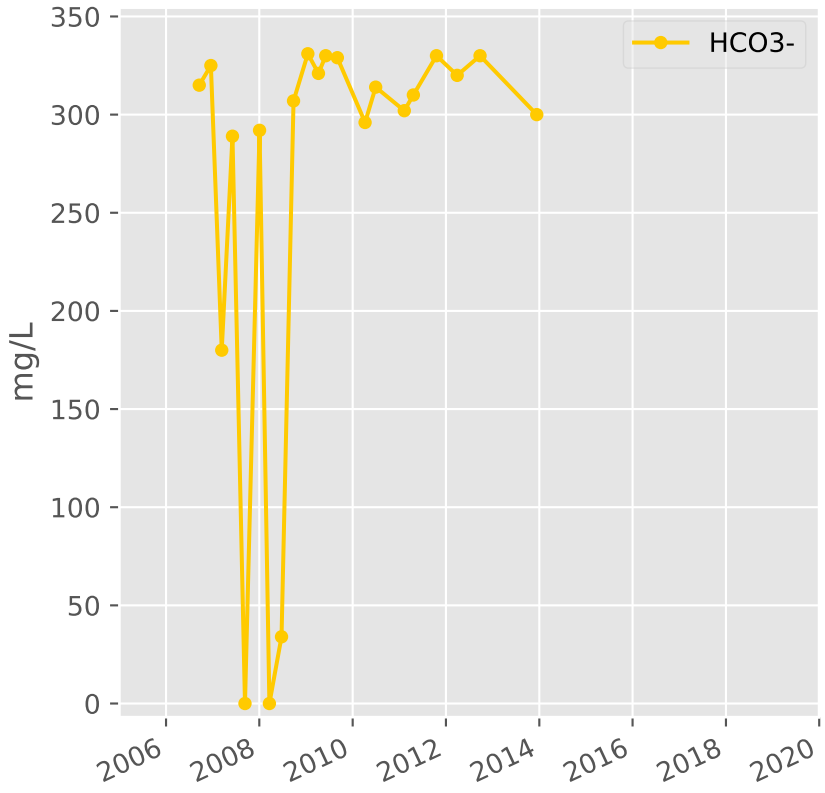
Sulfates



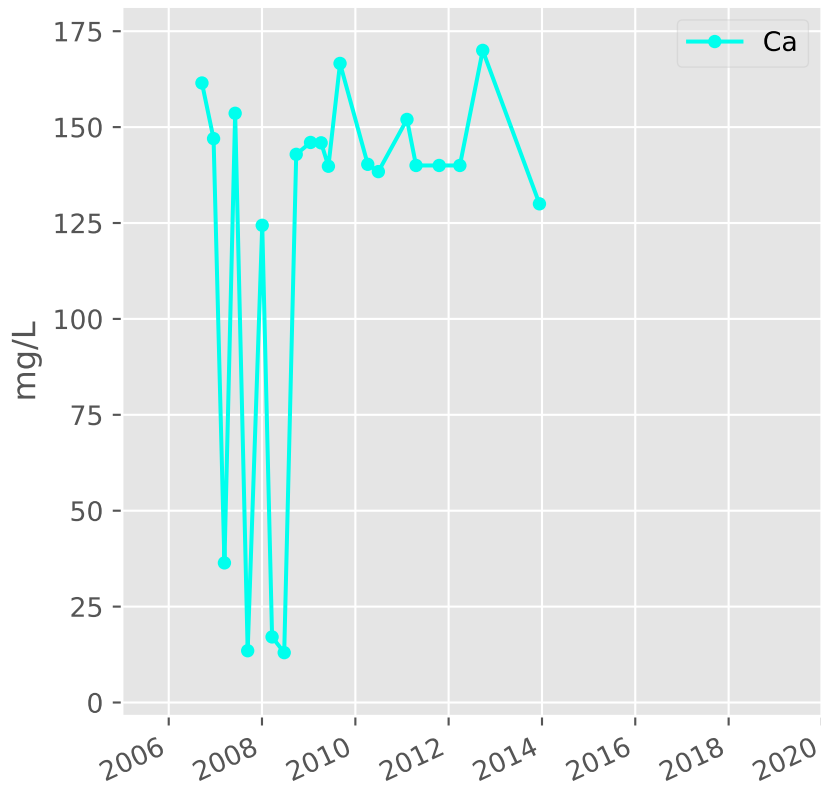
Chlorures



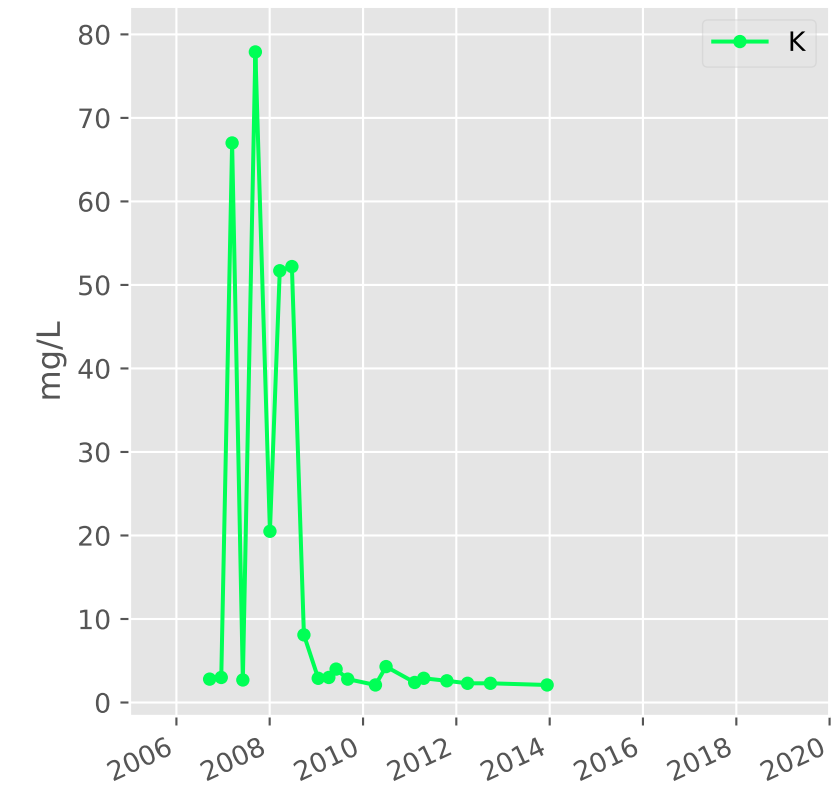
Bicarbonates



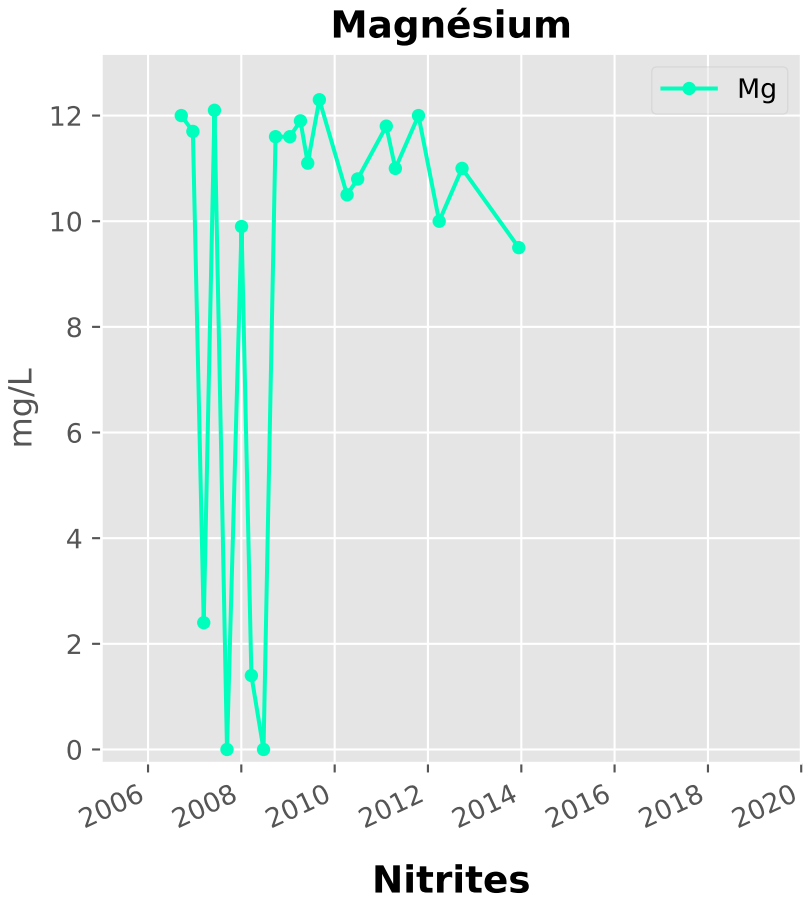
Calcium



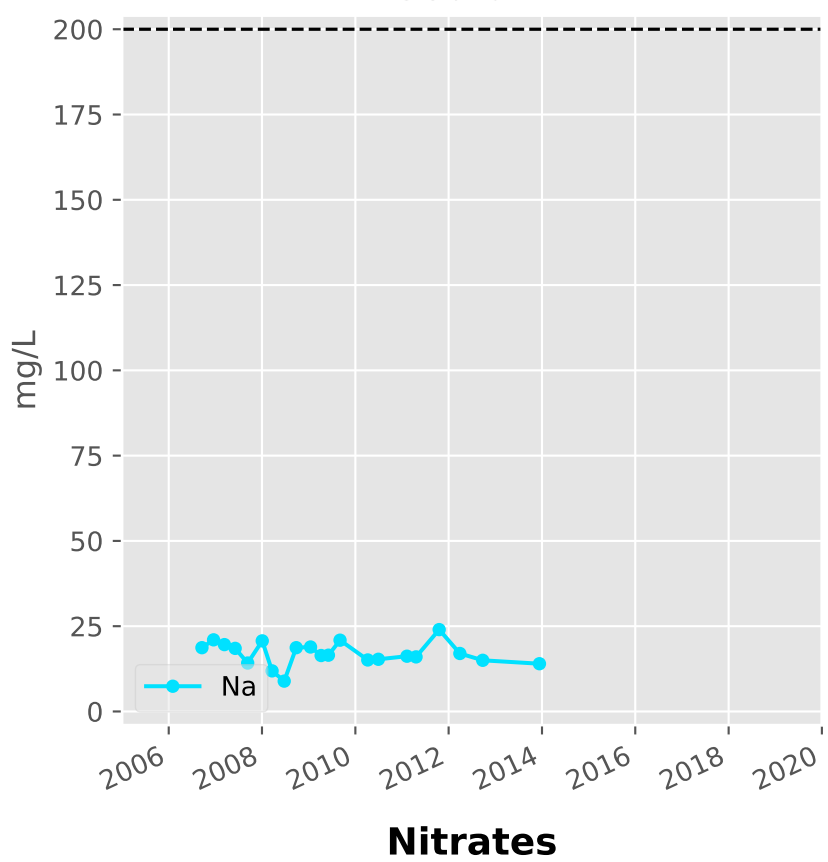
Potassium



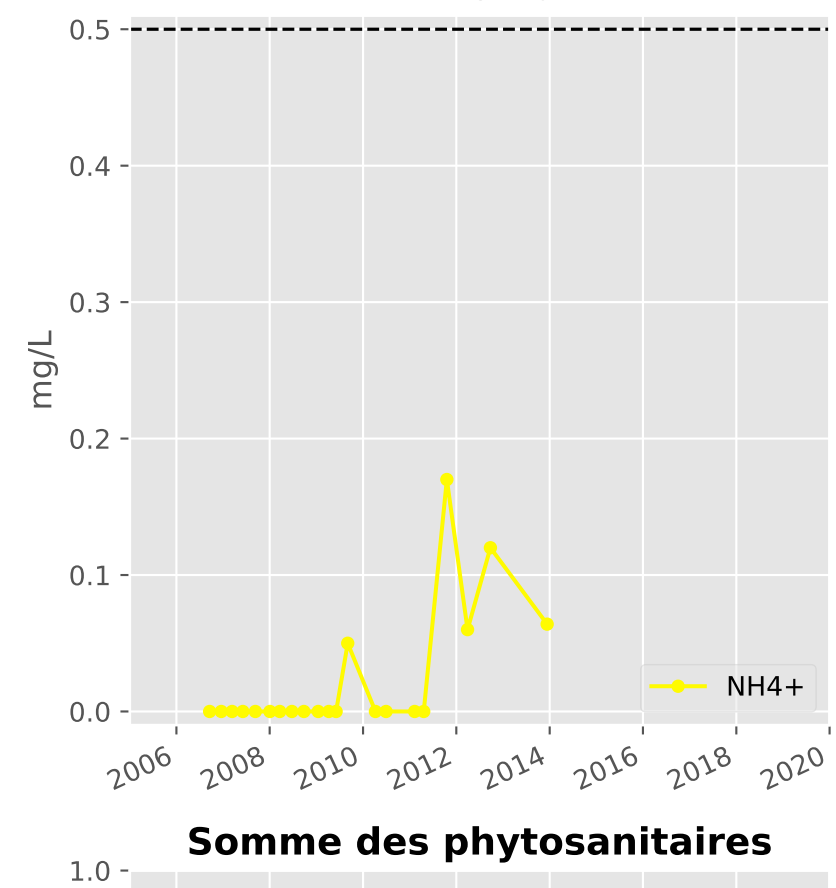
Magnésium



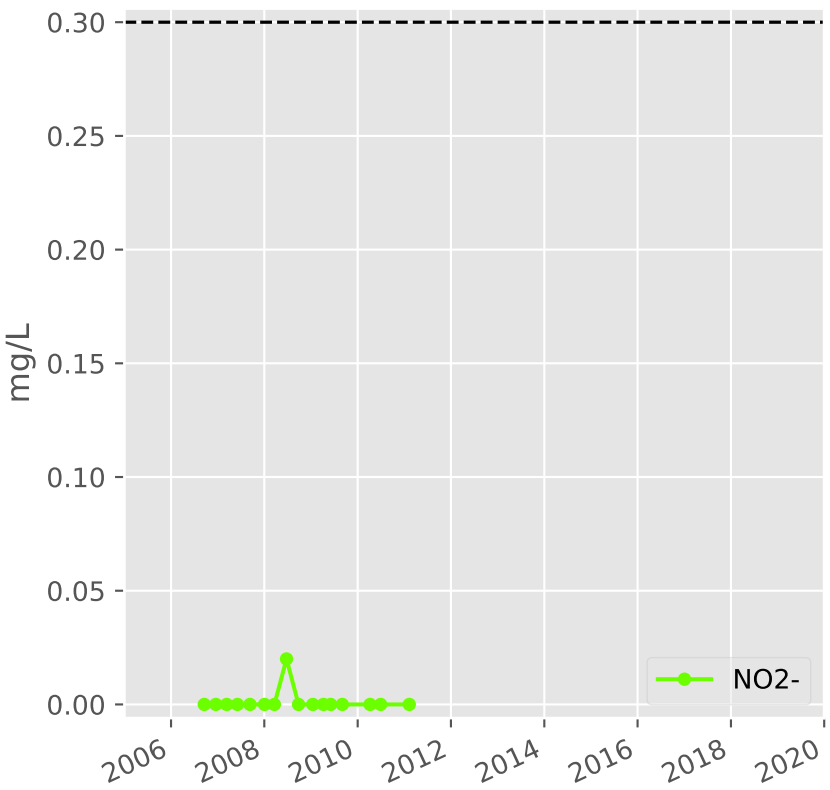
Sodium



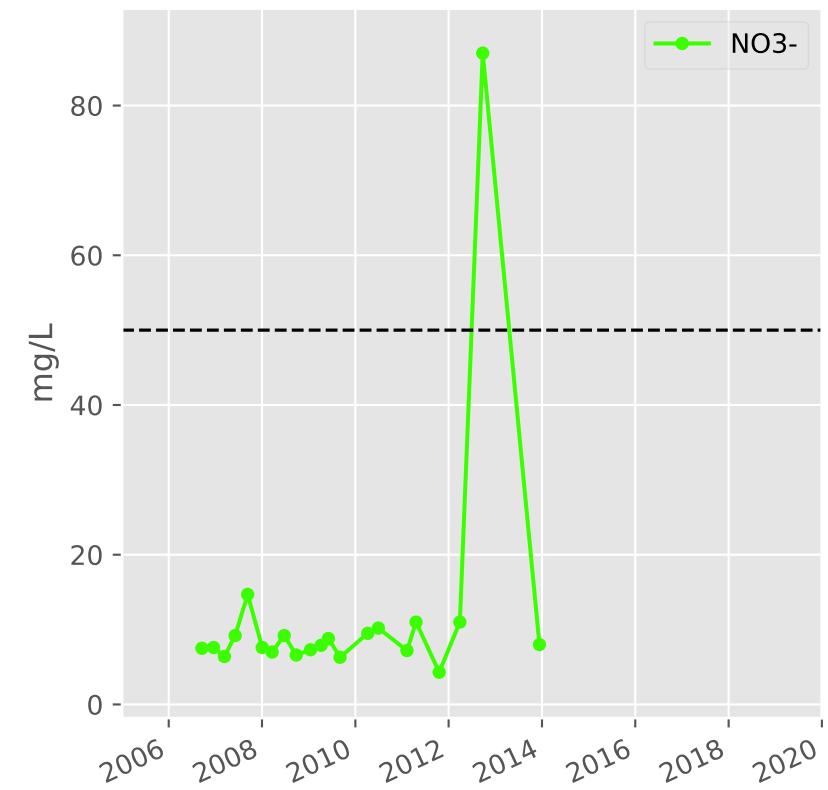
Ammonium



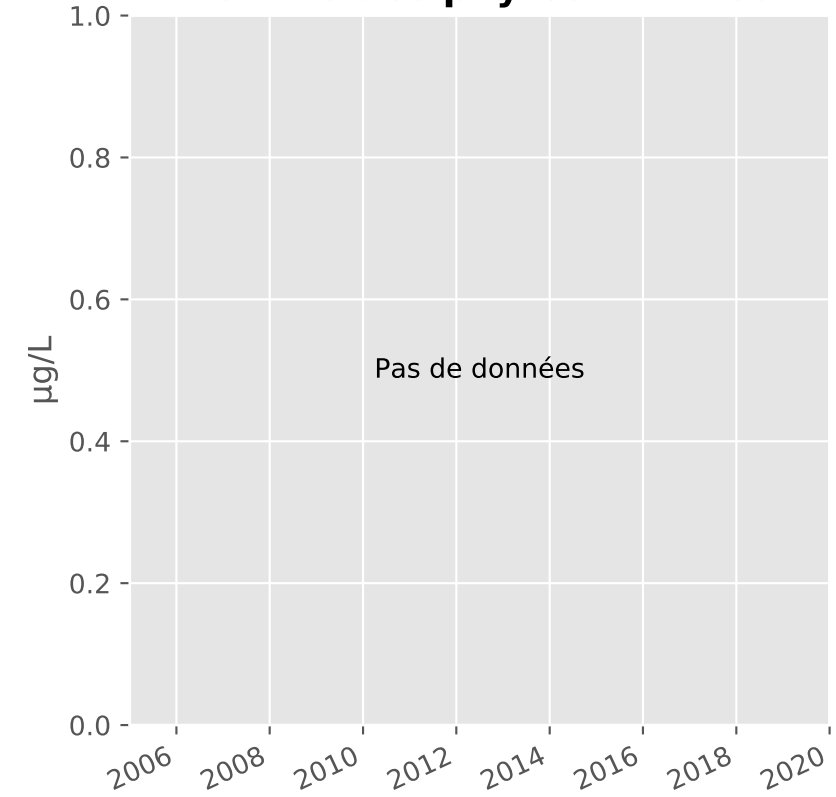
Nitrites



Nitrates

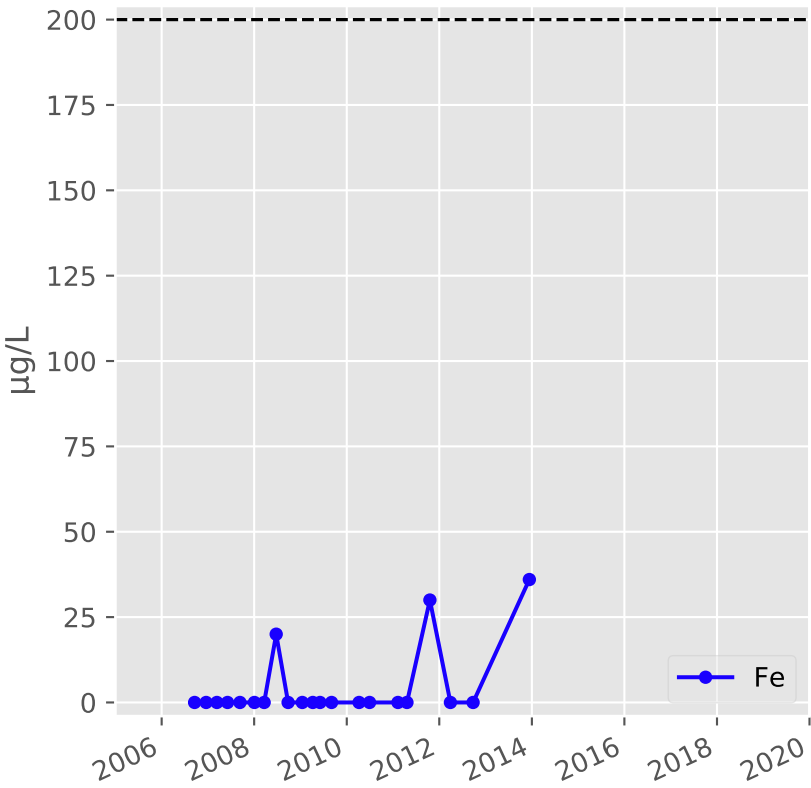


Somme des phytosanitaires

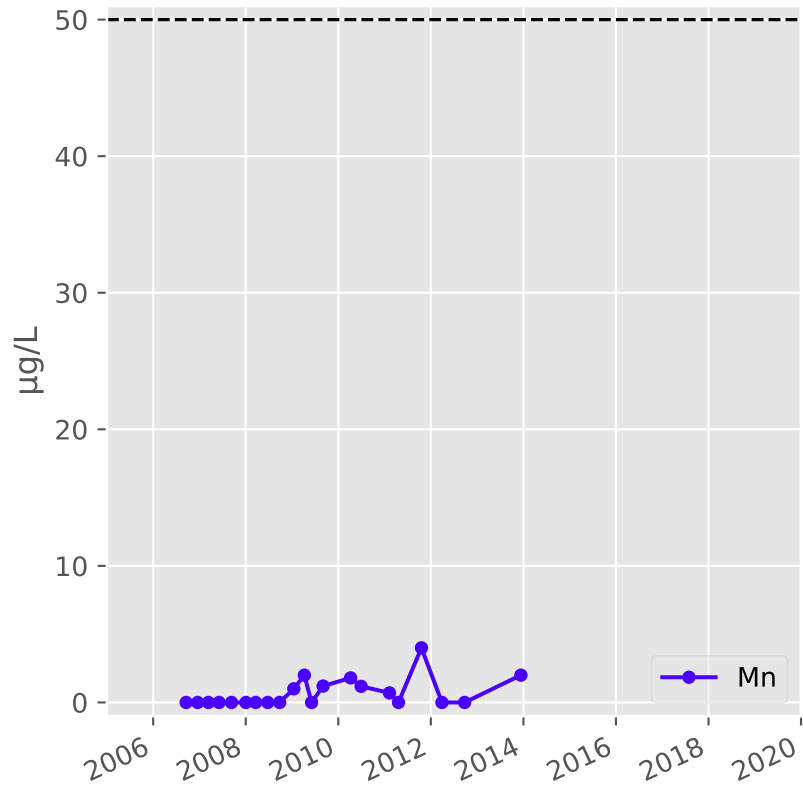


Bassin NORD - Alluvions de la Fensch - N16 - Pz. Fensch amont 2 - 01137X0174

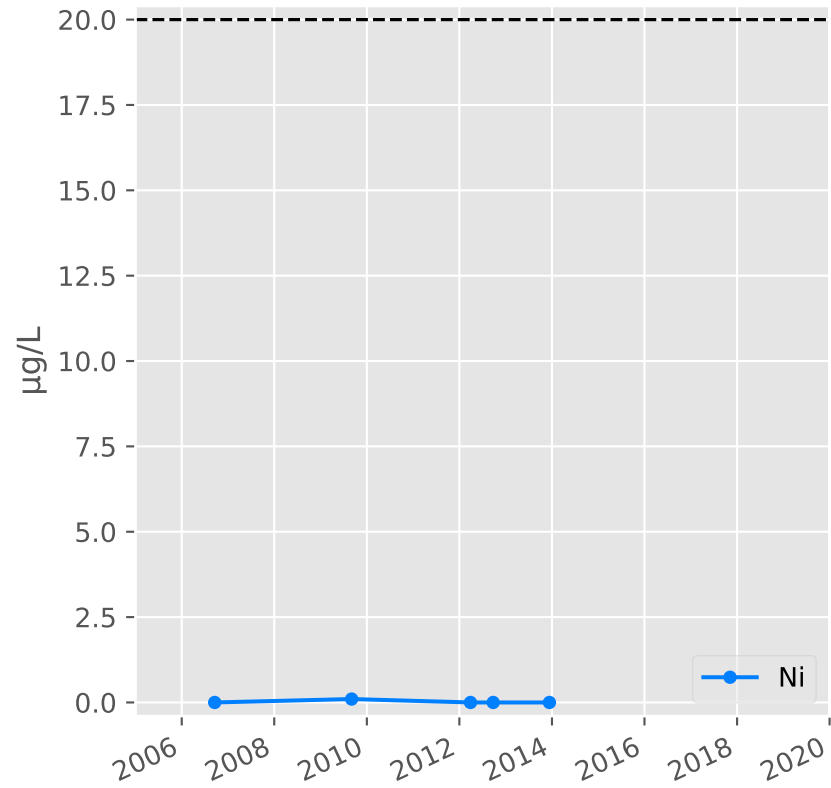
Fer



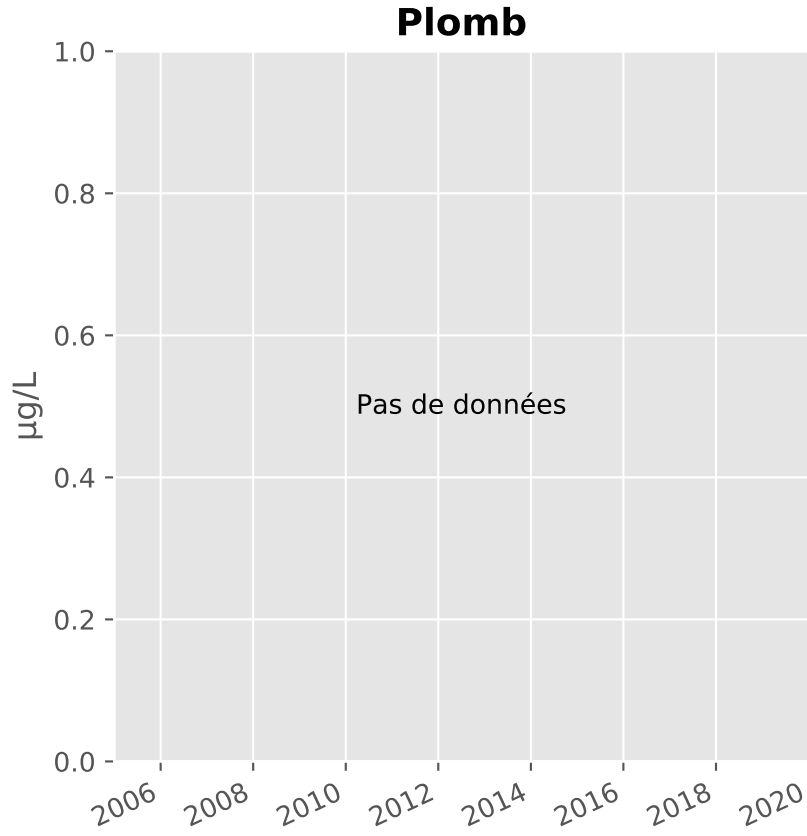
Manganèse



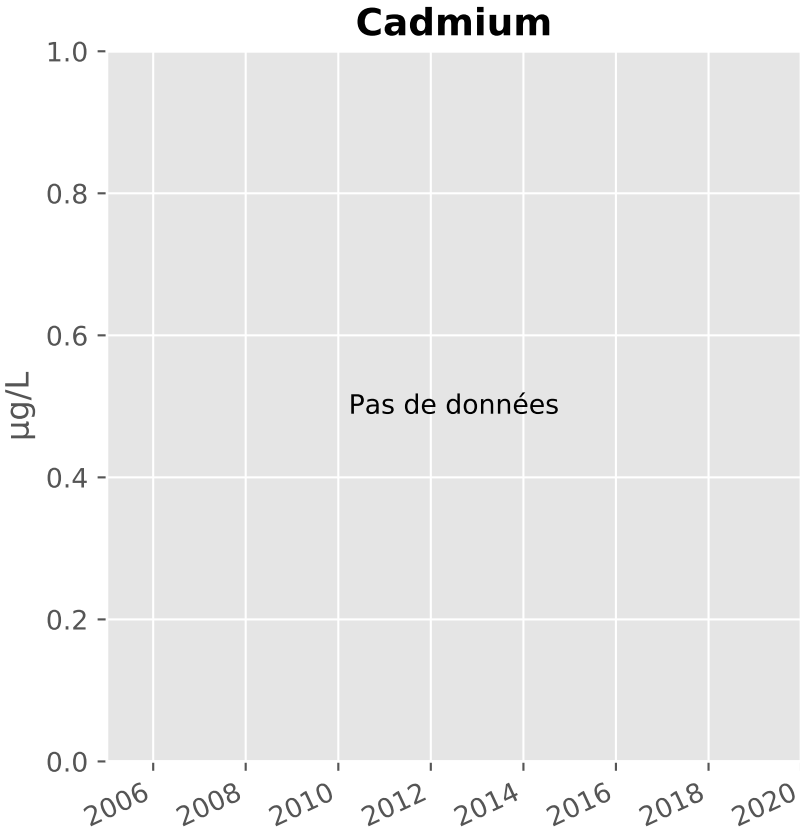
Nickel



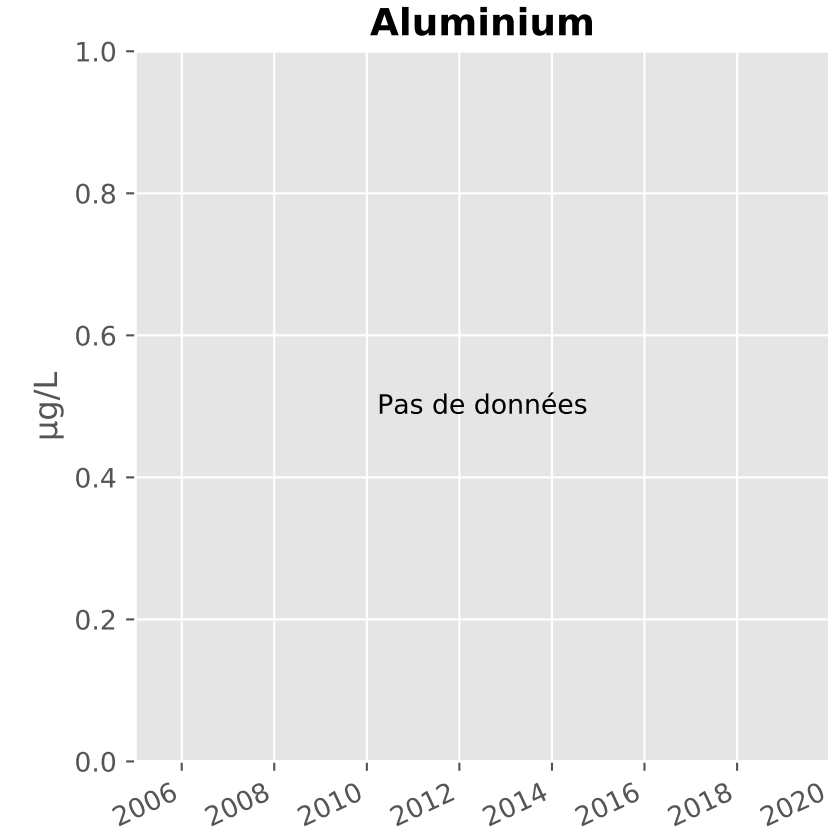
Plomb



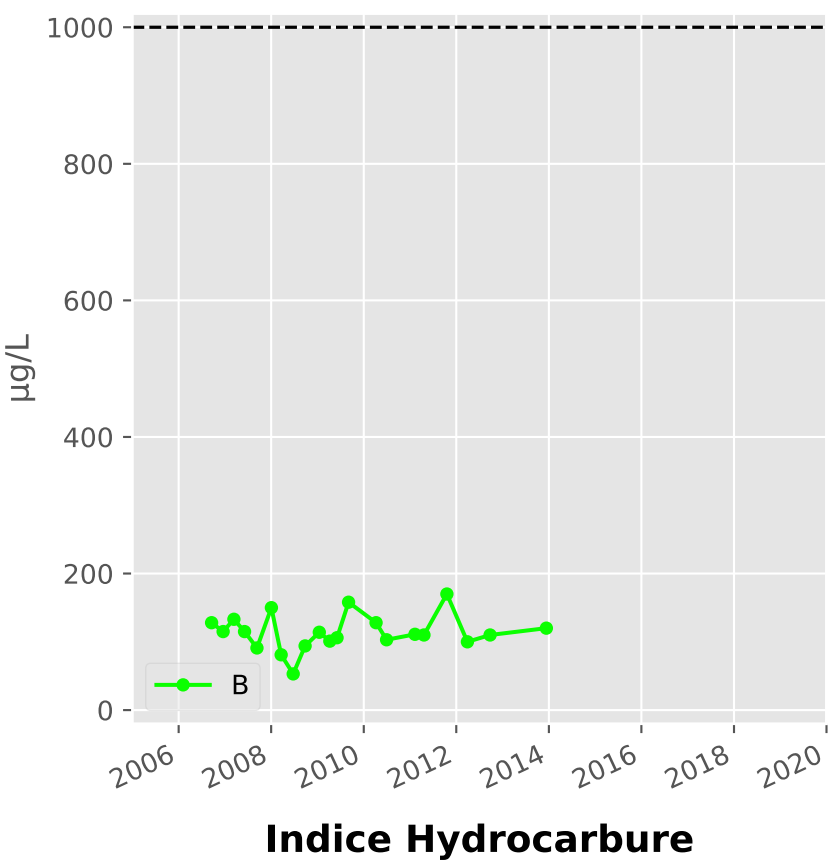
Cadmium



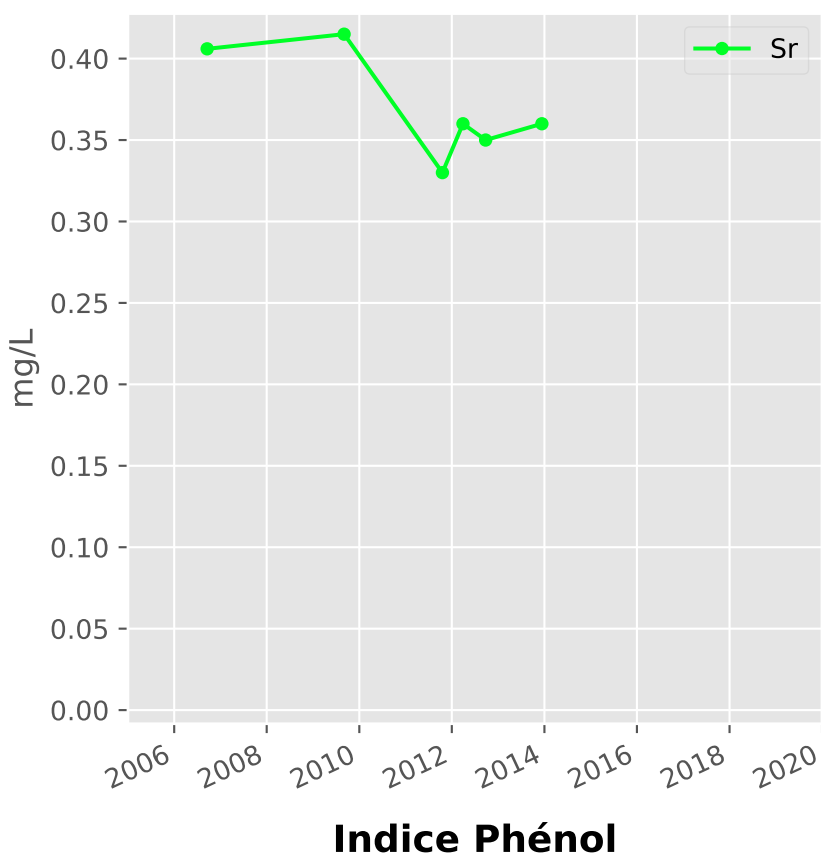
Aluminium



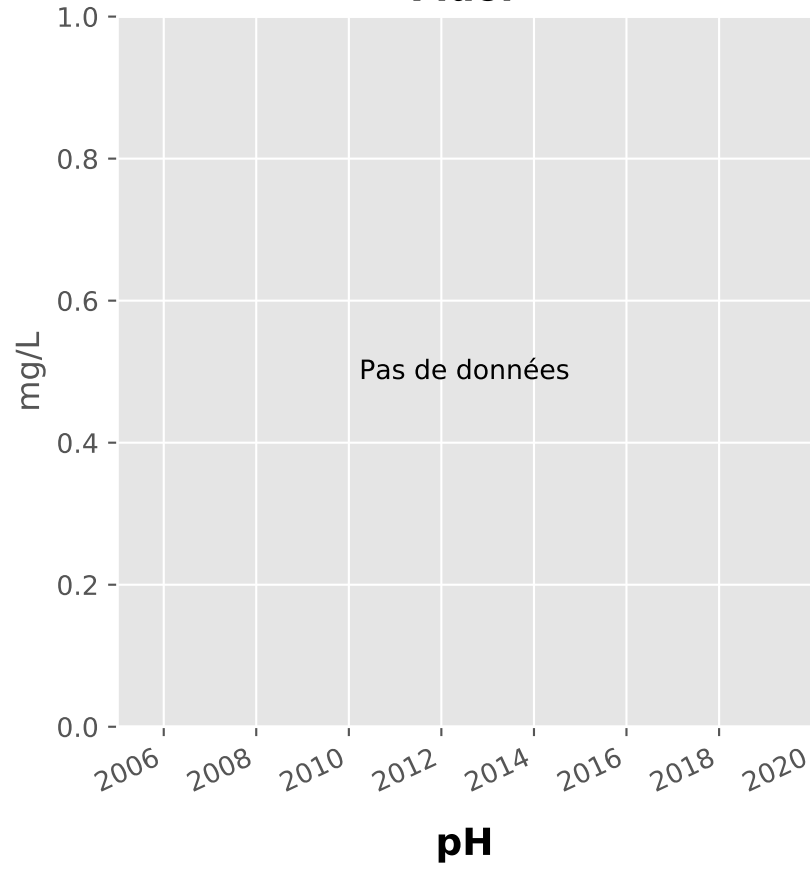
Bore



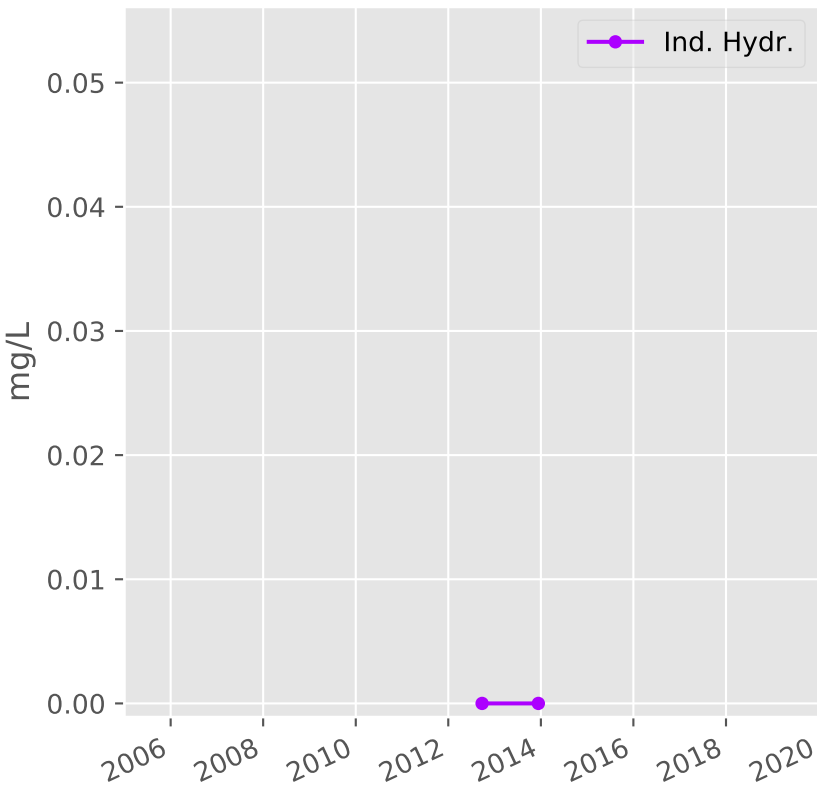
Strontium



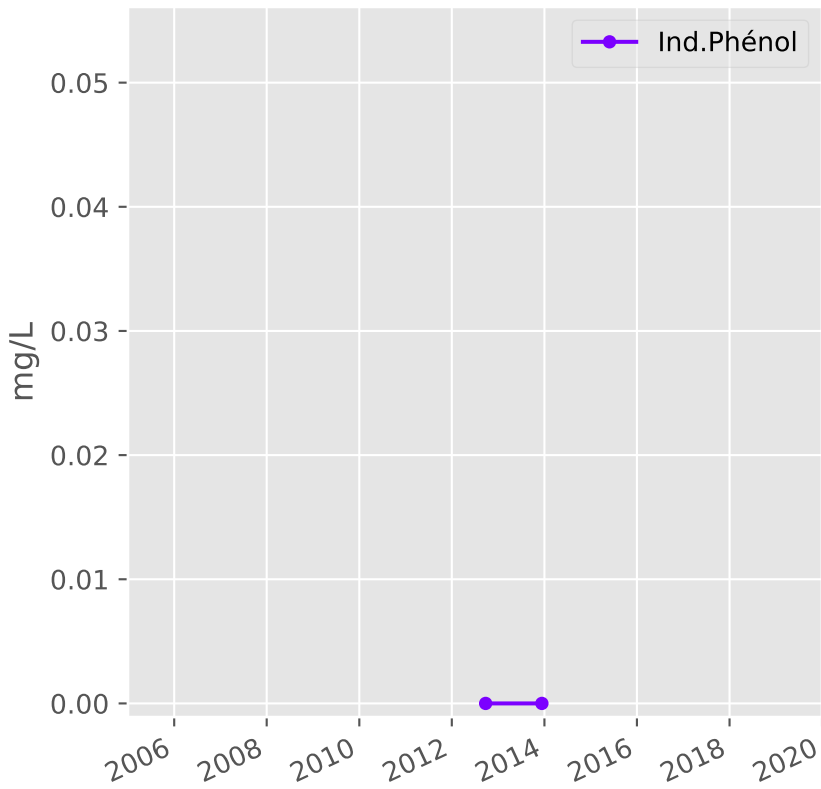
Fluor



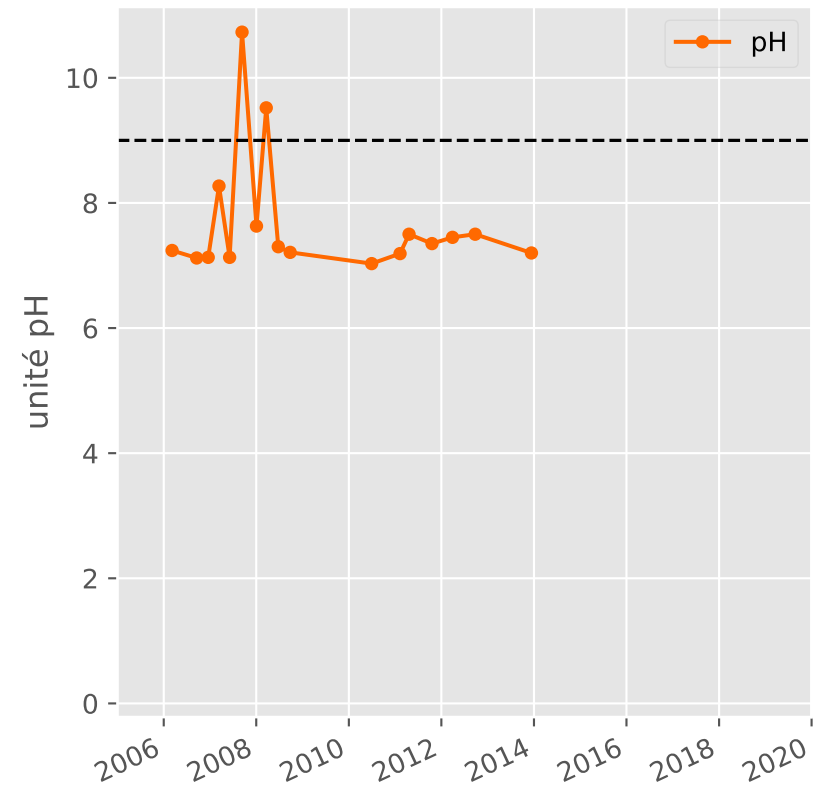
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

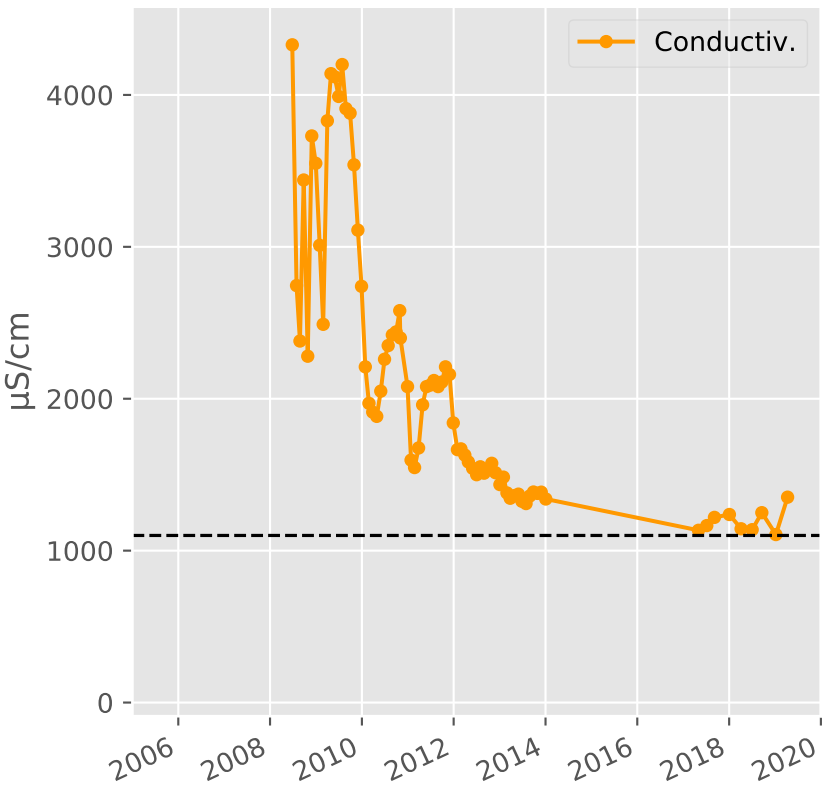


pH

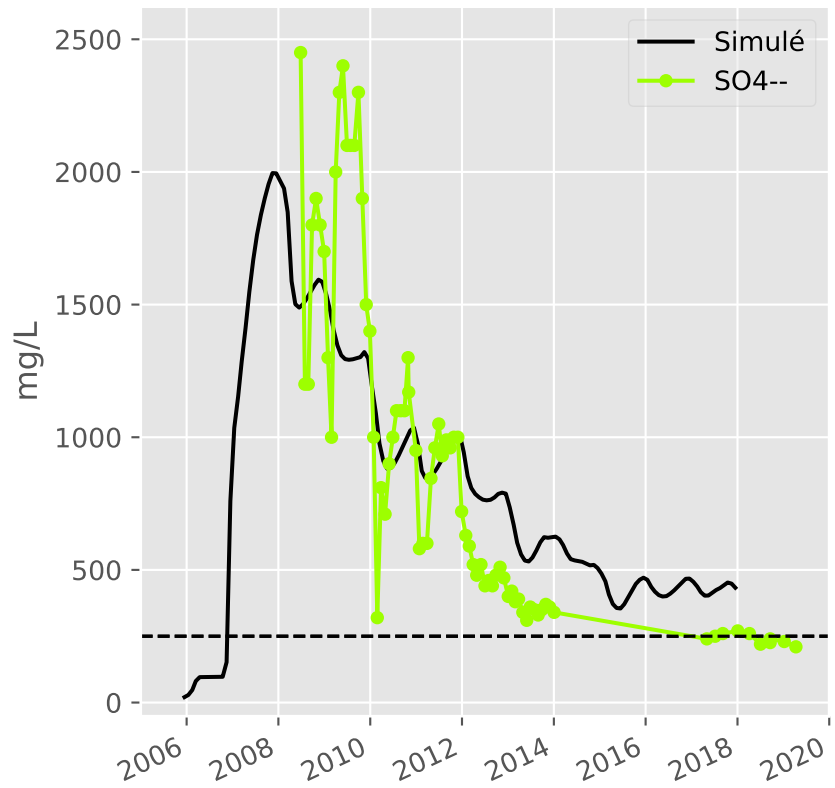


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN4 - N18 - Gal. de Metzange (Charles) - 01138X0147

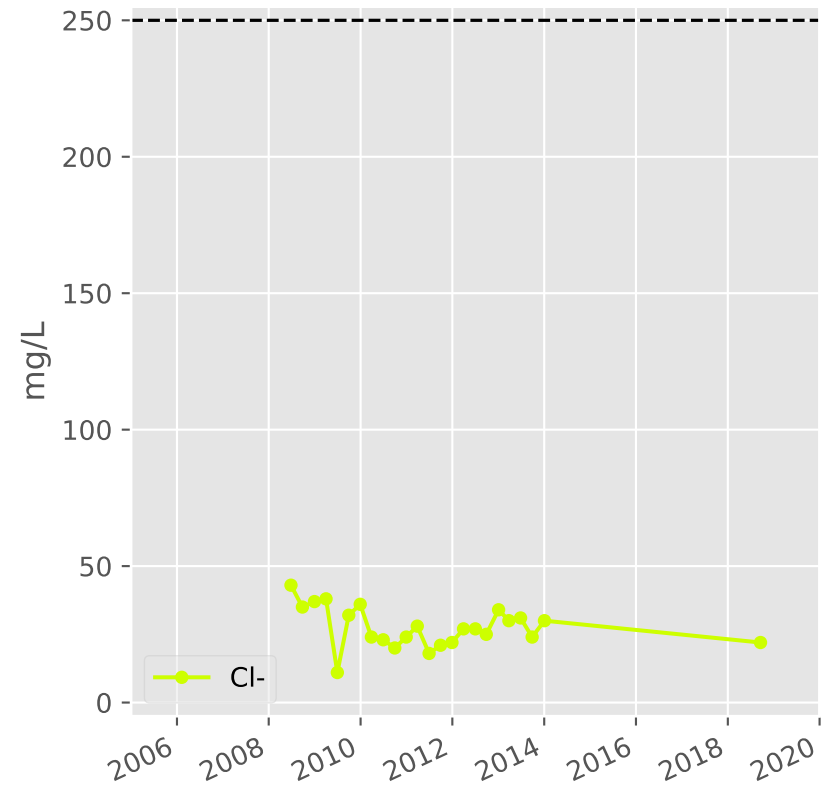
Conductivité



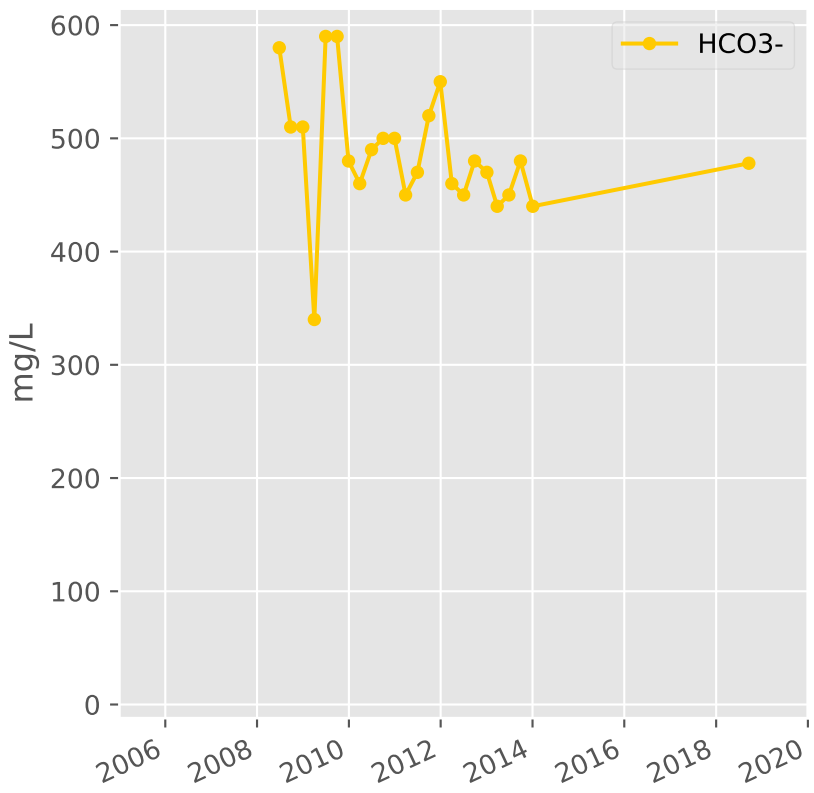
Sulfates



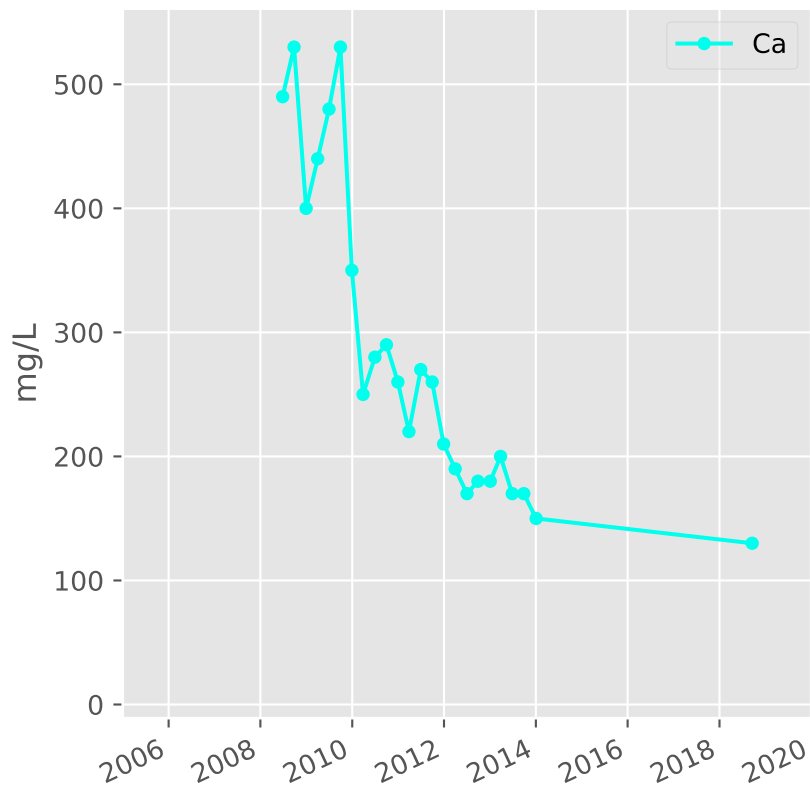
Chlorures



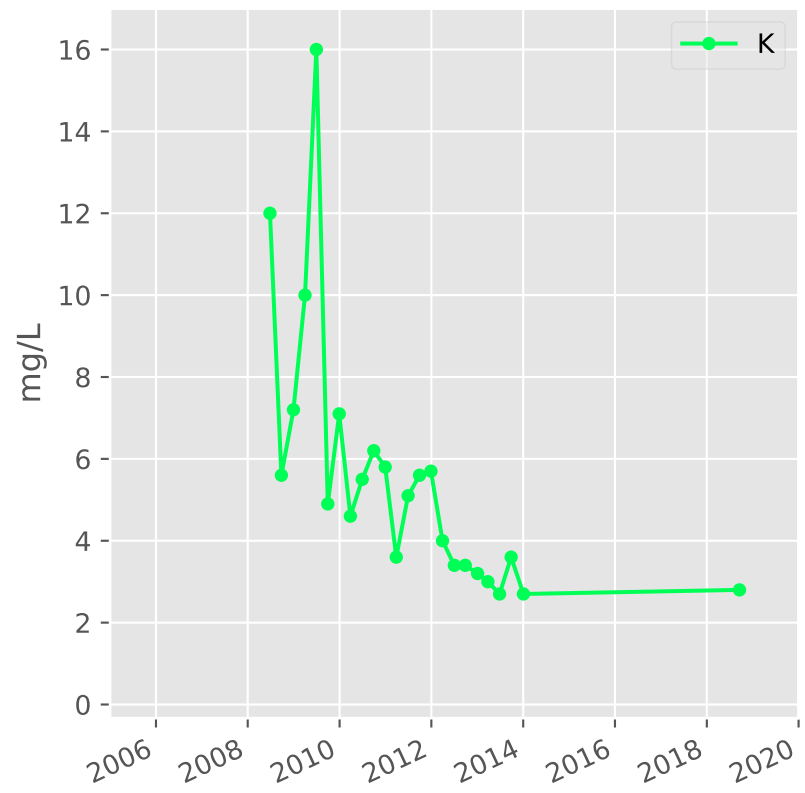
Bicarbonates



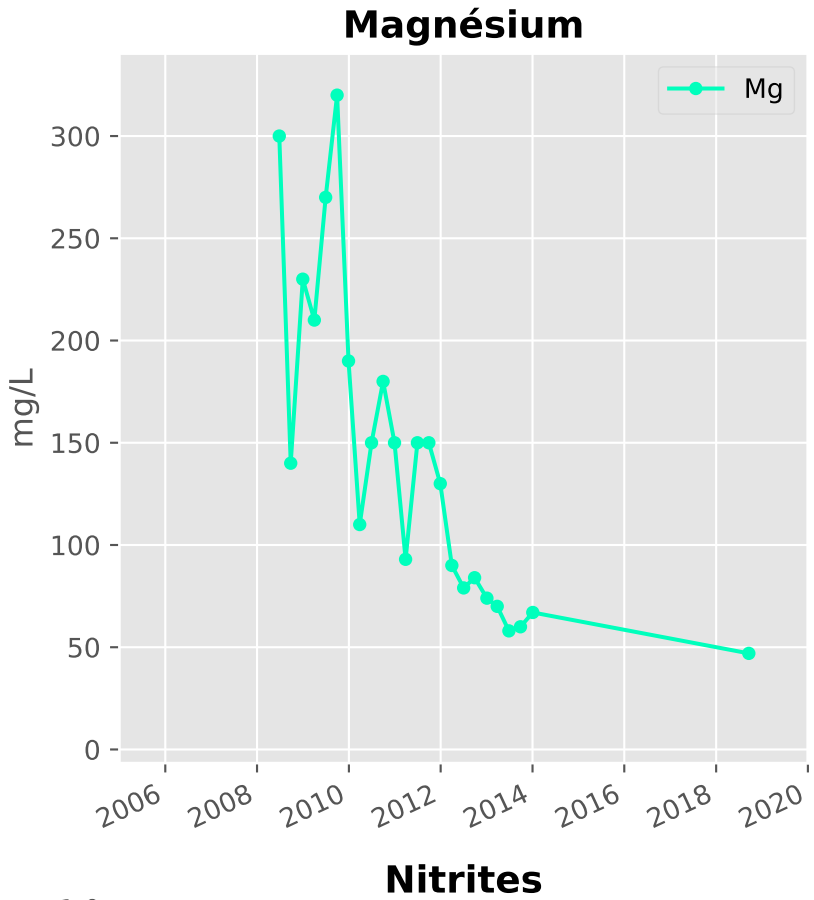
Calcium



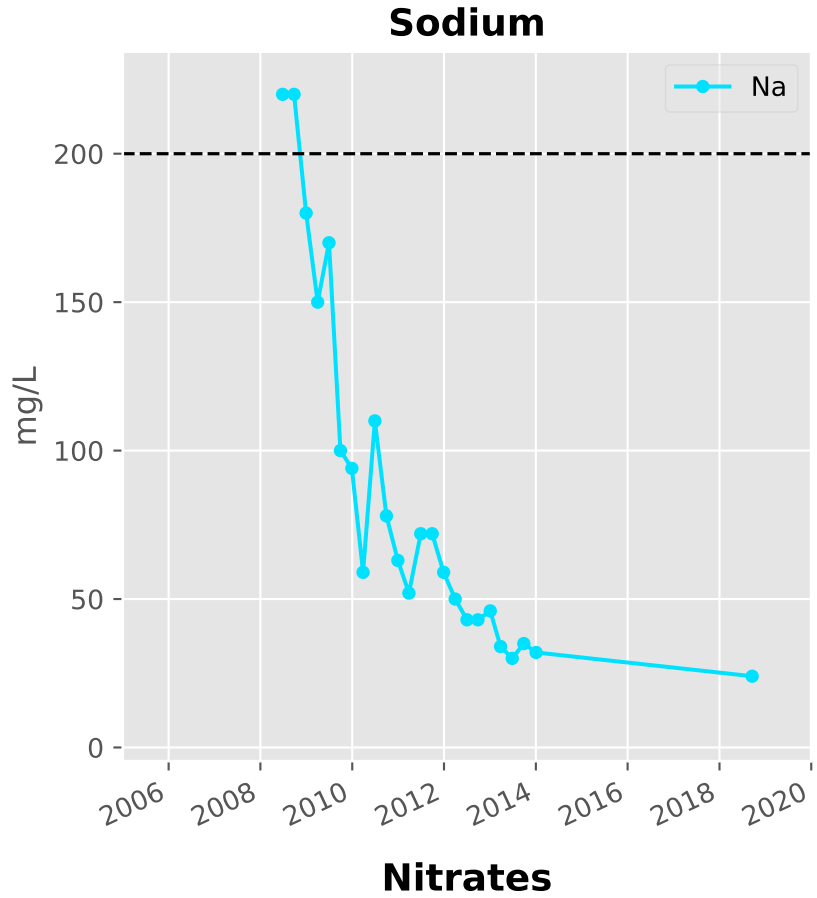
Potassium



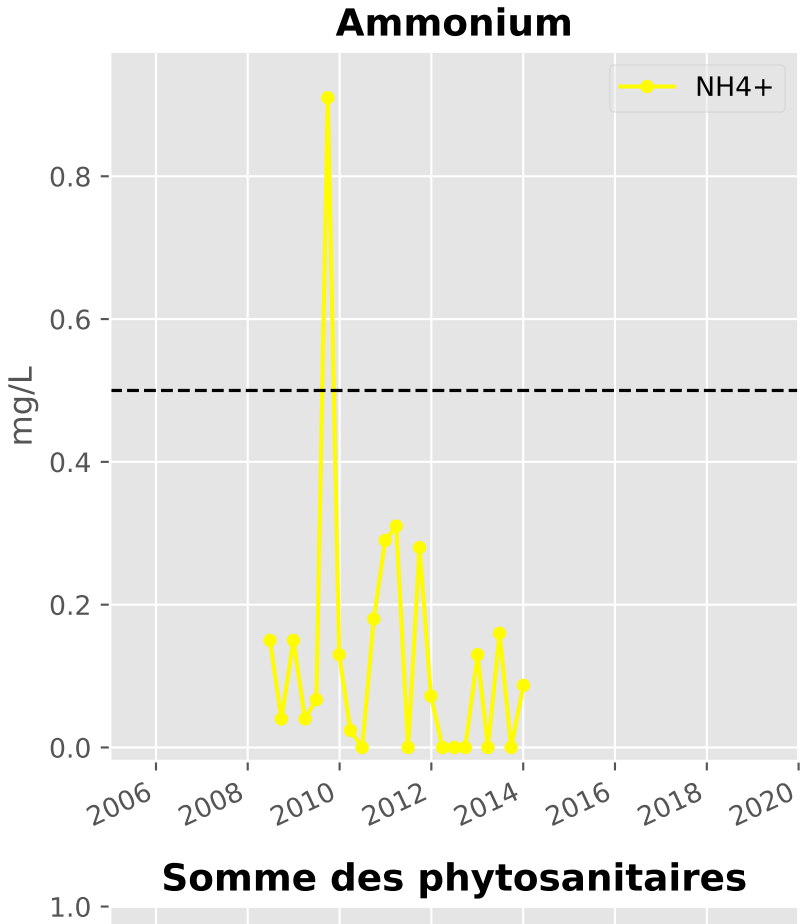
Magnésium



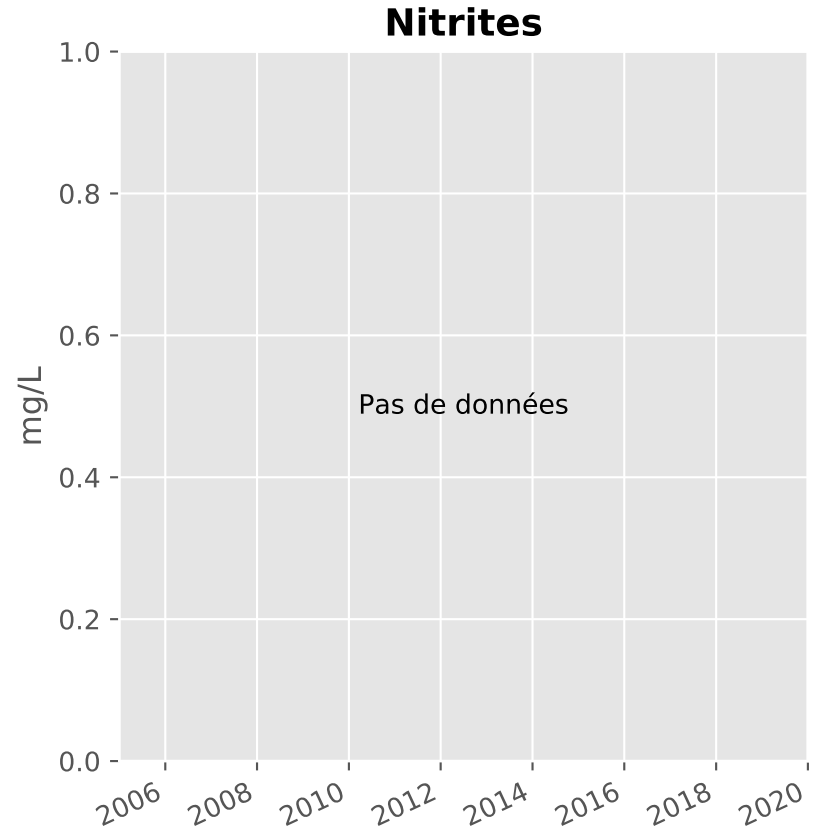
Sodium



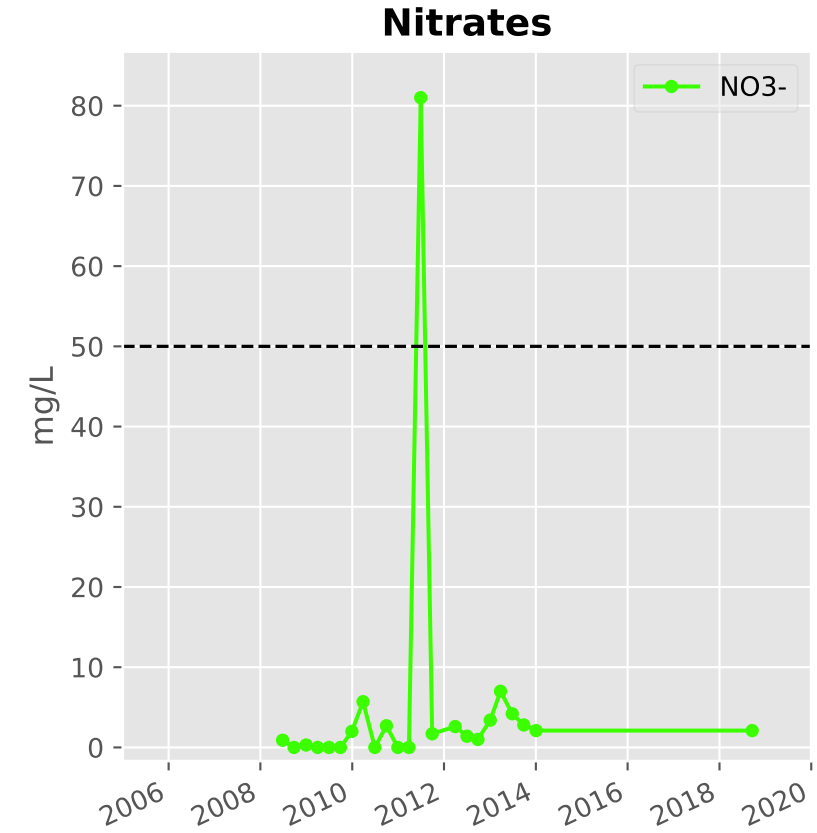
Ammonium



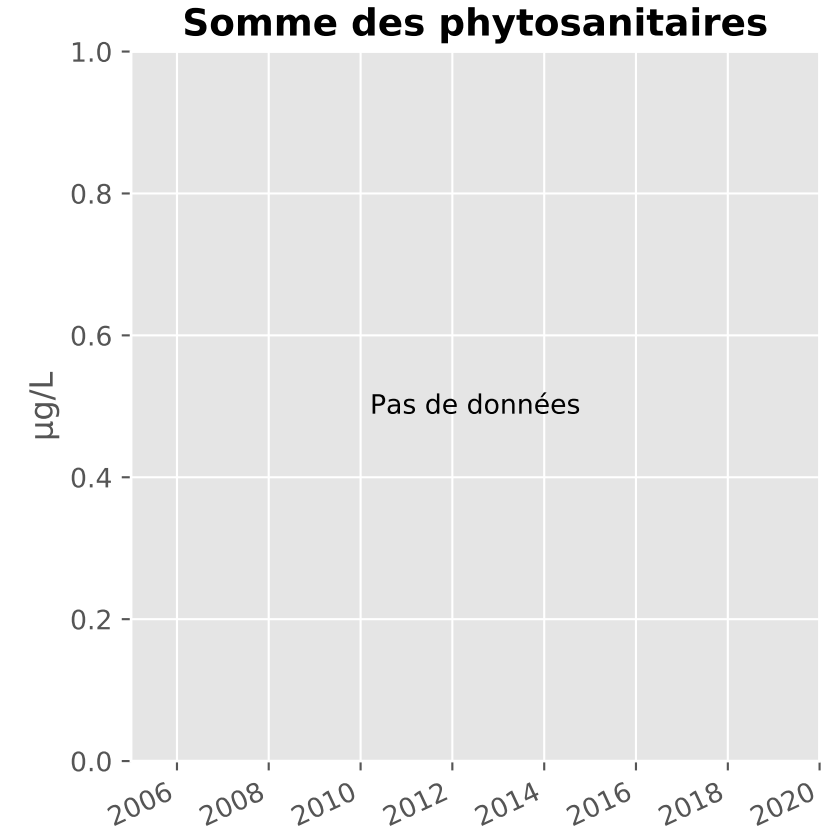
Nitrites



Nitrates

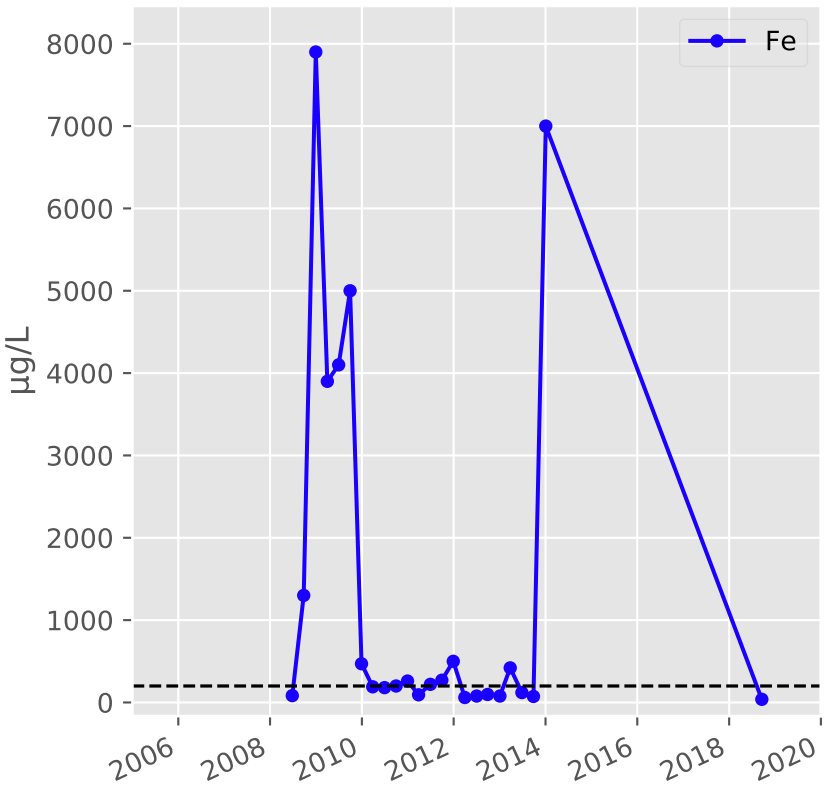


Somme des phytosanitaires

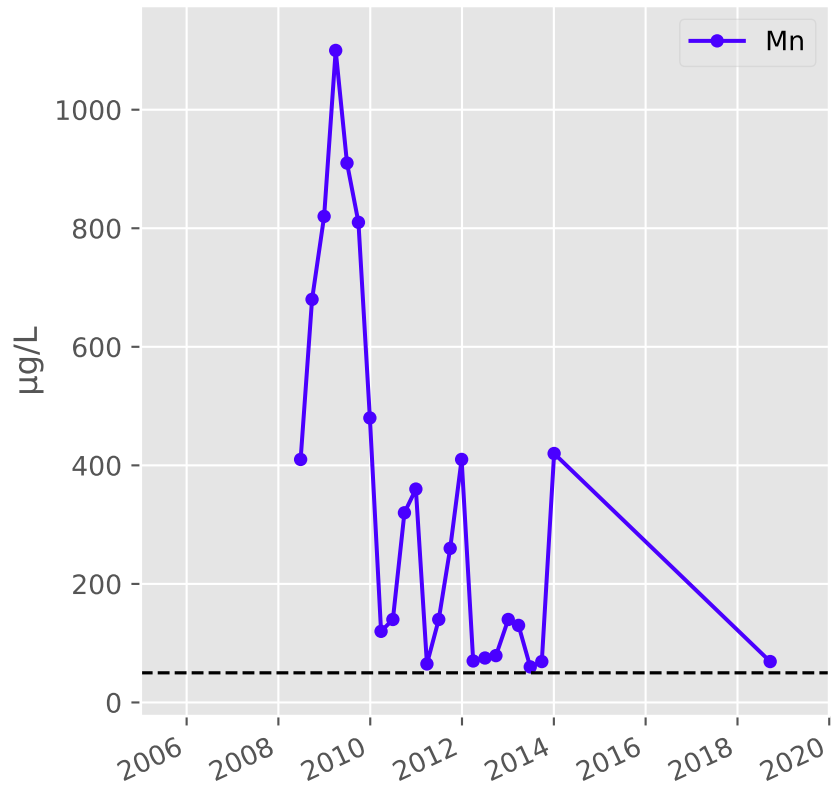


Bassin NORD - Réservoir minier - Secteur SN4 - N18 - Gal. de Metzange (Charles) - 01138X0147

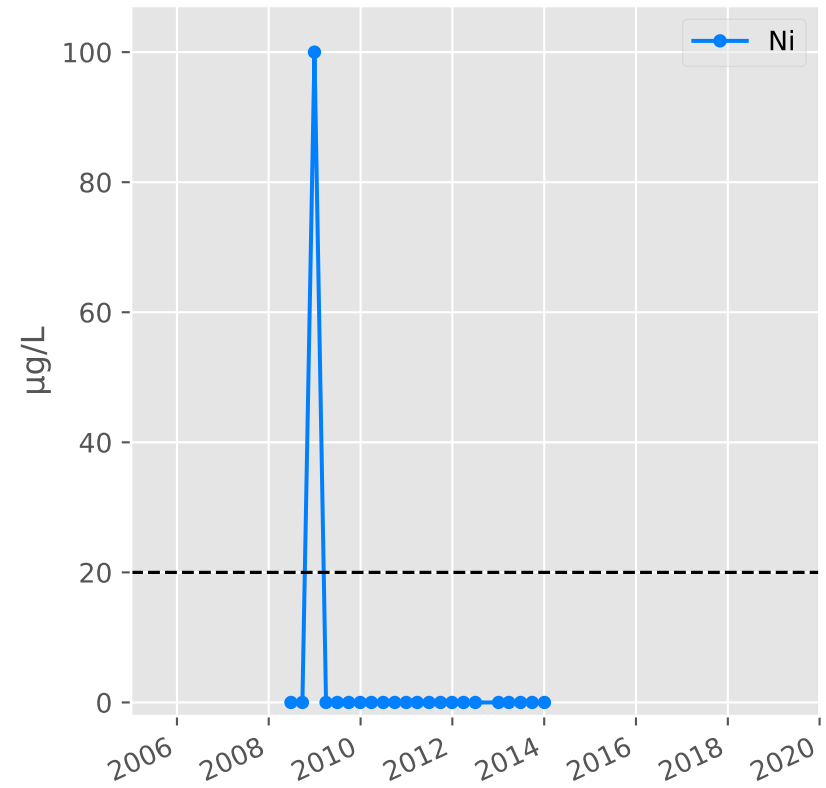
Fer



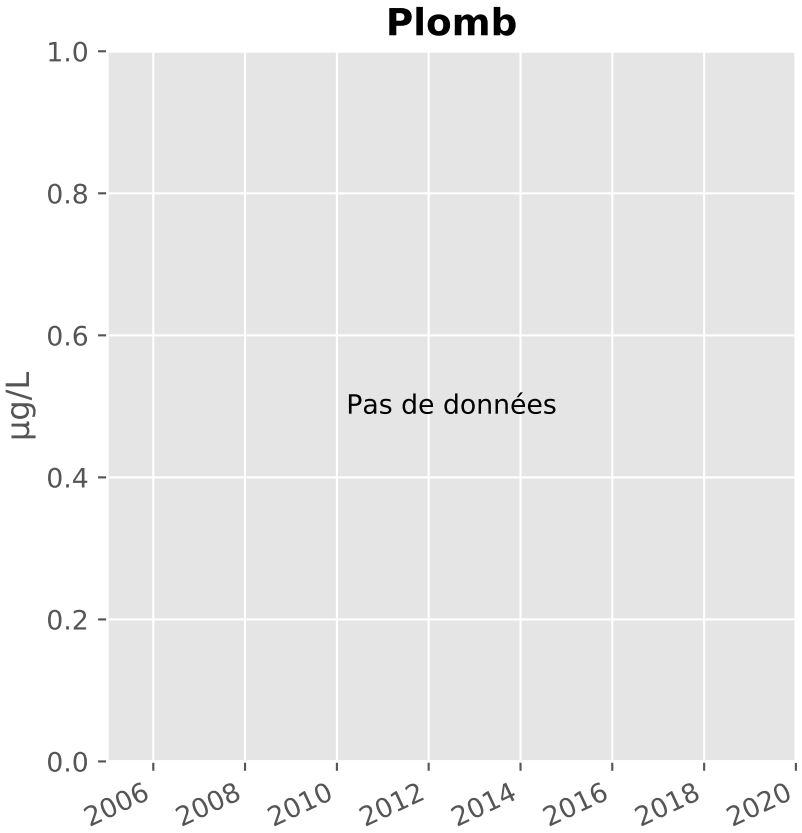
Manganèse



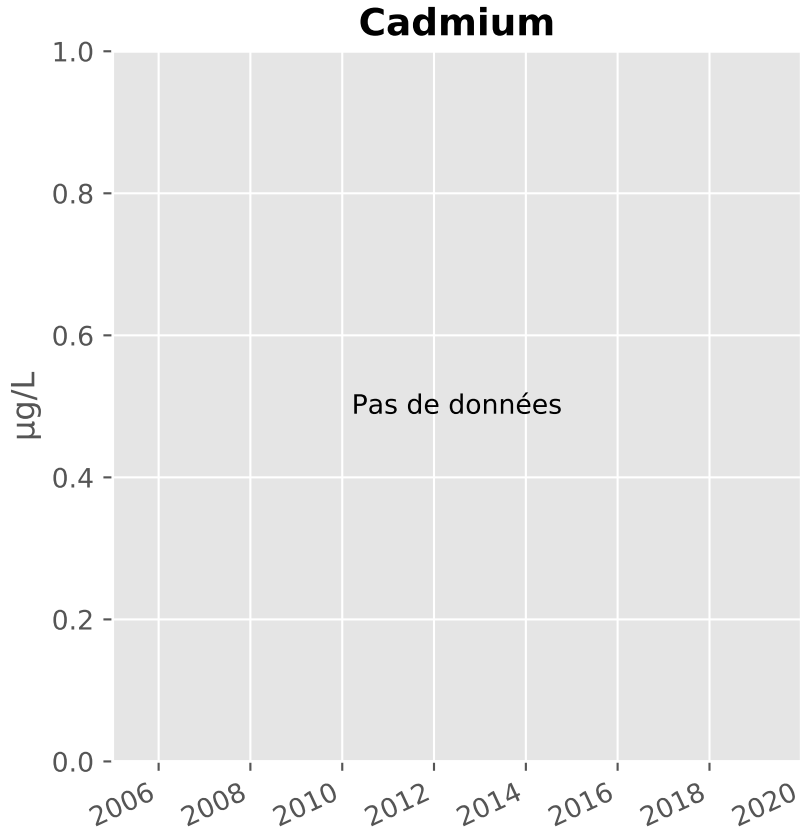
Nickel



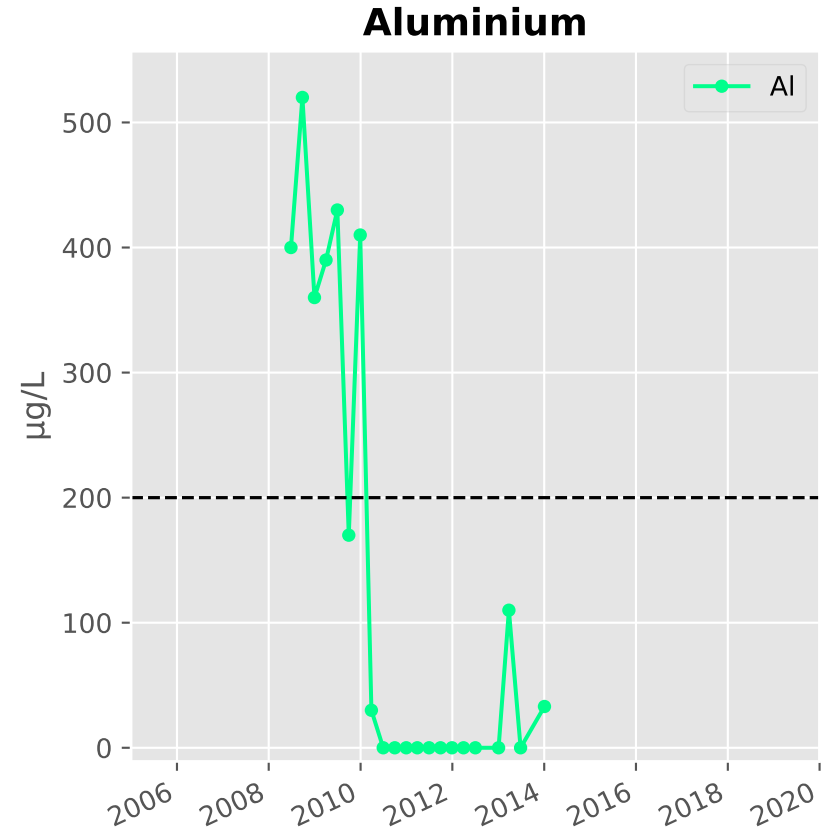
Plomb



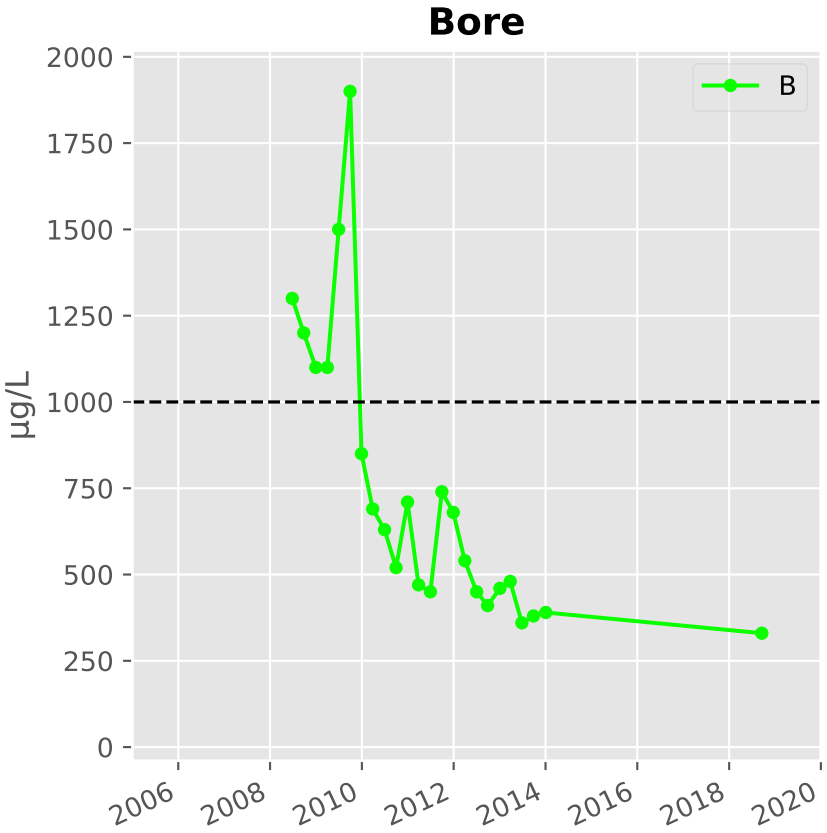
Cadmium



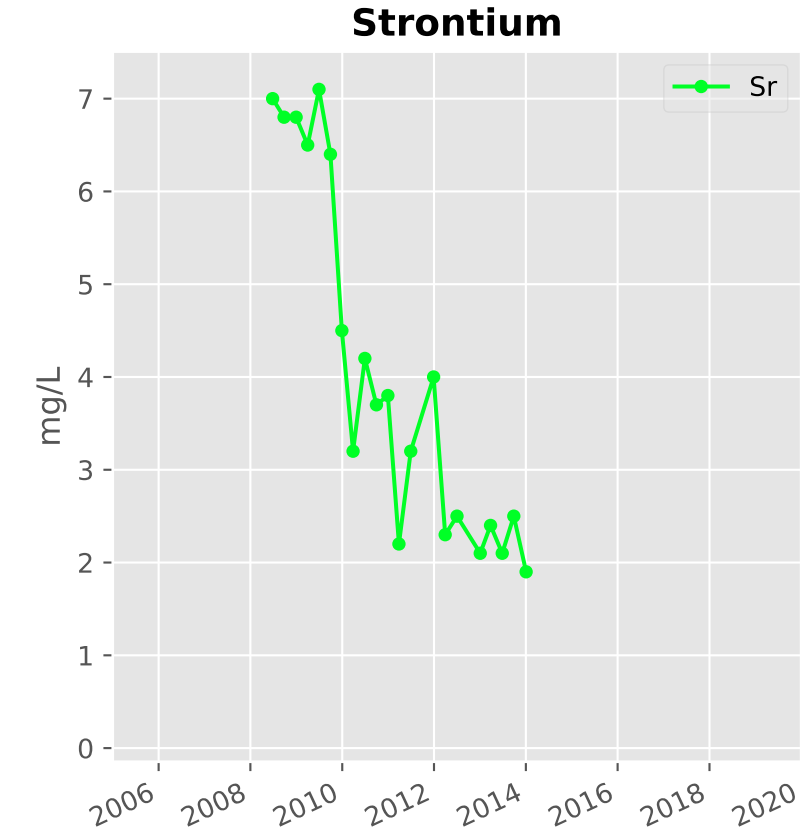
Aluminium



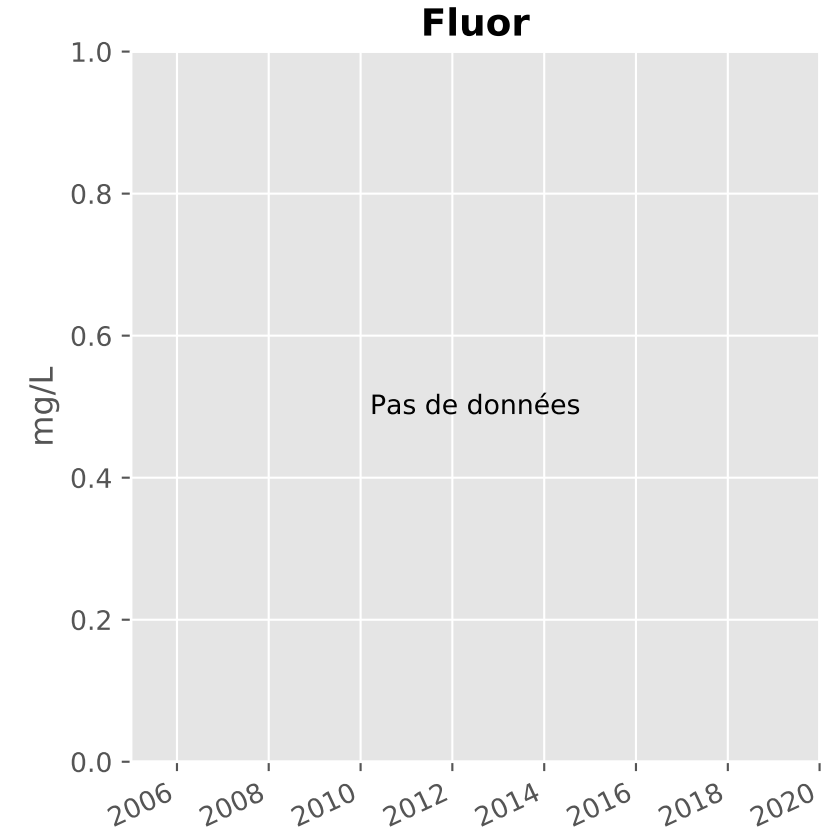
Bore



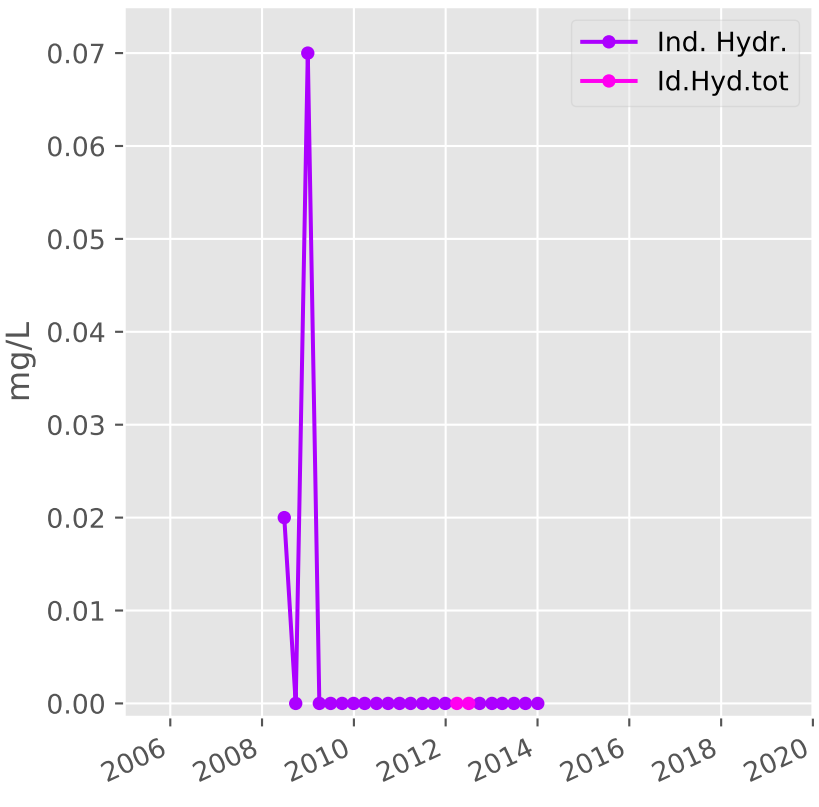
Strontium



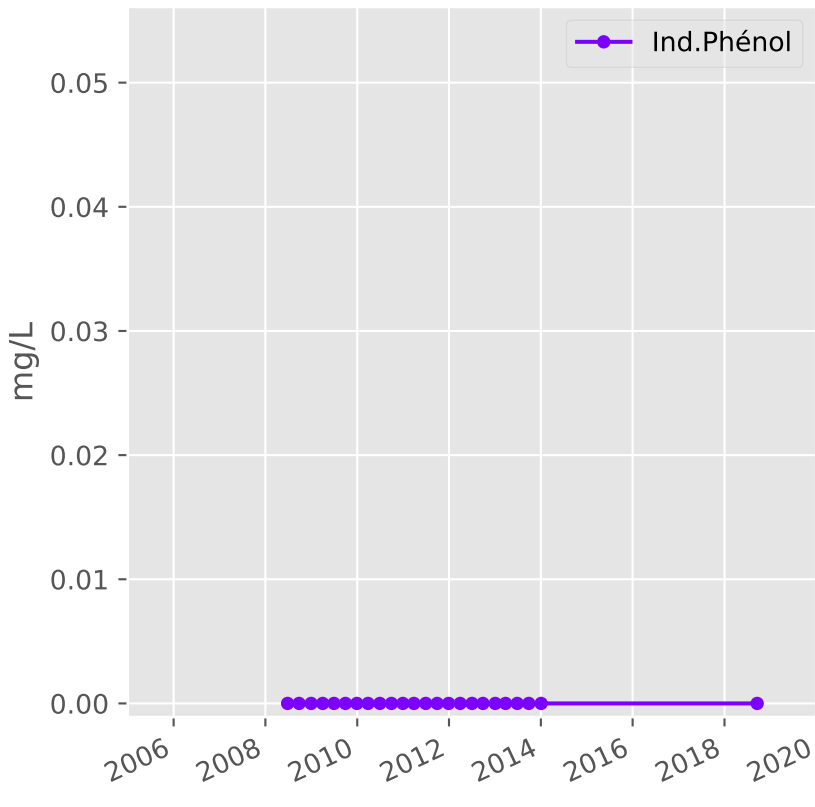
Fluor



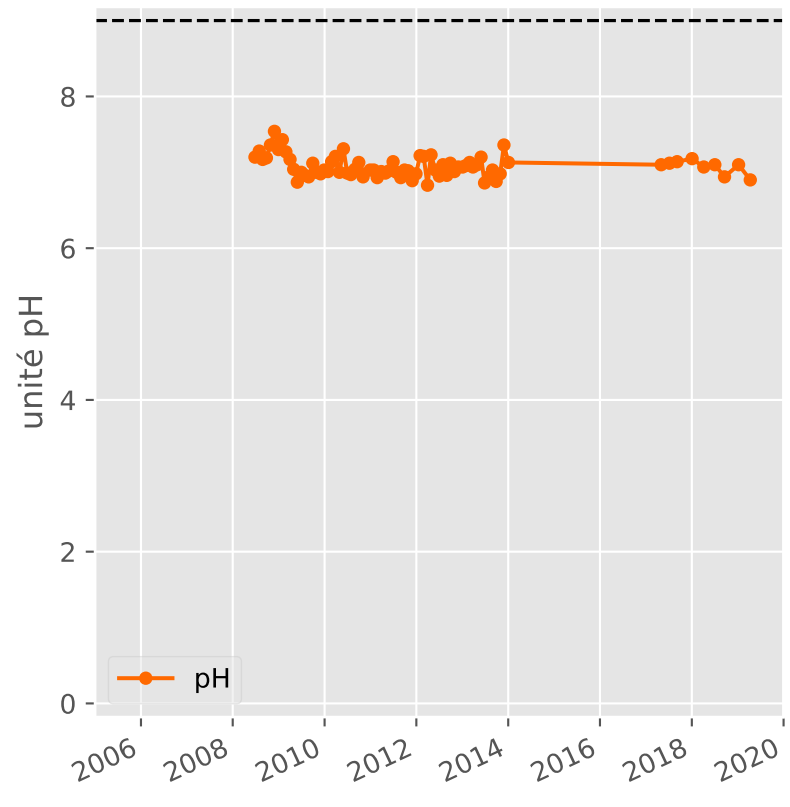
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

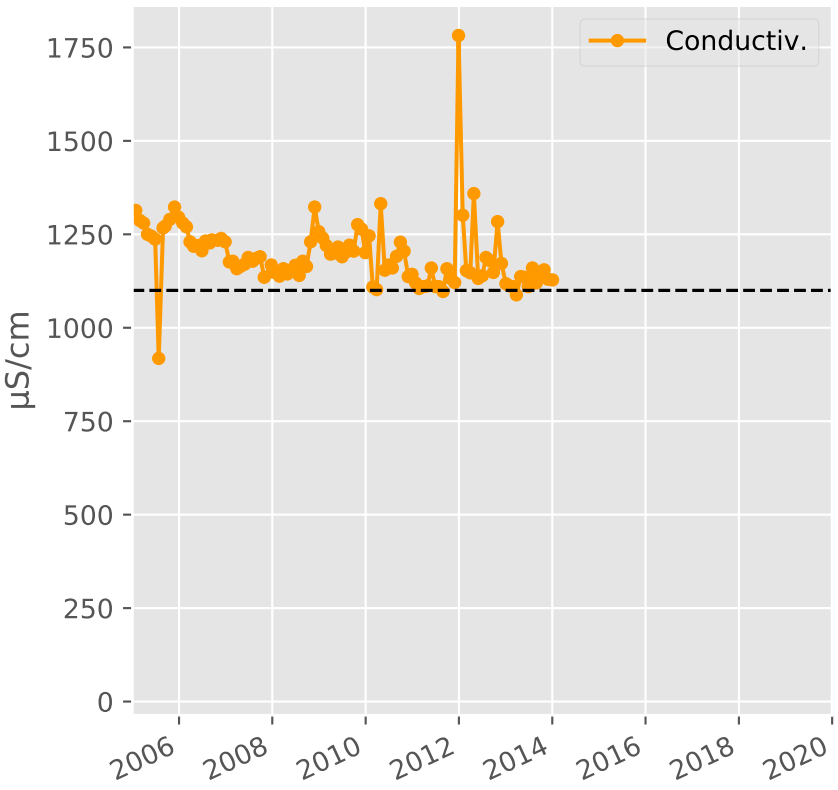


pH

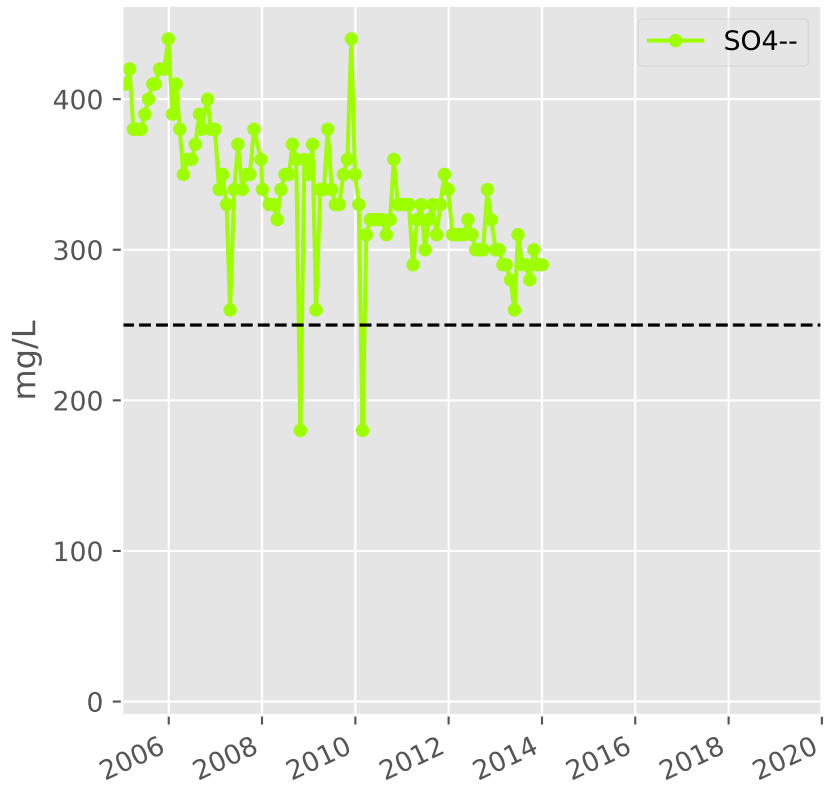


Bassin BURBACH - Réservoir minier - Bu1 - Gal. de Burbach - 01138X0172

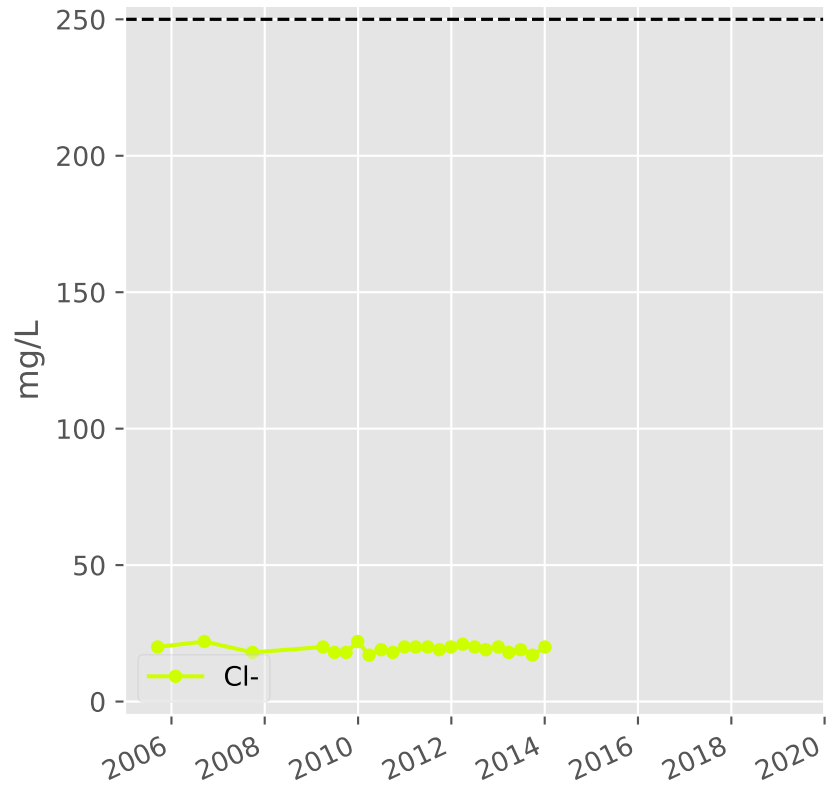
Conductivité



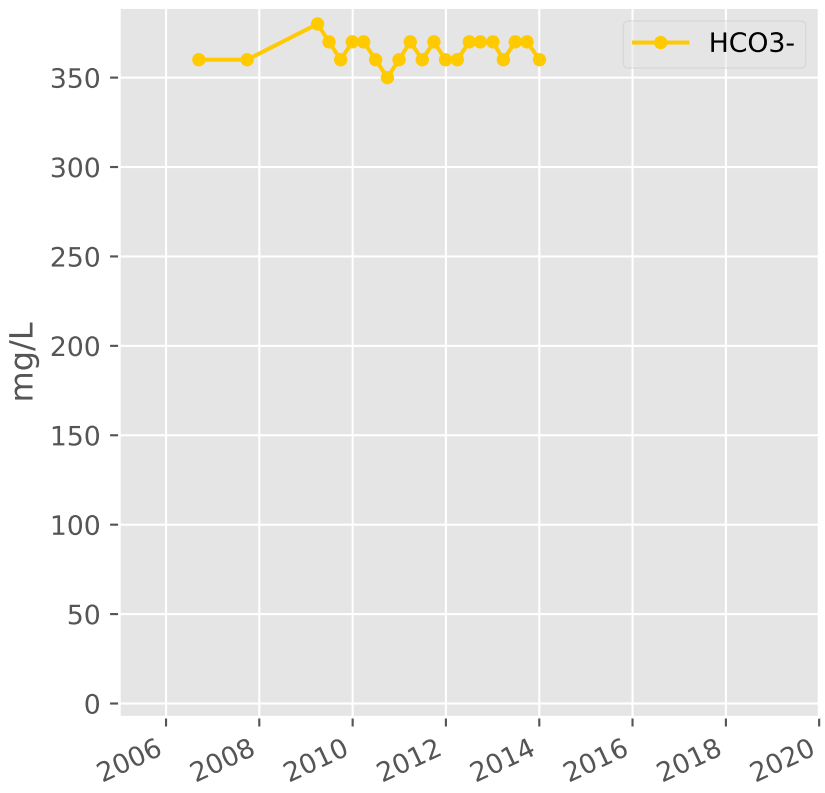
Sulfates



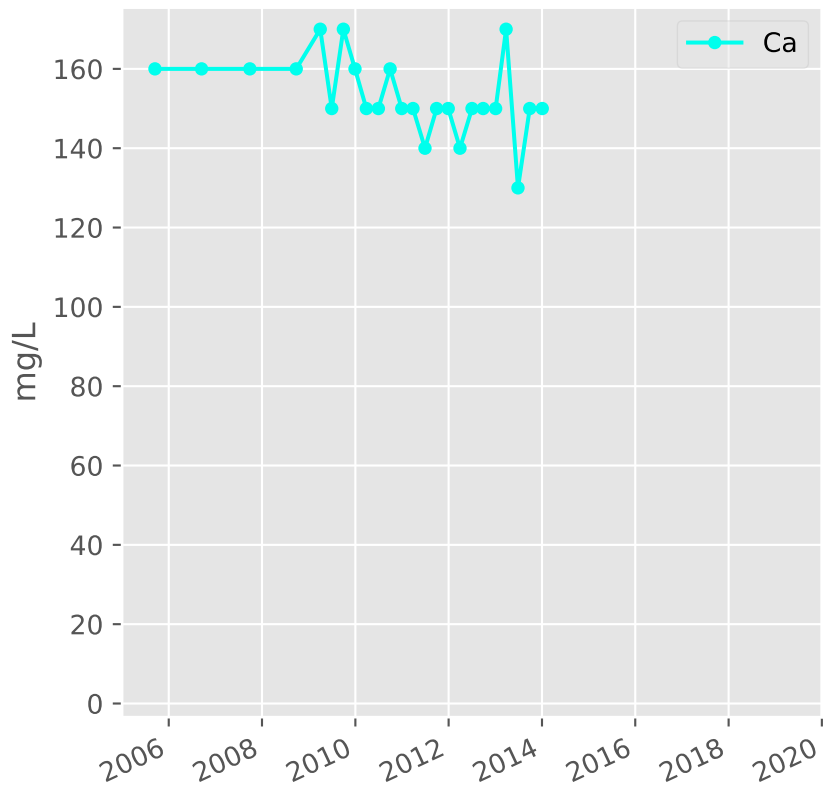
Chlorures



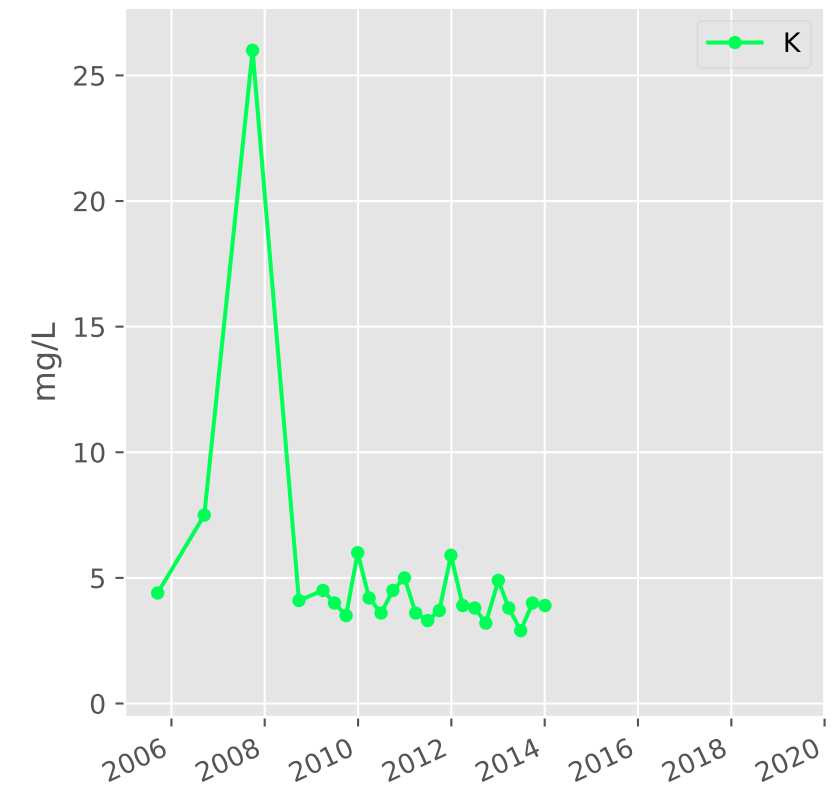
Bicarbonates



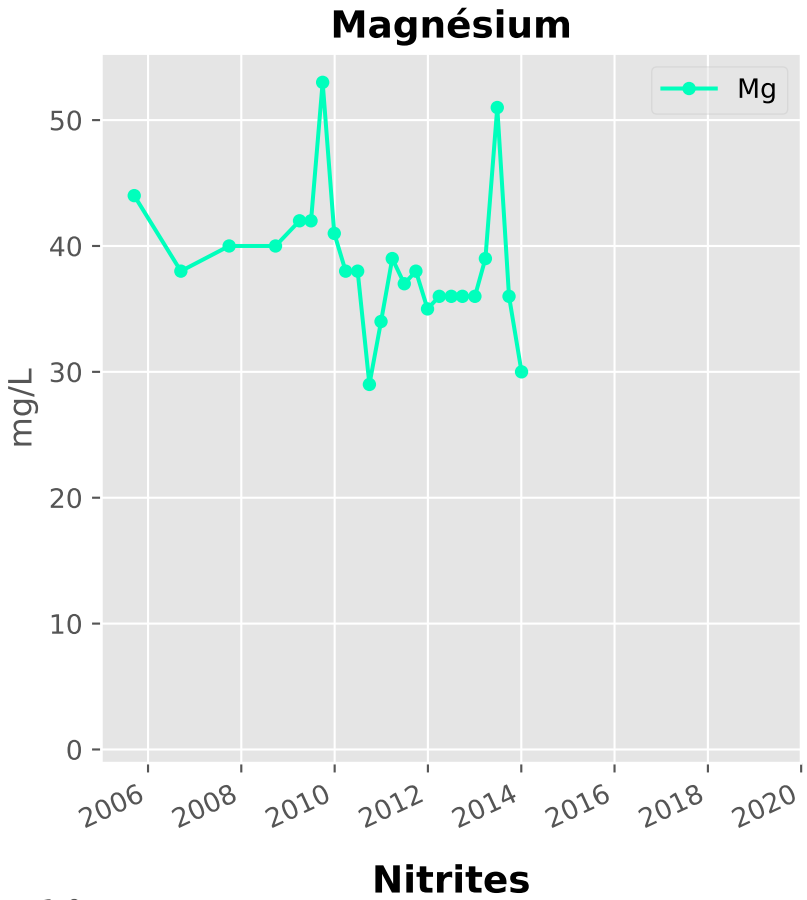
Calcium



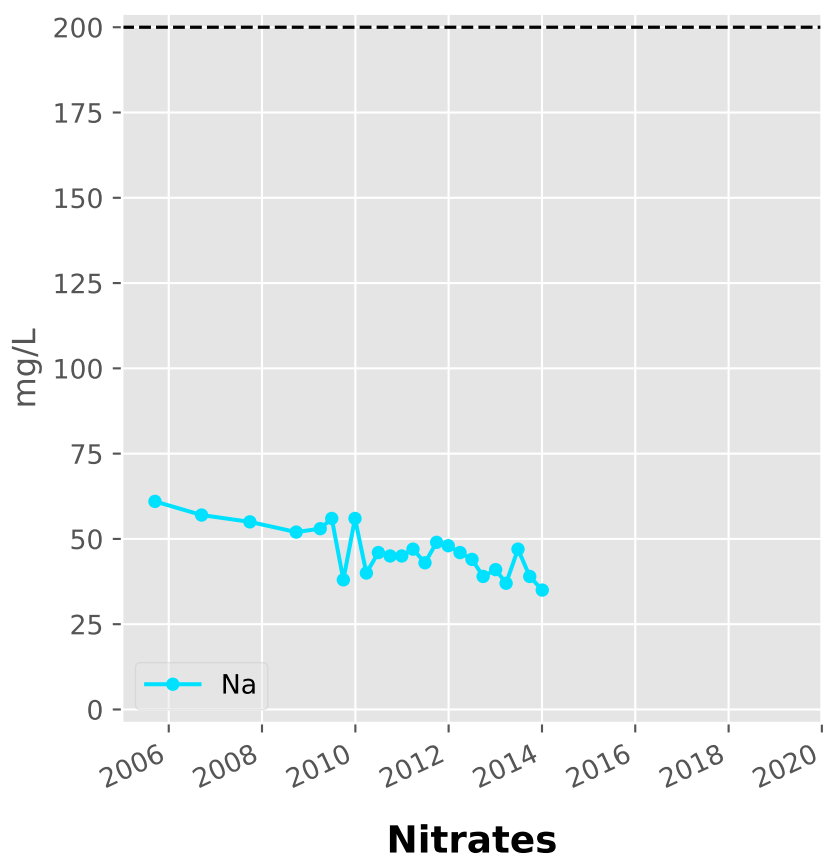
Potassium



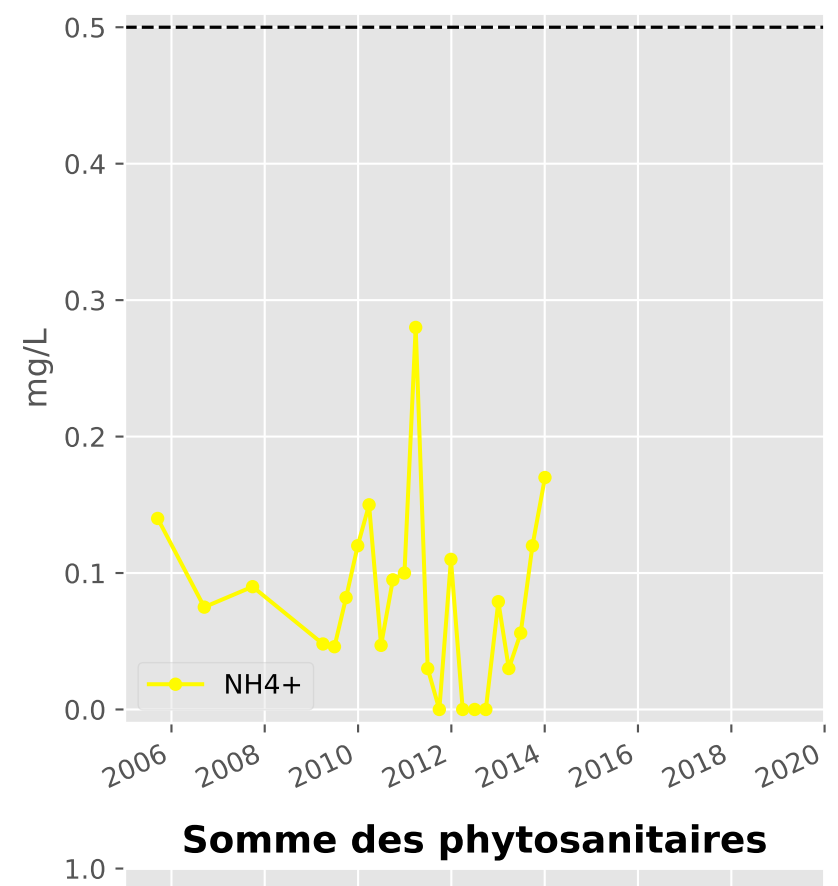
Magnésium



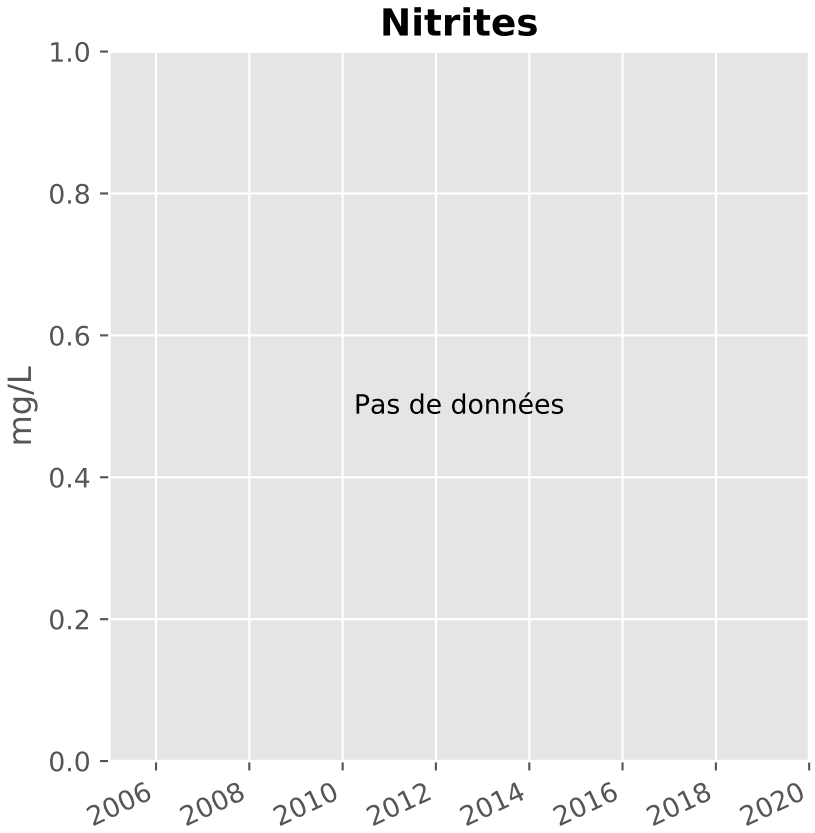
Sodium



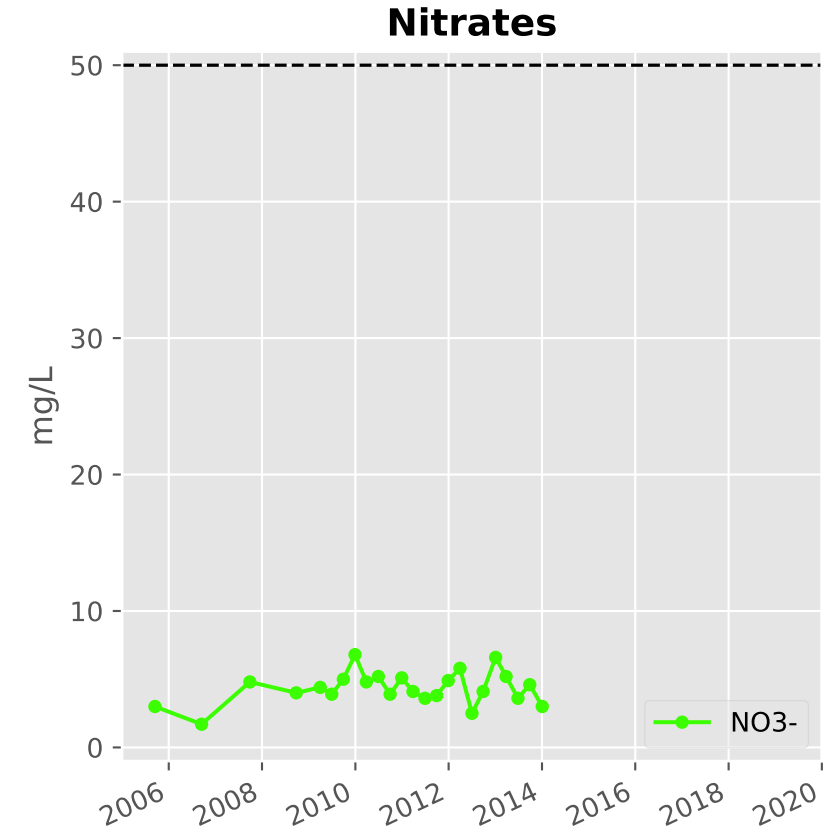
Ammonium



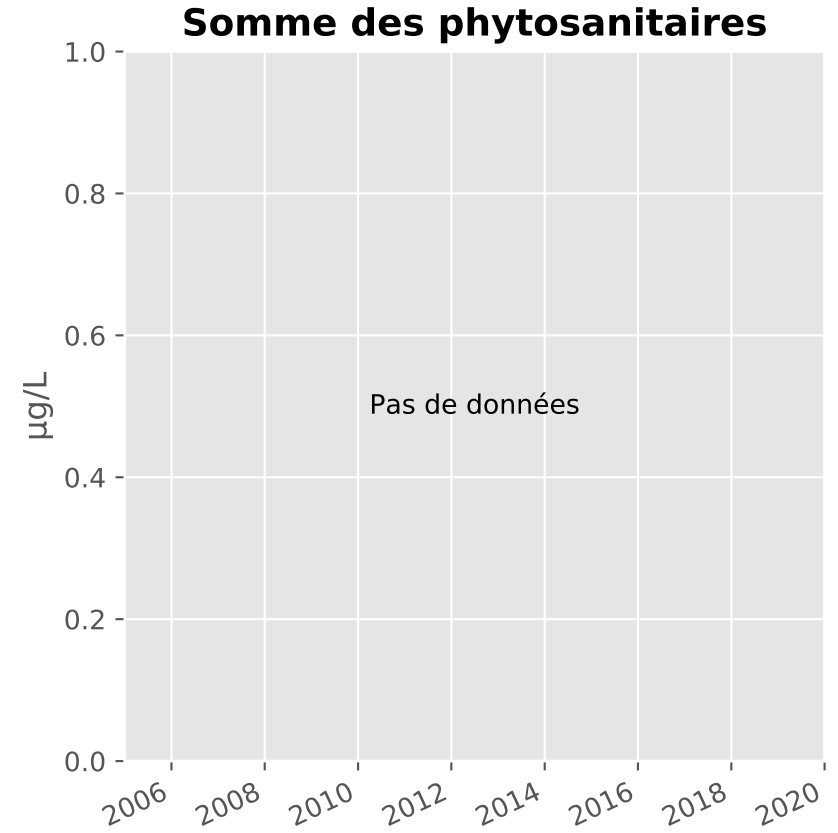
Nitrites



Nitrates

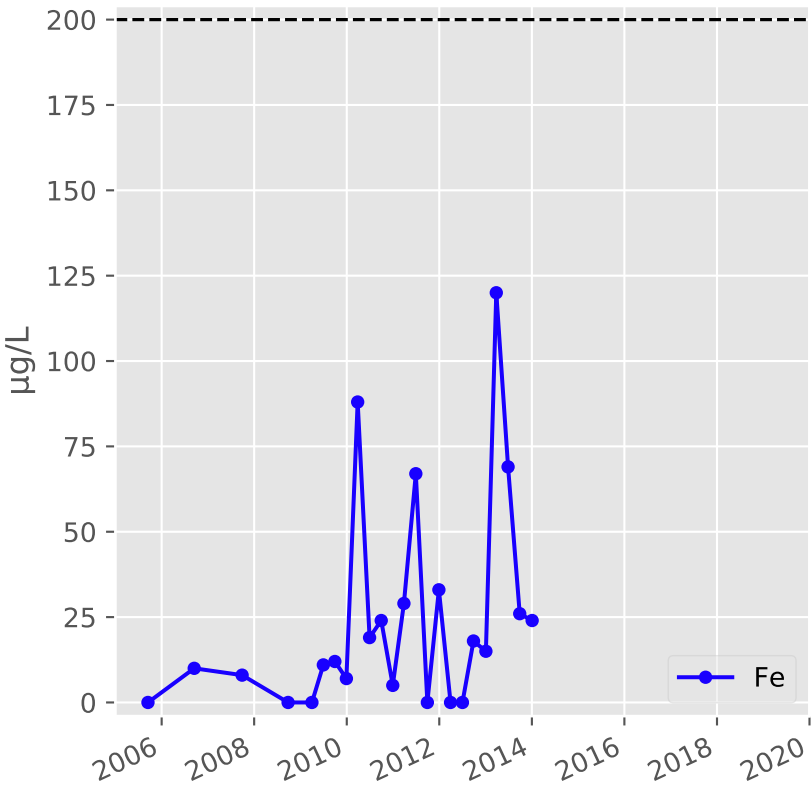


Somme des phytosanitaires

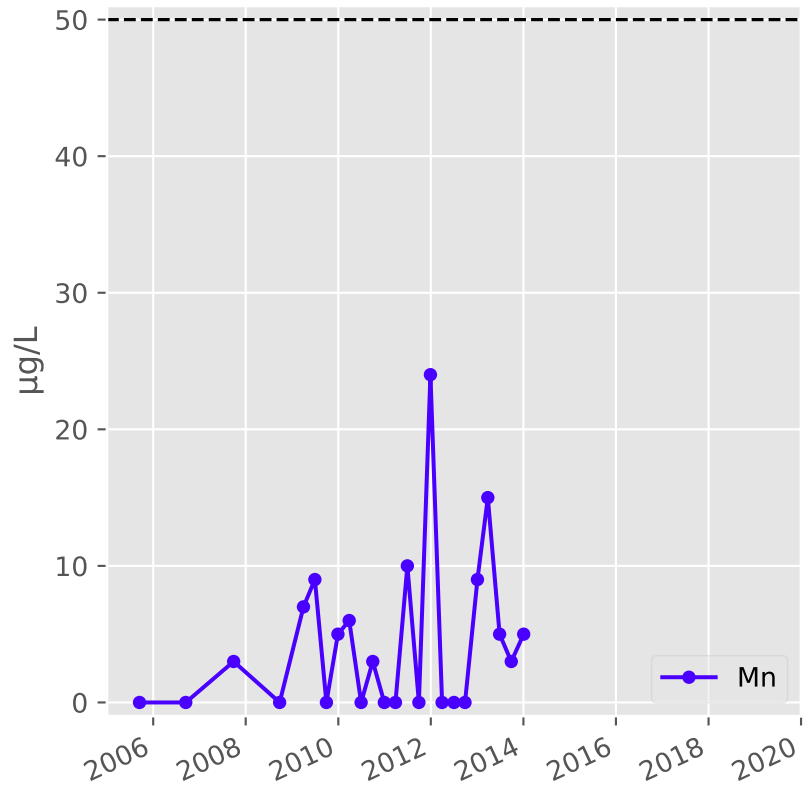


Bassin BURBACH - Réservoir minier - Bu1 - Gal. de Burbach - 01138X0172

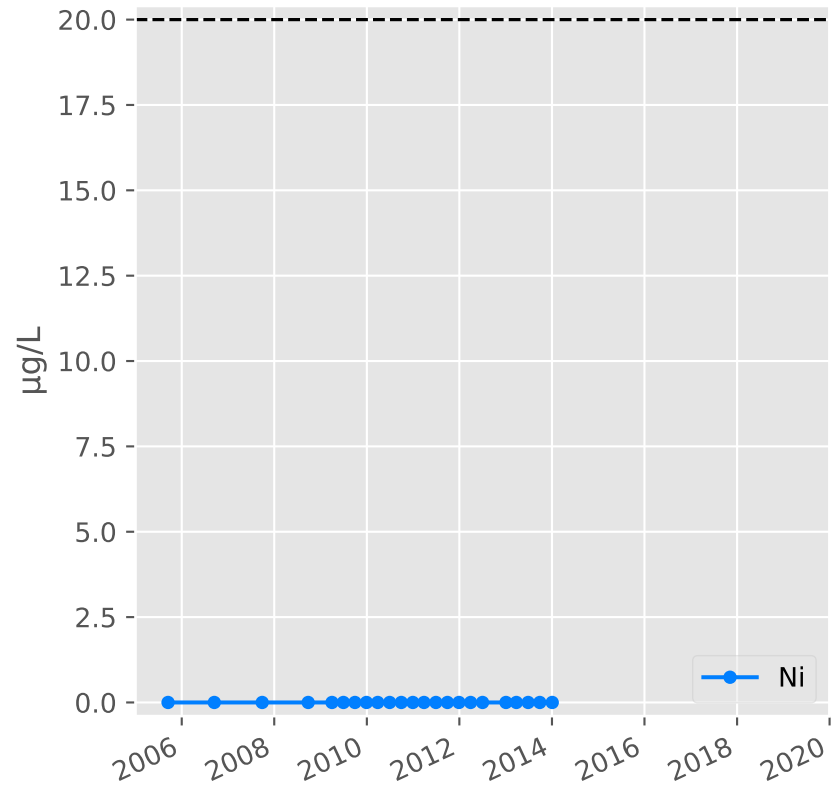
Fer



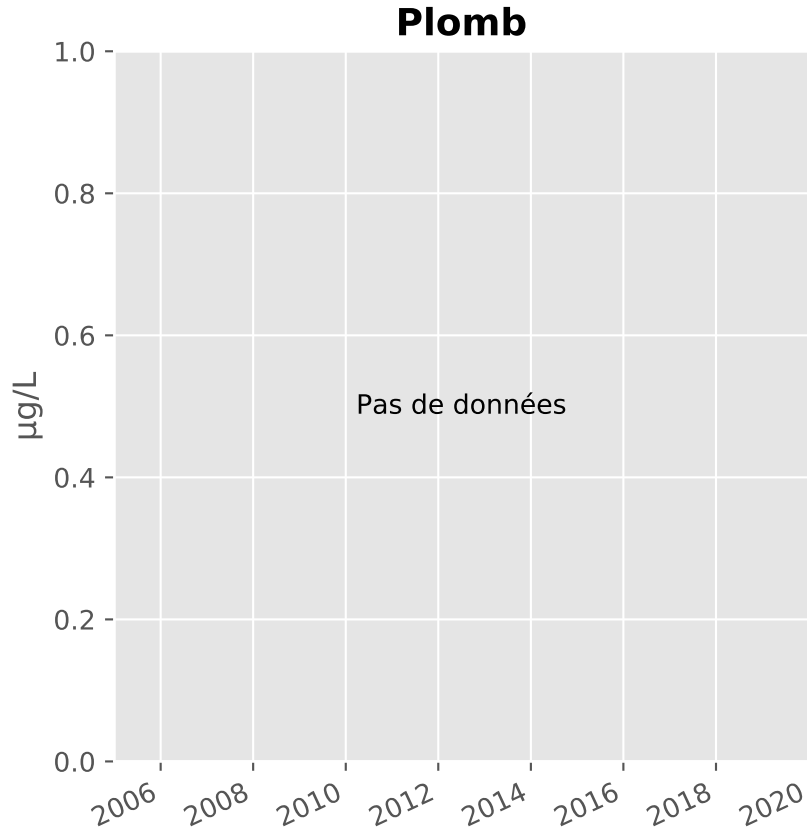
Manganèse



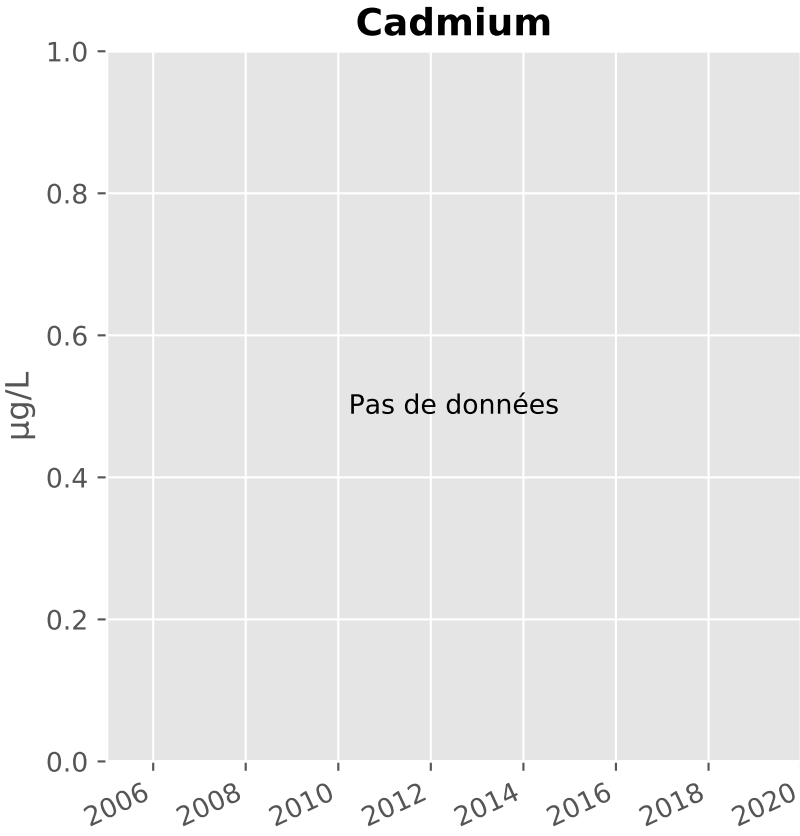
Nickel



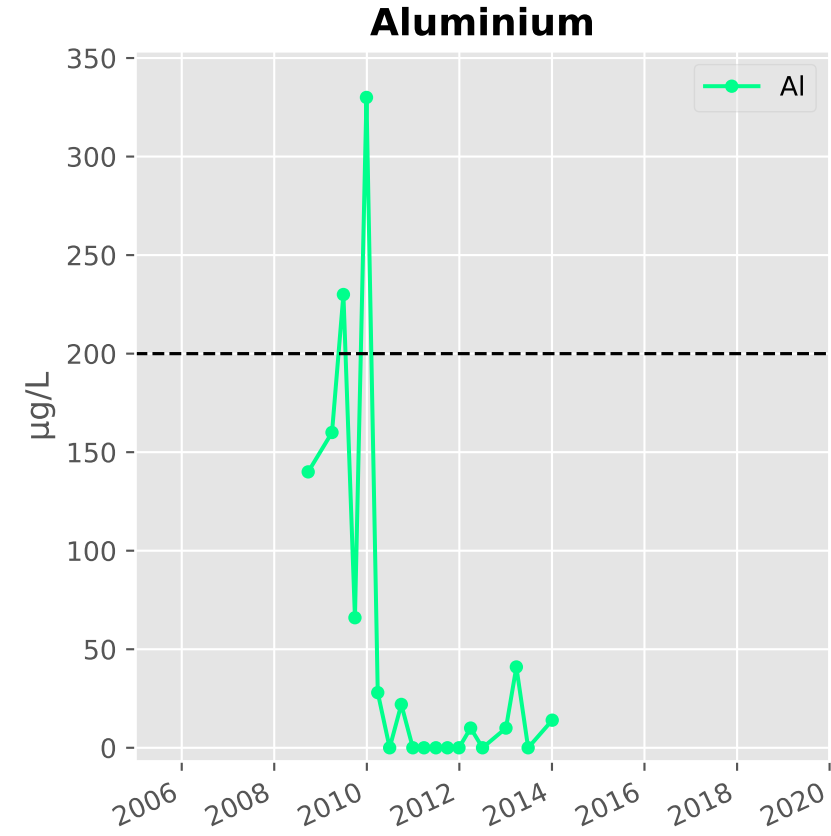
Plomb



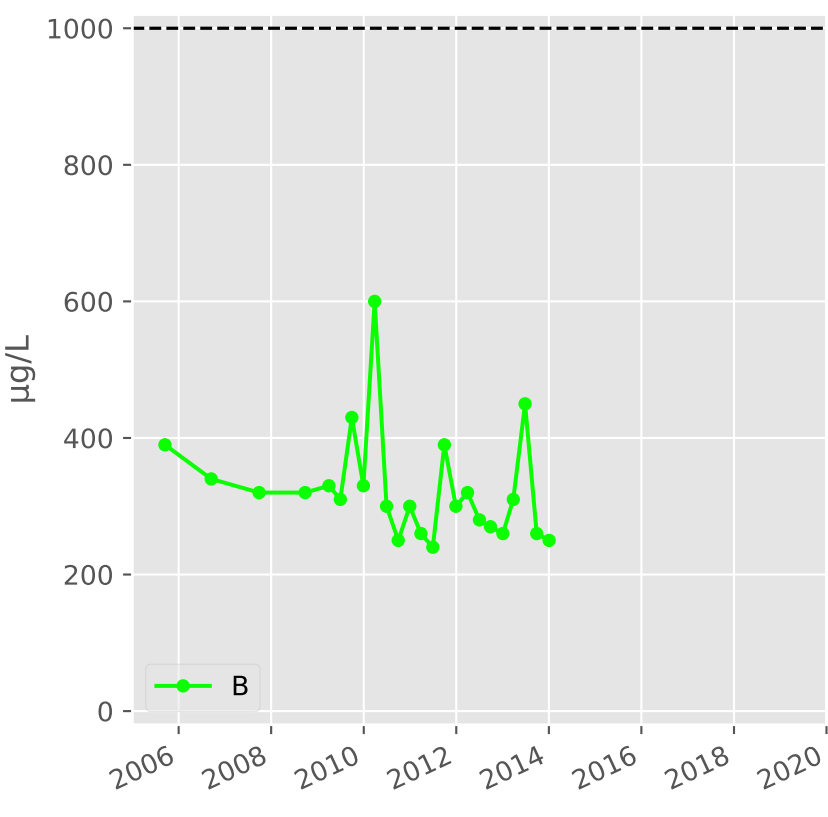
Cadmium



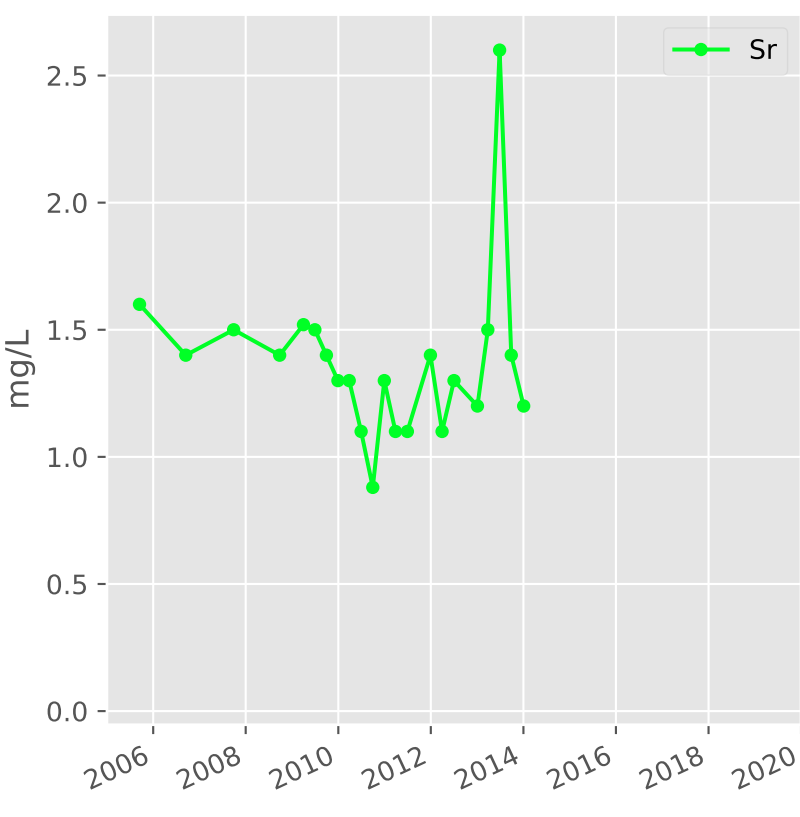
Aluminium



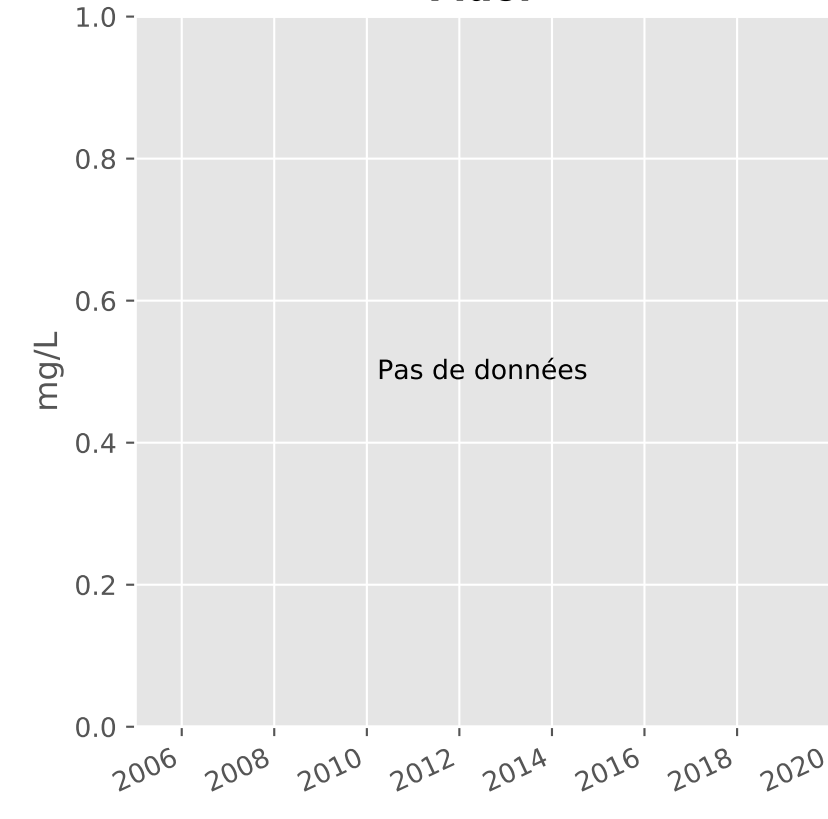
Bore



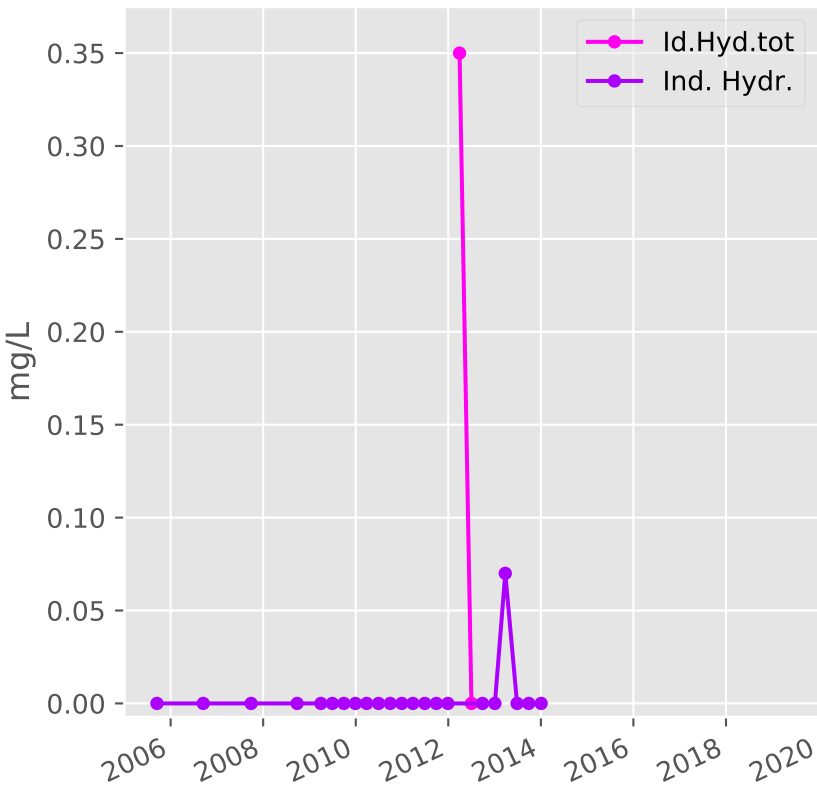
Strontium



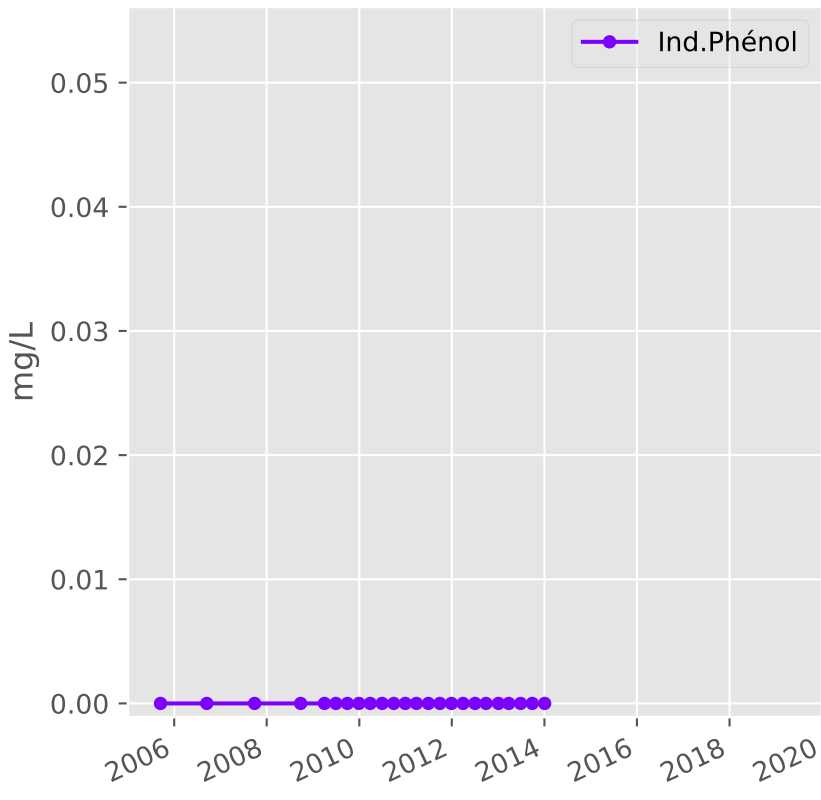
Fluor



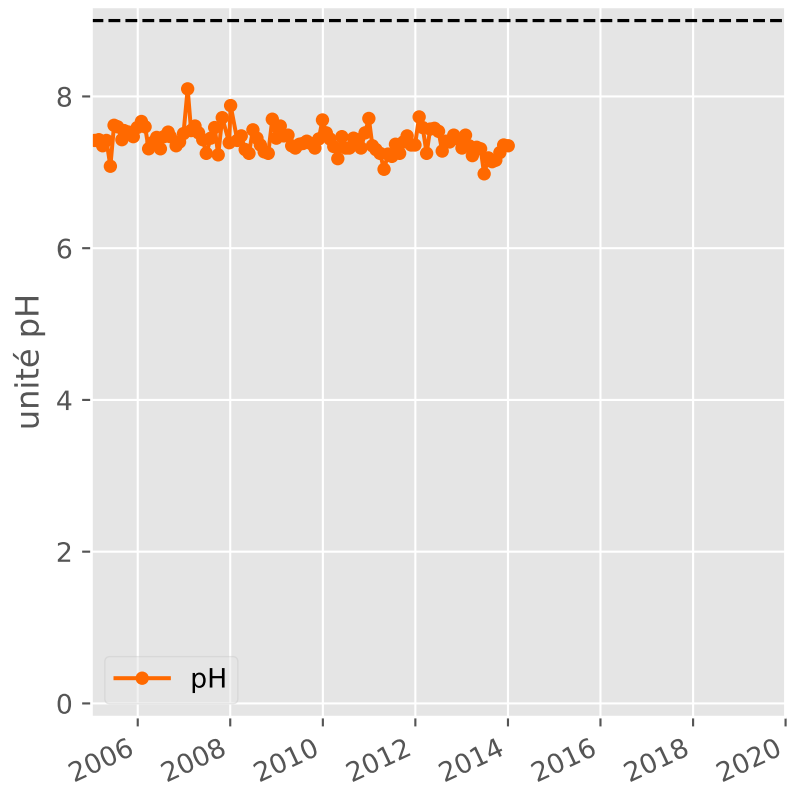
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

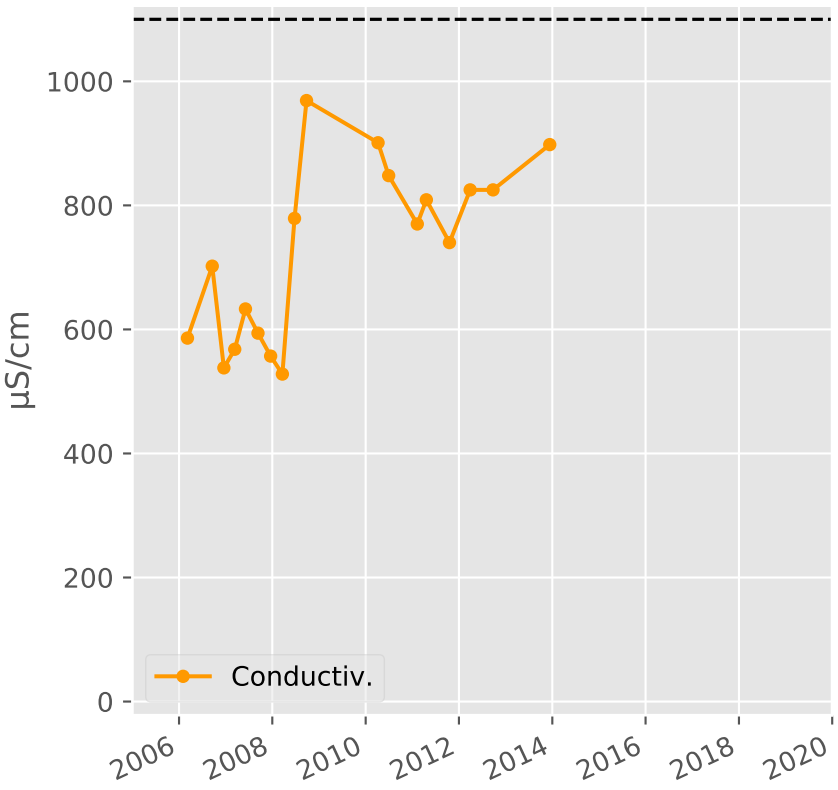


pH

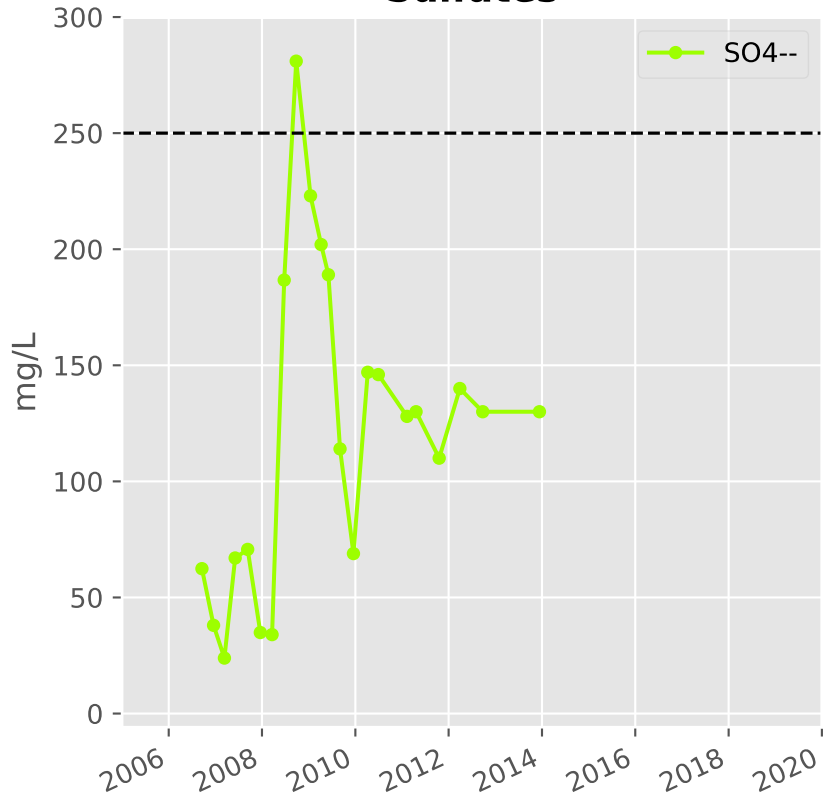


Bassin NORD - Alluvions de la Fensch - N15 - Pz. Fensch aval 1 - 01138X0185

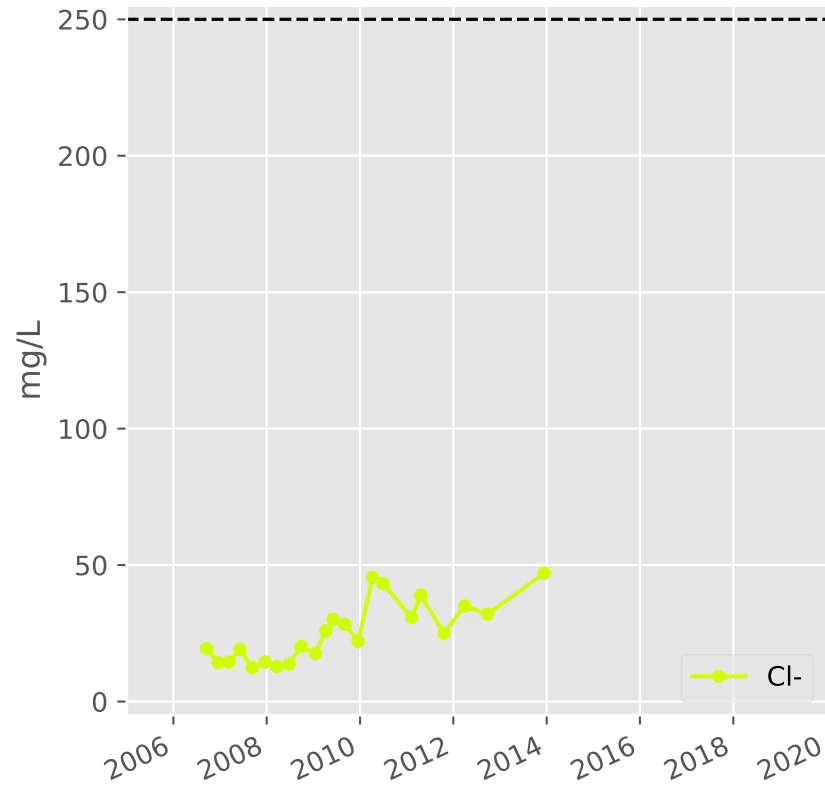
Conductivité



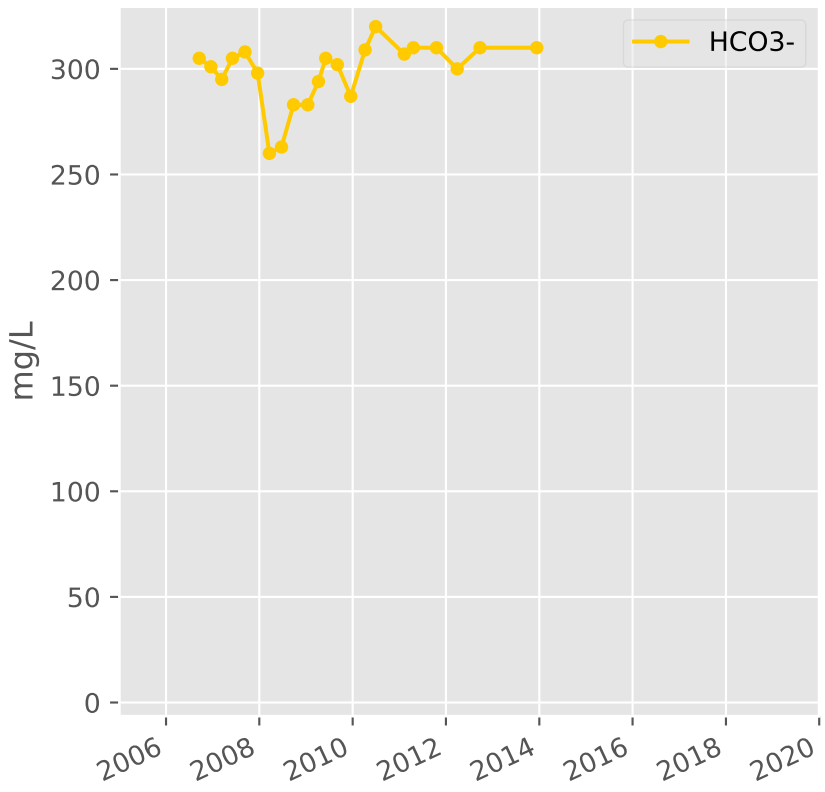
Sulfates



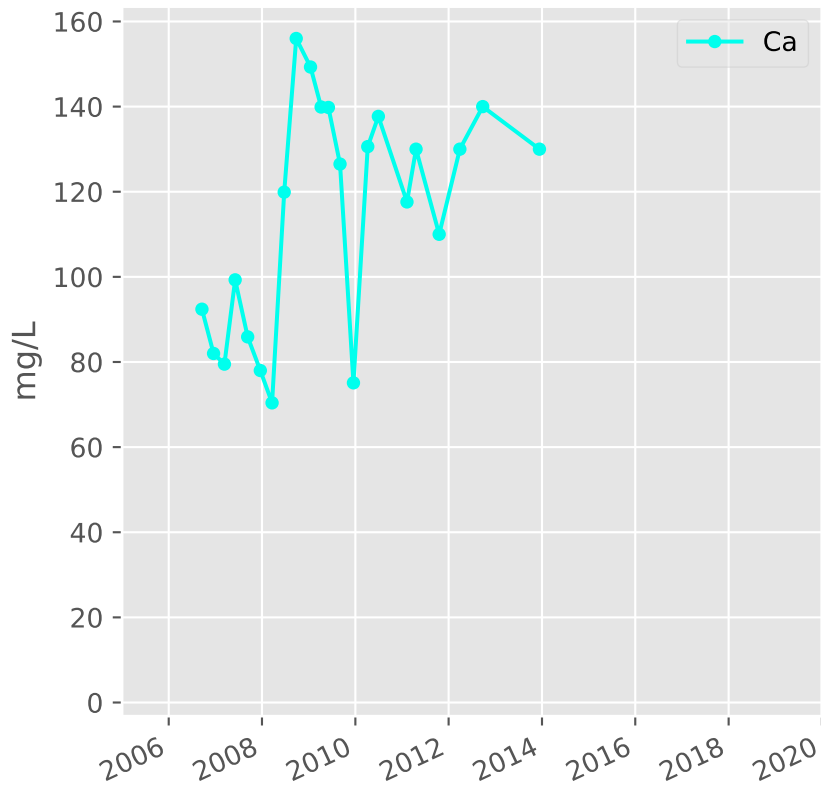
Chlorures



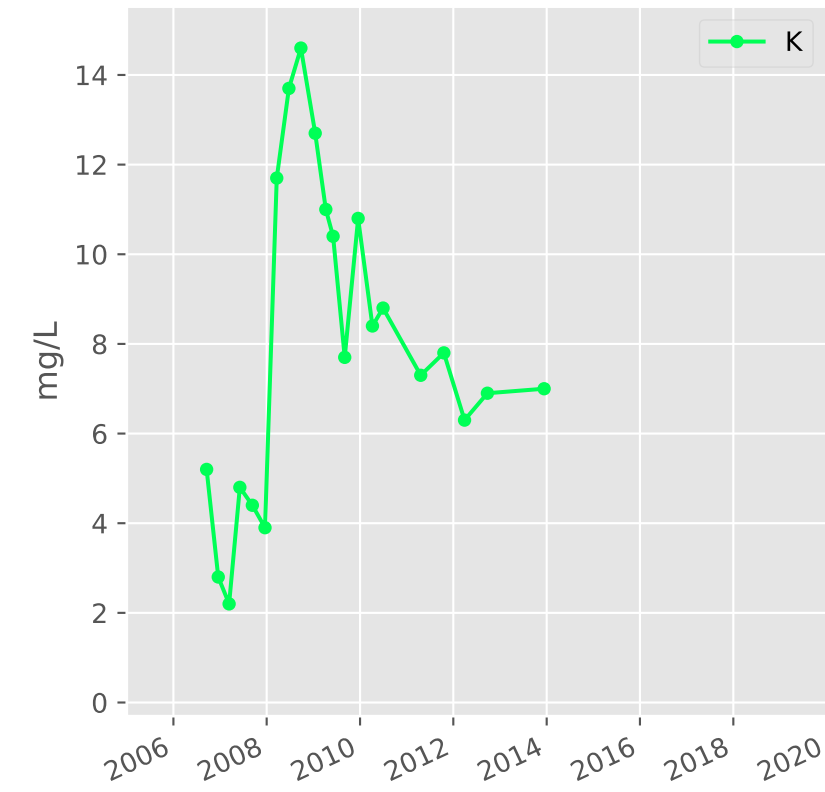
Bicarbonates



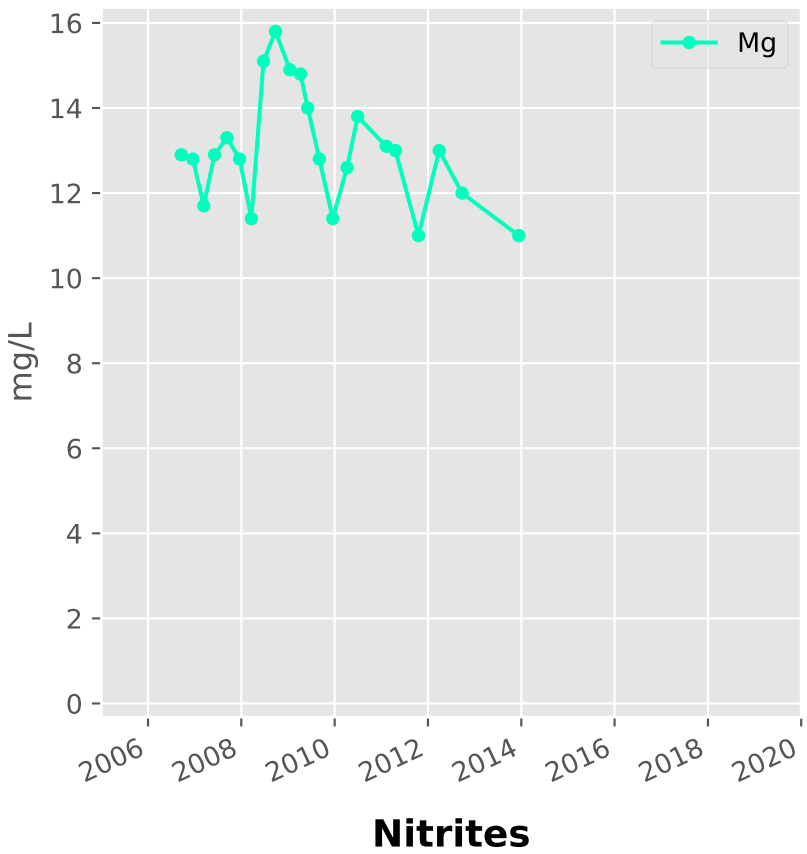
Calcium



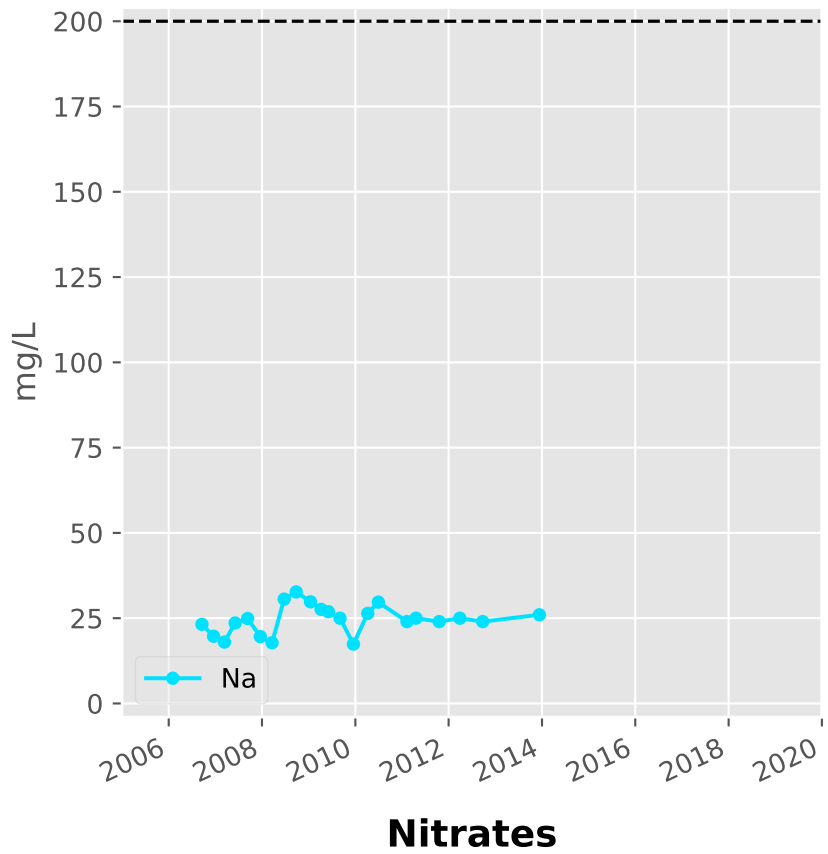
Potassium



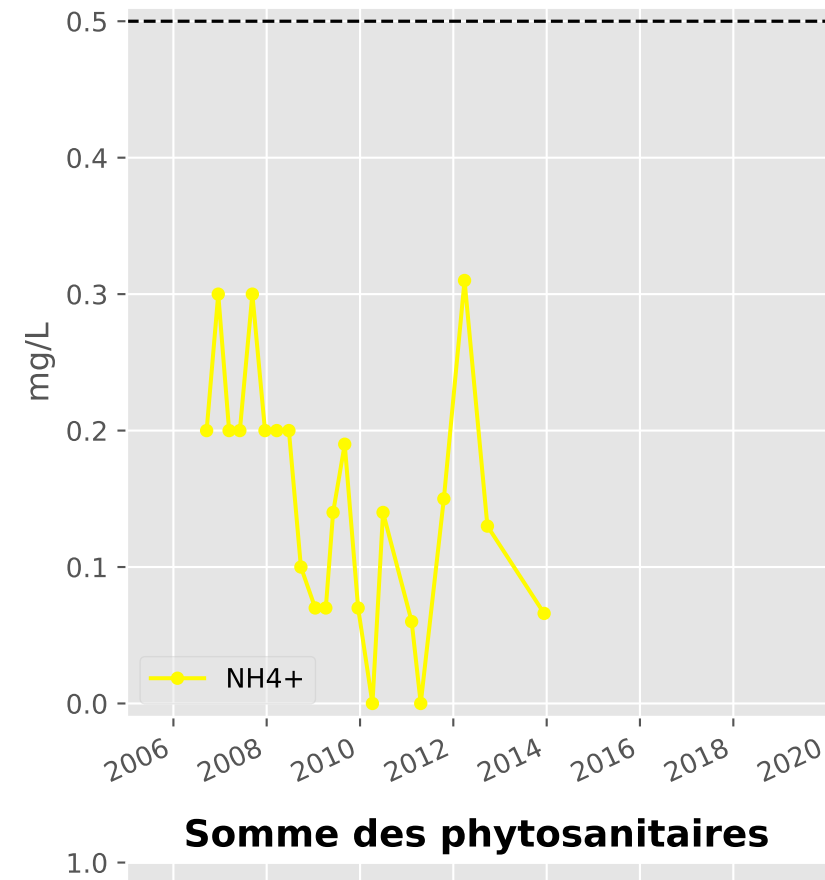
Magnésium



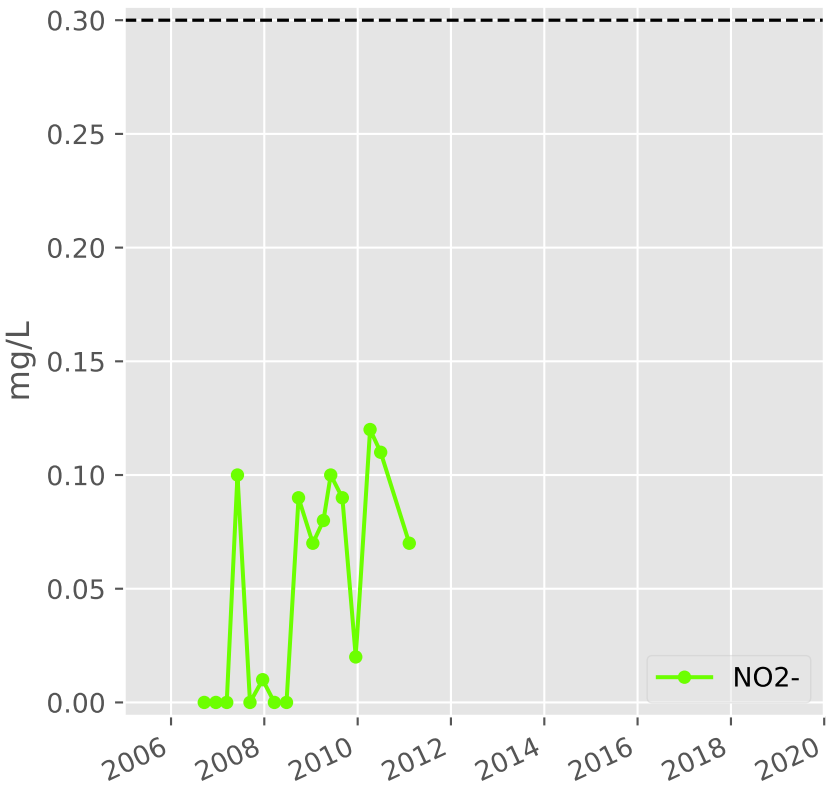
Sodium



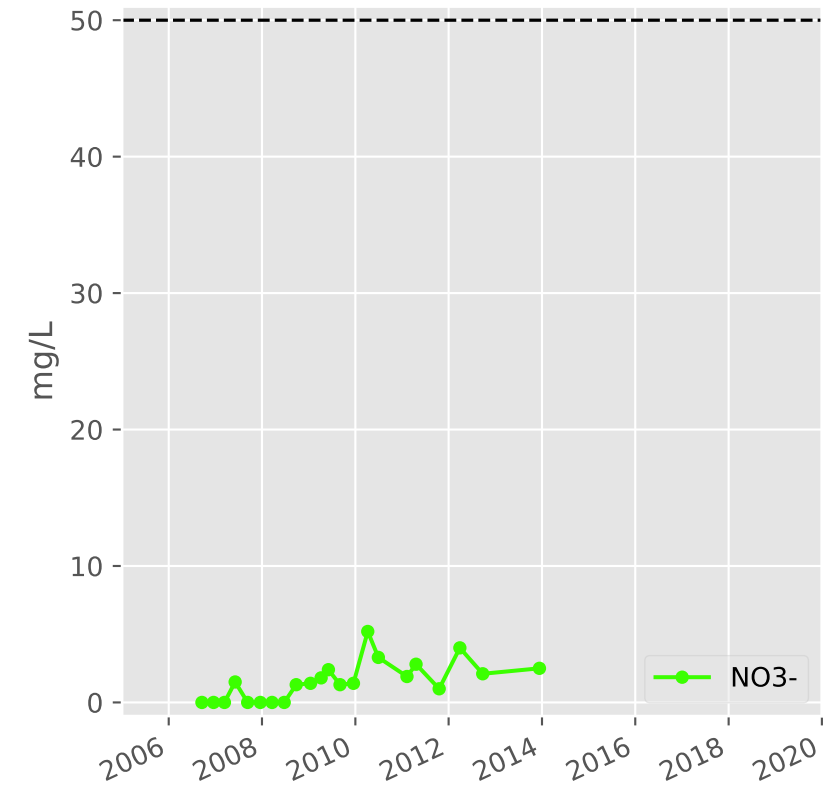
Ammonium



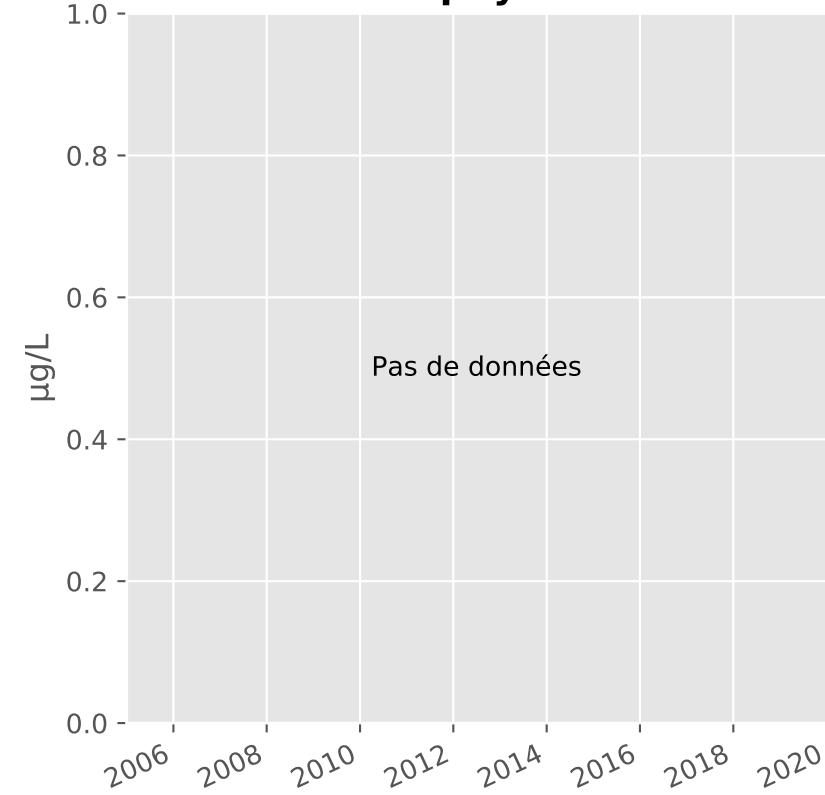
Nitrites



Nitrates

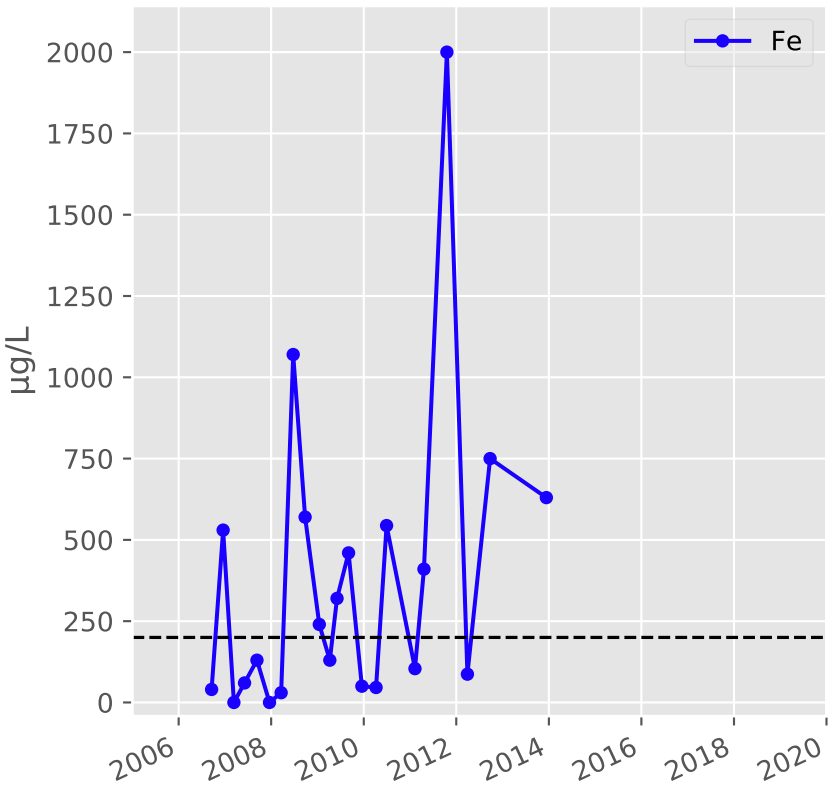


Somme des phytosanitaires

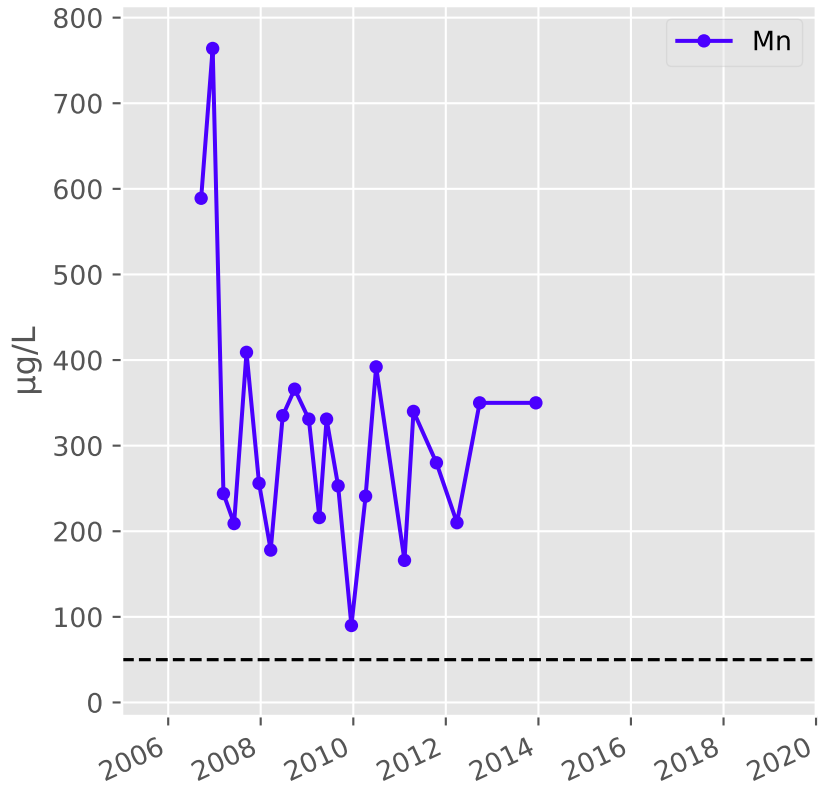


Bassin NORD - Alluvions de la Fensch - N15 - Pz. Fensch aval 1 - 01138X0185

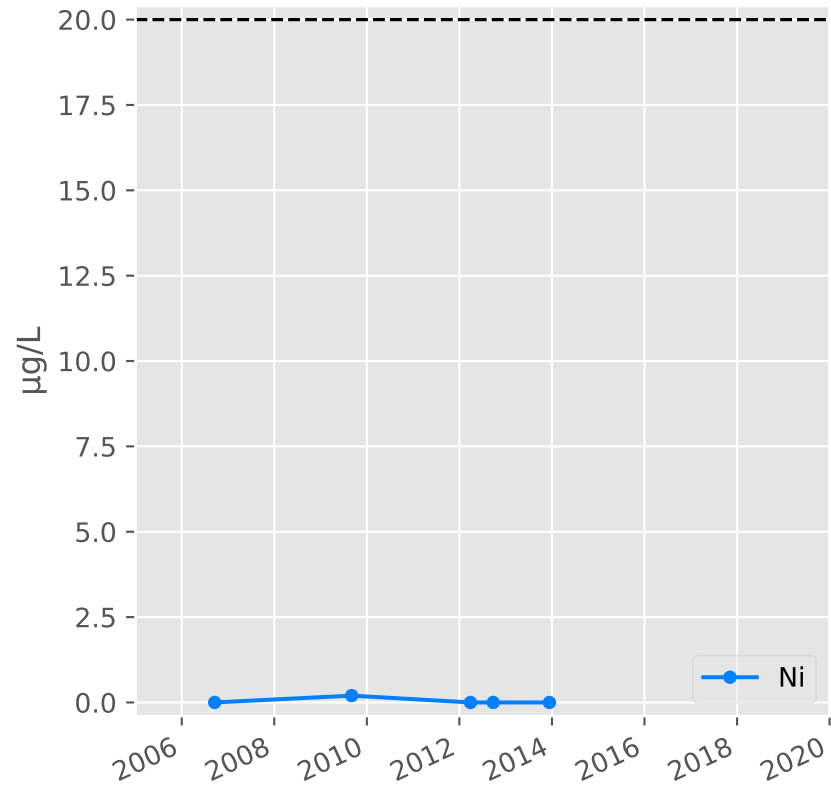
Fer



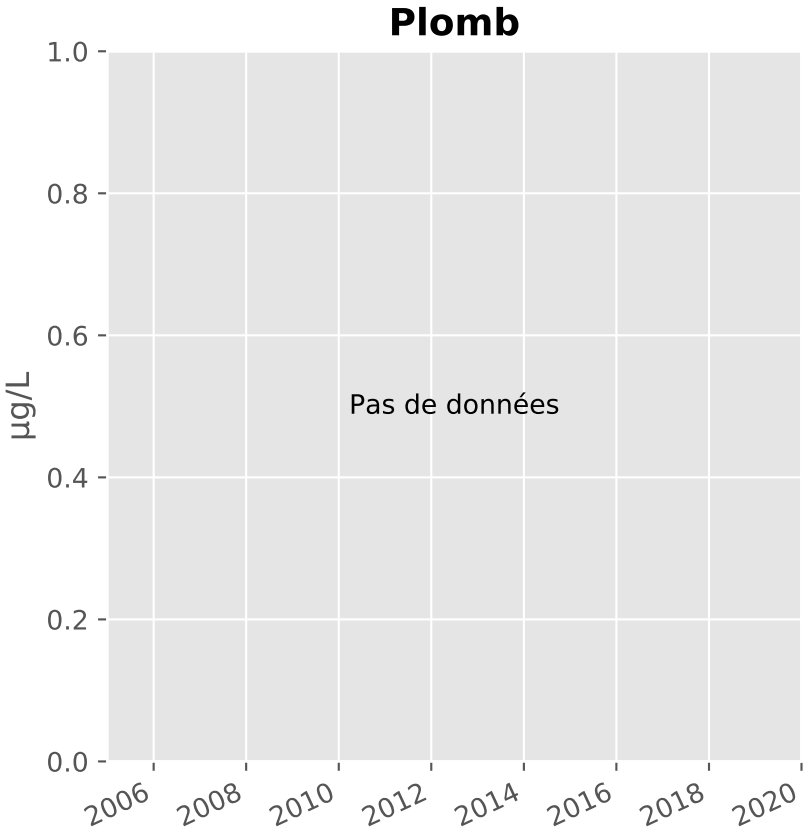
Manganèse



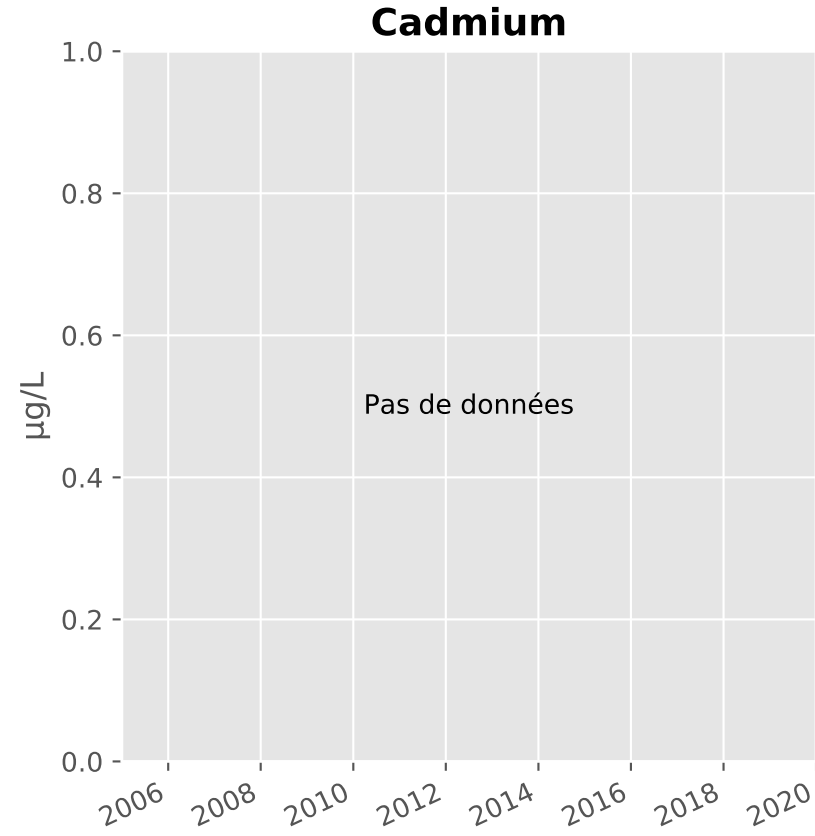
Nickel



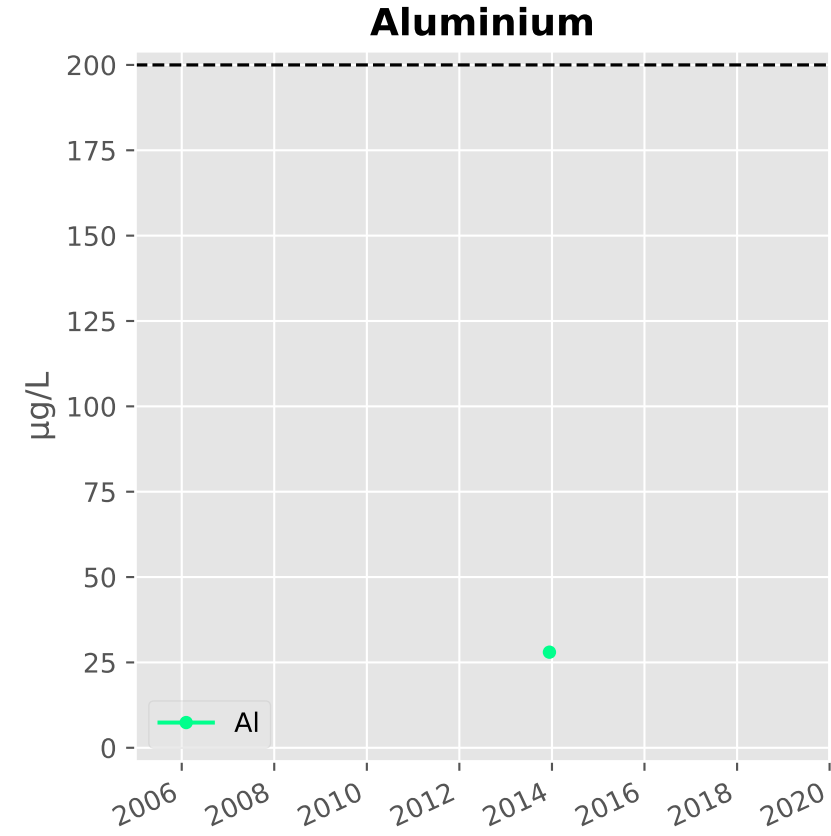
Plomb



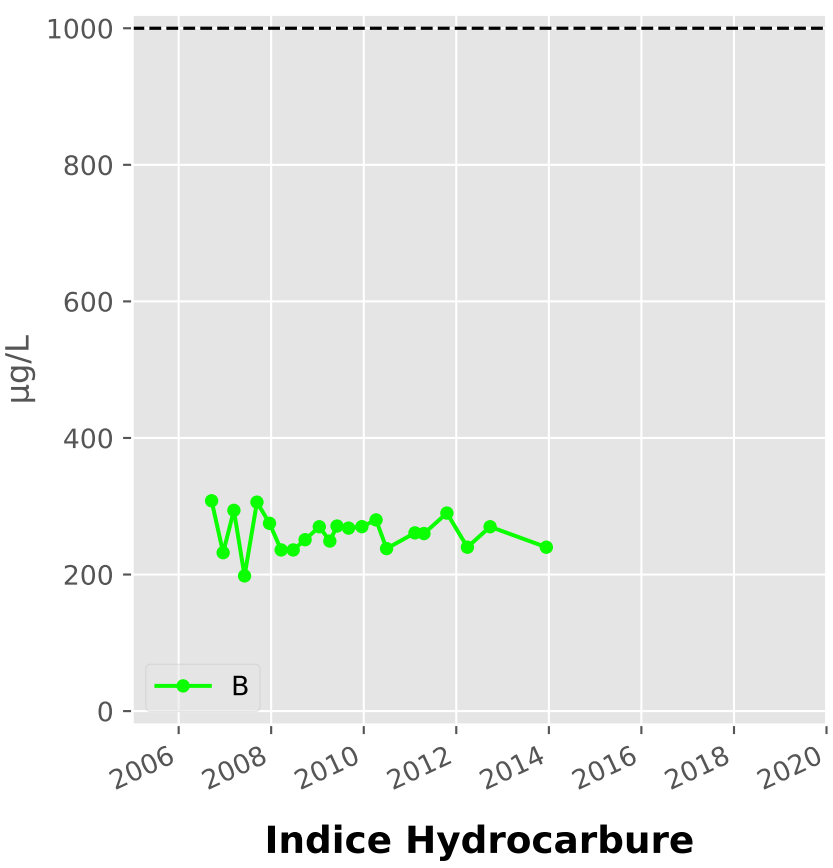
Cadmium



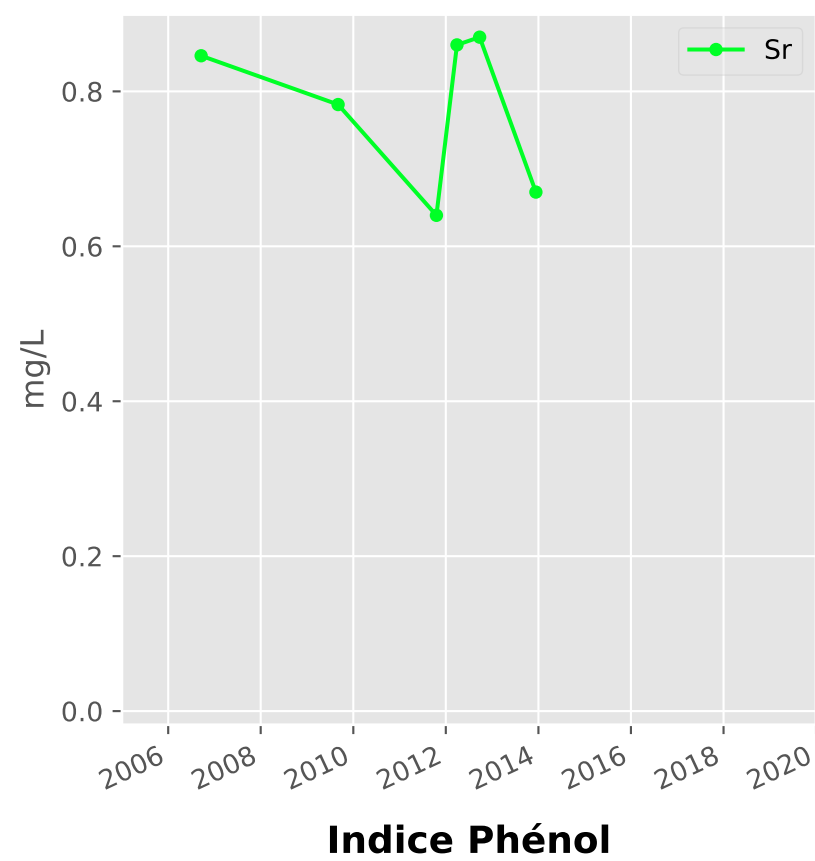
Aluminium



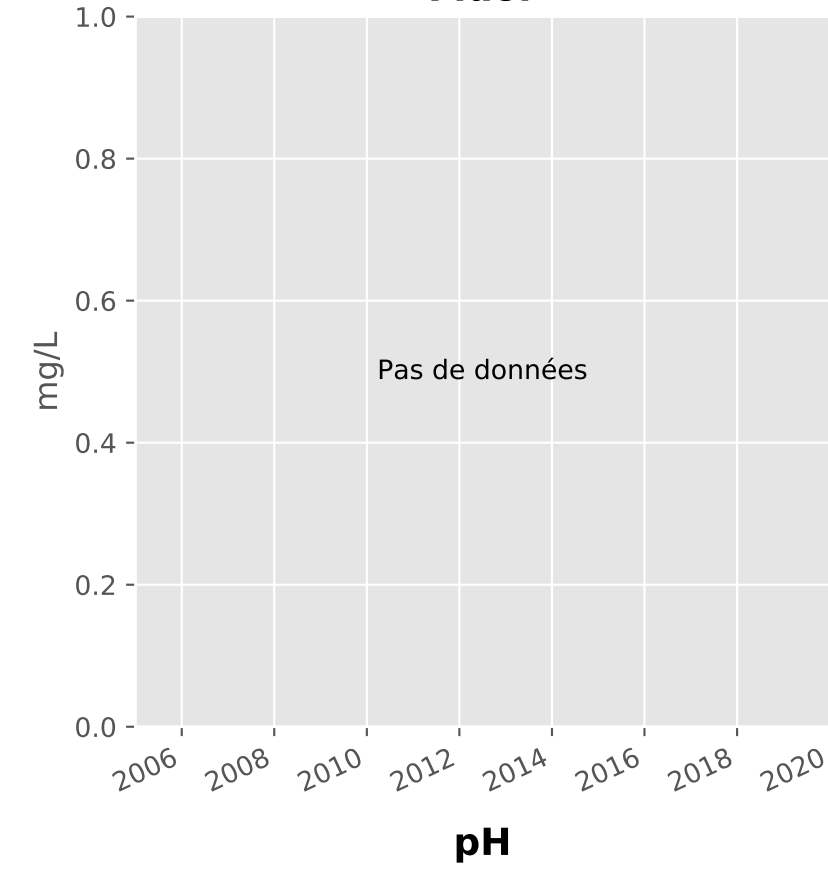
Bore



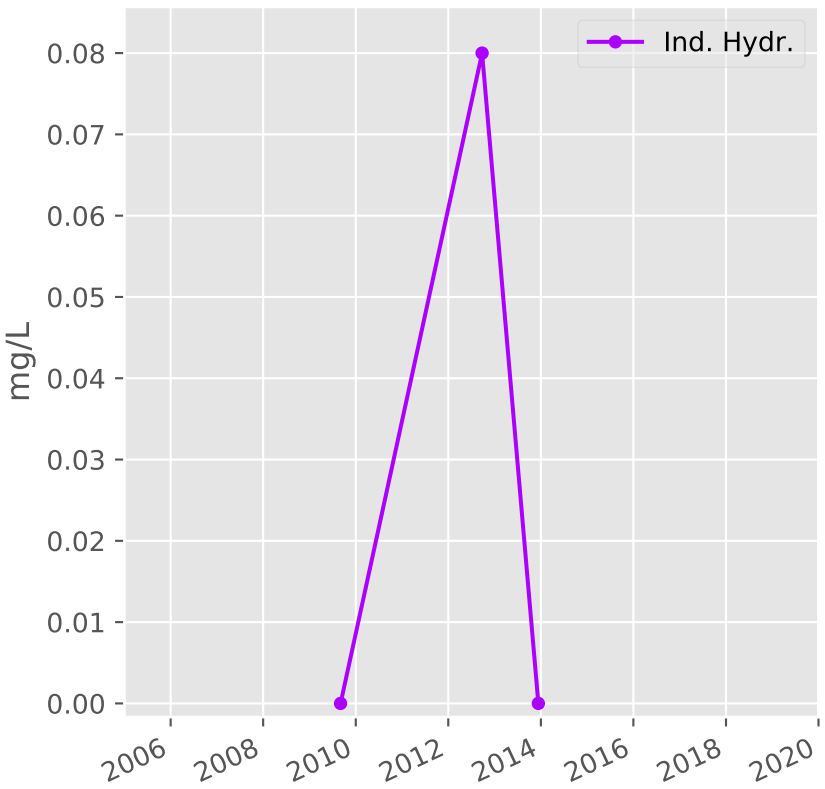
Strontium



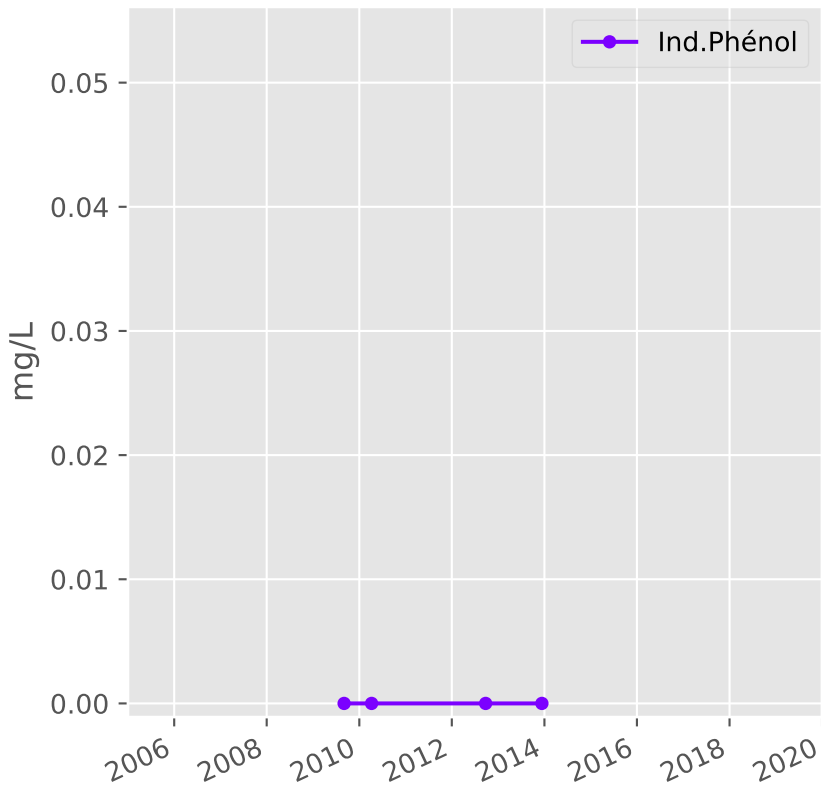
Fluor



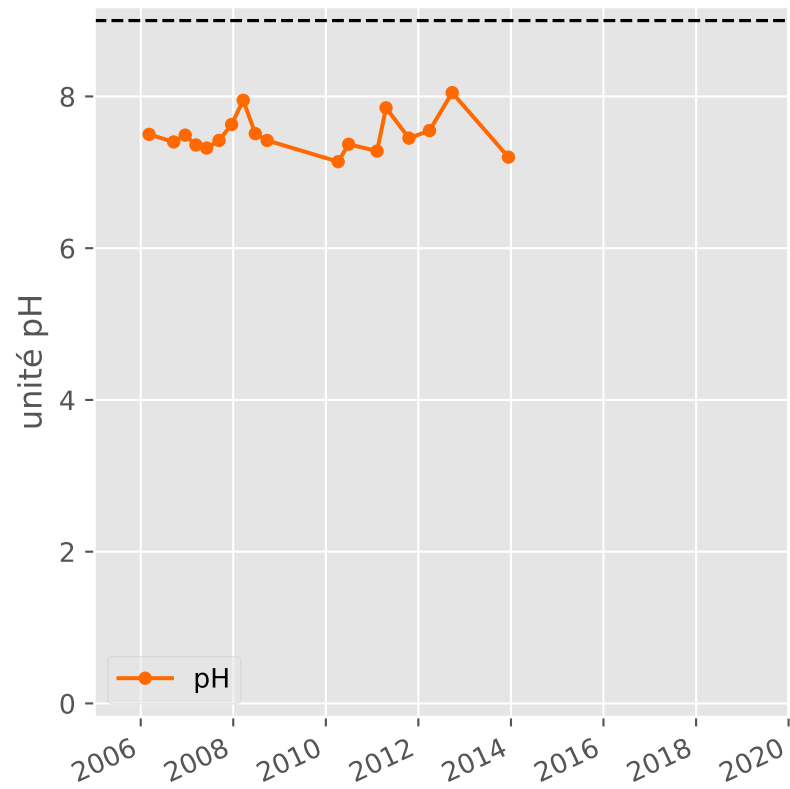
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

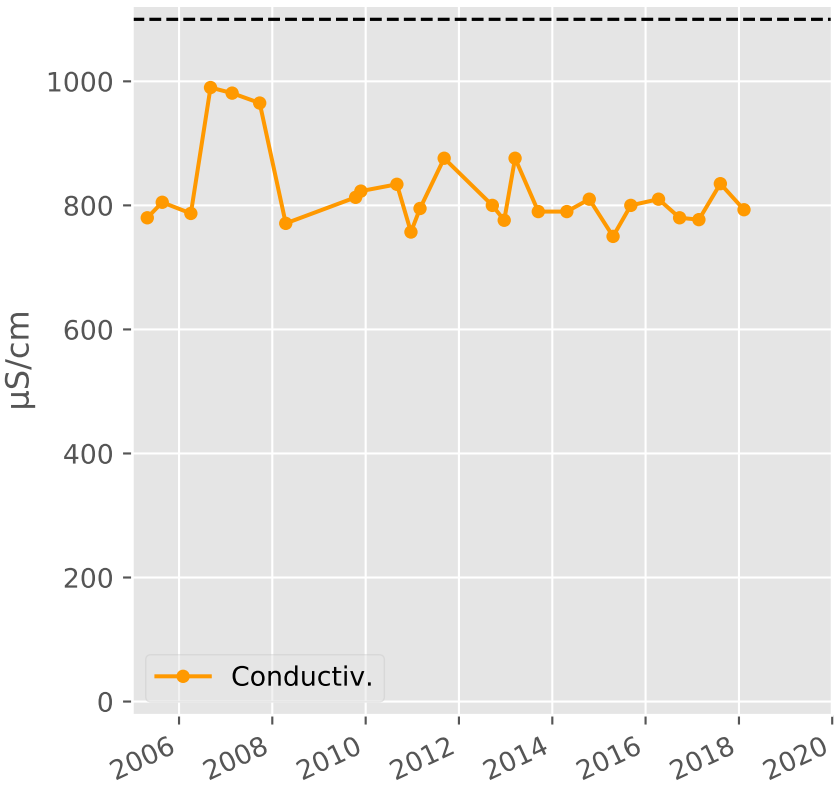


pH

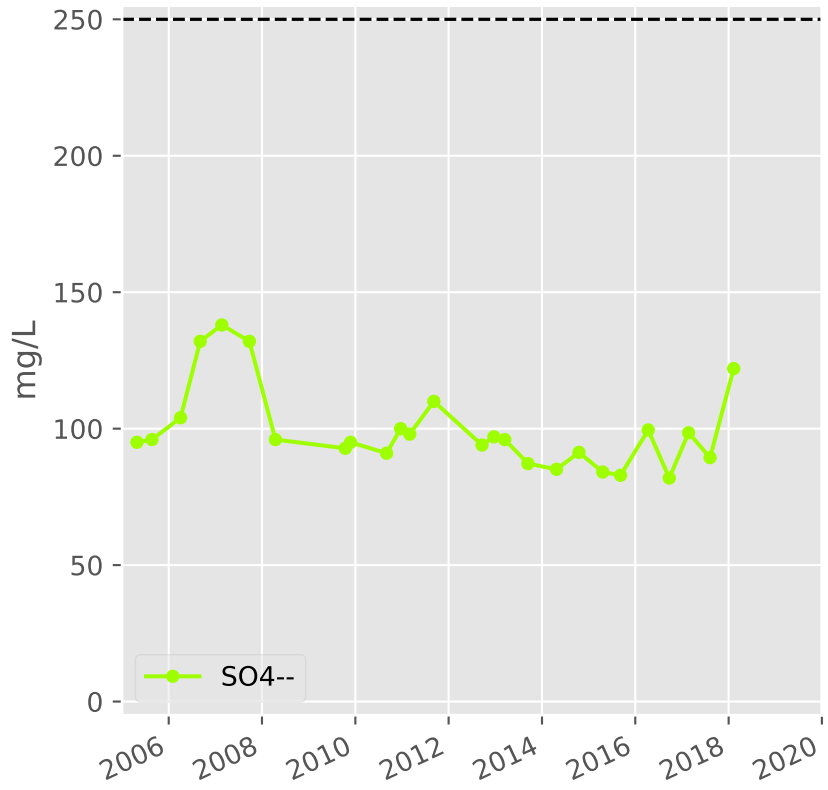


Bassin NORD - Réservoir minier - N19 - Gal. d'Entrange (Ch.-Ferd.) - 01141X0024

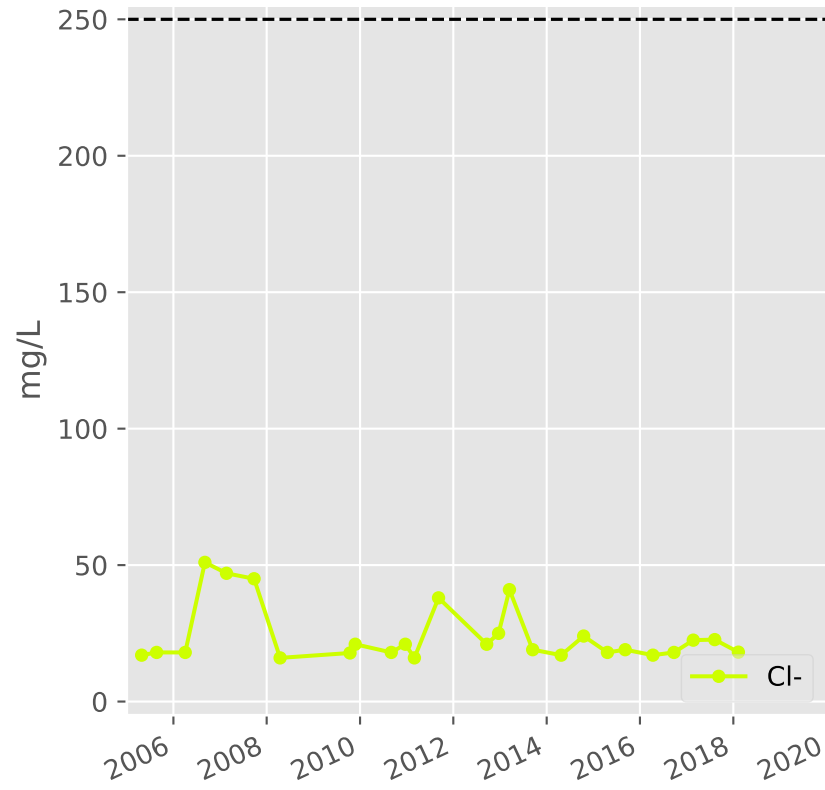
Conductivité



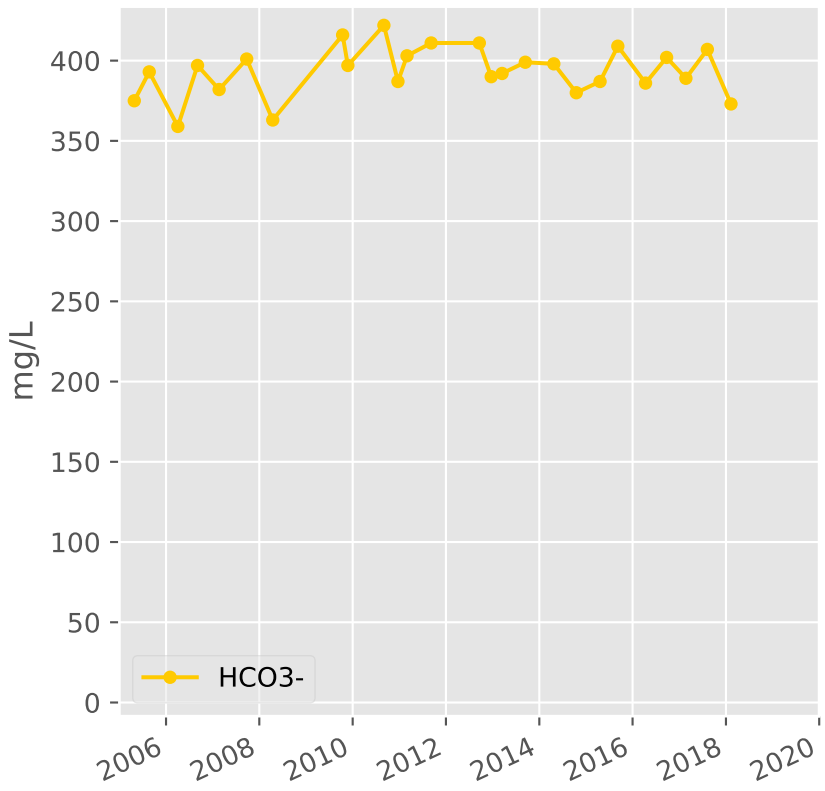
Sulfates



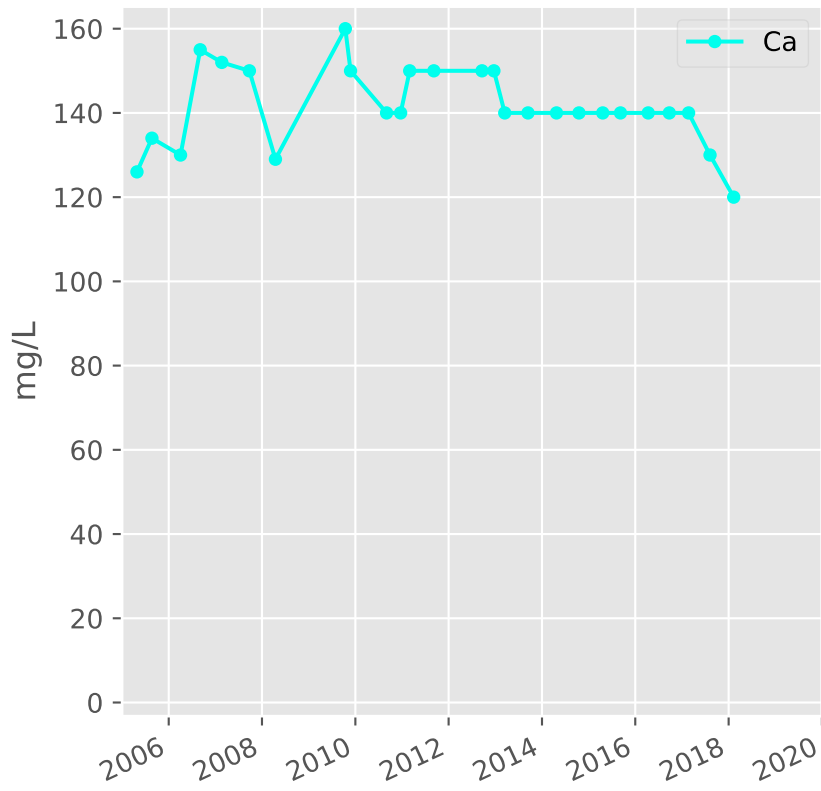
Chlorures



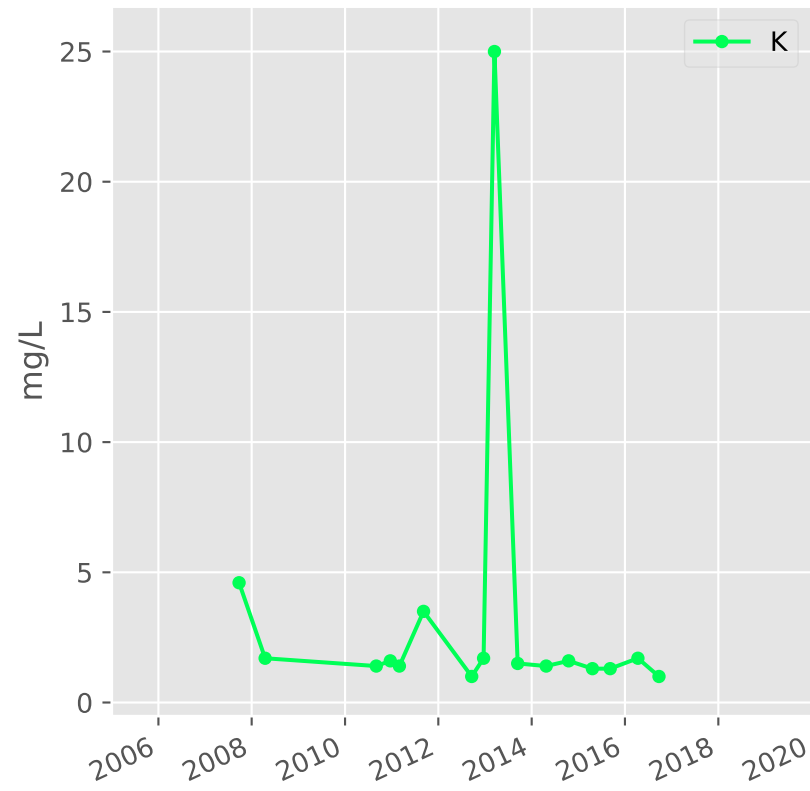
Bicarbonates



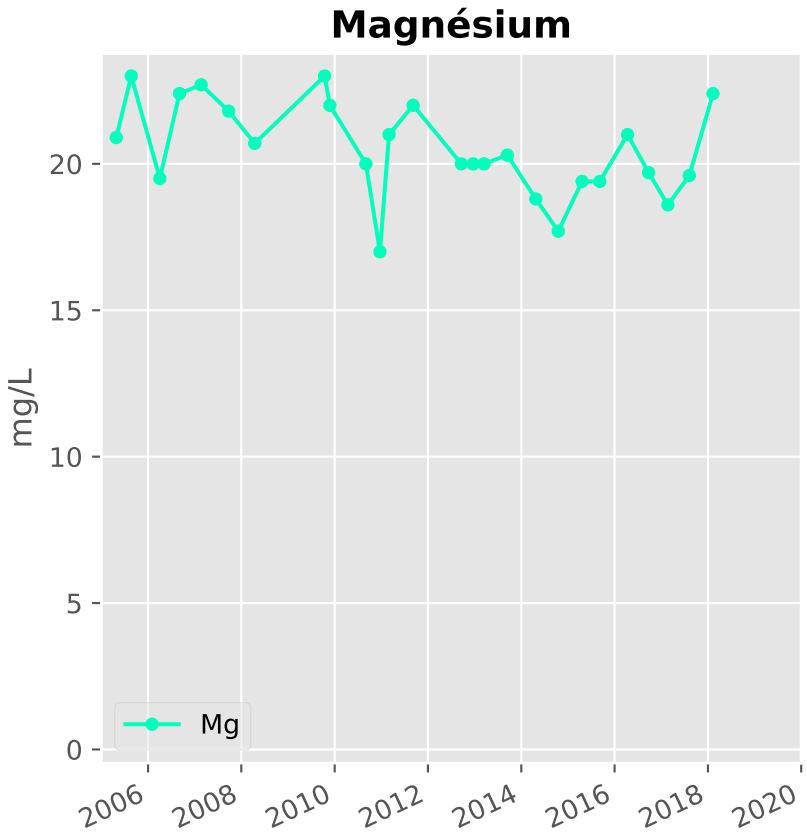
Calcium



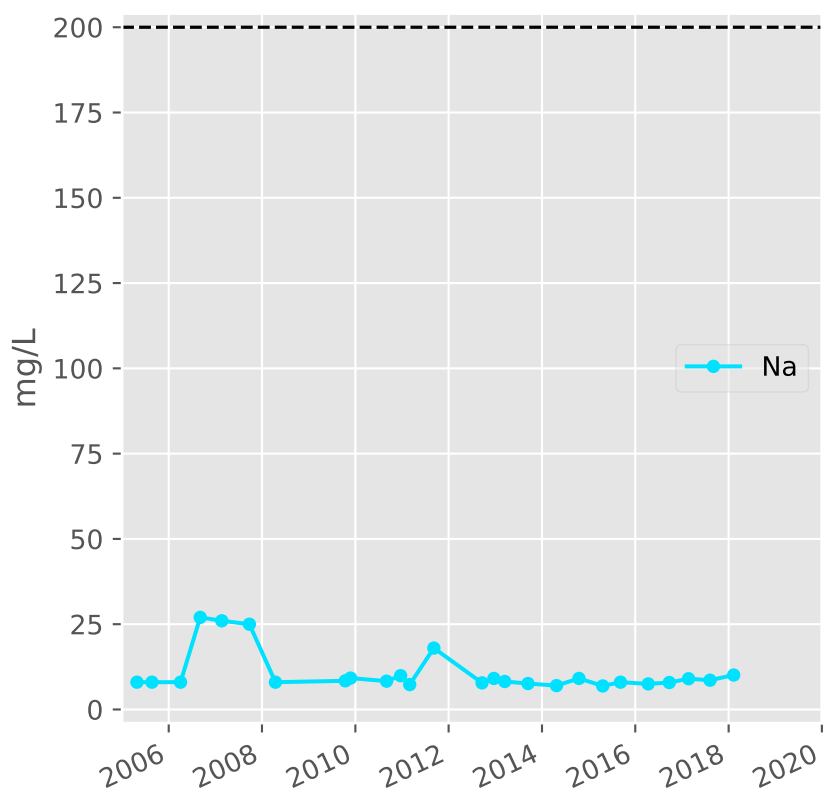
Potassium



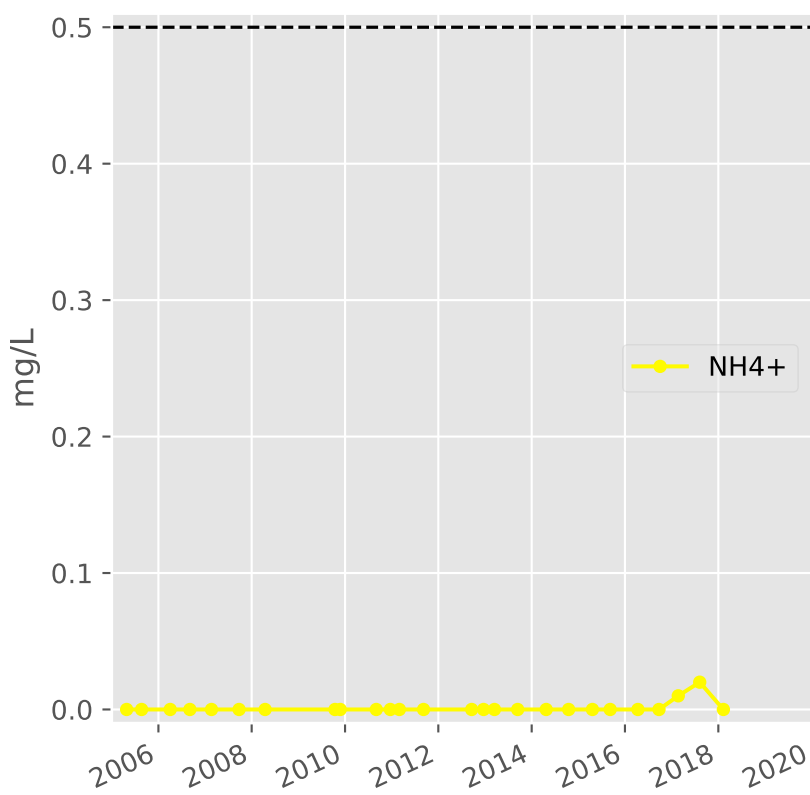
Magnésium



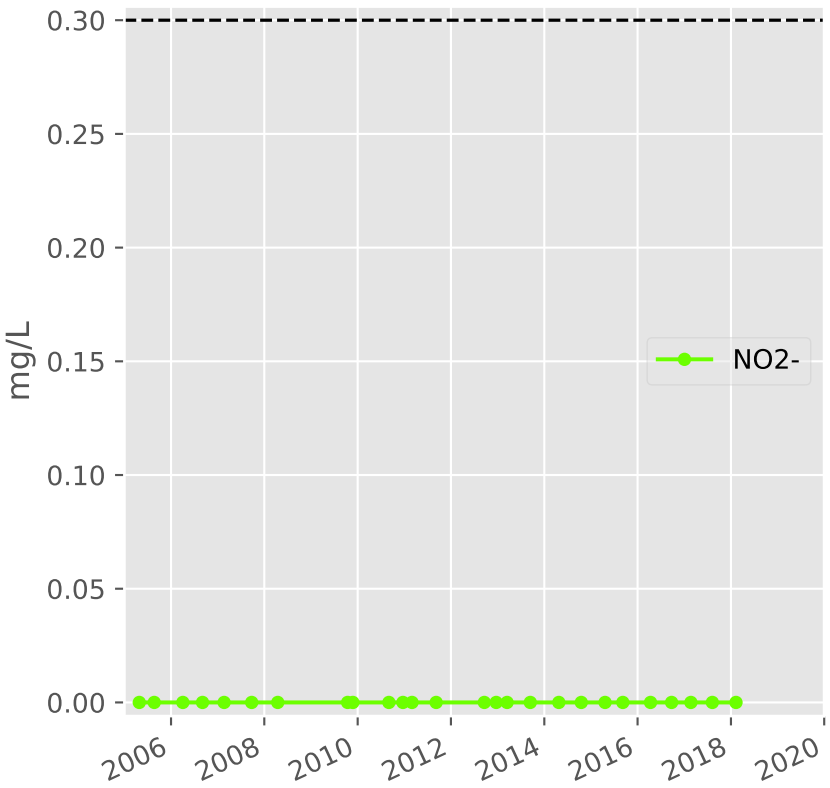
Sodium



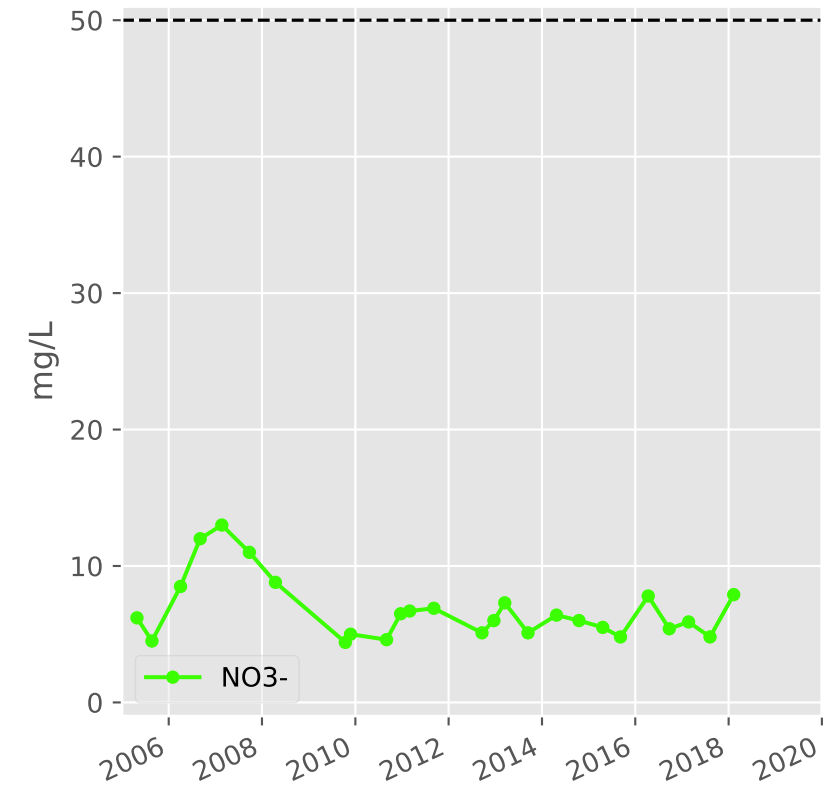
Ammonium



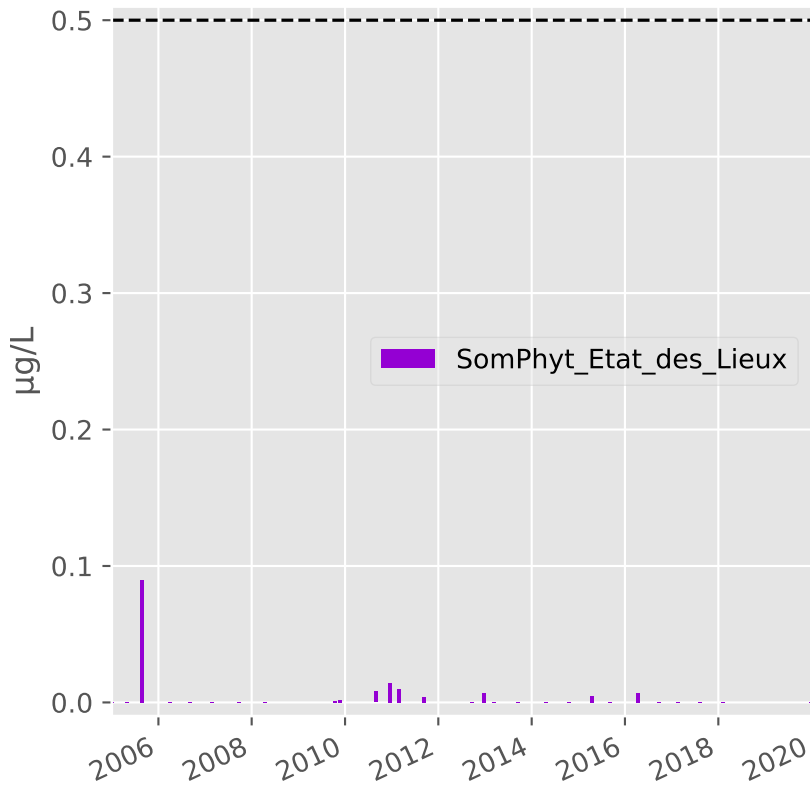
Nitrites



Nitrates

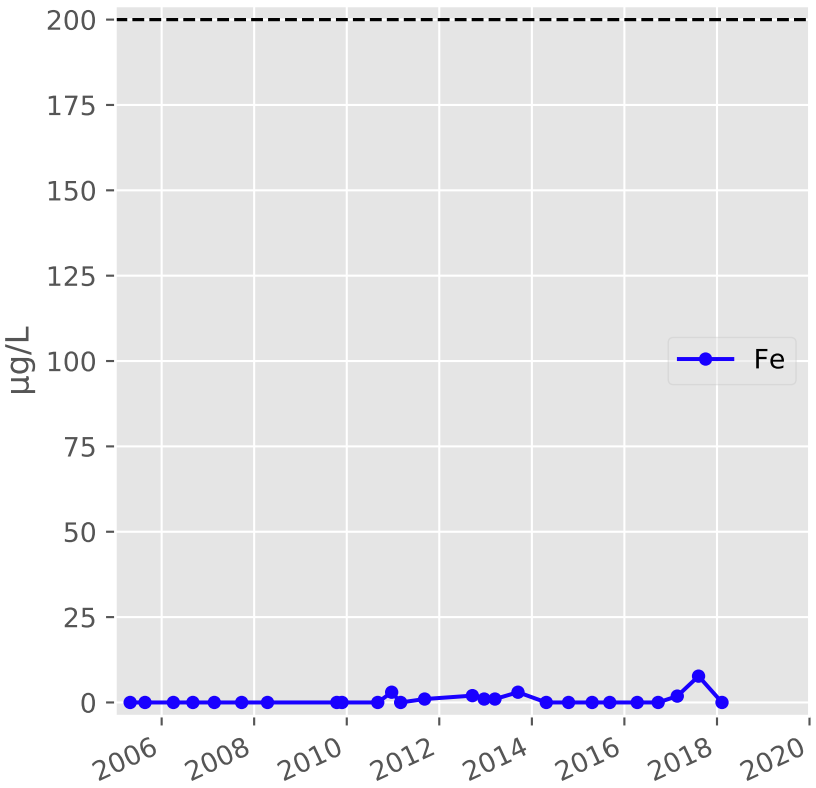


Somme des phytosanitaires

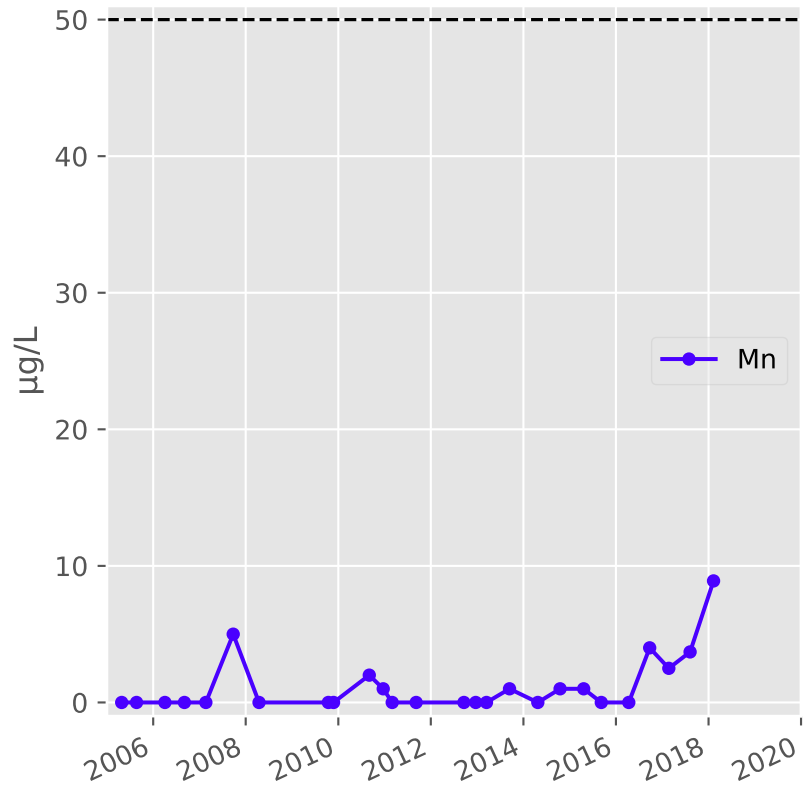


Bassin NORD - Réservoir minier - N19 - Gal. d'Entrange (Ch.-Ferd.) - 01141X0024

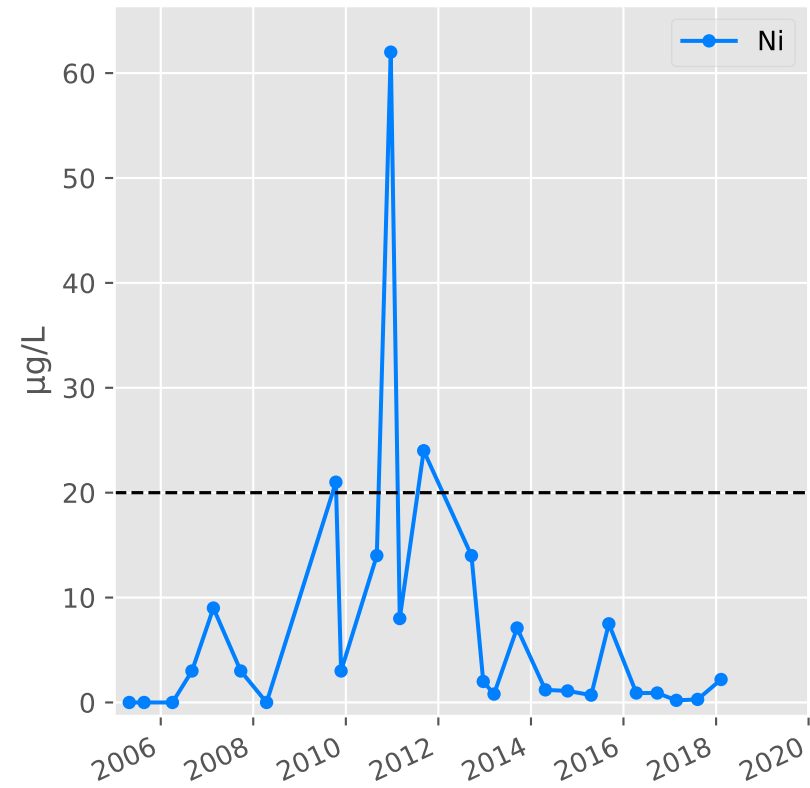
Fer



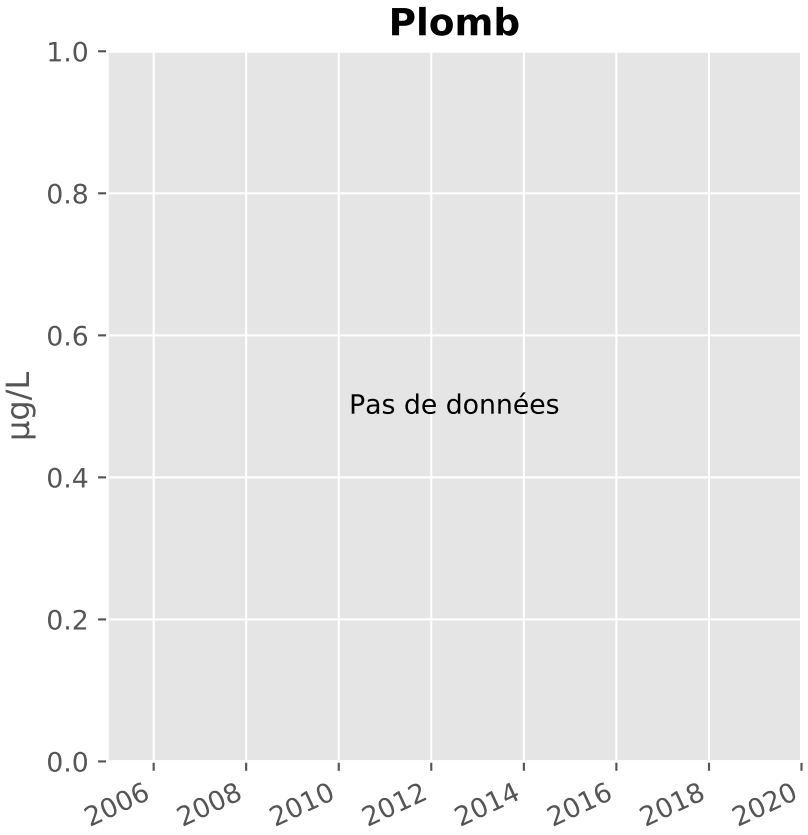
Manganèse



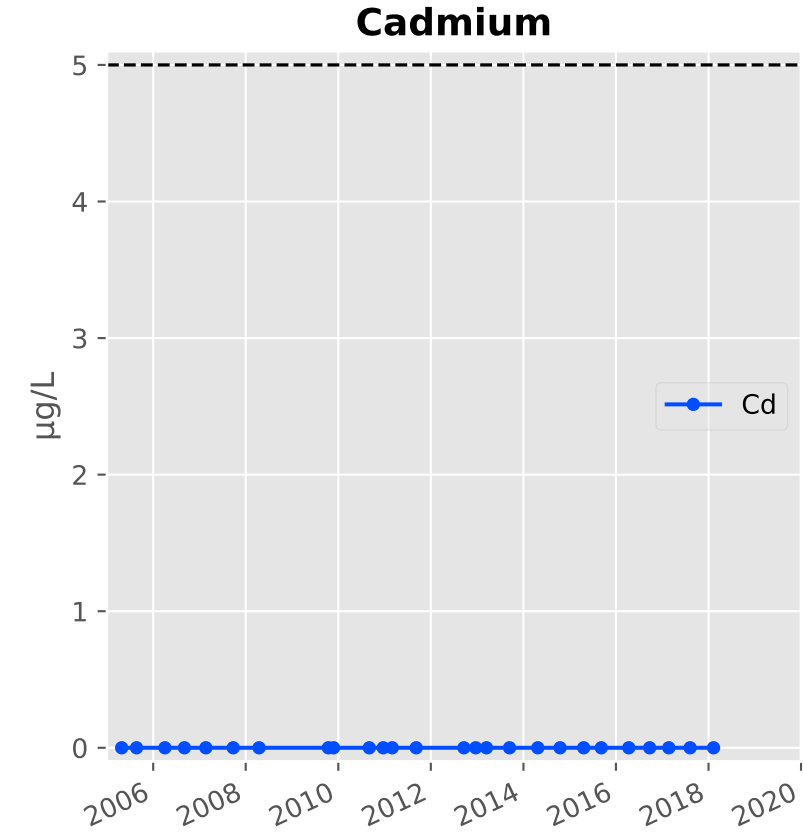
Nickel



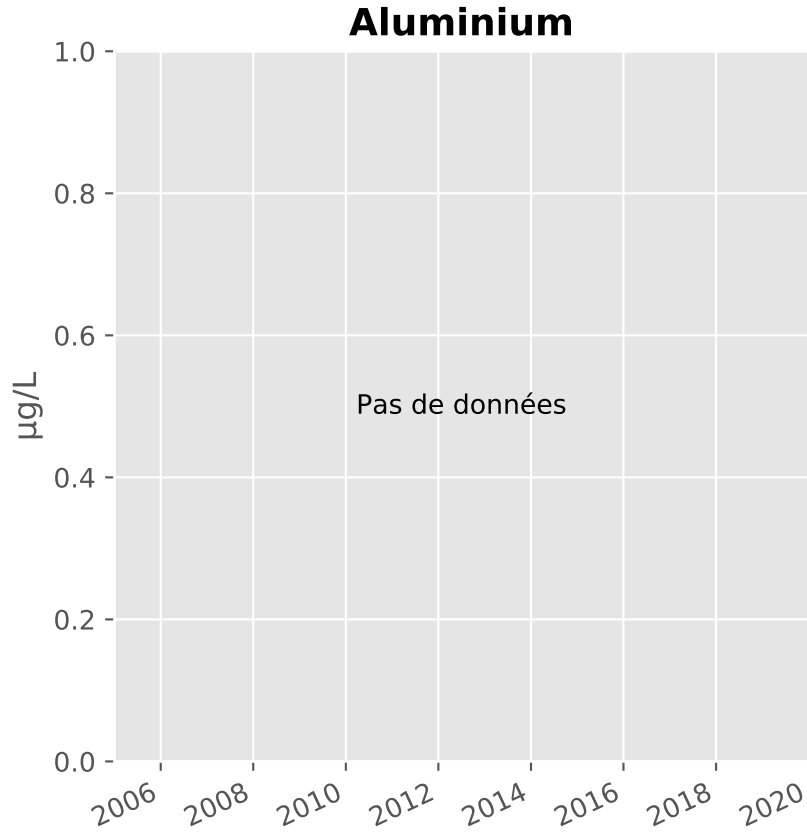
Plomb



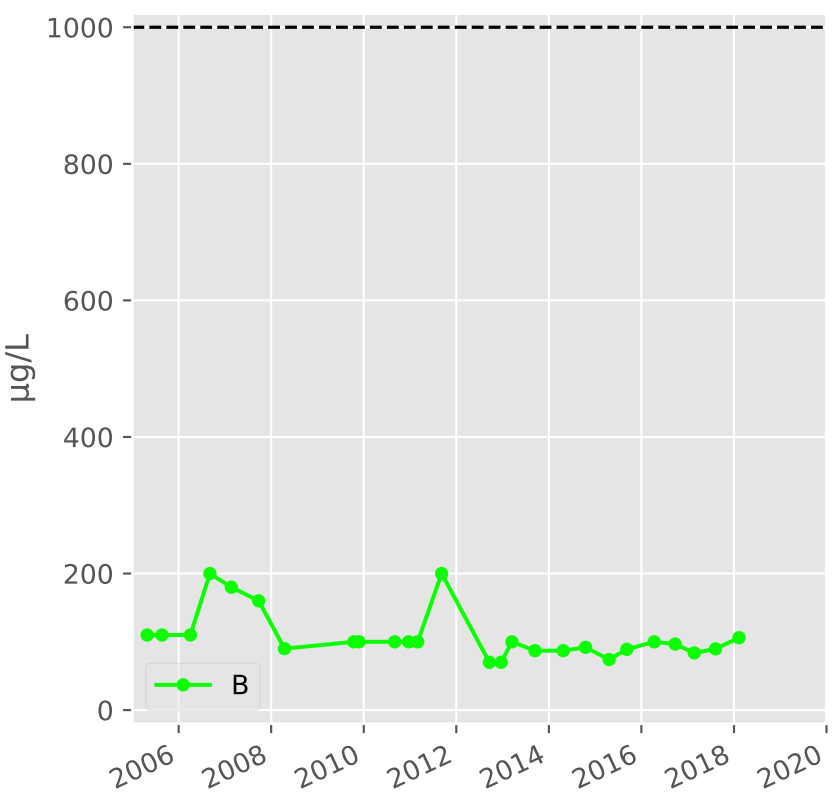
Cadmium



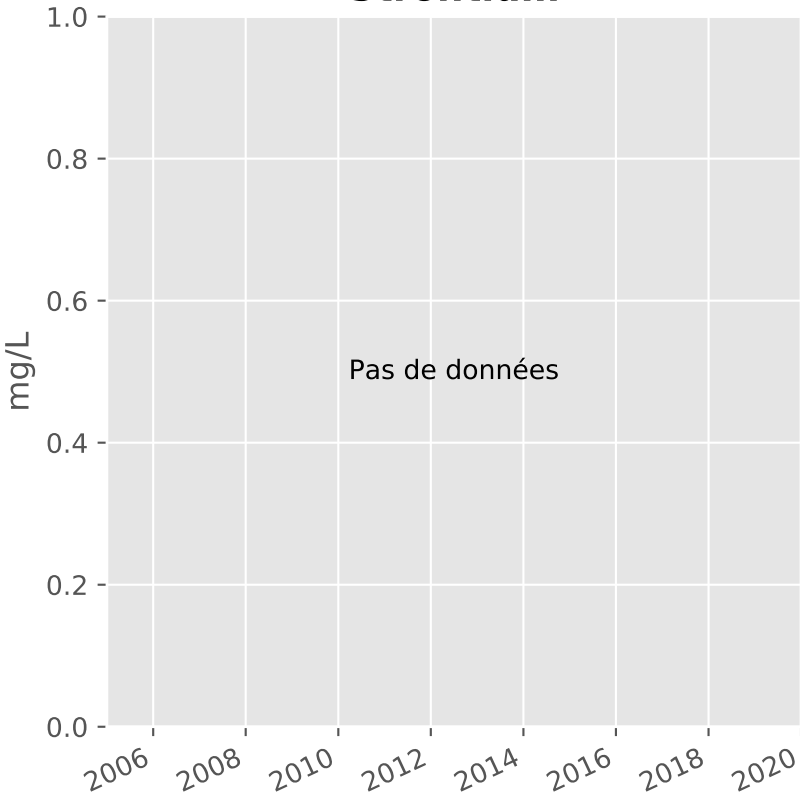
Aluminium



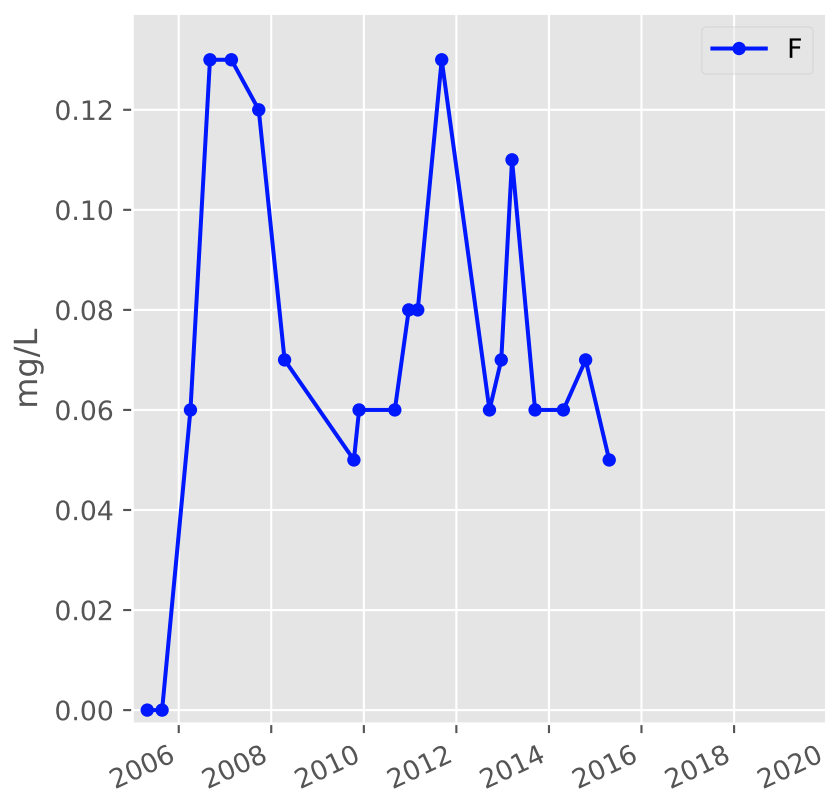
Bore



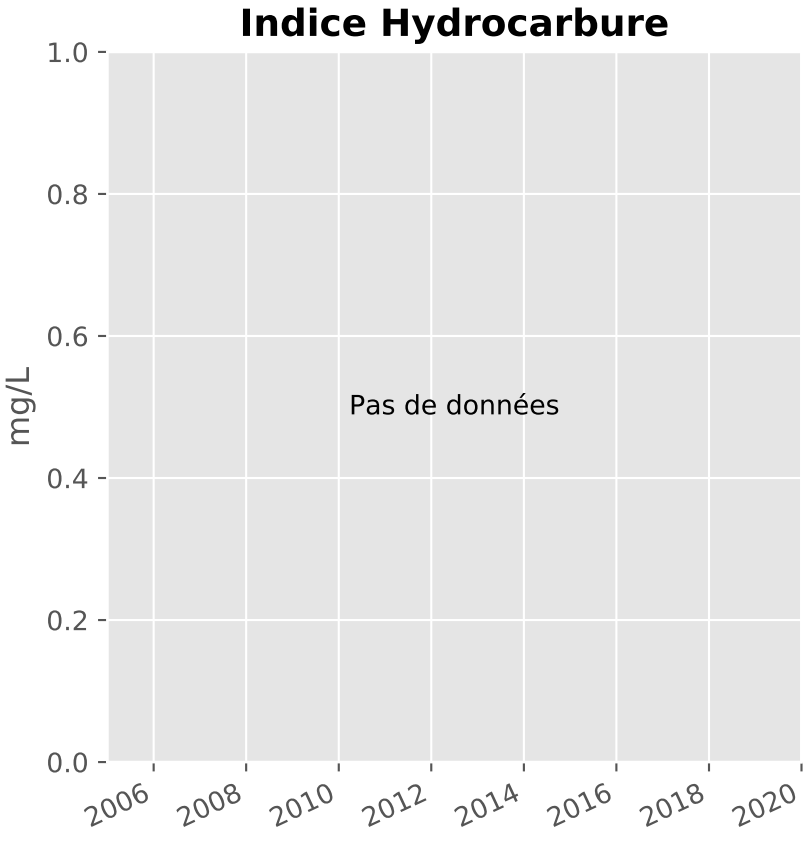
Strontium



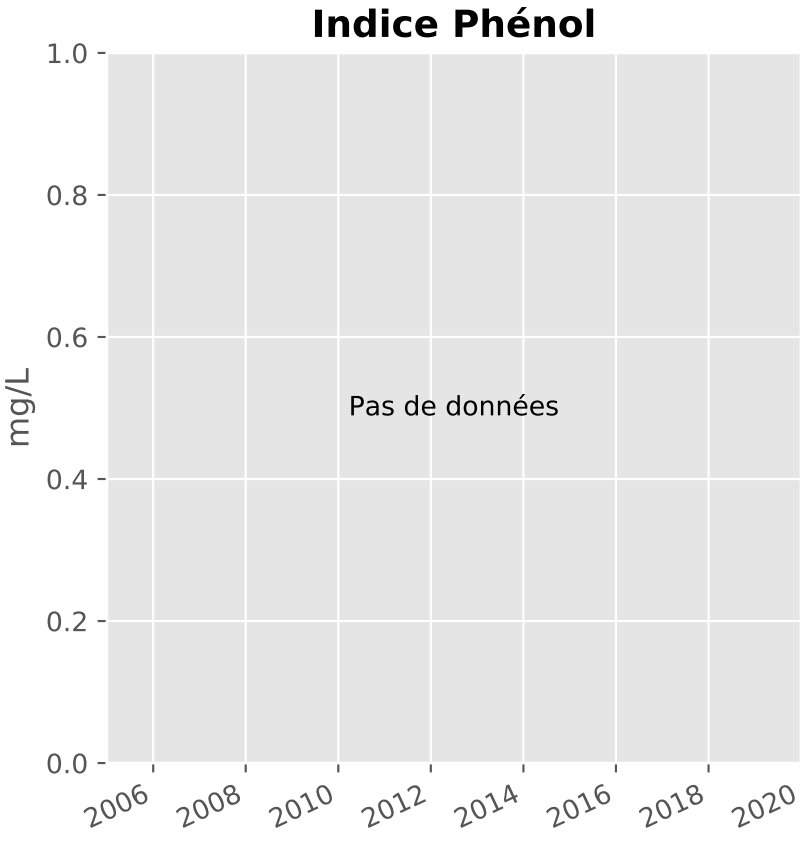
Fluor



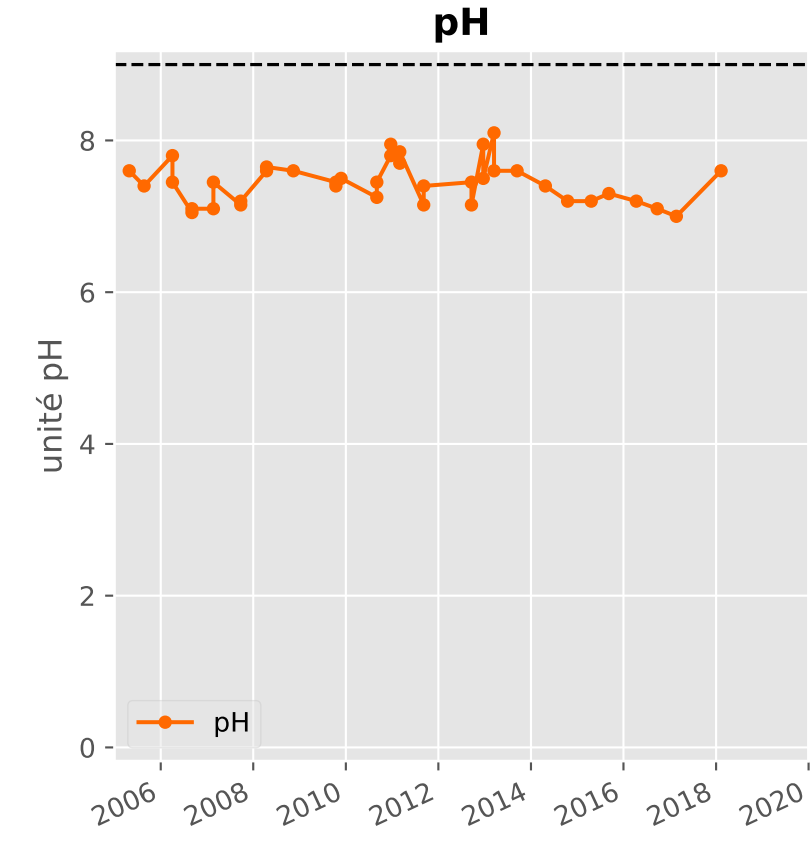
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

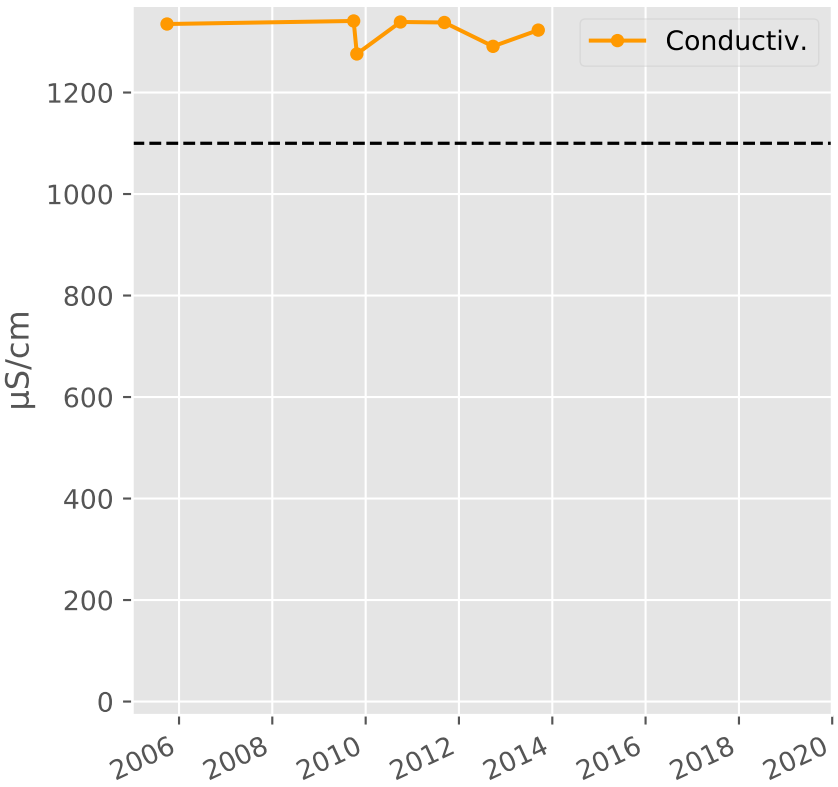


pH

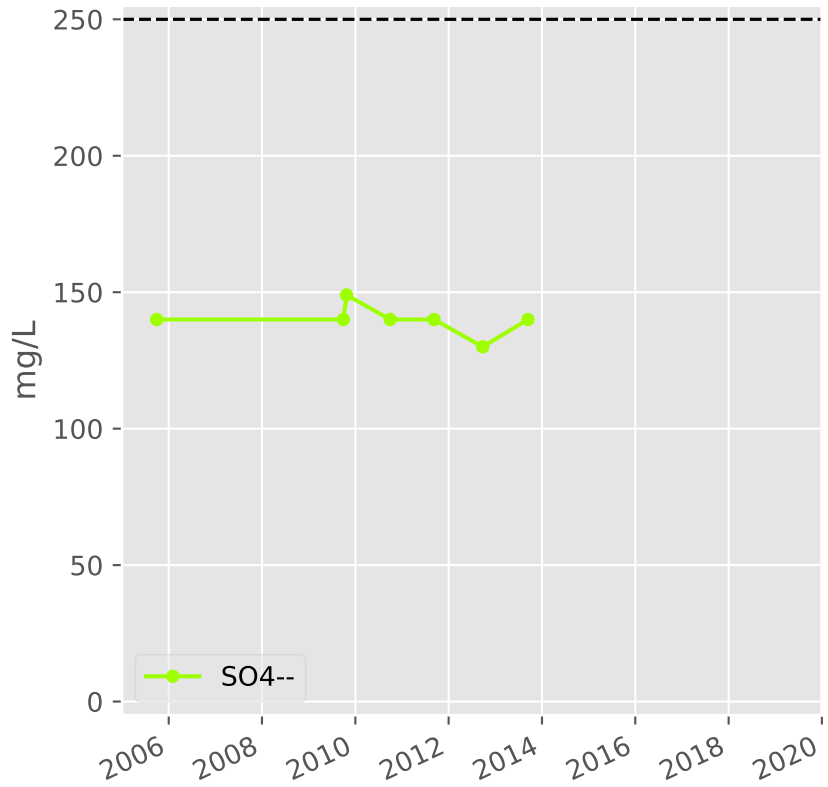


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S12 - Pz. de St Jean-lès-Buzy - 01368X0008

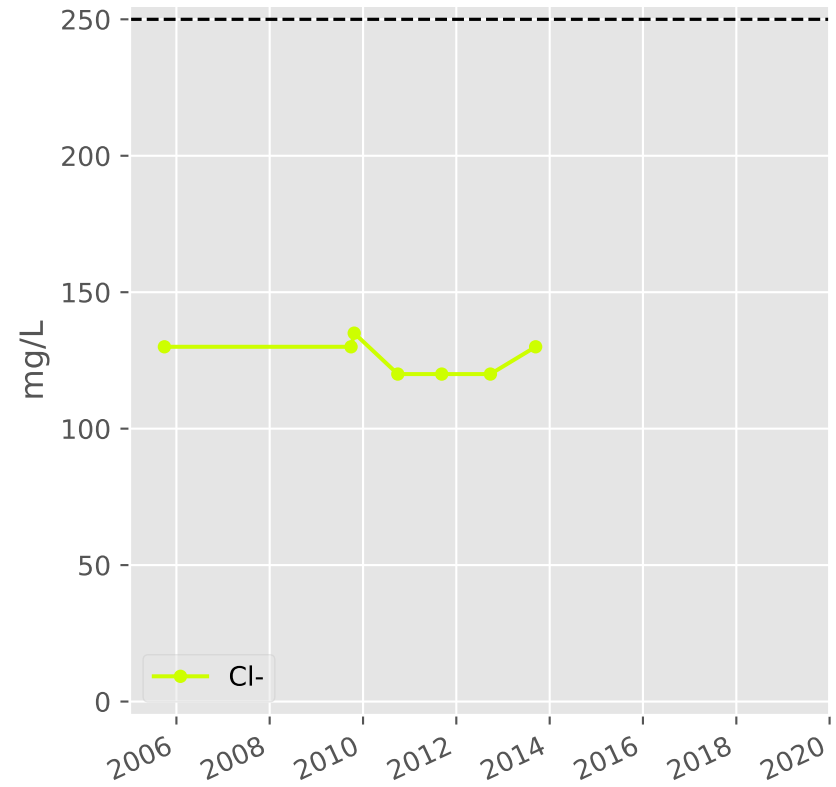
Conductivité



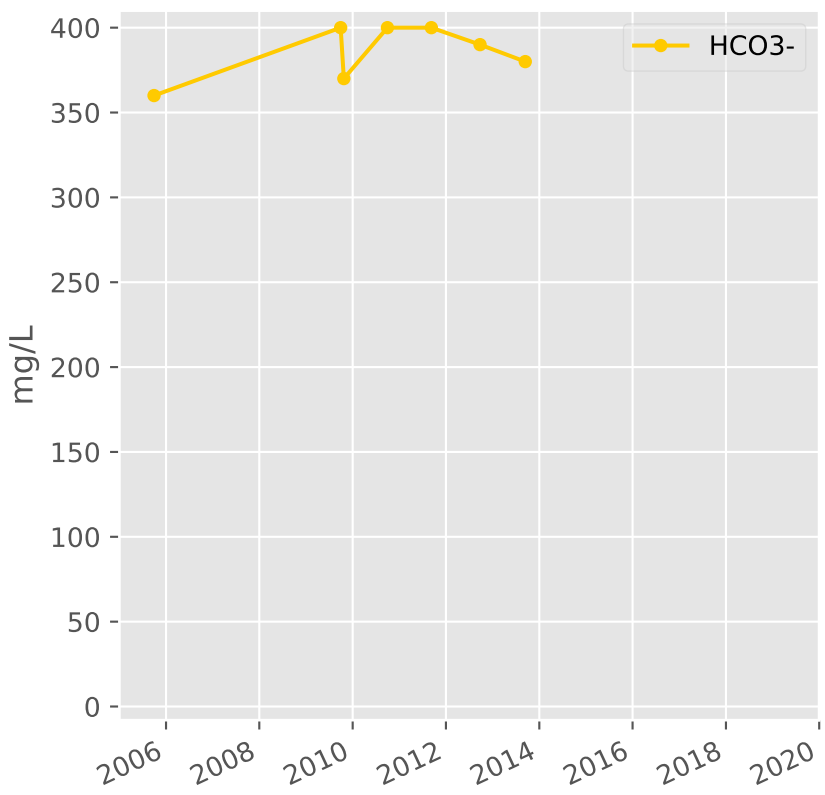
Sulfates



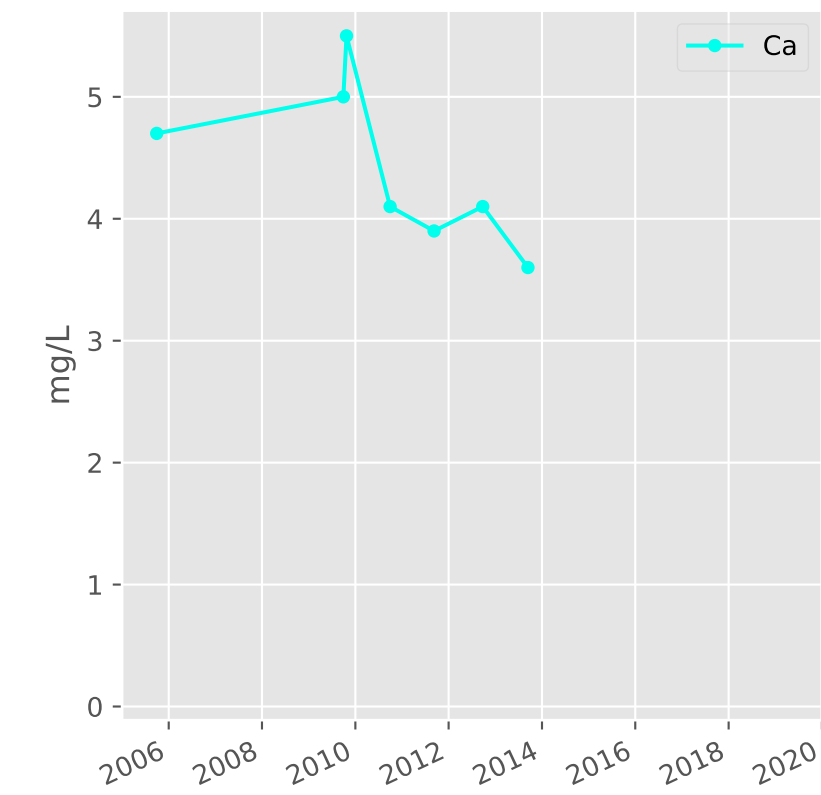
Chlorures



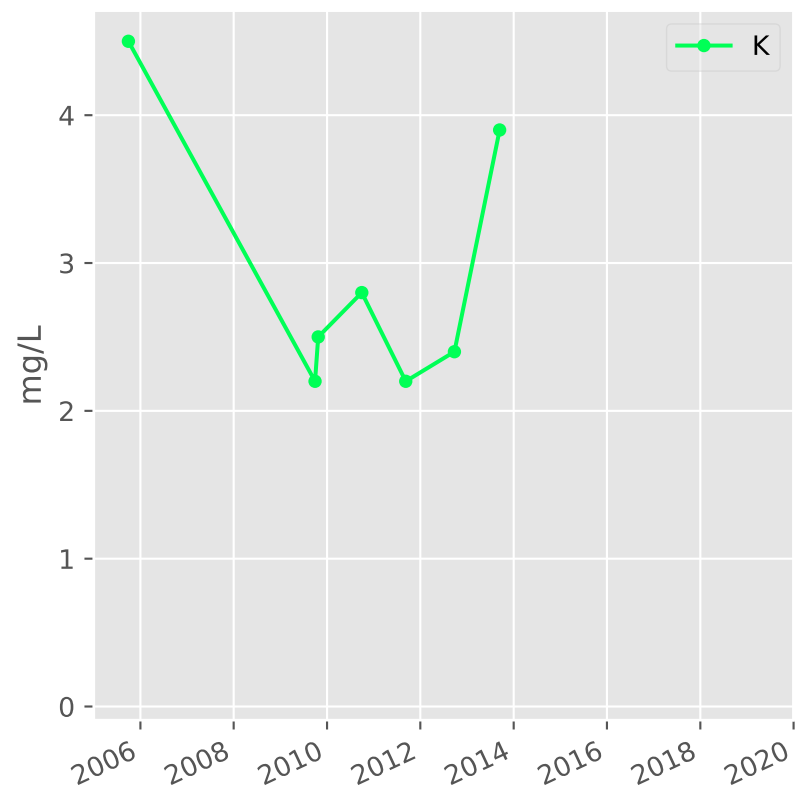
Bicarbonates



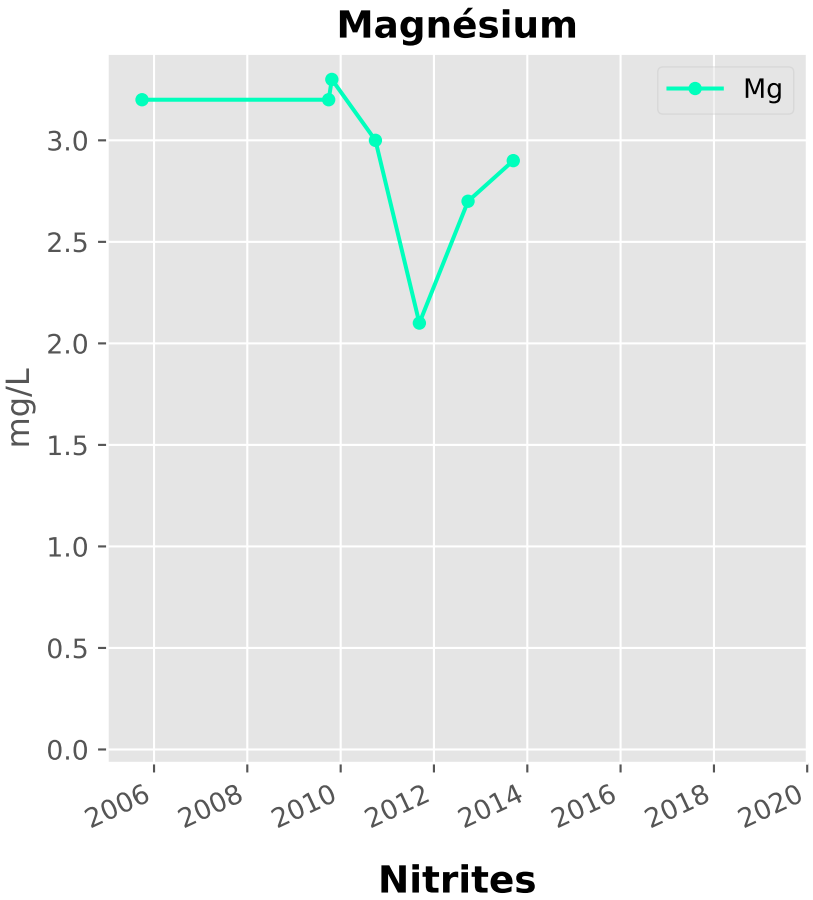
Calcium



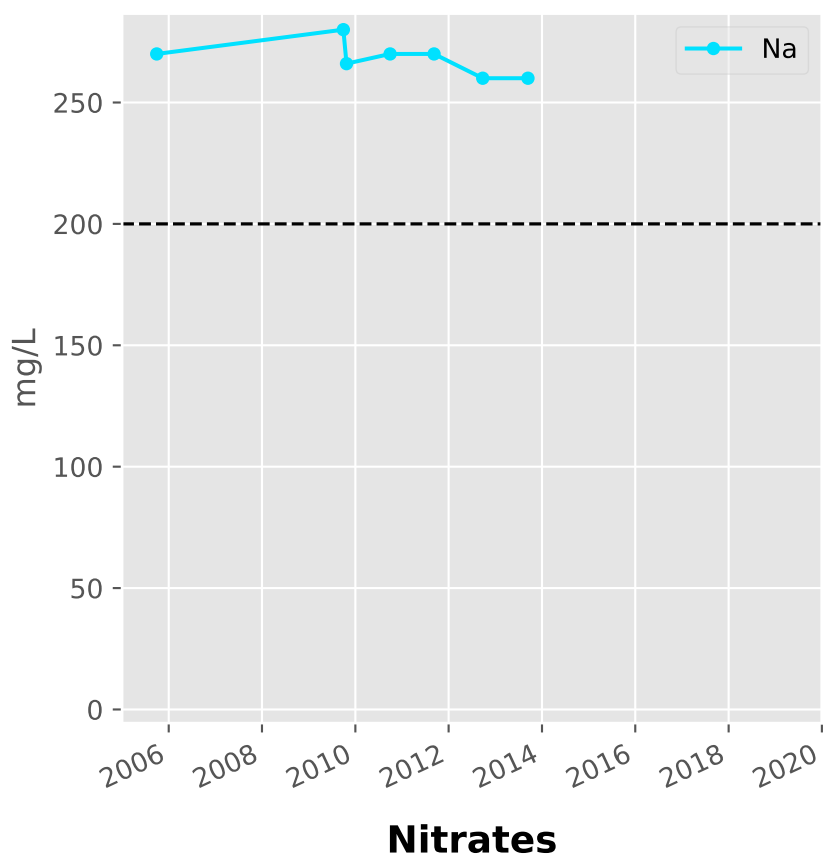
Potassium



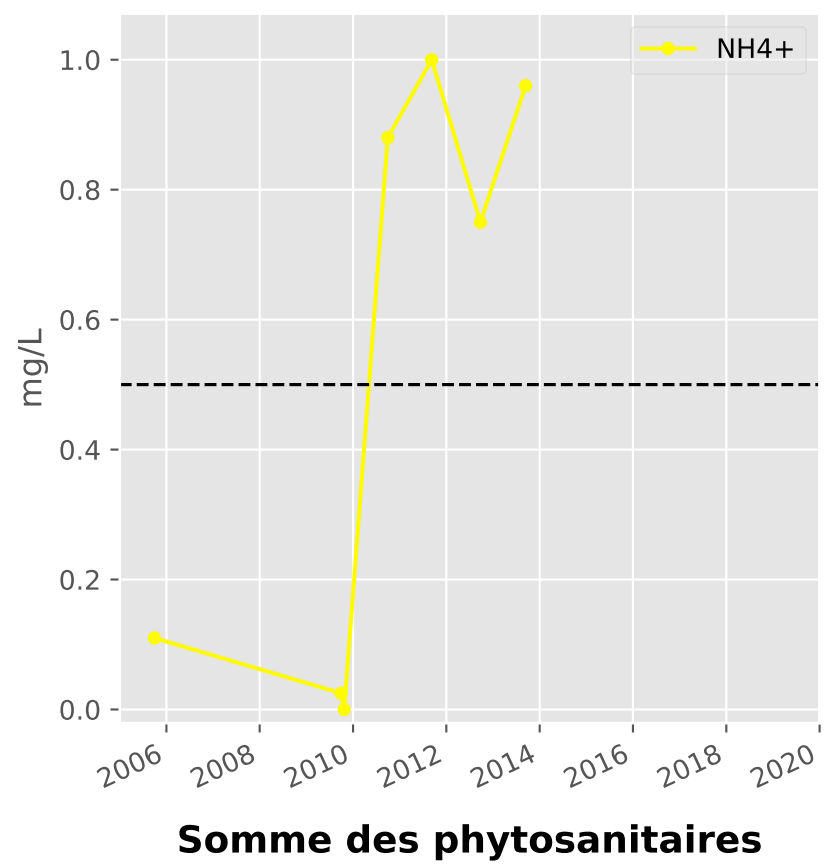
Magnésium



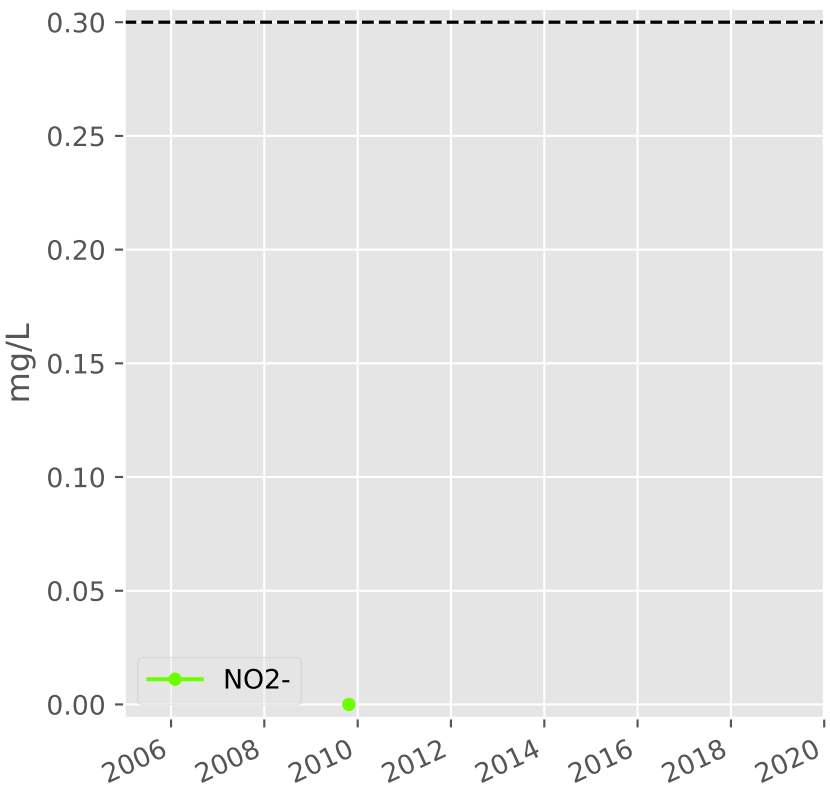
Sodium



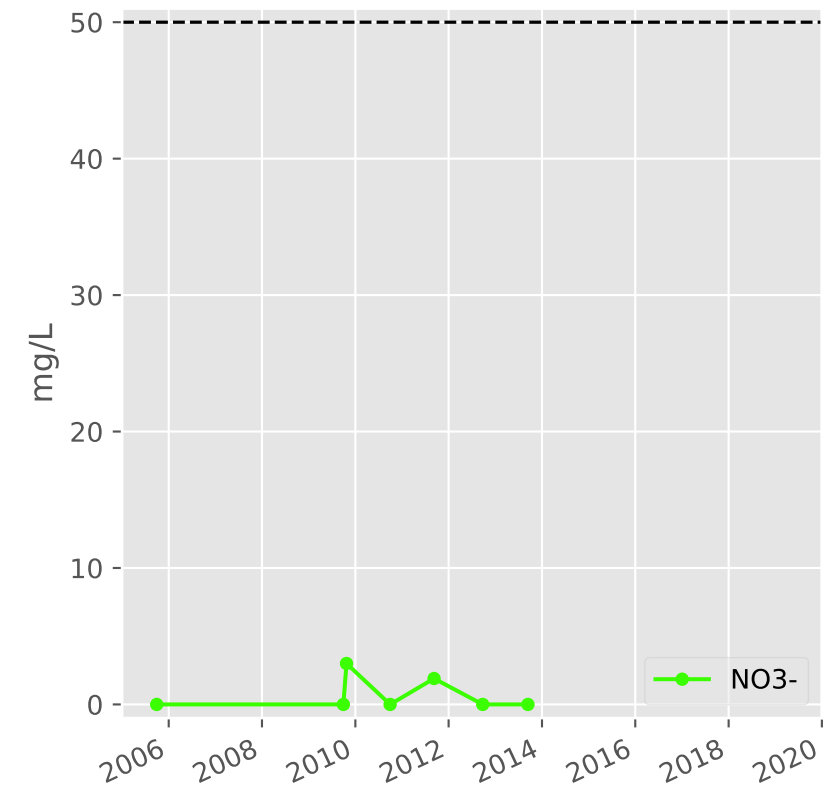
Ammonium



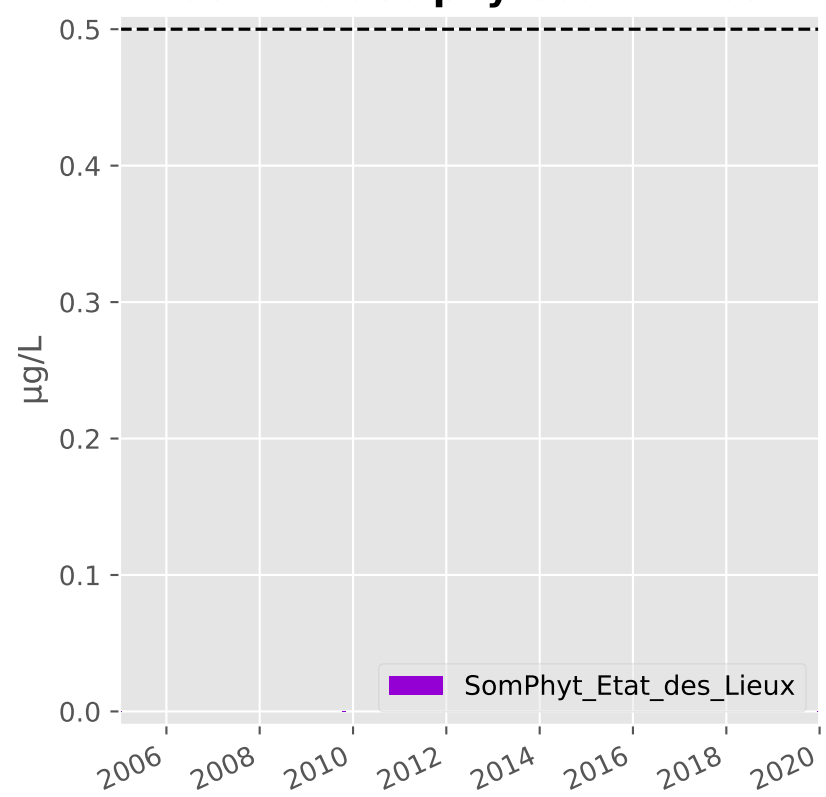
Nitrites



Nitrates

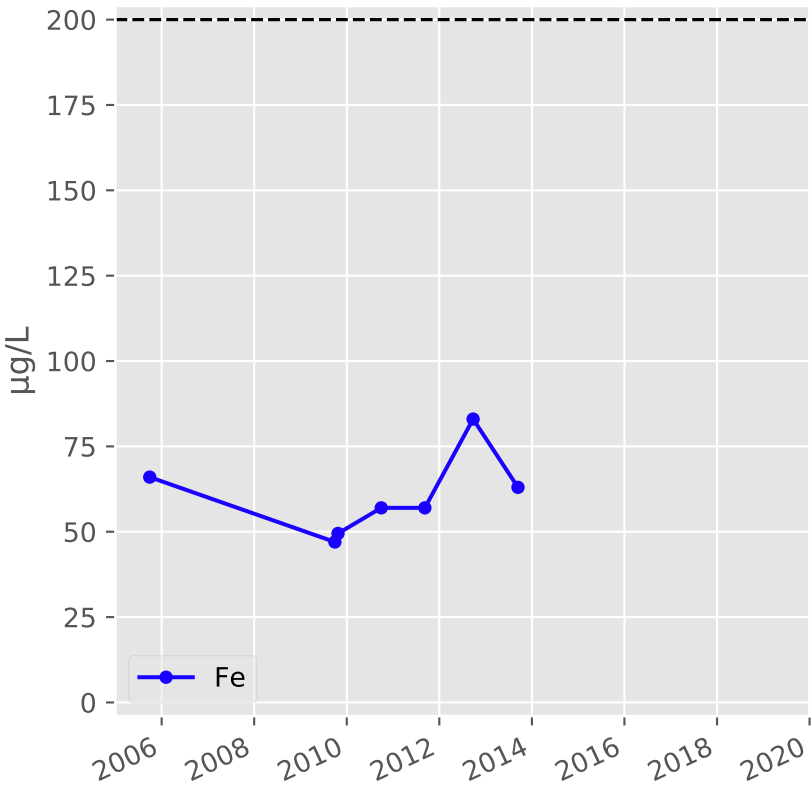


Somme des phytosanitaires

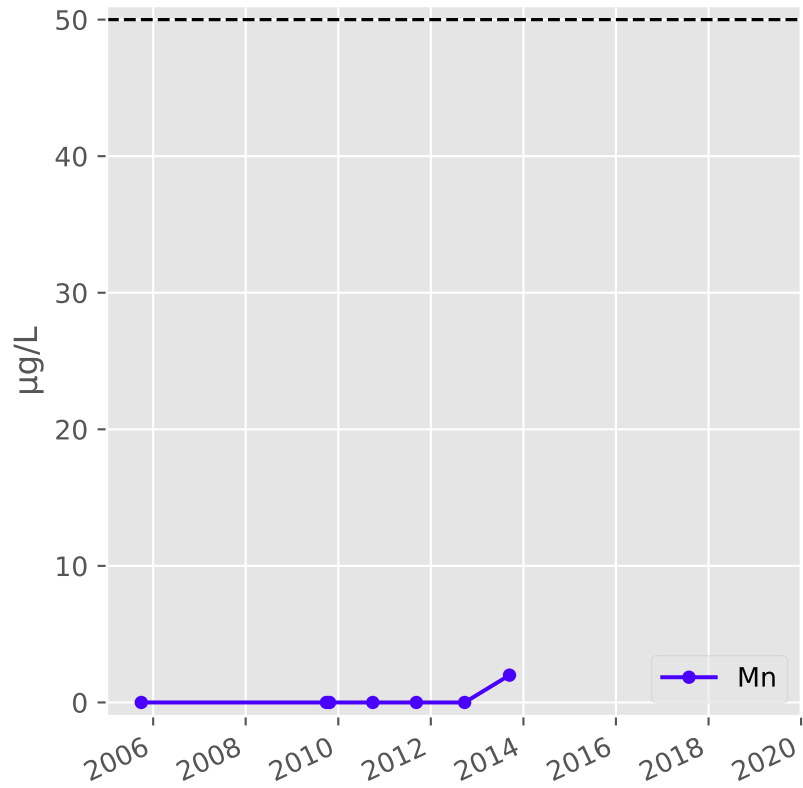


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S12 - Pz. de St Jean-lès-Buzy - 01368X0008

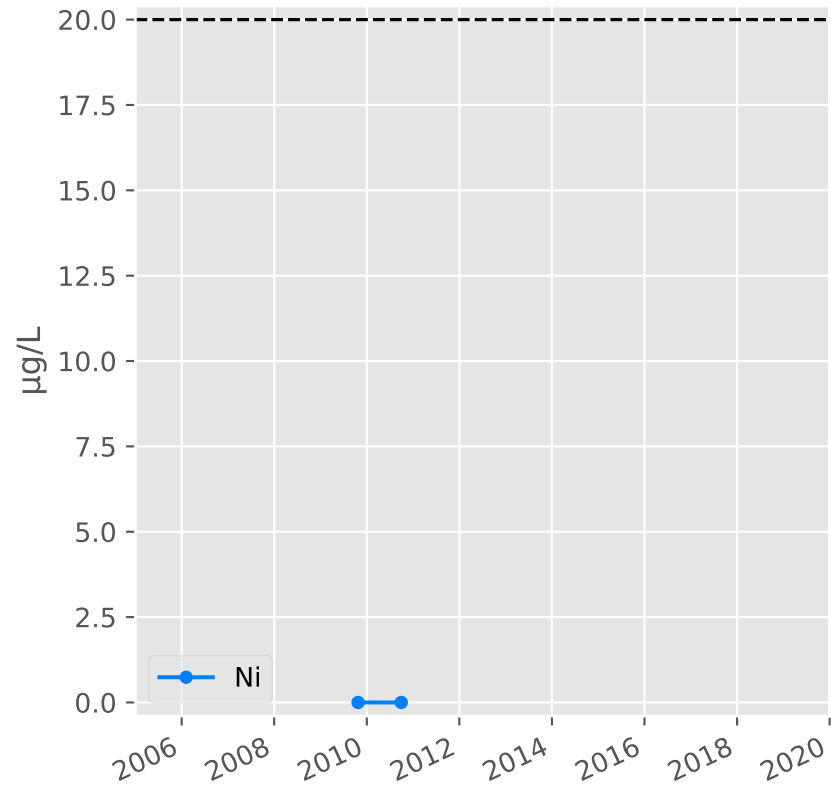
Fer



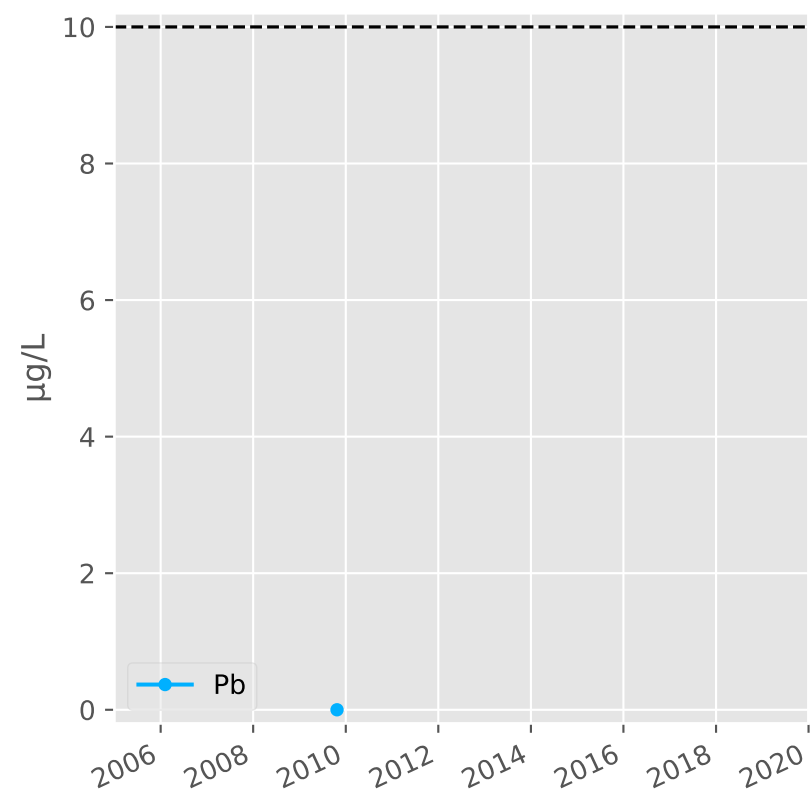
Manganèse



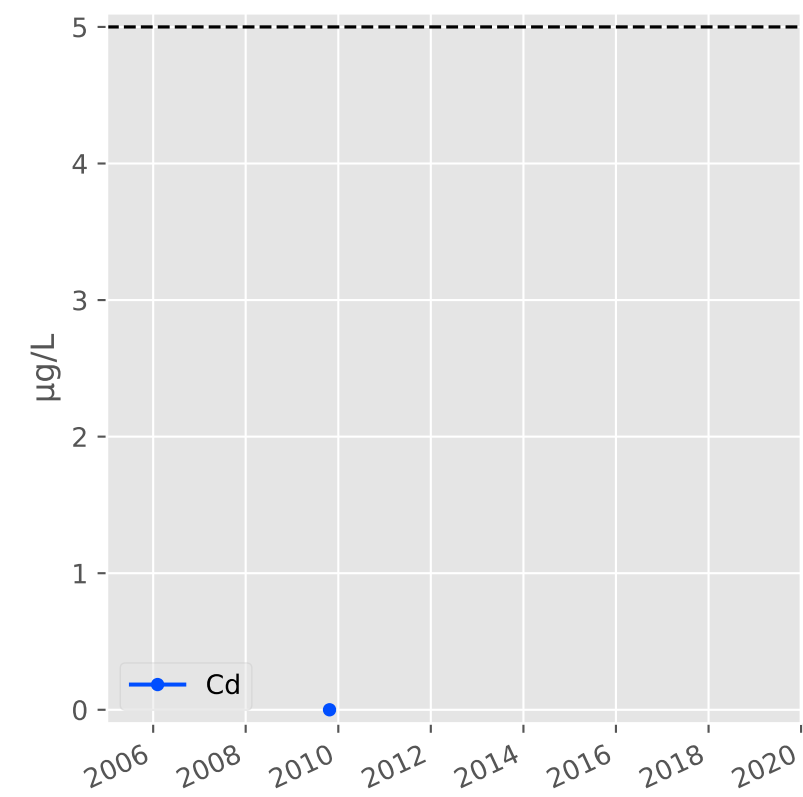
Nickel



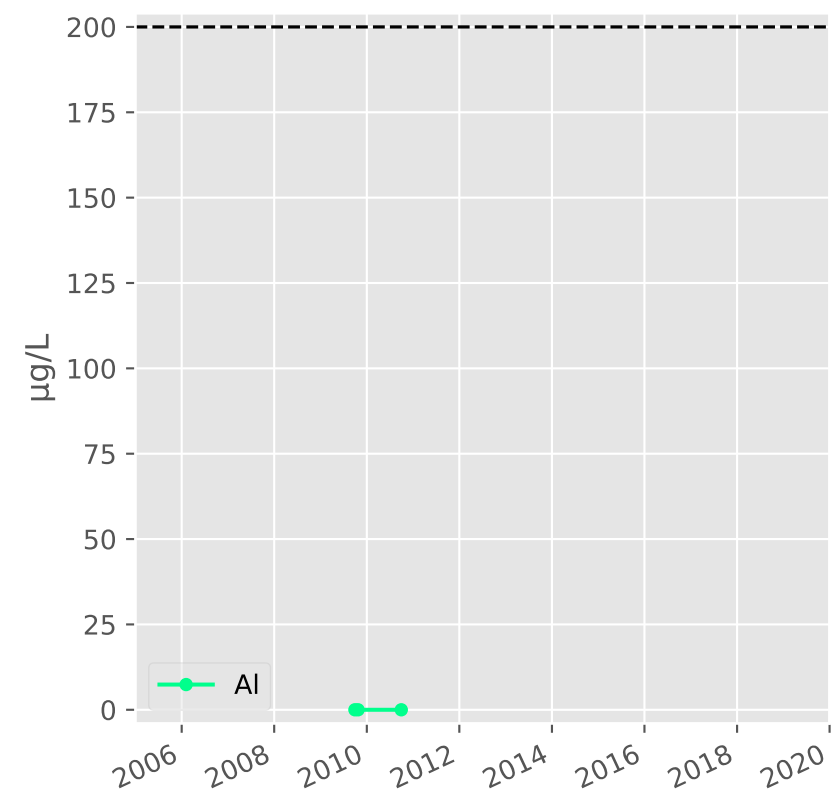
Plomb



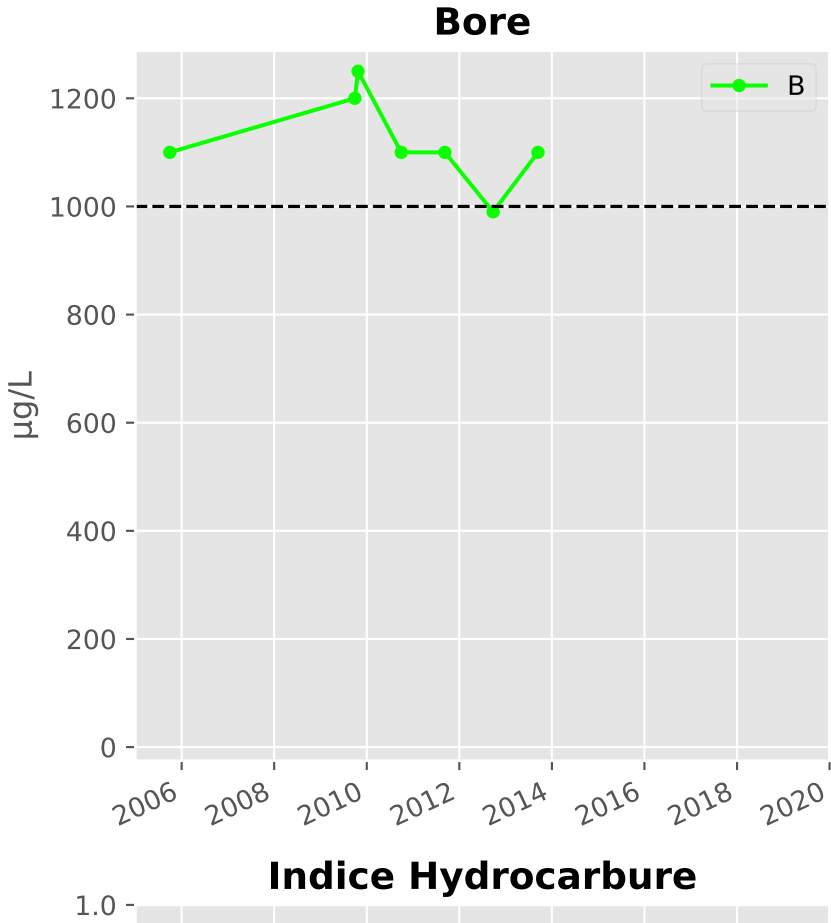
Cadmium



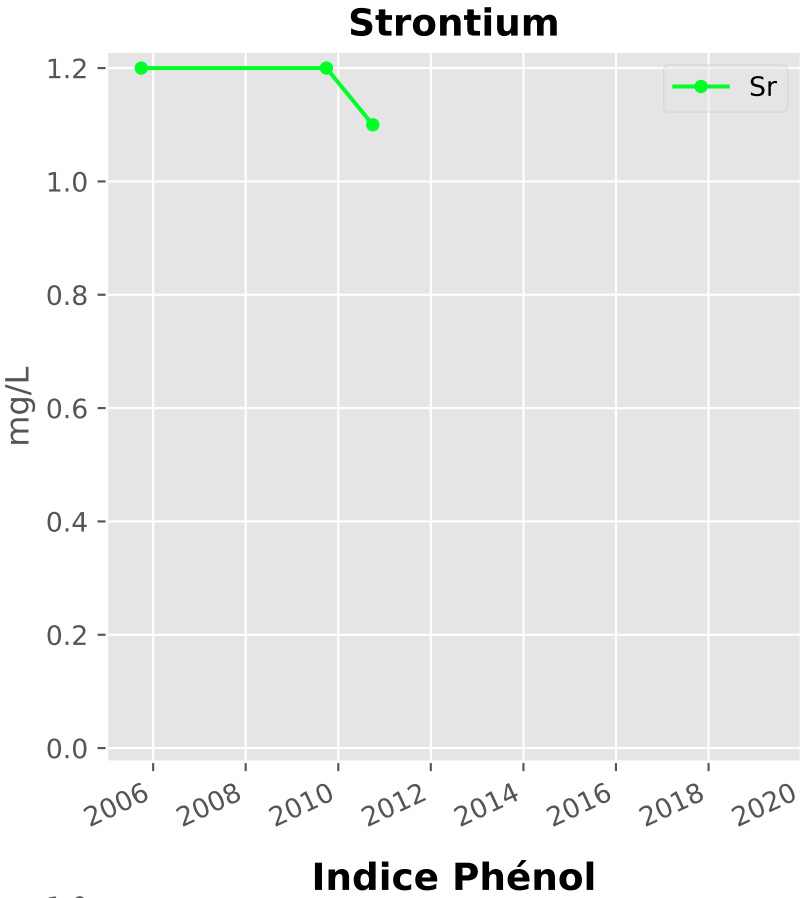
Aluminium



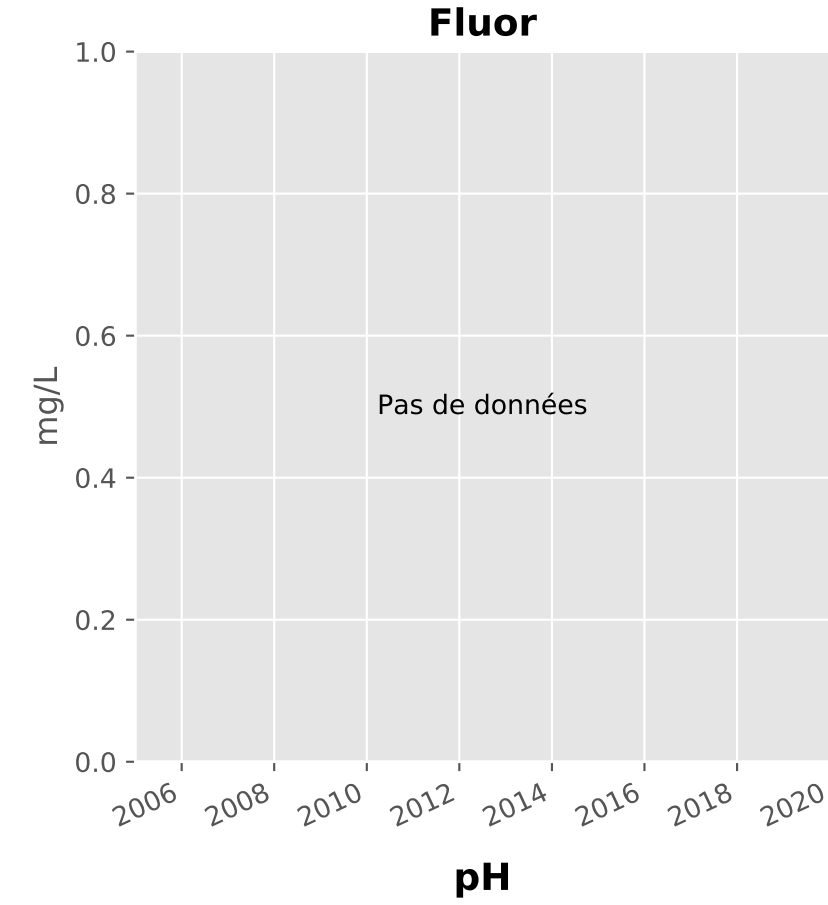
Bore



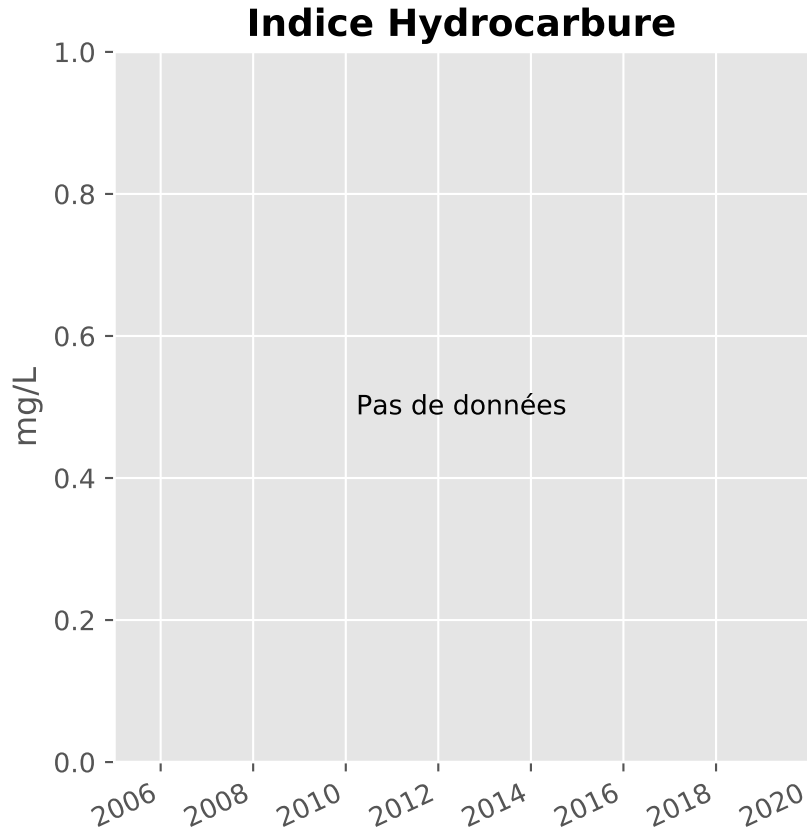
Strontium



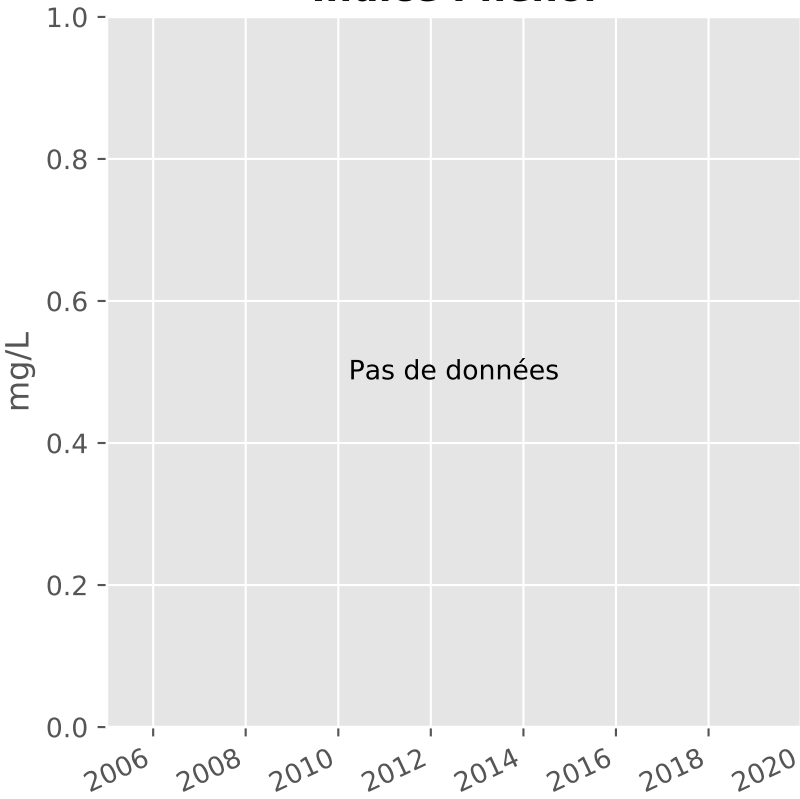
Fluor



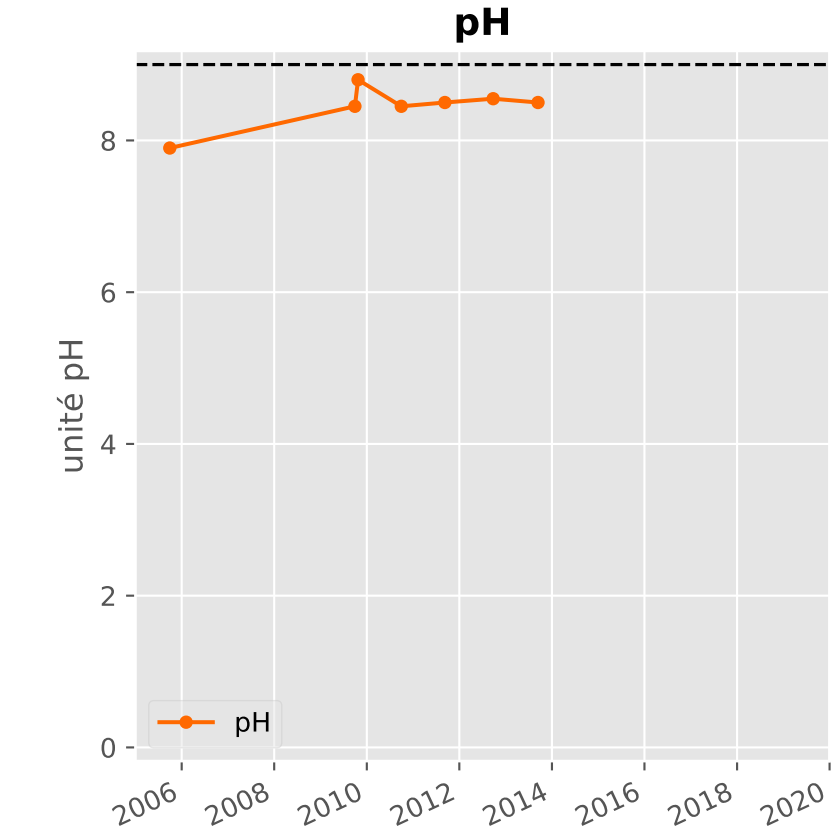
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

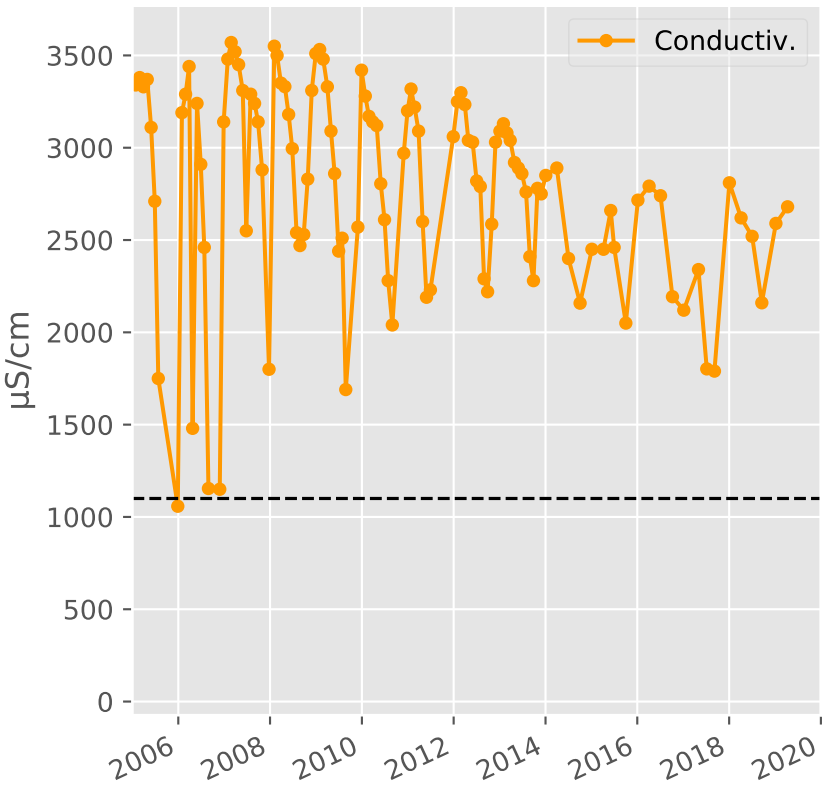


pH

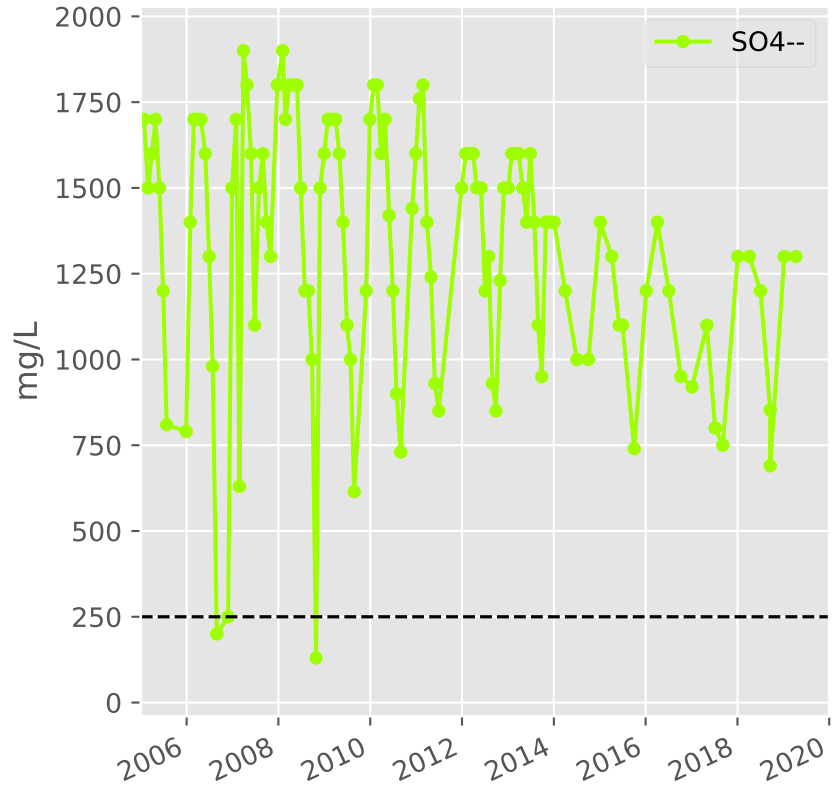


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C05 - Gal. du Woigot - 01372X0197

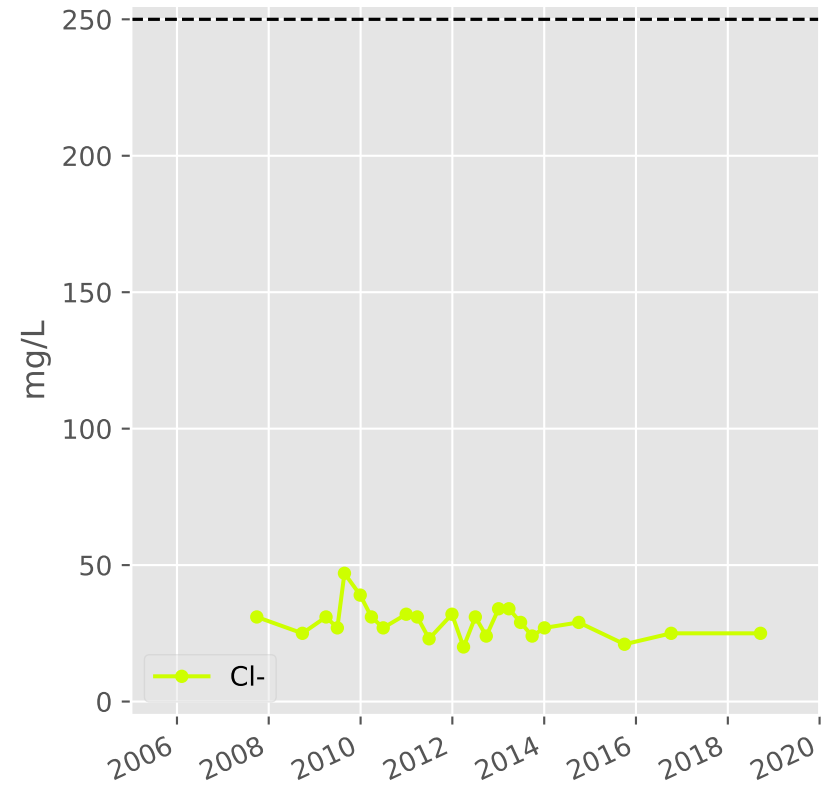
Conductivité



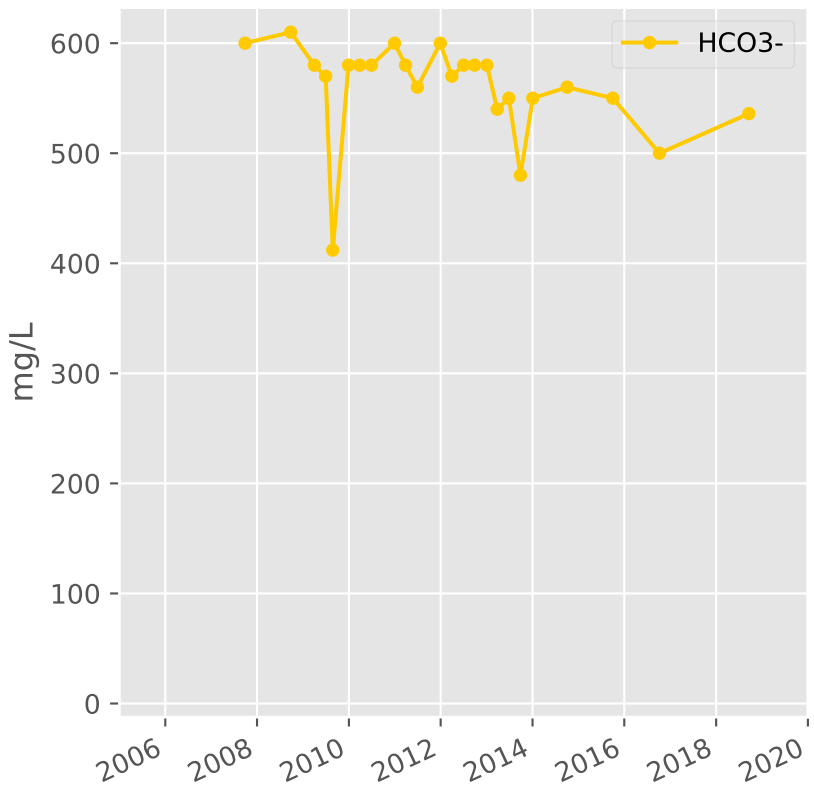
Sulfates



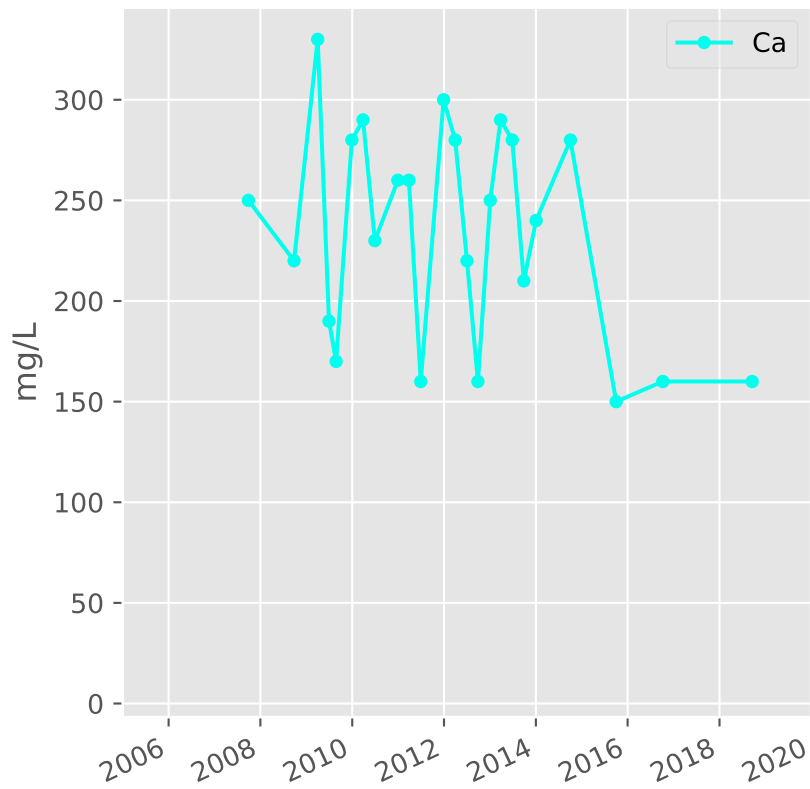
Chlorures



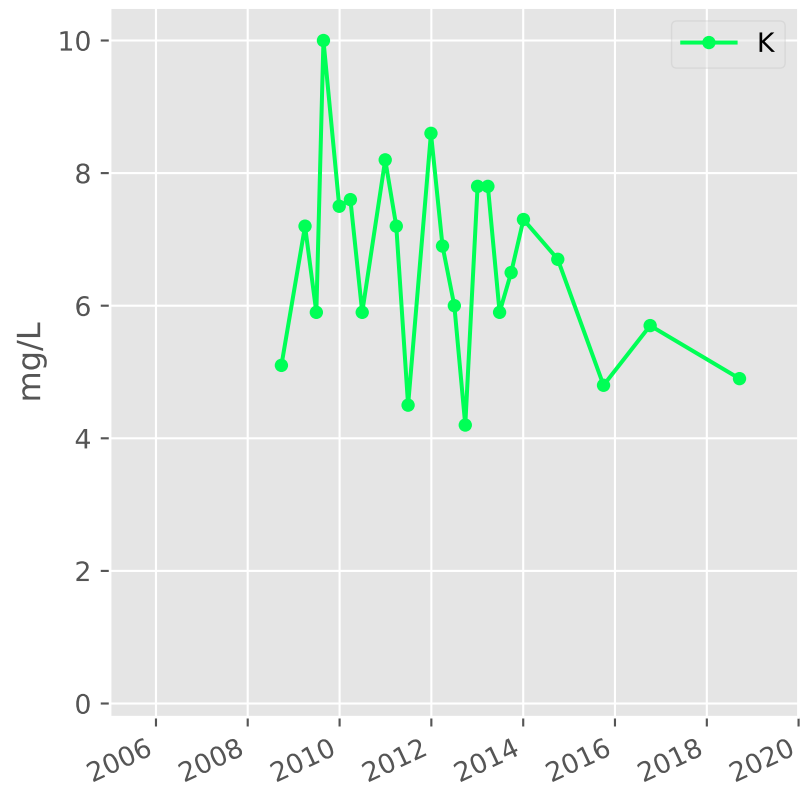
Bicarbonates



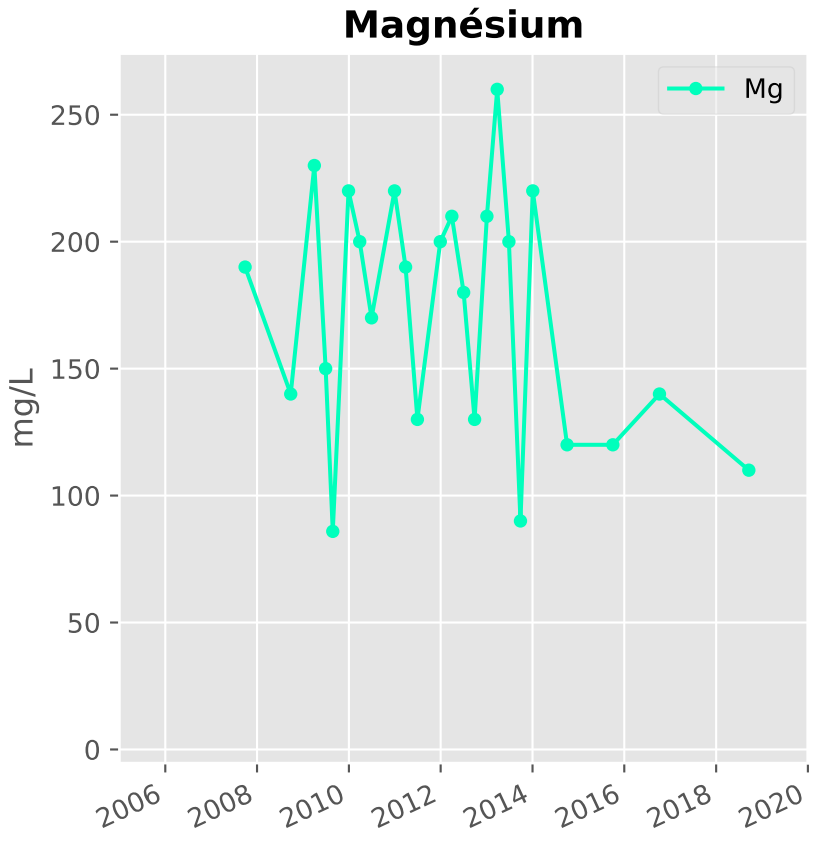
Calcium



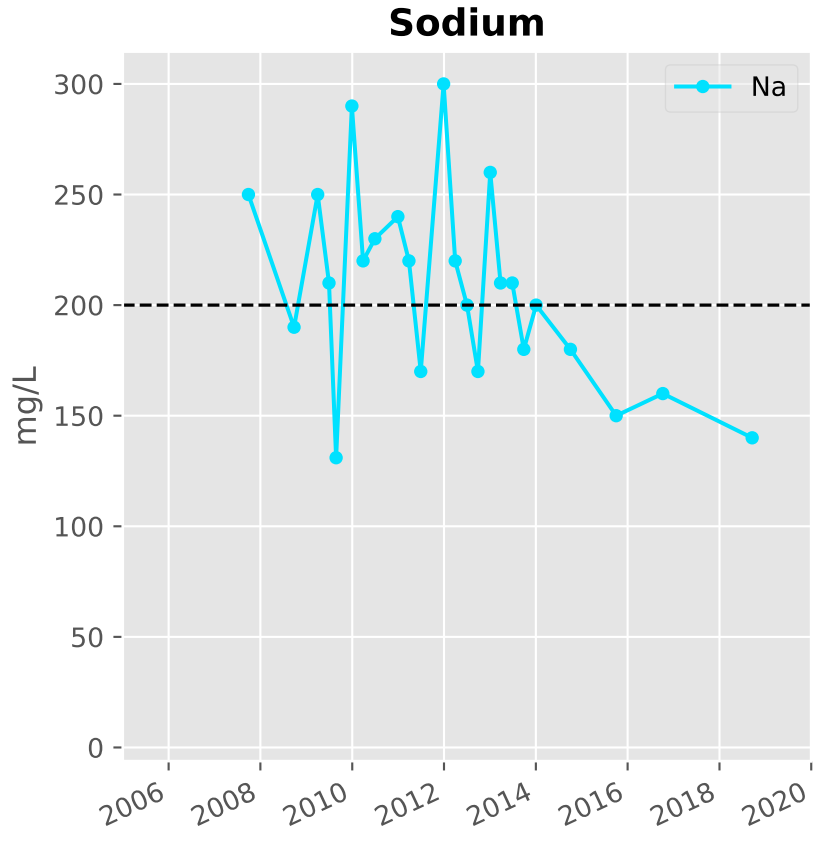
Potassium



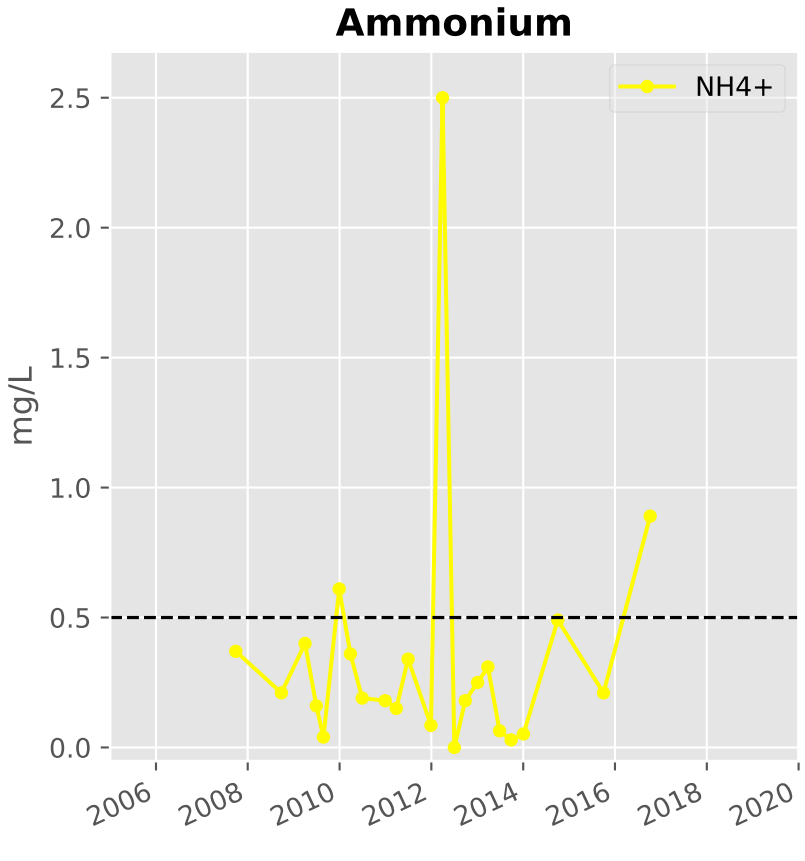
Magnésium



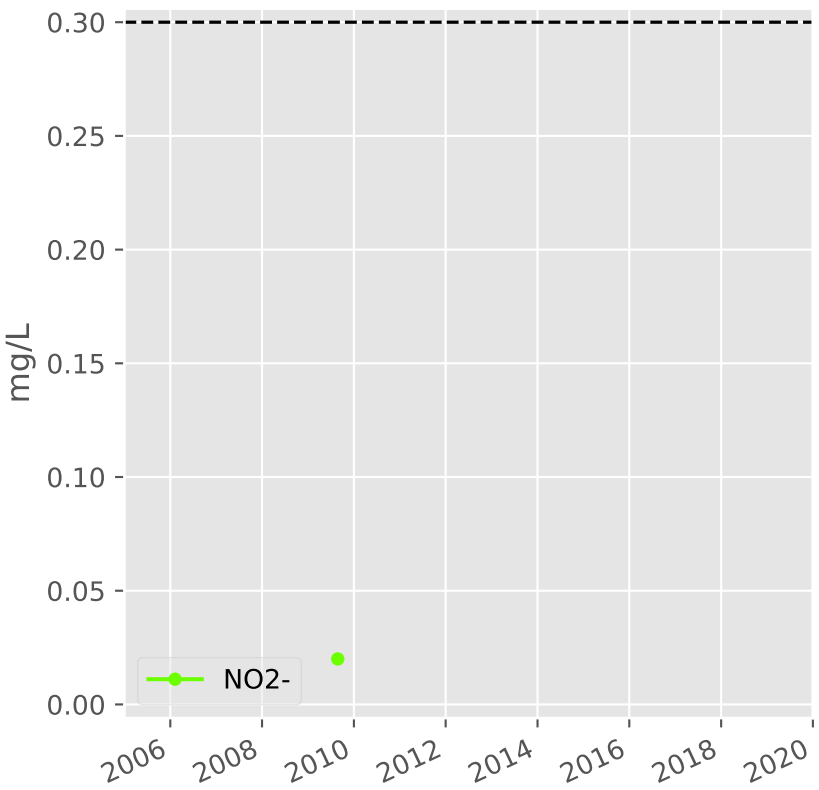
Sodium



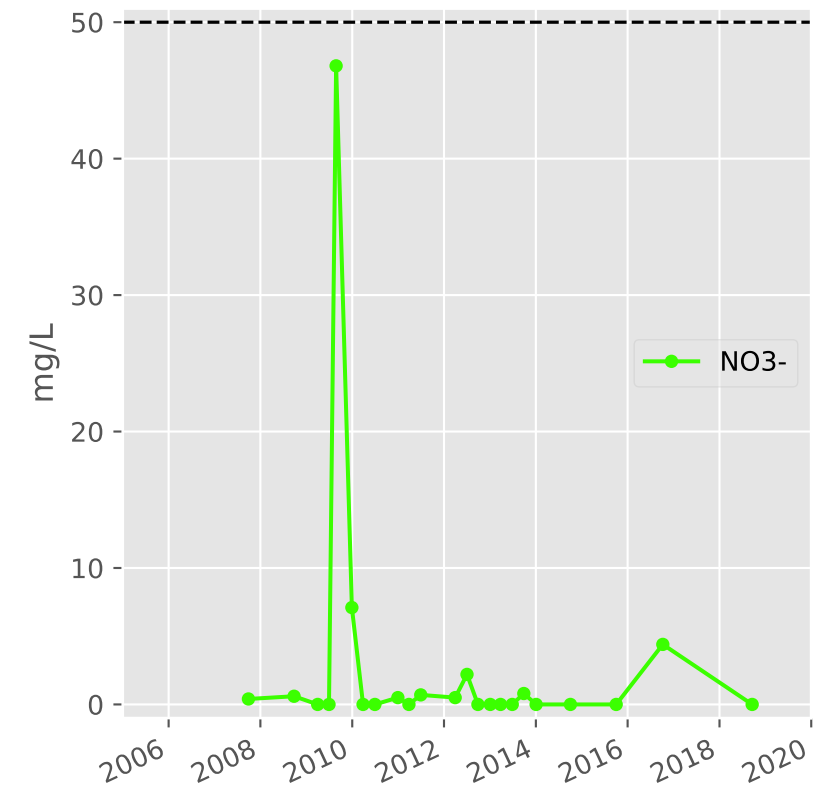
Ammonium



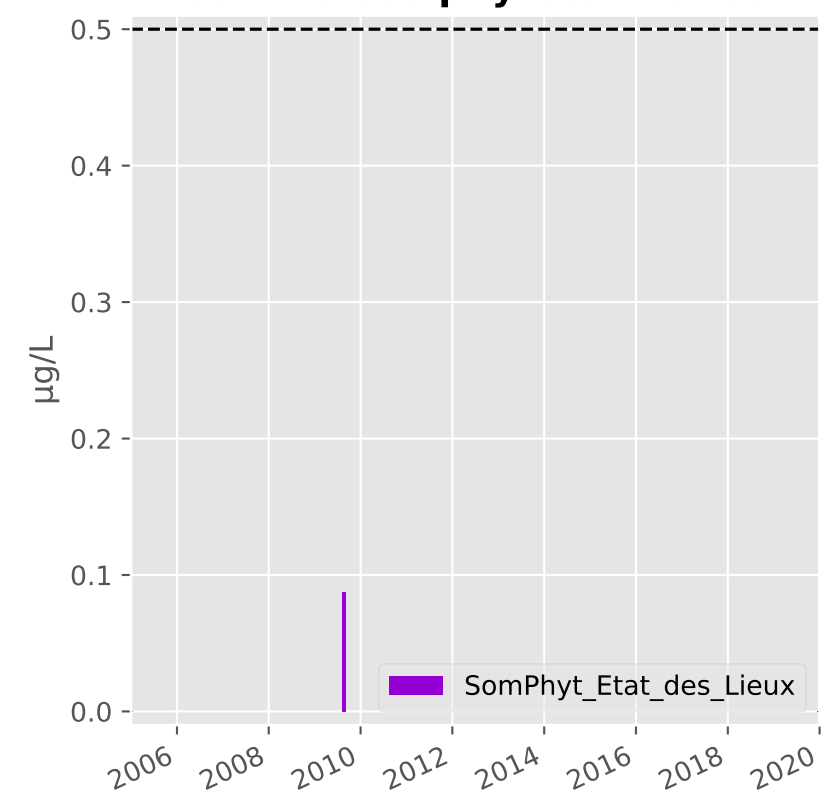
Nitrites



Nitrates

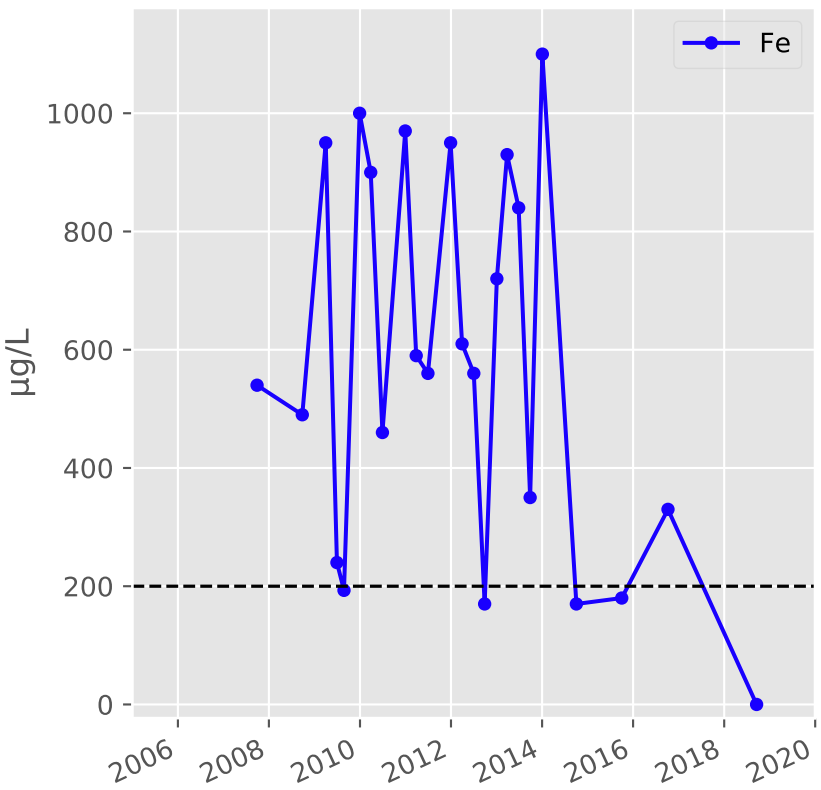


Somme des phytosanitaires

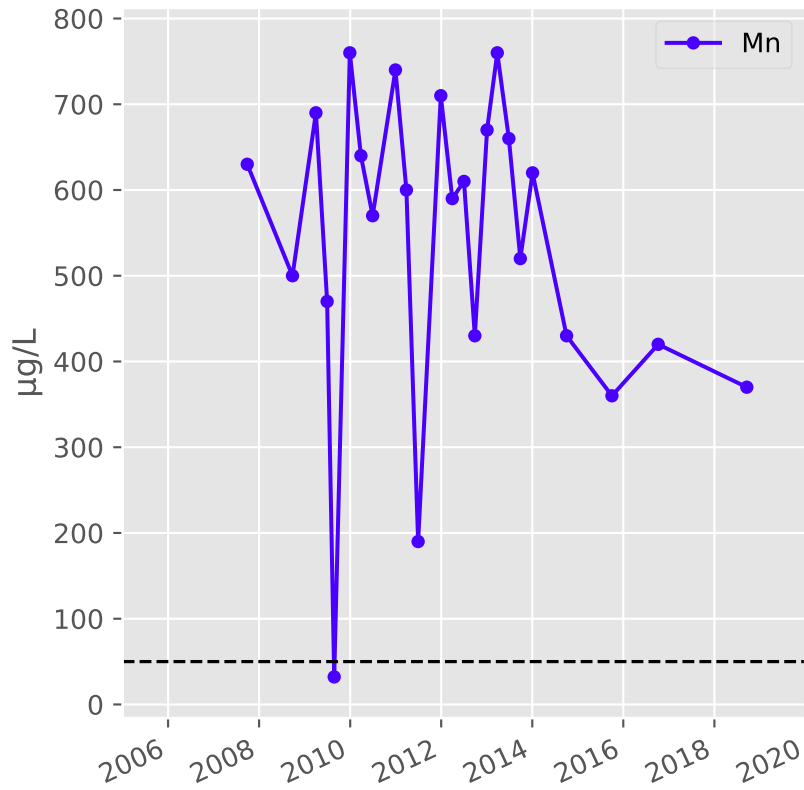


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC2 - C05 - Gal. du Woigot - 01372X0197

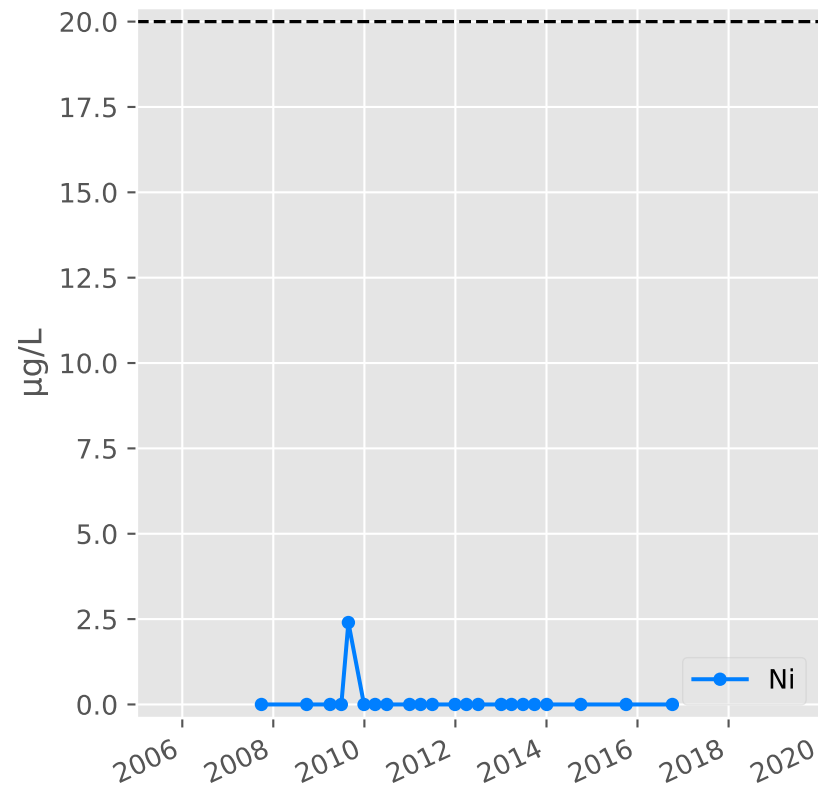
Fer



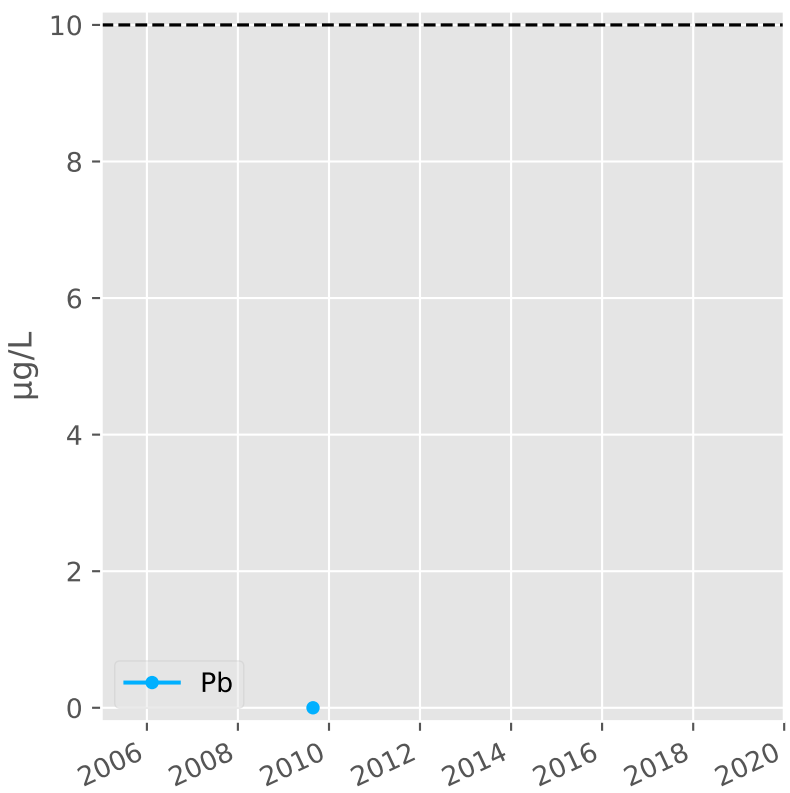
Manganèse



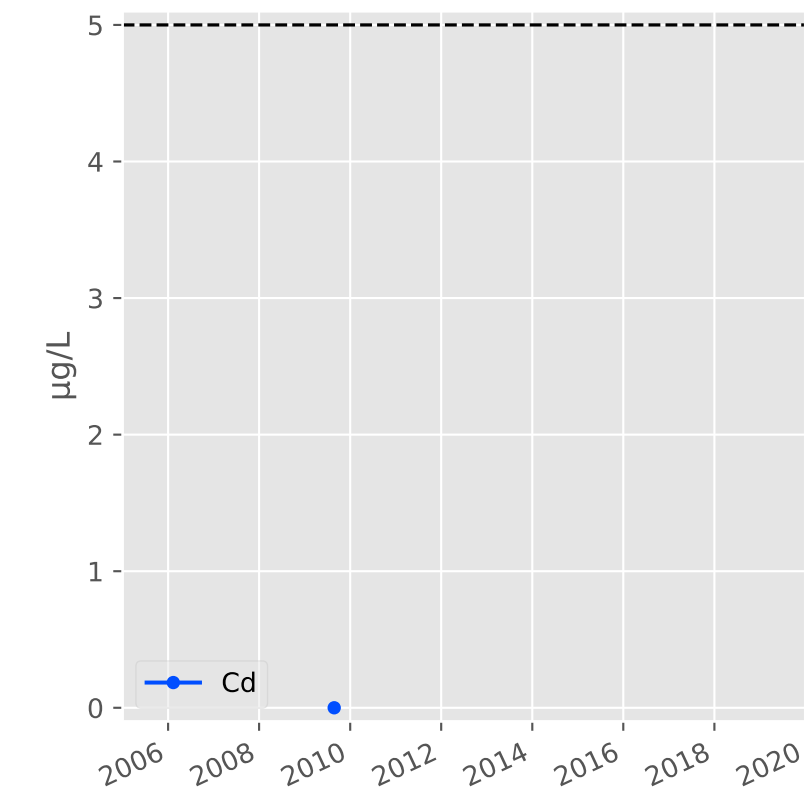
Nickel



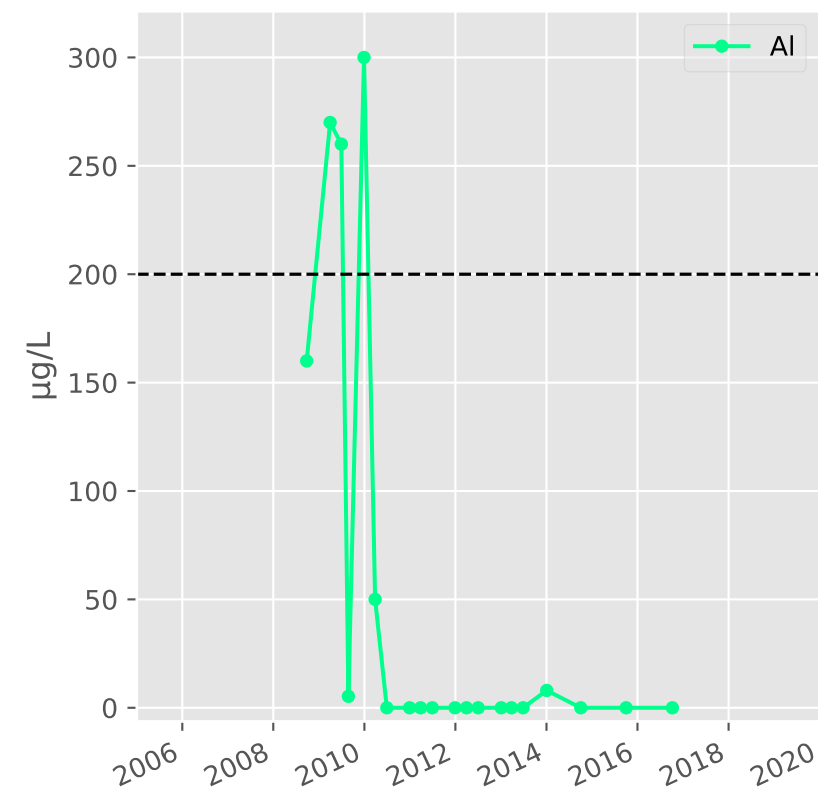
Plomb



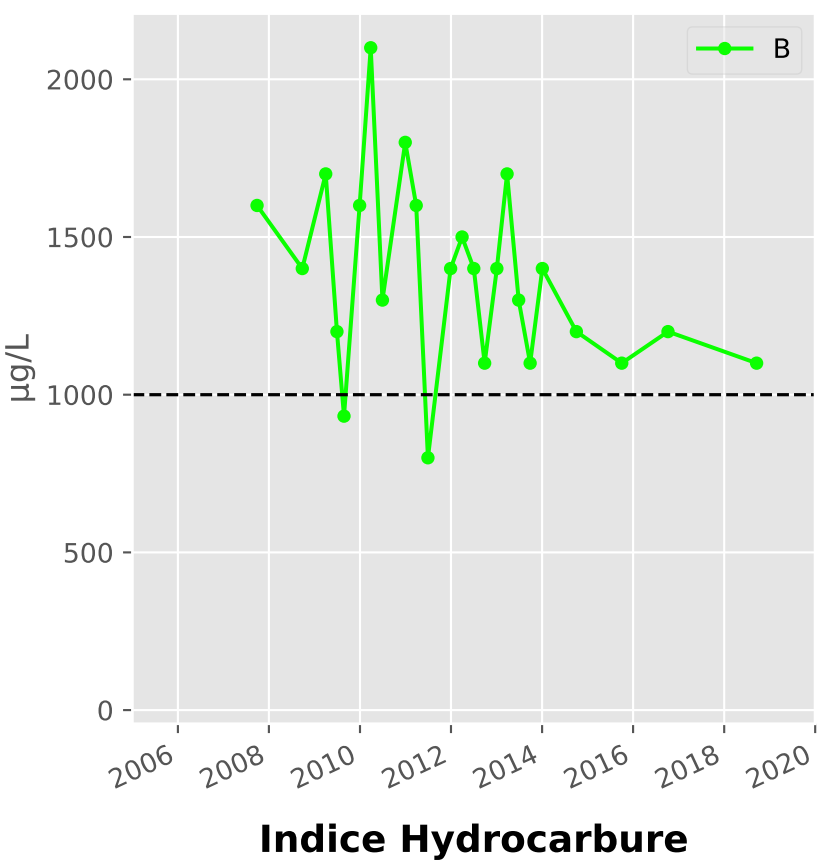
Cadmium



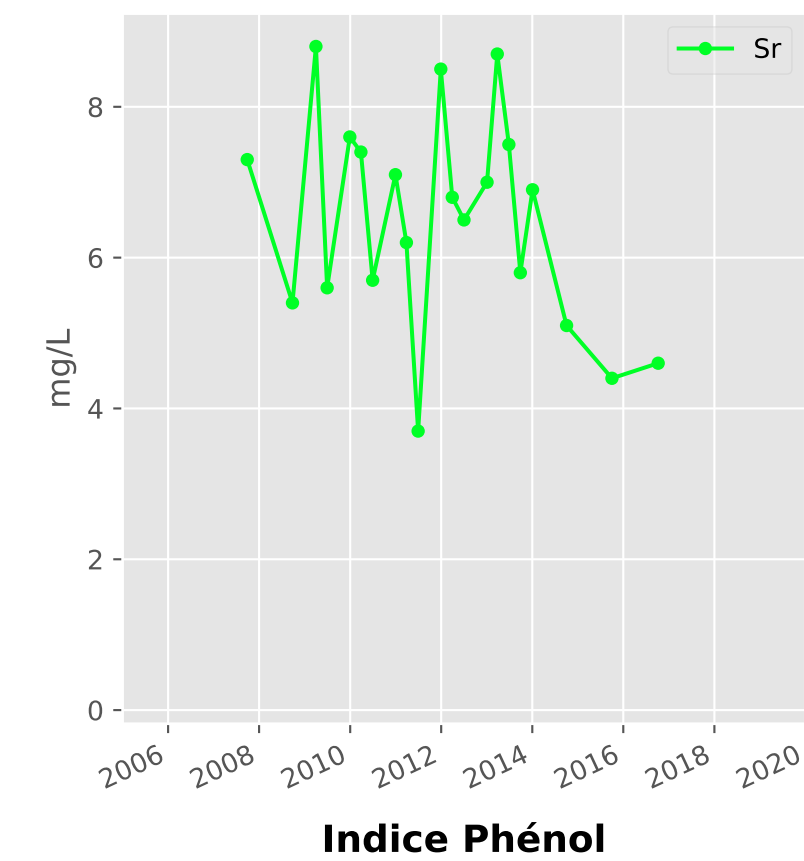
Aluminium



Bore



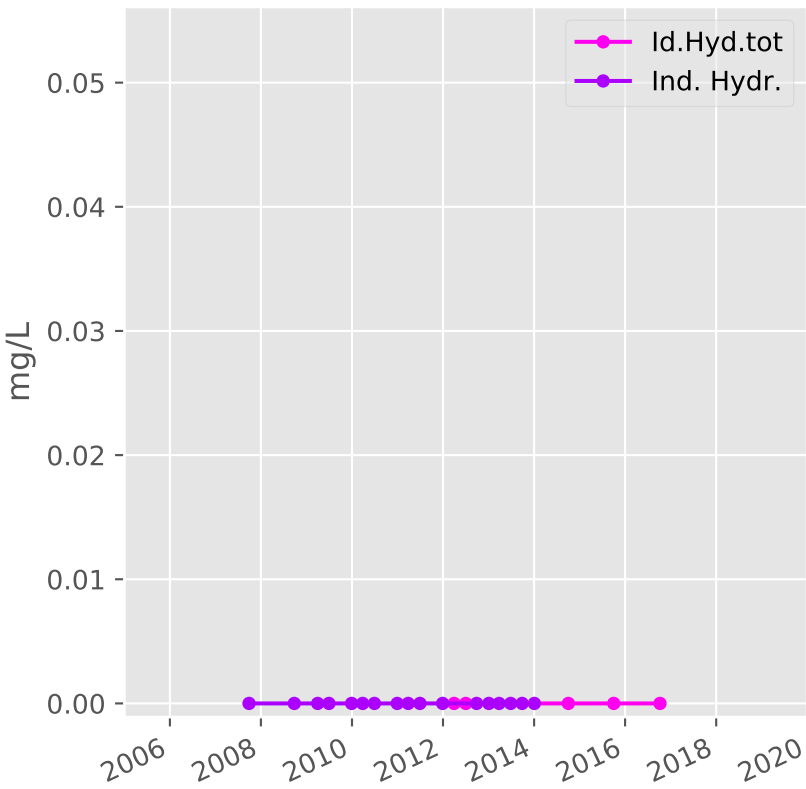
Strontium



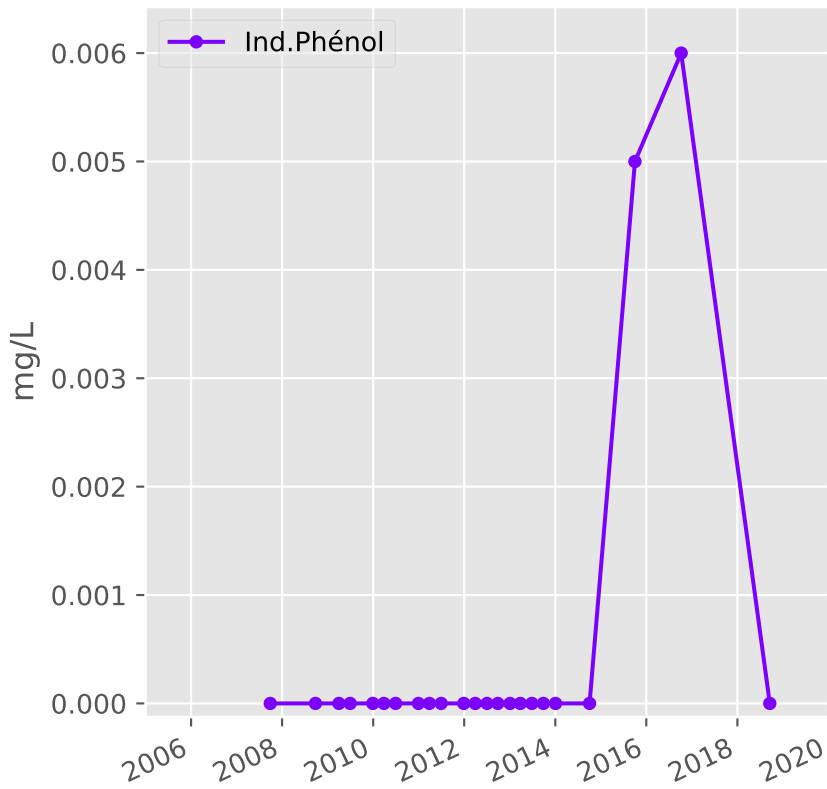
Fluor



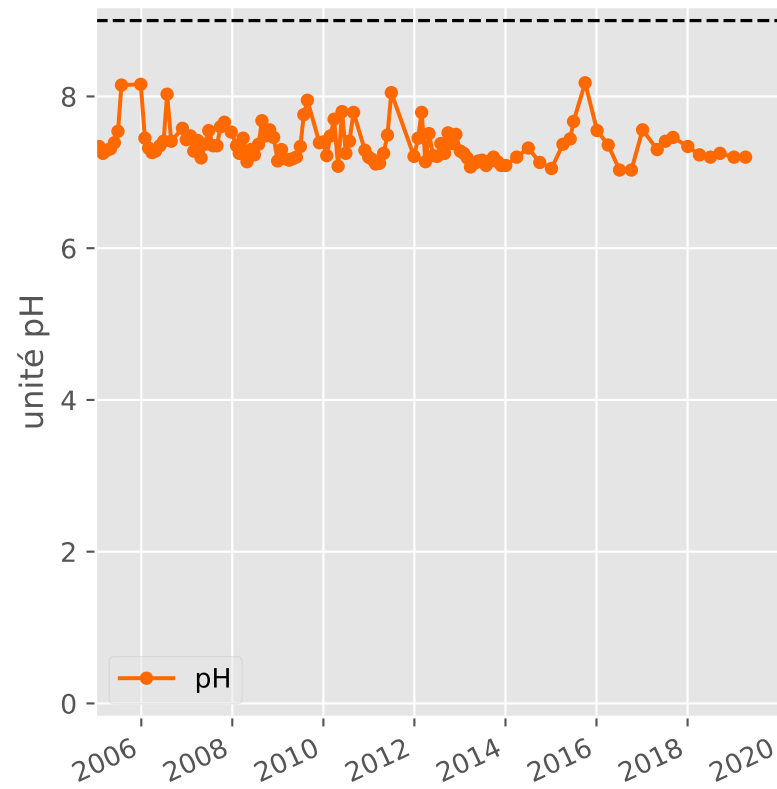
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

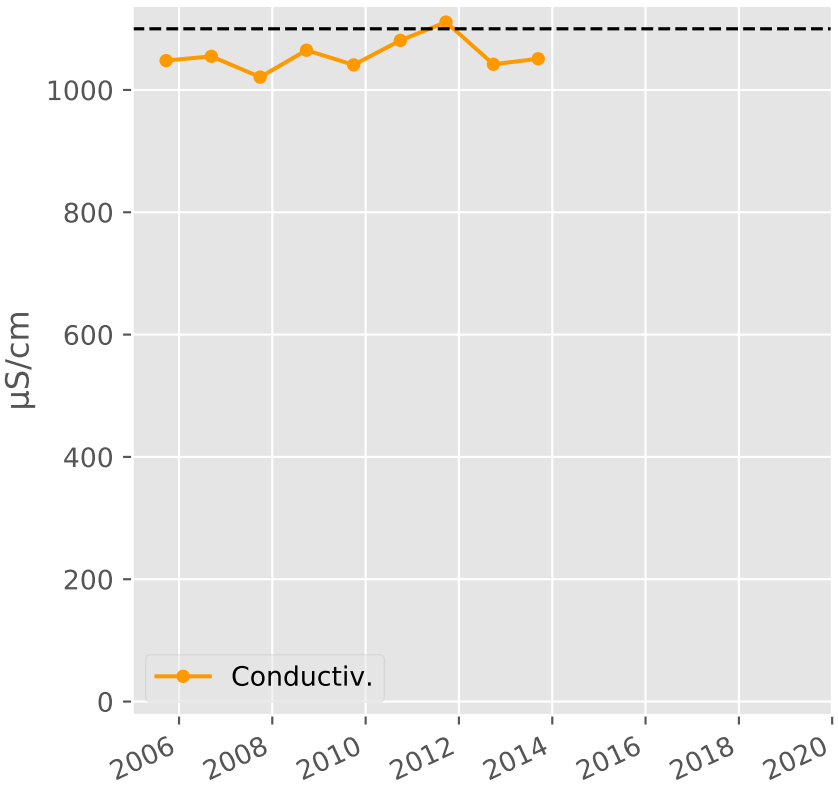


pH

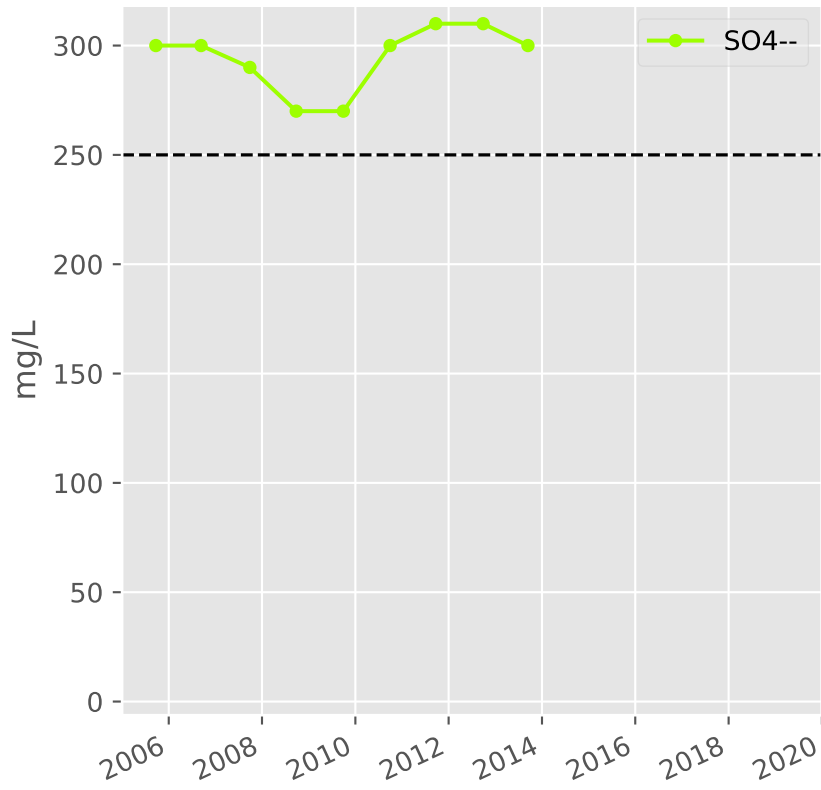


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C01 - For. Ferme de Mance - 01372X0206

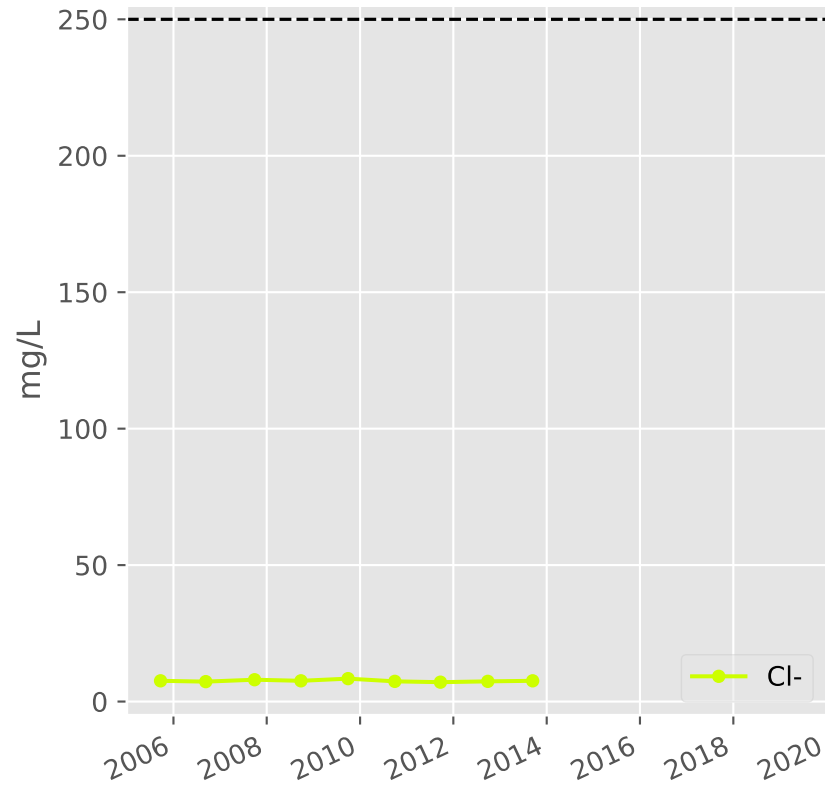
Conductivité



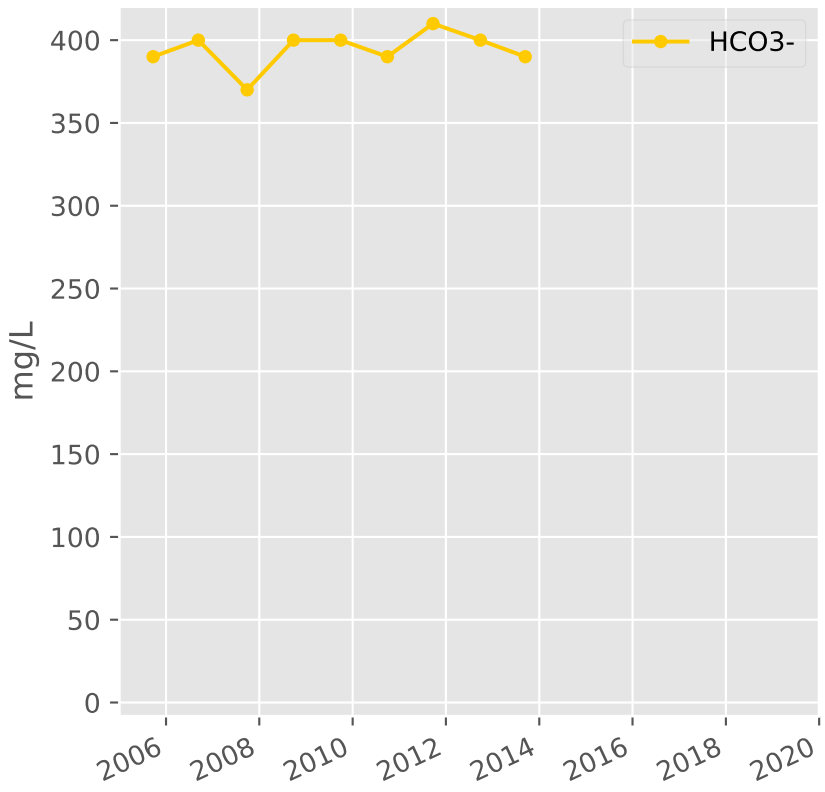
Sulfates



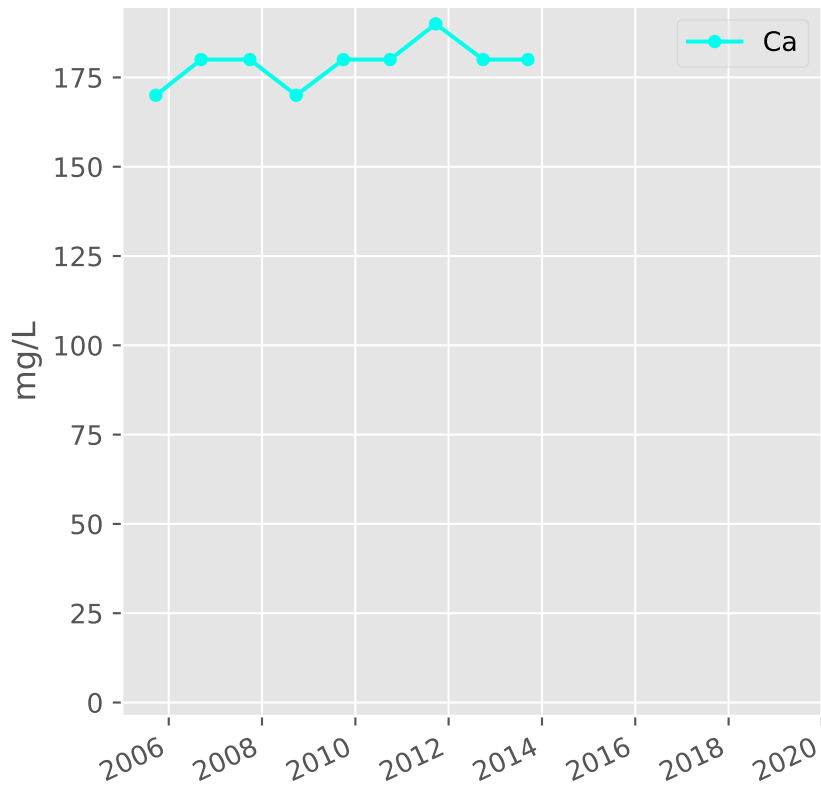
Chlorures



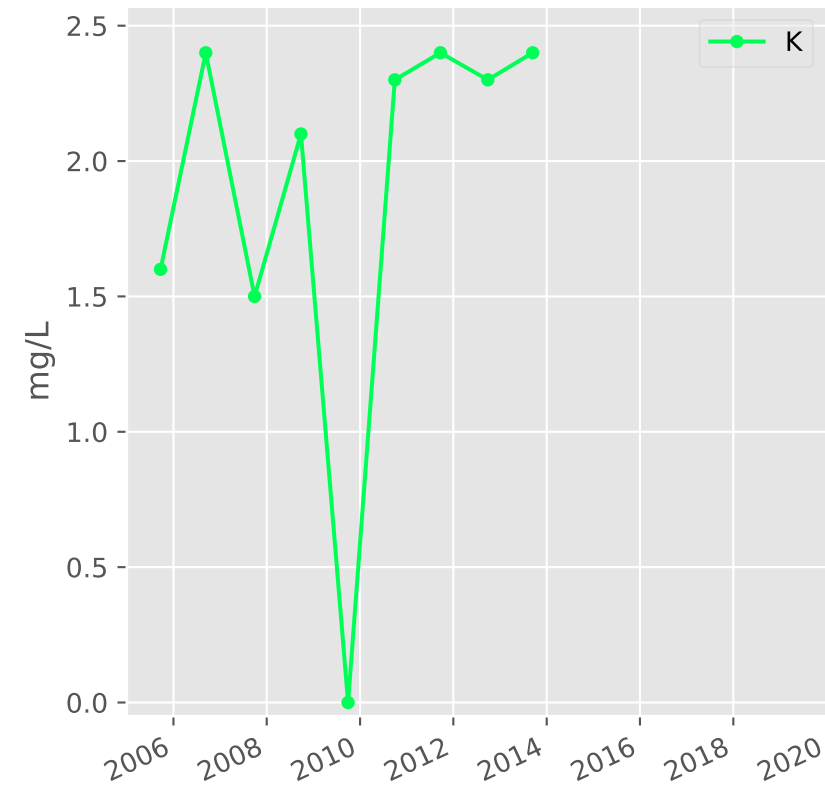
Bicarbonates



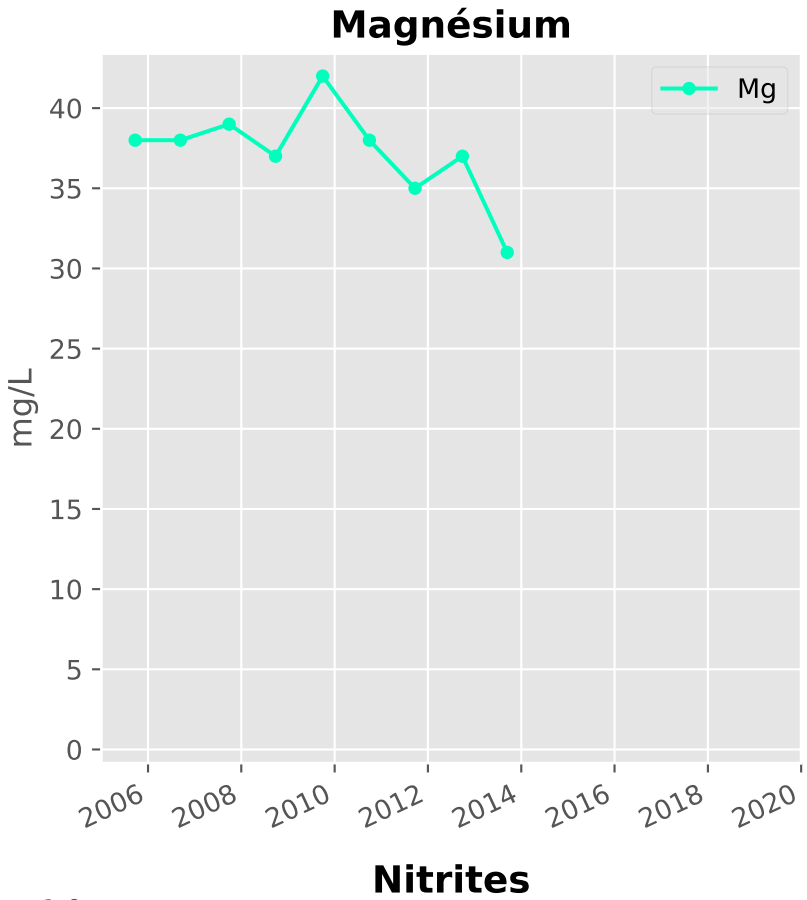
Calcium



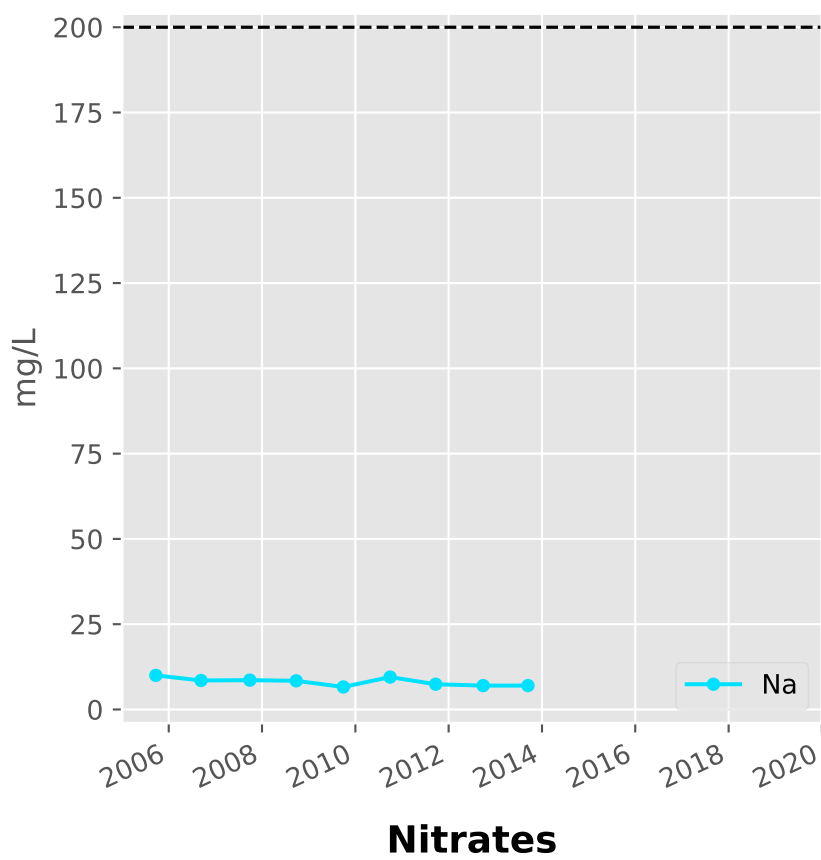
Potassium



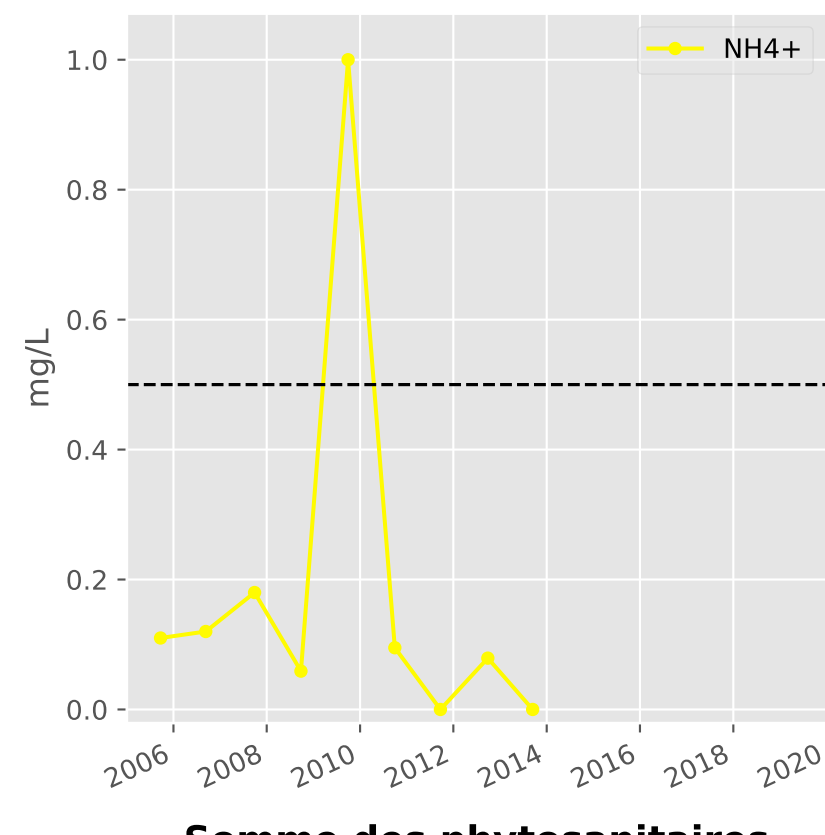
Magnésium



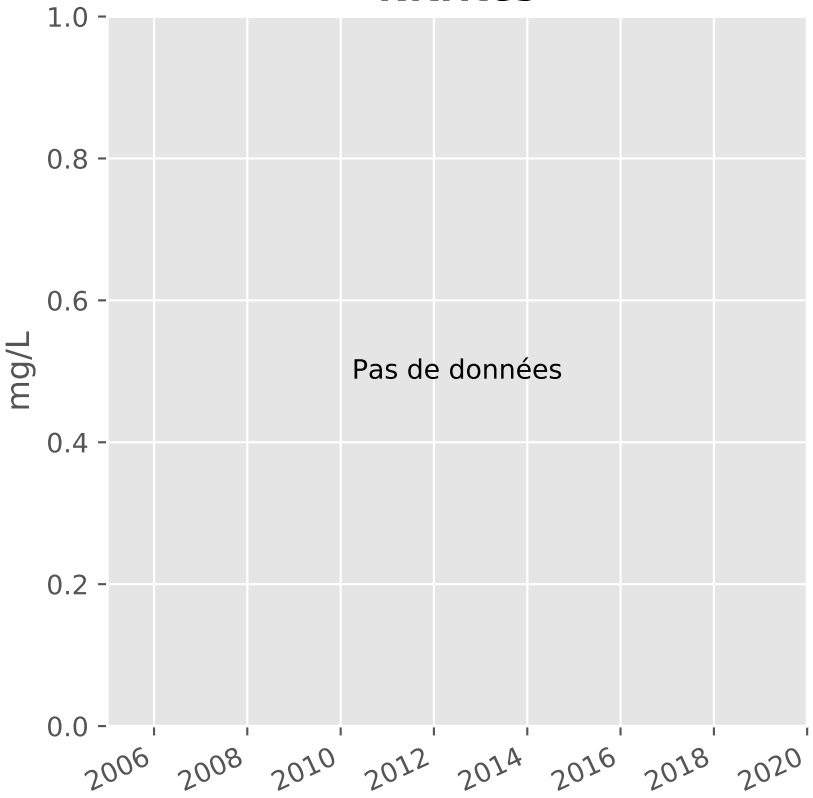
Sodium



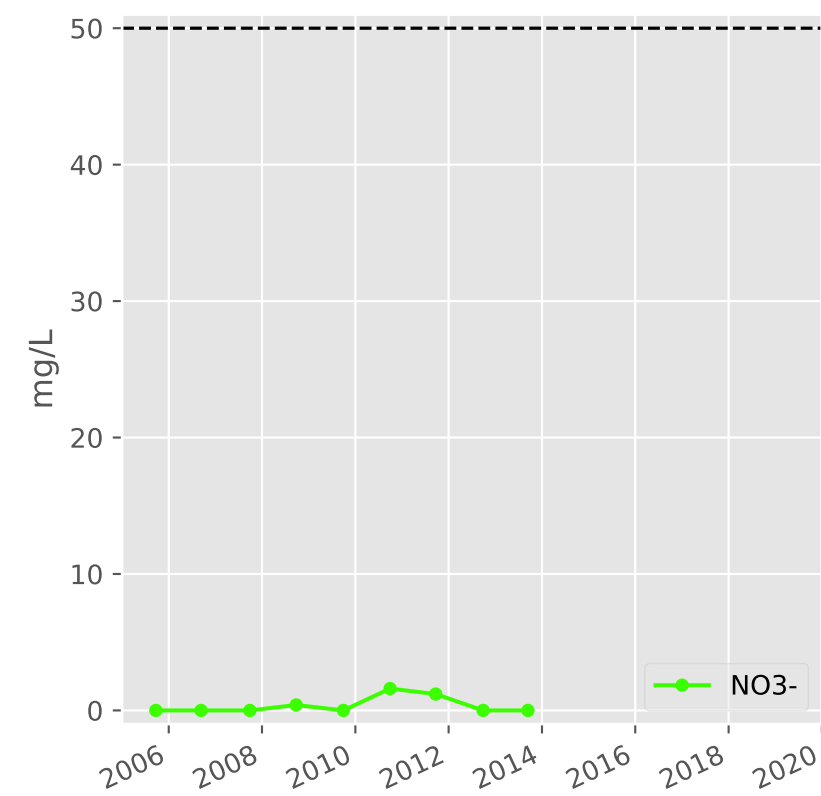
Ammonium



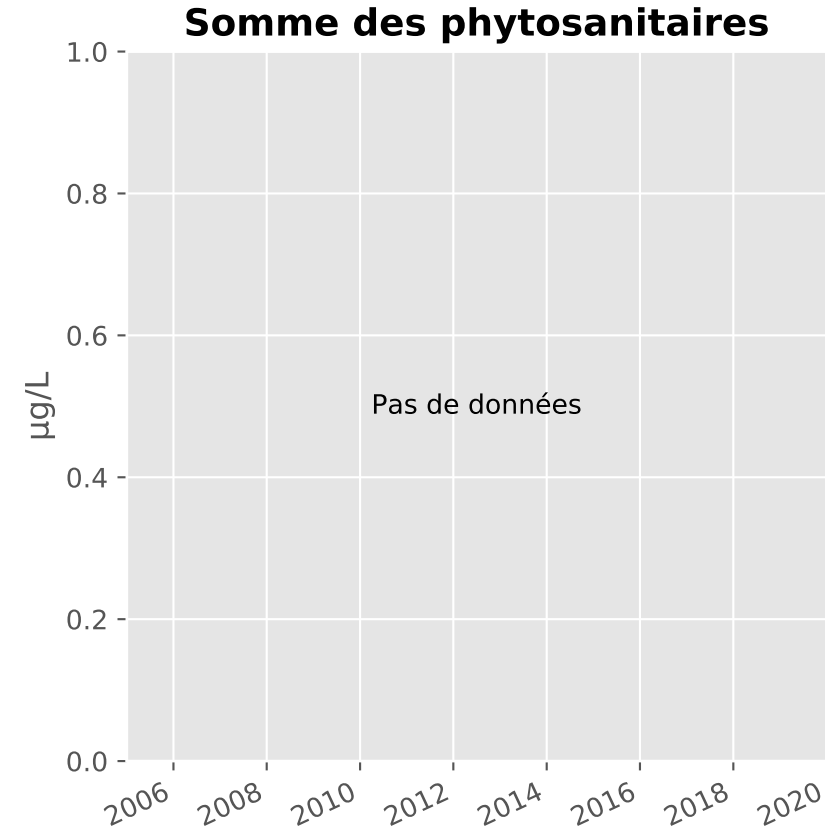
Nitrites



Nitrates

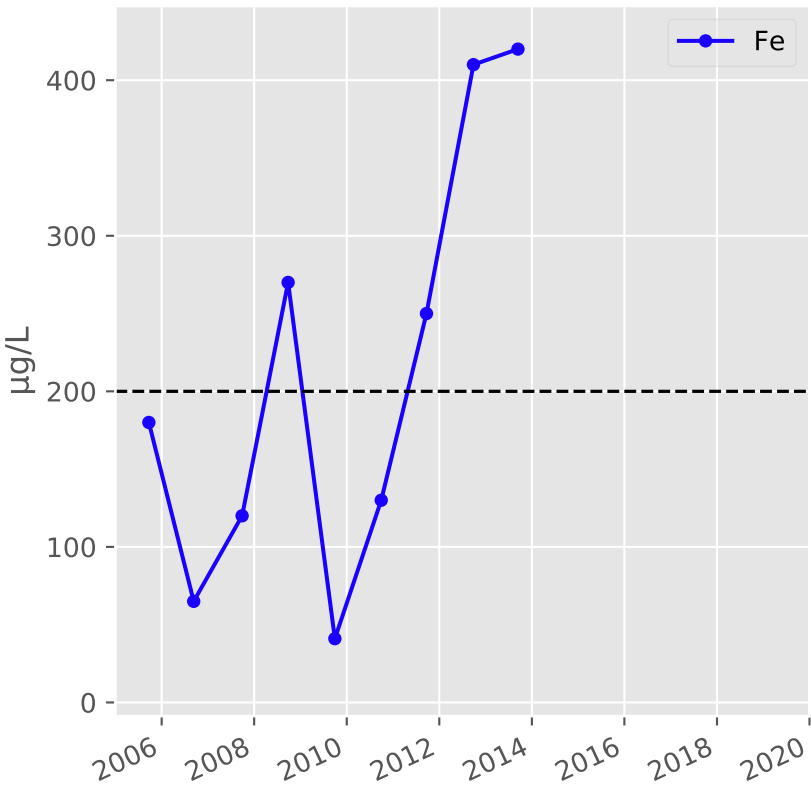


Somme des phytosanitaires

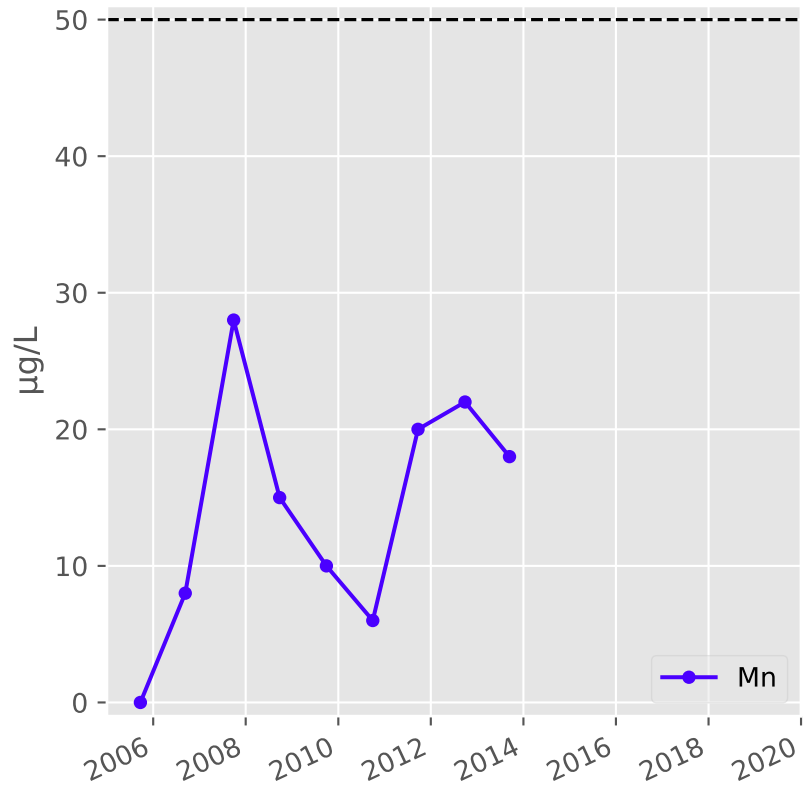


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C01 - For. Ferme de Mance - 01372X0206

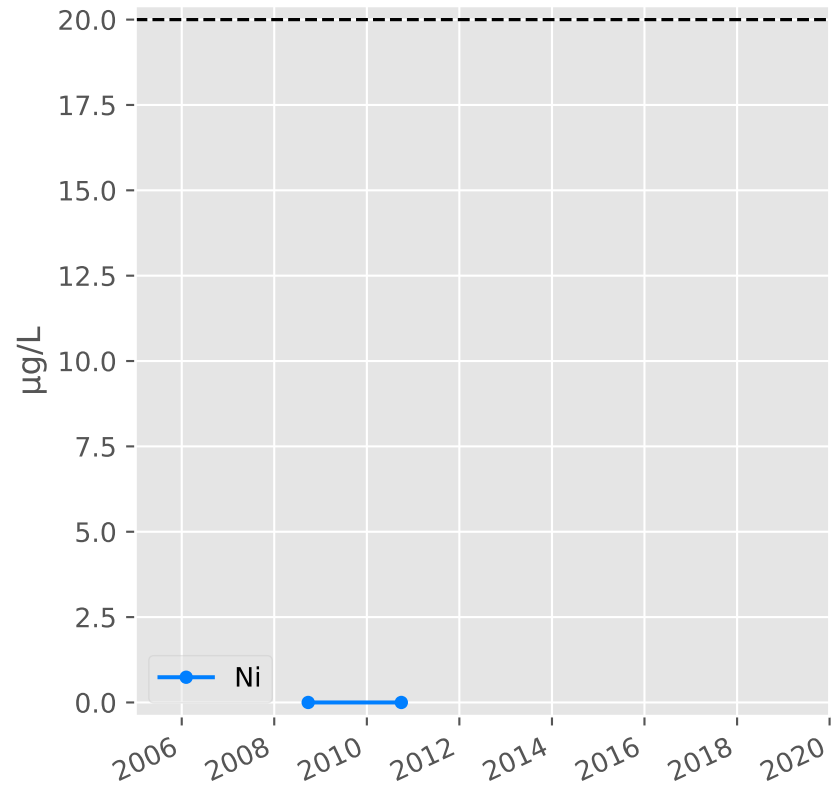
Fer



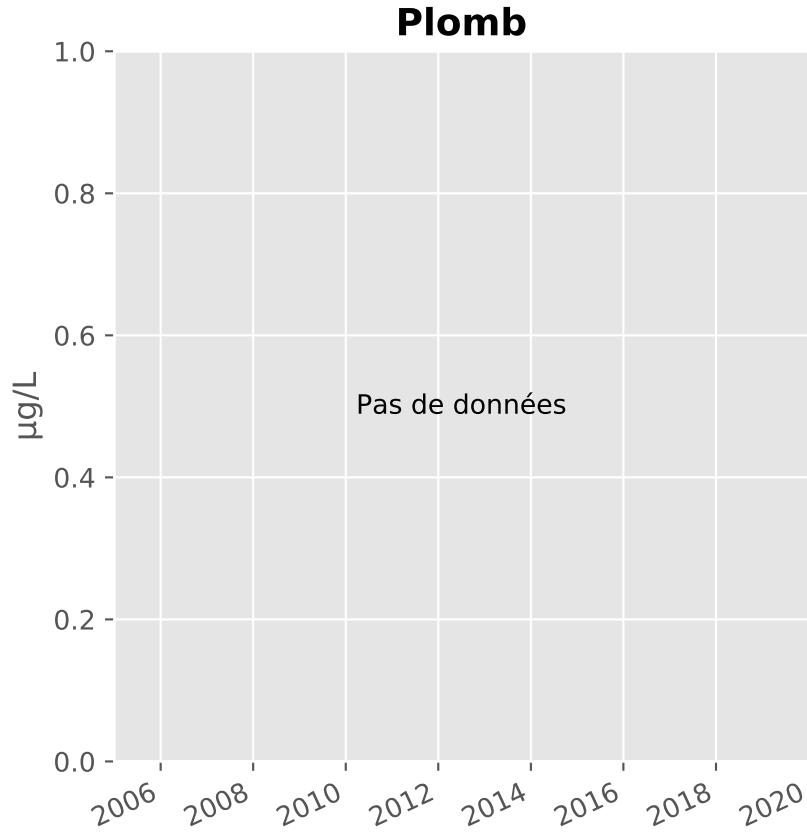
Manganèse



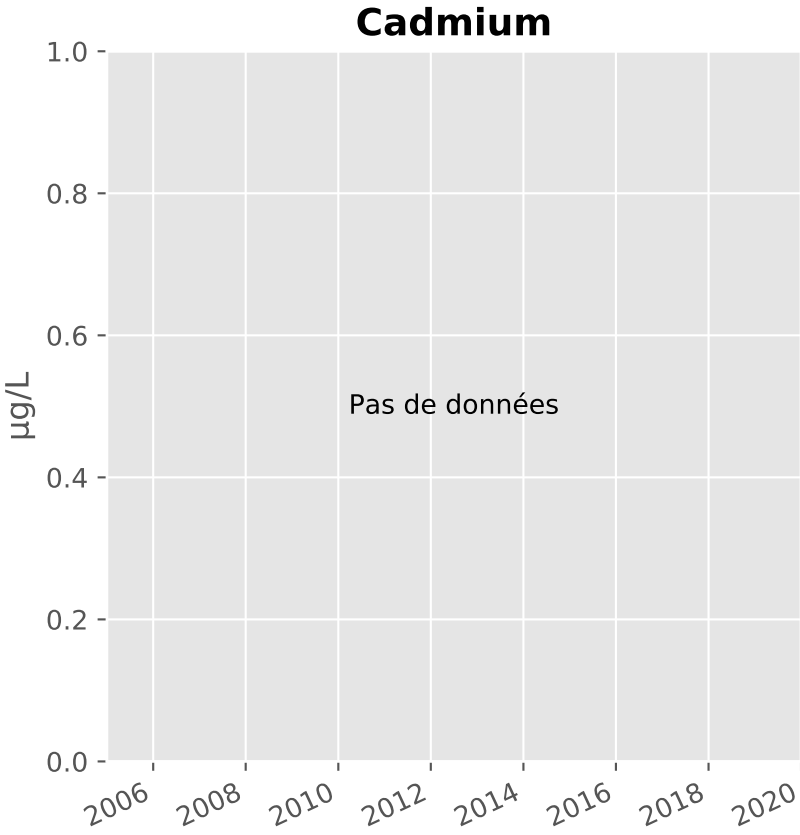
Nickel



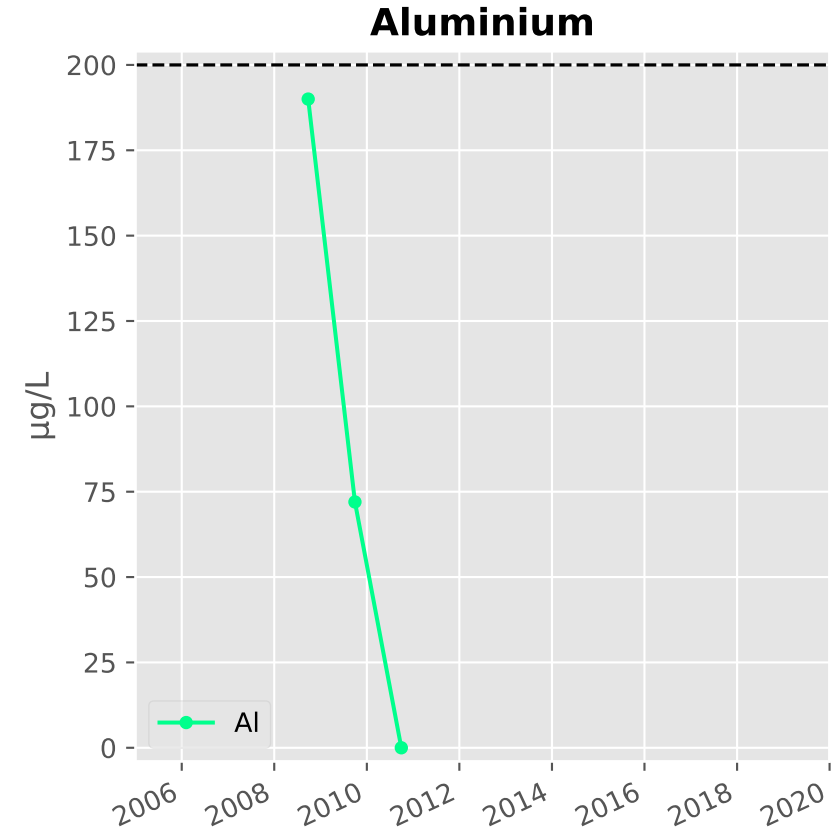
Plomb



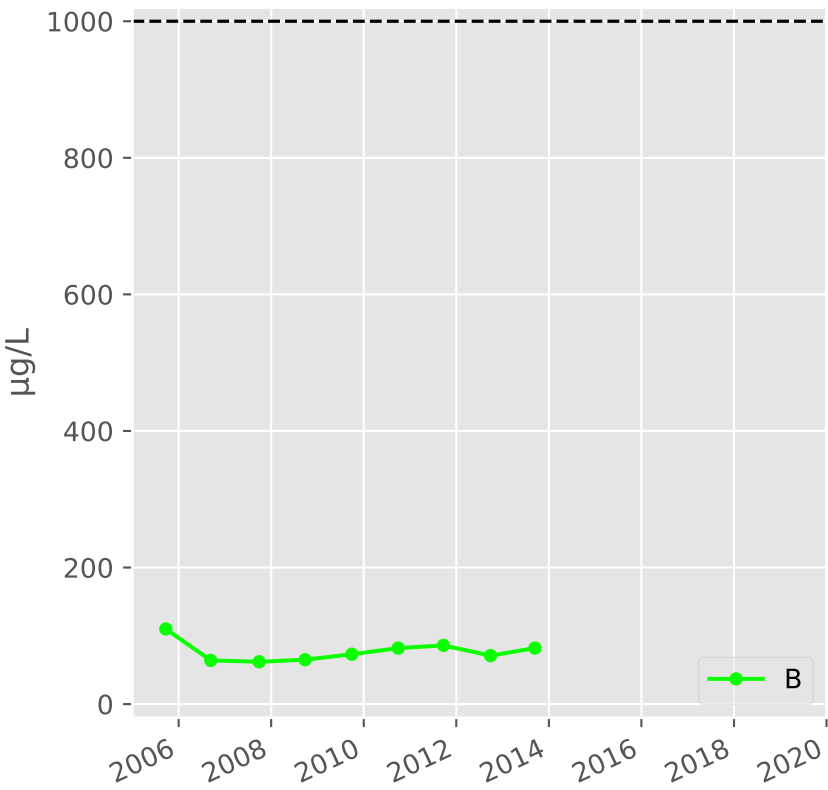
Cadmium



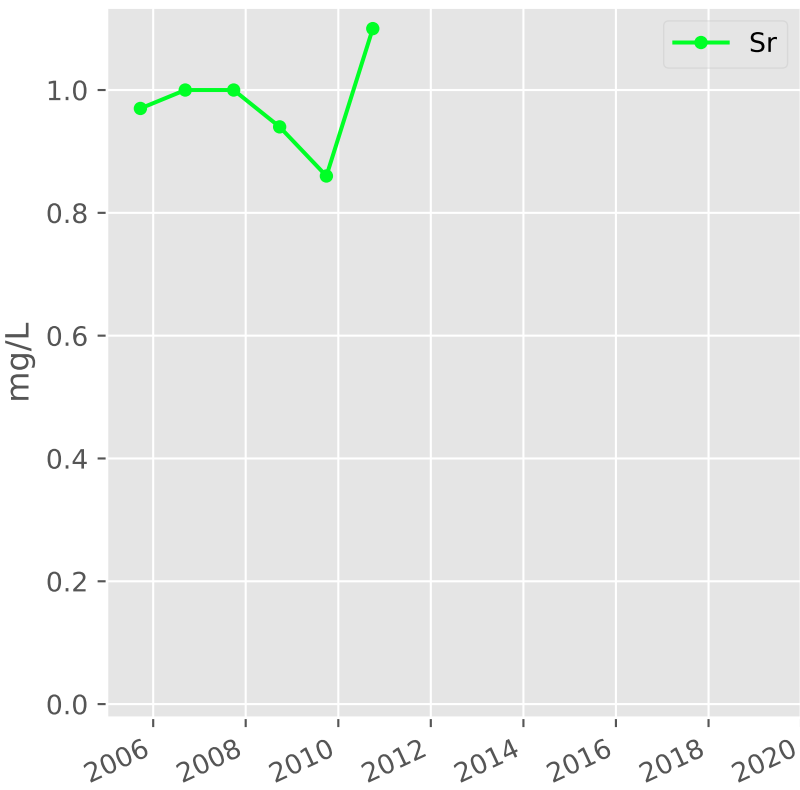
Aluminium



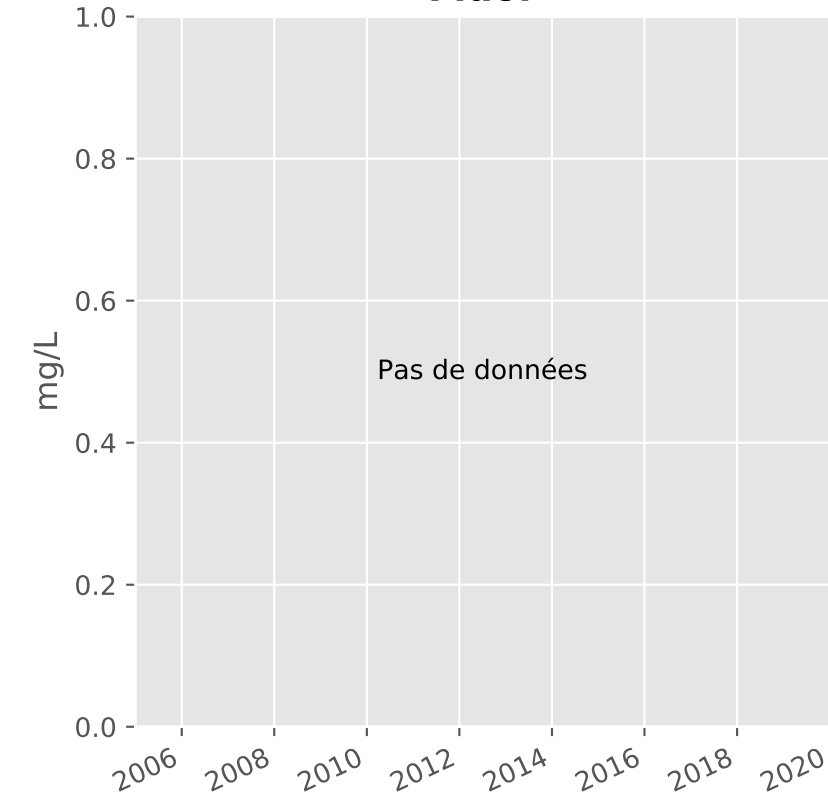
Bore



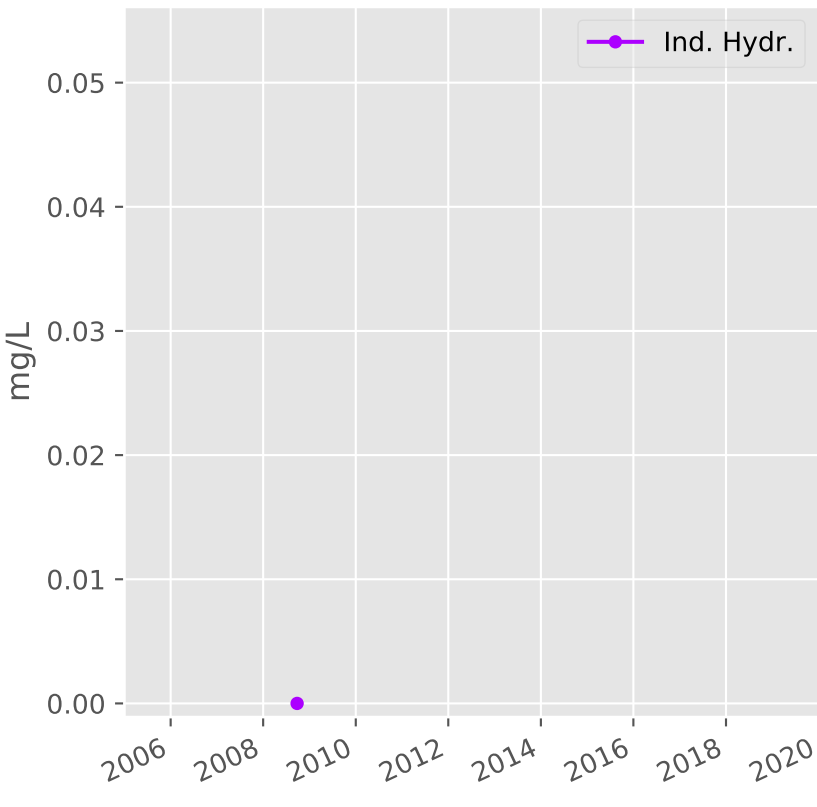
Strontium



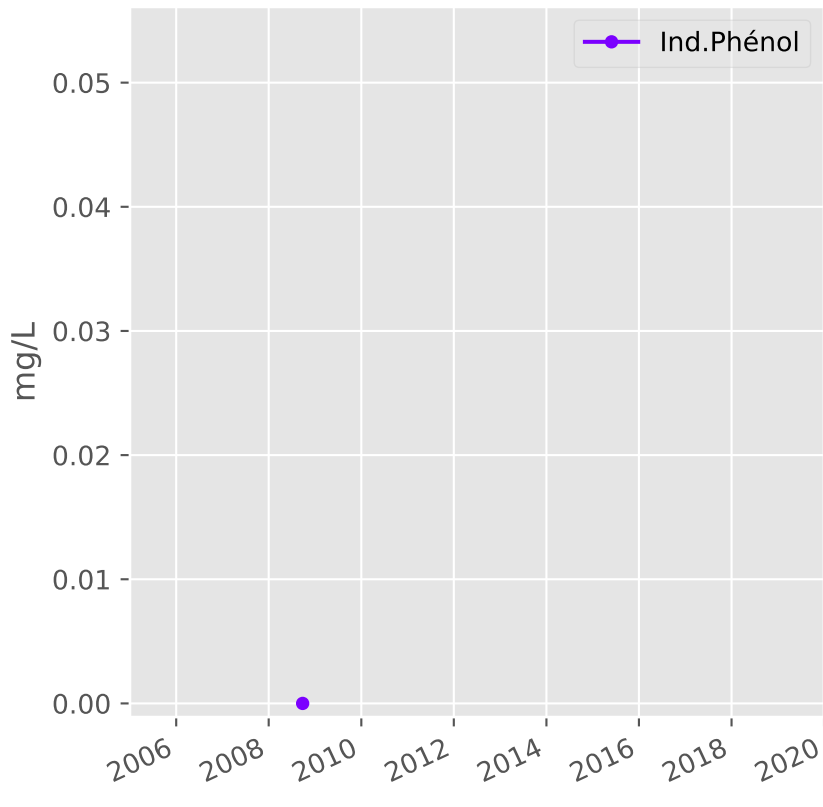
Fluor



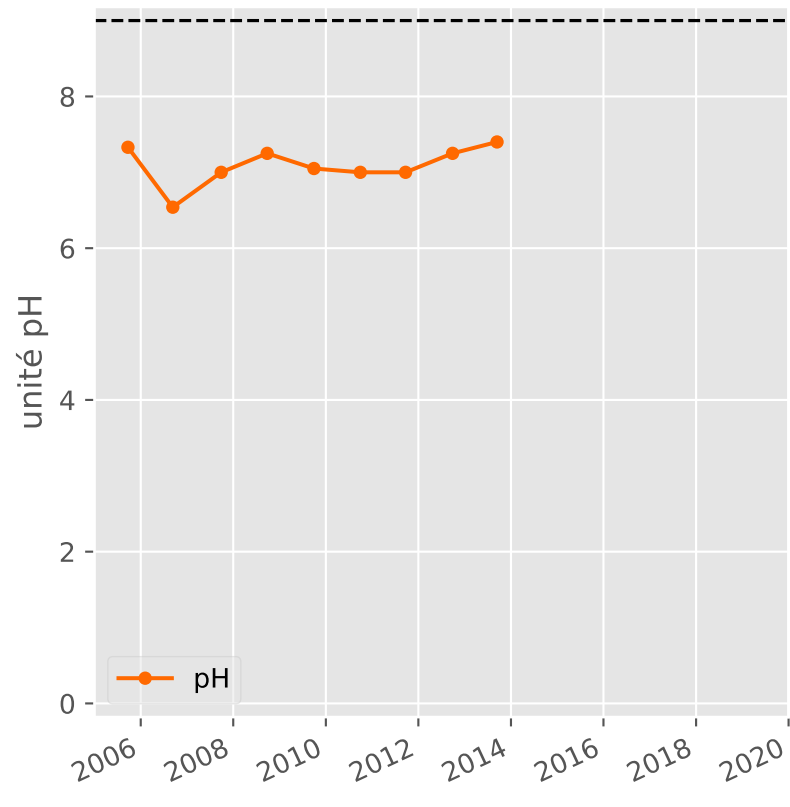
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

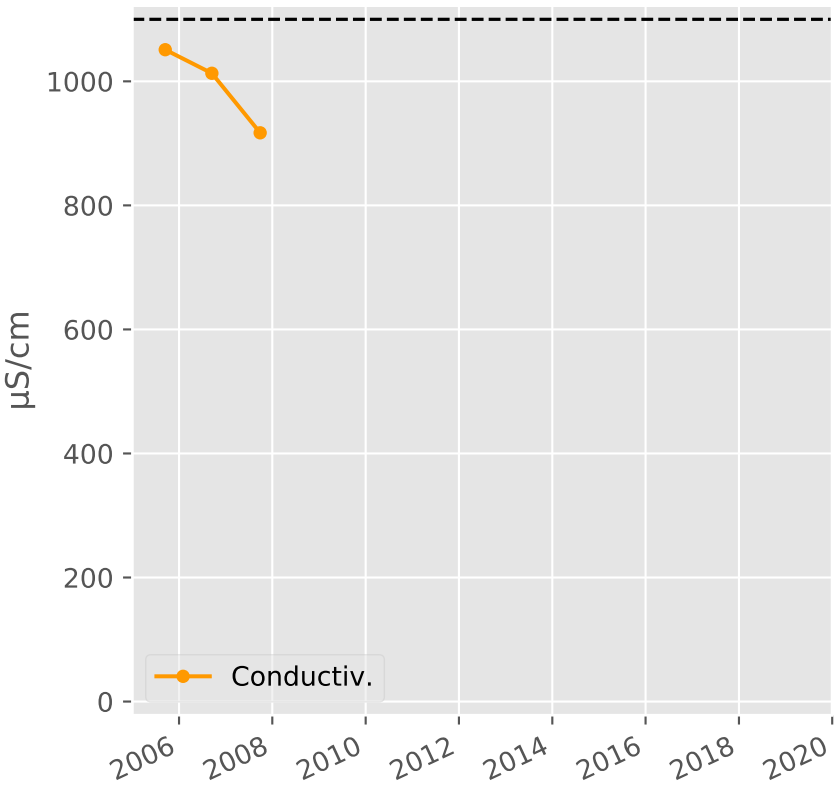


pH

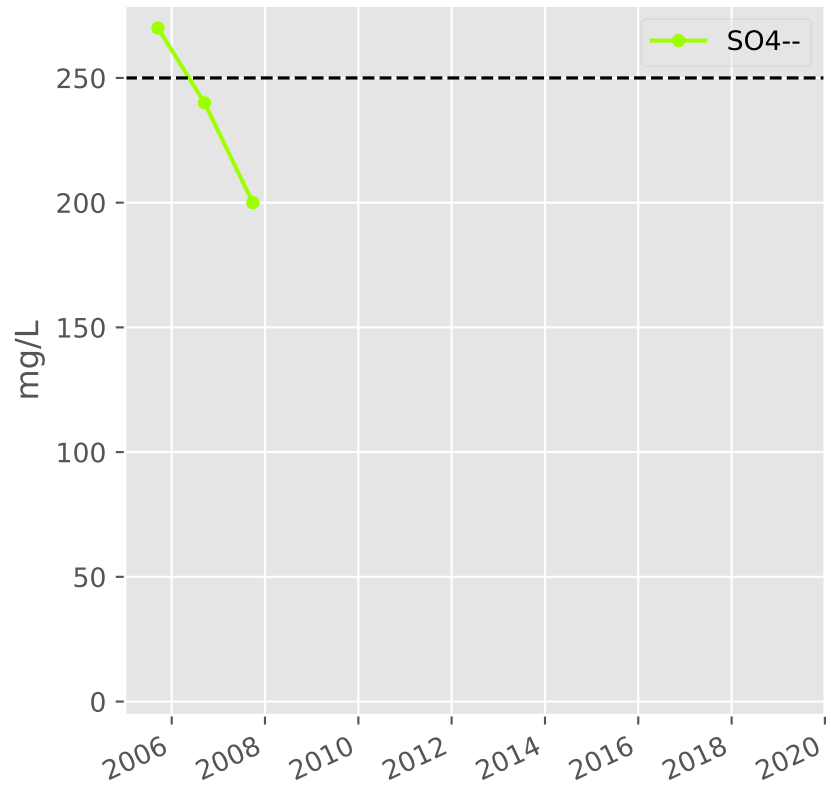


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C19 - Source de Mance - 01372X0207

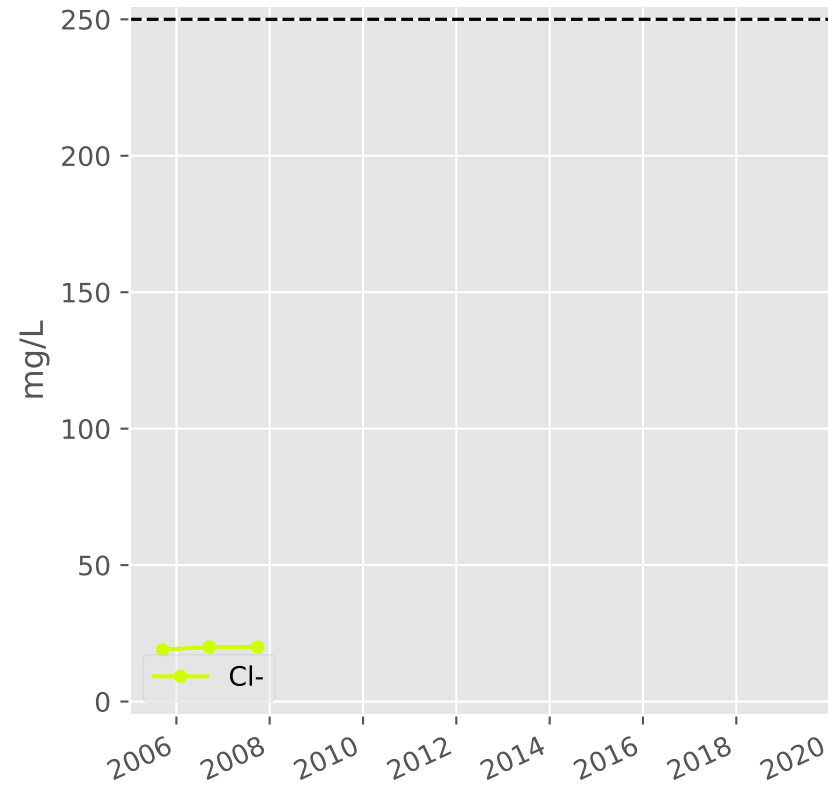
Conductivité



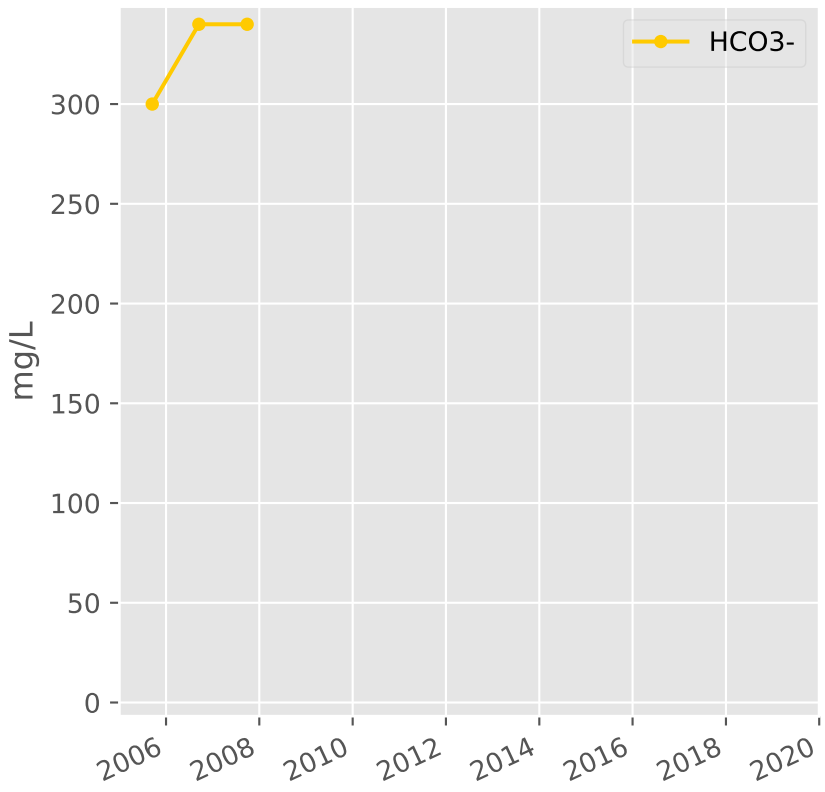
Sulfates



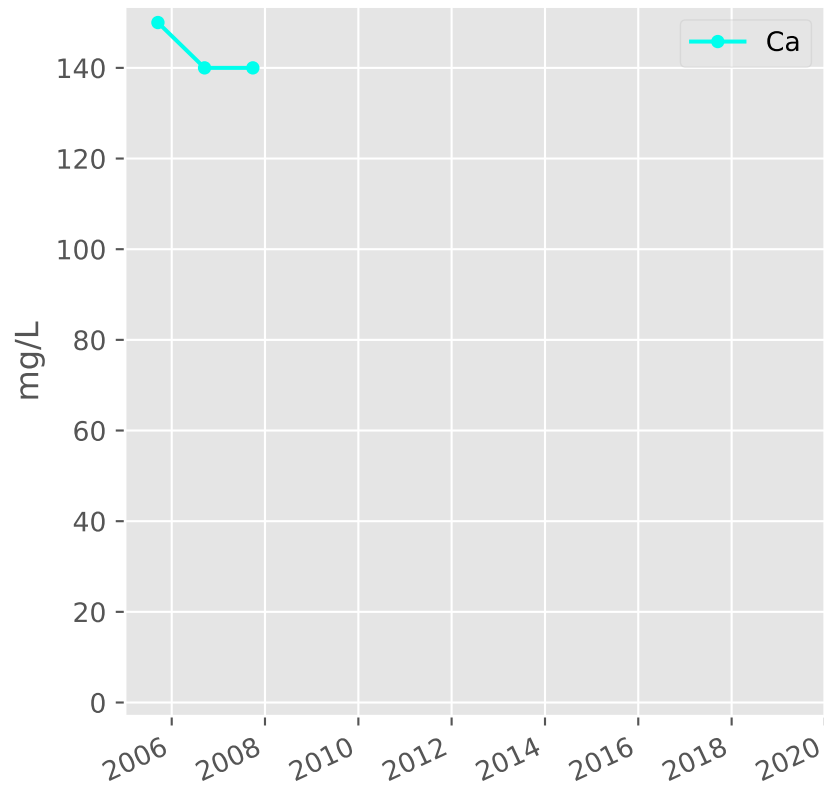
Chlorures



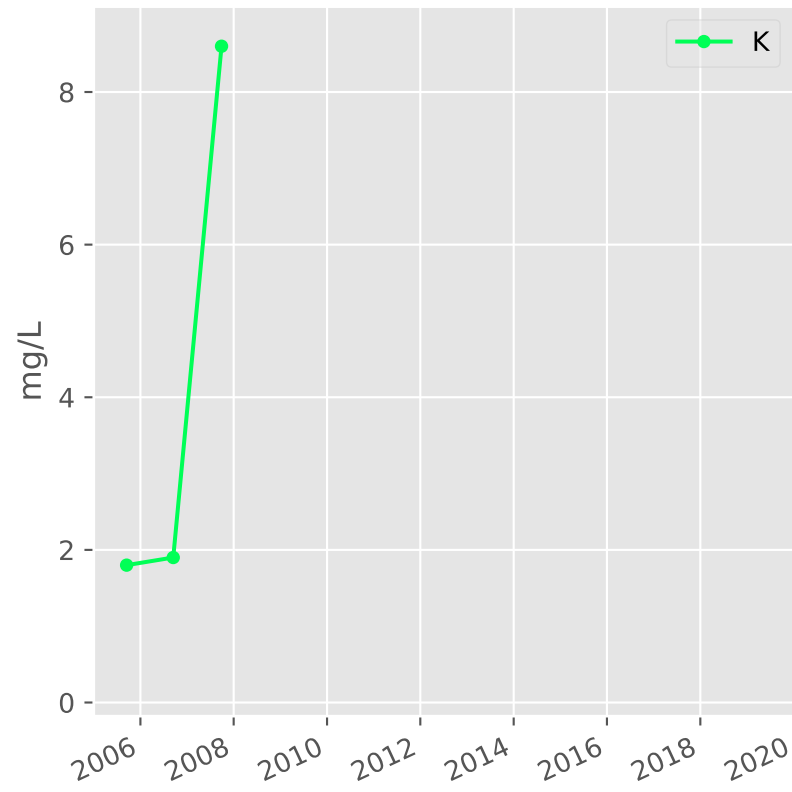
Bicarbonates



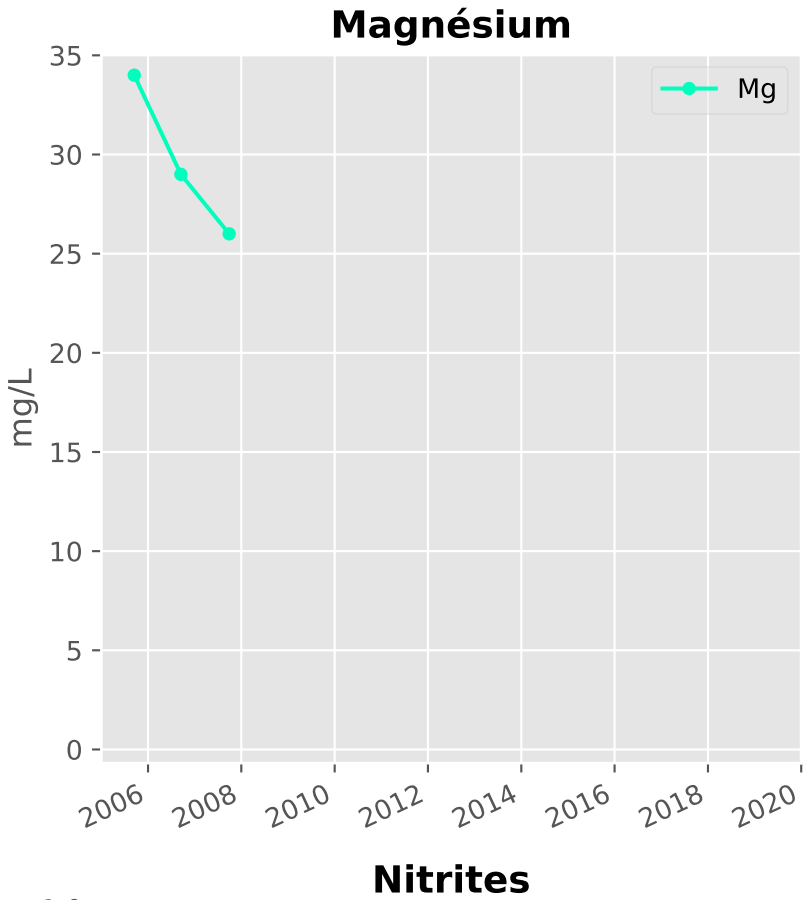
Calcium



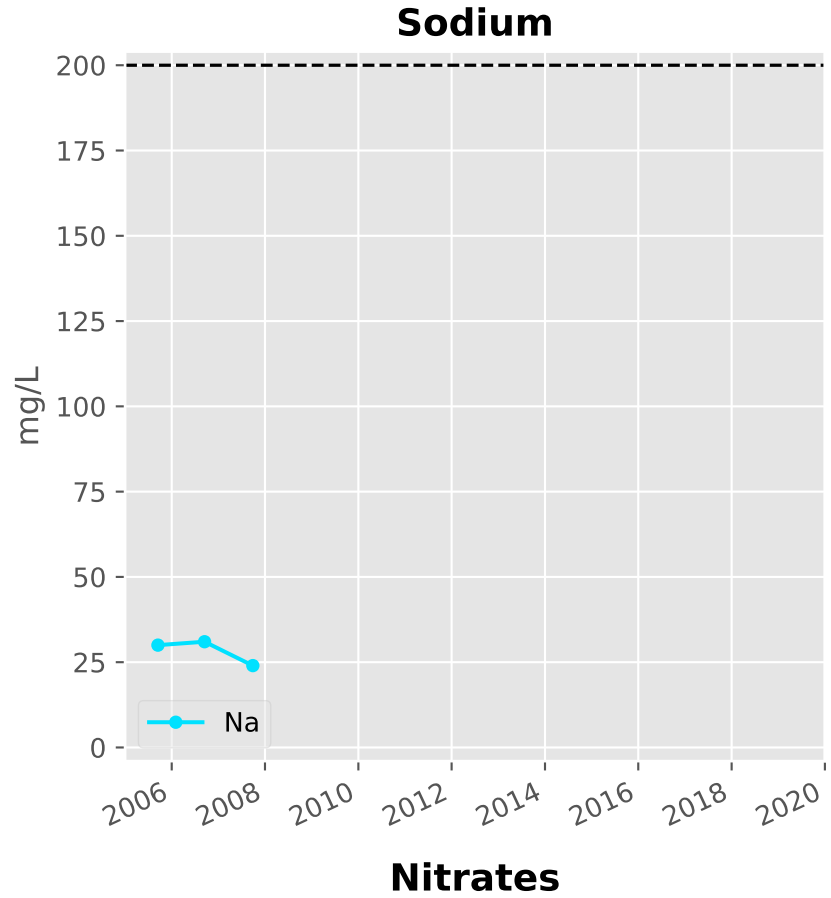
Potassium



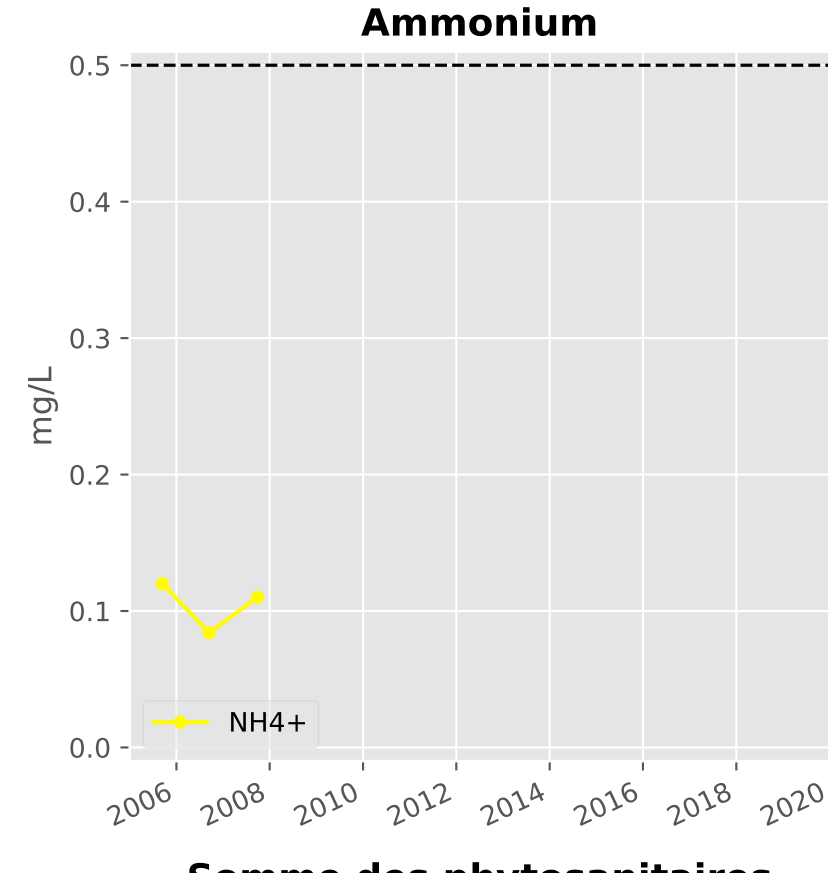
Magnésium



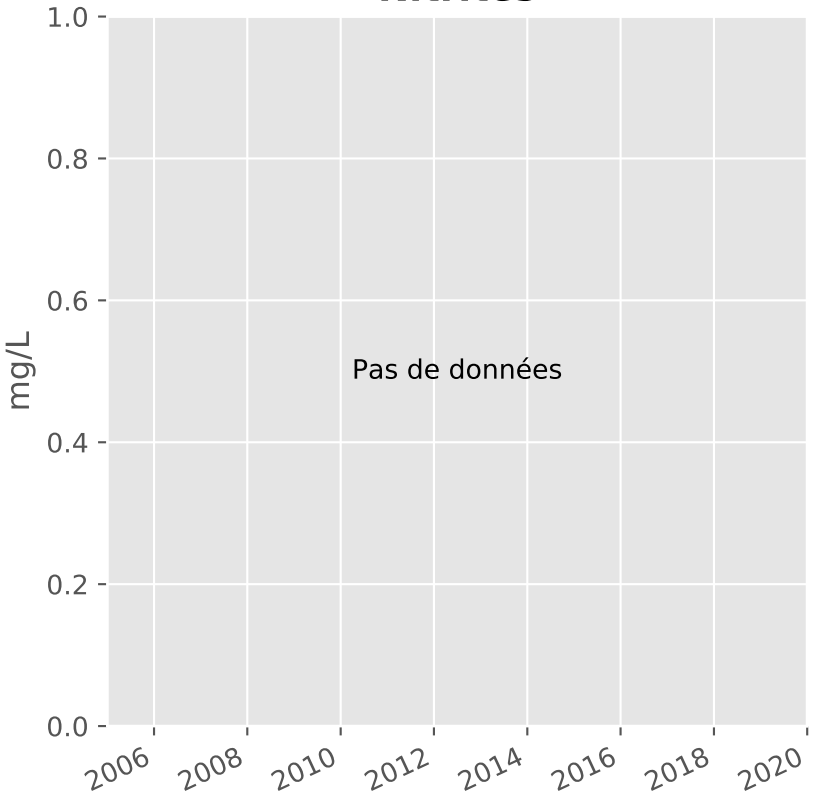
Sodium



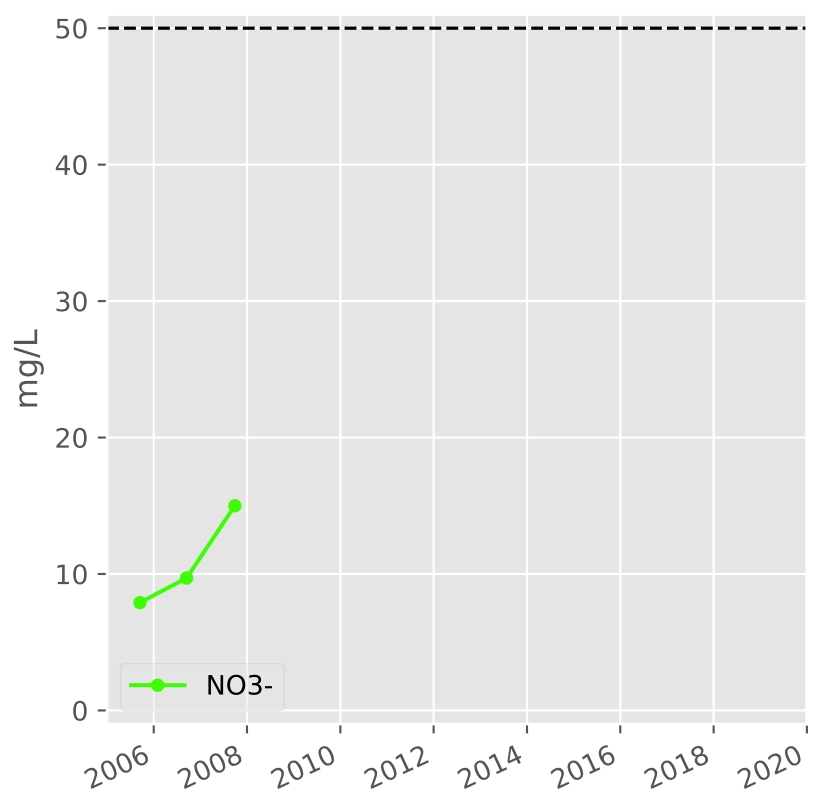
Ammonium



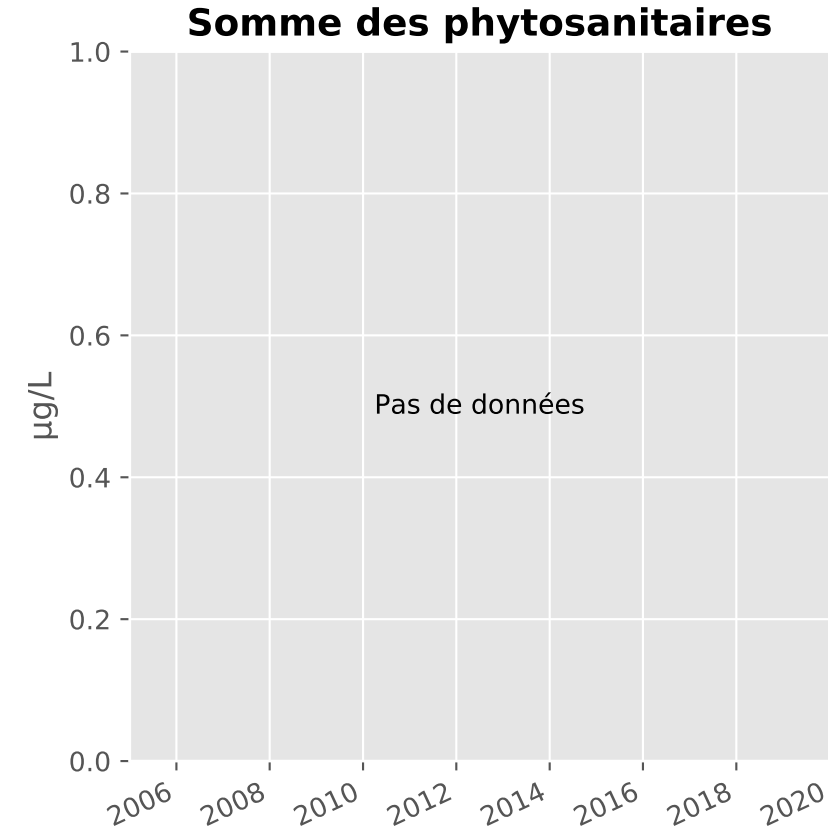
Nitrites



Nitrates

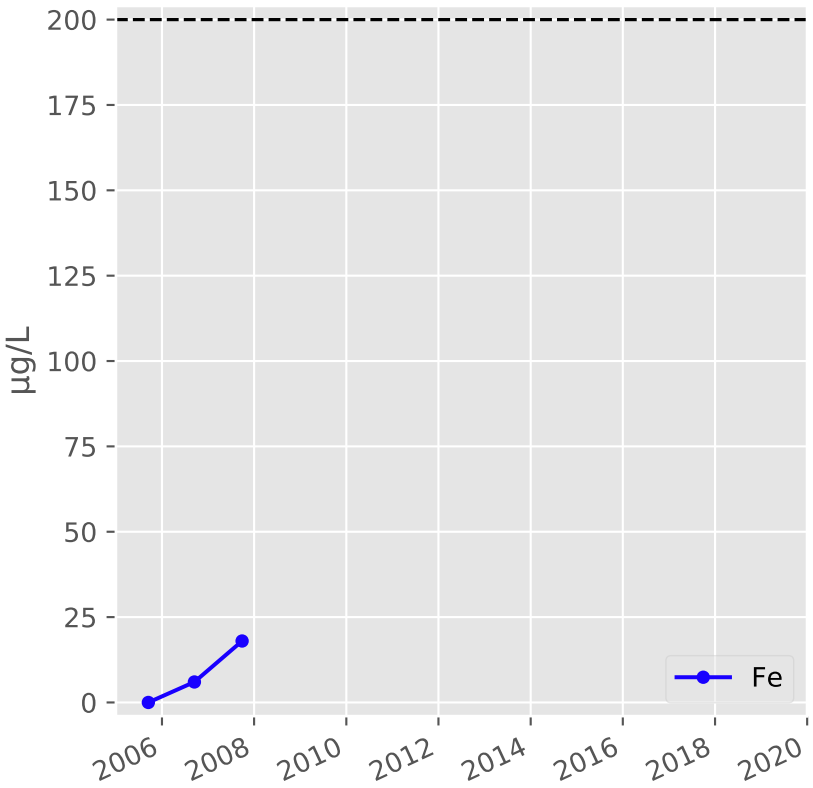


Somme des phytosanitaires

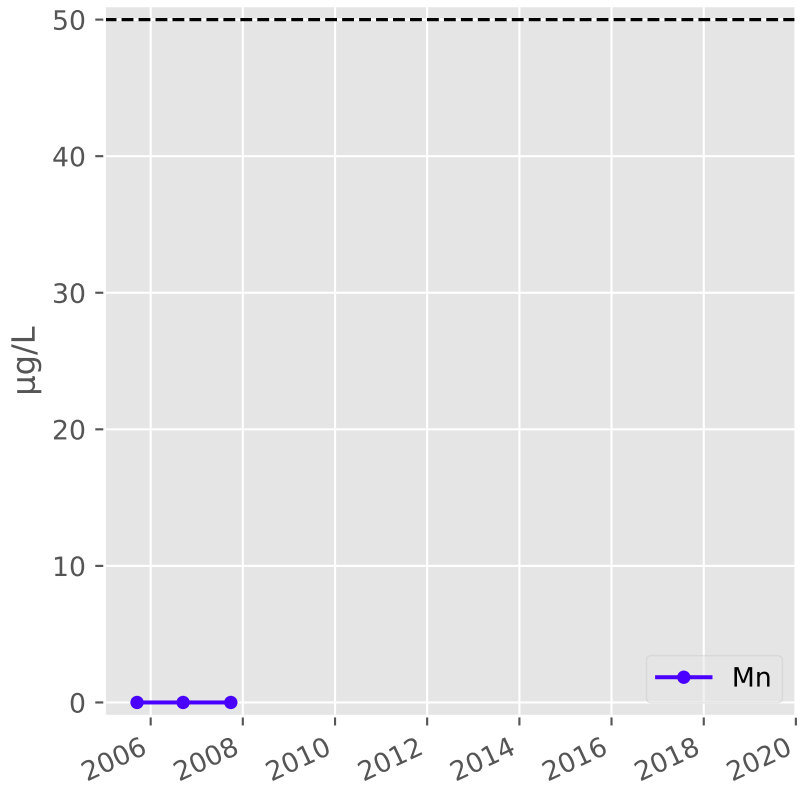


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C19 - Source de Mance - 01372X0207

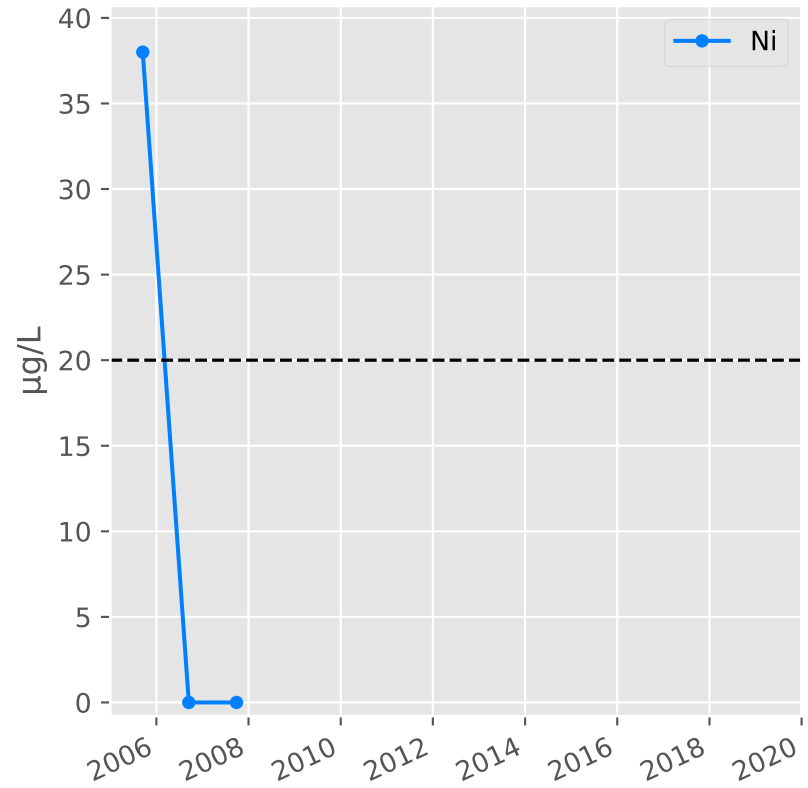
Fer



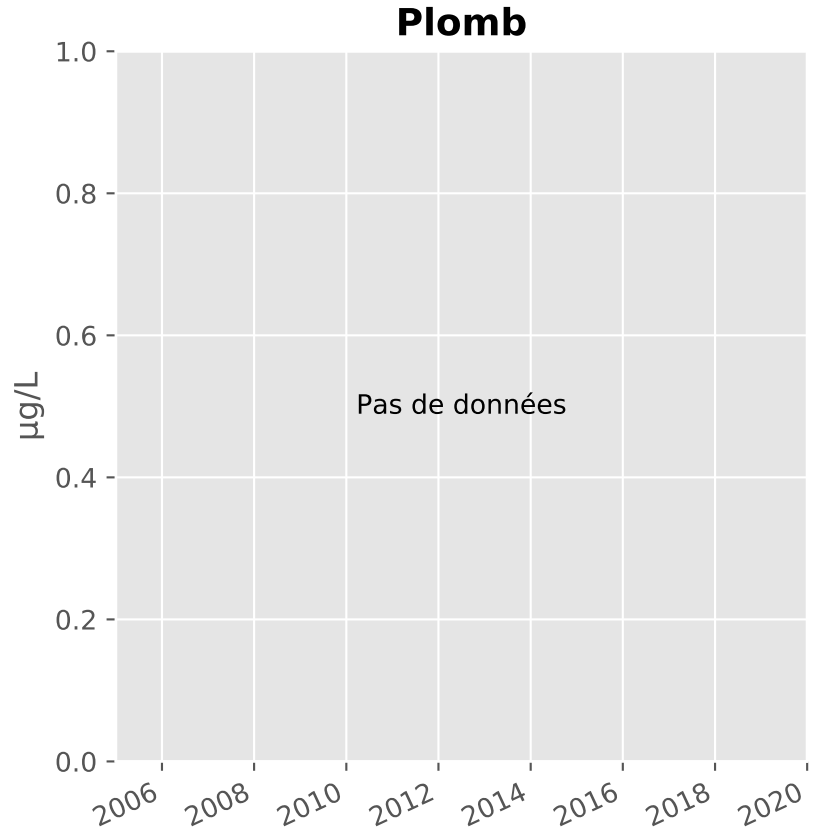
Manganèse



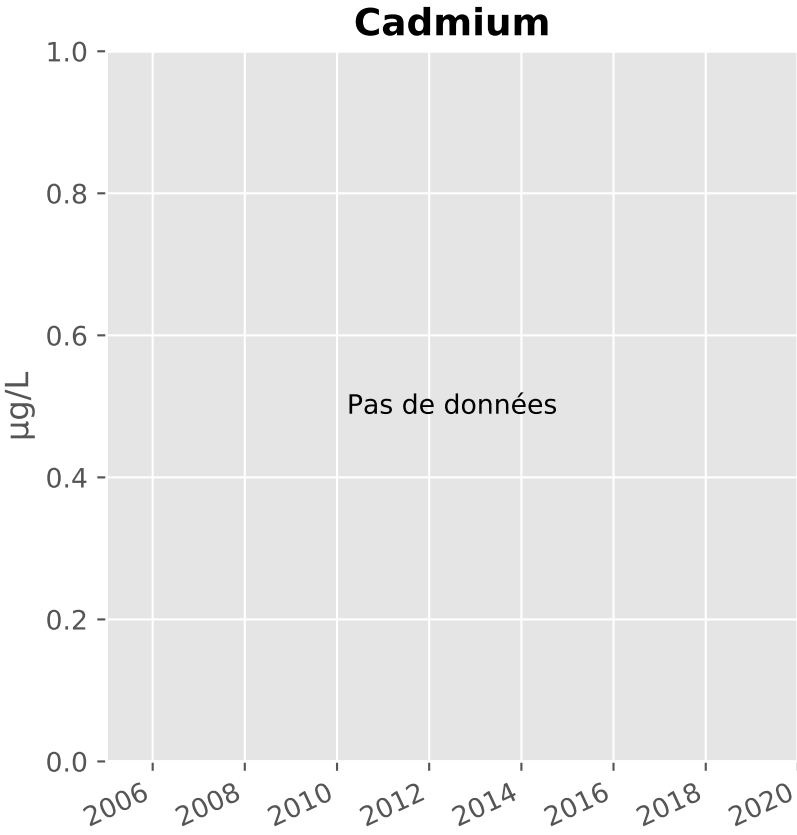
Nickel



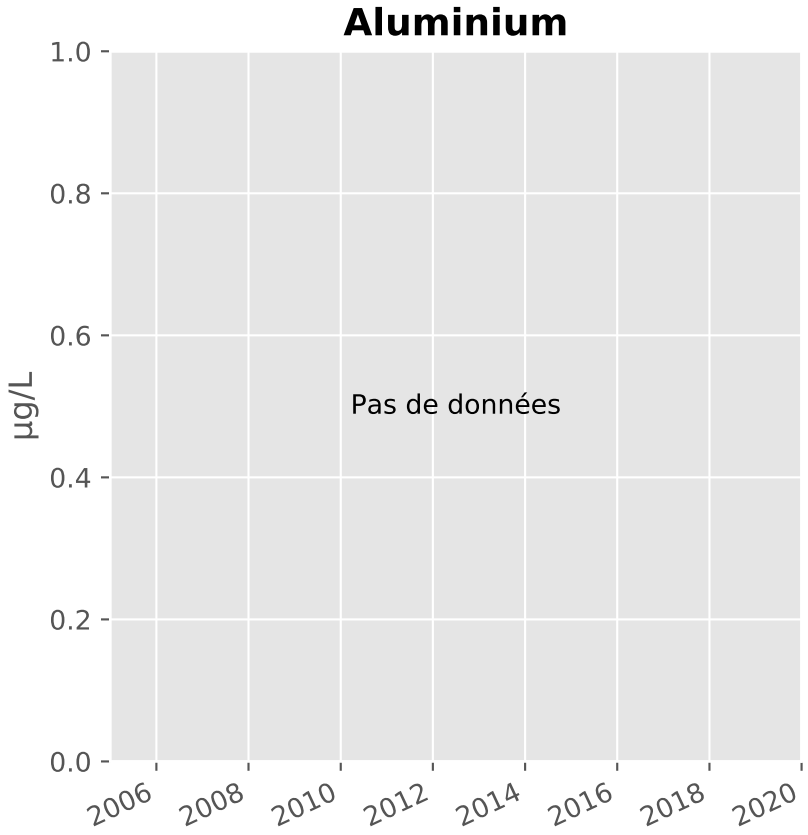
Plomb



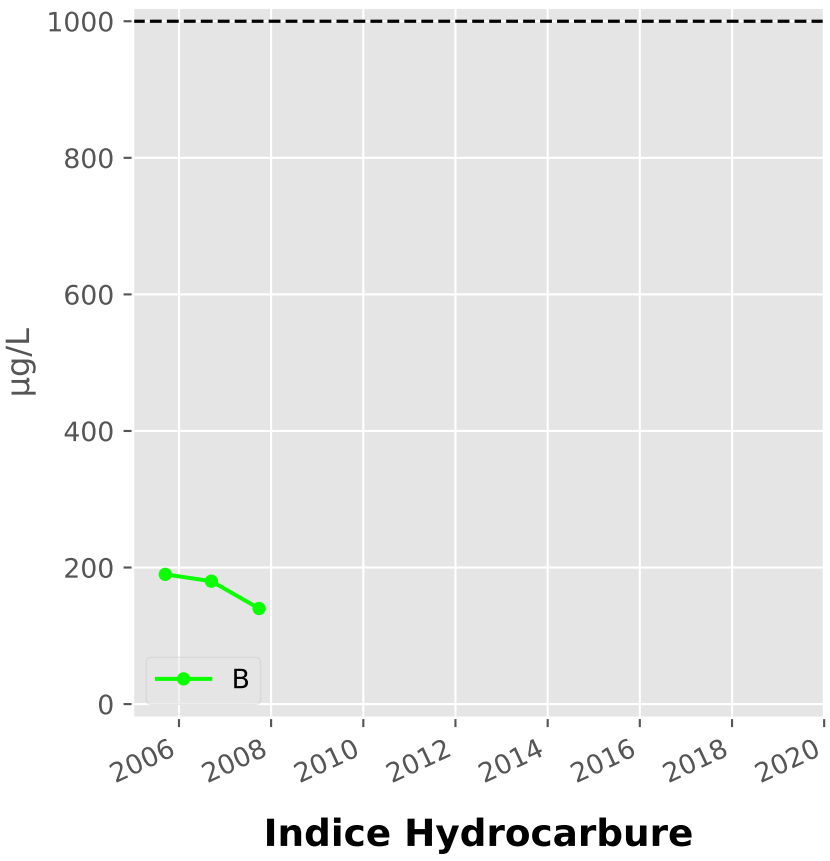
Cadmium



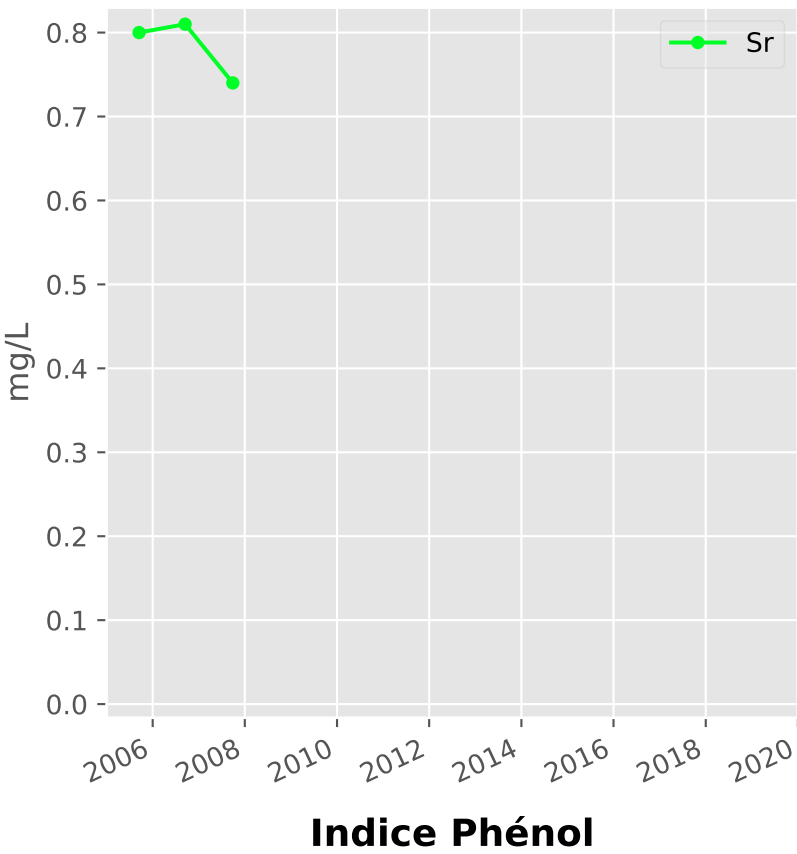
Aluminium



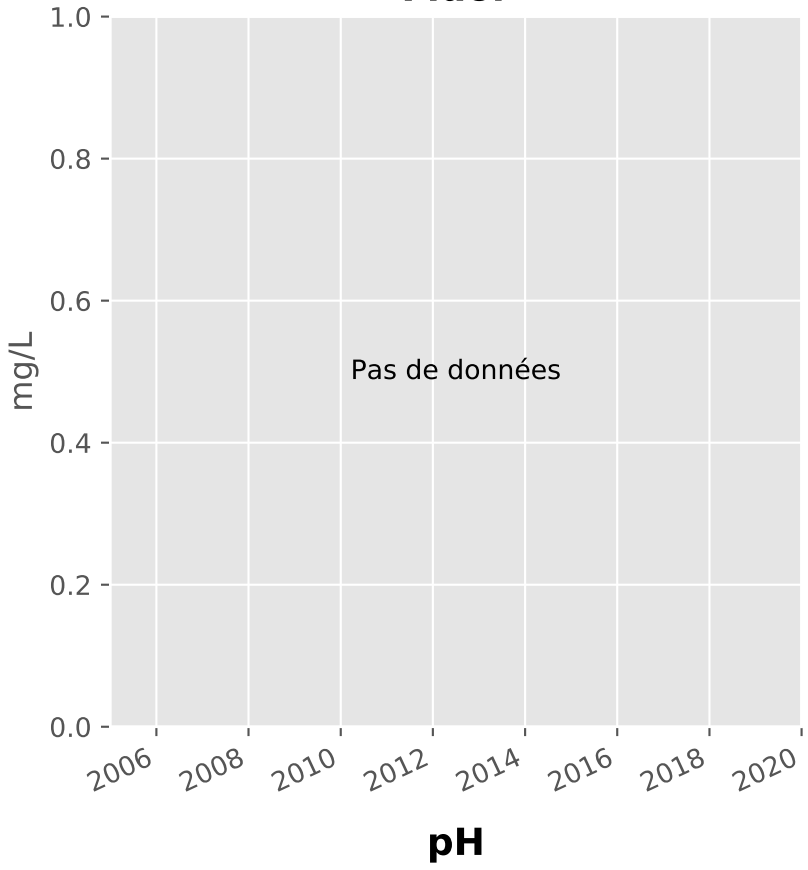
Bore



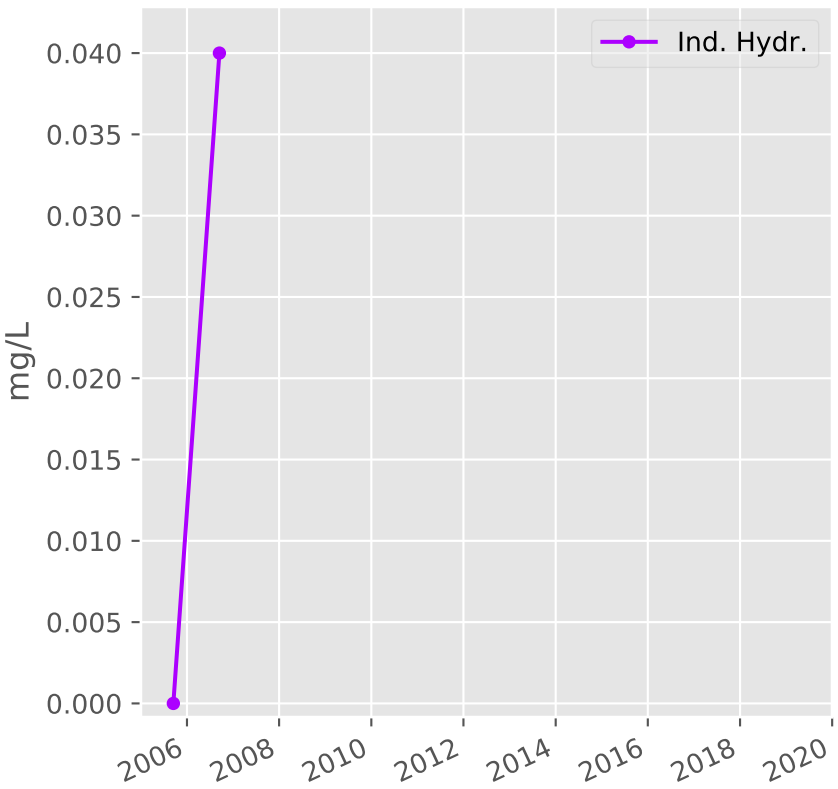
Strontium



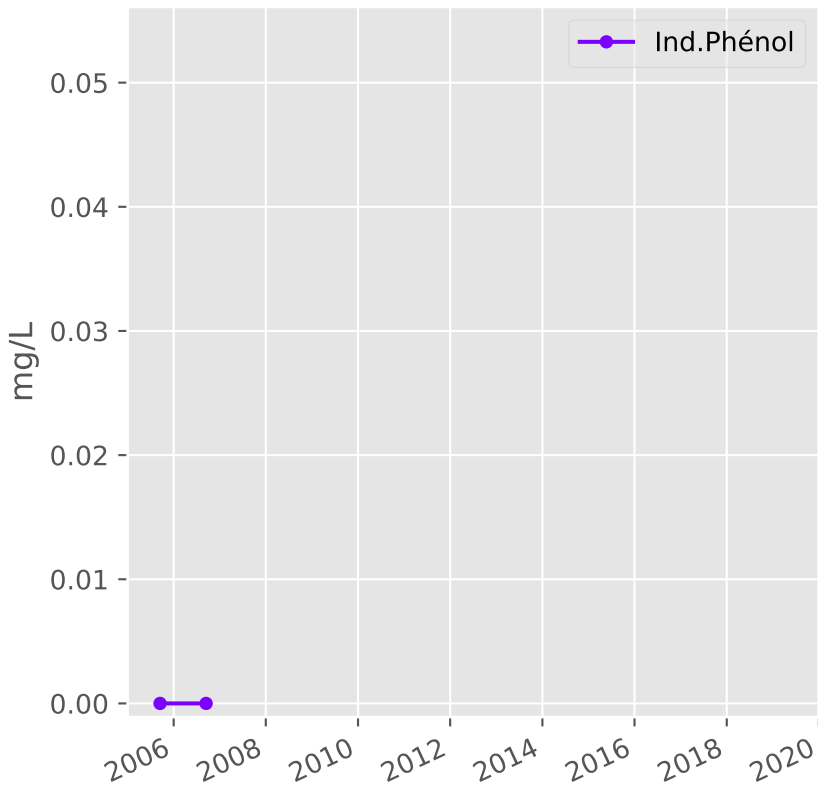
Fluor



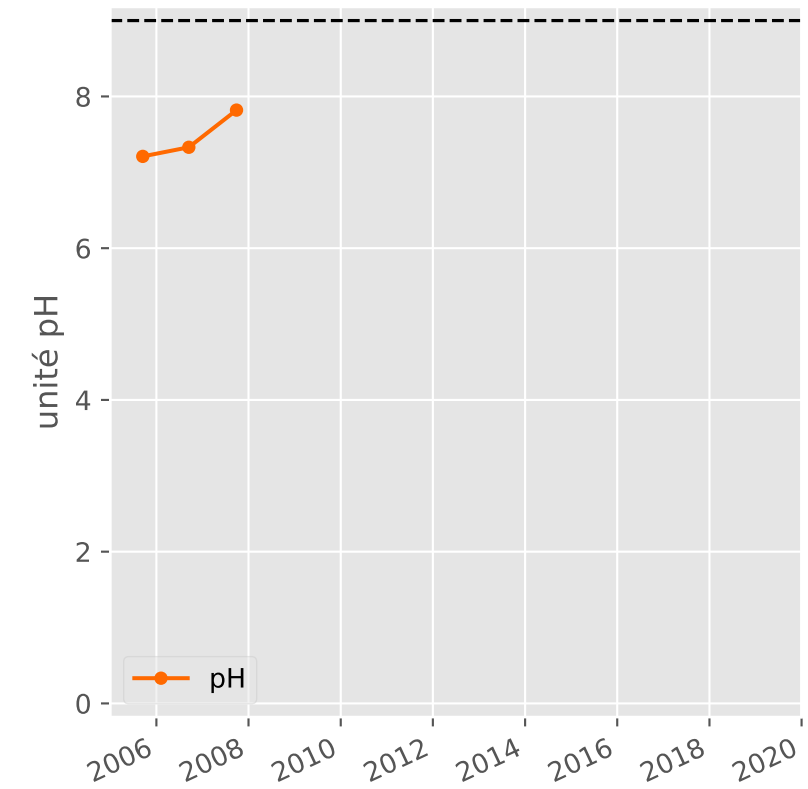
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

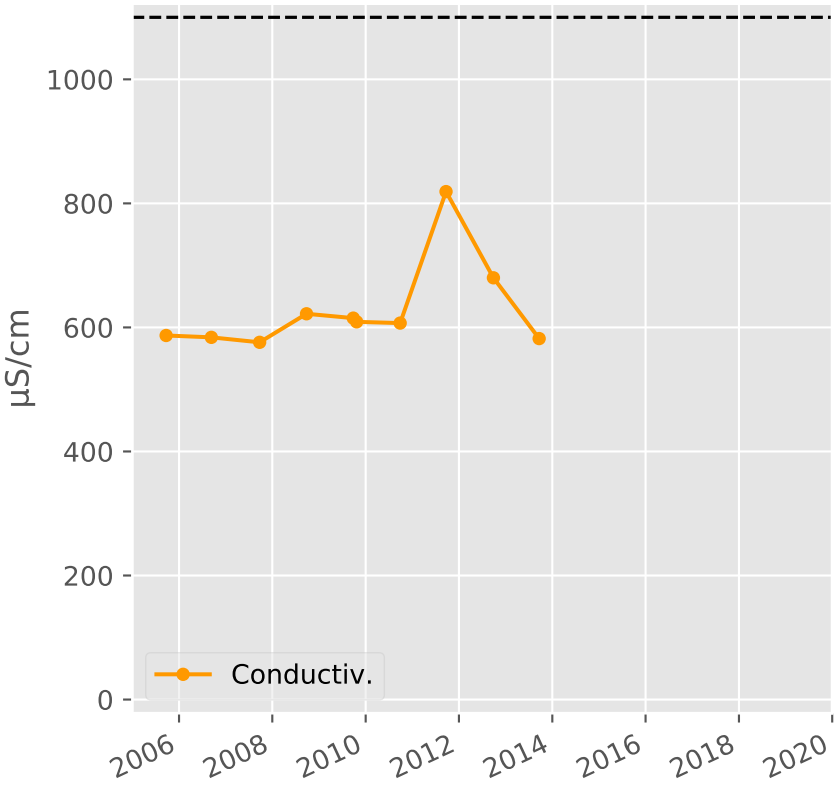


pH

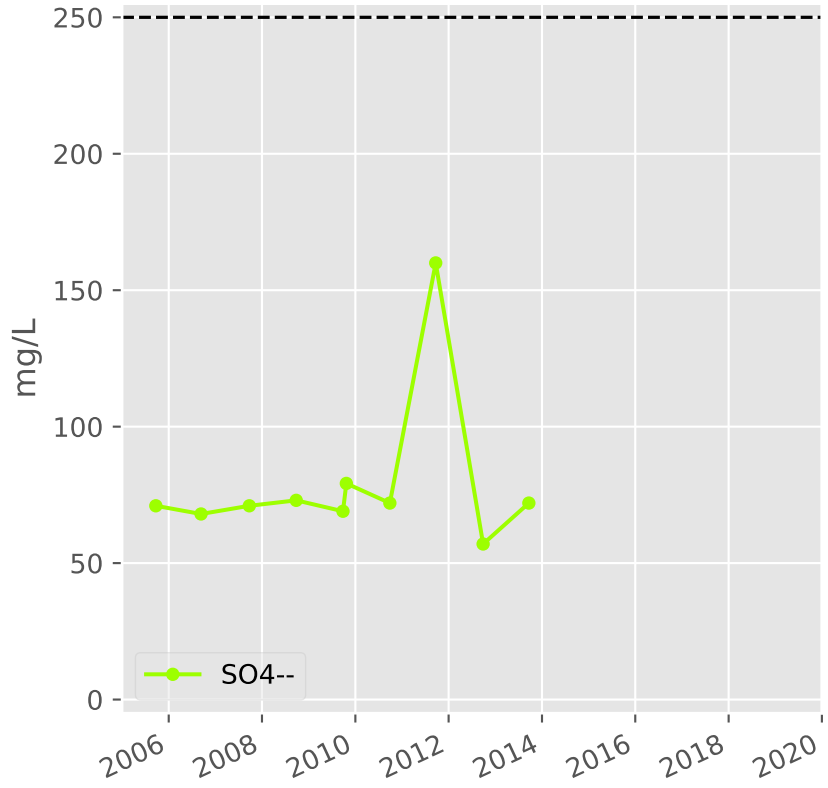


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S10 - Pz. Briey B - 01372X0209

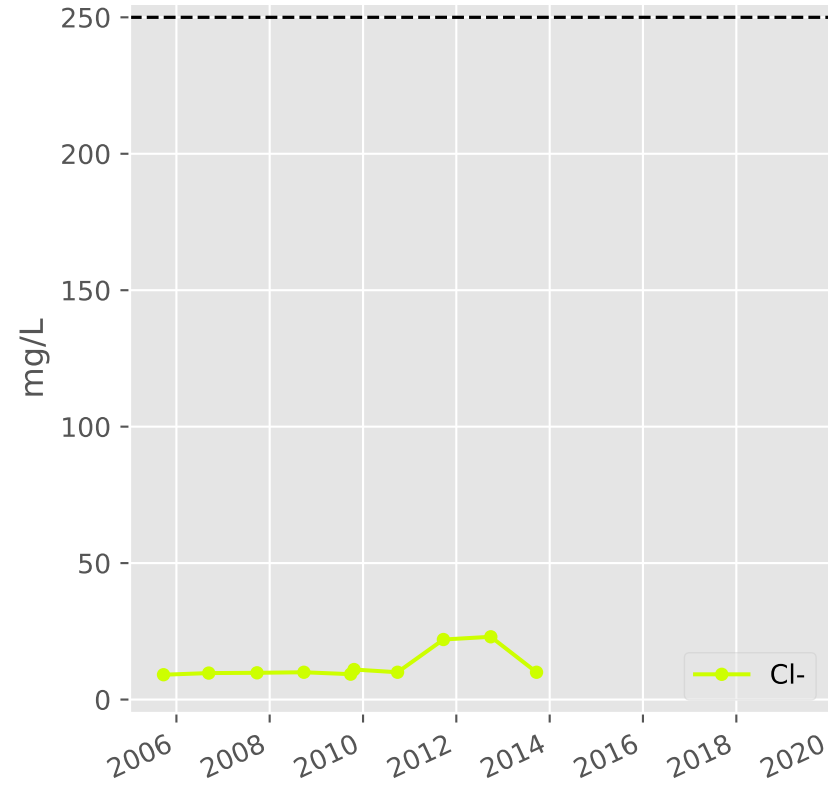
Conductivité



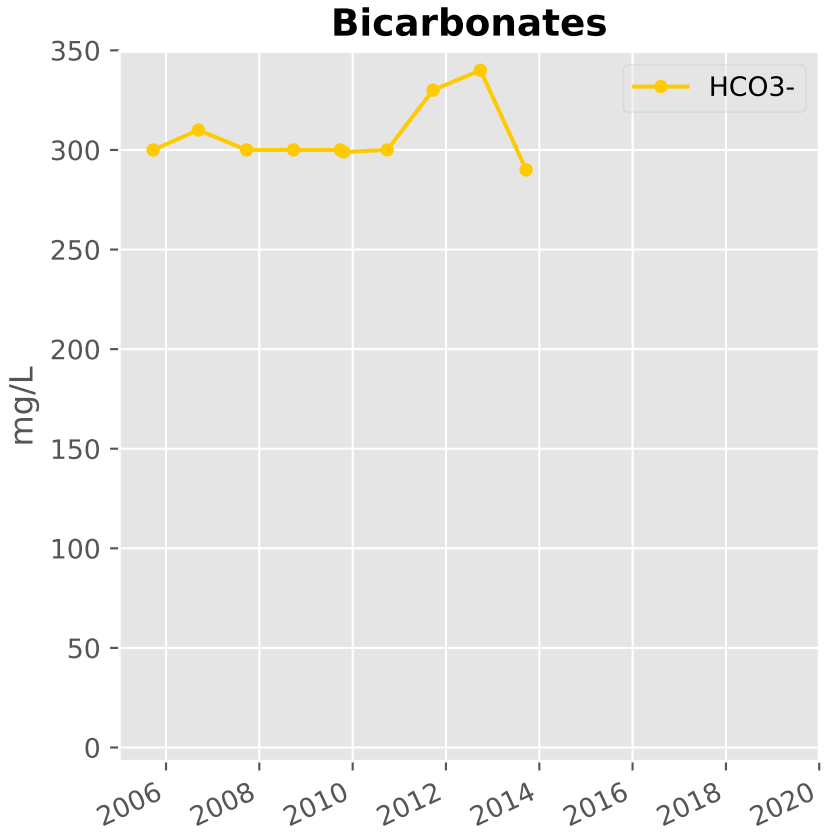
Sulfates



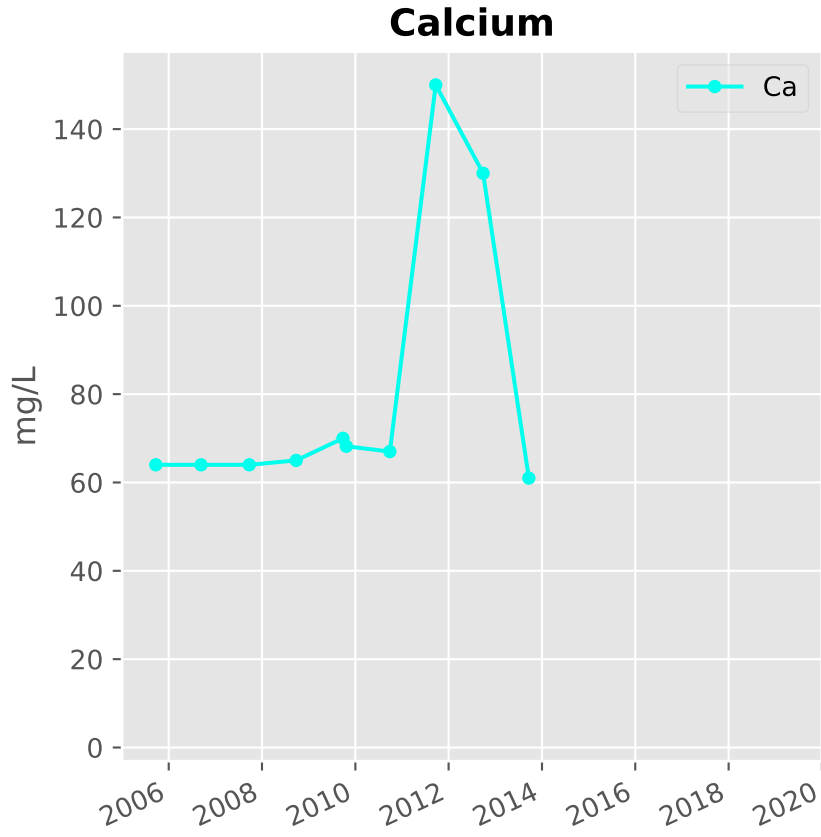
Chlorures



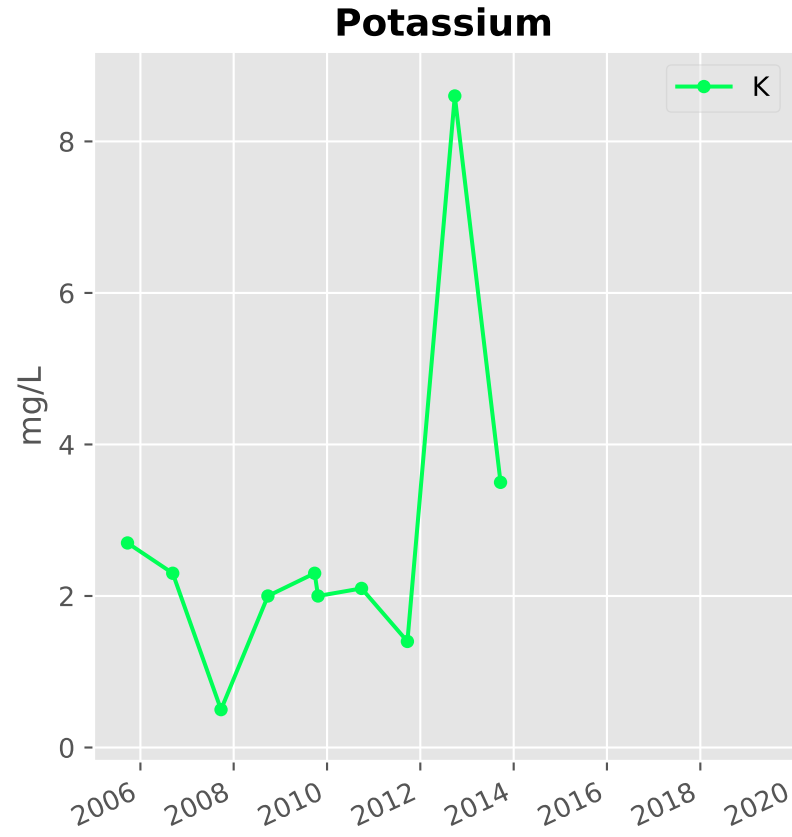
Bicarbonates



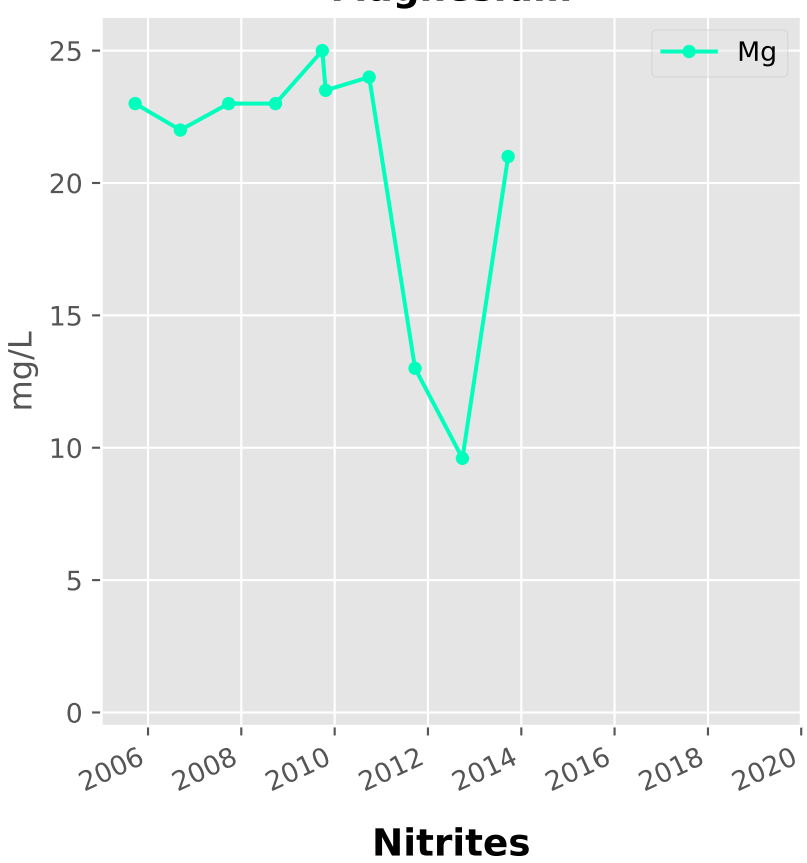
Calcium



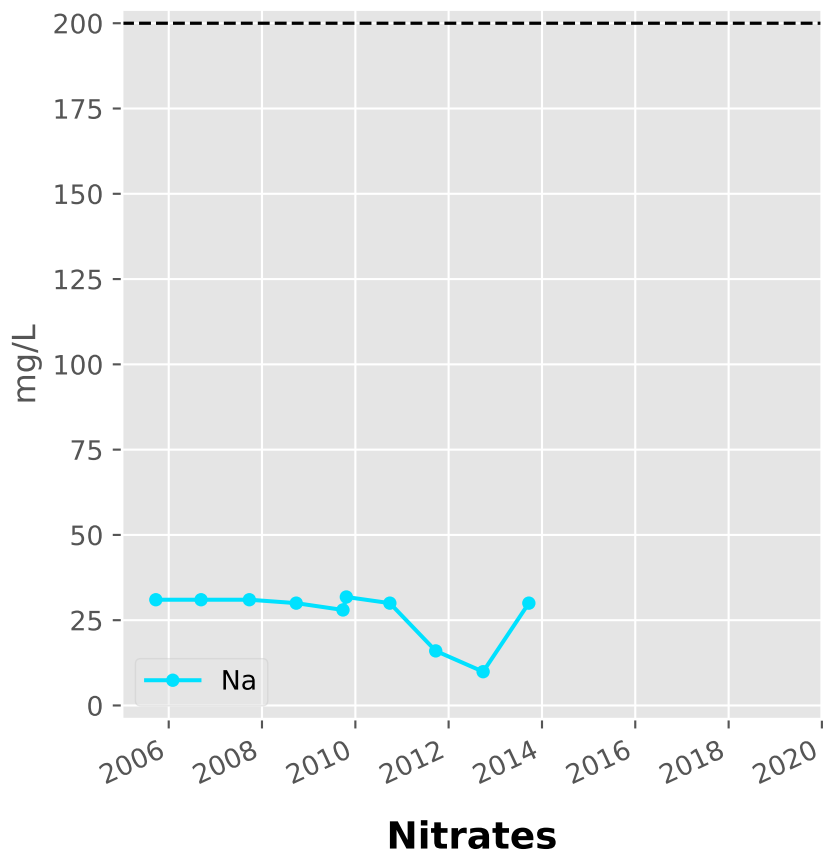
Potassium



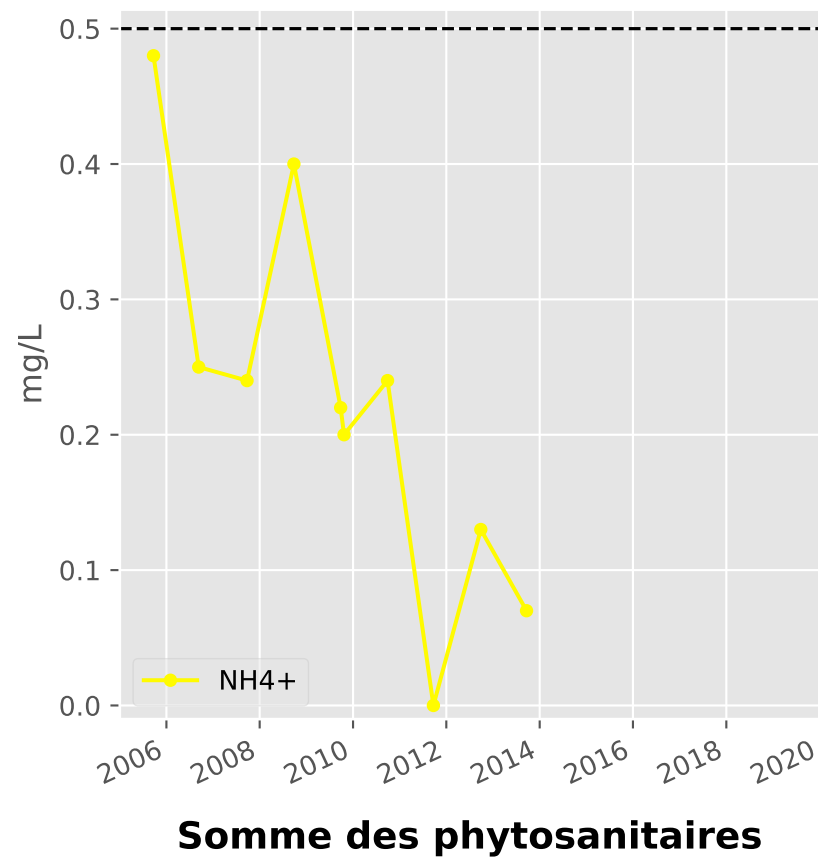
Magnésium



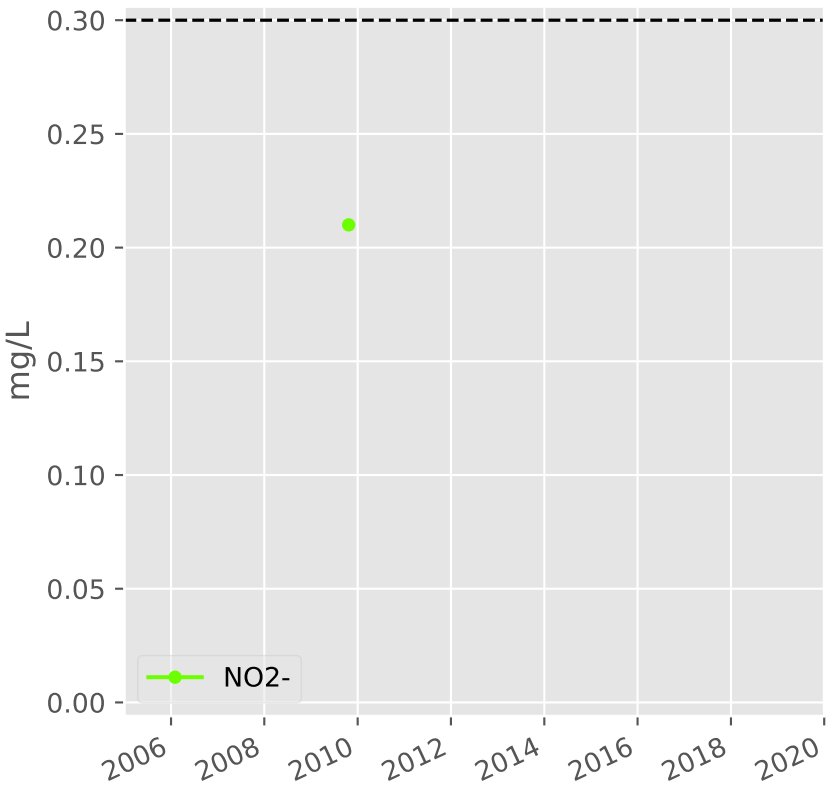
Sodium



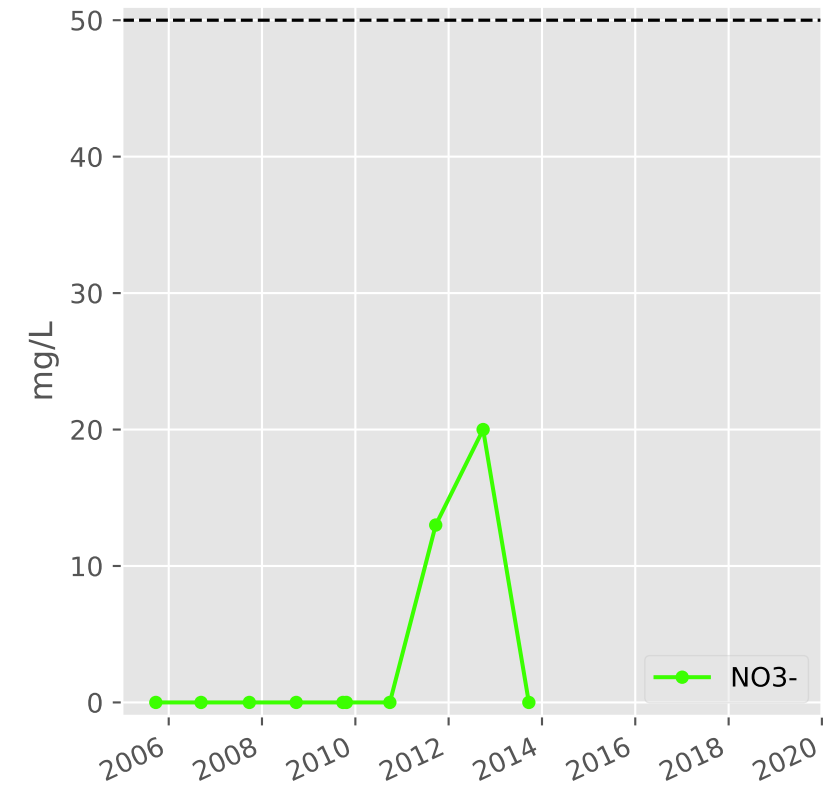
Ammonium



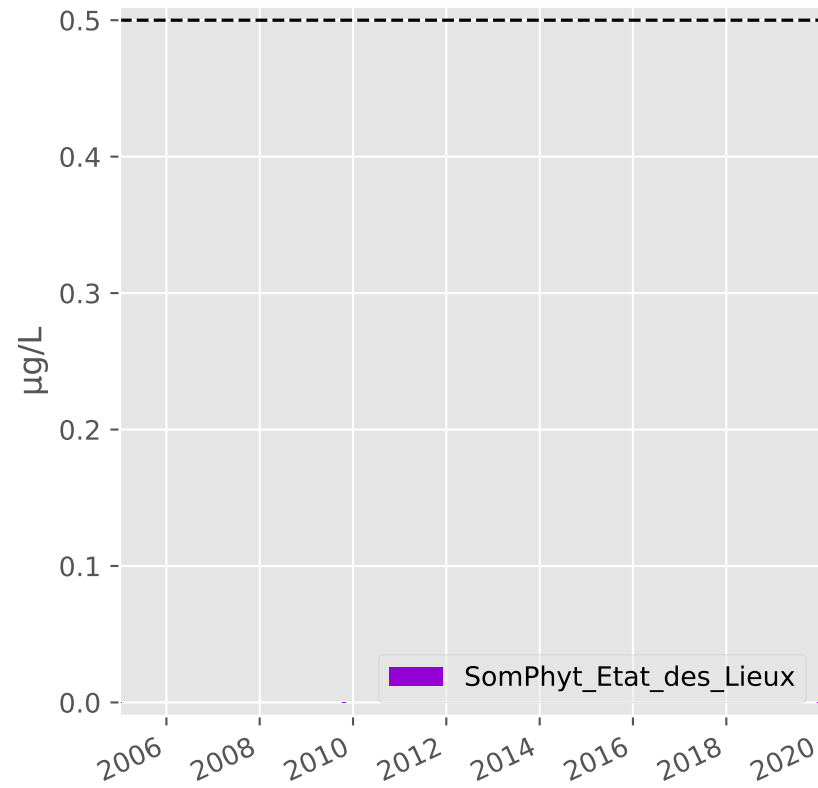
Nitrites



Nitrates

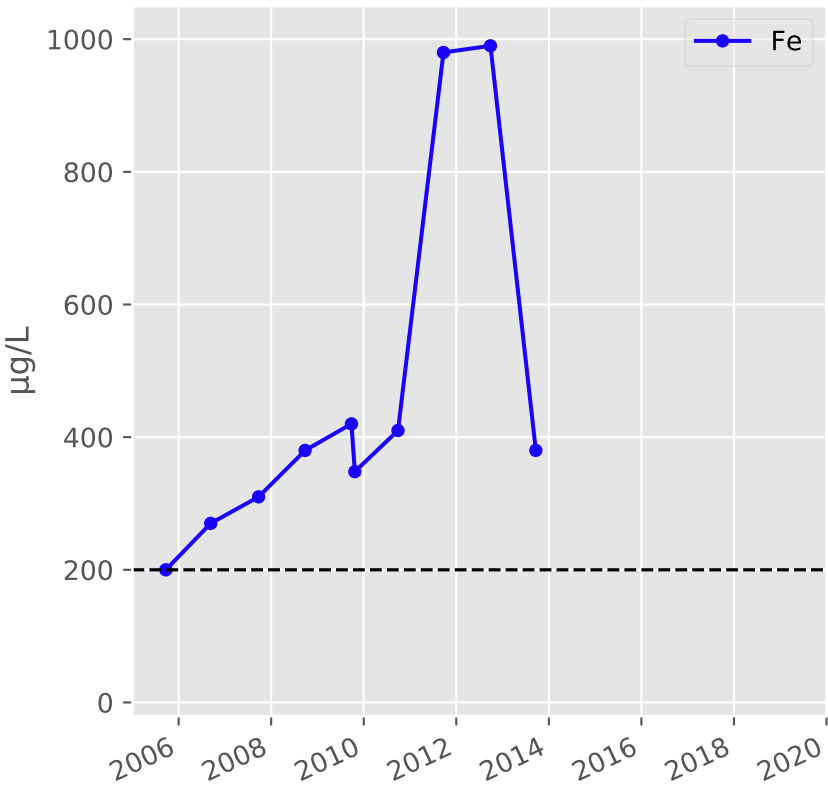


Somme des phytosanitaires

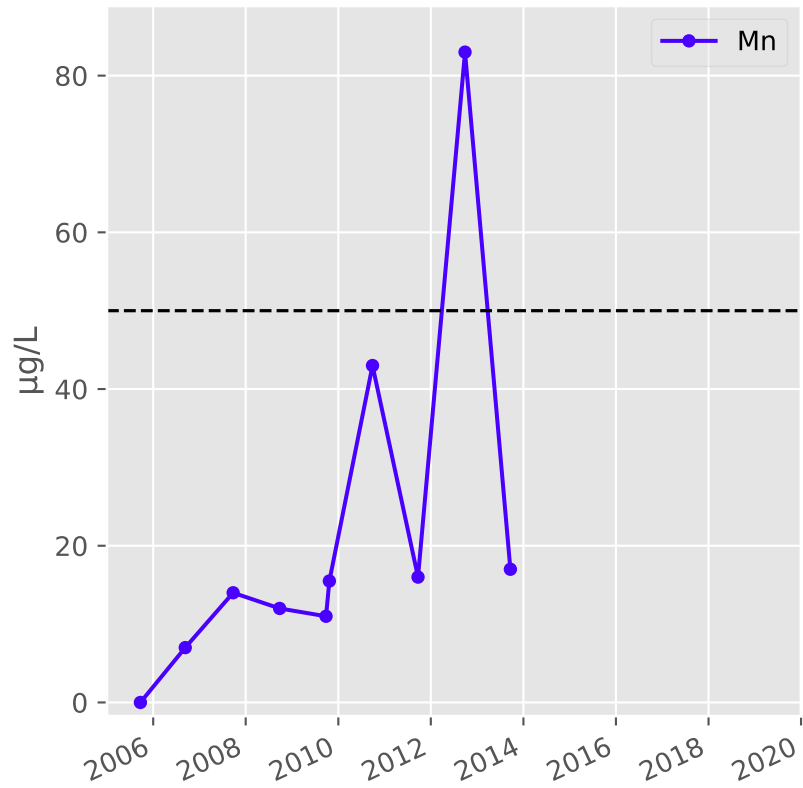


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S10 - Pz. Briey B - 01372X0209

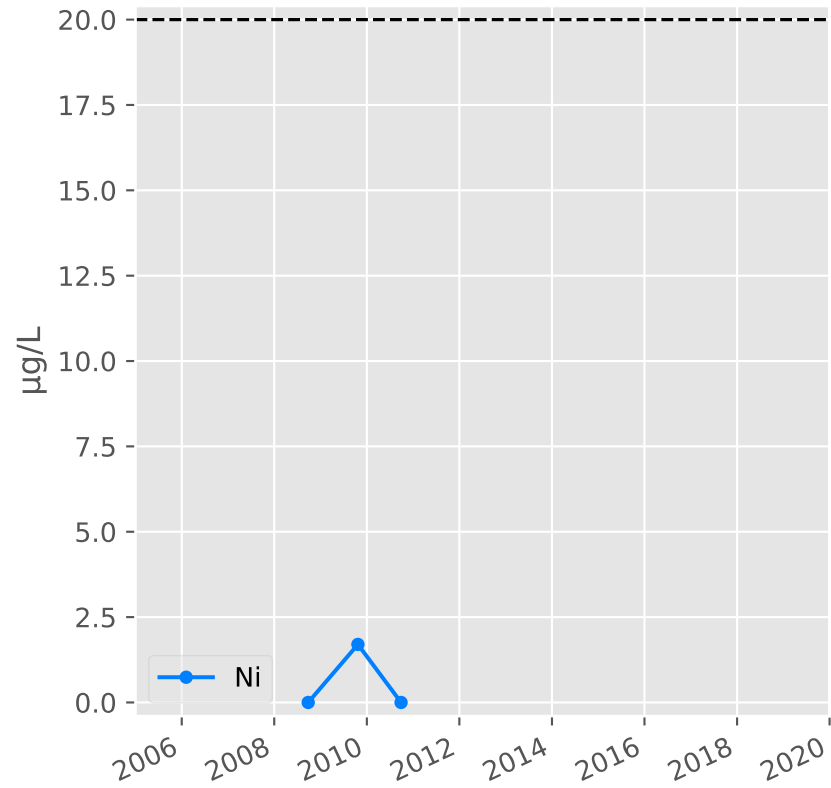
Fer



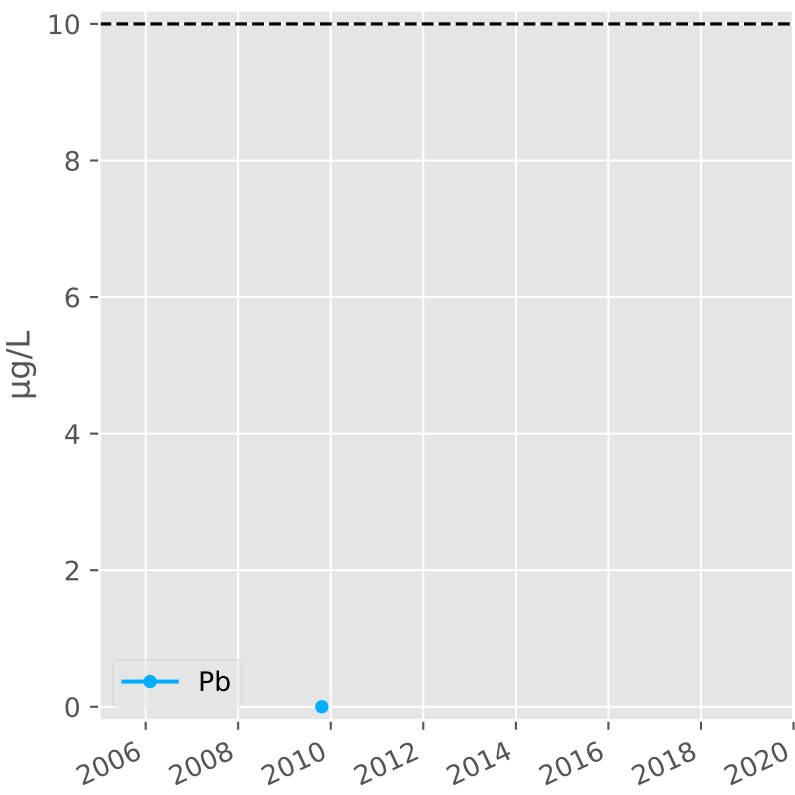
Manganèse



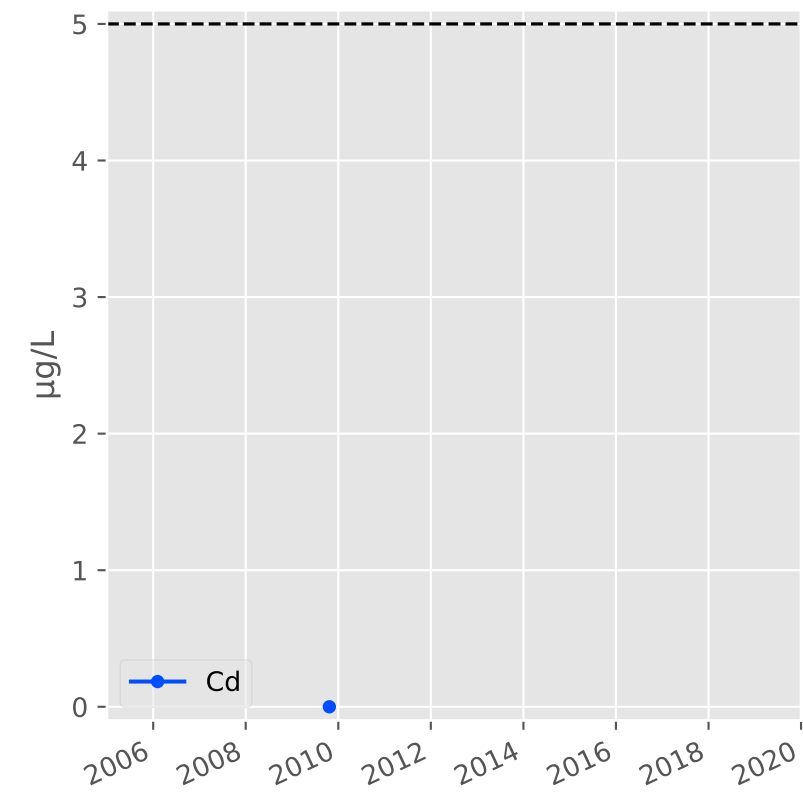
Nickel



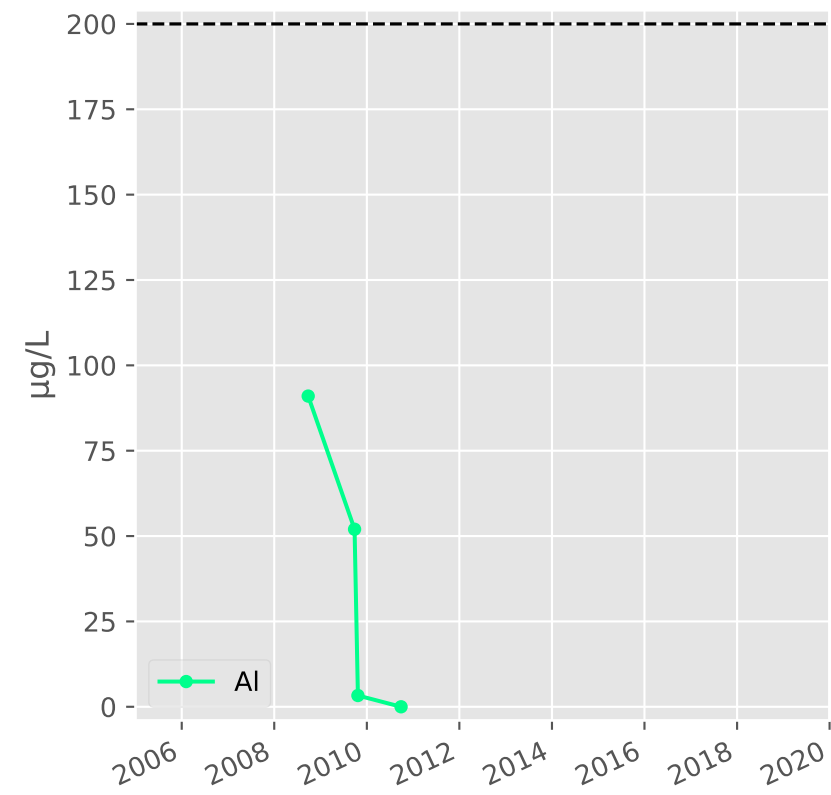
Plomb



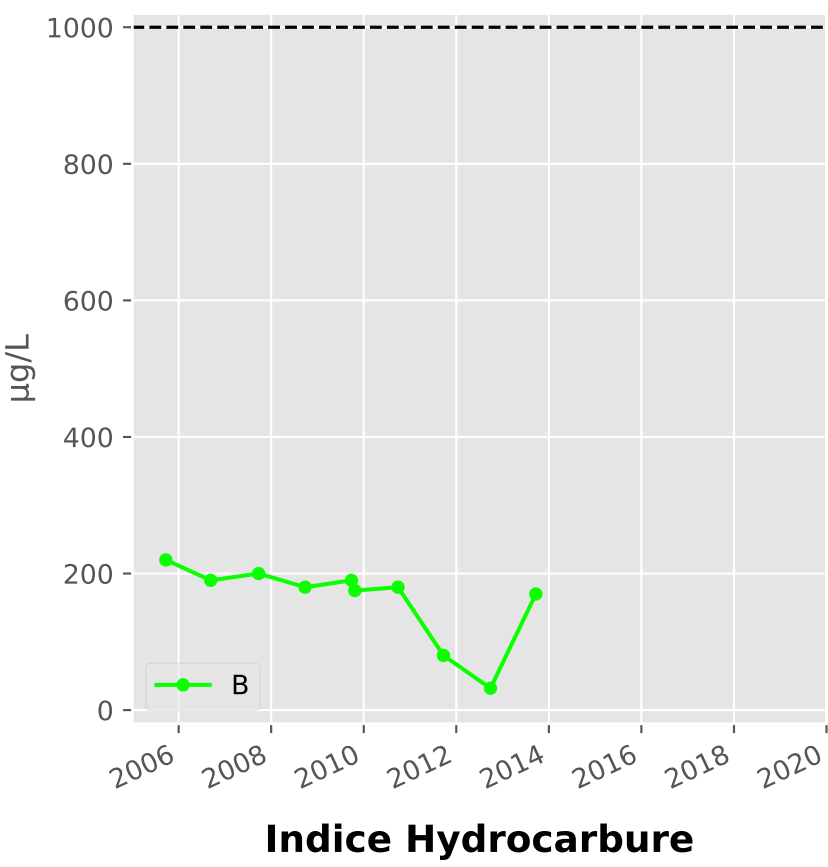
Cadmium



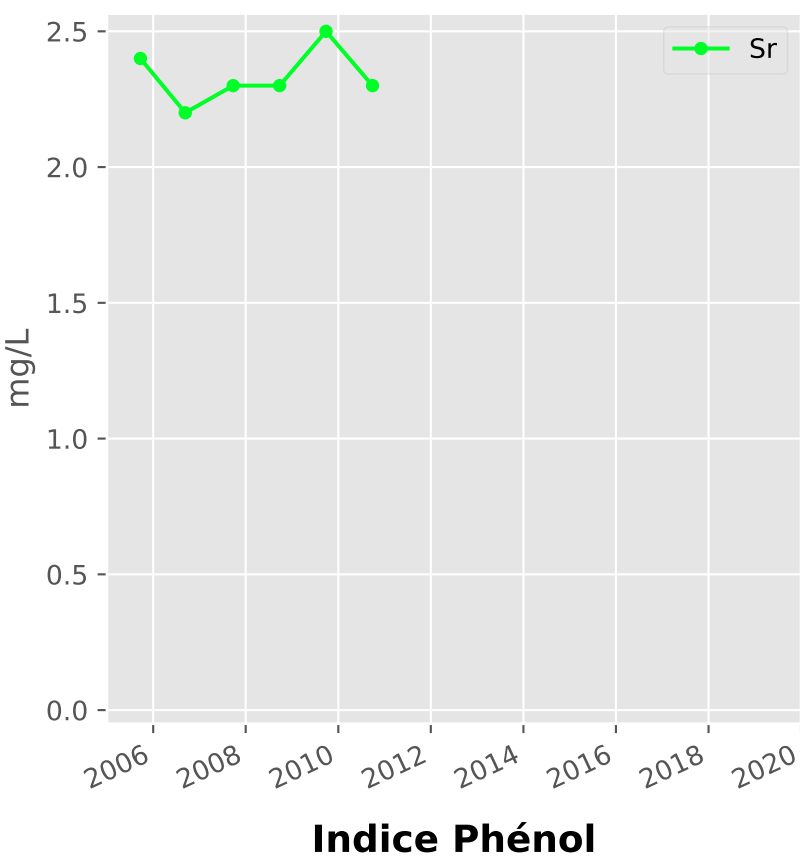
Aluminium



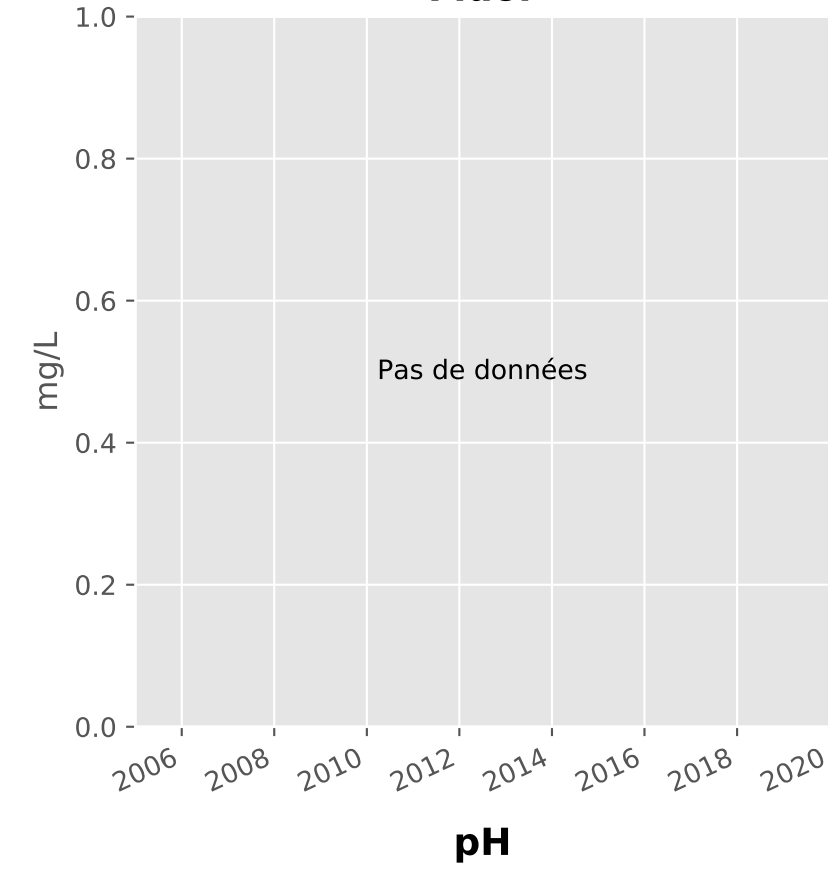
Bore



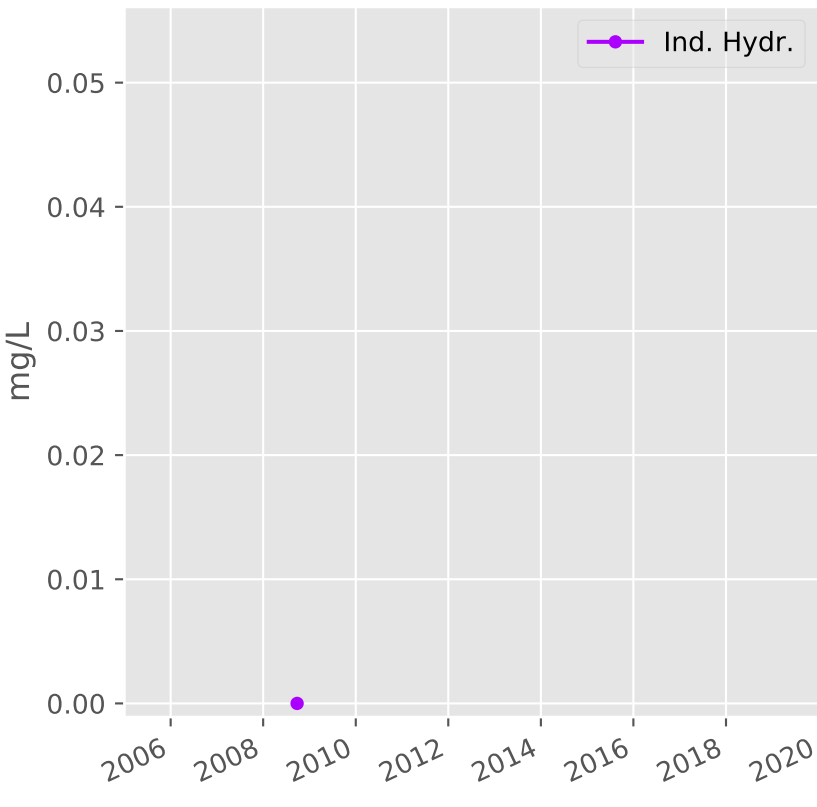
Strontium



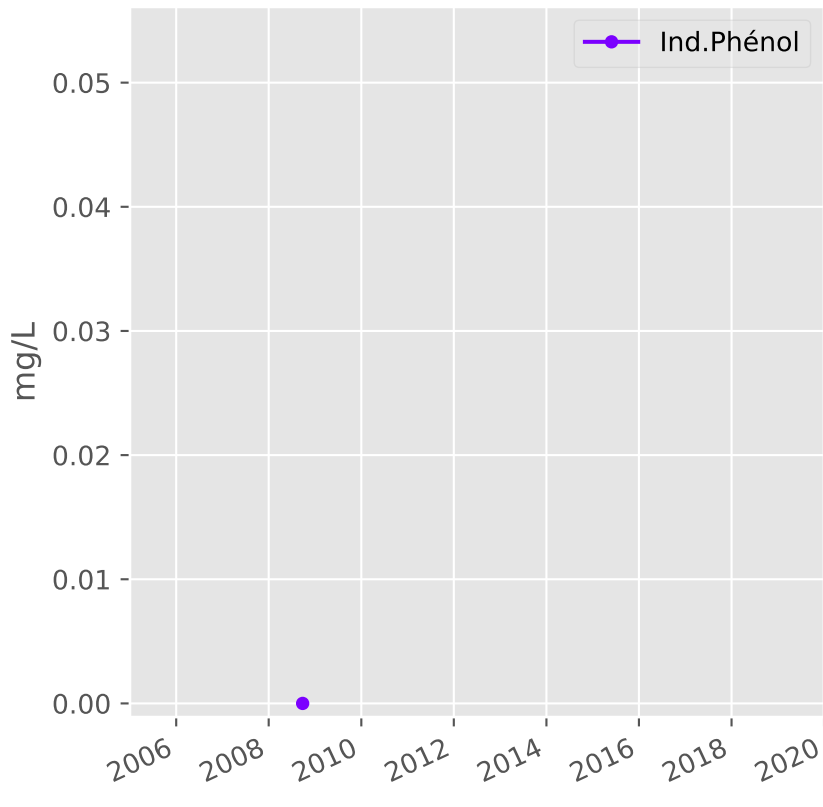
Fluor



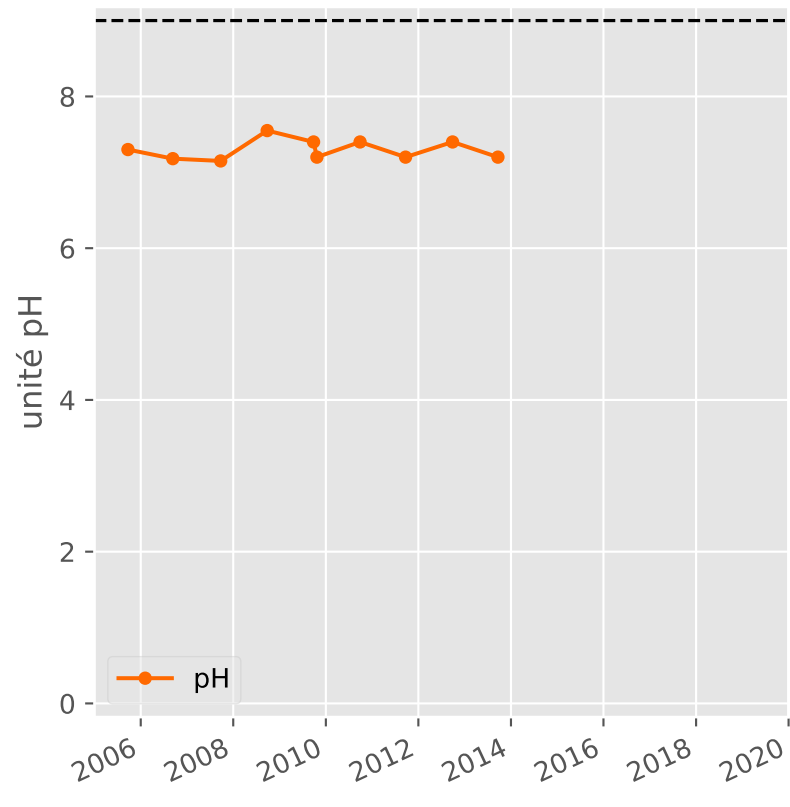
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

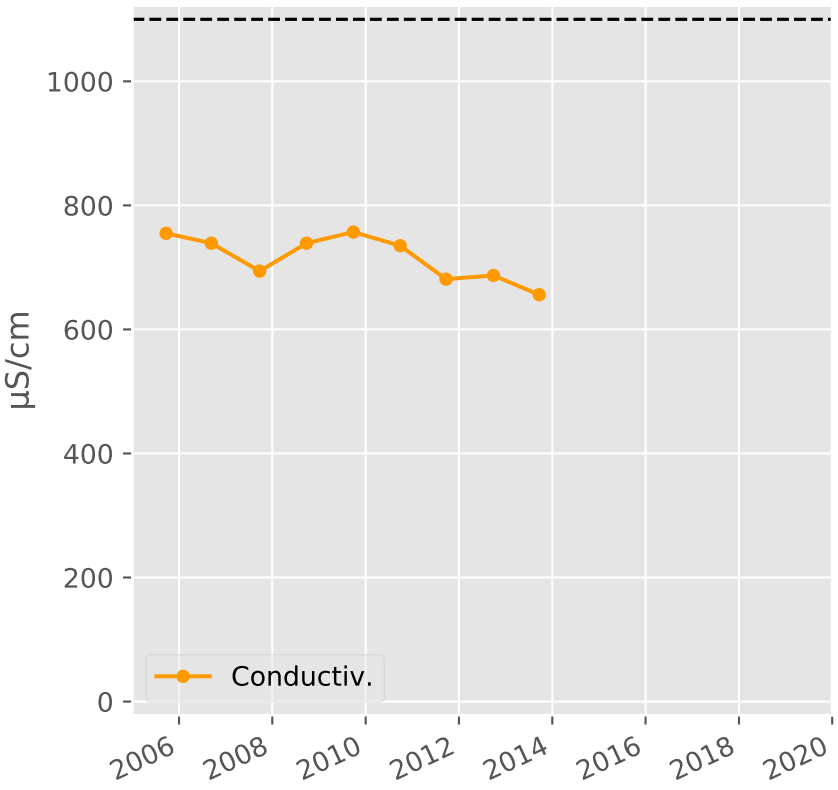


pH

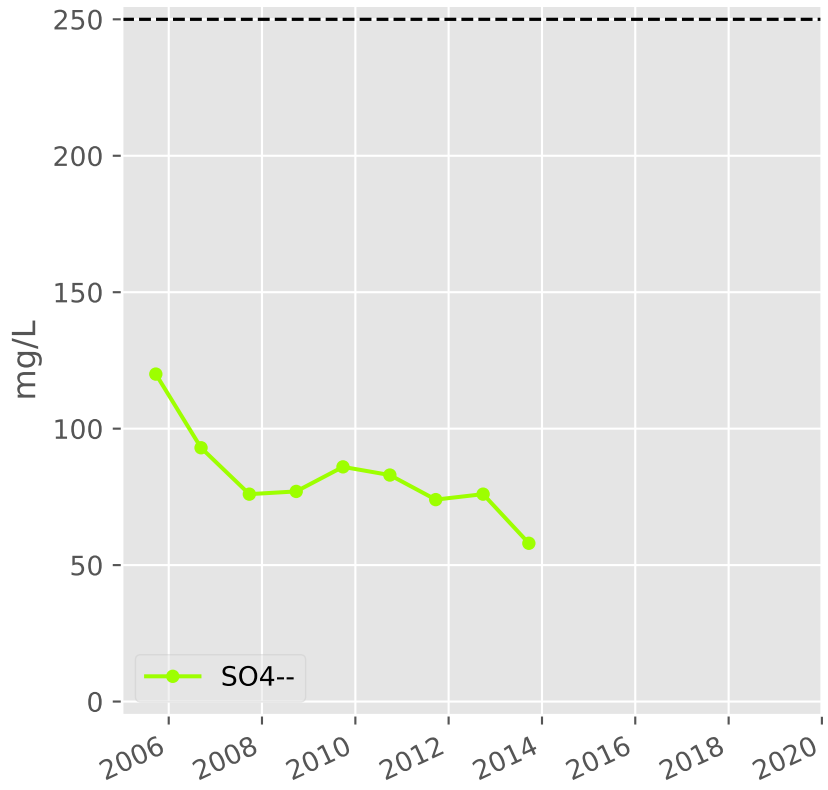


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S09 - Pz. Briey A - 01372X0210

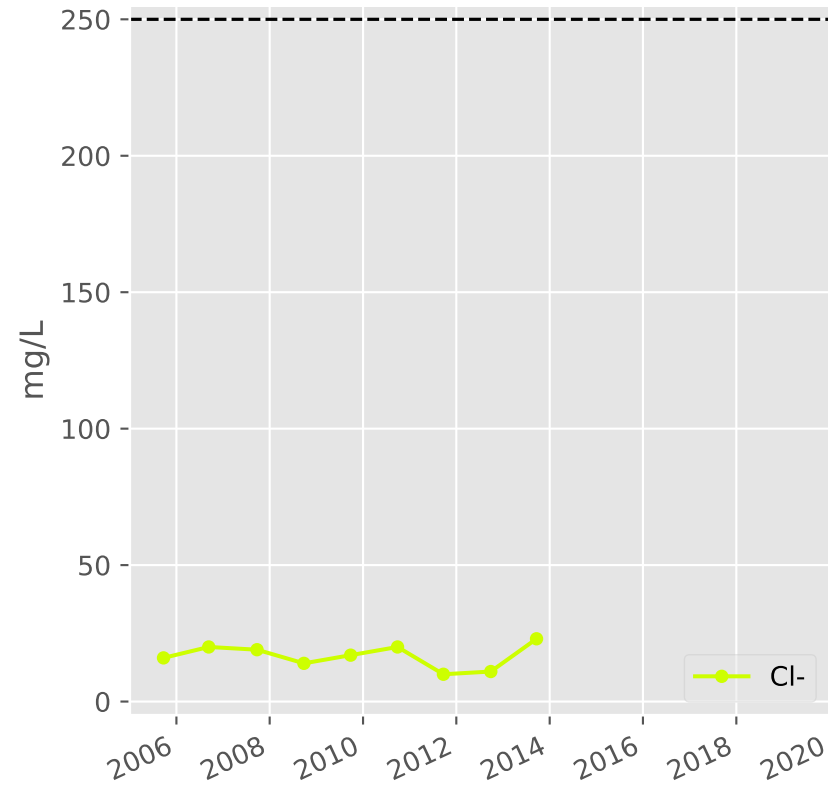
Conductivité



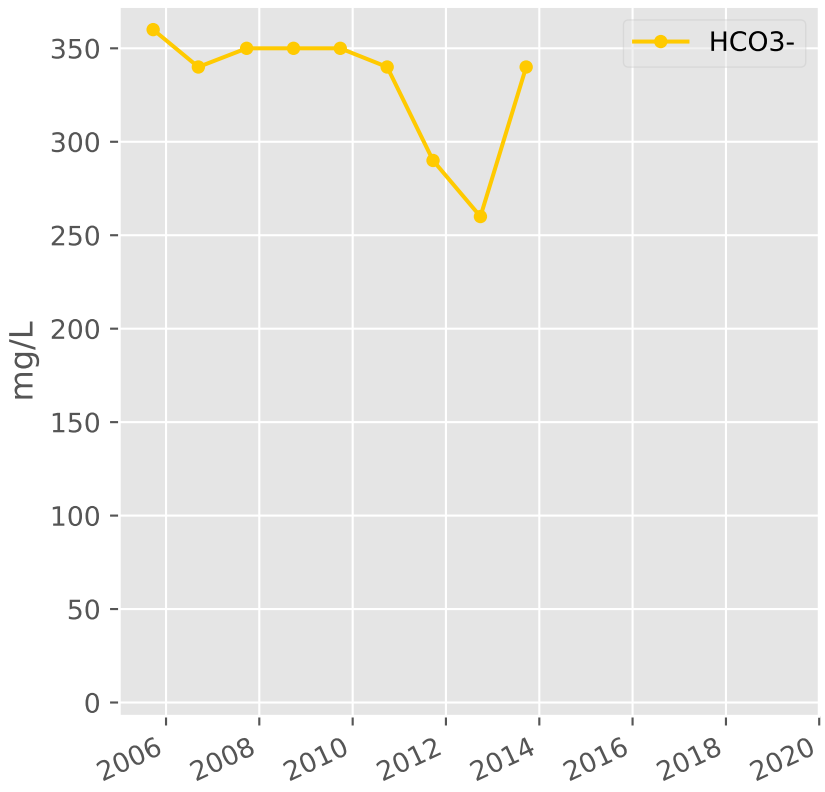
Sulfates



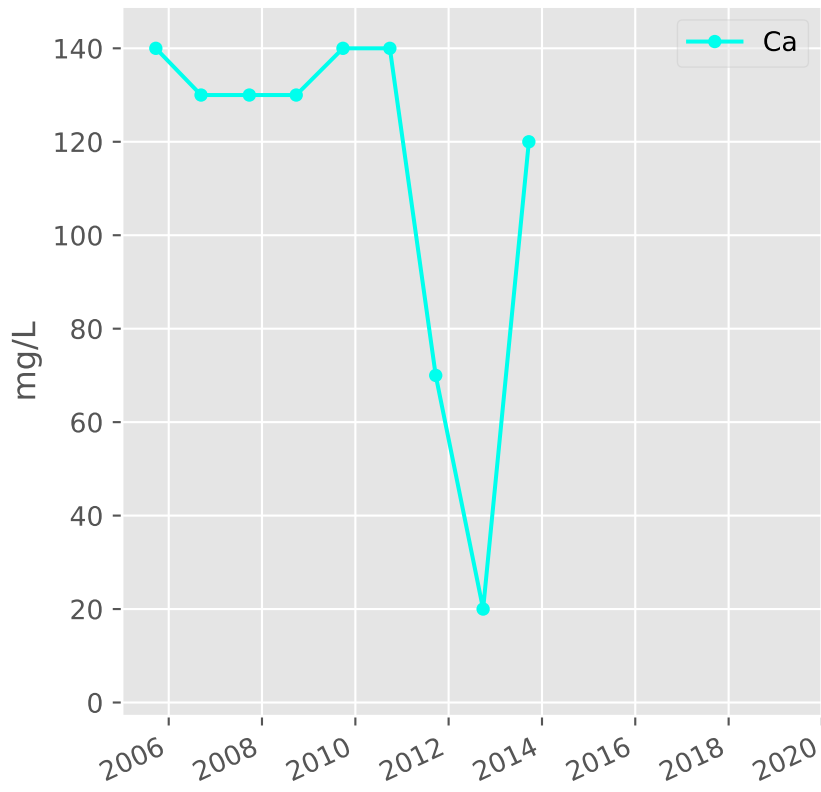
Chlorures



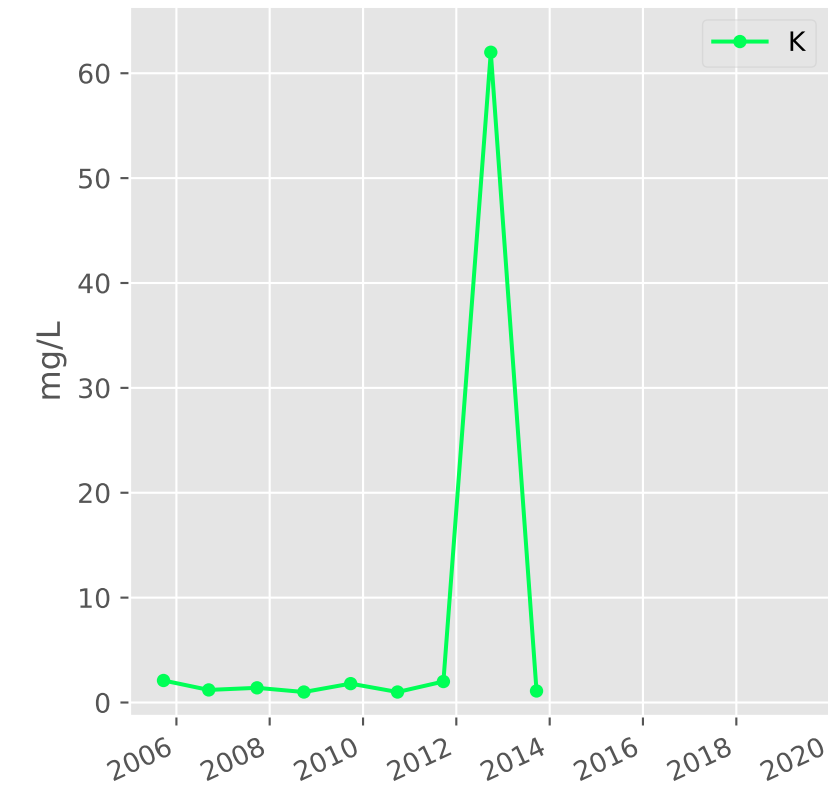
Bicarbonates



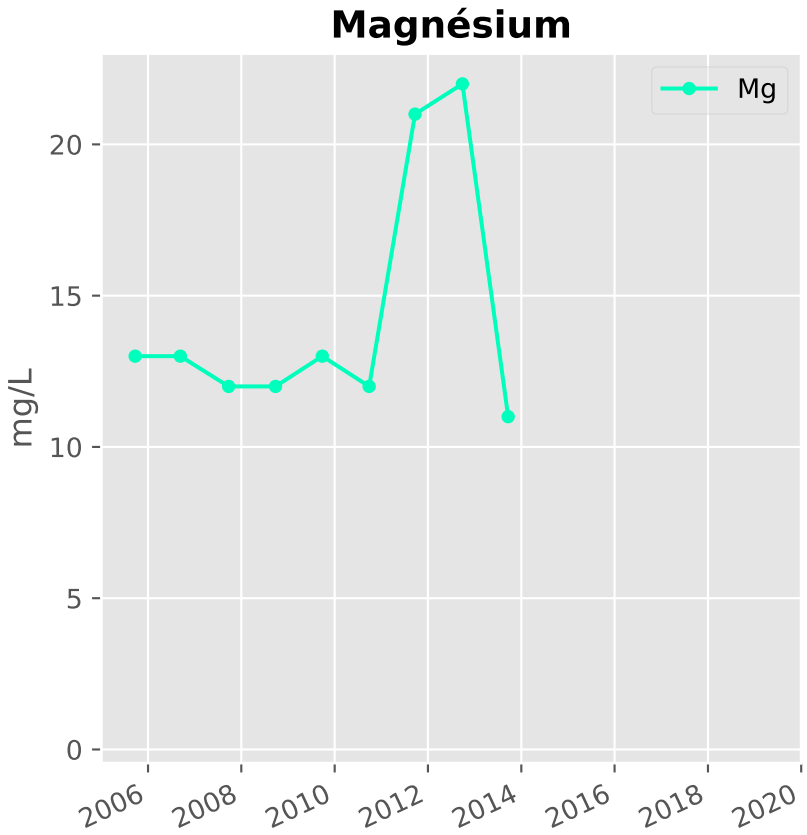
Calcium



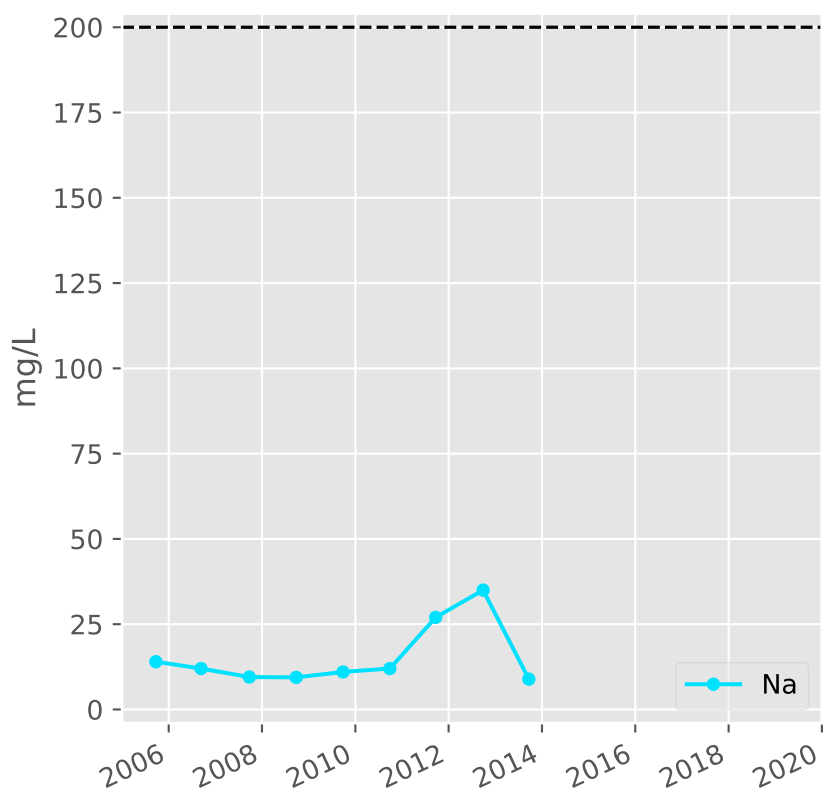
Potassium



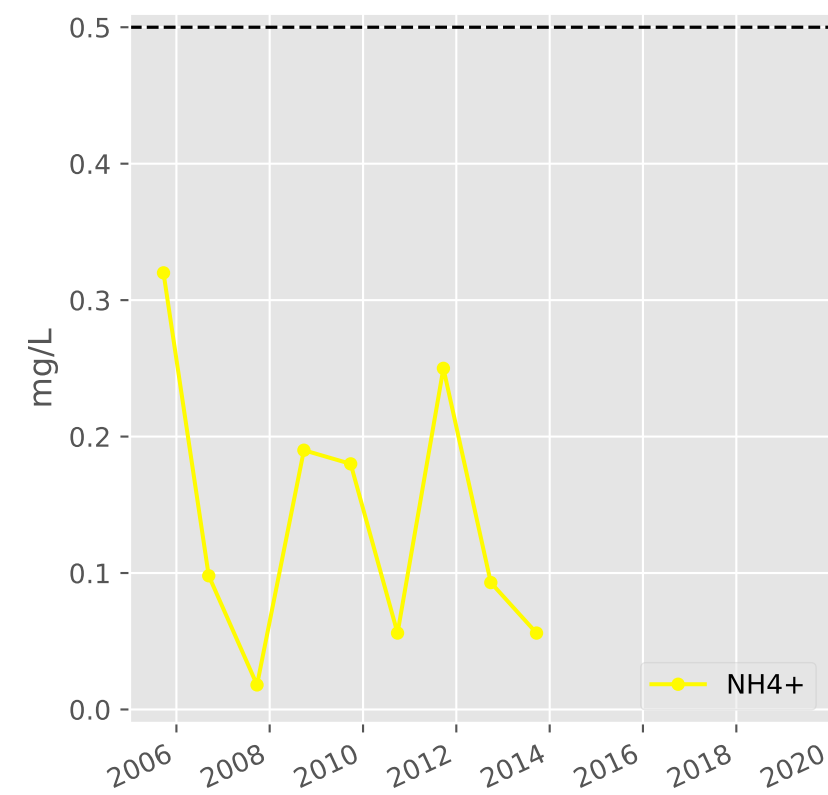
Magnésium



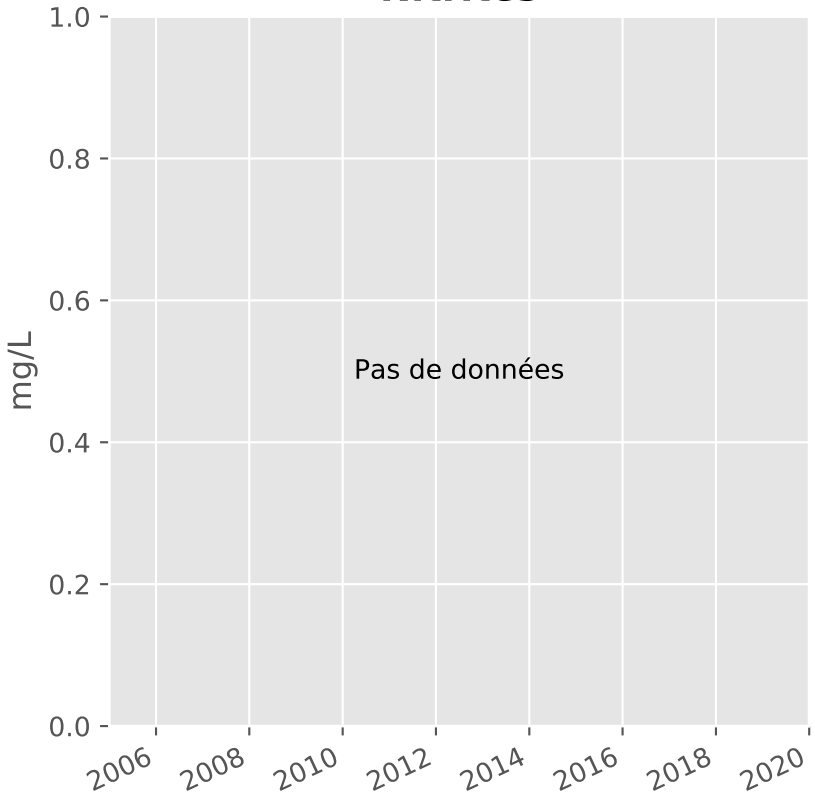
Sodium



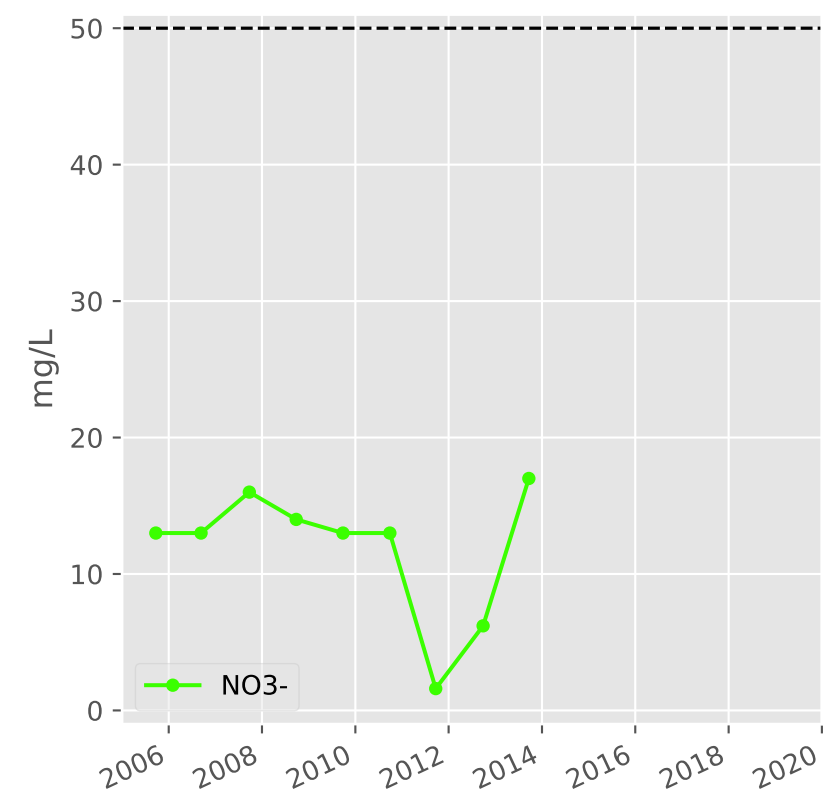
Ammonium



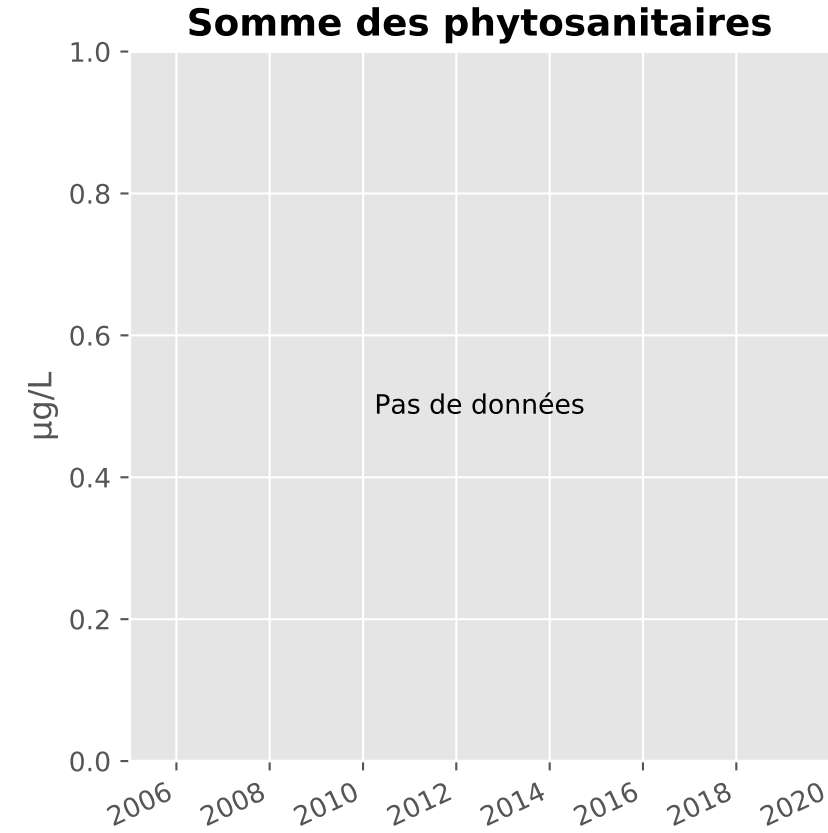
Nitrites



Nitrates

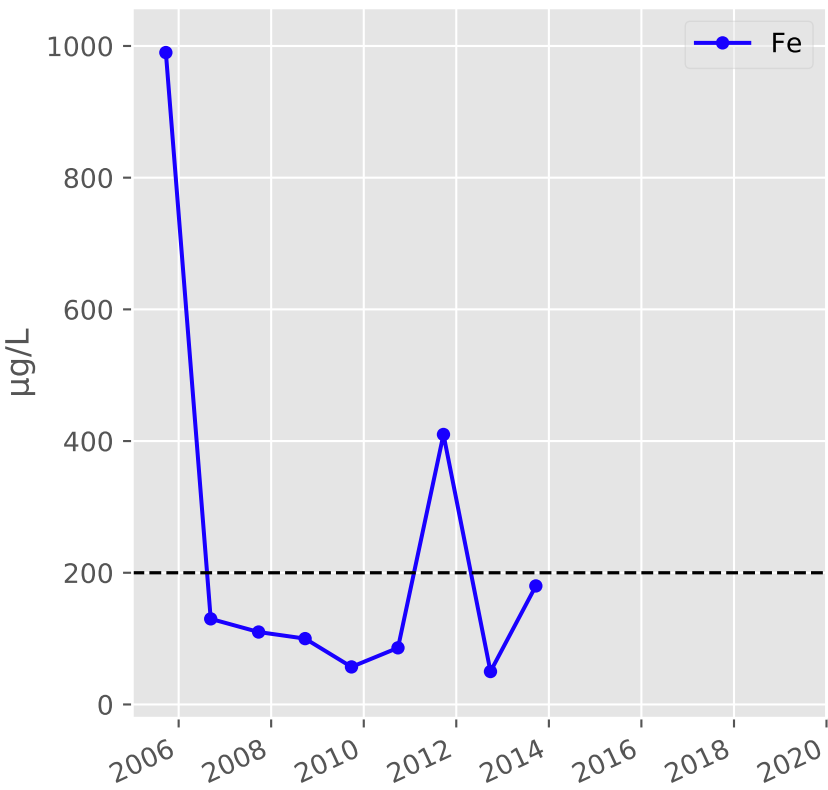


Somme des phytosanitaires

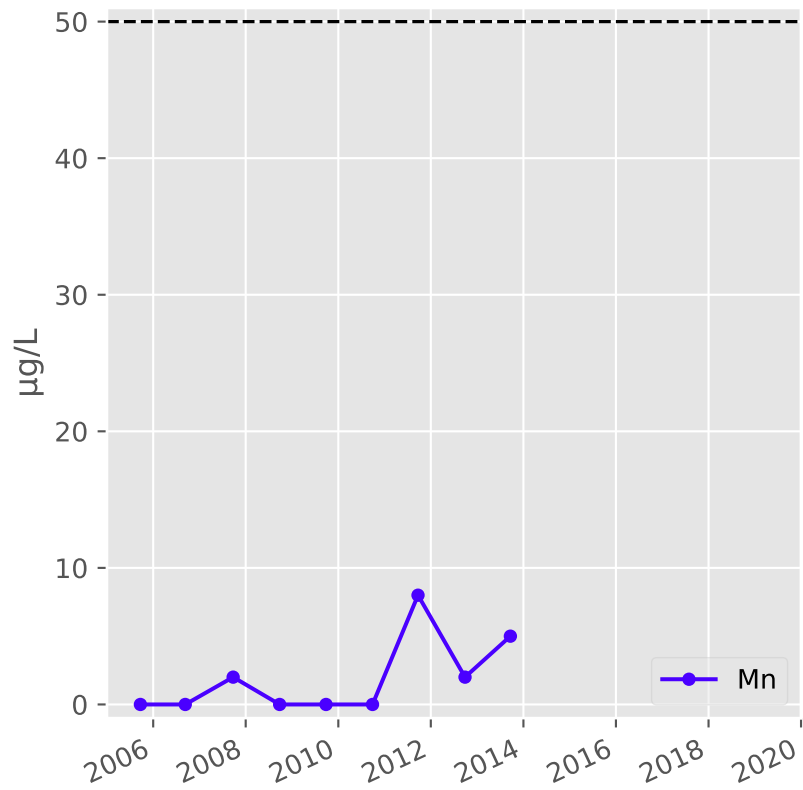


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S09 - Pz. Briey A - 01372X0210

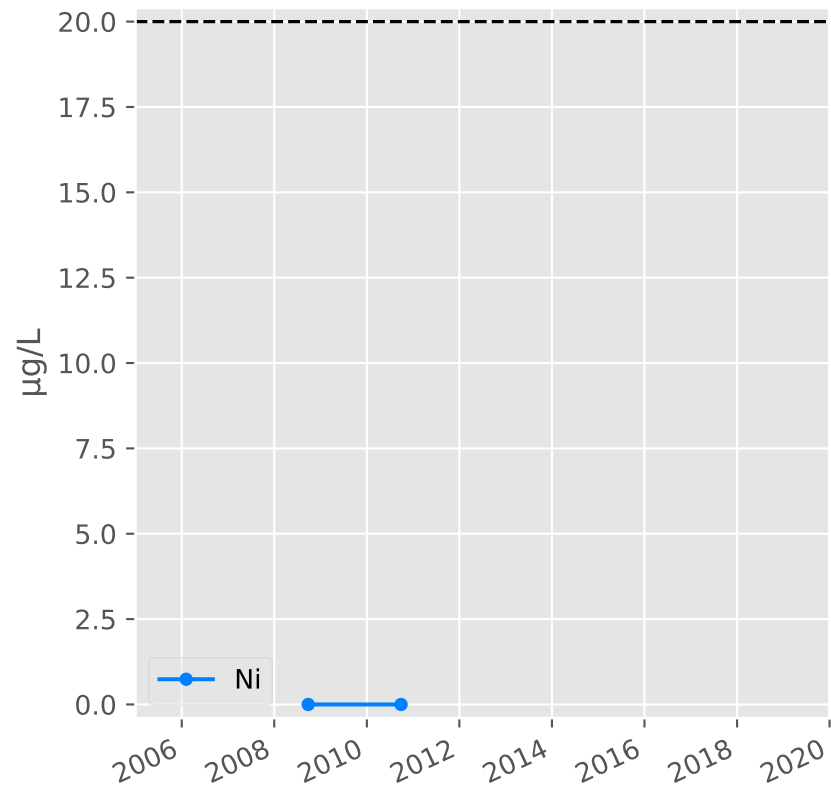
Fer



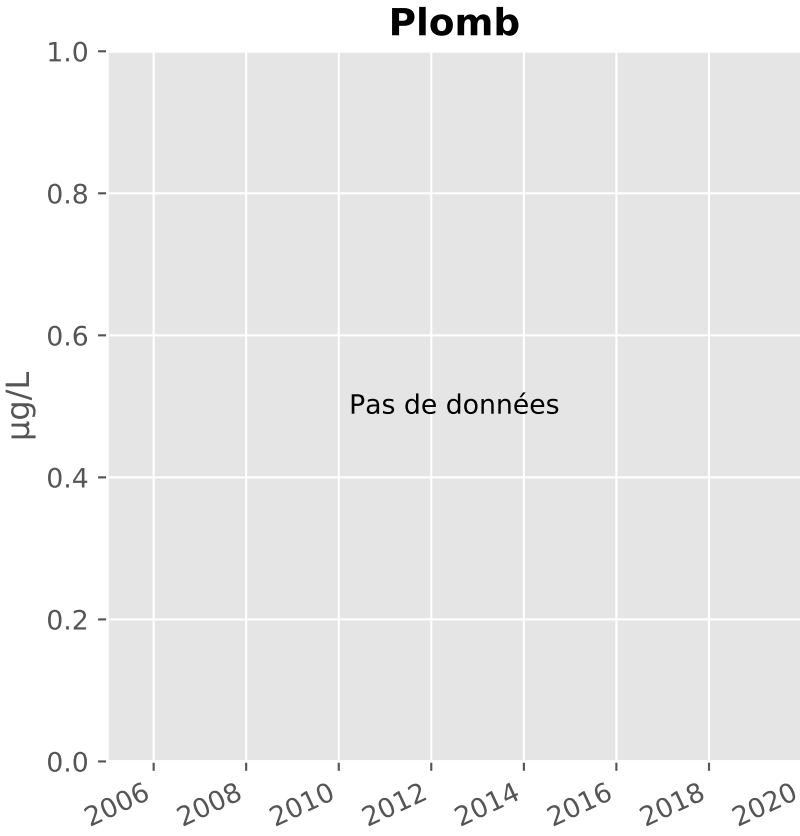
Manganèse



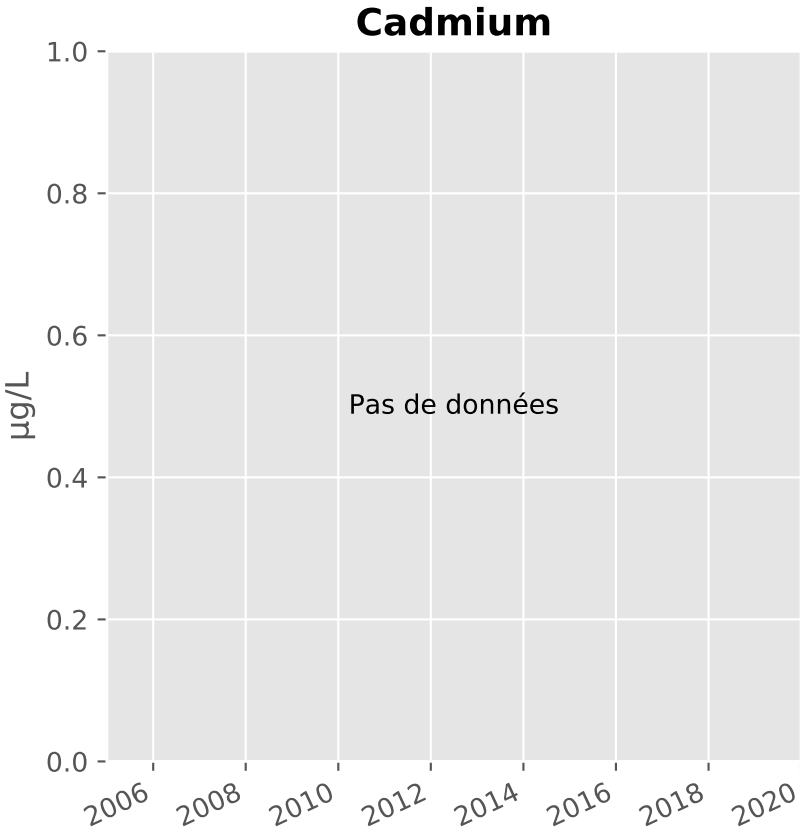
Nickel



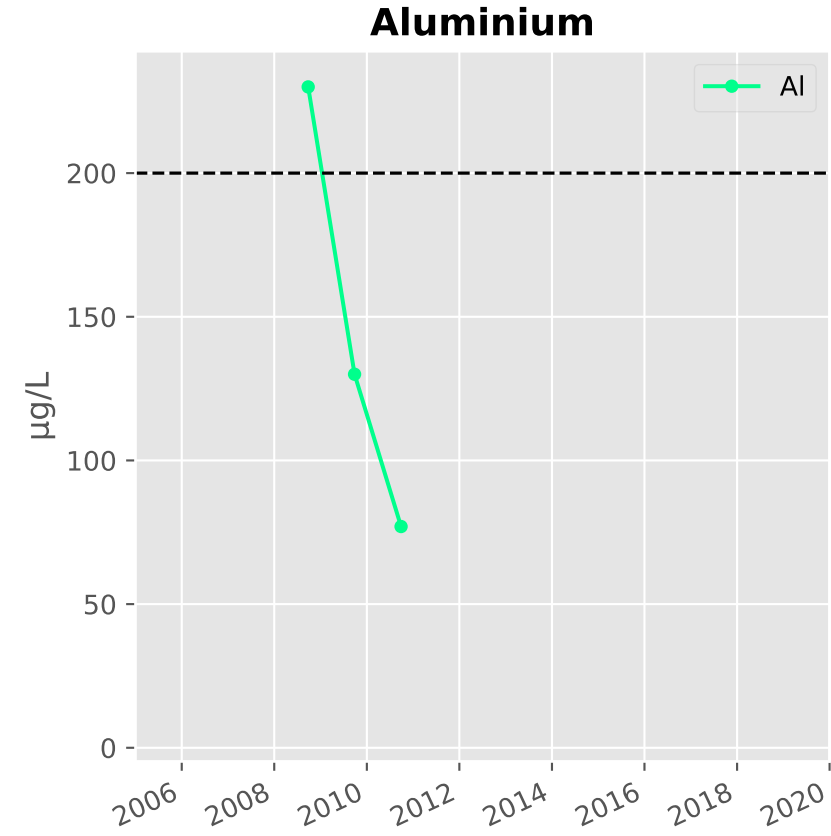
Plomb



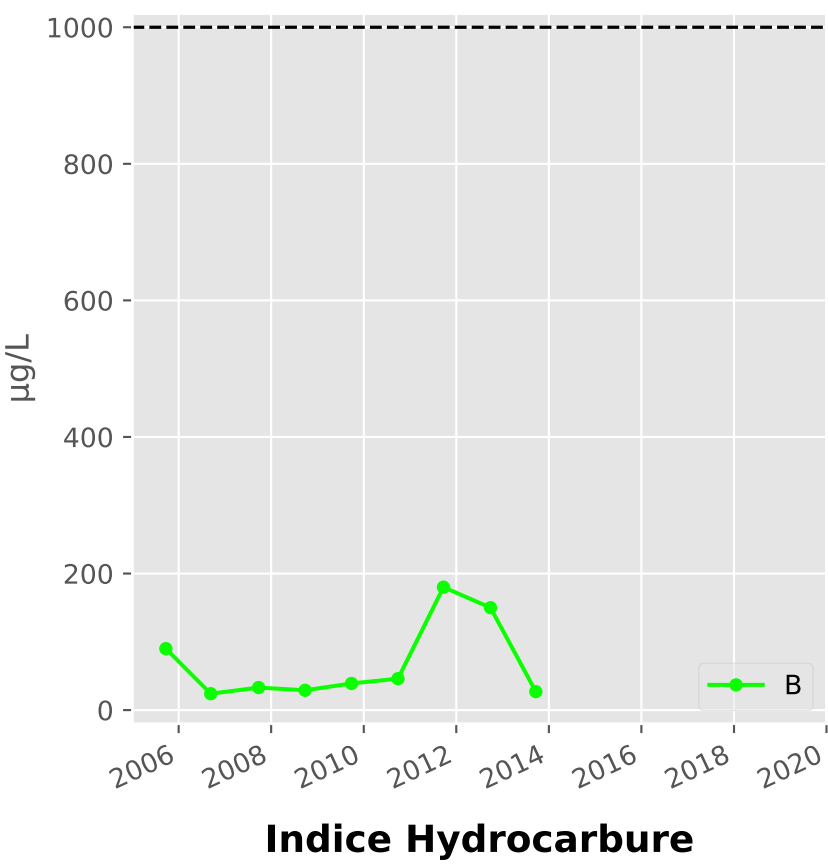
Cadmium



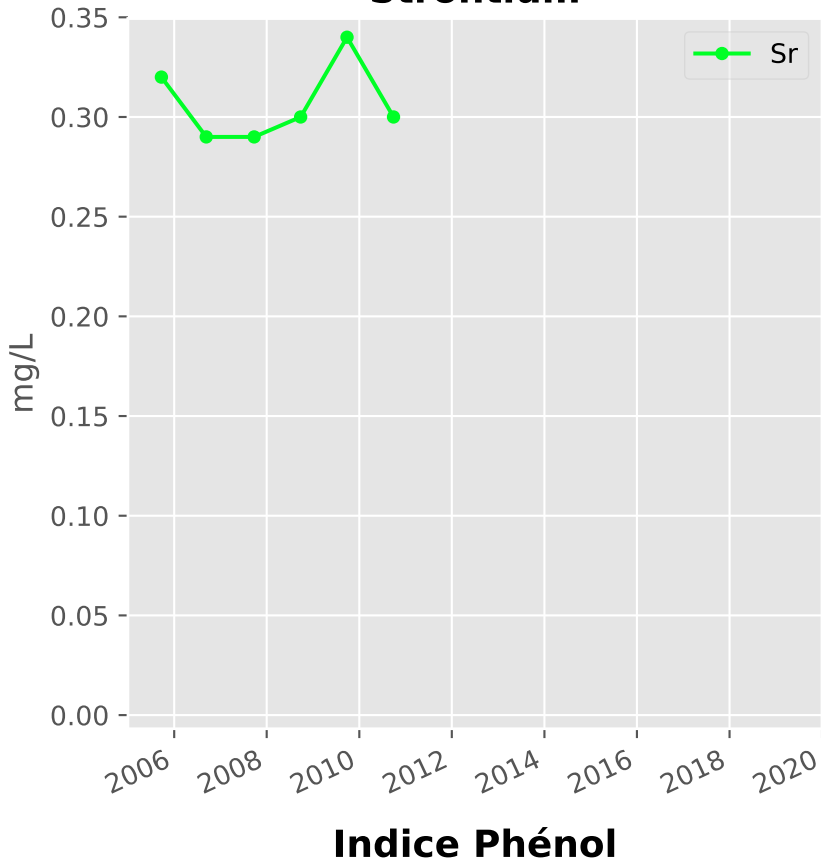
Aluminium



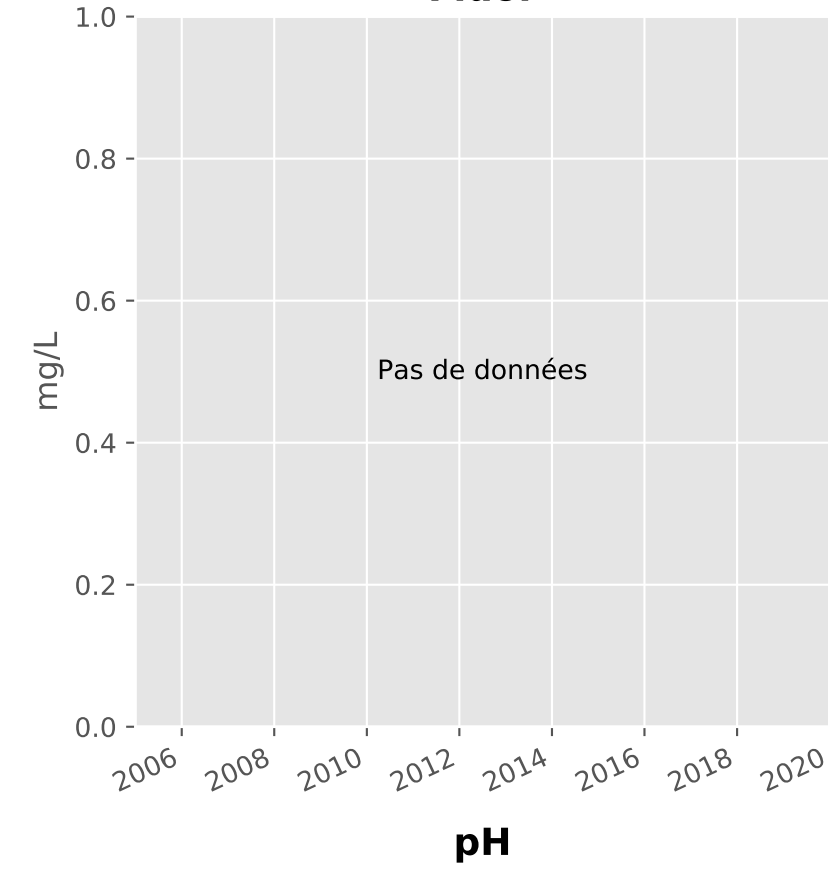
Bore



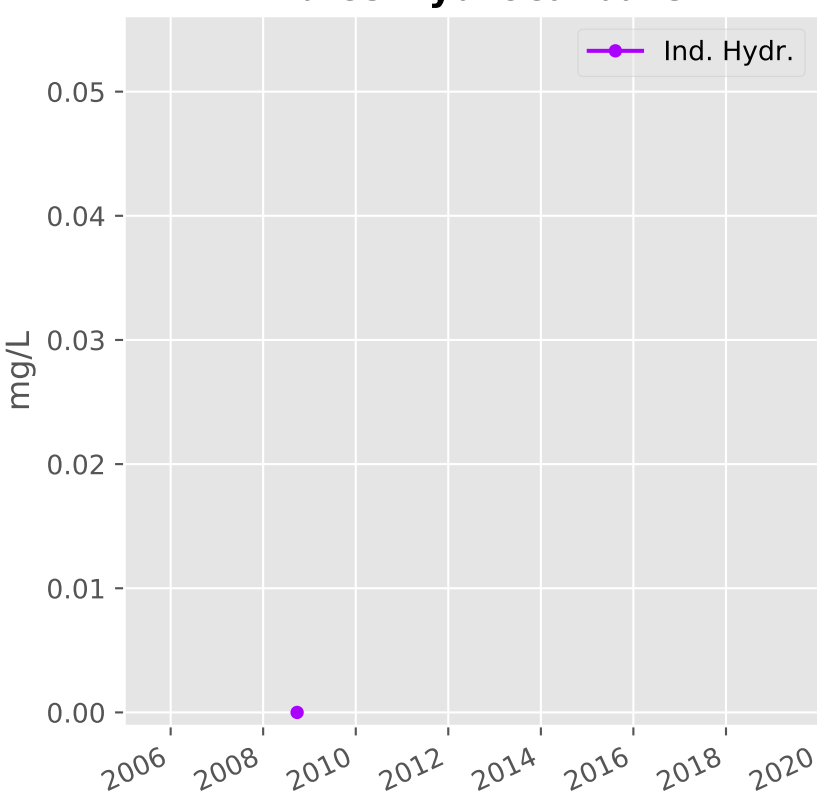
Strontium



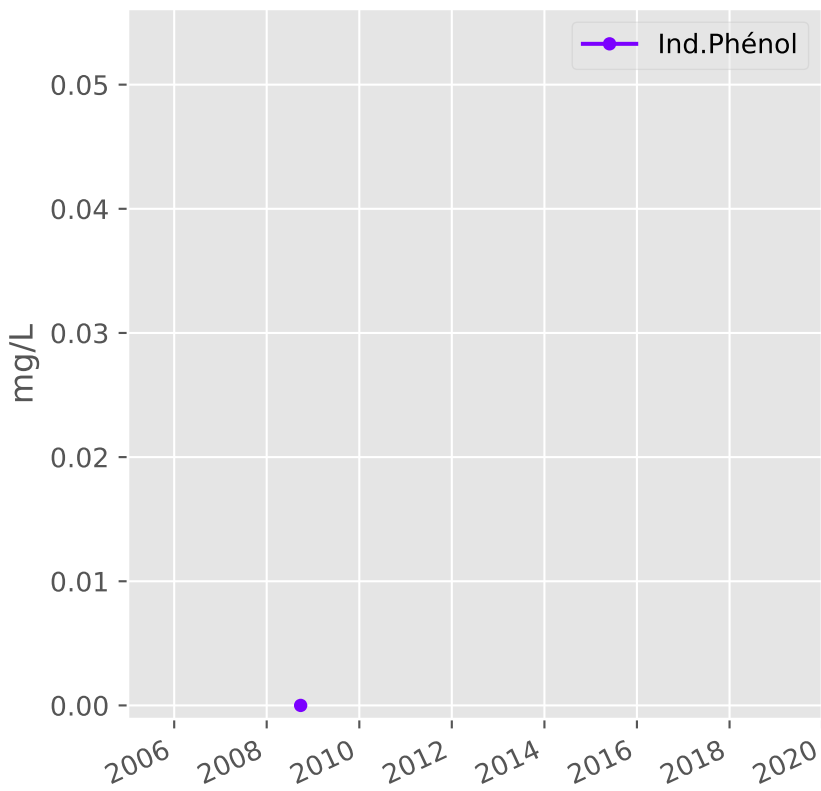
Fluor



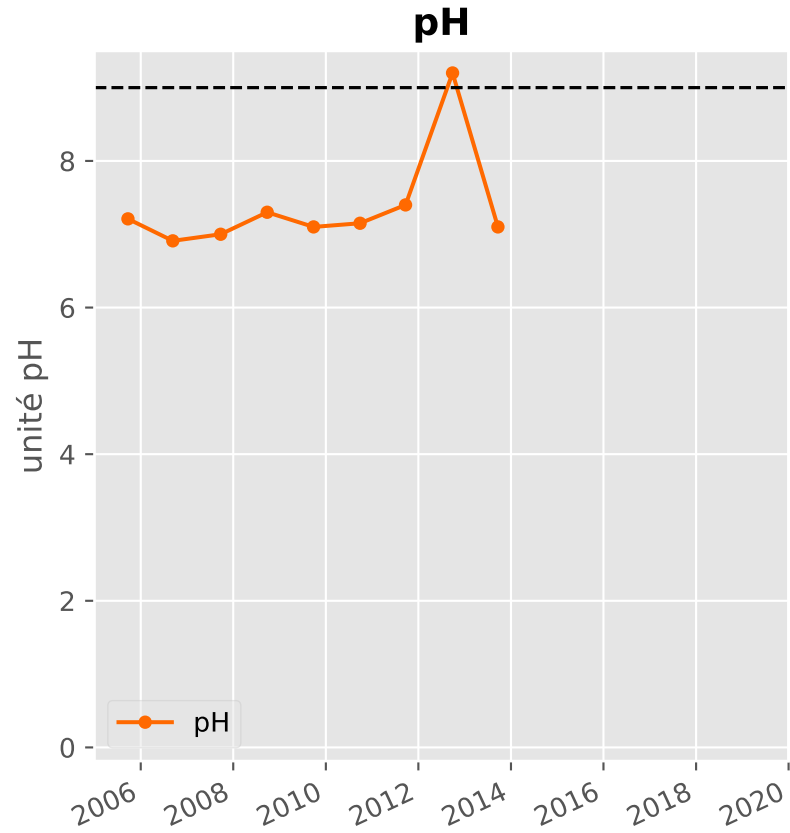
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

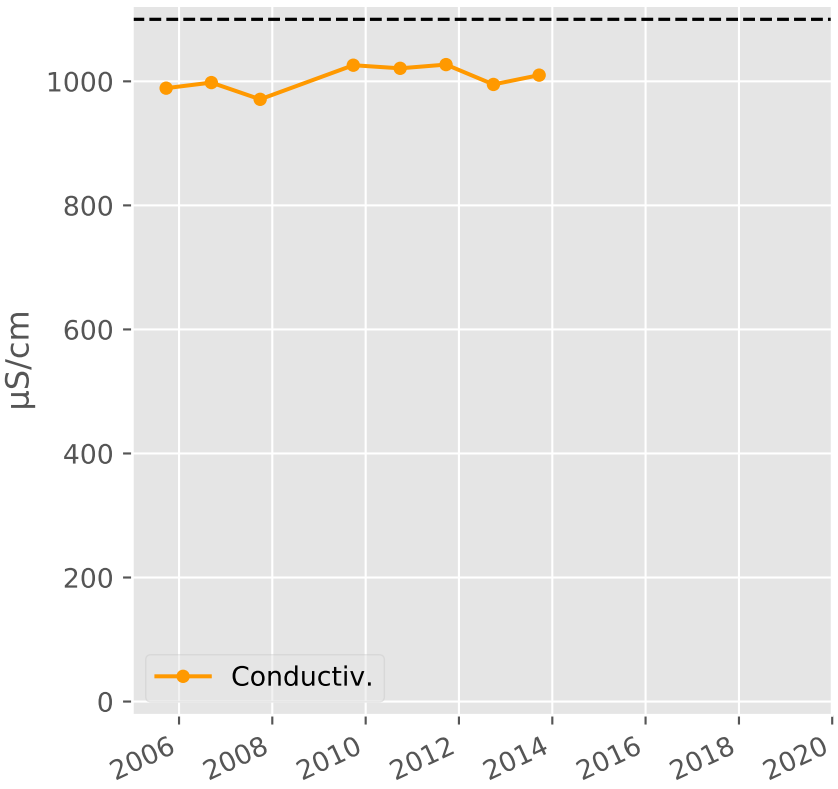


pH

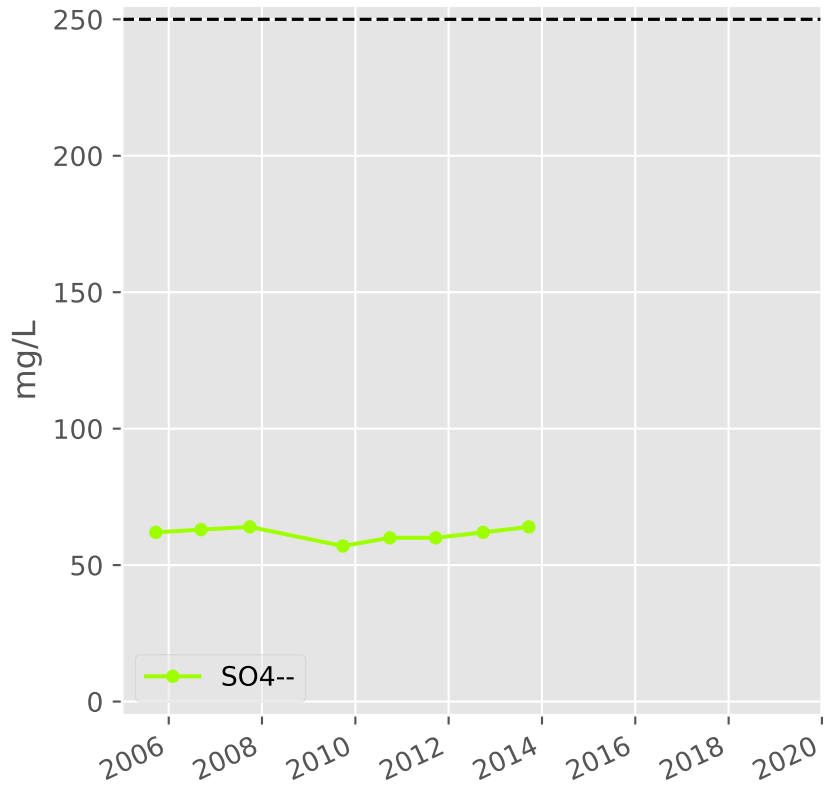


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - C10 - Pz. Mance bis - 01372X0211

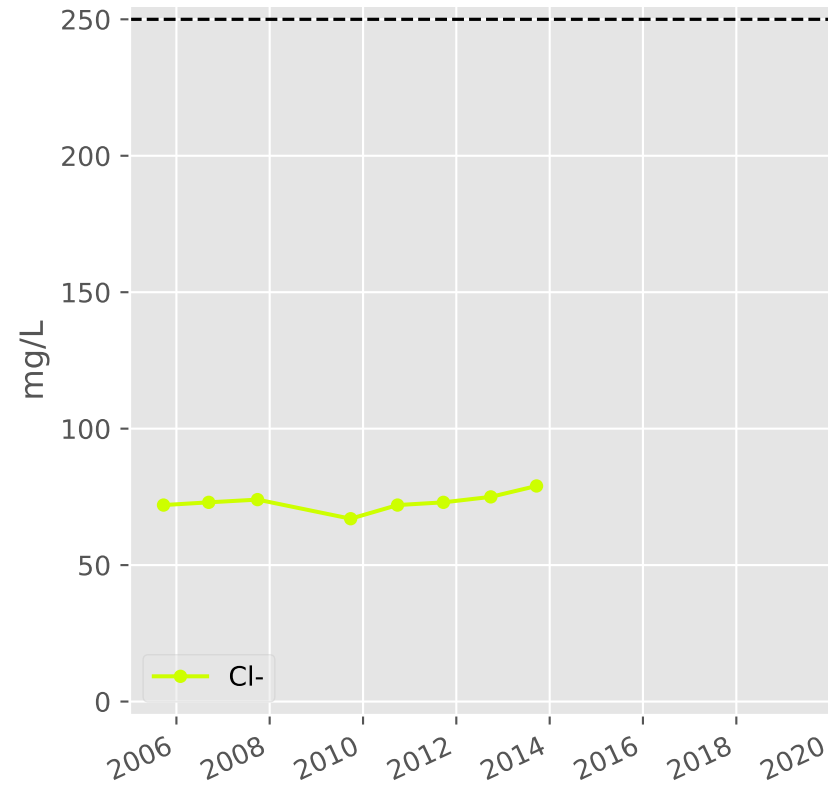
Conductivité



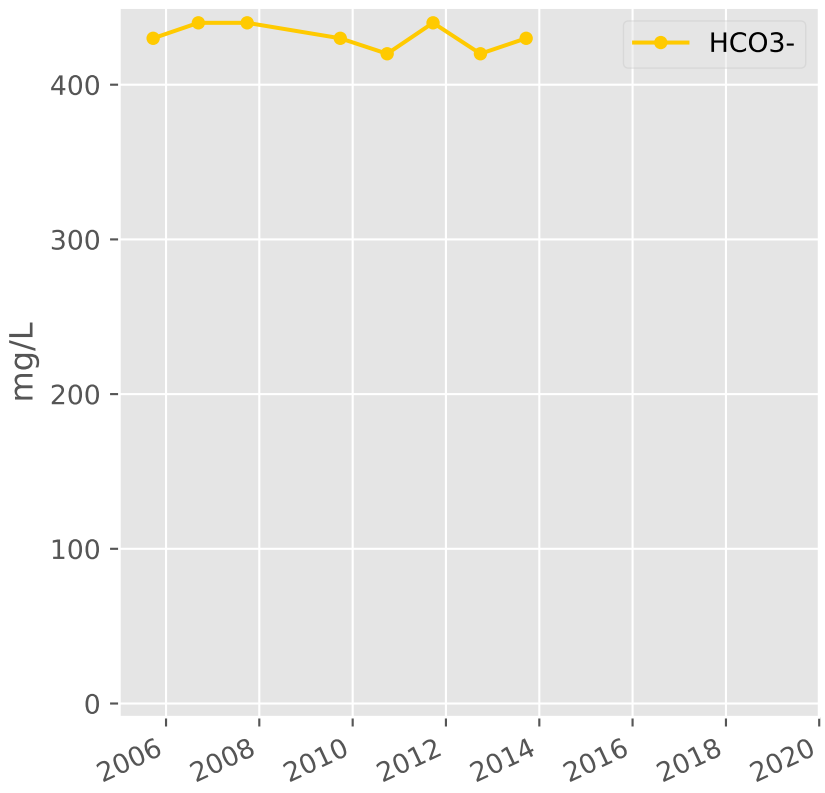
Sulfates



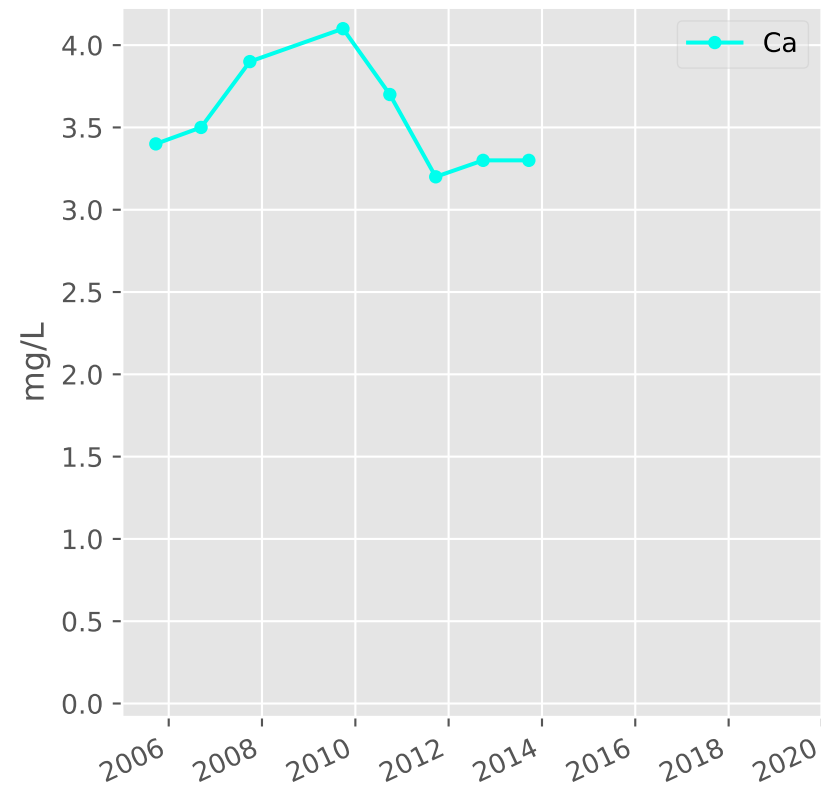
Chlorures



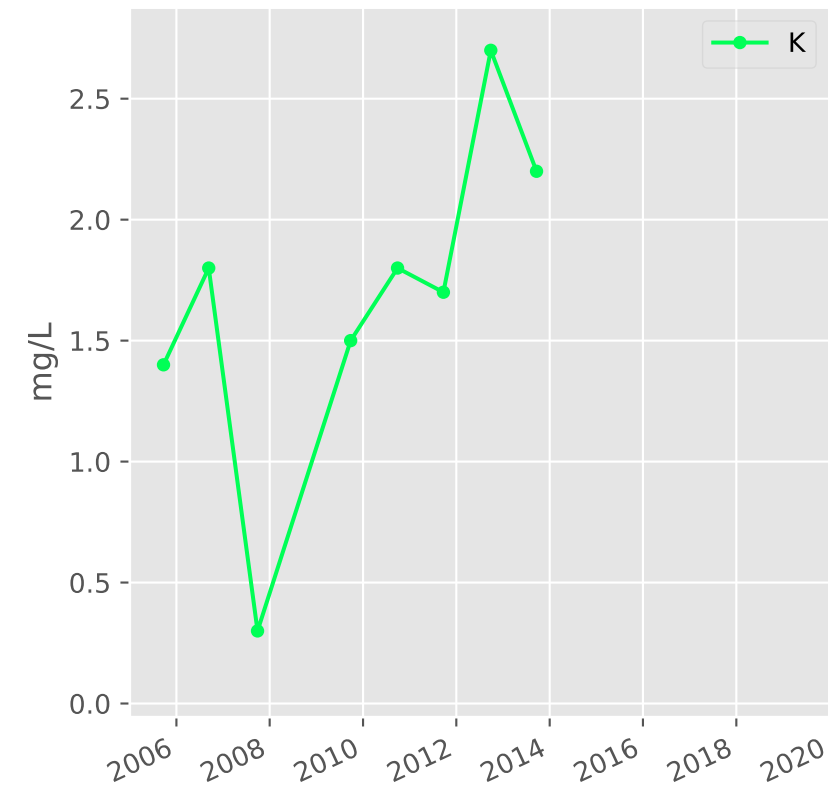
Bicarbonates



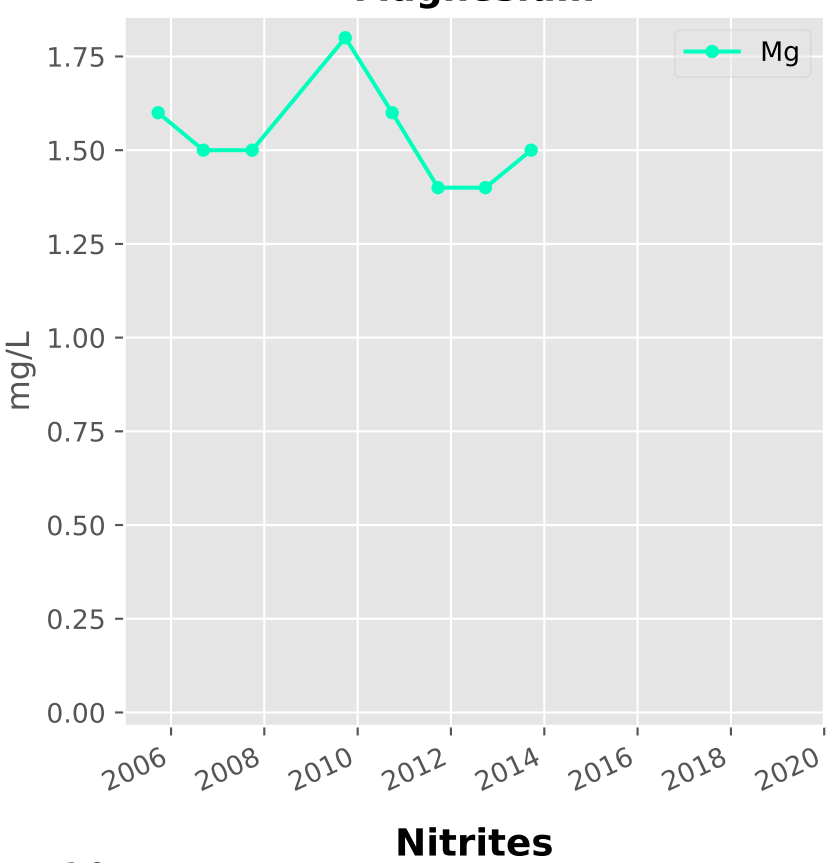
Calcium



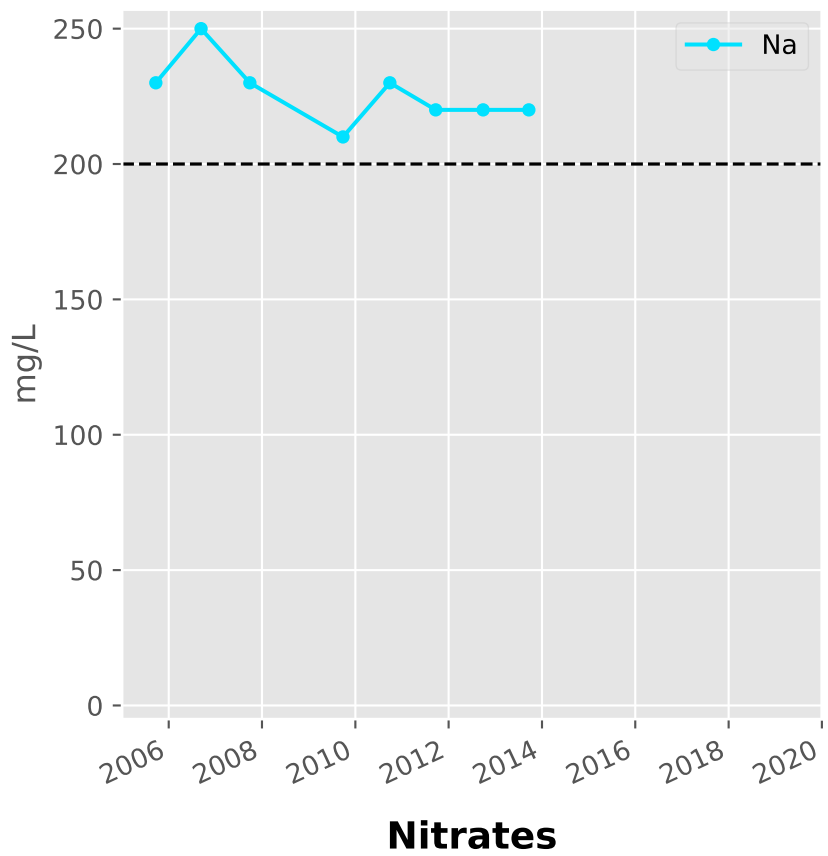
Potassium



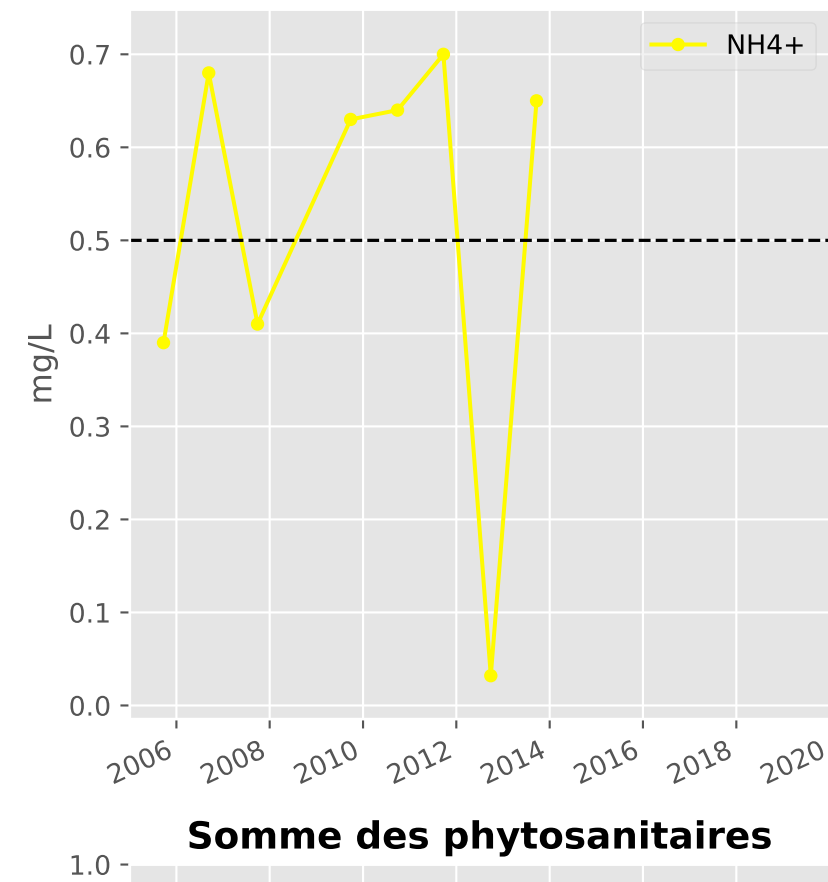
Magnésium



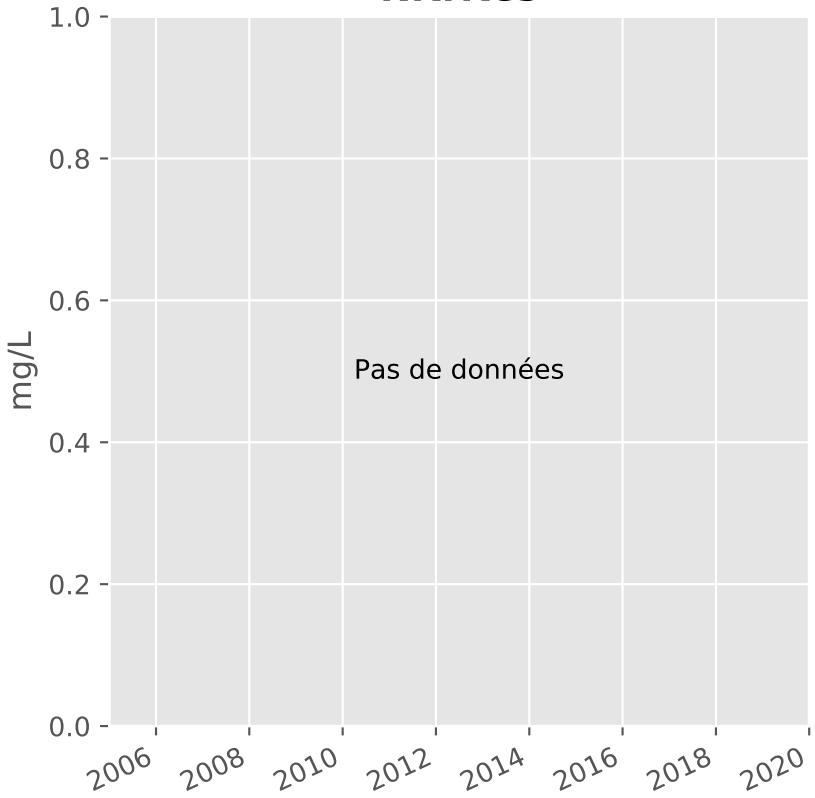
Sodium



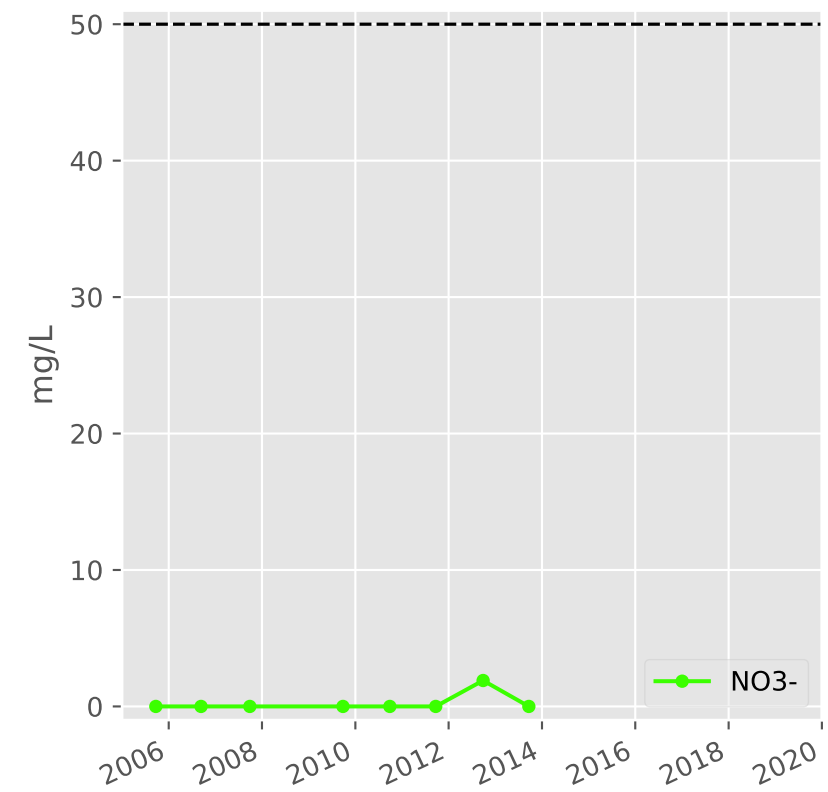
Ammonium



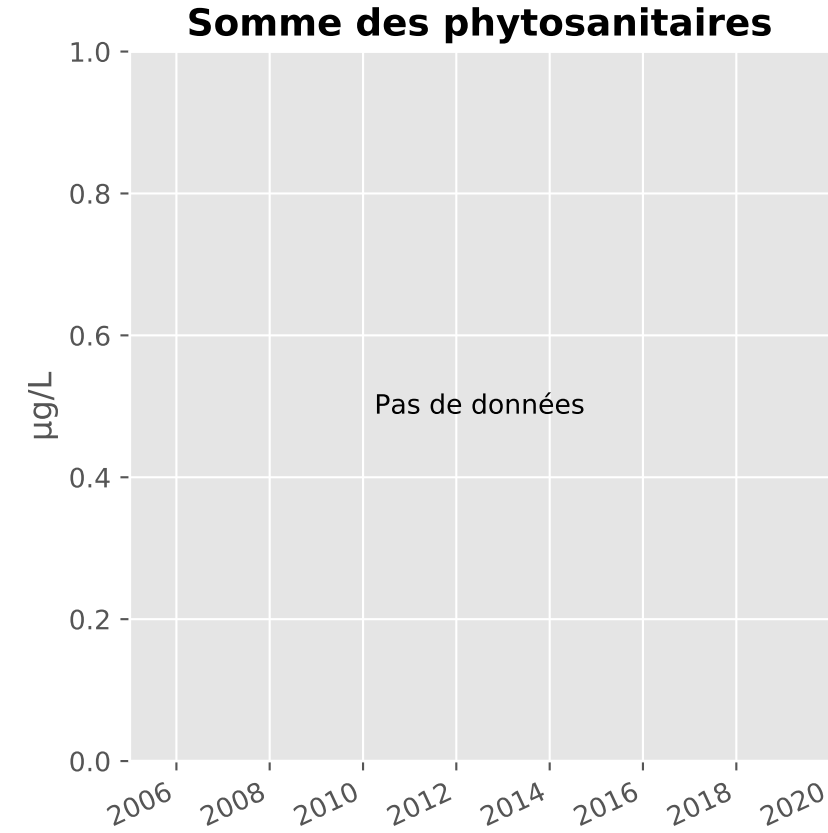
Nitrites



Nitrates

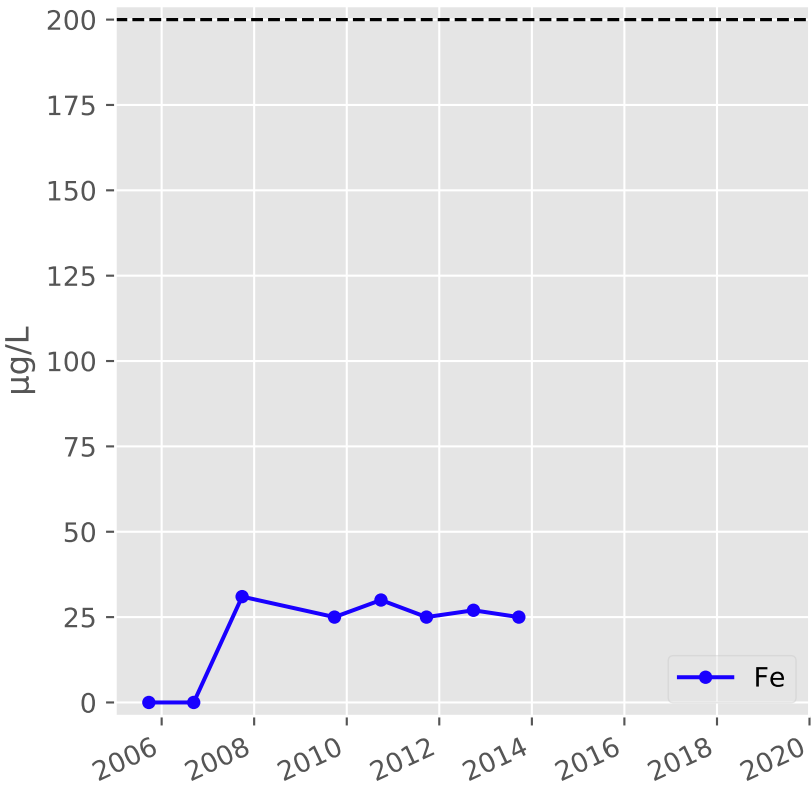


Somme des phytosanitaires

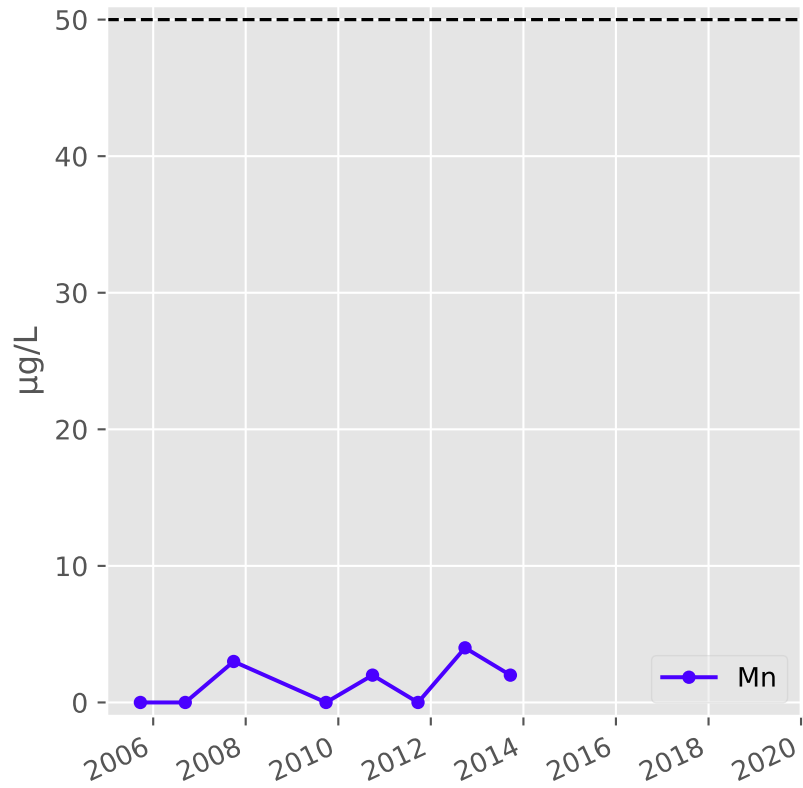


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - C10 - Pz. Mance bis - 01372X0211

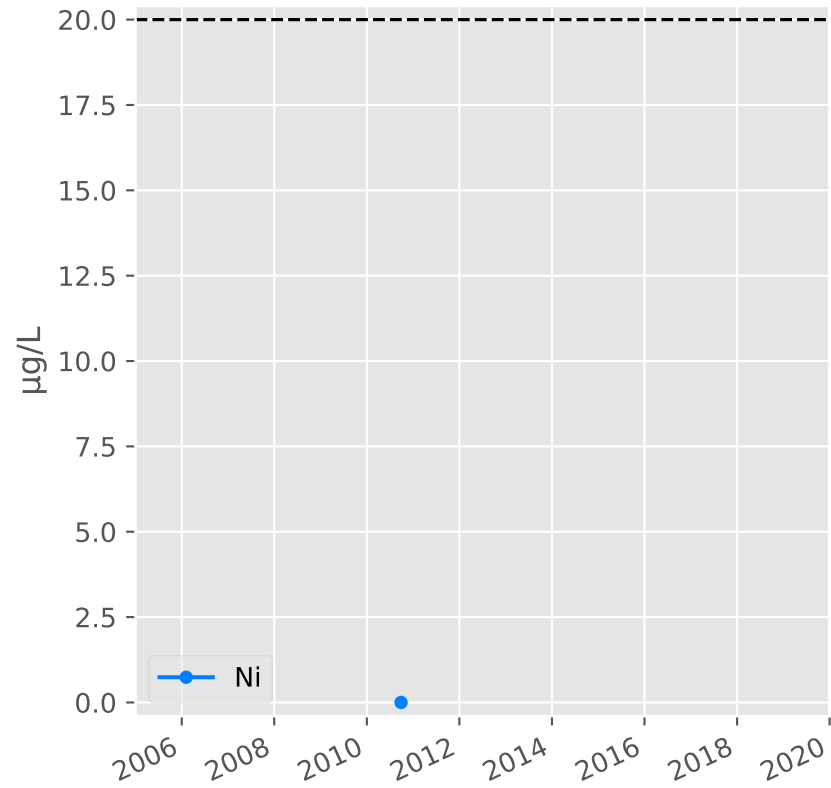
Fer



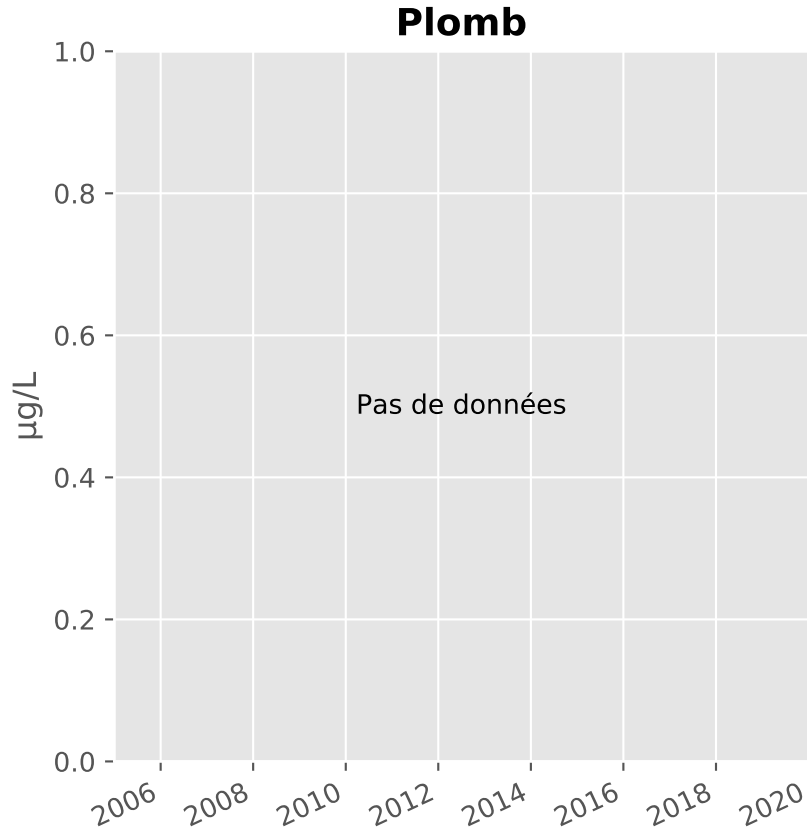
Manganèse



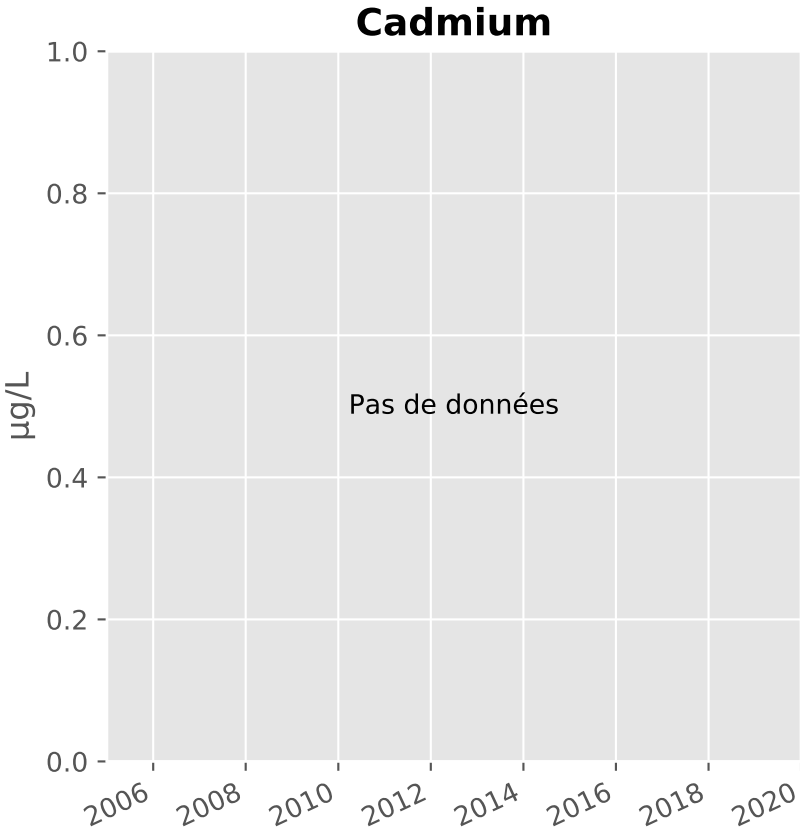
Nickel



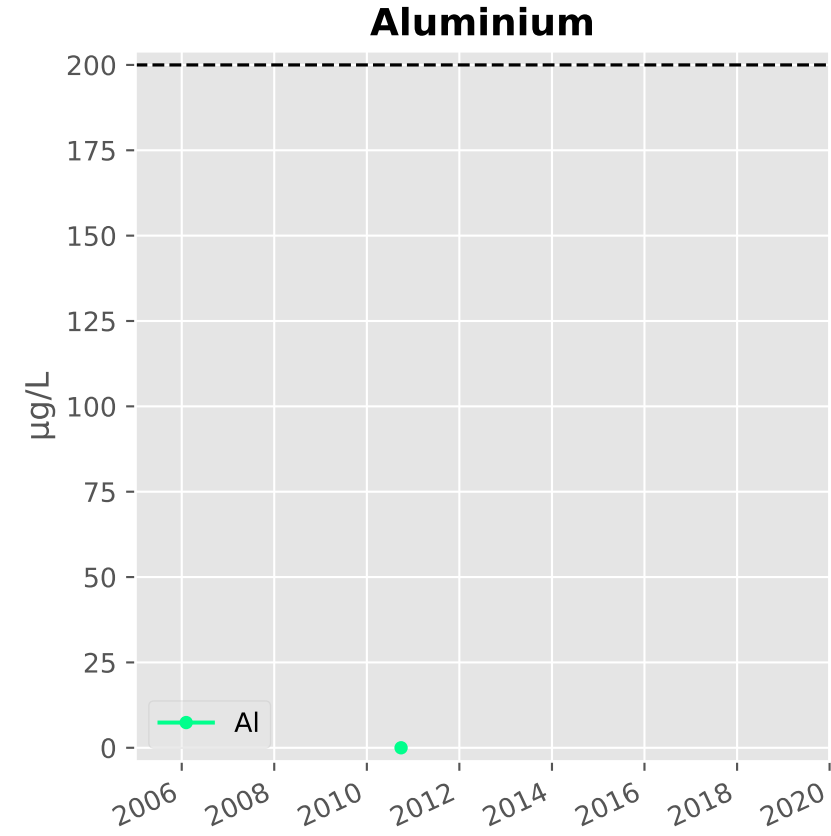
Plomb



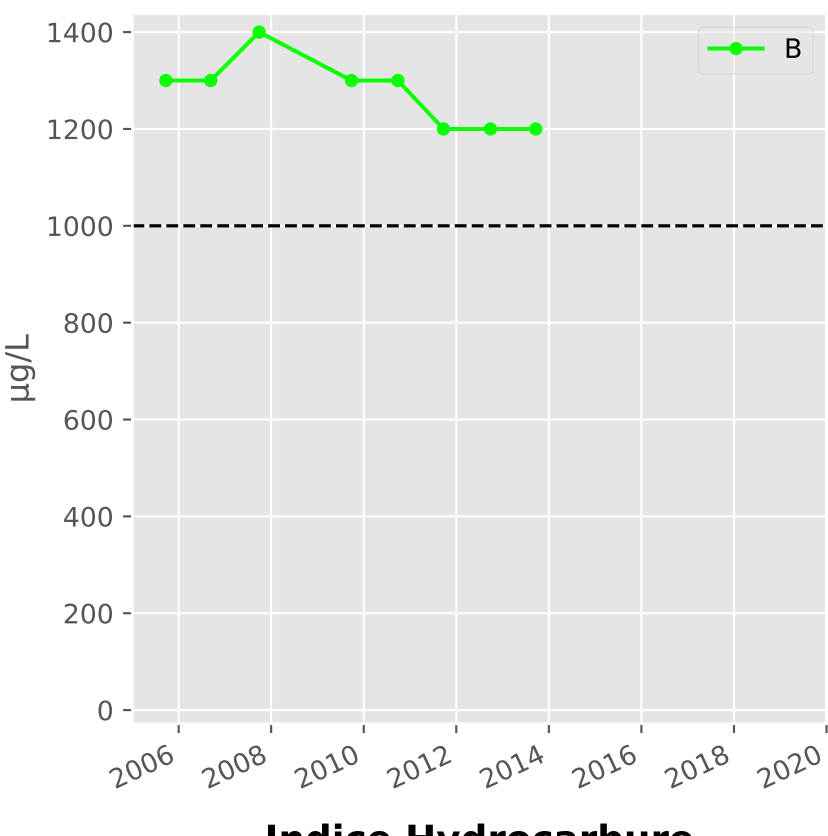
Cadmium



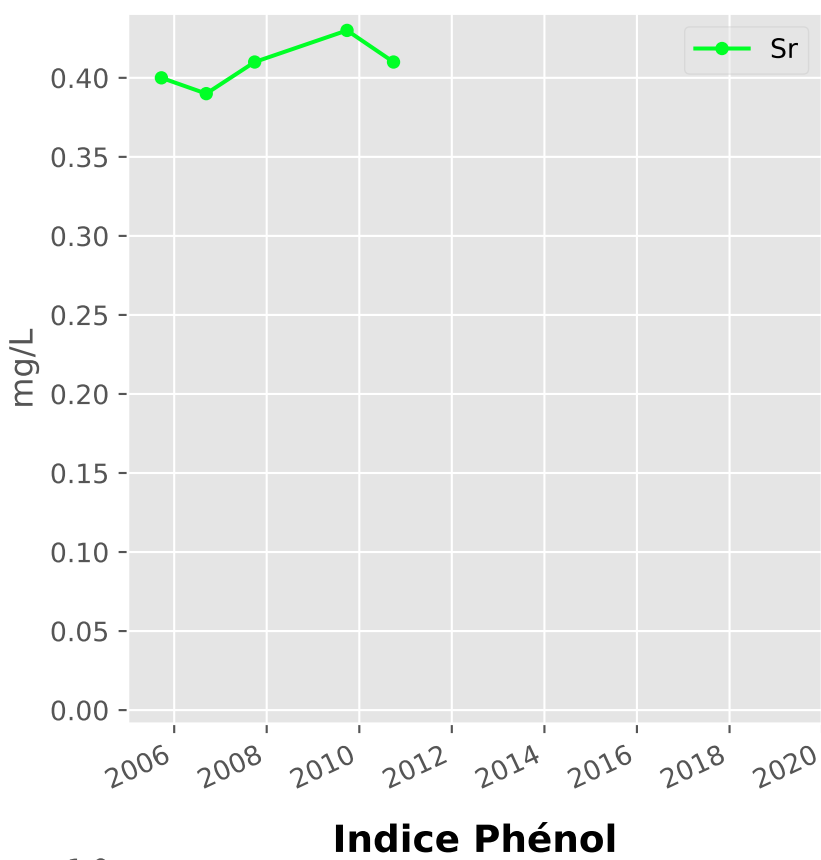
Aluminium



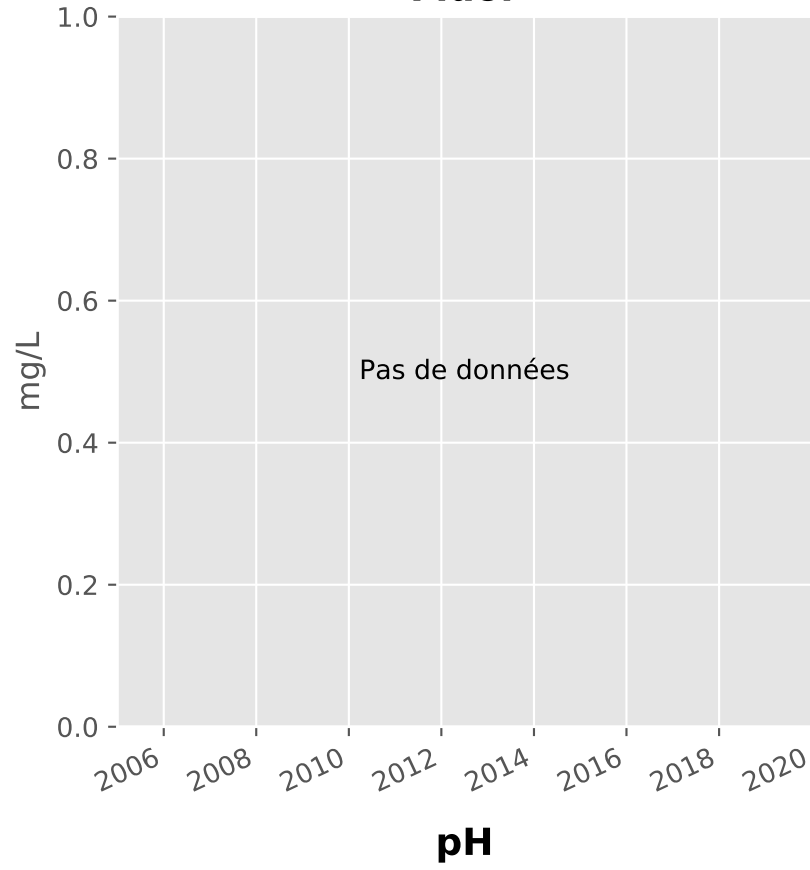
Bore



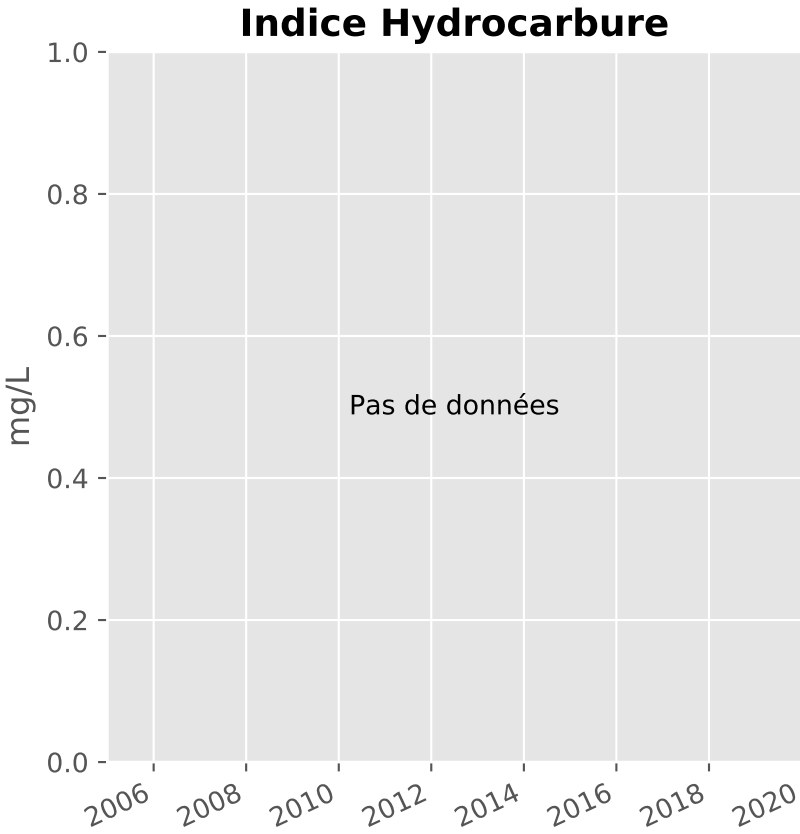
Strontium



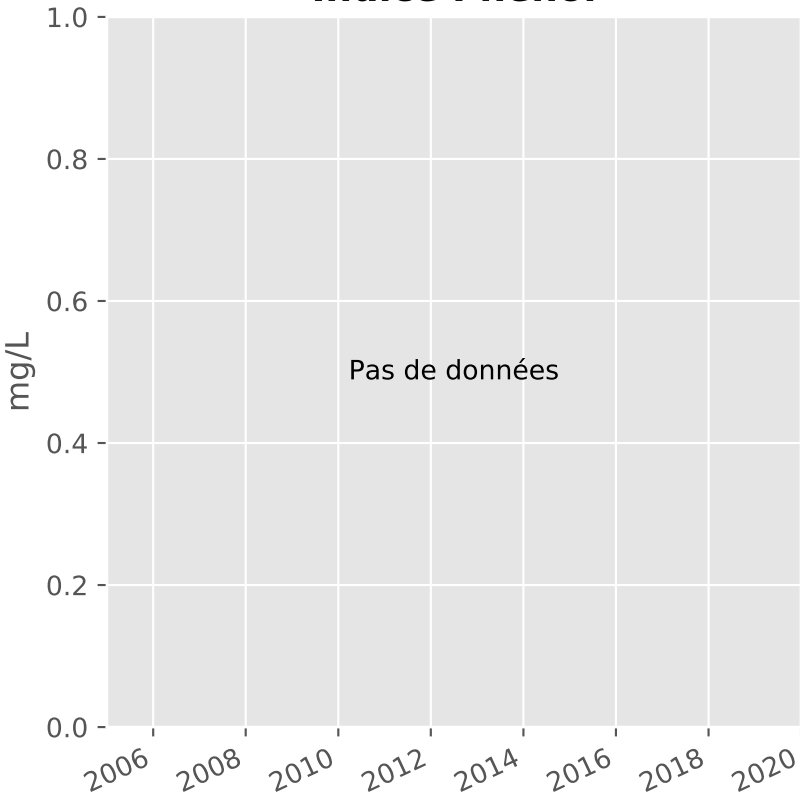
Fluor



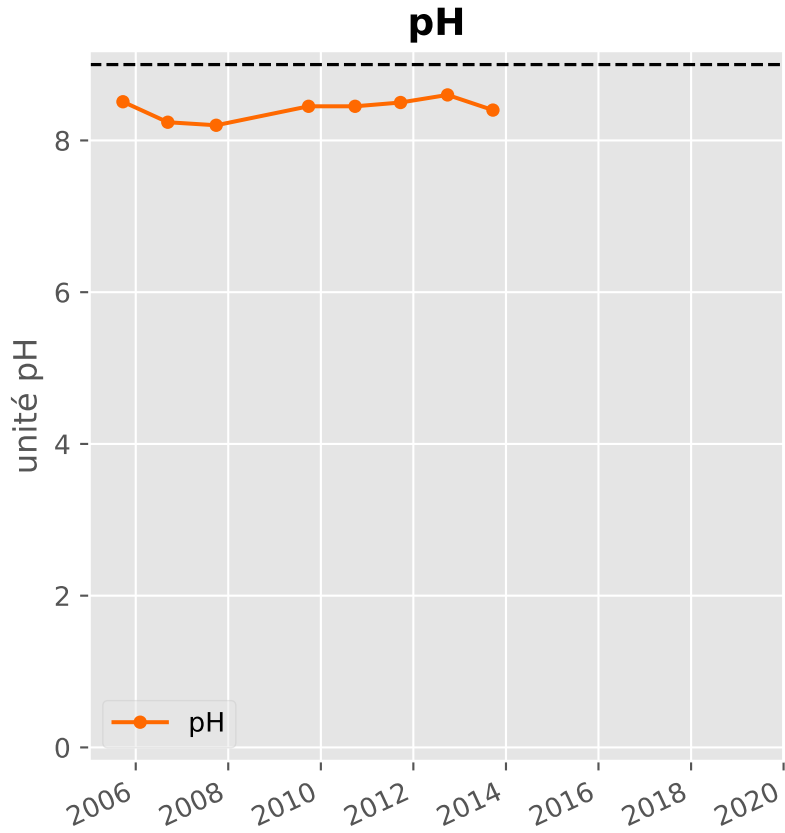
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

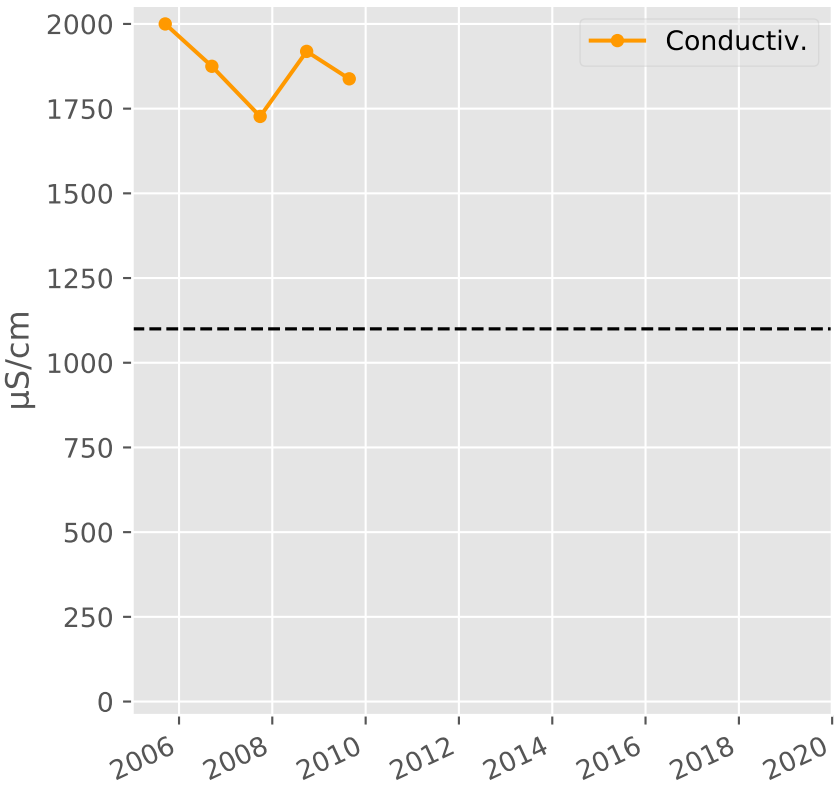


pH

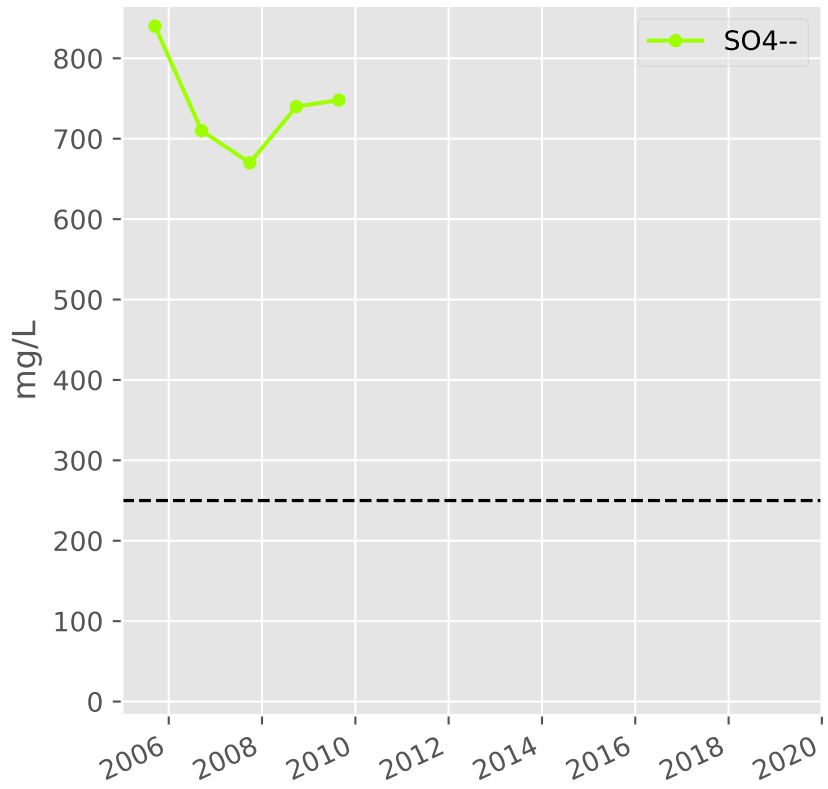


Bassin CENTRE - Réservoir minier - fuites - Secteur SC4 - C18 - Source Chapelle (fuites) - 01373X0027

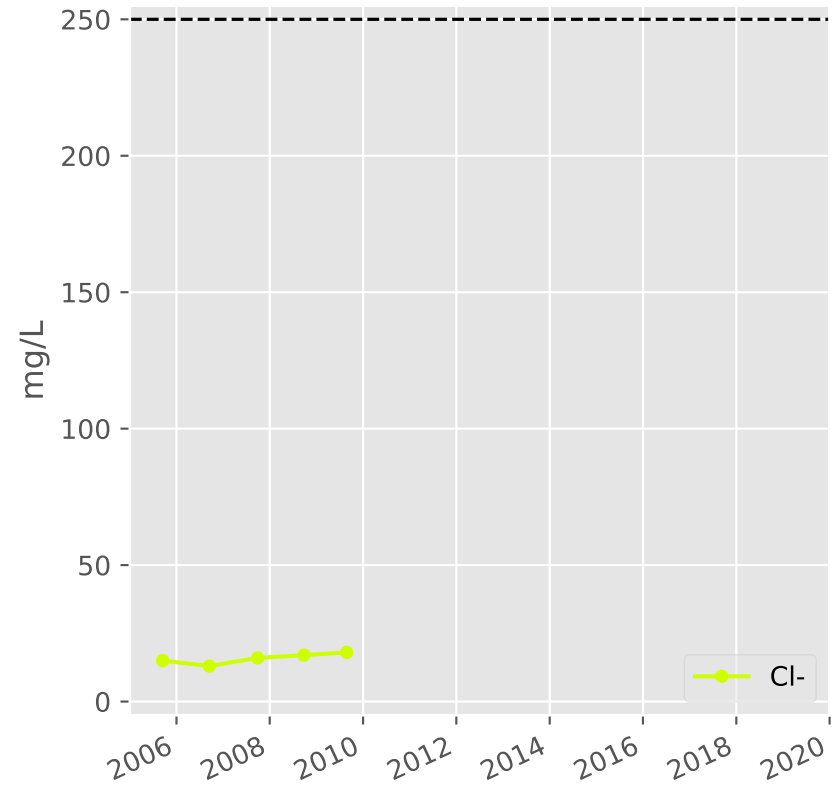
Conductivité



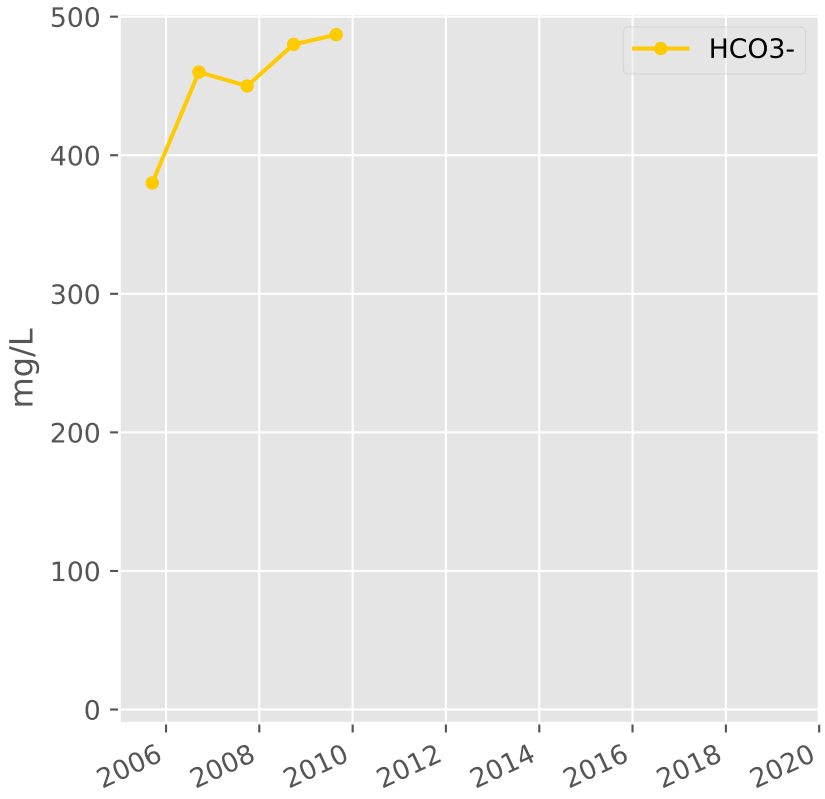
Sulfates



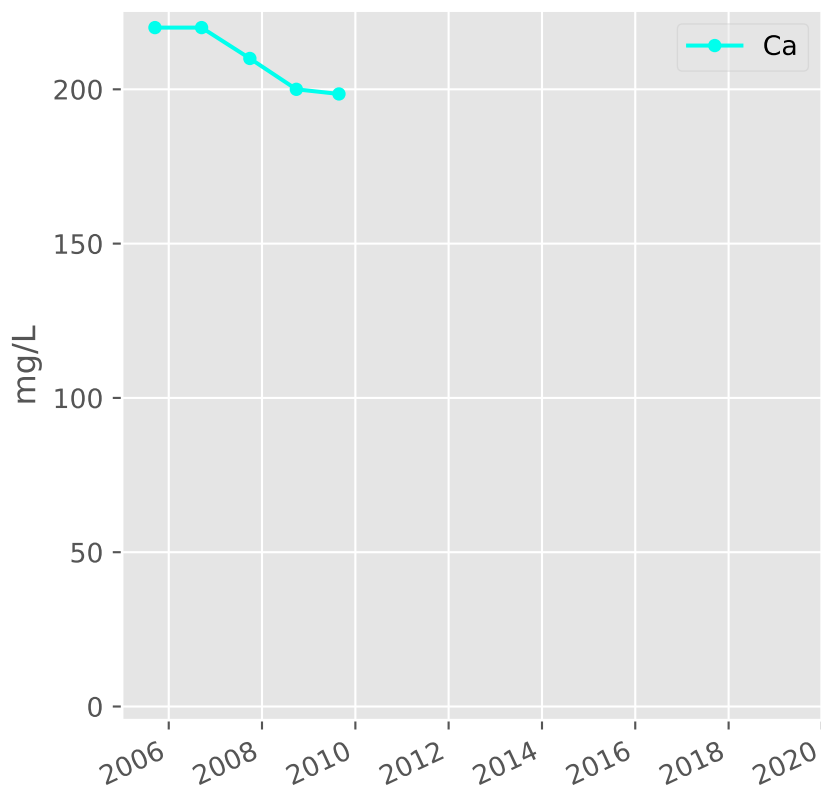
Chlorures



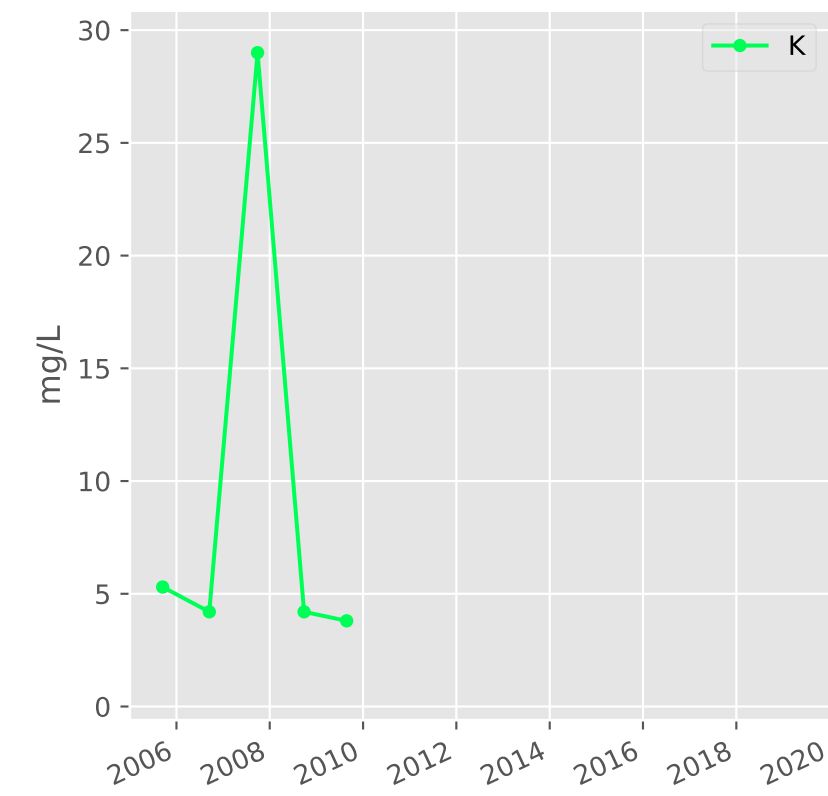
Bicarbonates



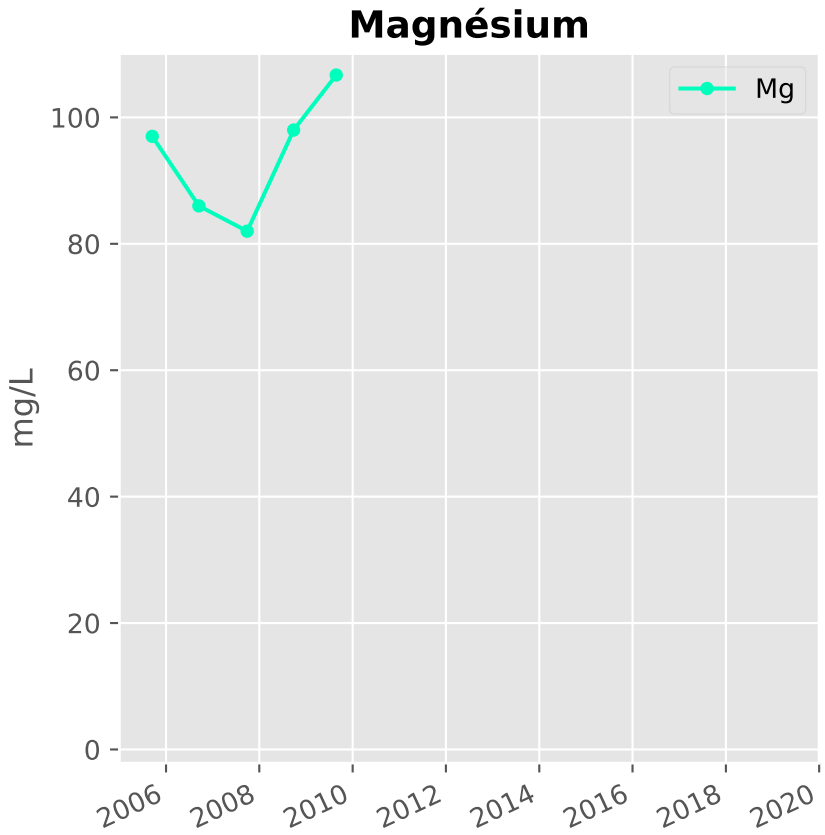
Calcium



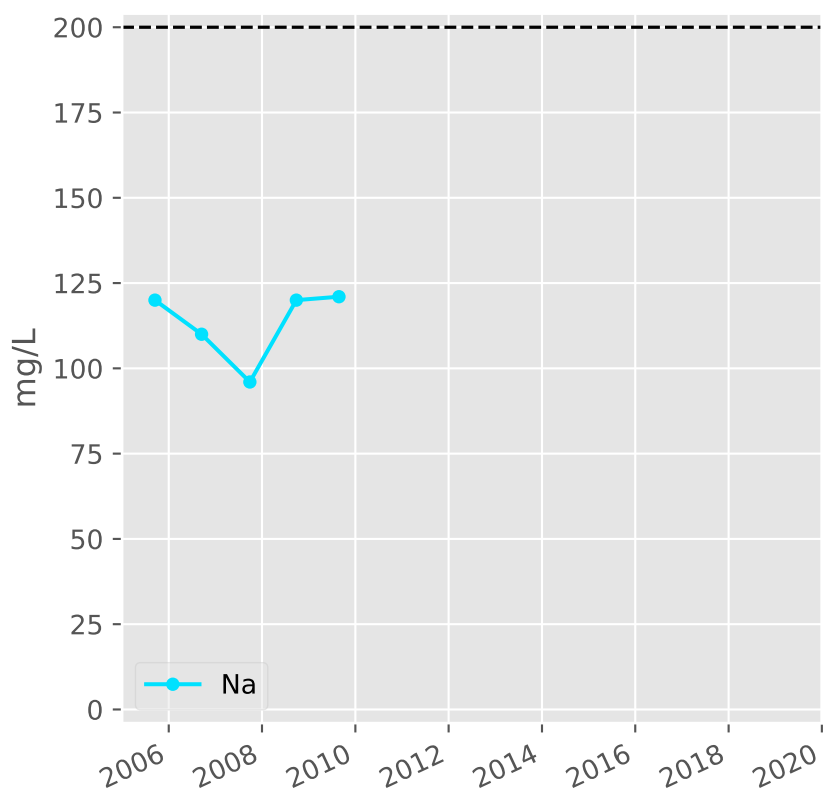
Potassium



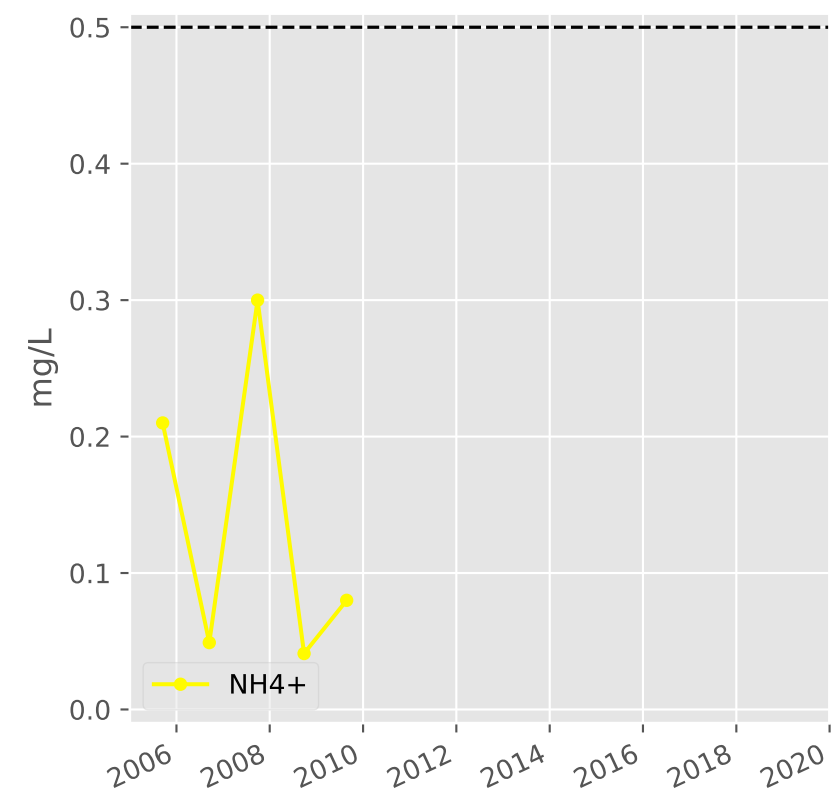
Magnésium



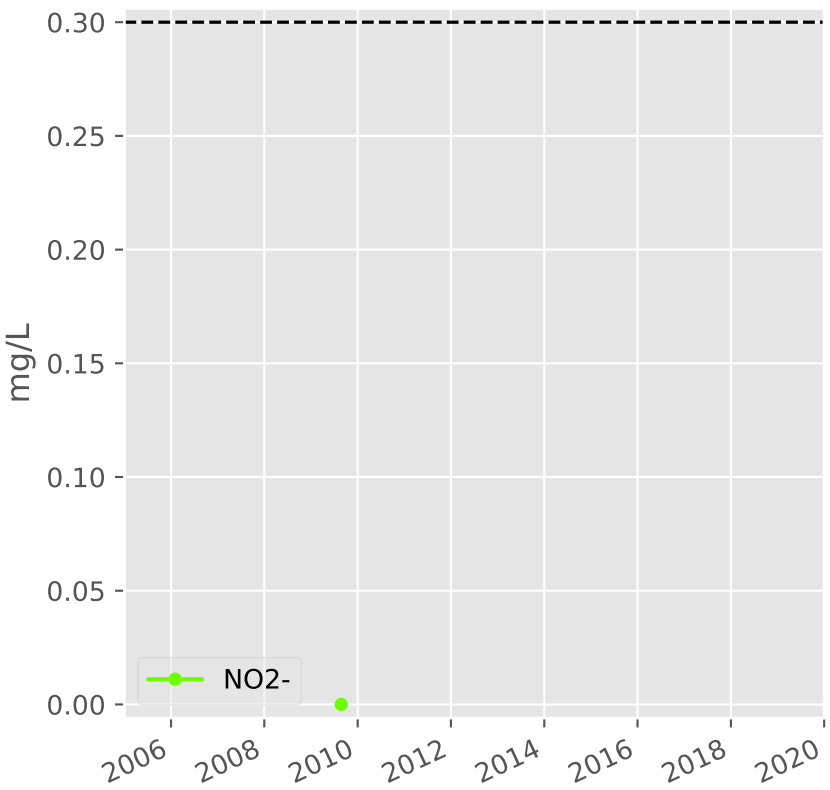
Sodium



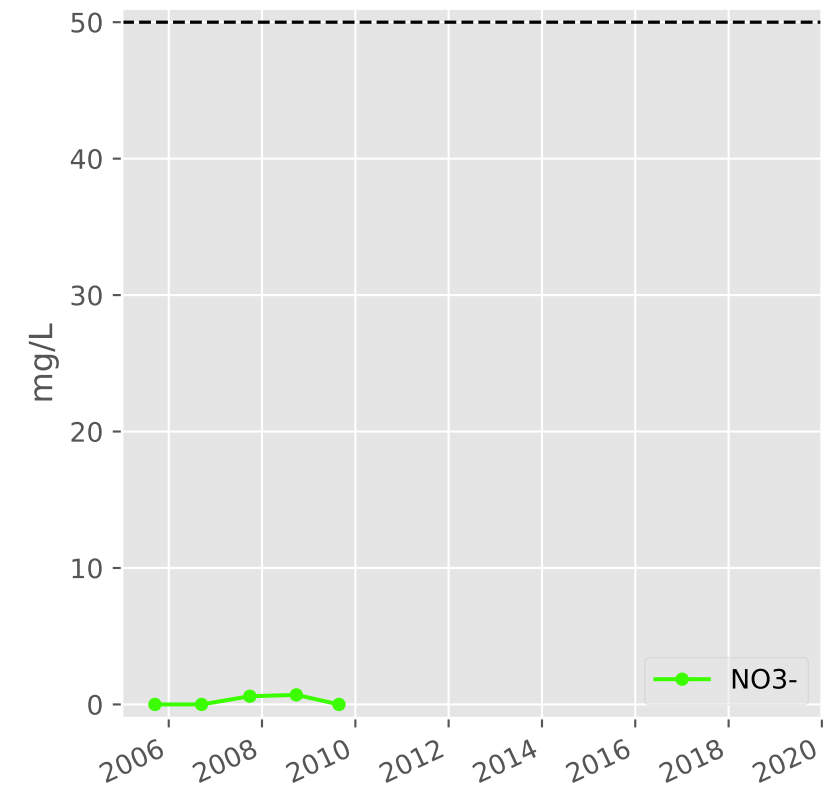
Ammonium



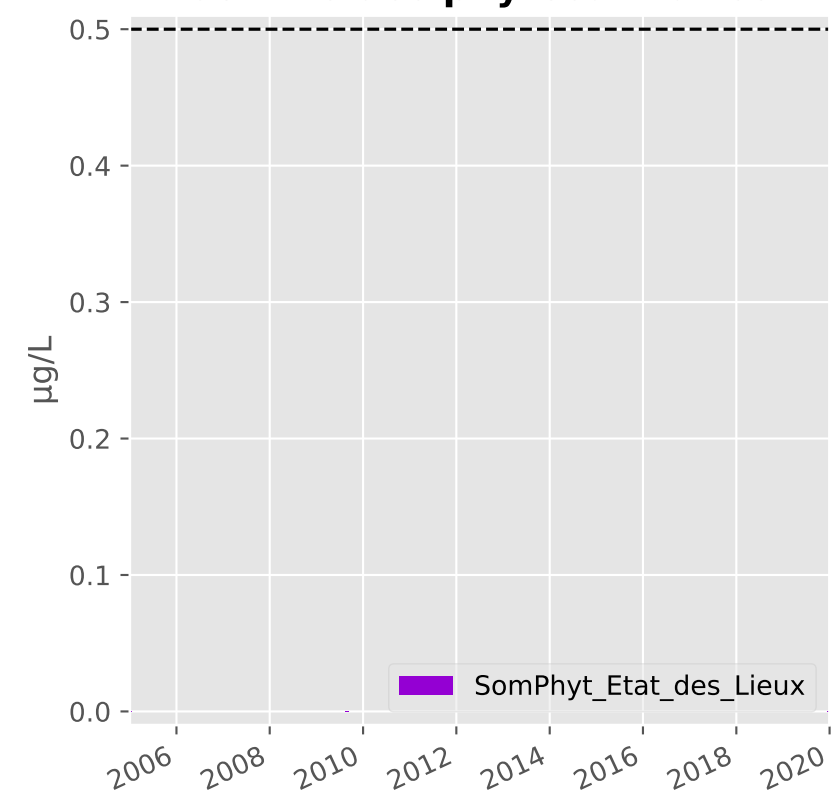
Nitrites



Nitrates

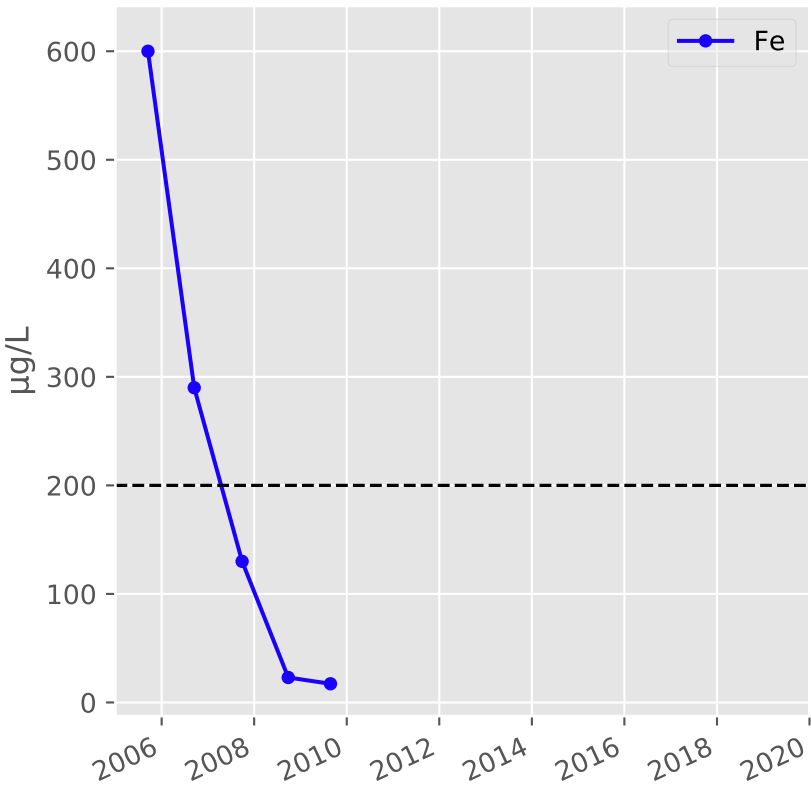


Somme des phytosanitaires

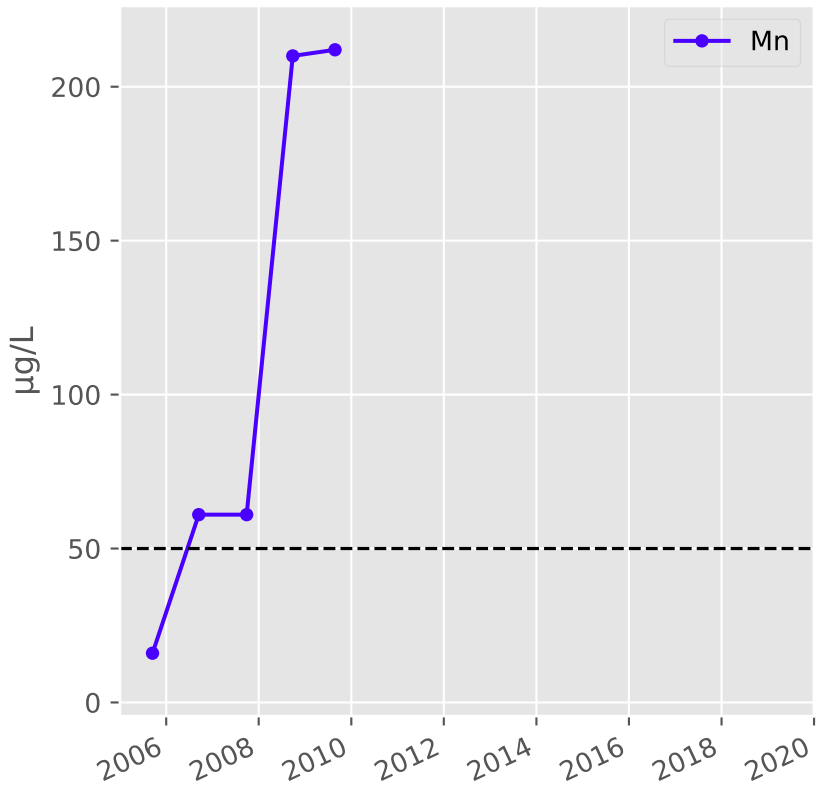


Bassin CENTRE - Réservoir minier - fuites - Secteur SC4 - C18 - Source Chapelle (fuites) - 01373X0027

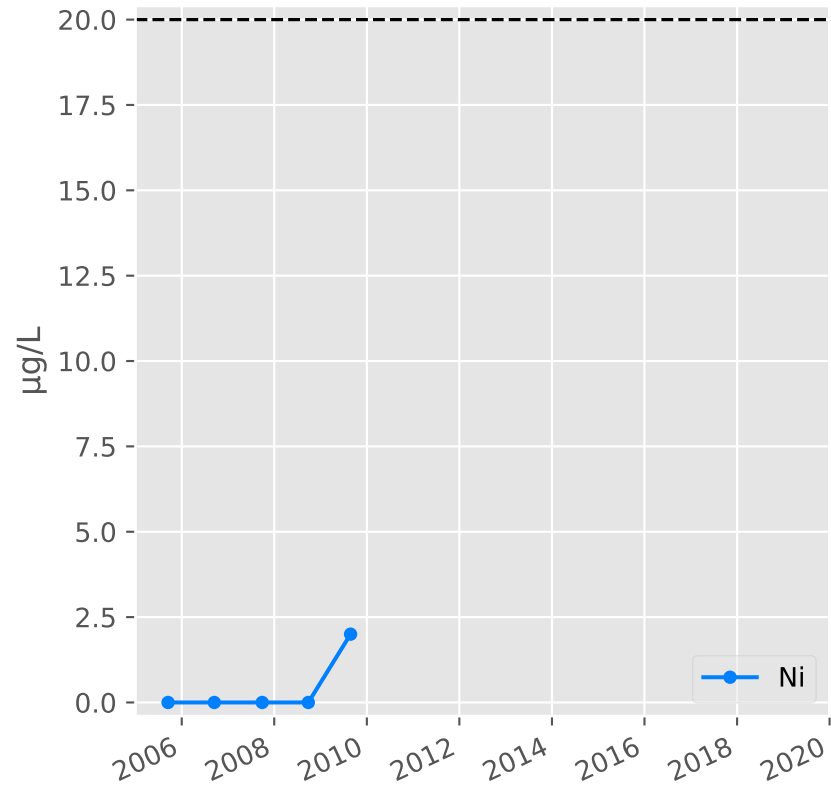
Fer



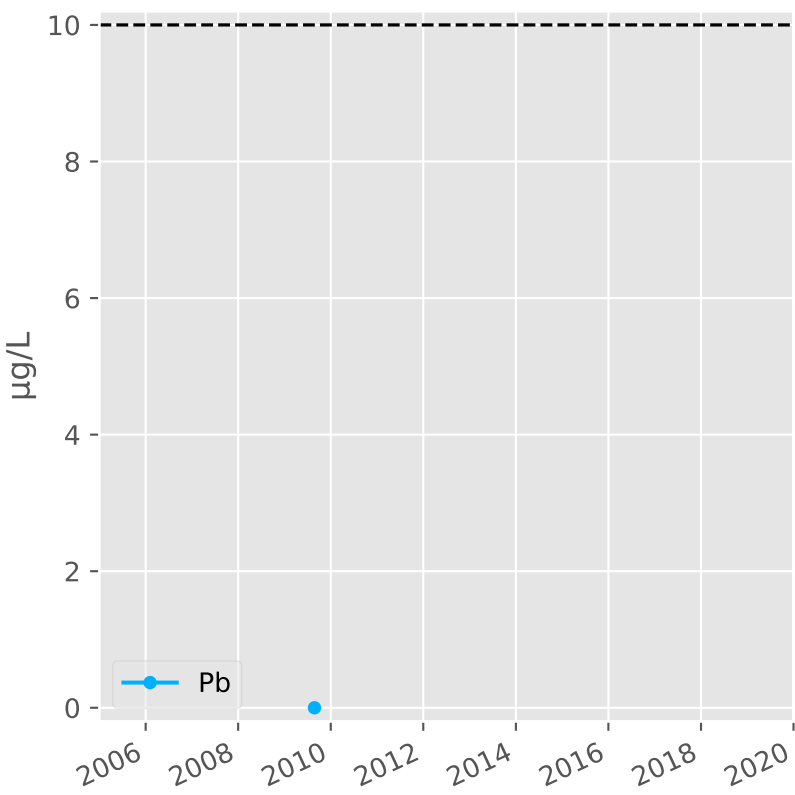
Manganèse



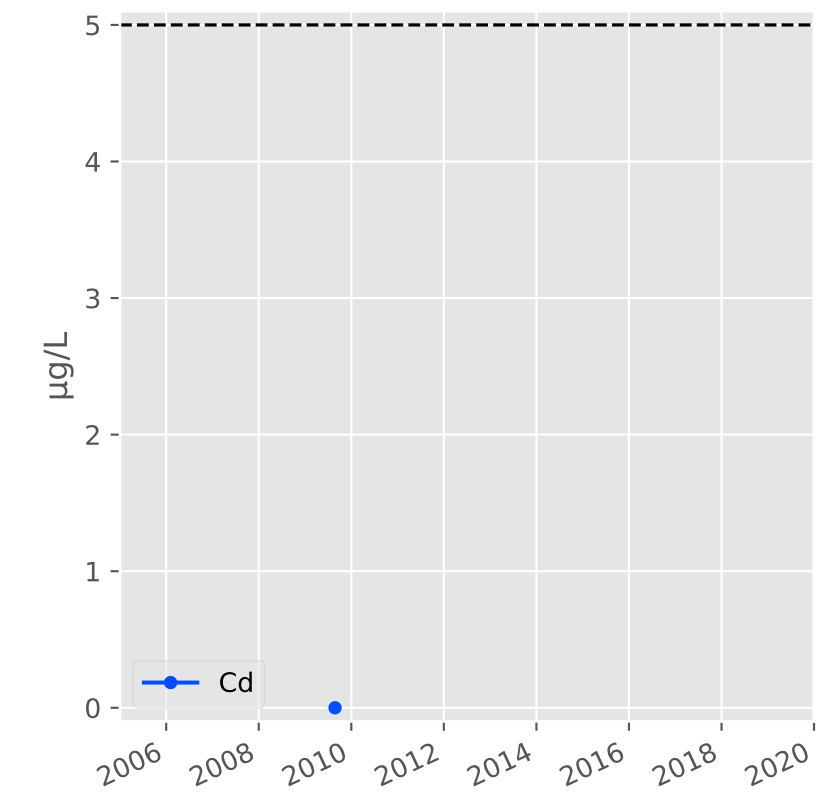
Nickel



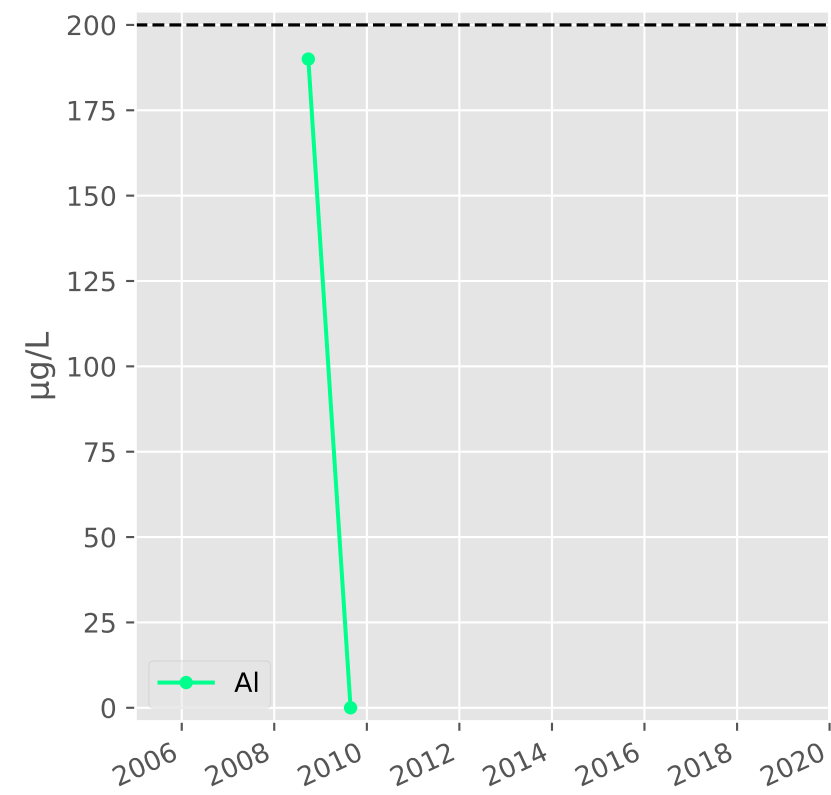
Plomb



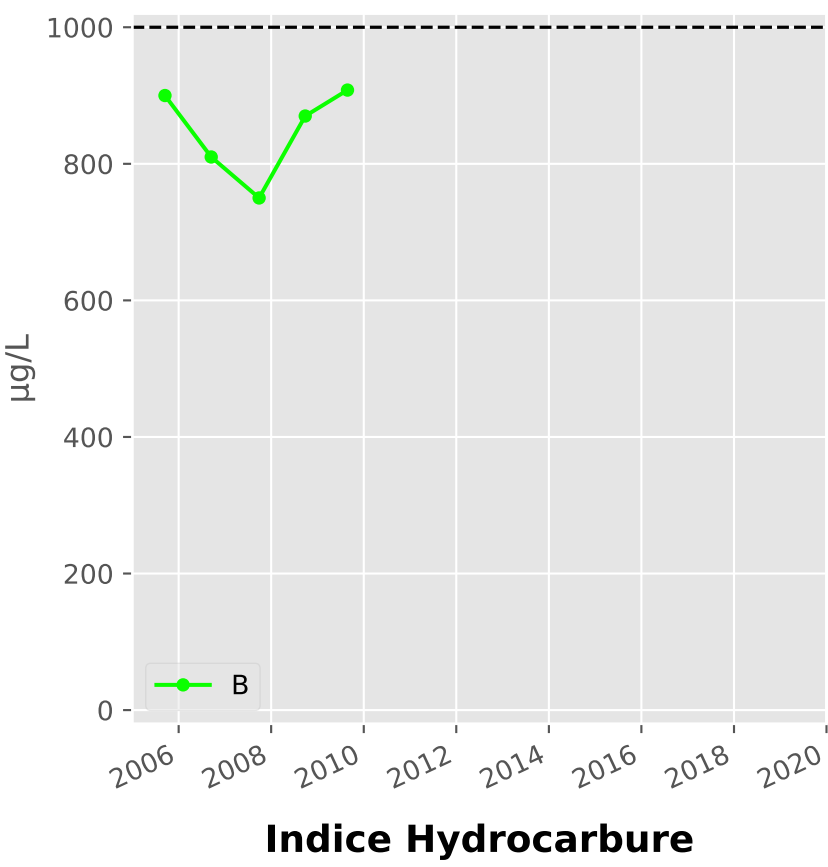
Cadmium



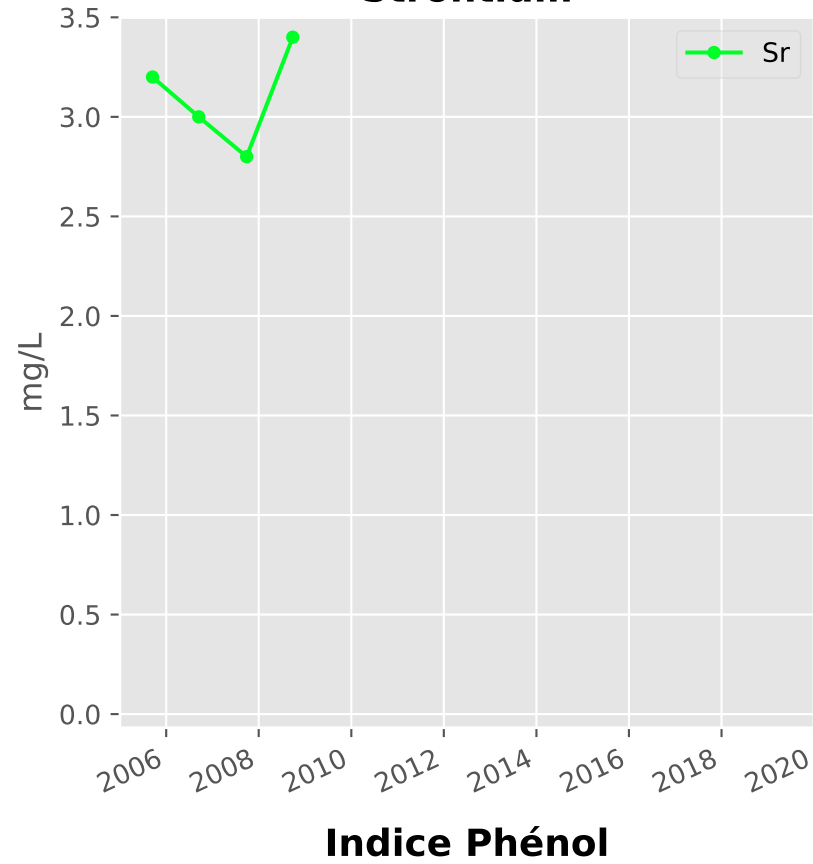
Aluminium



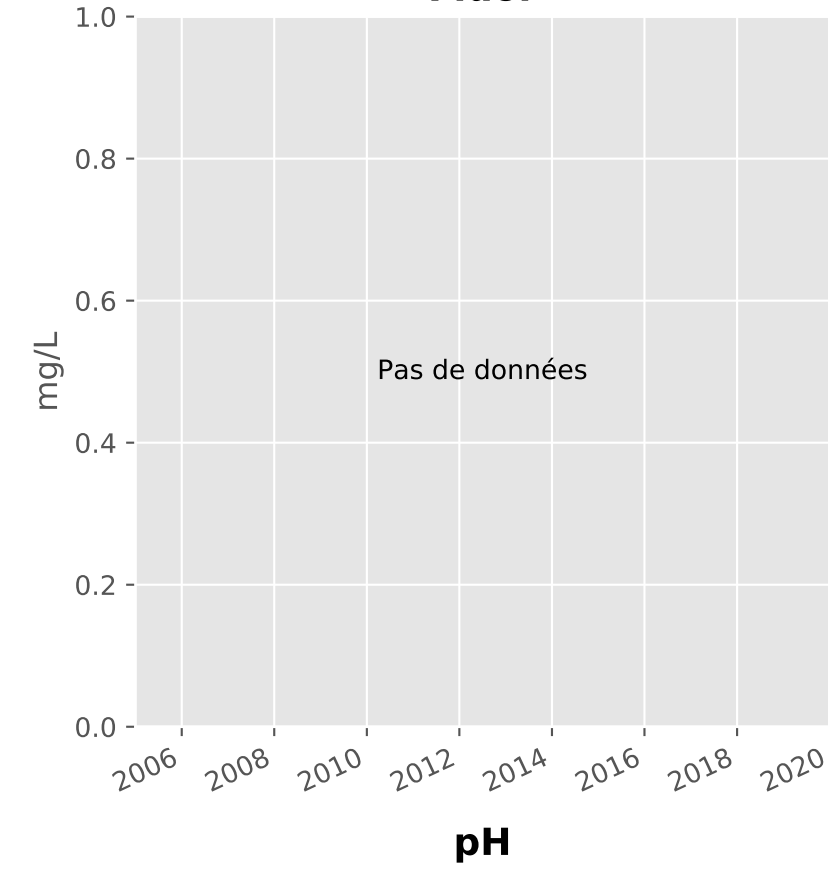
Bore



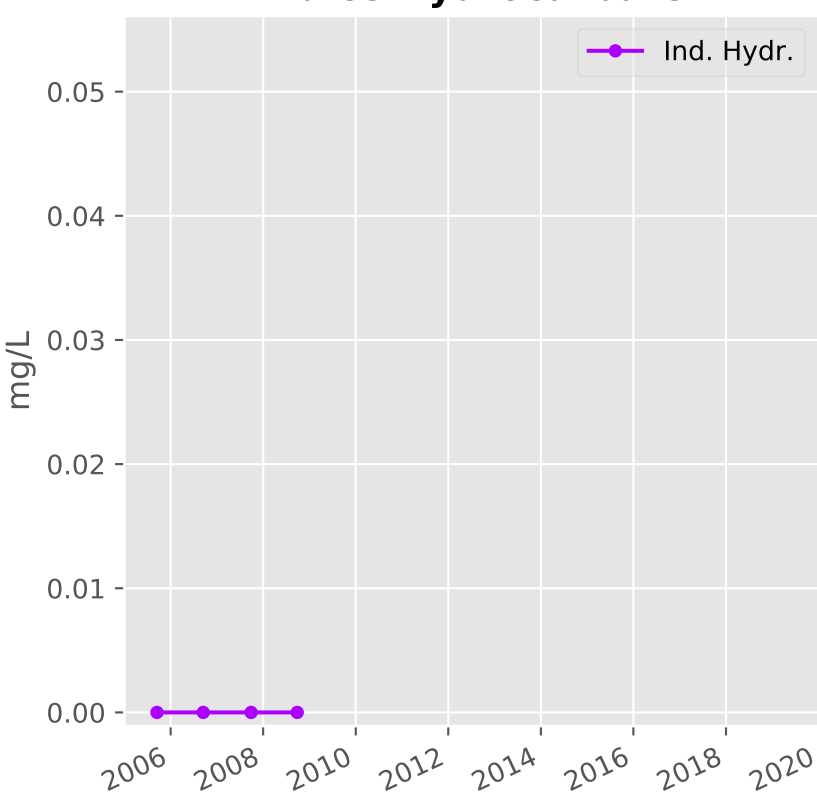
Strontium



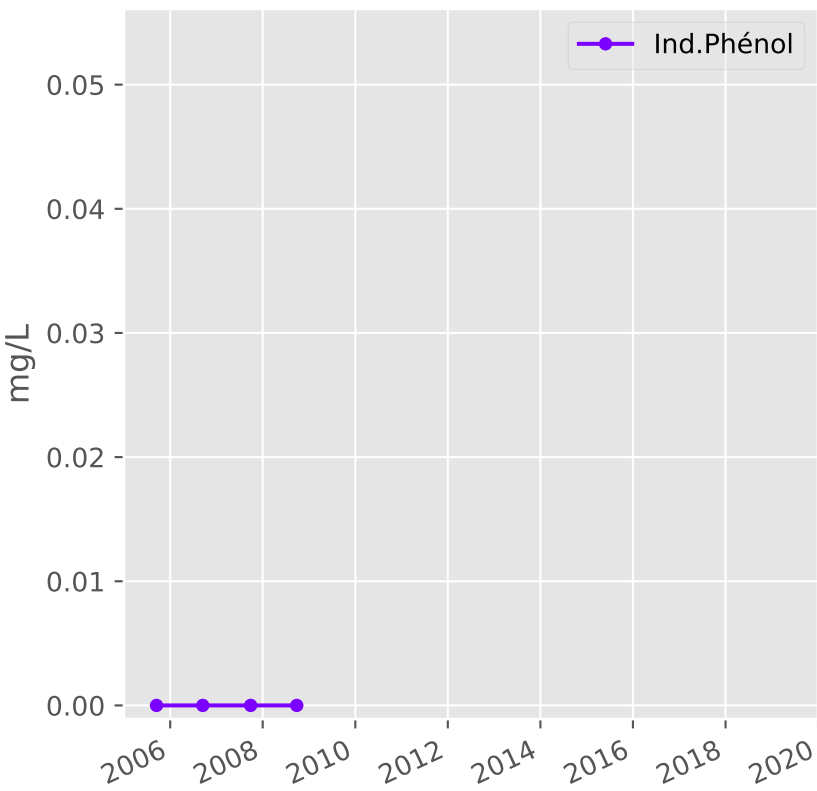
Fluor



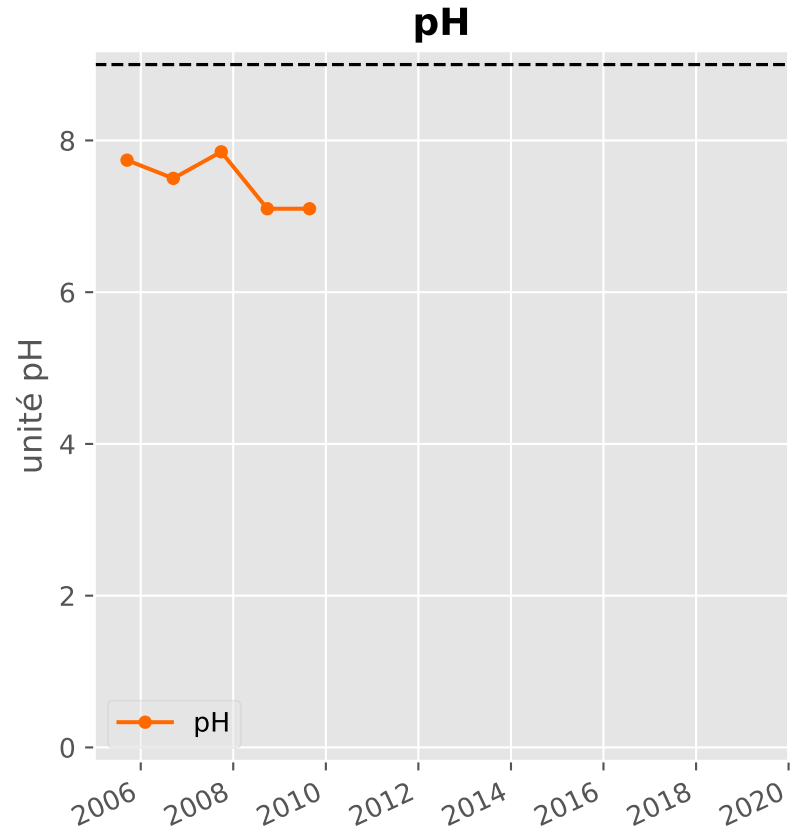
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

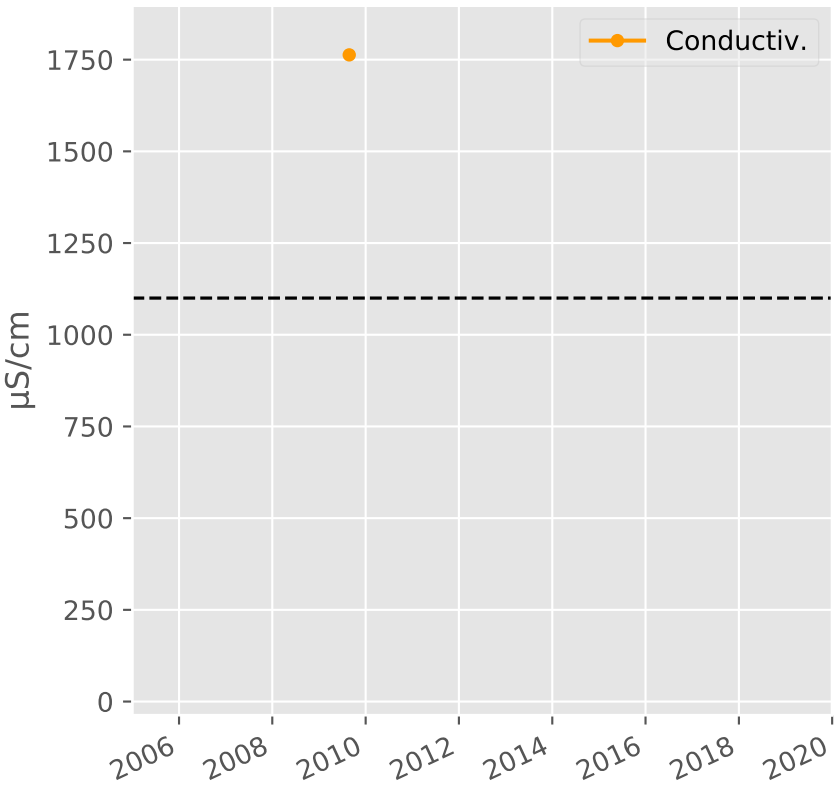


pH

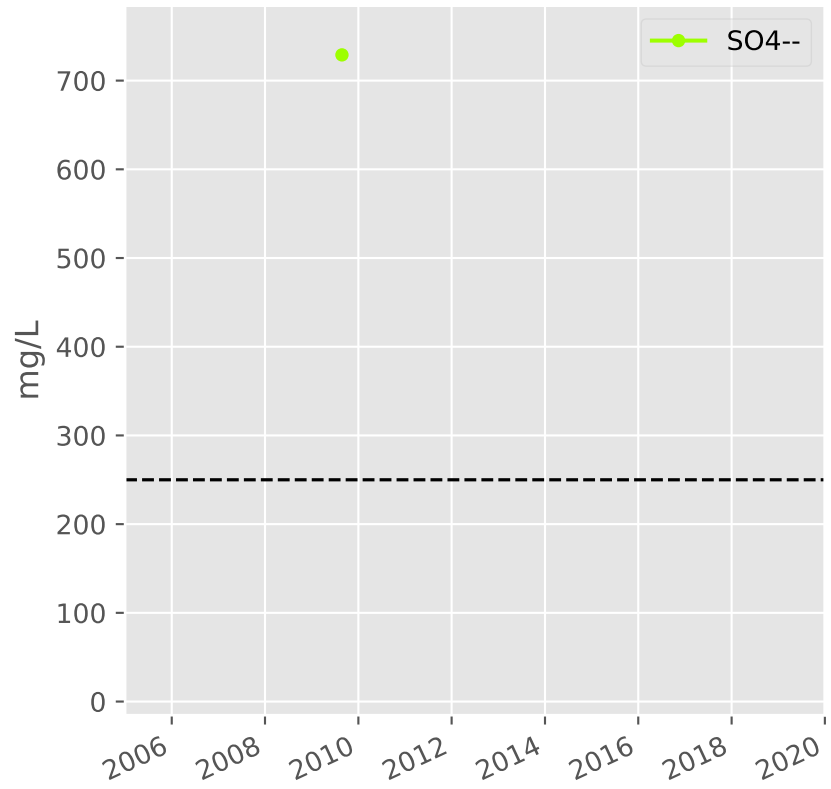


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS4 - S21 - Puits Moyeuvre-Petite - 01373X0129

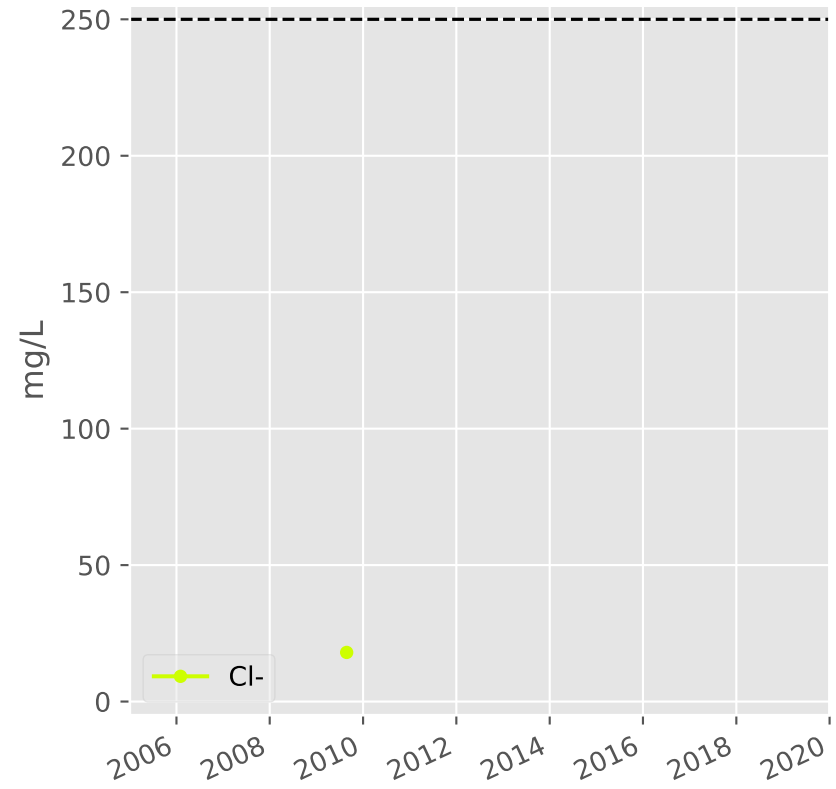
Conductivité



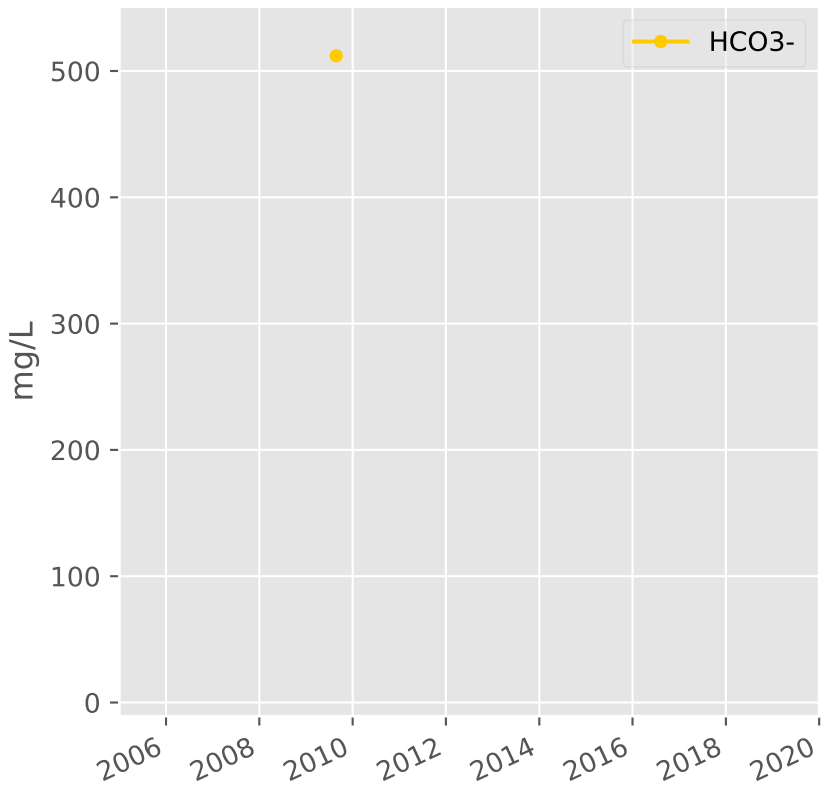
Sulfates



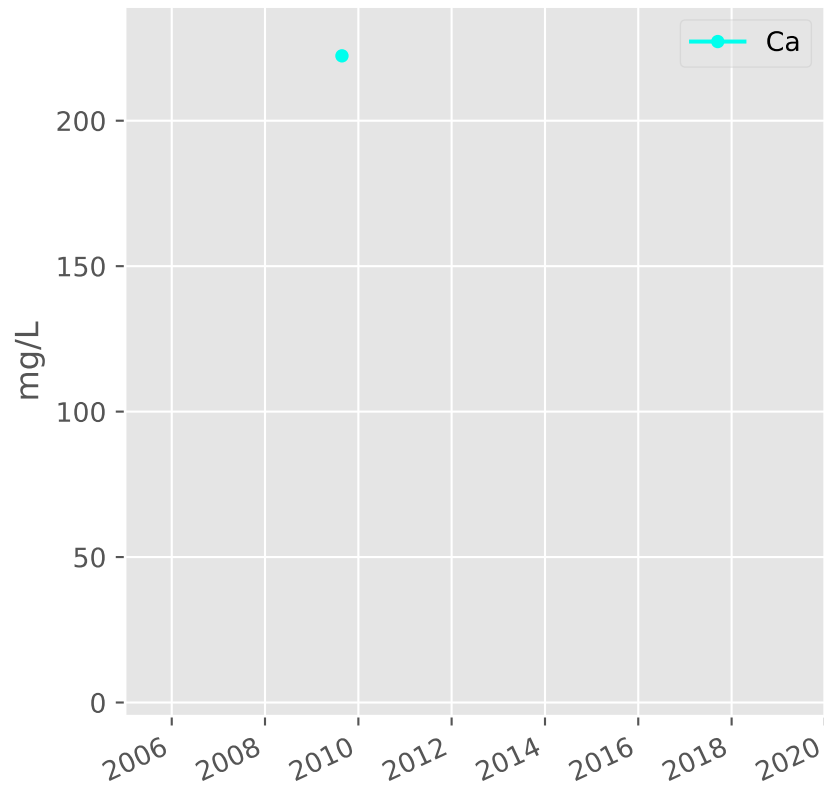
Chlorures



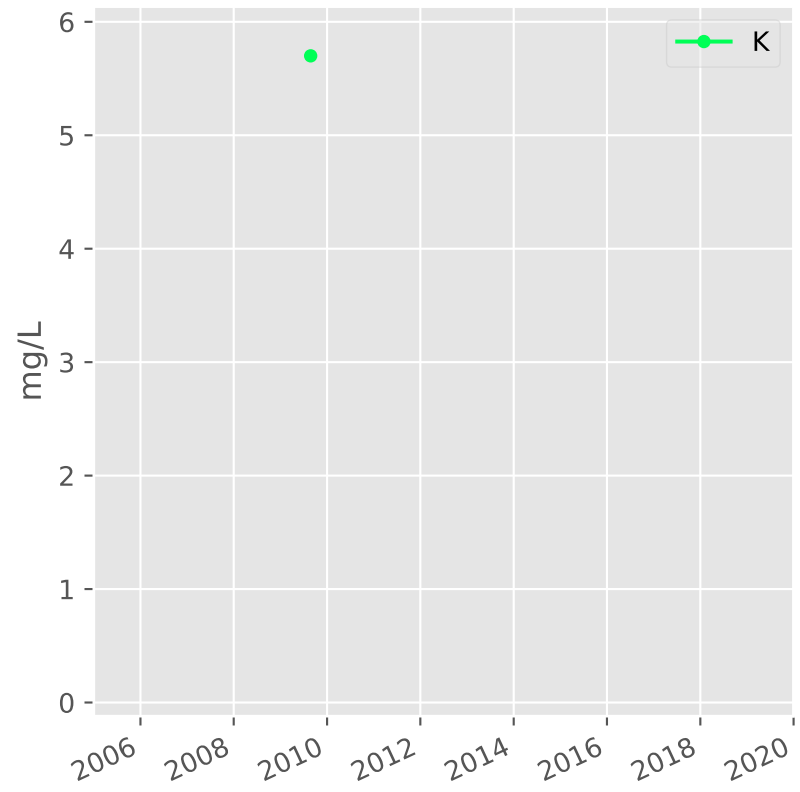
Bicarbonates



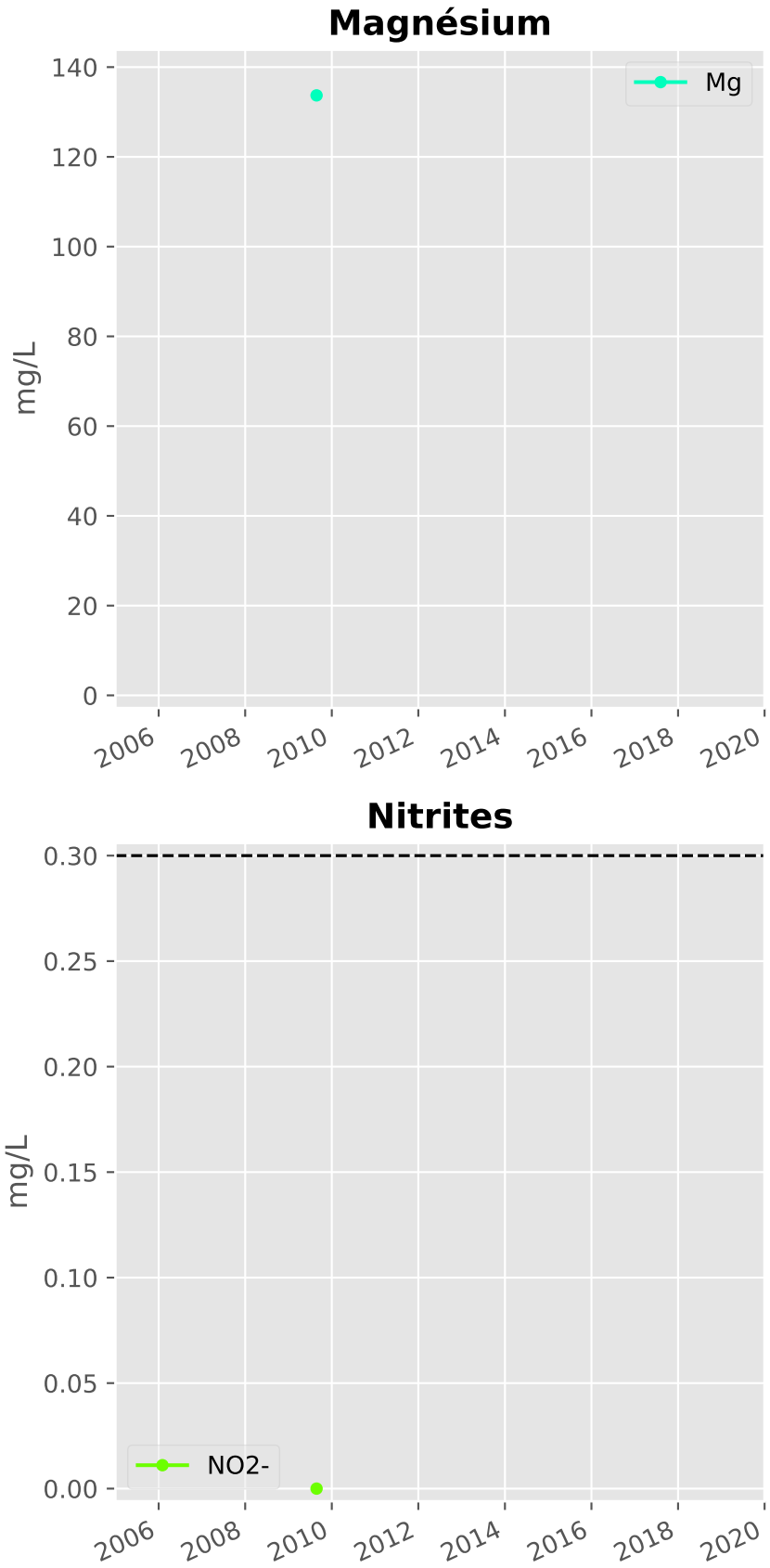
Calcium



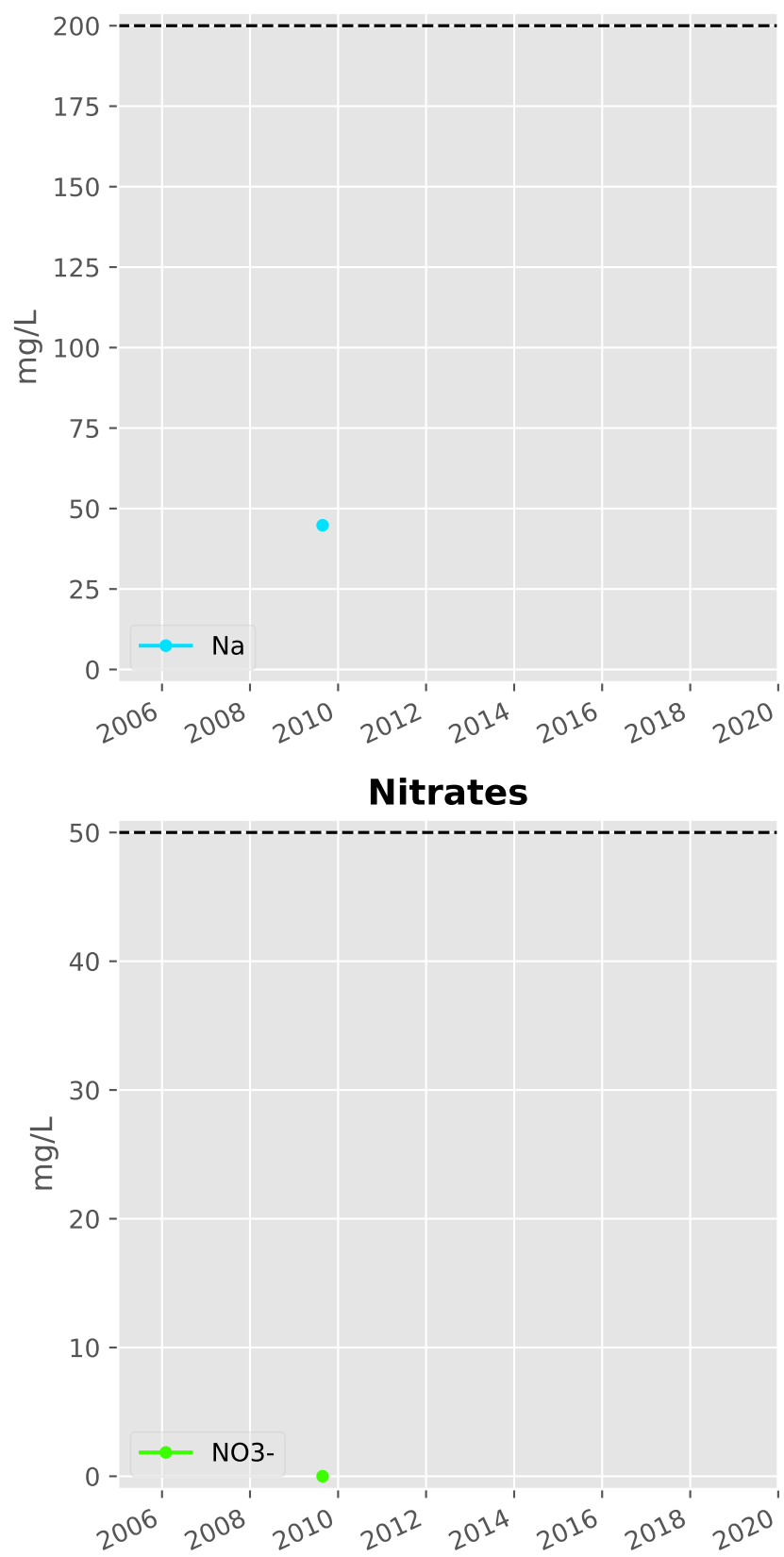
Potassium



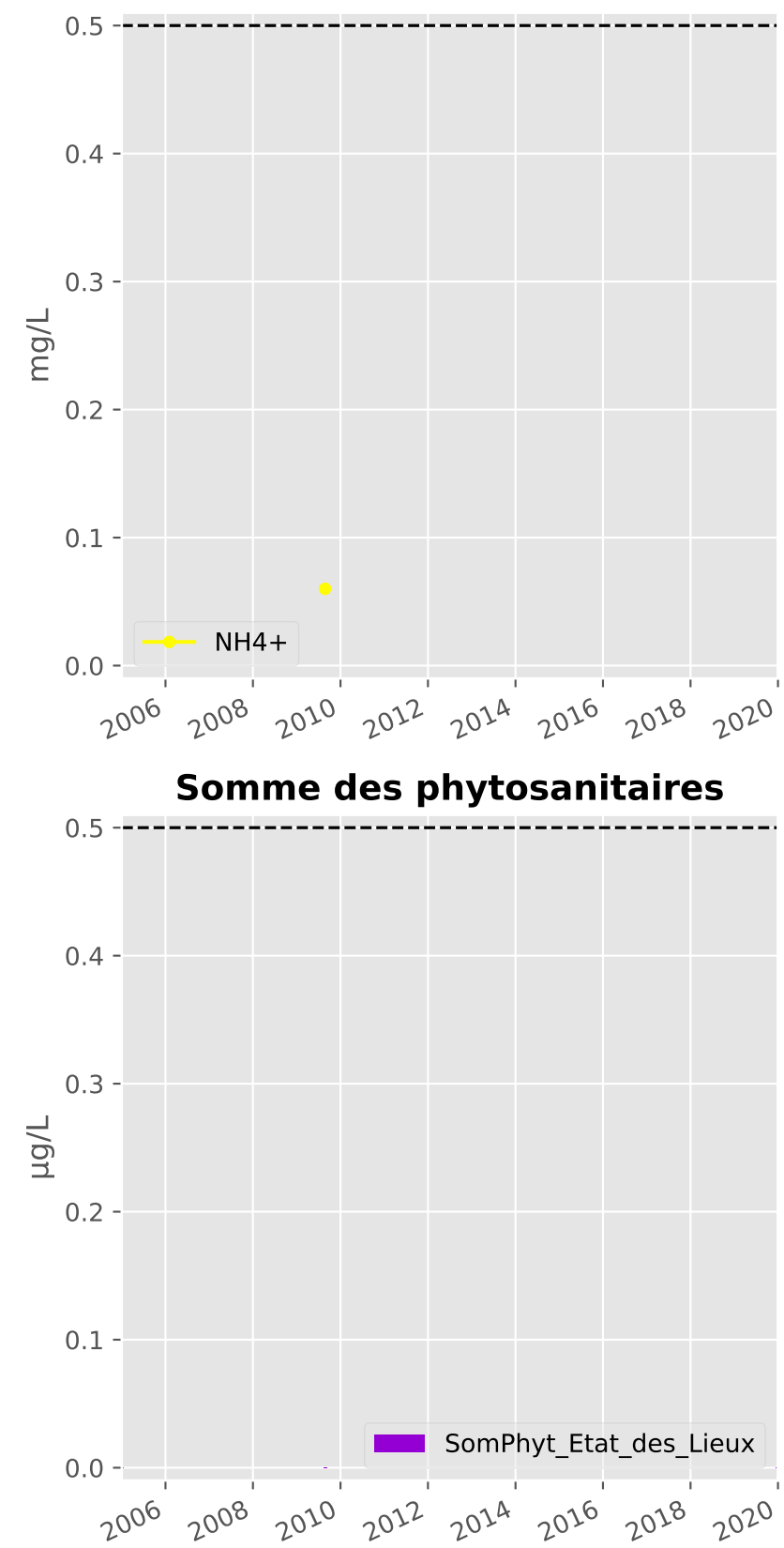
Magnésium



Sodium



Ammonium



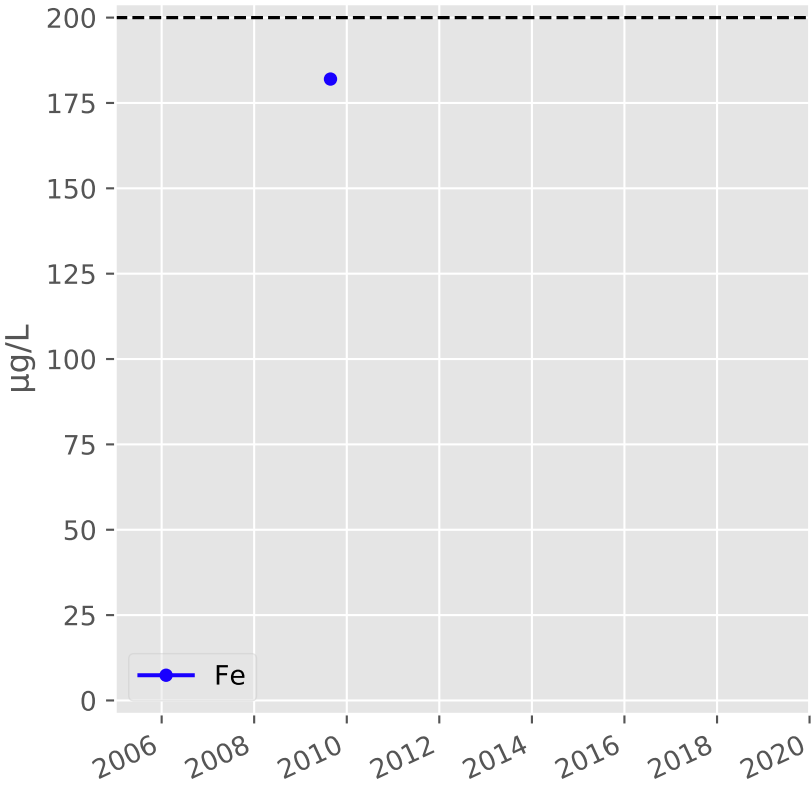
Nitrites

Nitrates

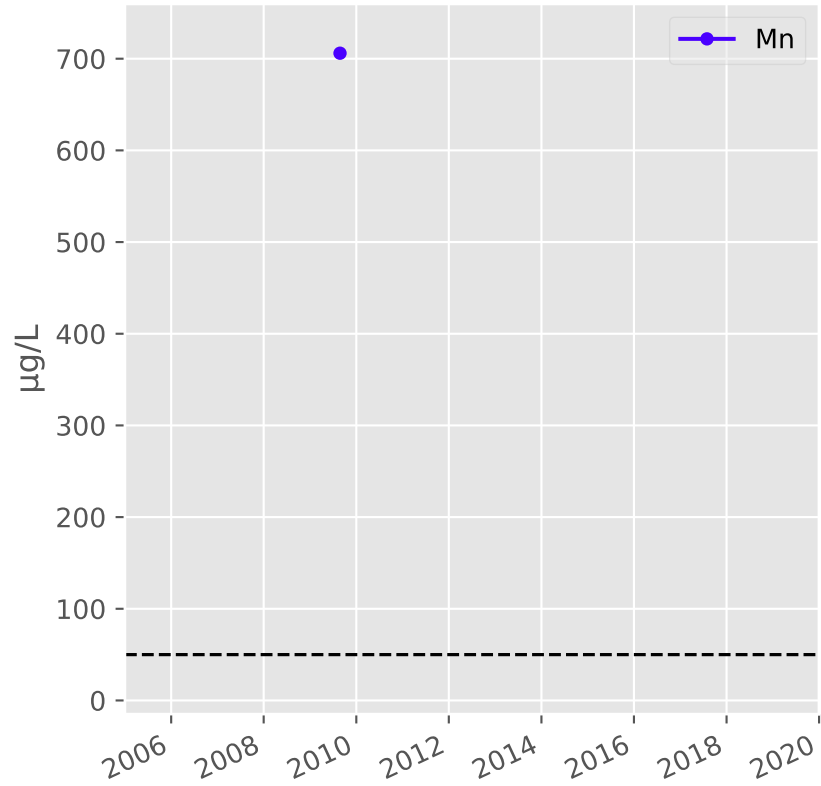
Somme des phytosanitaires

Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS4 - S21 - Puits Moyeuvre-Petite - 01373X0129

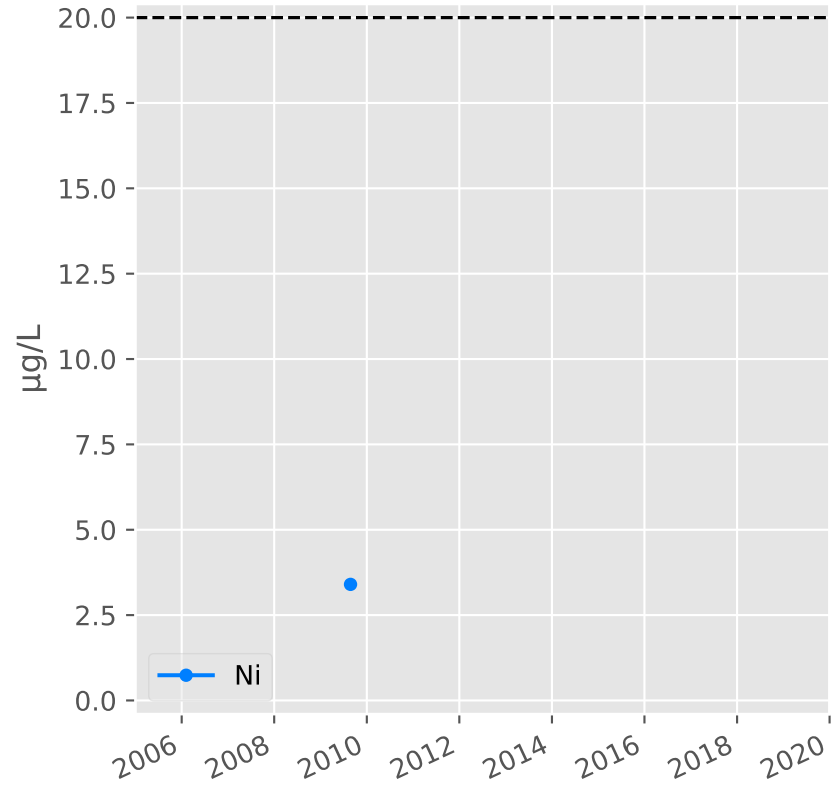
Fer



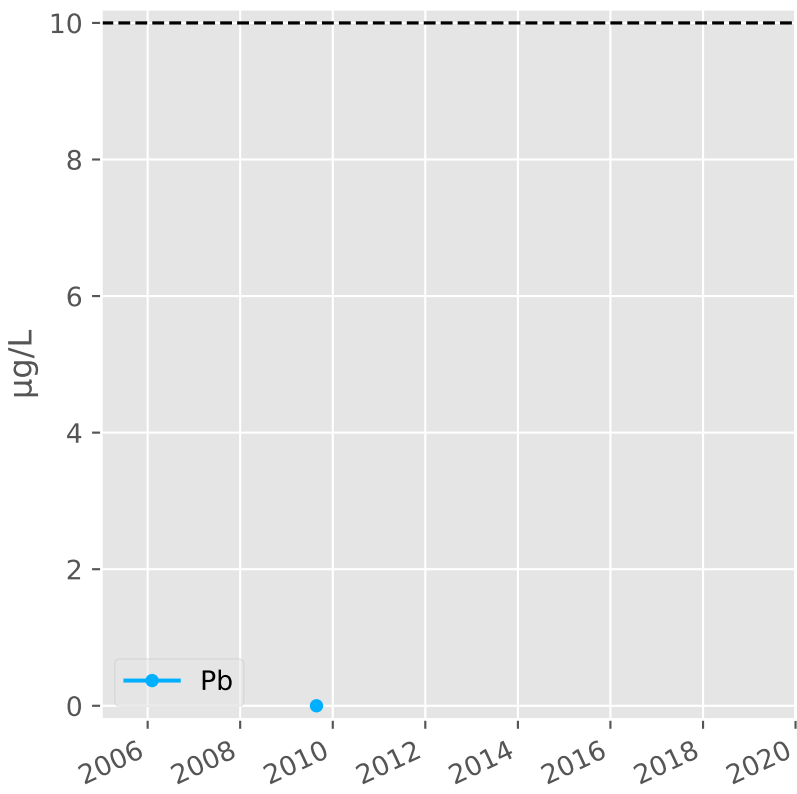
Manganèse



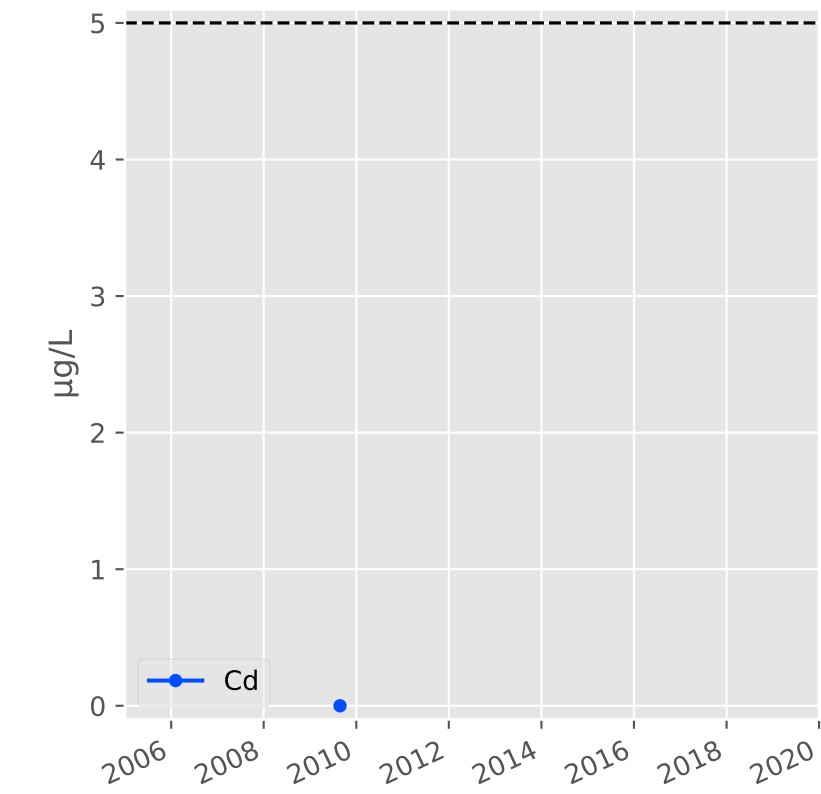
Nickel



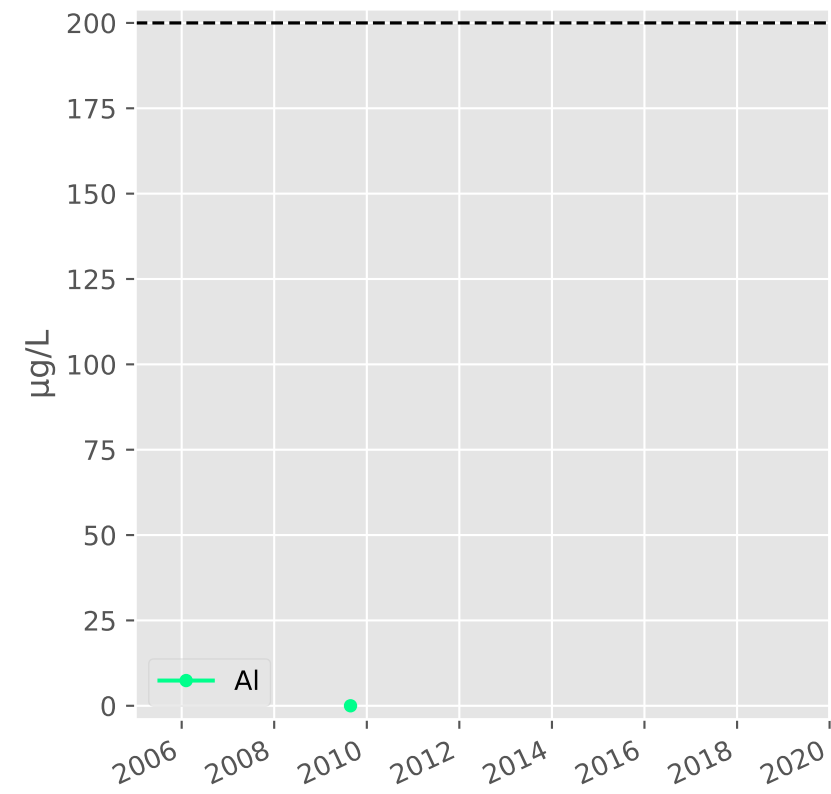
Plomb



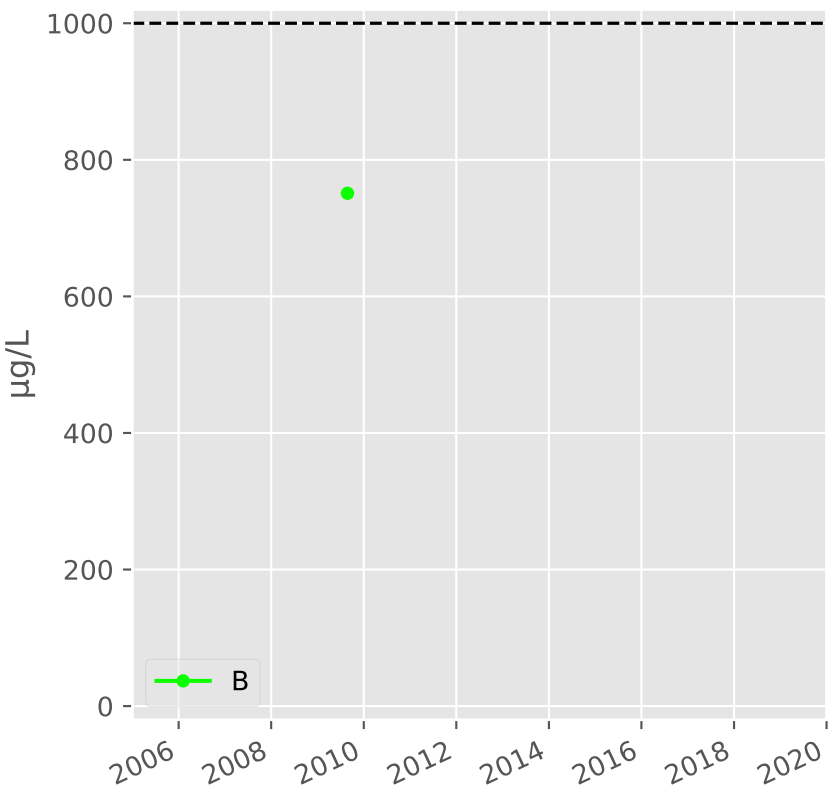
Cadmium



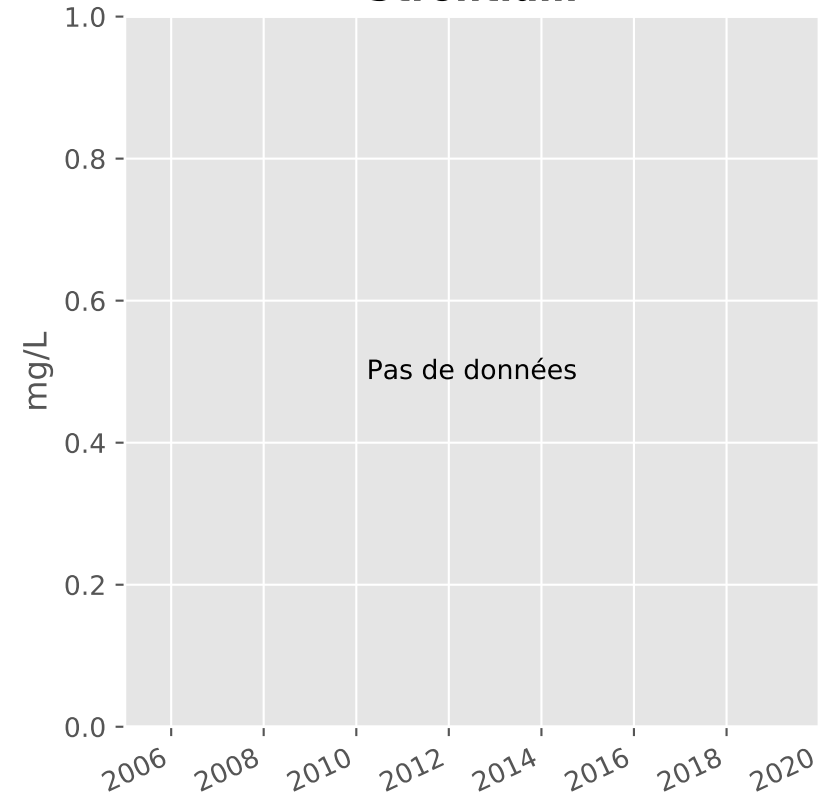
Aluminium



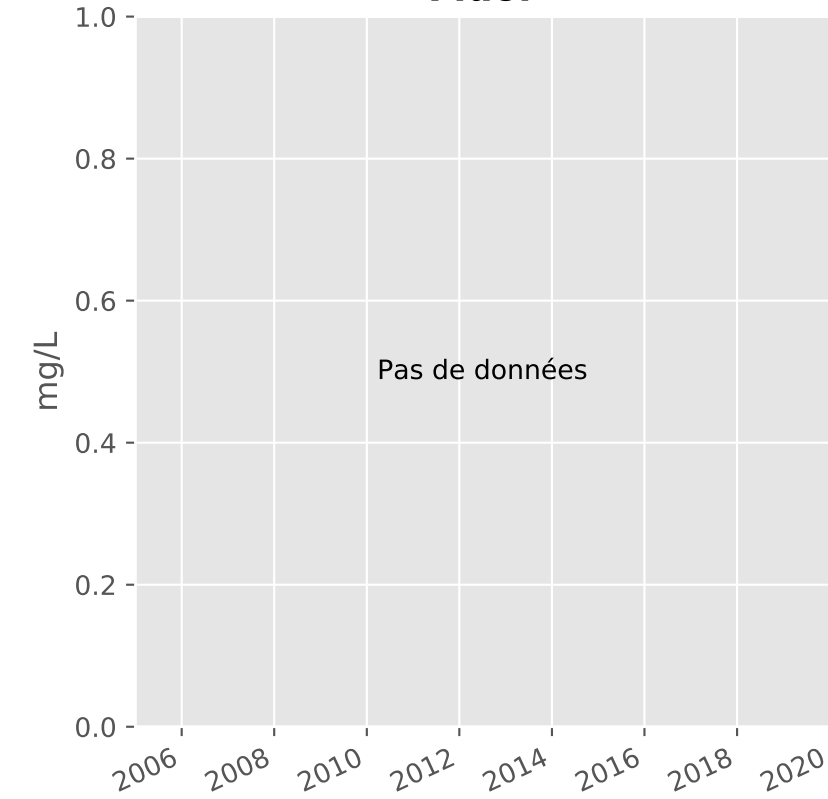
Bore



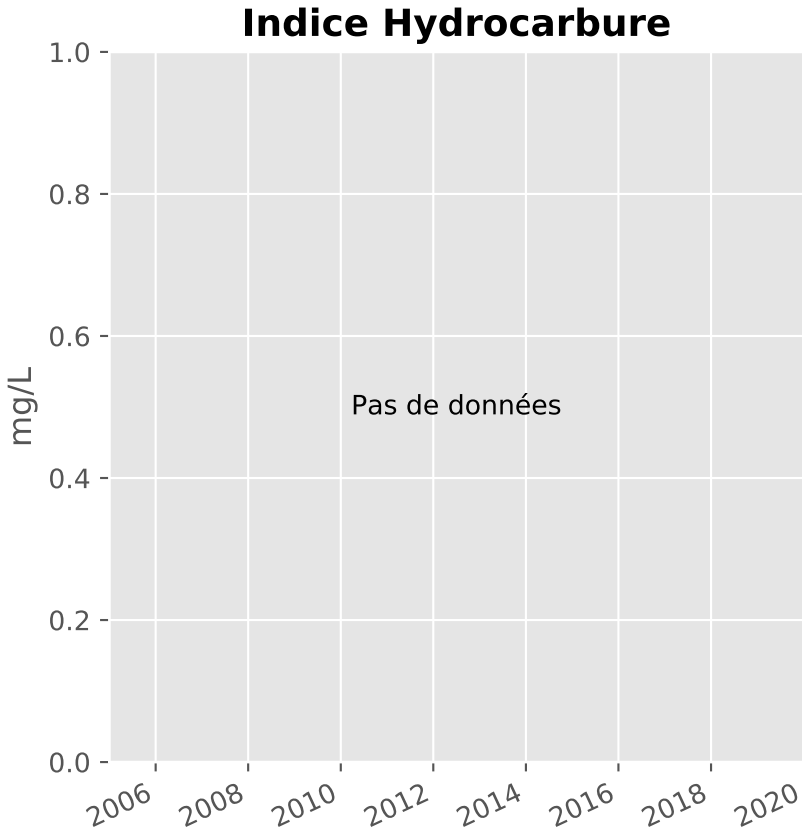
Strontium



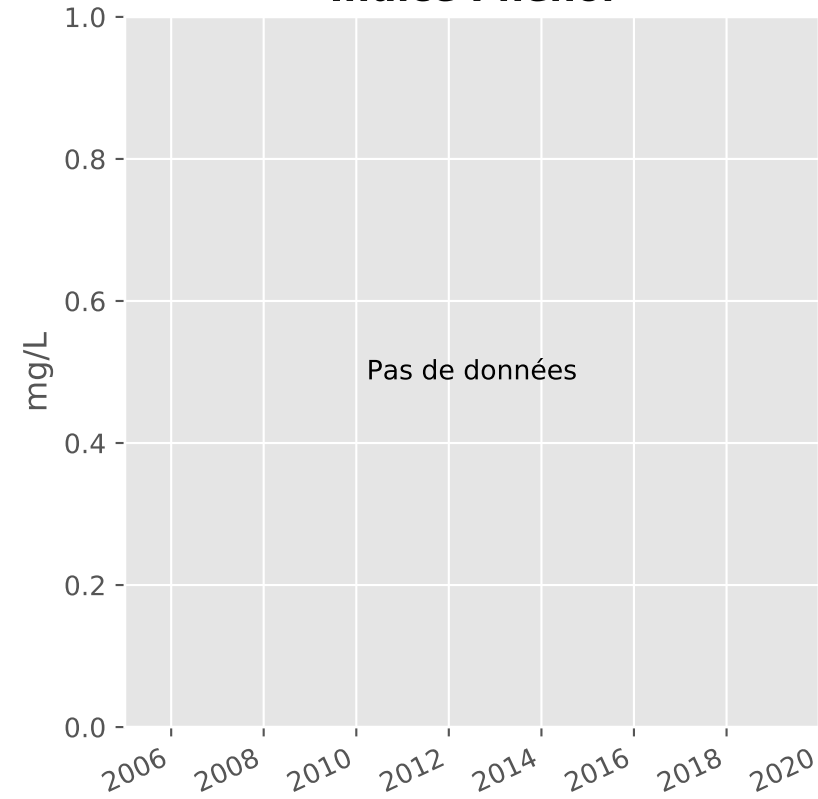
Fluor



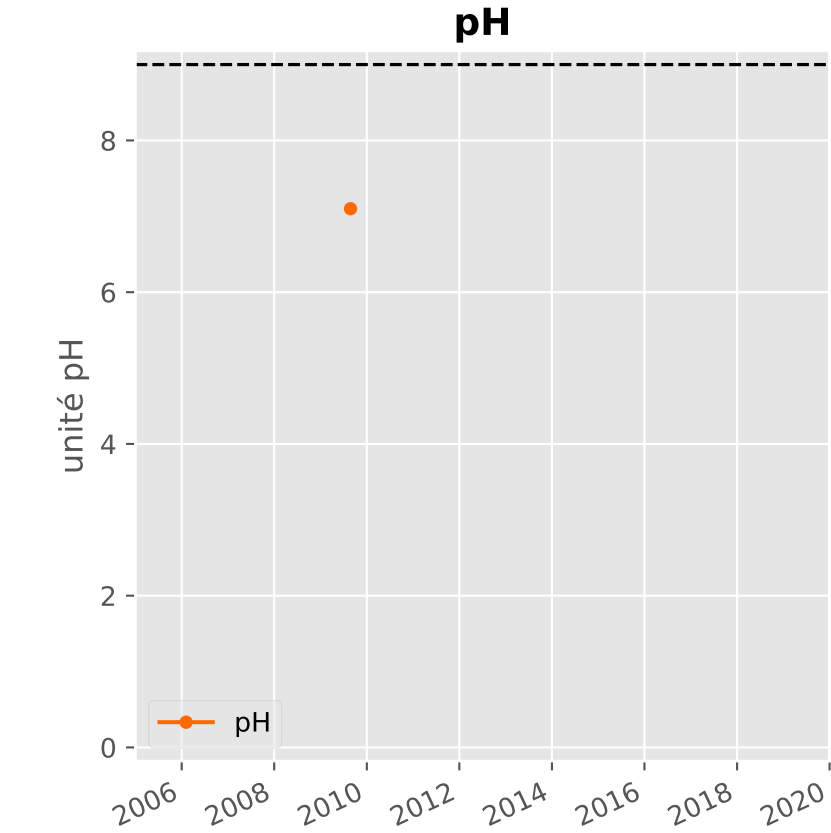
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

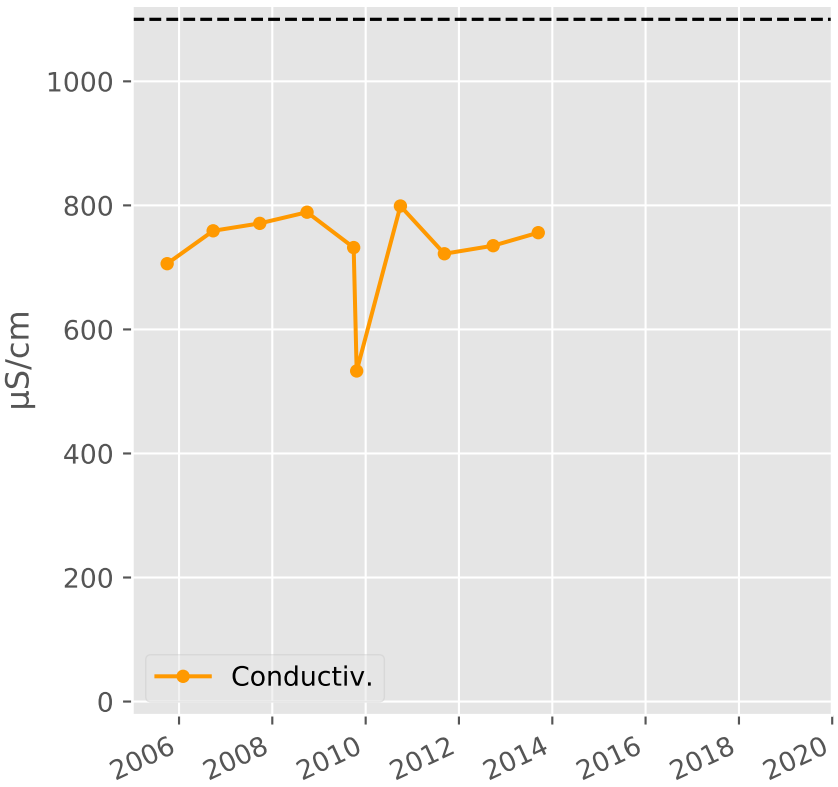


pH

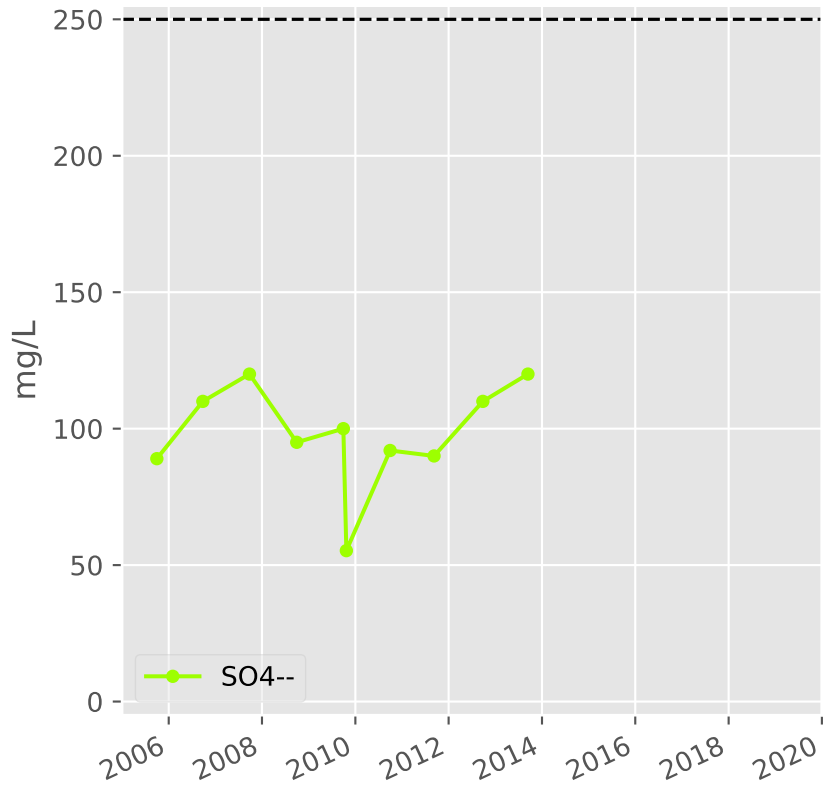


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - C07 - Pz. A25 - Avril aval - 01373X0130

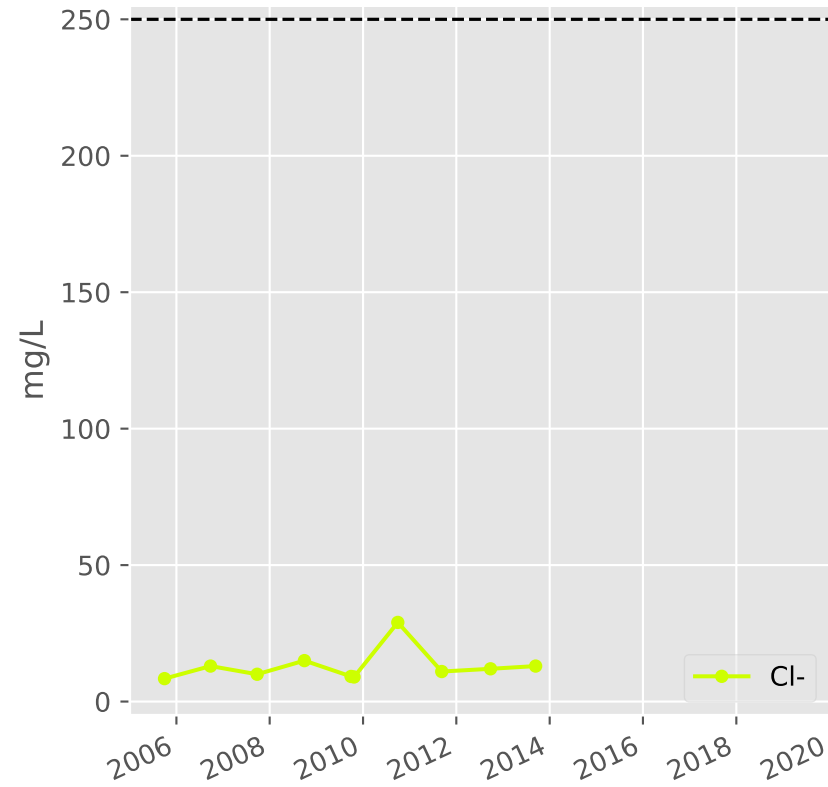
Conductivité



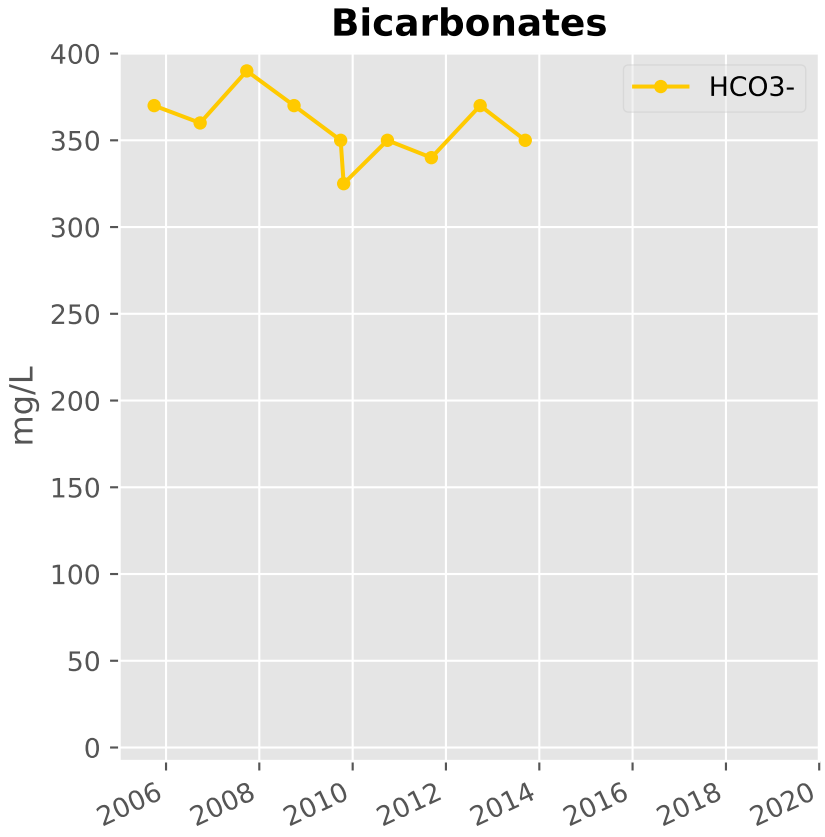
Sulfates



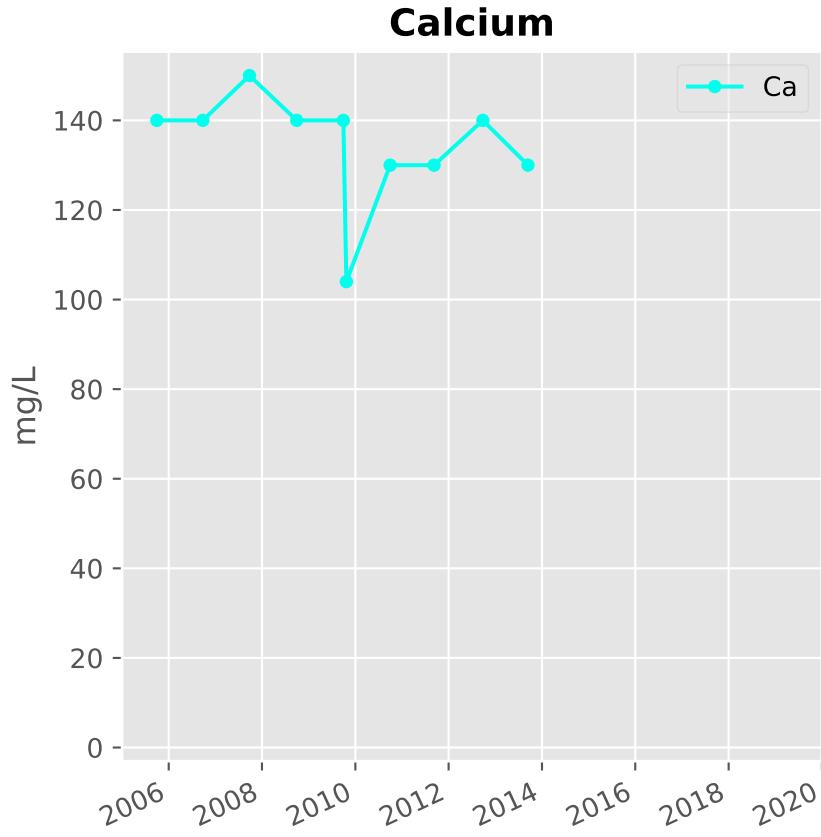
Chlorures



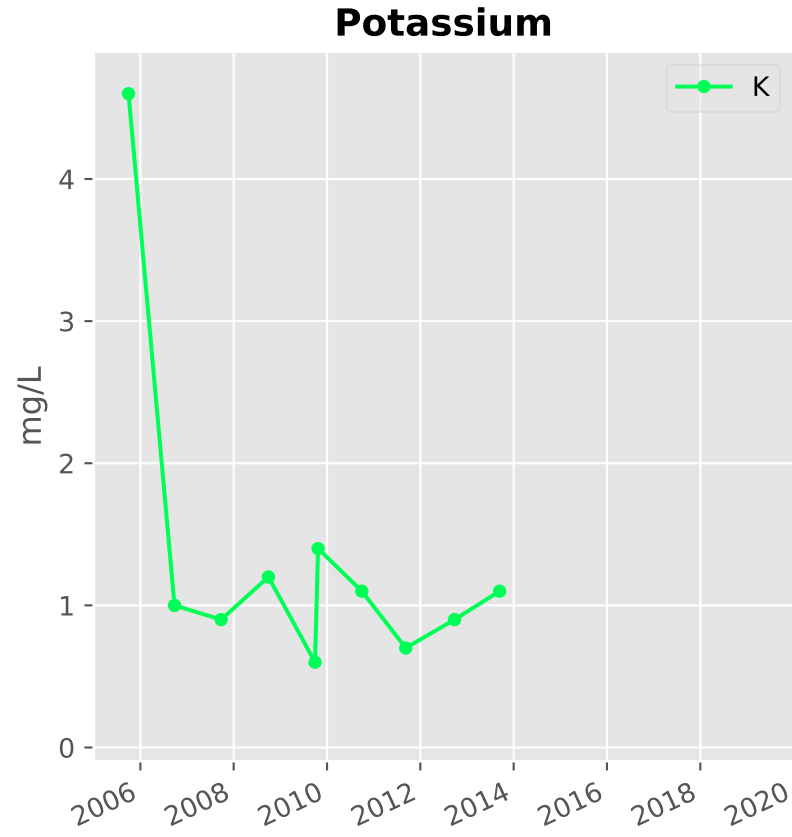
Bicarbonates



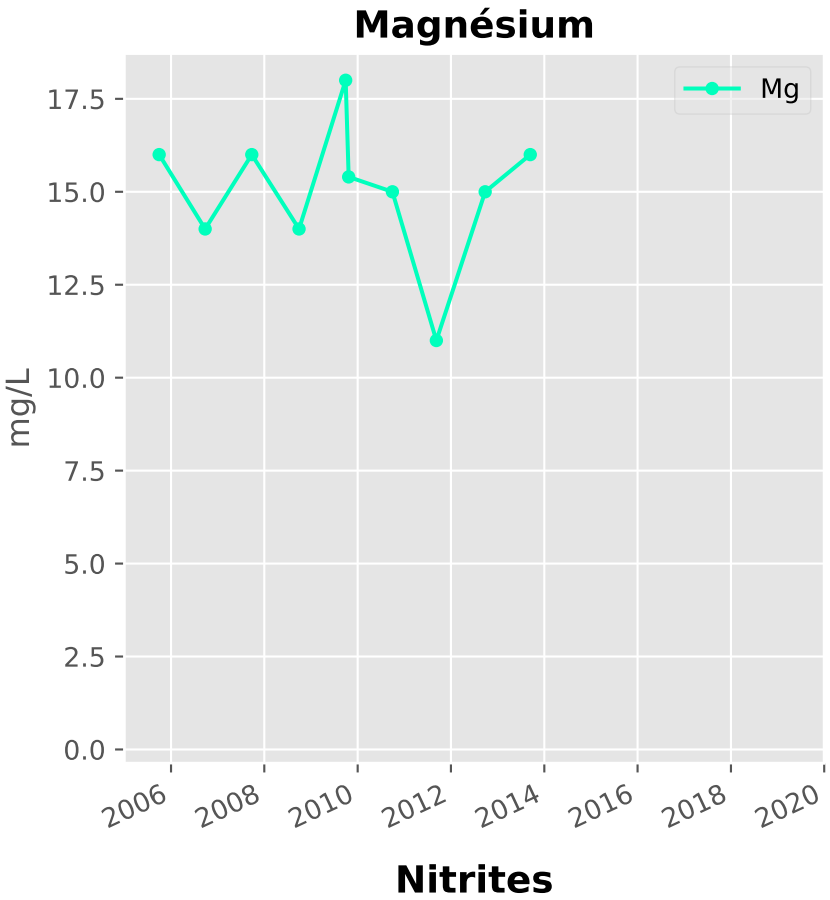
Calcium



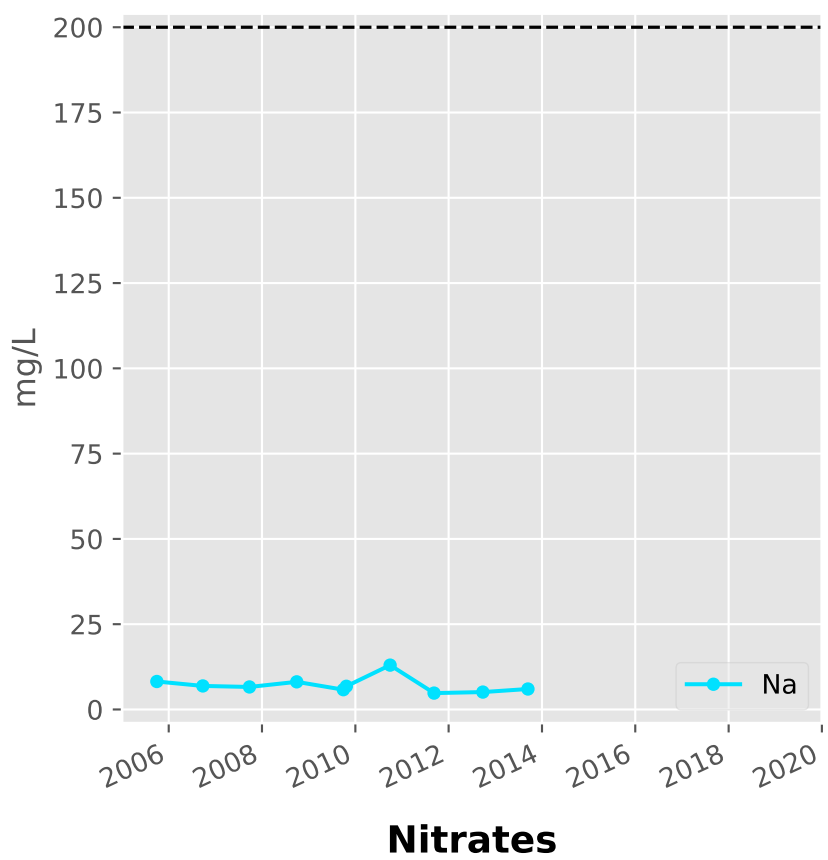
Potassium



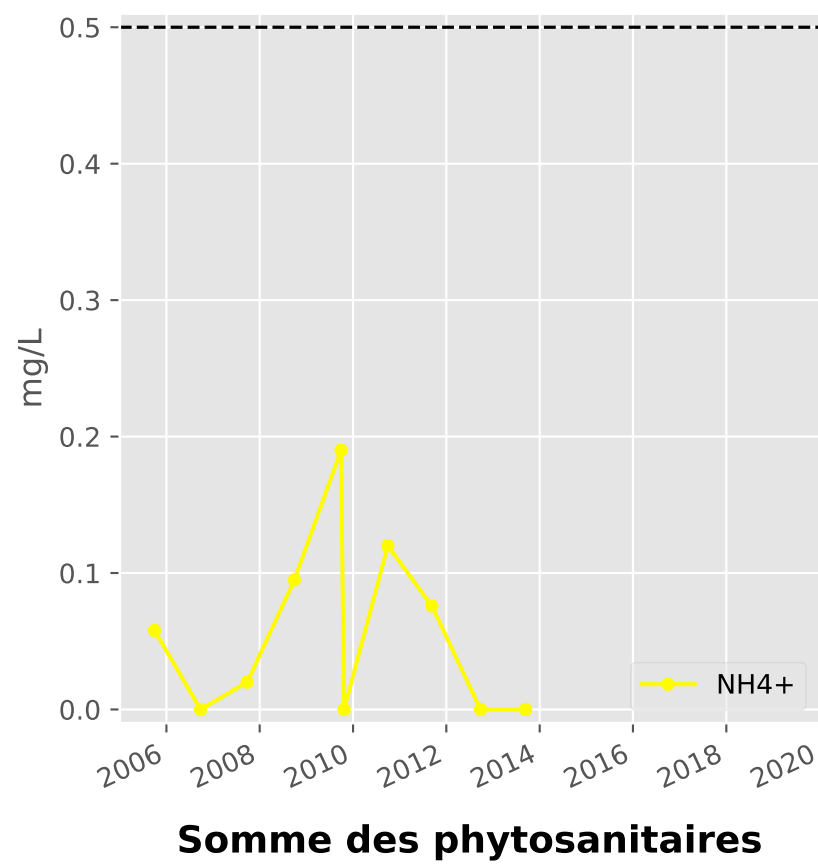
Magnésium



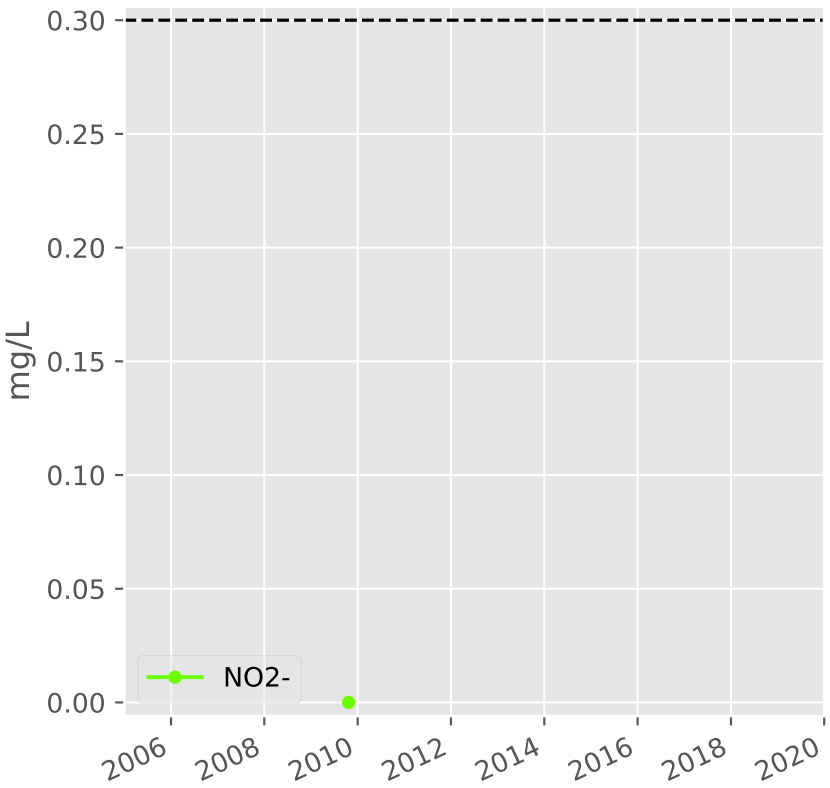
Sodium



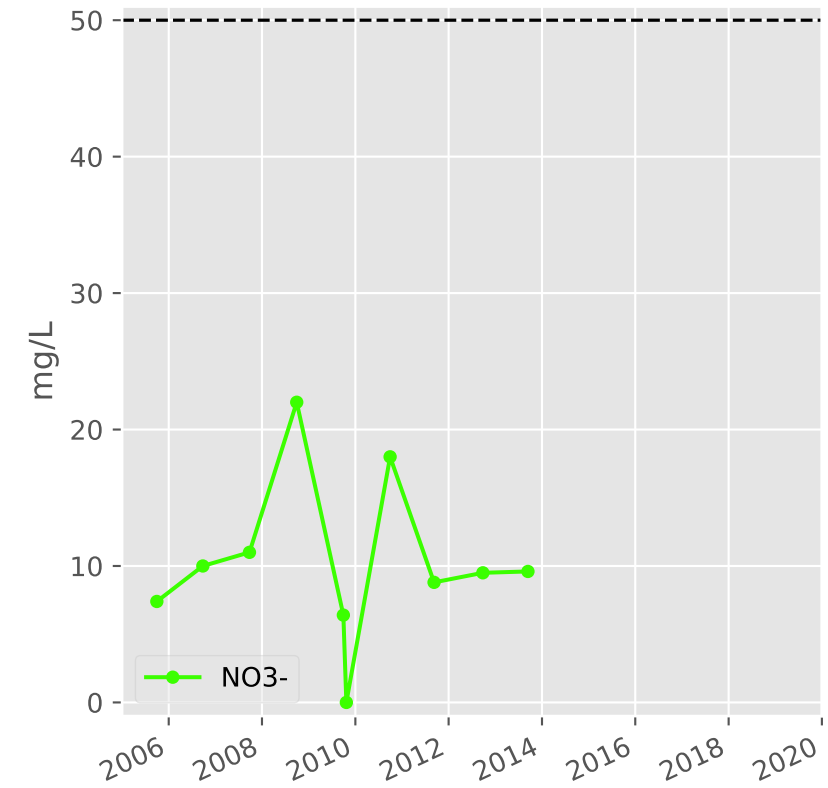
Ammonium



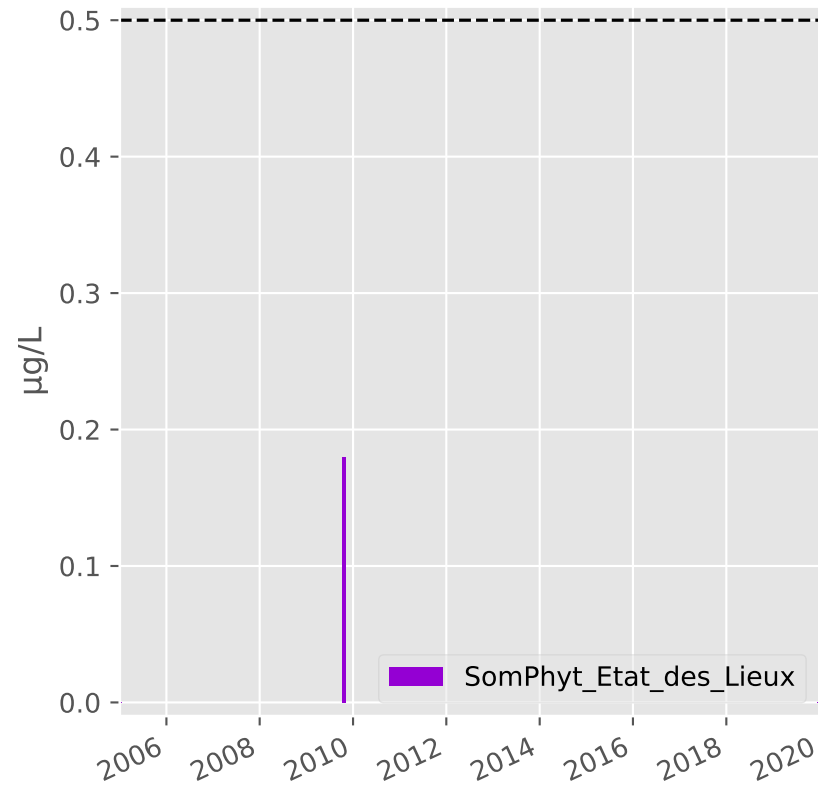
Nitrites



Nitrates

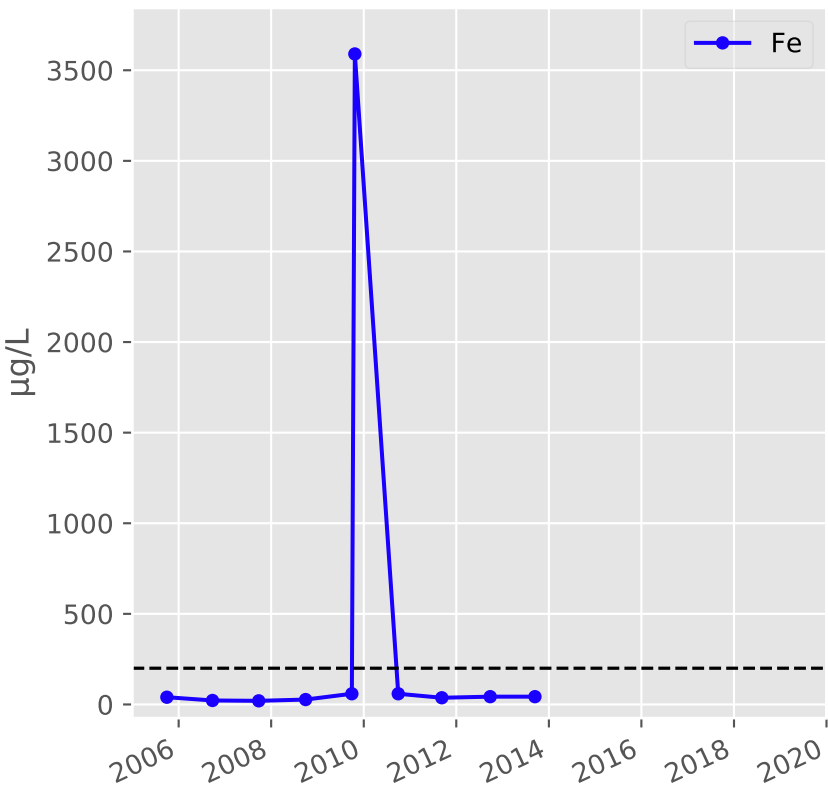


Somme des phytosanitaires

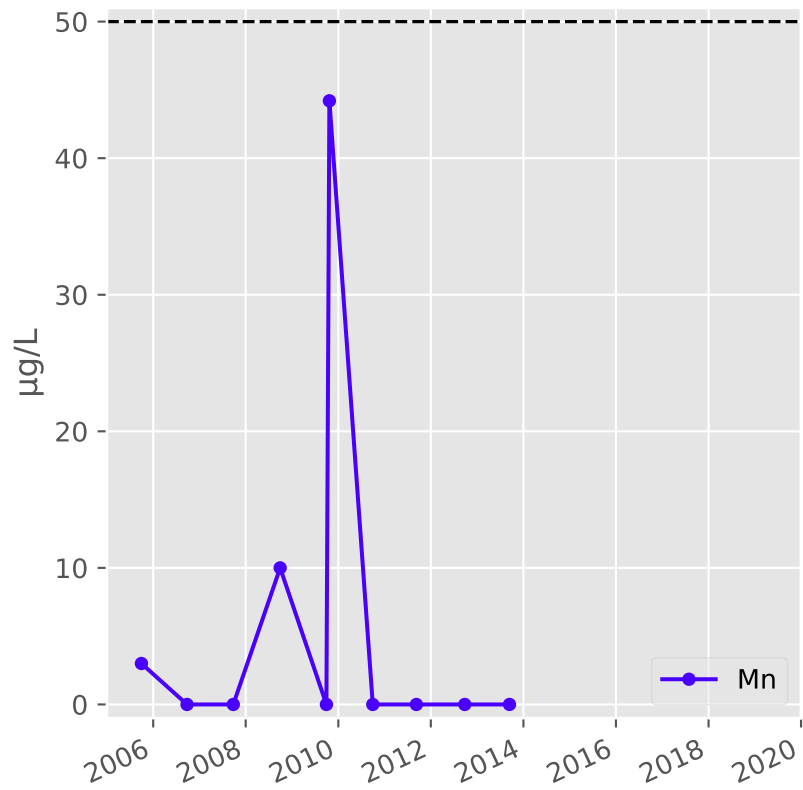


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - C07 - Pz. A25 - Avril aval - 01373X0130

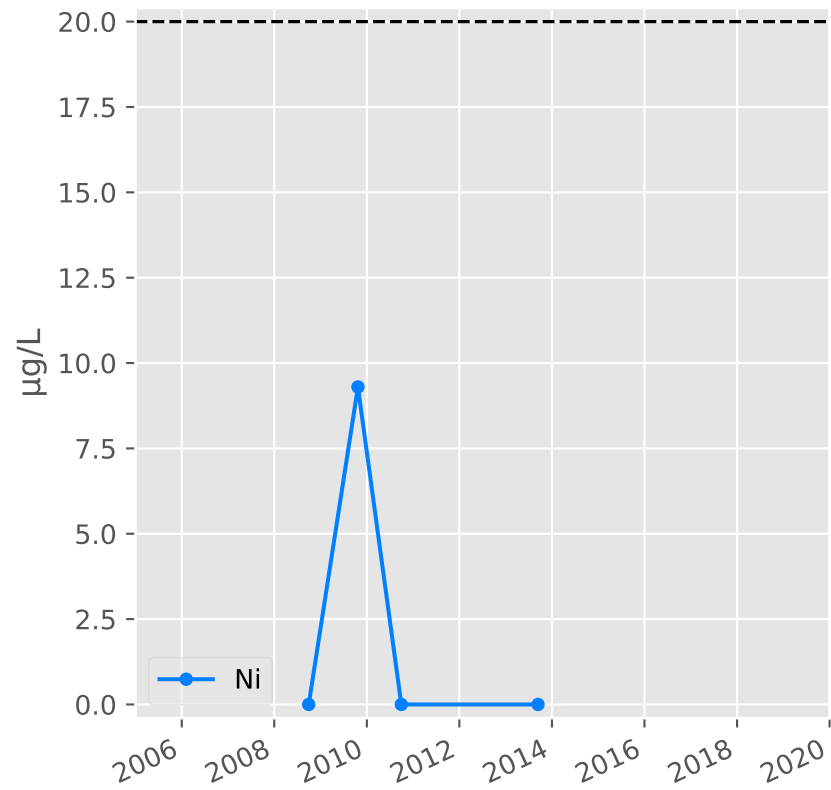
Fer



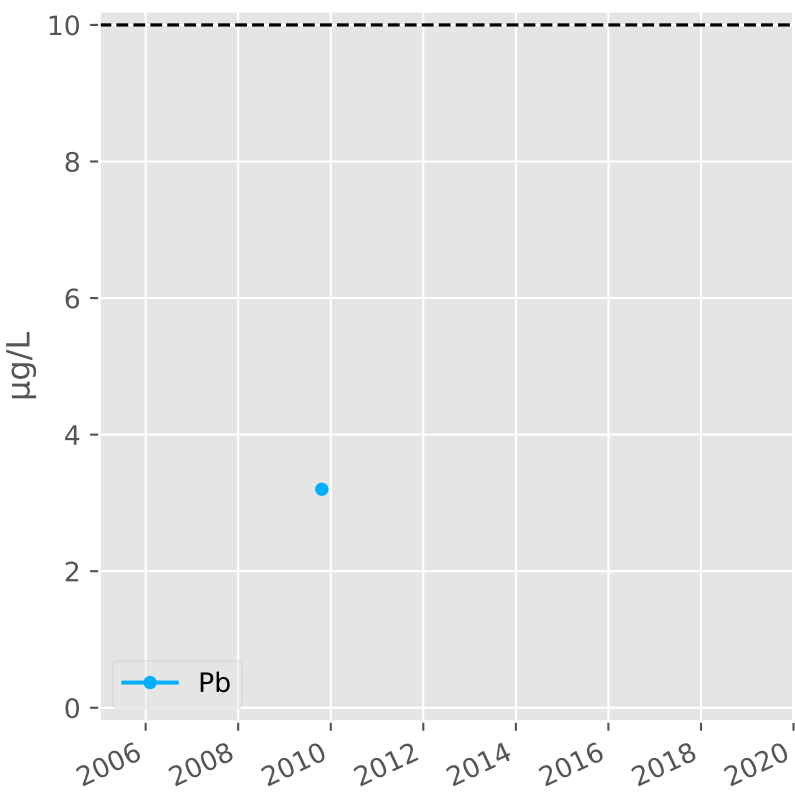
Manganèse



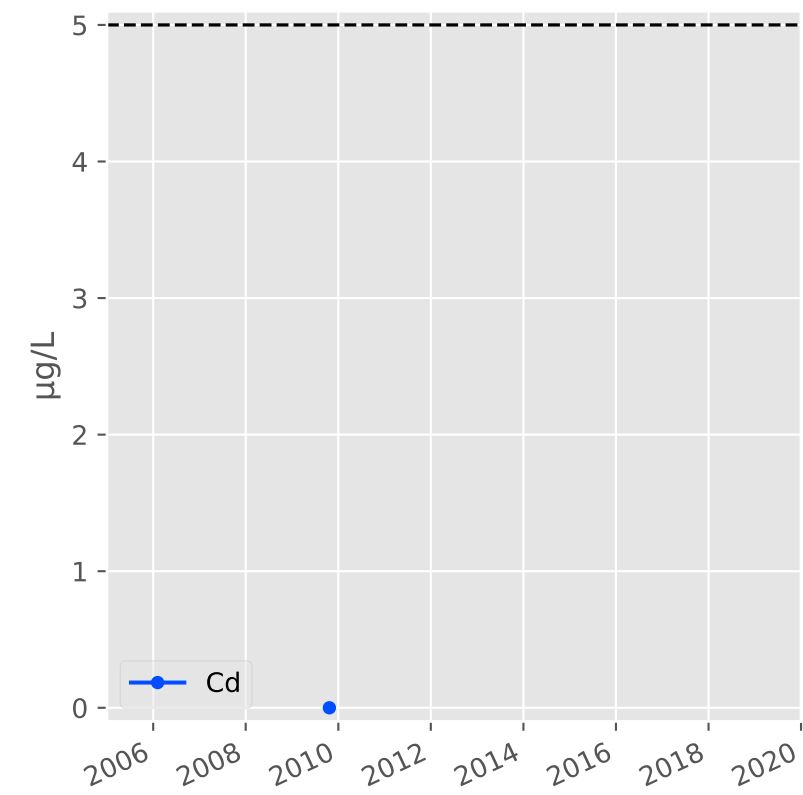
Nickel



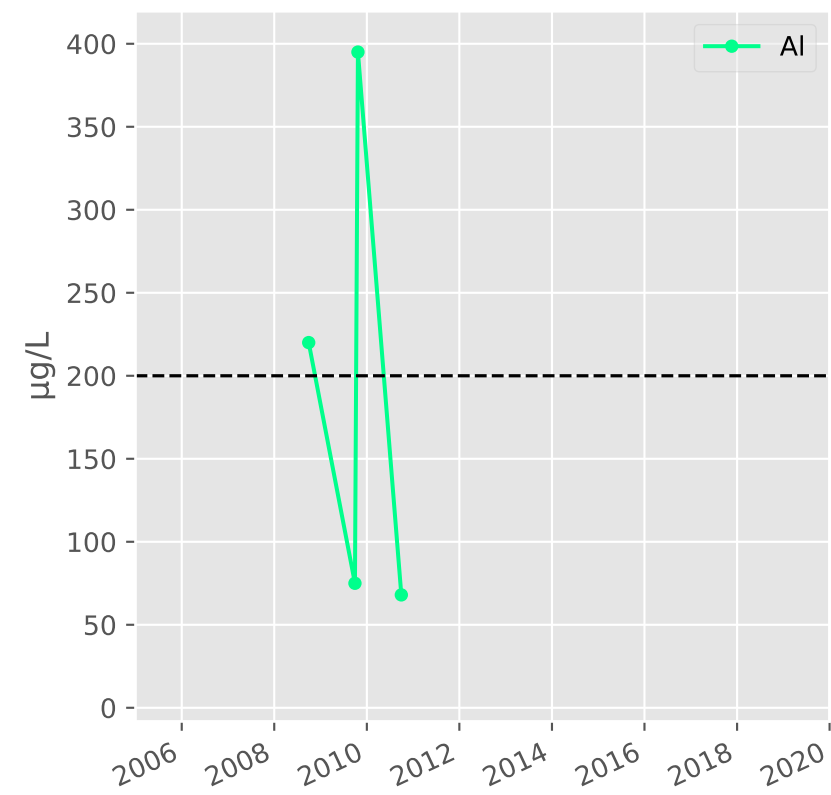
Plomb



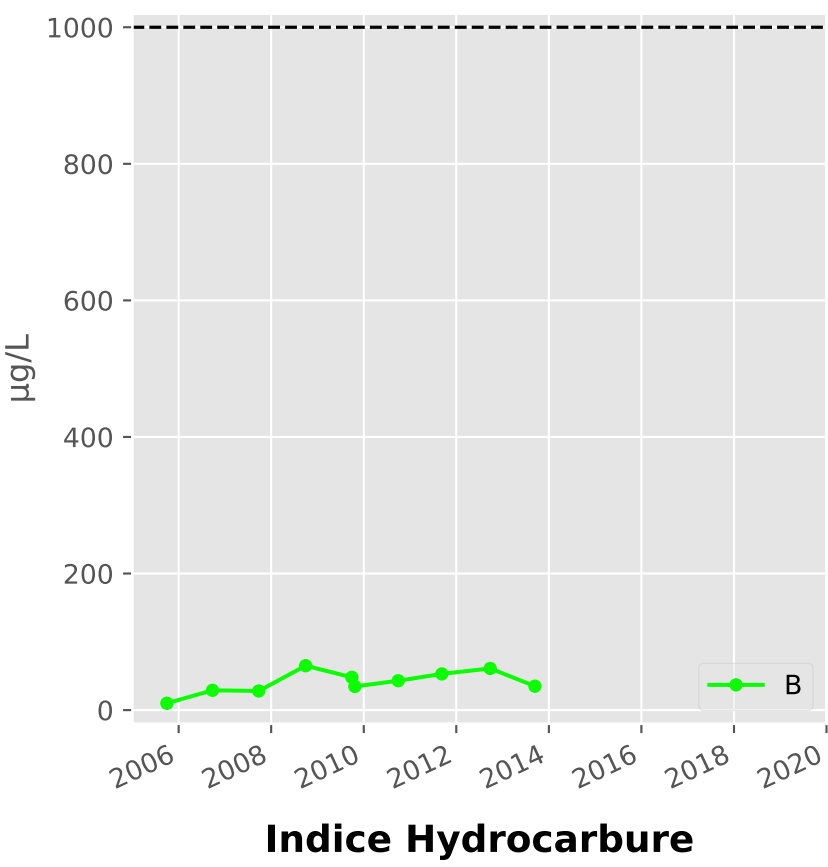
Cadmium



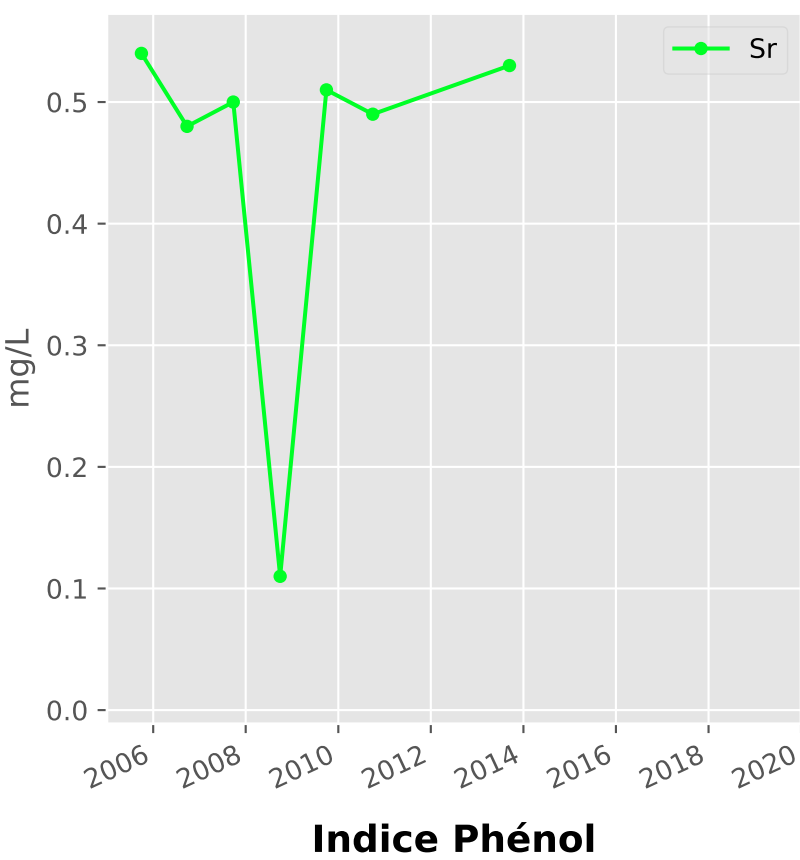
Aluminium



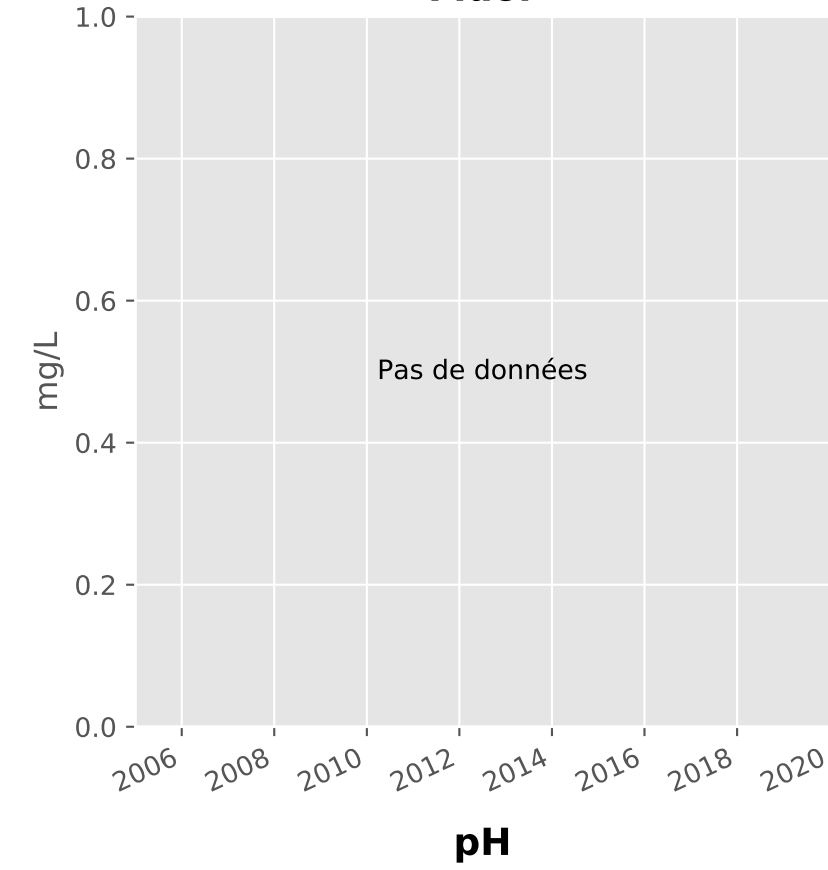
Bore



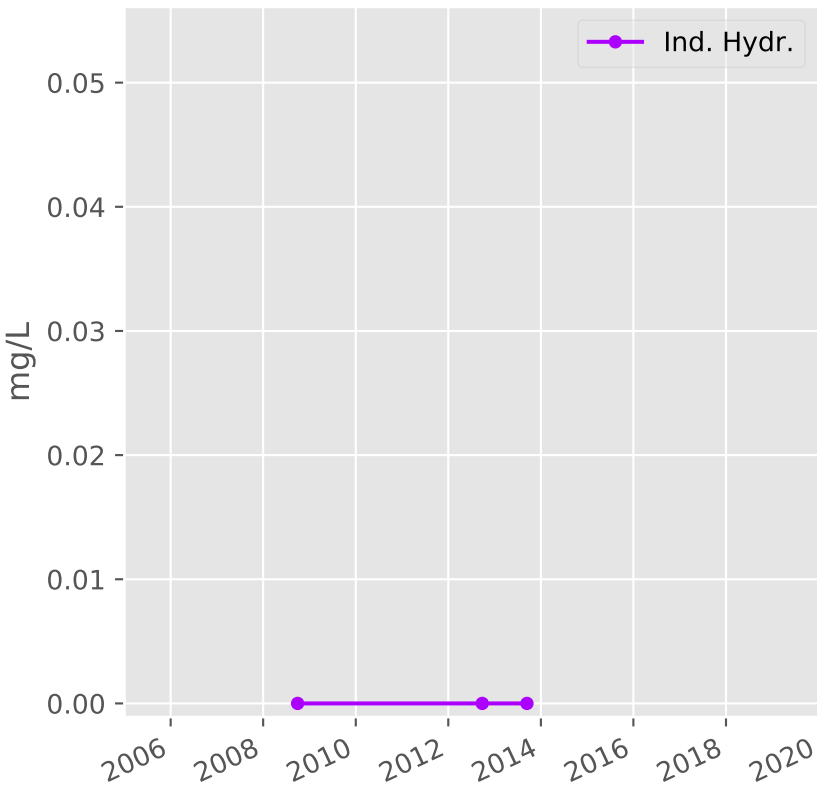
Strontium



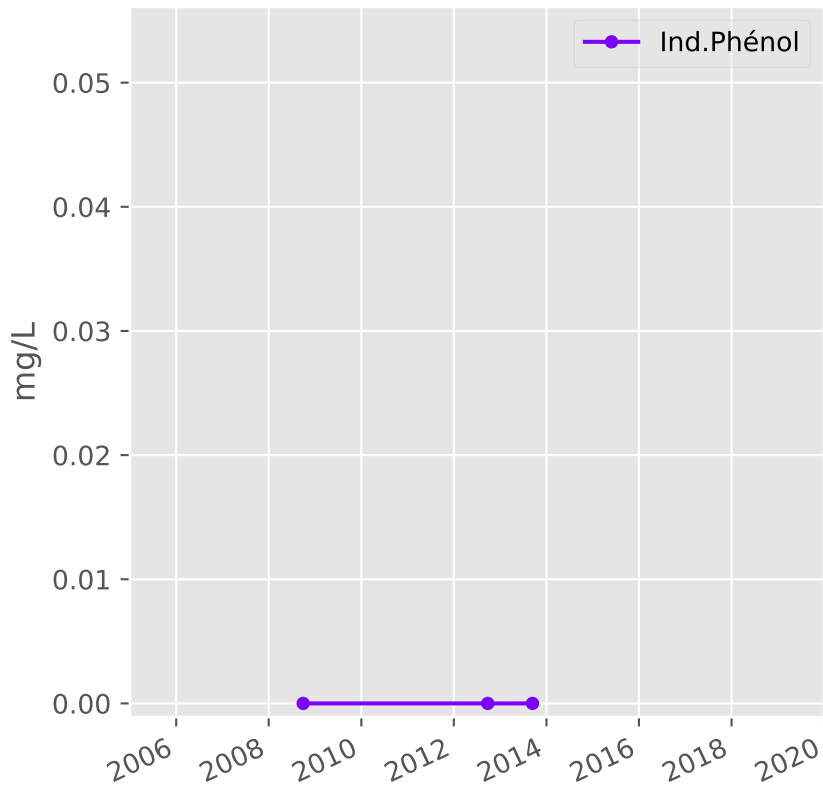
Fluor



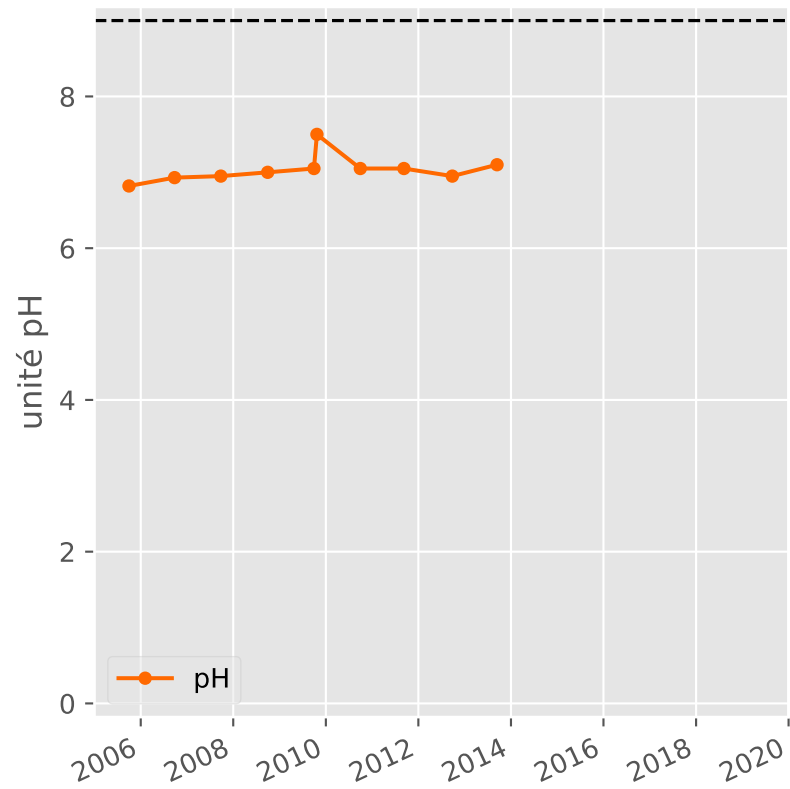
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

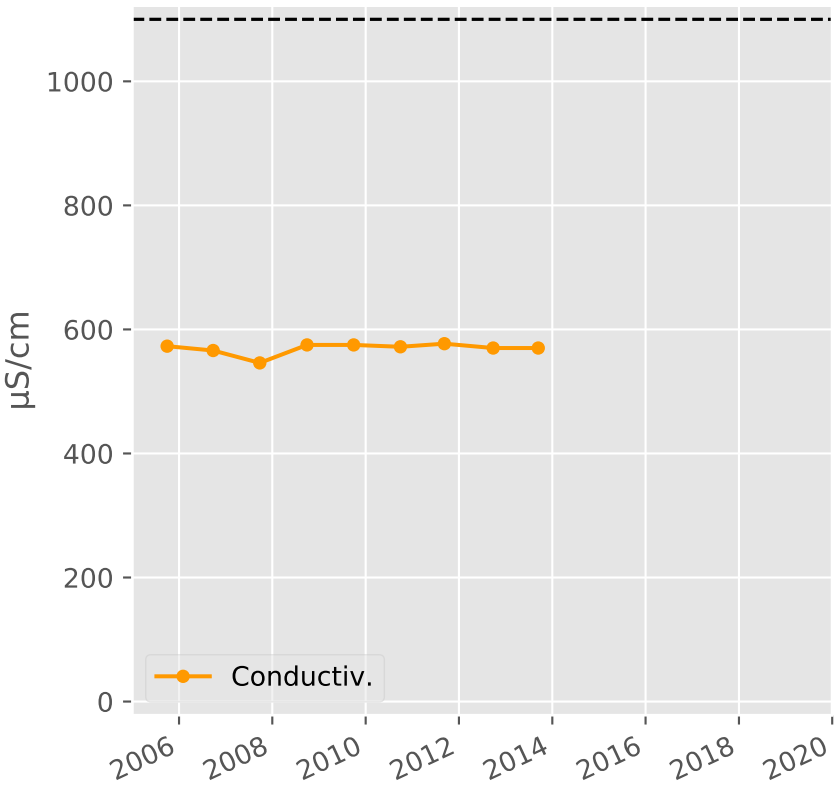


pH

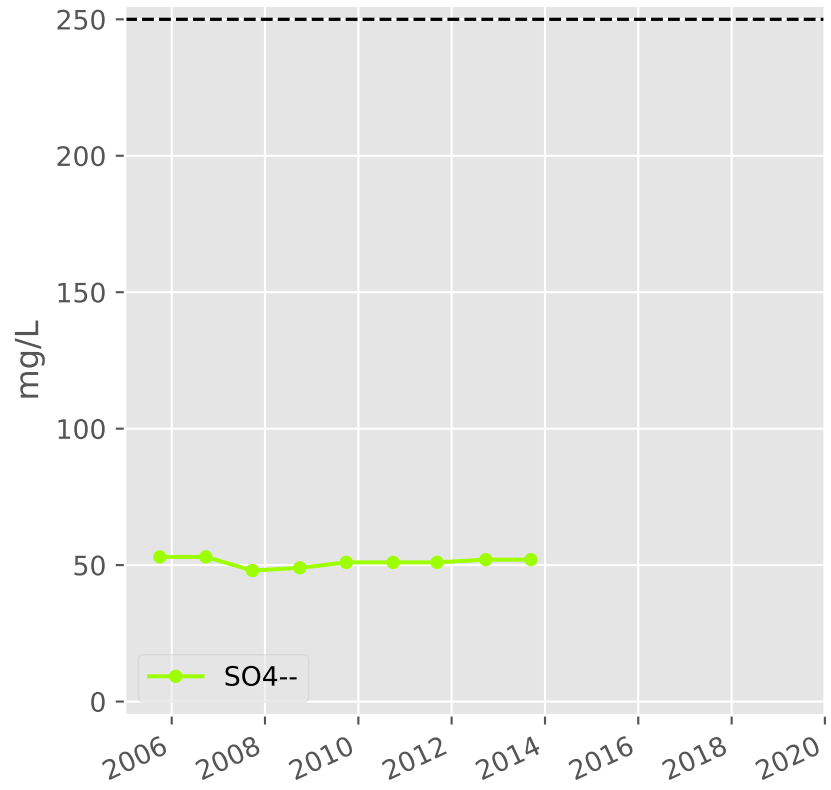


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C06 - Pz. A15 - Avril amont - 01373X0131

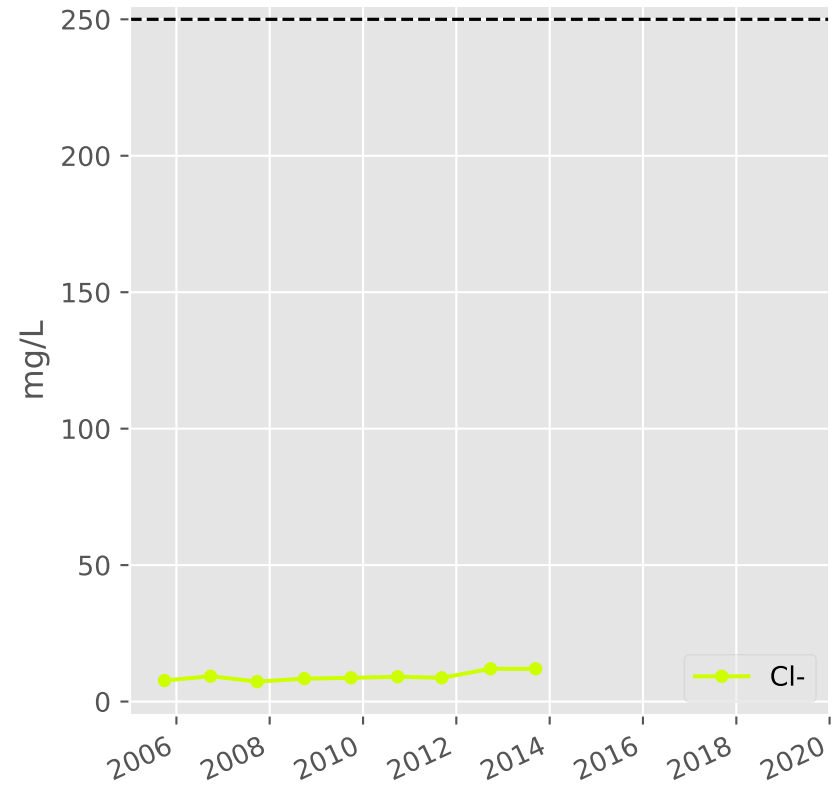
Conductivité



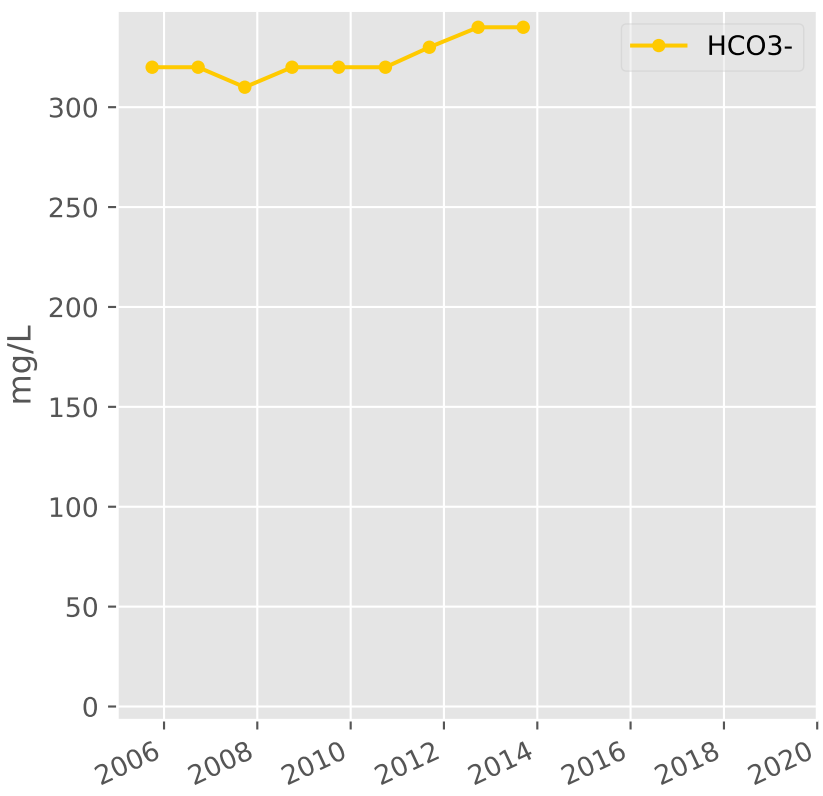
Sulfates



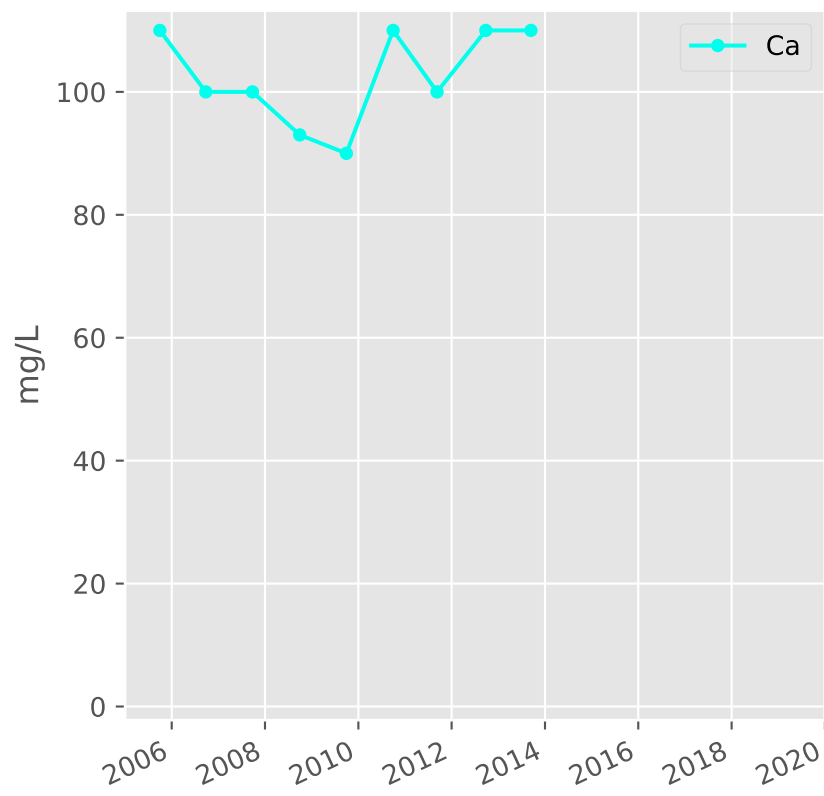
Chlorures



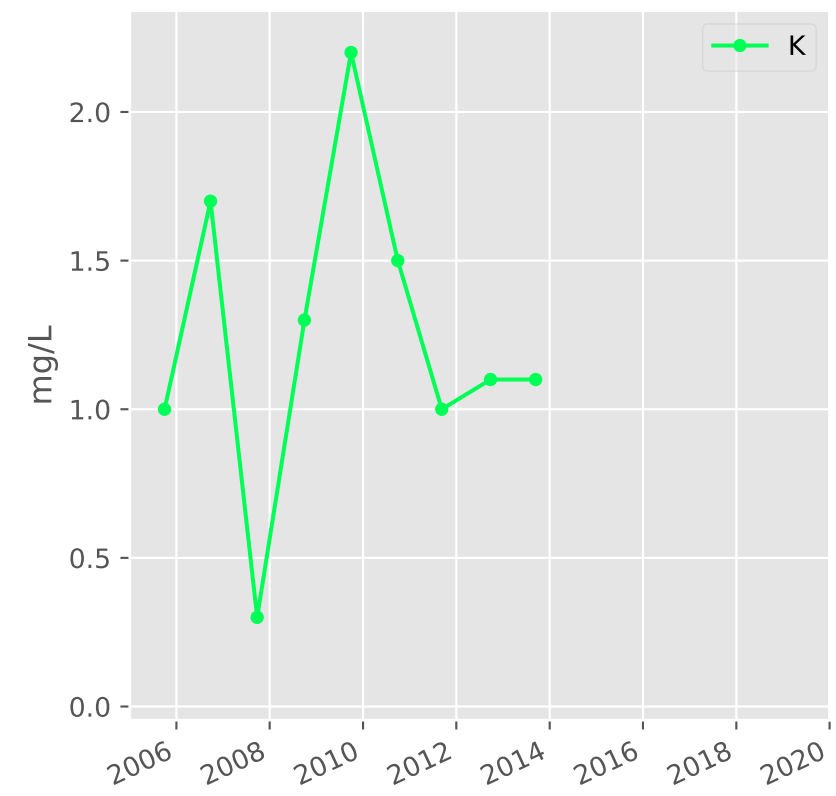
Bicarbonates



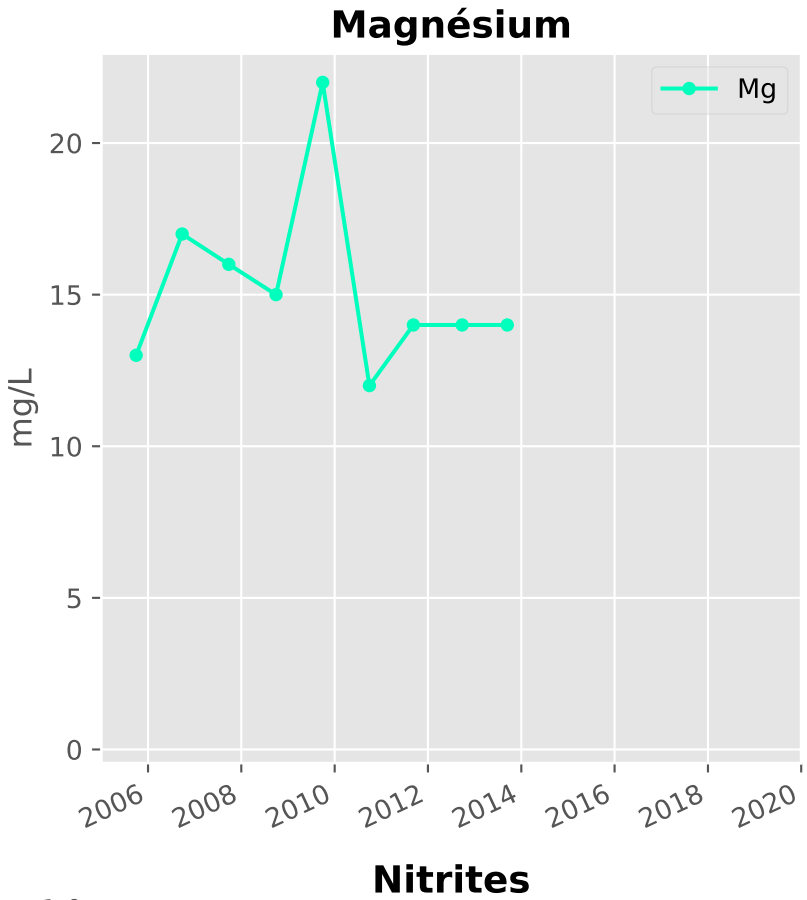
Calcium



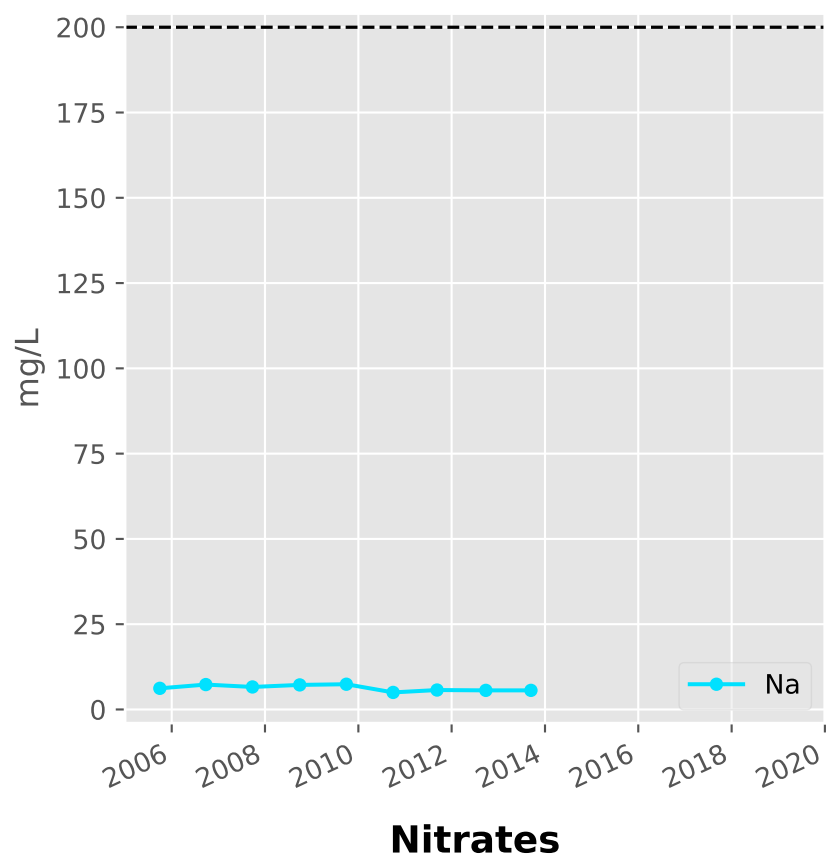
Potassium



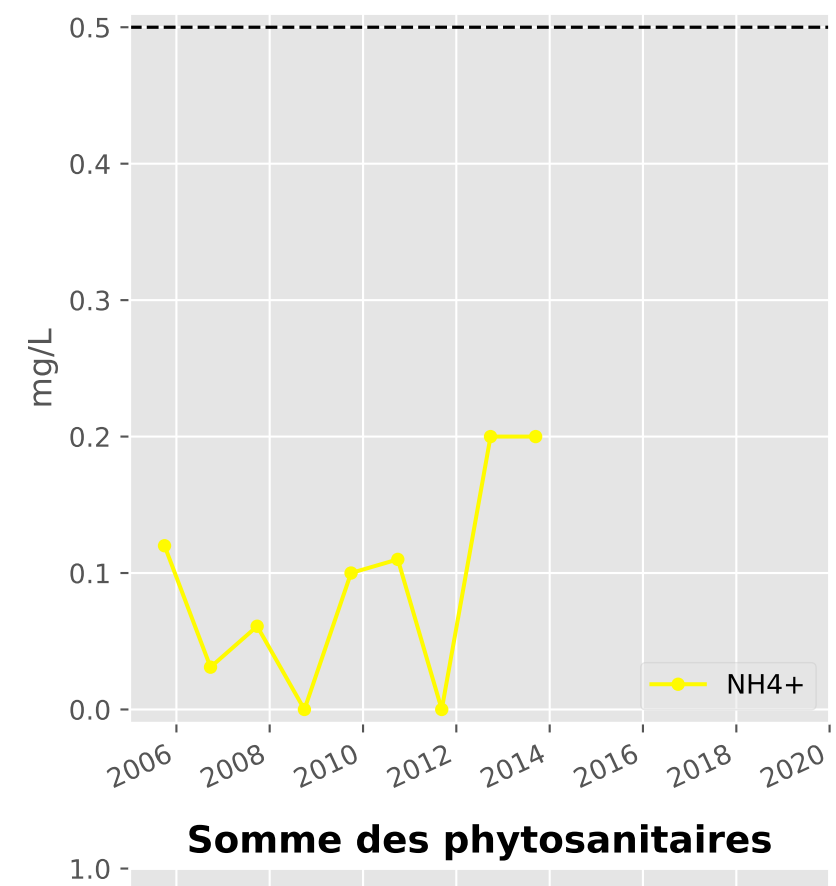
Magnésium



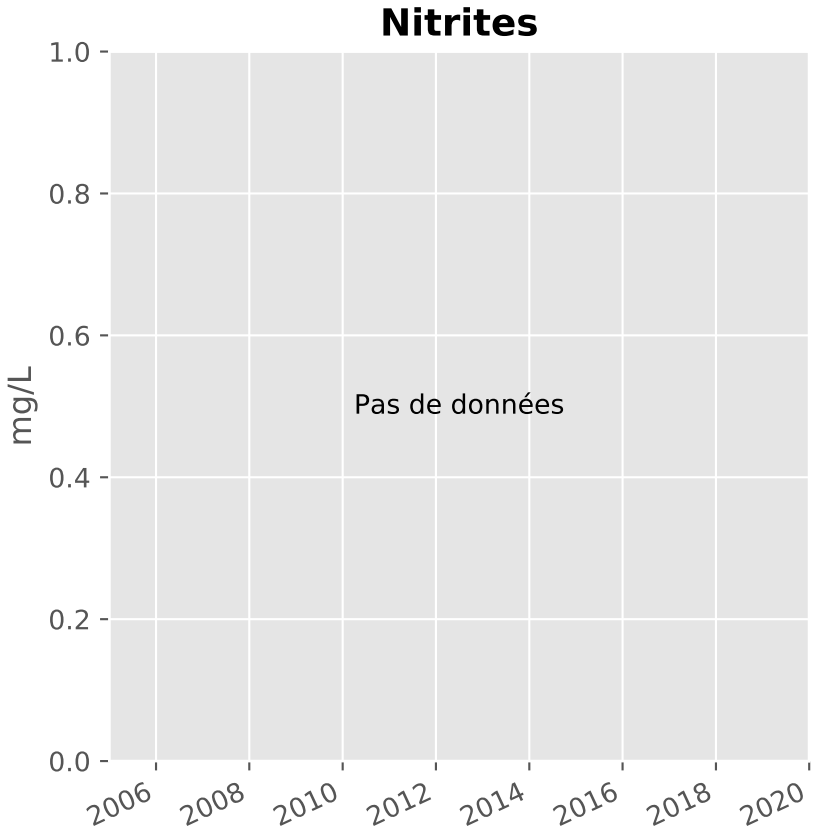
Sodium



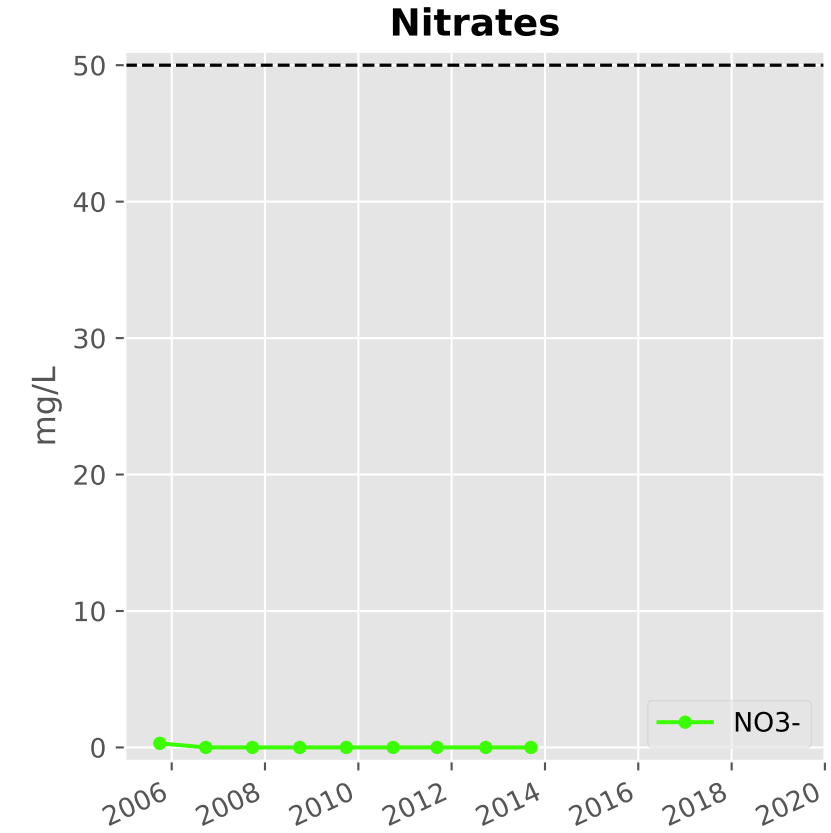
Ammonium



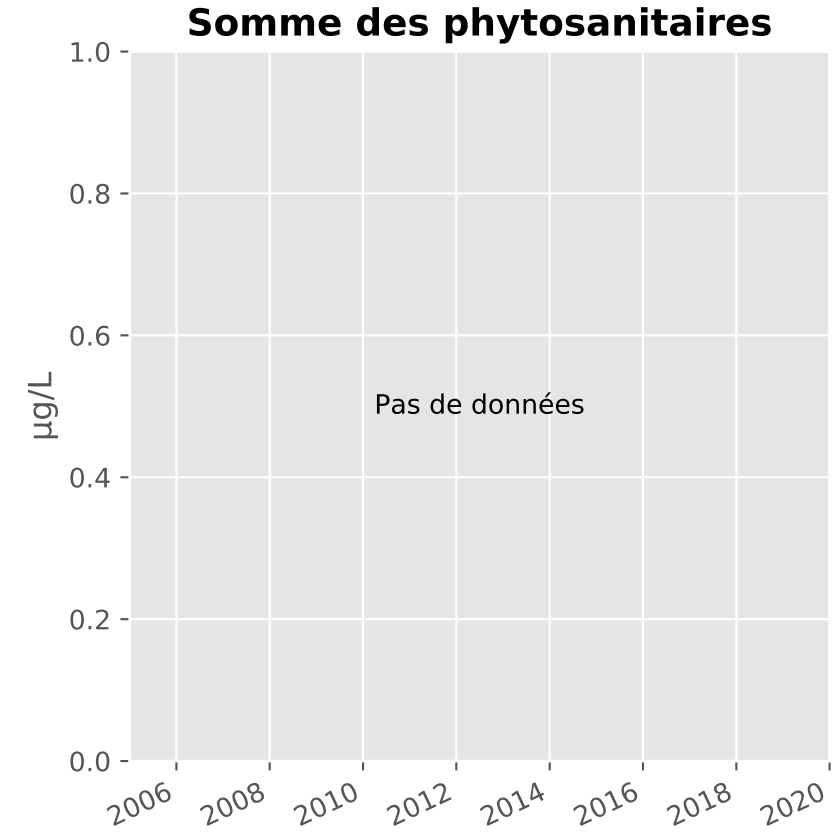
Nitrites



Nitrates

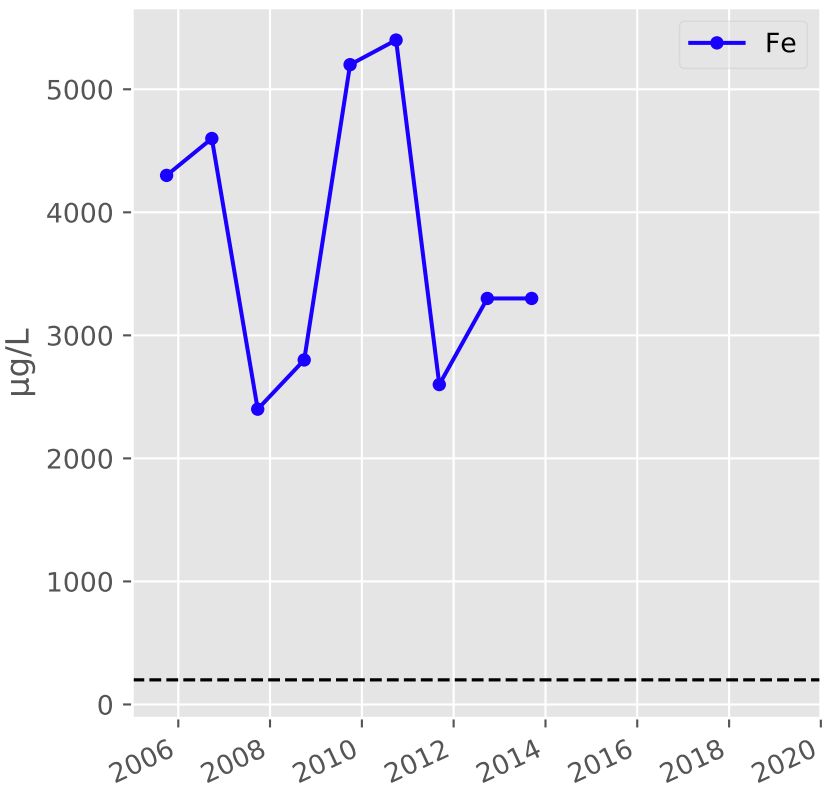


Somme des phytosanitaires

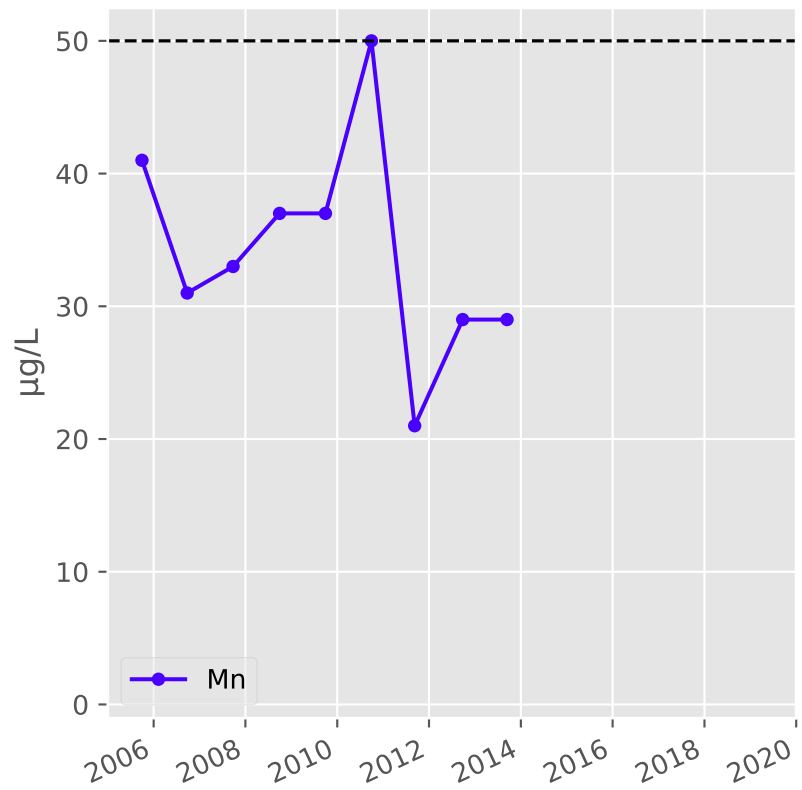


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C06 - Pz. A15 - Avril amont - 01373X0131

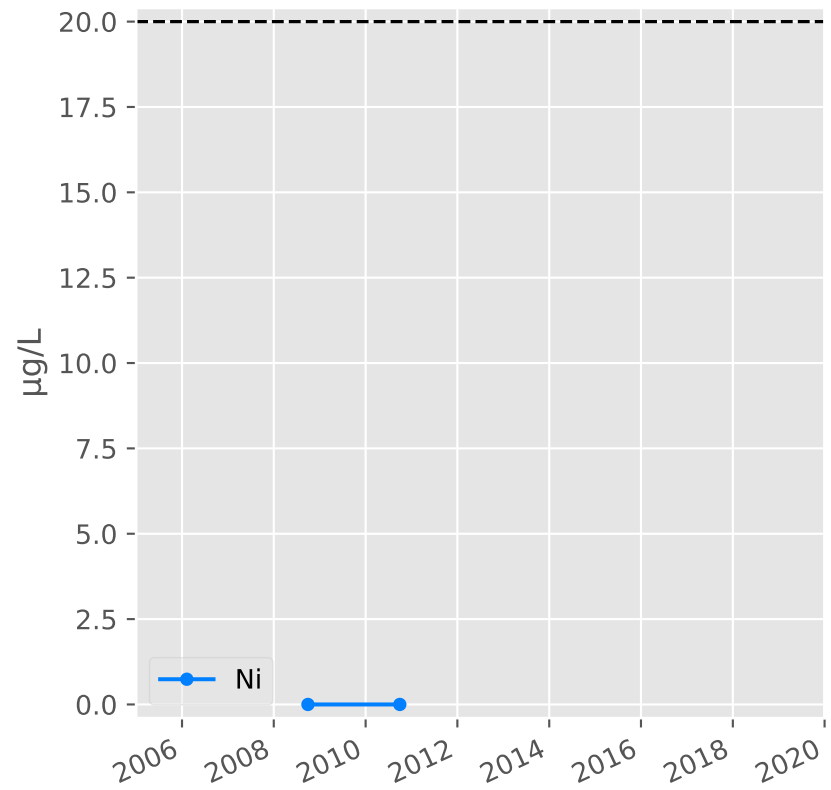
Fer



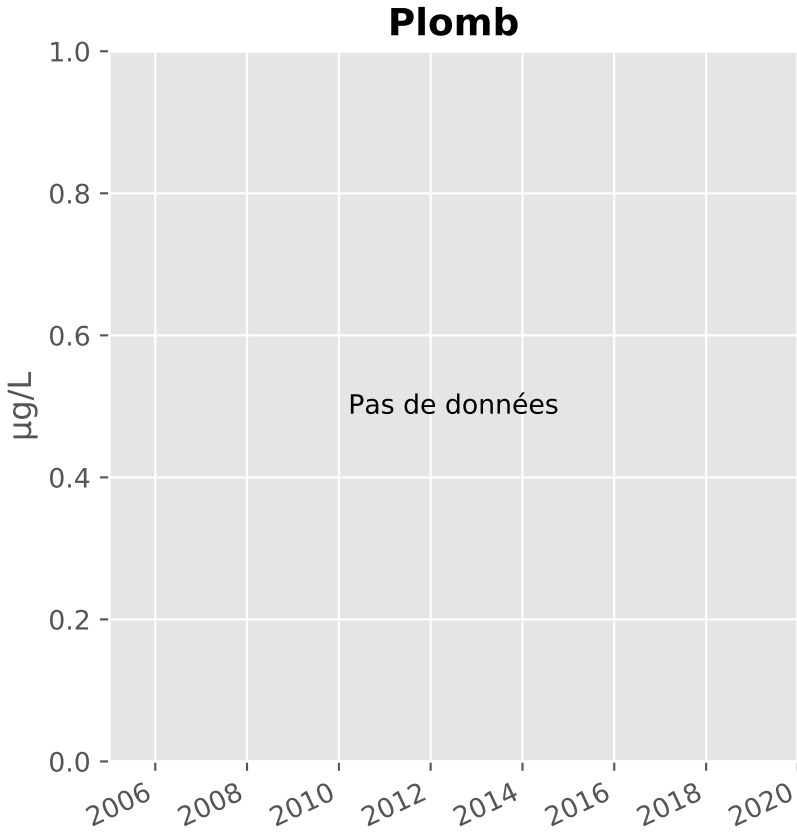
Manganèse



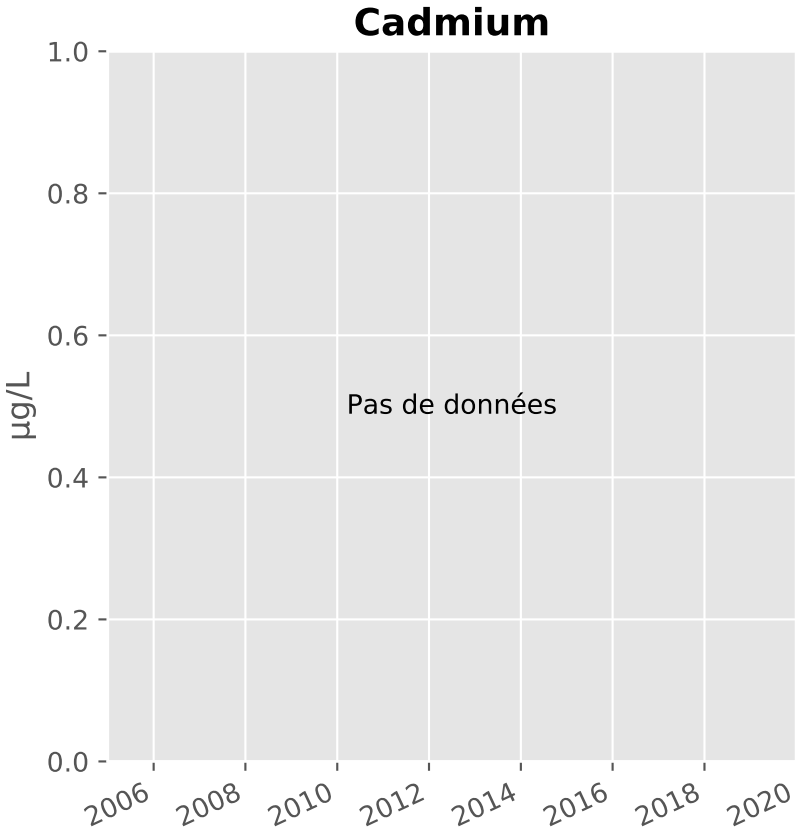
Nickel



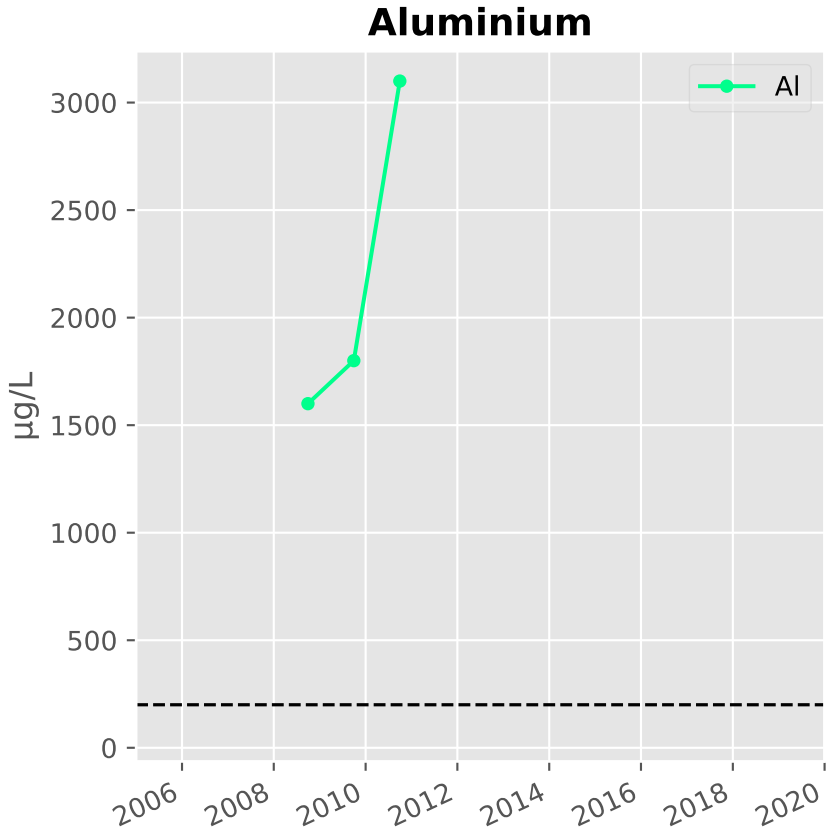
Plomb



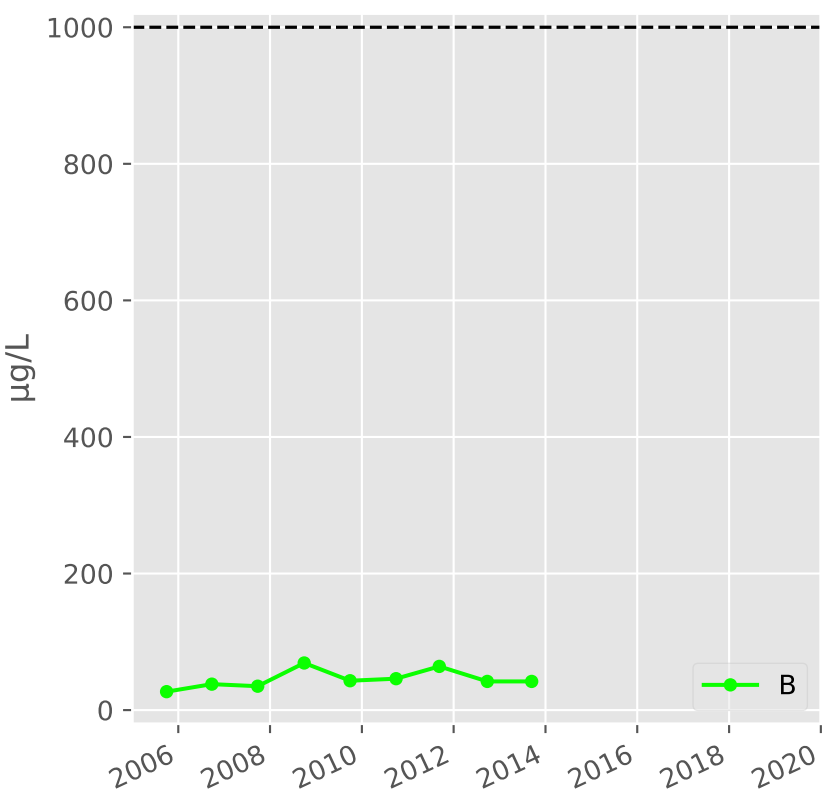
Cadmium



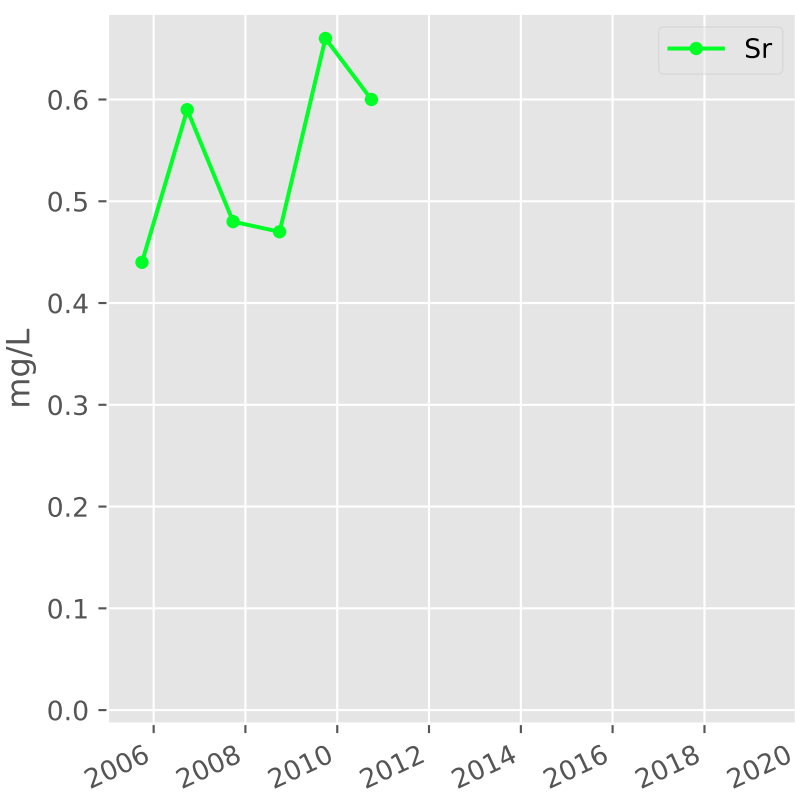
Aluminium



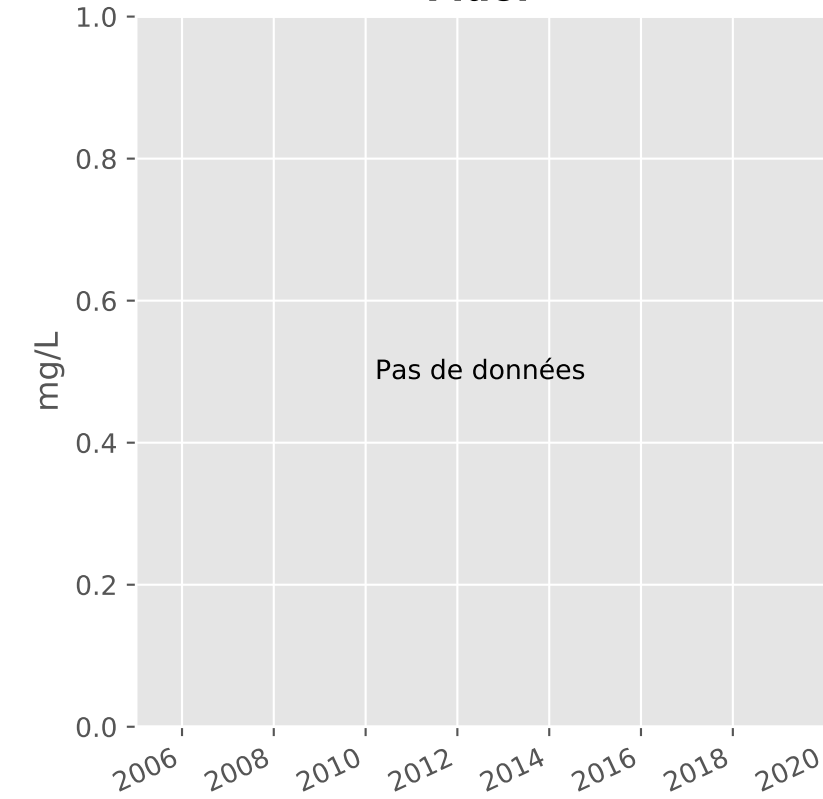
Bore



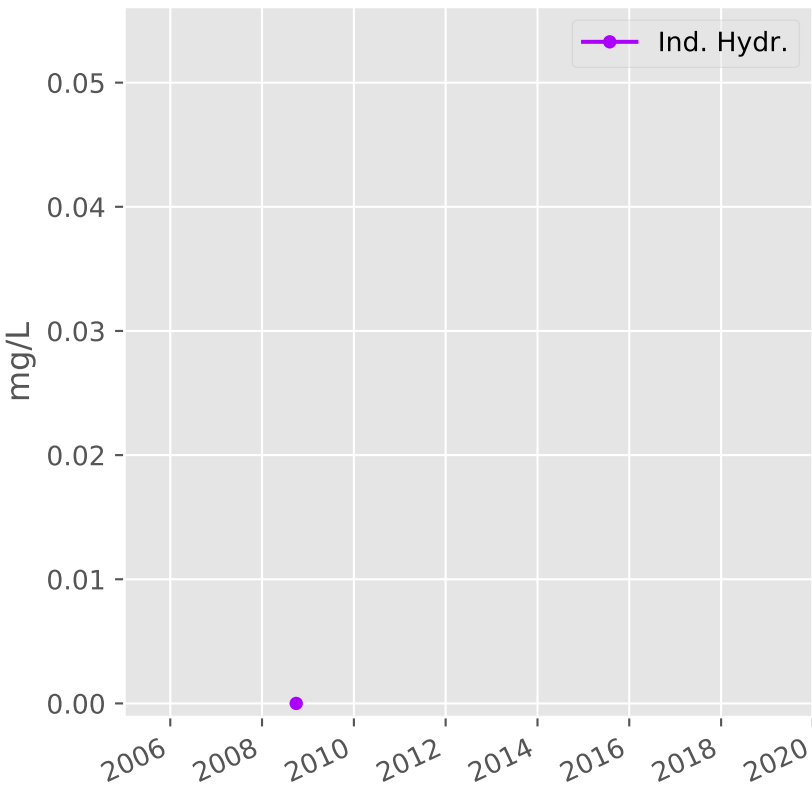
Strontium



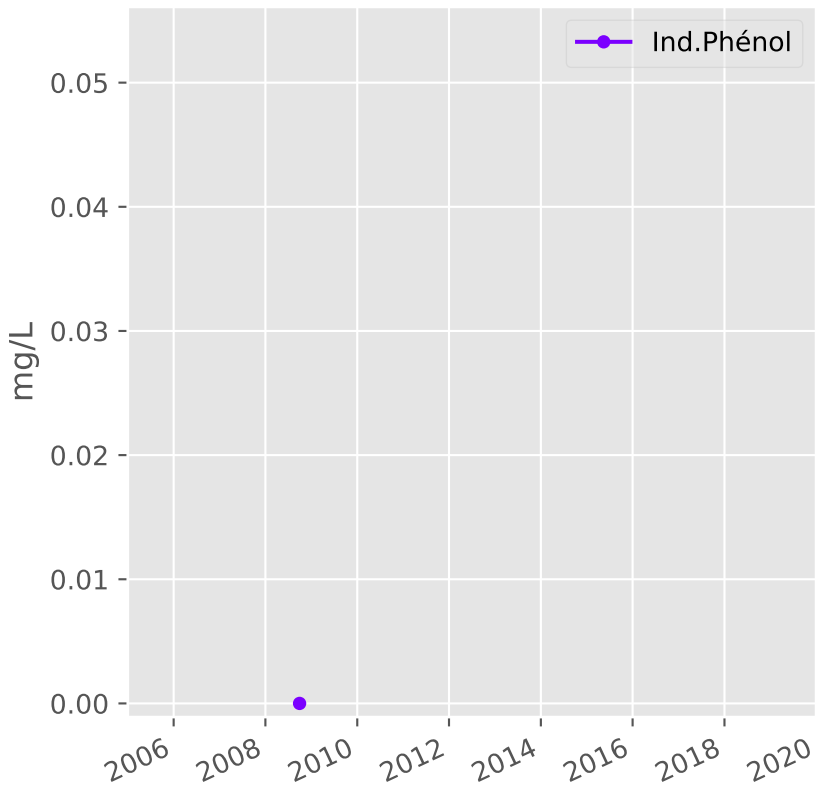
Fluor



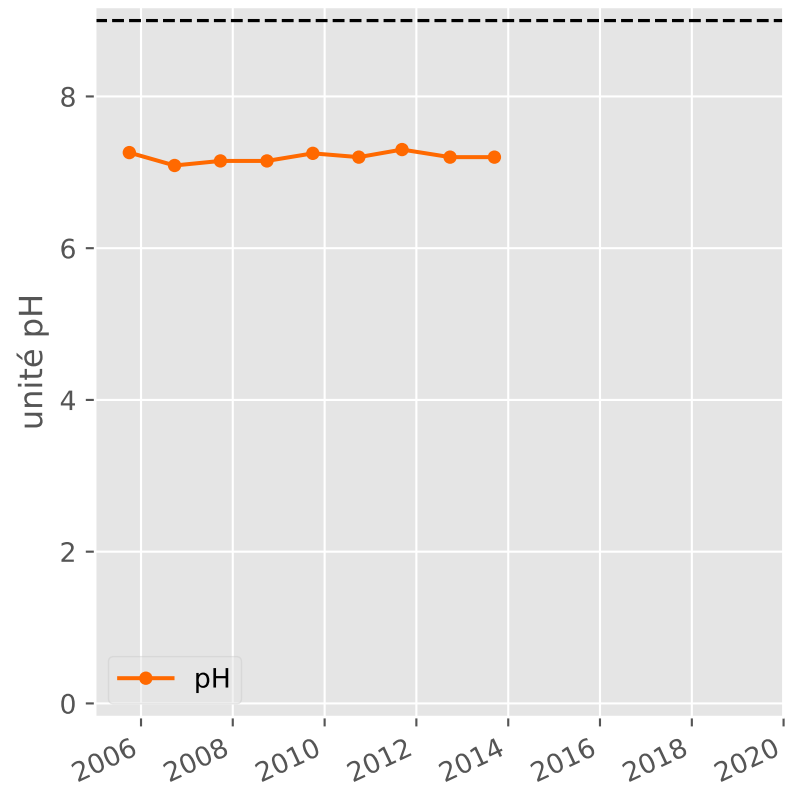
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

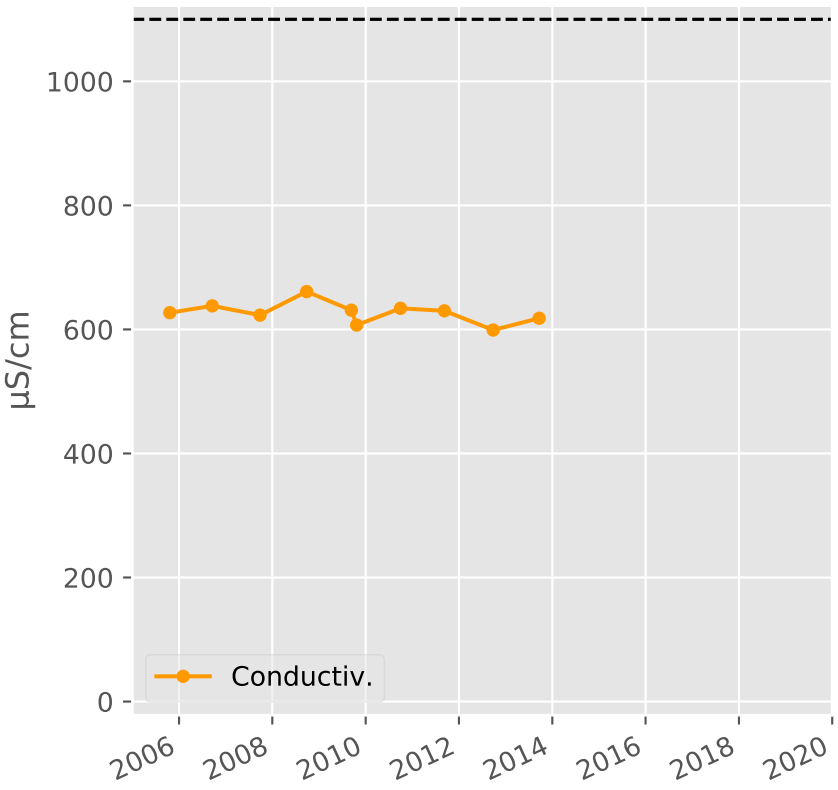


pH

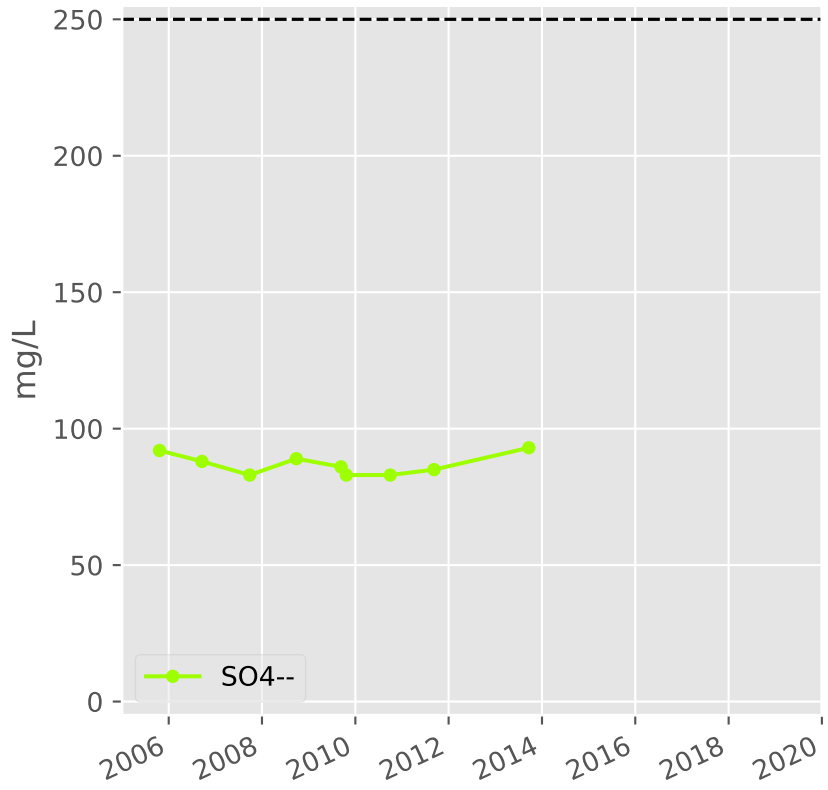


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C11 - Pz. P1 - St-Pierremont - 01373X0132

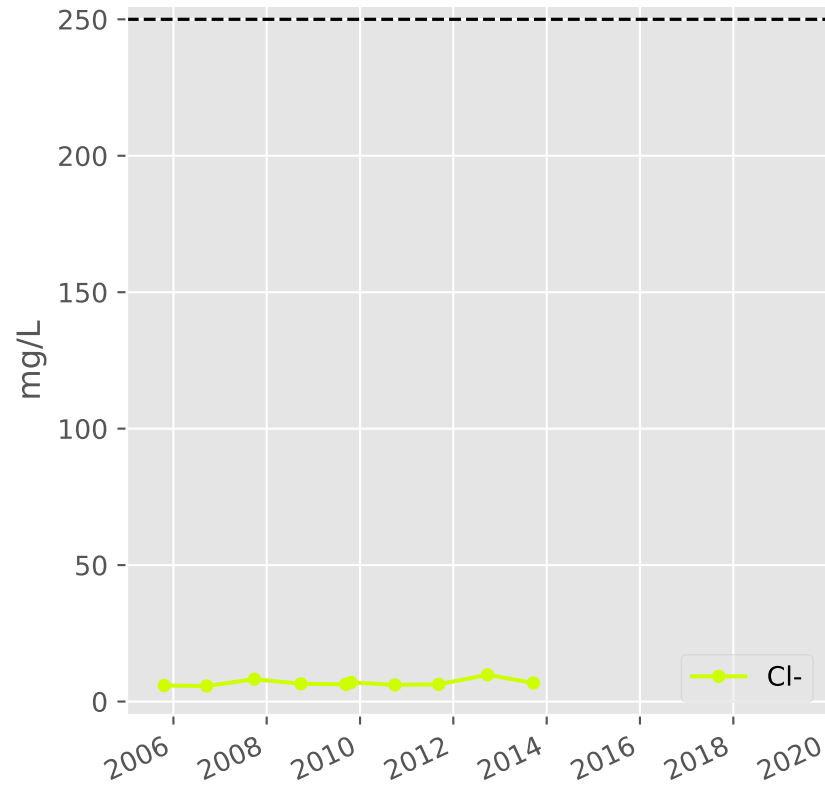
Conductivité



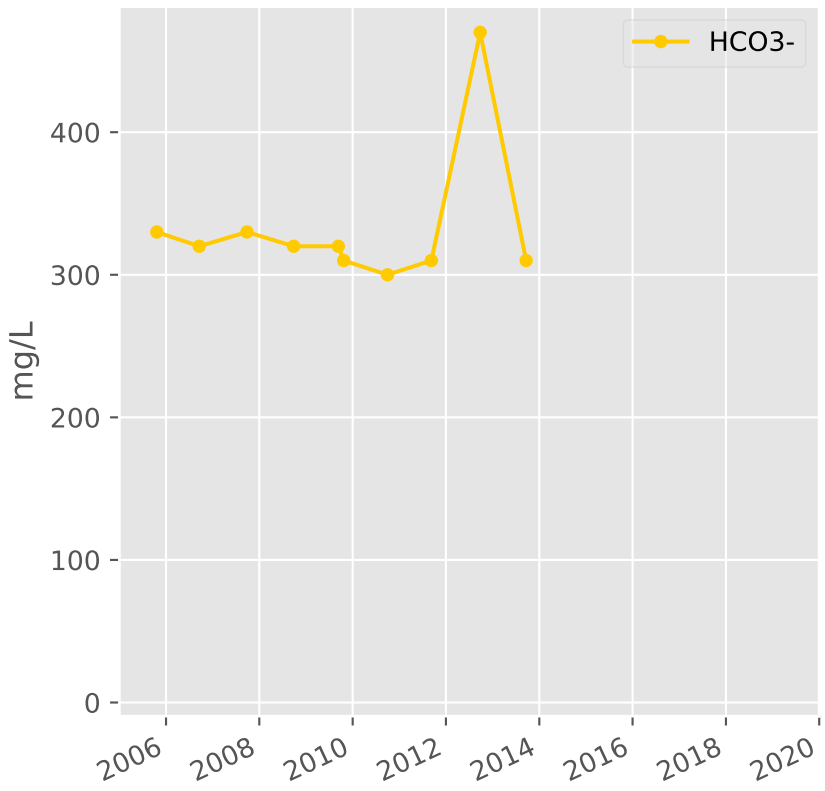
Sulfates



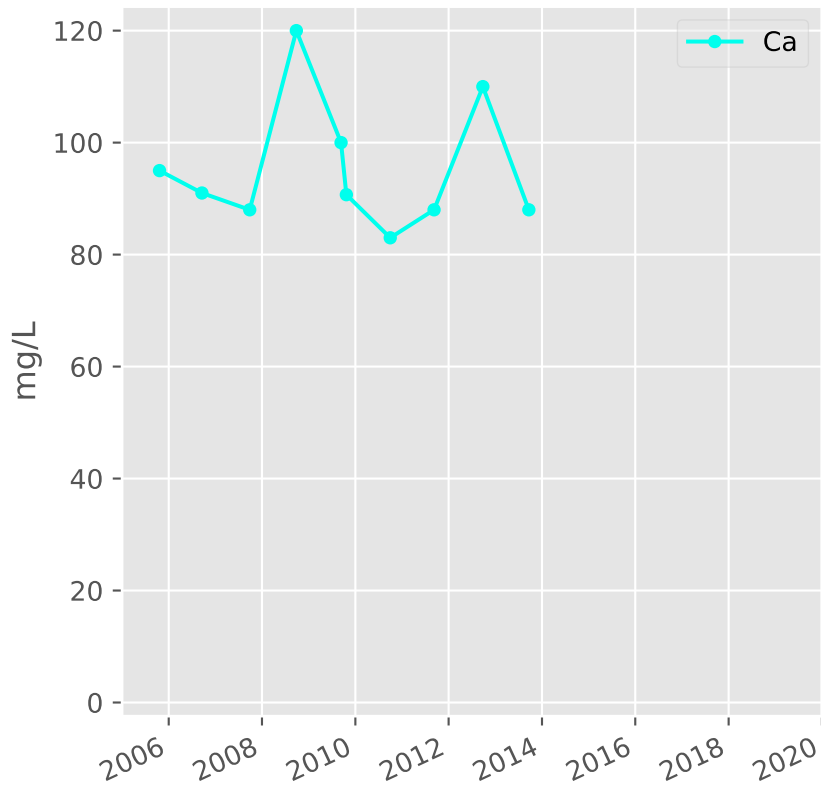
Chlorures



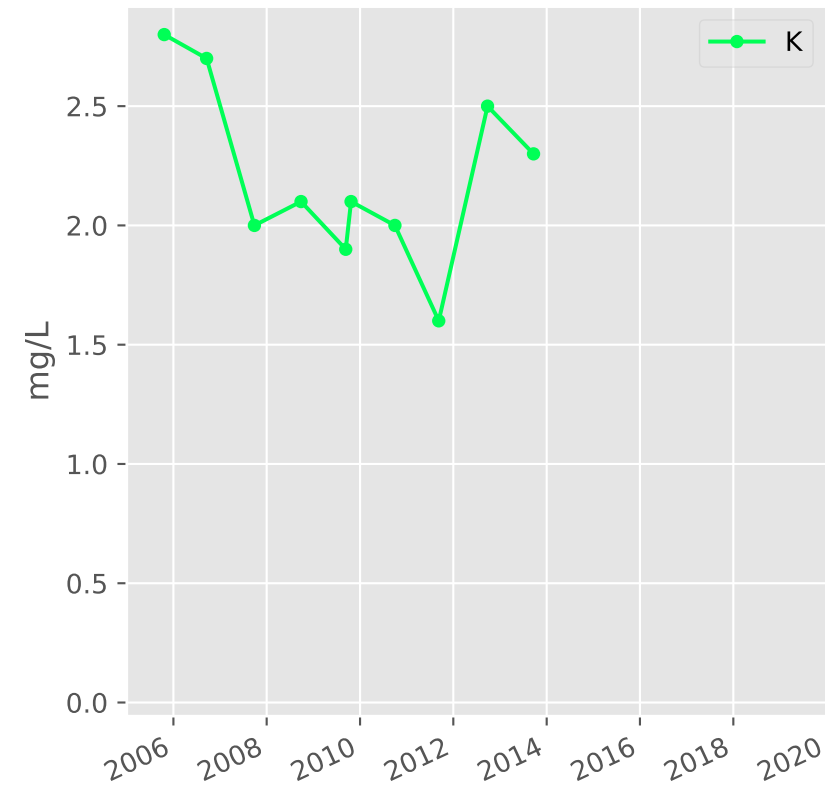
Bicarbonates



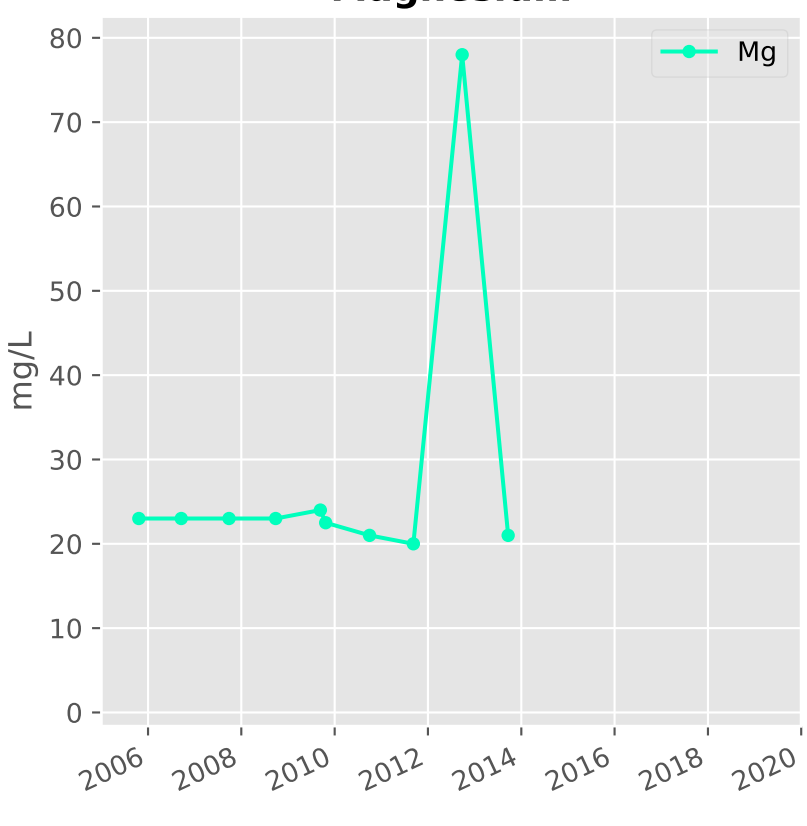
Calcium



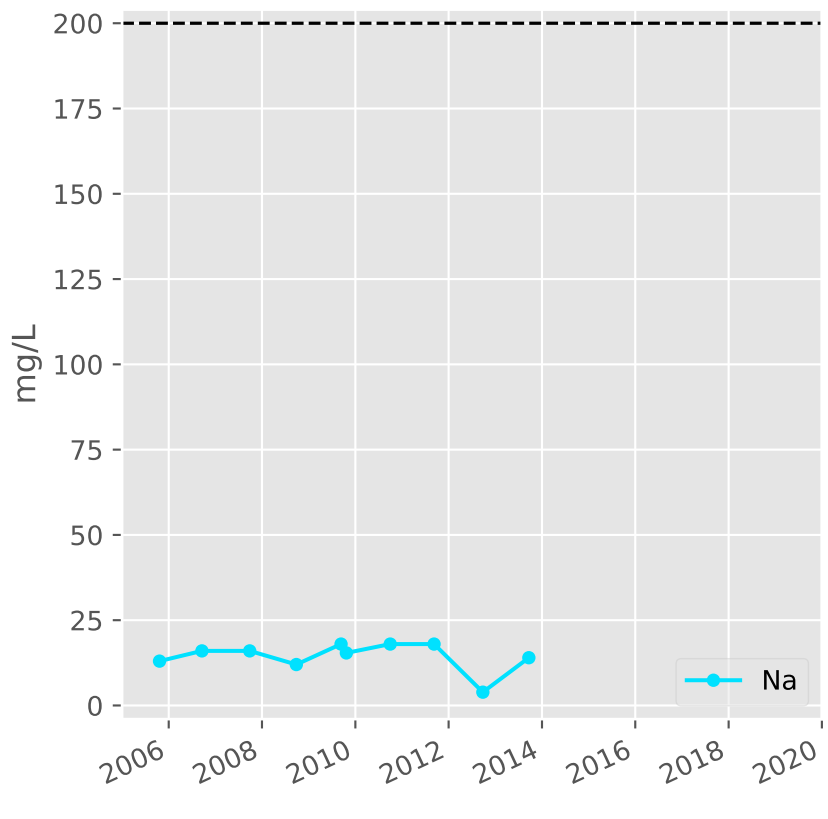
Potassium



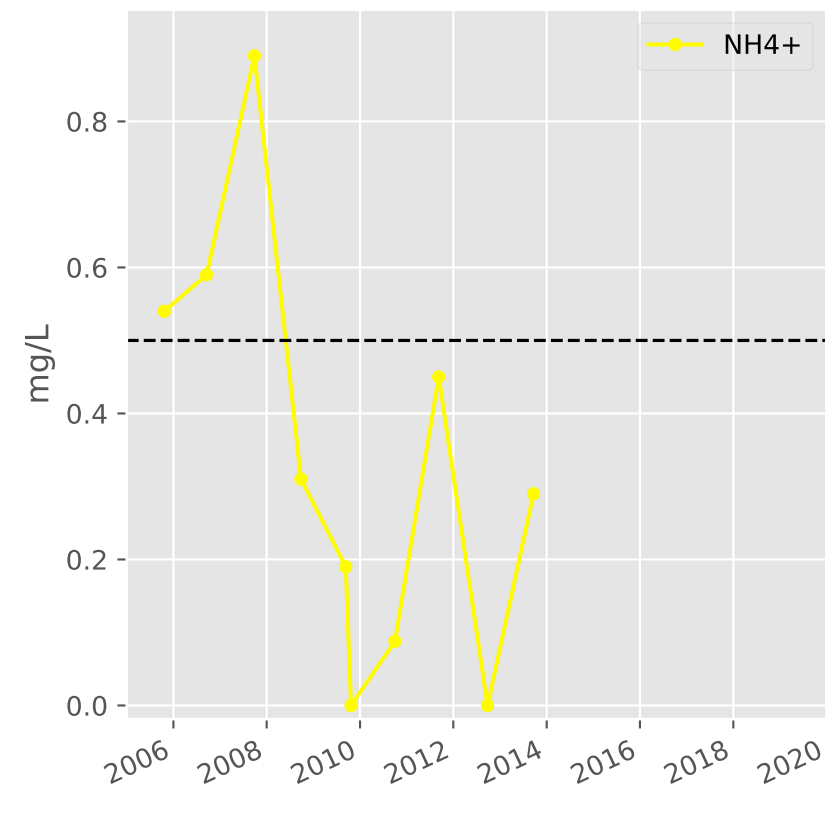
Magnésium



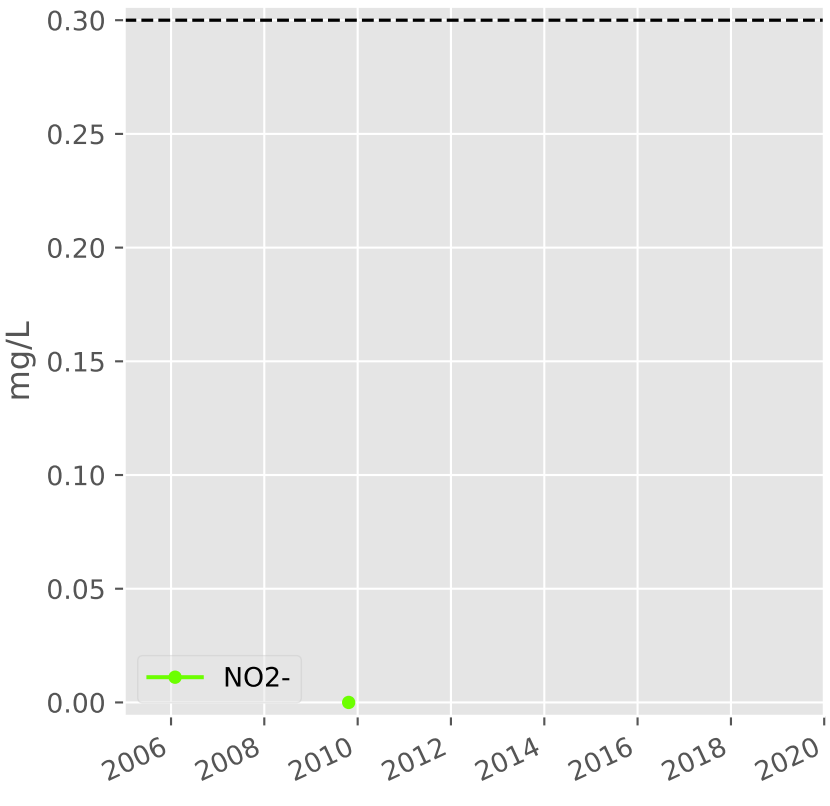
Sodium



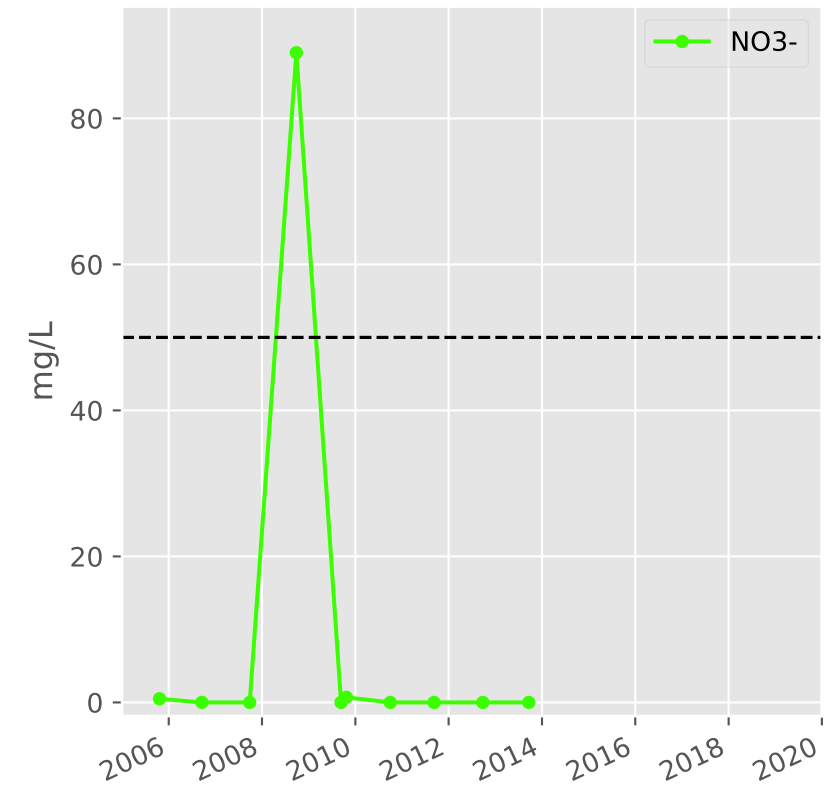
Ammonium



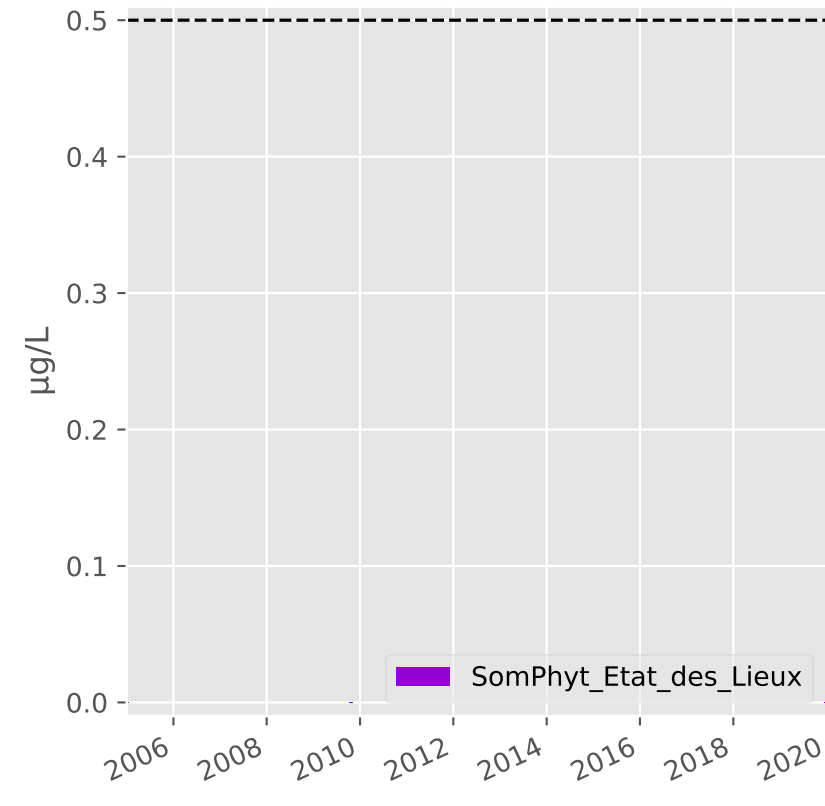
Nitrites



Nitrates

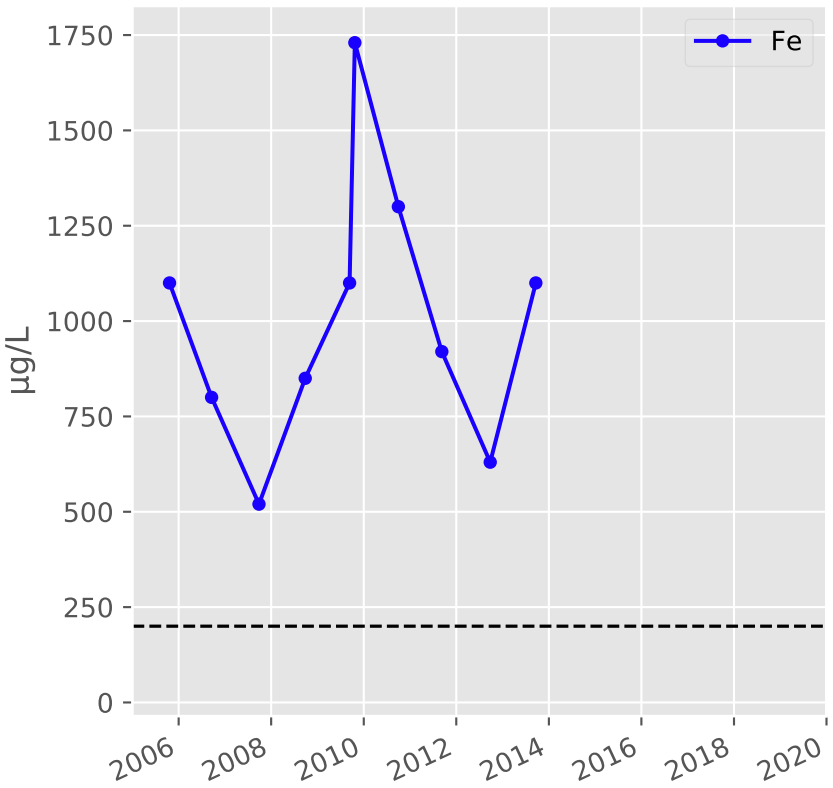


Somme des phytosanitaires

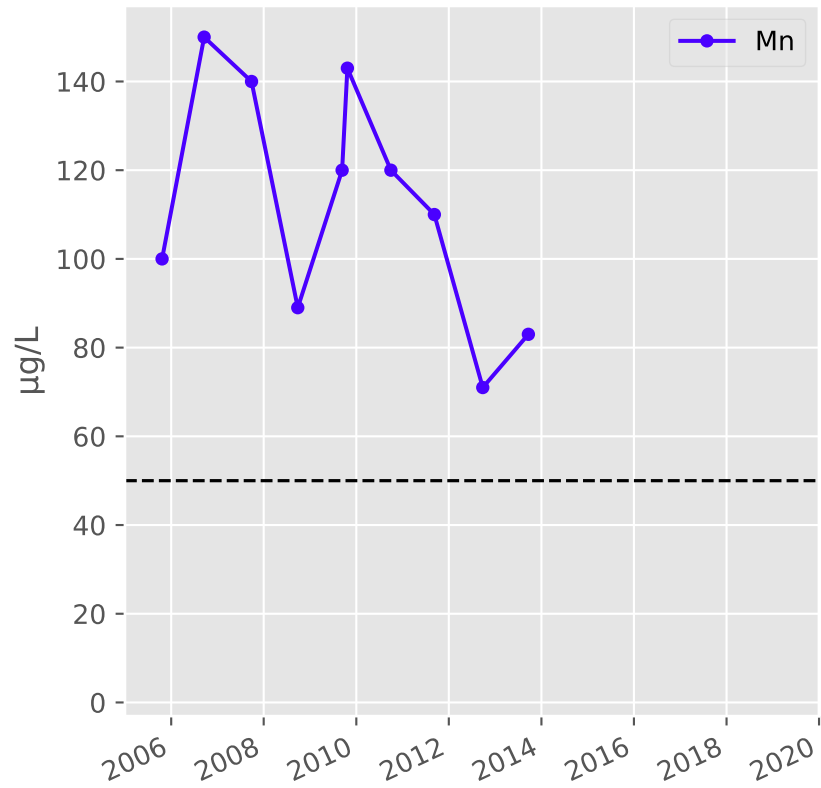


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C11 - Pz. P1 - St-Pierremont - 01373X0132

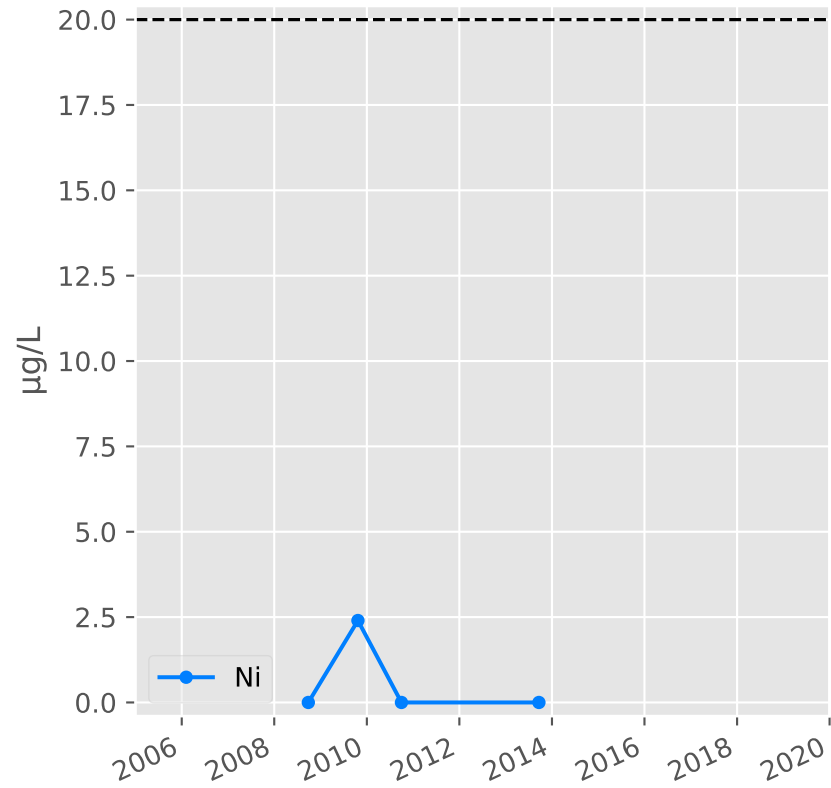
Fer



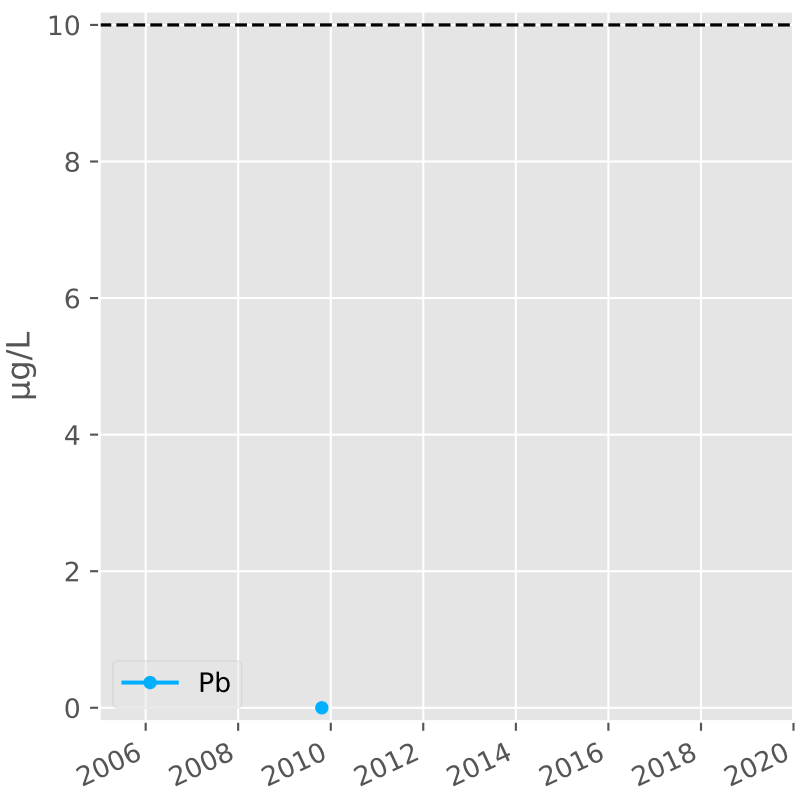
Manganèse



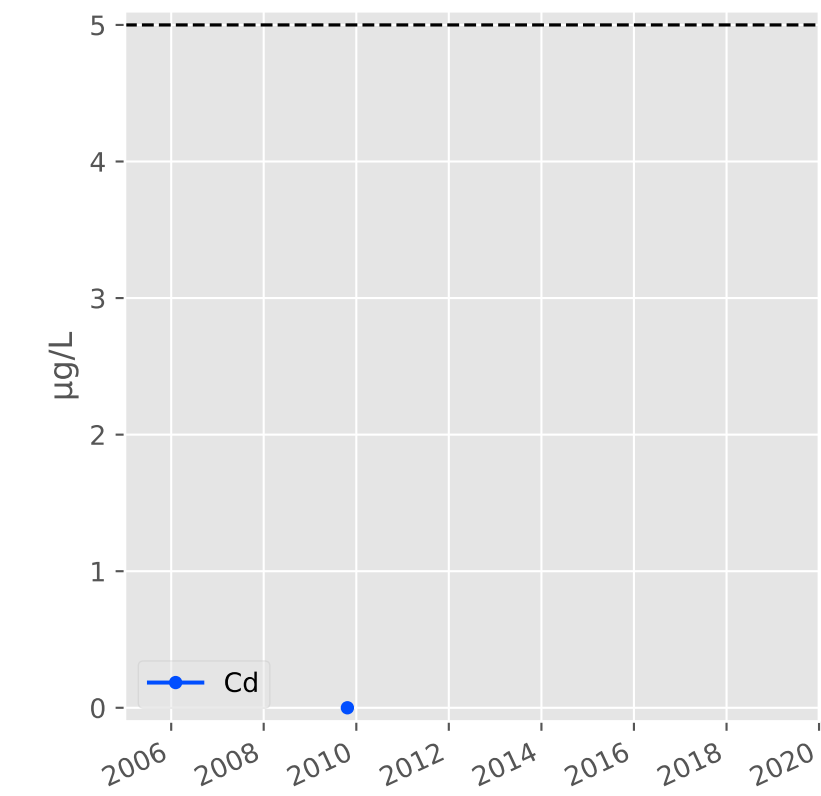
Nickel



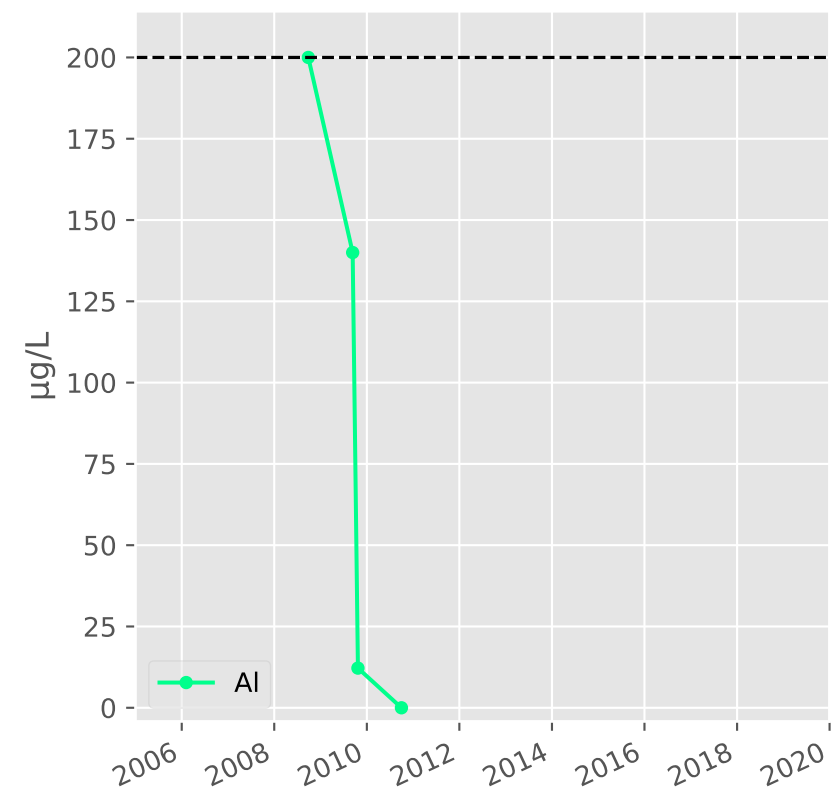
Plomb



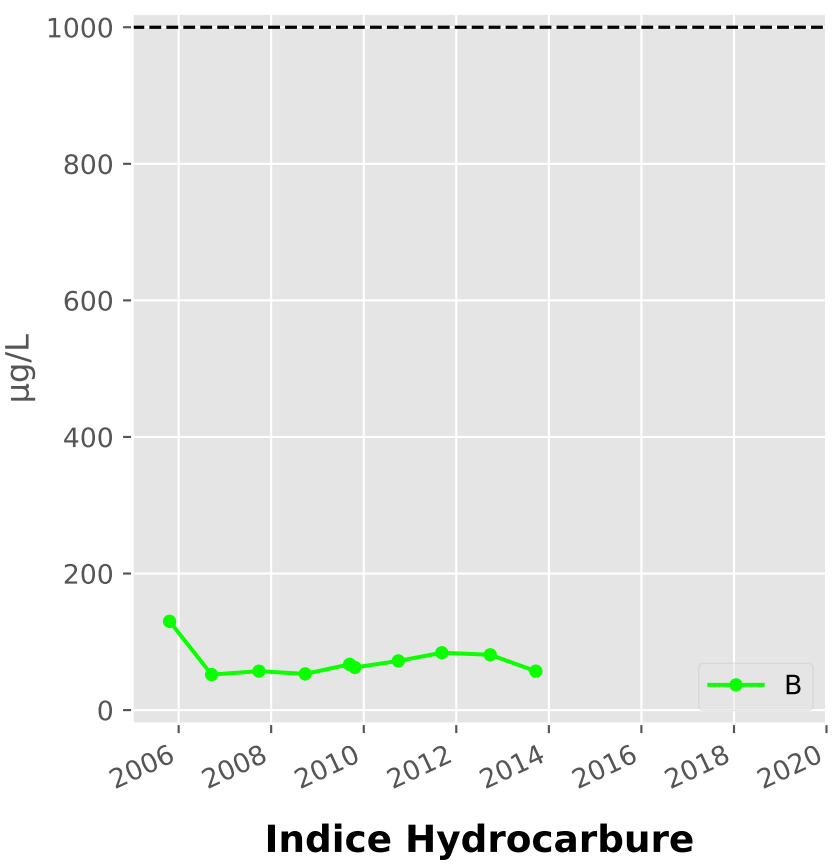
Cadmium



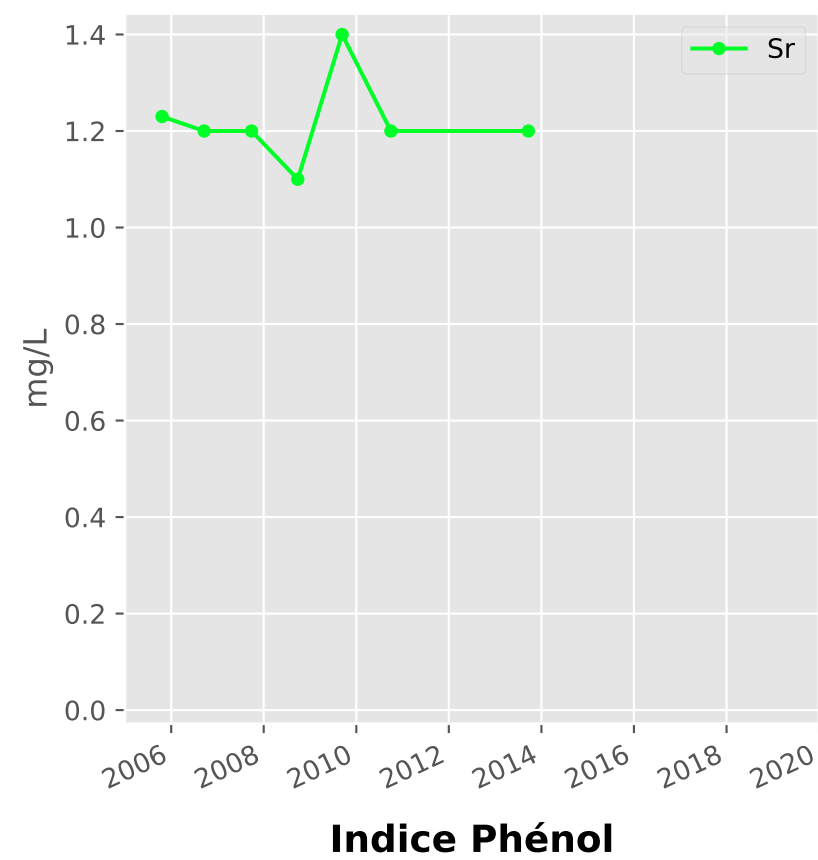
Aluminium



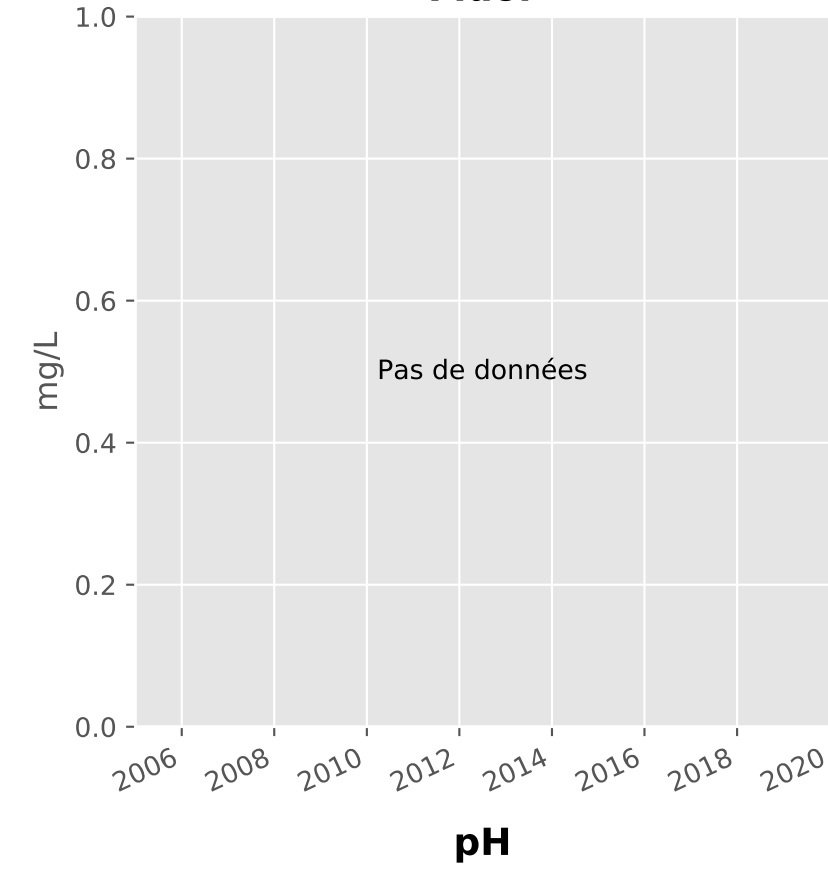
Bore



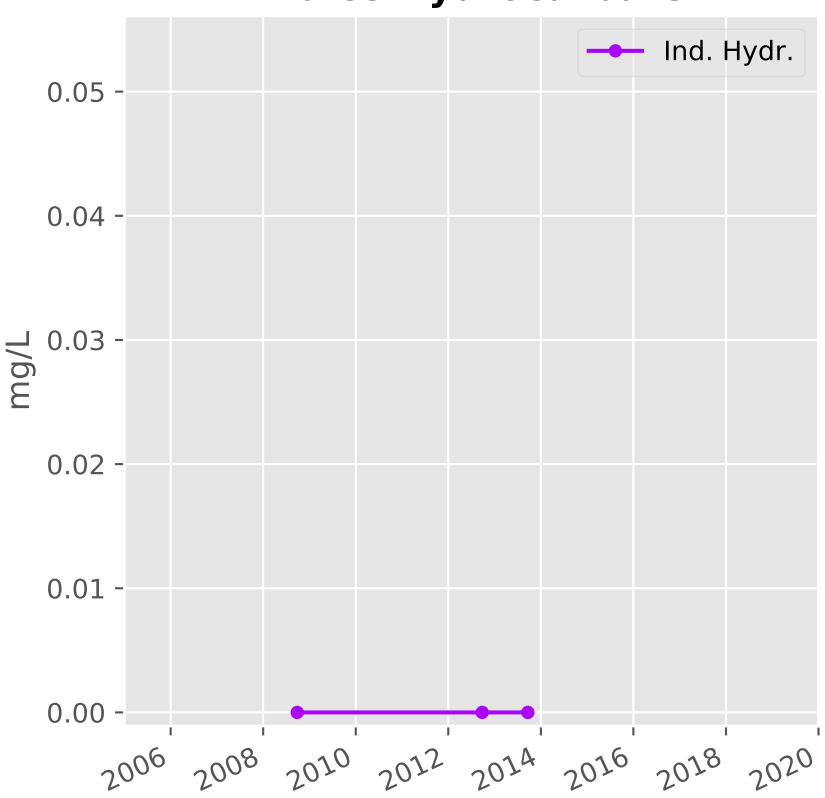
Strontium



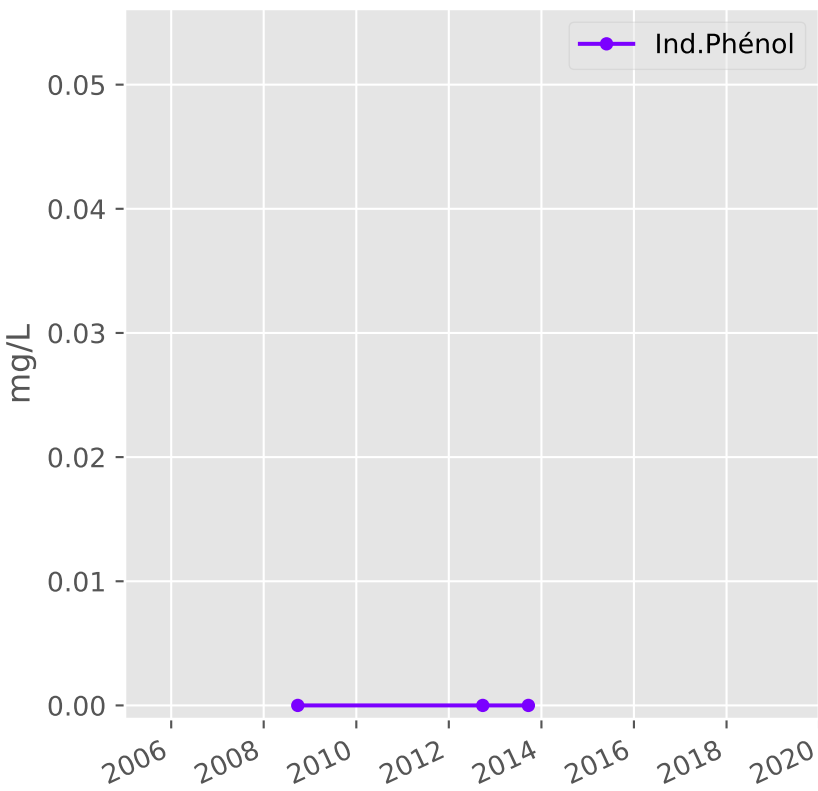
Fluor



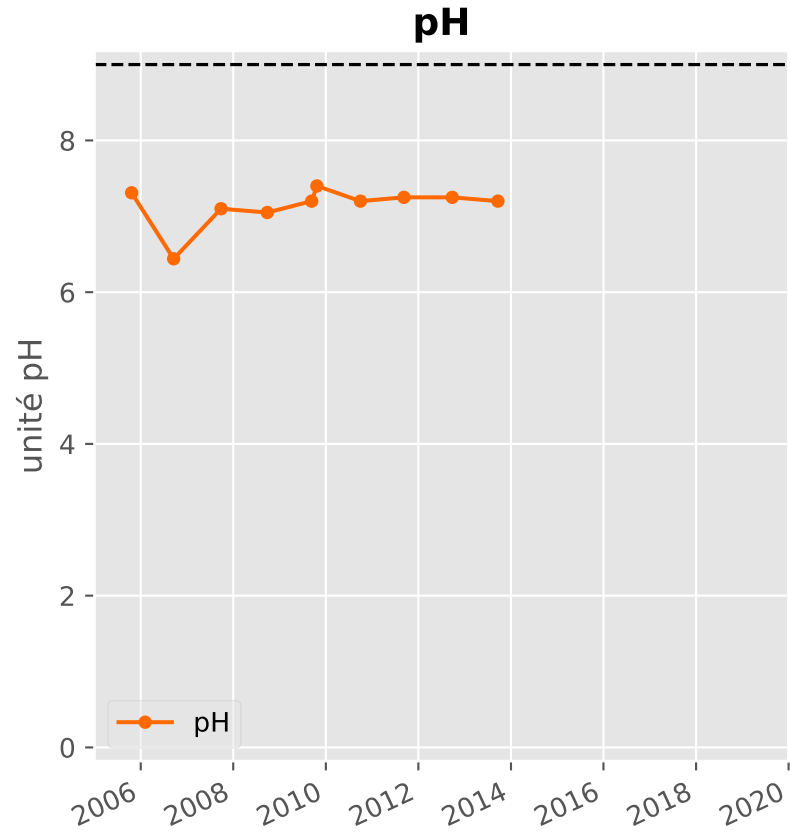
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

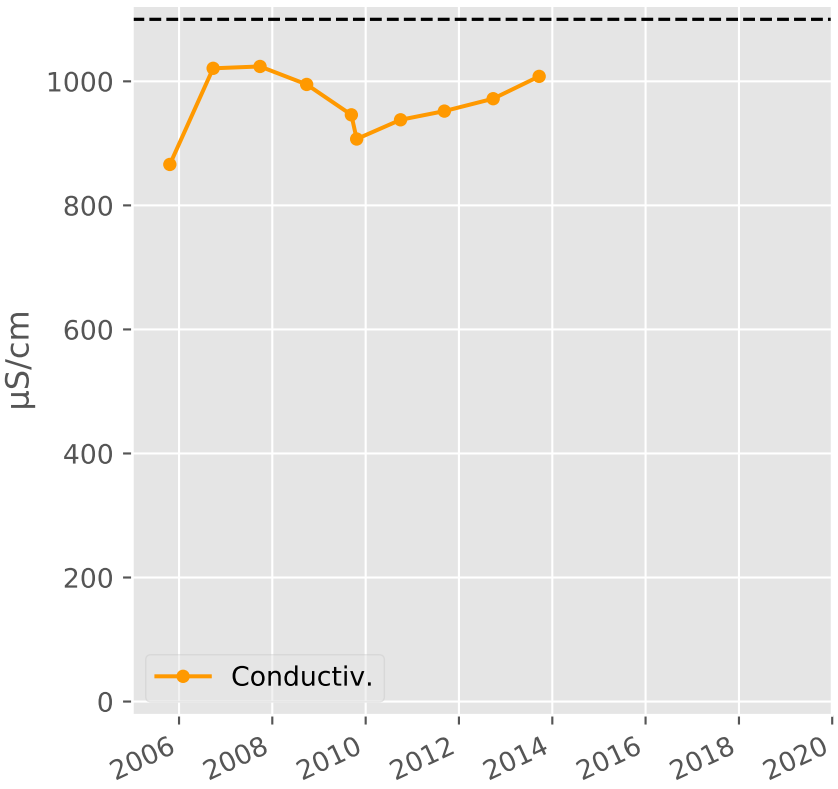


pH

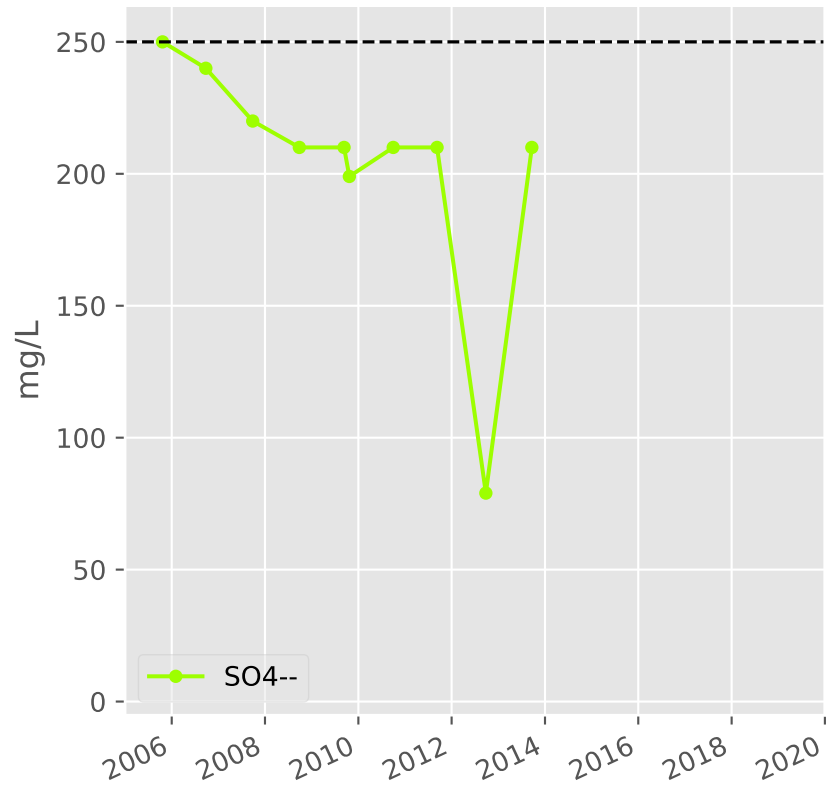


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C12 - Pz. P2 - St-Pierremont - 01373X0133

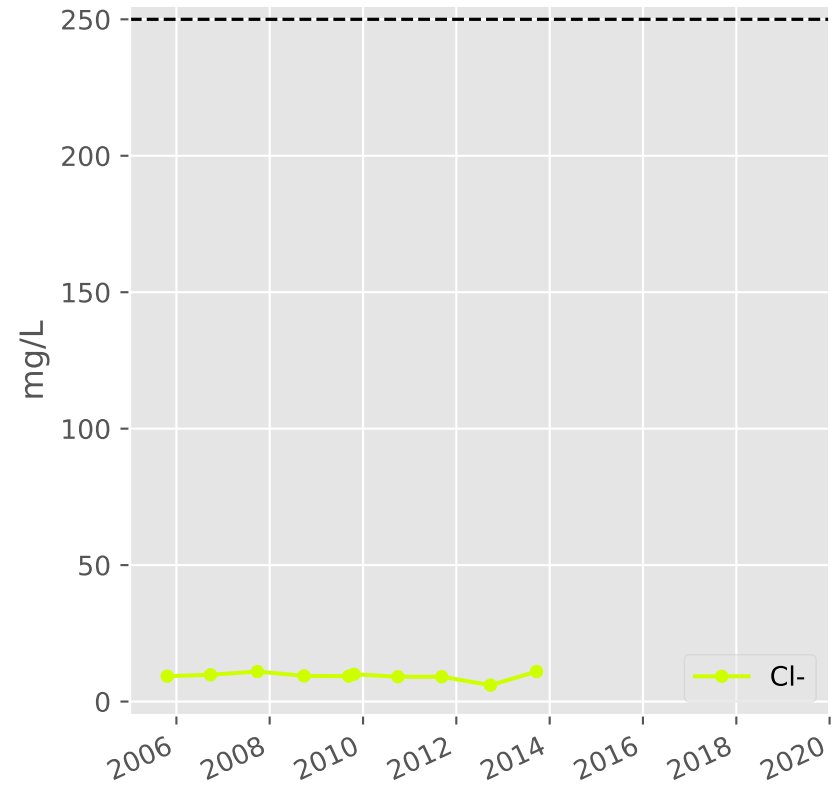
Conductivité



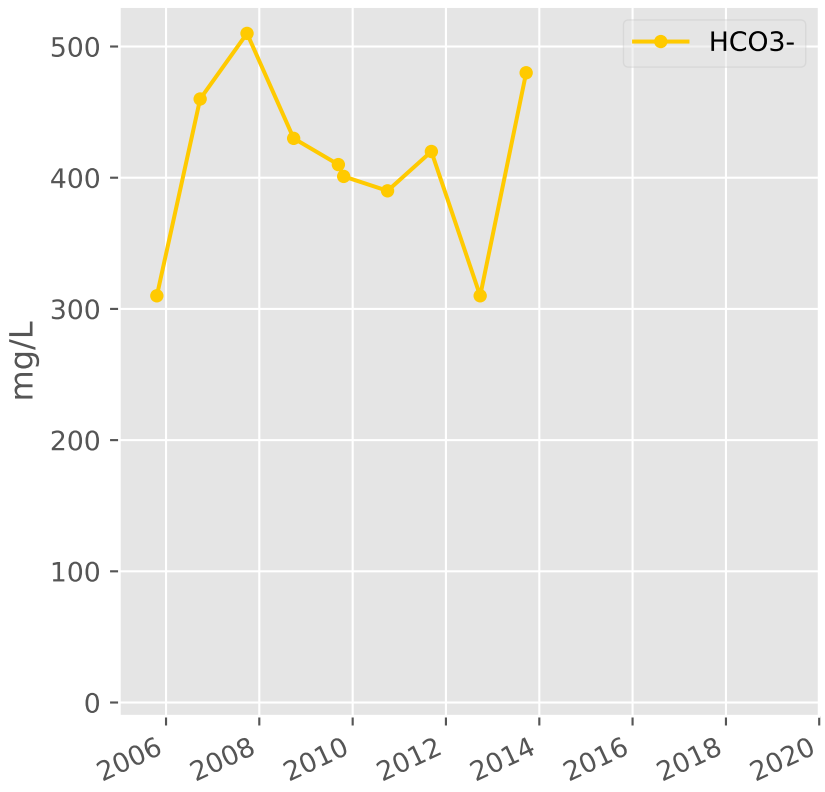
Sulfates



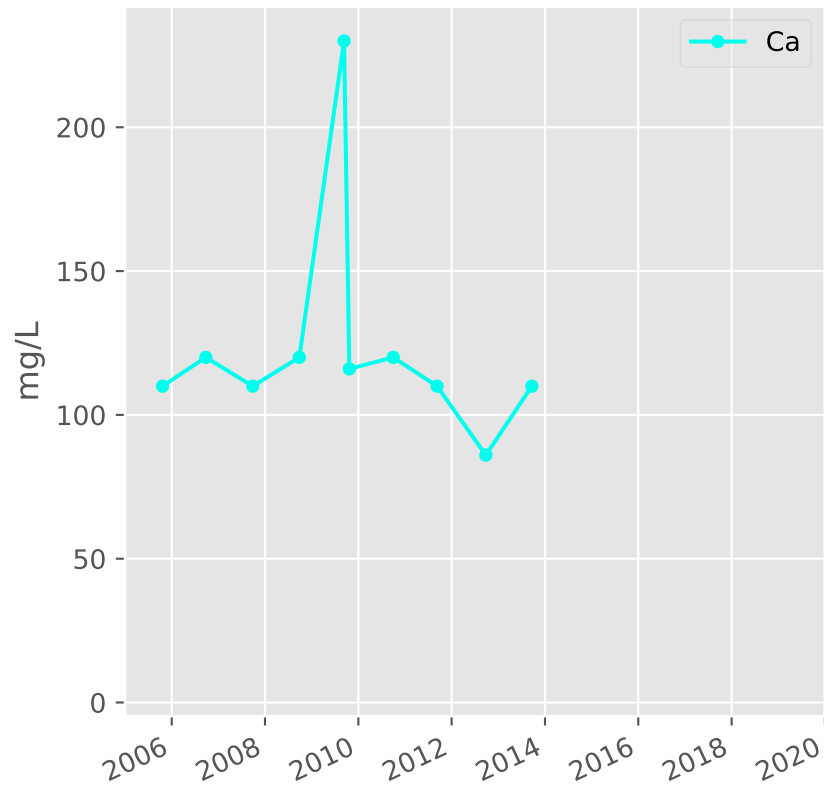
Chlorures



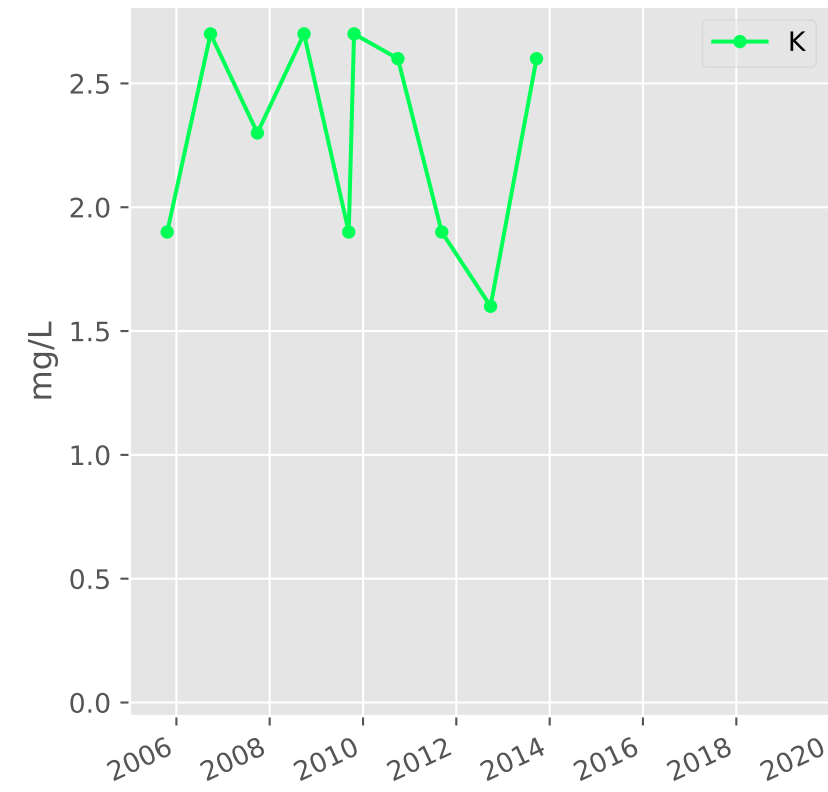
Bicarbonates



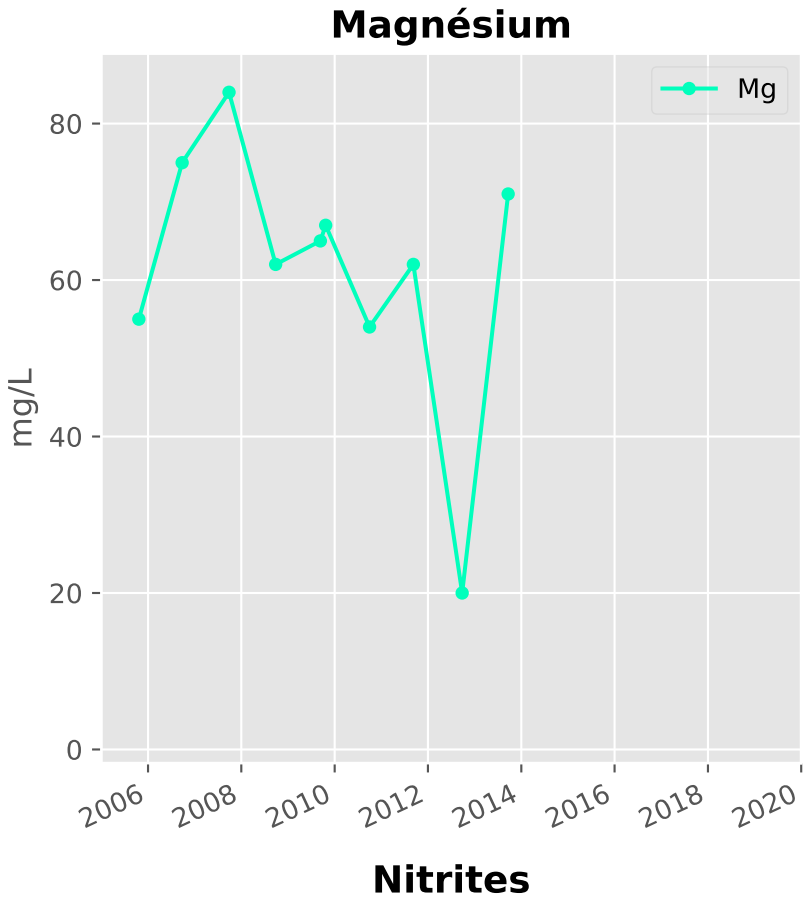
Calcium



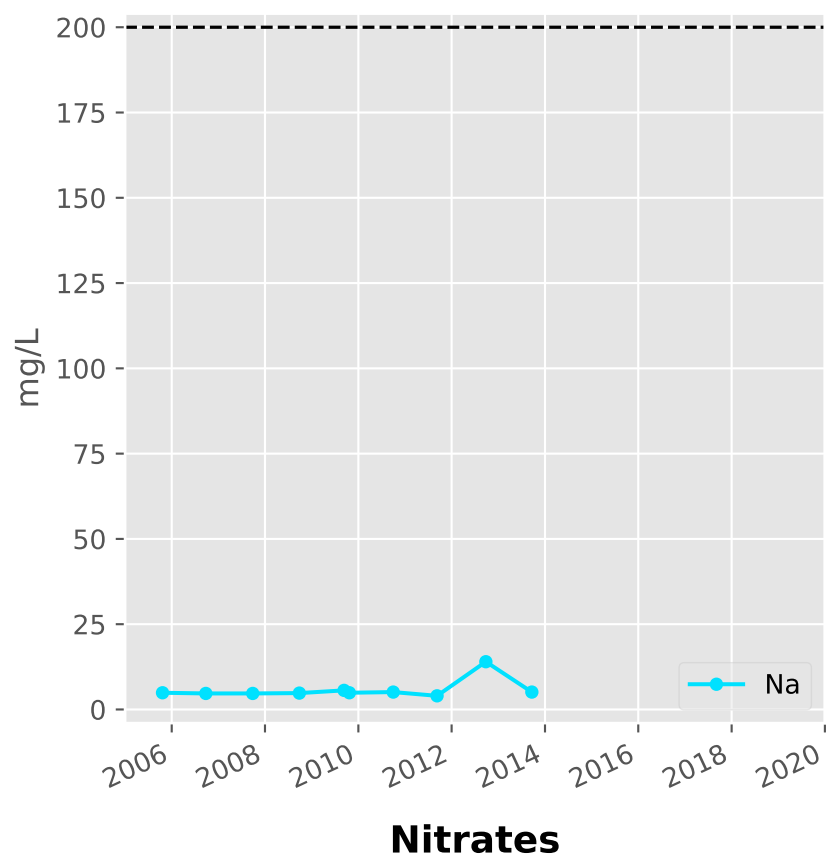
Potassium



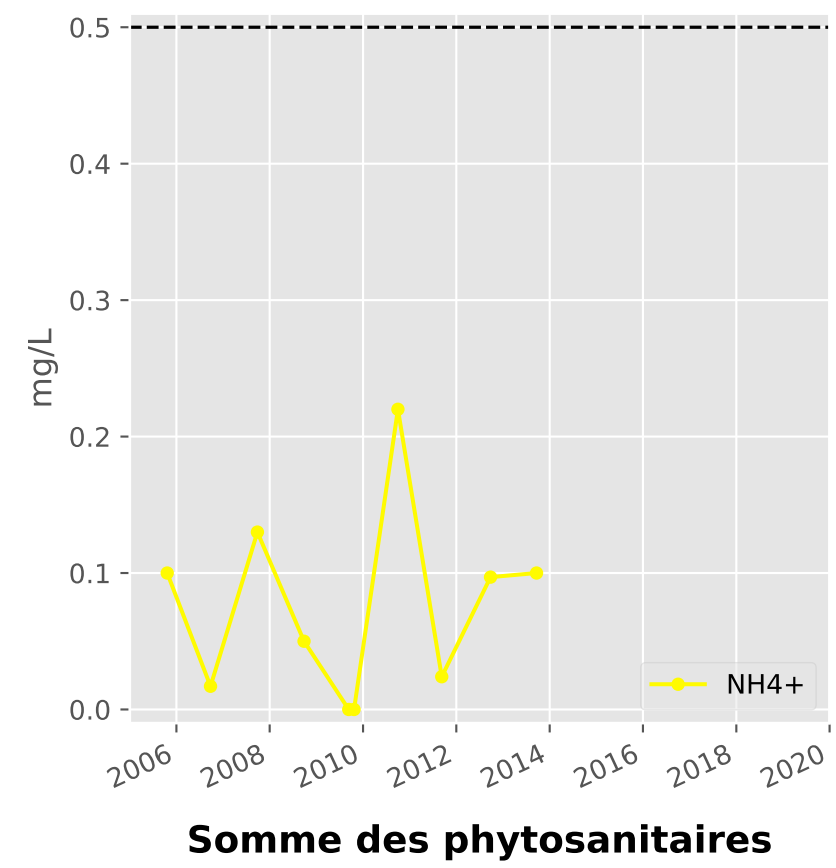
Magnésium



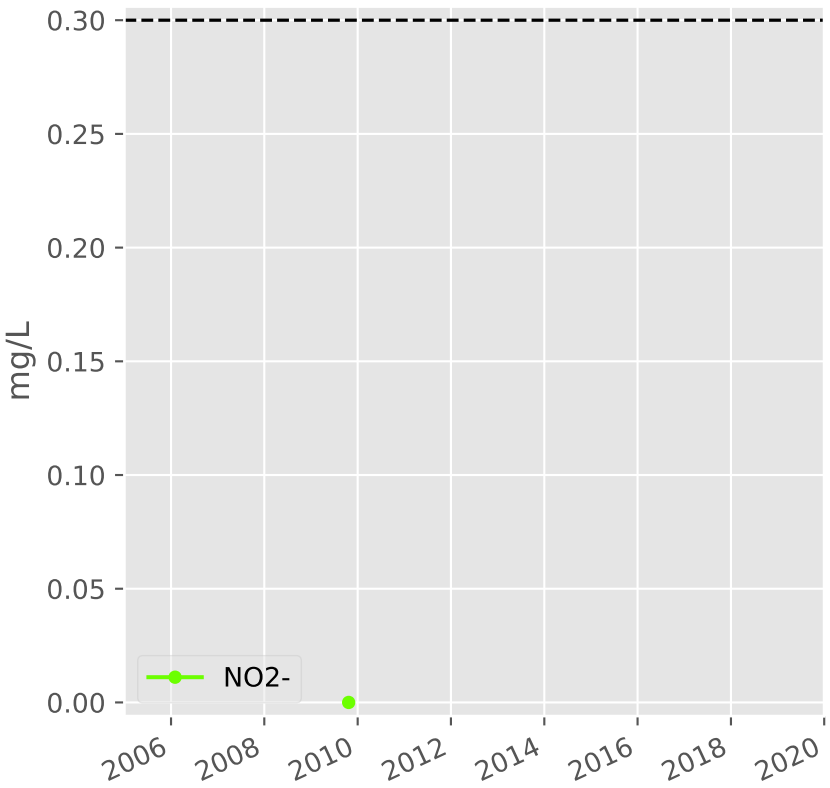
Sodium



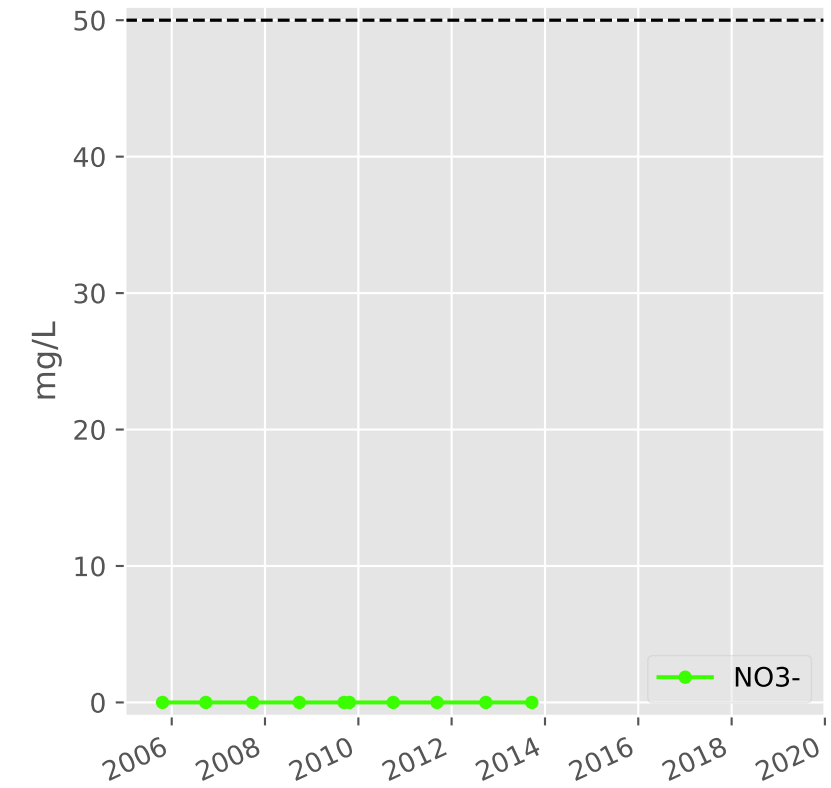
Ammonium



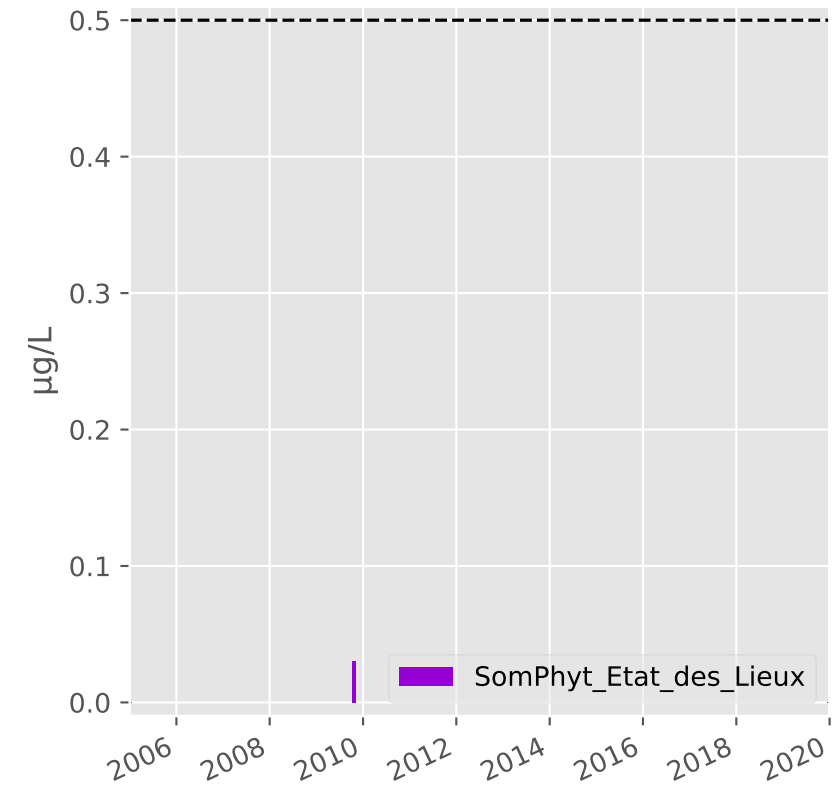
Nitrites



Nitrates

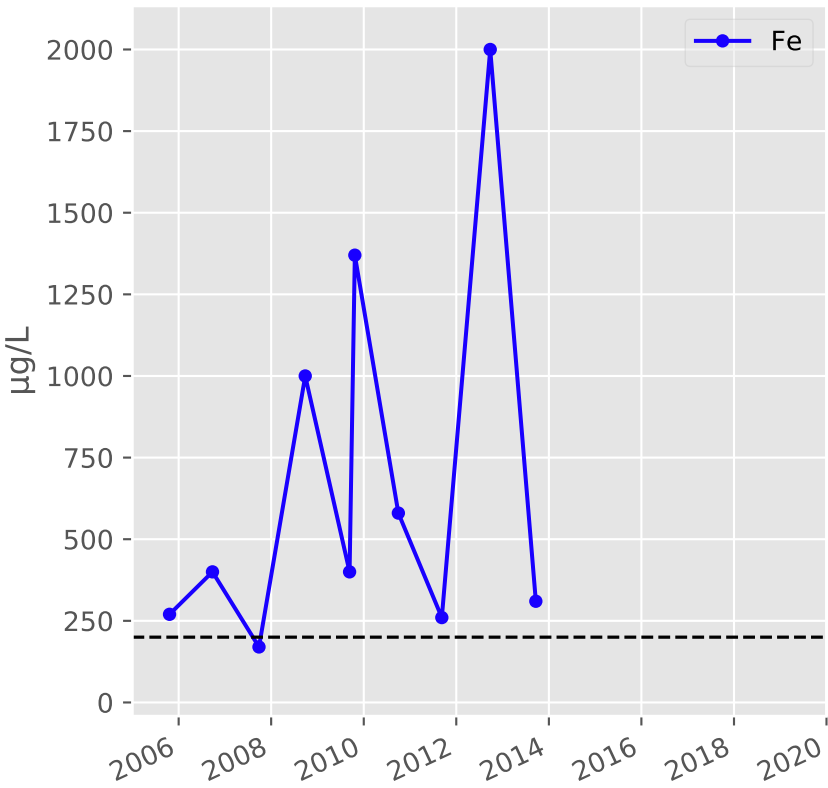


Somme des phytosanitaires

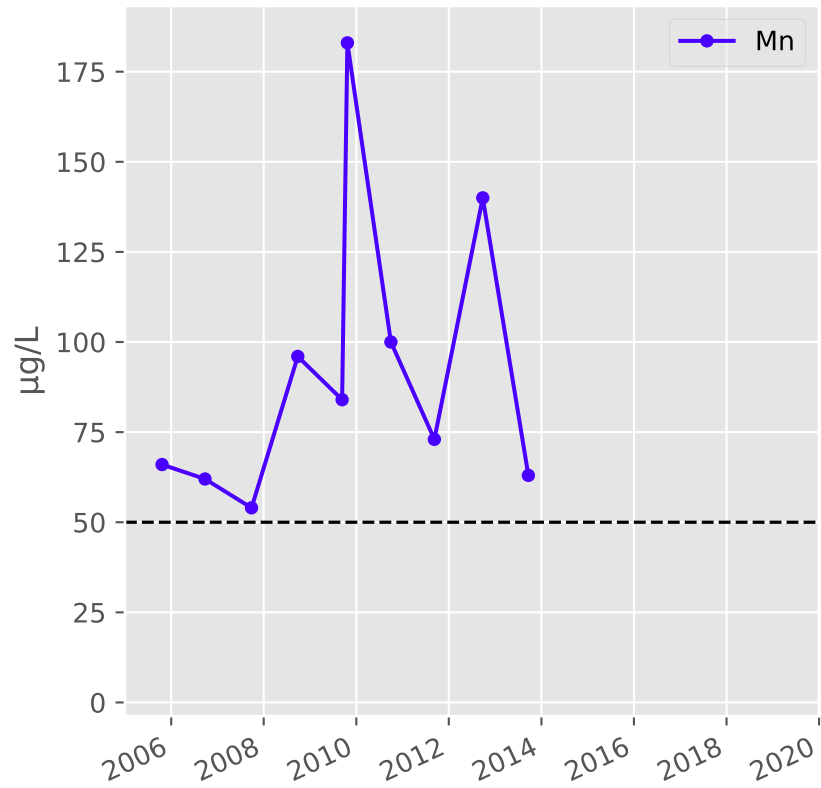


Bassin CENTRE - Calcaires du Dogger - C12 - Pz. P2 - St-Pierremont - 01373X0133

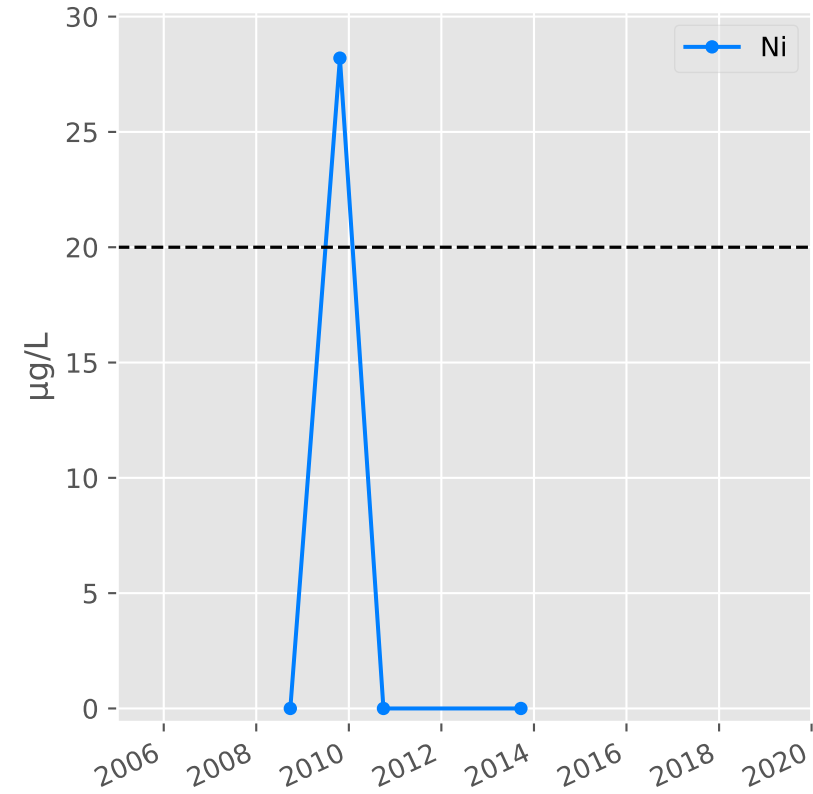
Fer



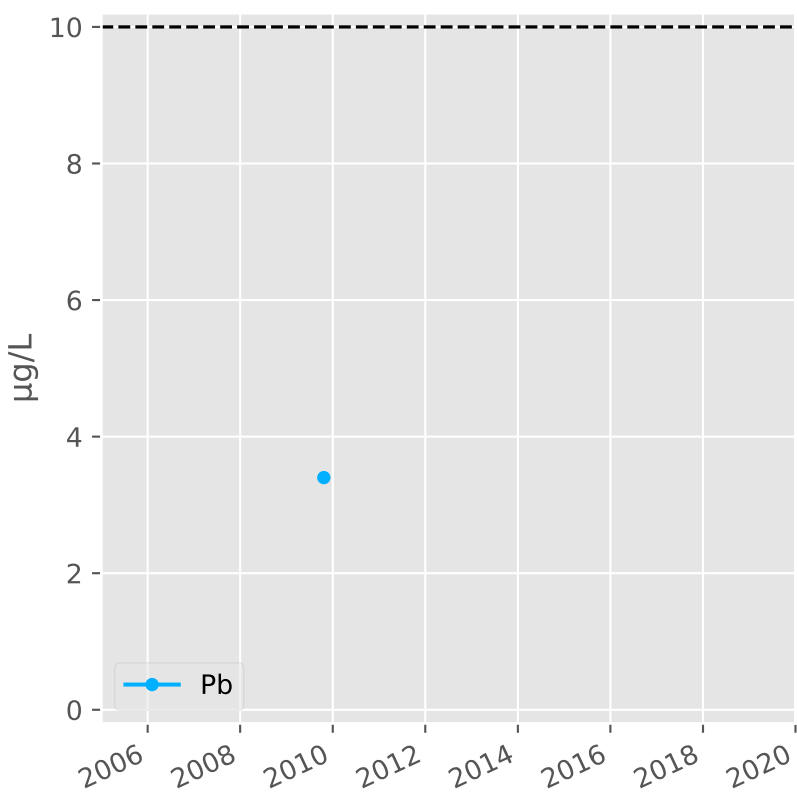
Manganèse



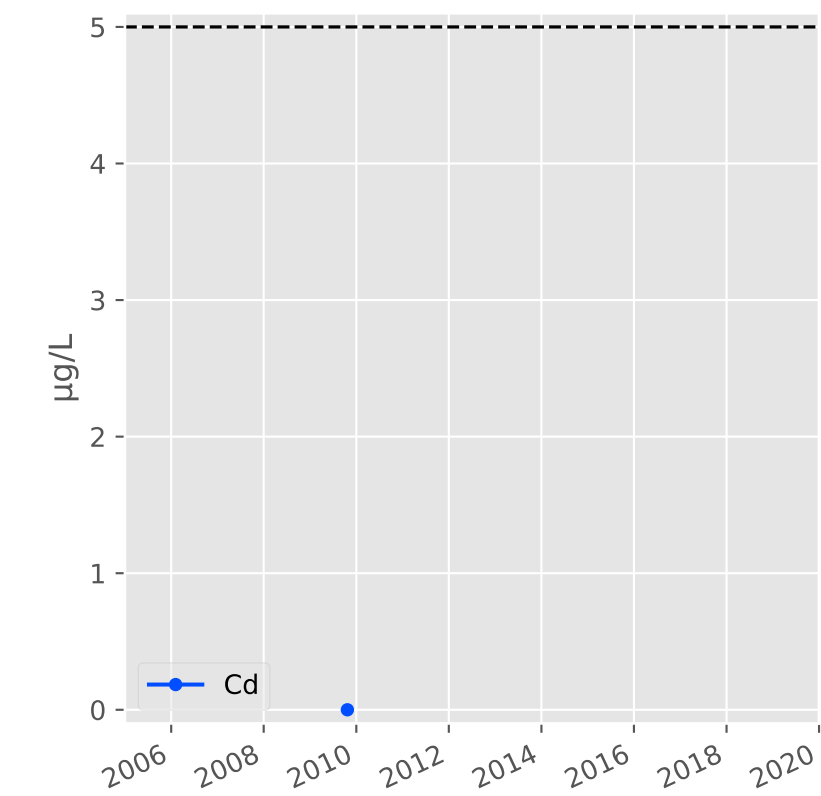
Nickel



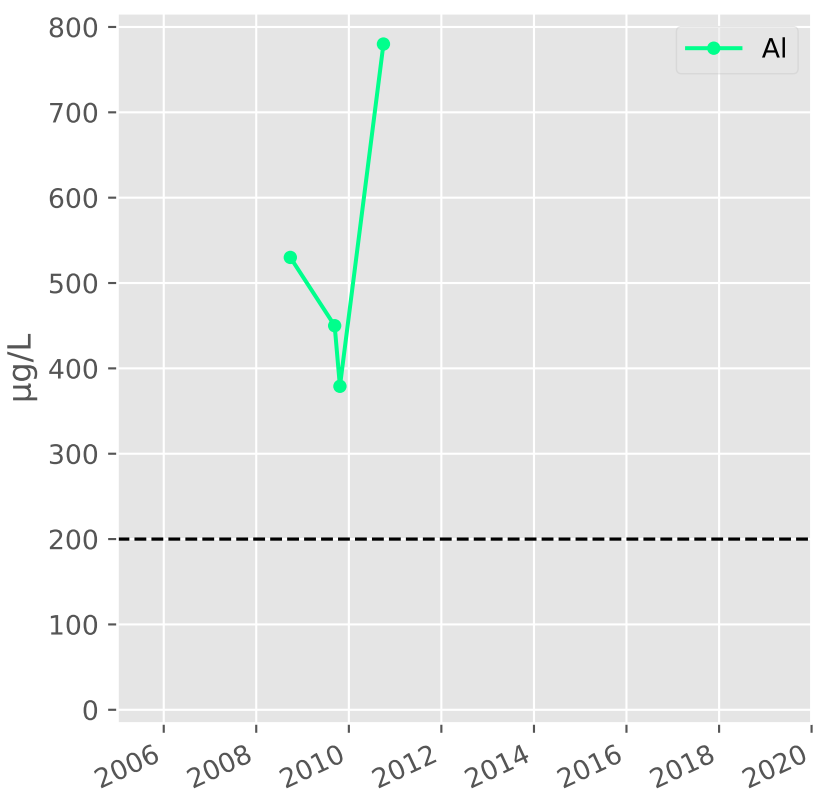
Plomb



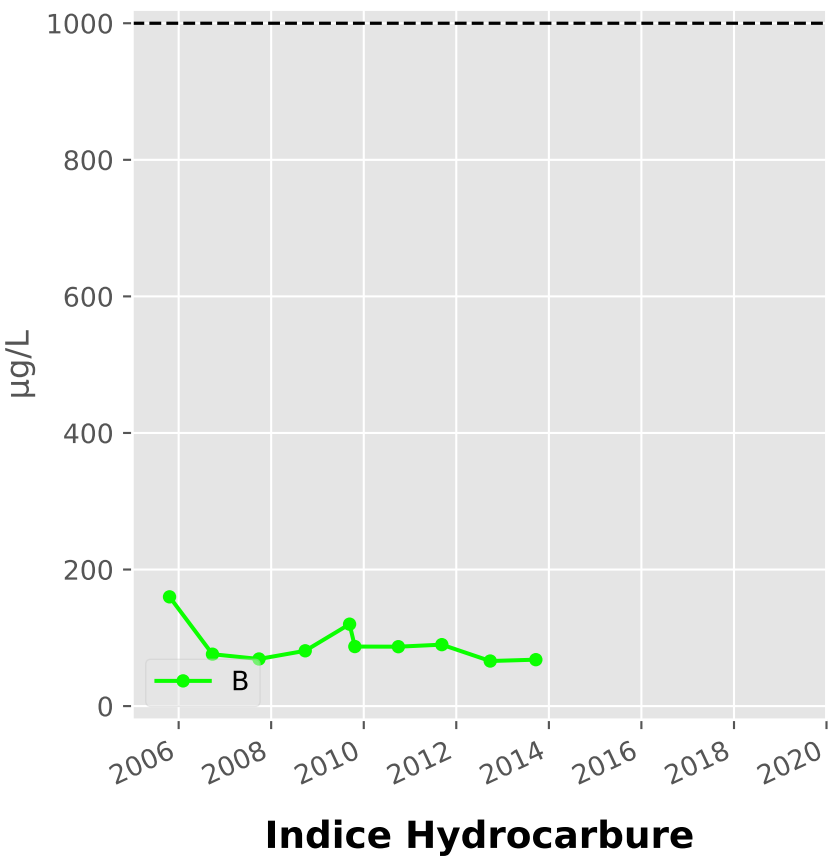
Cadmium



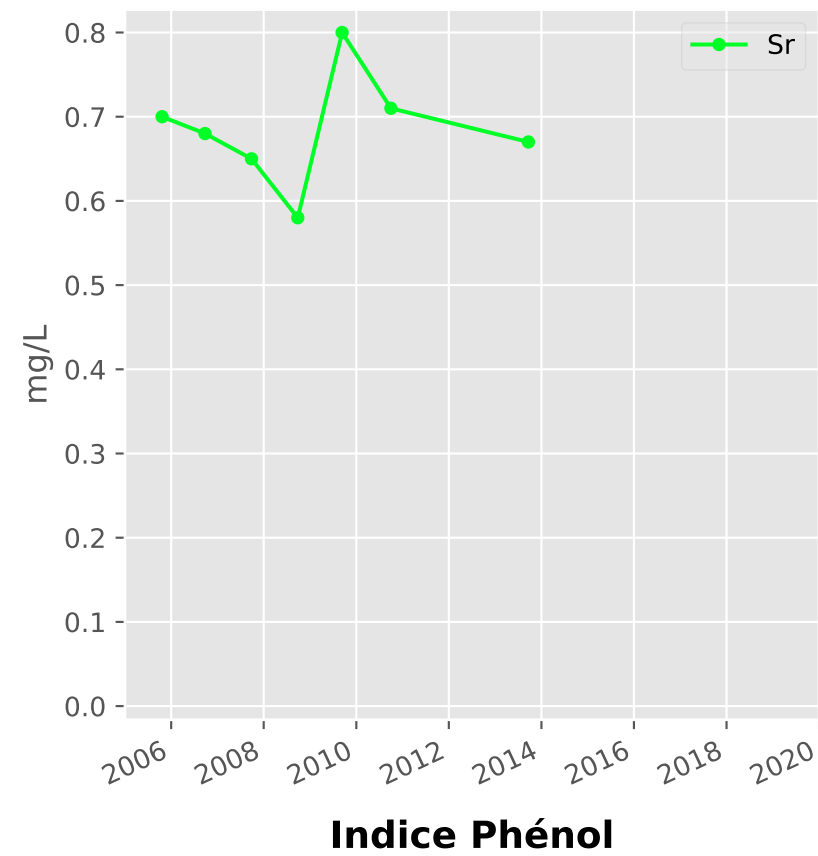
Aluminium



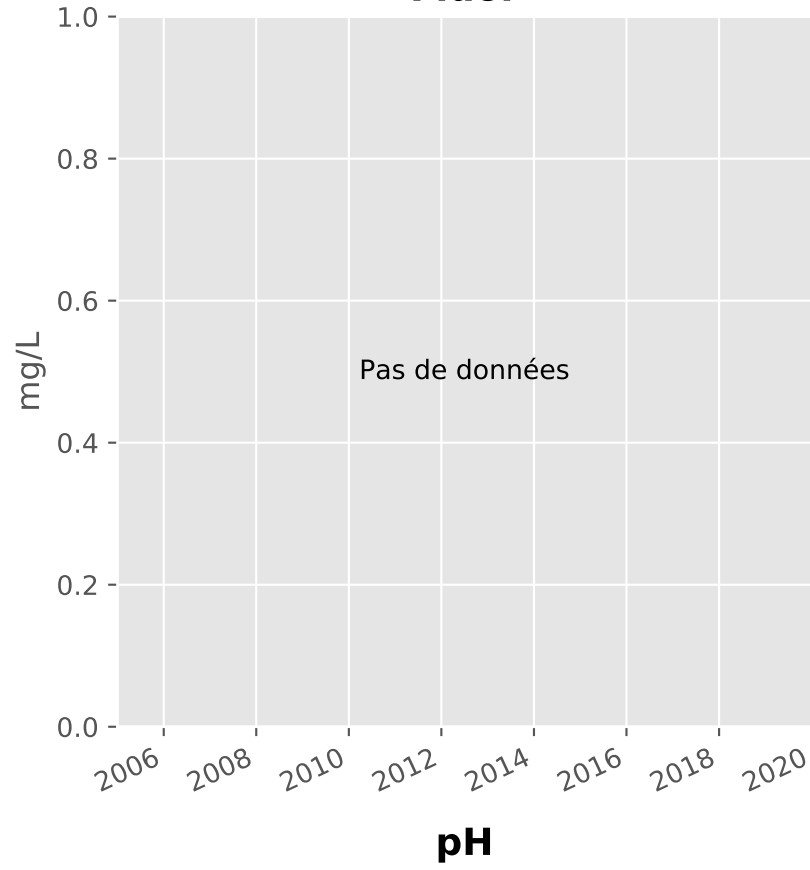
Bore



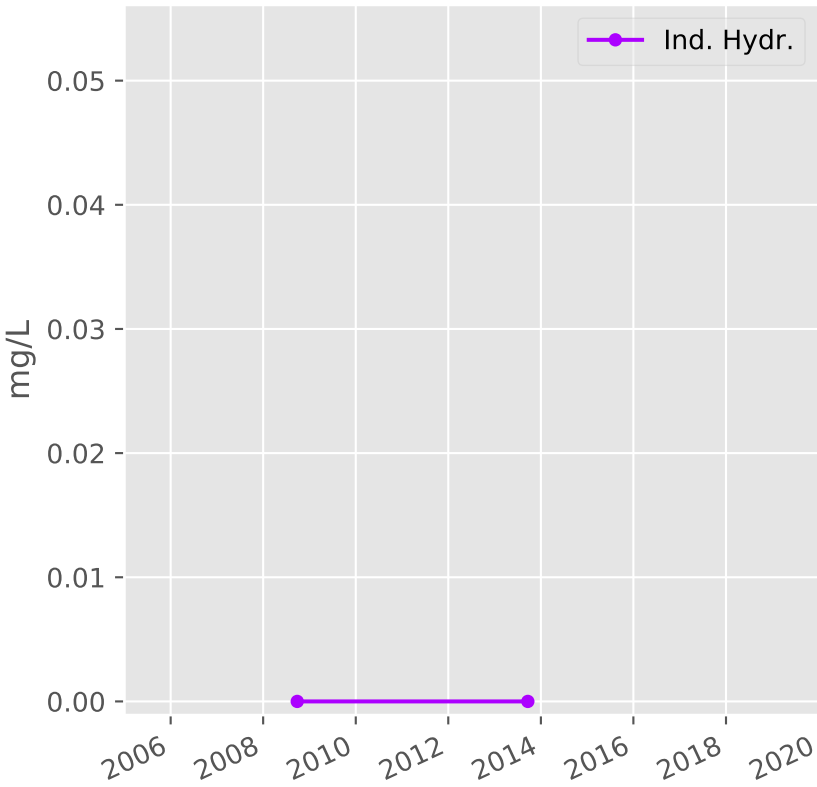
Strontium



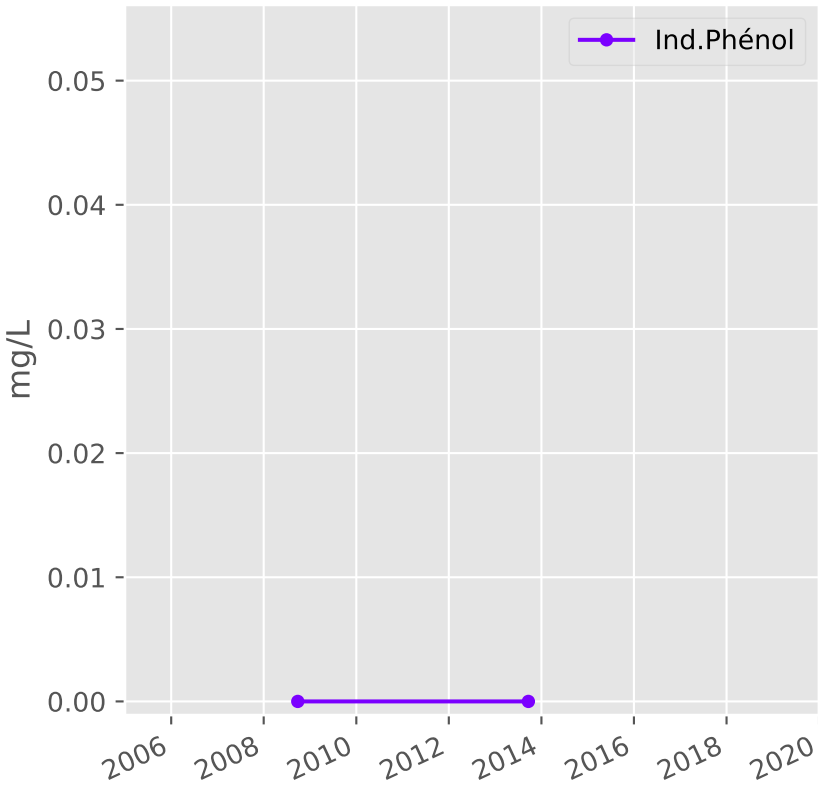
Fluor



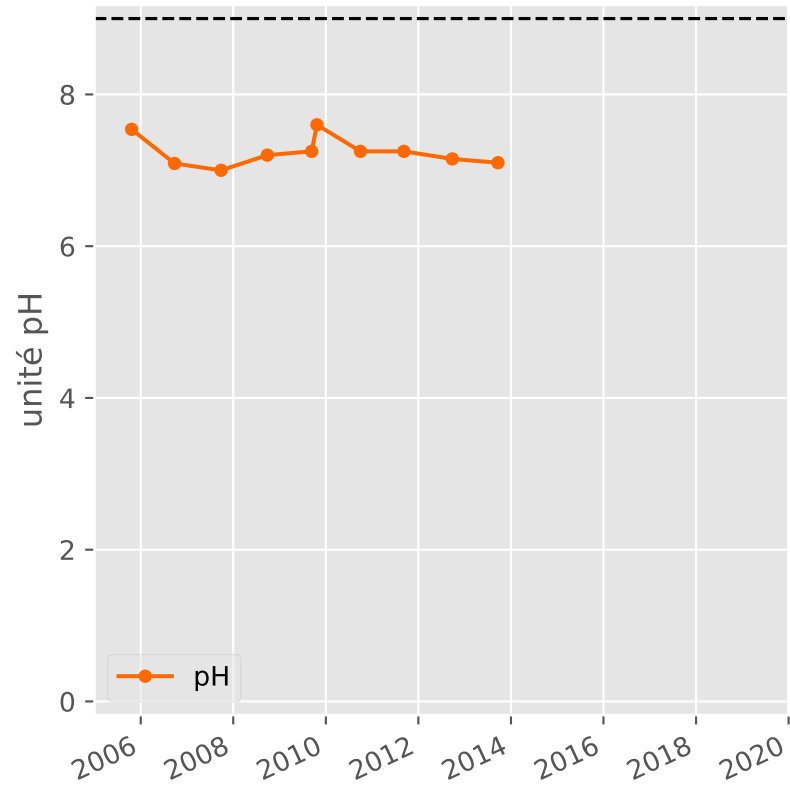
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

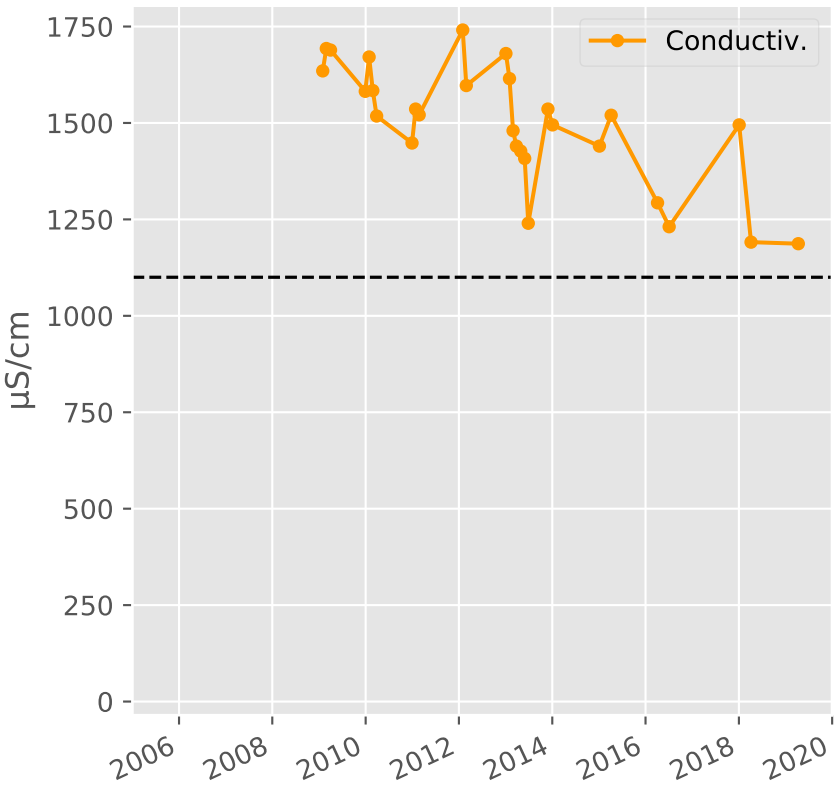


pH

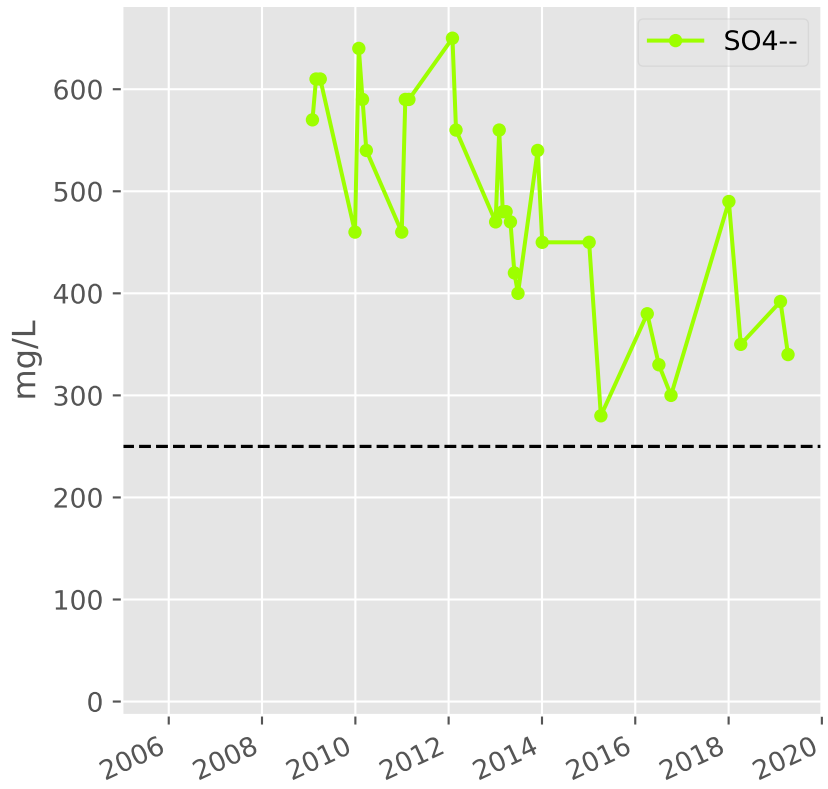


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C03 - Gal. de Bois d'Avril - 01373X0134

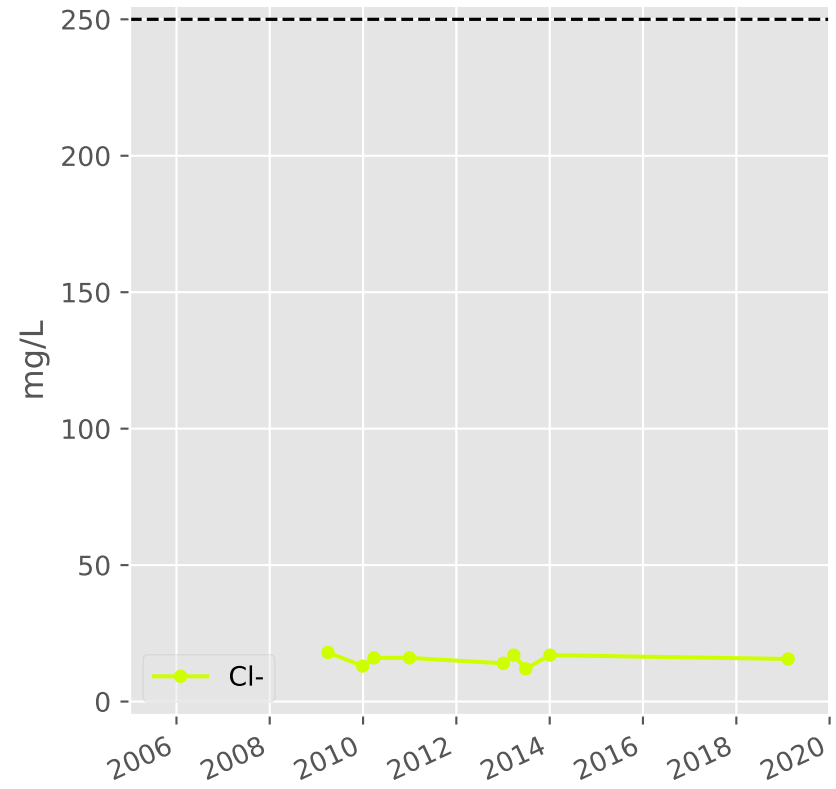
Conductivité



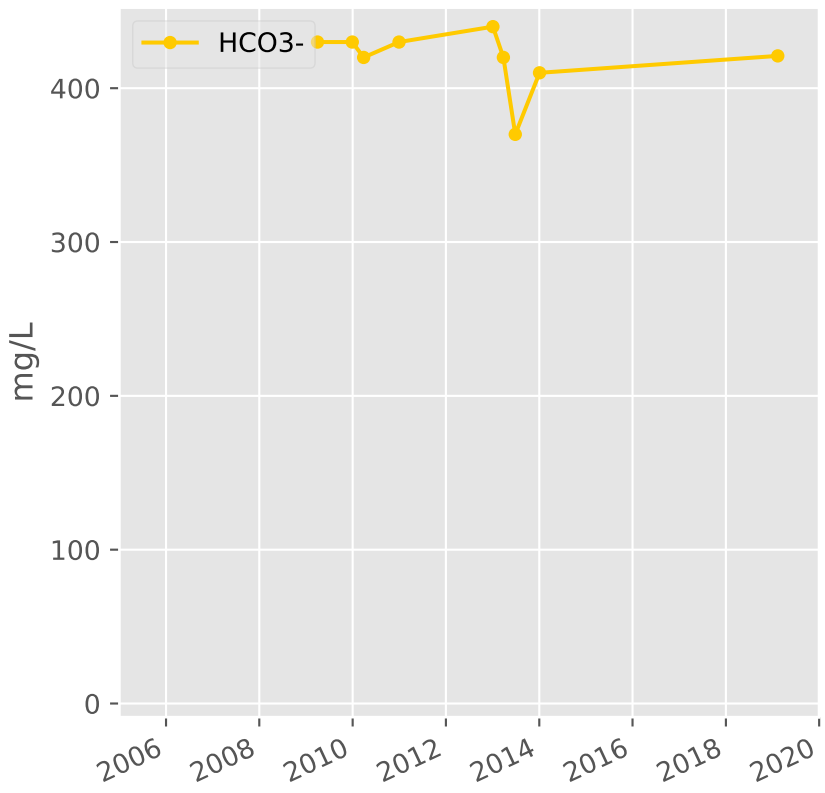
Sulfates



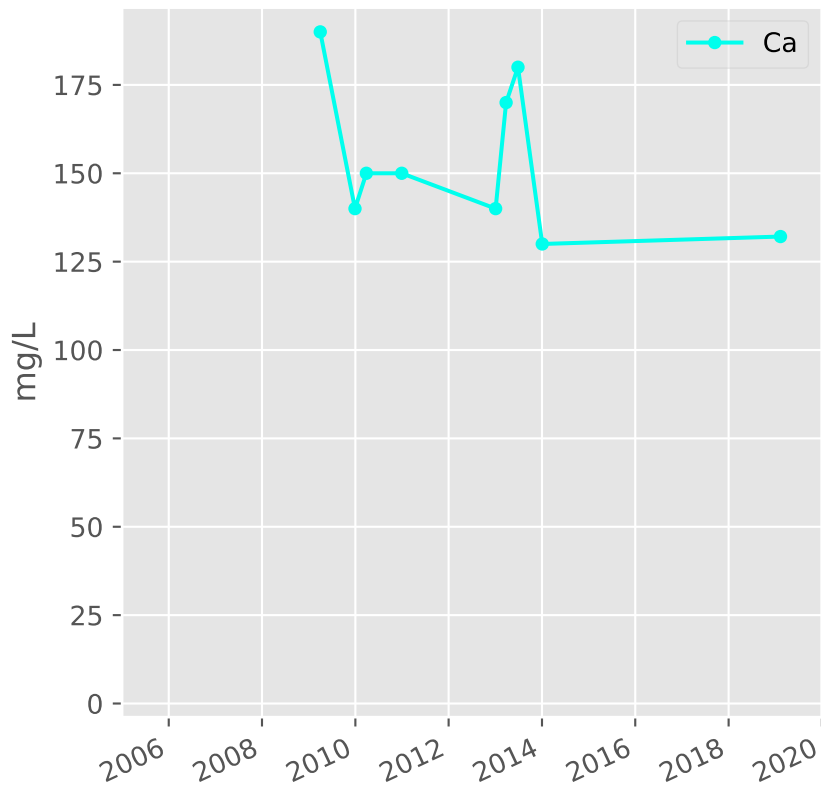
Chlorures



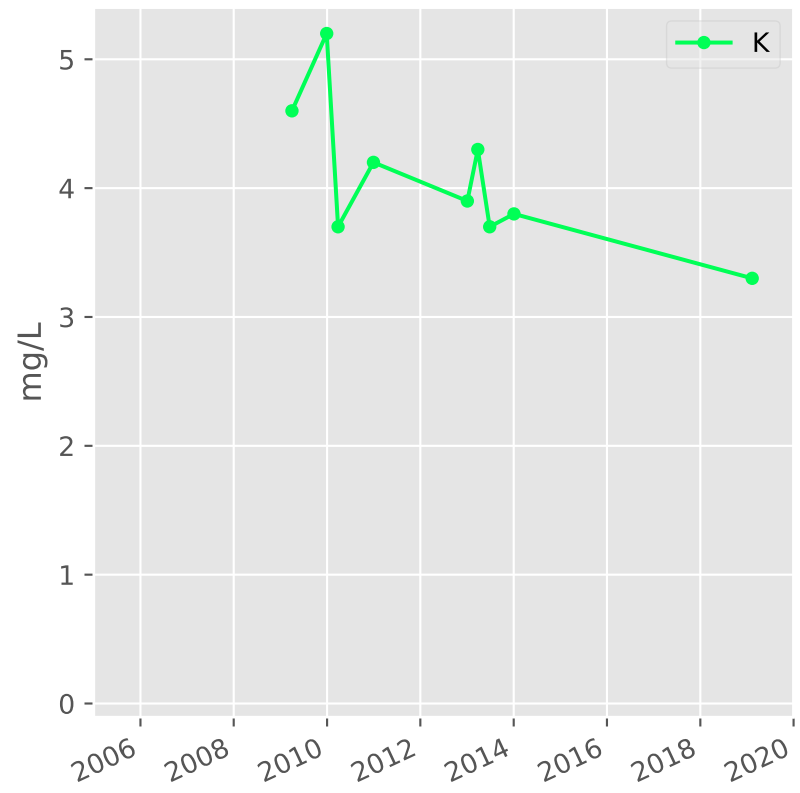
Bicarbonates



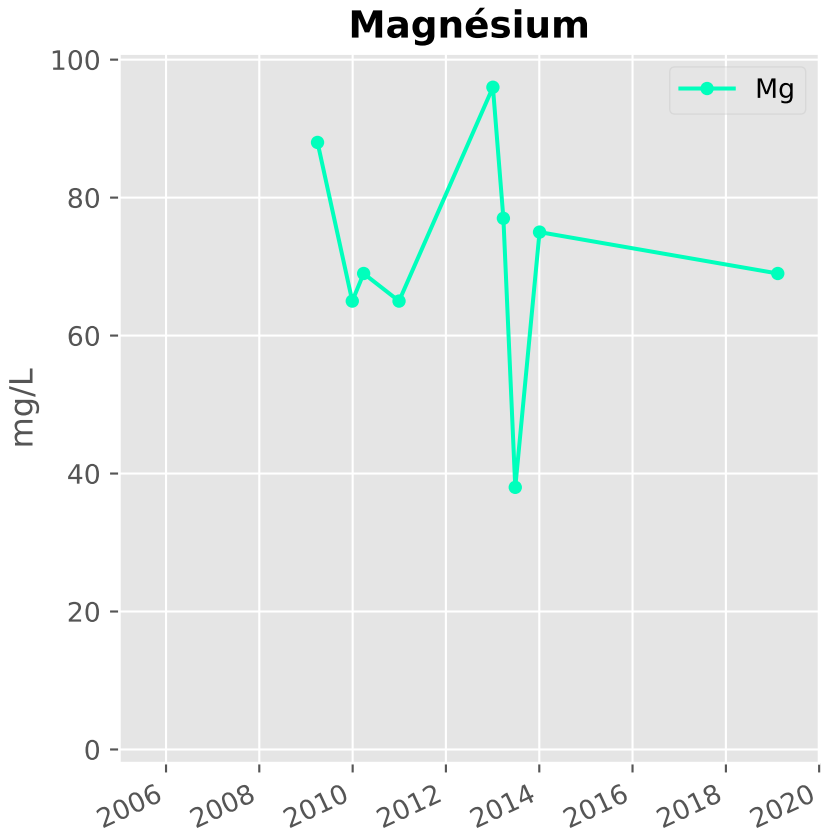
Calcium



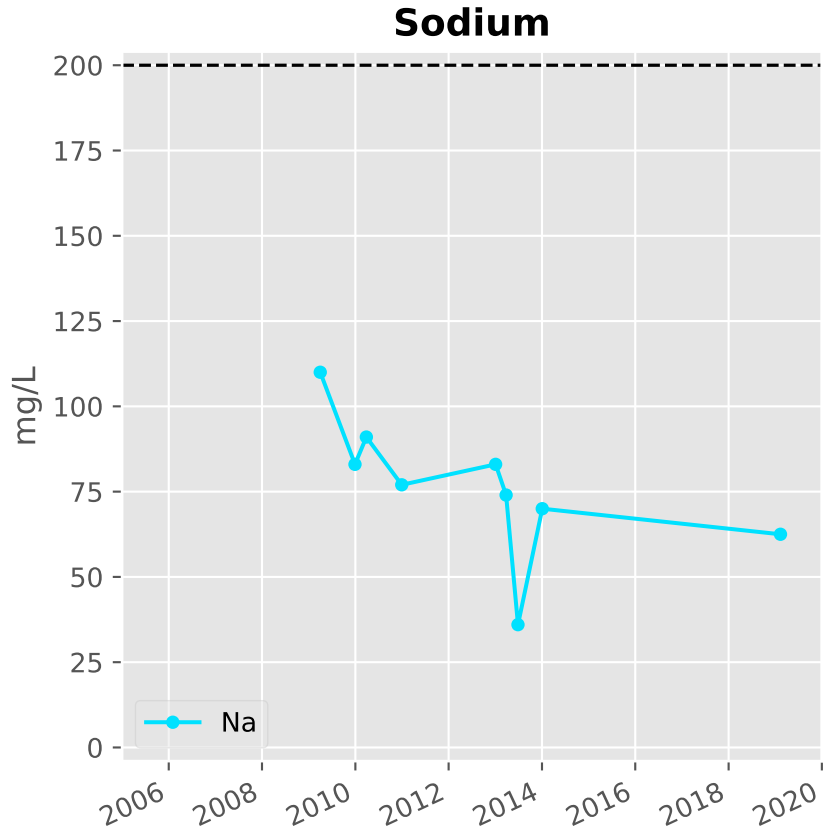
Potassium



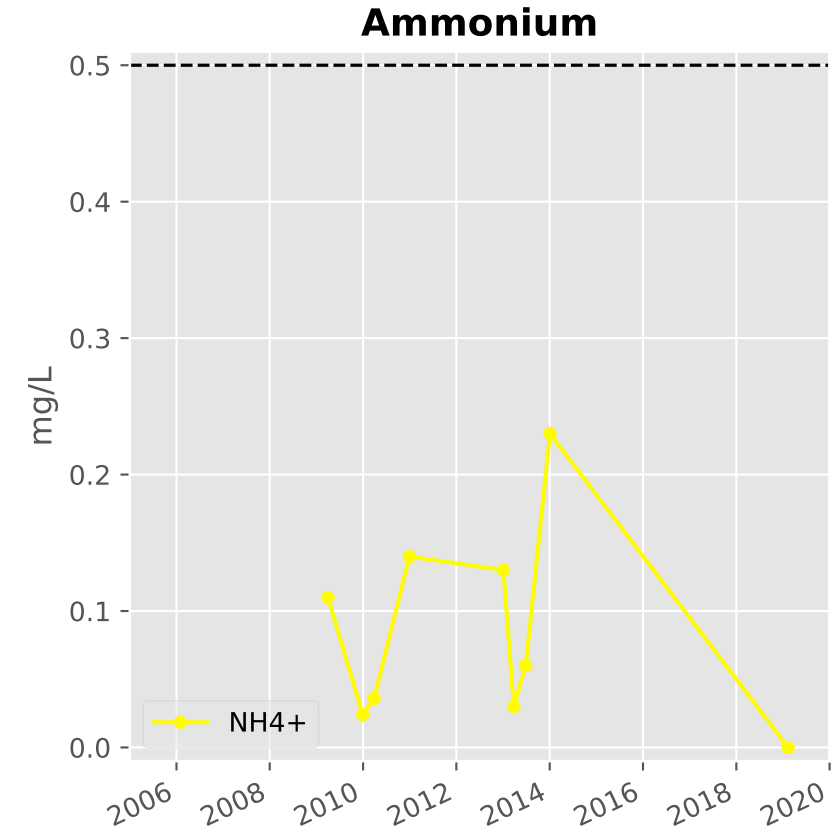
Magnésium



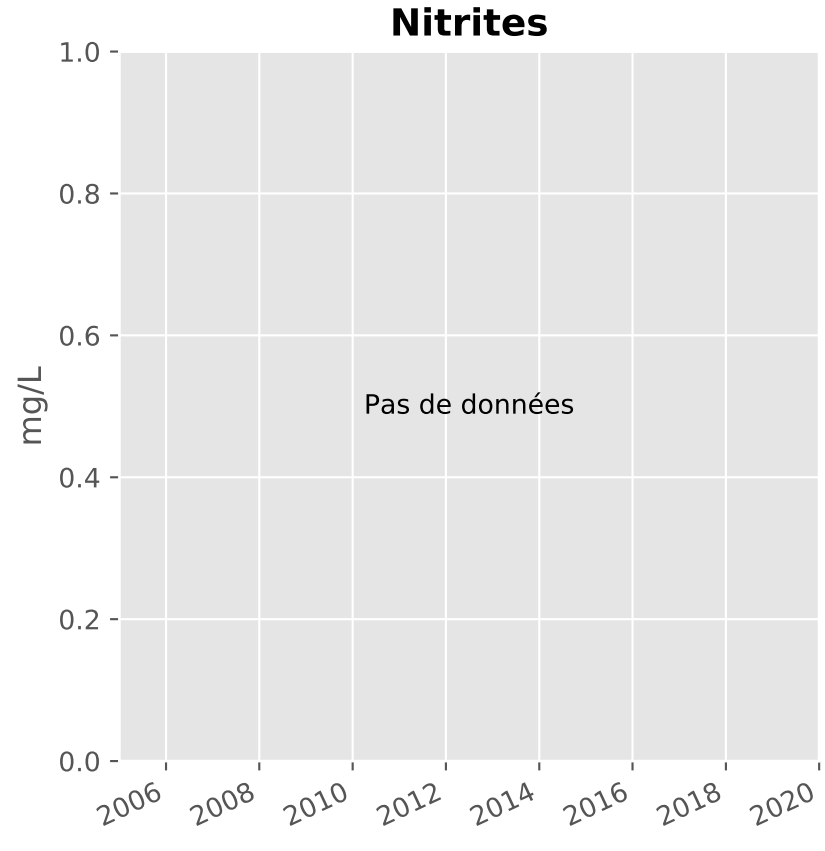
Sodium



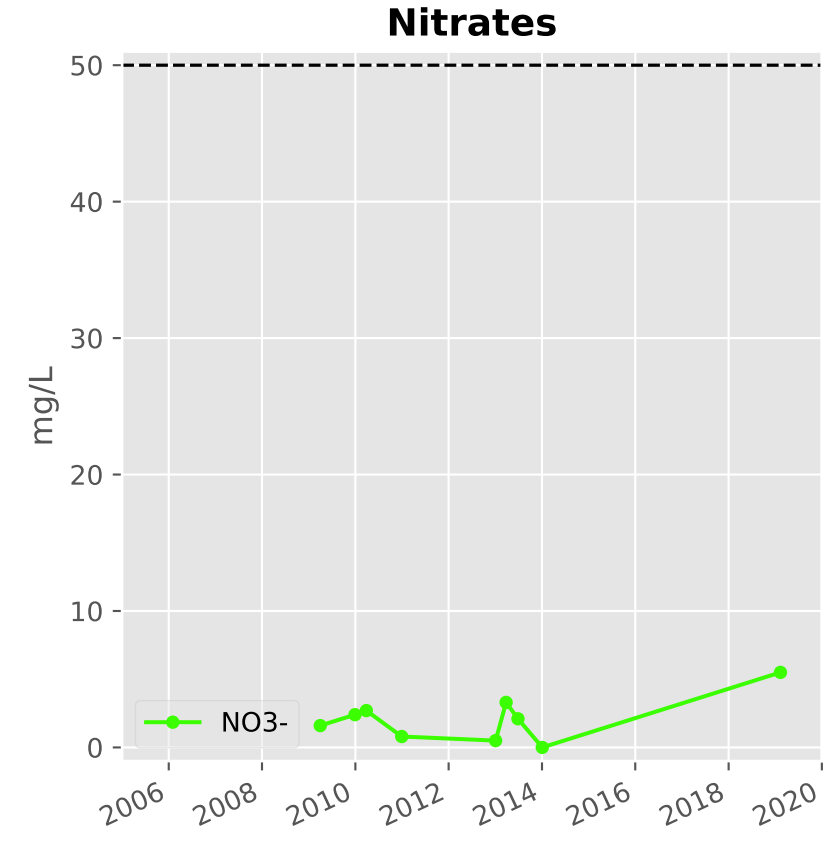
Ammonium



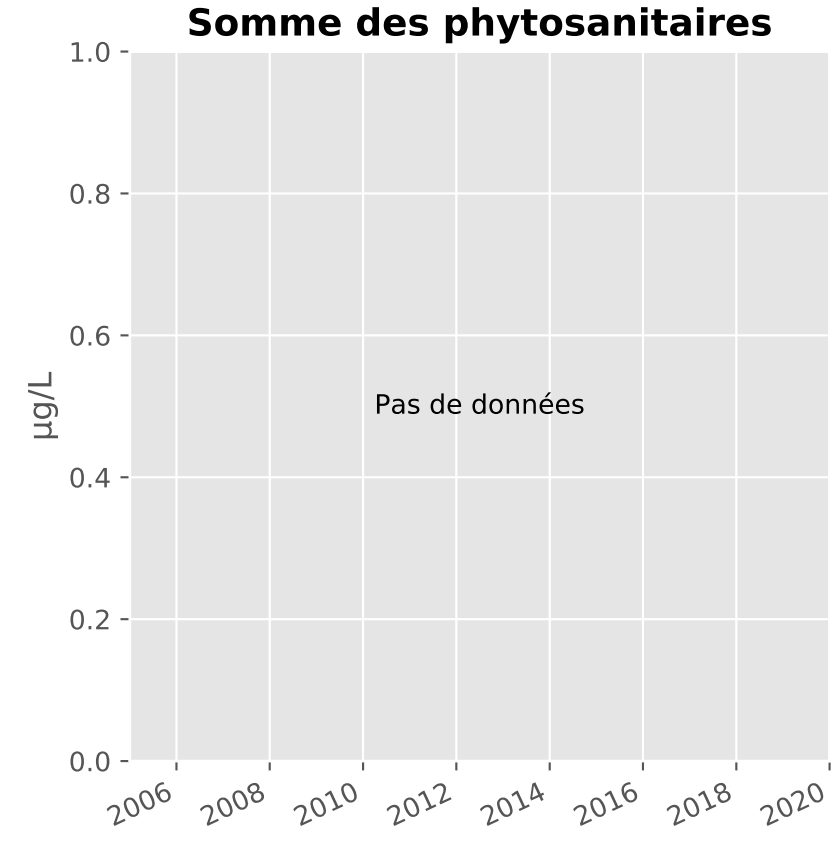
Nitrites



Nitrates

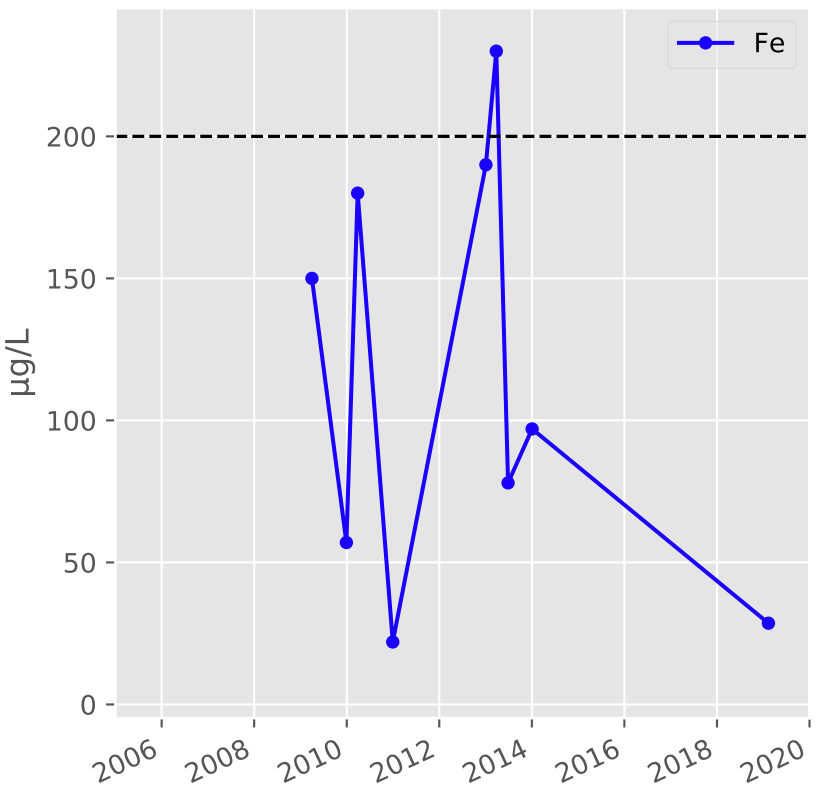


Somme des phytosanitaires

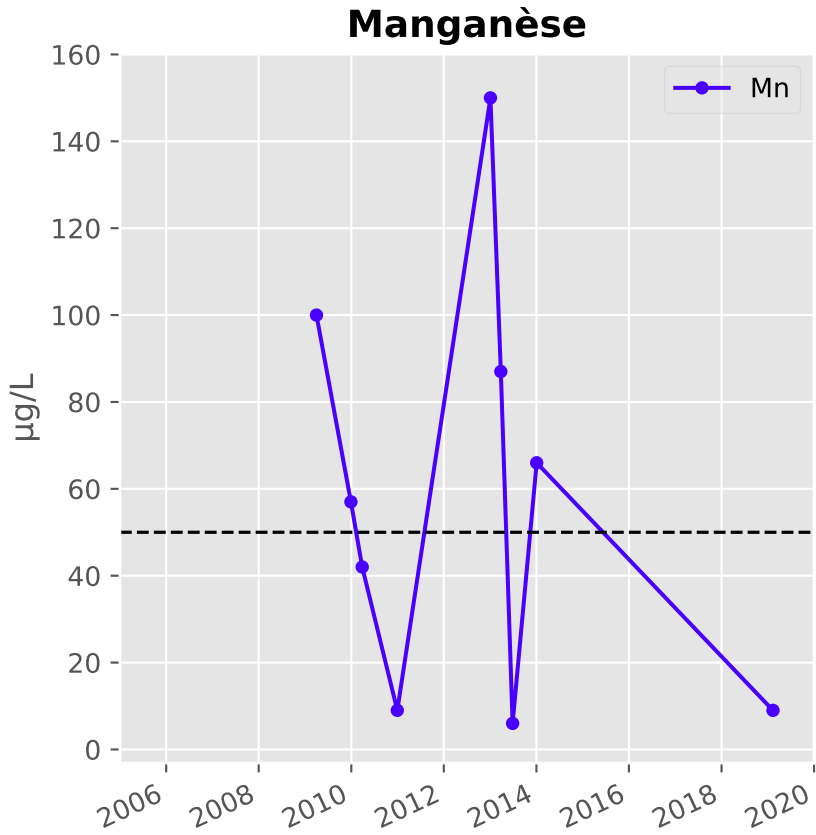


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C03 - Gal. de Bois d'Avril - 01373X0134

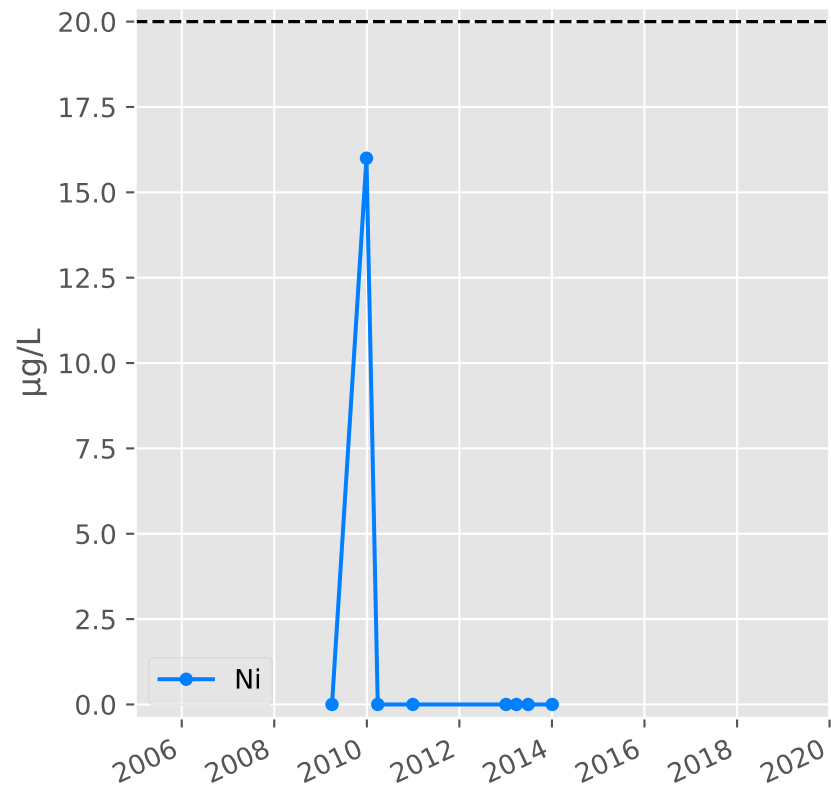
Fer



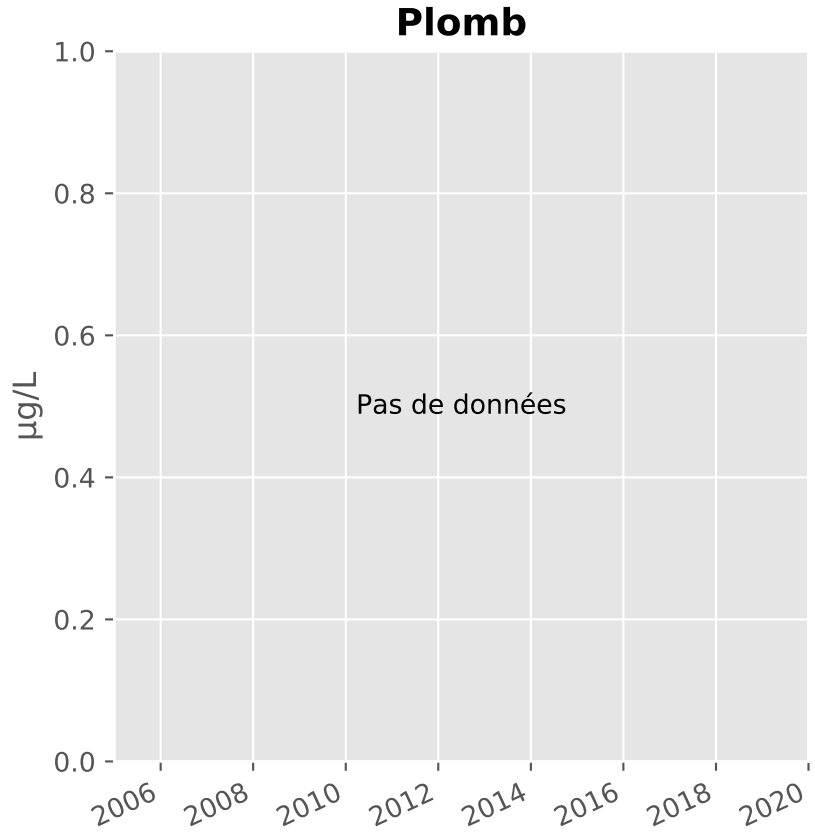
Manganèse



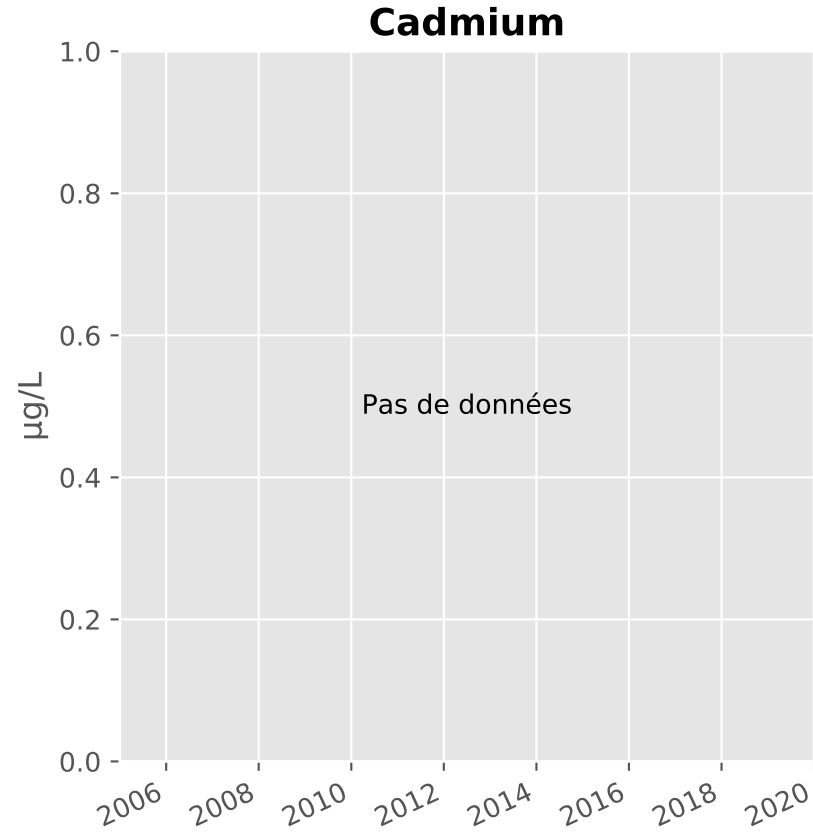
Nickel



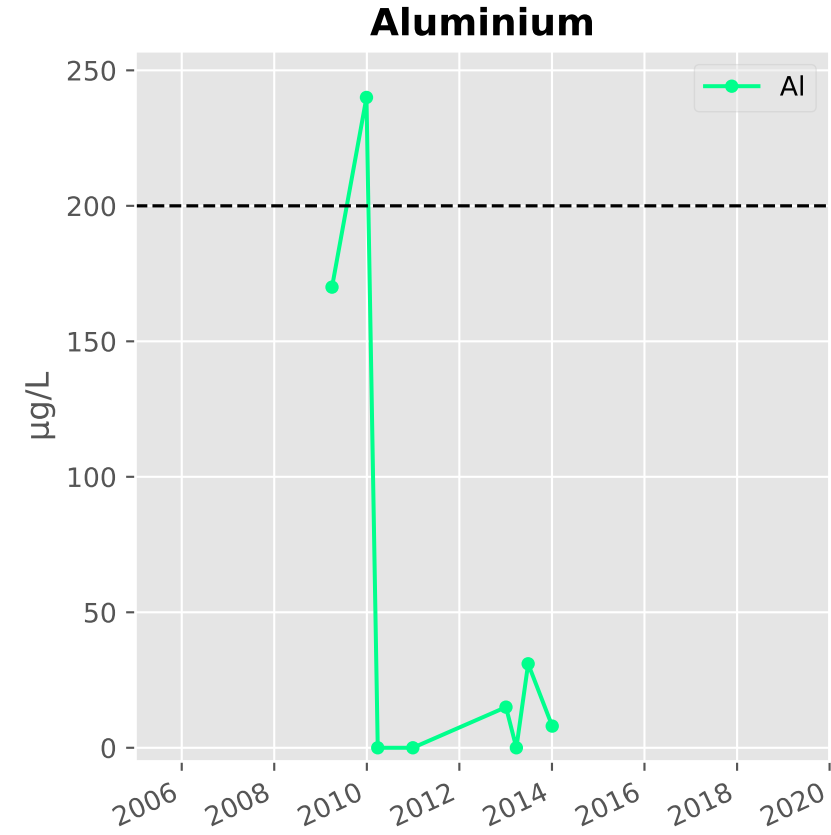
Plomb



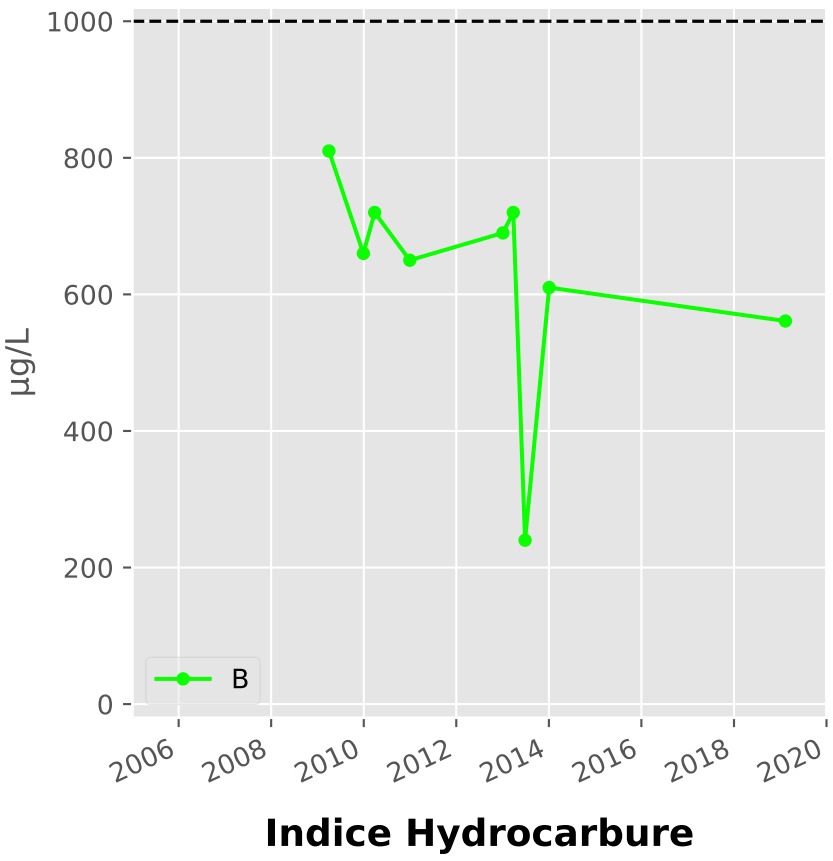
Cadmium



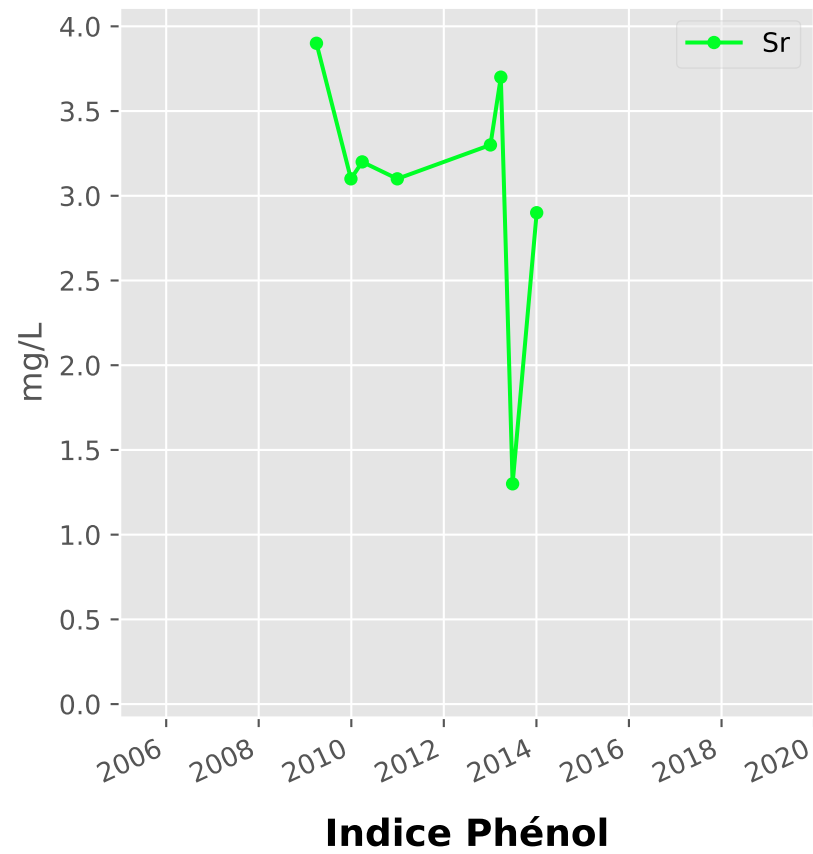
Aluminium



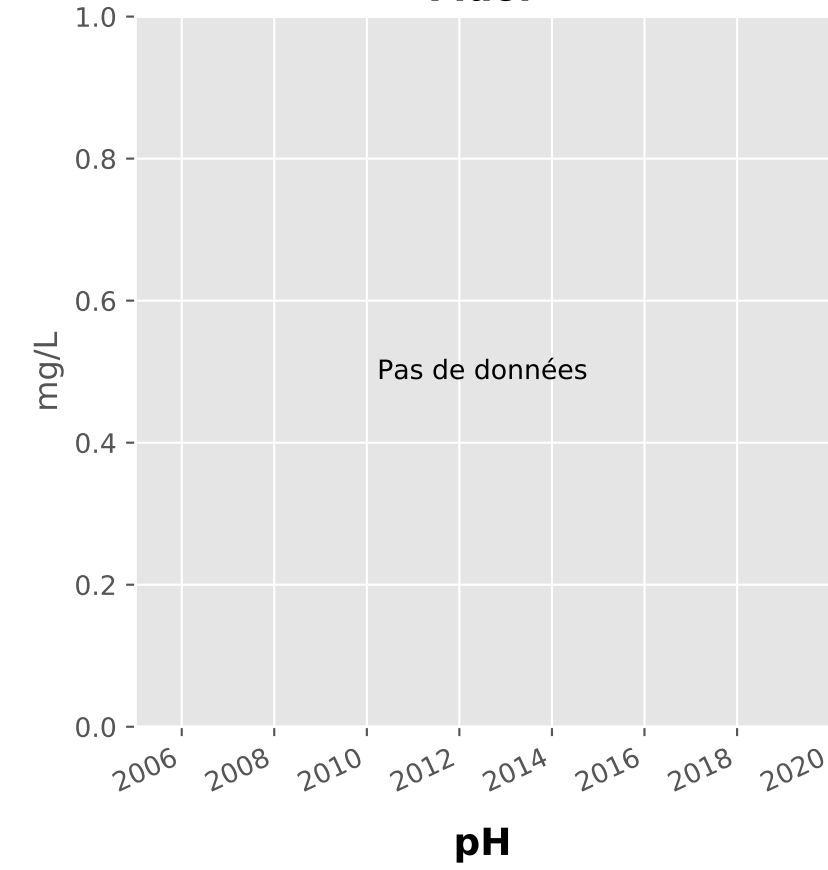
Bore



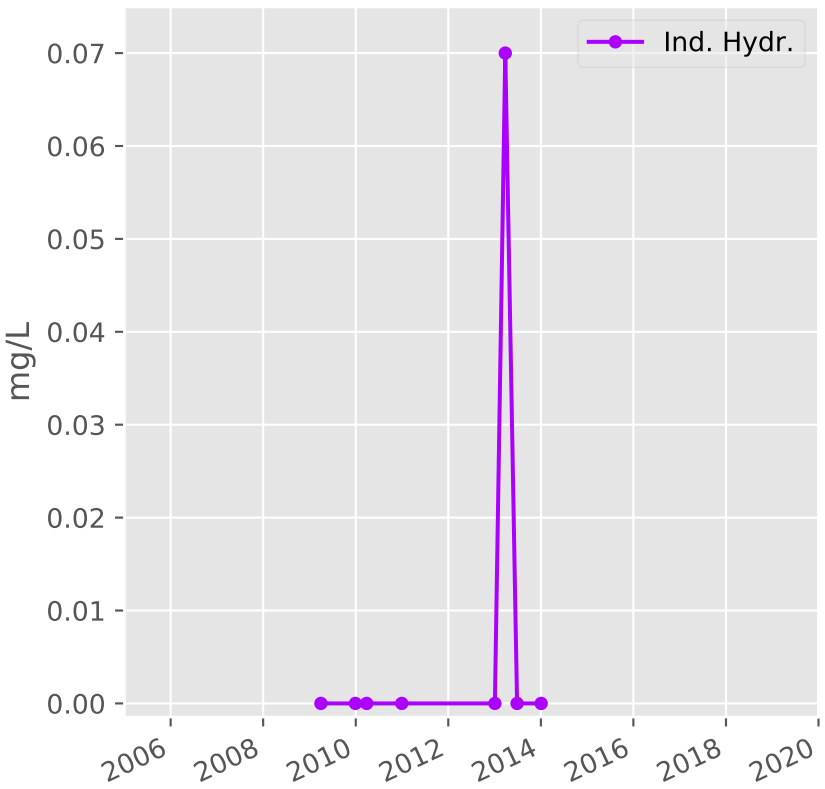
Strontium



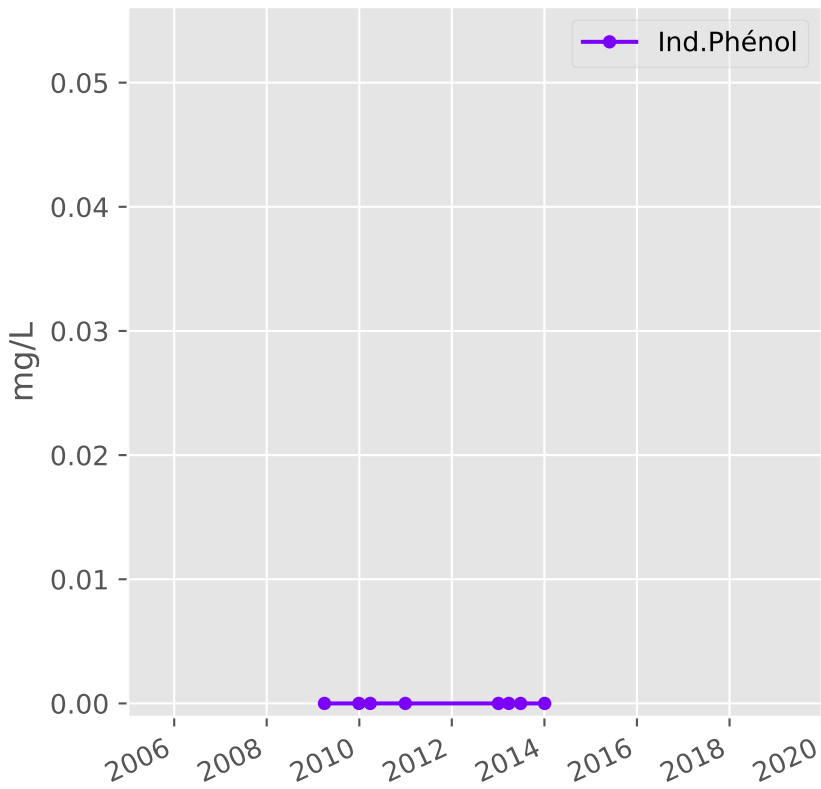
Fluor



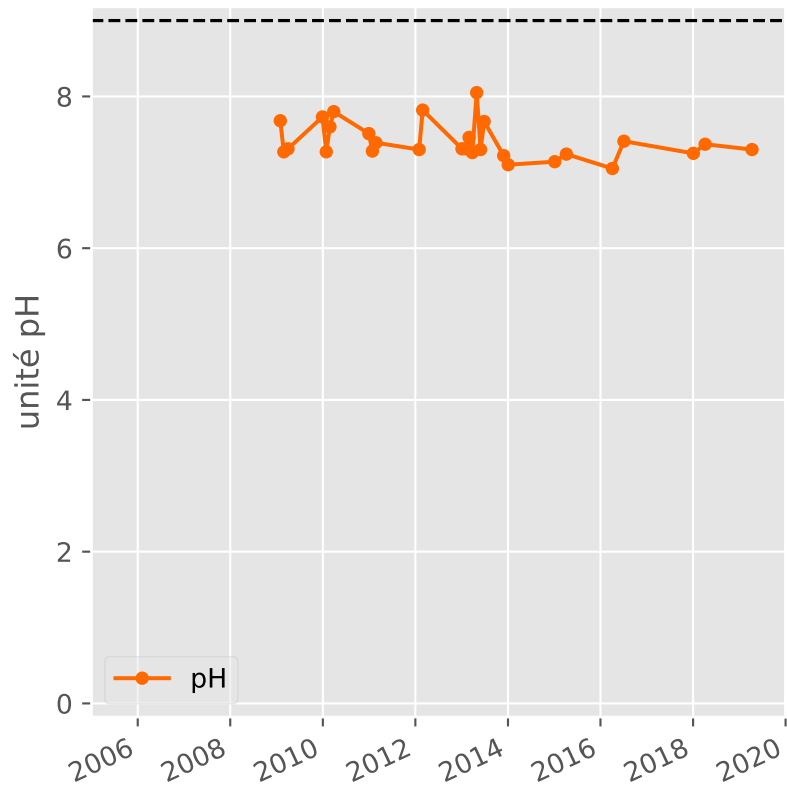
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

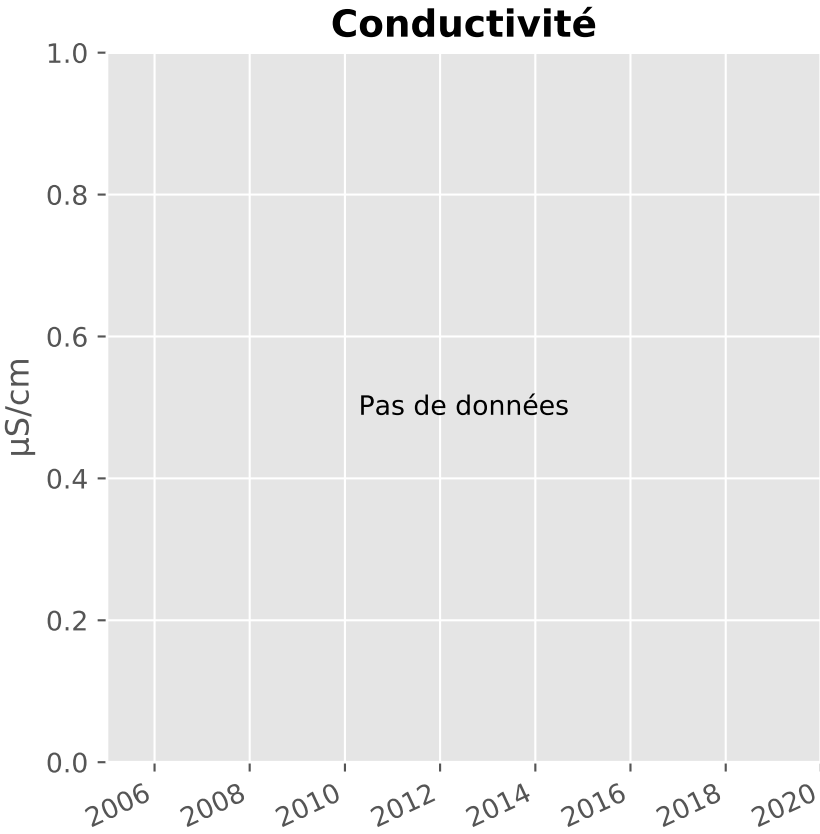


pH

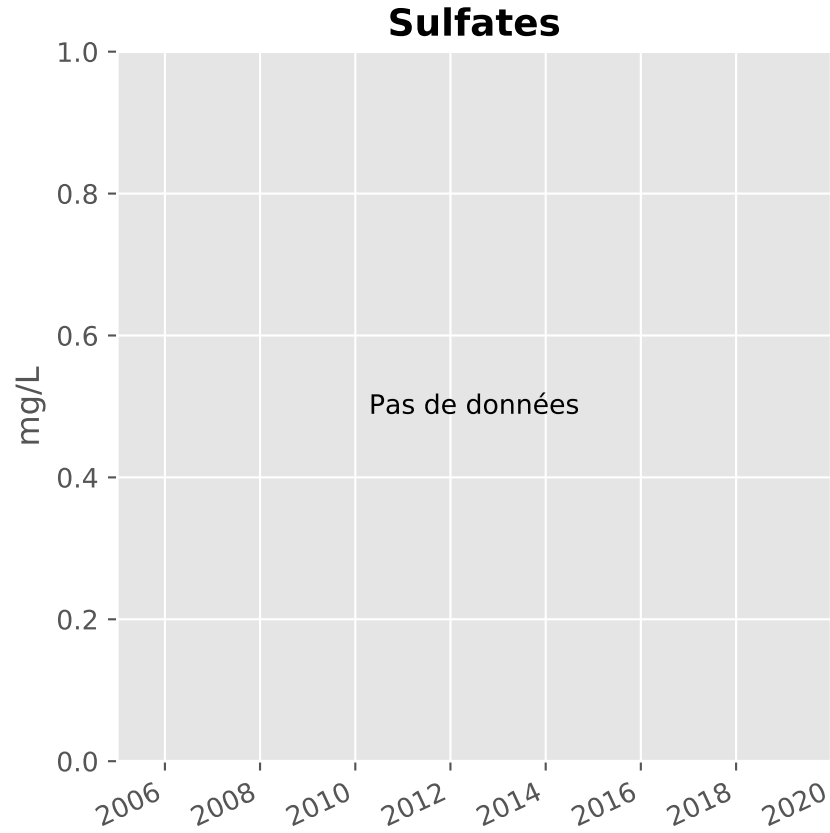


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C15 - Puits du Chevillon - 01373X0136

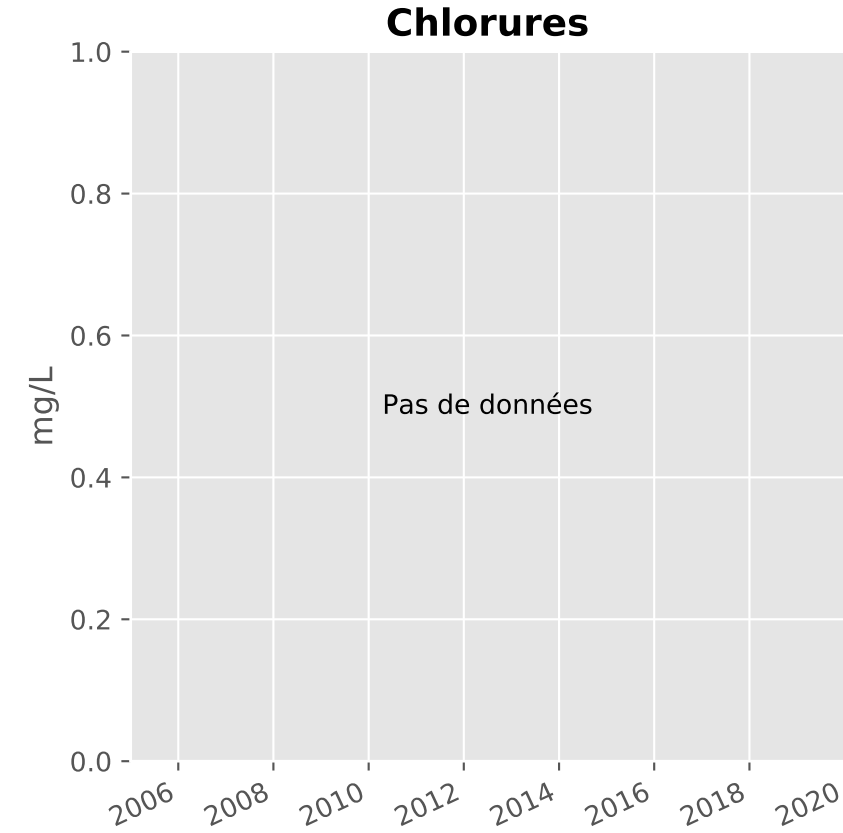
Conductivité



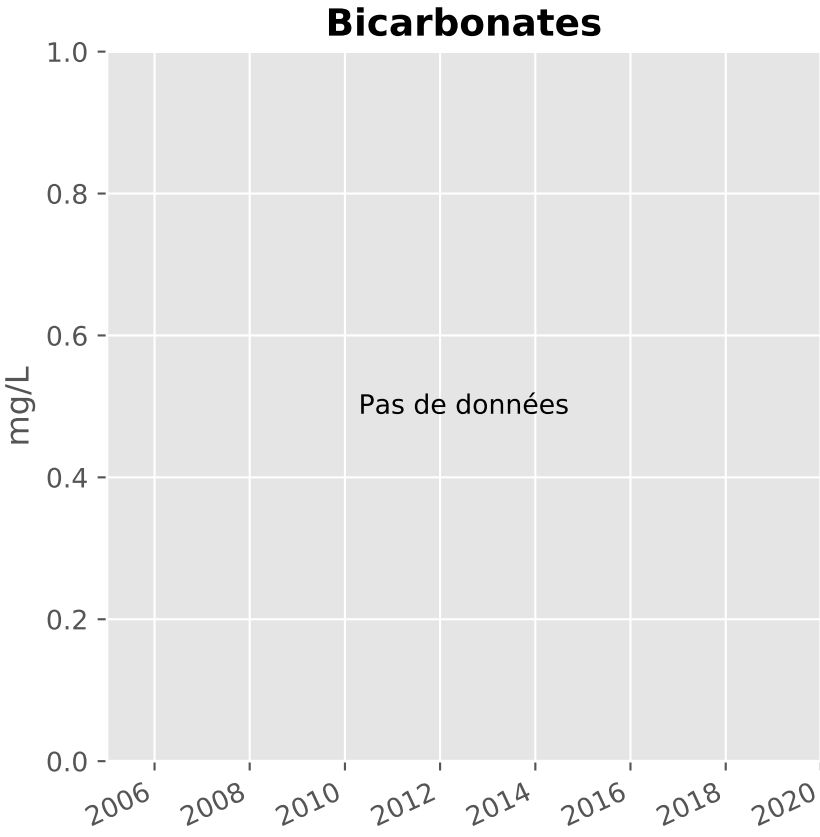
Sulfates



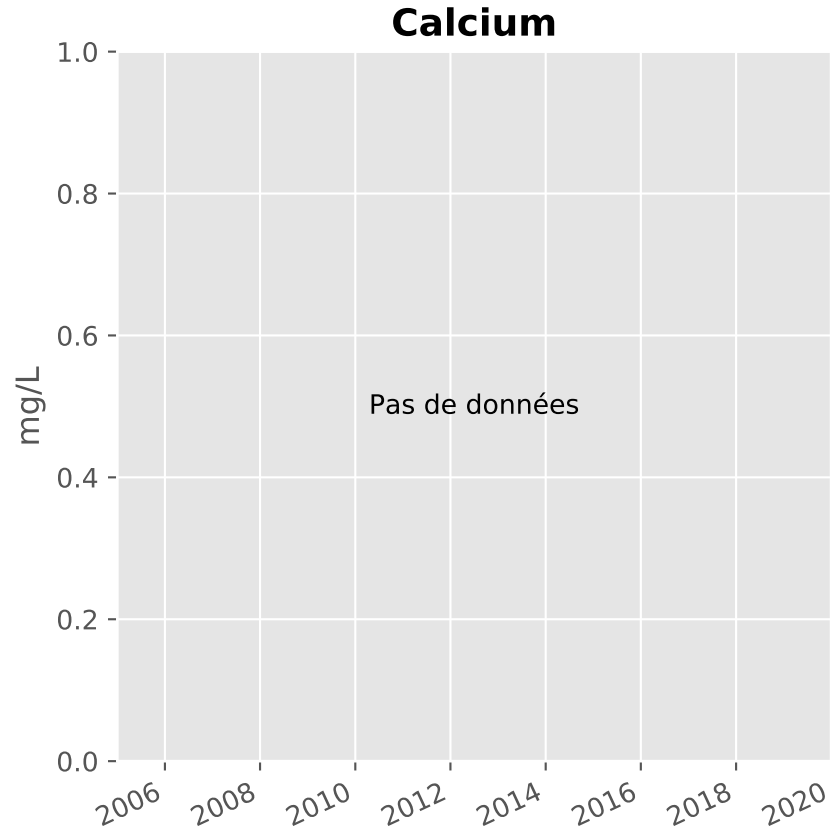
Chlorures



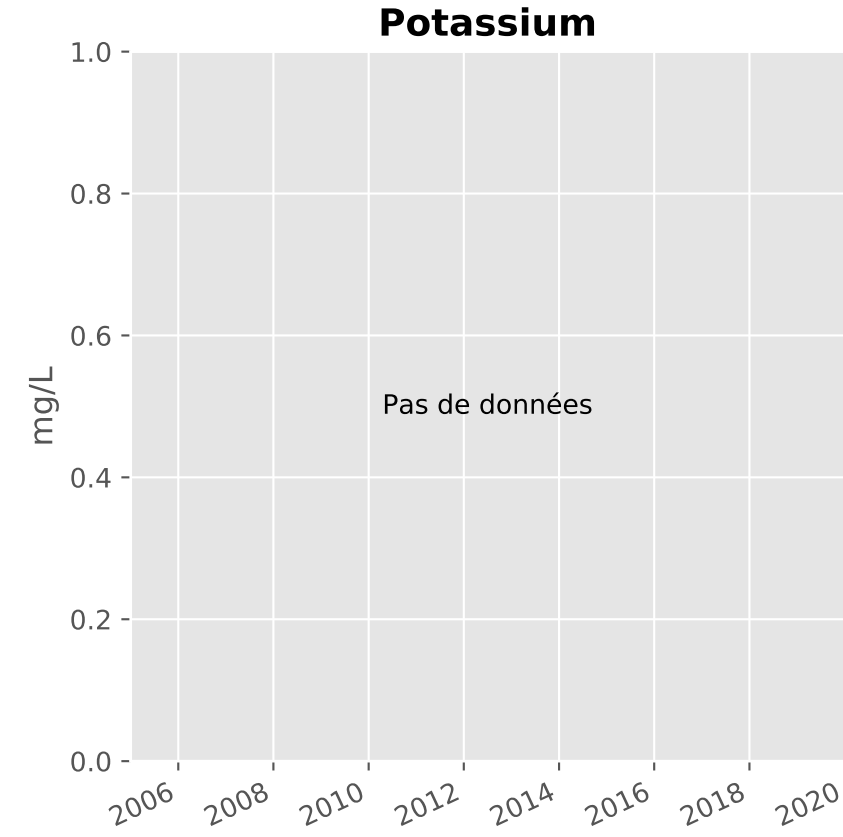
Bicarbonates



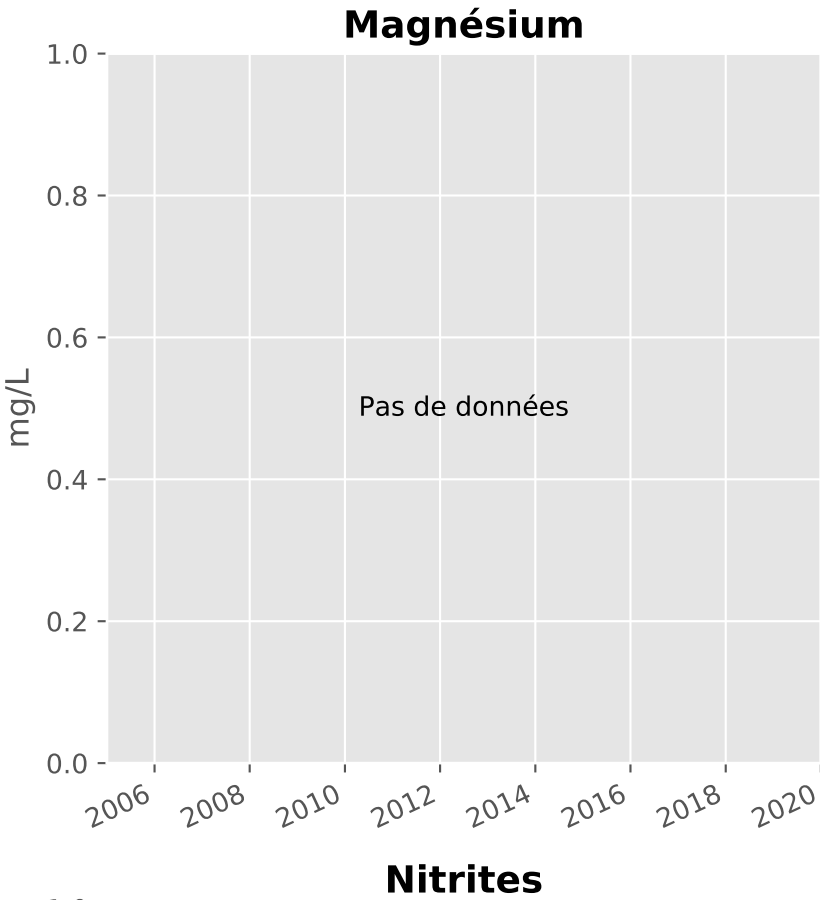
Calcium



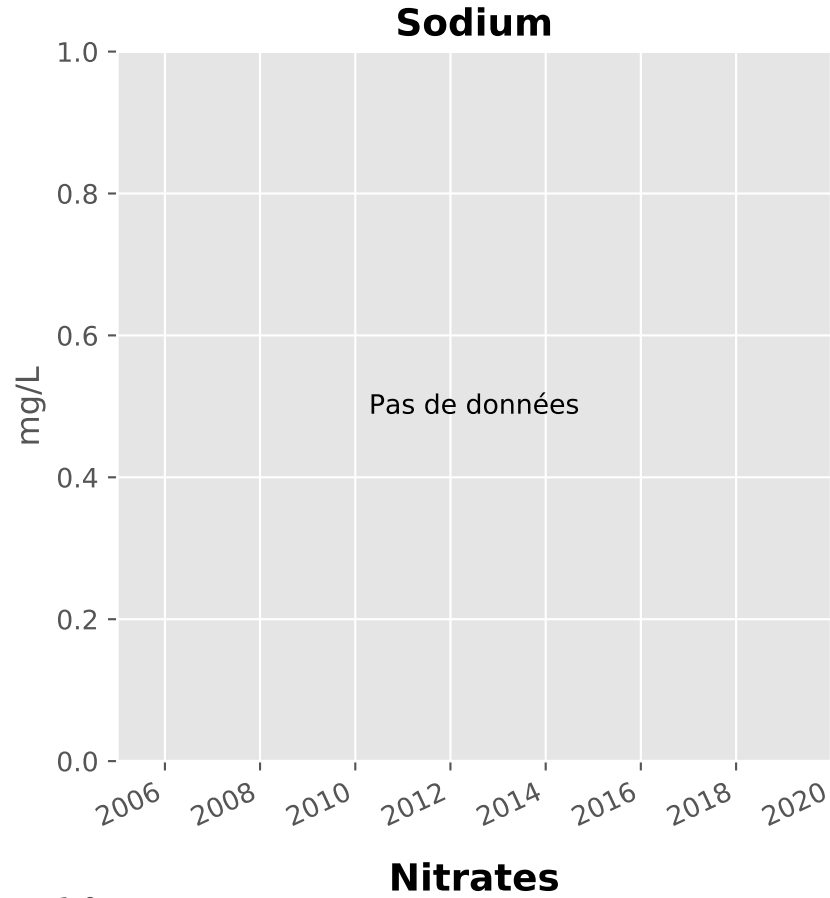
Potassium



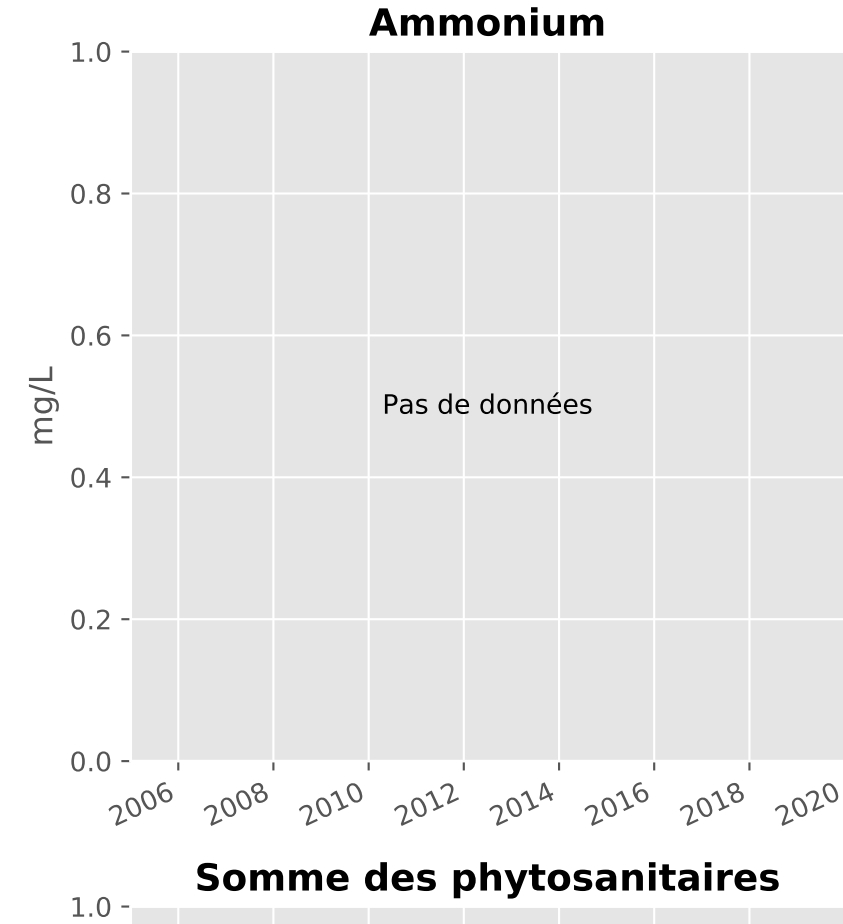
Magnésium



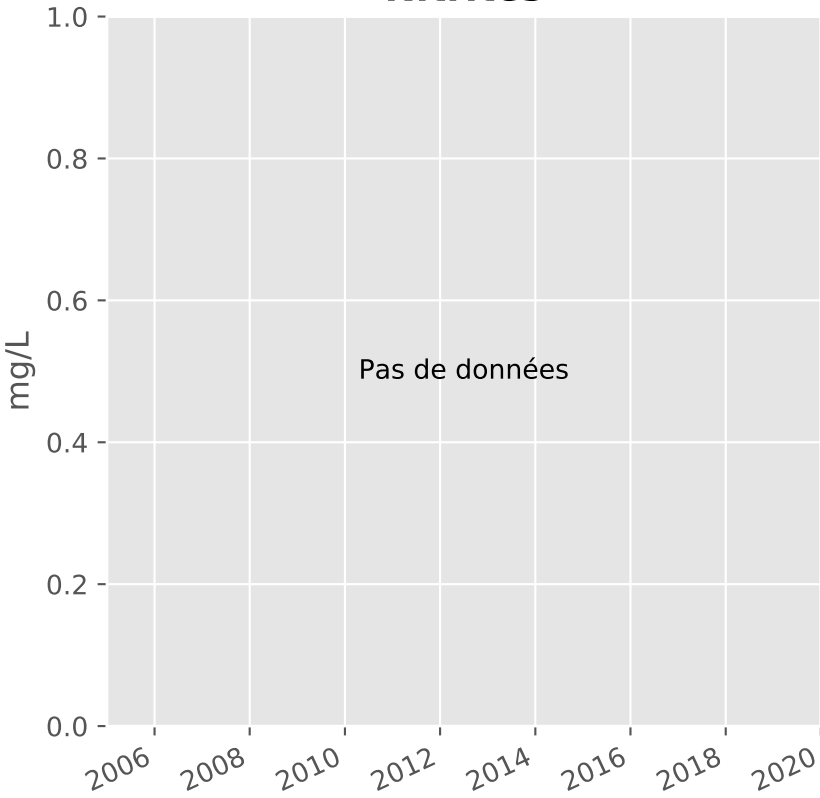
Sodium



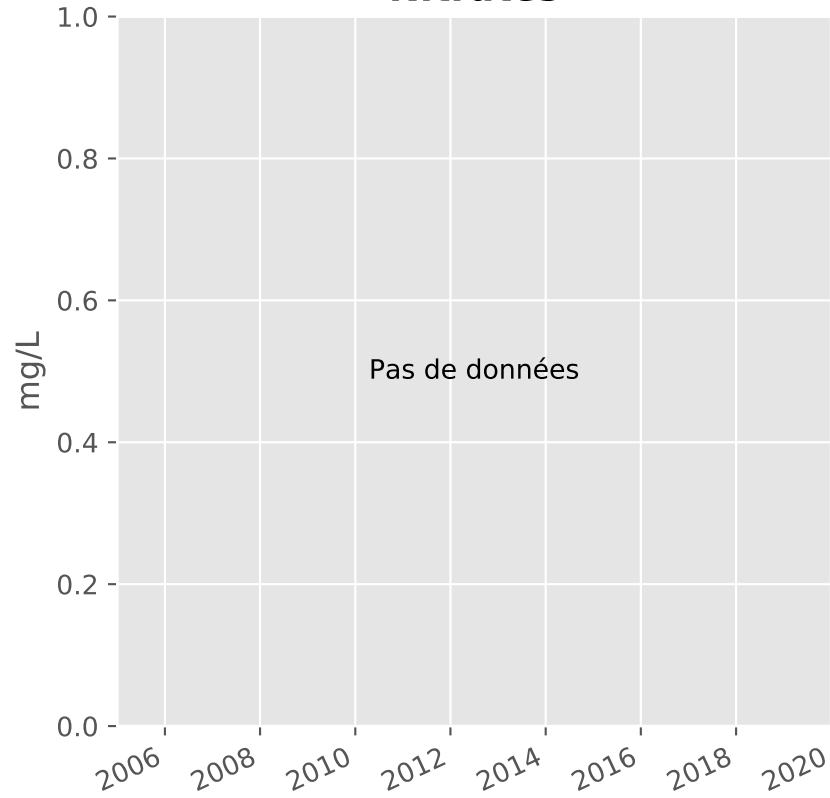
Ammonium



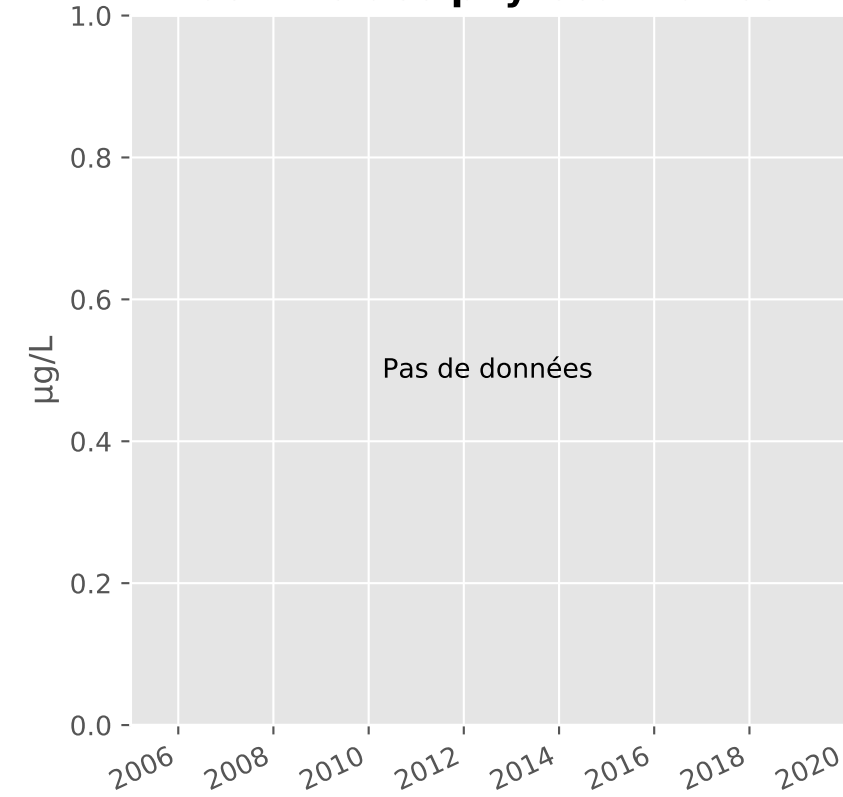
Nitrites



Nitrates

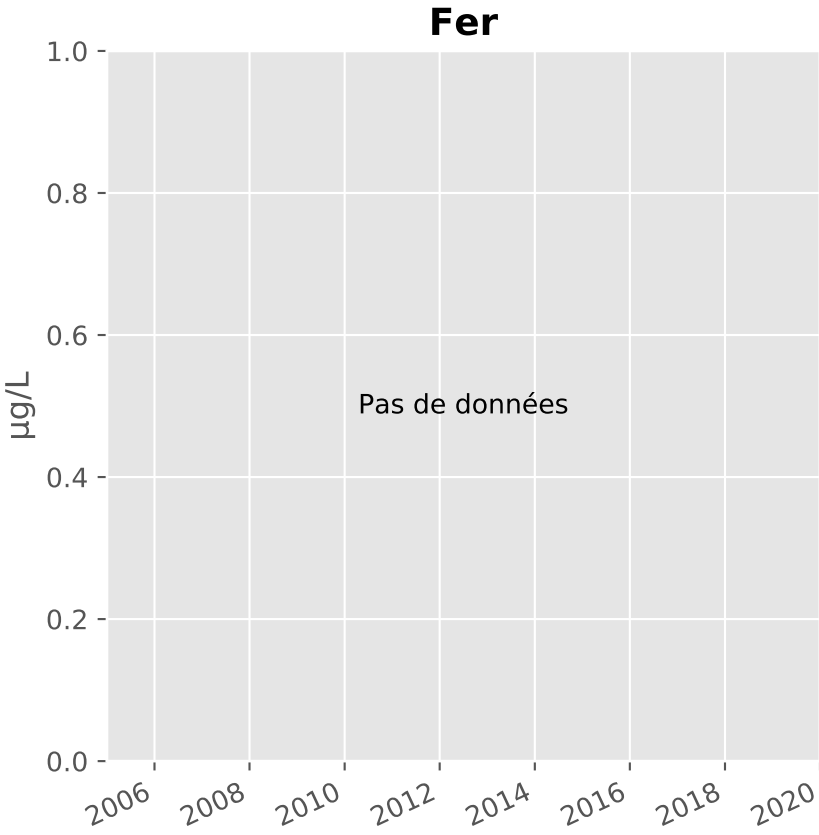


Somme des phytosanitaires

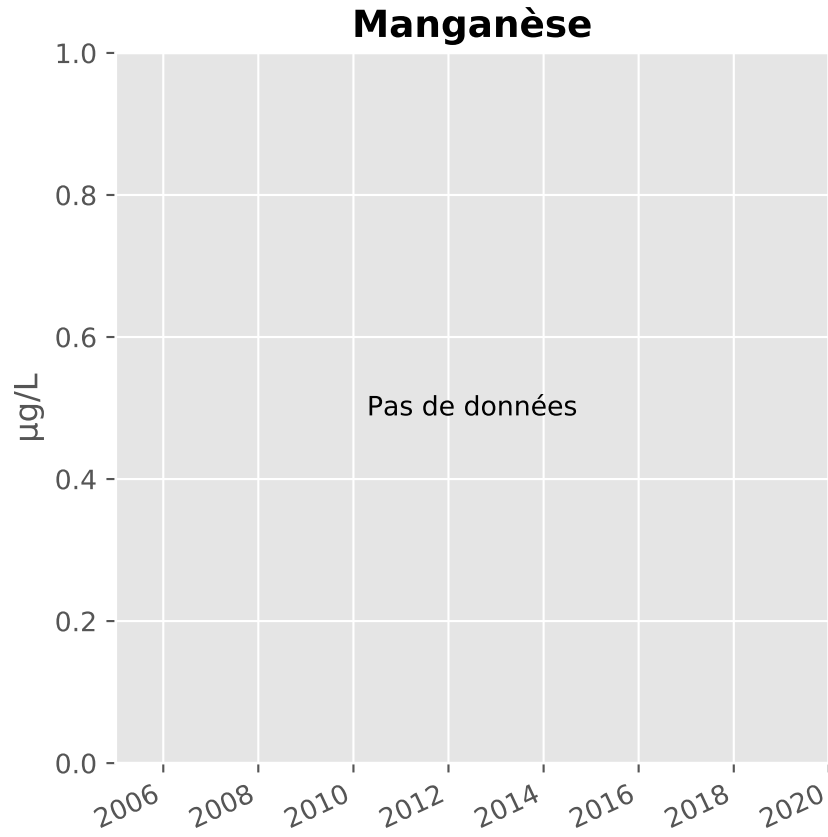


Bassin CENTRE - Réservoir minier - Secteur SC4 - C15 - Puits du Chevillon - 01373X0136

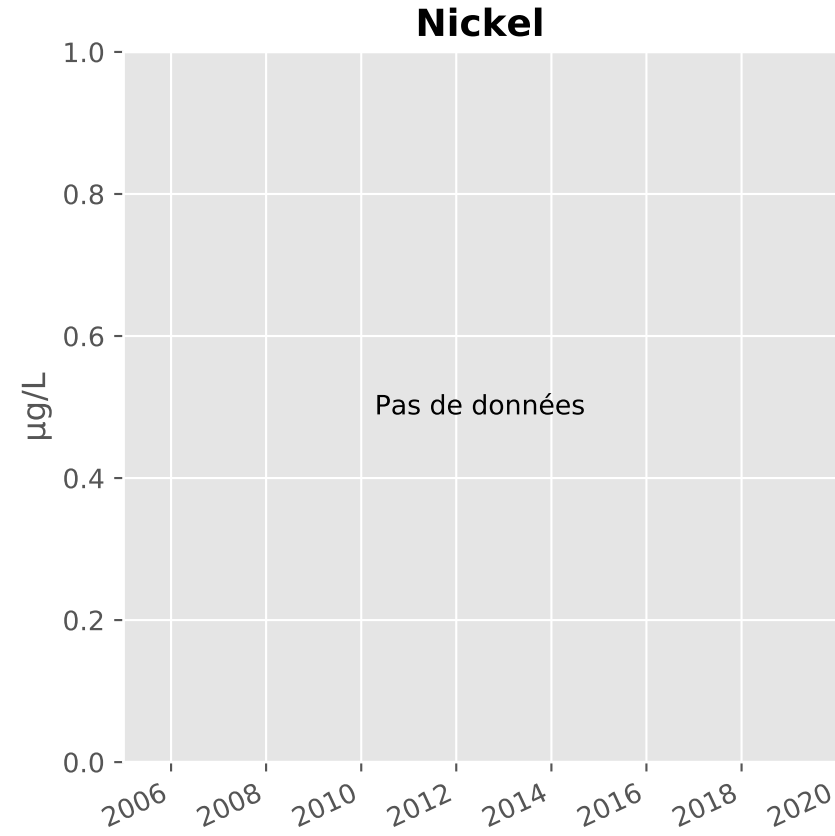
Fer



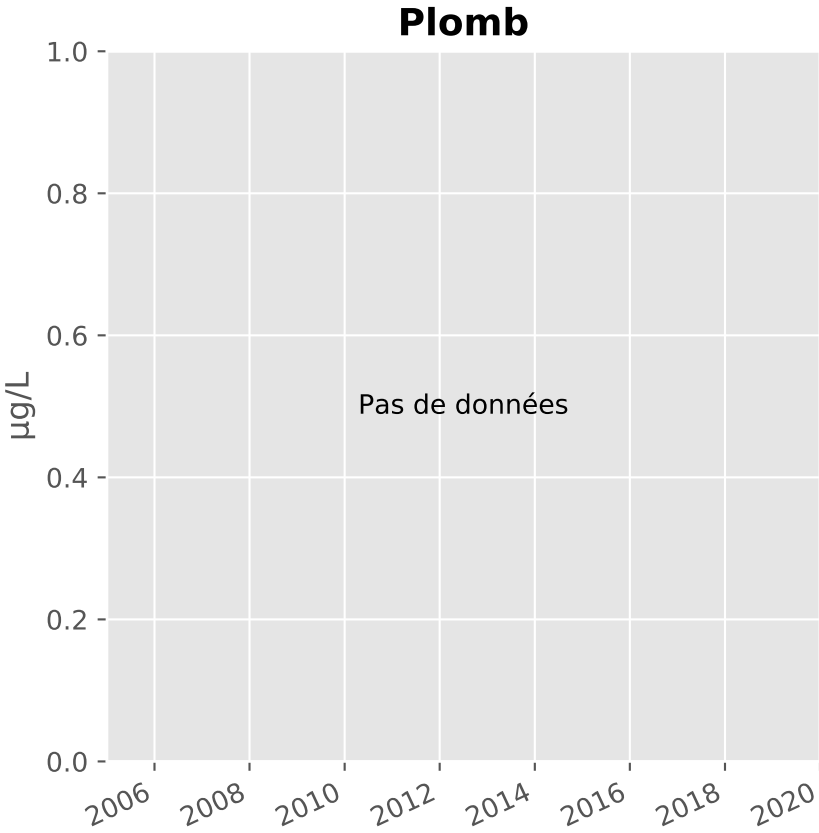
Manganèse



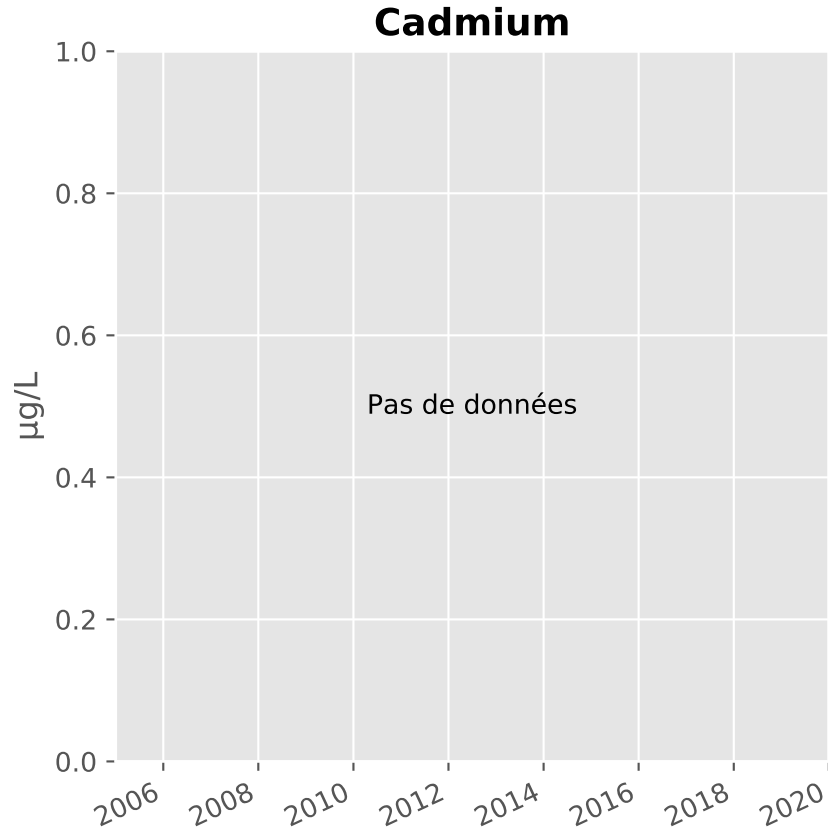
Nickel



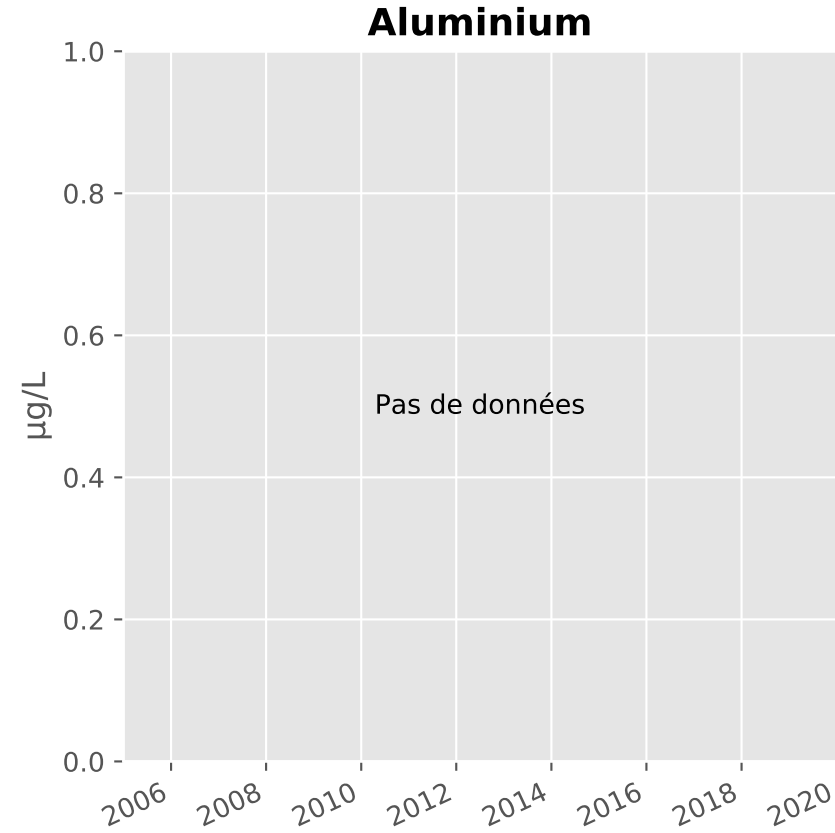
Plomb



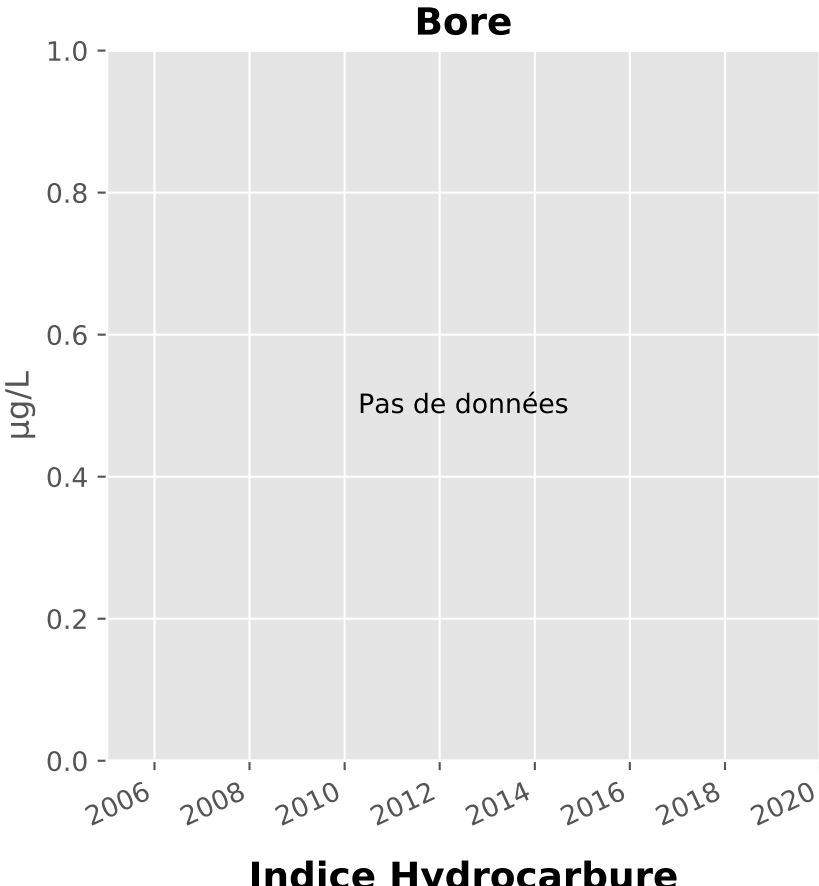
Cadmium



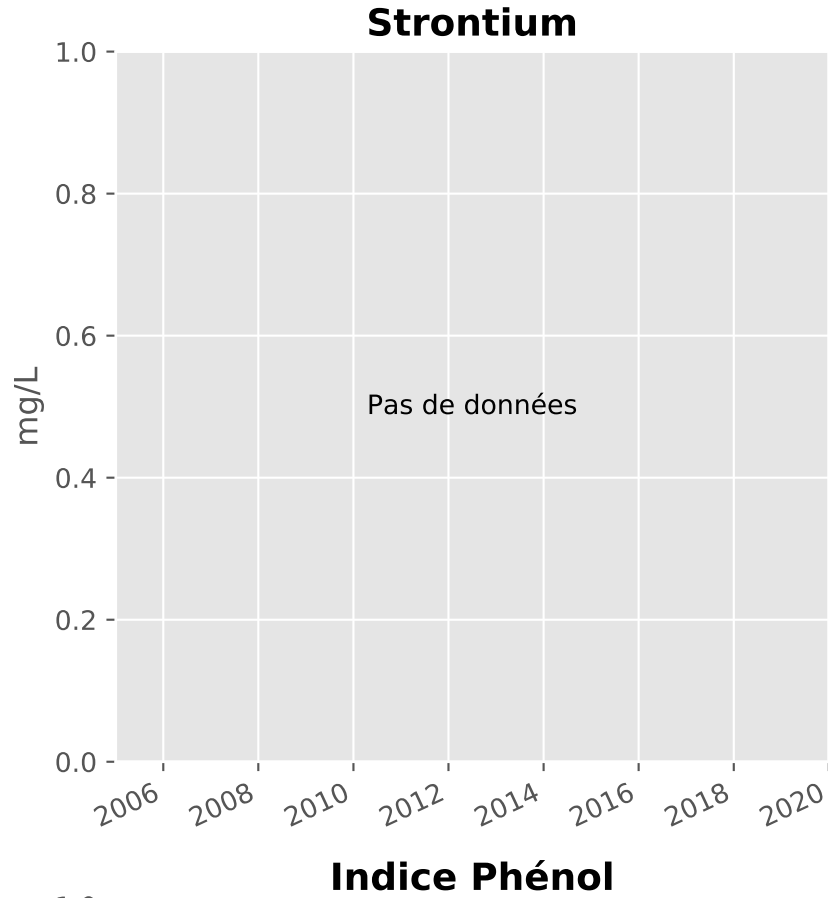
Aluminium



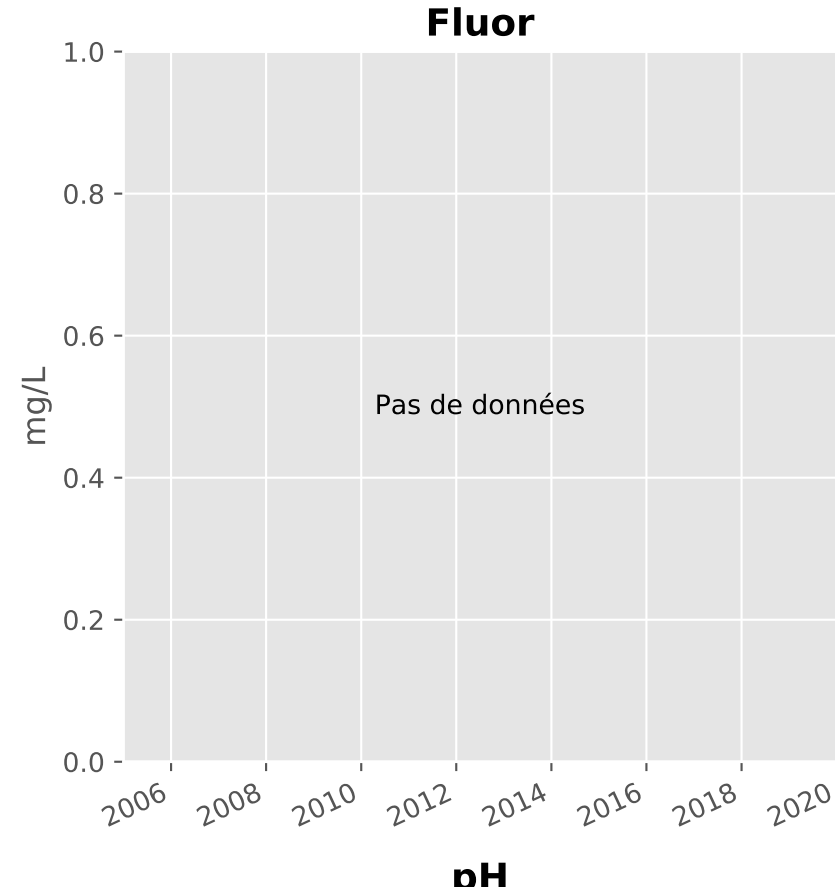
Bore



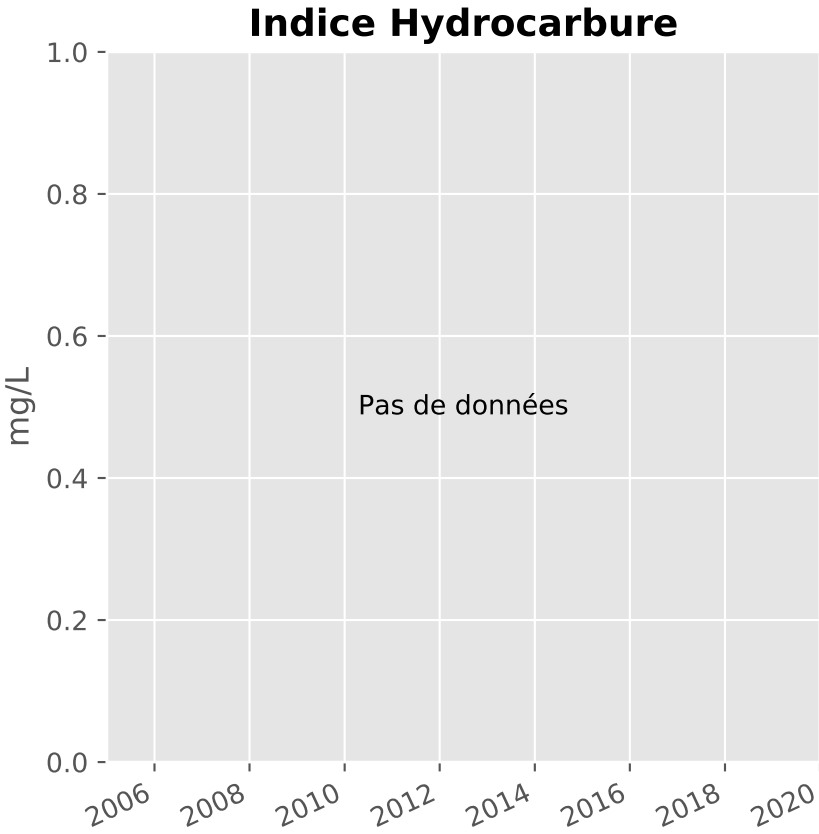
Strontium



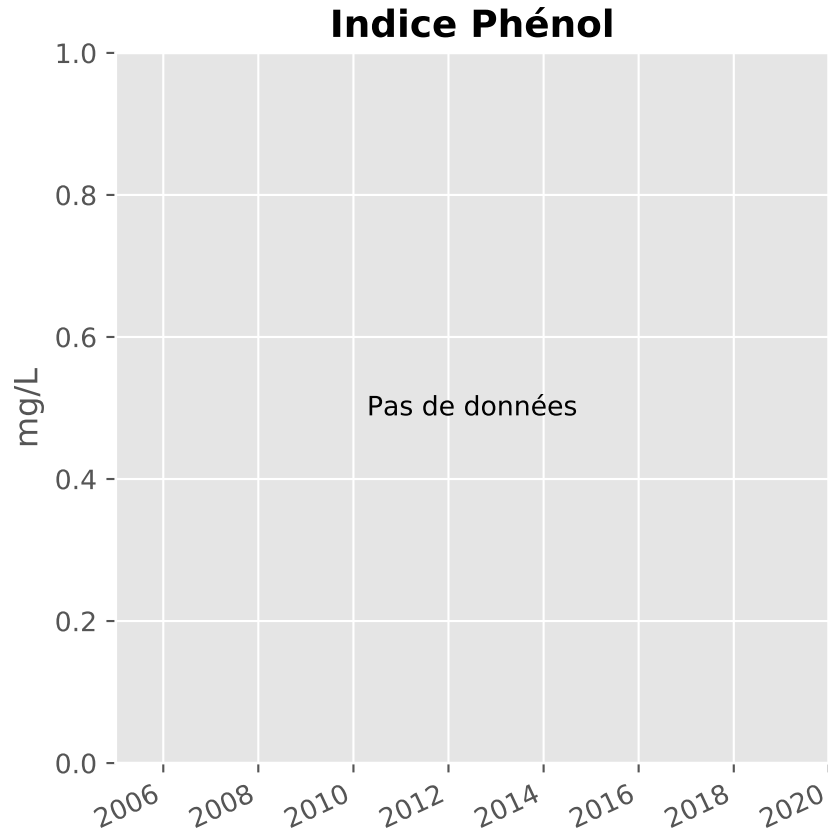
Fluor



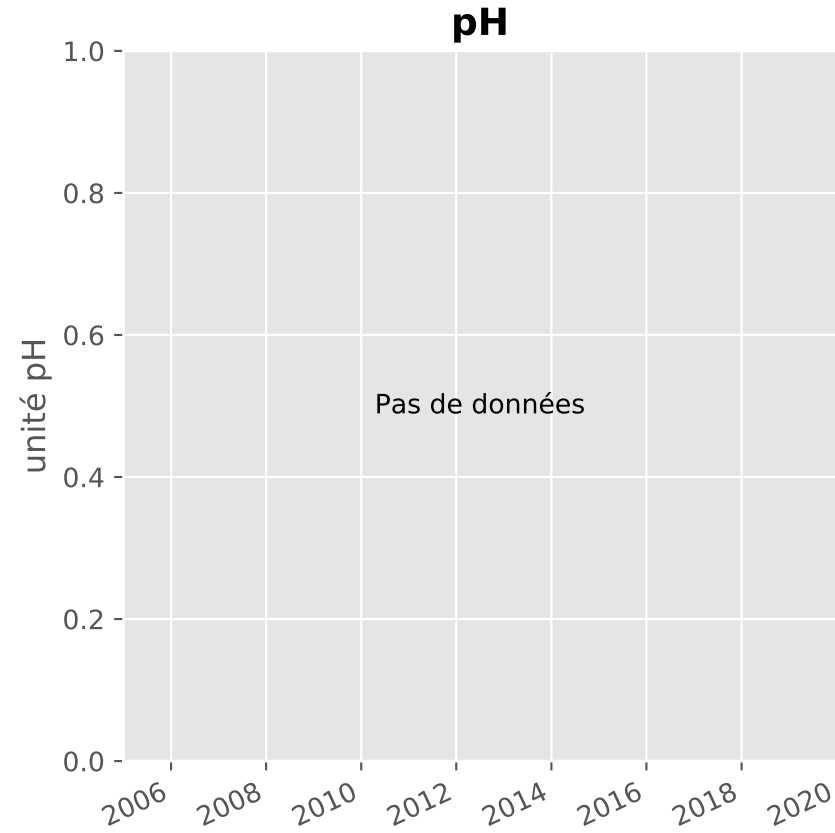
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

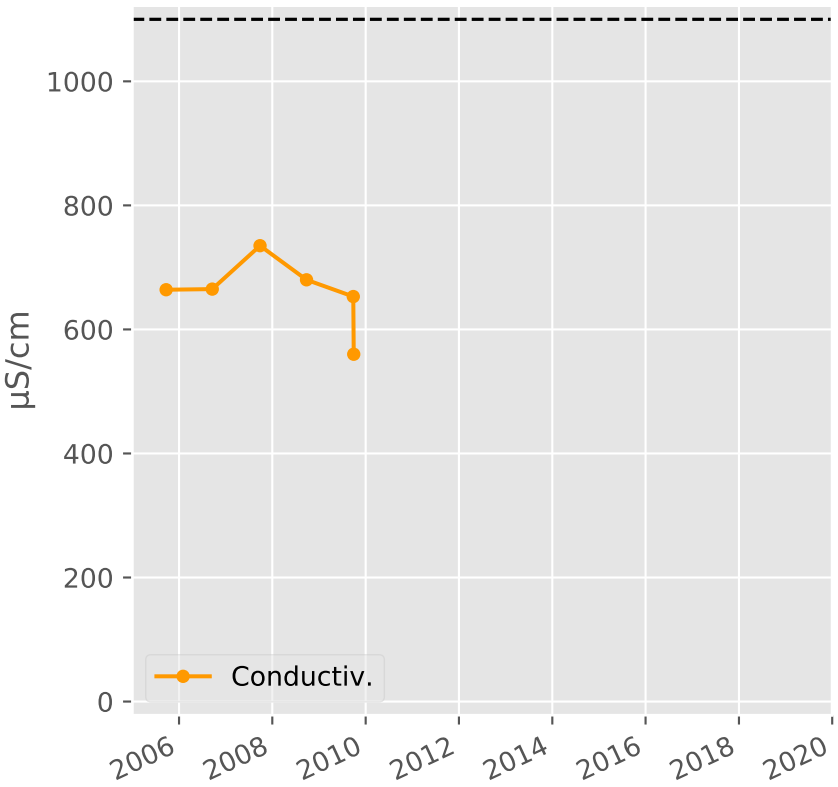


pH

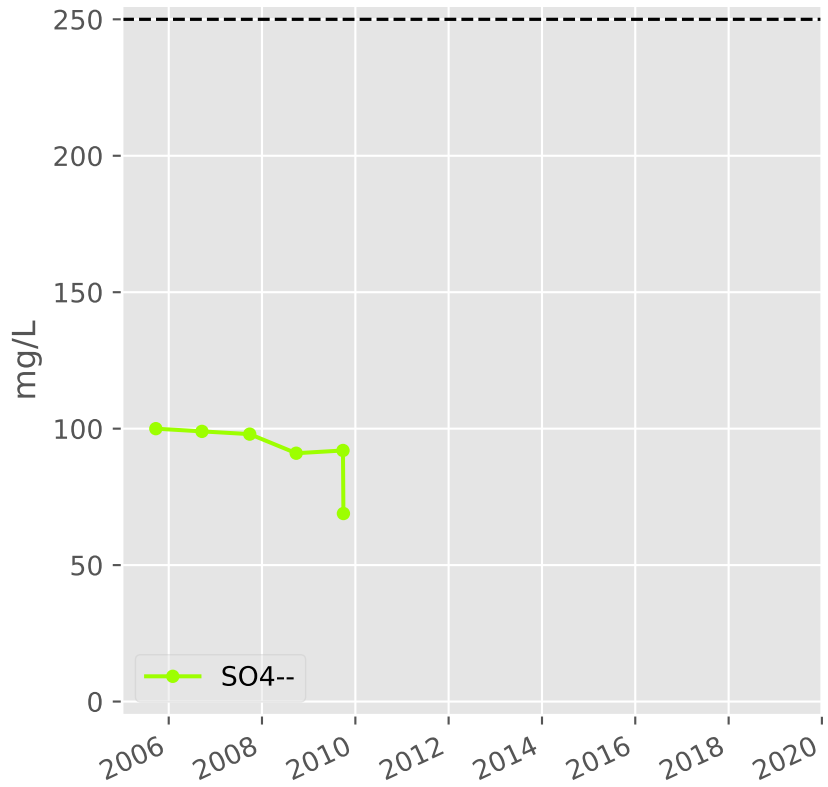


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S07 - Pz. Avril FF - 01373X0157

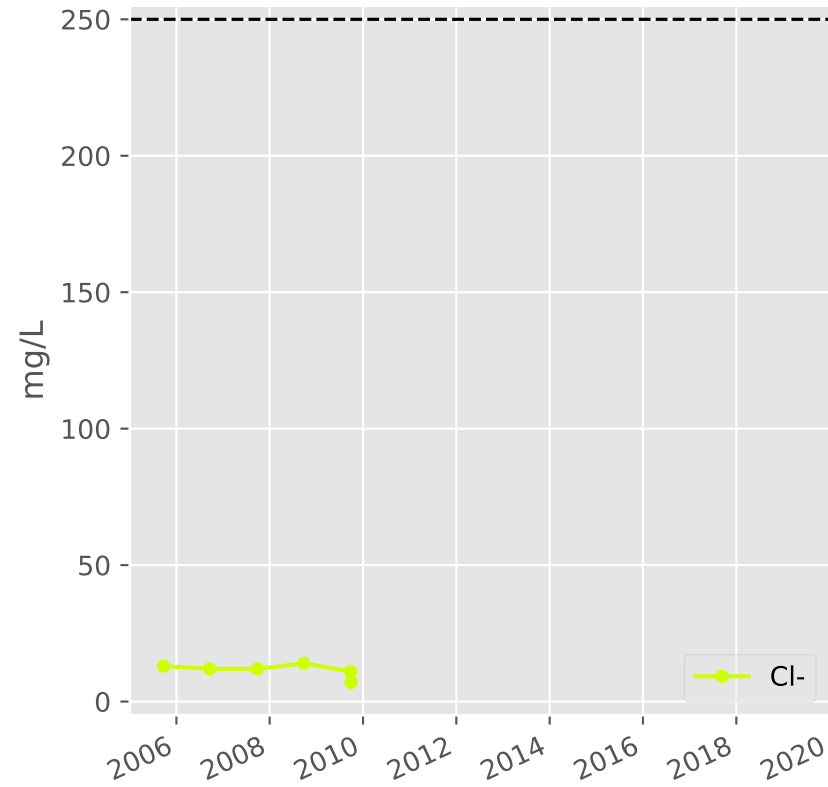
Conductivité



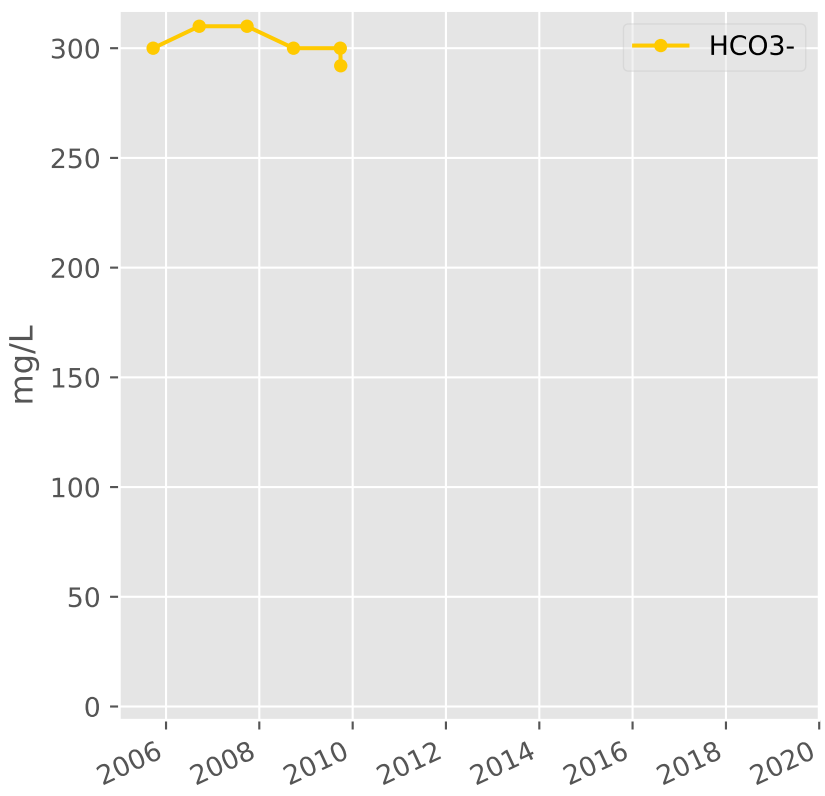
Sulfates



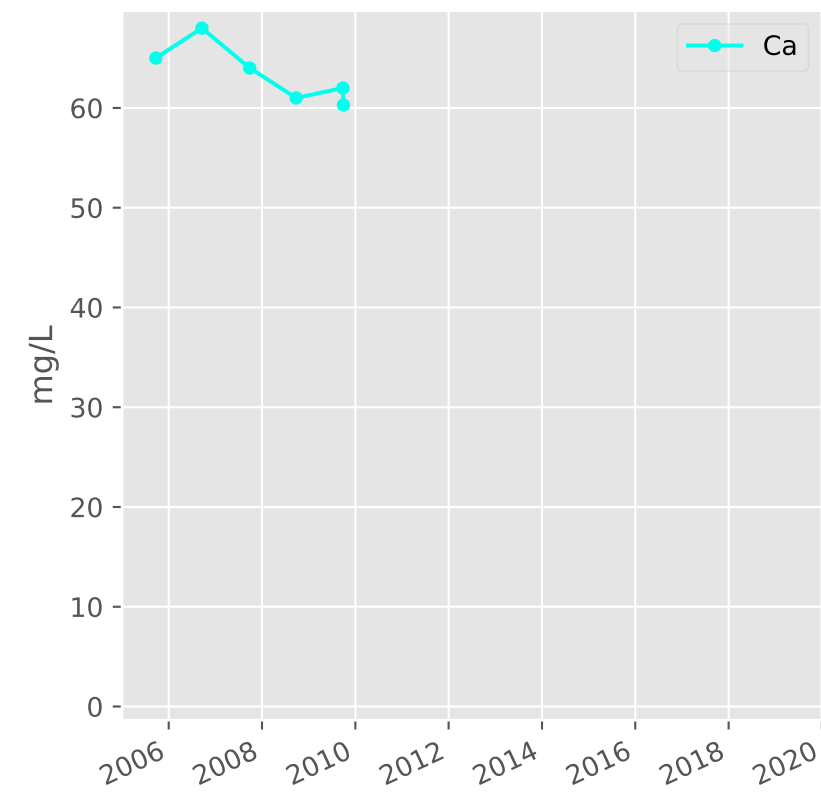
Chlorures



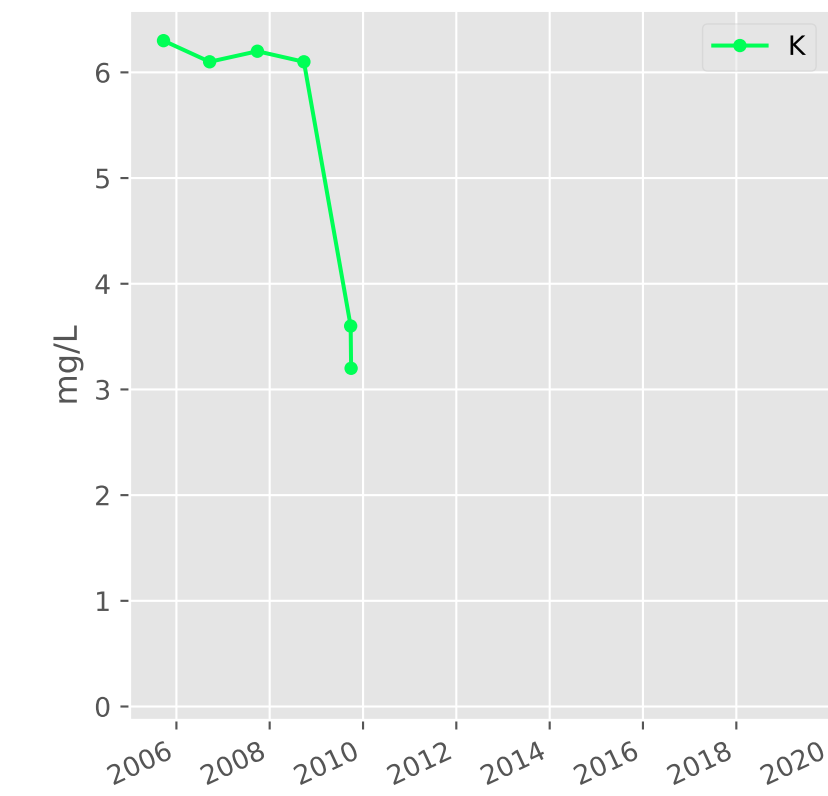
Bicarbonates



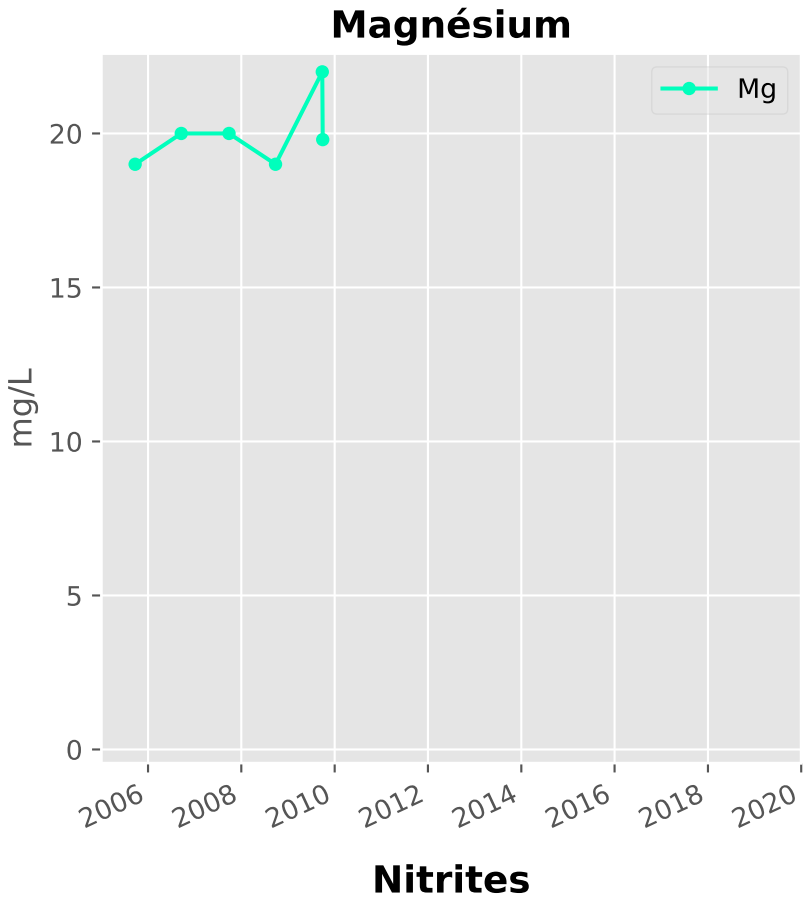
Calcium



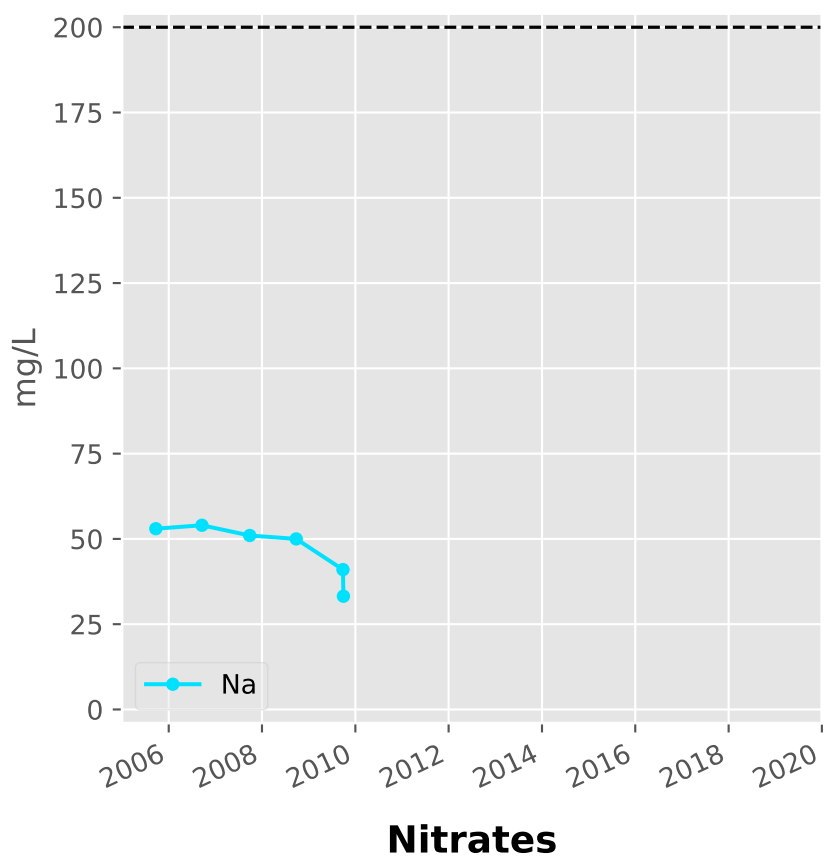
Potassium



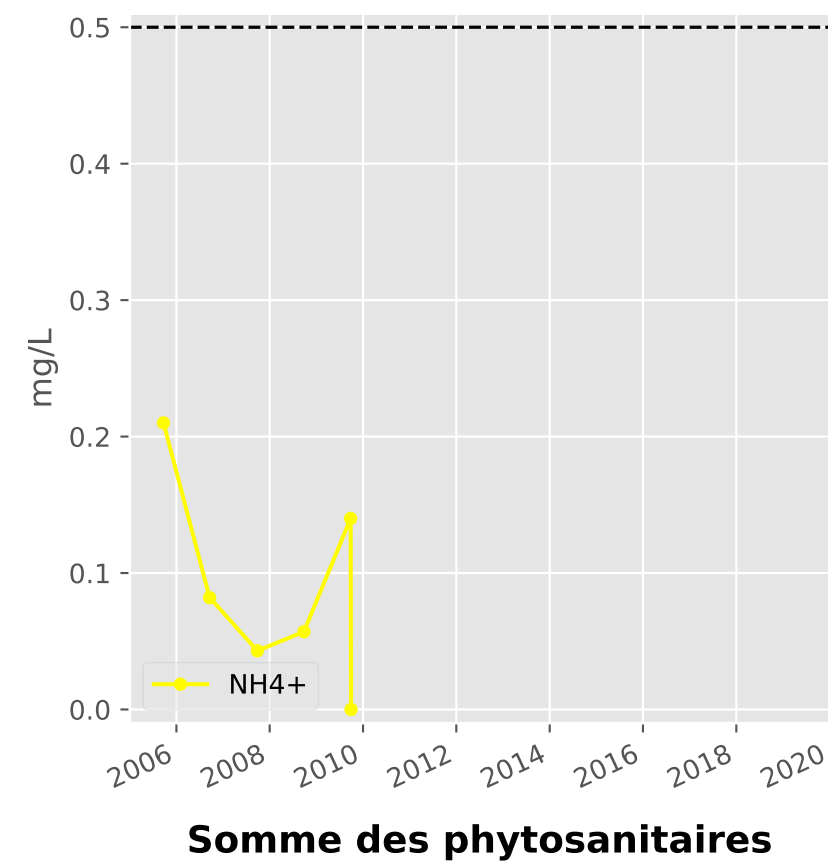
Magnésium



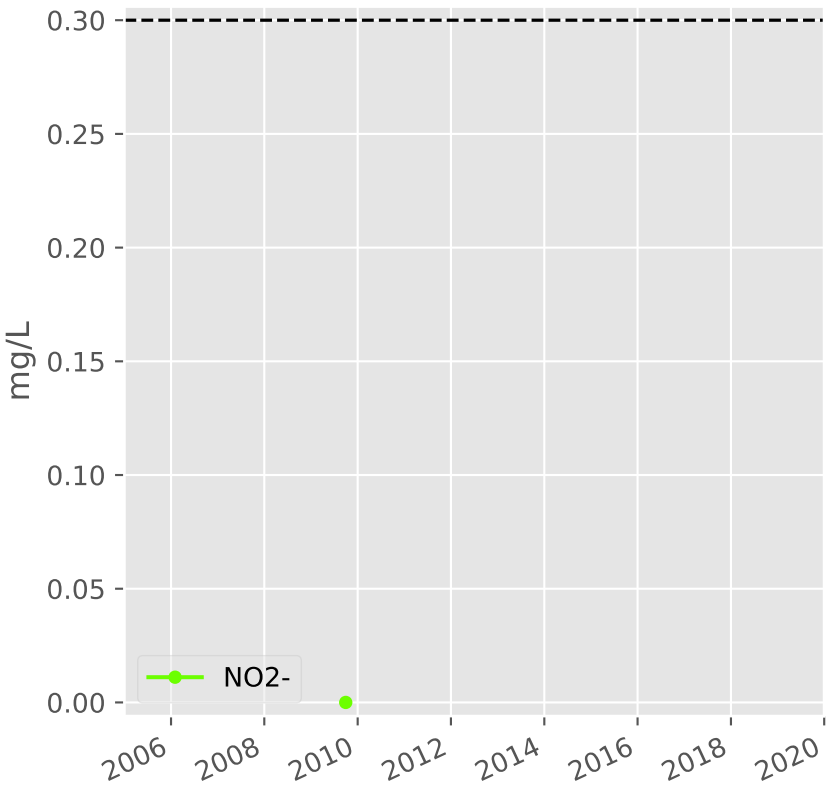
Sodium



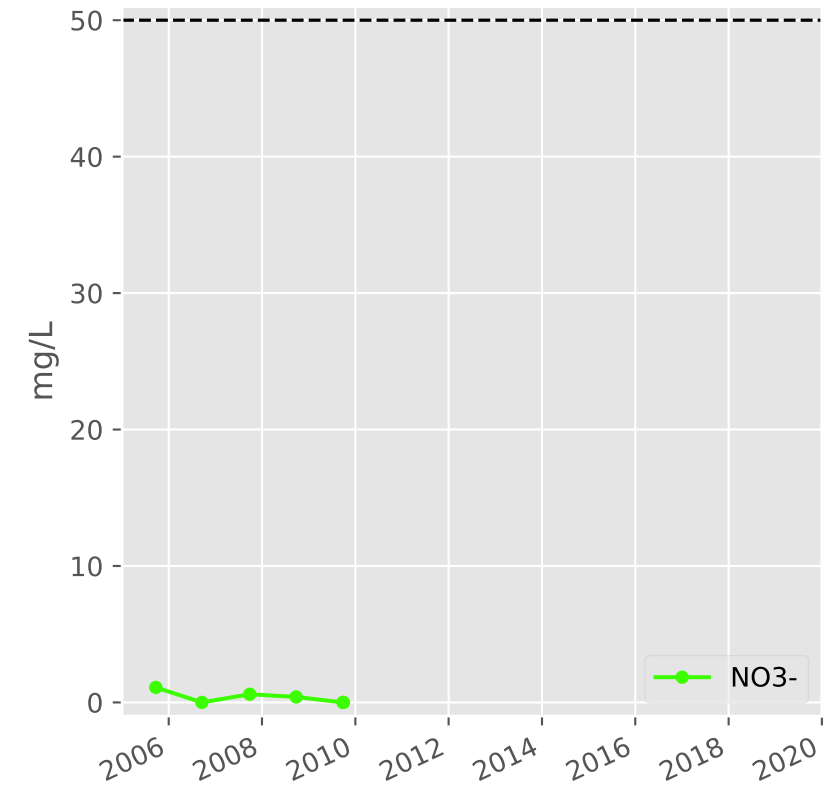
Ammonium



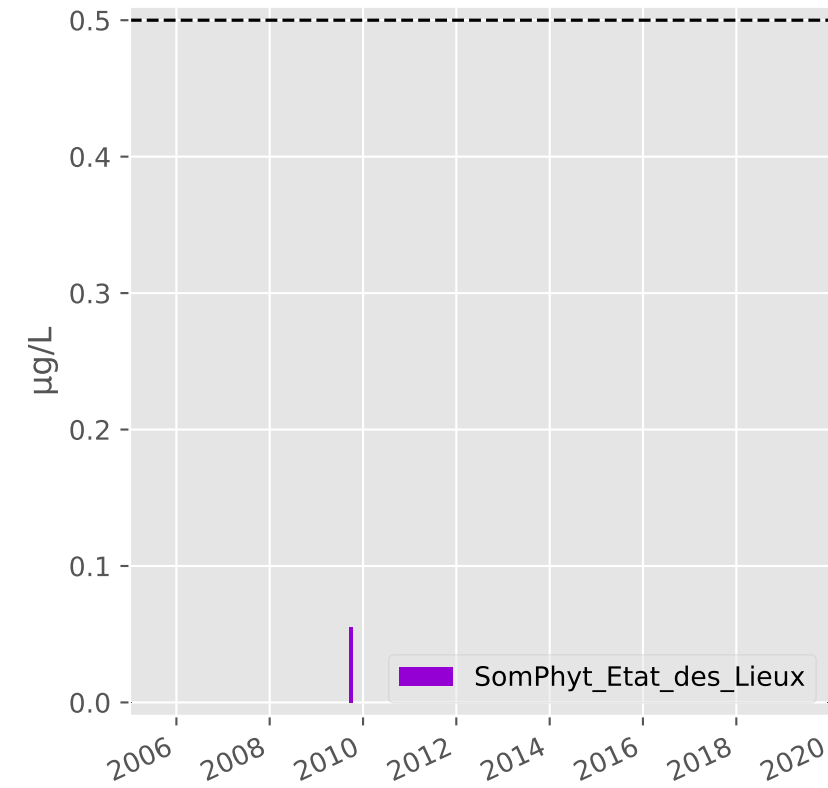
Nitrites



Nitrates

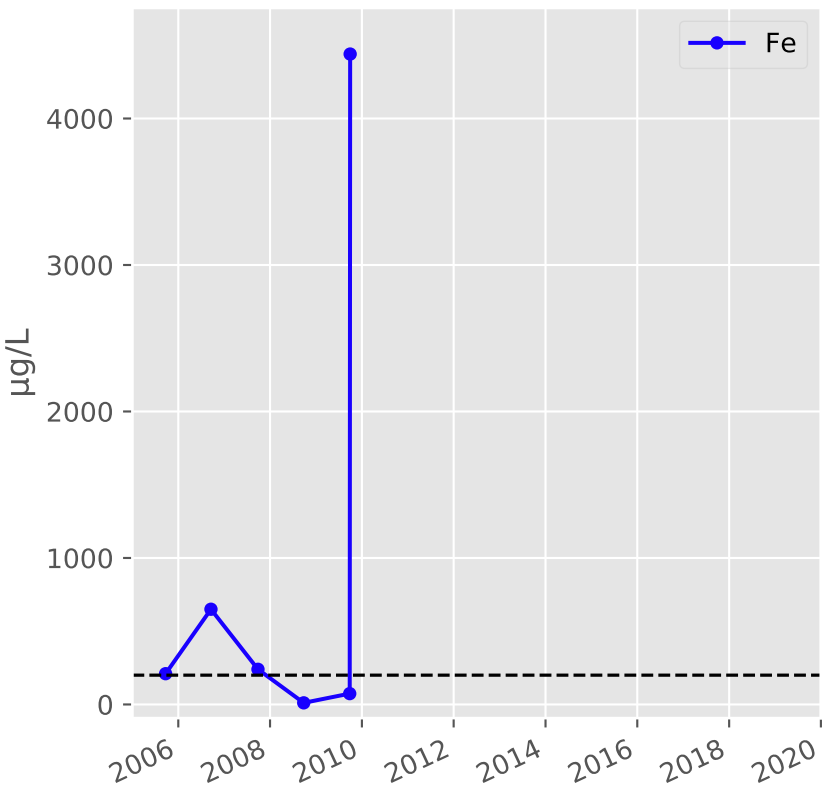


Somme des phytosanitaires

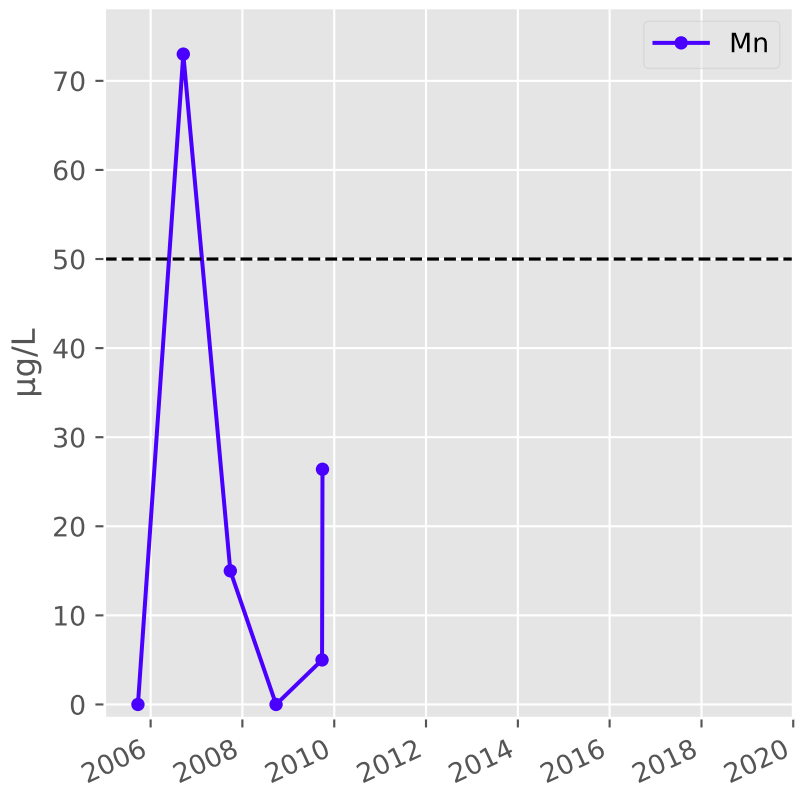


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S07 - Pz. Avril FF - 01373X0157

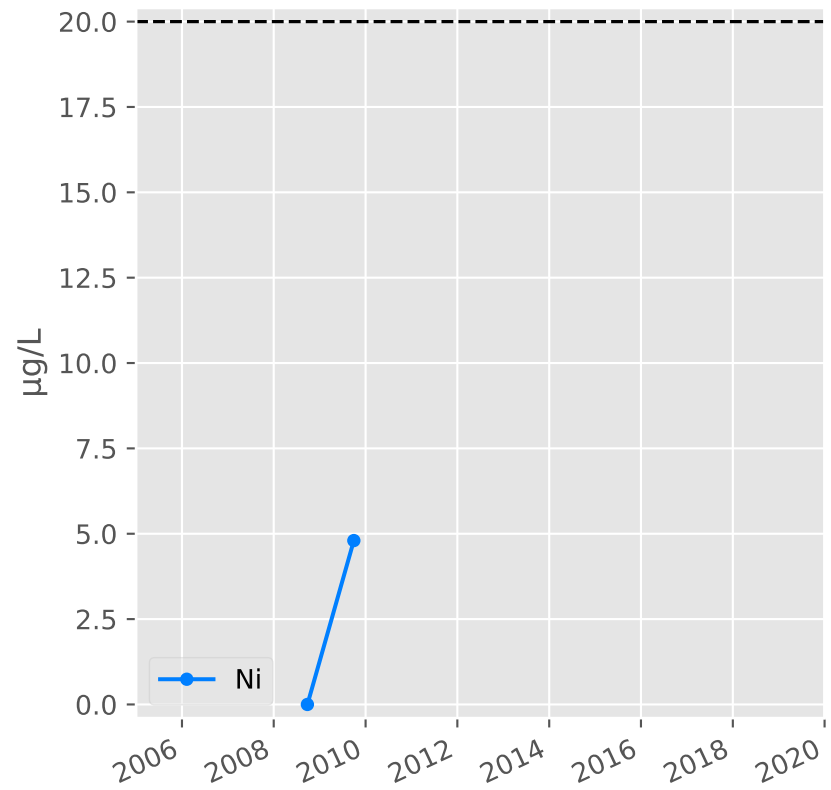
Fer



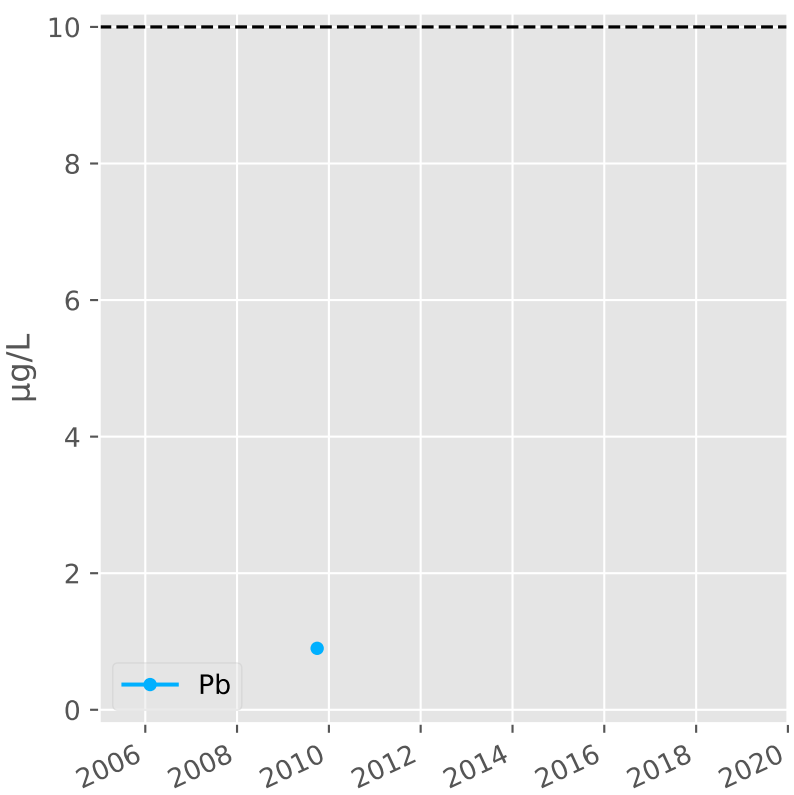
Manganèse



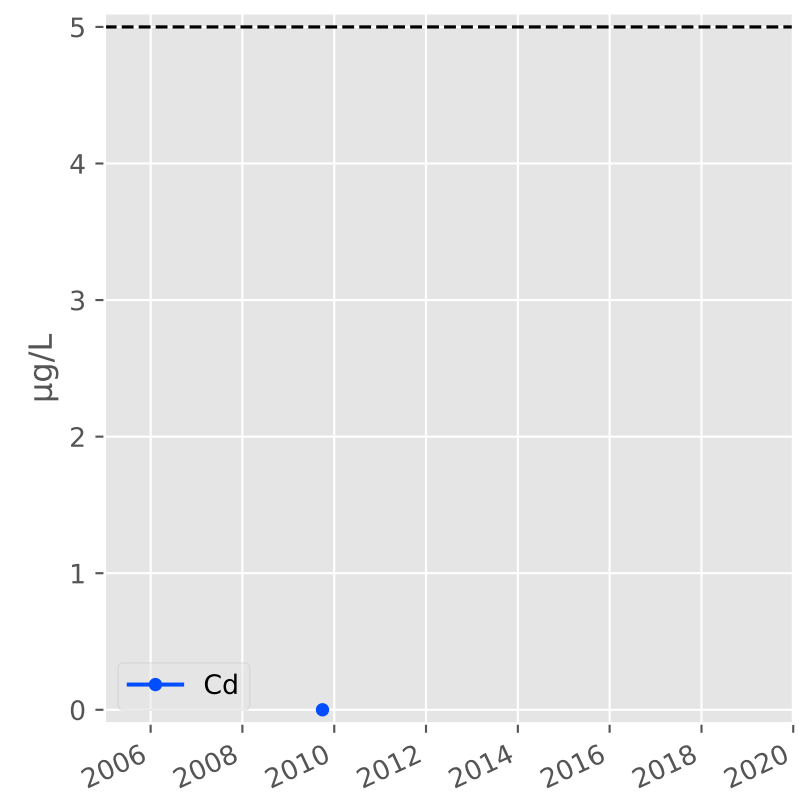
Nickel



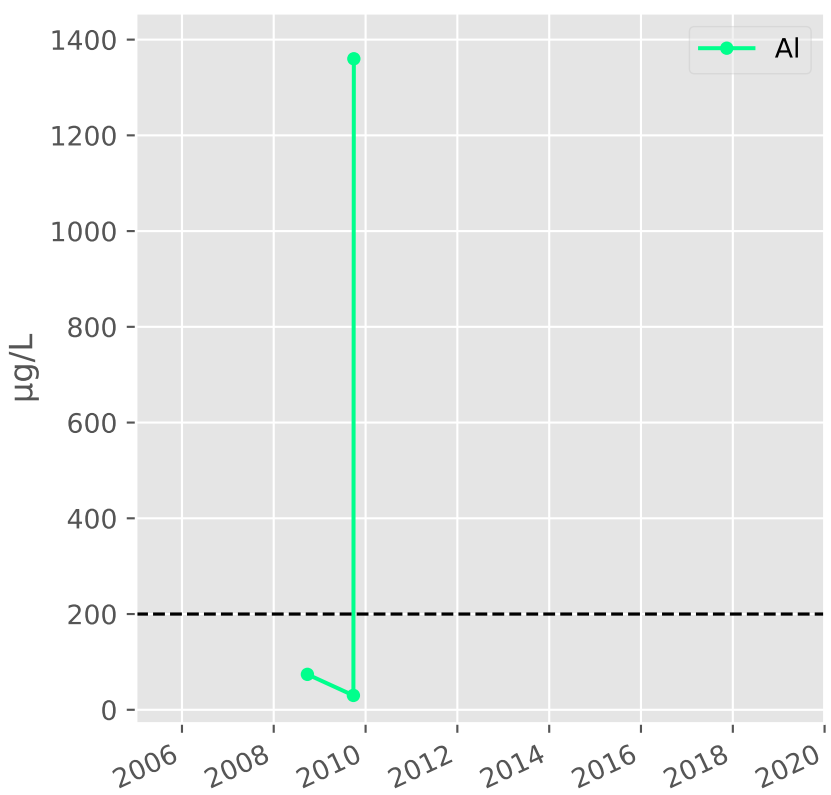
Plomb



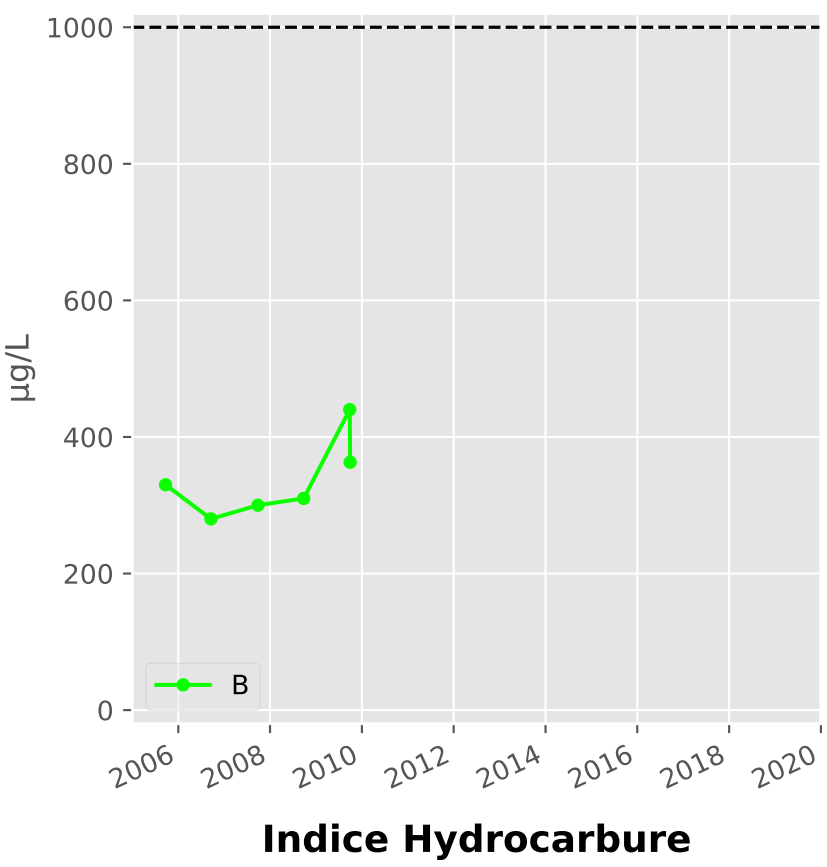
Cadmium



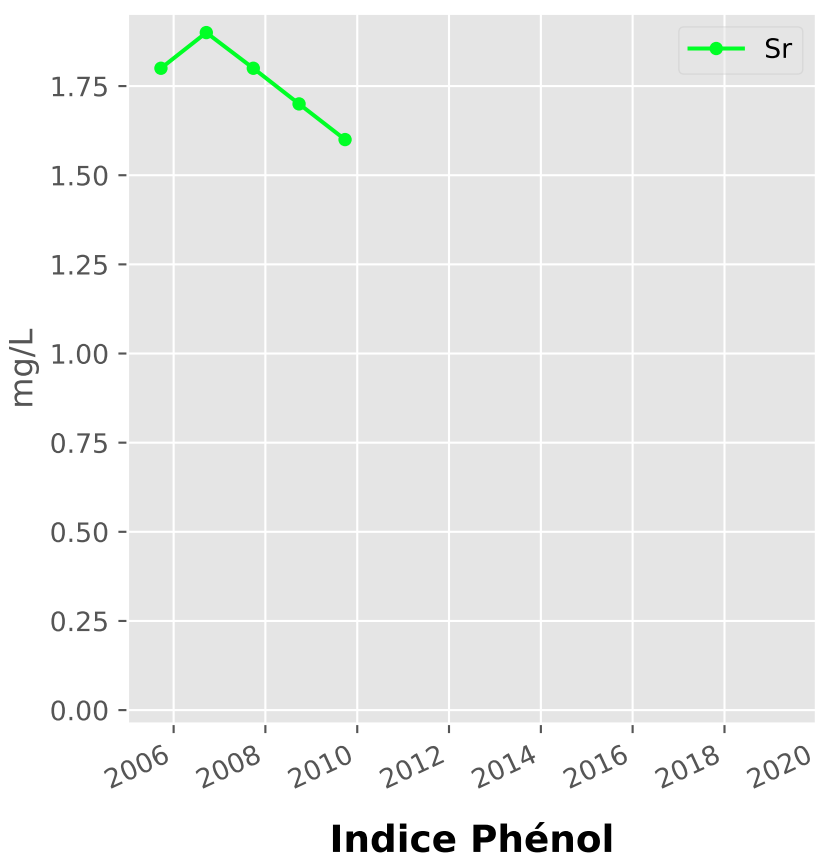
Aluminium



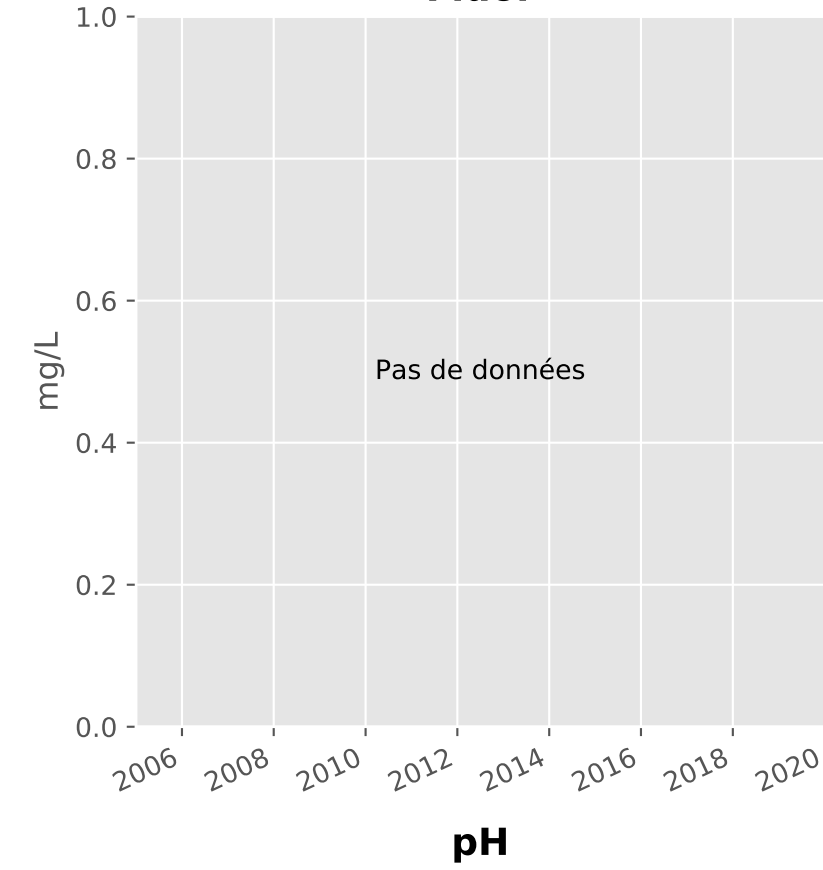
Bore



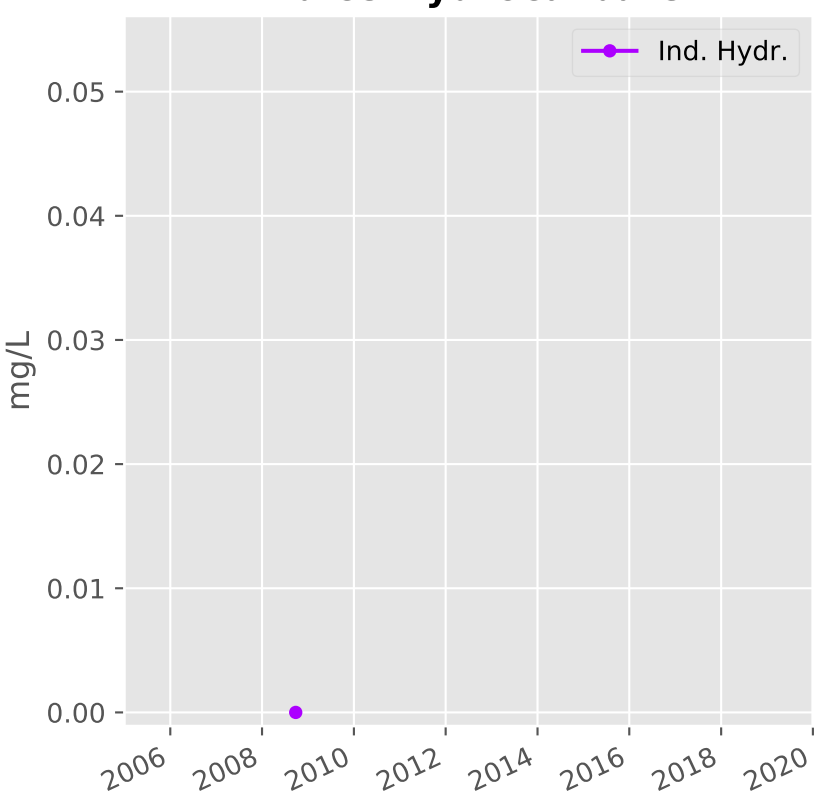
Strontium



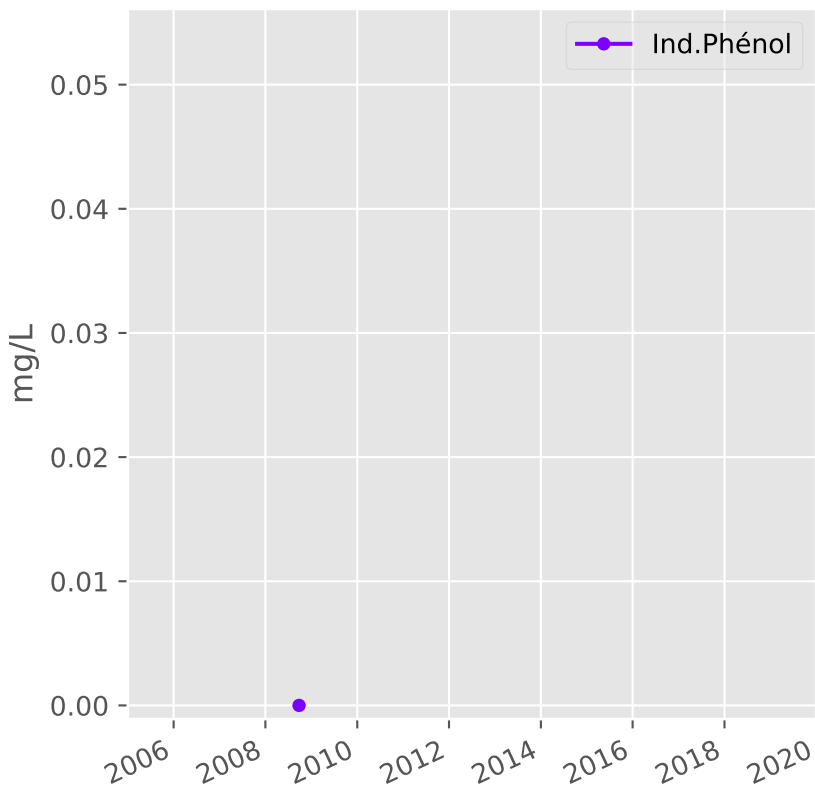
Fluor



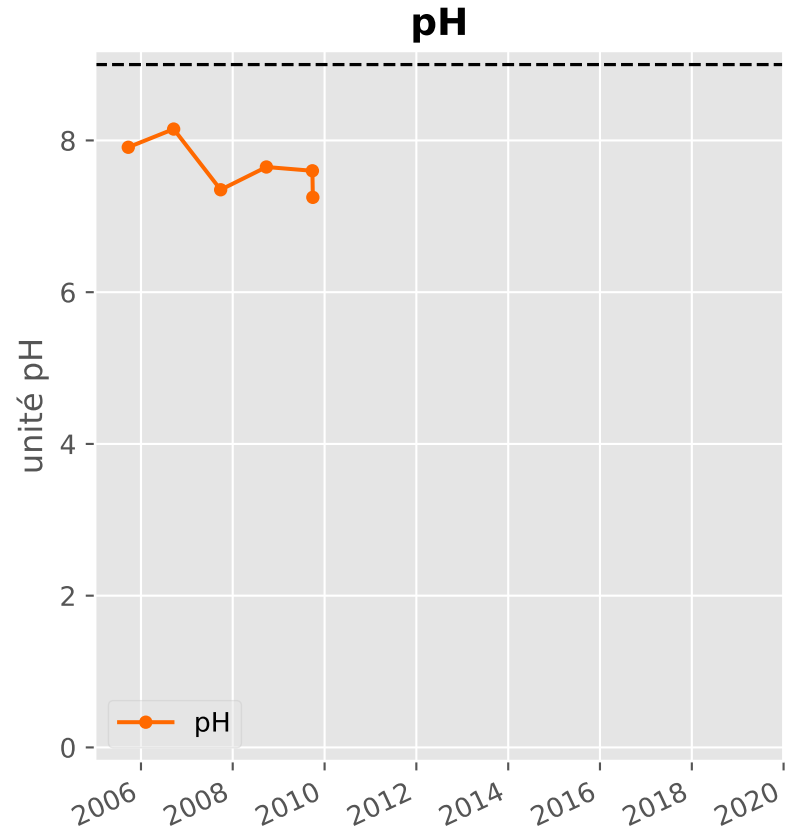
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

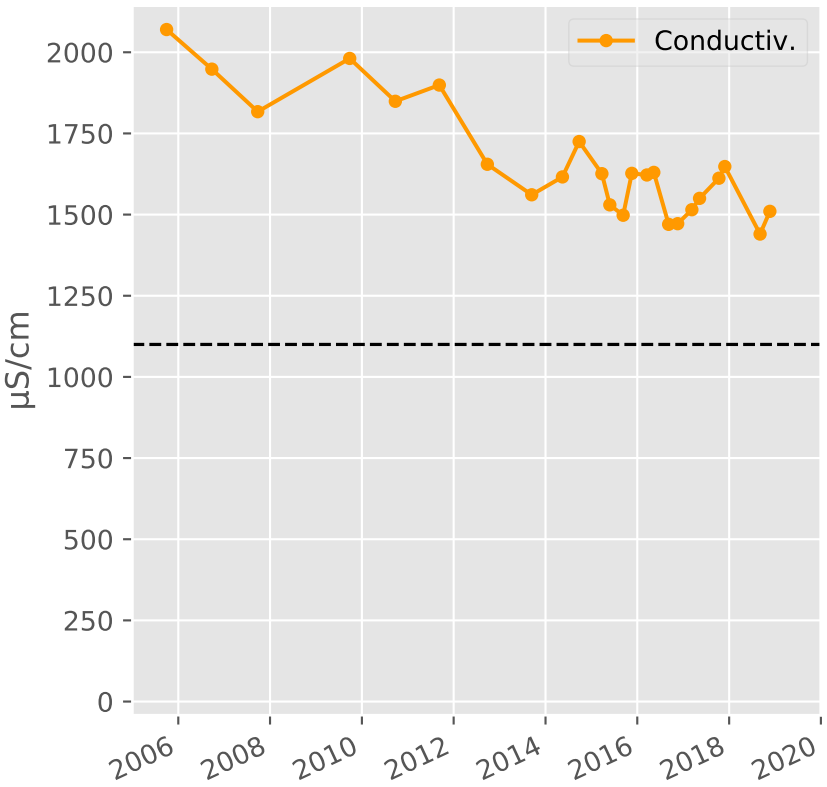


pH

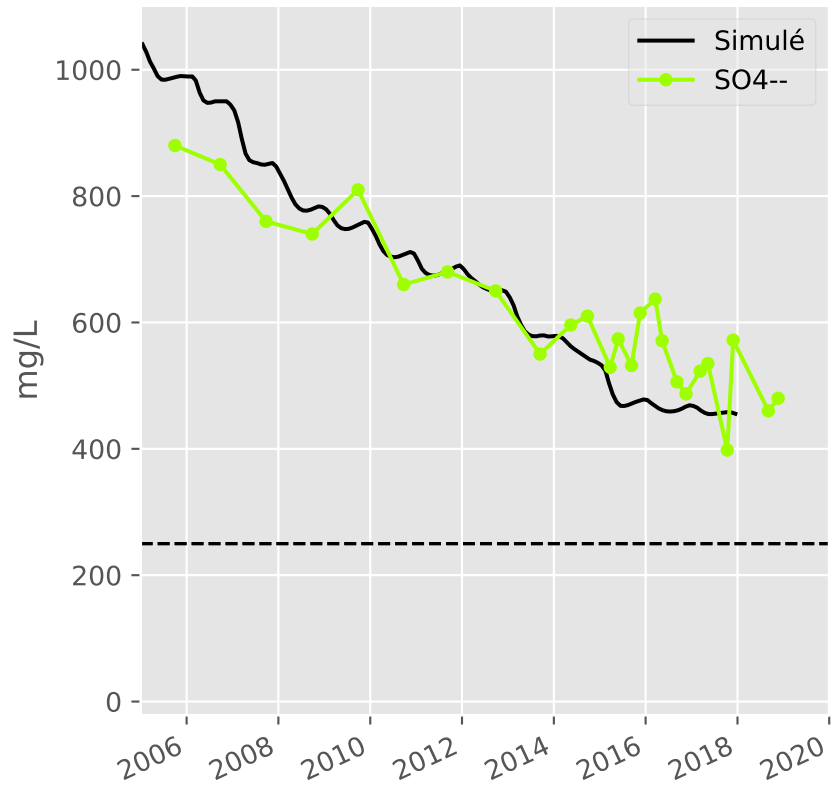


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - Secteur SC4 - C08 - Pz. Chevillon artésien - 01373X0158

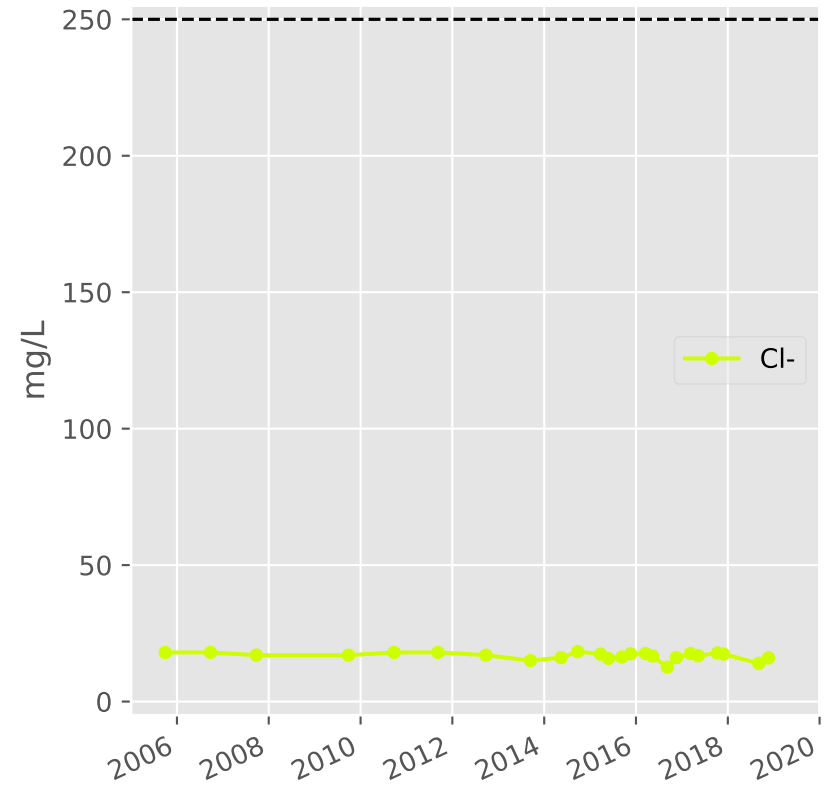
Conductivité



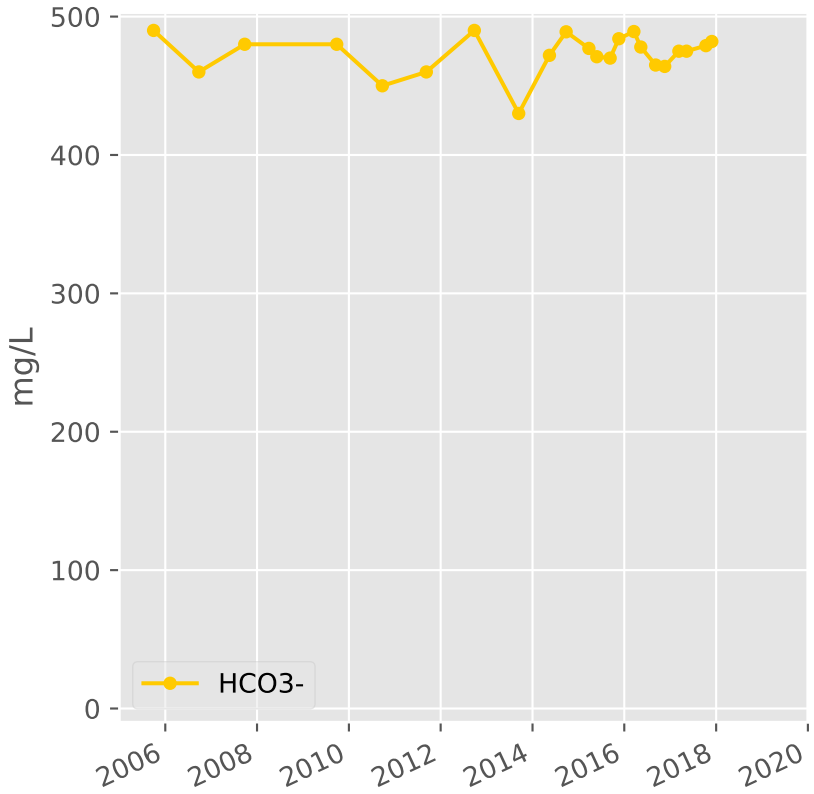
Sulfates



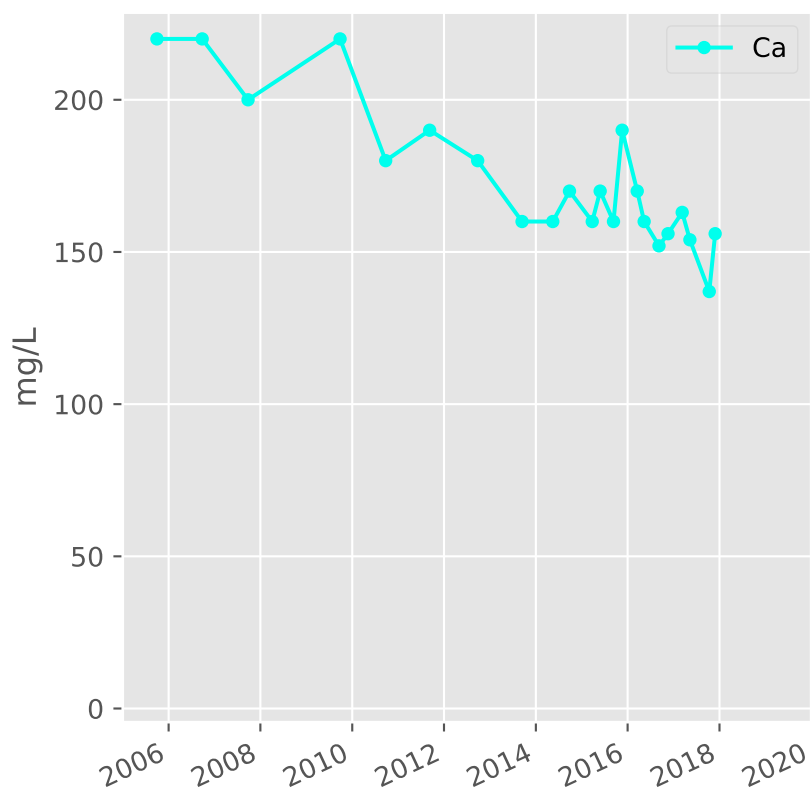
Chlorures



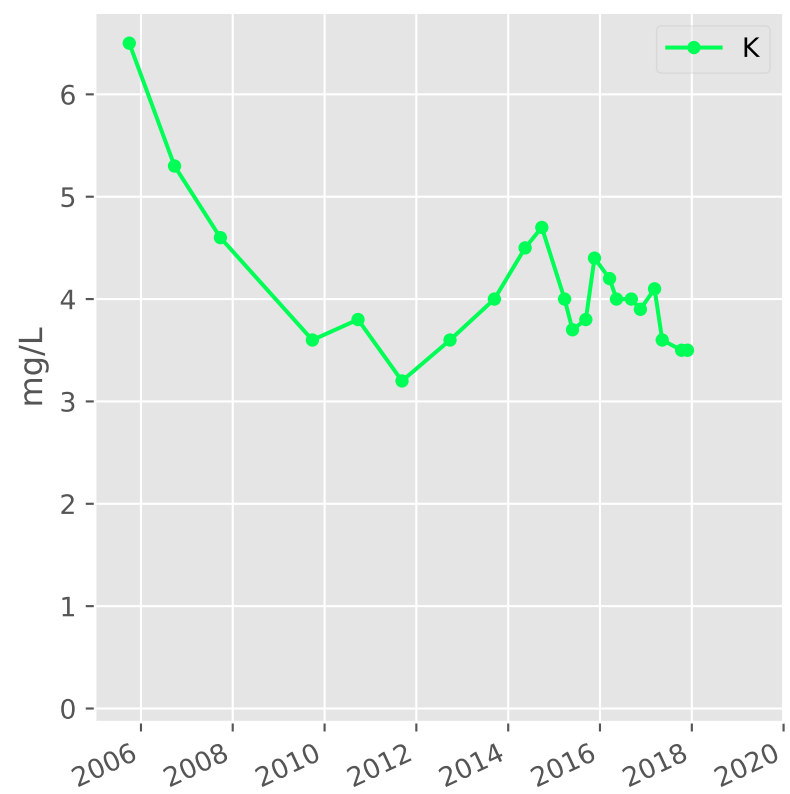
Bicarbonates



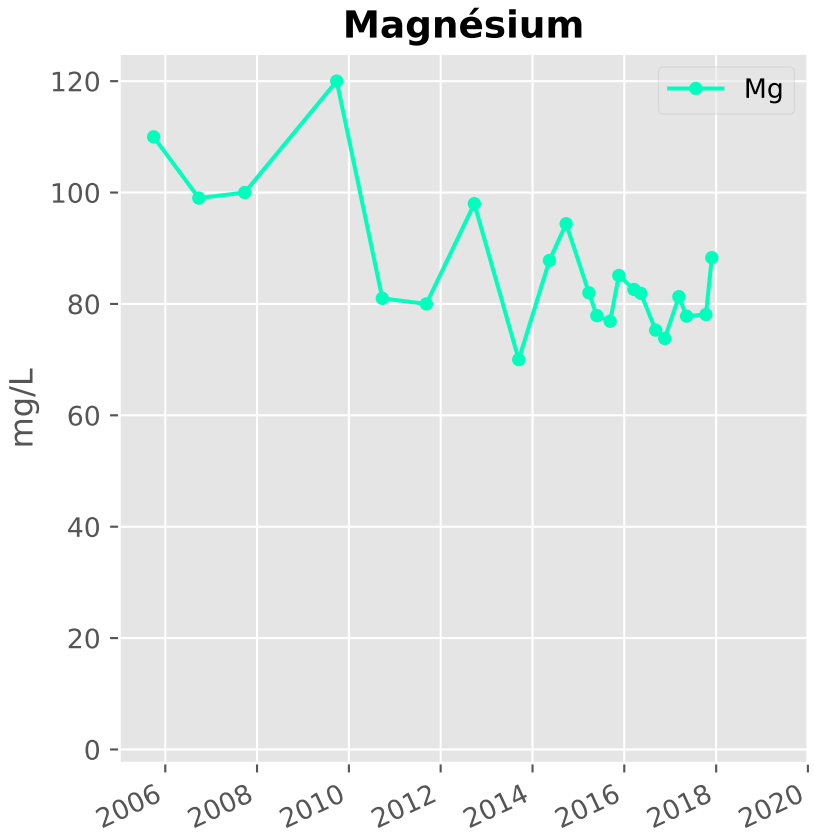
Calcium



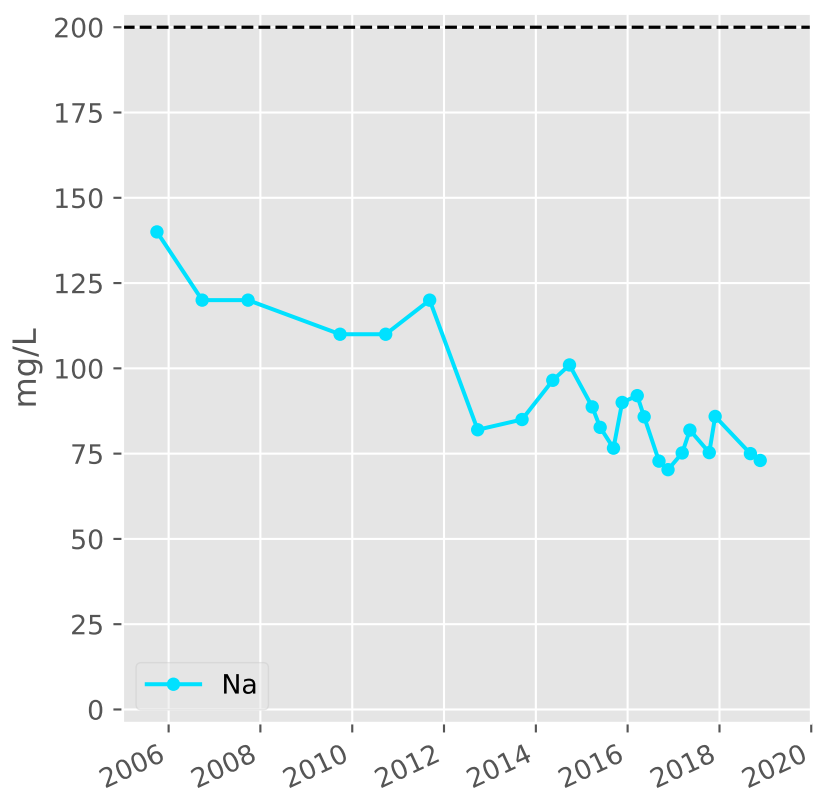
Potassium



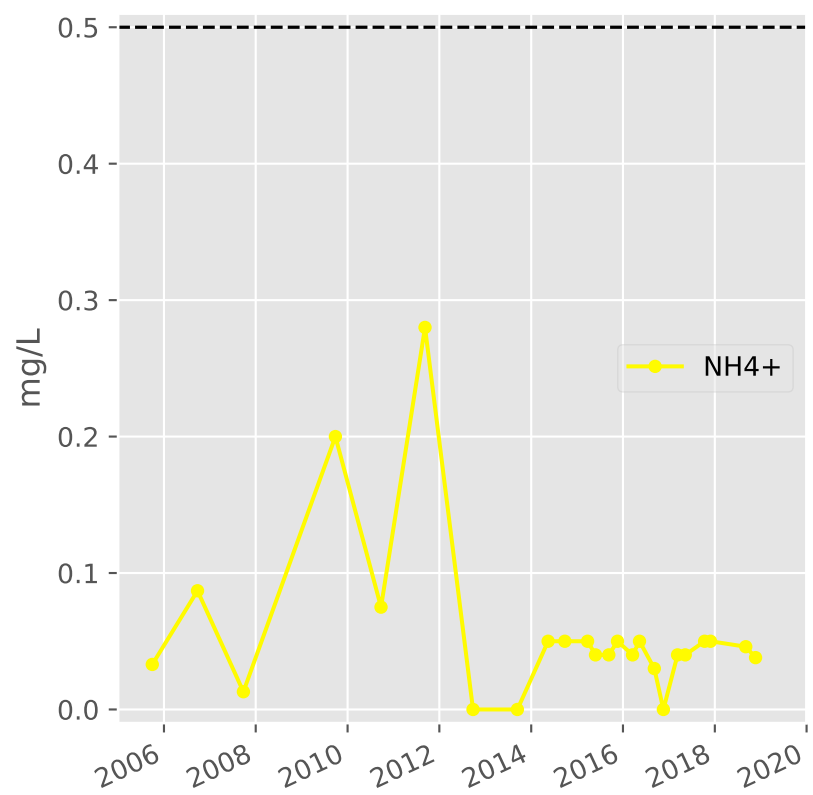
Magnésium



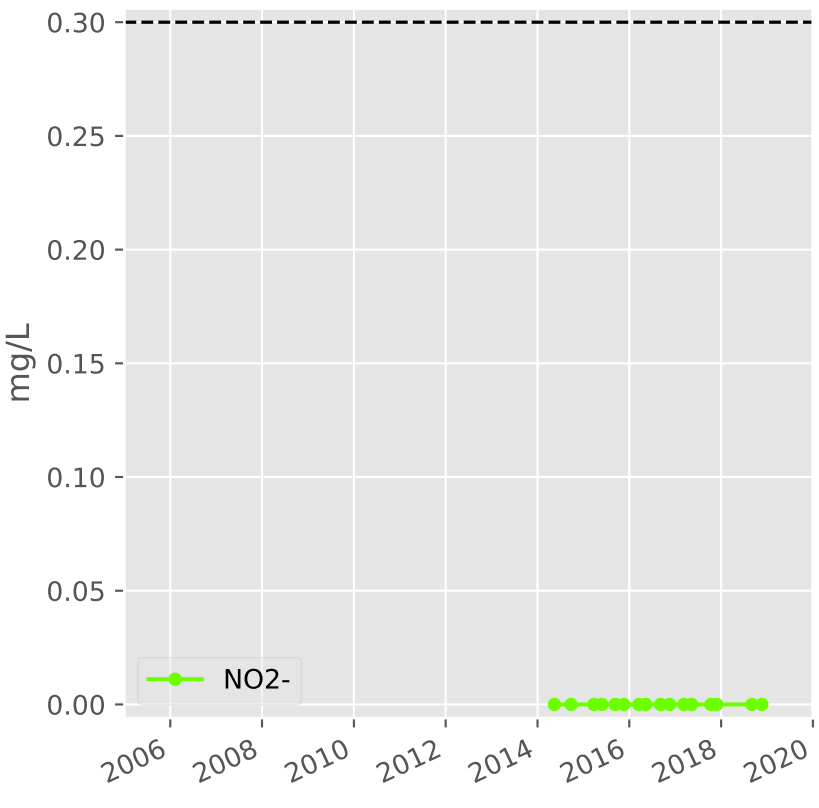
Sodium



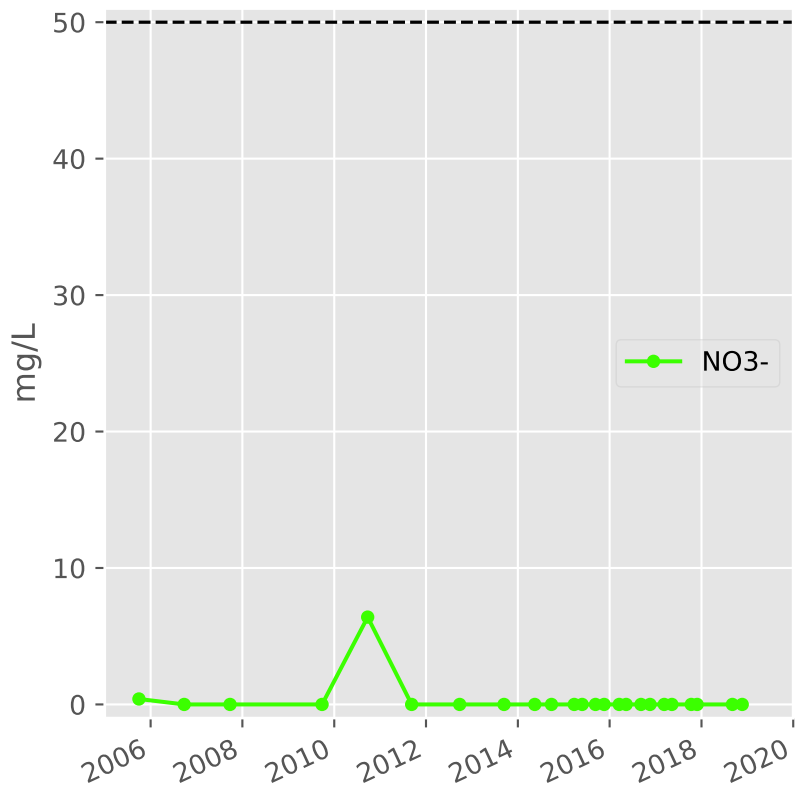
Ammonium



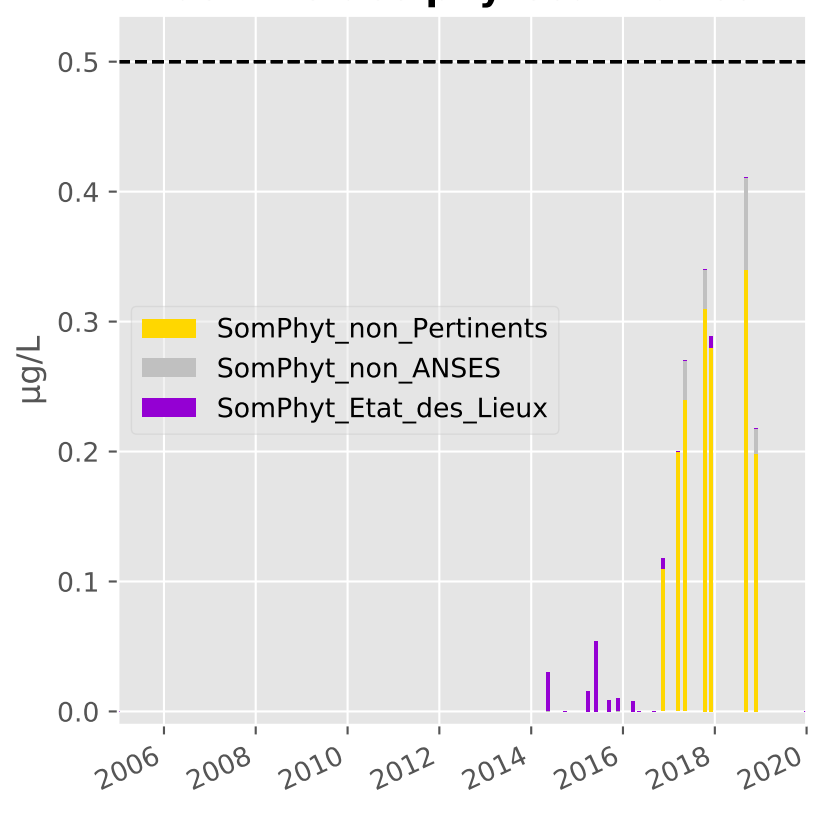
Nitrites



Nitrates

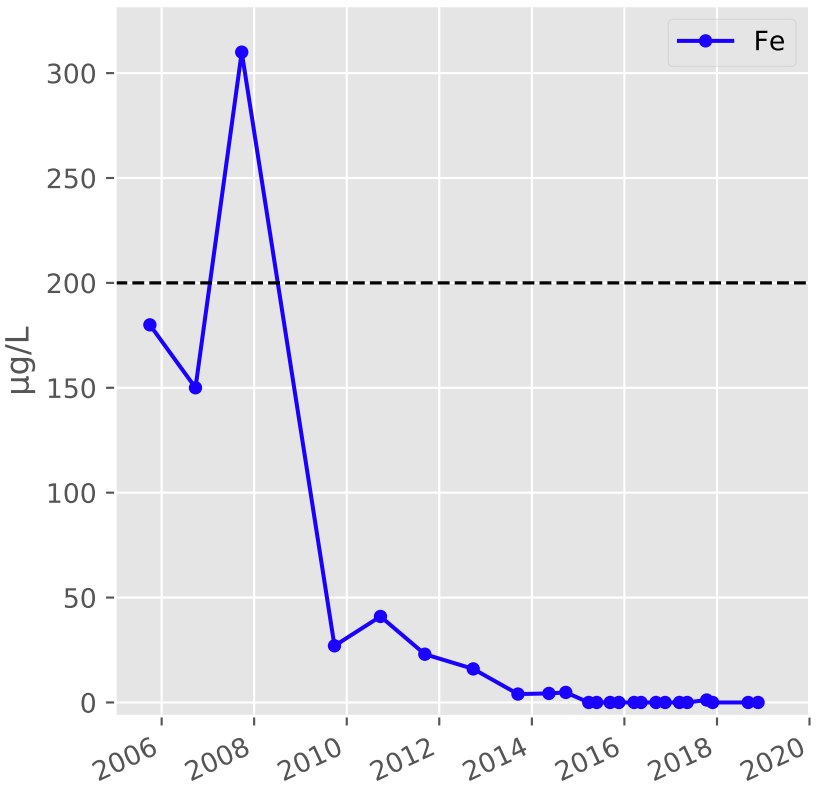


Somme des phytosanitaires

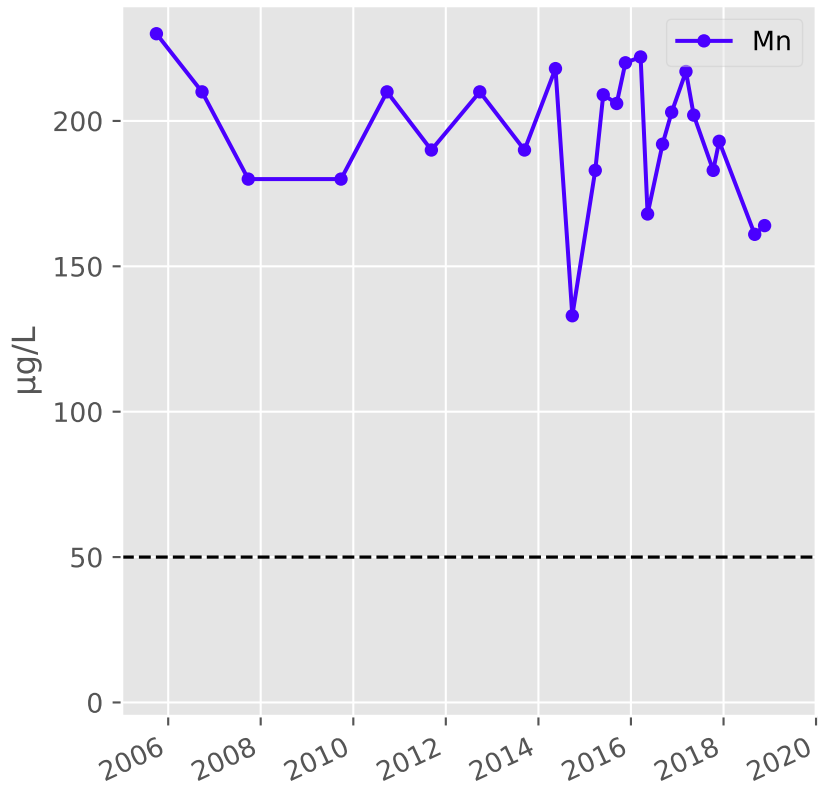


Bassin CENTRE - Formation ferrifère non exploitée - Secteur SC4 - C08 - Pz. Chevillon artésien - 01373X0158

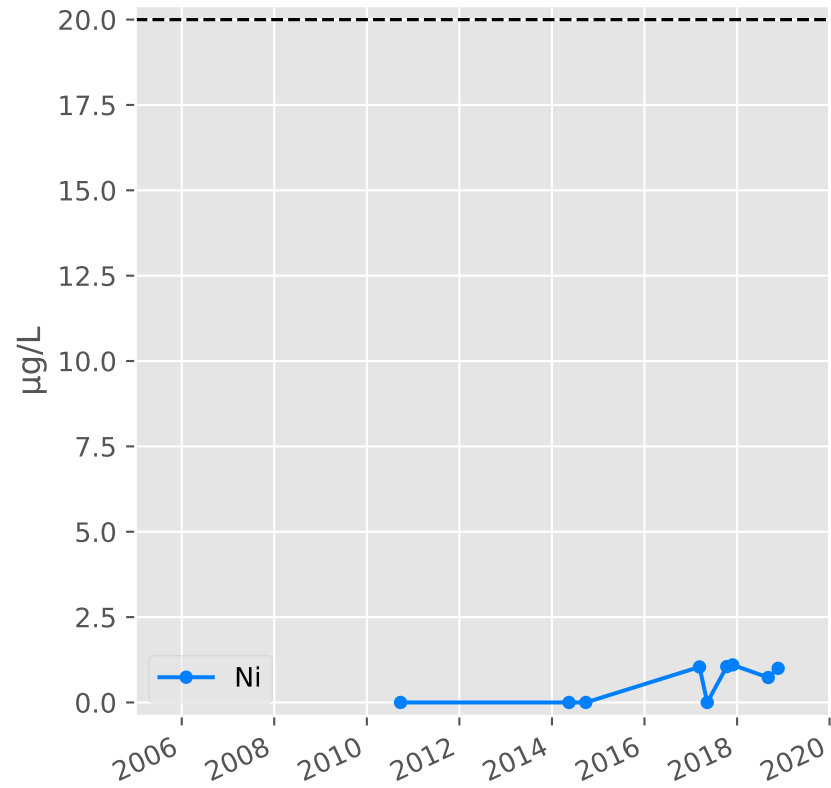
Fer



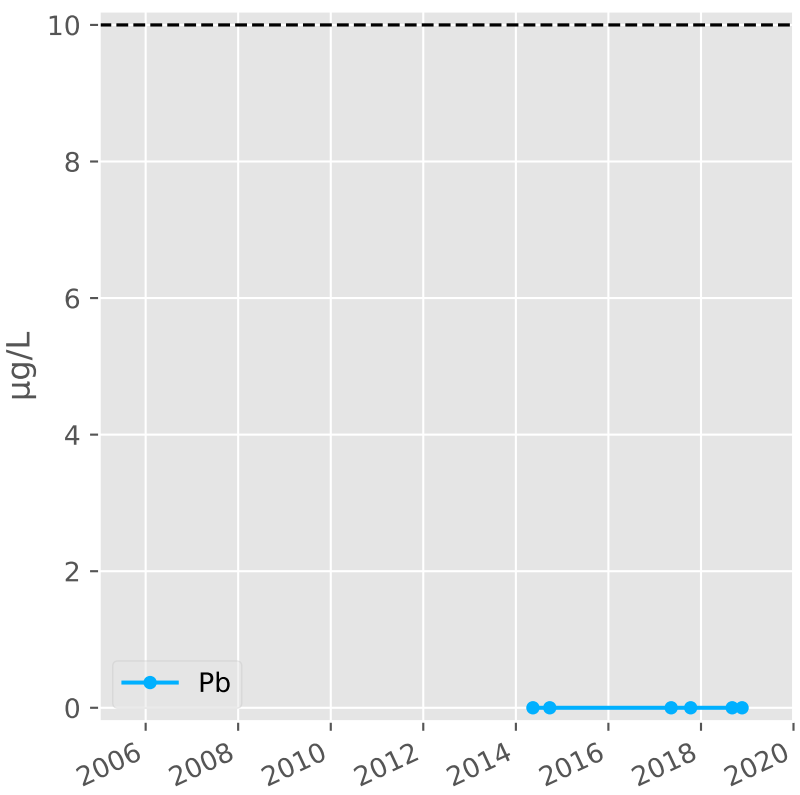
Manganèse



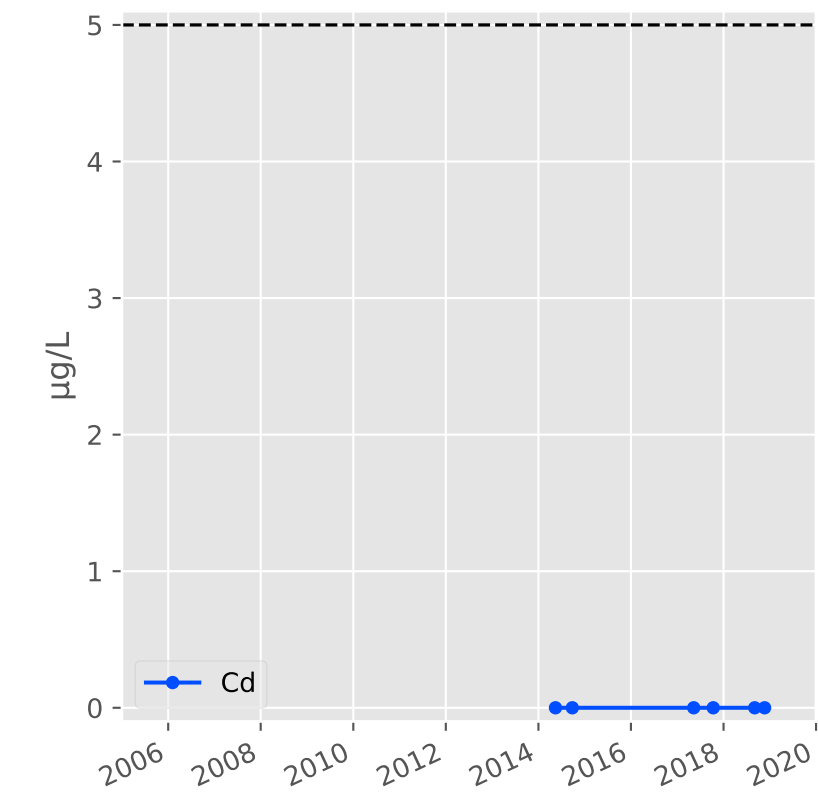
Nickel



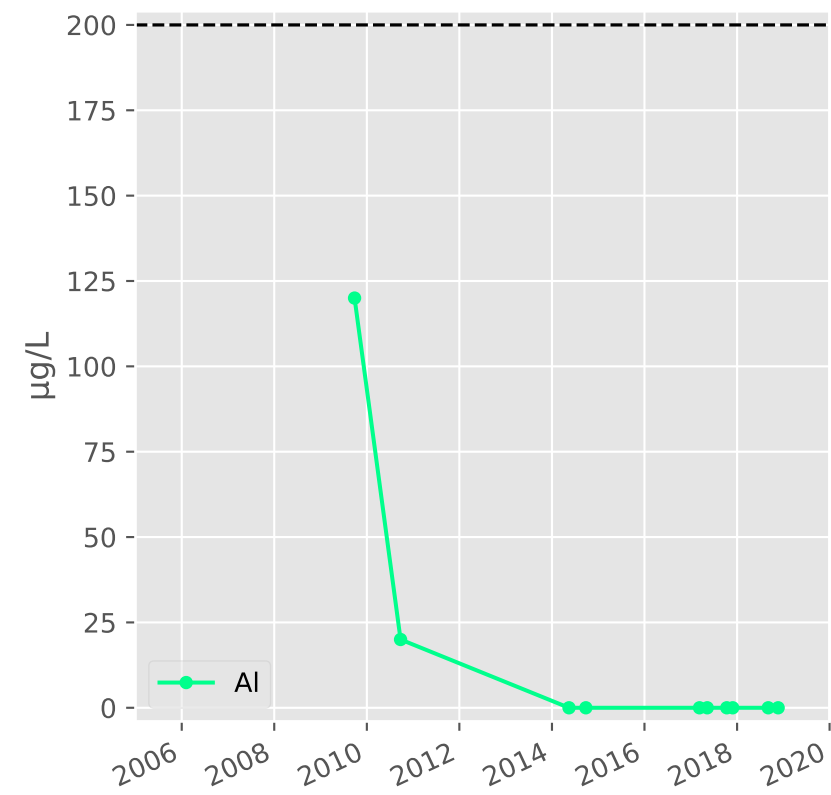
Plomb



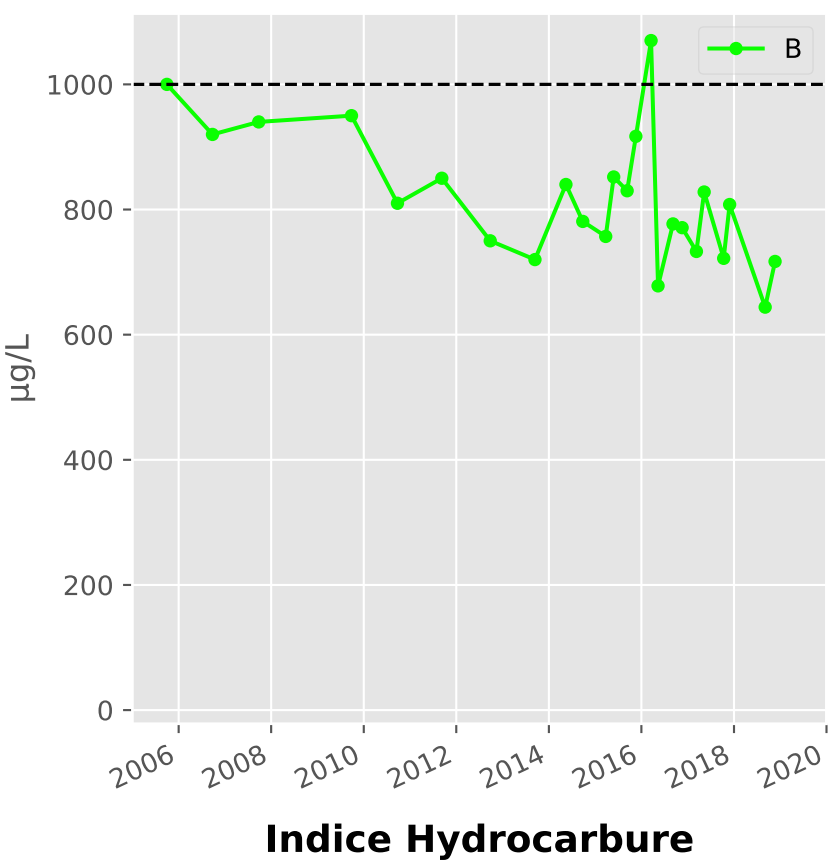
Cadmium



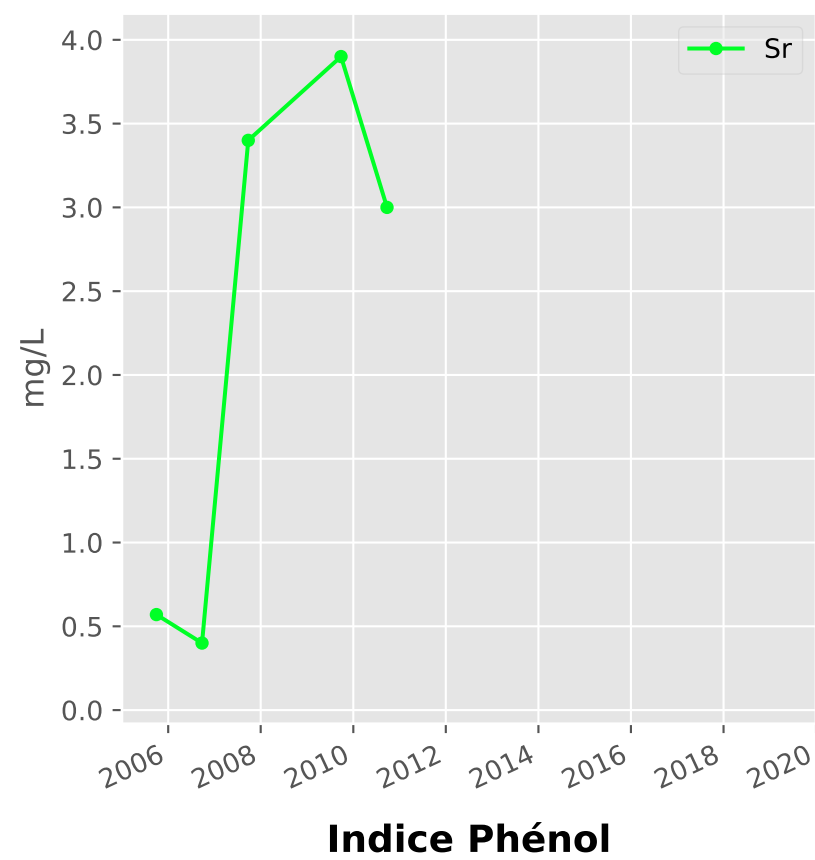
Aluminium



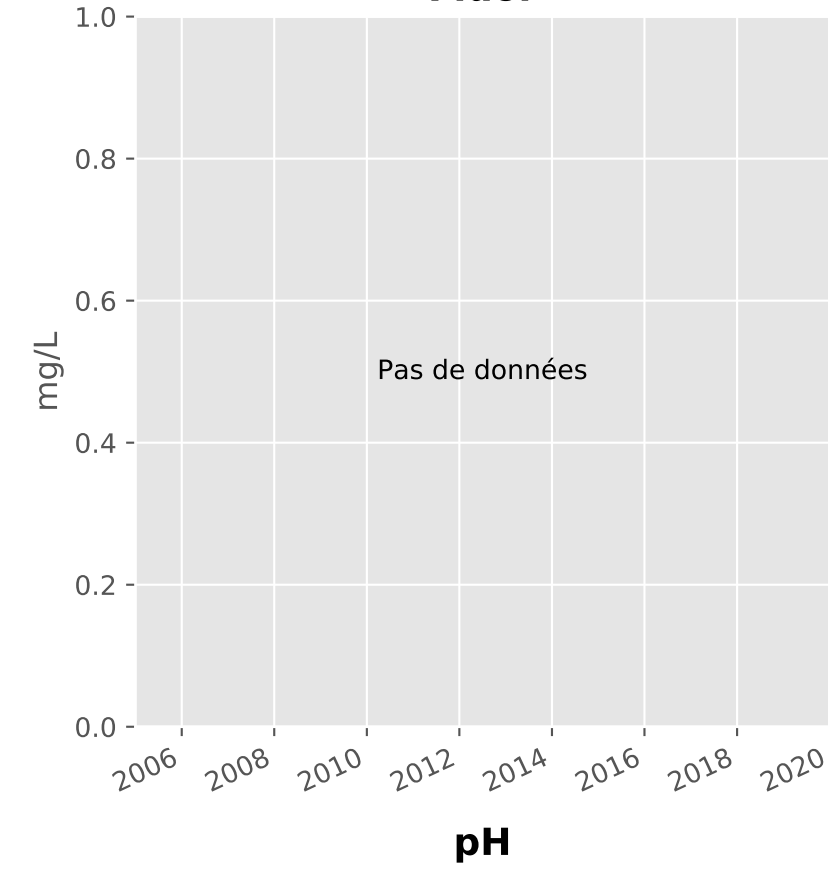
Bore



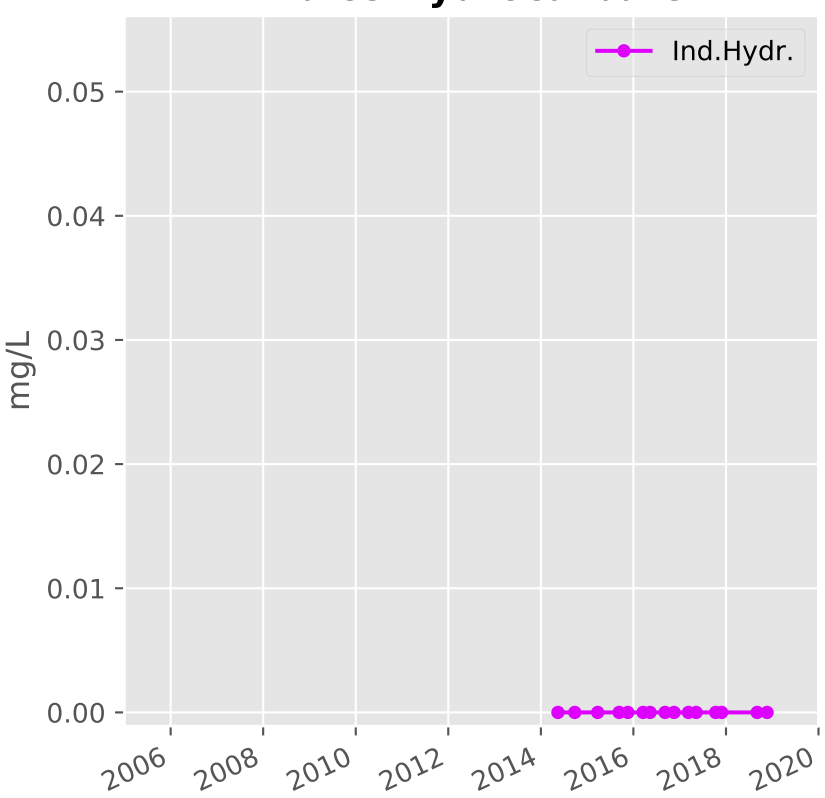
Strontium



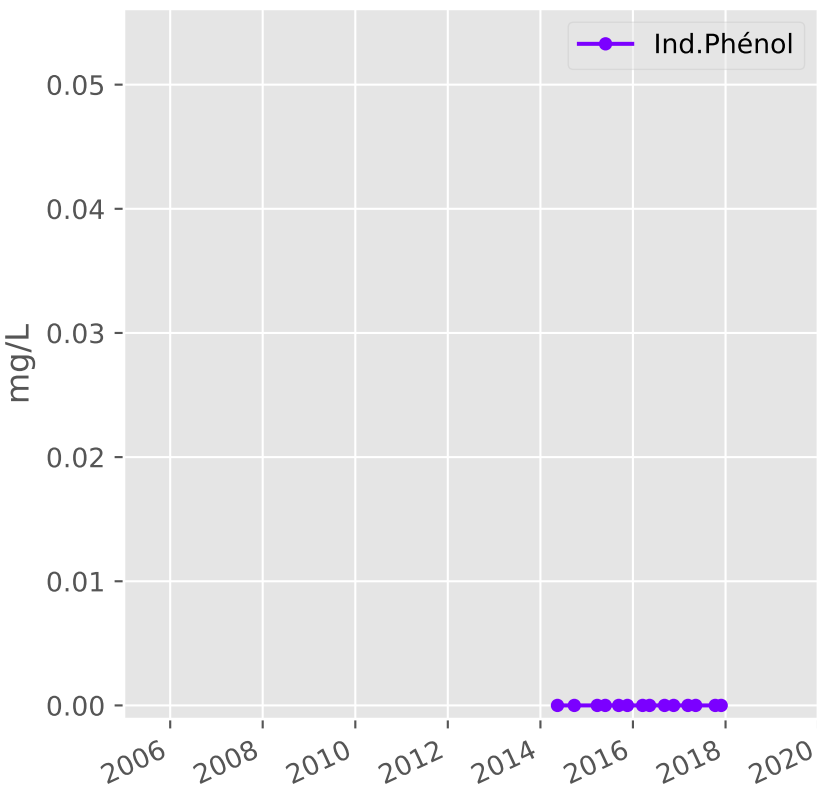
Fluor



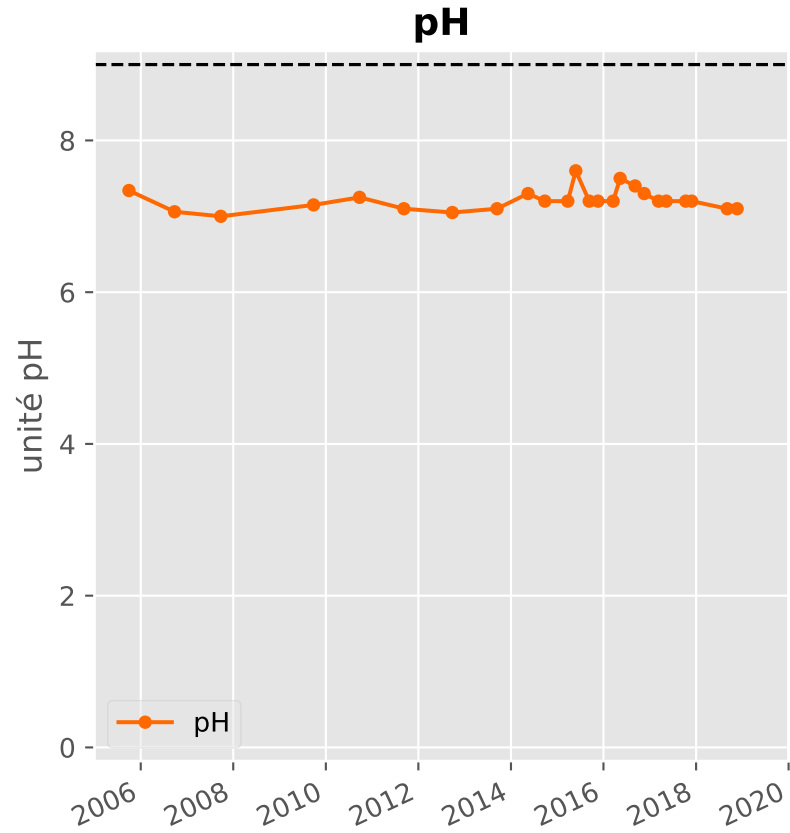
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

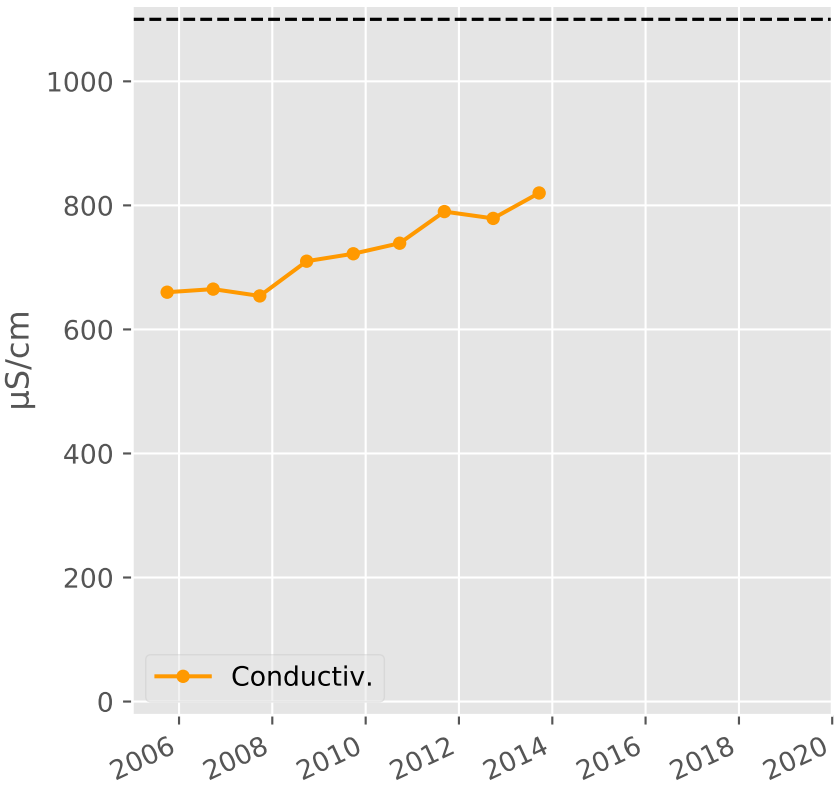


pH

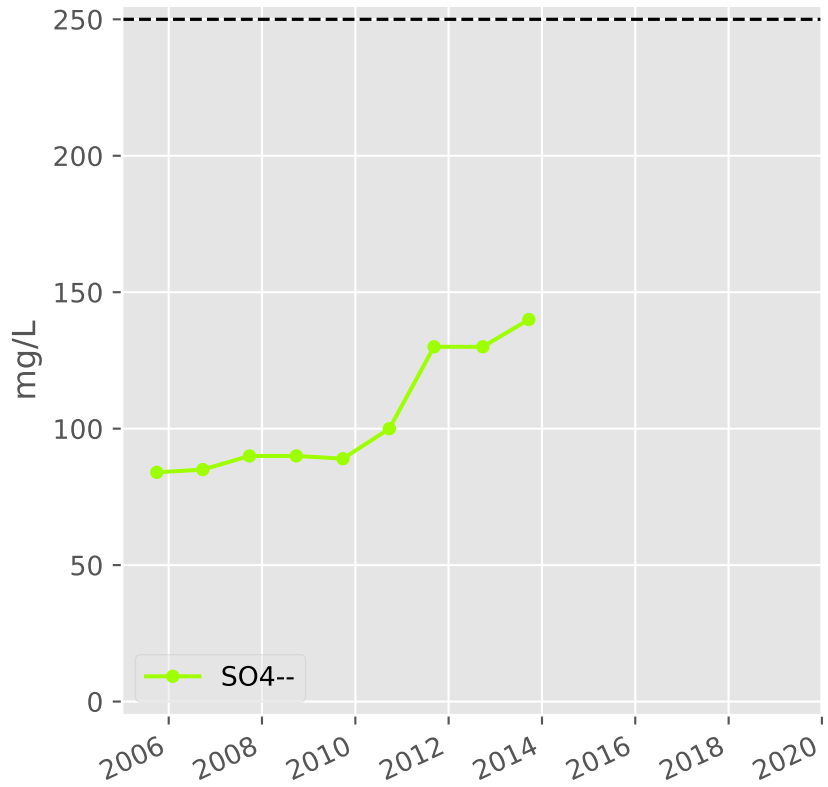


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S11 - Pz. Conroy aval - 01373X0160

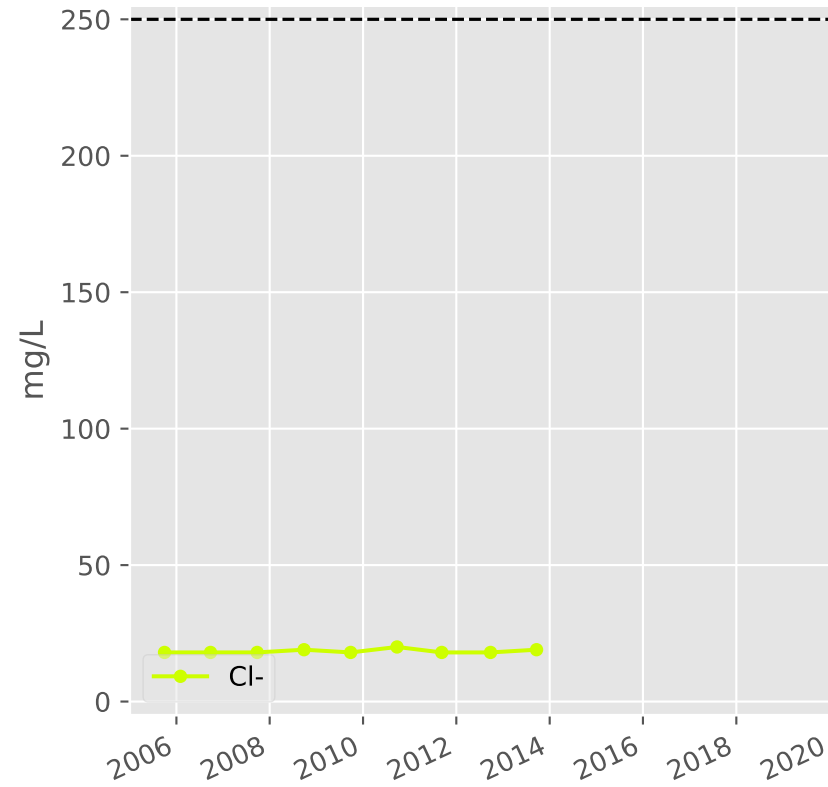
Conductivité



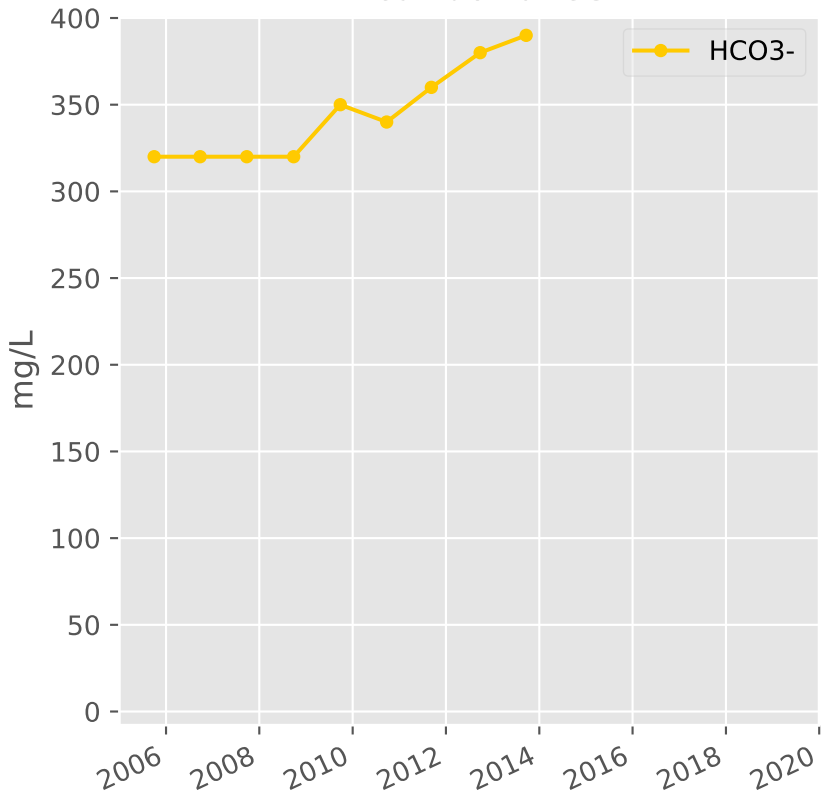
Sulfates



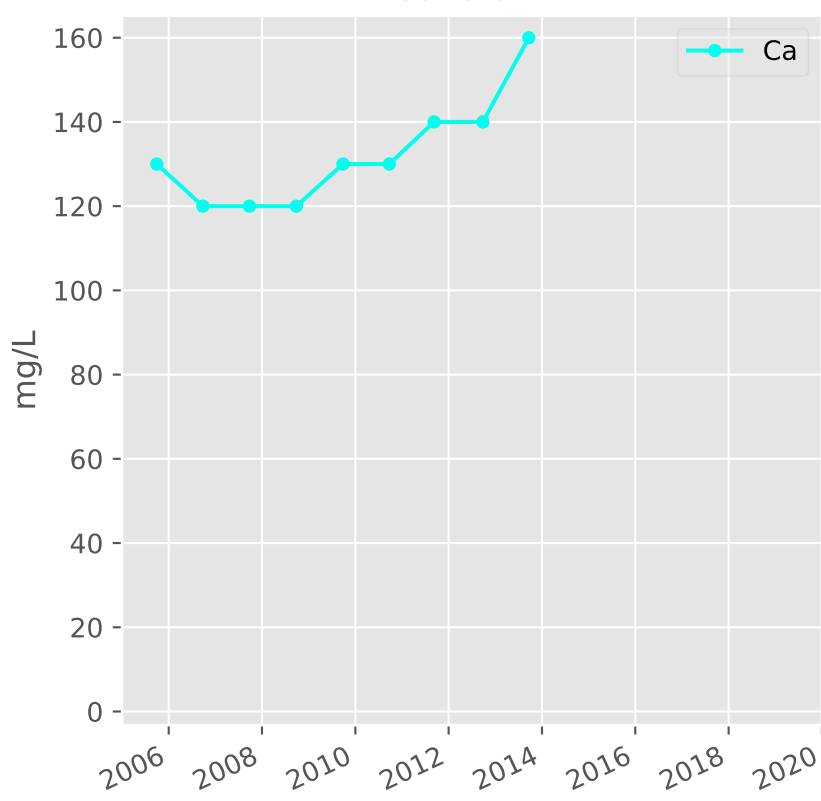
Chlorures



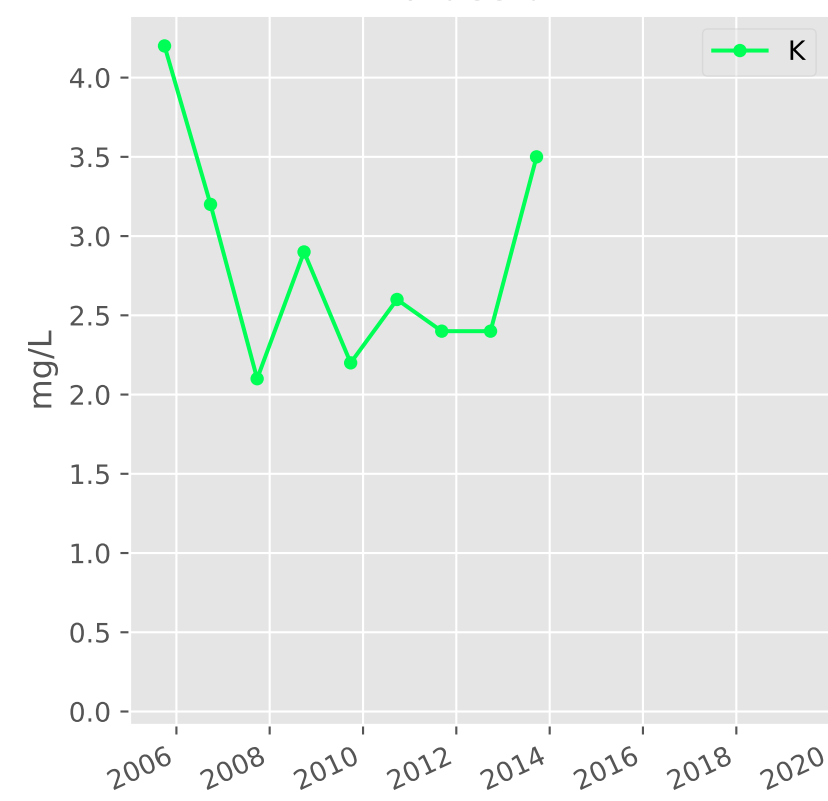
Bicarbonates



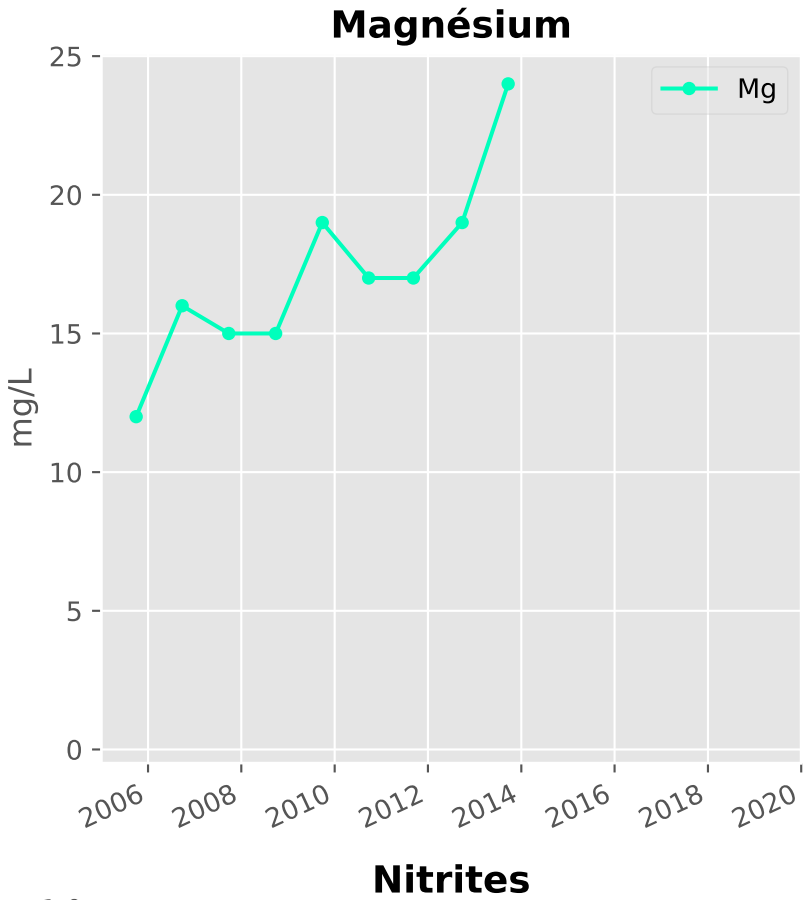
Calcium



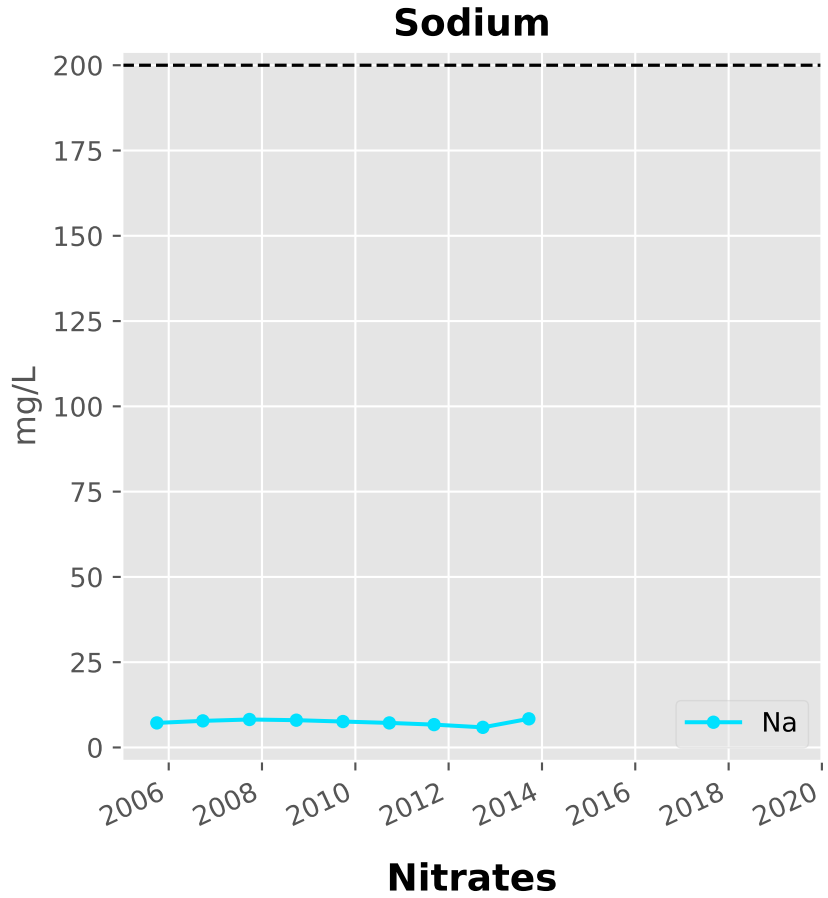
Potassium



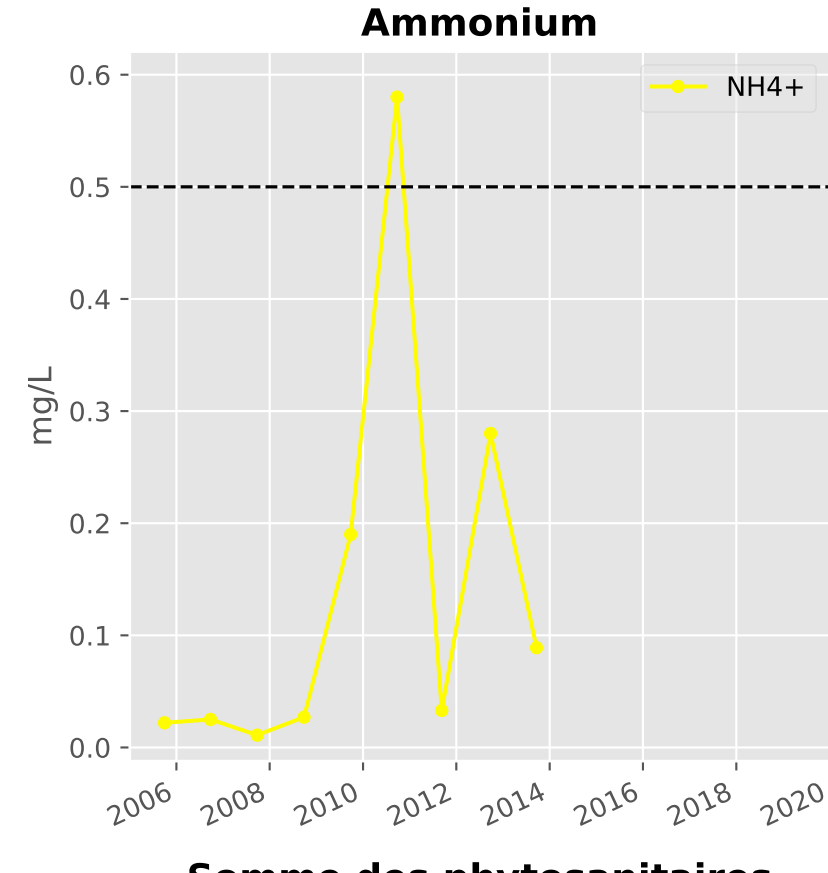
Magnésium



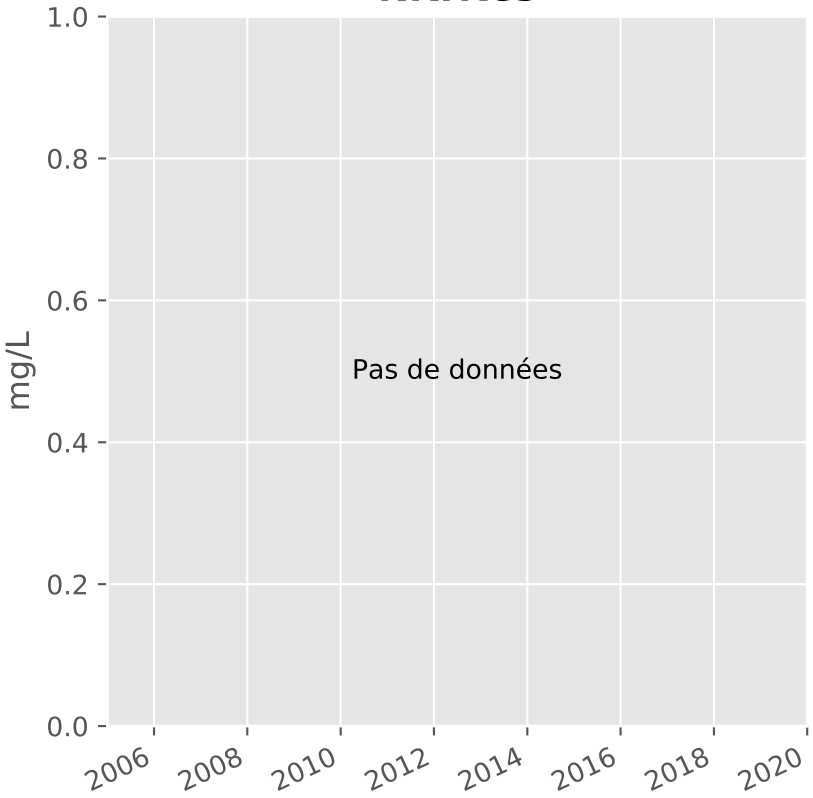
Sodium



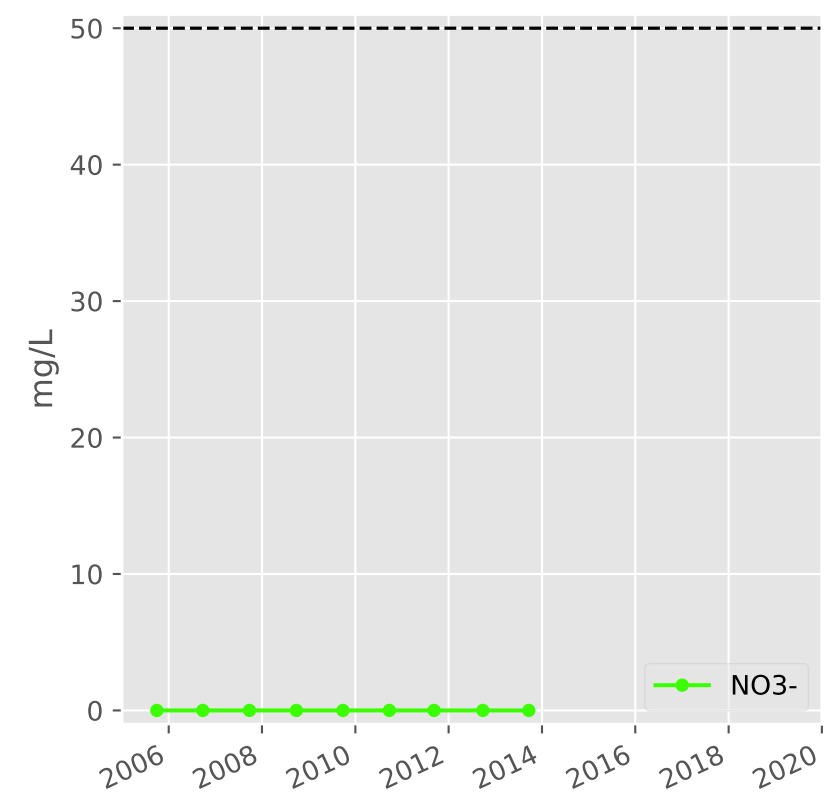
Ammonium



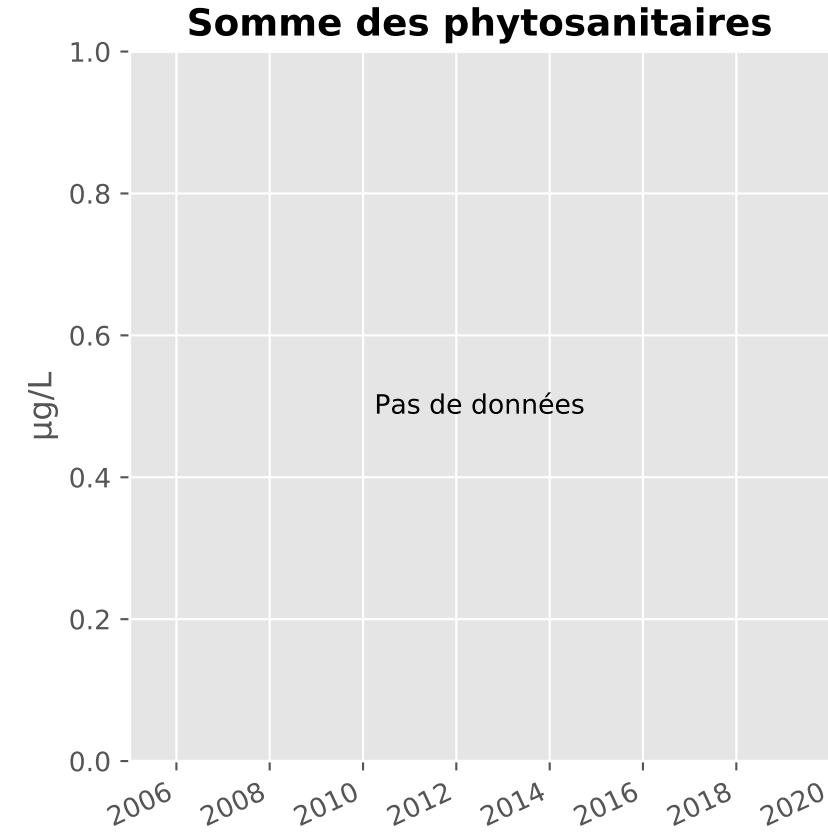
Nitrites



Nitrates

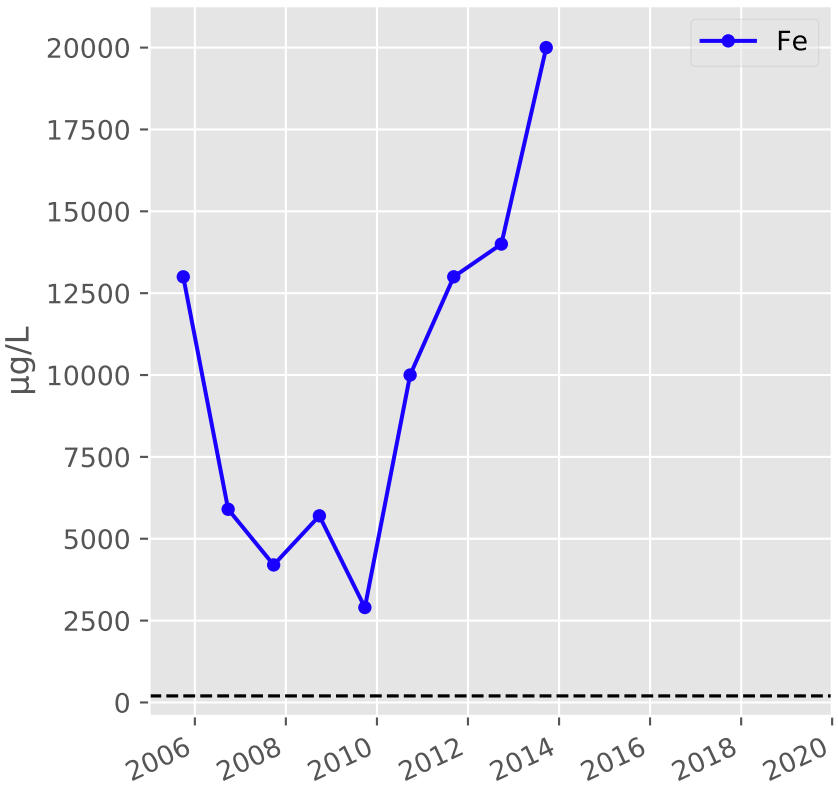


Somme des phytosanitaires

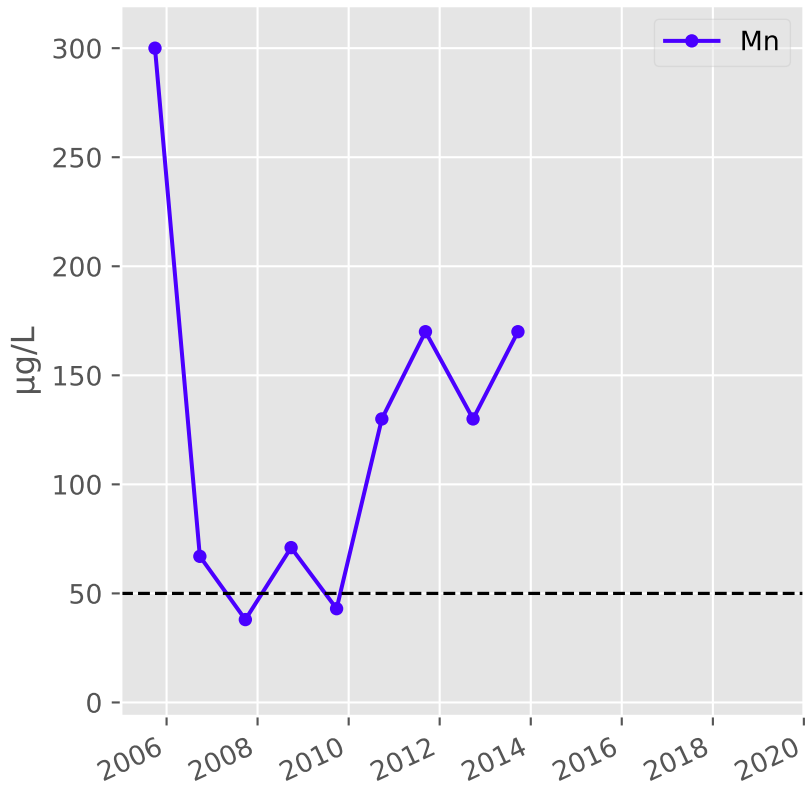


Bassin SUD - Formation ferrifère non exploitée - S11 - Pz. Conroy aval - 01373X0160

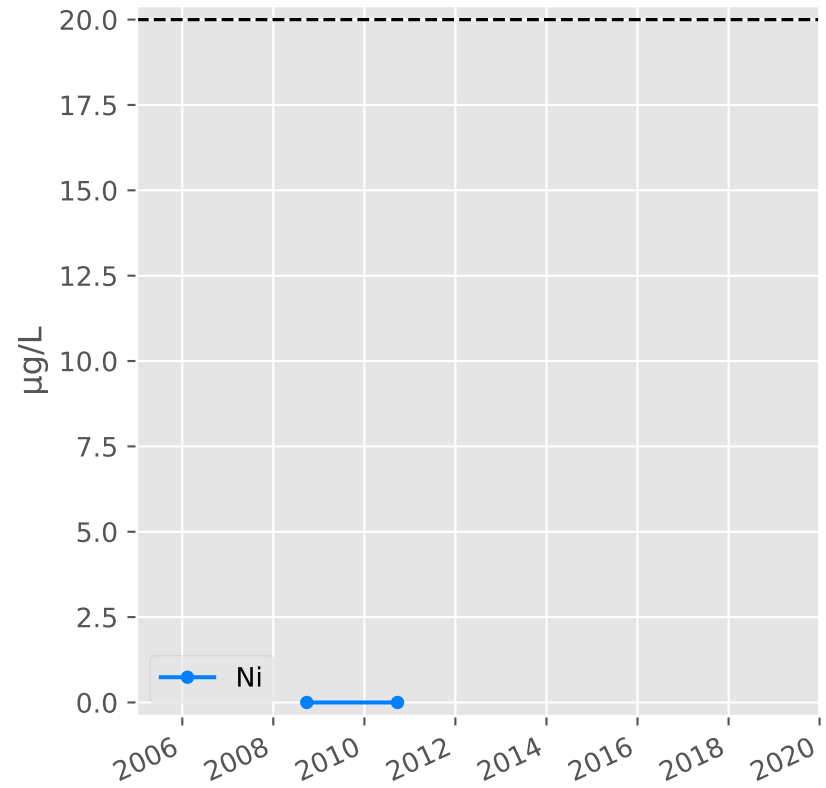
Fer



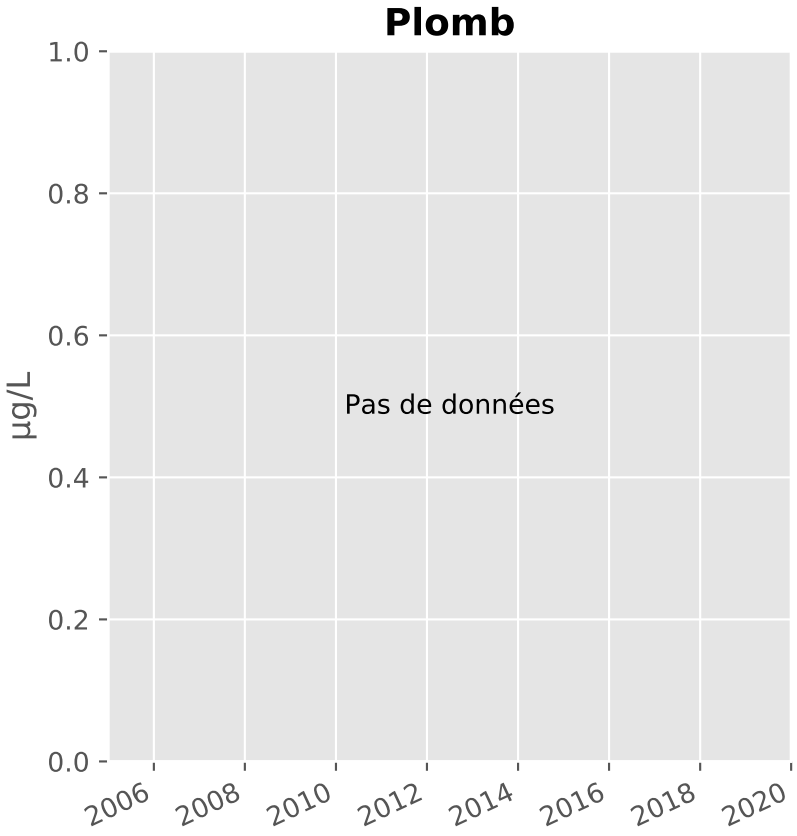
Manganèse



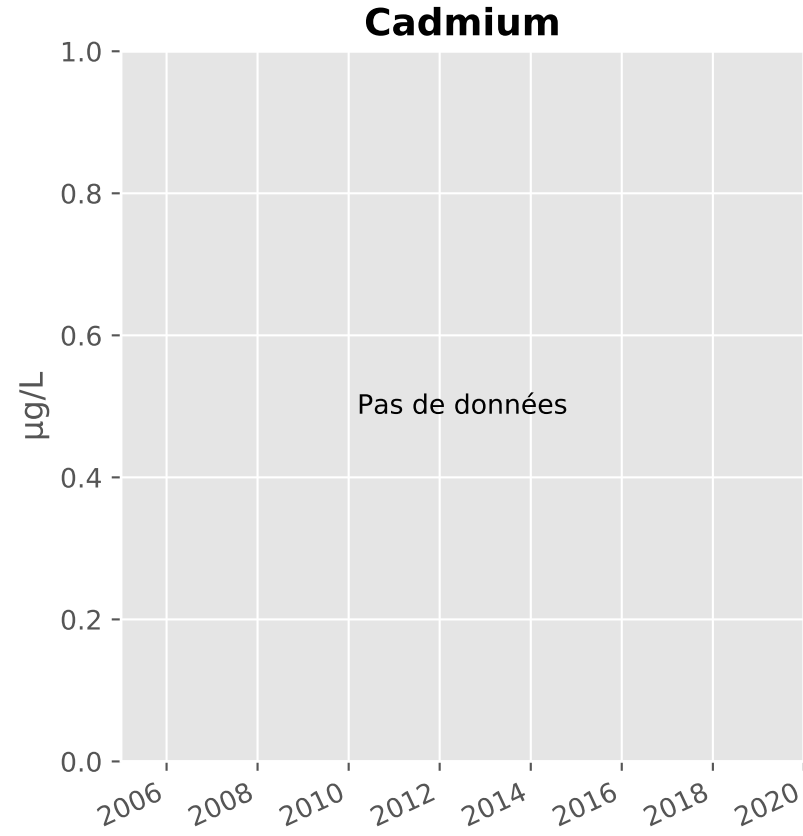
Nickel



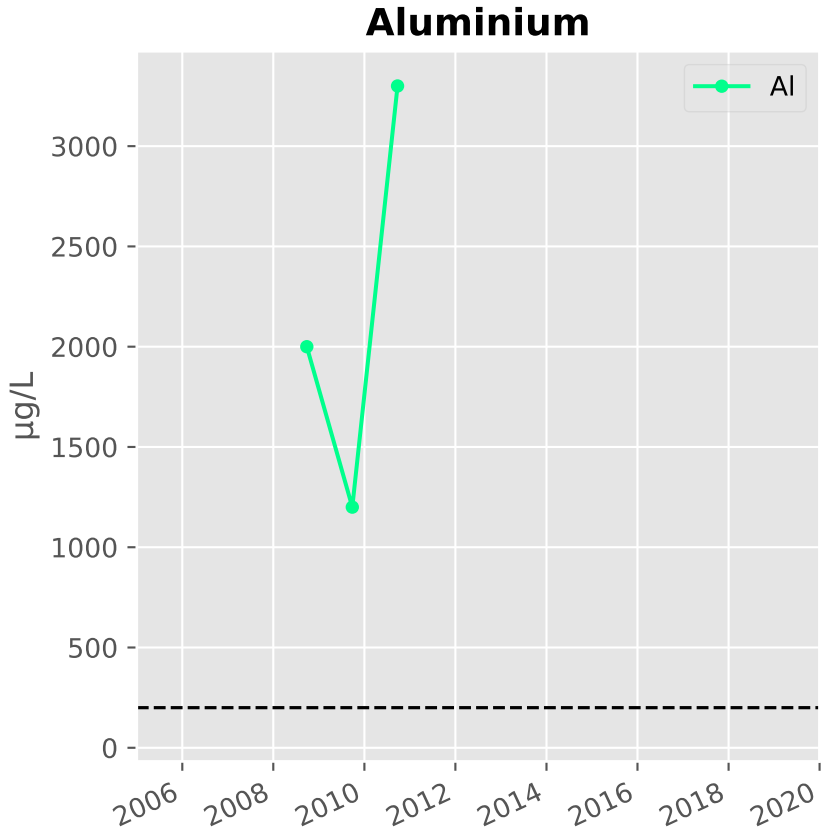
Plomb



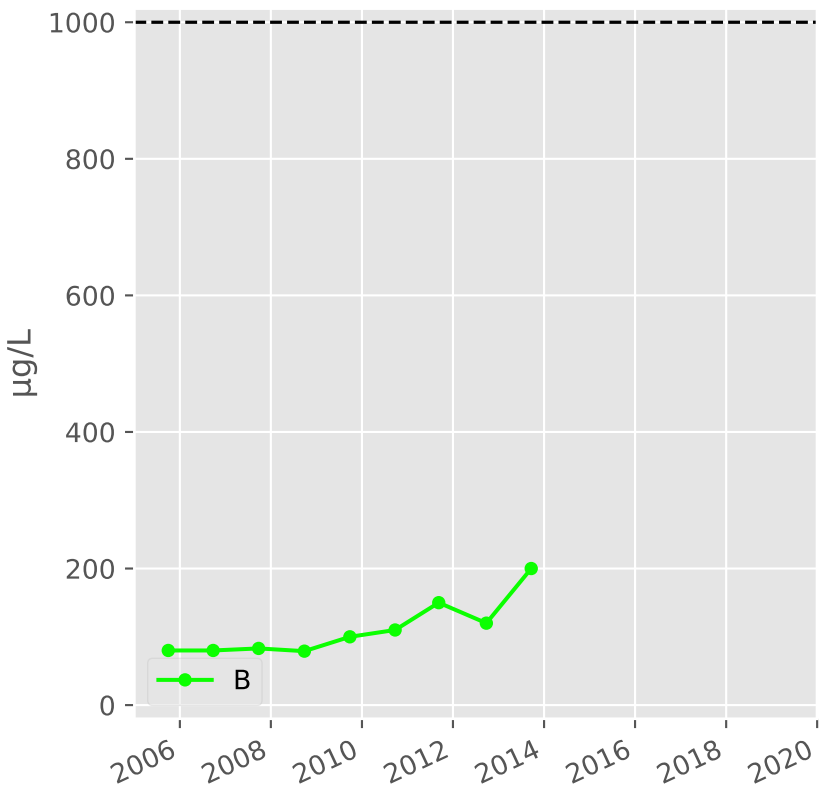
Cadmium



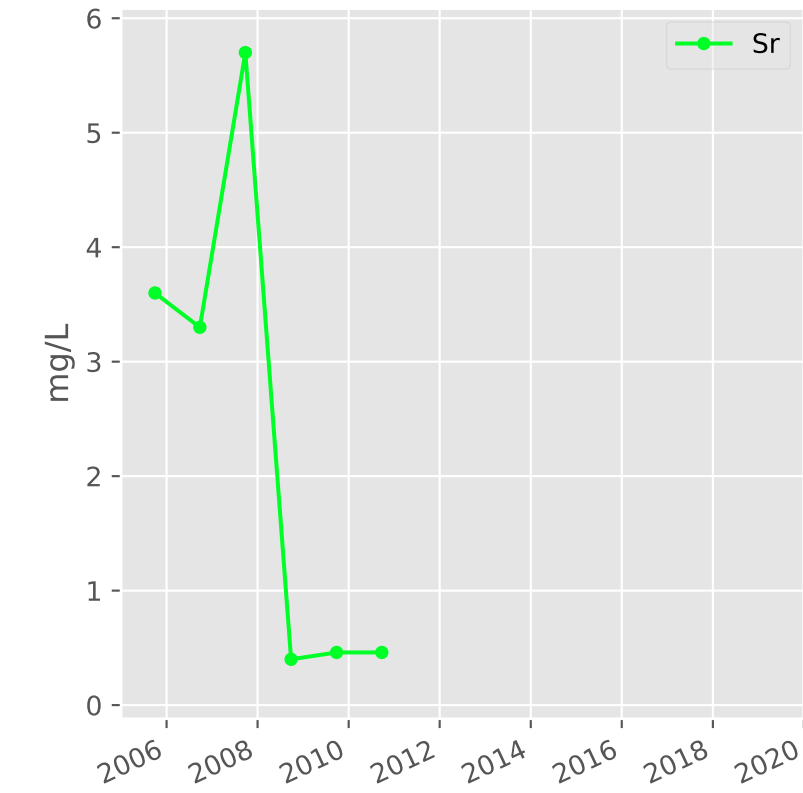
Aluminium



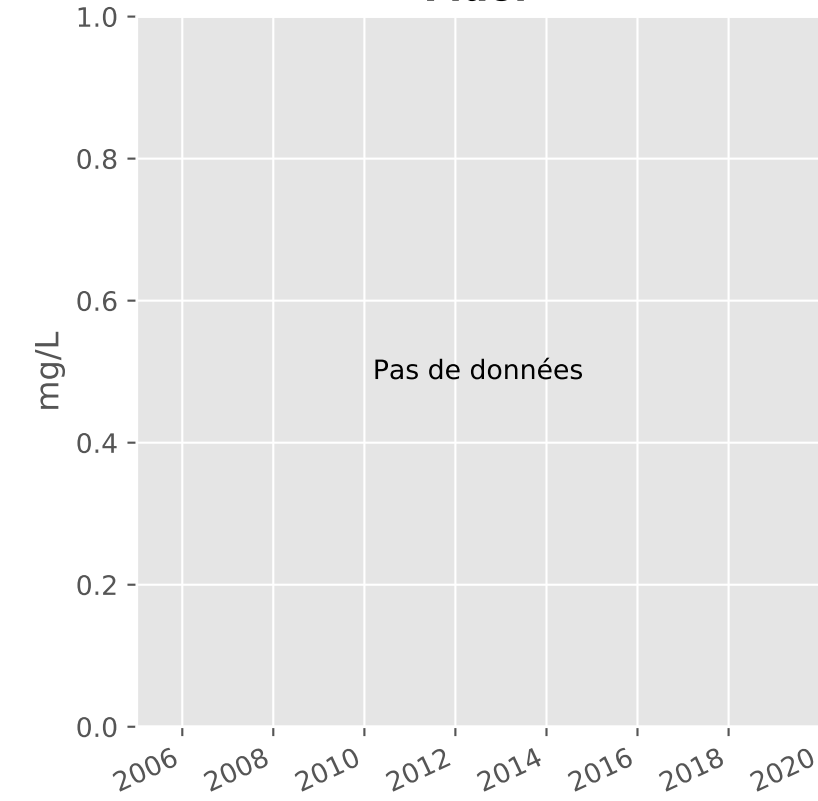
Bore



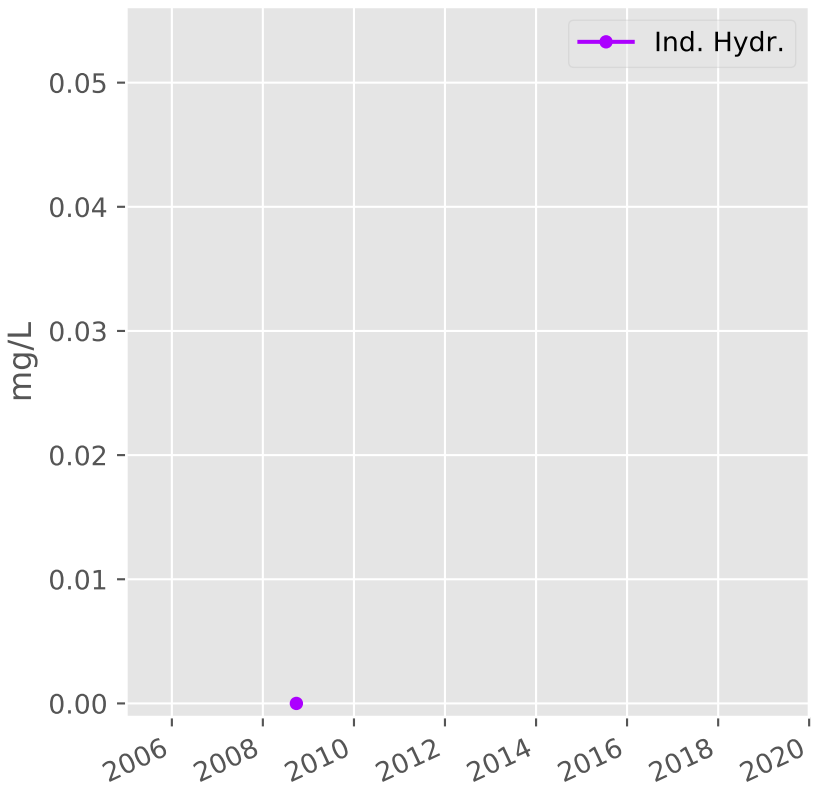
Strontium



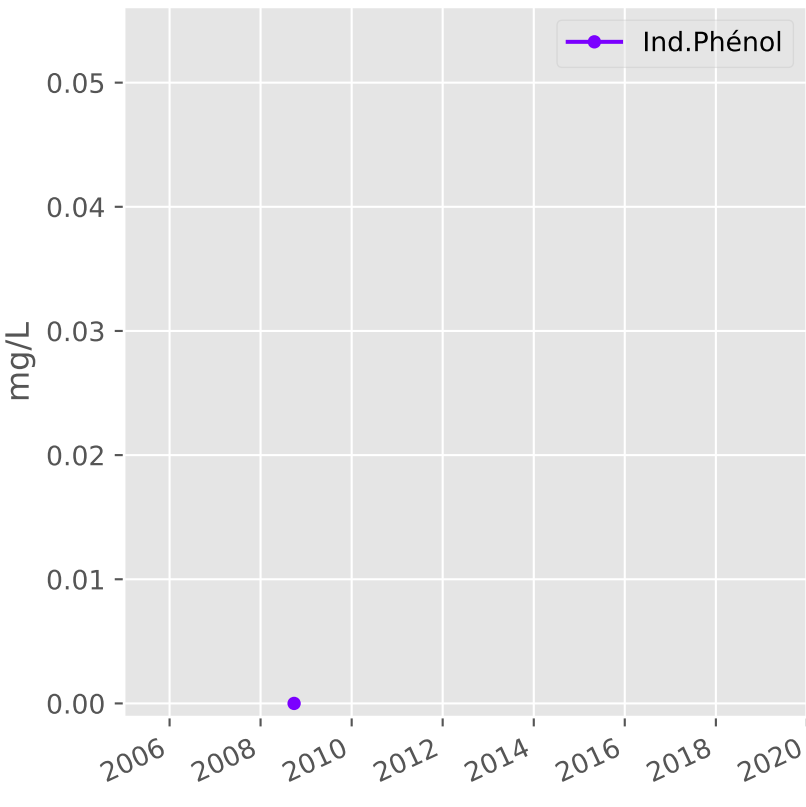
Fluor



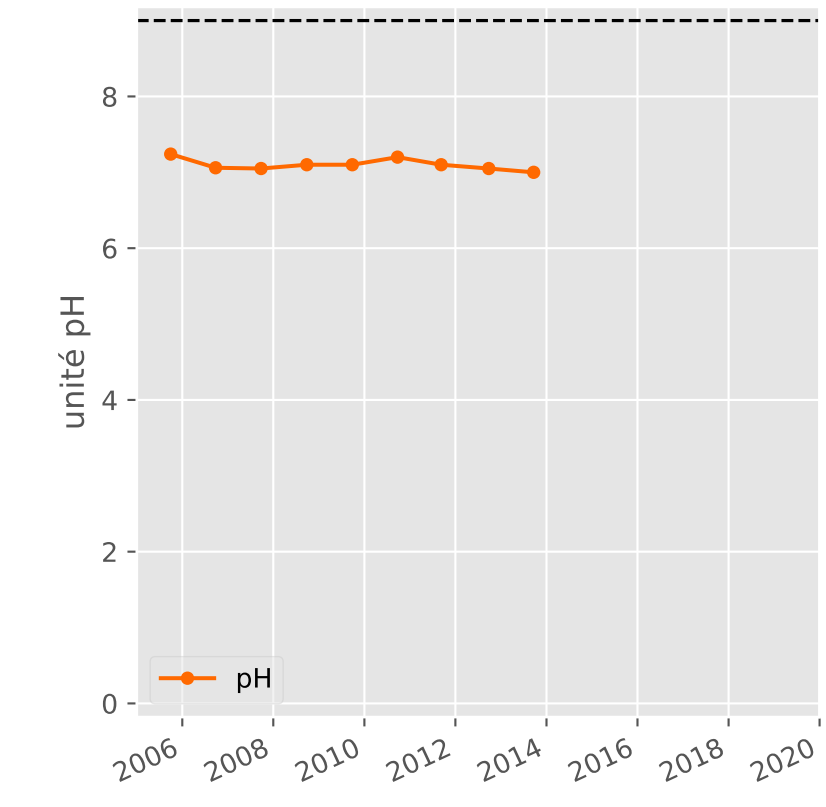
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

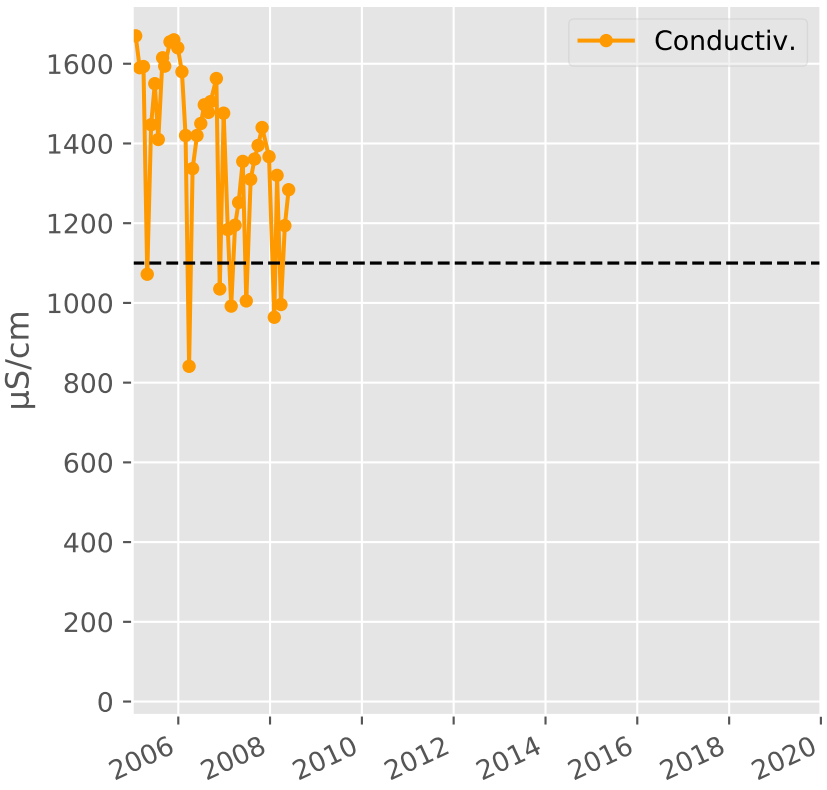


pH

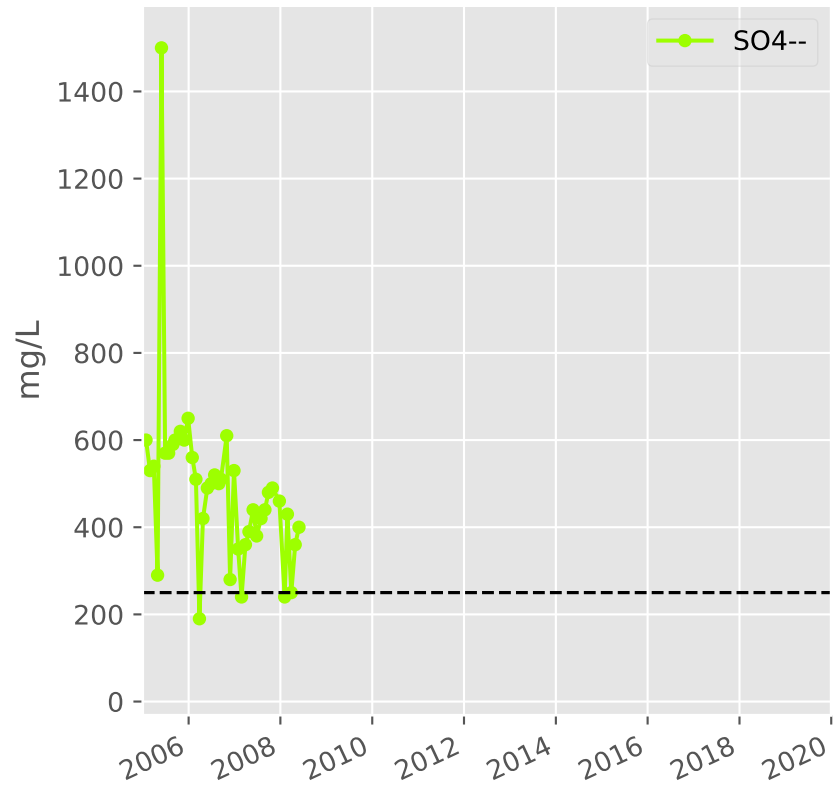


Bassin CENTRE - Cours d'eau Conroy - C20 - Conroy - confluence Chevillon - 01373X0175

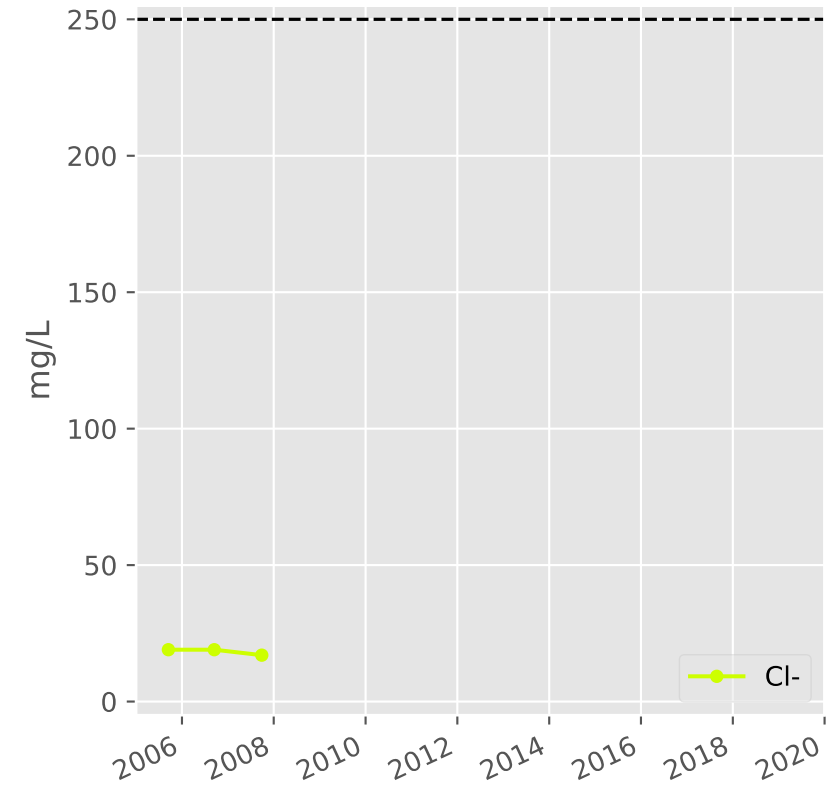
Conductivité



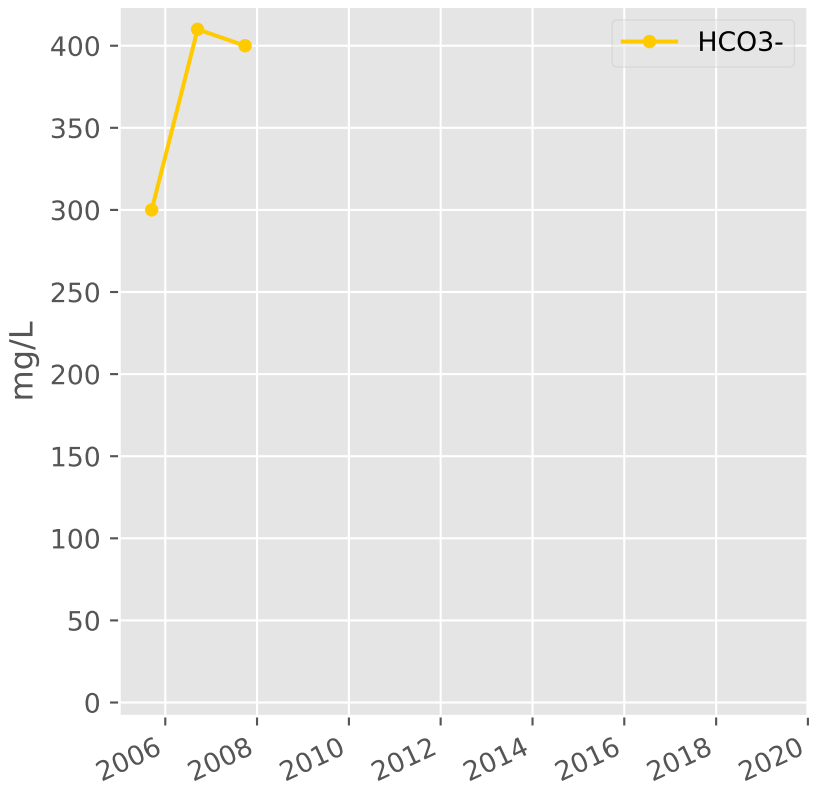
Sulfates



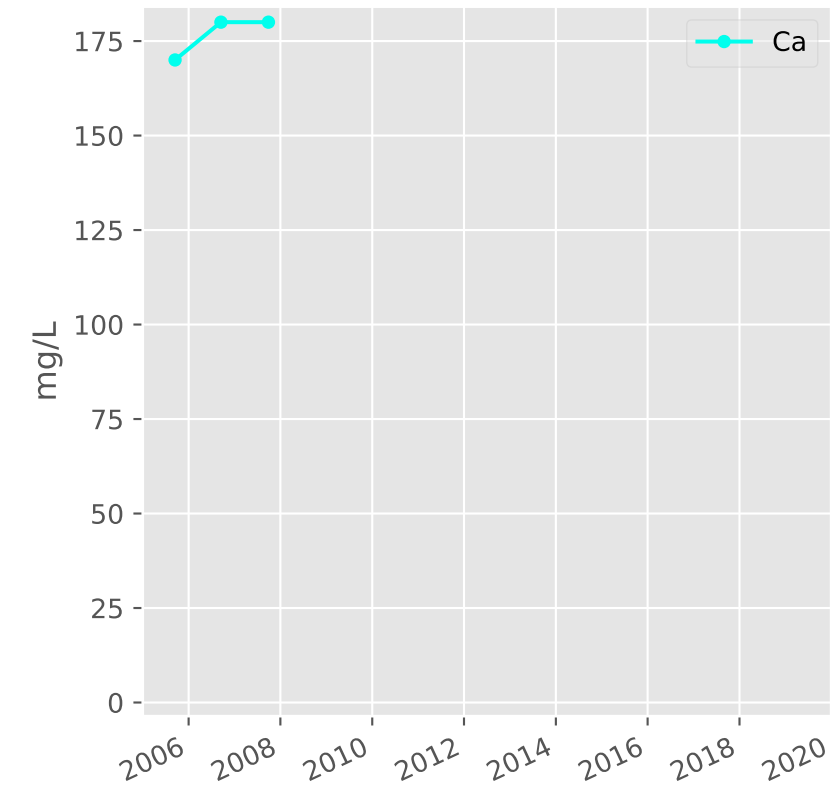
Chlorures



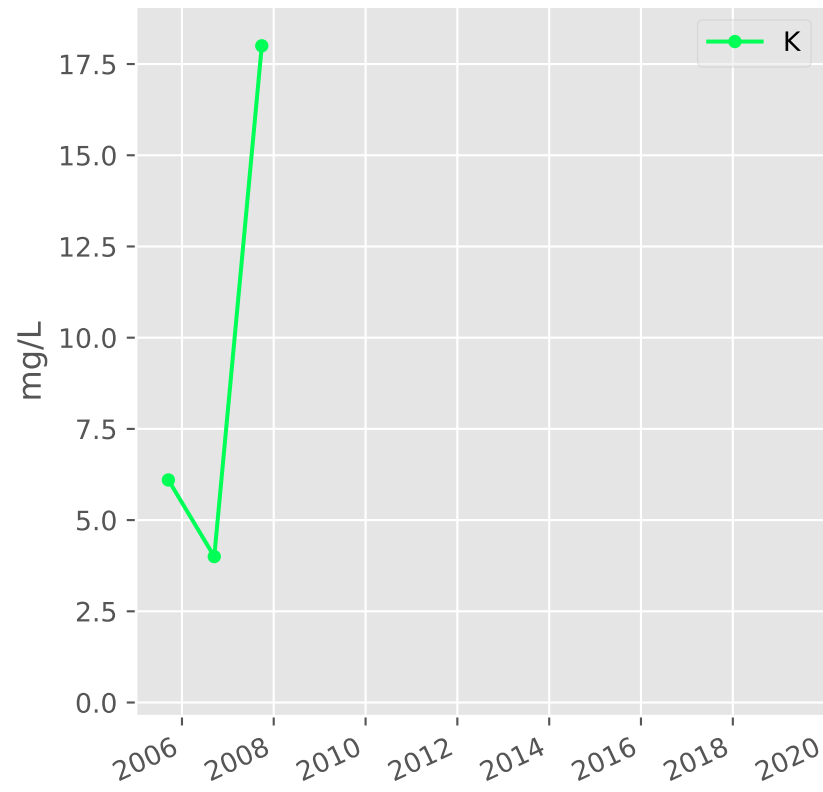
Bicarbonates



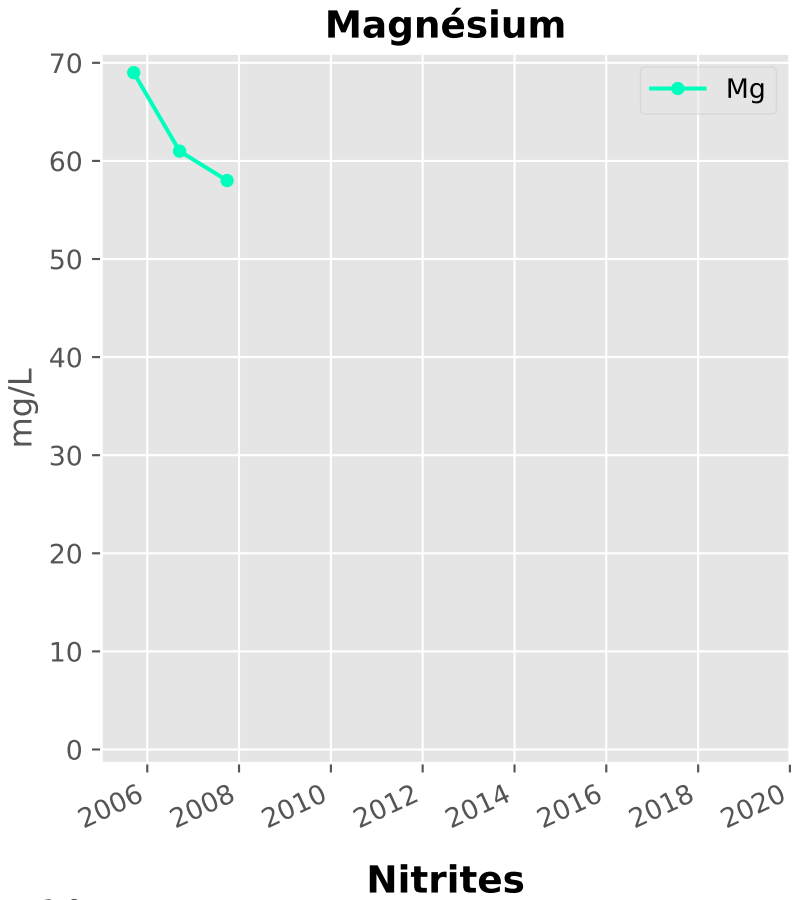
Calcium



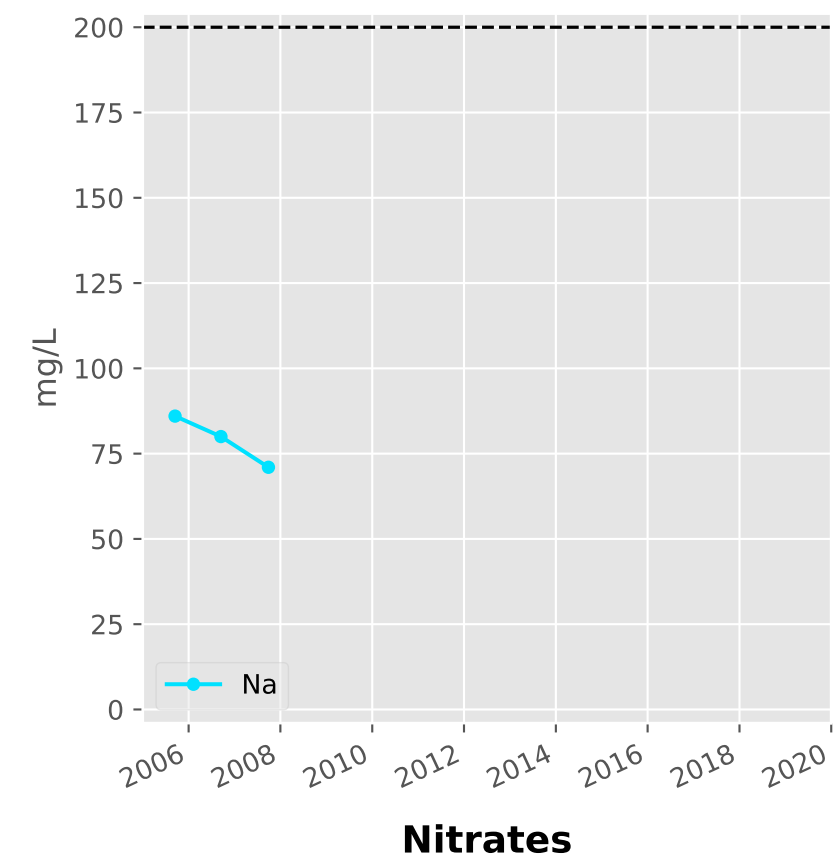
Potassium



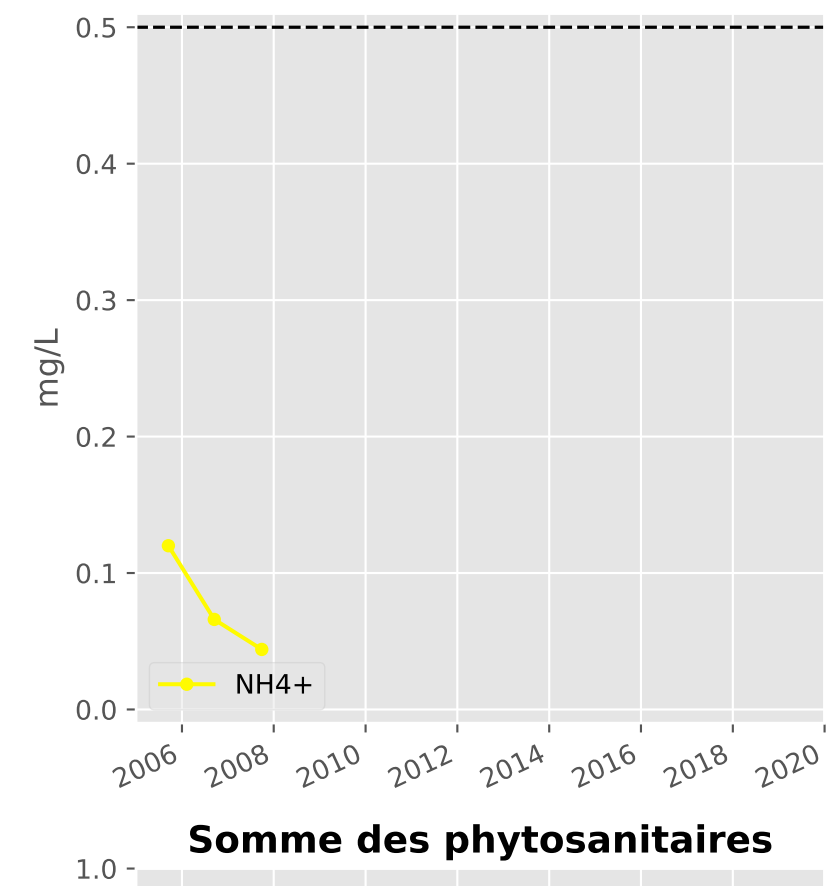
Magnésium



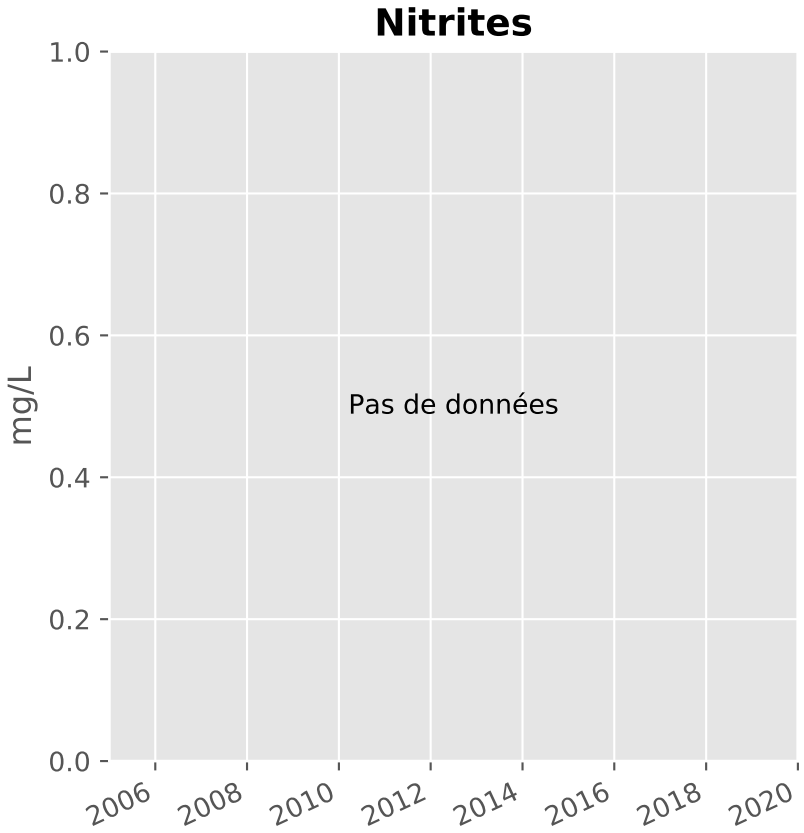
Sodium



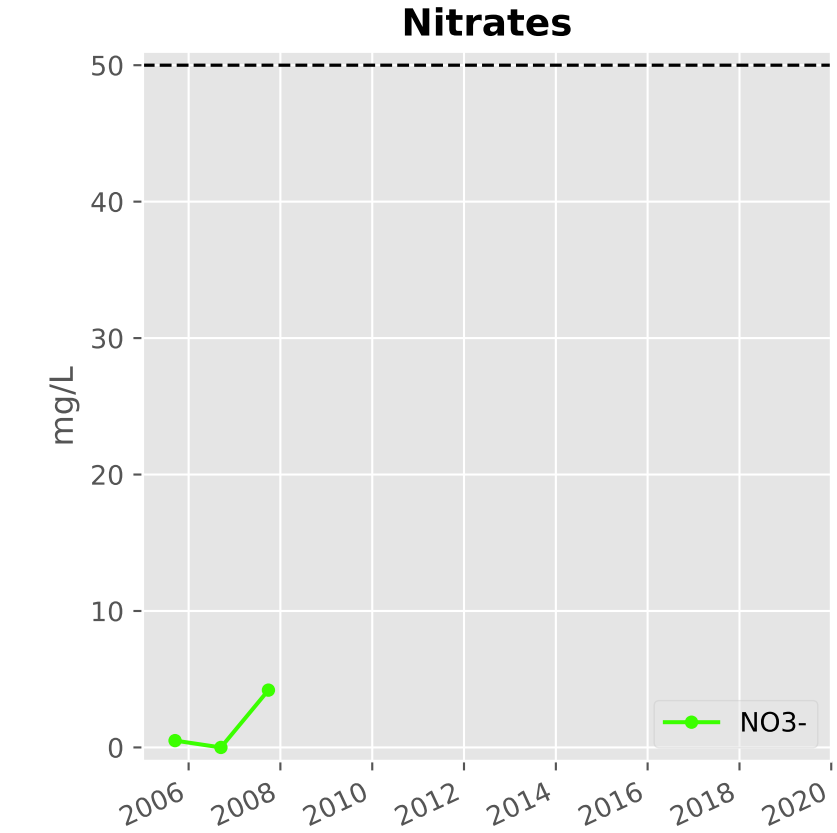
Ammonium



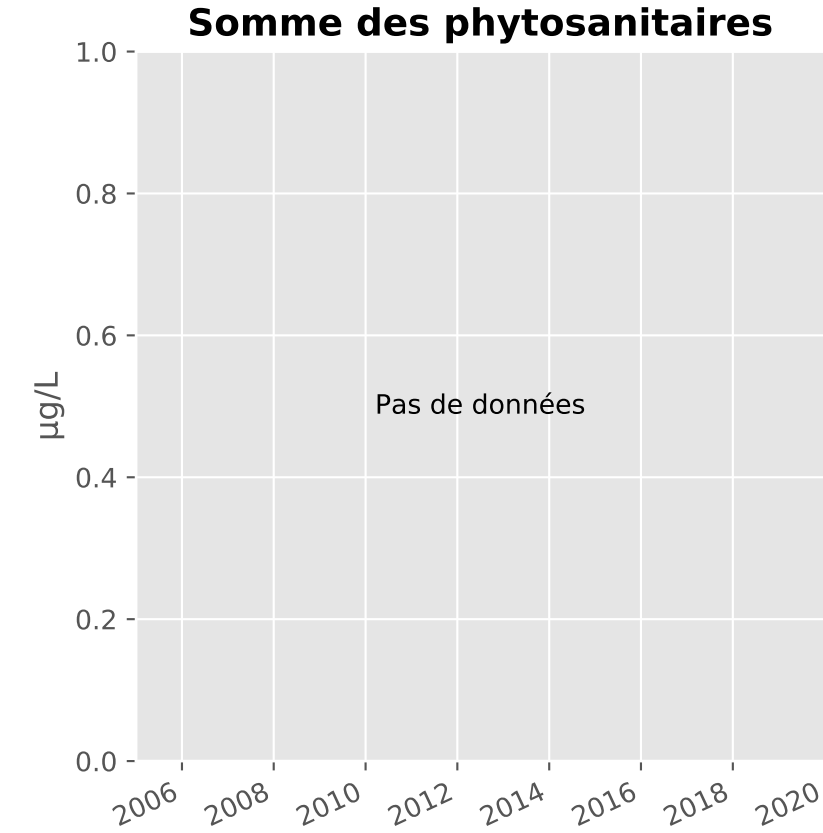
Nitrites



Nitrates

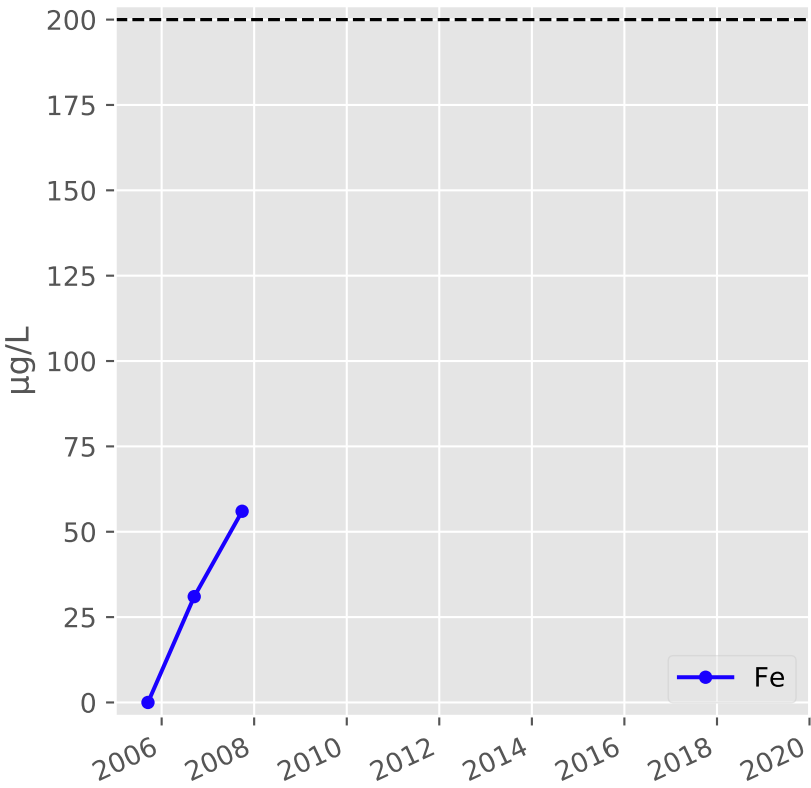


Somme des phytosanitaires

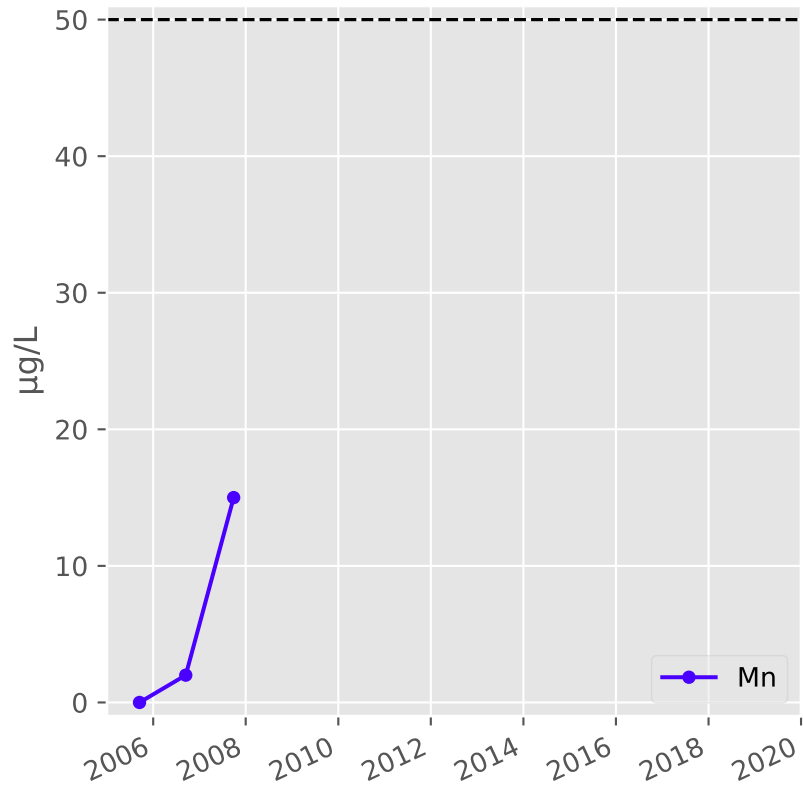


Bassin CENTRE - Cours d'eau Conroy - C20 - Conroy - confluence Chevillon - 01373X0175

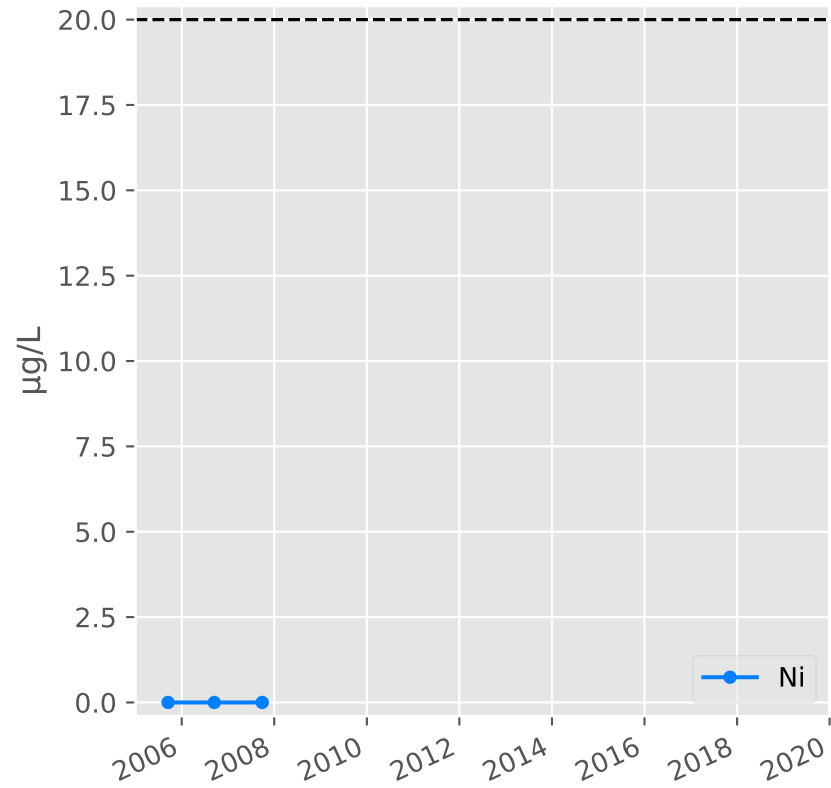
Fer



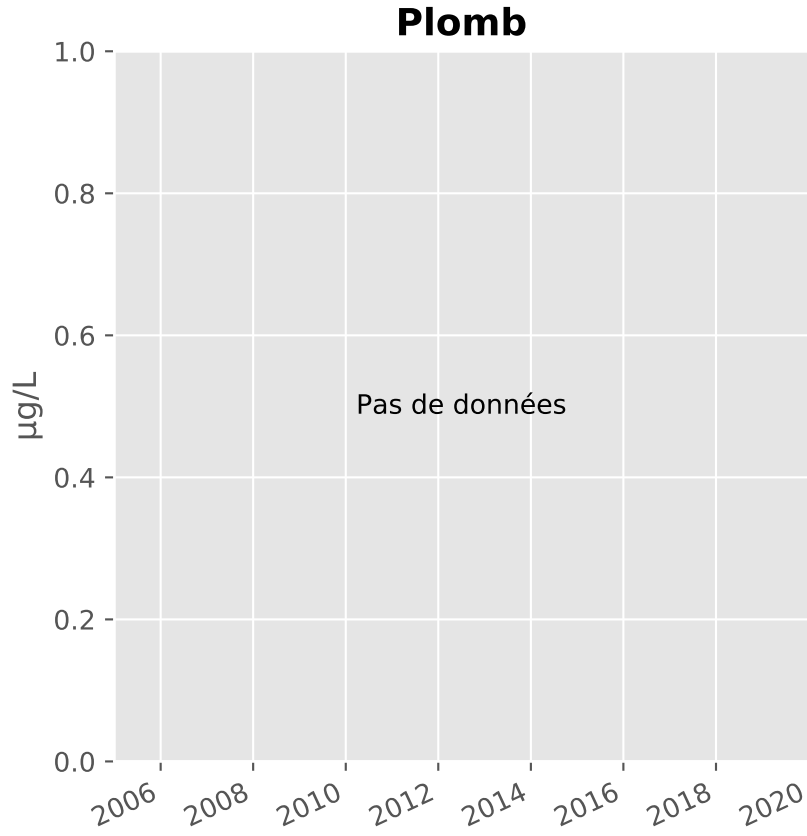
Manganèse



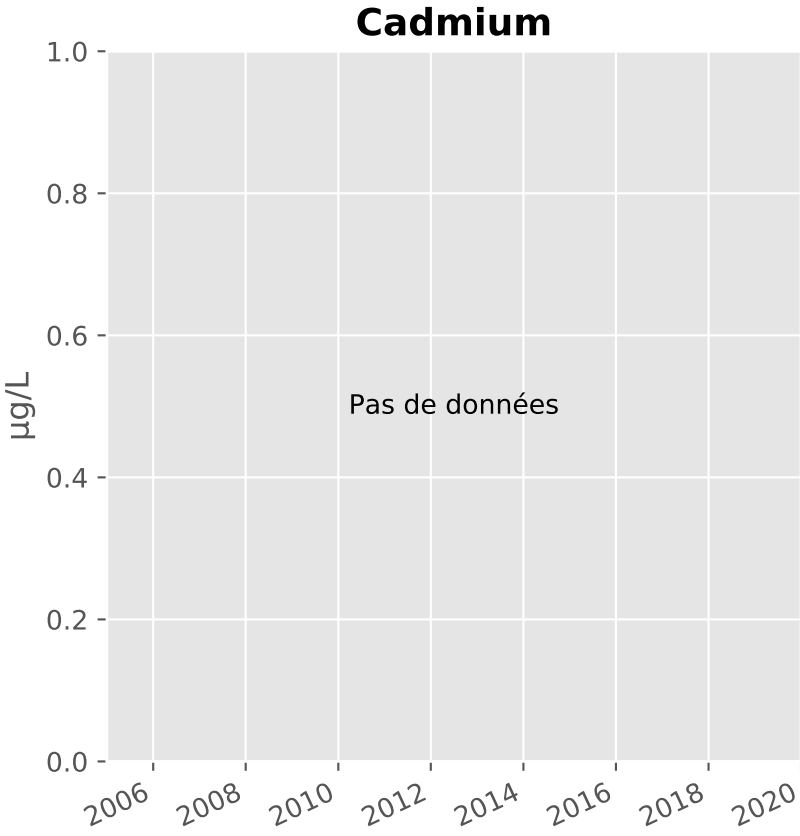
Nickel



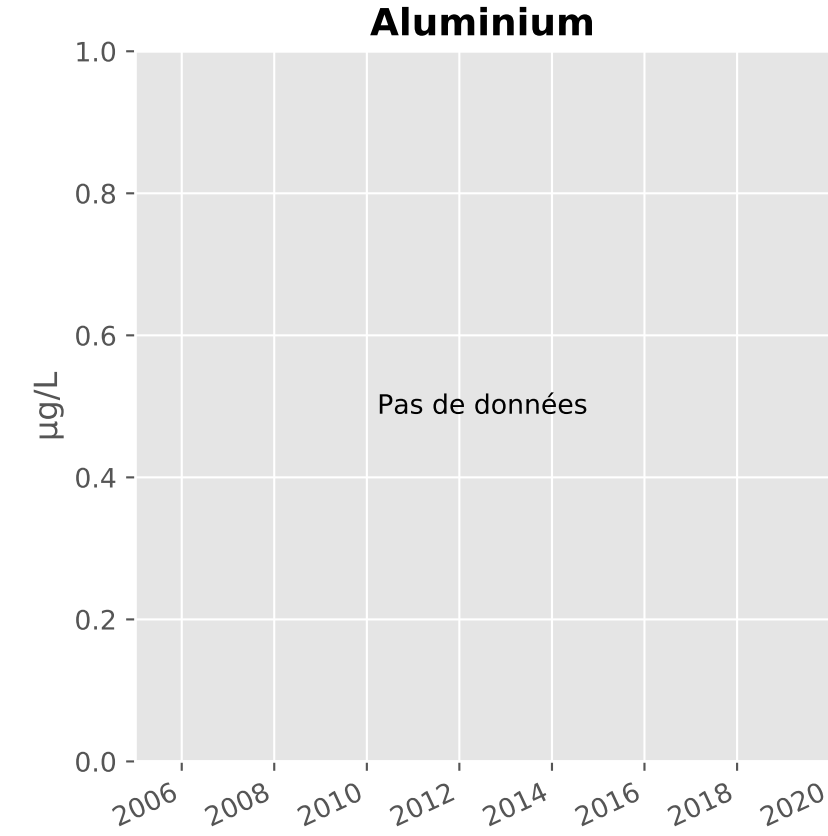
Plomb



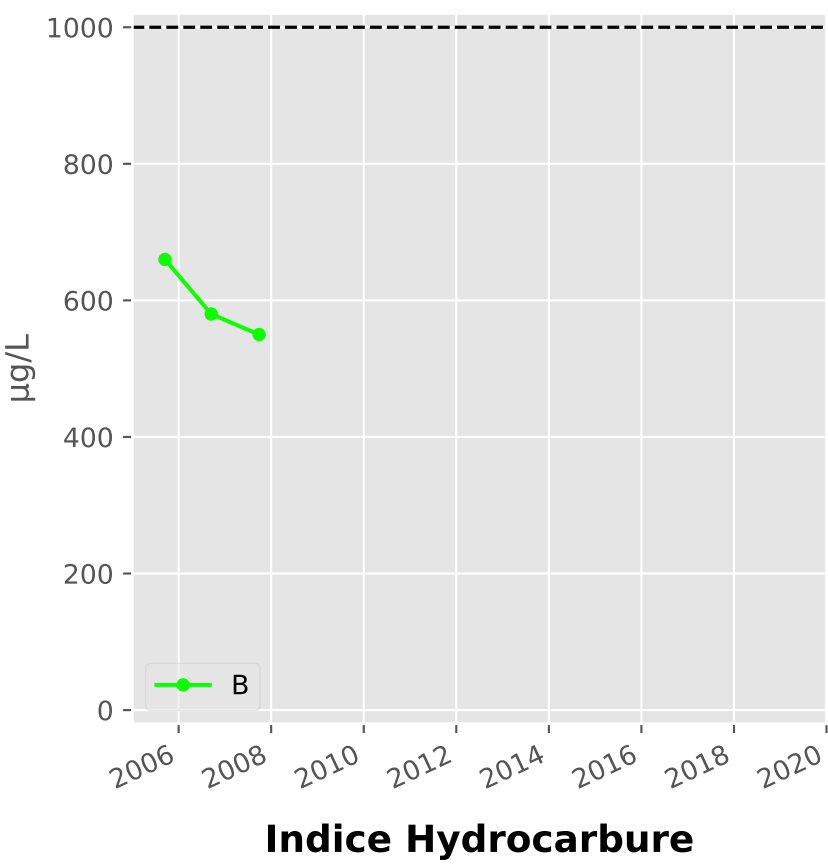
Cadmium



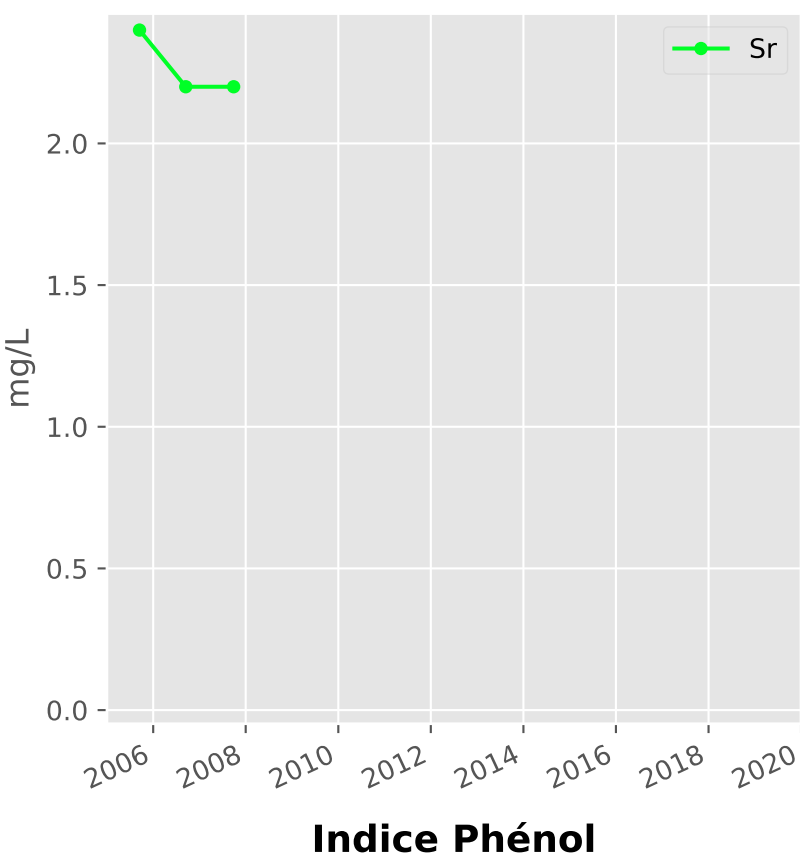
Aluminium



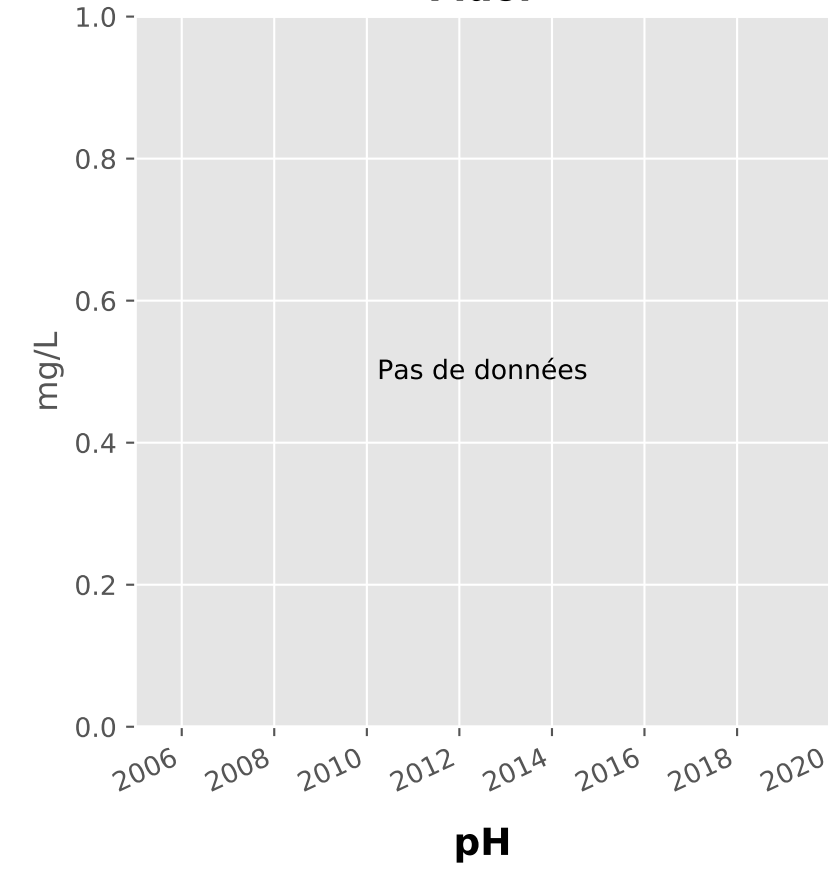
Bore



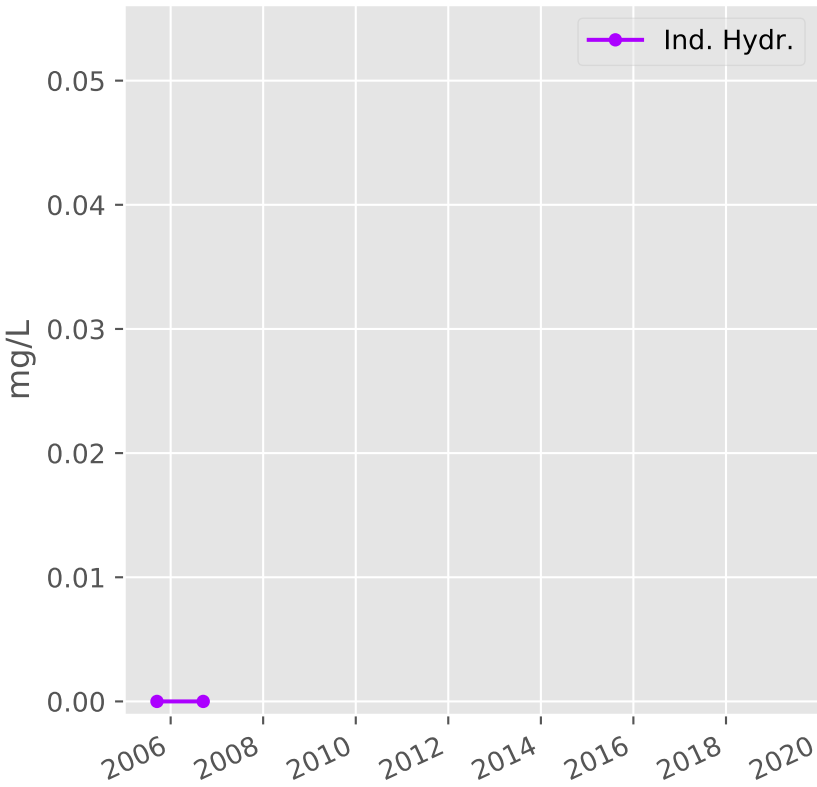
Strontium



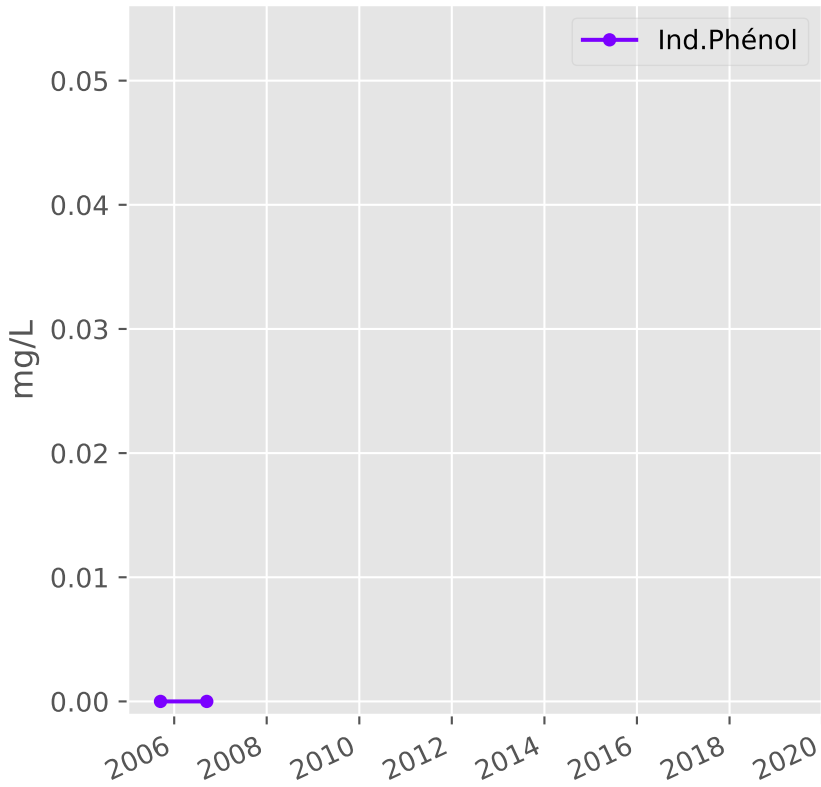
Fluor



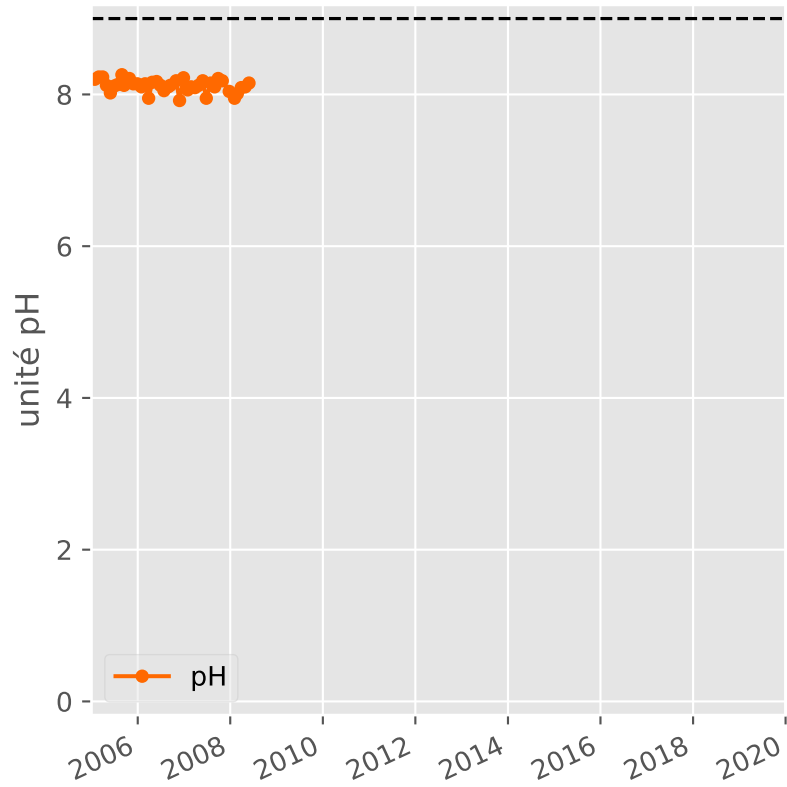
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

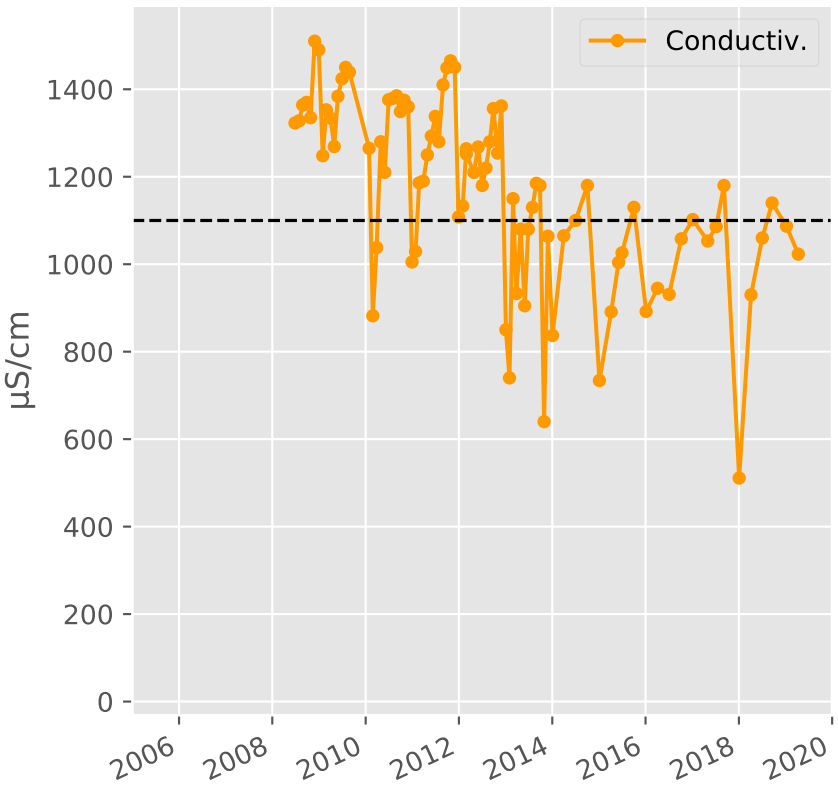


pH

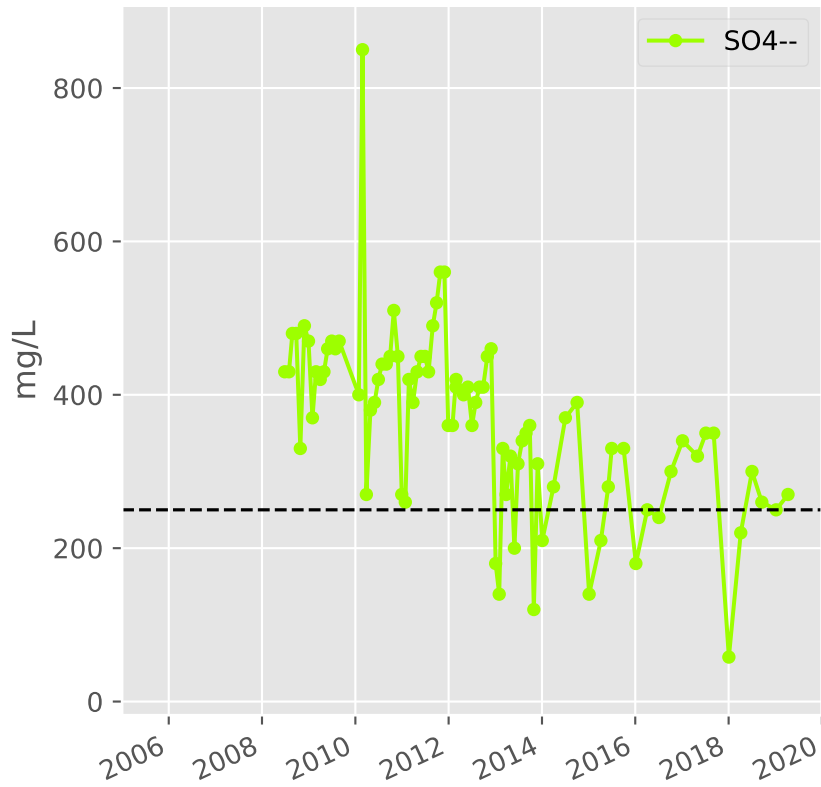


Bassin CENTRE - Cours d'eau Conroy - C21 - Conroy - station hydrométrique - 01373X0176

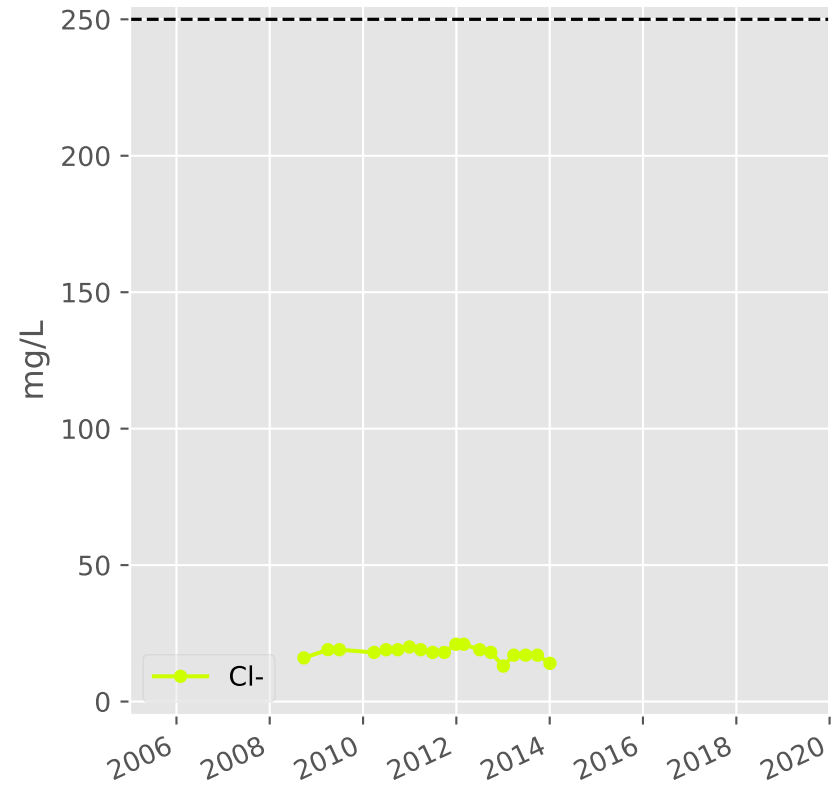
Conductivité



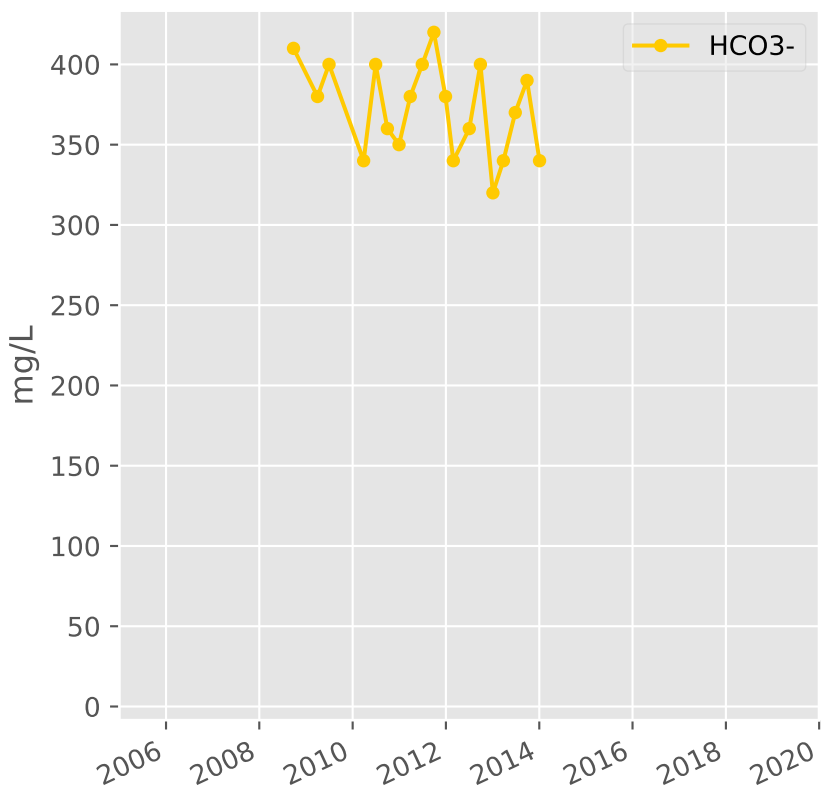
Sulfates



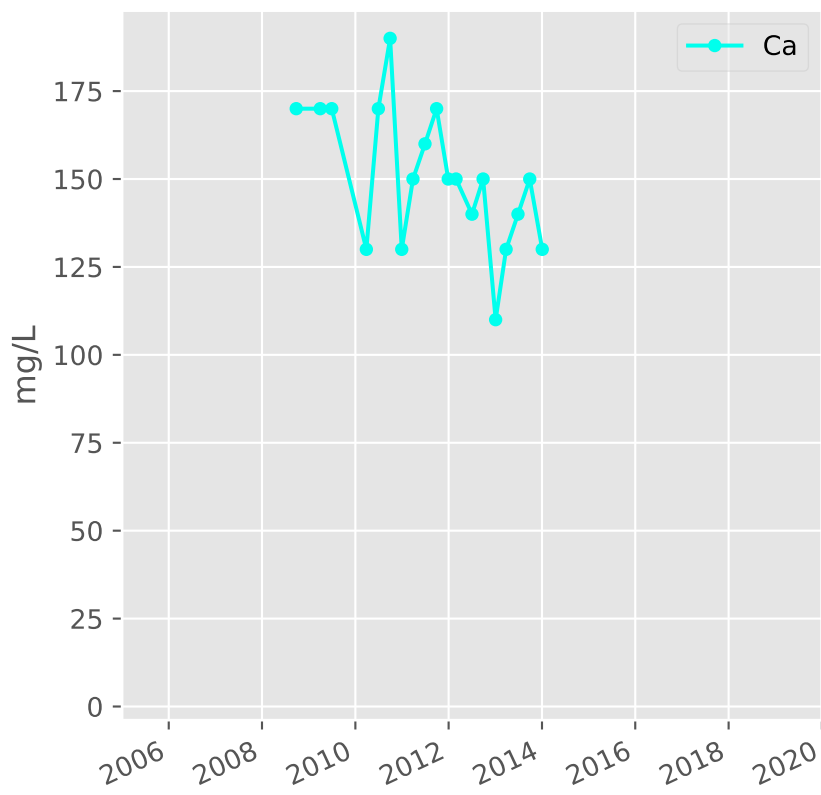
Chlorures



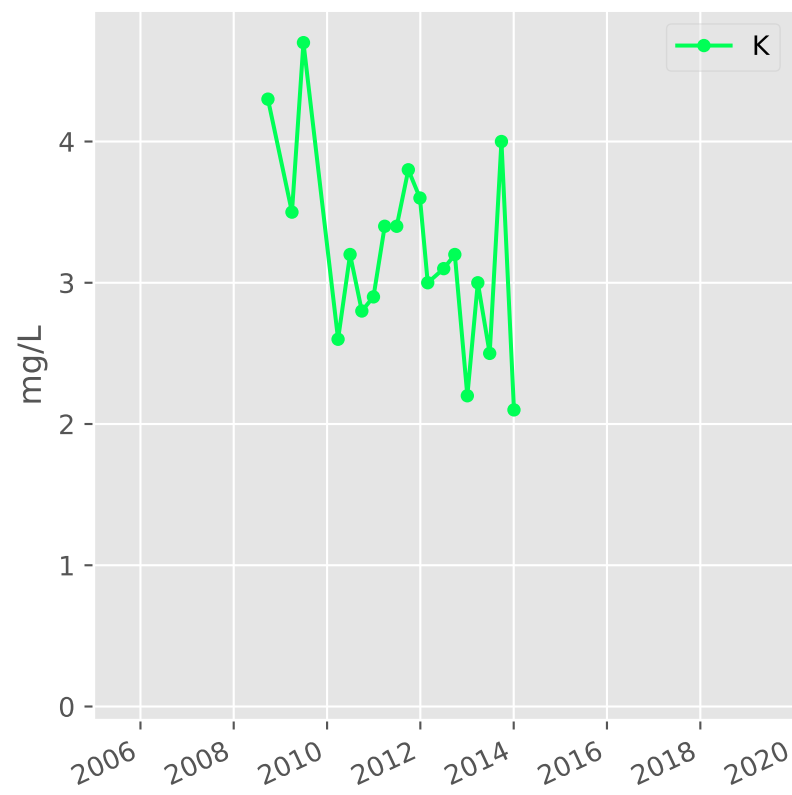
Bicarbonates



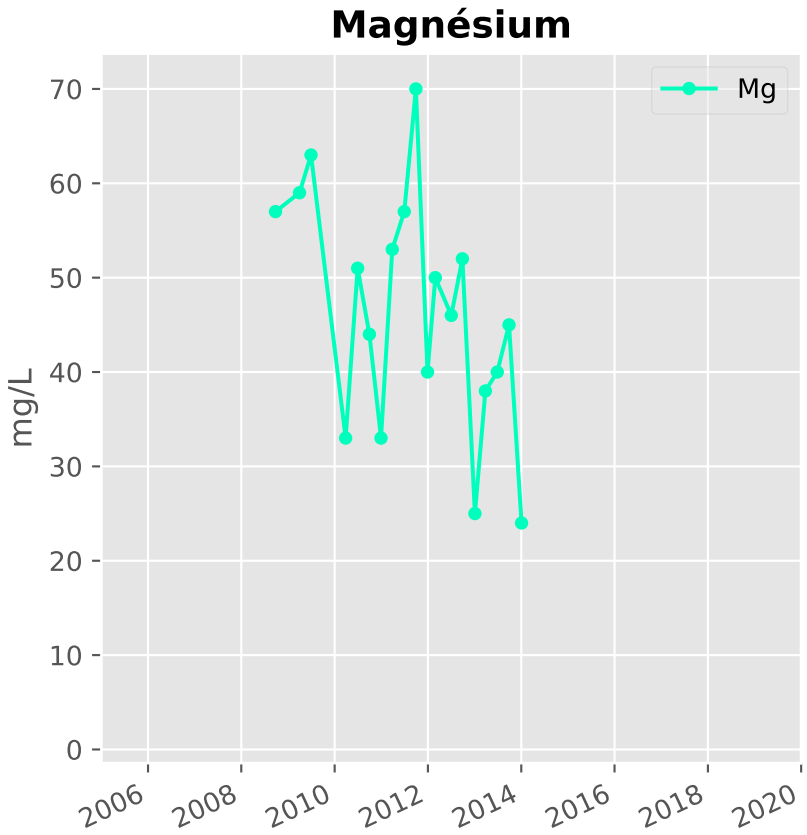
Calcium



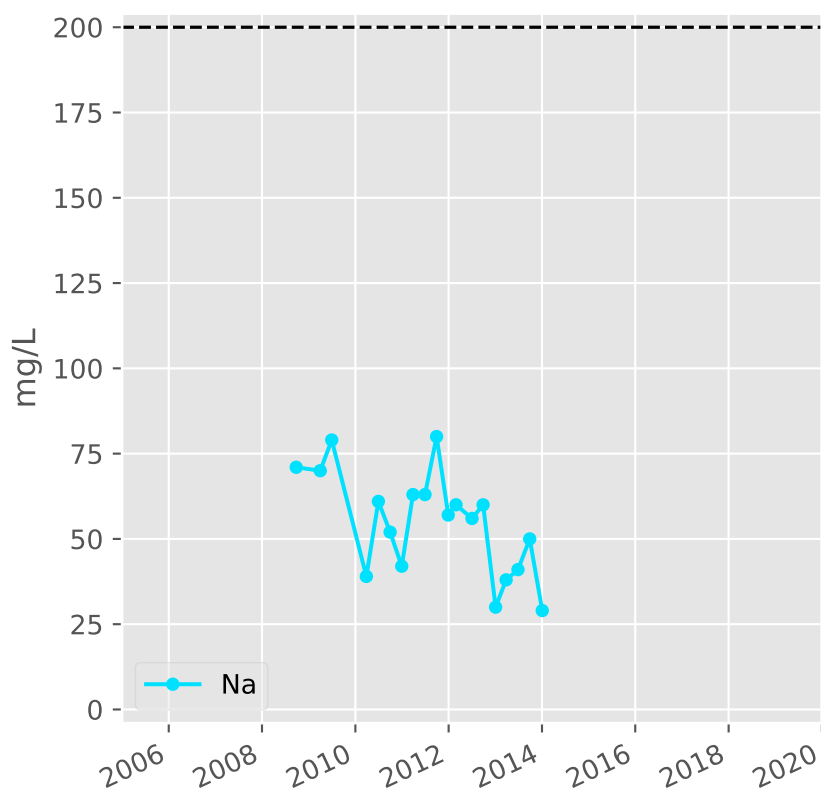
Potassium



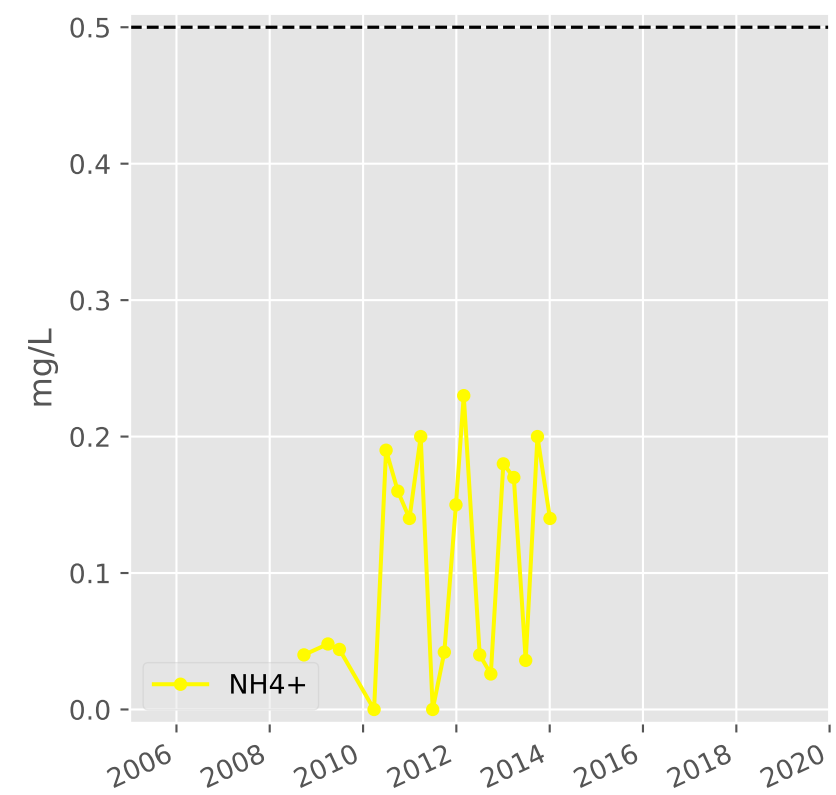
Magnésium



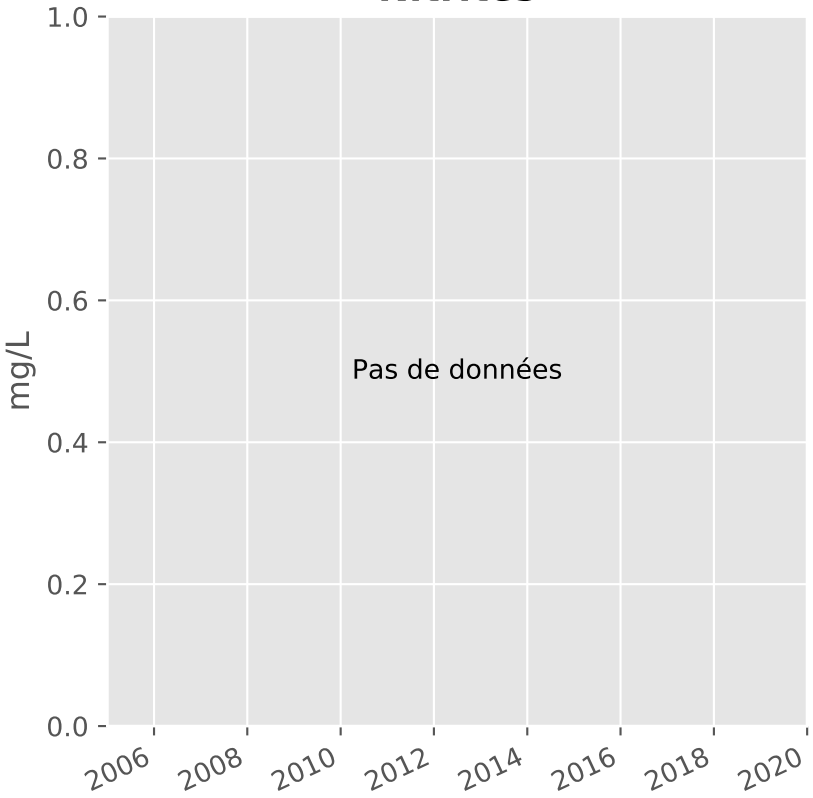
Sodium



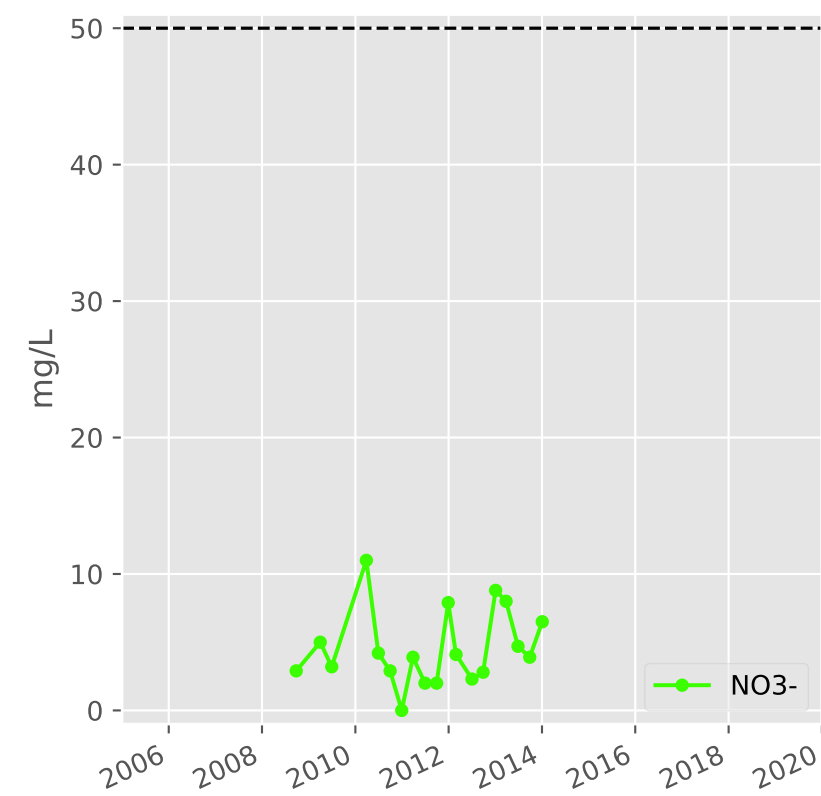
Ammonium



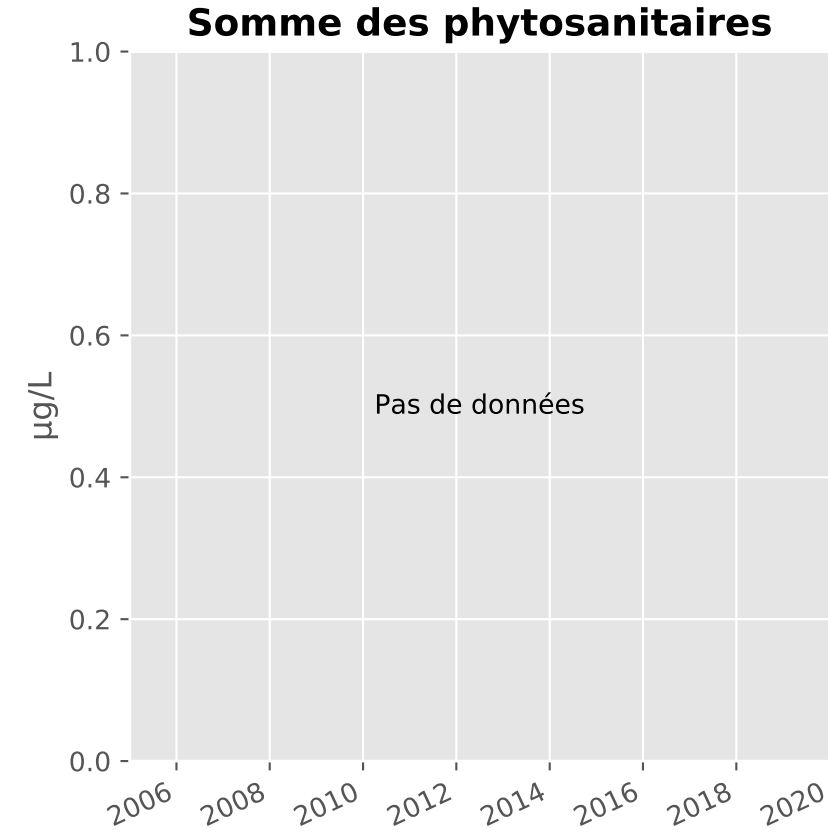
Nitrites



Nitrates

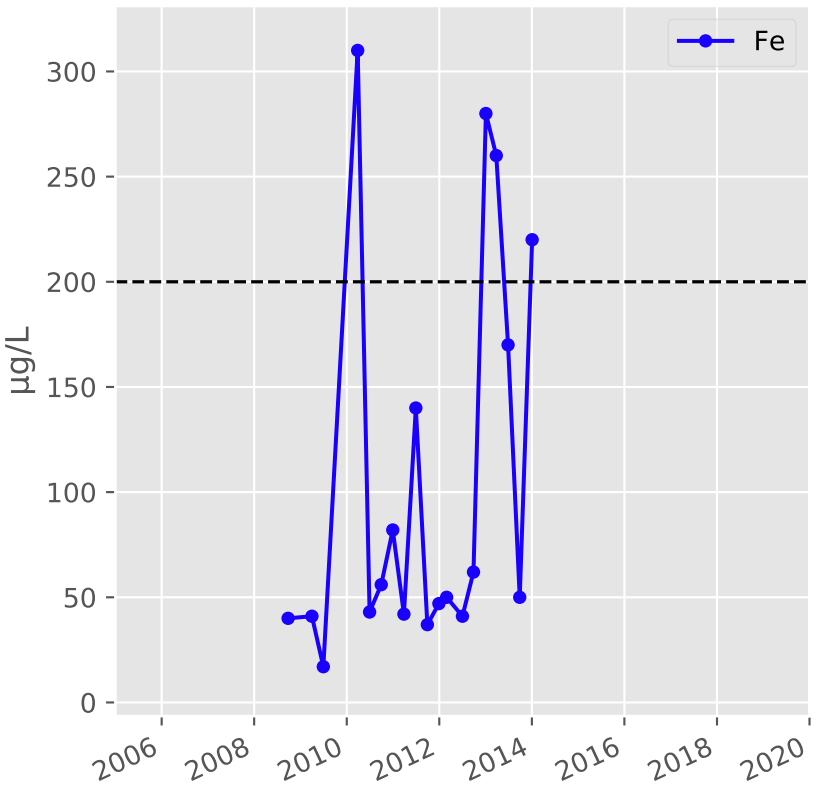


Somme des phytosanitaires

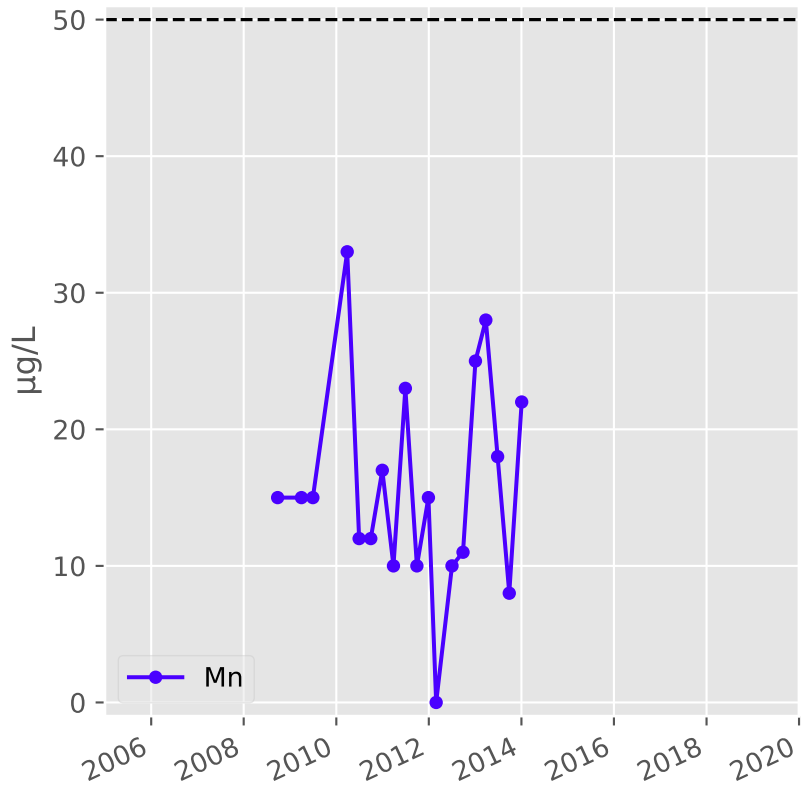


Bassin CENTRE - Cours d'eau Conroy - C21 - Conroy - station hydrométrique - 01373X0176

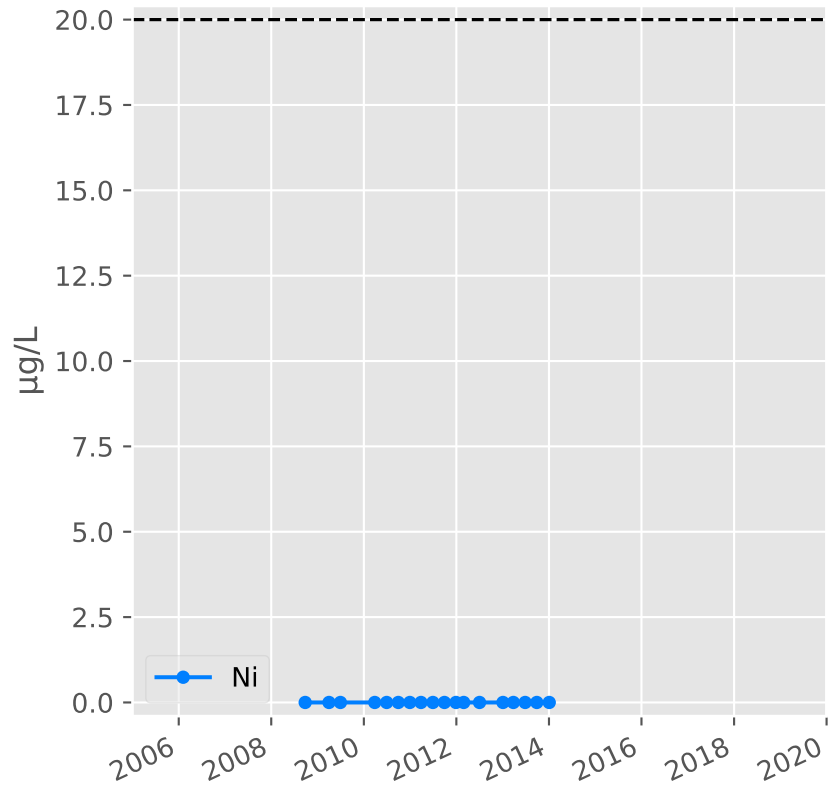
Fer



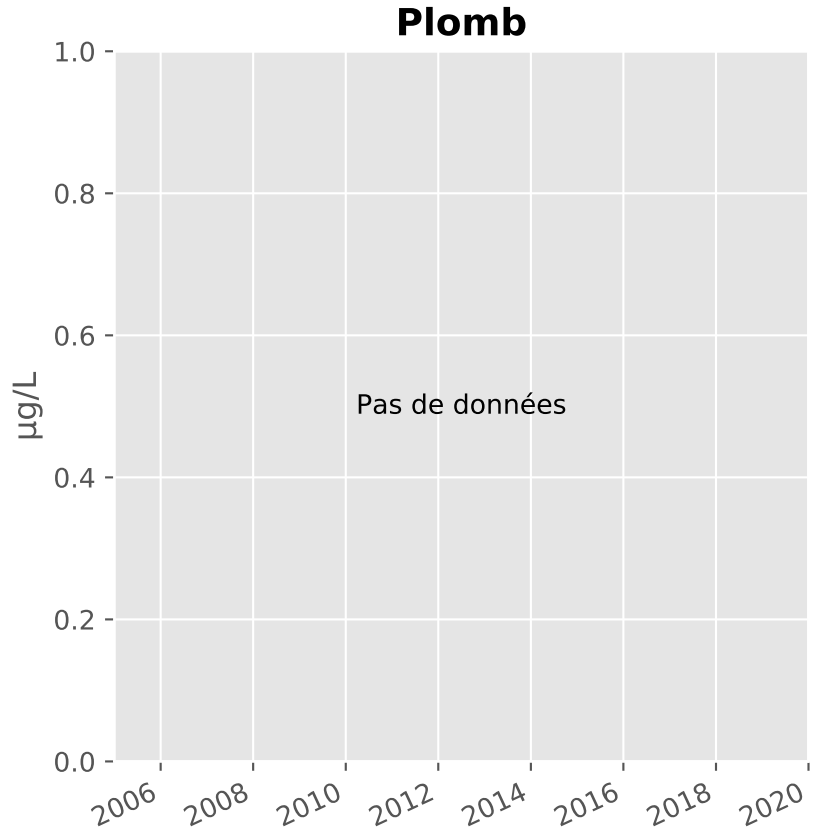
Manganèse



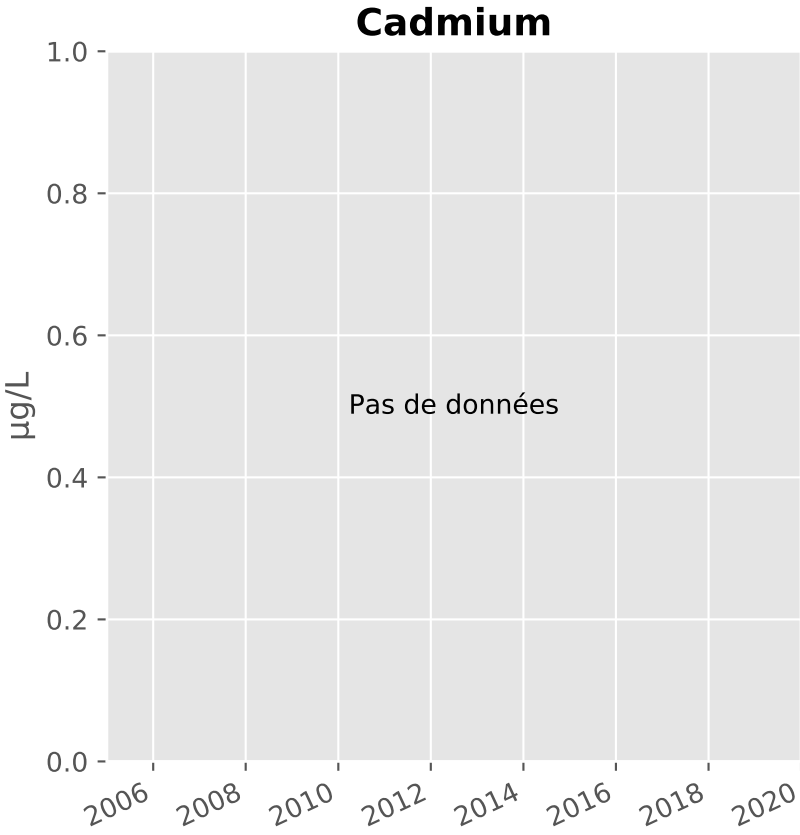
Nickel



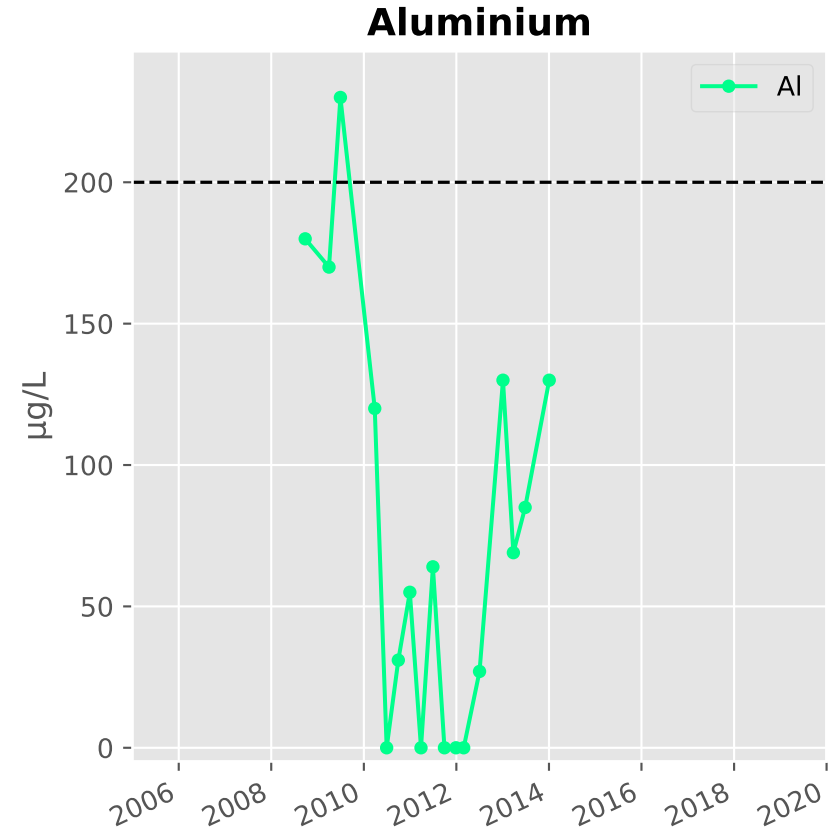
Plomb



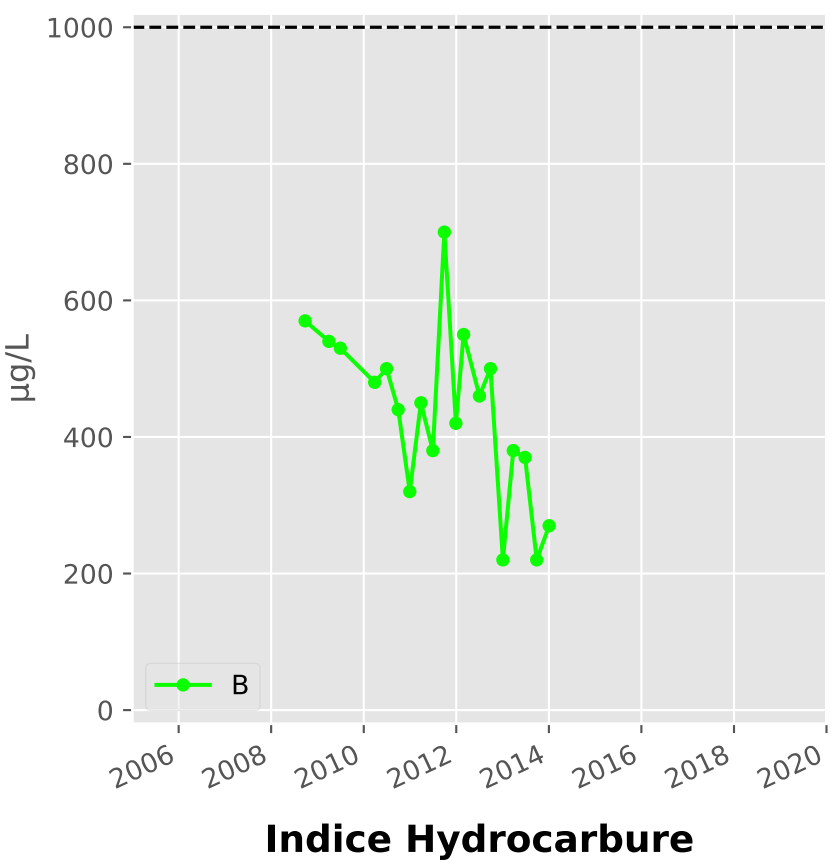
Cadmium



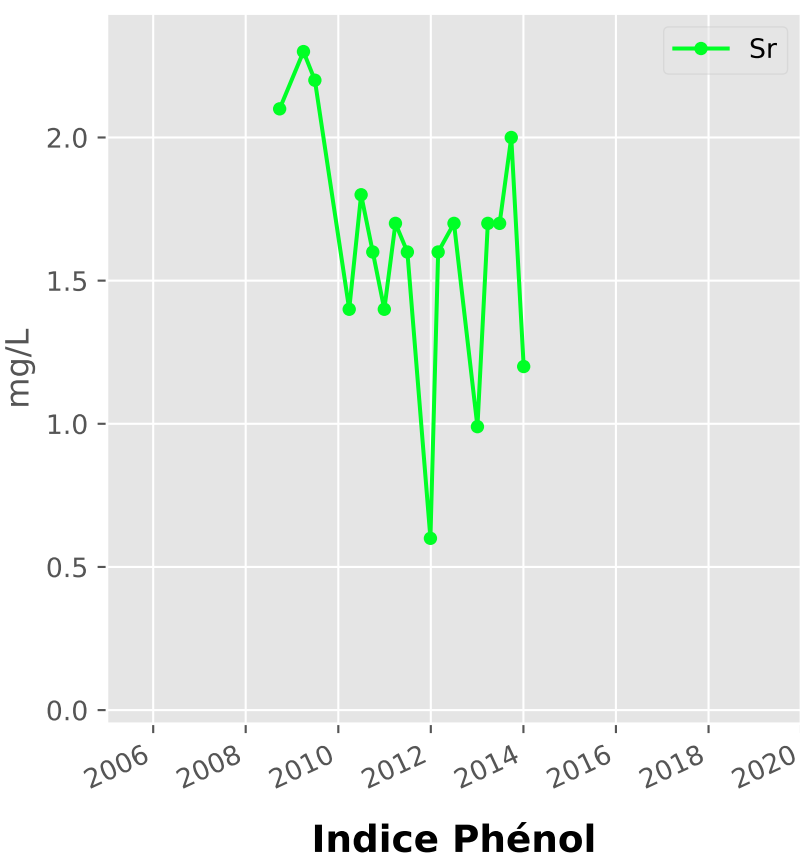
Aluminium



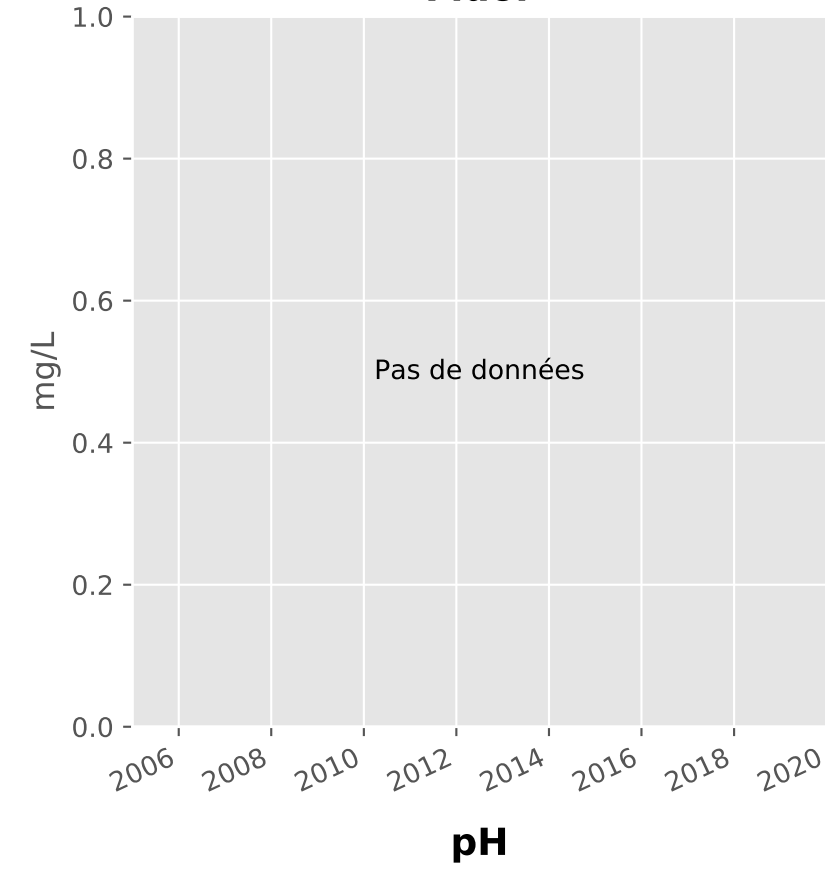
Bore



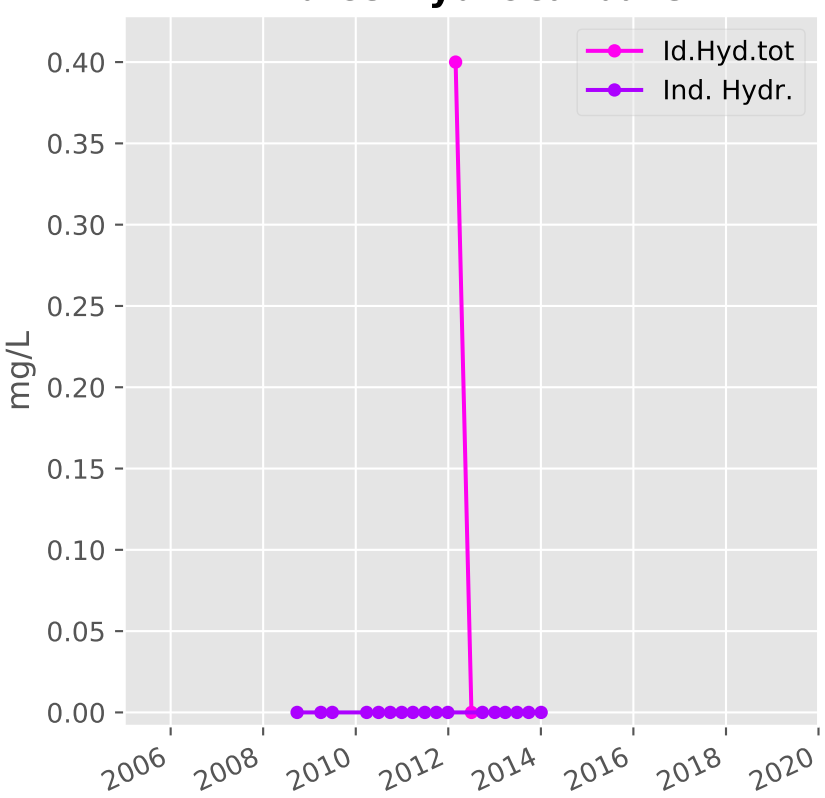
Strontium



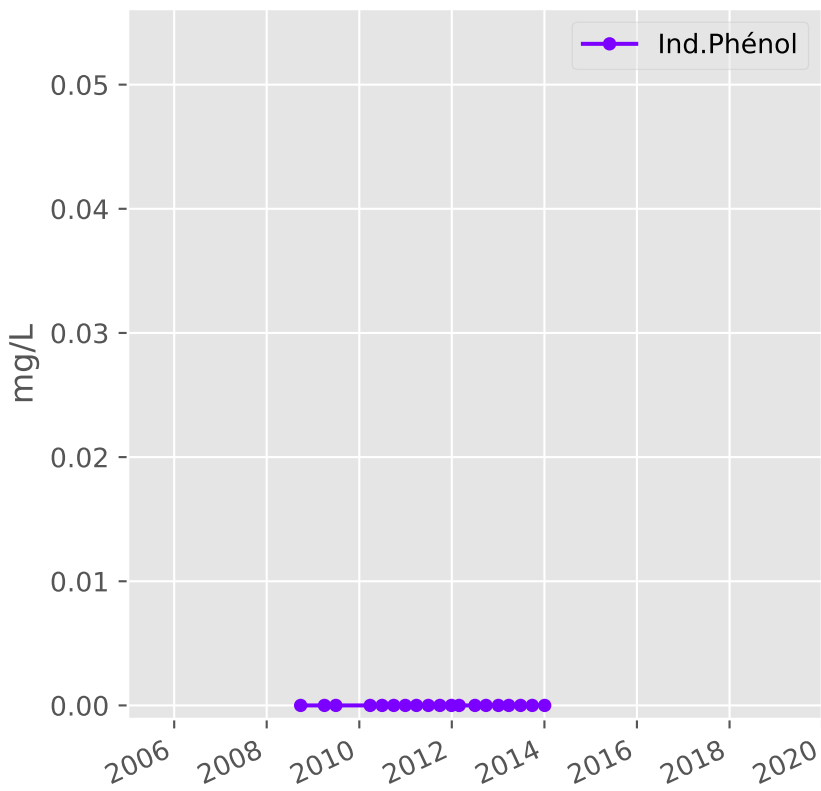
Fluor



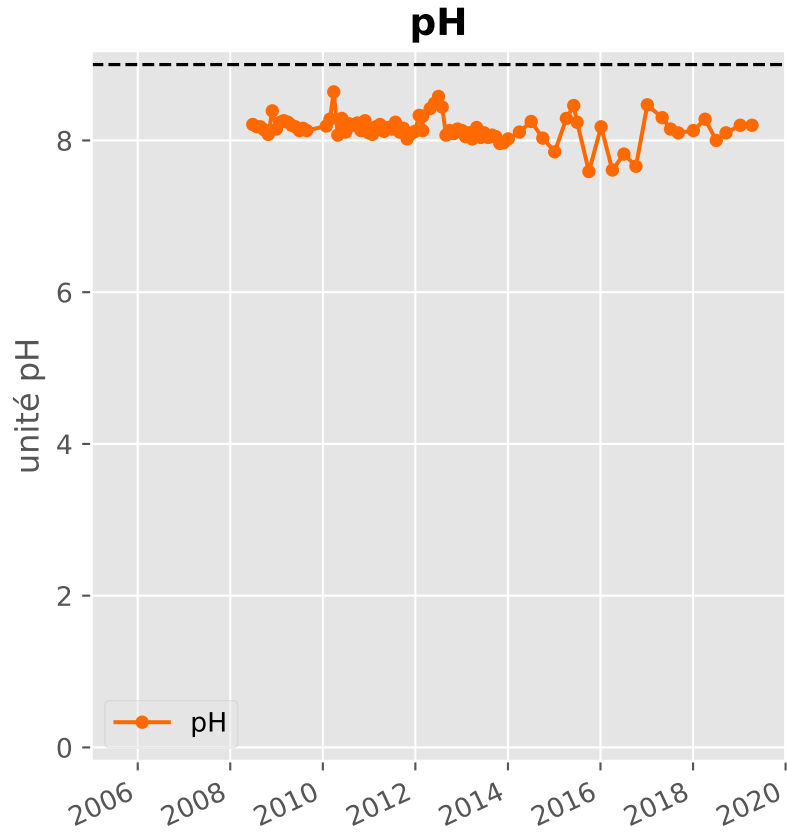
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

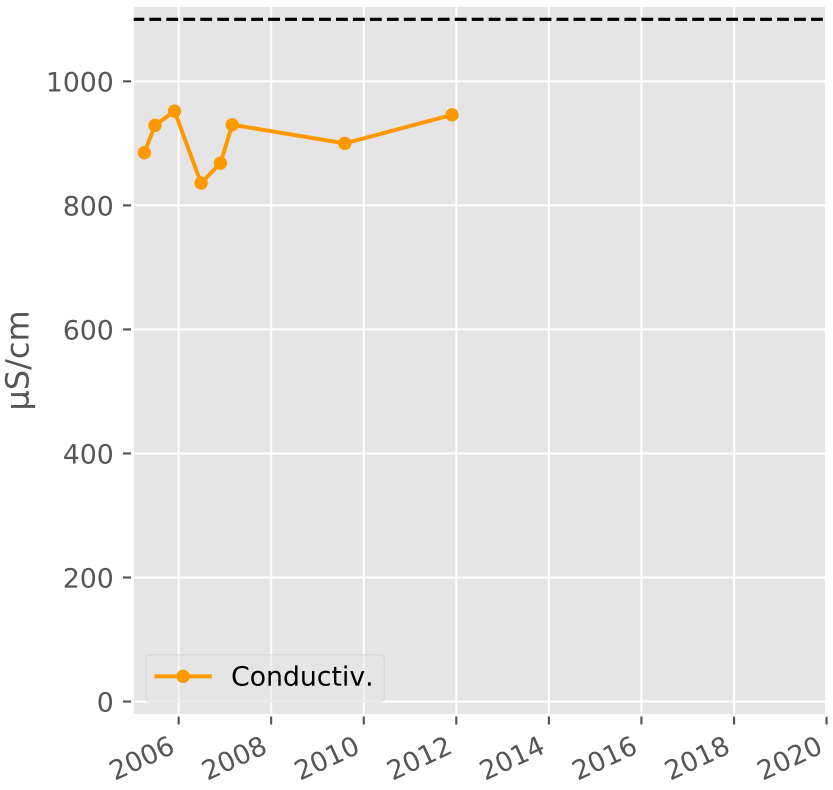


pH

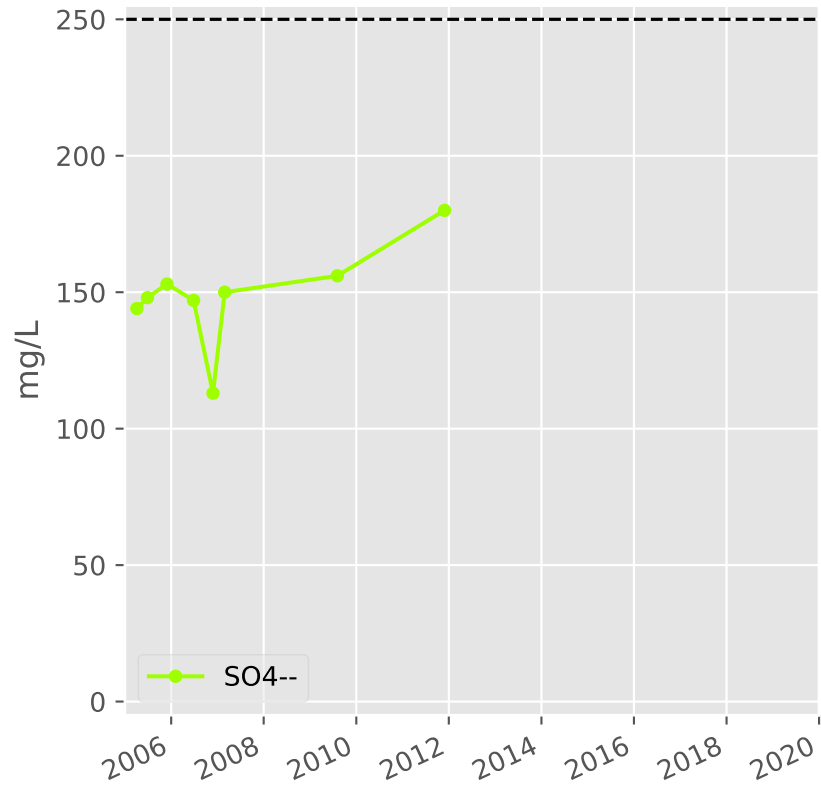


Bassin SUD - Réservoir minier - S06 - Gal. Saint-Paul - 01374X0176

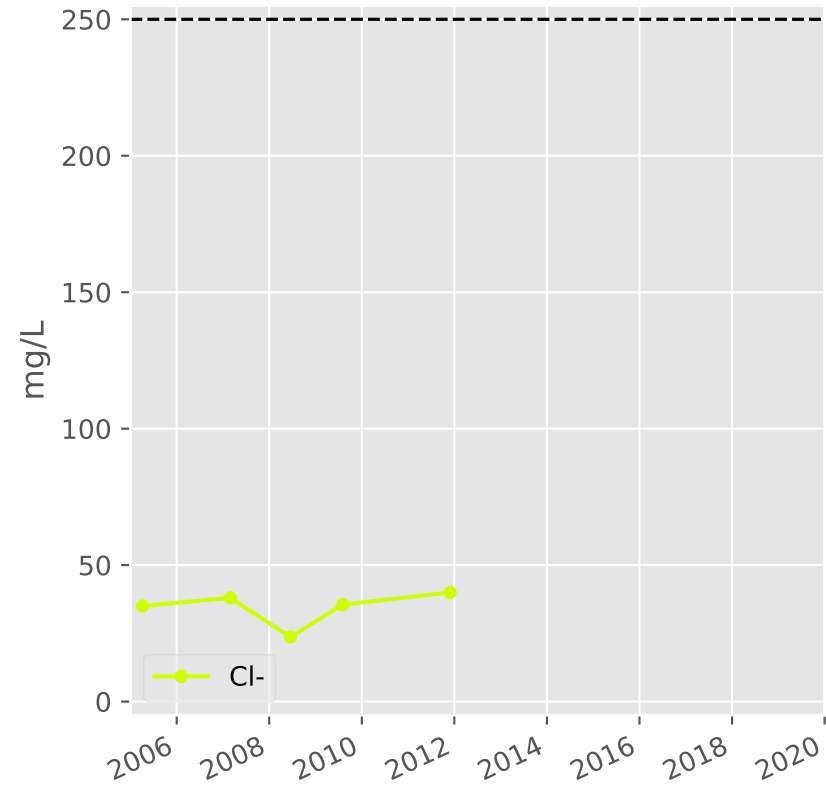
Conductivité



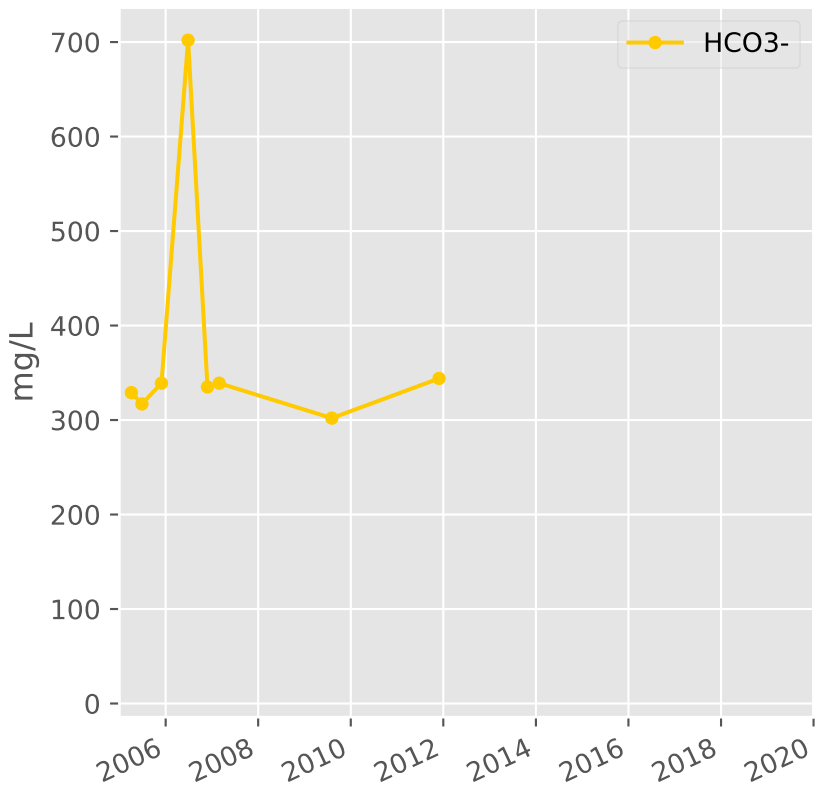
Sulfates



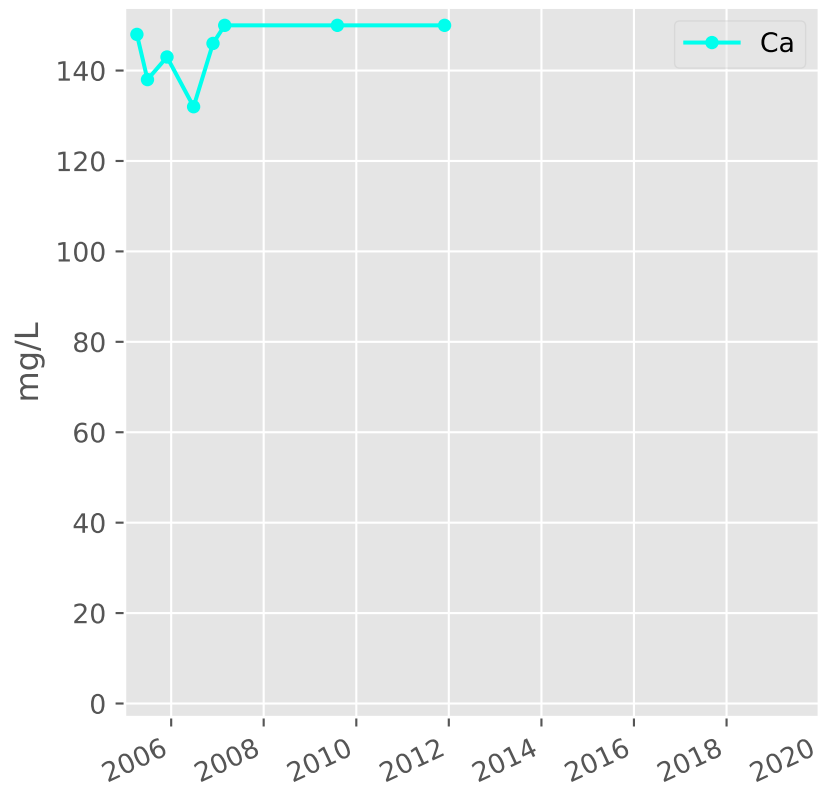
Chlorures



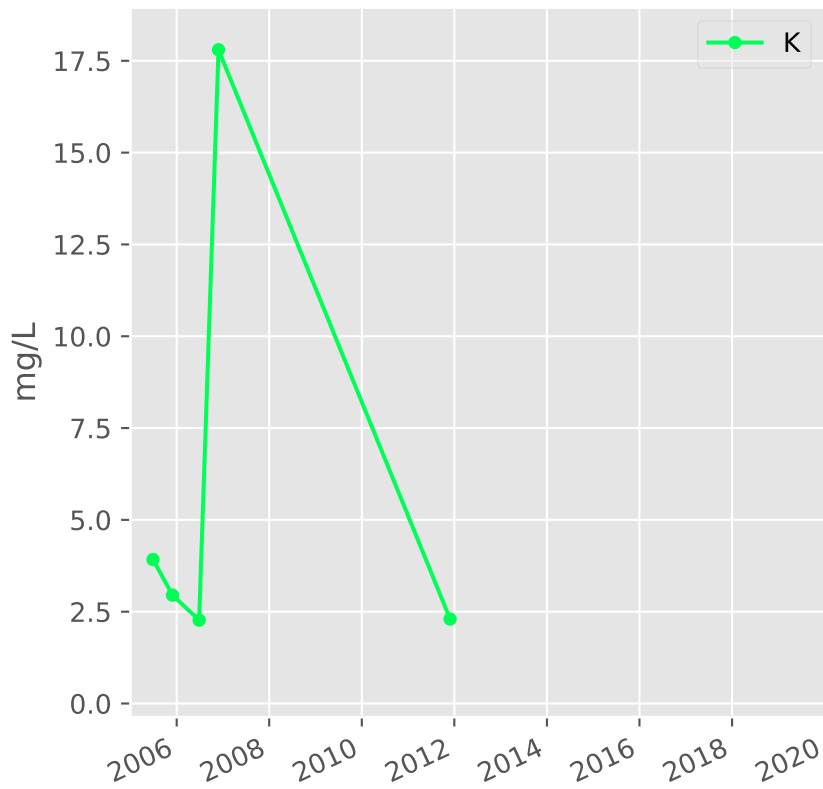
Bicarbonates



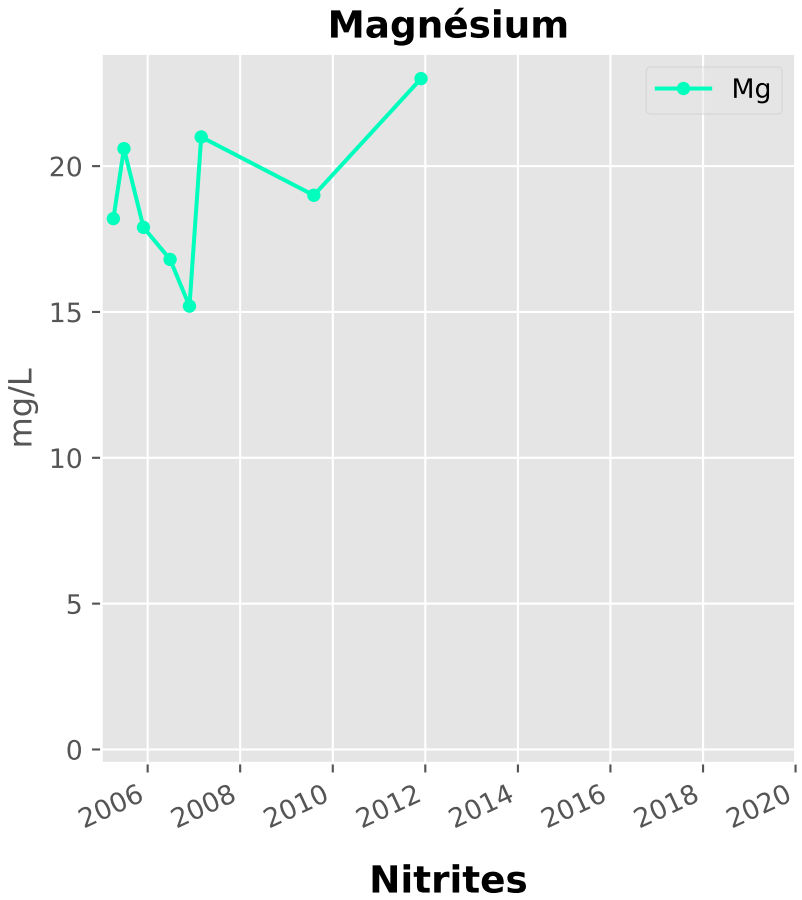
Calcium



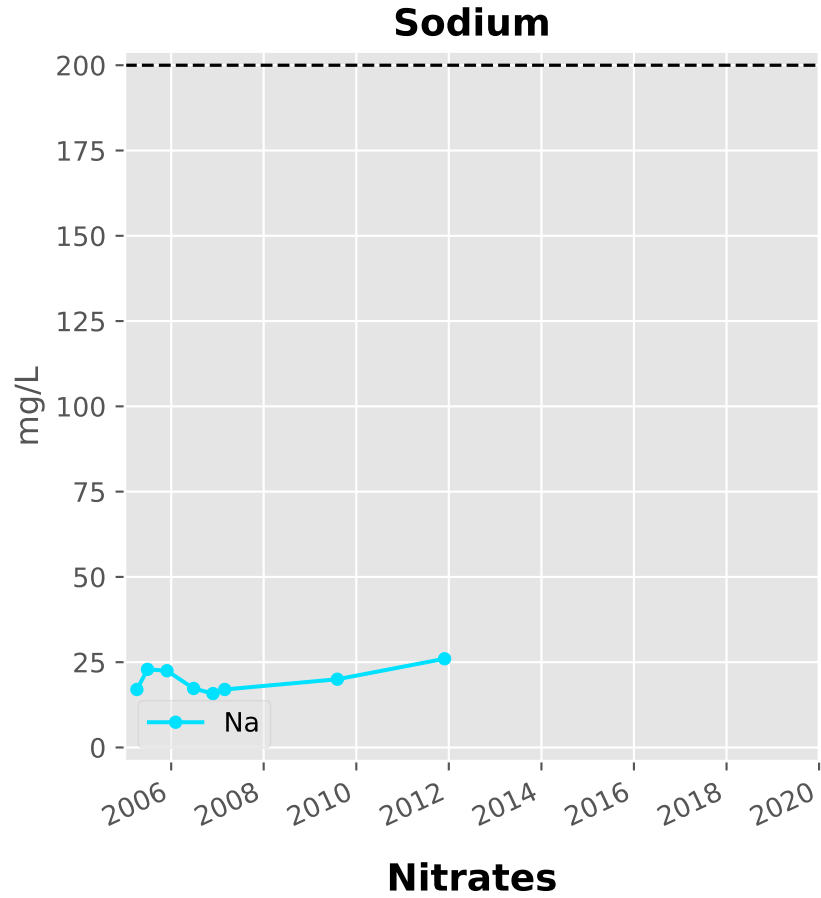
Potassium



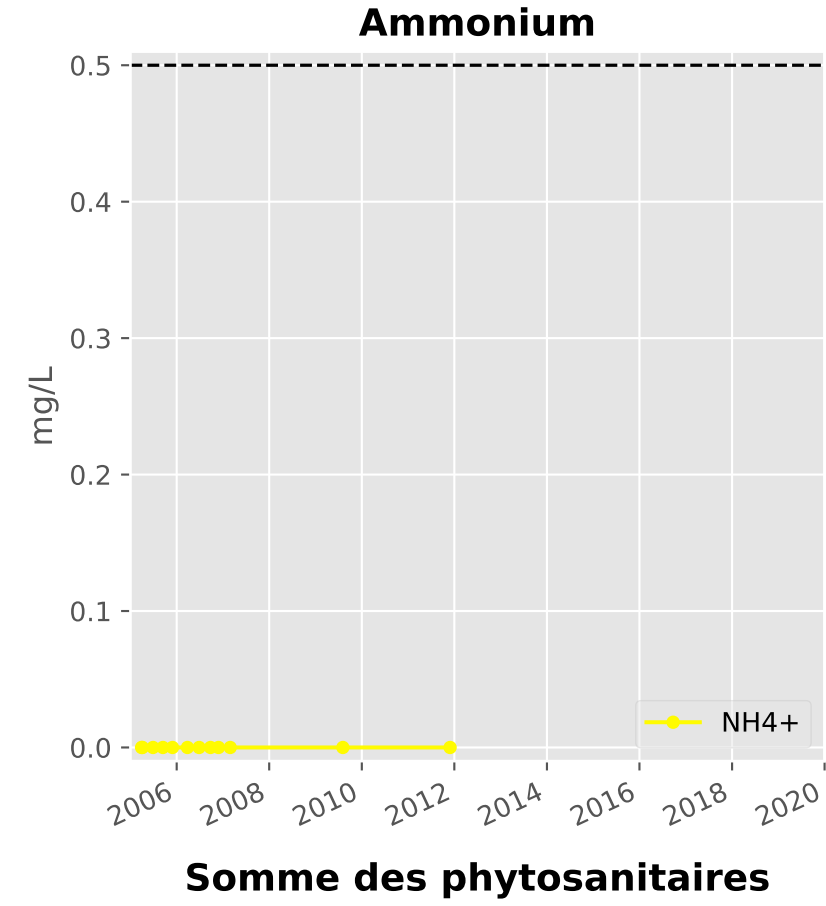
Magnésium



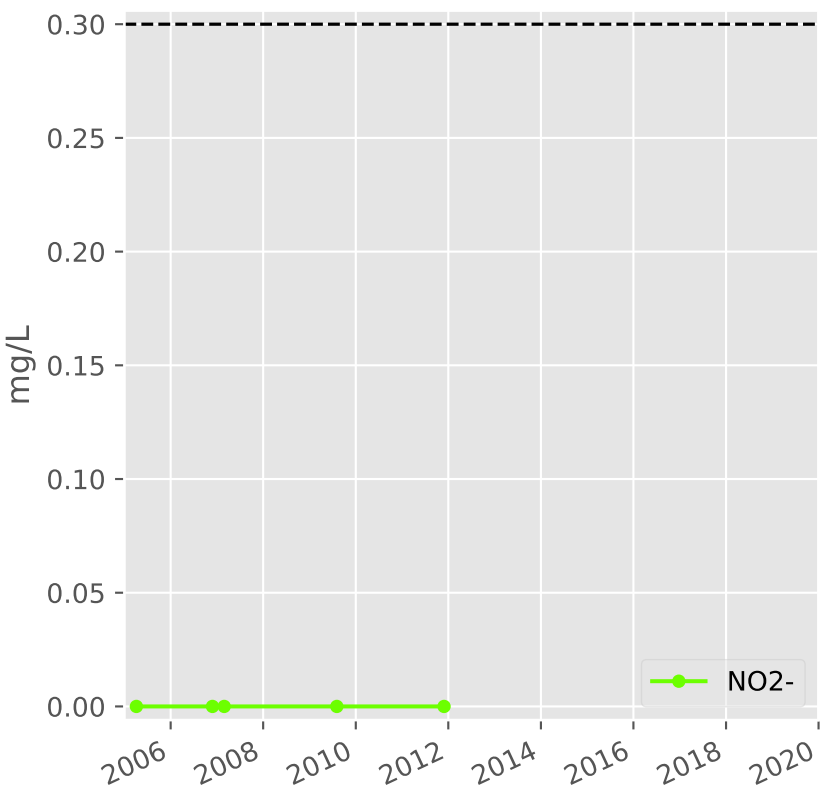
Sodium



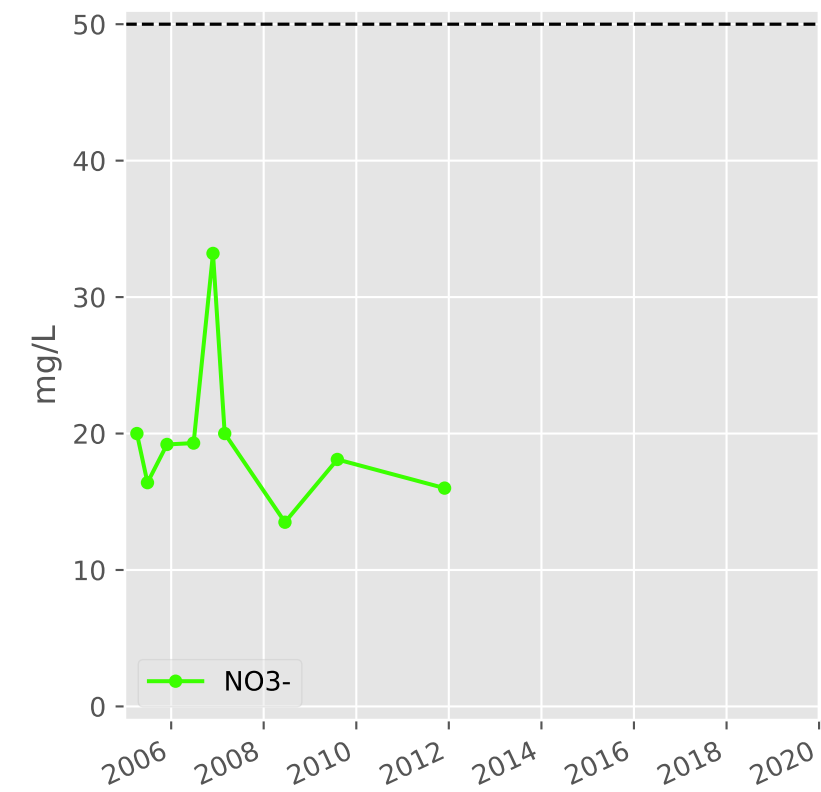
Ammonium



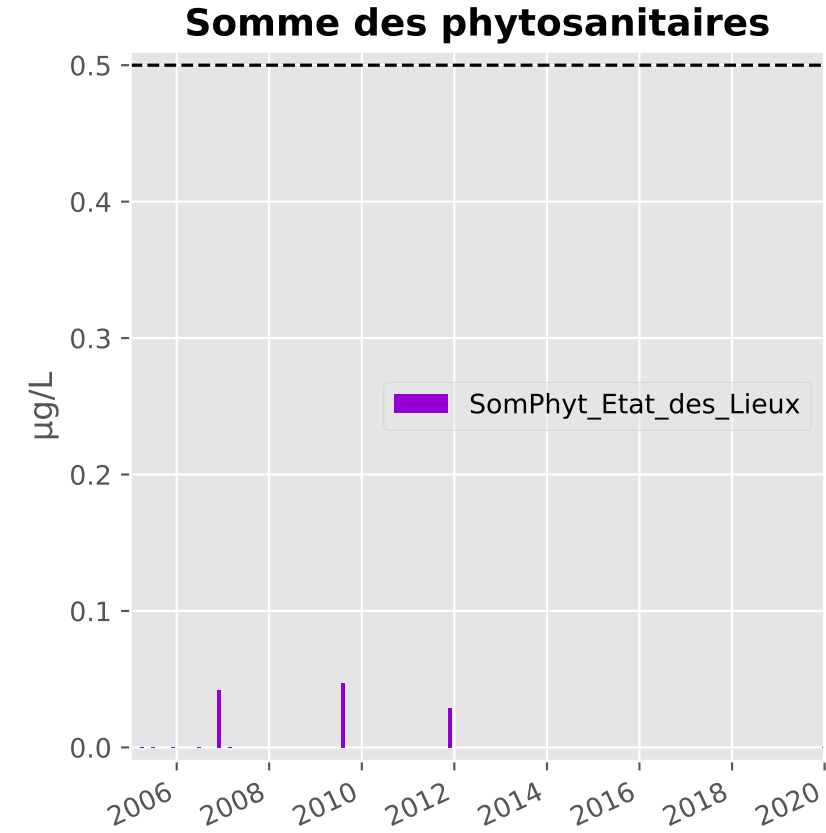
Nitrites



Nitrates

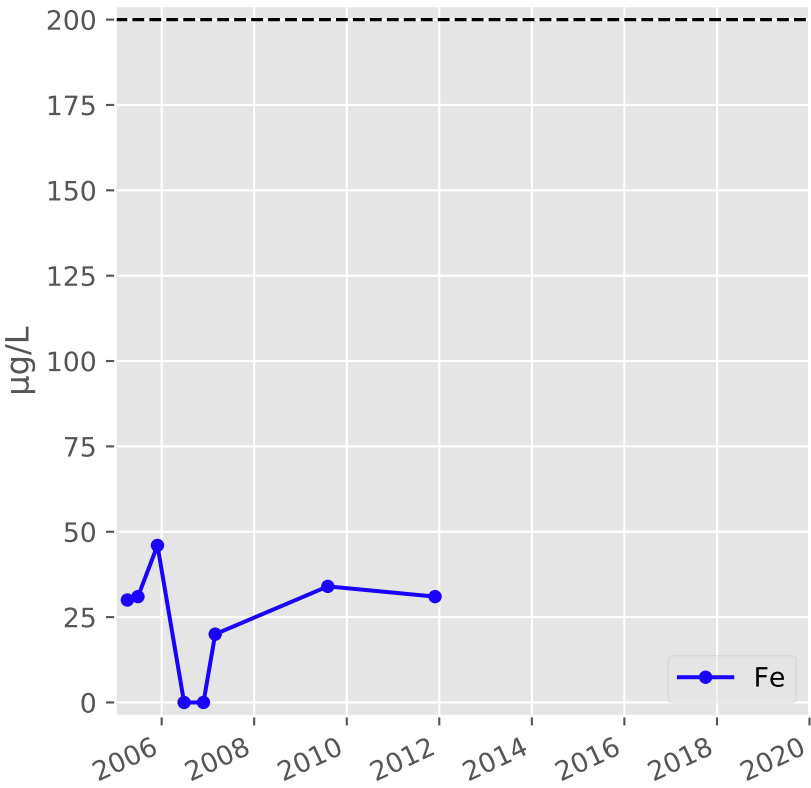


Somme des phytosanitaires

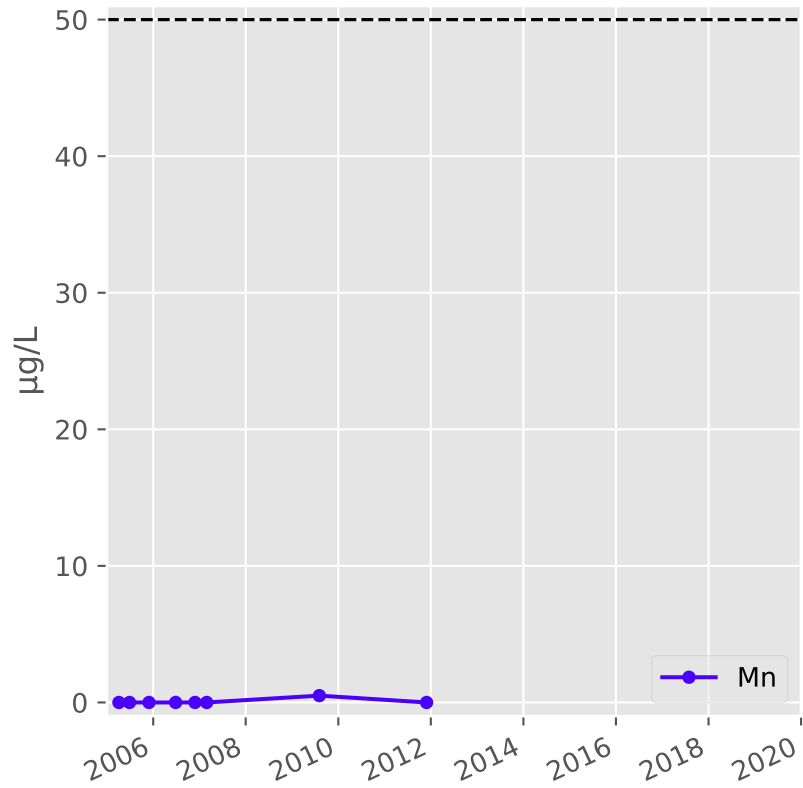


Bassin SUD - Réservoir minier - S06 - Gal. Saint-Paul - 01374X0176

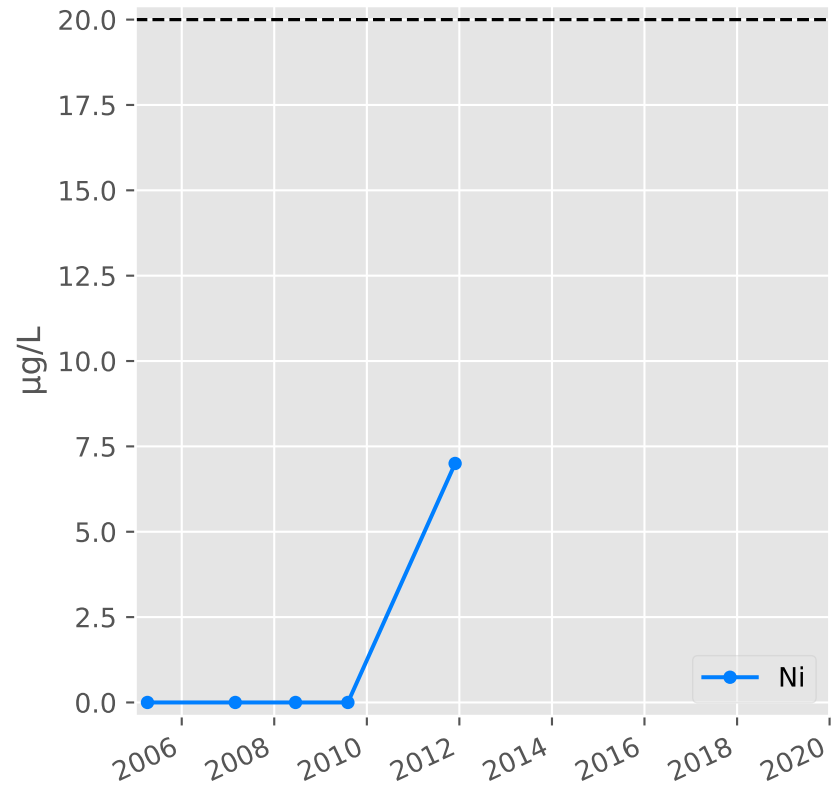
Fer



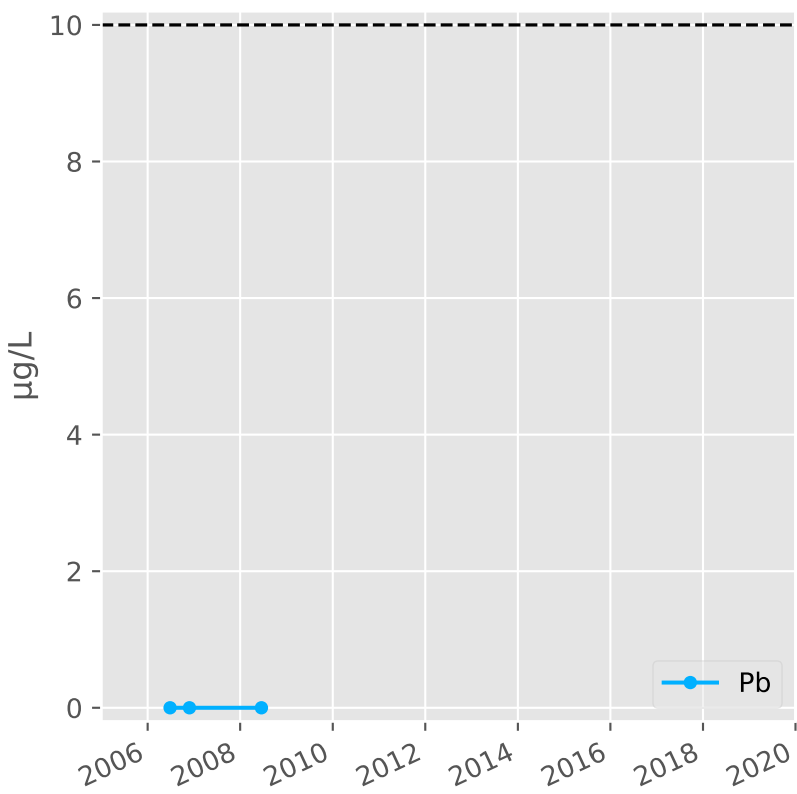
Manganèse



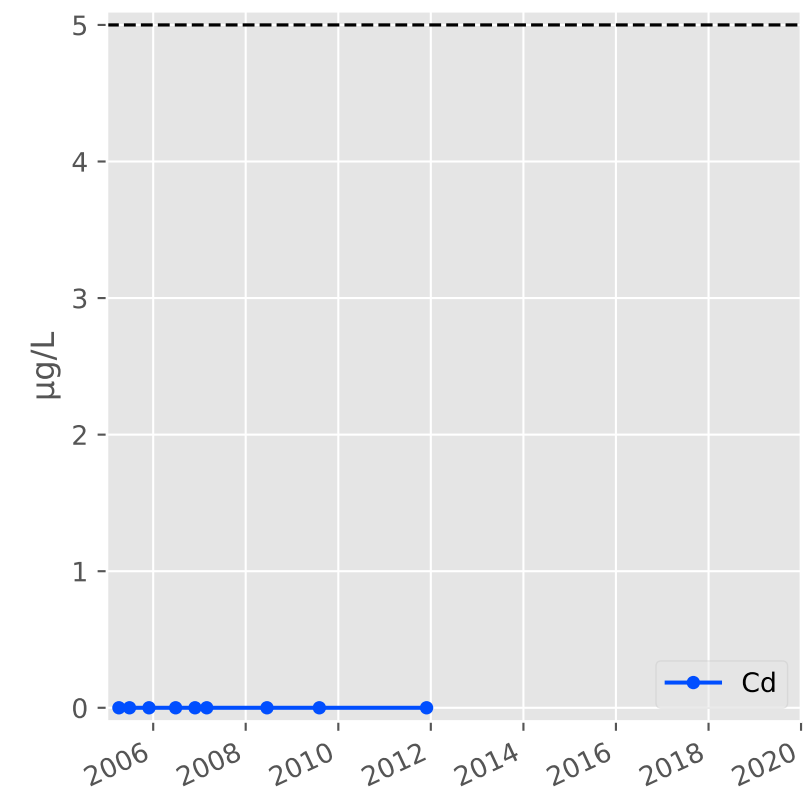
Nickel



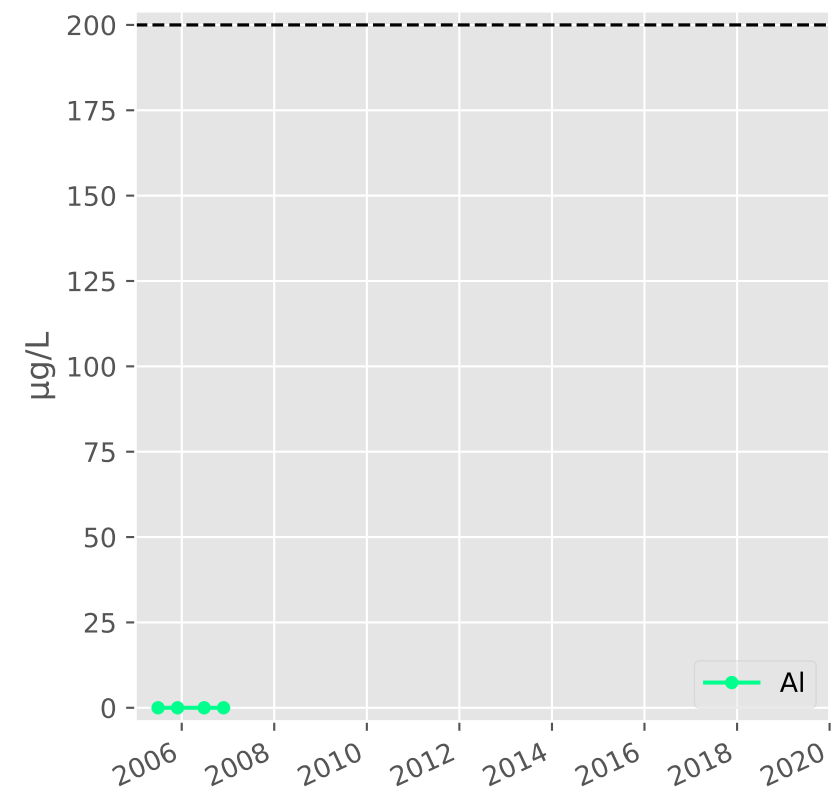
Plomb



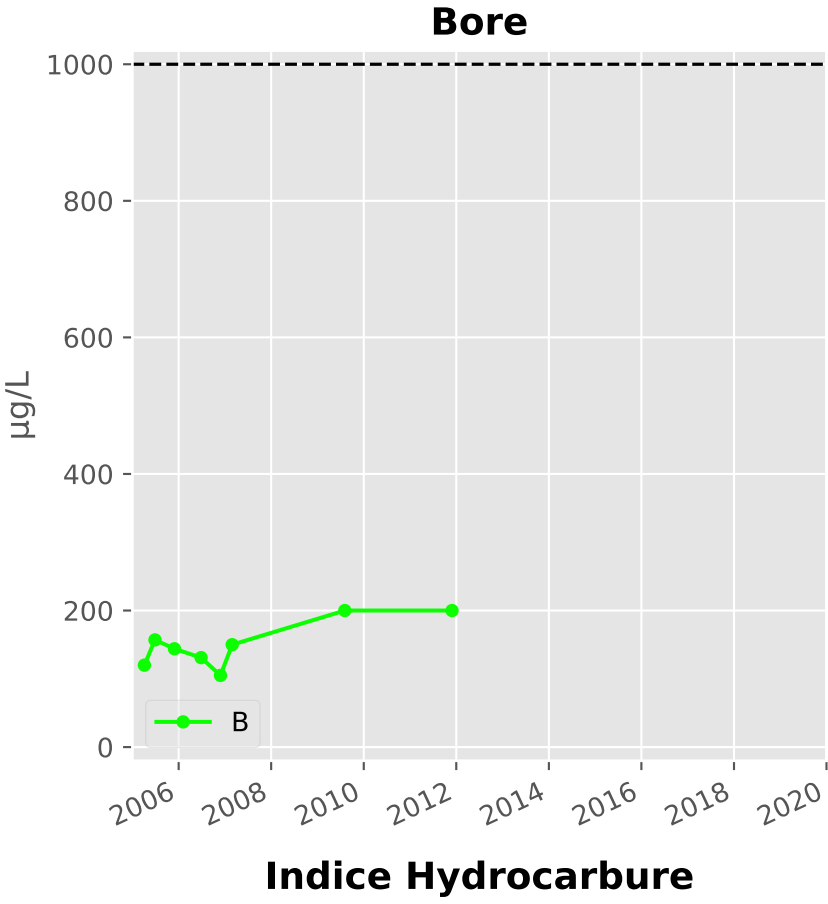
Cadmium



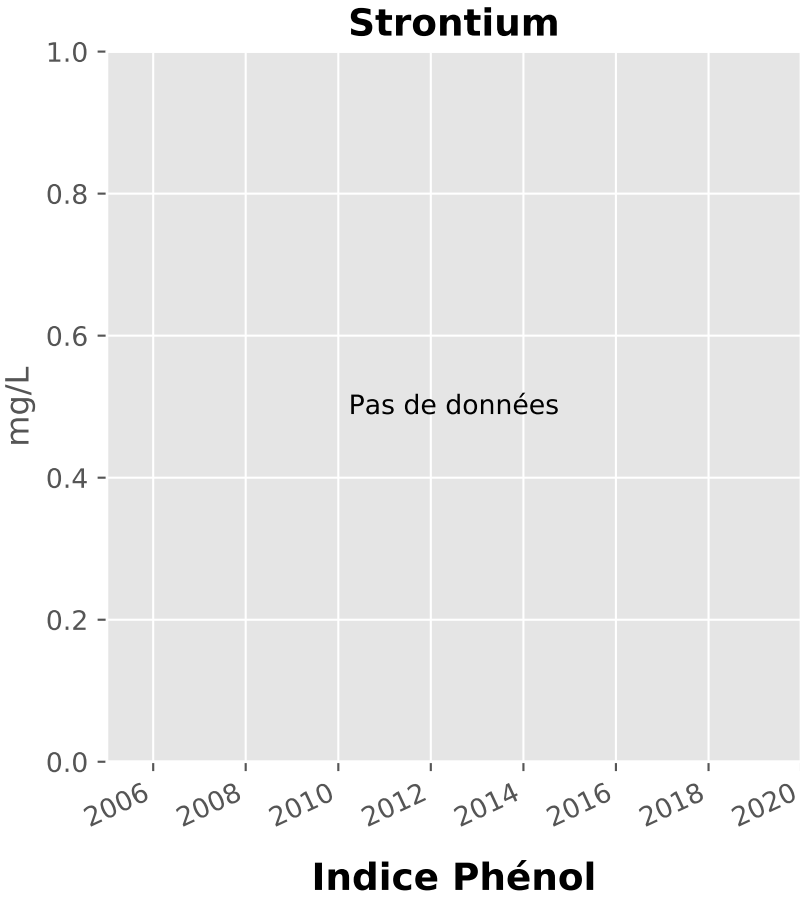
Aluminium



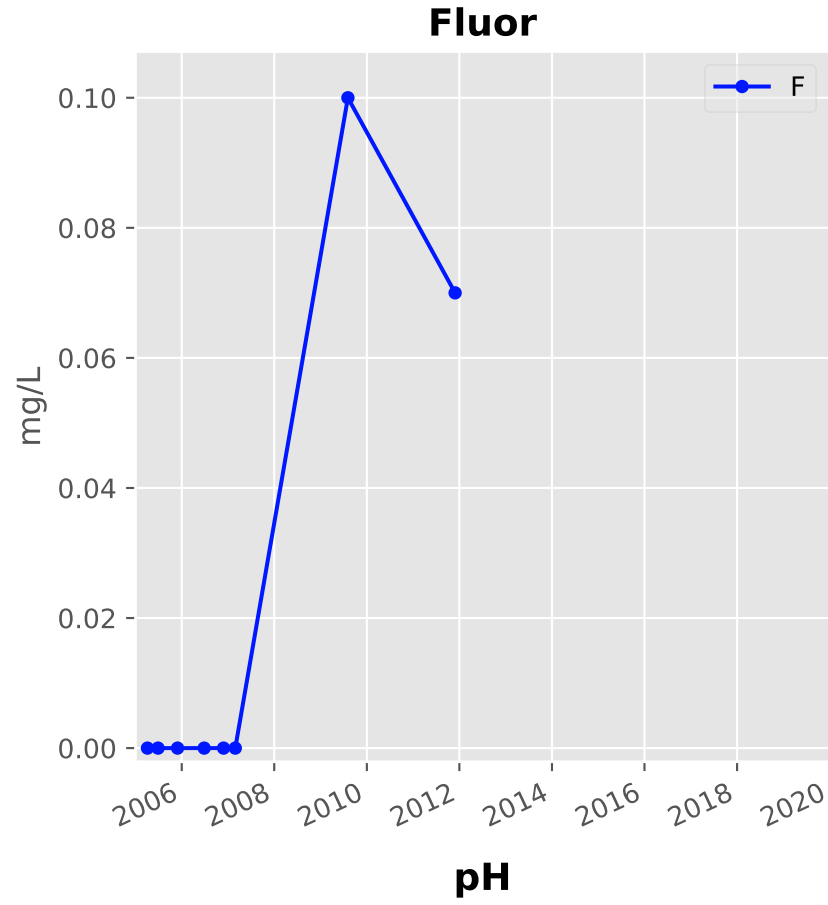
Bore



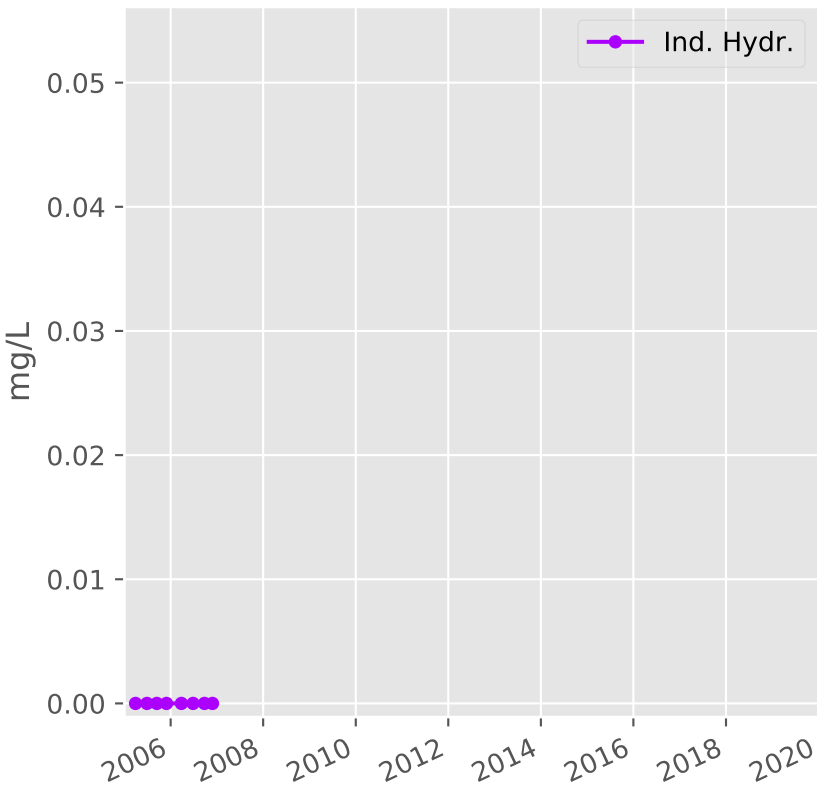
Strontium



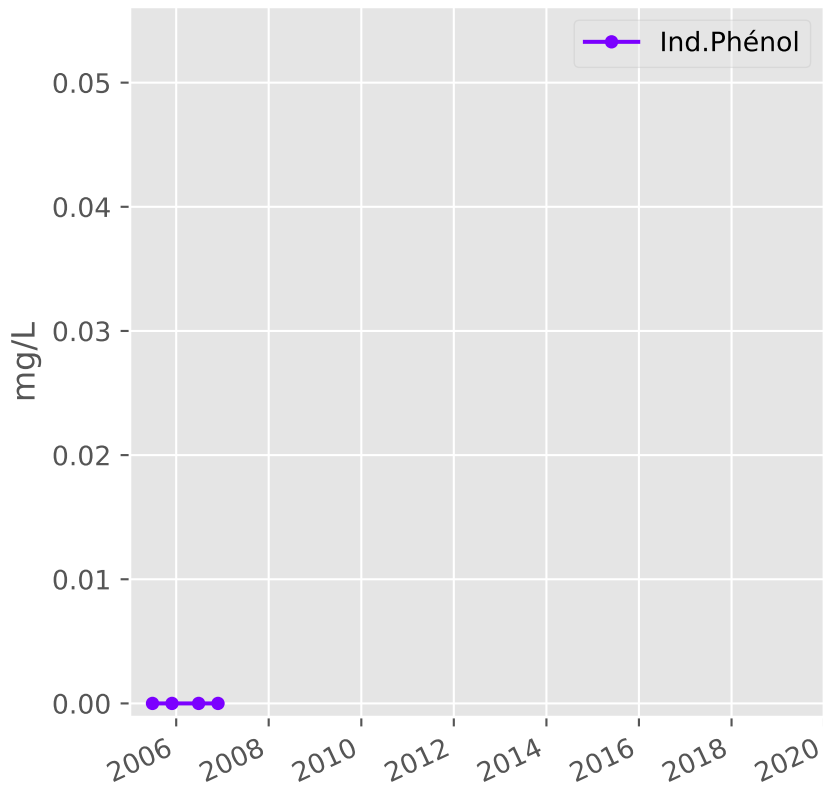
Fluor



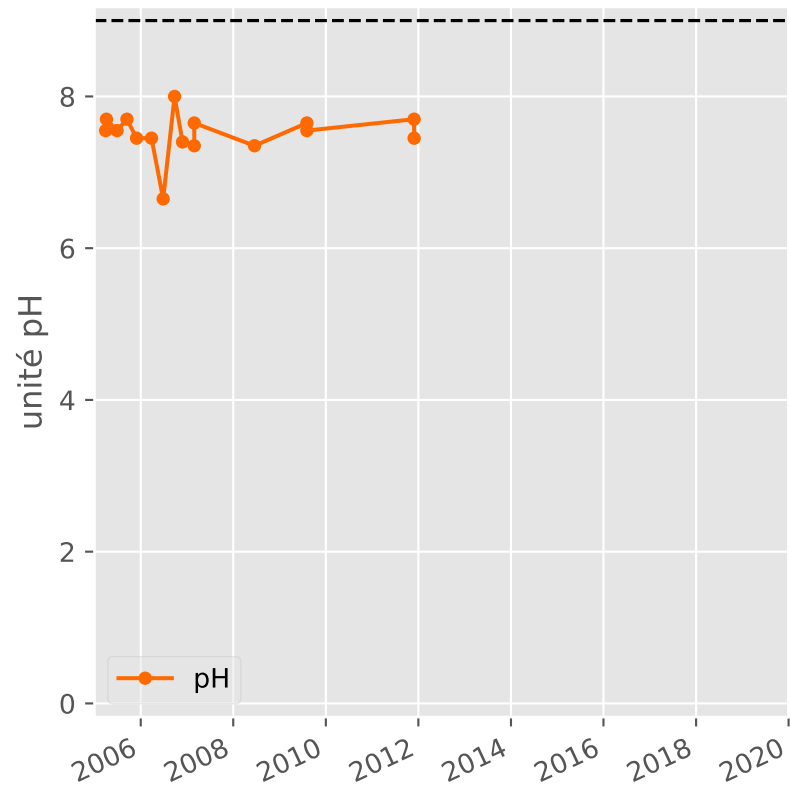
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

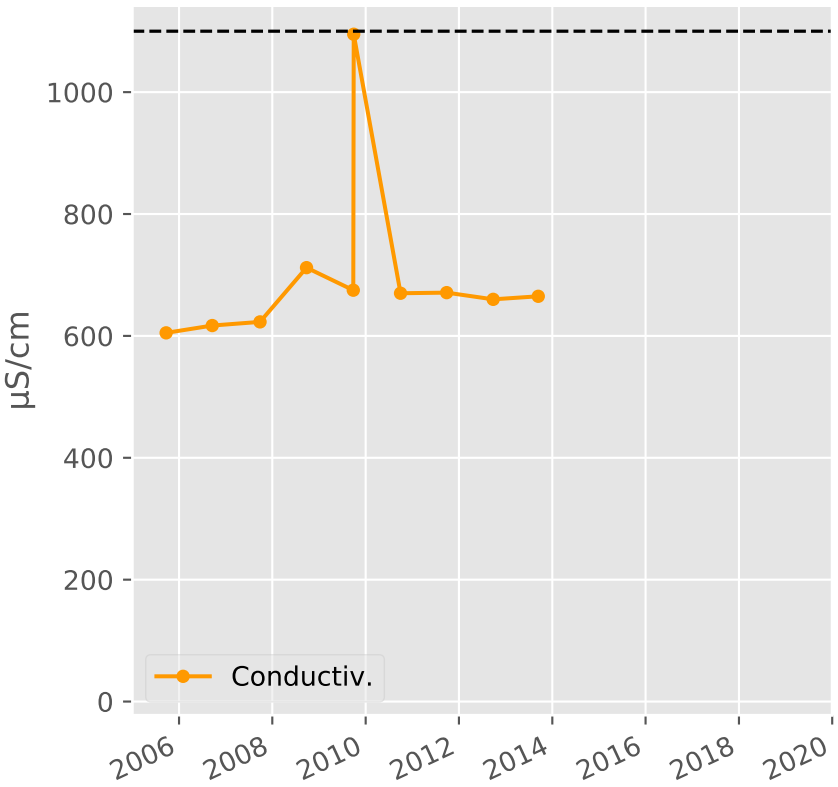


pH

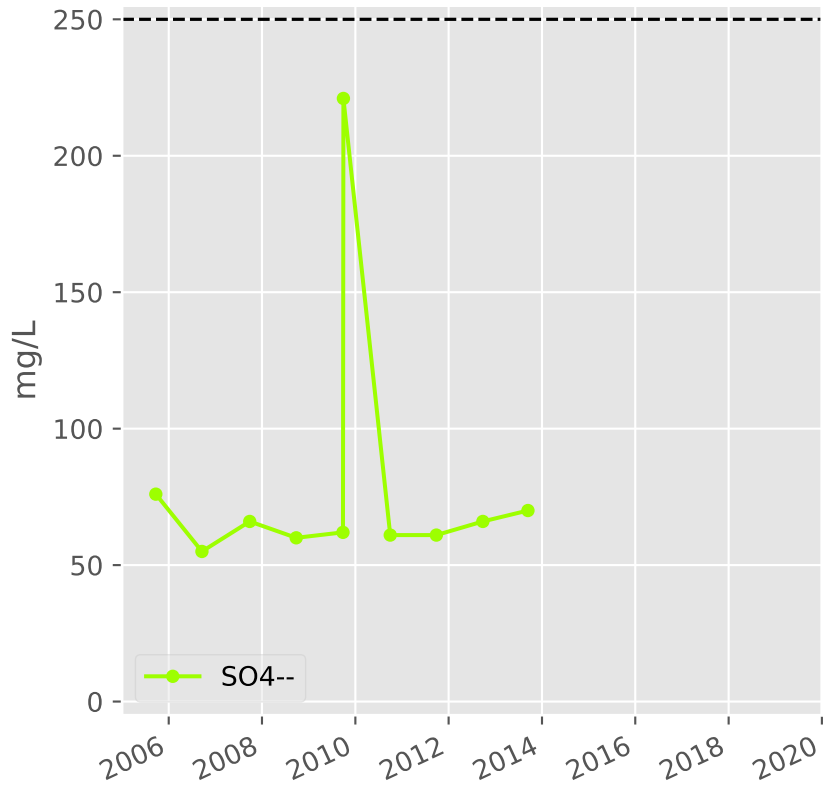


Bassin HAYANGE SUD - Réservoir minier - Ha1 - Pz. Hayange Sud - 01374X0268

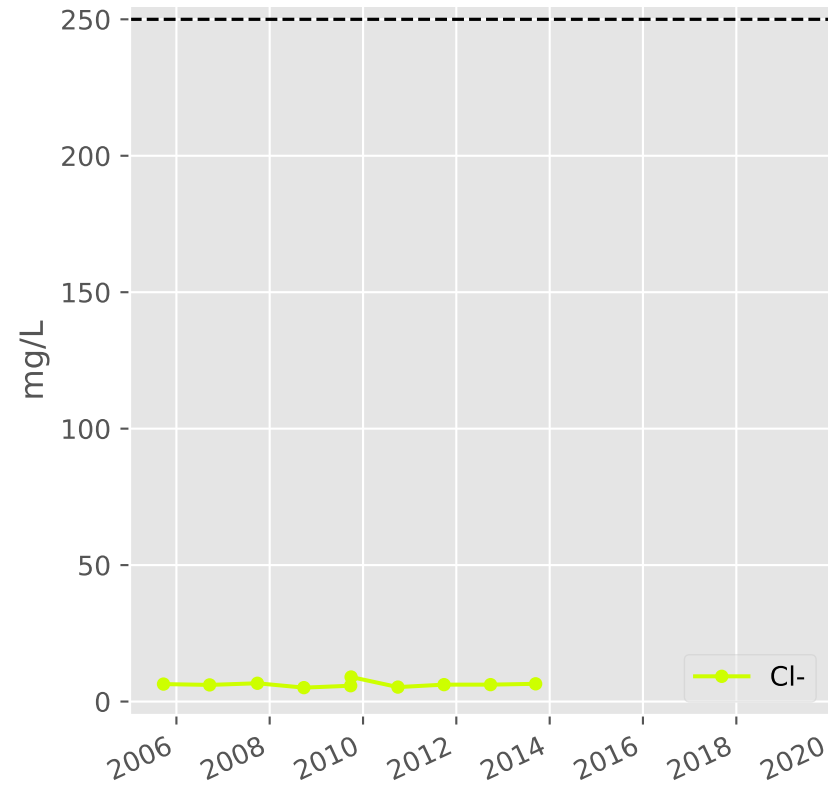
Conductivité



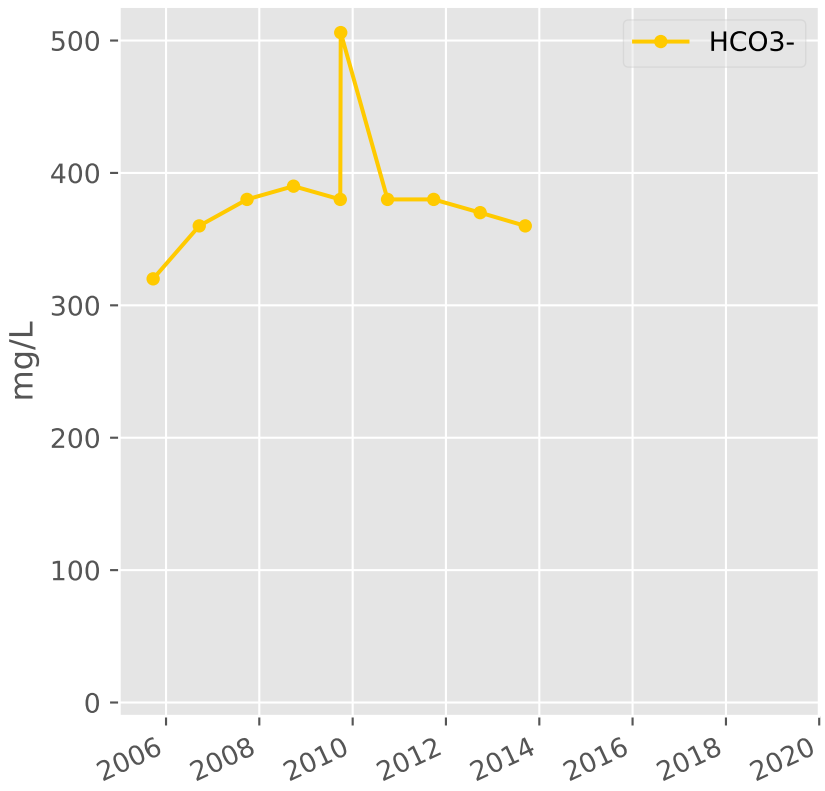
Sulfates



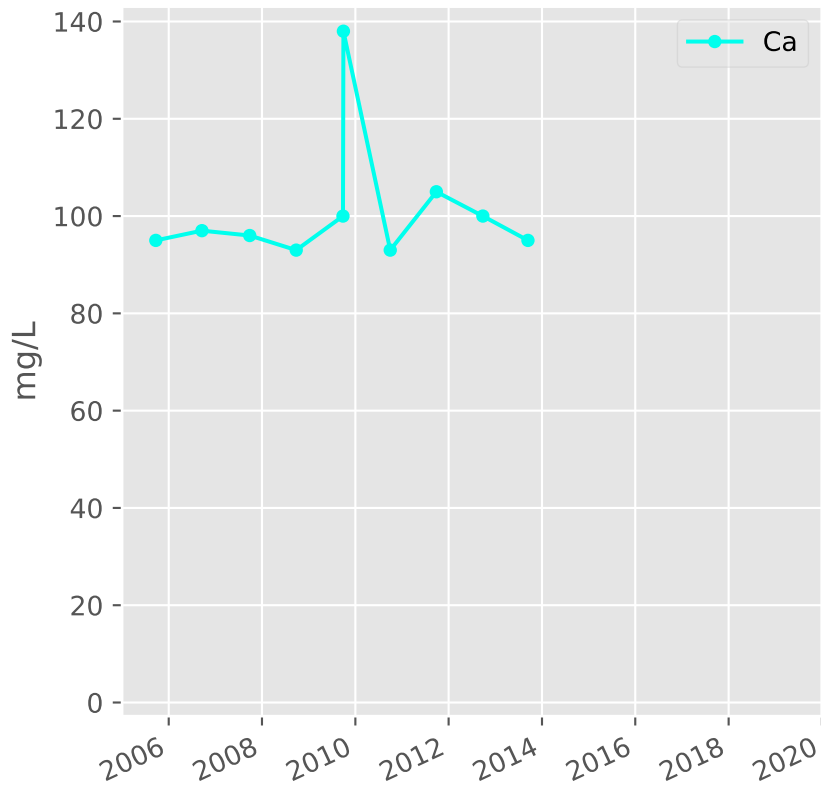
Chlorures



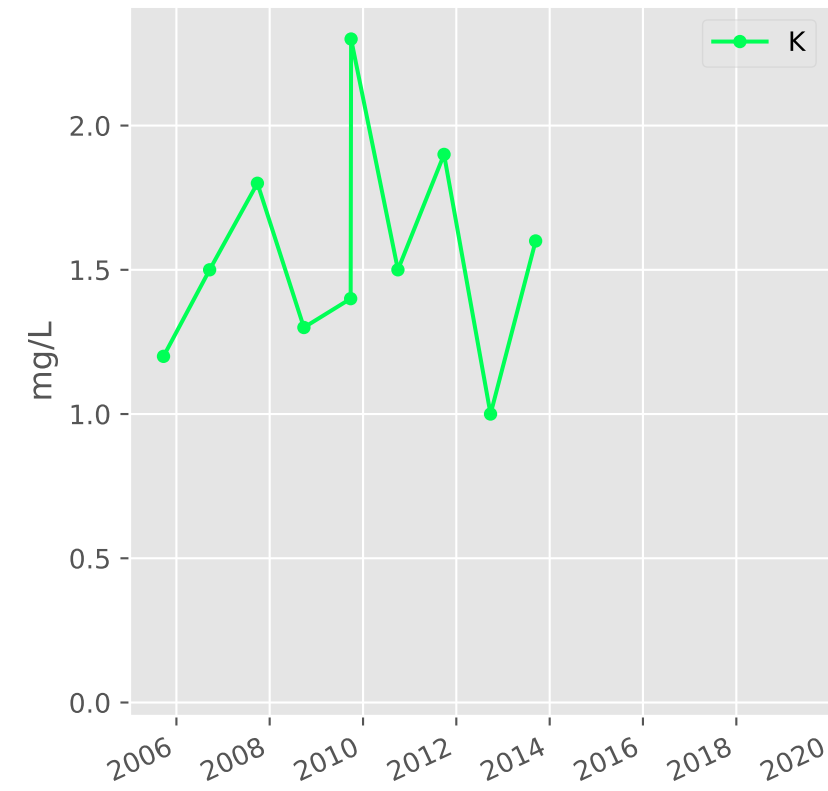
Bicarbonates



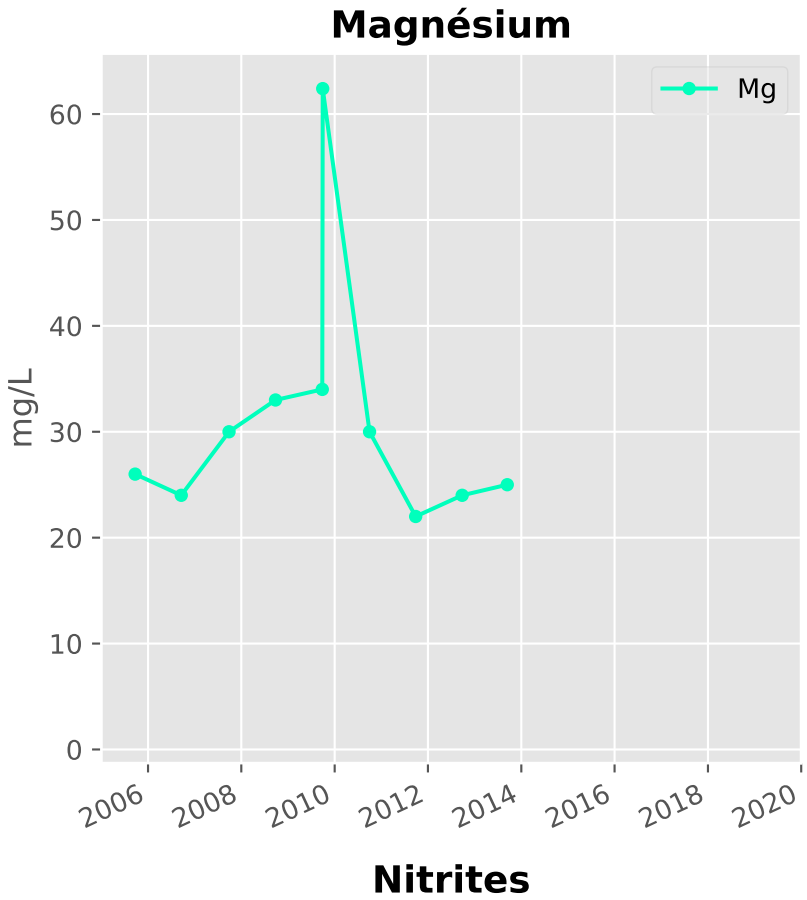
Calcium



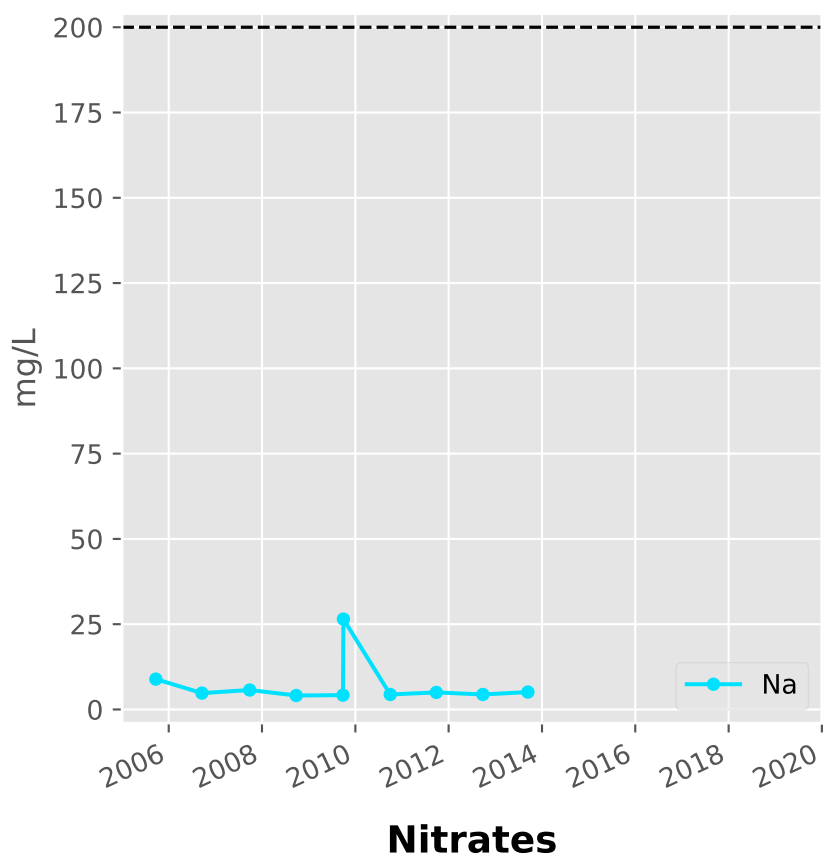
Potassium



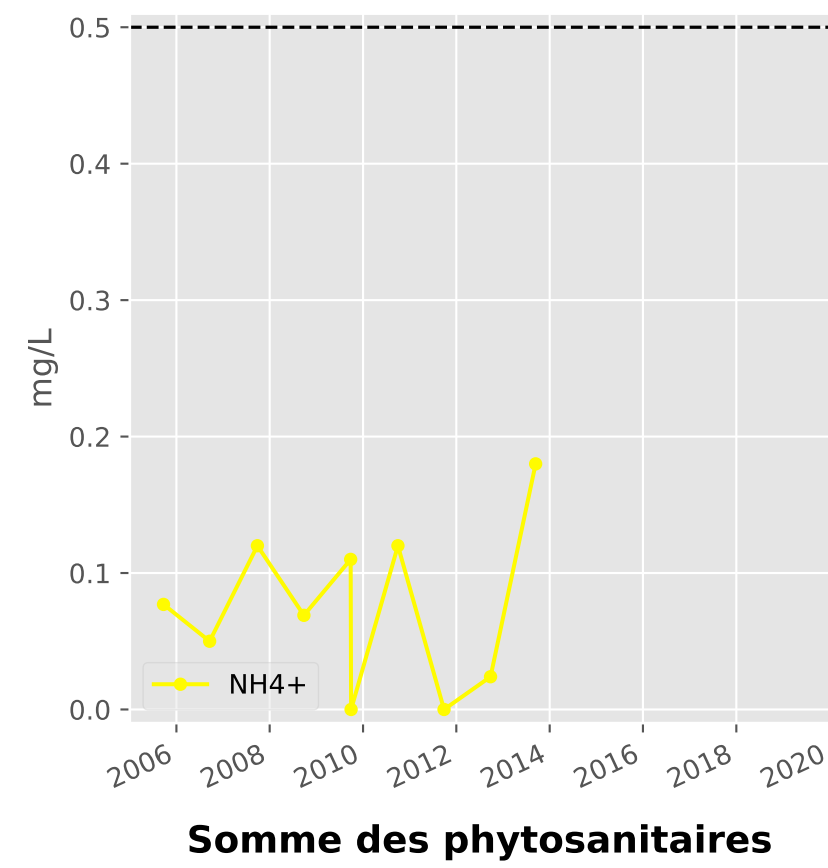
Magnésium



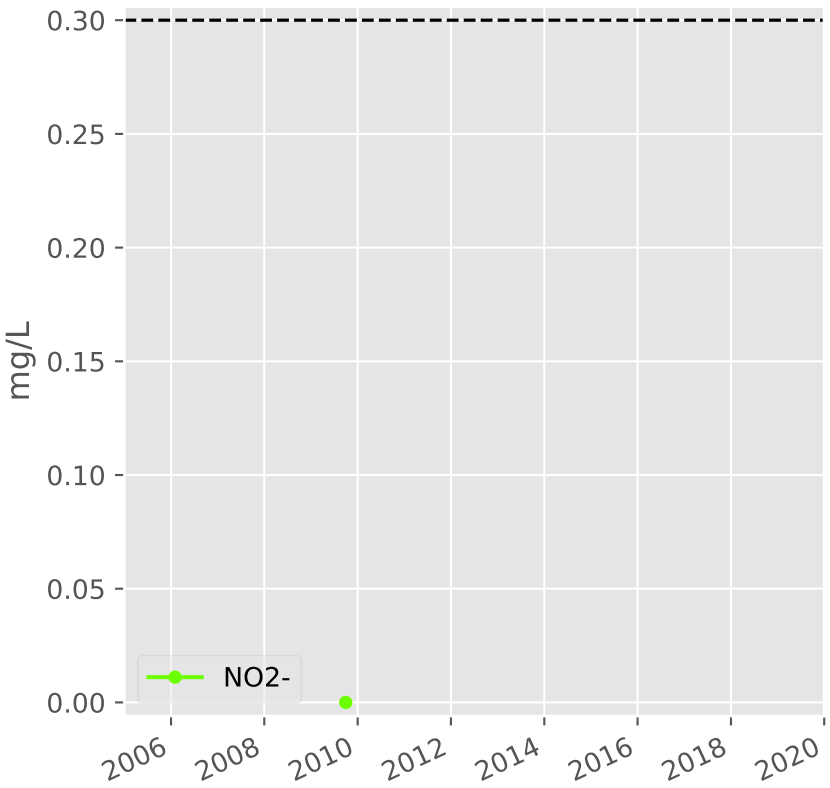
Sodium



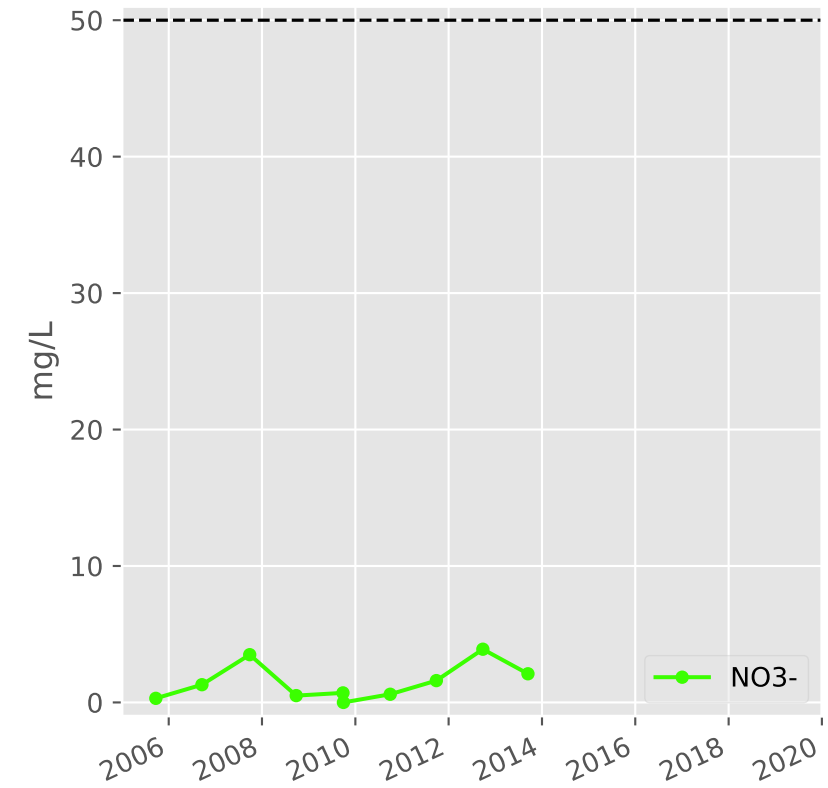
Ammonium



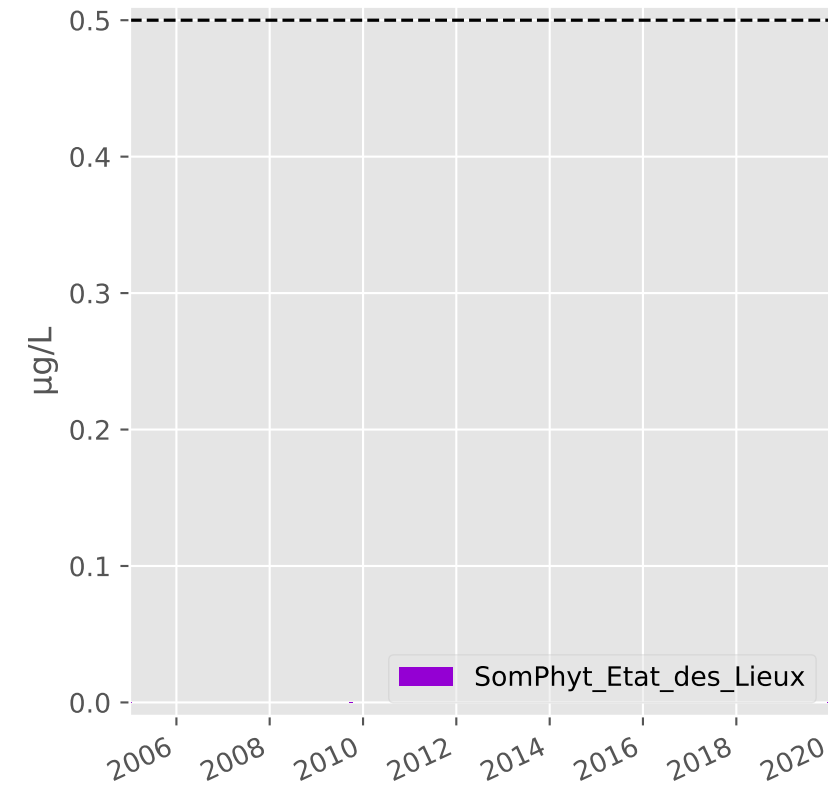
Nitrites



Nitrates

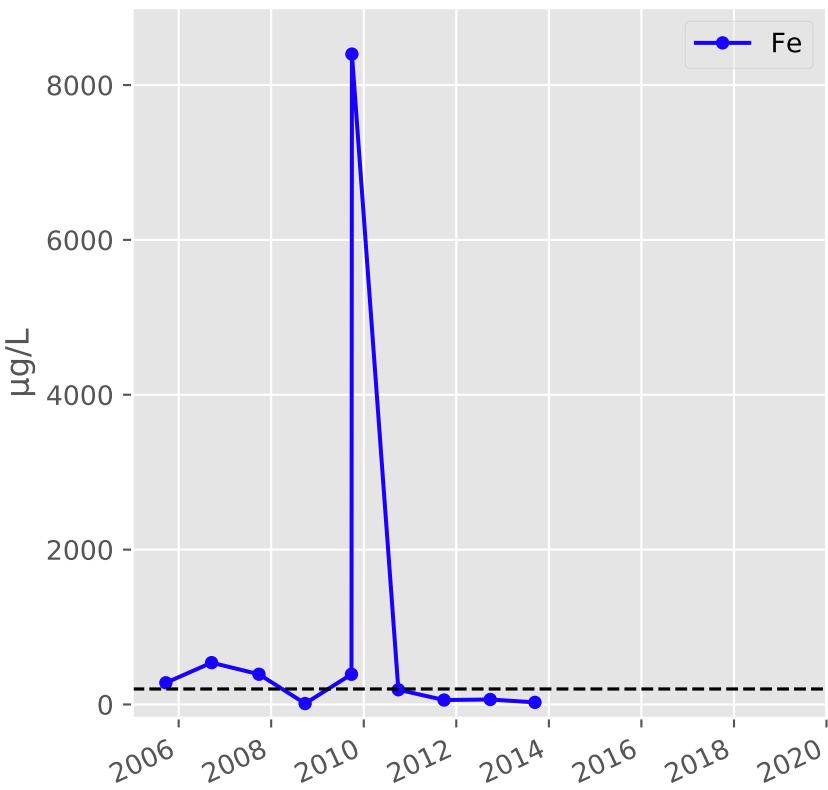


Somme des phytosanitaires

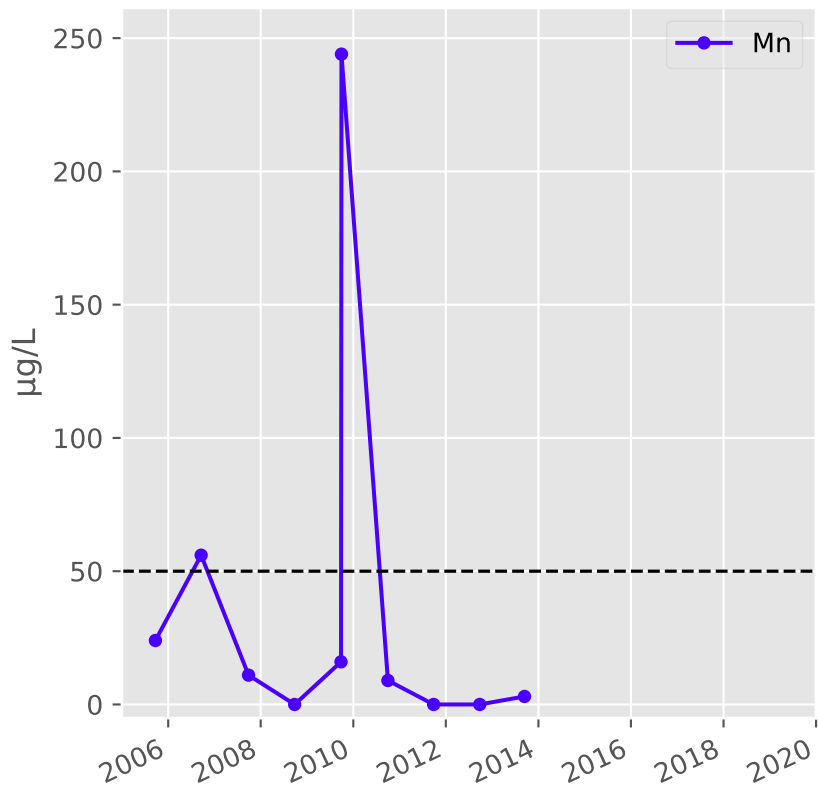


Bassin HAYANGE SUD - Réservoir minier - Ha1 - Pz. Hayange Sud - 01374X0268

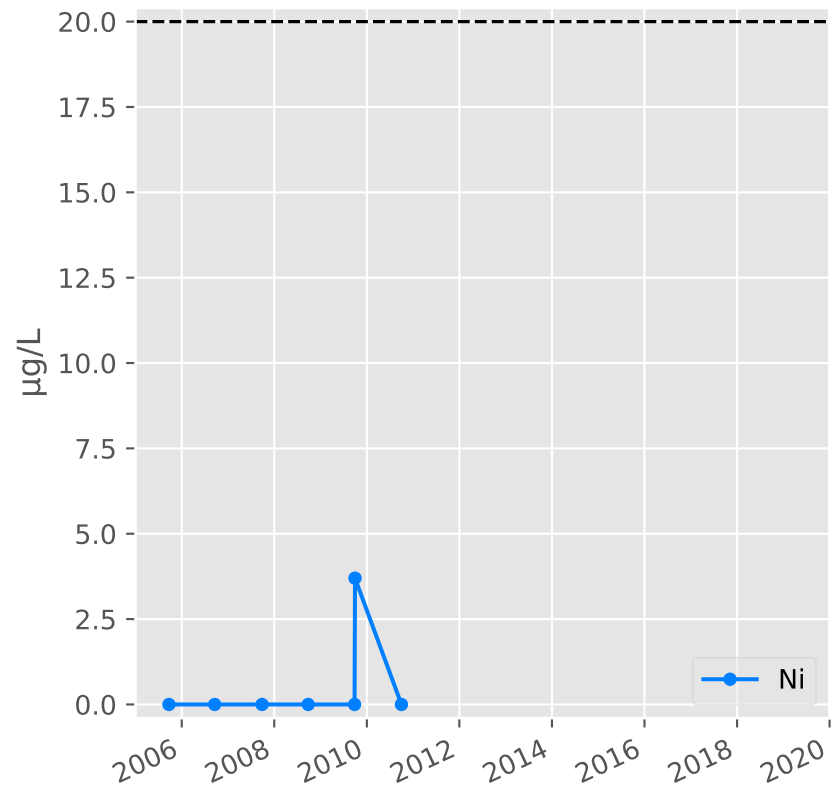
Fer



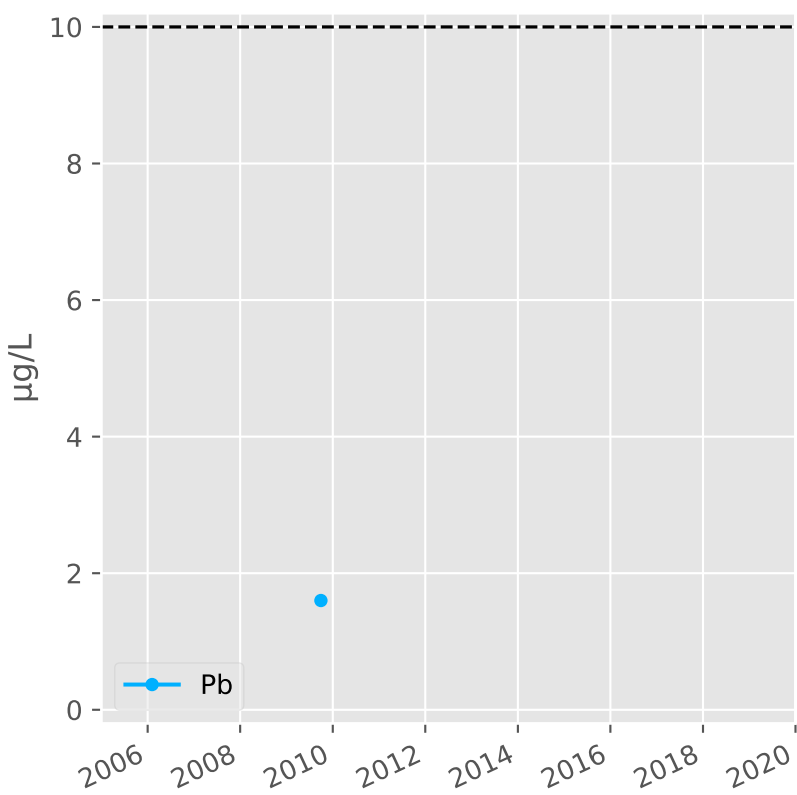
Manganèse



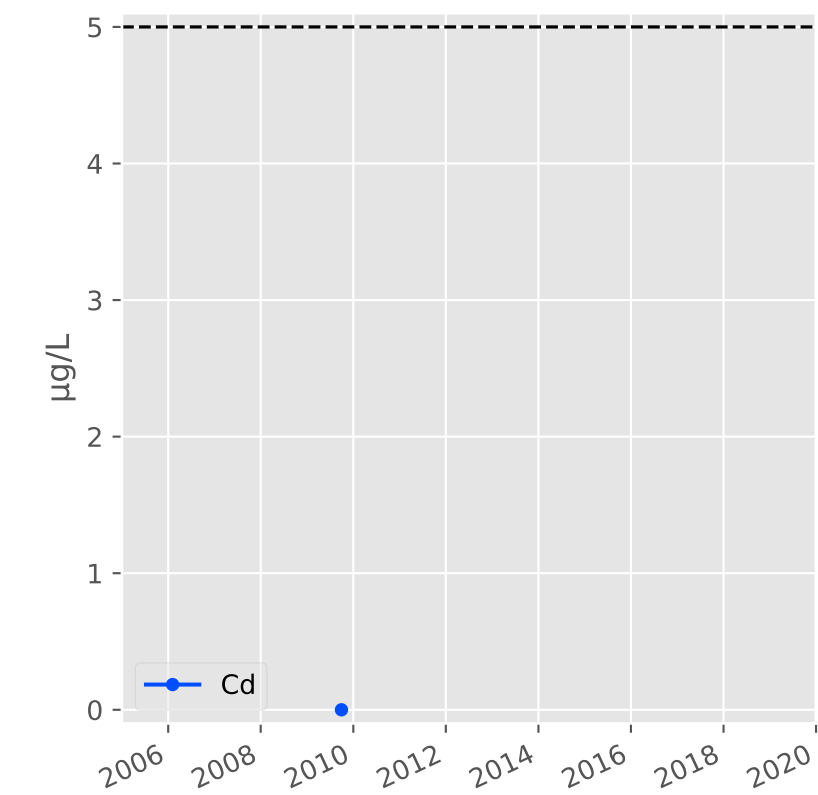
Nickel



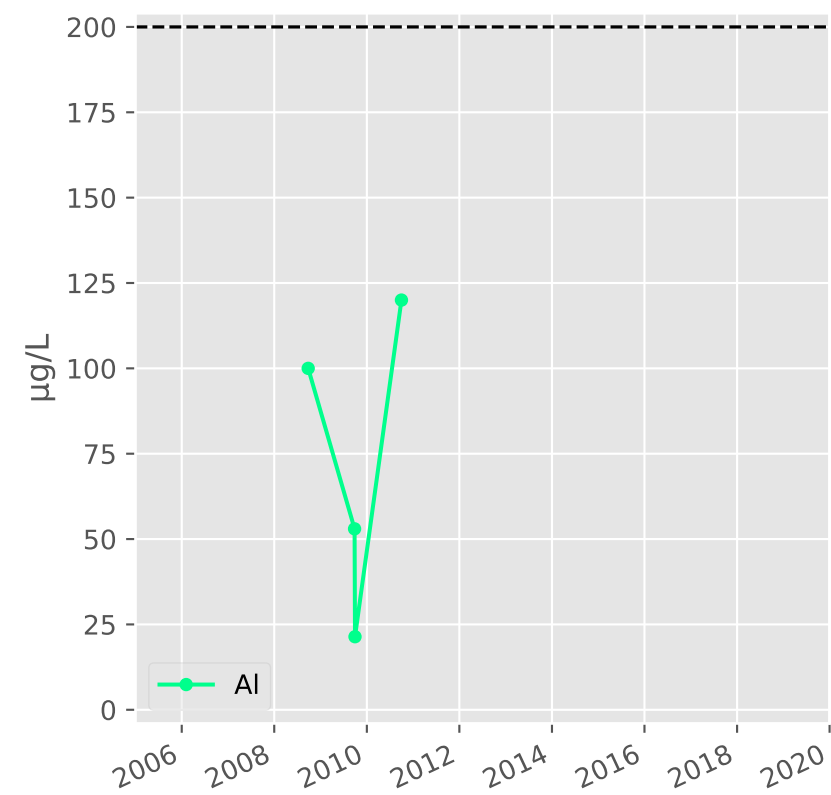
Plomb



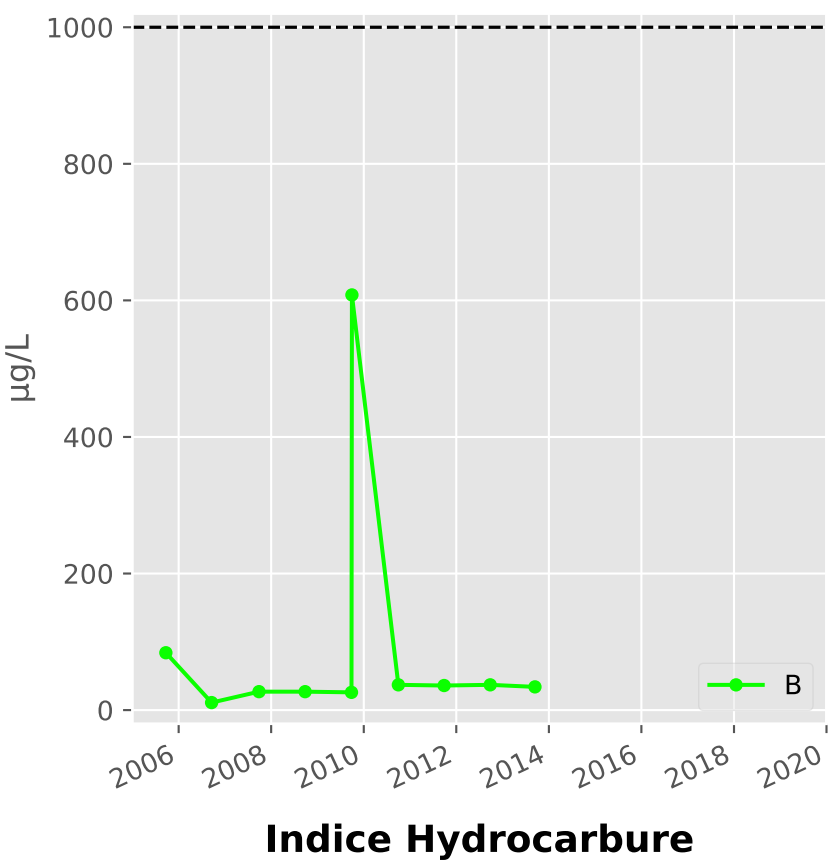
Cadmium



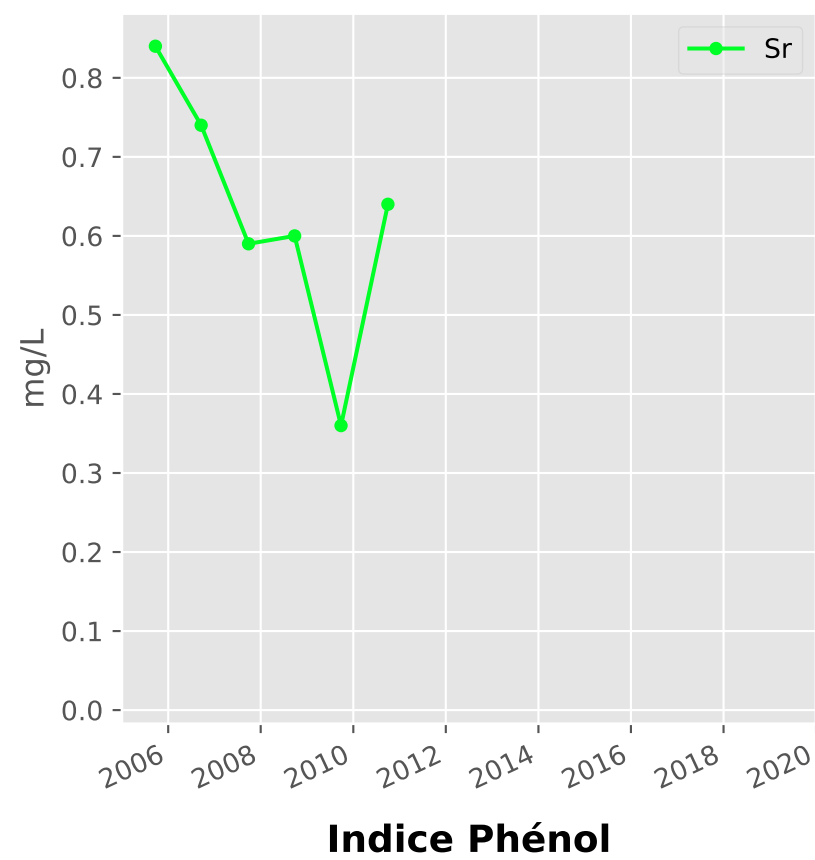
Aluminium



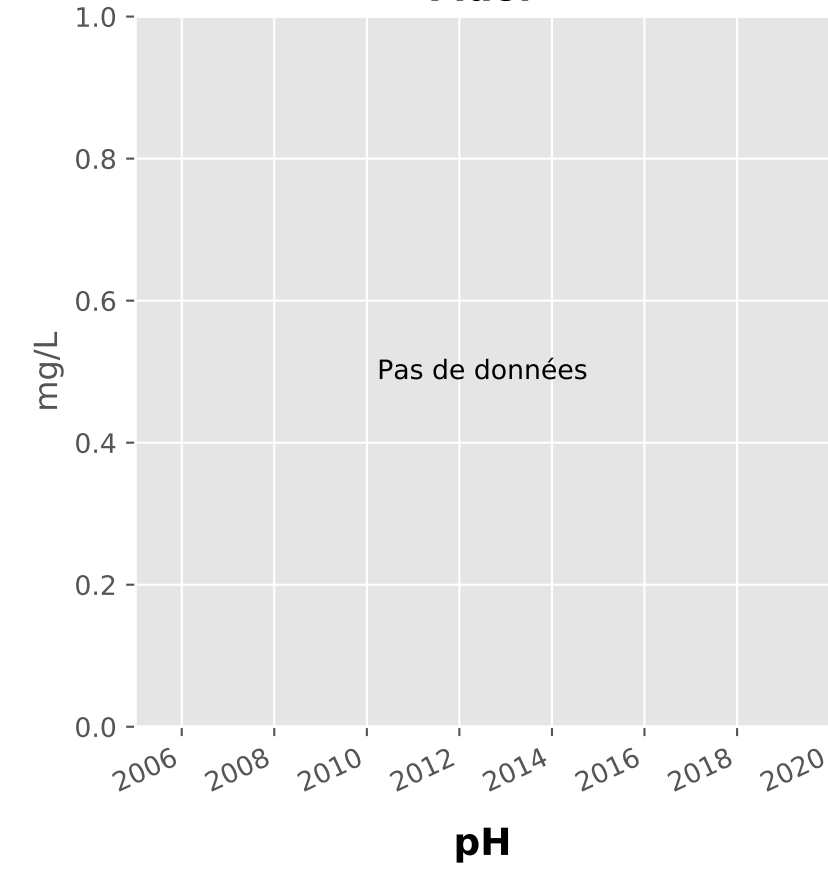
Bore



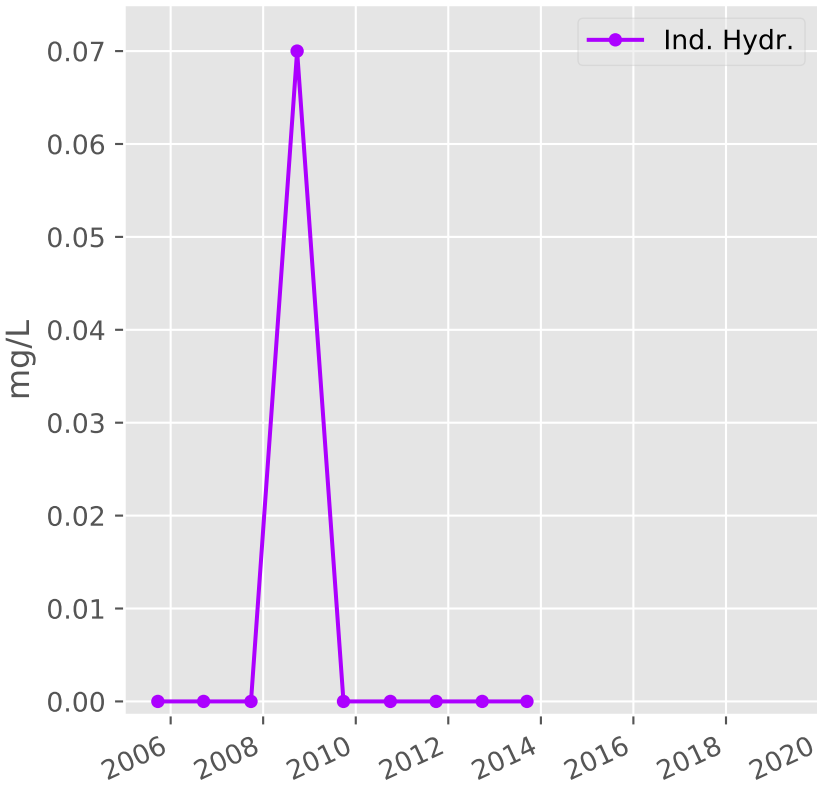
Strontium



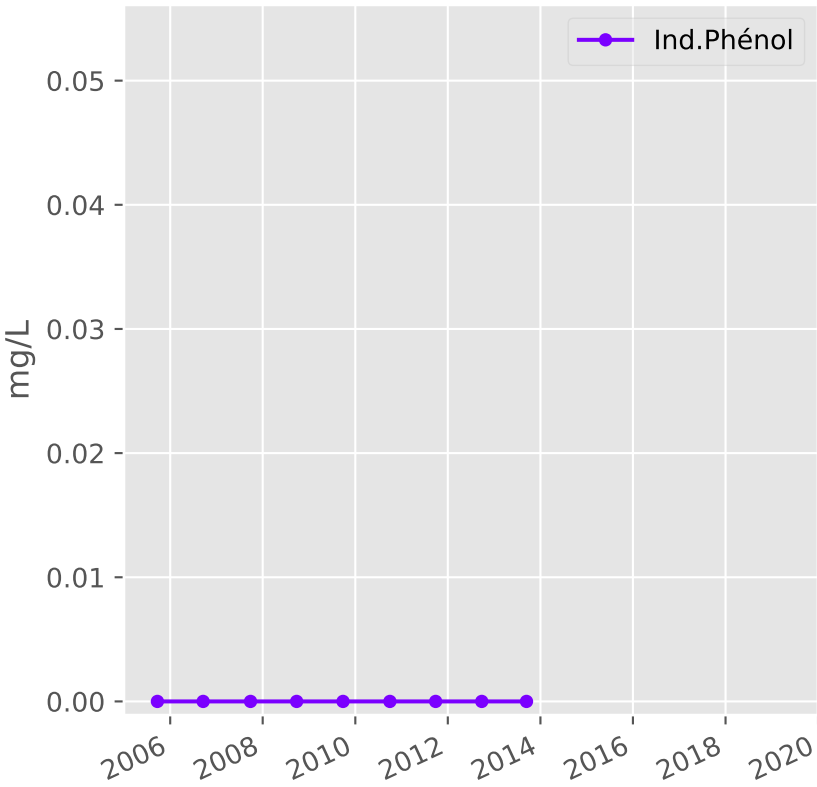
Fluor



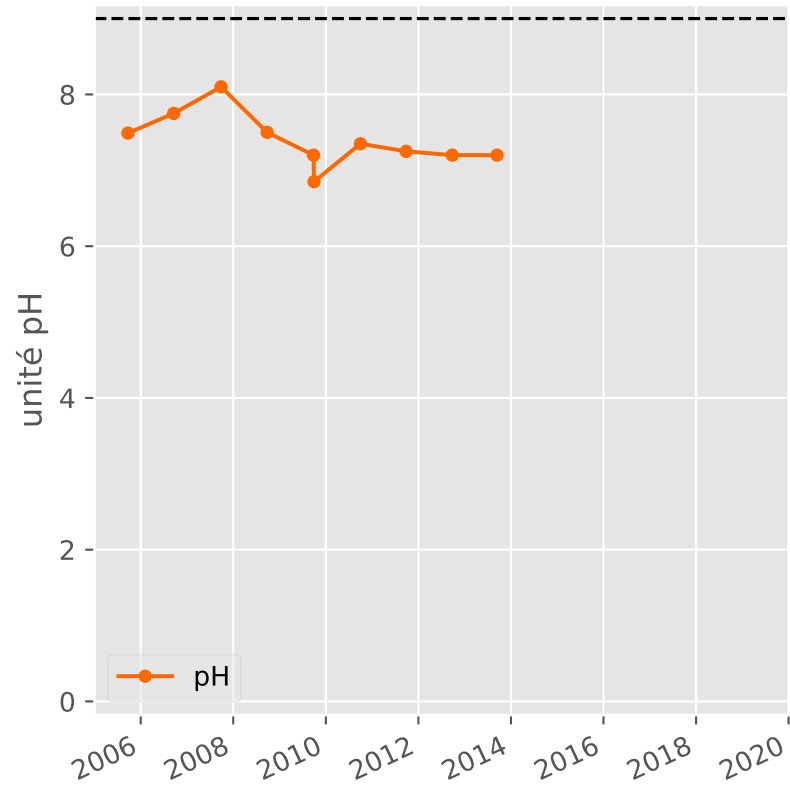
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

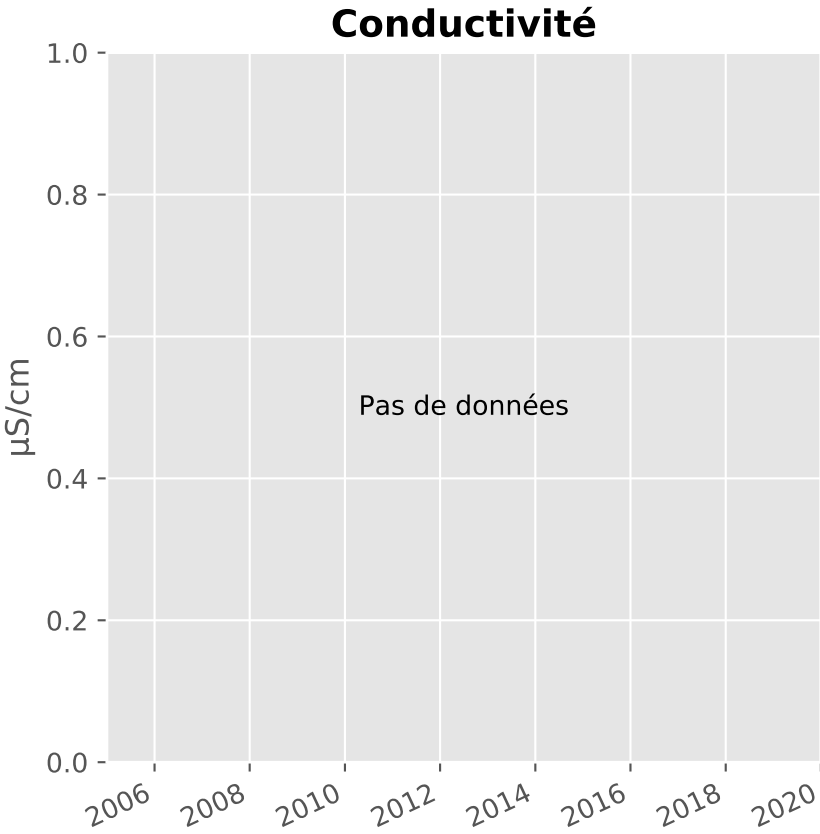


pH

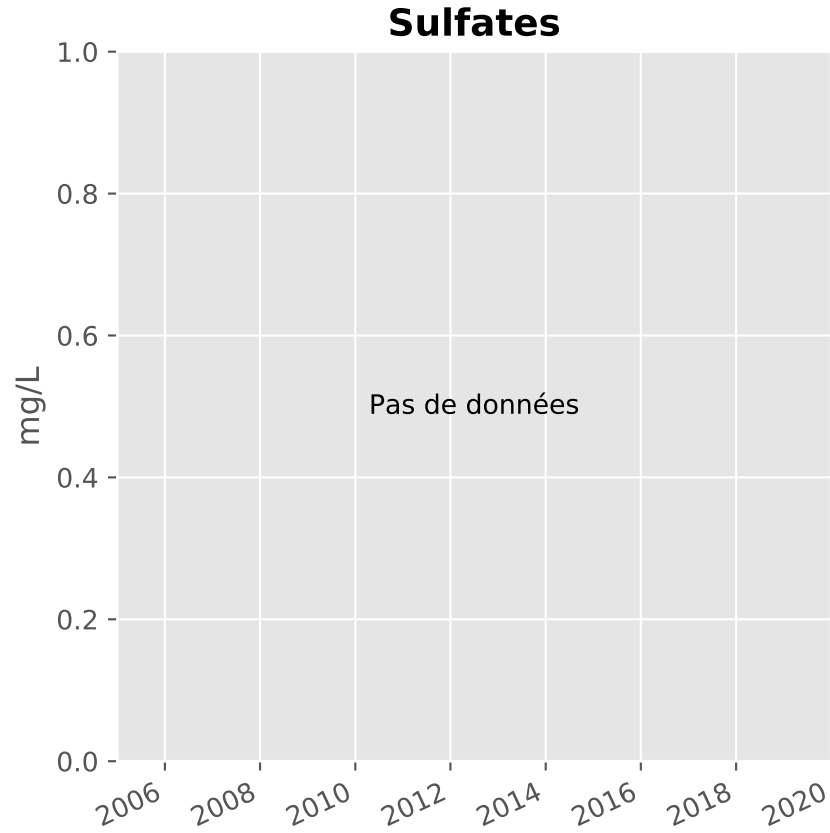


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS1 - S24 - Puits Droitaumont I - 01376X0123

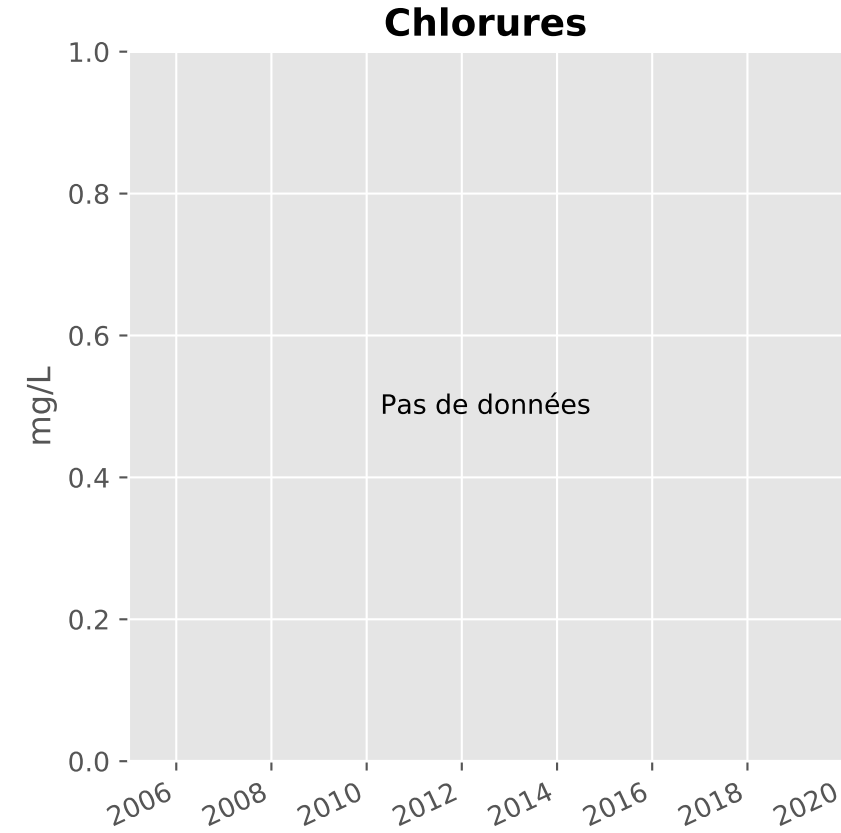
Conductivité



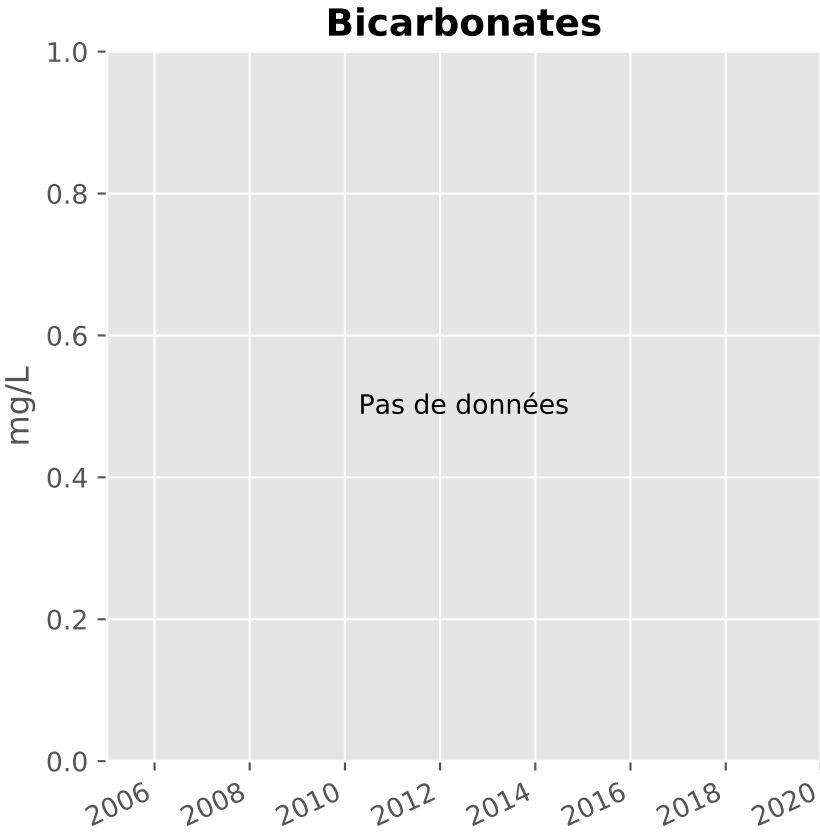
Sulfates



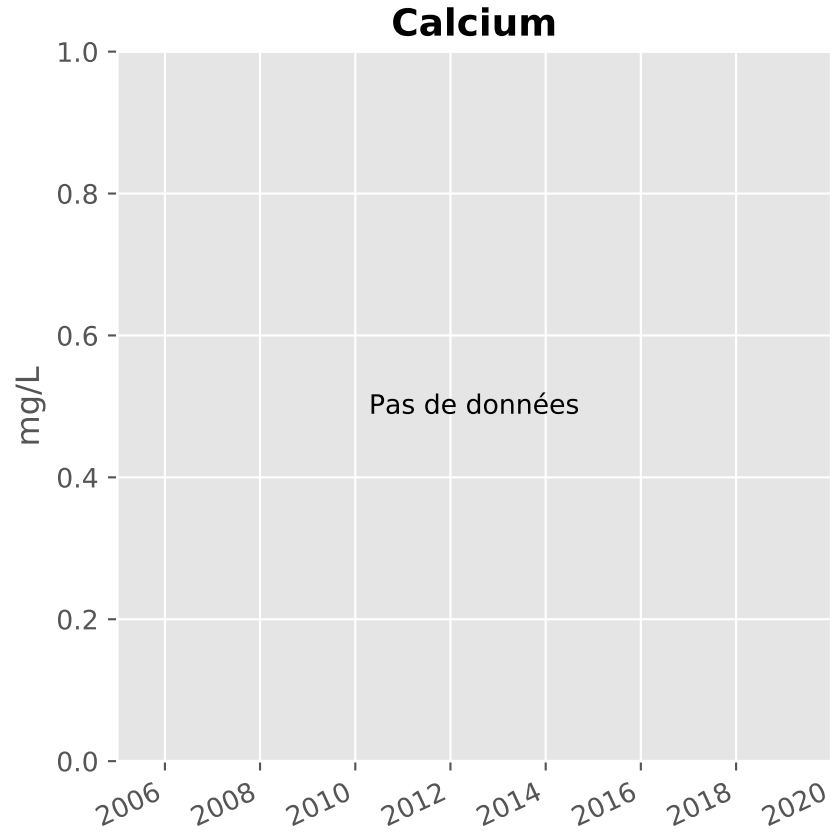
Chlorures



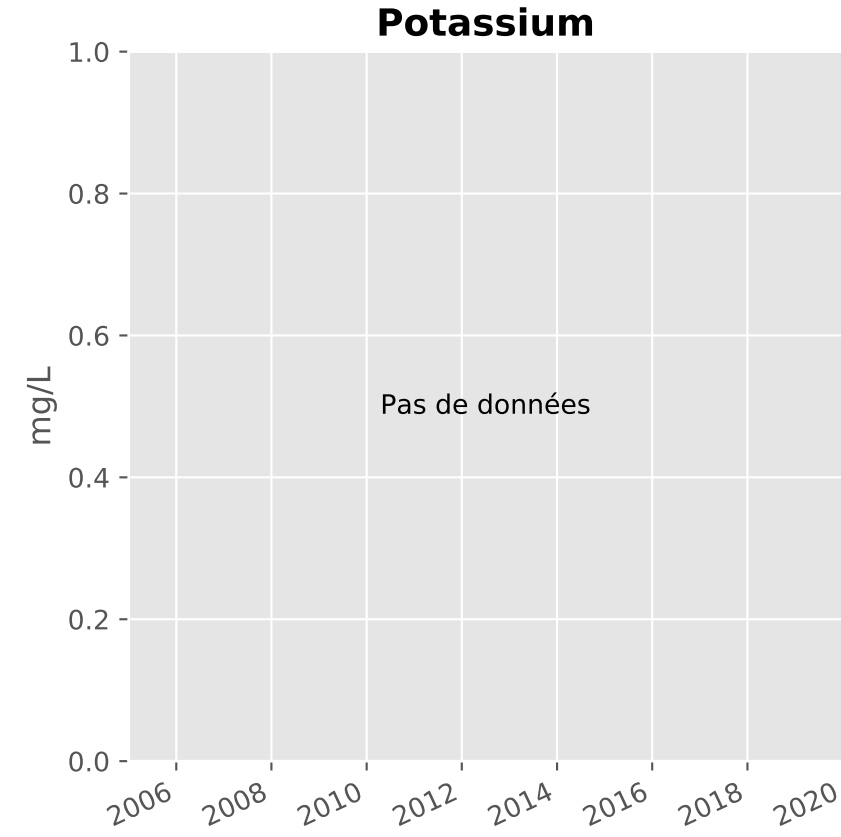
Bicarbonates



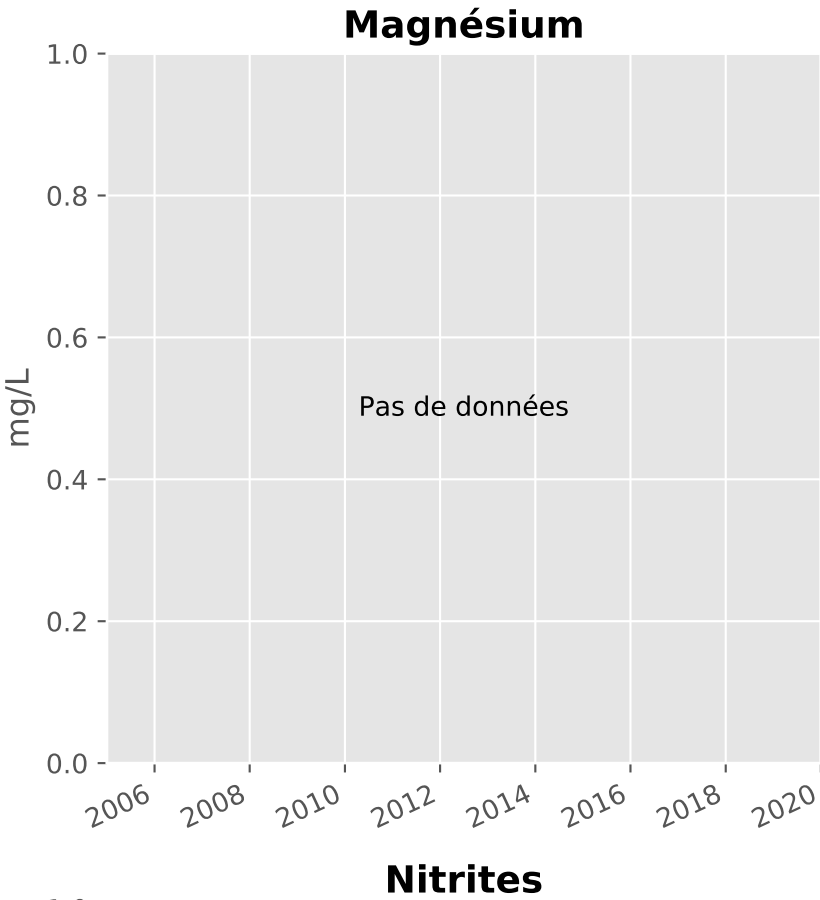
Calcium



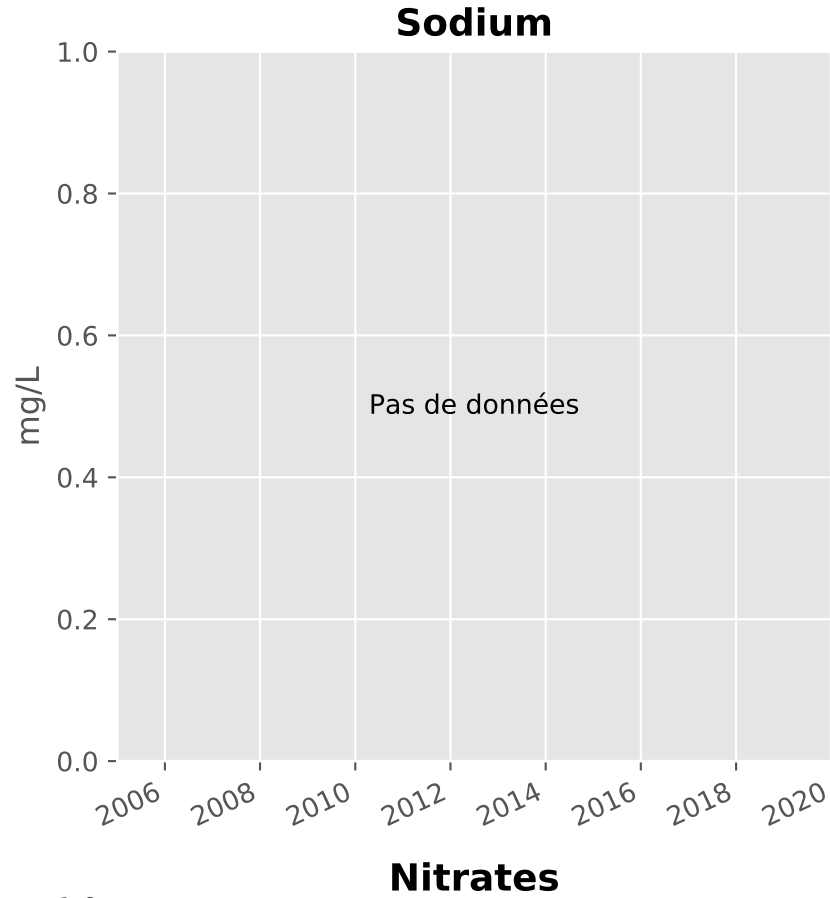
Potassium



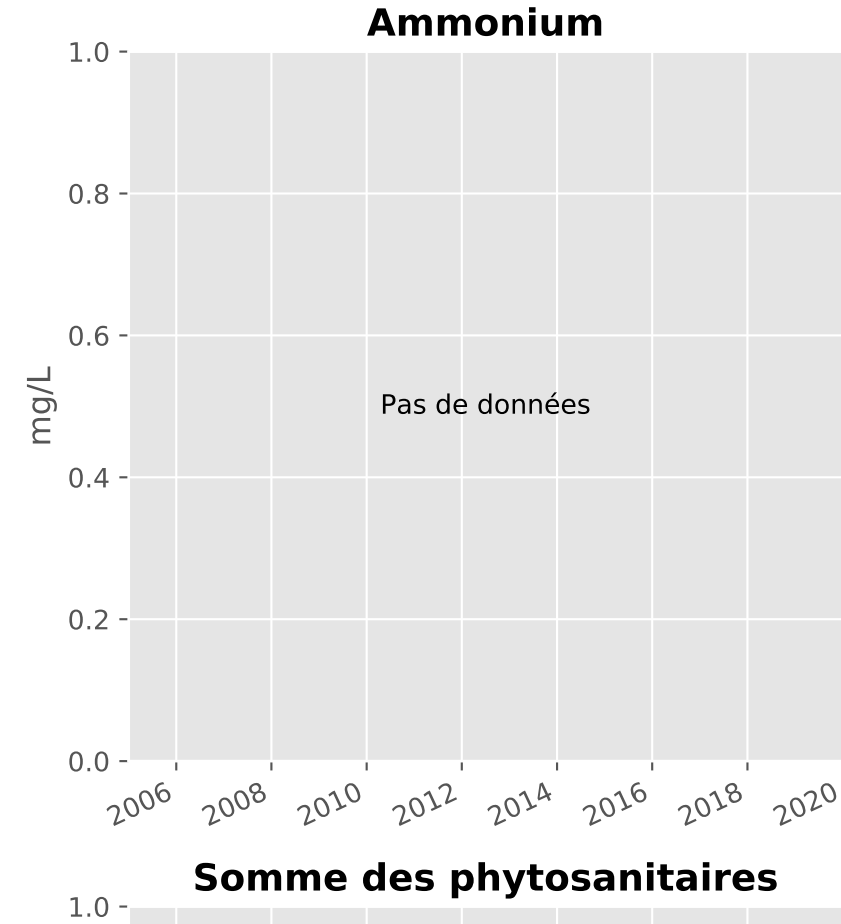
Magnésium



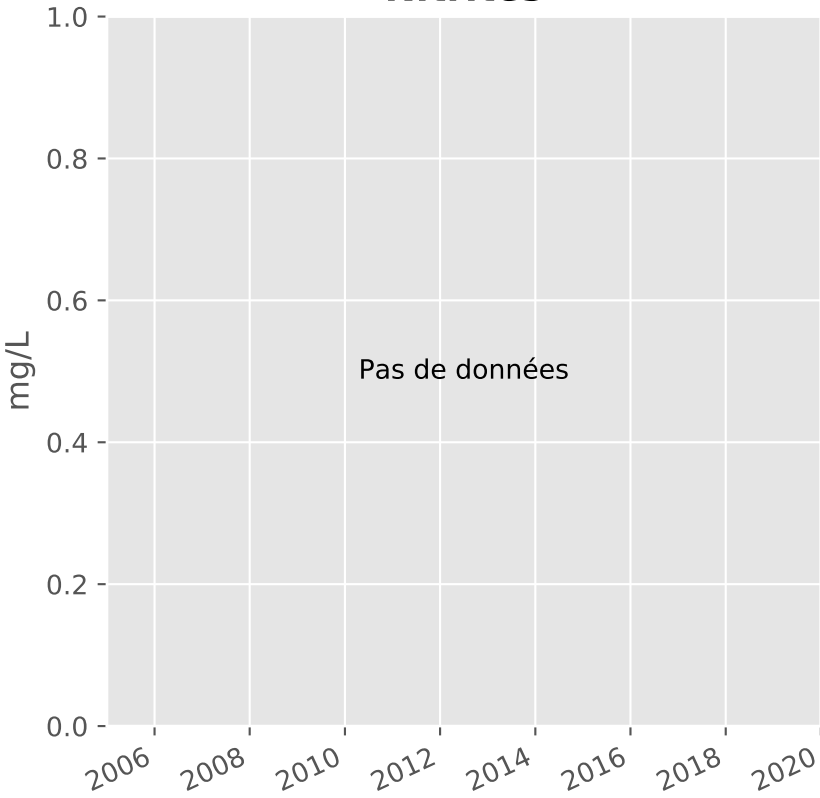
Sodium



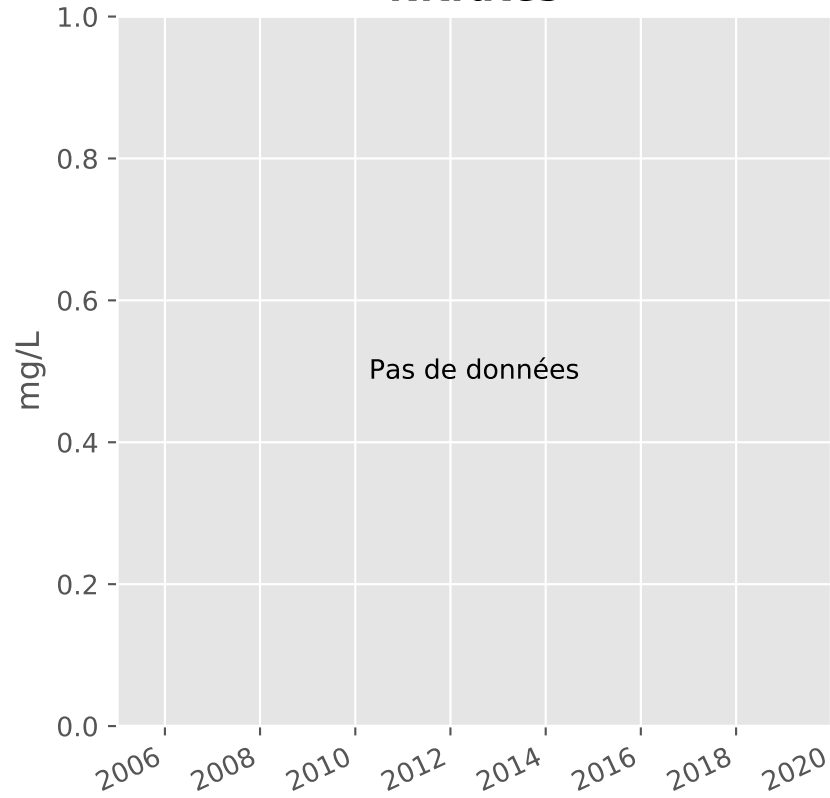
Ammonium



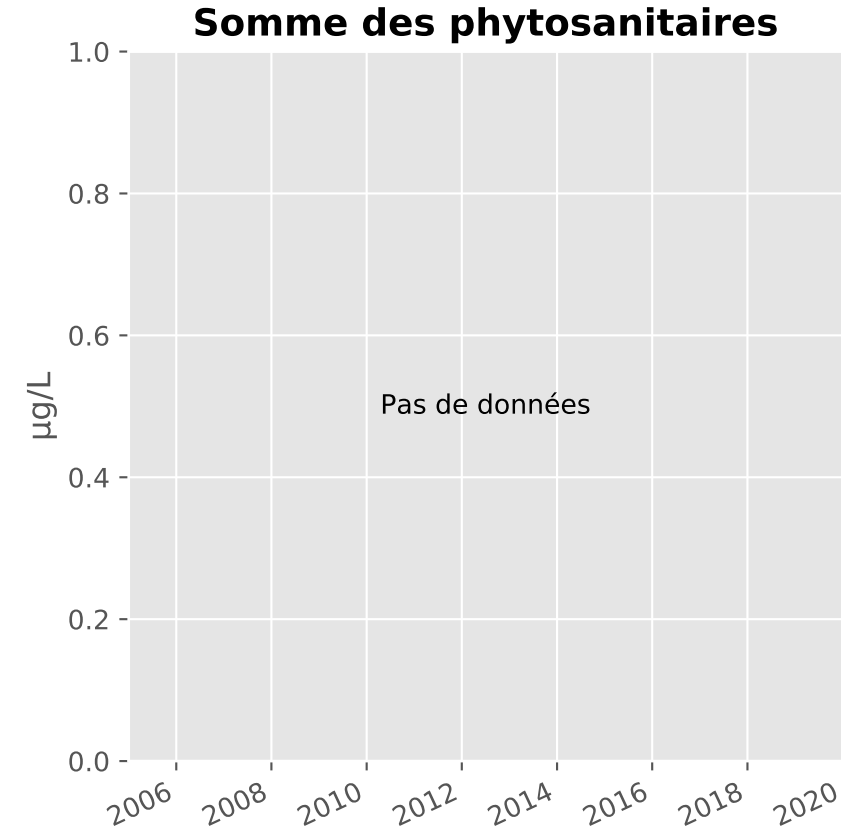
Nitrites



Nitrates

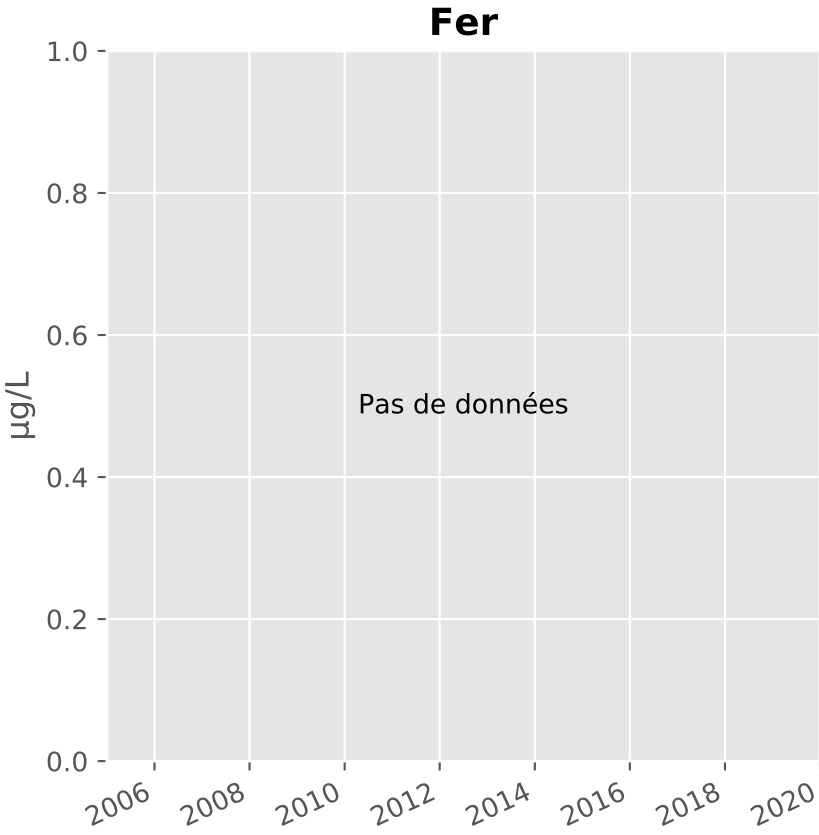


Somme des phytosanitaires

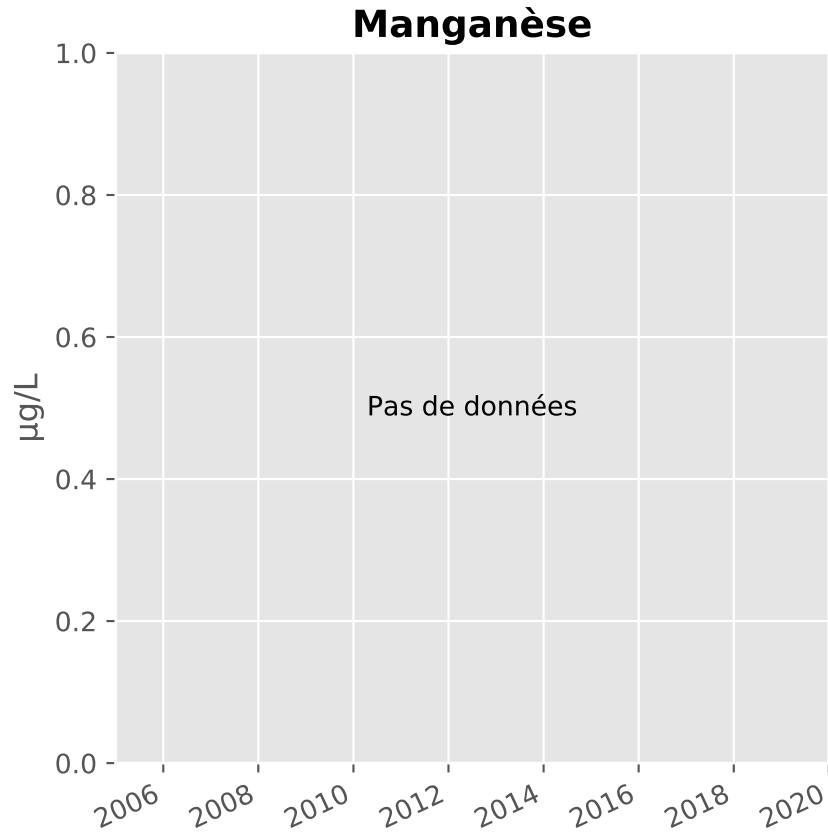


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS1 - S24 - Puits Droitaumont I - 01376X0123

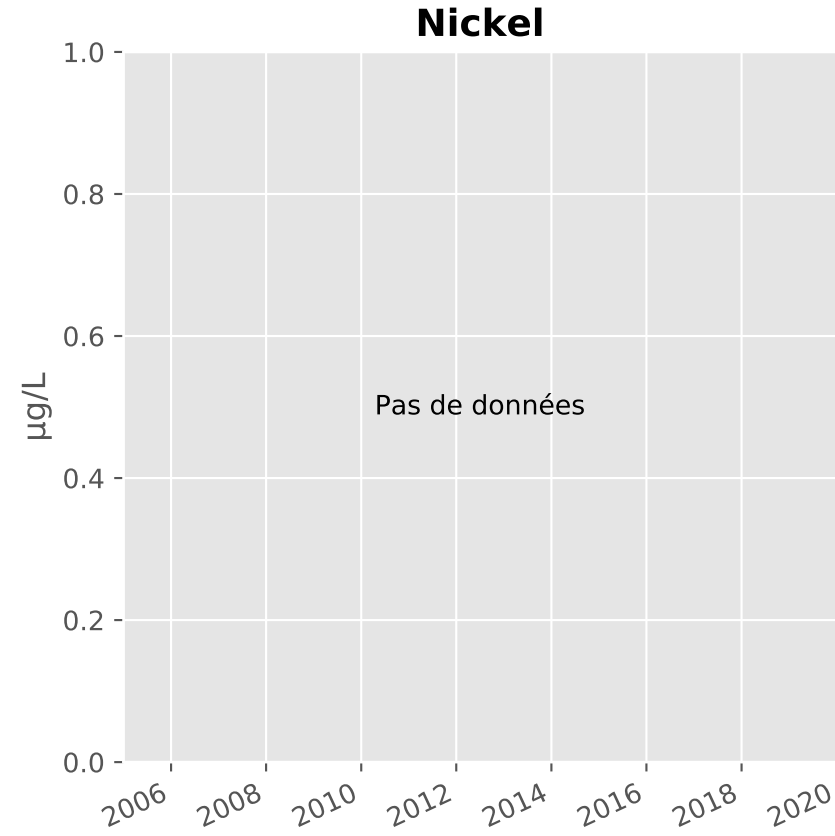
Fer



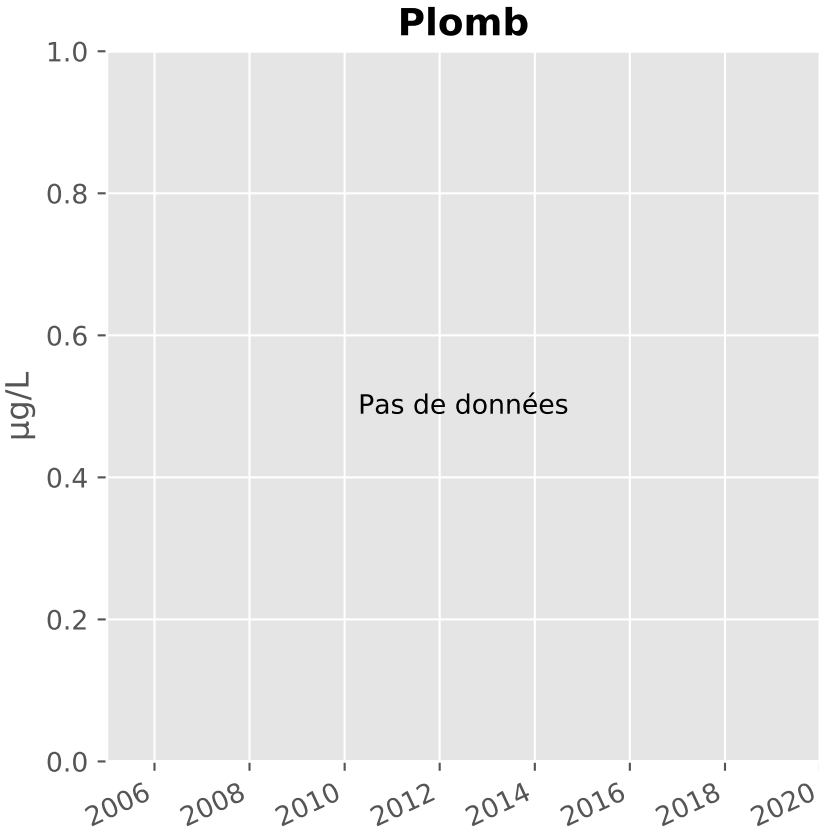
Manganèse



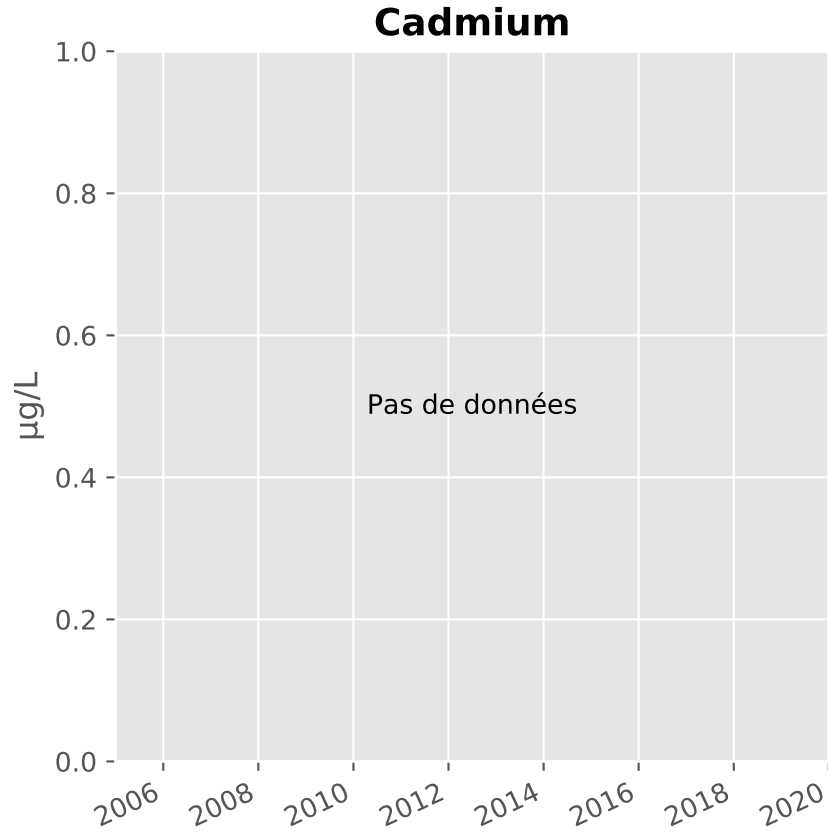
Nickel



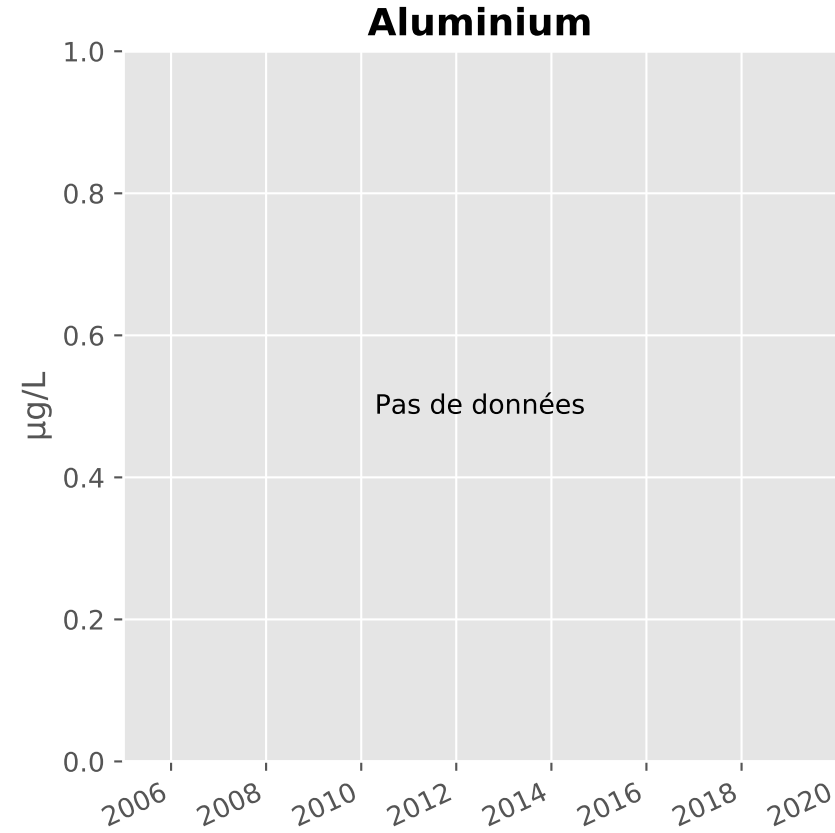
Plomb



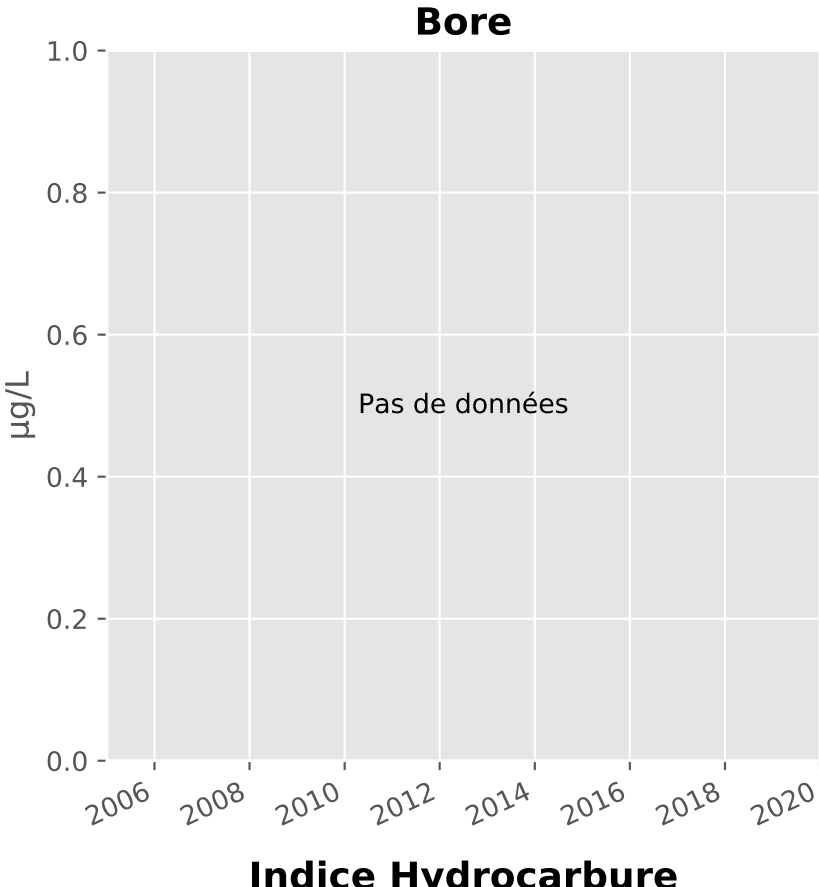
Cadmium



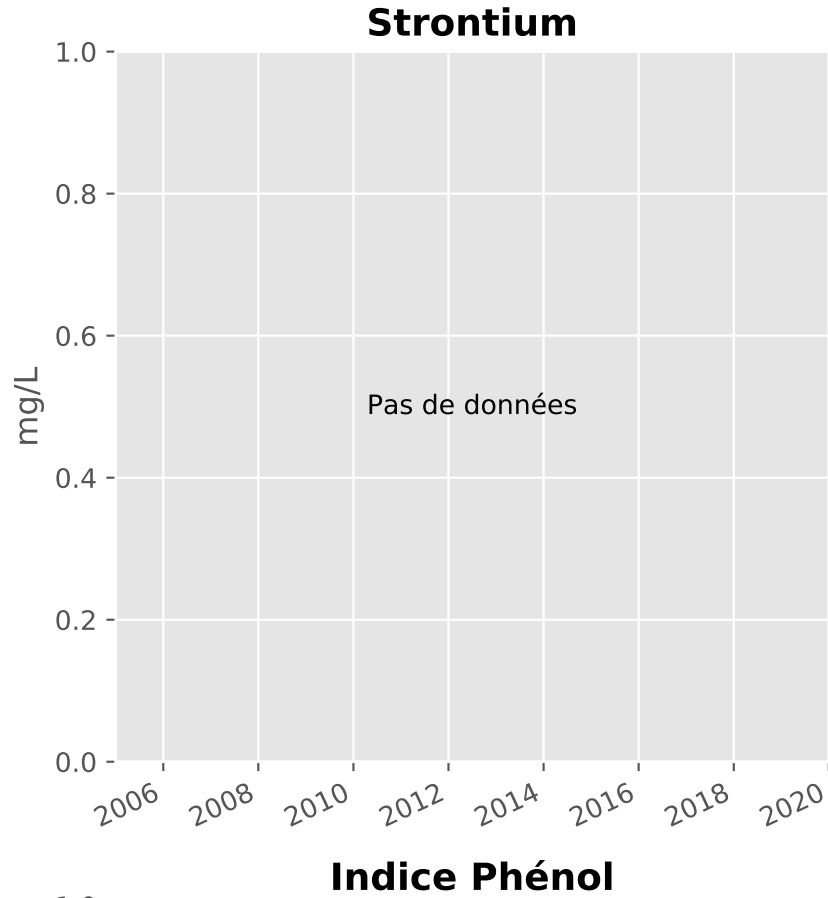
Aluminium



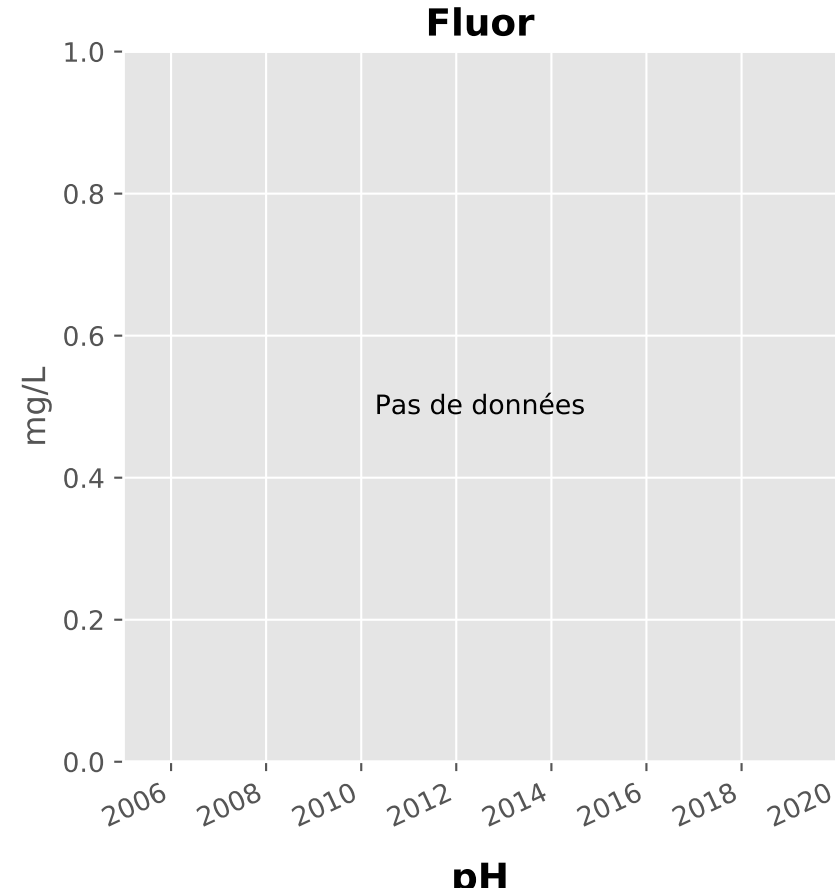
Bore



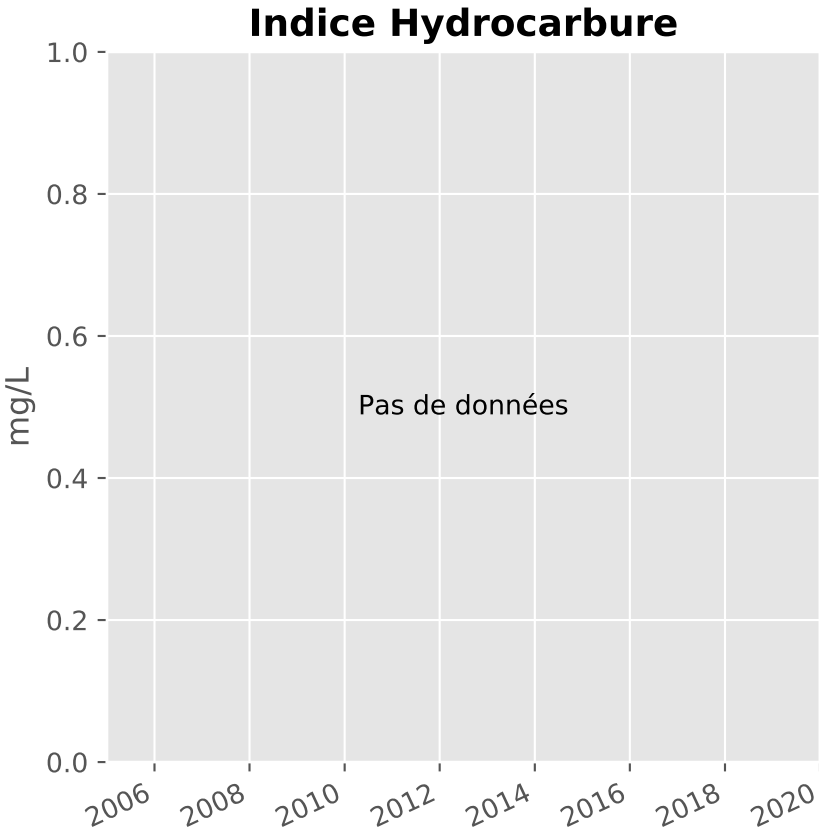
Strontium



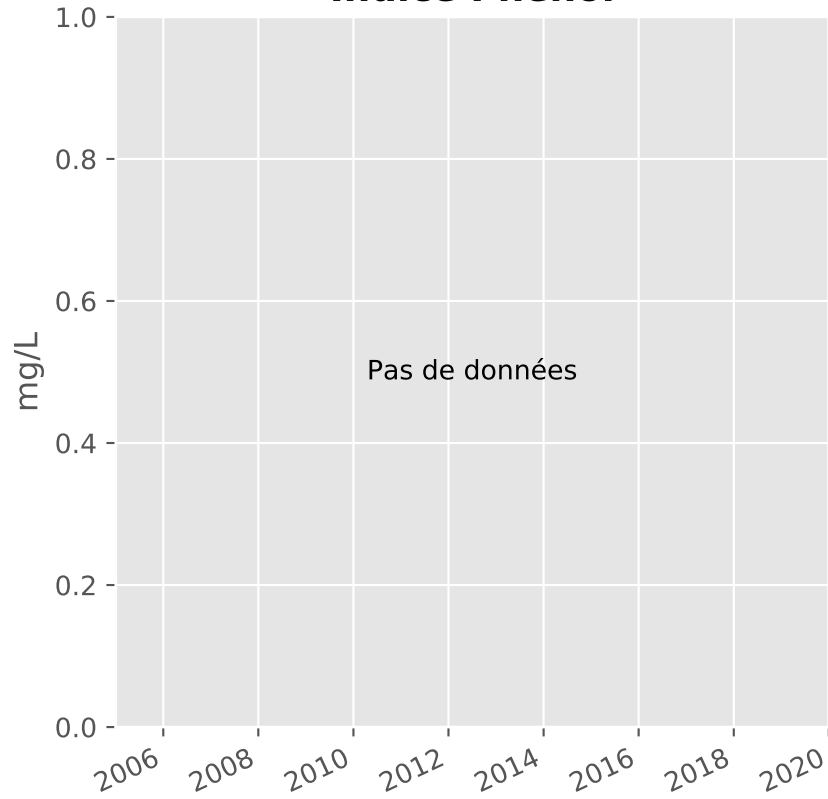
Fluor



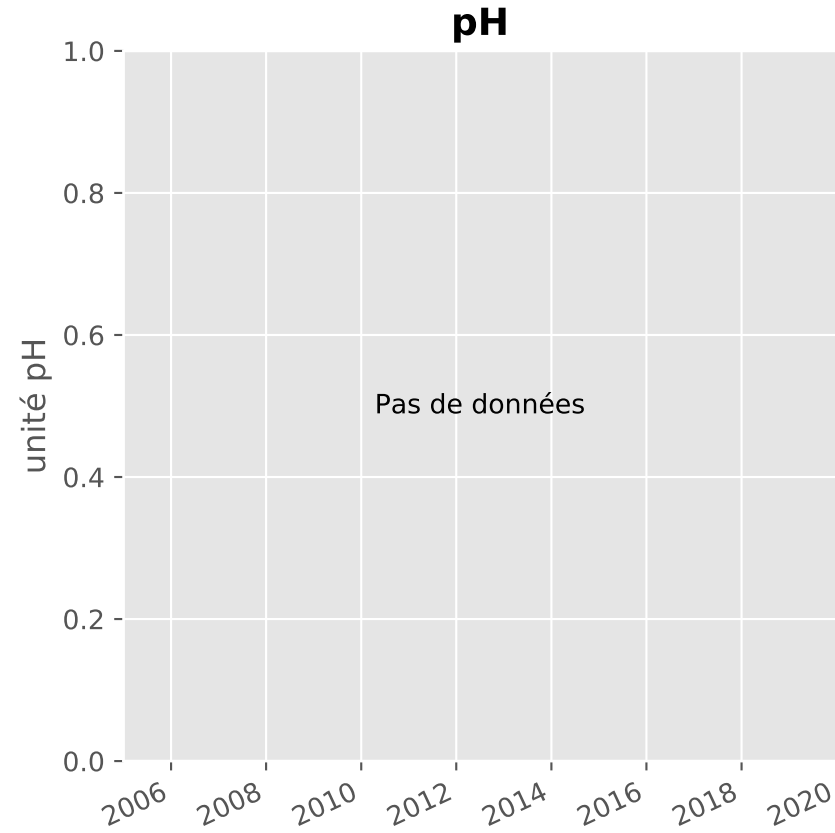
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

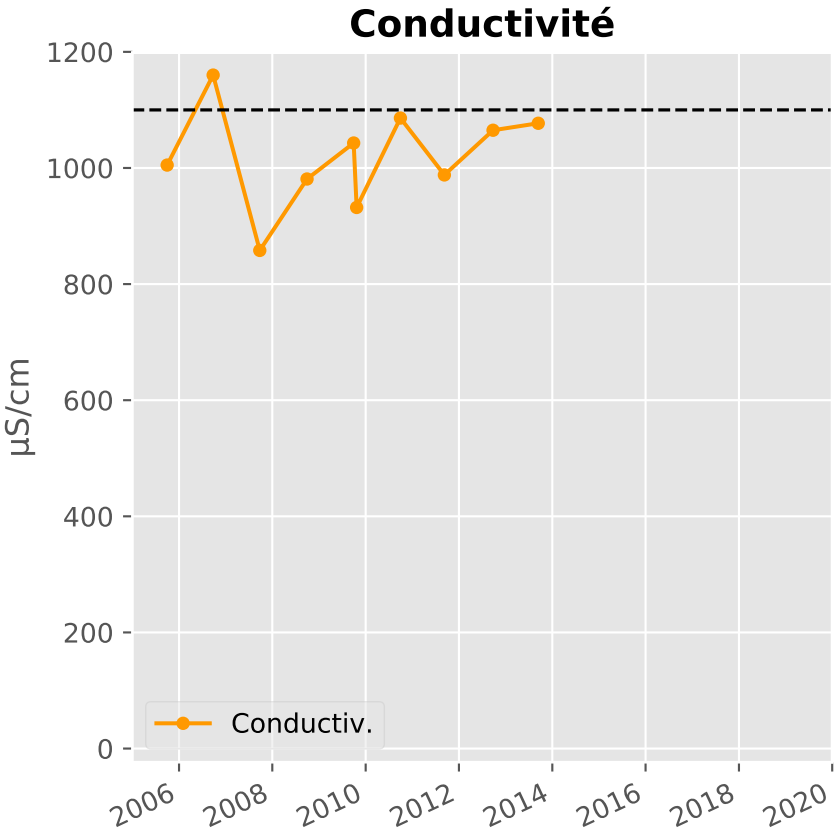


pH

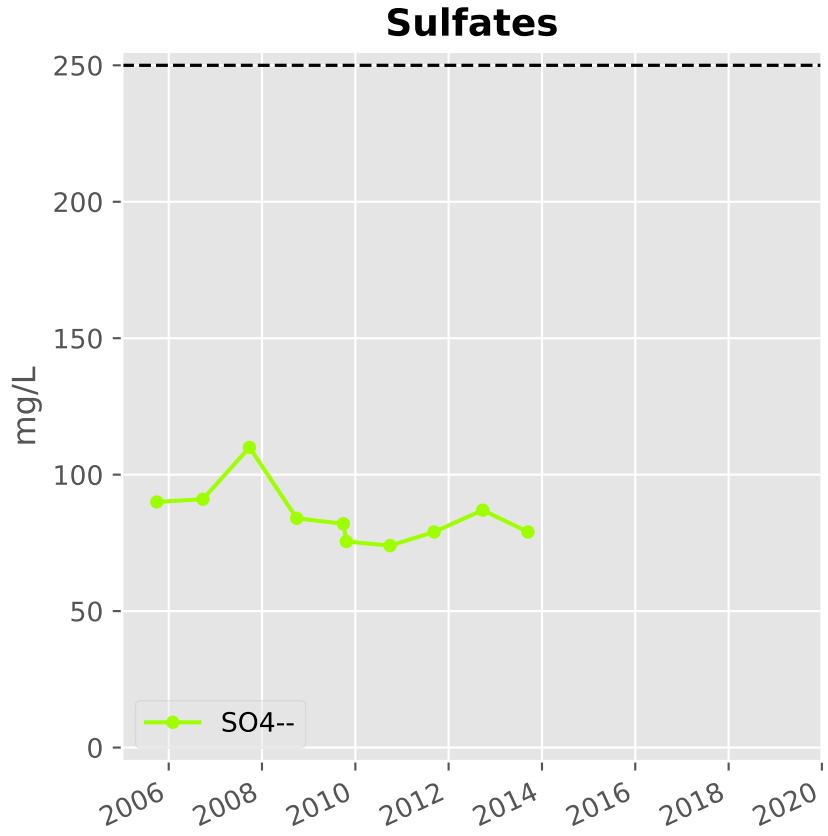


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S13 - Pz. H1 - Hatrize - 01376X0149

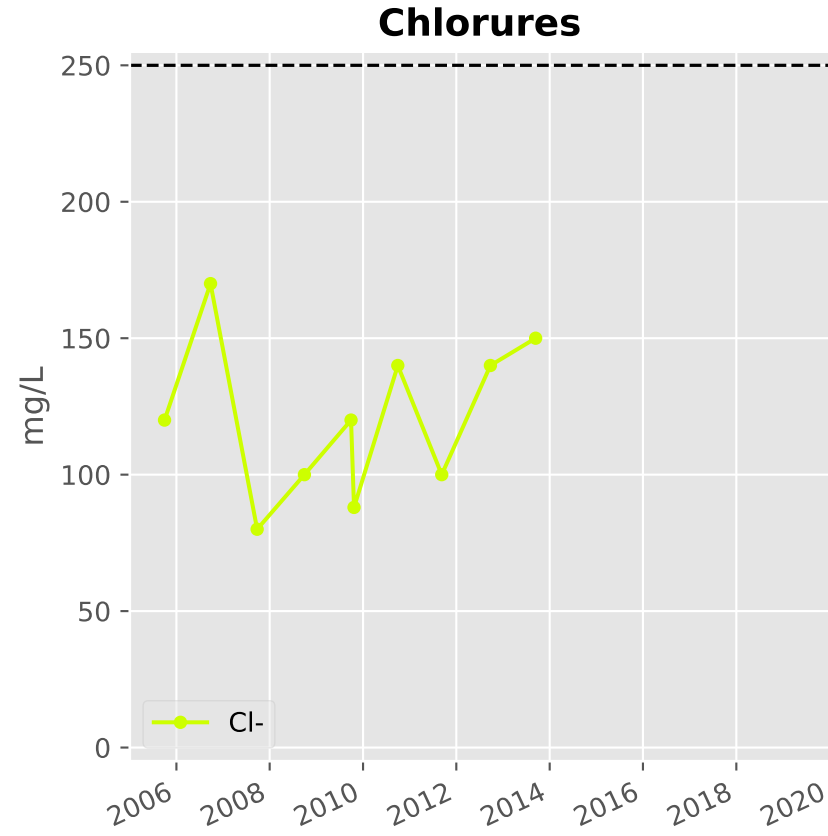
Conductivité



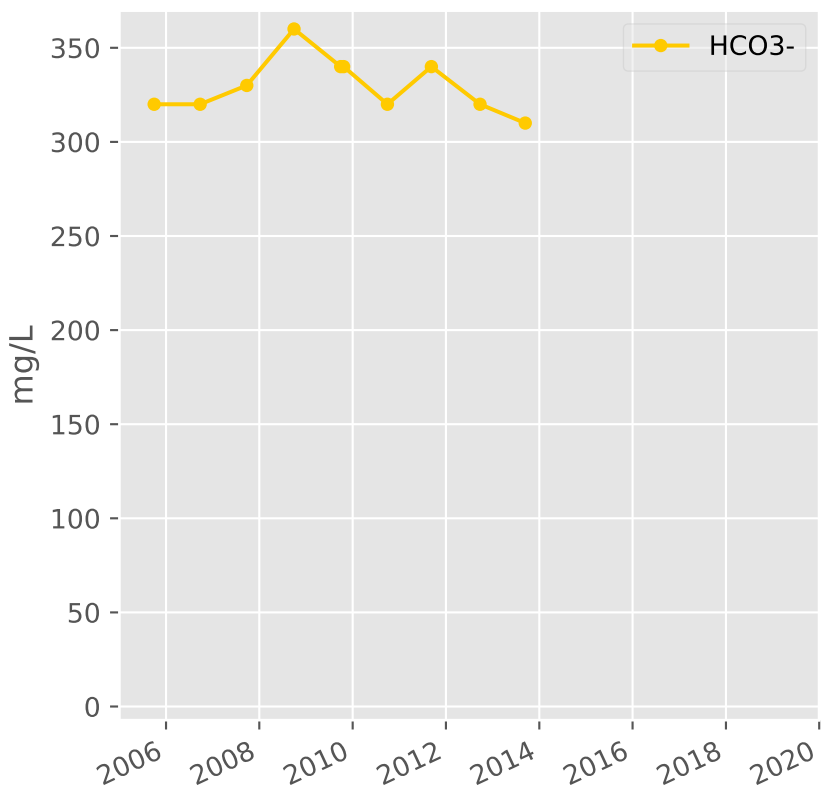
Sulfates



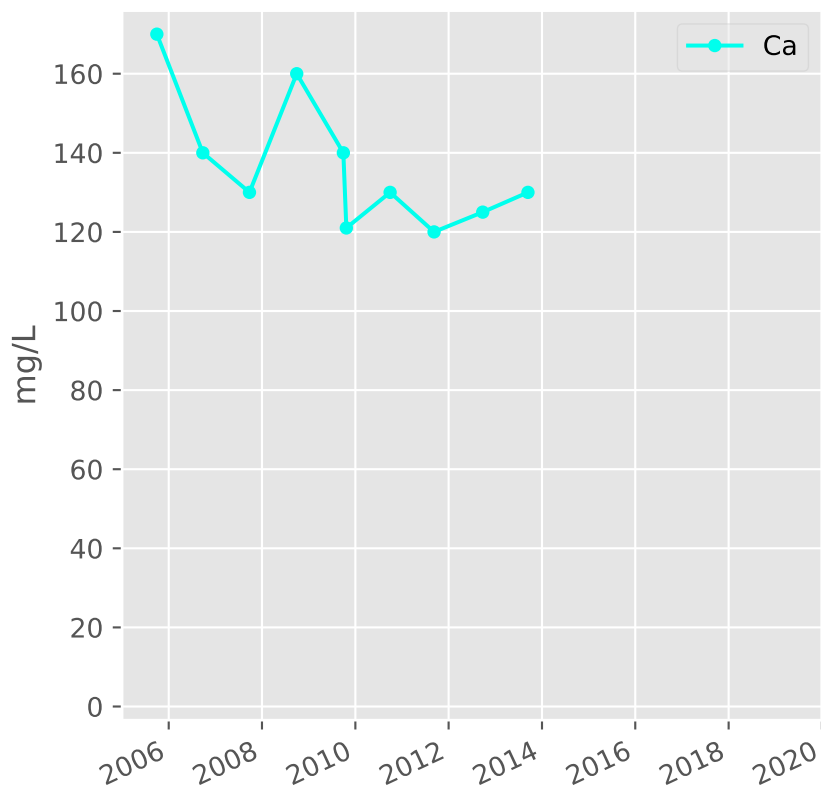
Chlorures



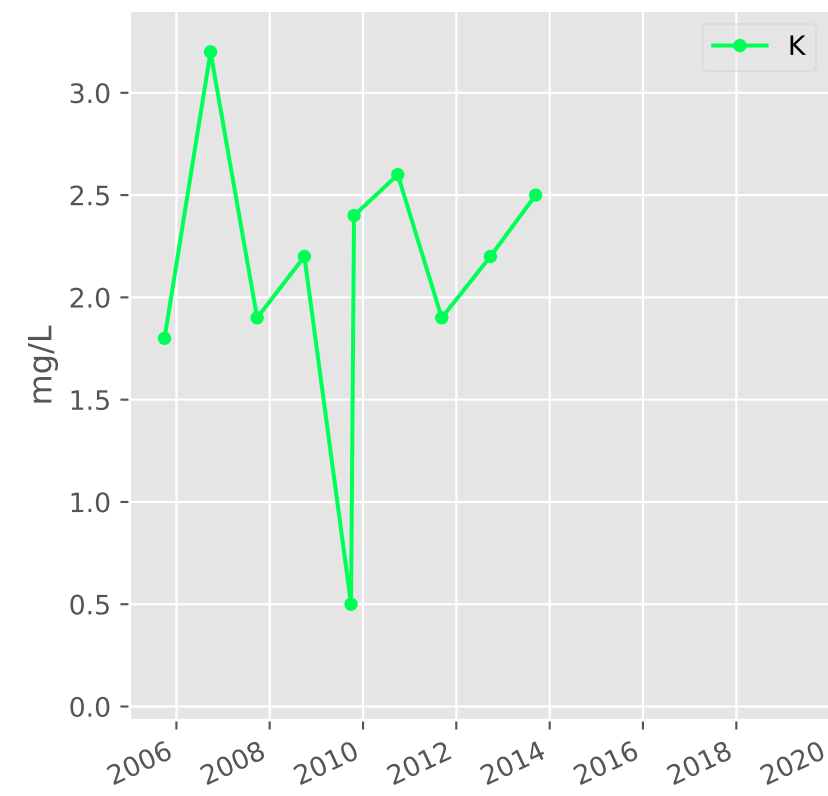
Bicarbonates



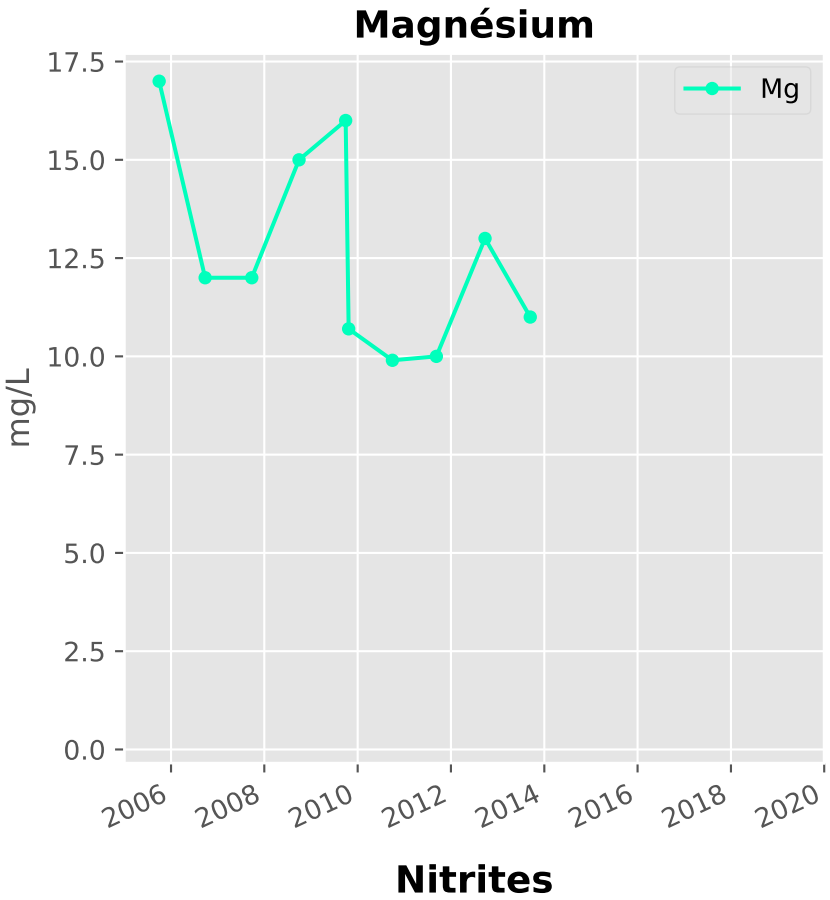
Calcium



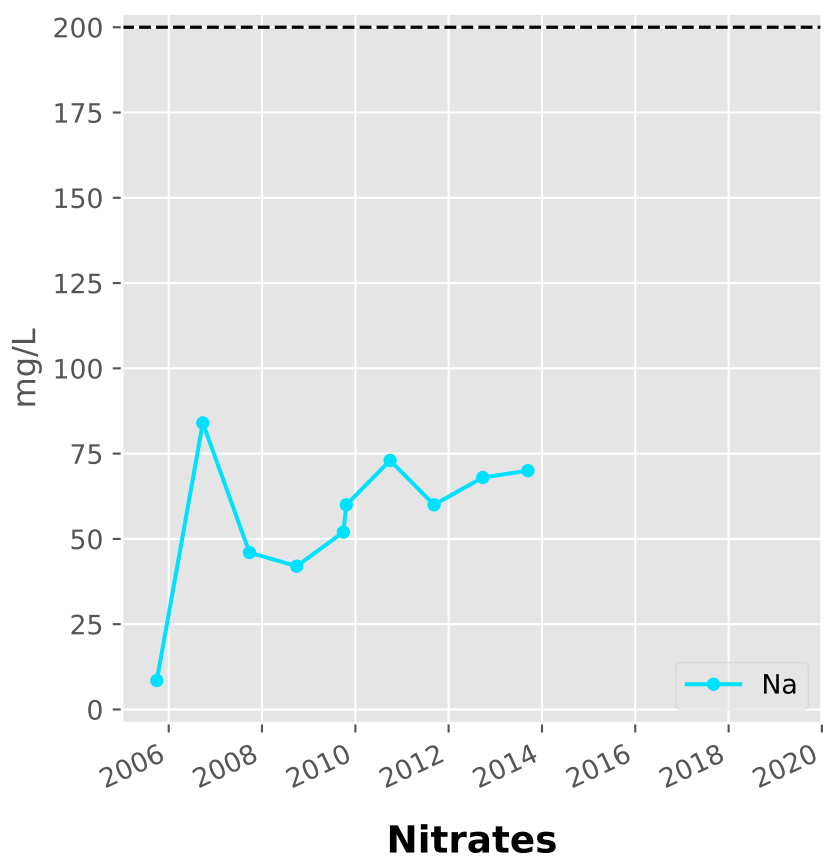
Potassium



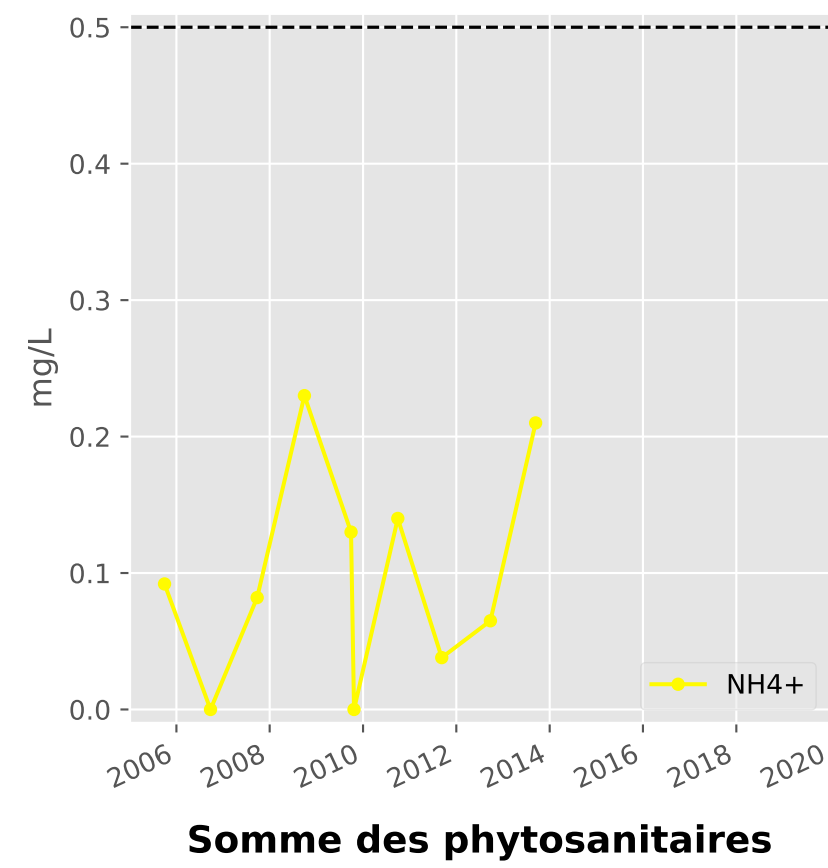
Magnésium



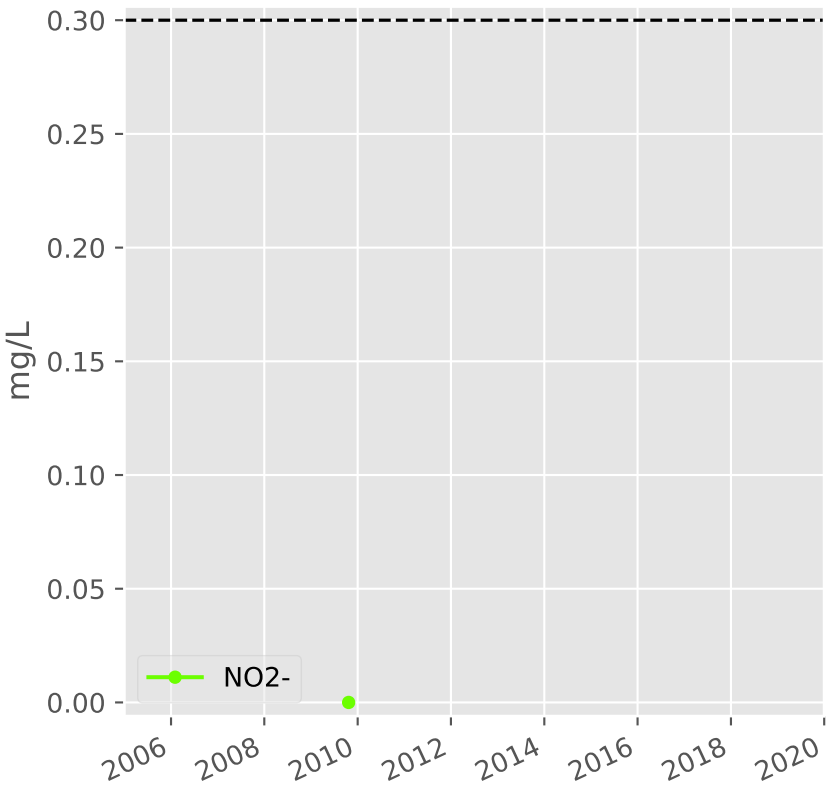
Sodium



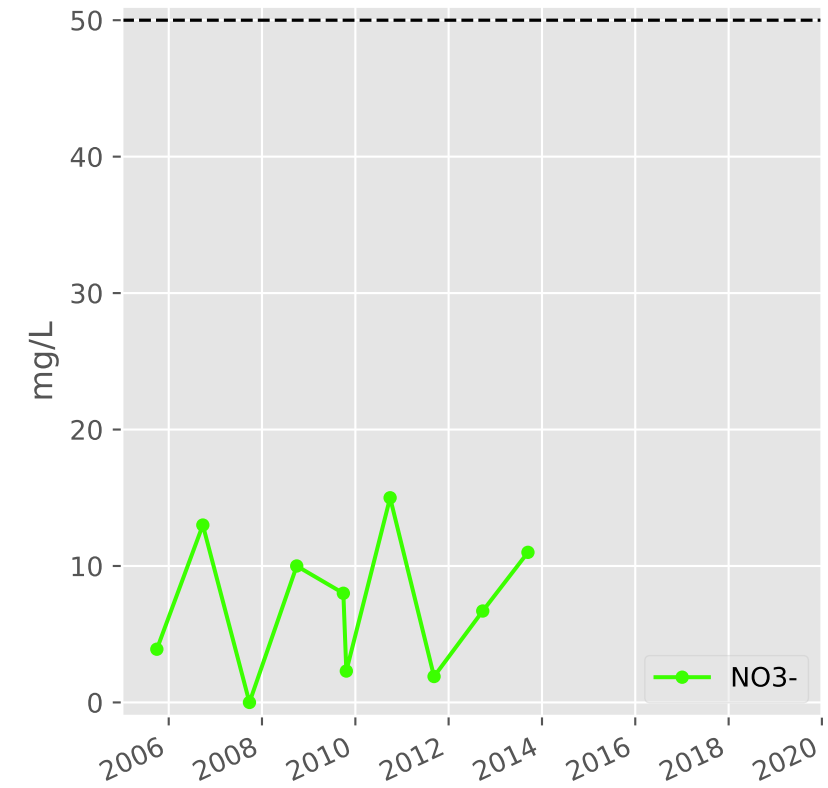
Ammonium



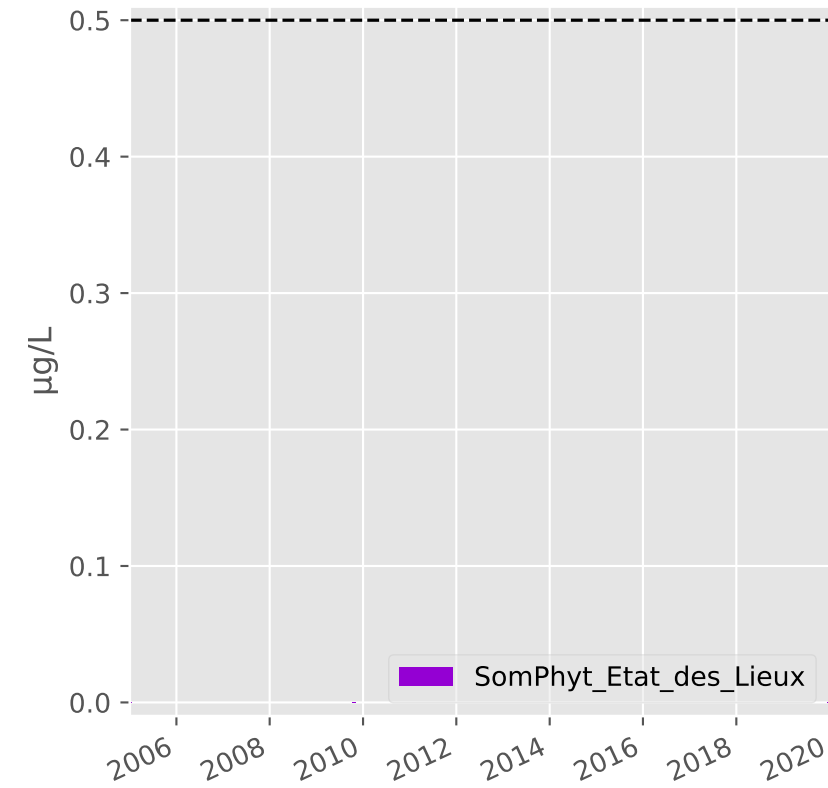
Nitrites



Nitrates

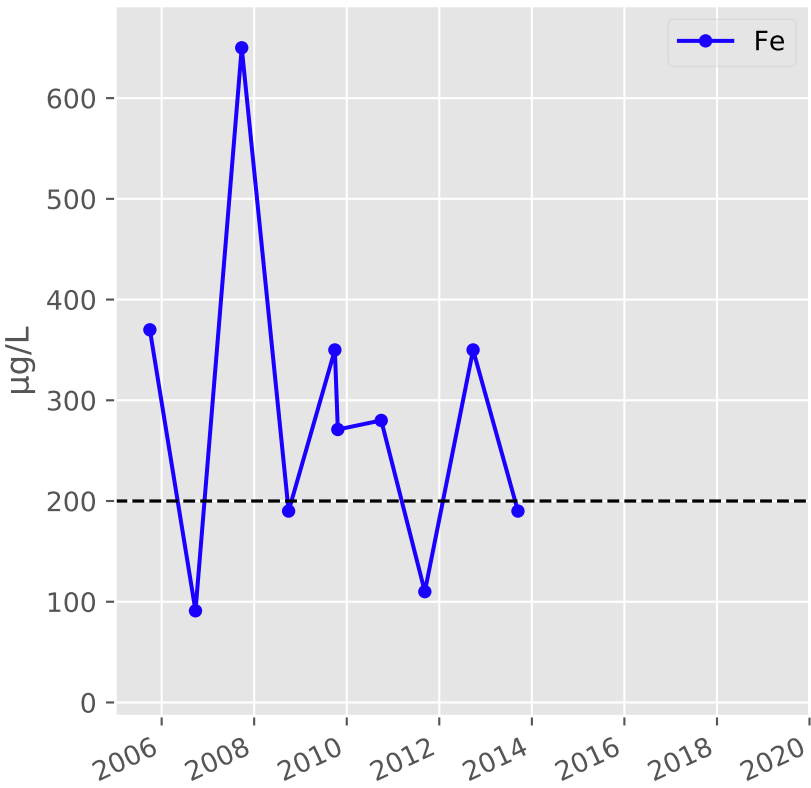


Somme des phytosanitaires

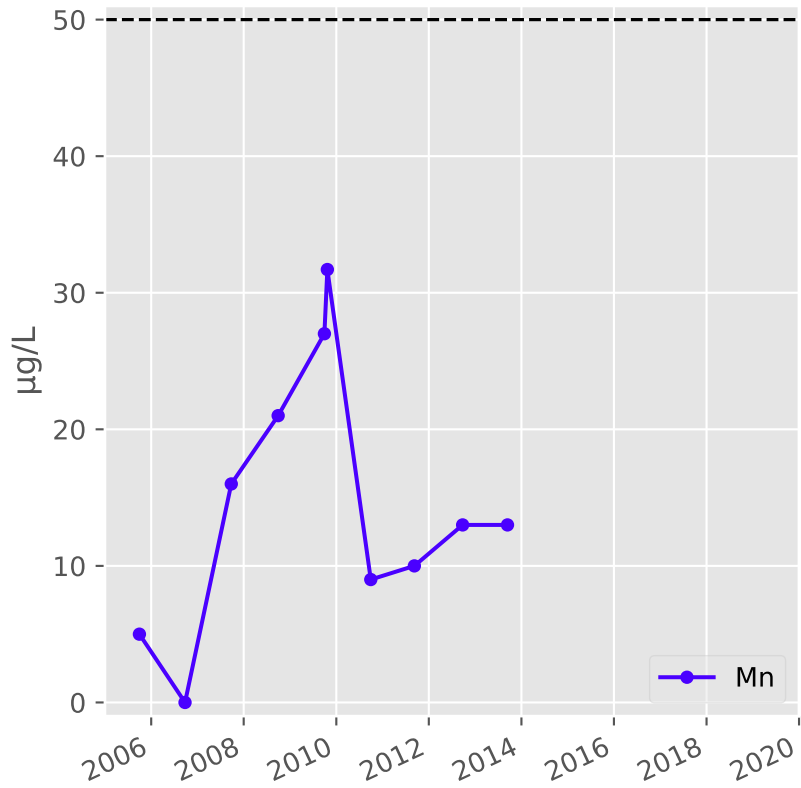


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S13 - Pz. H1 - Hatrize - 01376X0149

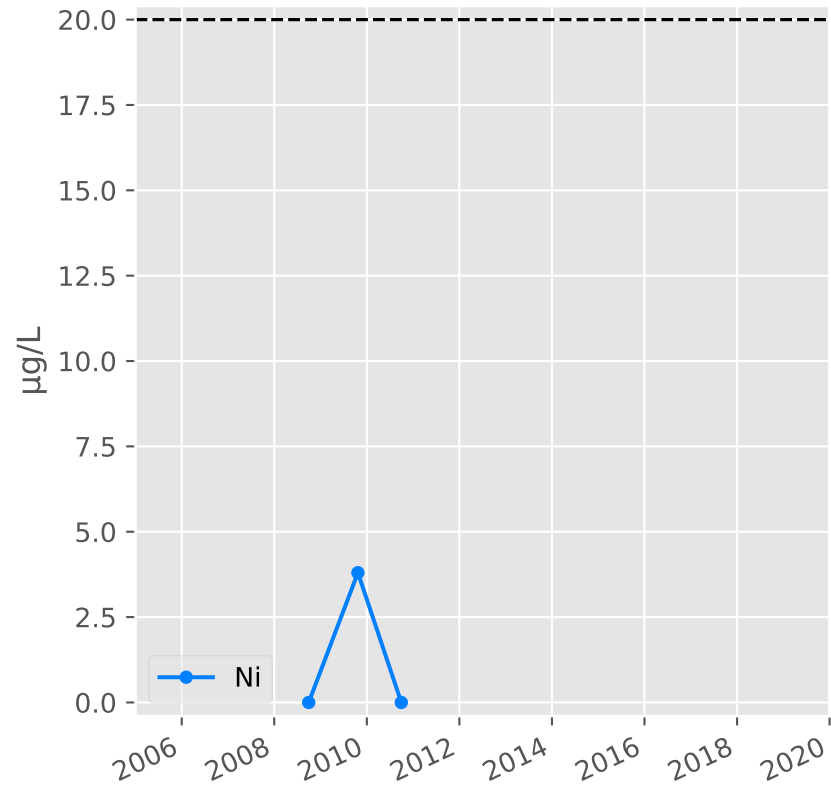
Fer



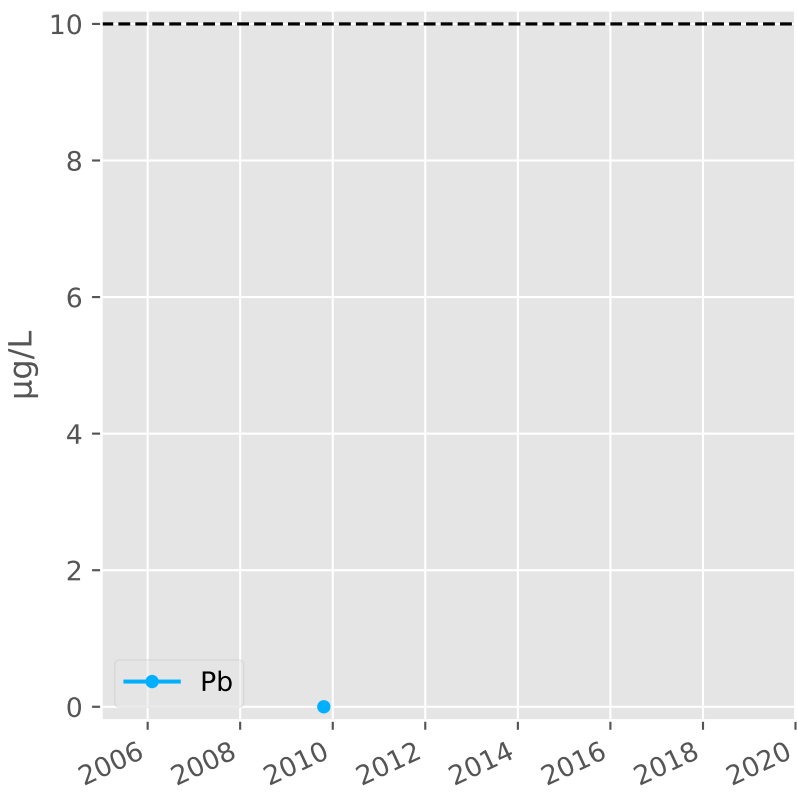
Manganèse



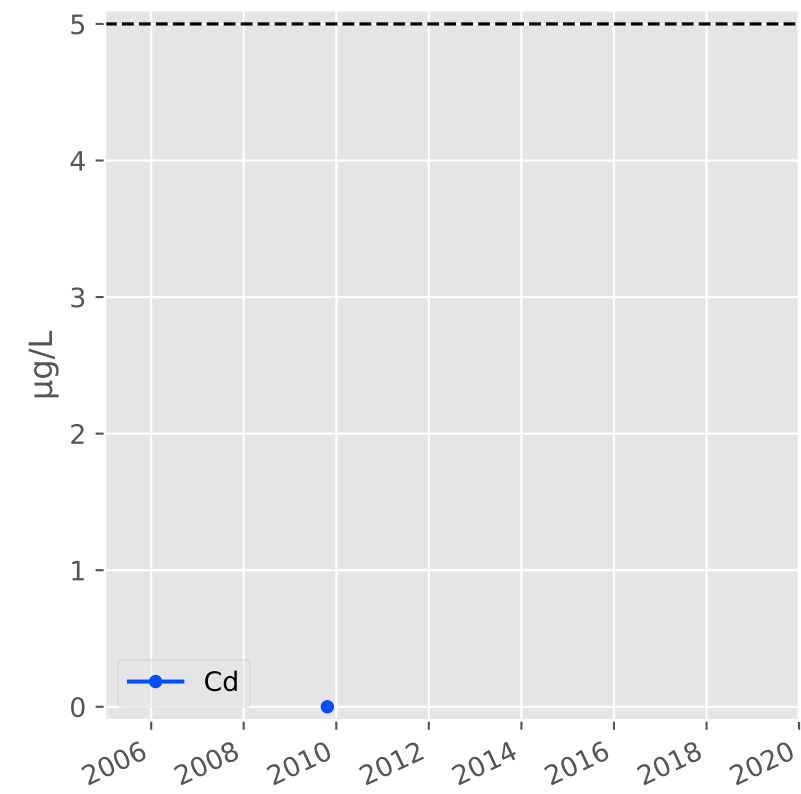
Nickel



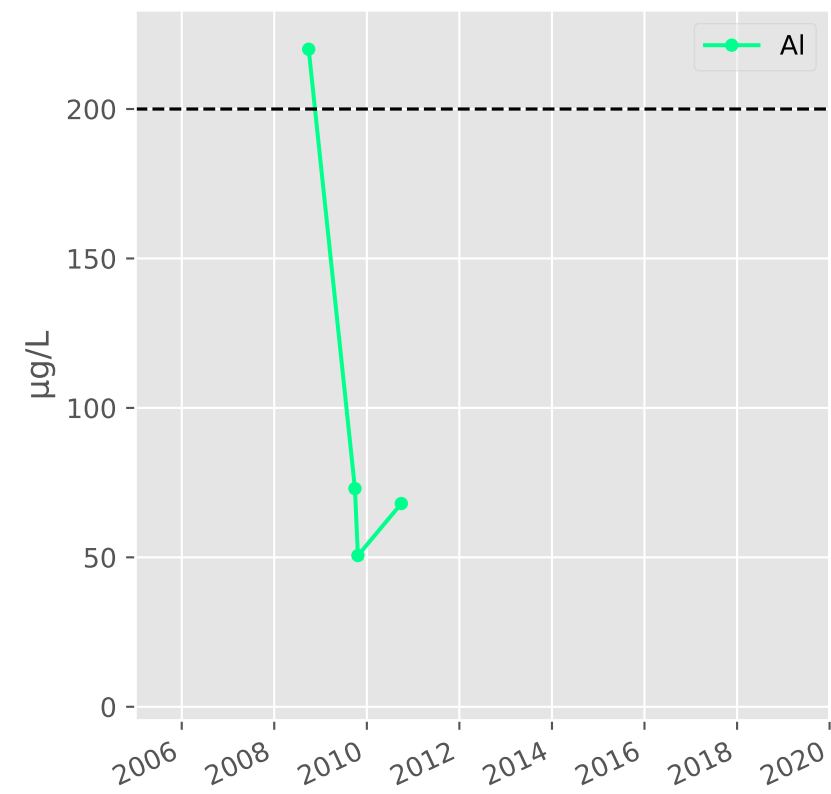
Plomb



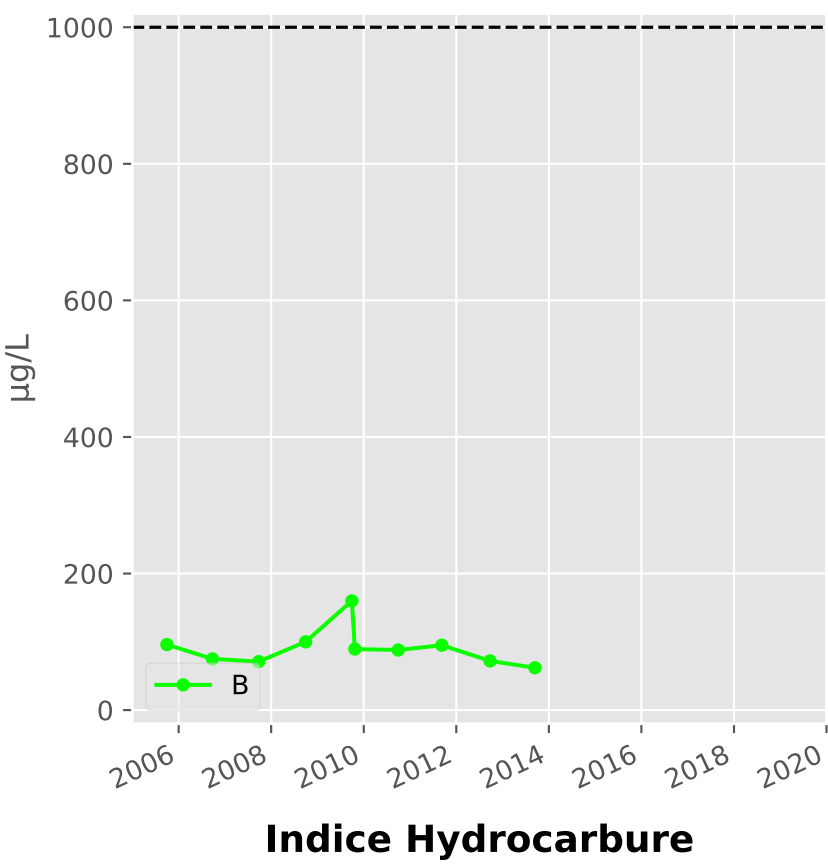
Cadmium



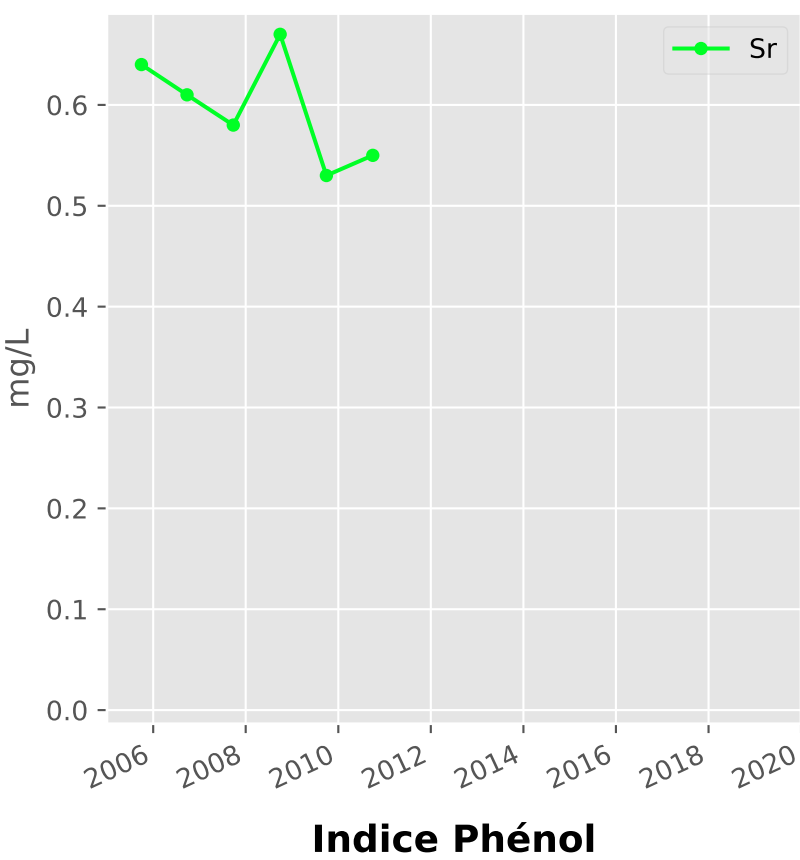
Aluminium



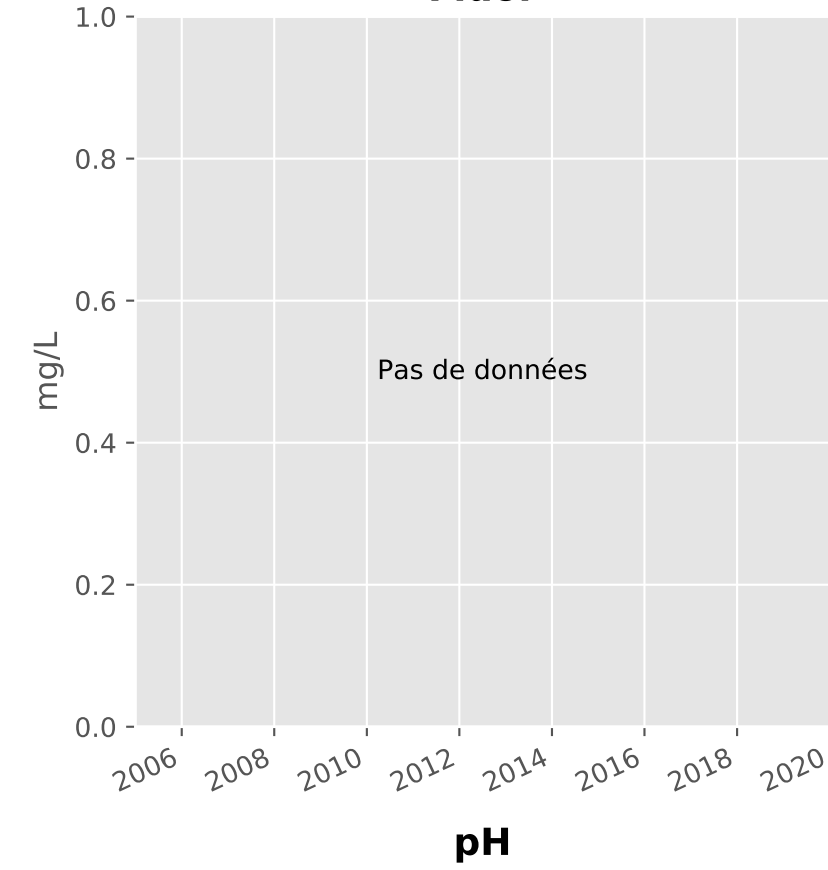
Bore



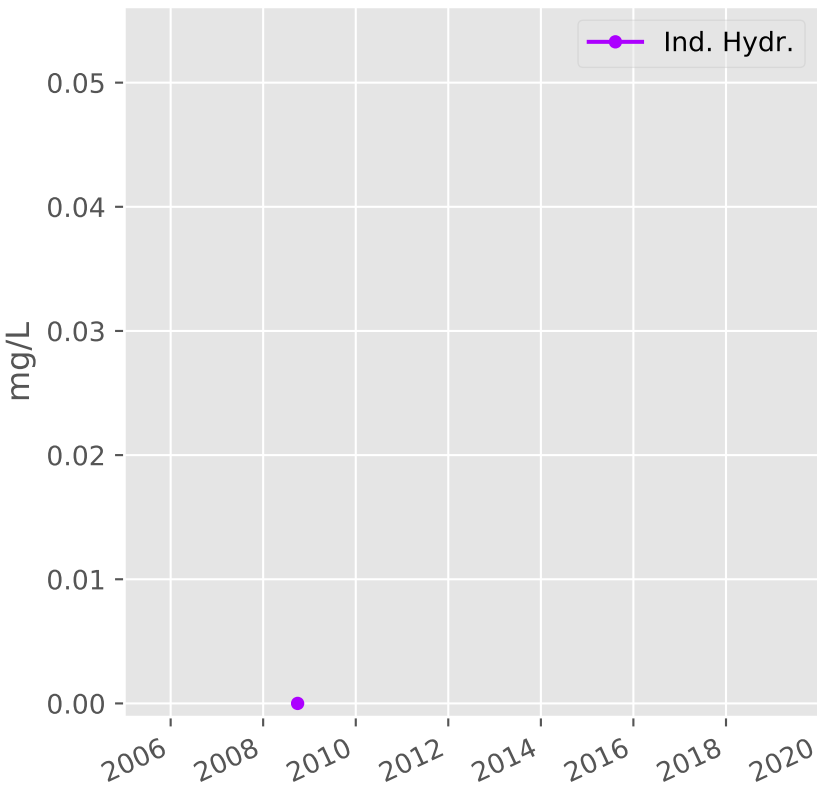
Strontium



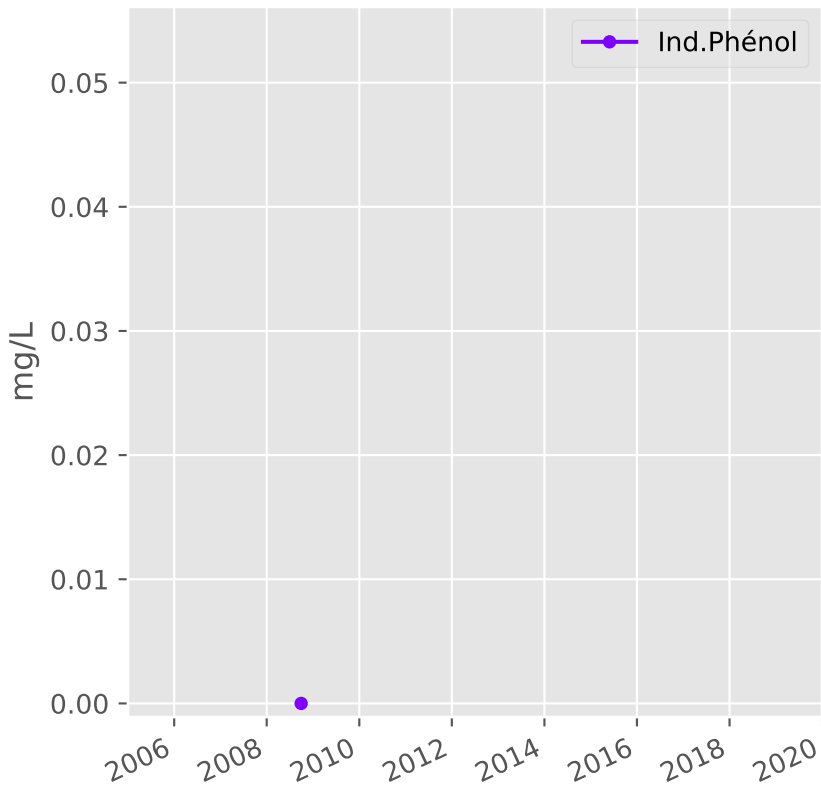
Fluor



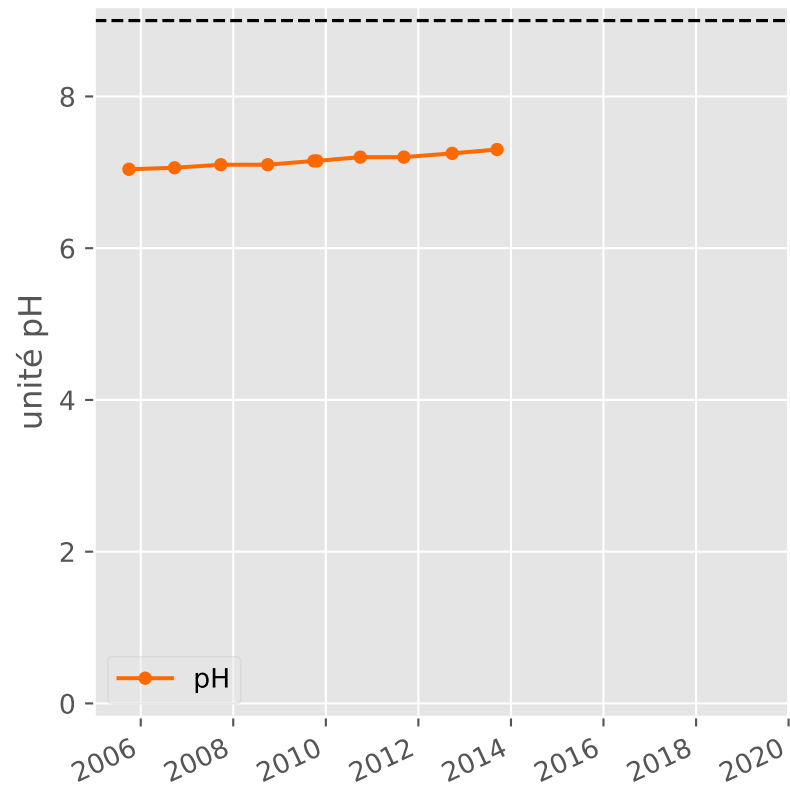
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

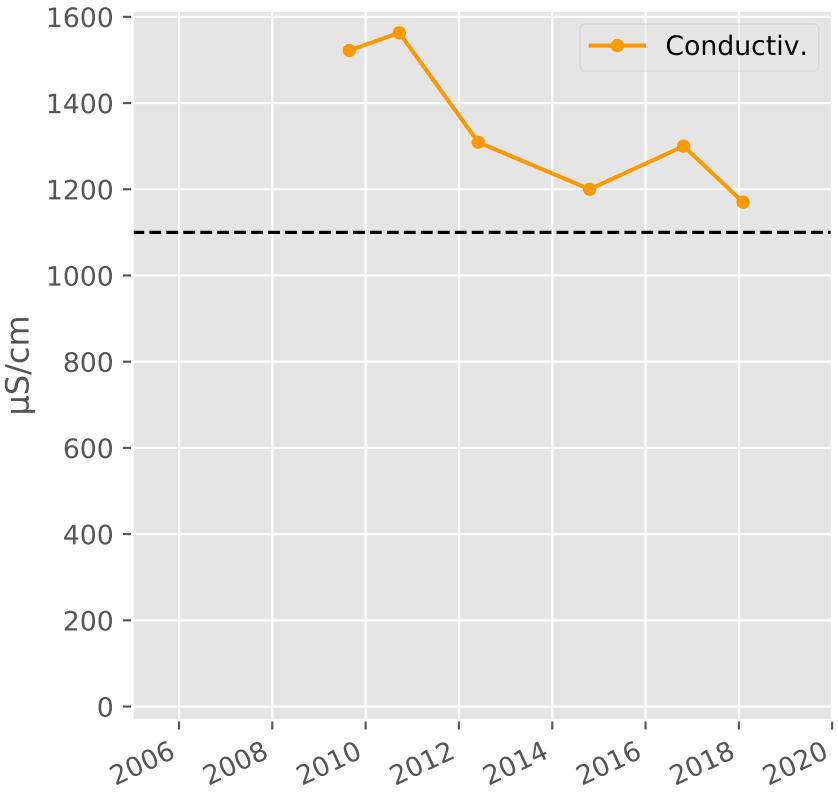


pH

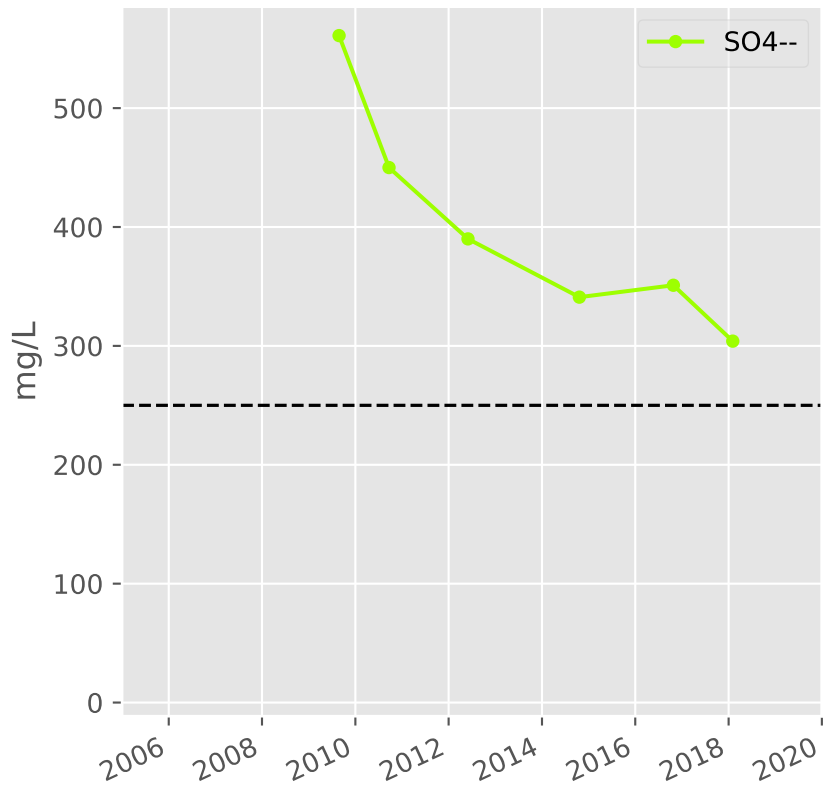


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS2 - S19 - Puits Auboué I - 01377X0099

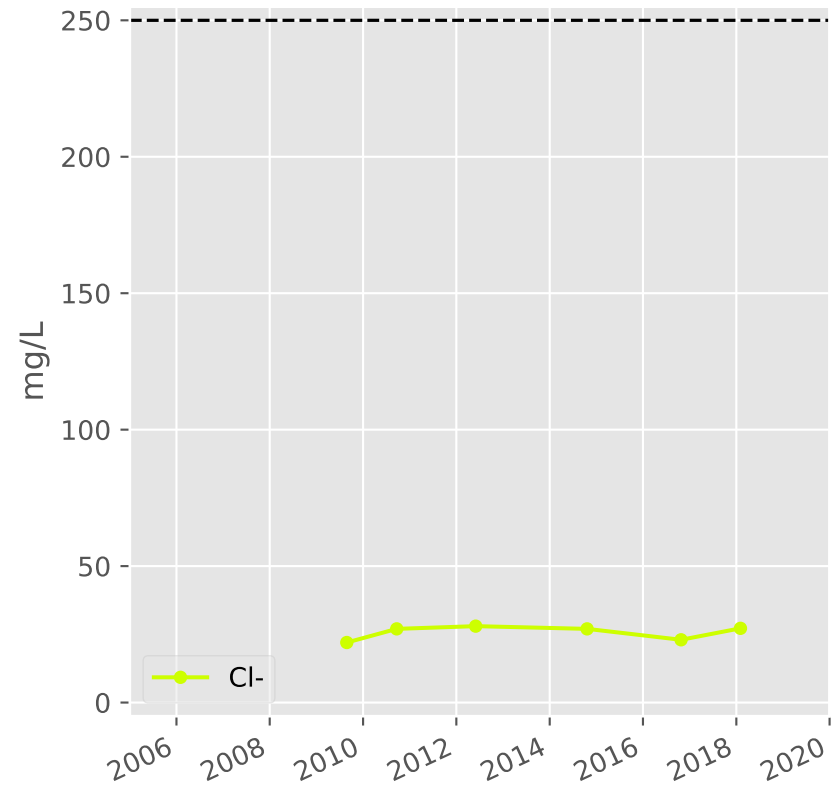
Conductivité



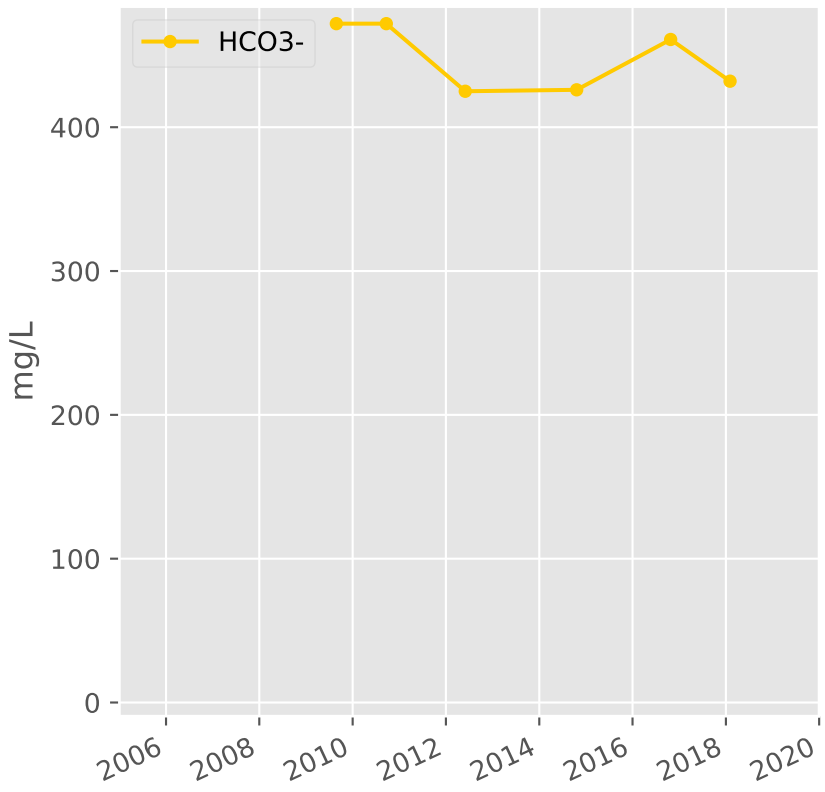
Sulfates



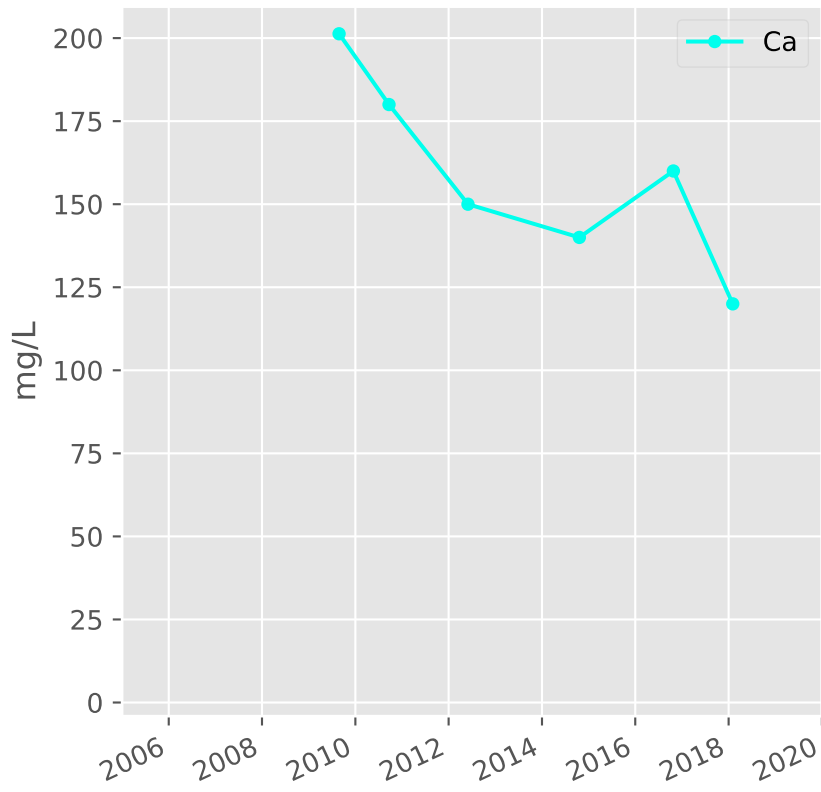
Chlorures



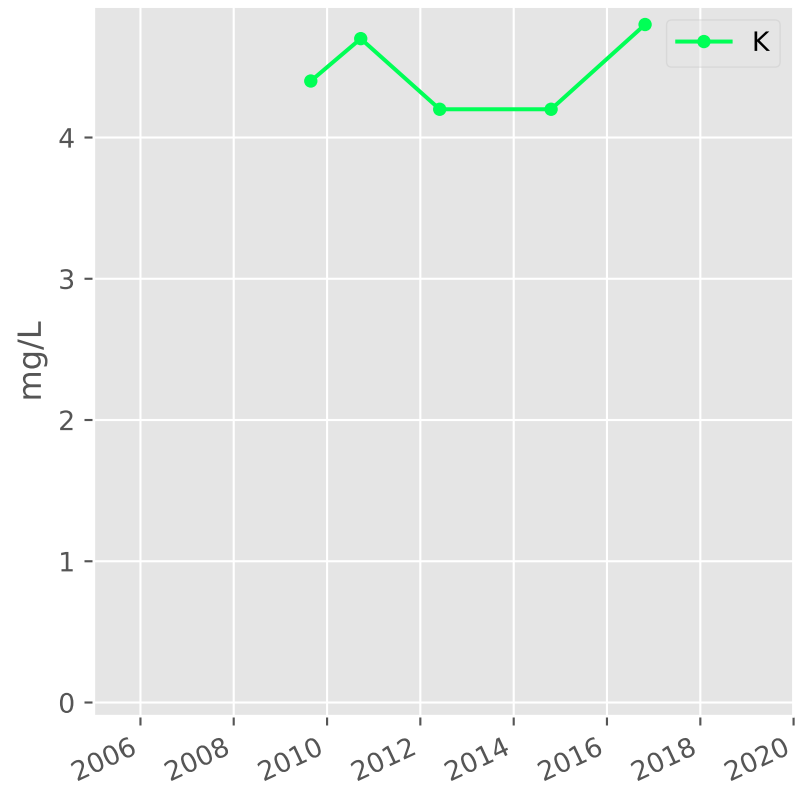
Bicarbonates



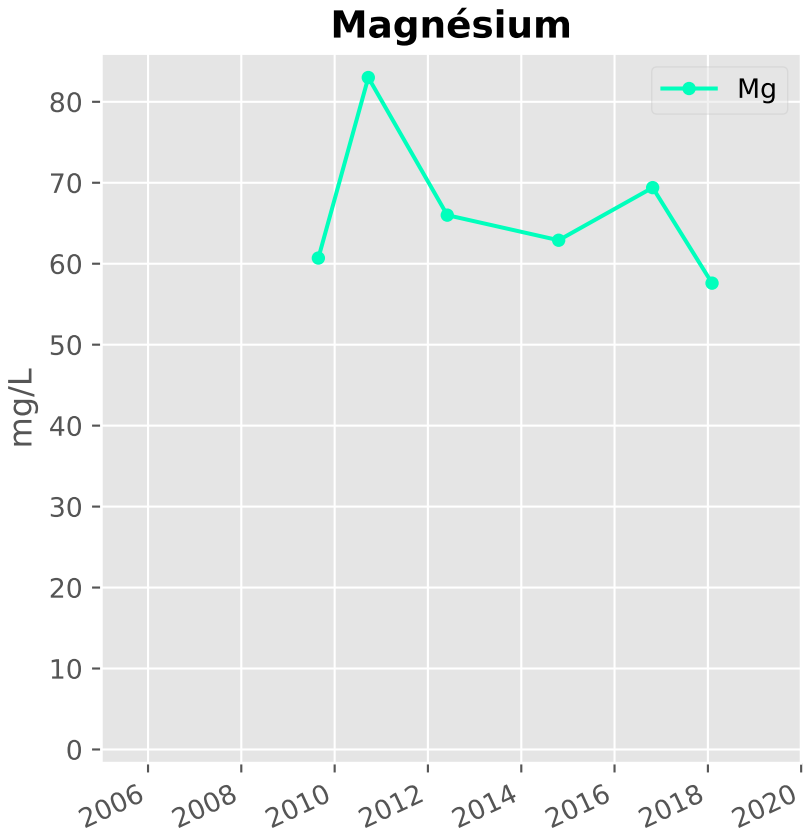
Calcium



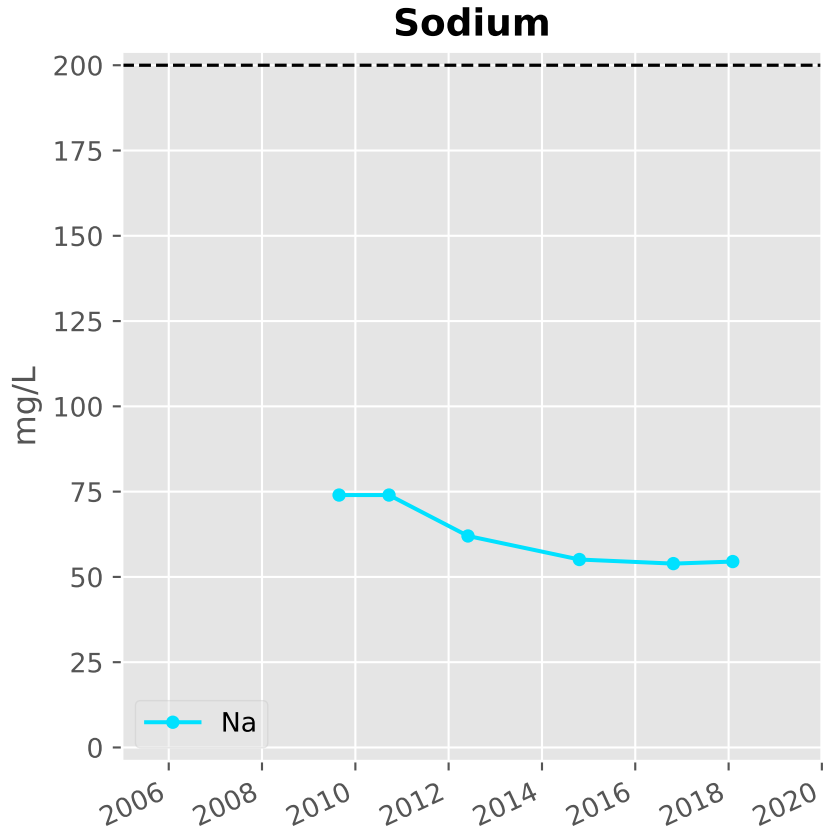
Potassium



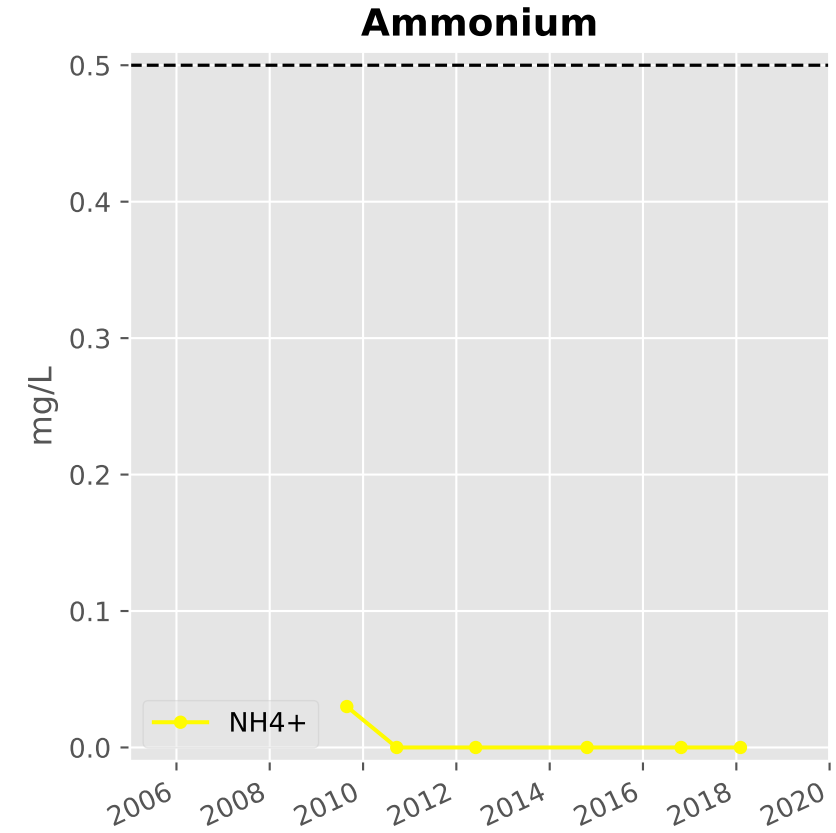
Magnésium



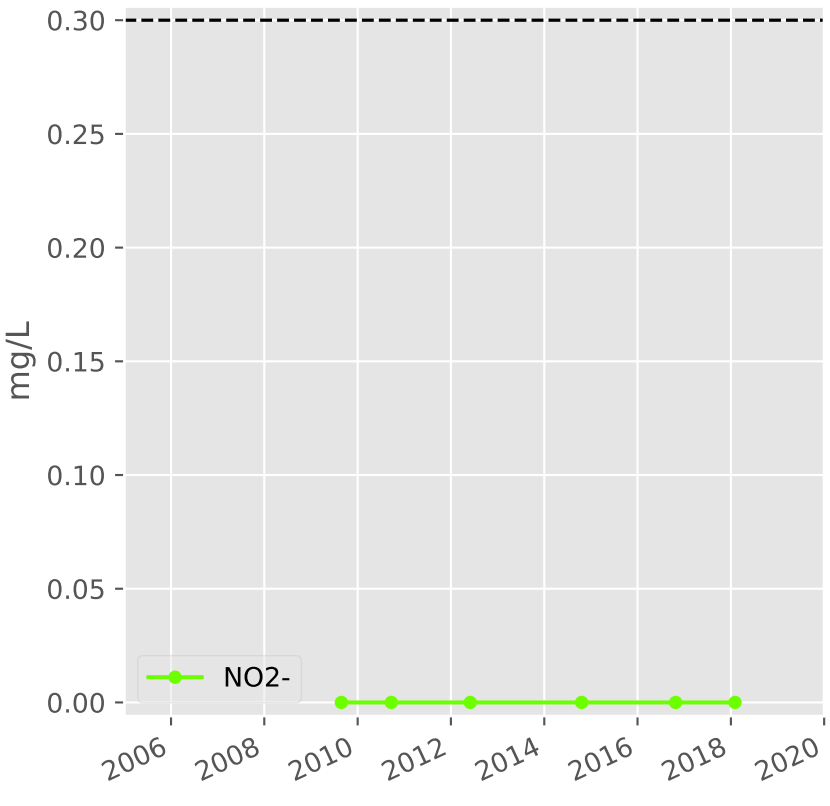
Sodium



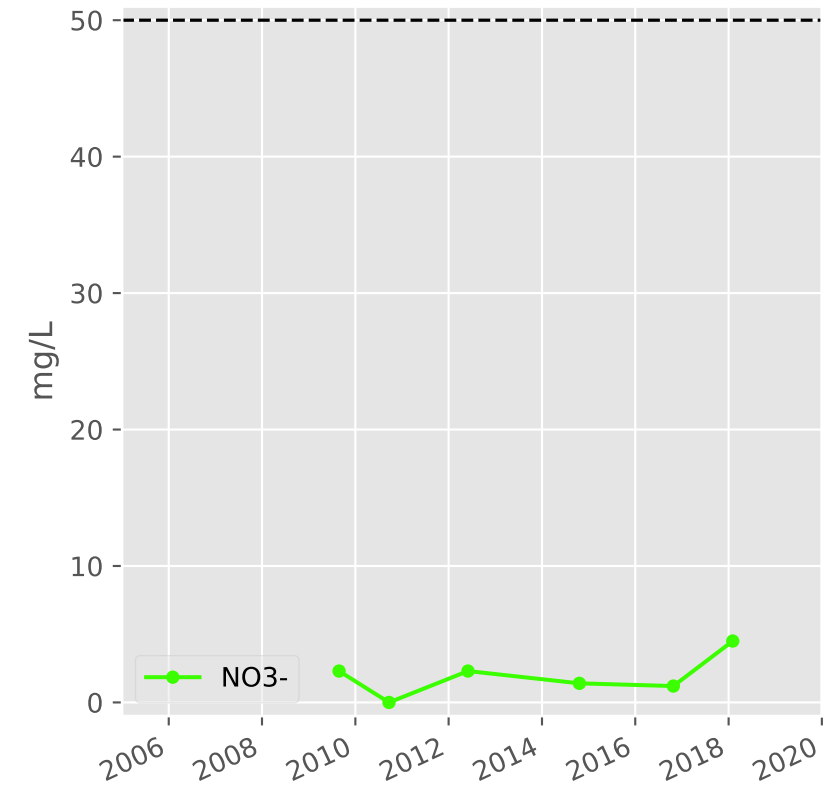
Ammonium



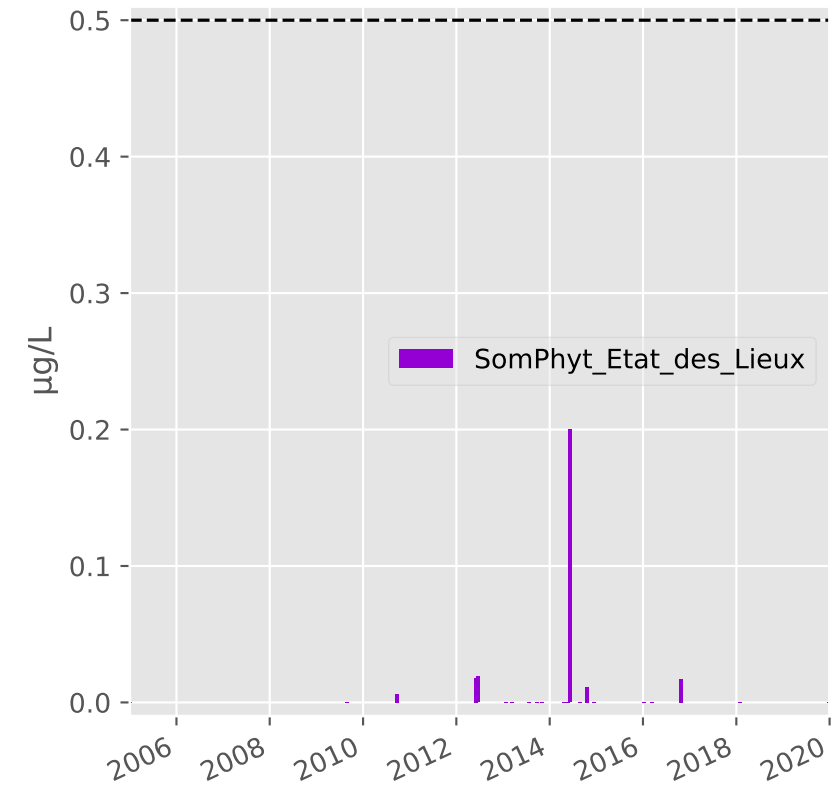
Nitrites



Nitrates

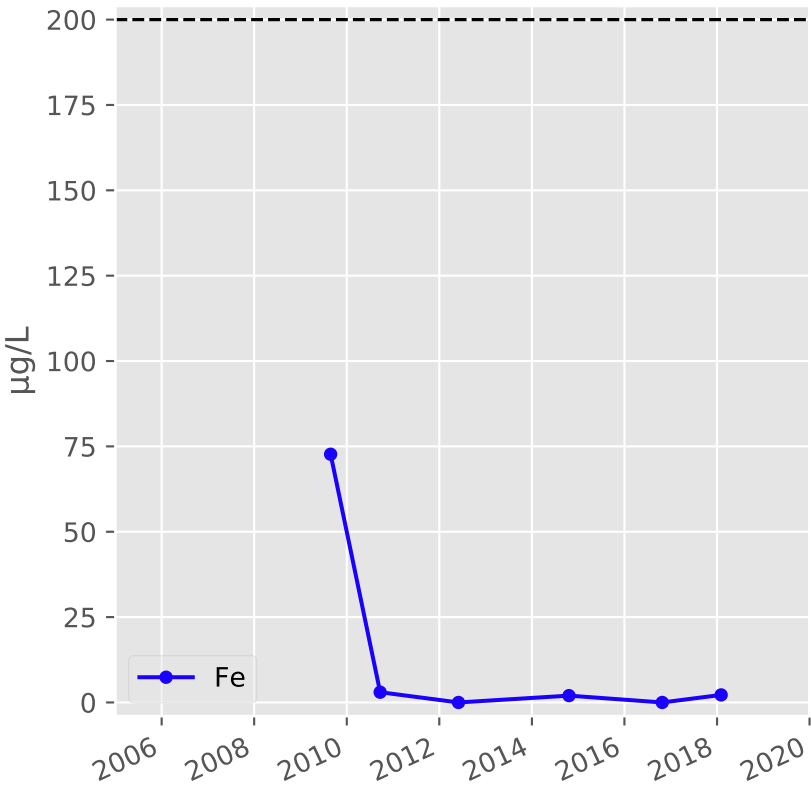


Somme des phytosanitaires

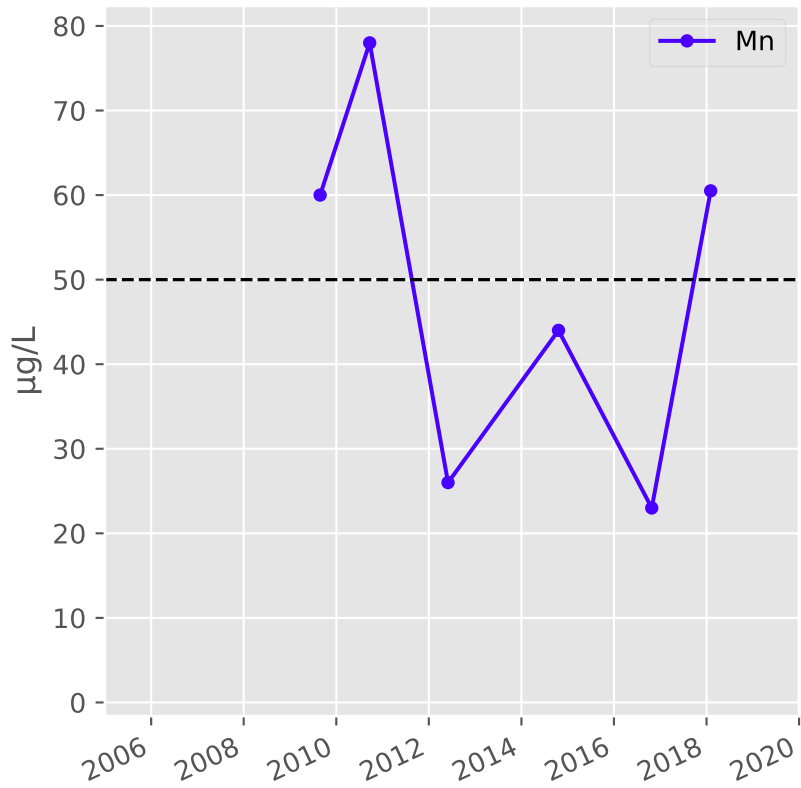


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS2 - S19 - Puits Auboué I - 01377X0099

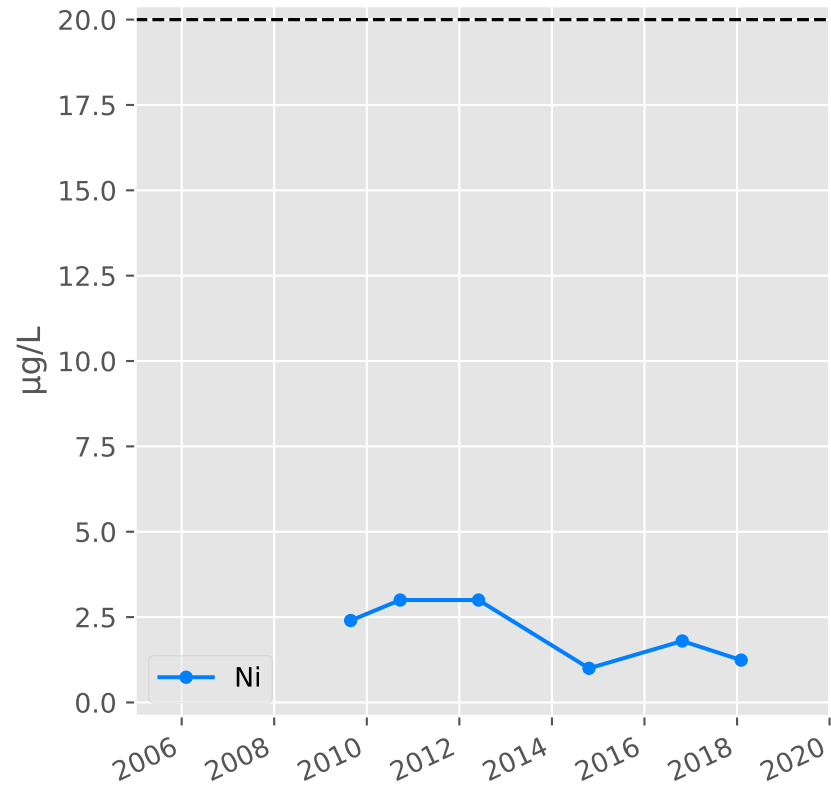
Fer



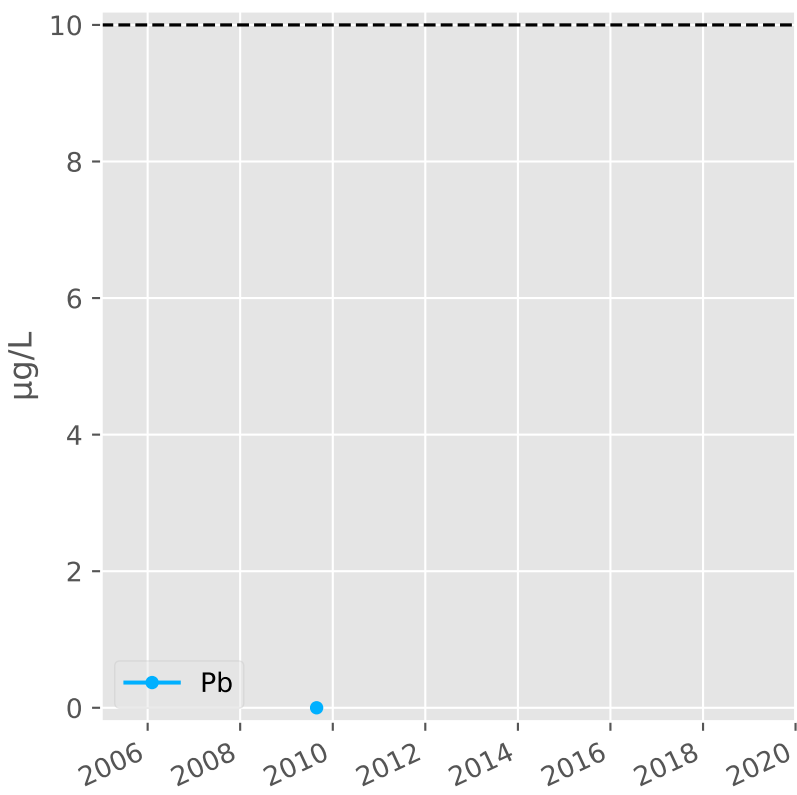
Manganèse



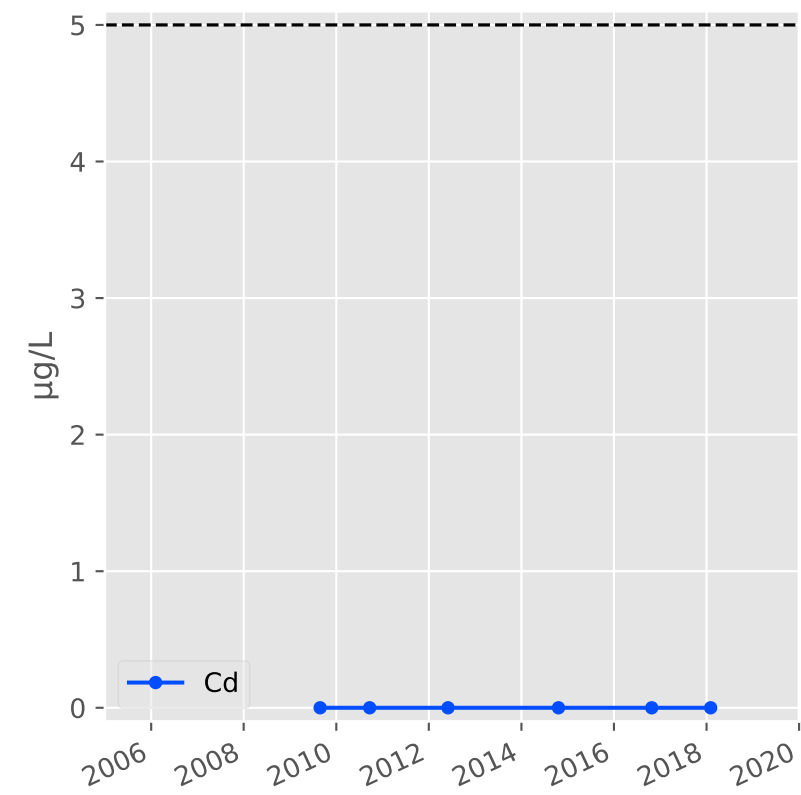
Nickel



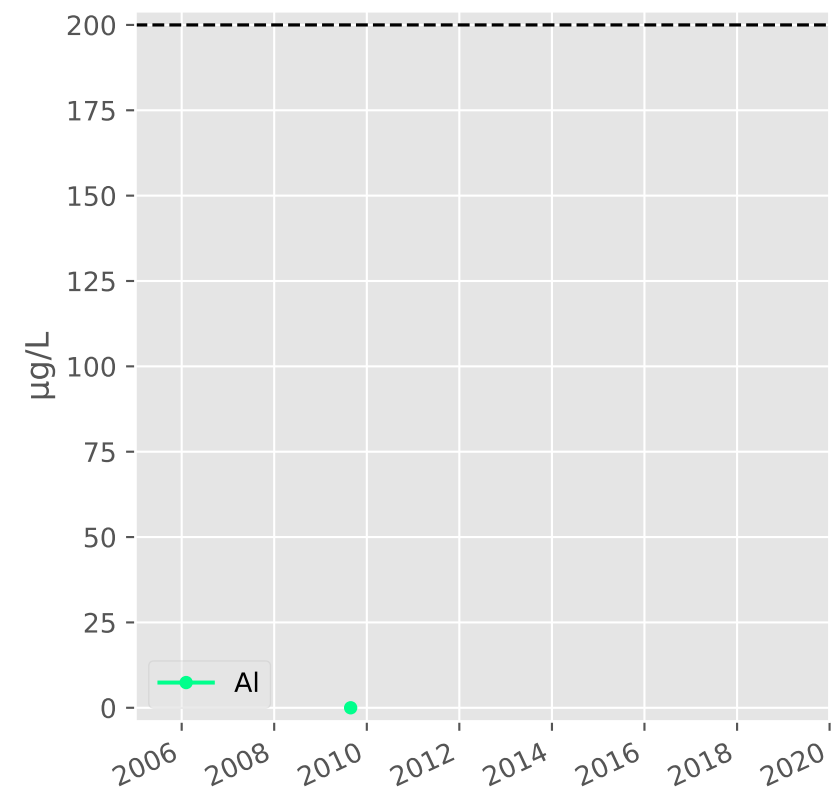
Plomb



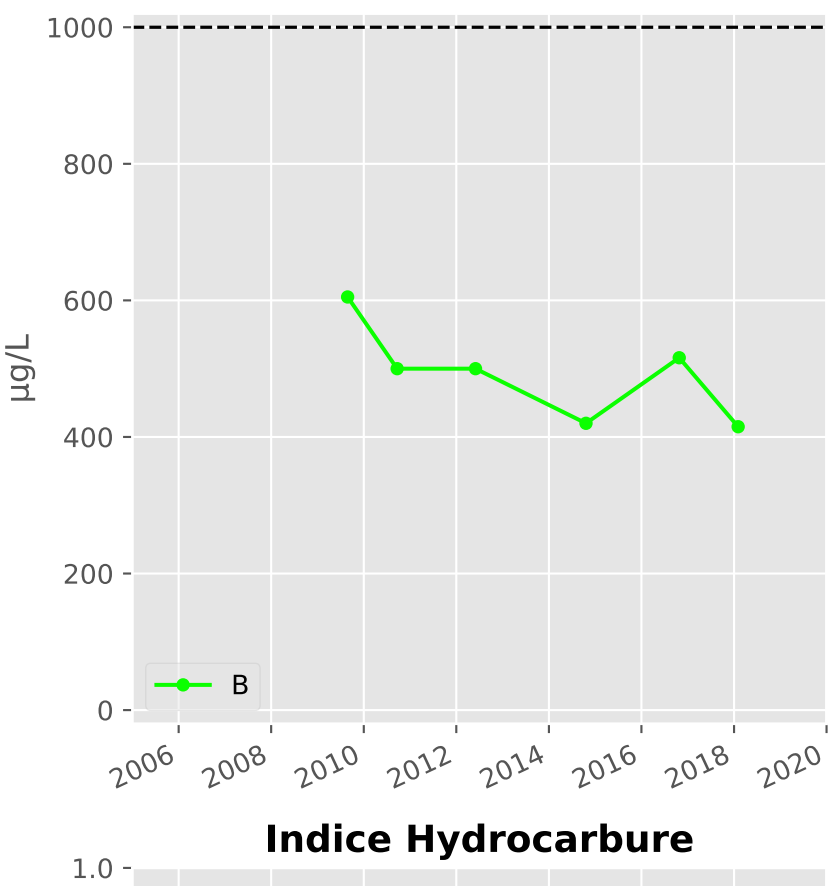
Cadmium



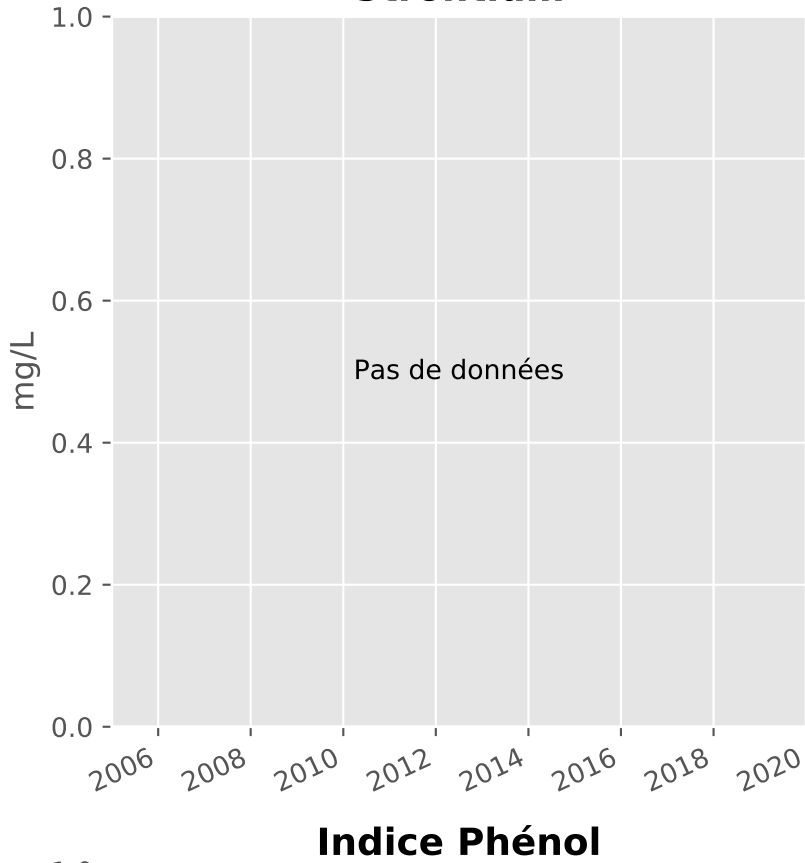
Aluminium



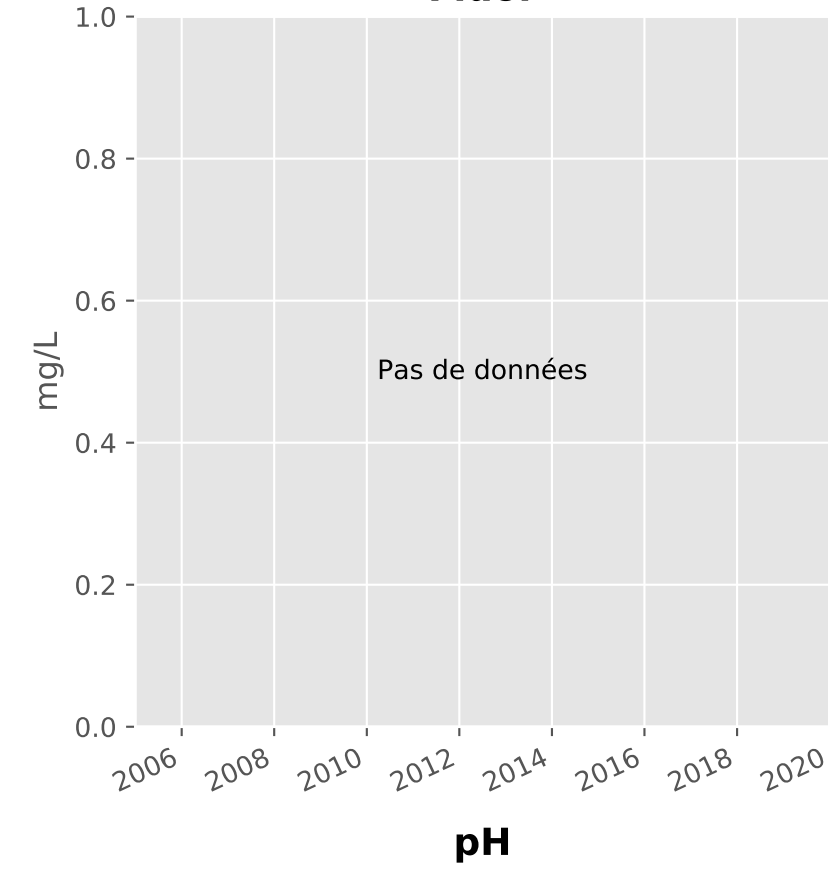
Bore



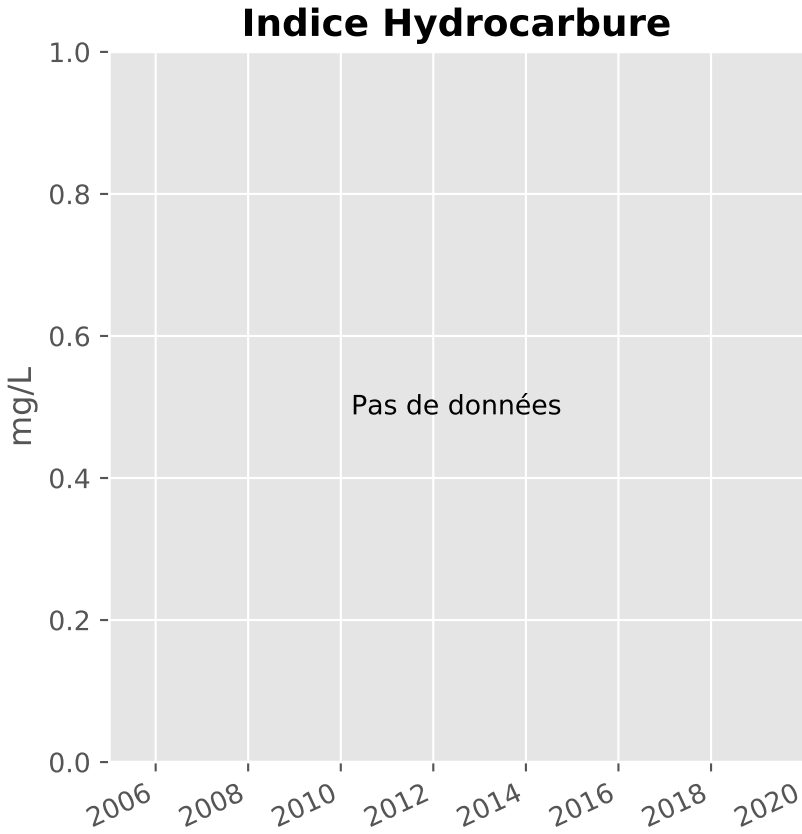
Strontium



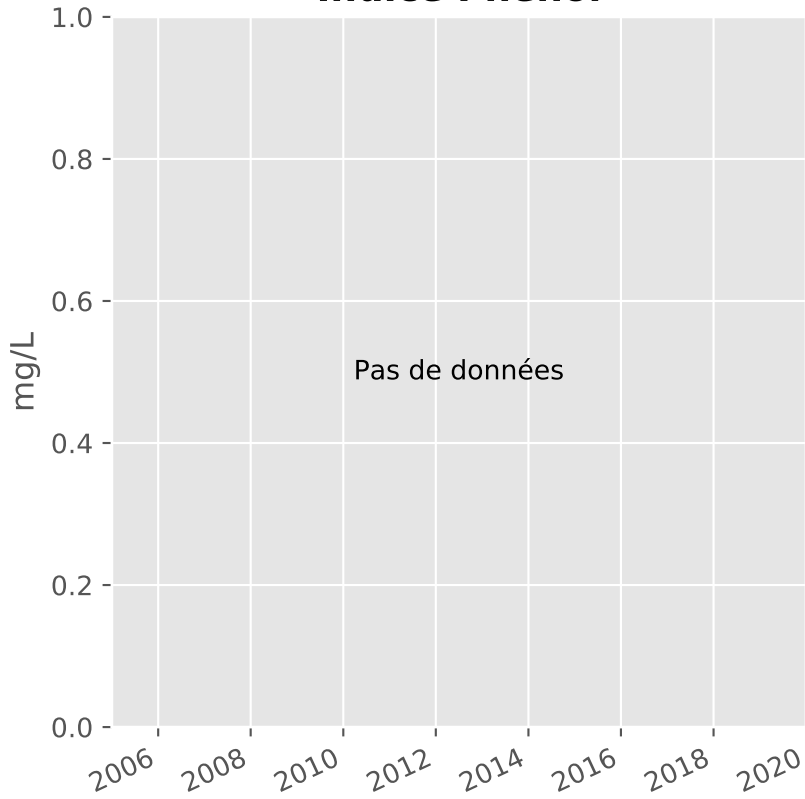
Fluor



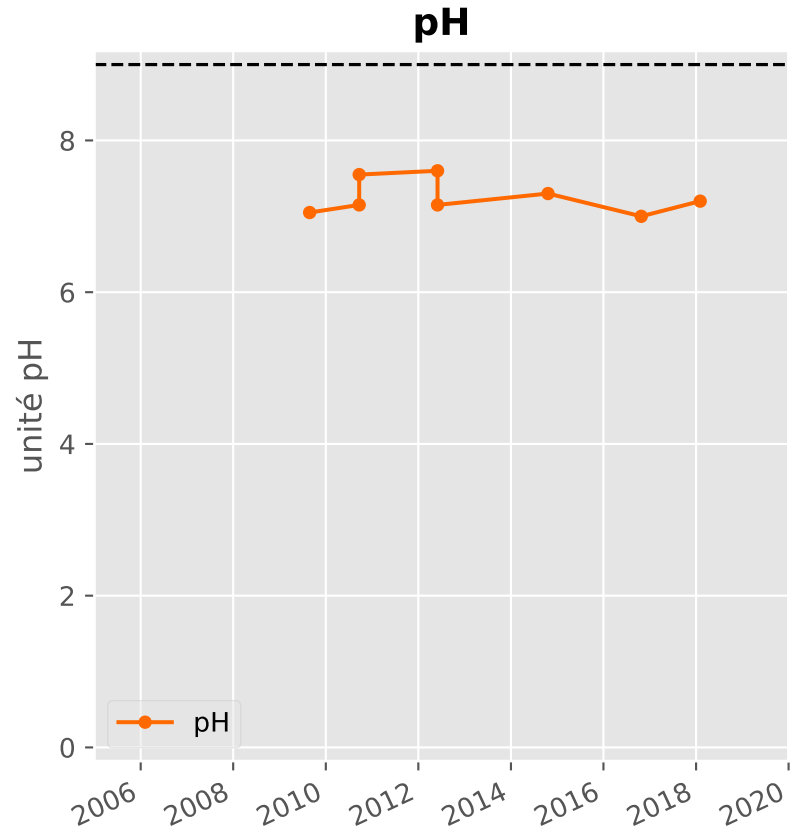
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

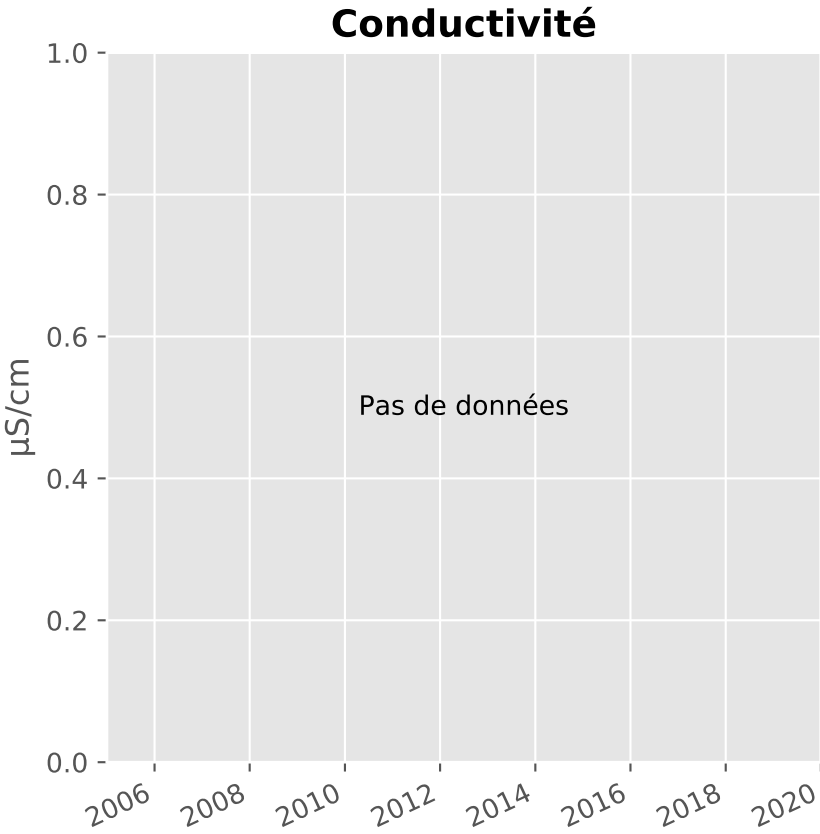


pH

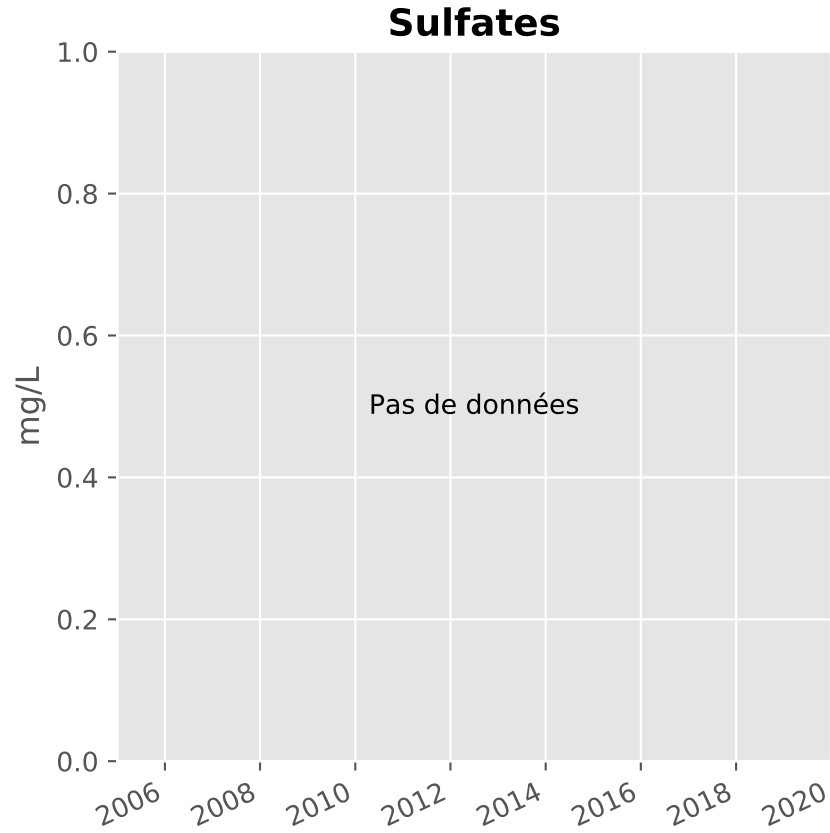


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S08 - Pz. B1 - Paradis amont - 01377X0209

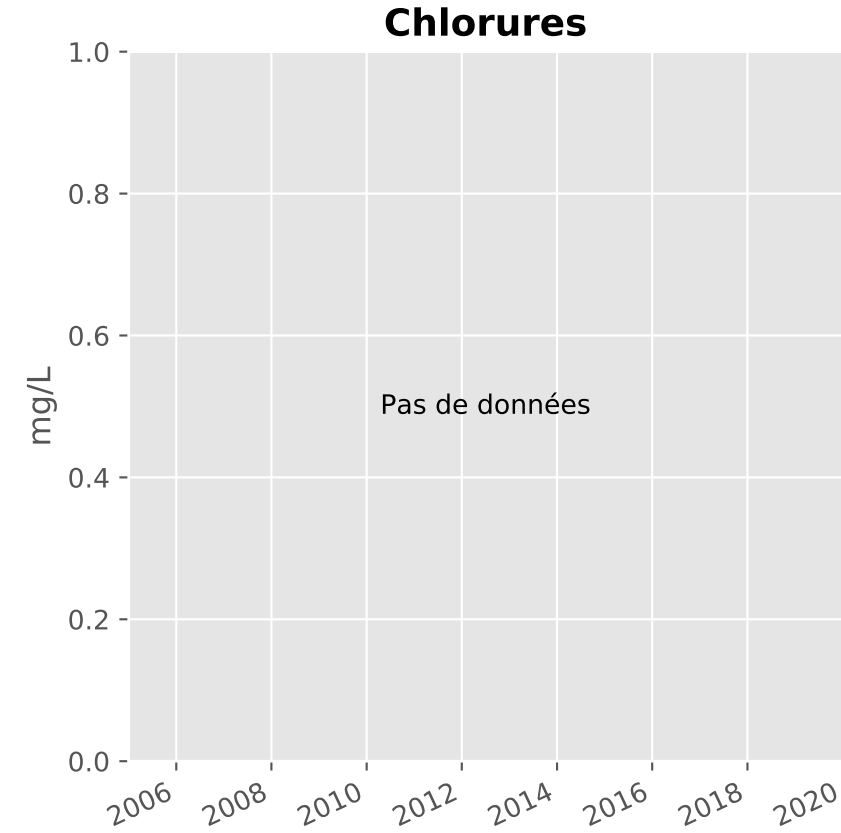
Conductivité



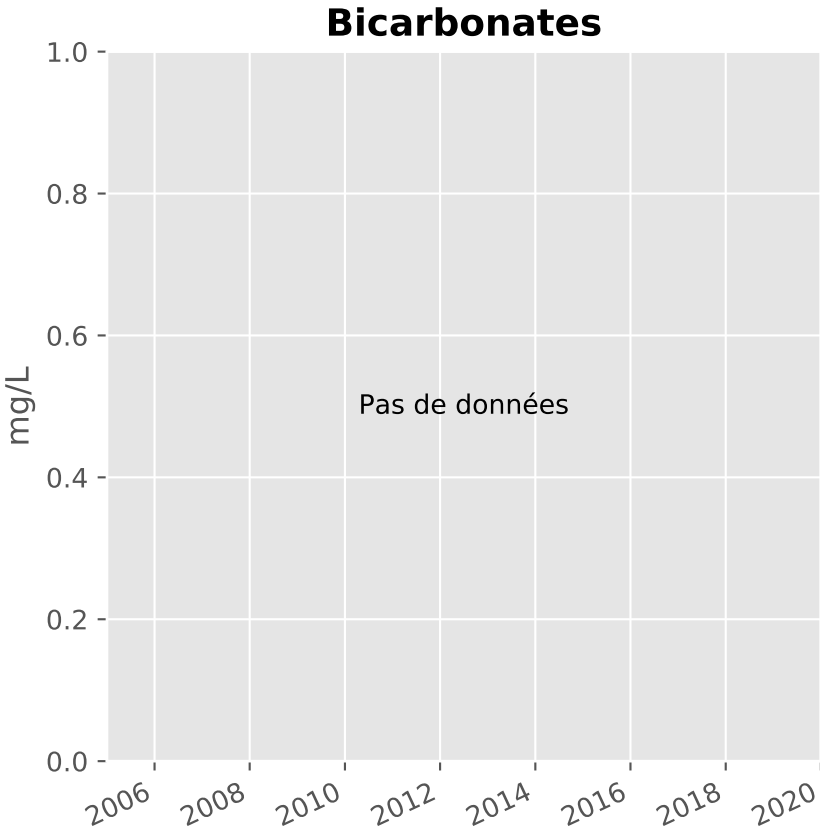
Sulfates



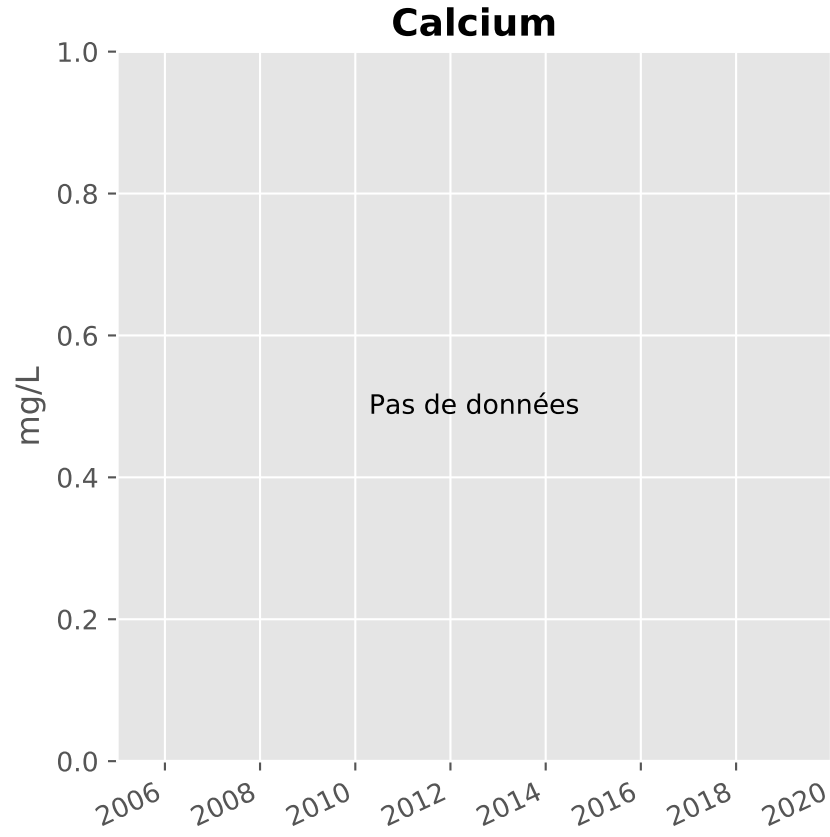
Chlorures



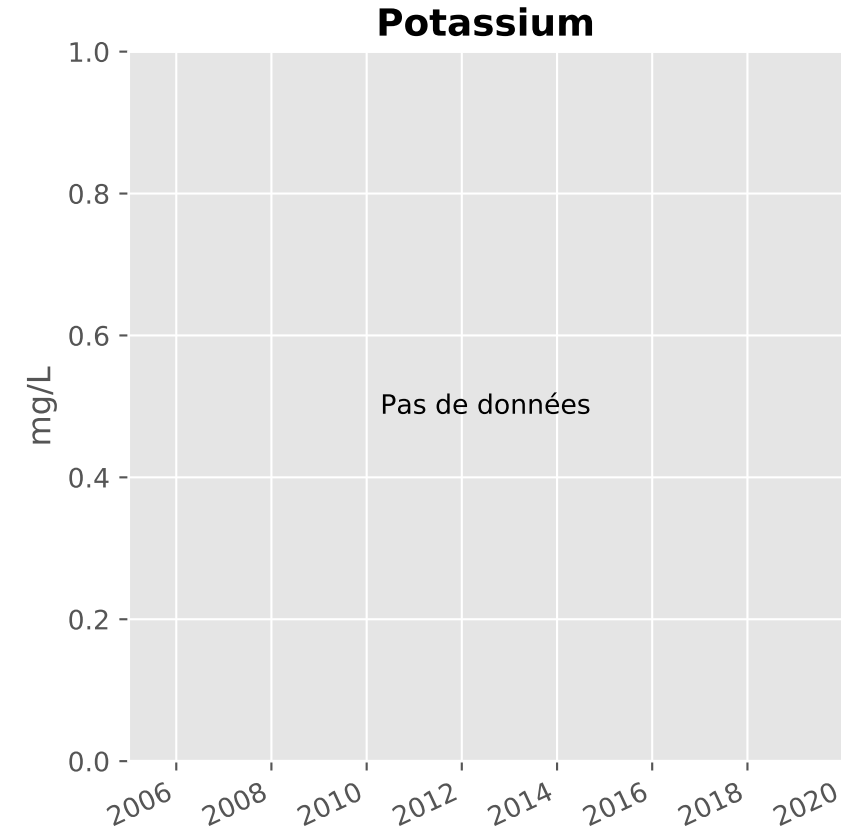
Bicarbonates



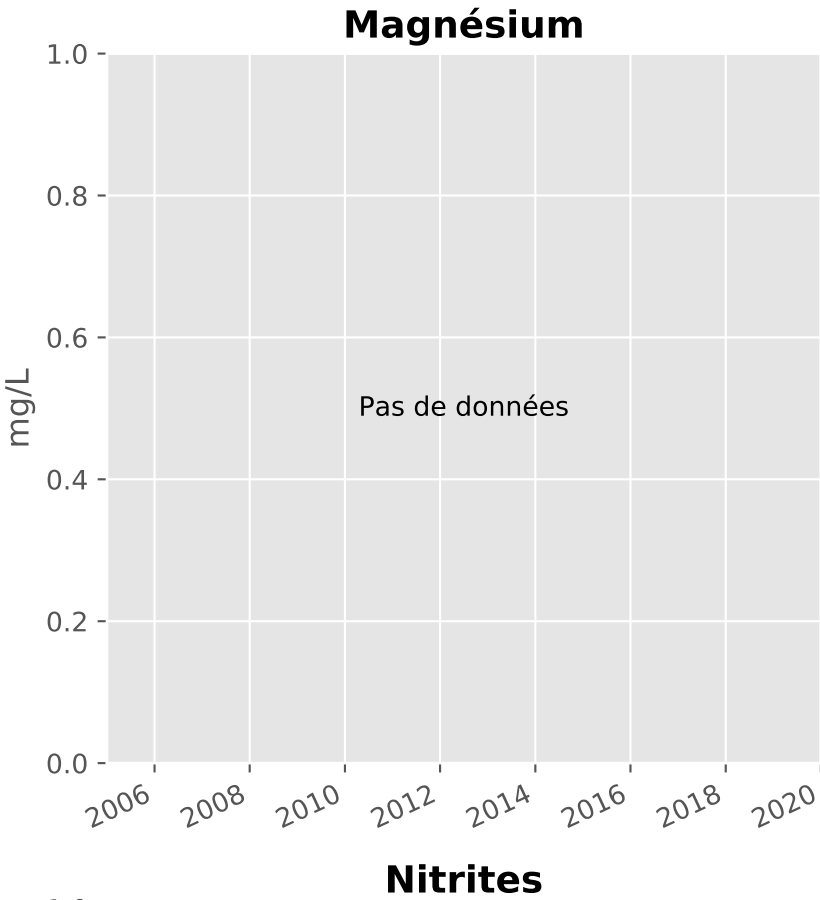
Calcium



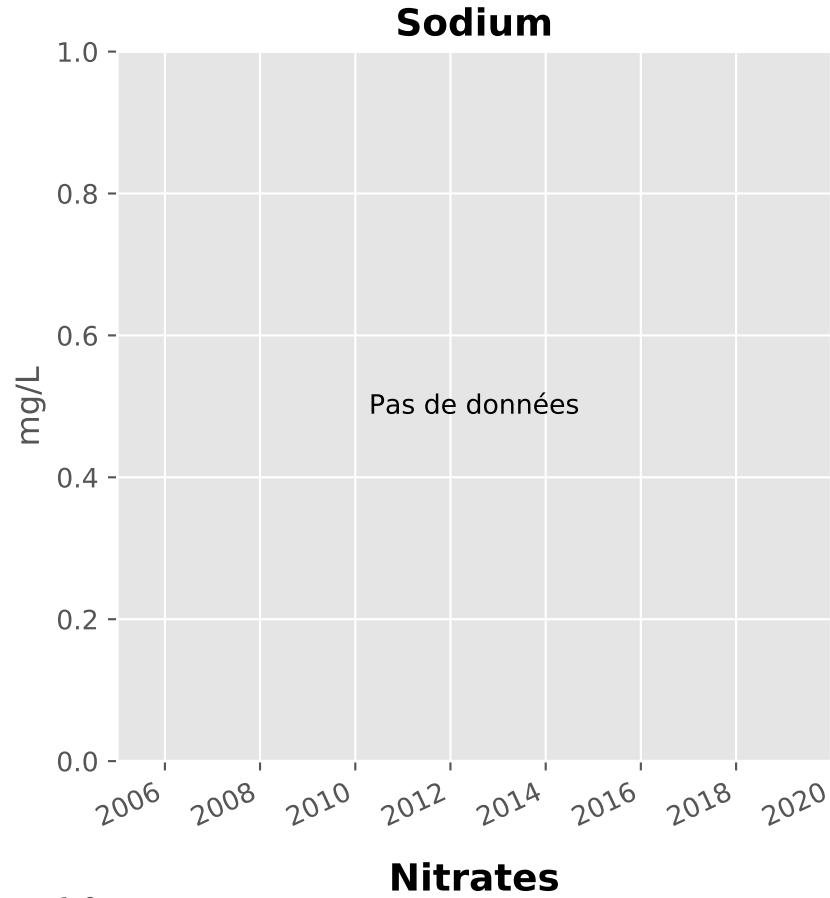
Potassium



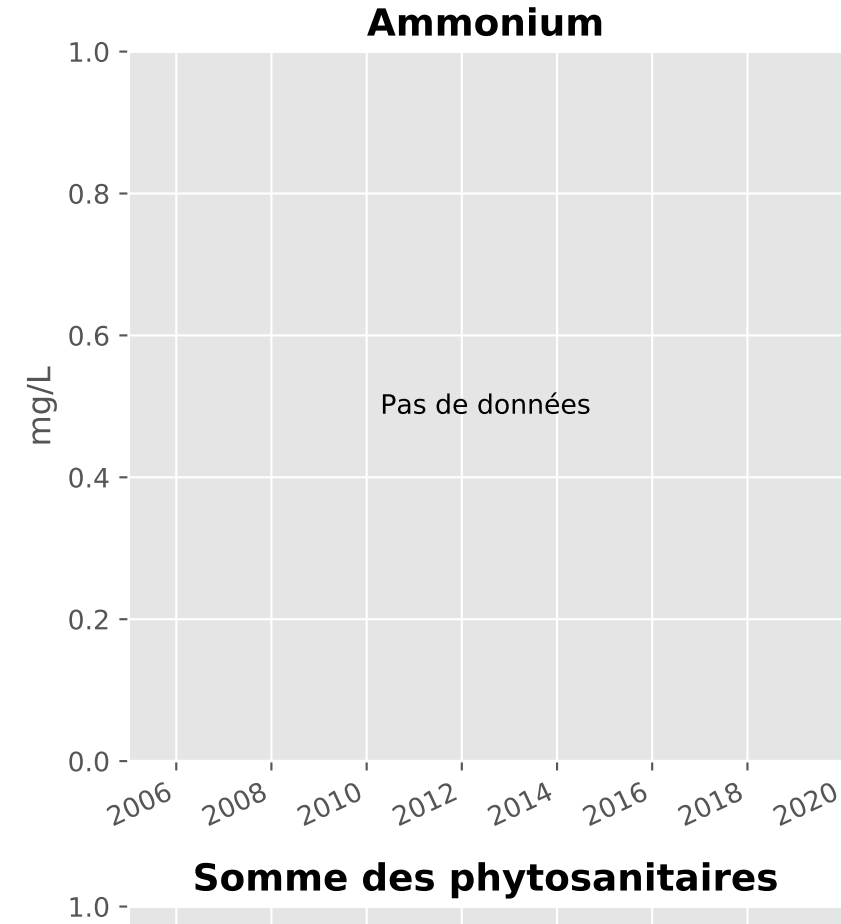
Magnésium



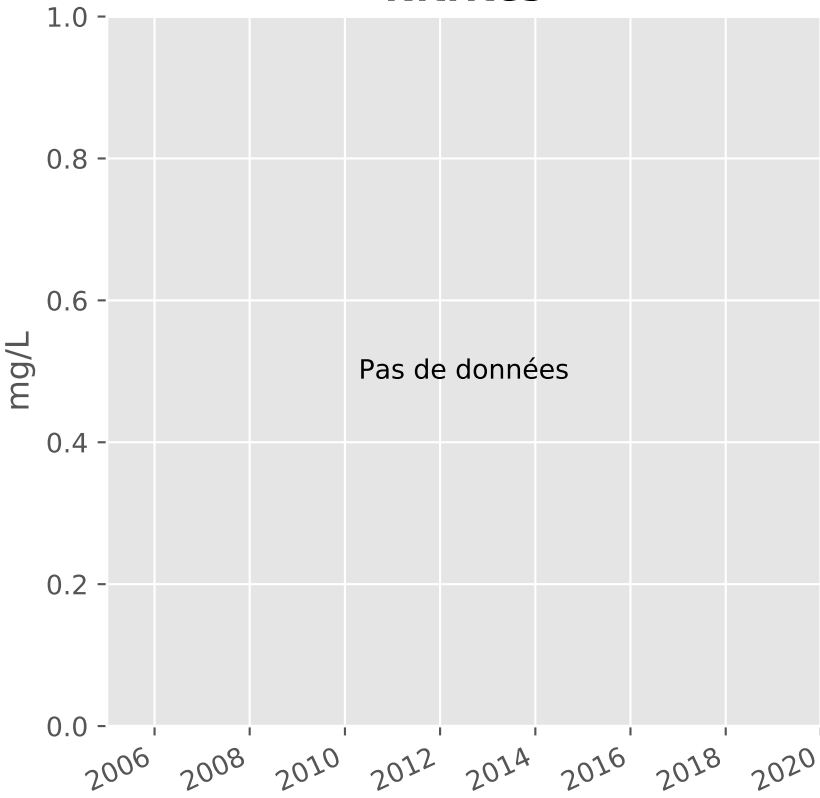
Sodium



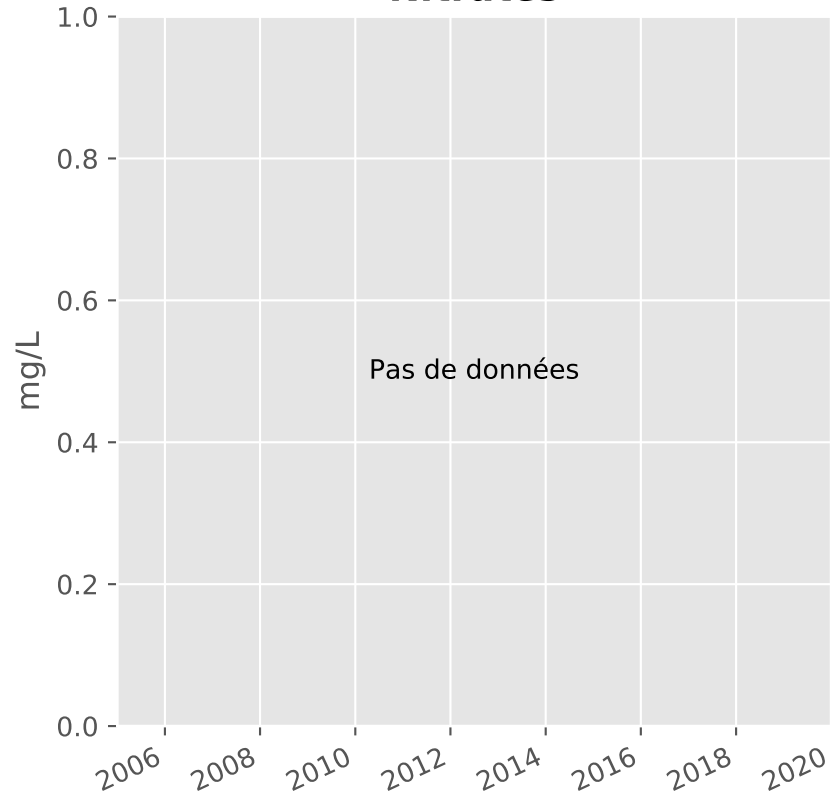
Ammonium



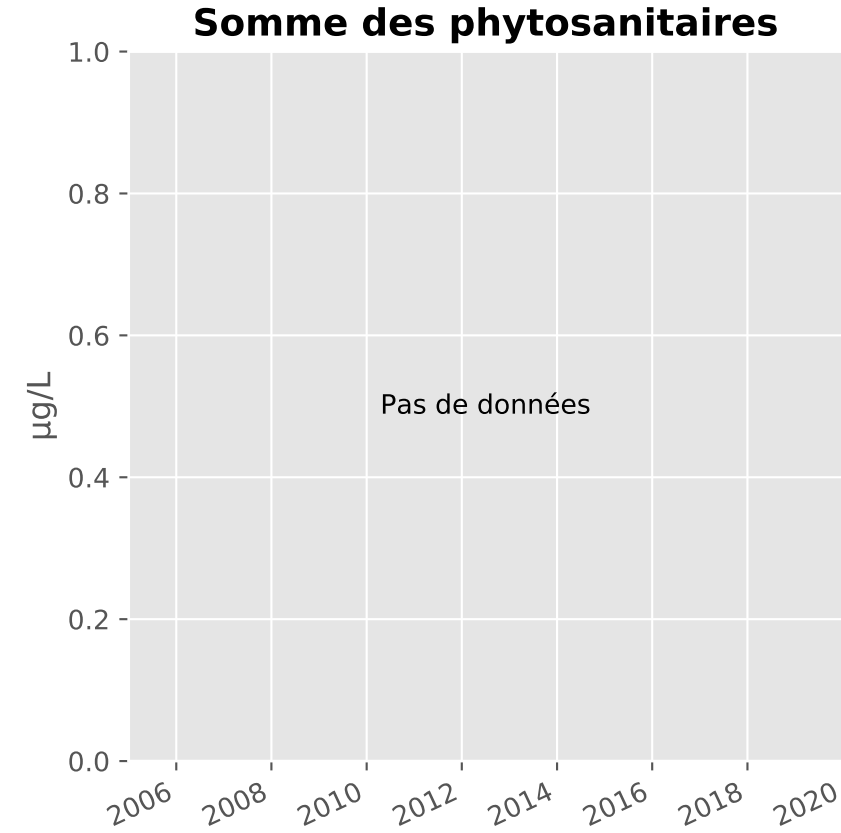
Nitrites



Nitrates

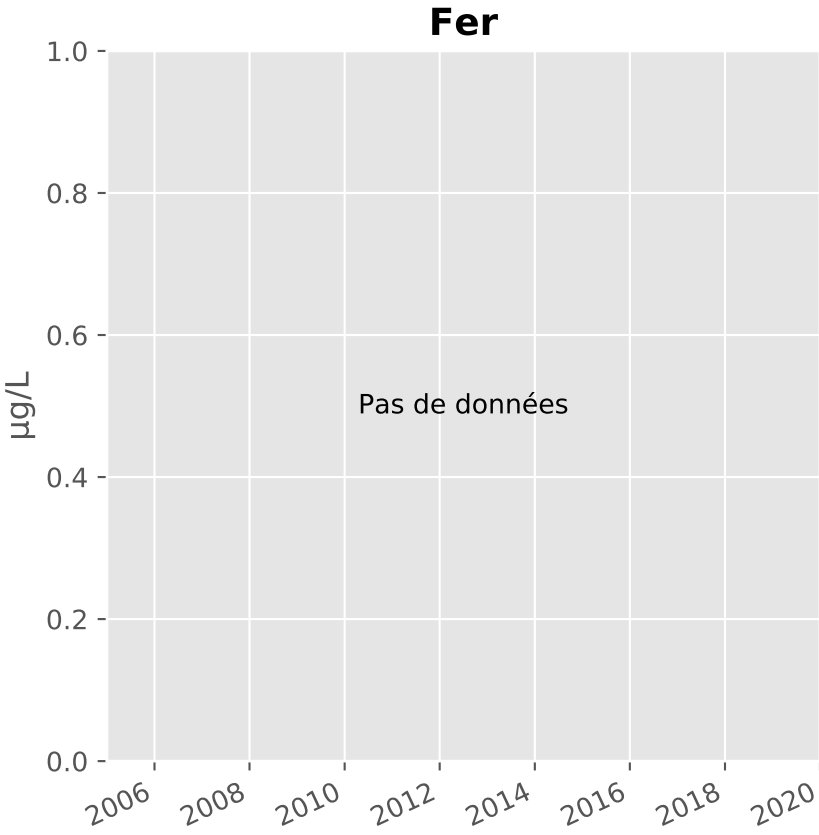


Somme des phytosanitaires

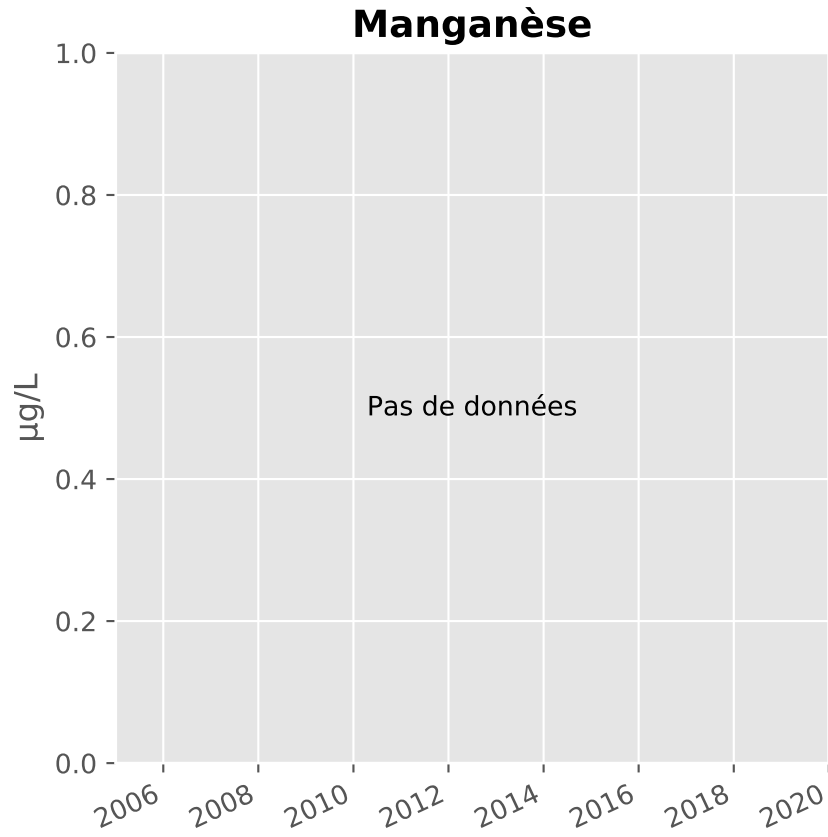


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S08 - Pz. B1 - Paradis amont - 01377X0209

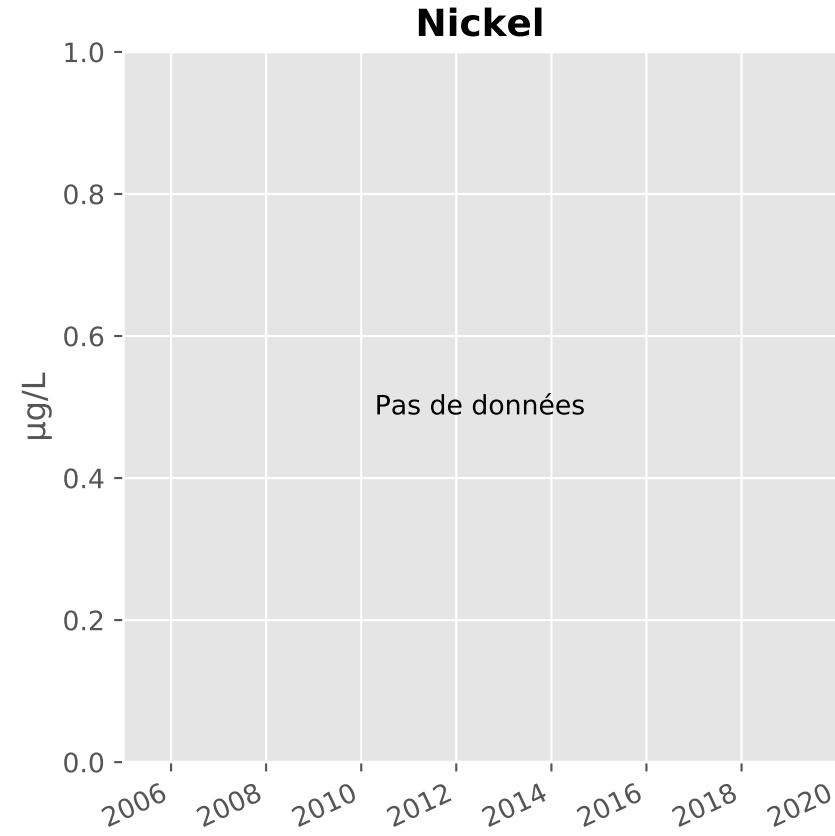
Fer



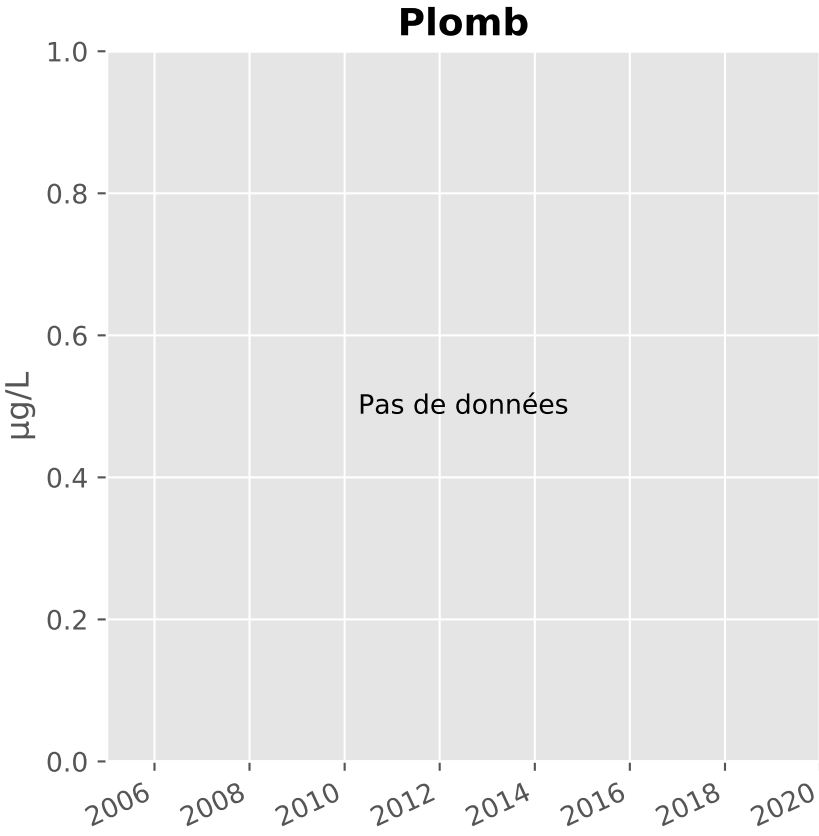
Manganèse



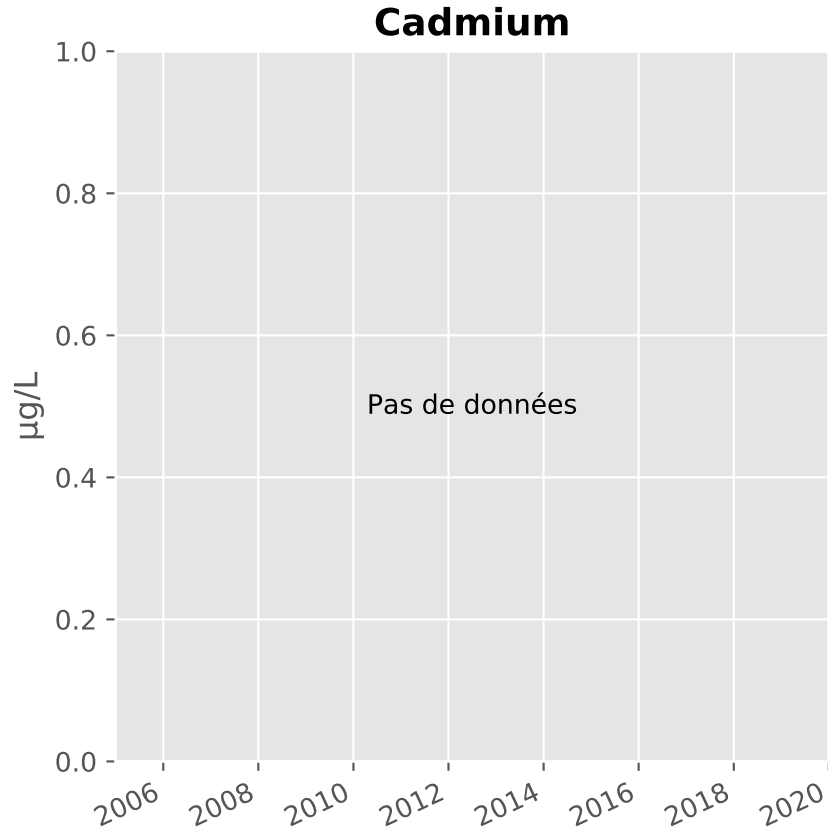
Nickel



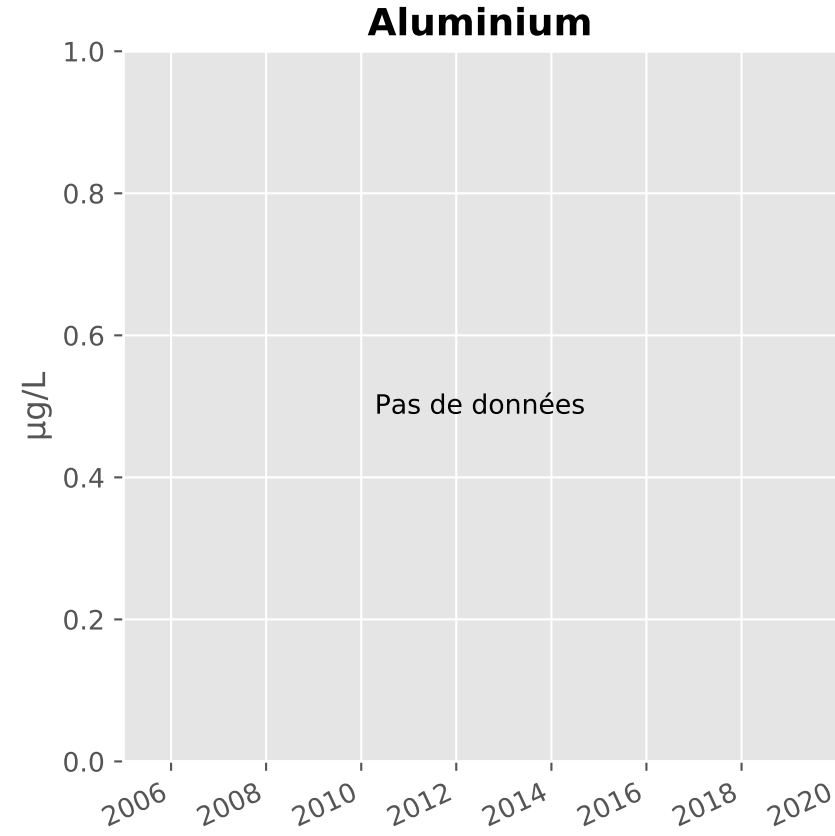
Plomb



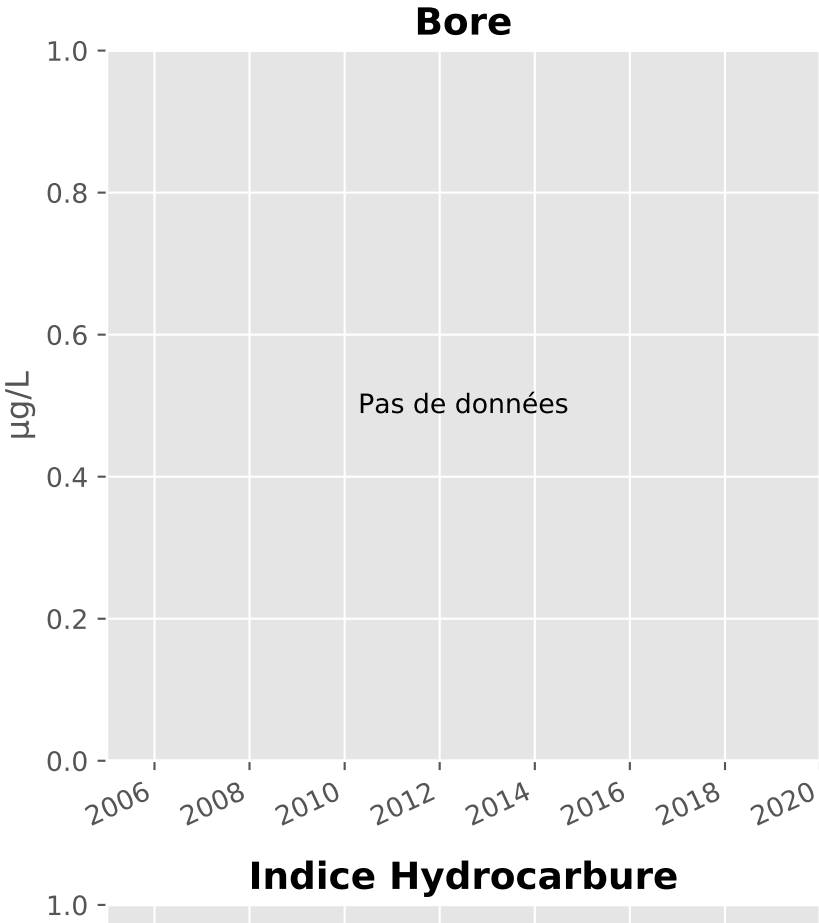
Cadmium



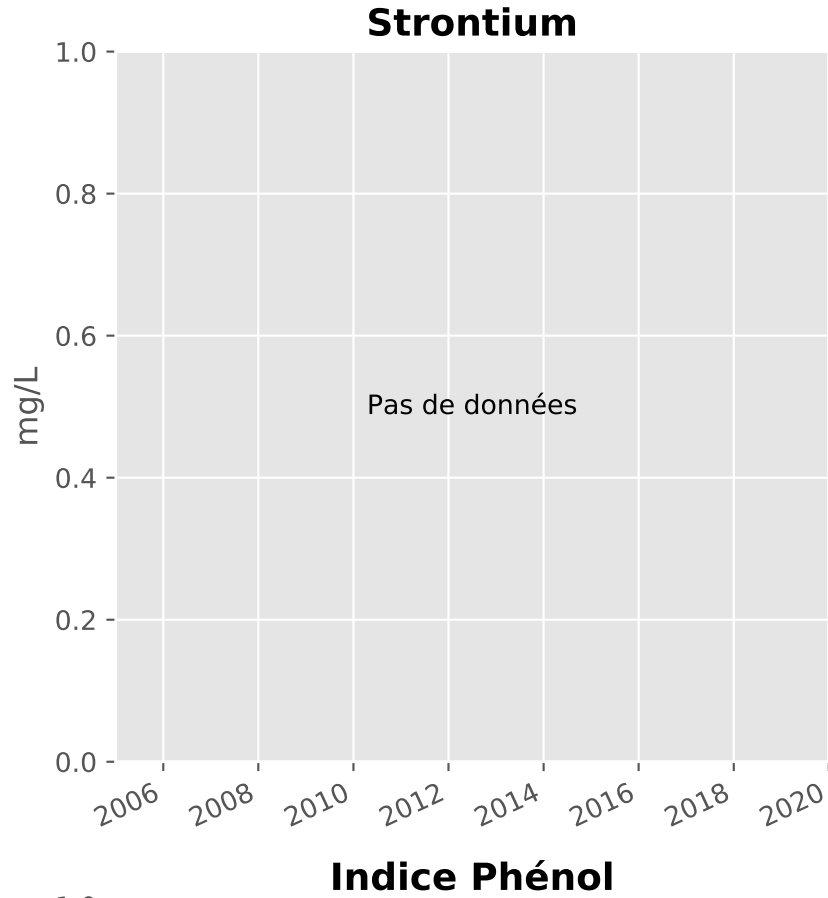
Aluminium



Bore



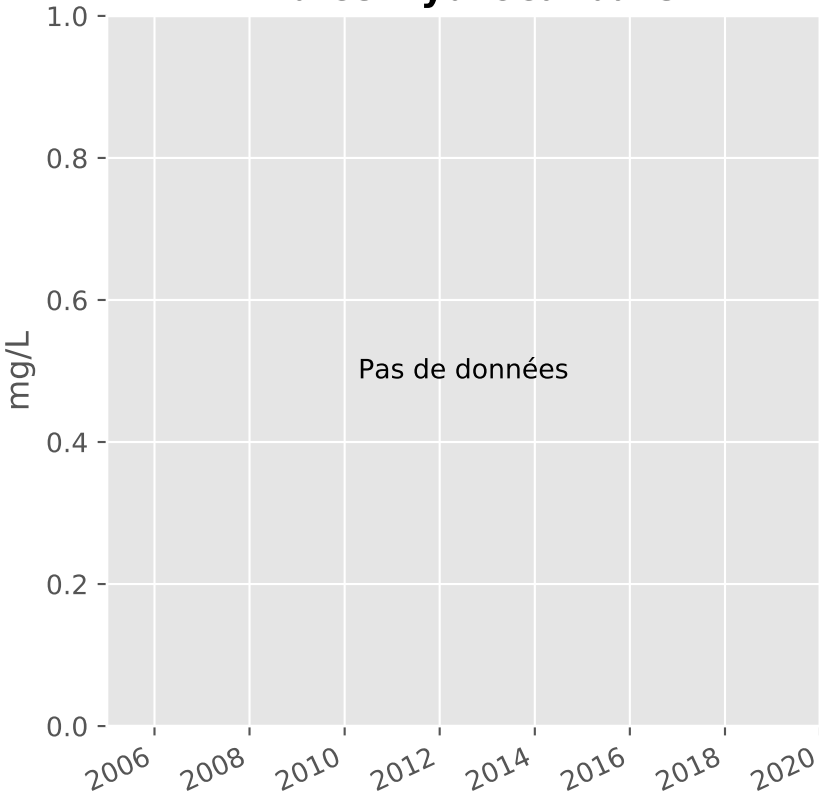
Strontium



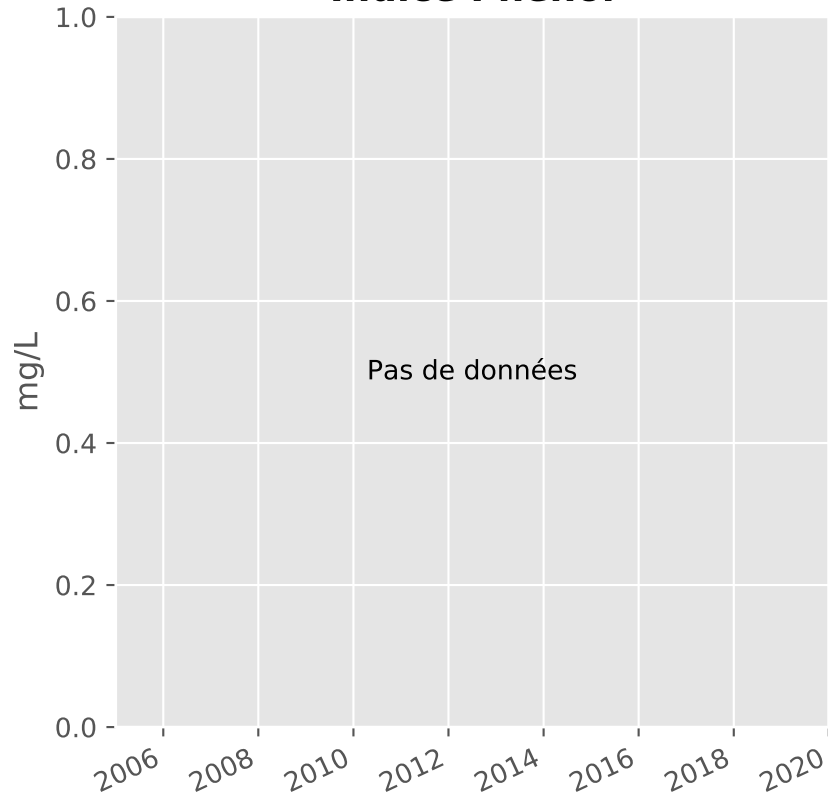
Fluor



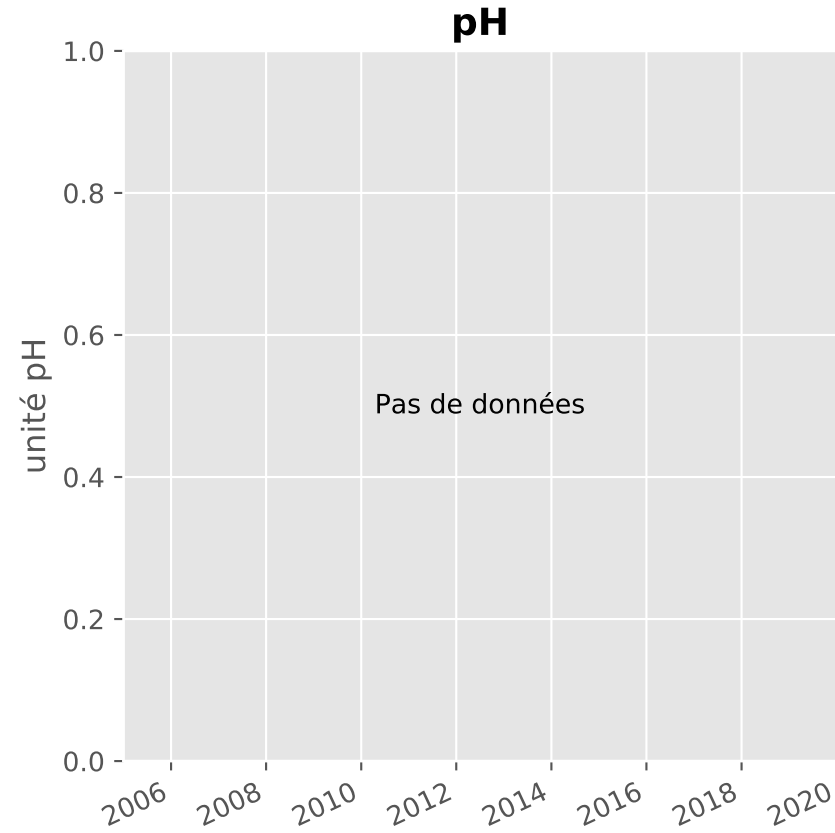
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

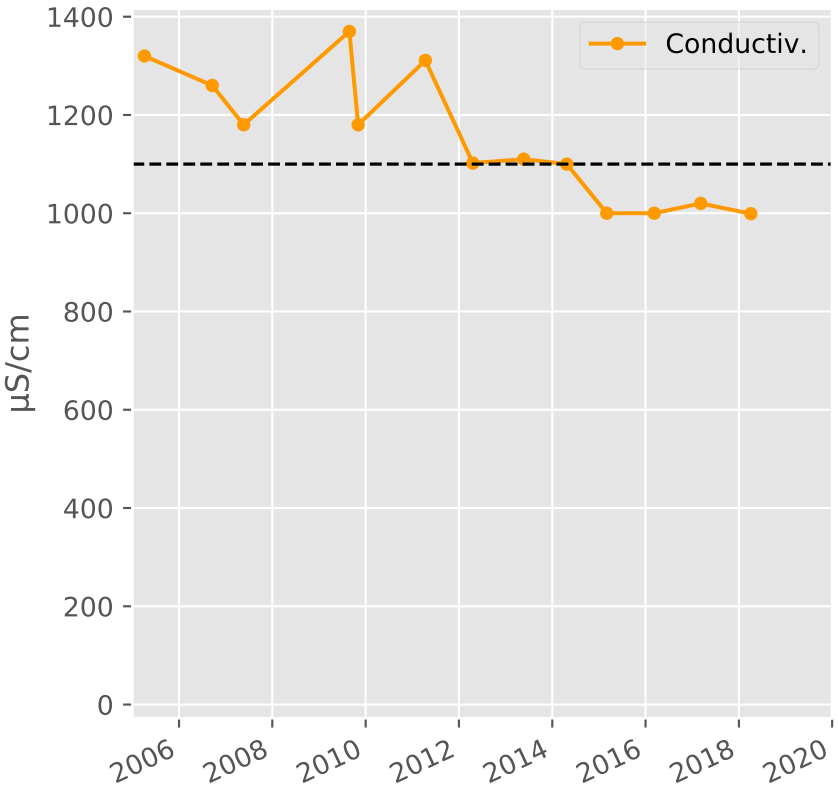


pH

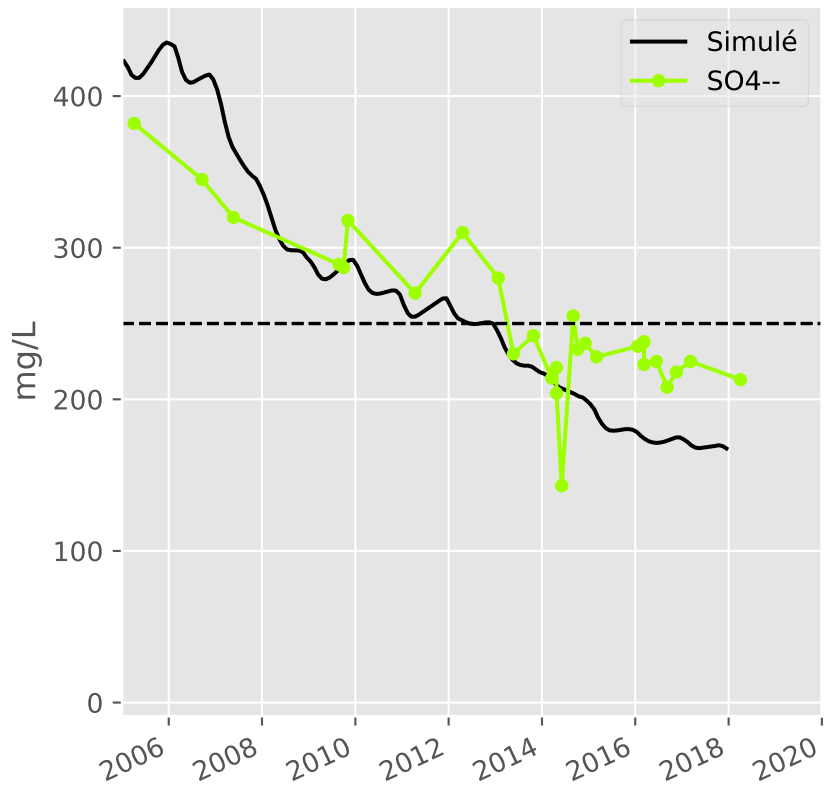


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS5 - S02 - For. Valleroy-Moineville 1 - 01377X0210

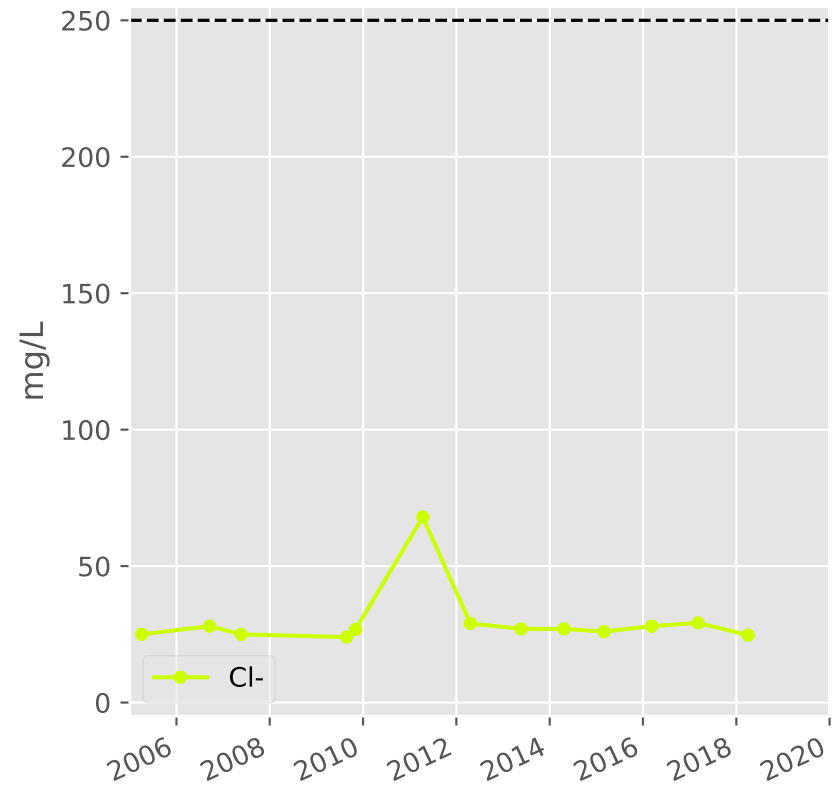
Conductivité



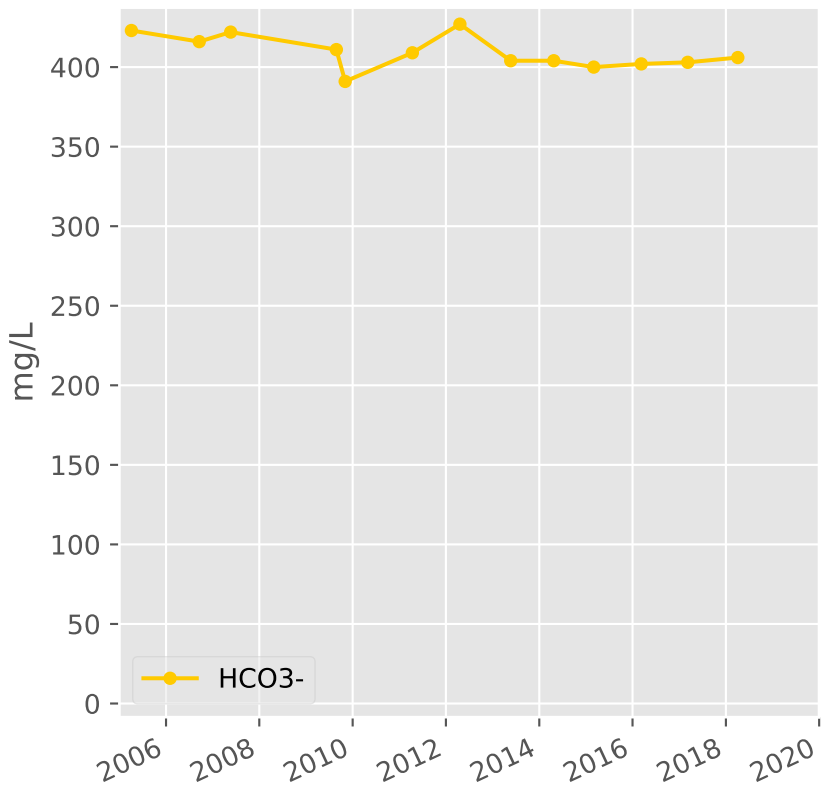
Sulfates



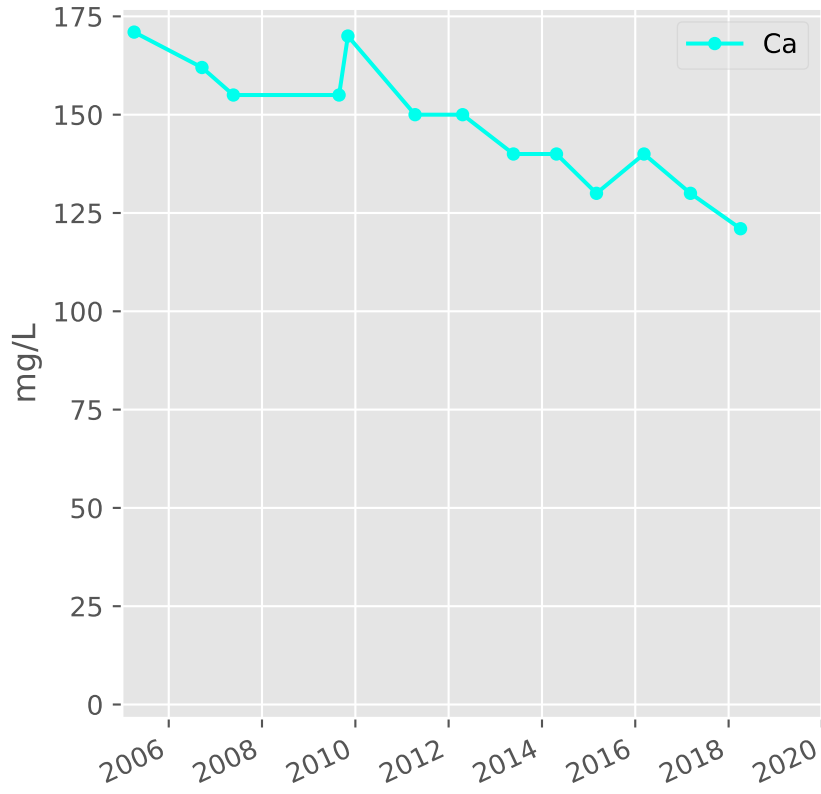
Chlorures



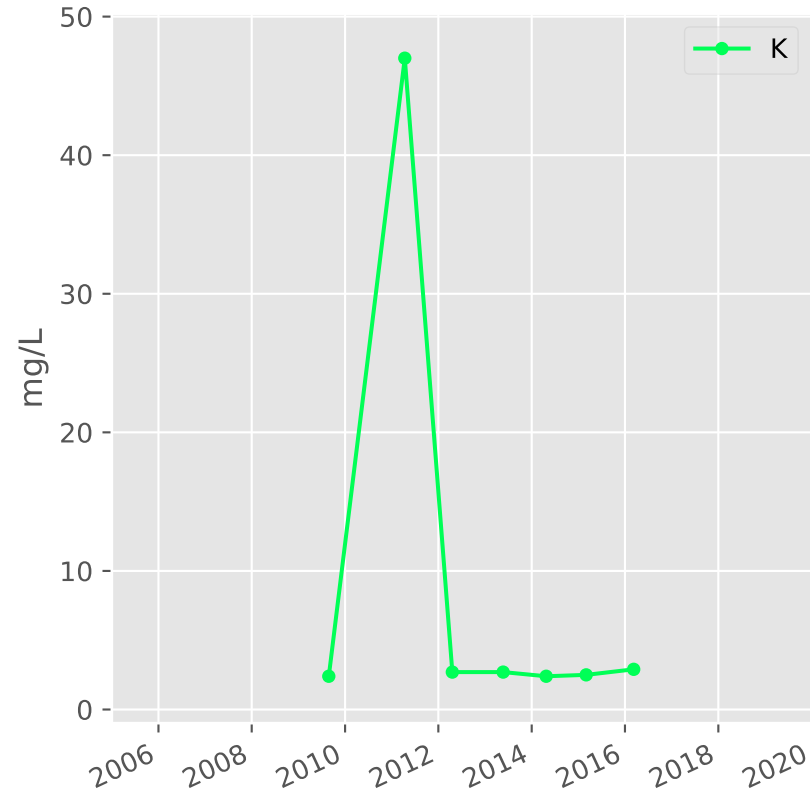
Bicarbonates



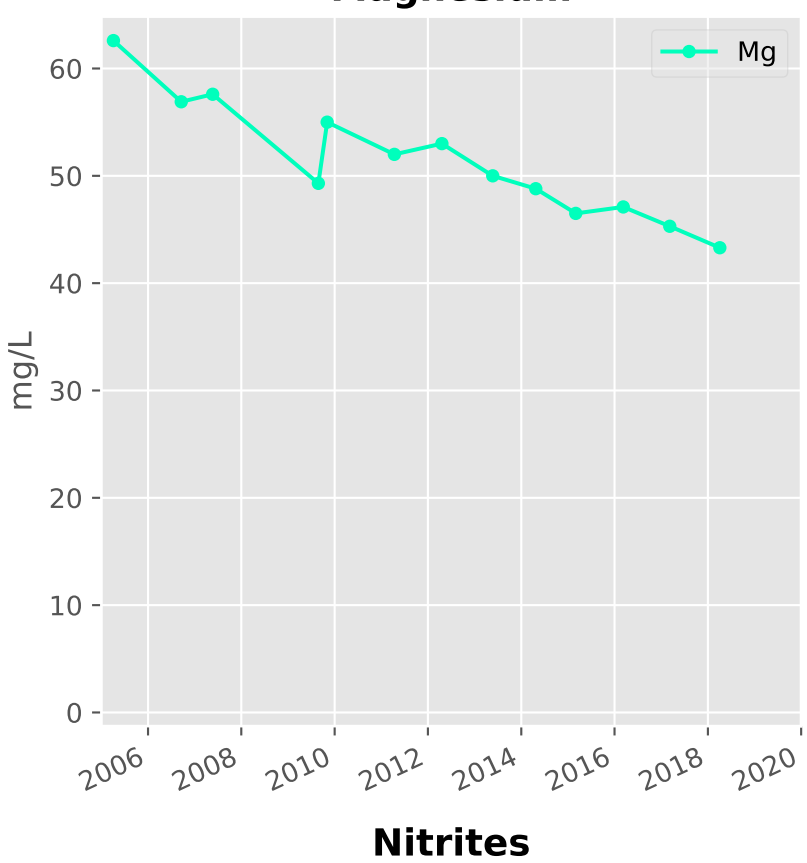
Calcium



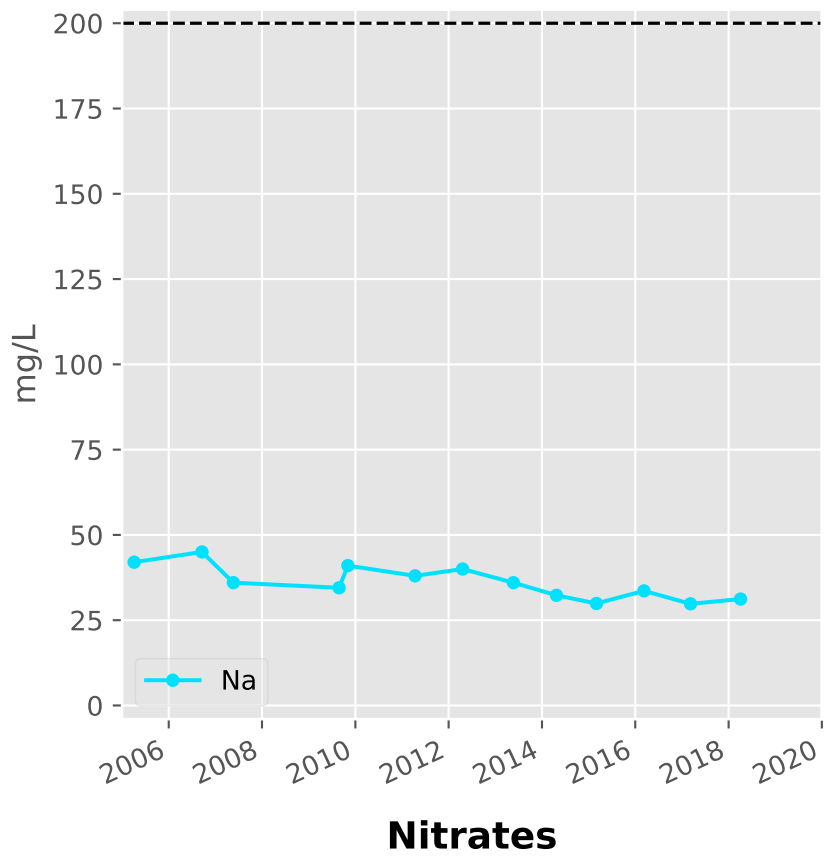
Potassium



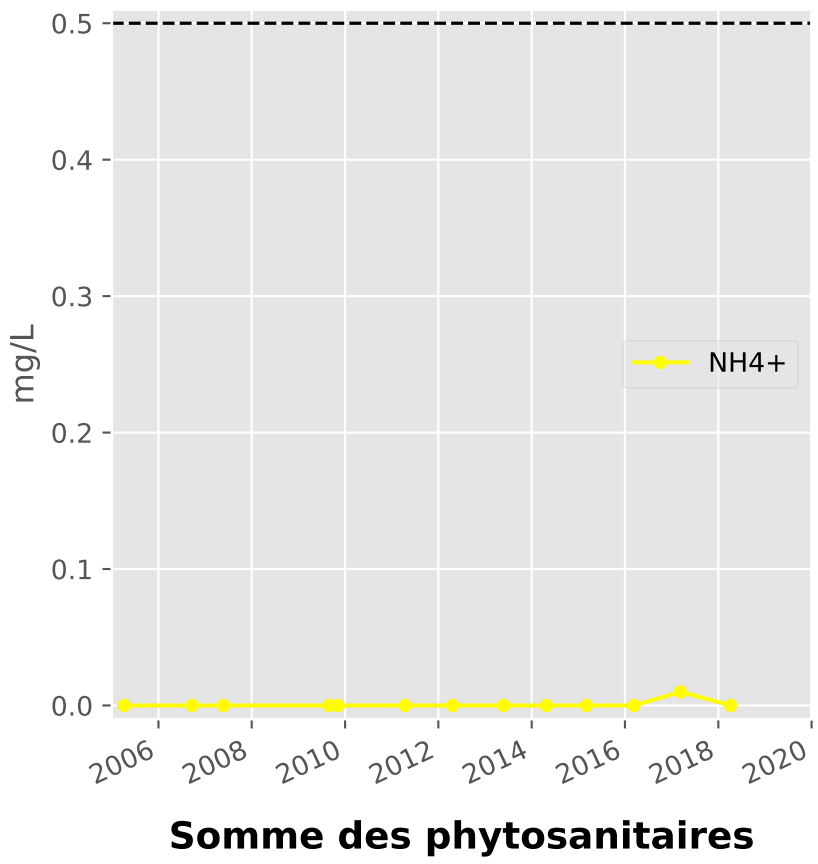
Magnésium



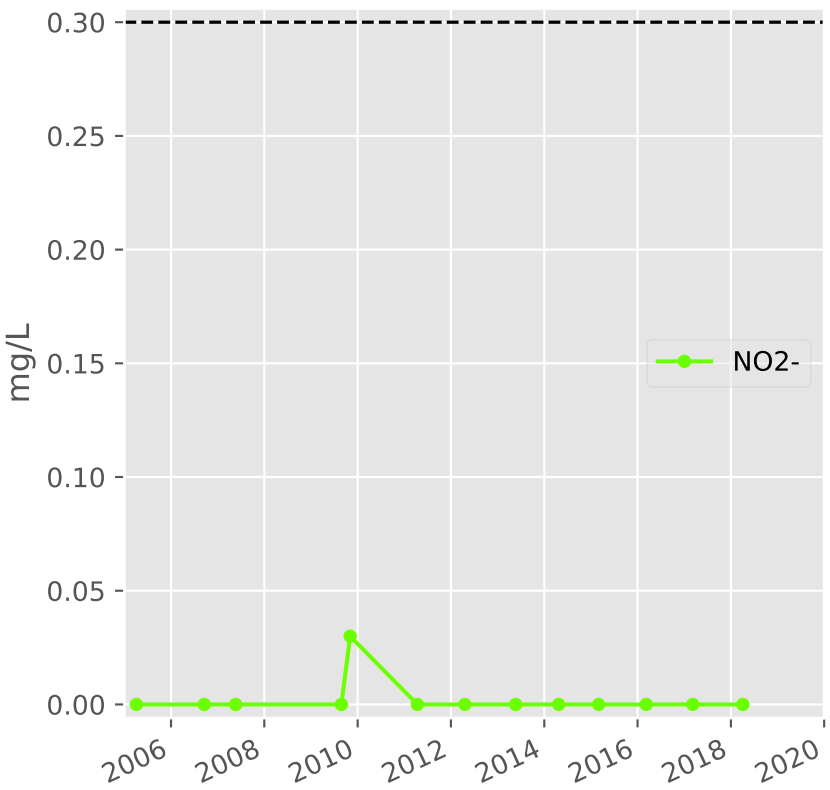
Sodium



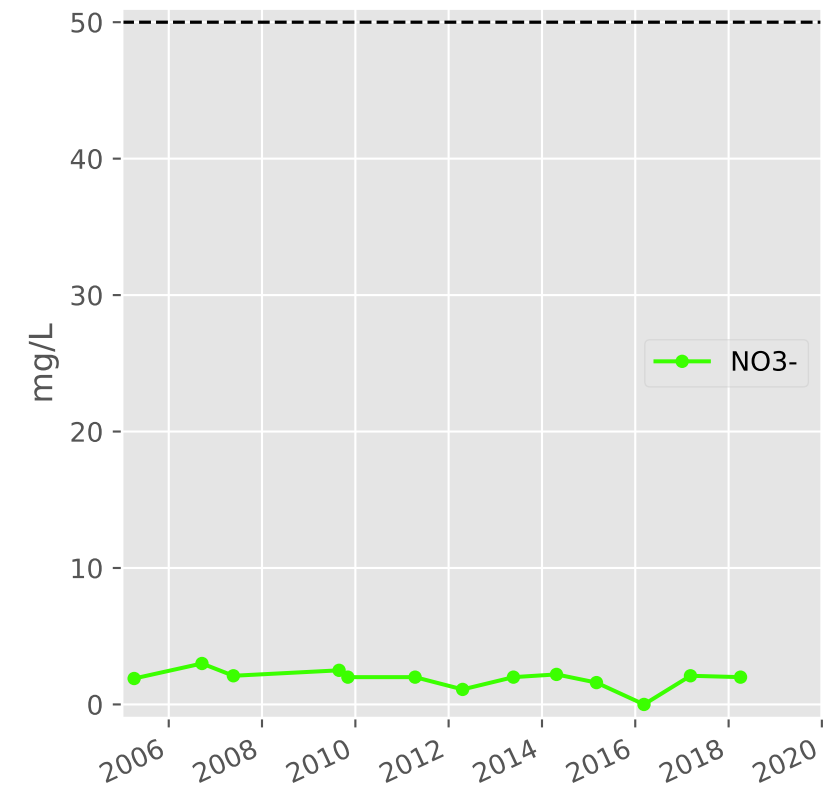
Ammonium



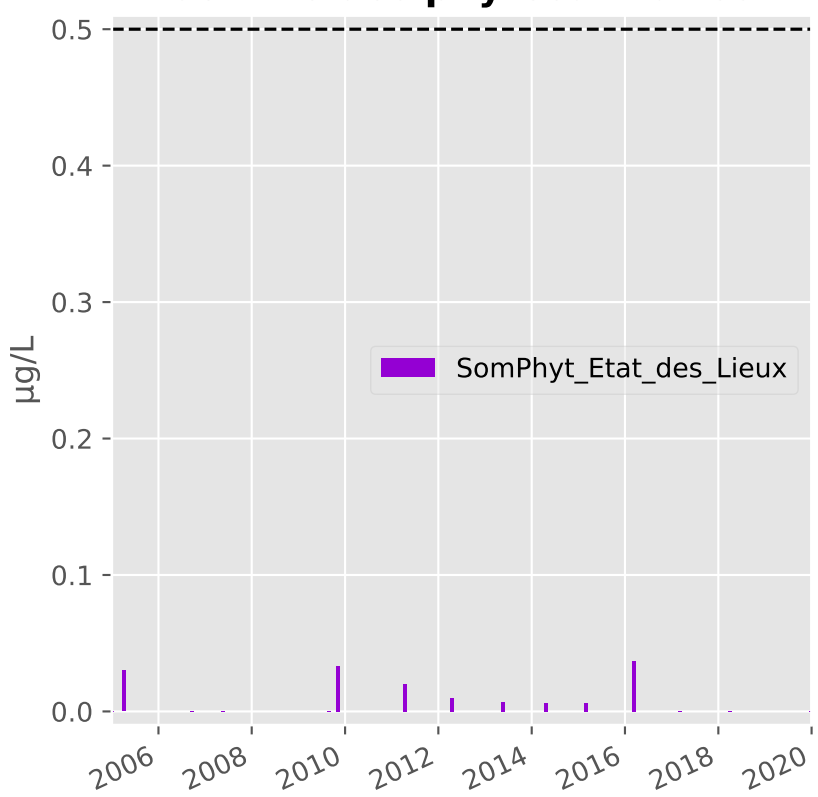
Nitrites



Nitrates

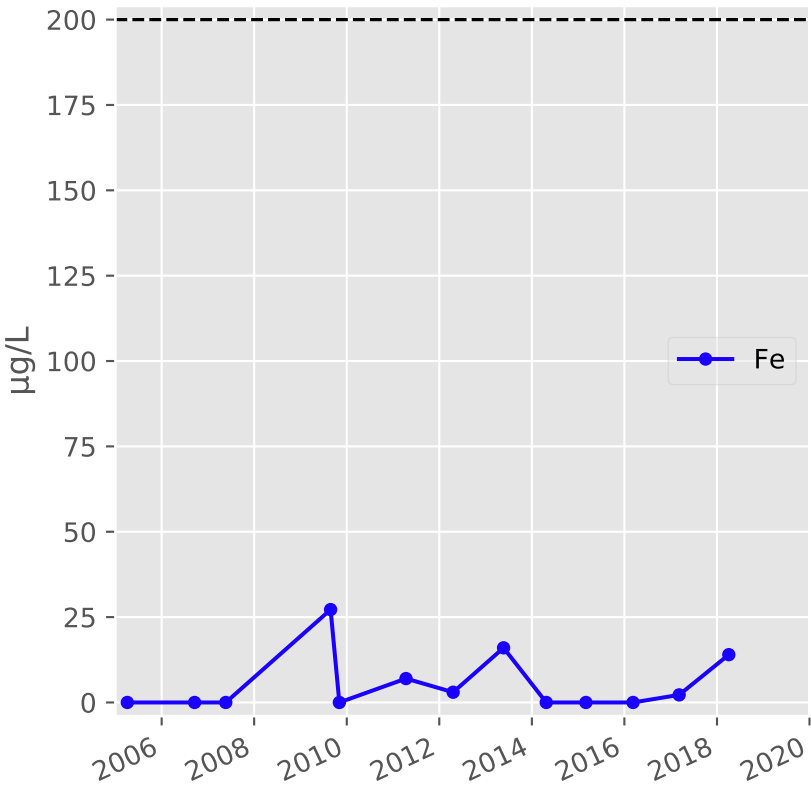


Somme des phytosanitaires

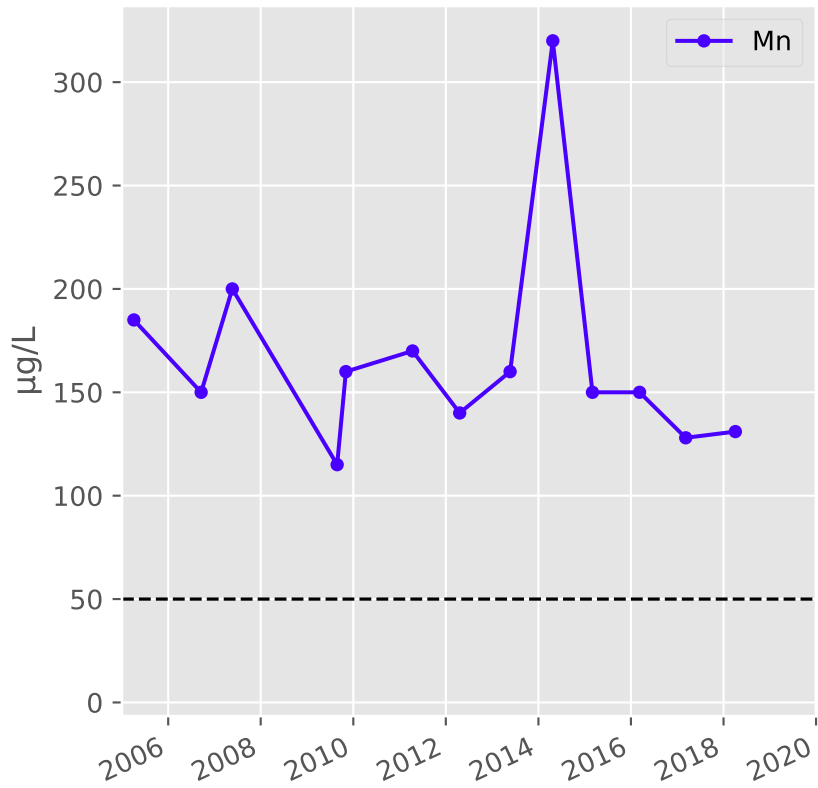


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS5 - S02 - For. Valleroy-Moineville 1 - 01377X0210

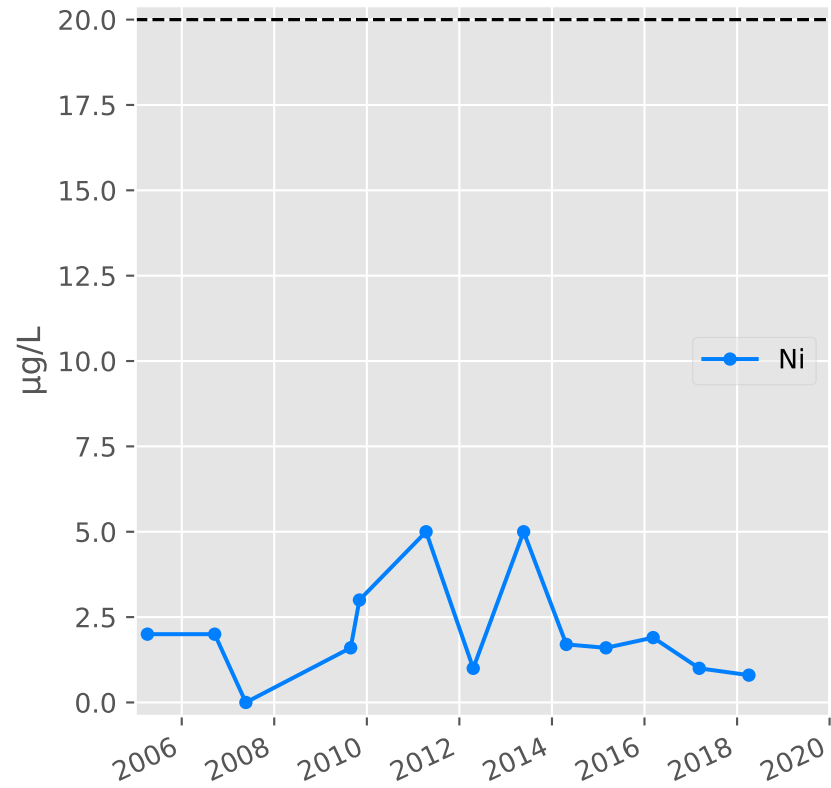
Fer



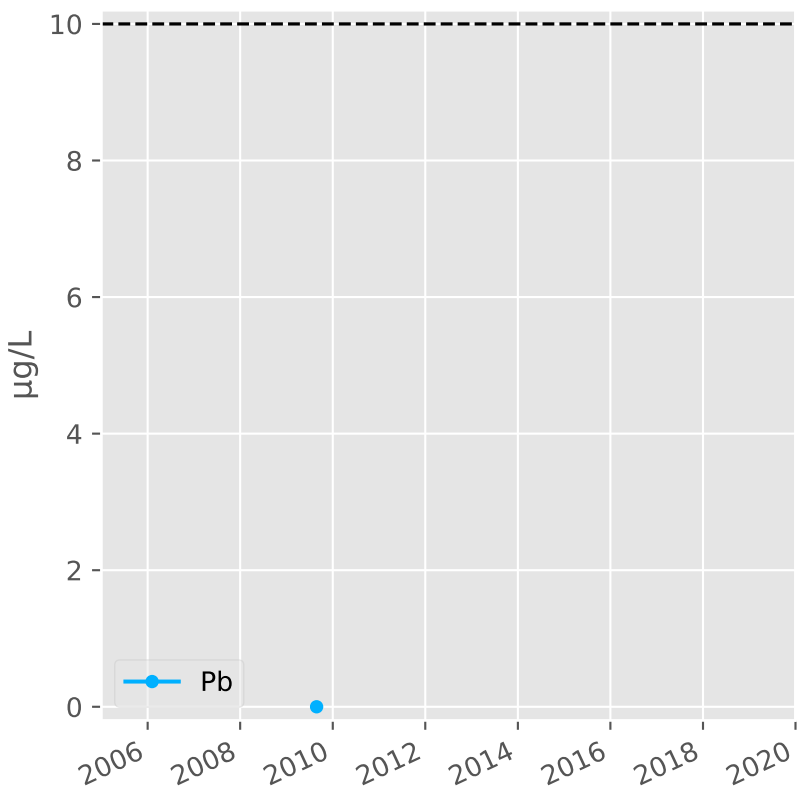
Manganèse



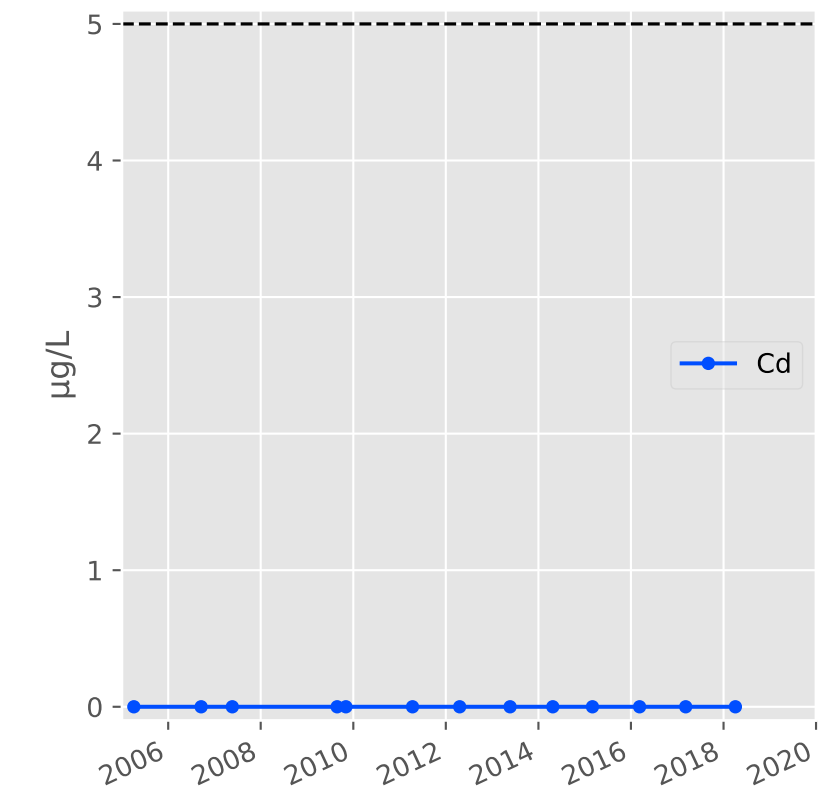
Nickel



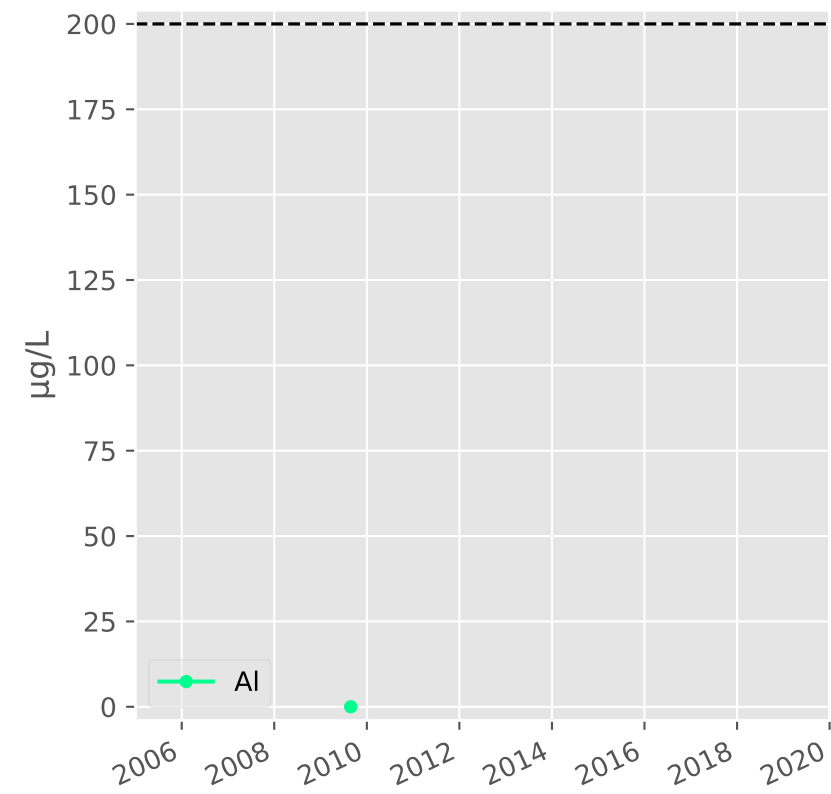
Plomb



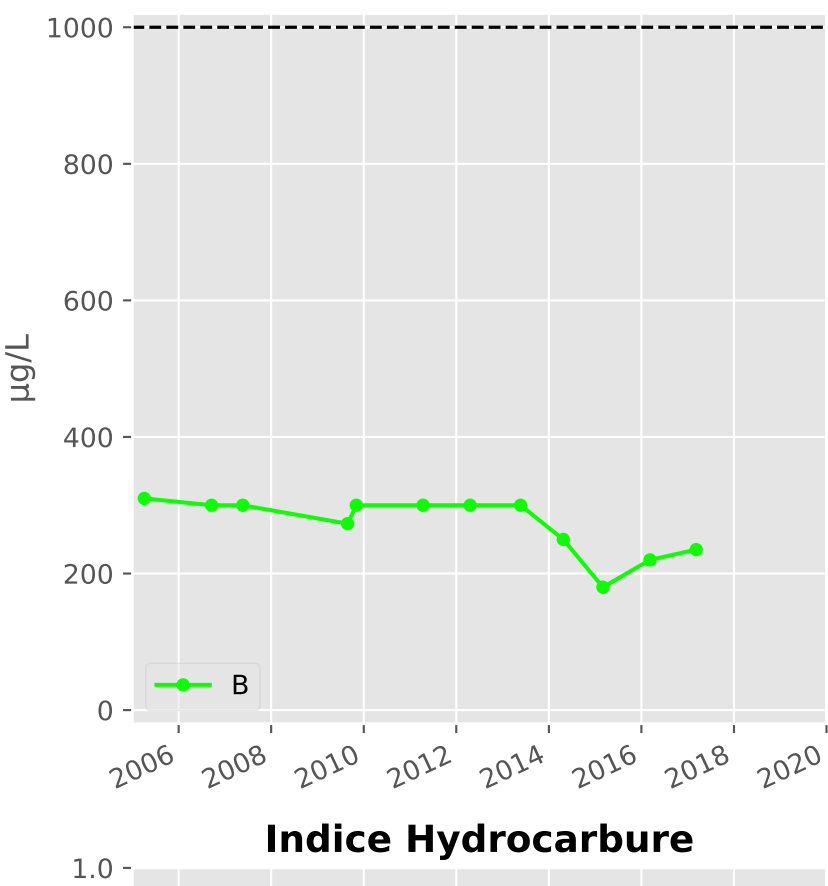
Cadmium



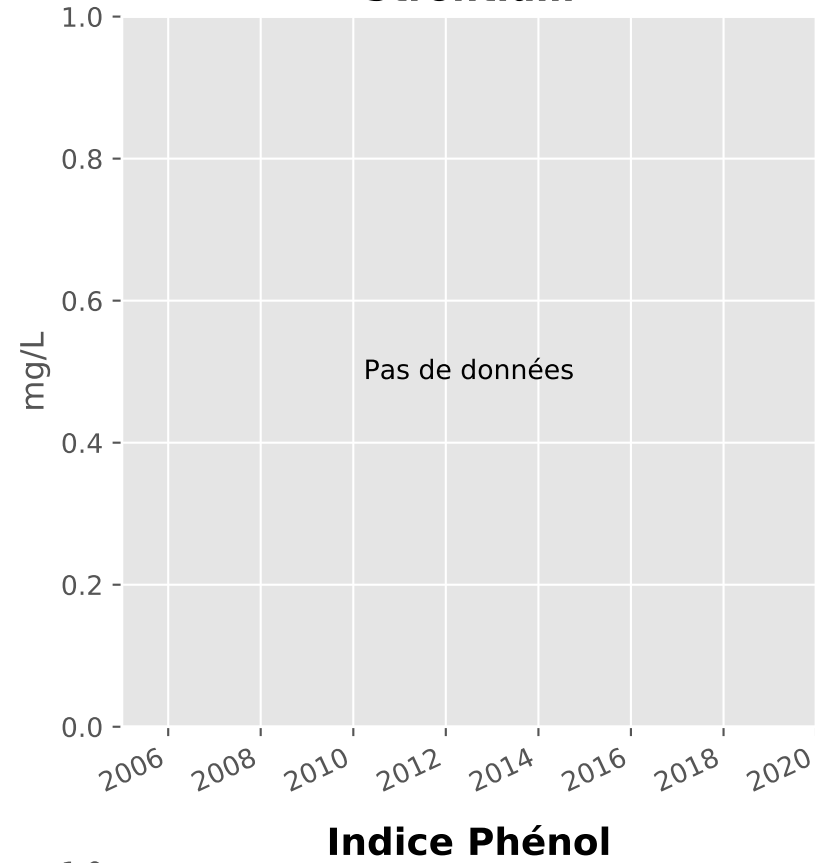
Aluminium



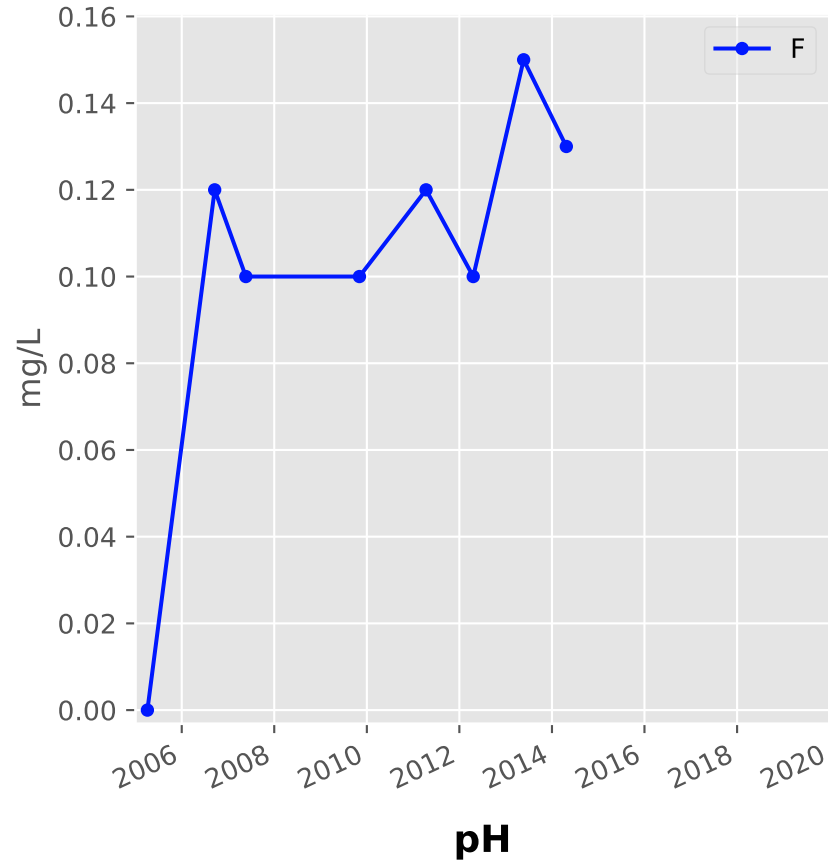
Bore



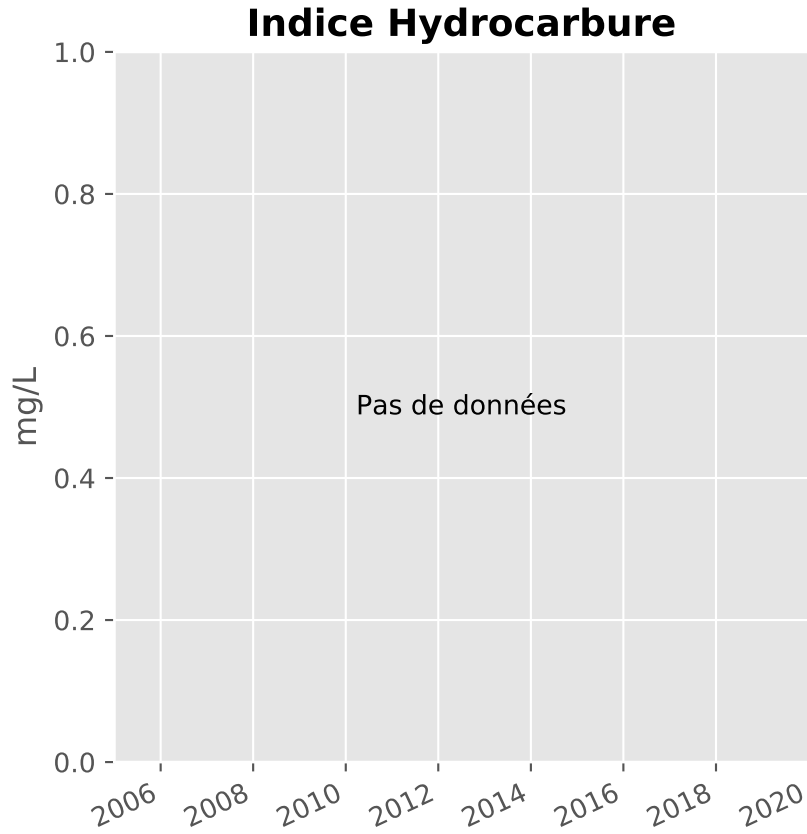
Strontium



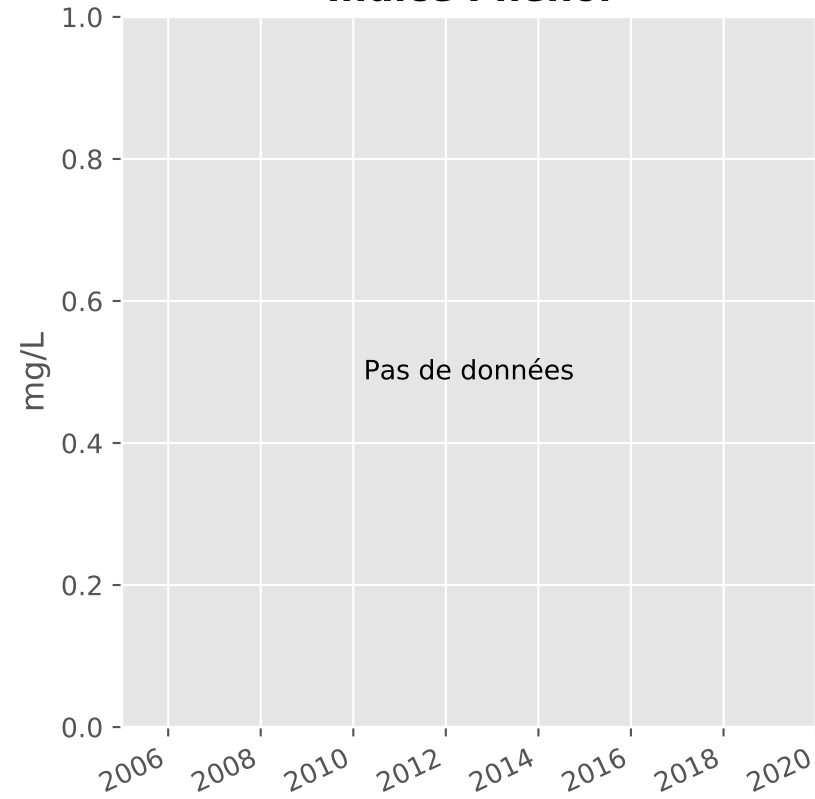
Fluor



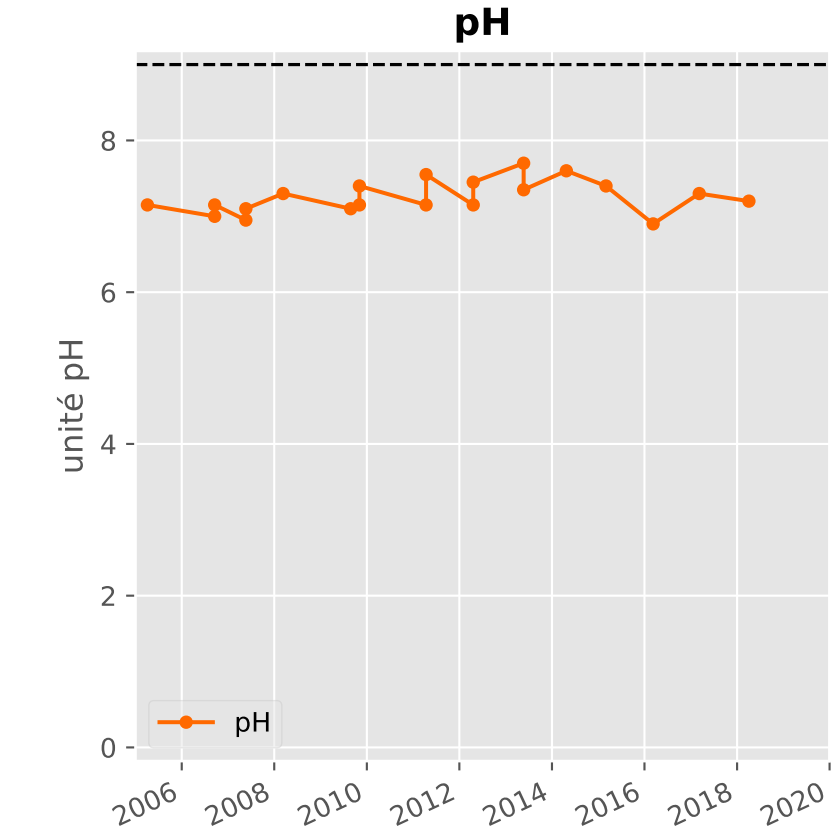
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

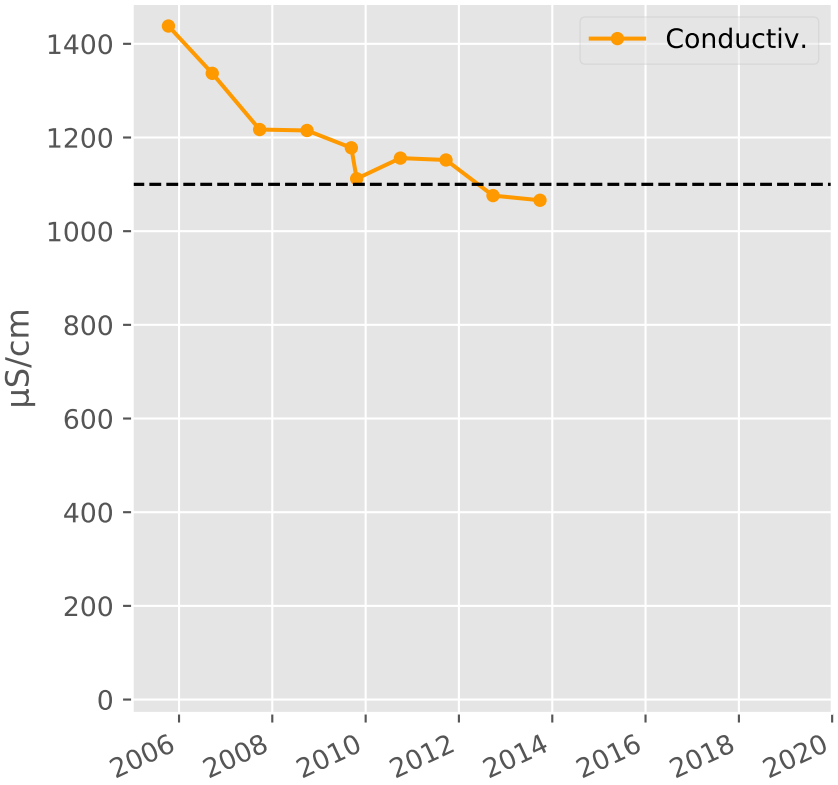


pH

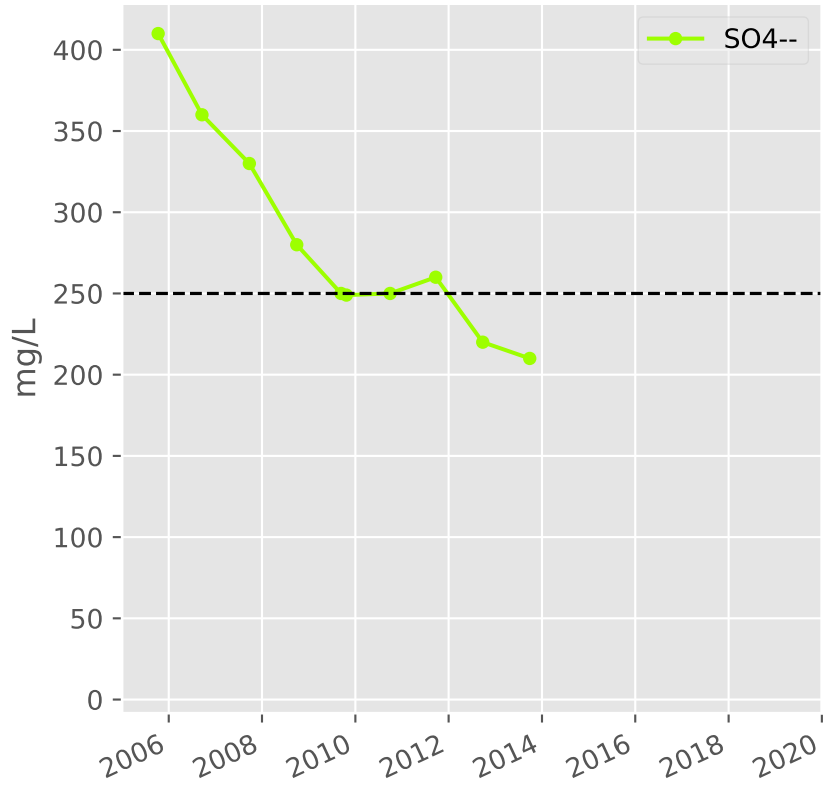


Bassin SUD - Réservoir minier - Zone foudroyée - Secteur SS2 - S14 - Pz. M1 - Paradis aval - 01377X0211

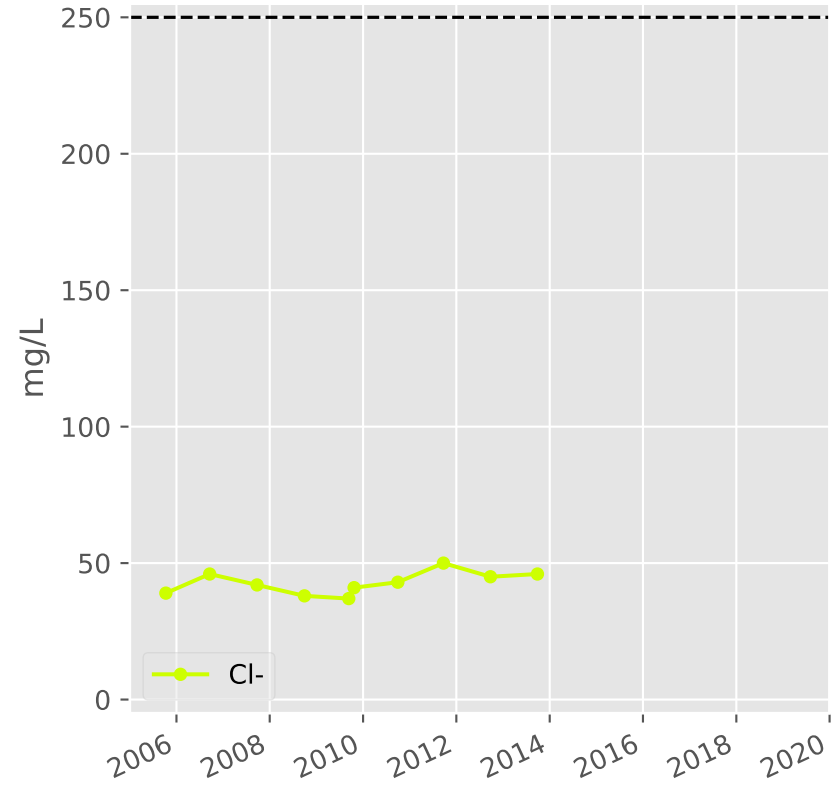
Conductivité



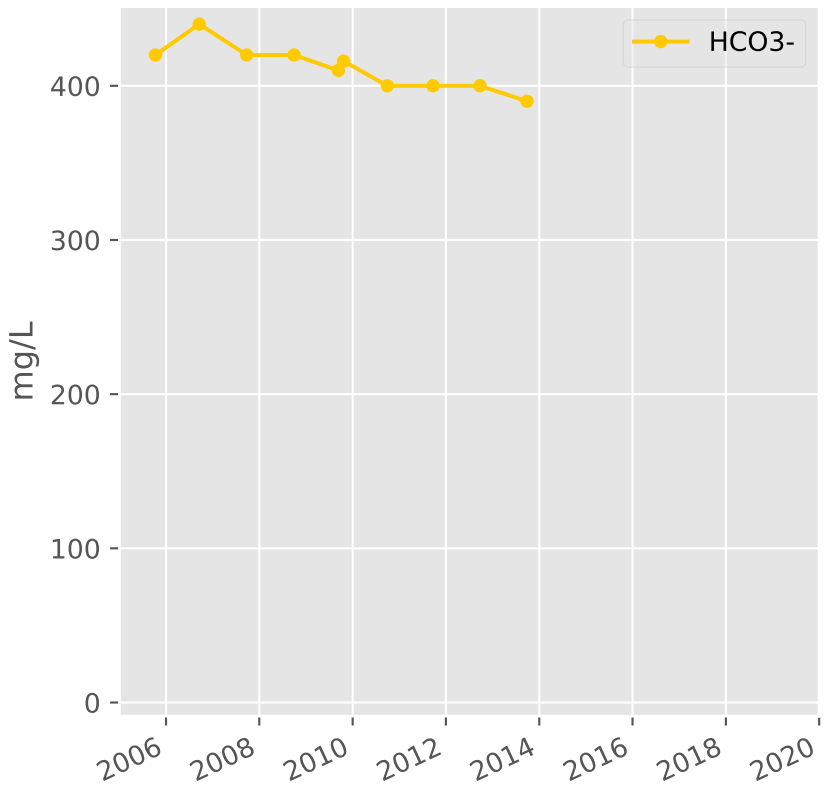
Sulfates



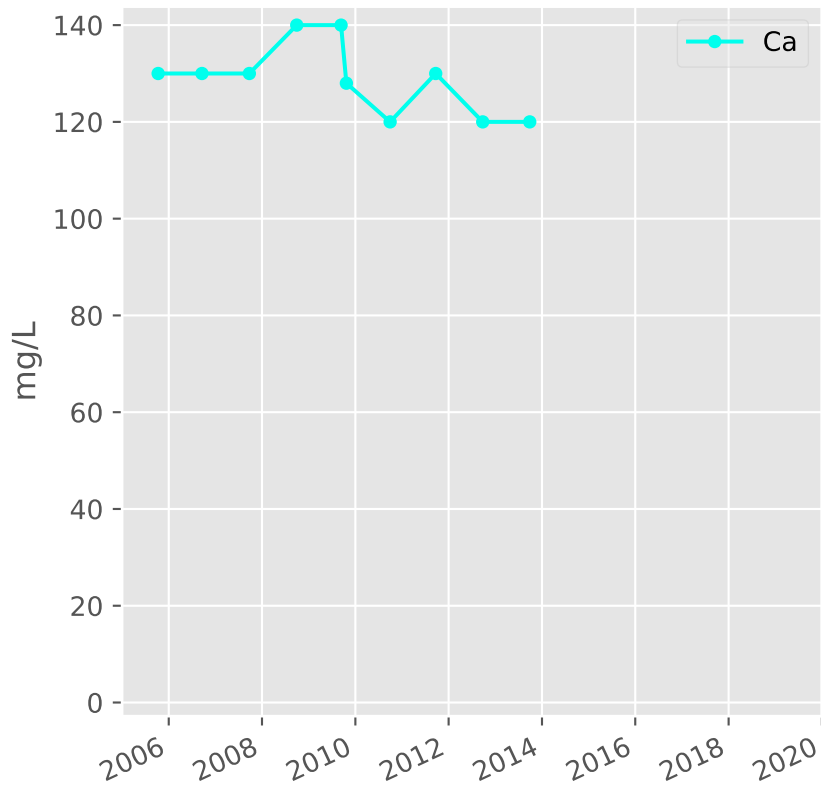
Chlorures



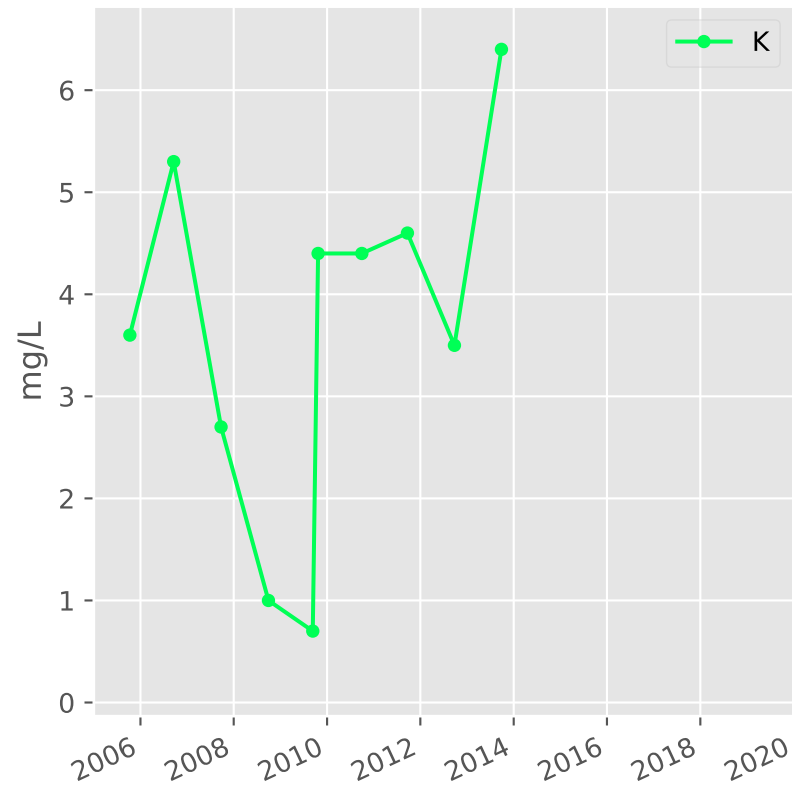
Bicarbonates



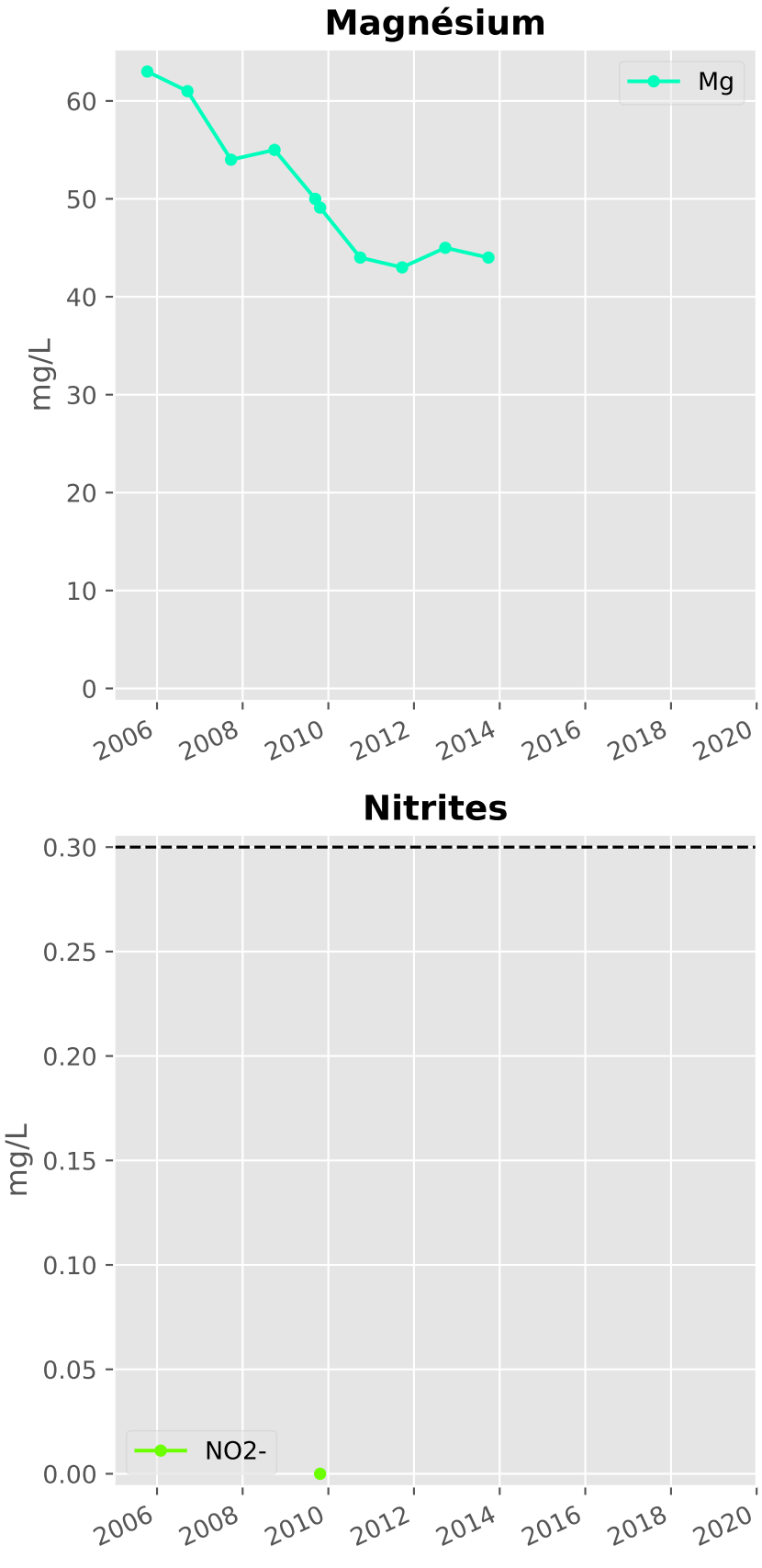
Calcium



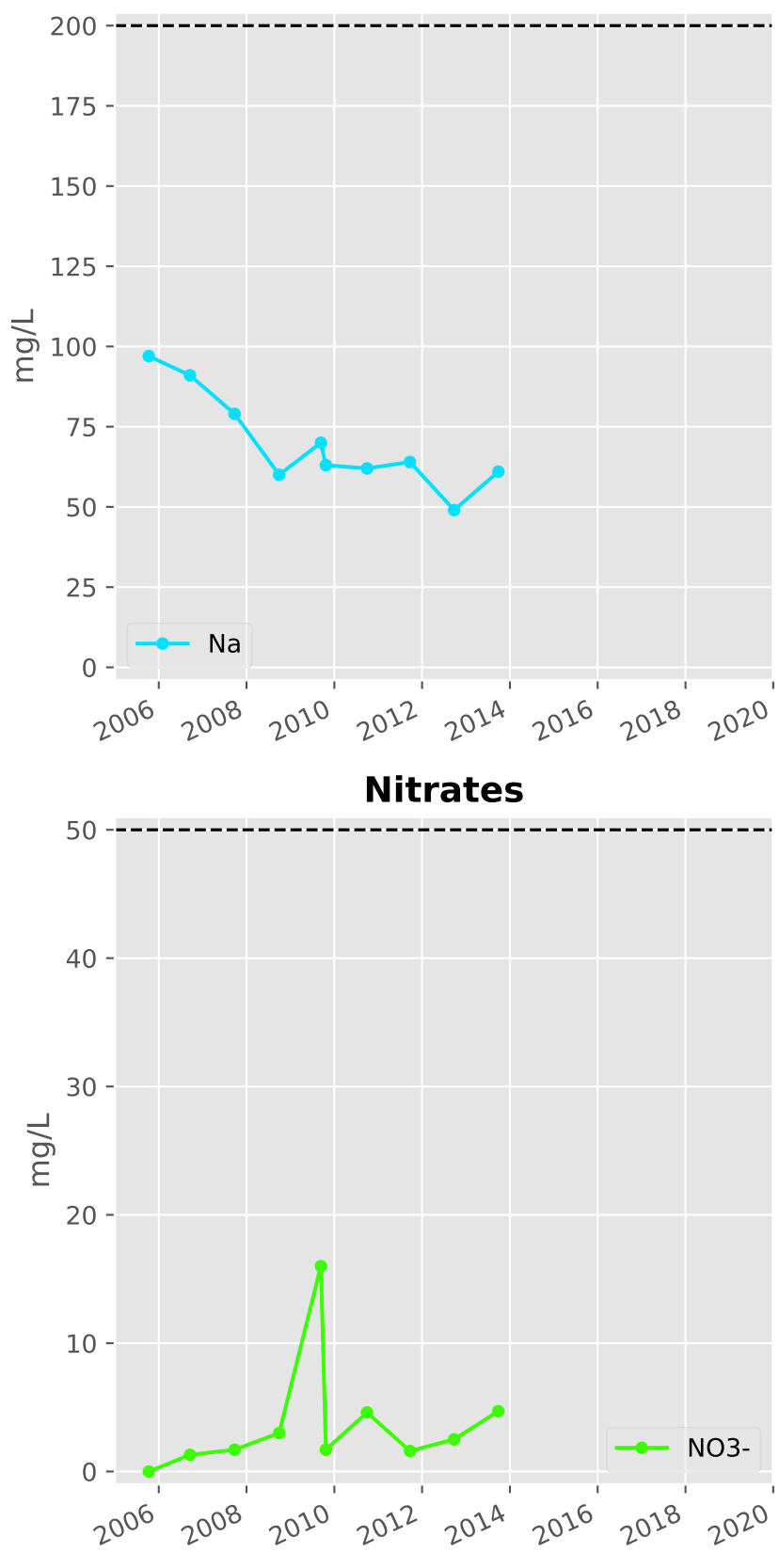
Potassium



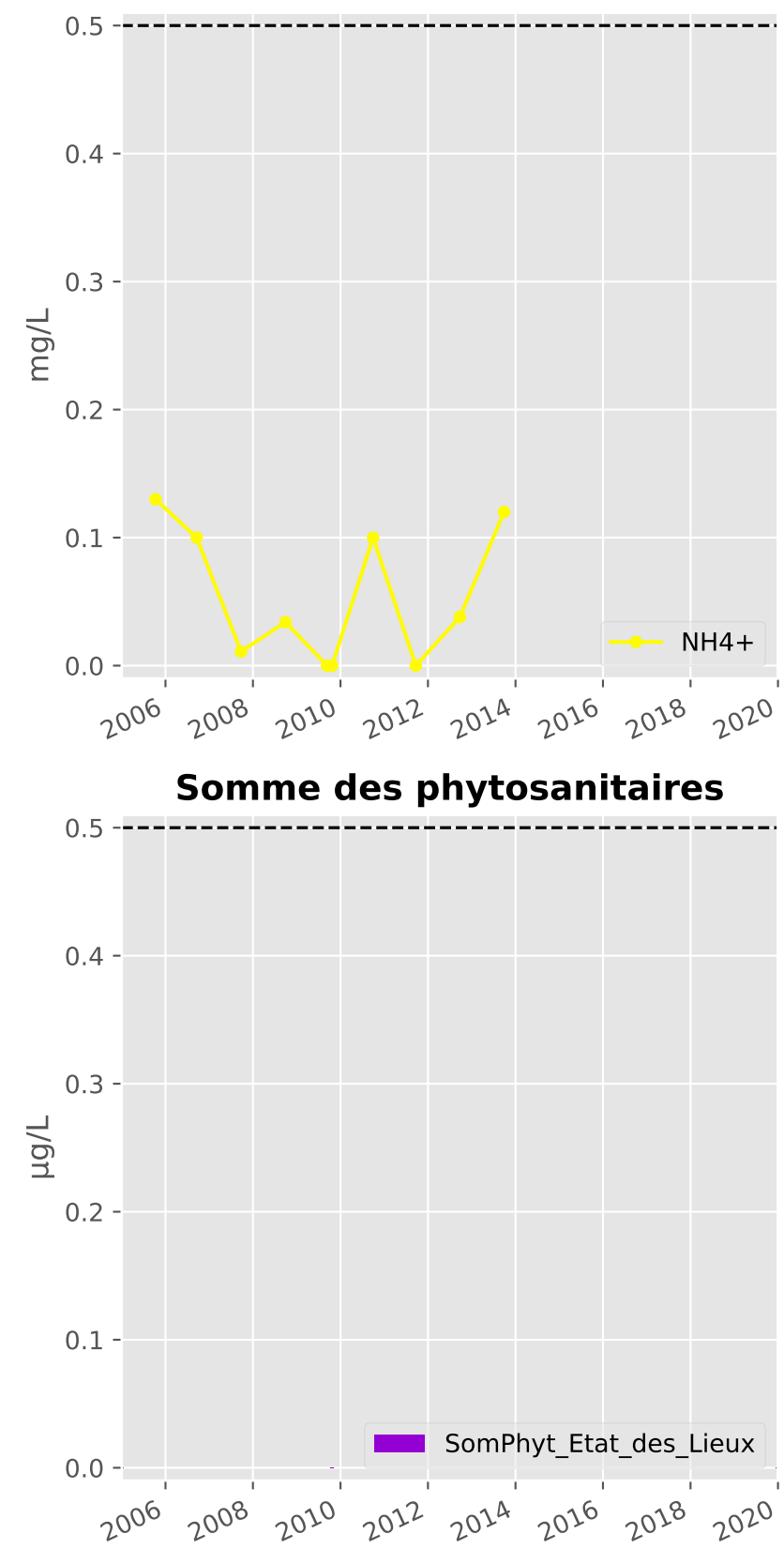
Magnésium



Sodium



Ammonium



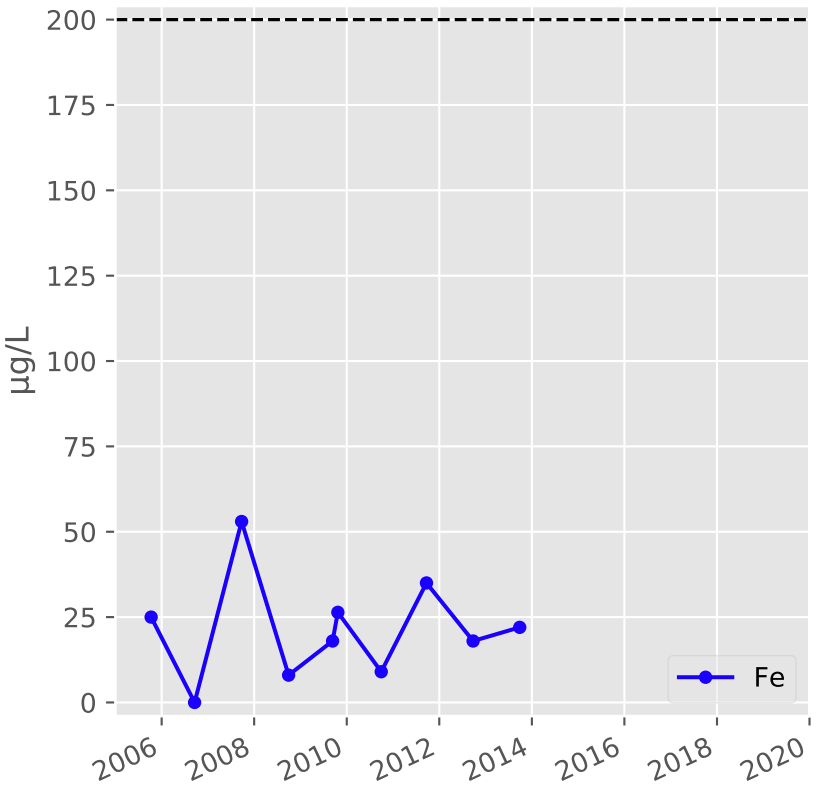
Nitrites

Nitrates

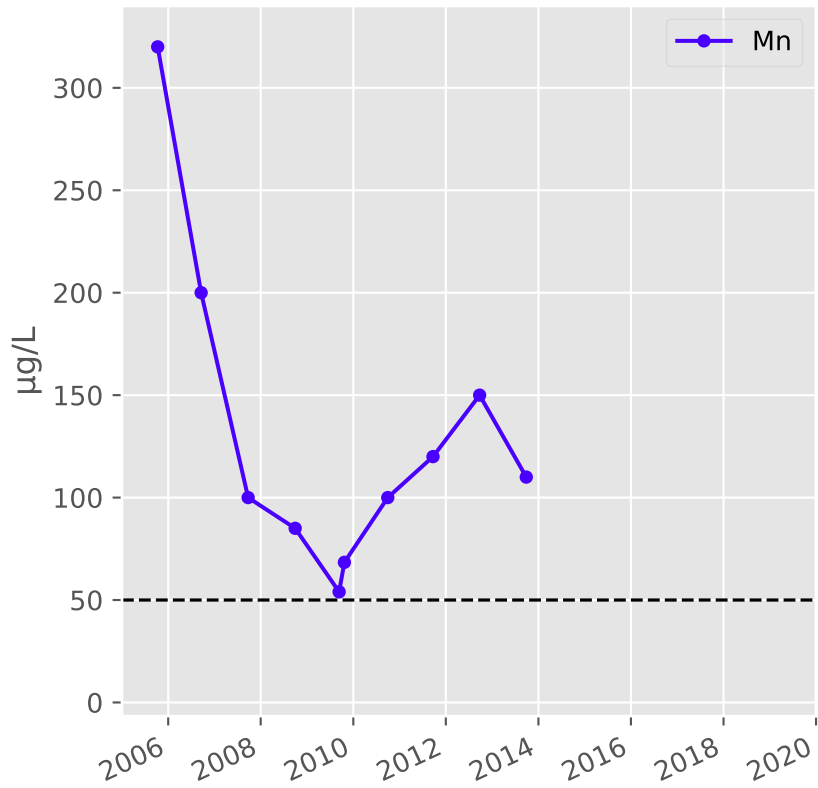
Somme des phytosanitaires

Bassin SUD - Réservoir minier - Zone foudroyée - Secteur SS2 - S14 - Pz. M1 - Paradis aval - 01377X0211

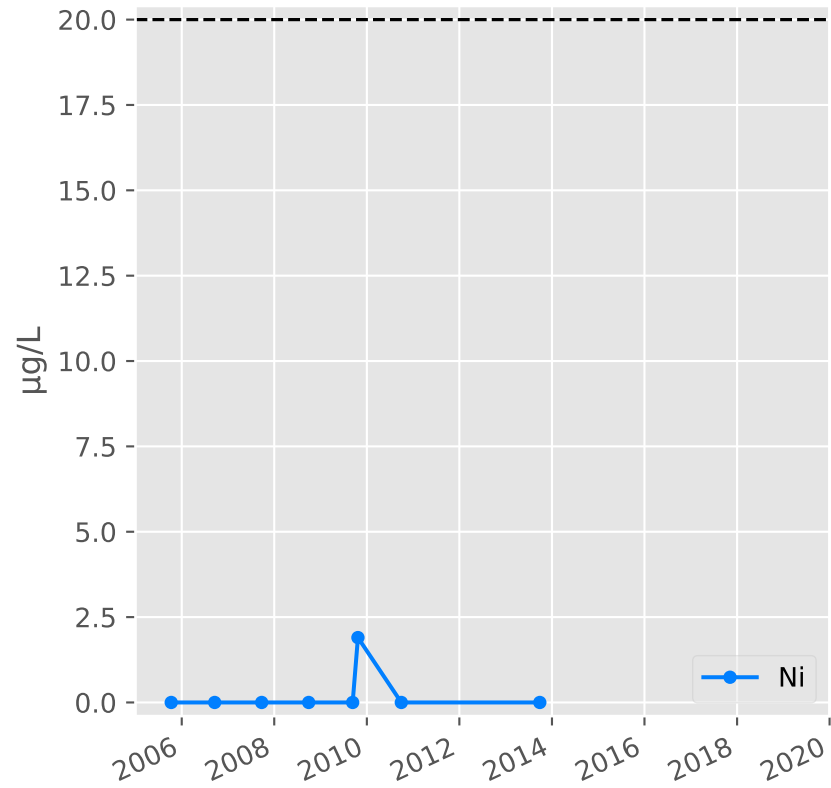
Fer



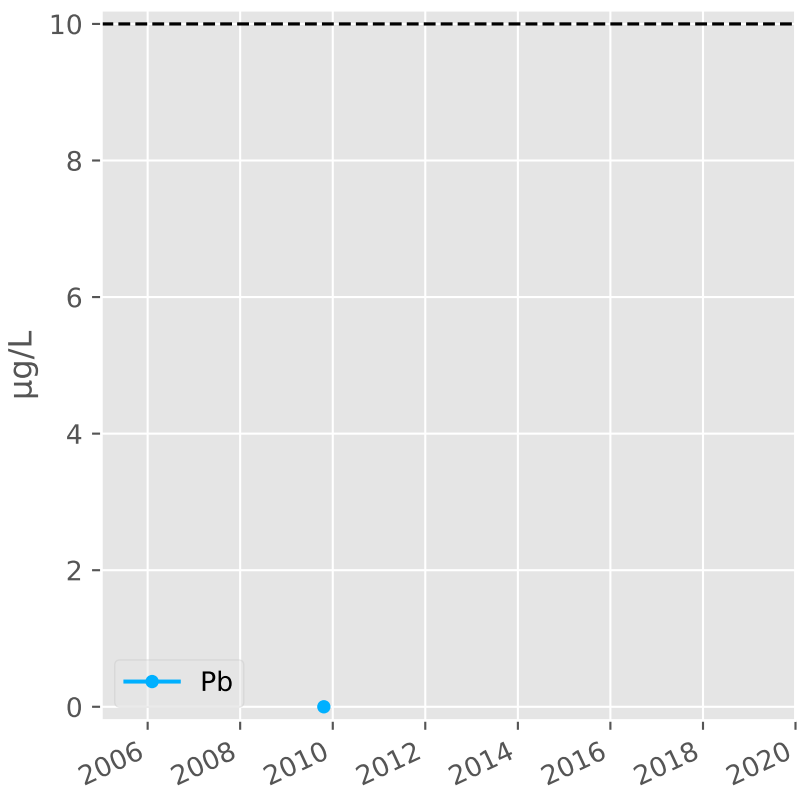
Manganèse



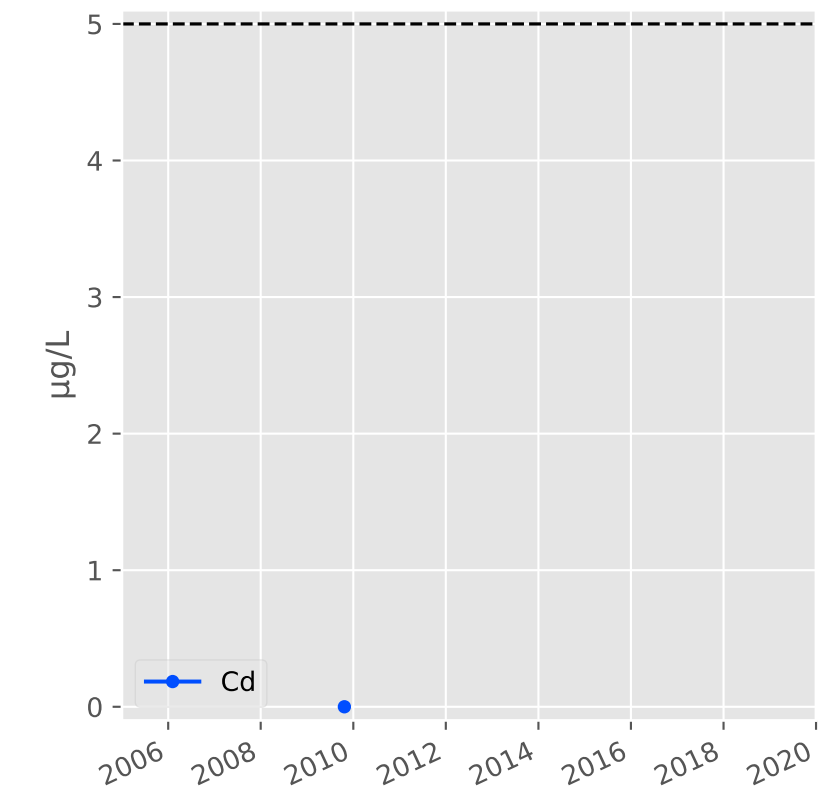
Nickel



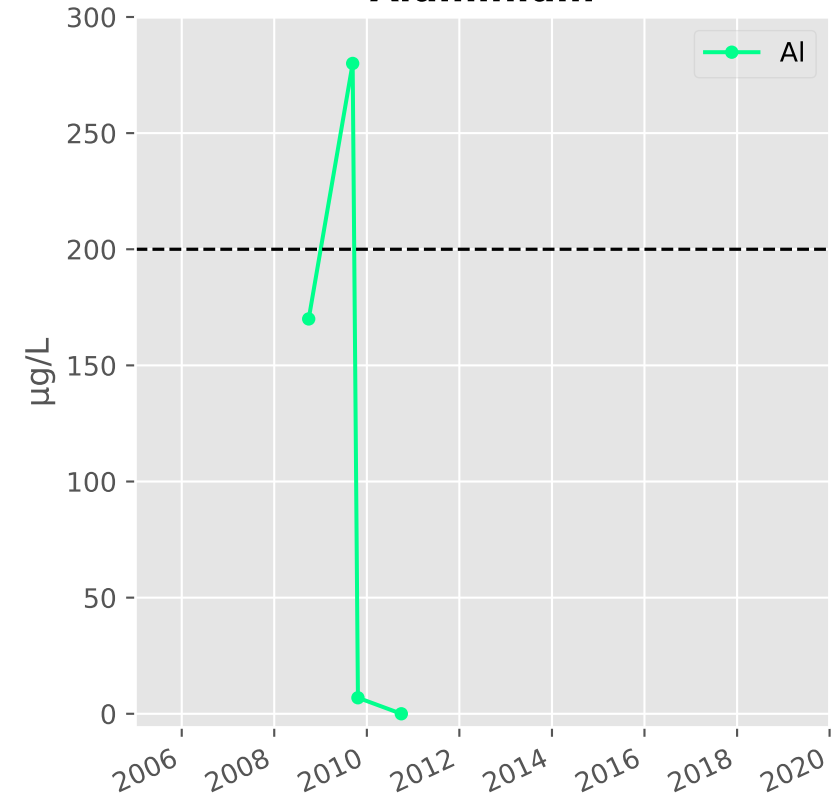
Plomb



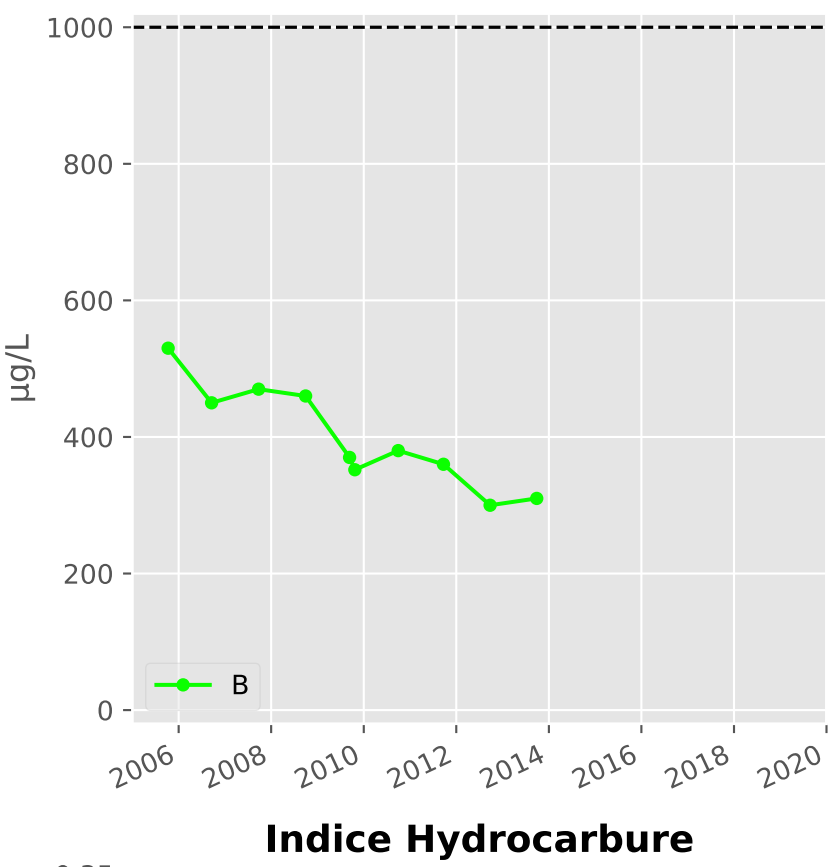
Cadmium



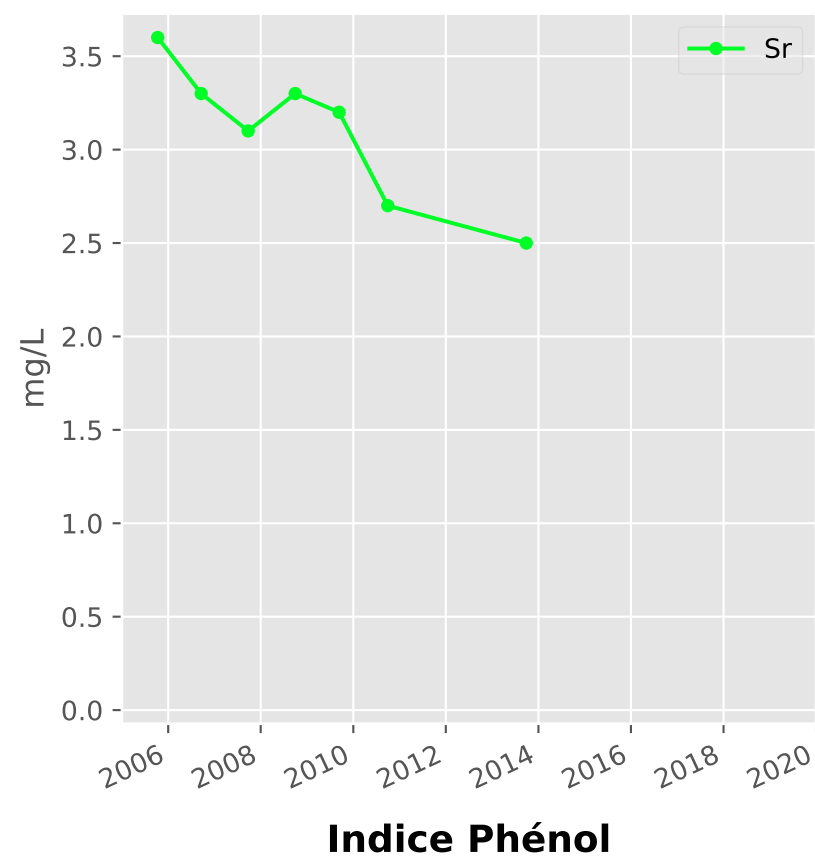
Aluminium



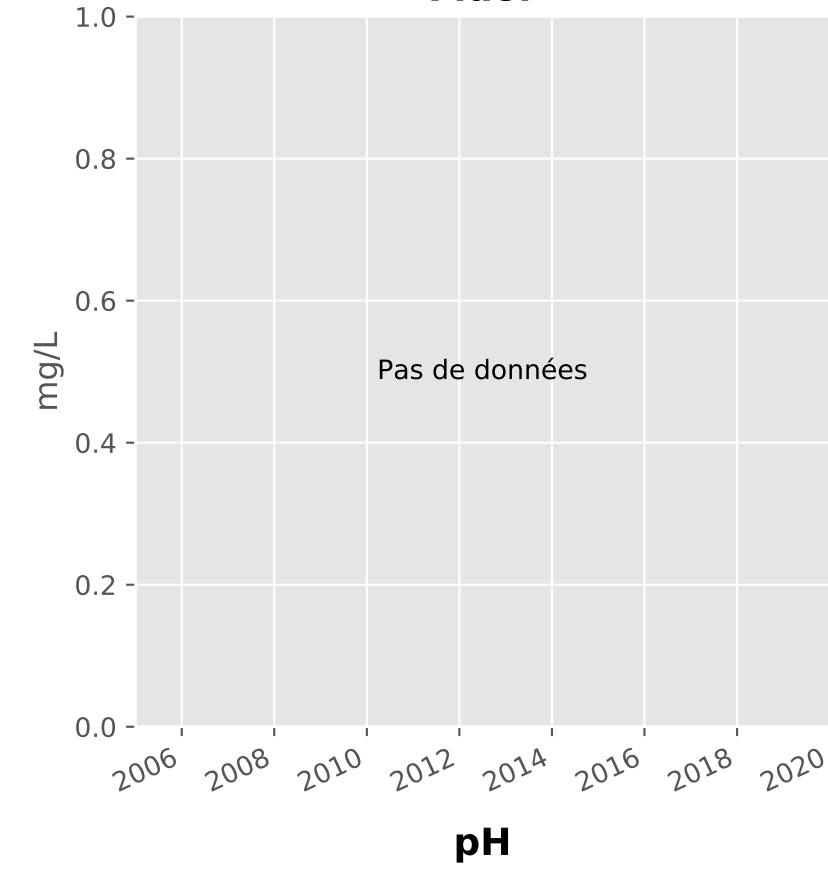
Bore



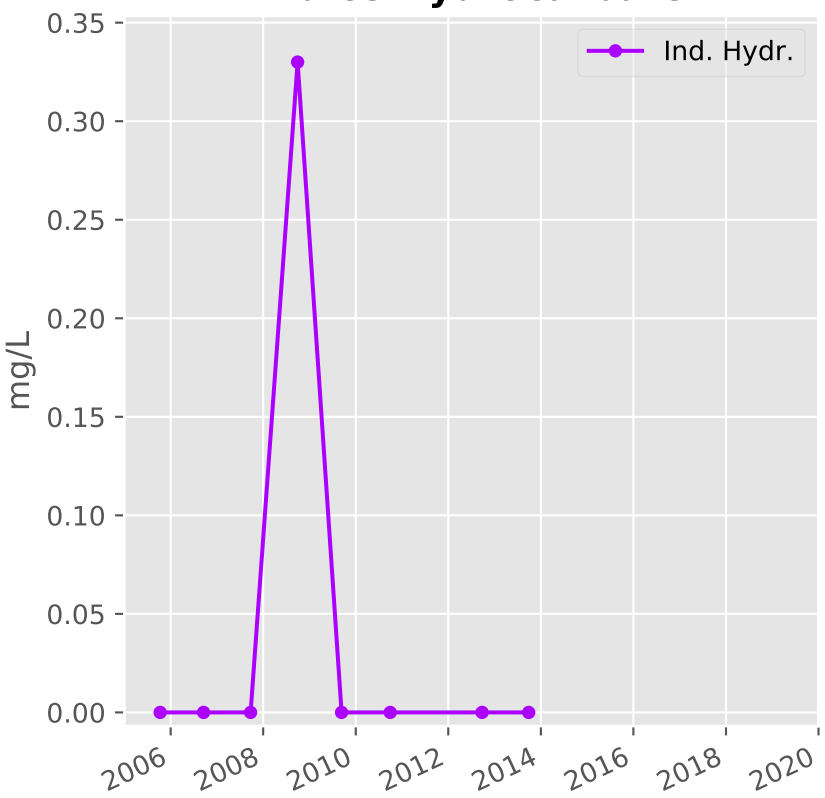
Strontium



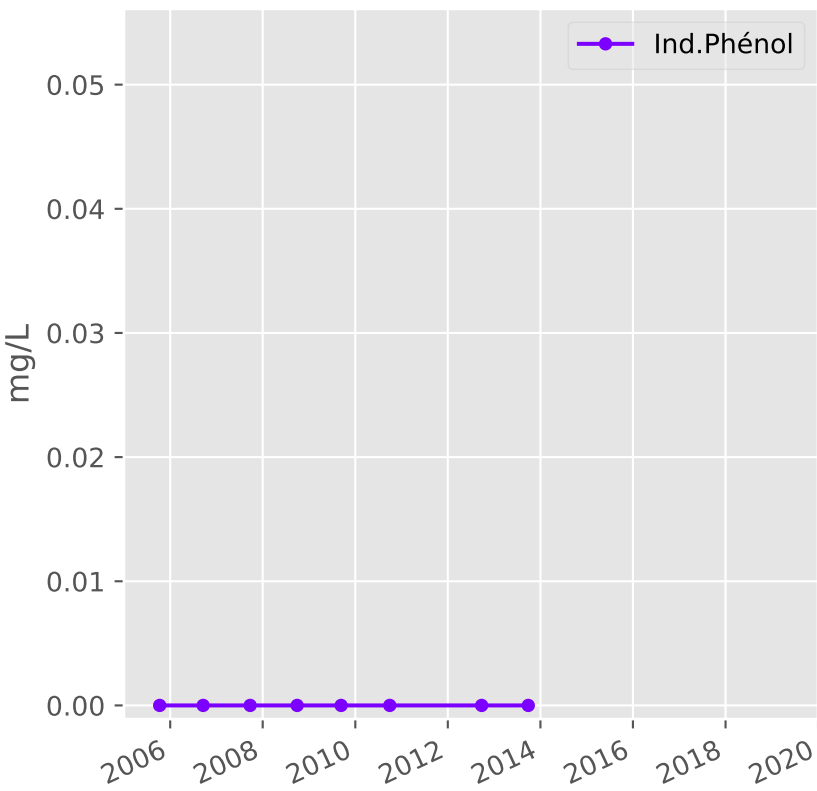
Fluor



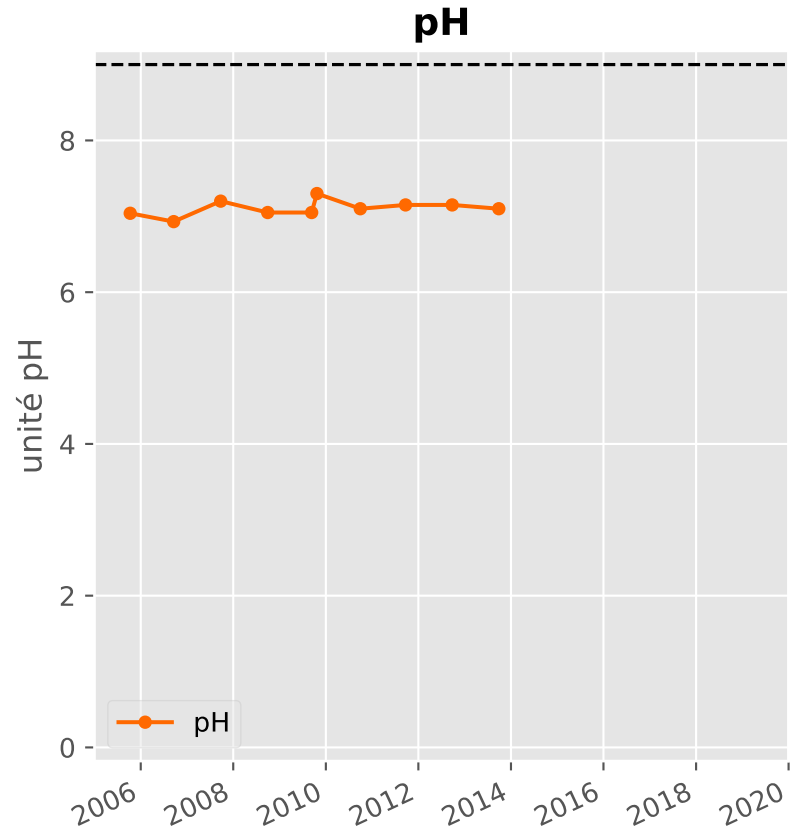
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

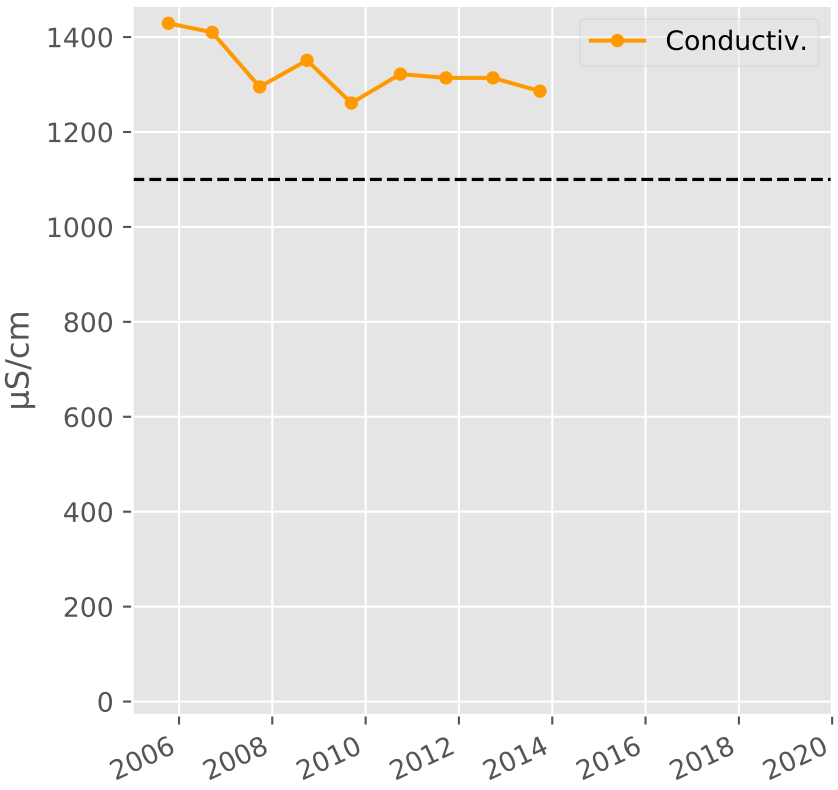


pH

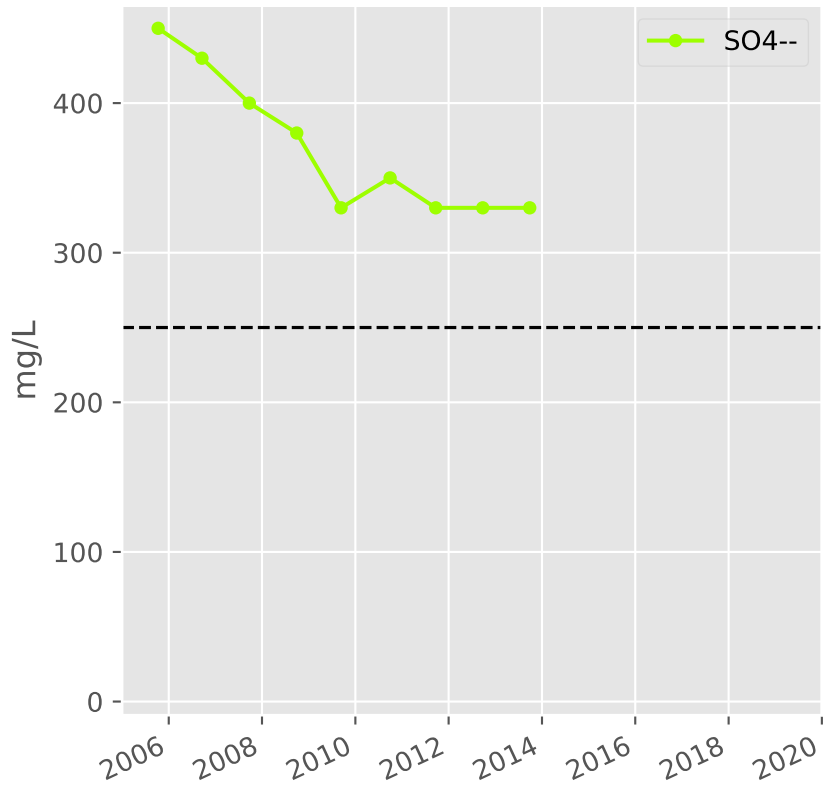


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S15 - Pz. M2 - Paradis aval - 01377X0212

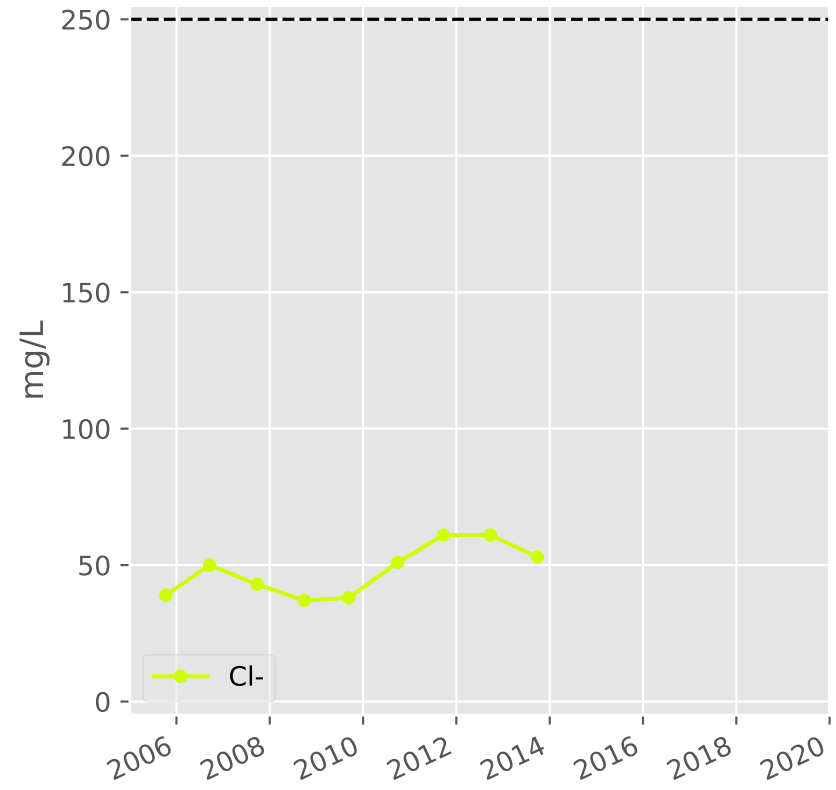
Conductivité



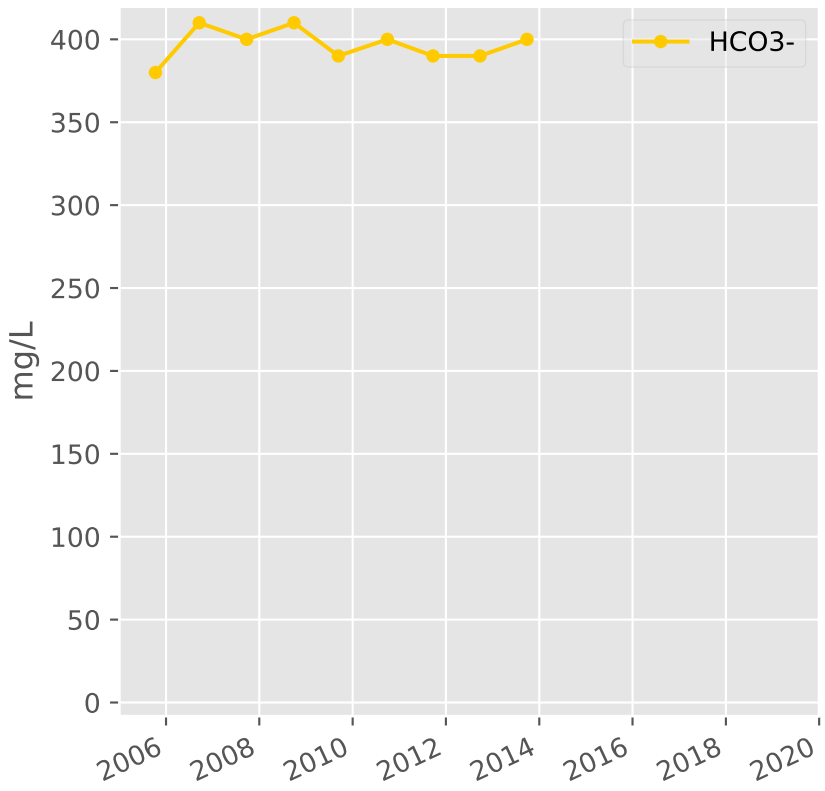
Sulfates



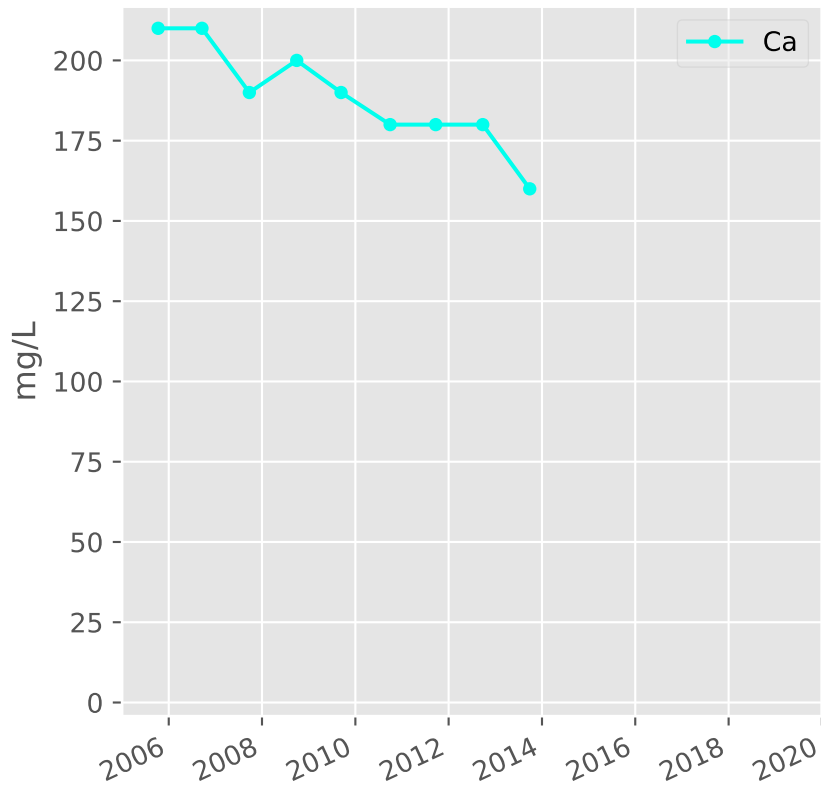
Chlorures



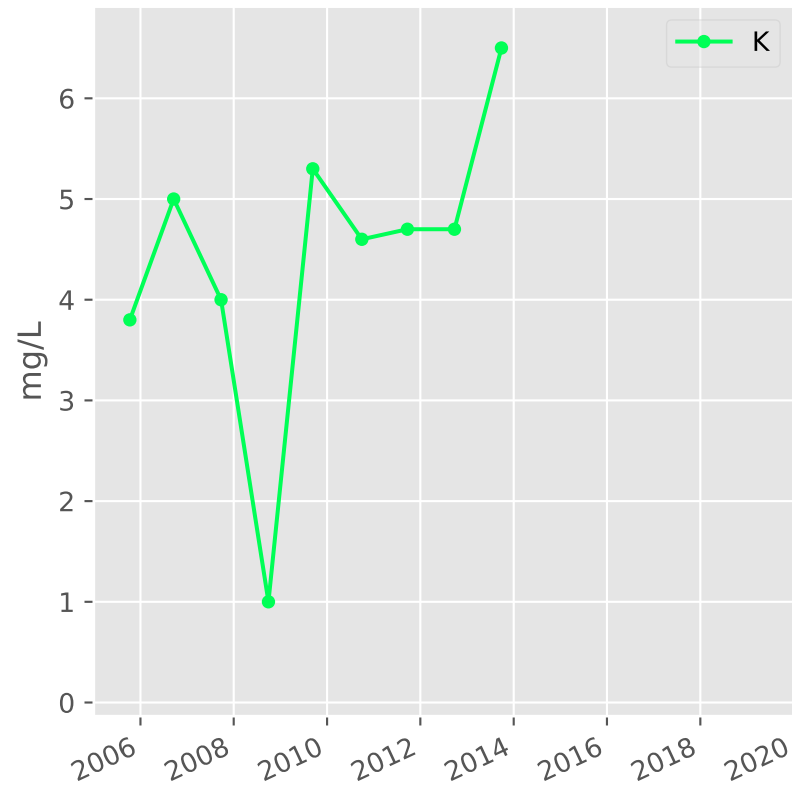
Bicarbonates



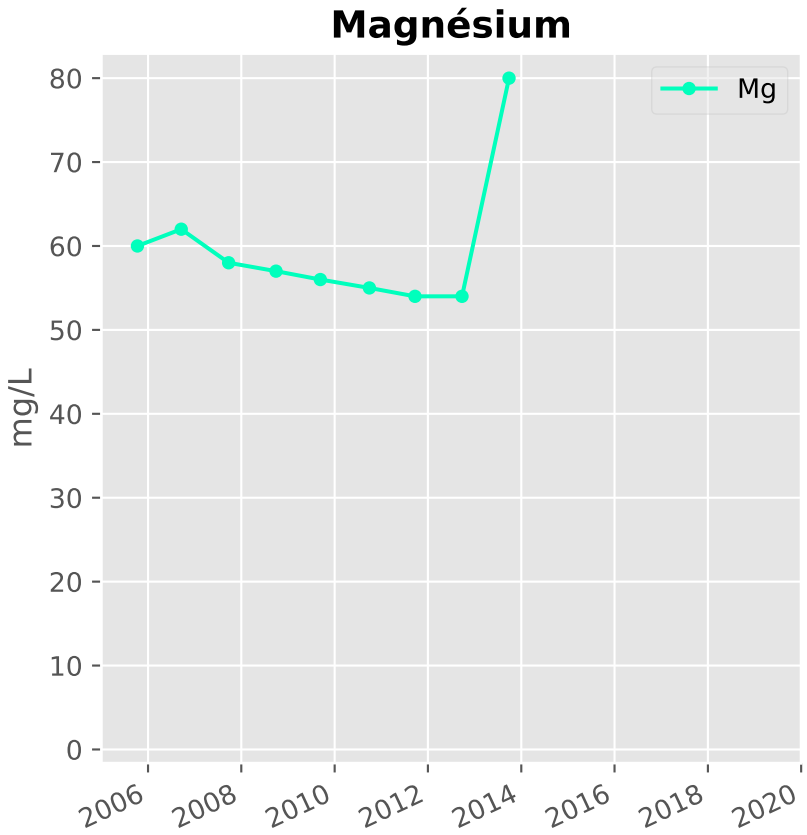
Calcium



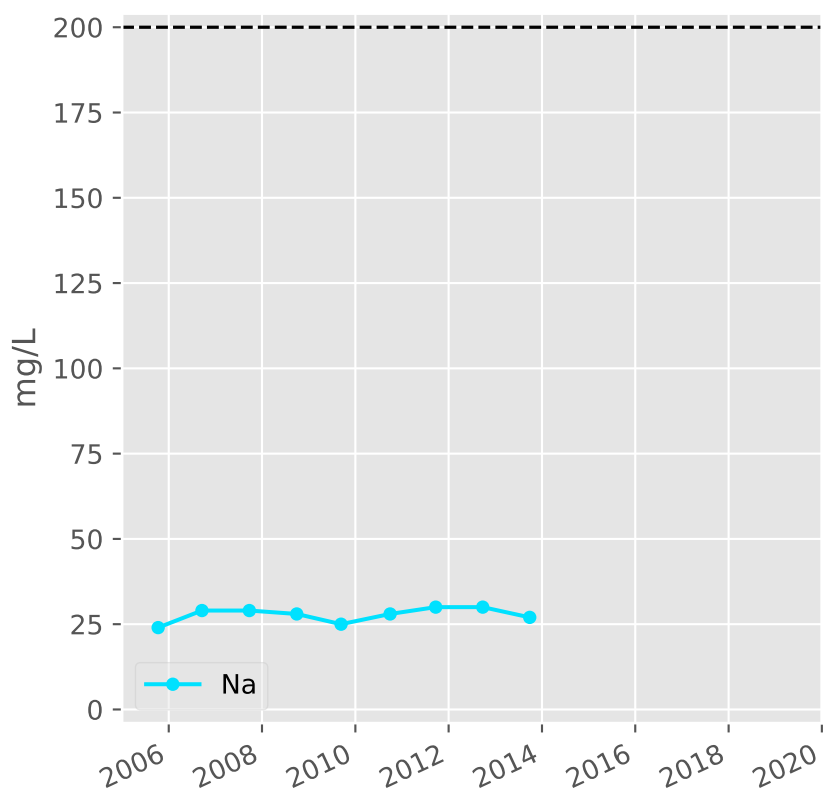
Potassium



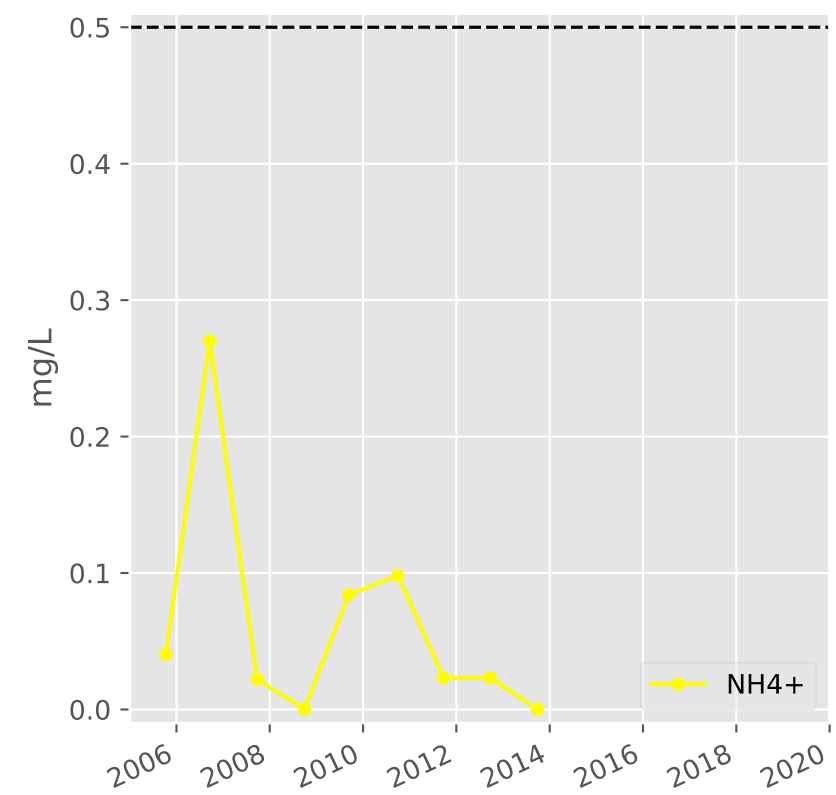
Magnésium



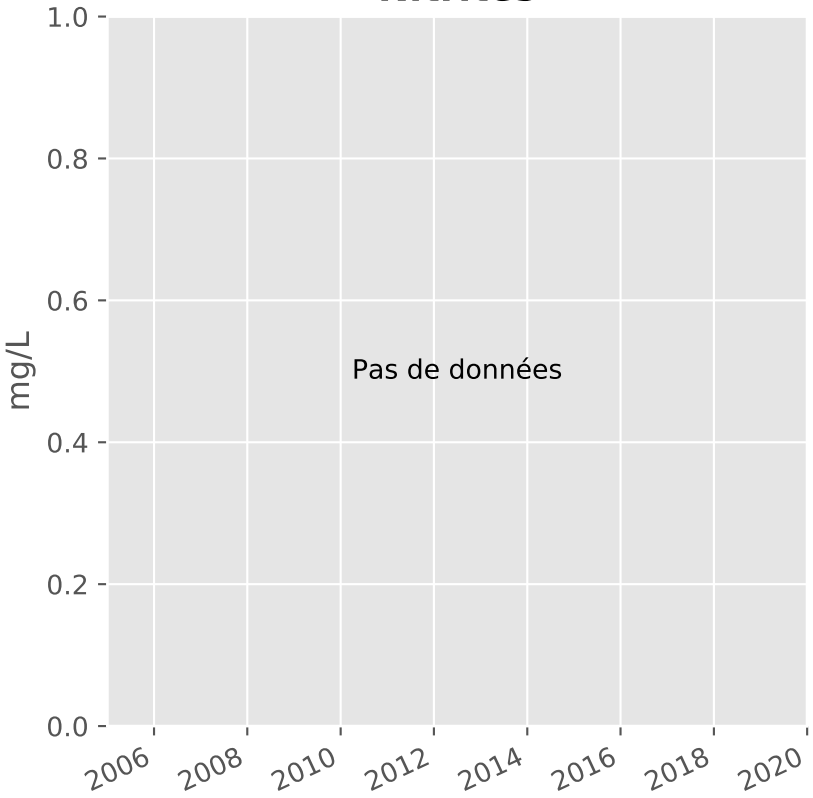
Sodium



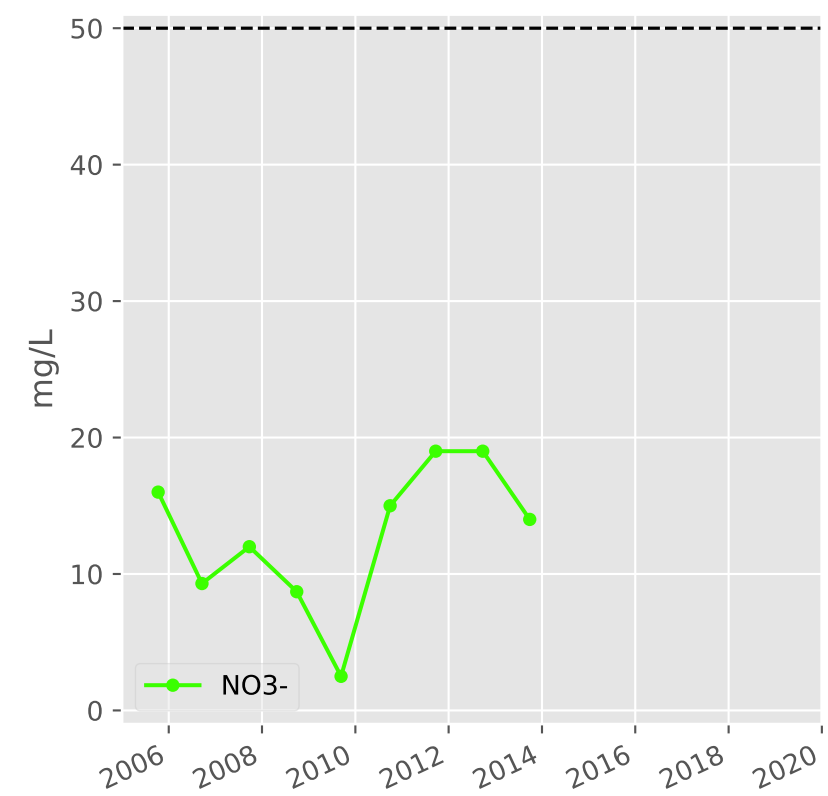
Ammonium



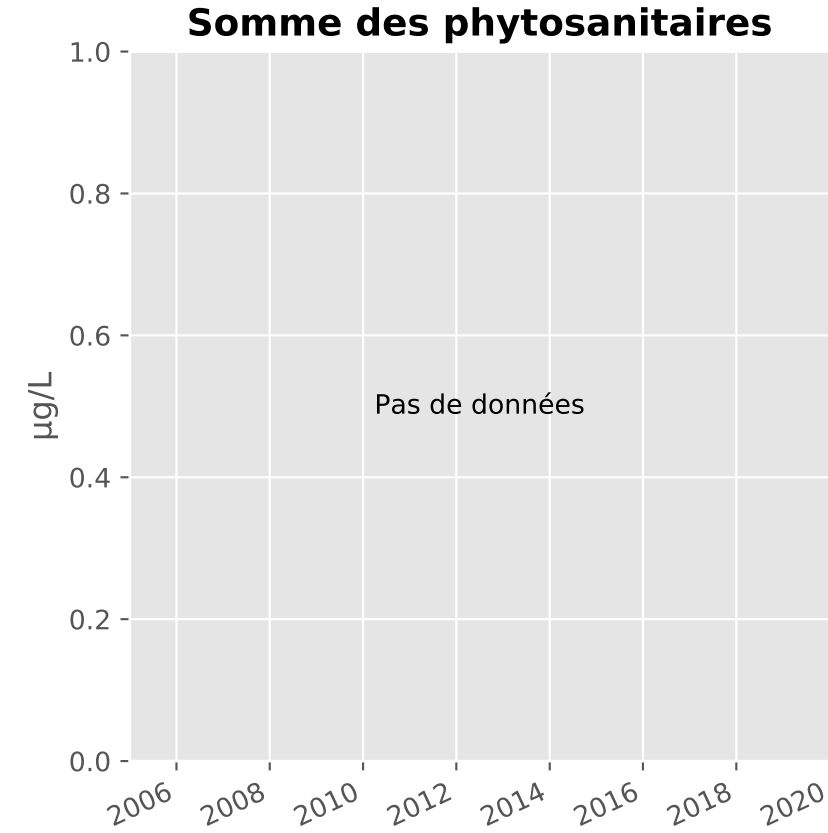
Nitrites



Nitrates

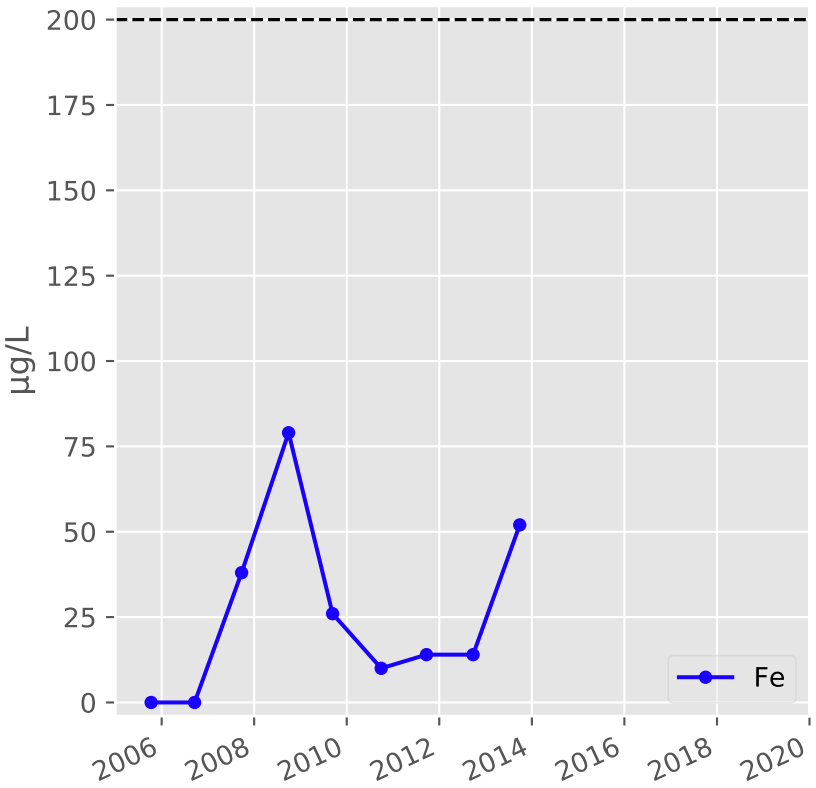


Somme des phytosanitaires

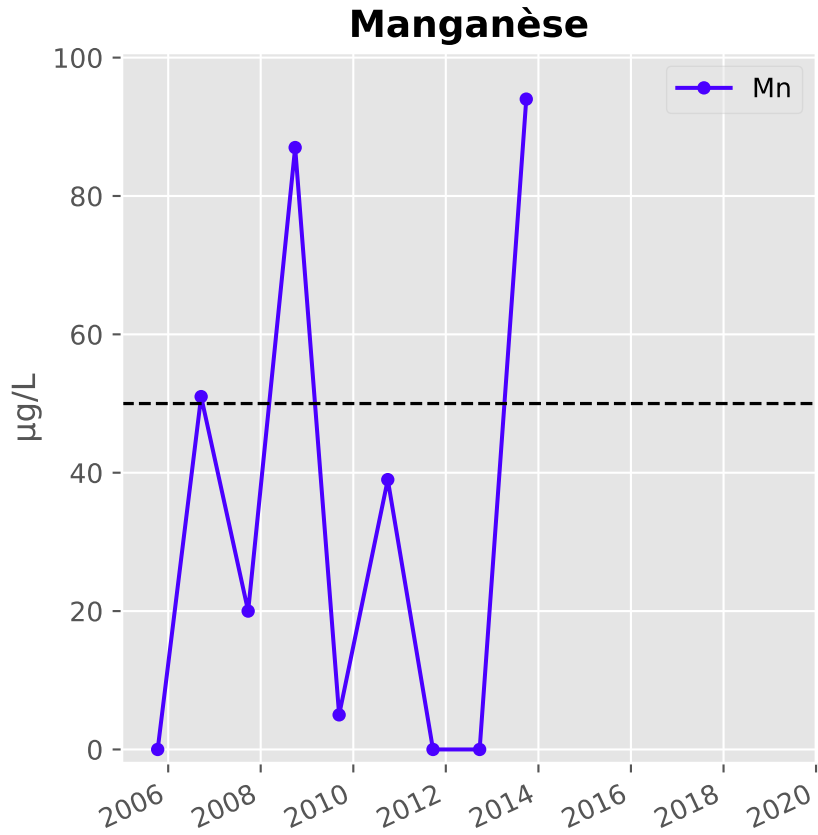


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S15 - Pz. M2 - Paradis aval - 01377X0212

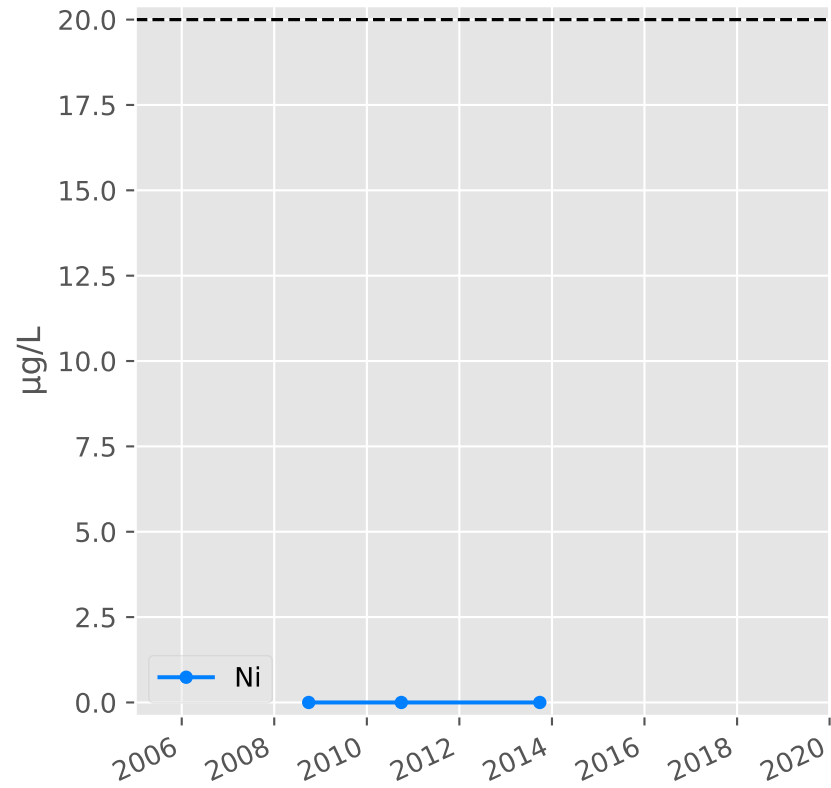
Fer



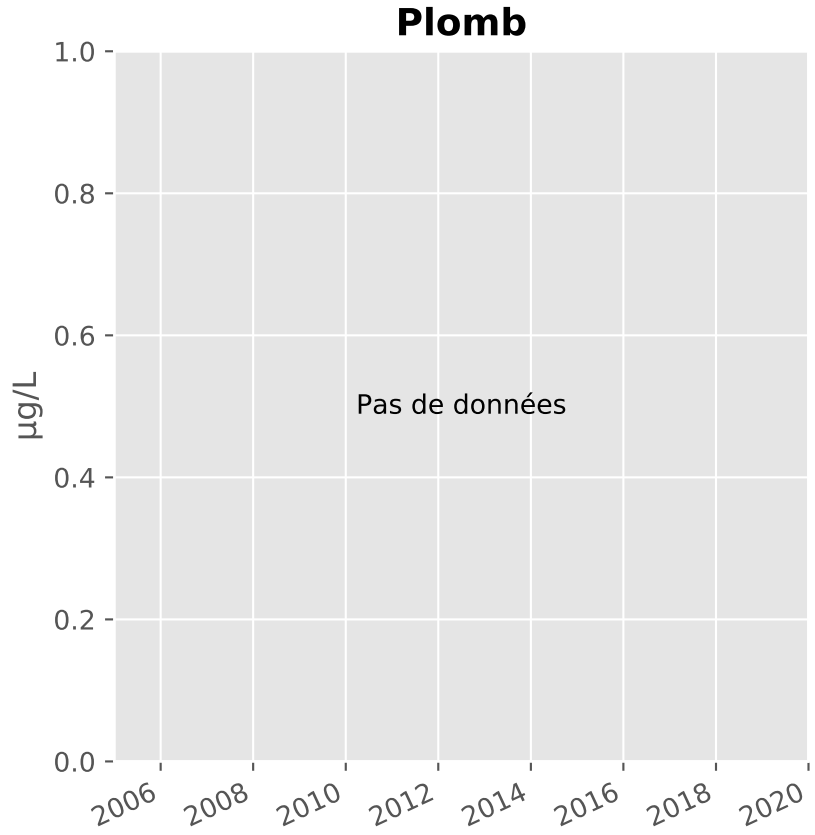
Manganèse



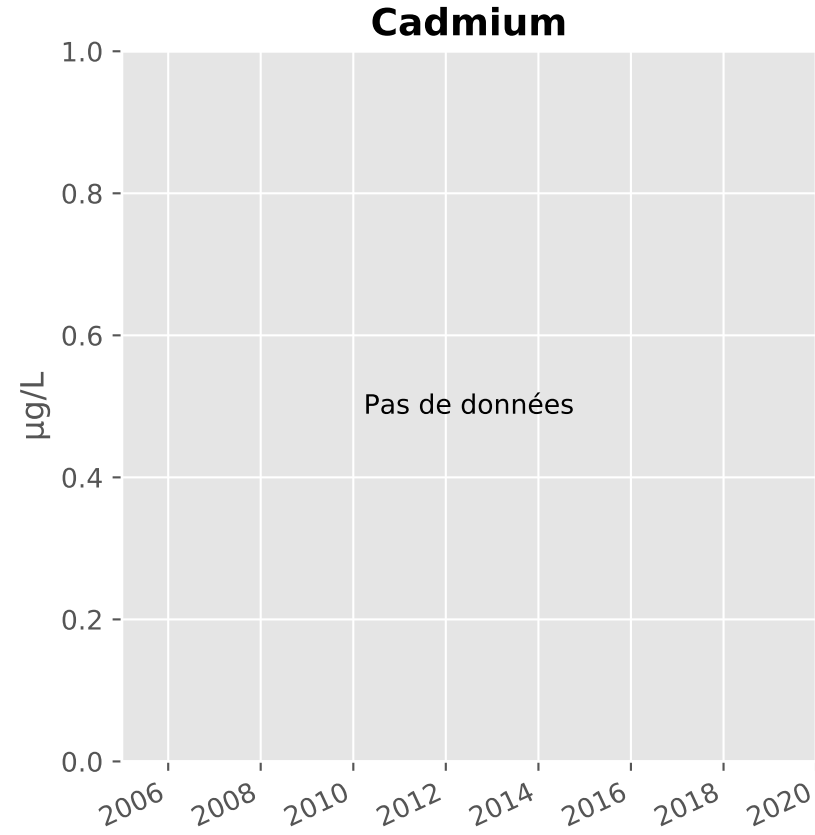
Nickel



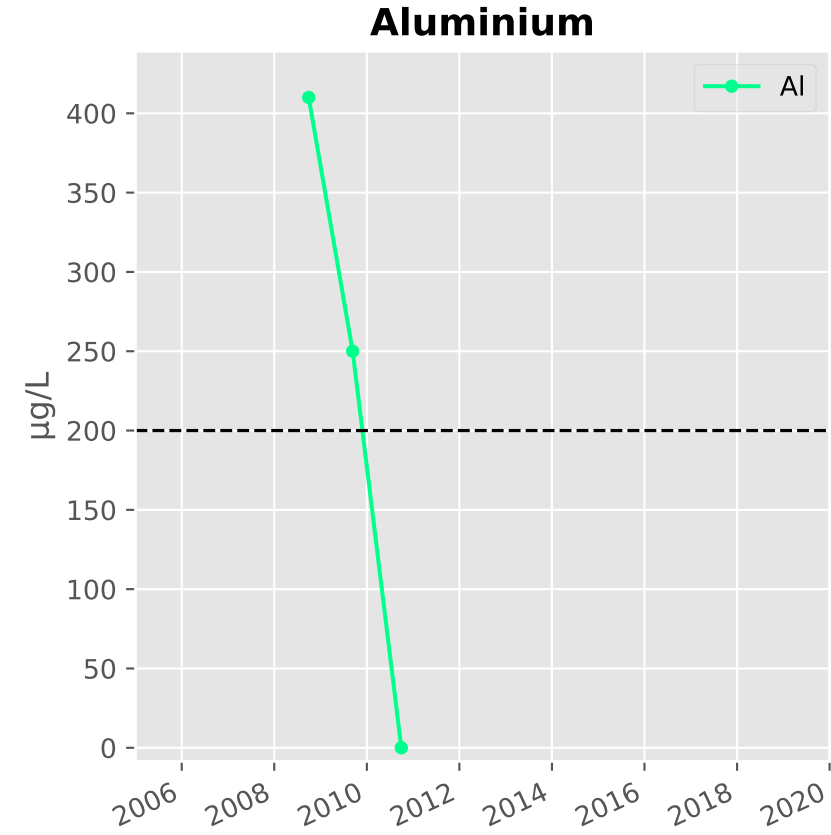
Plomb



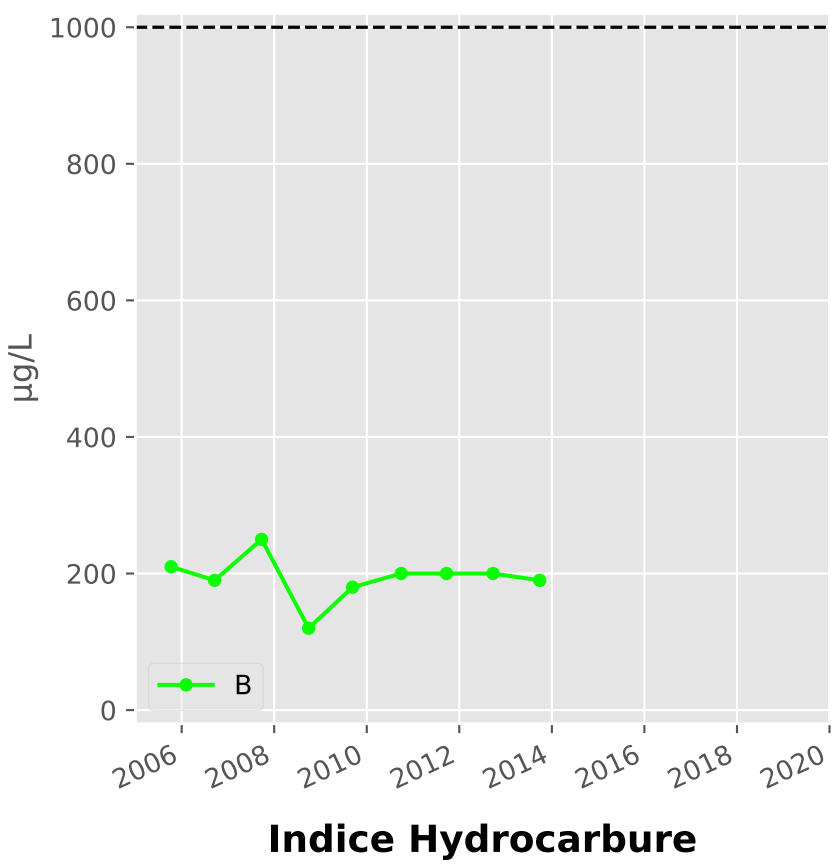
Cadmium



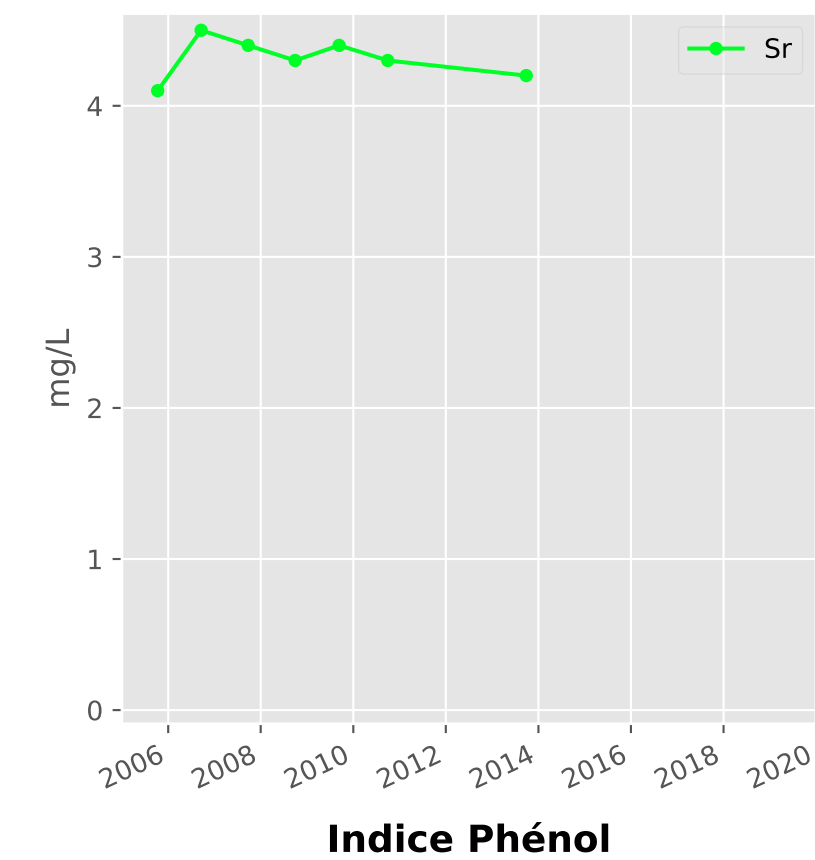
Aluminium



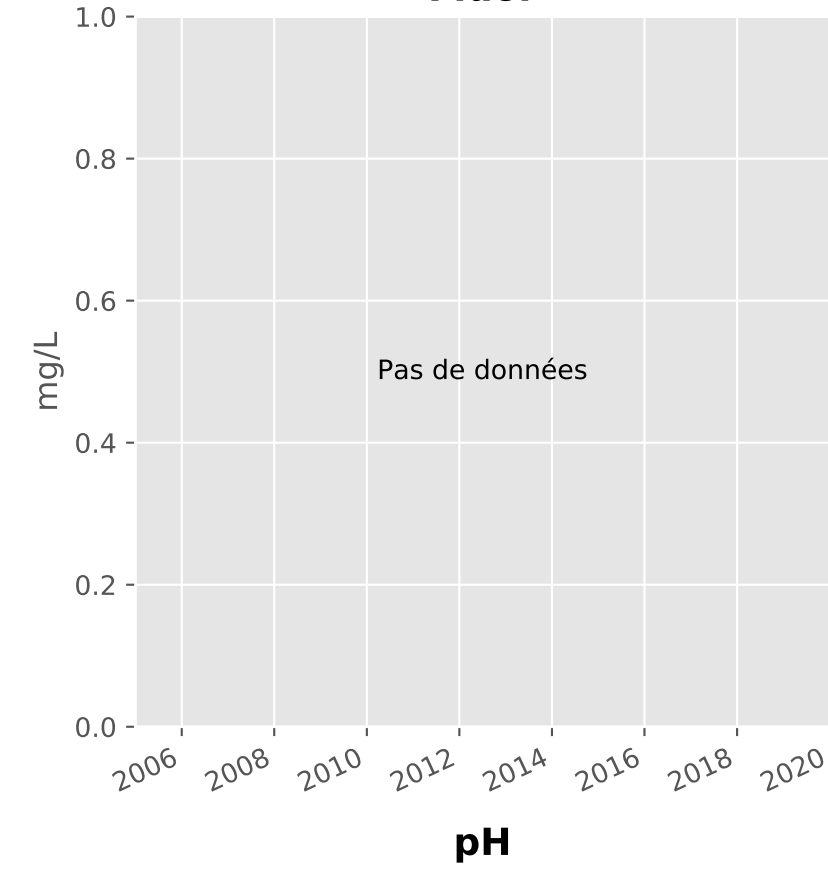
Bore



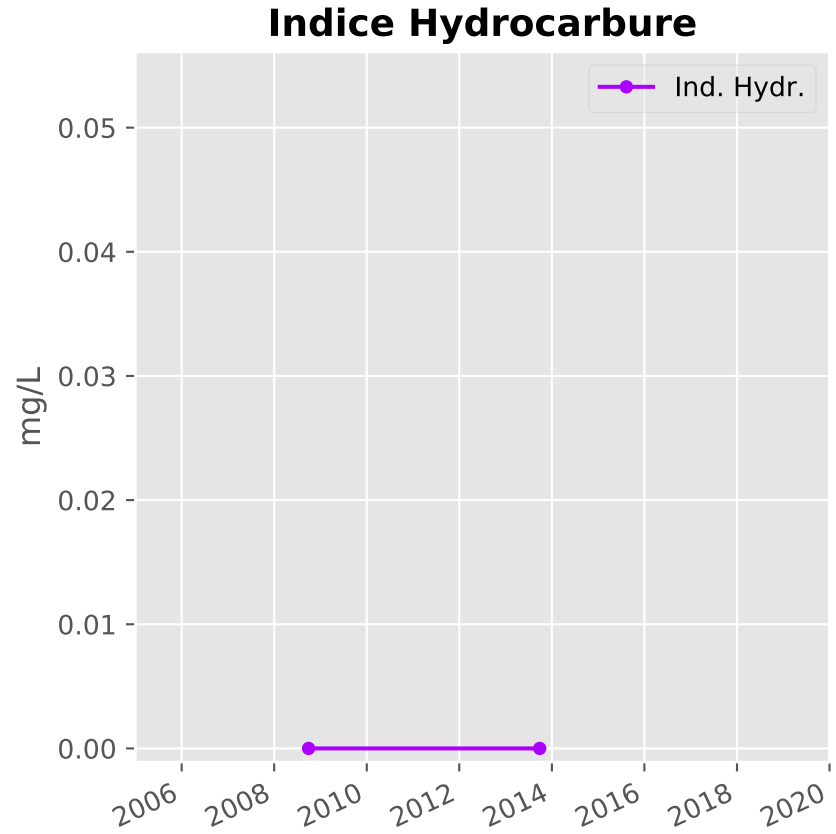
Strontium



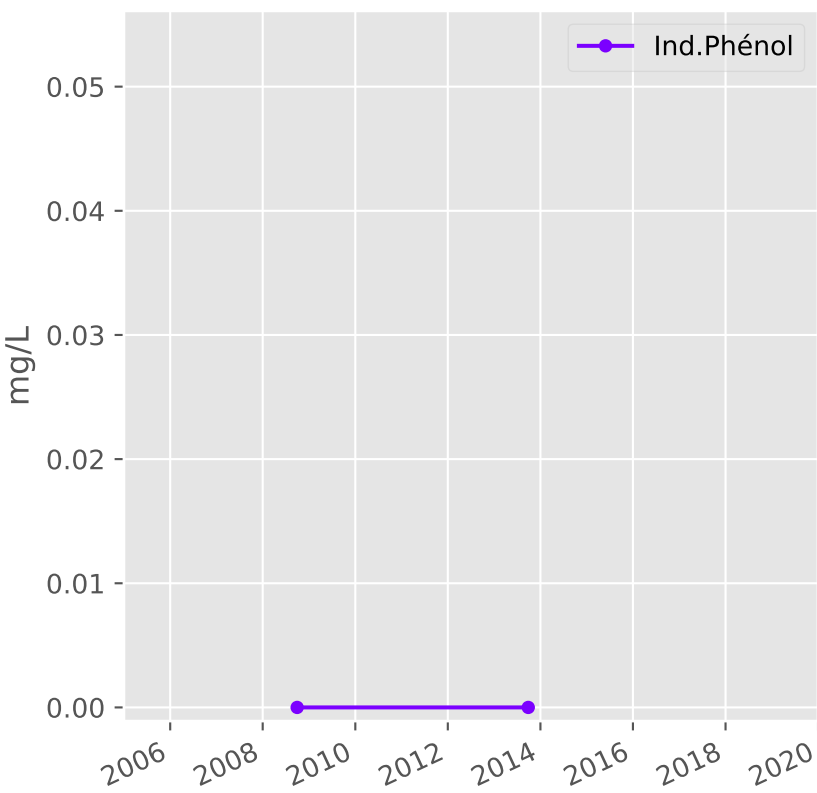
Fluor



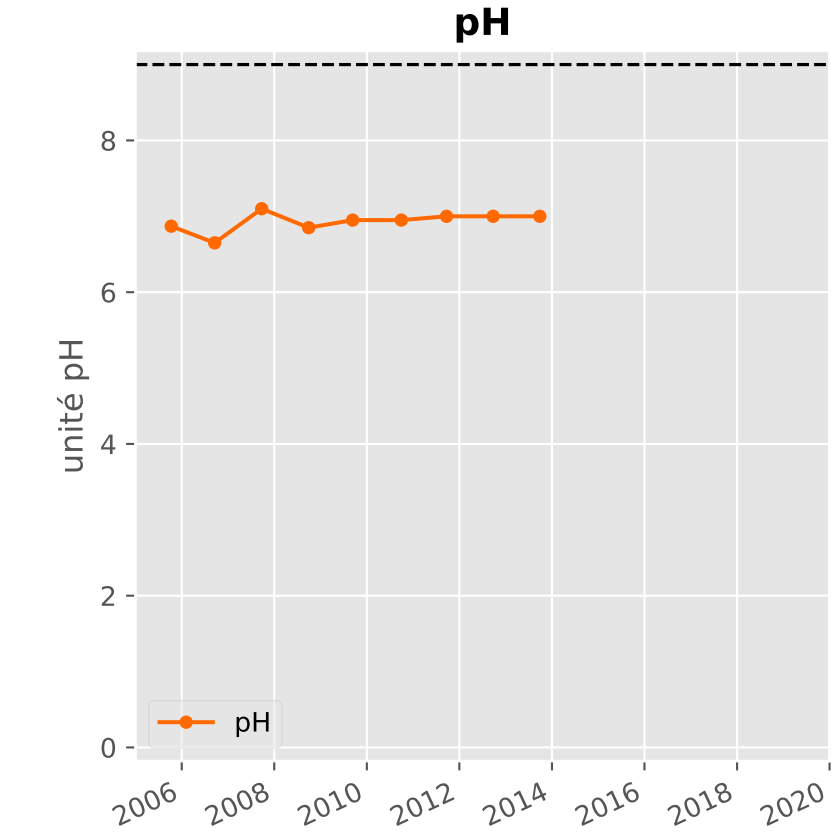
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

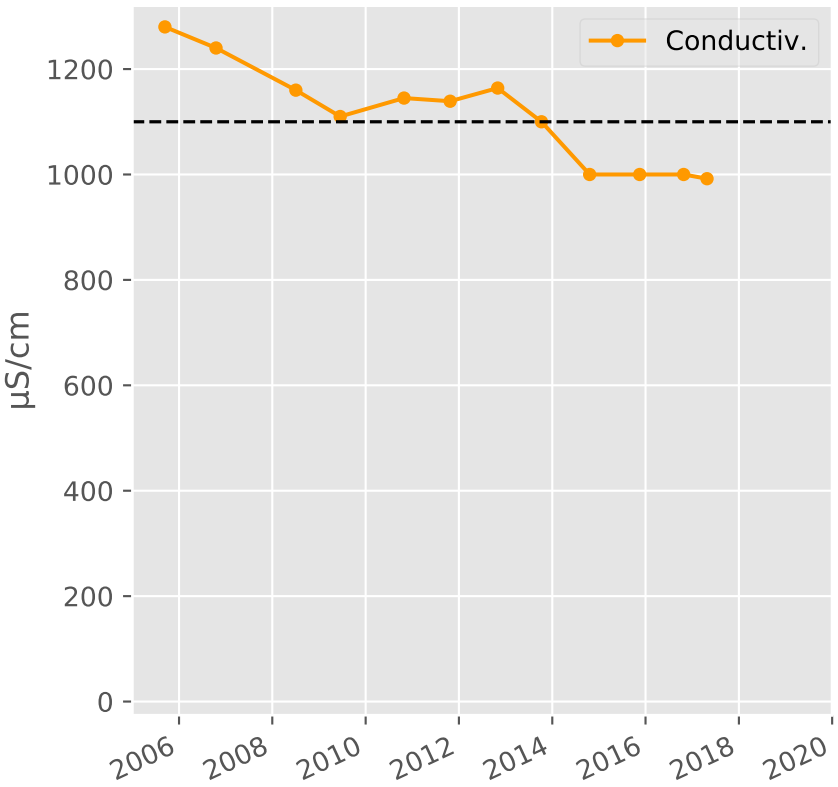


pH

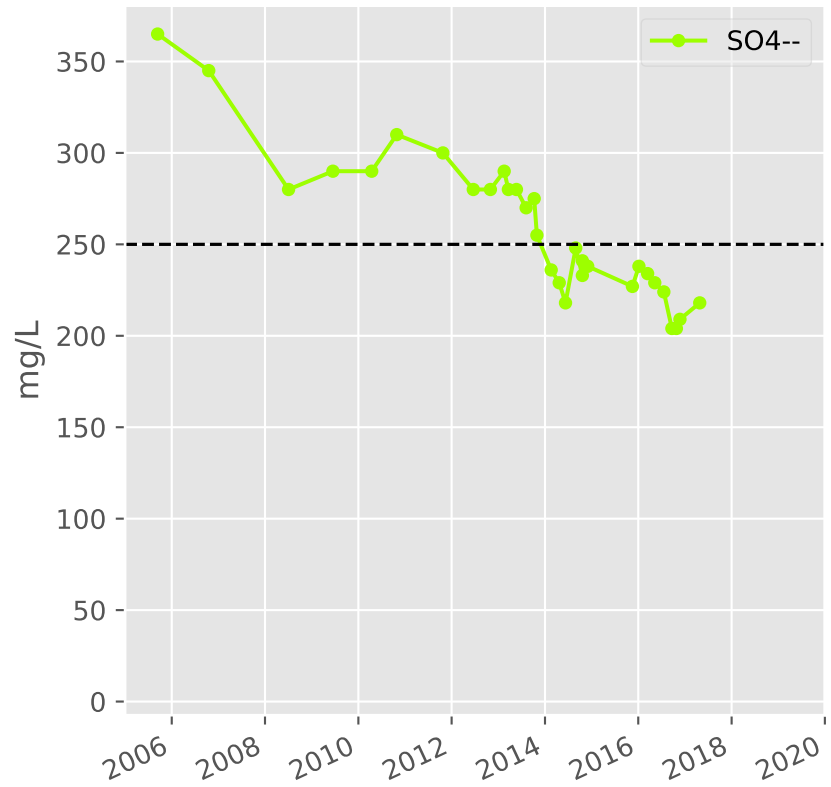


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS5 - S03 - For. Valleroy-Moineville 2 - 01377X0221

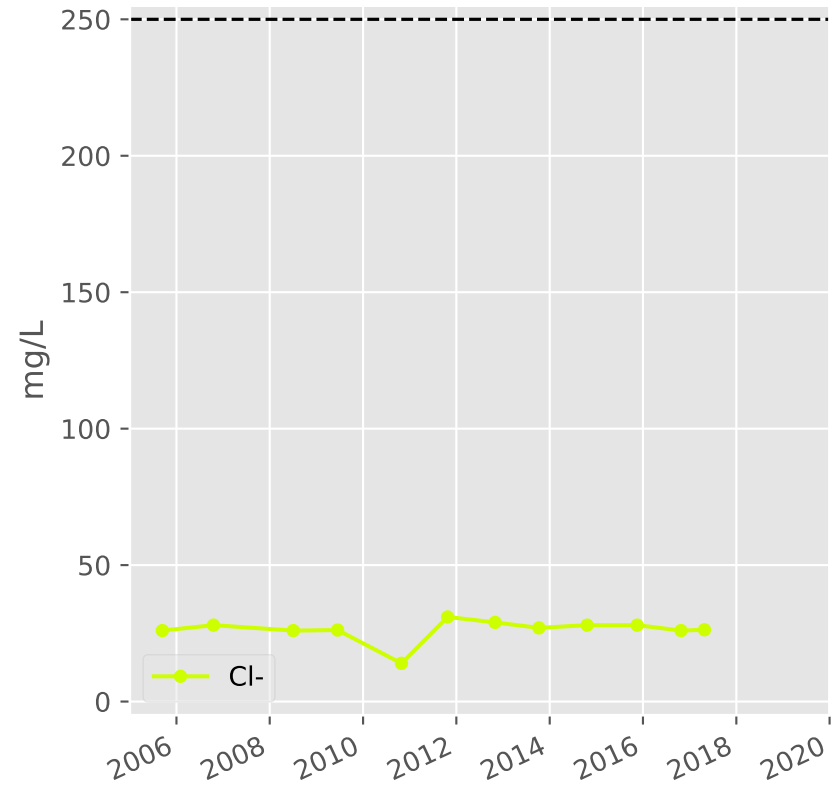
Conductivité



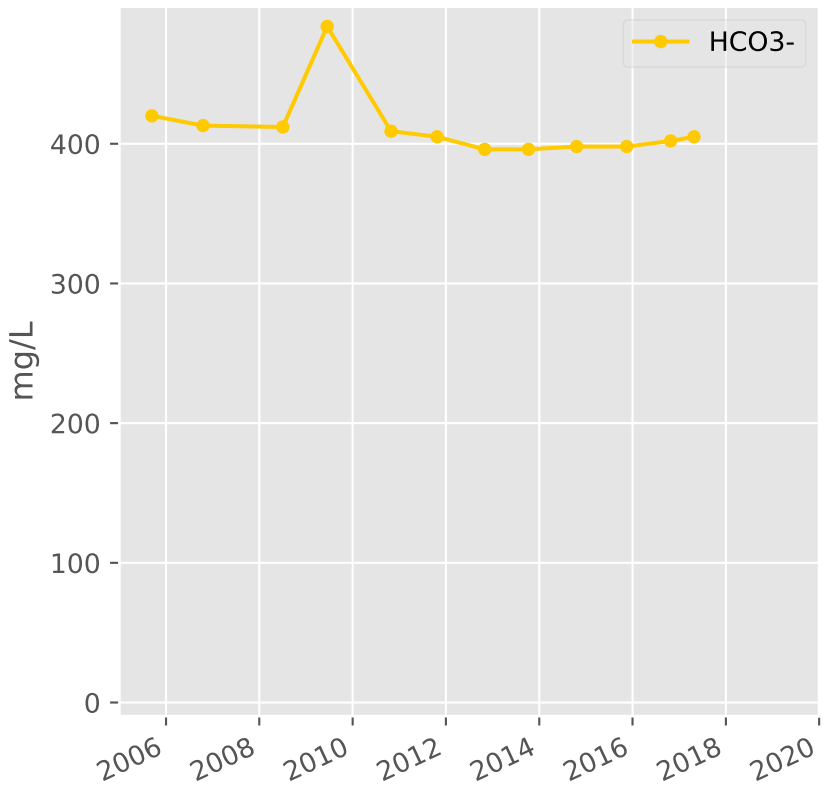
Sulfates



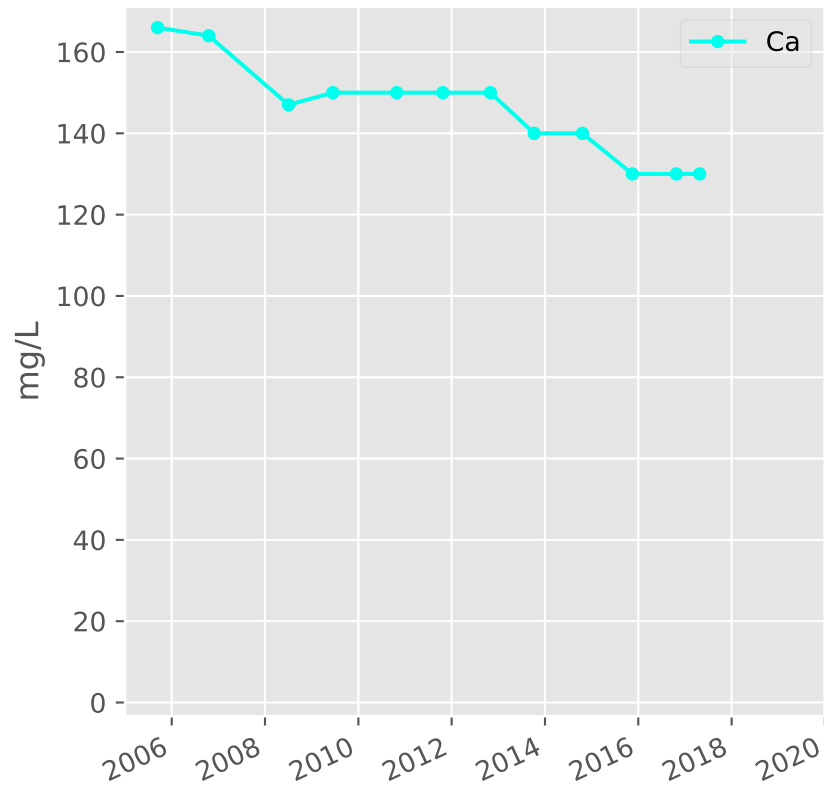
Chlorures



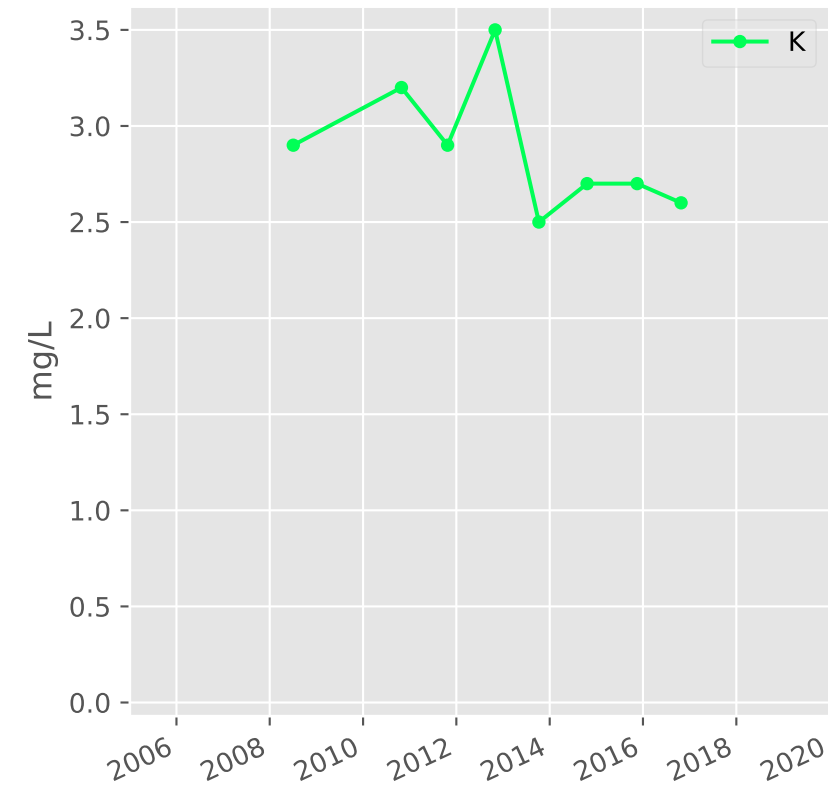
Bicarbonates



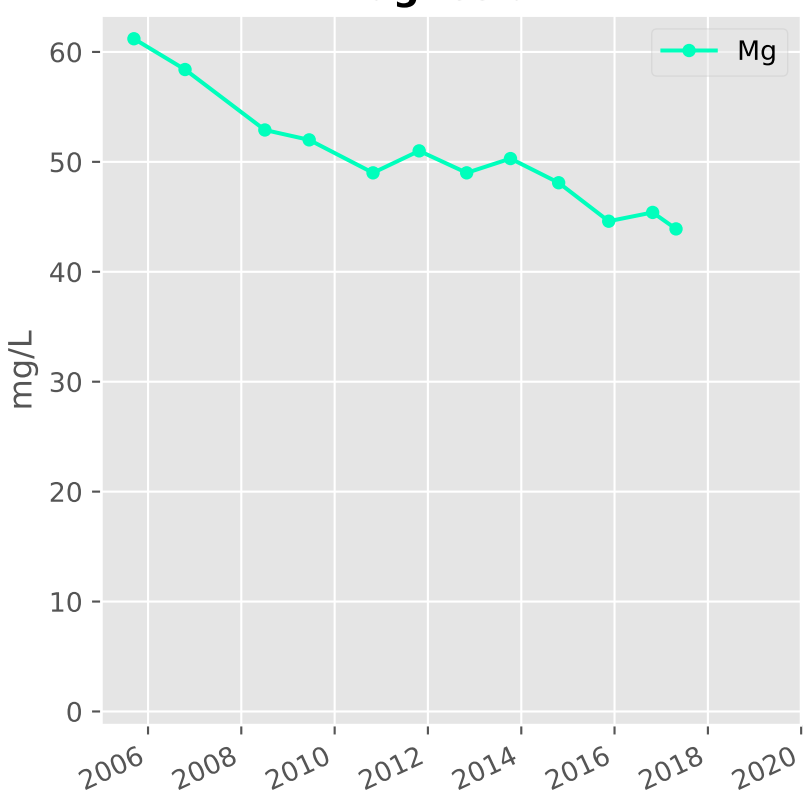
Calcium



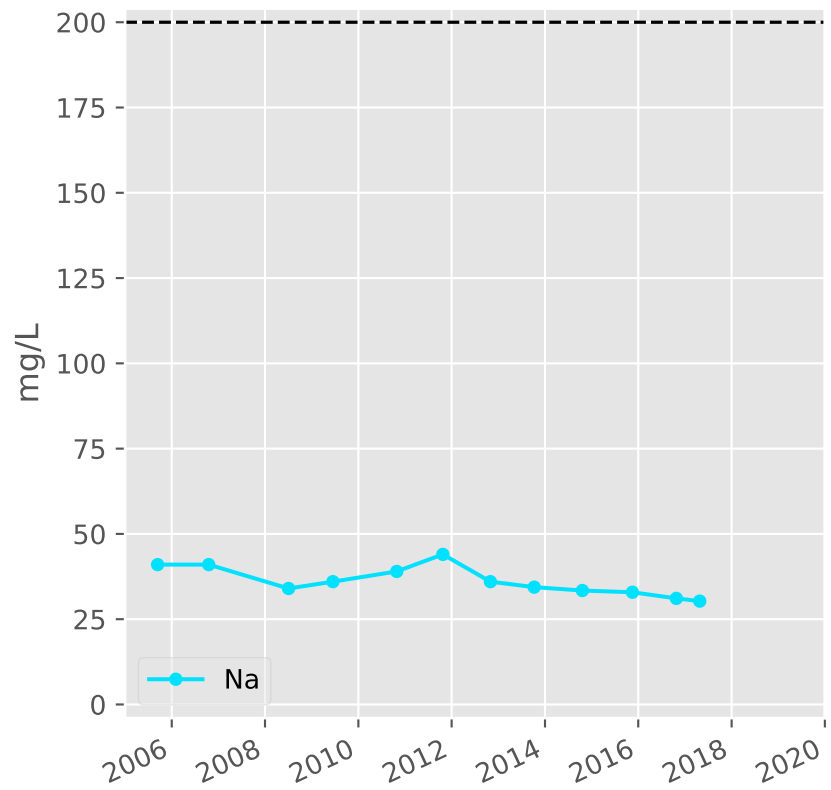
Potassium



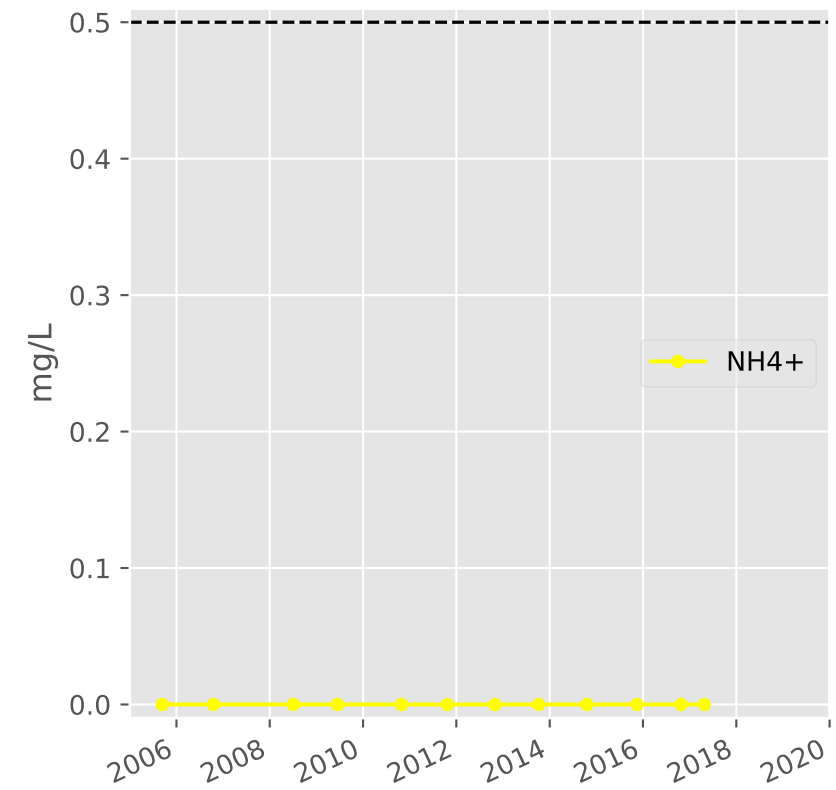
Magnésium



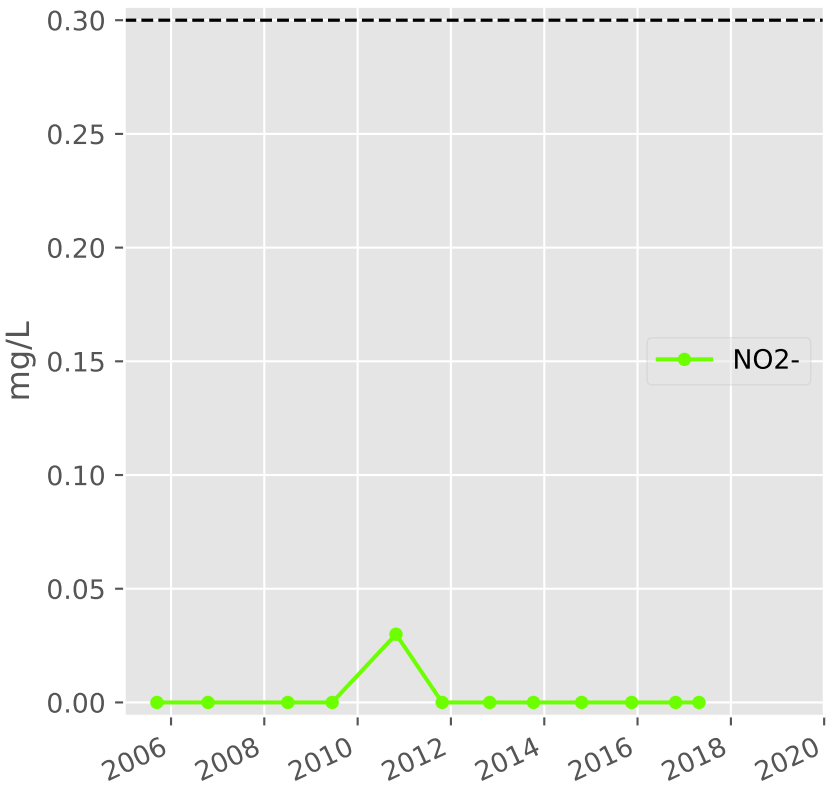
Sodium



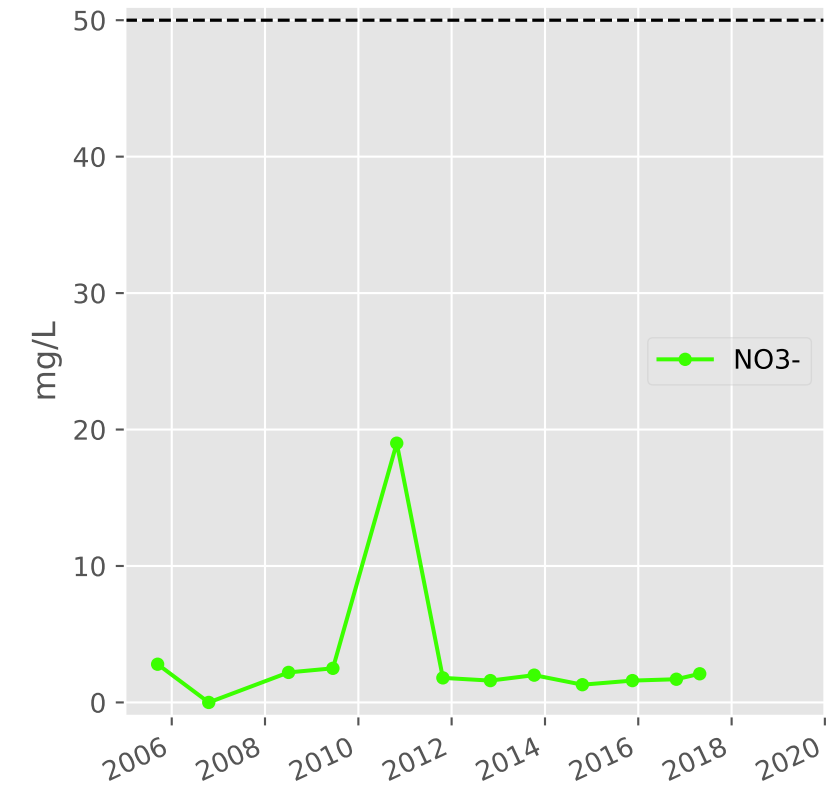
Ammonium



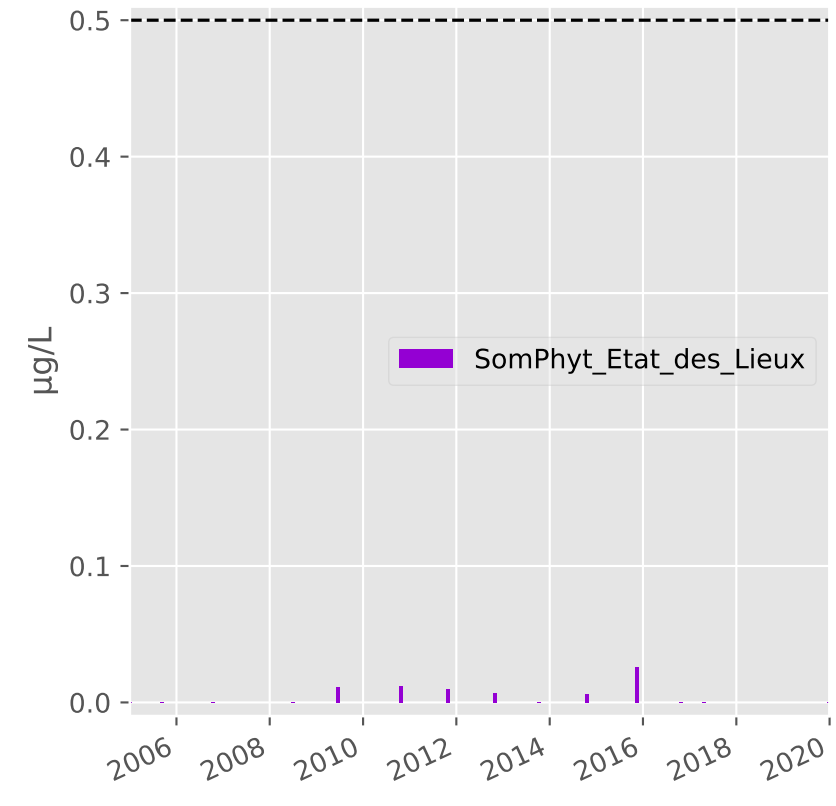
Nitrites



Nitrates

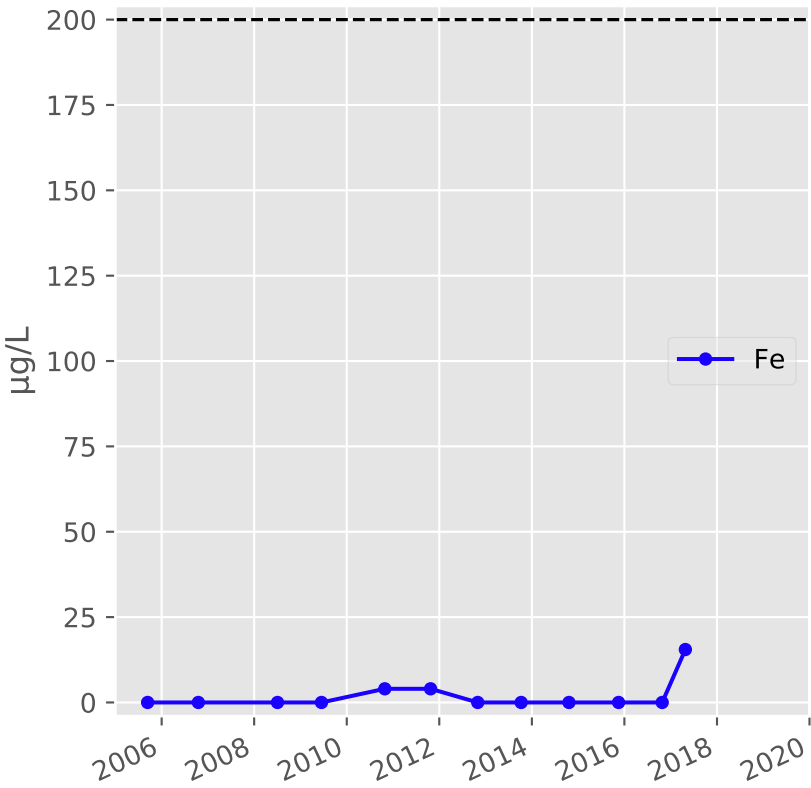


Somme des phytosanitaires

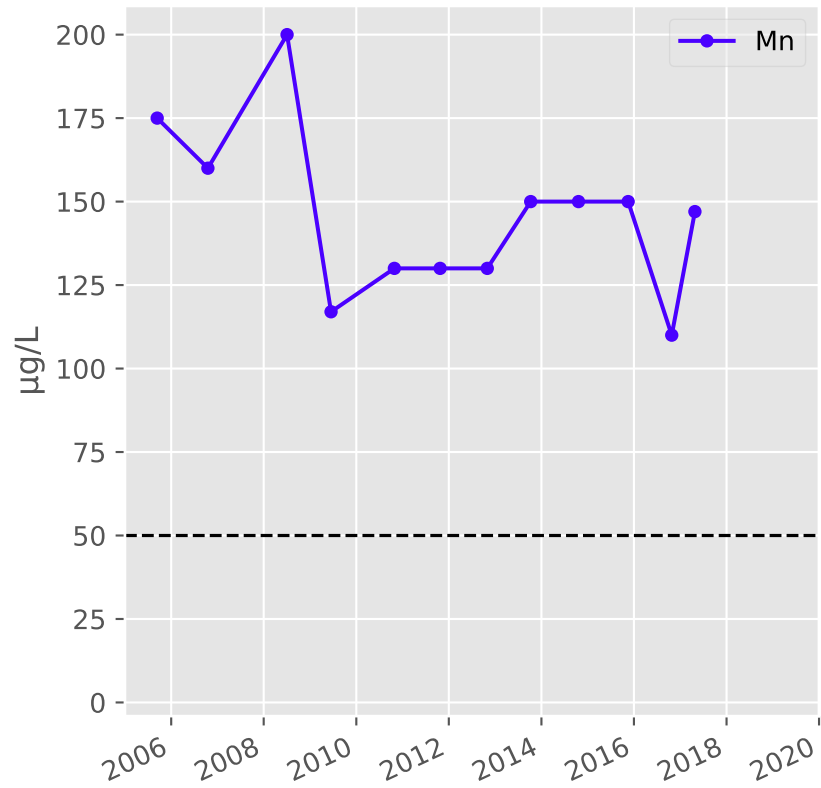


Bassin SUD - Réservoir minier - Secteur SS5 - S03 - For. Valleroy-Moineville 2 - 01377X0221

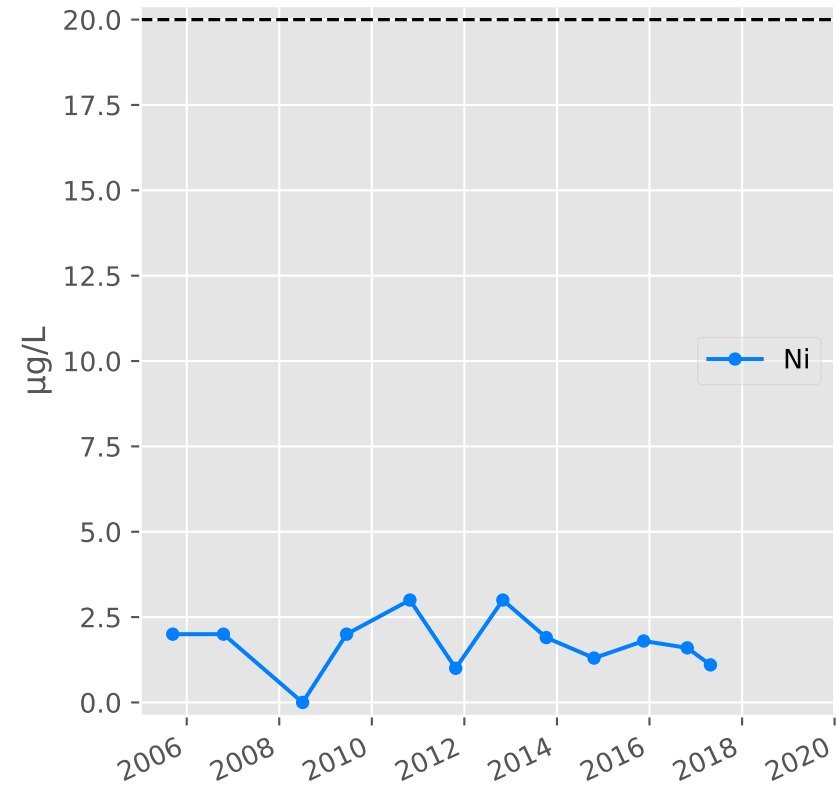
Fer



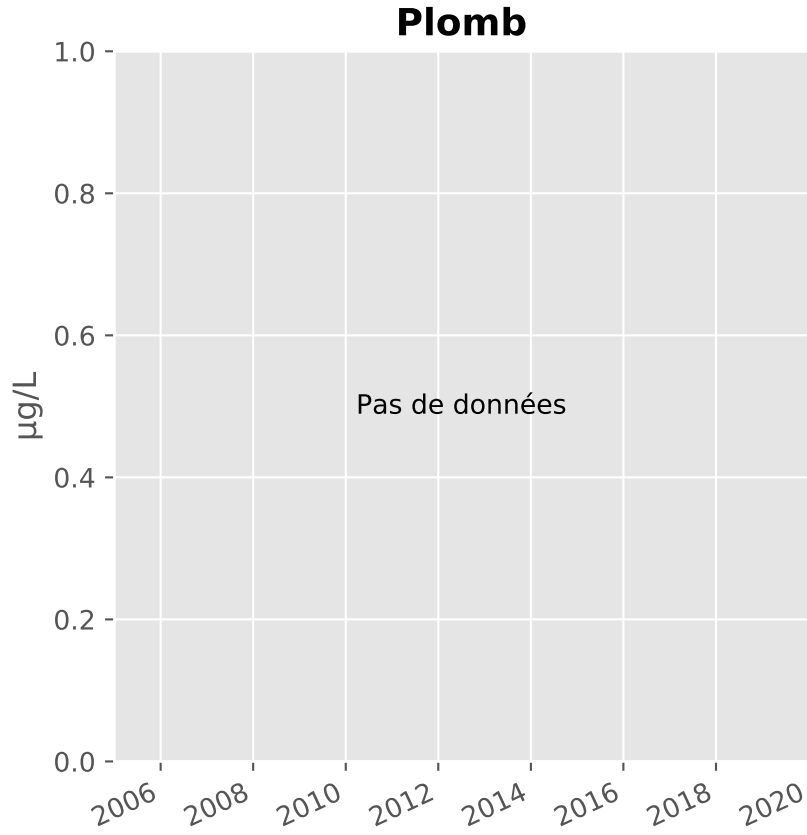
Manganèse



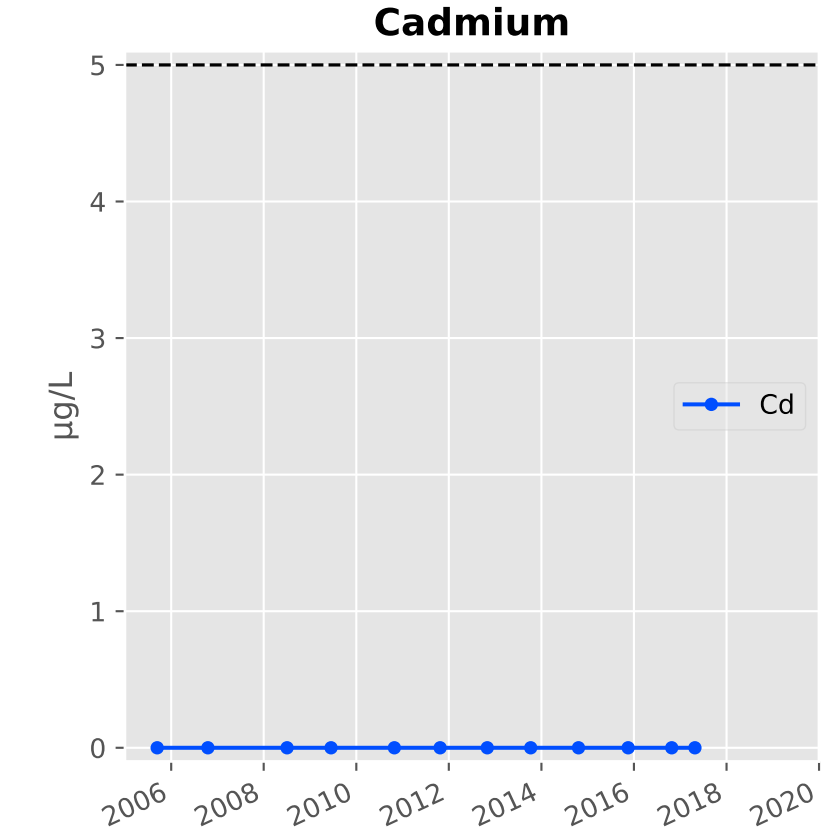
Nickel



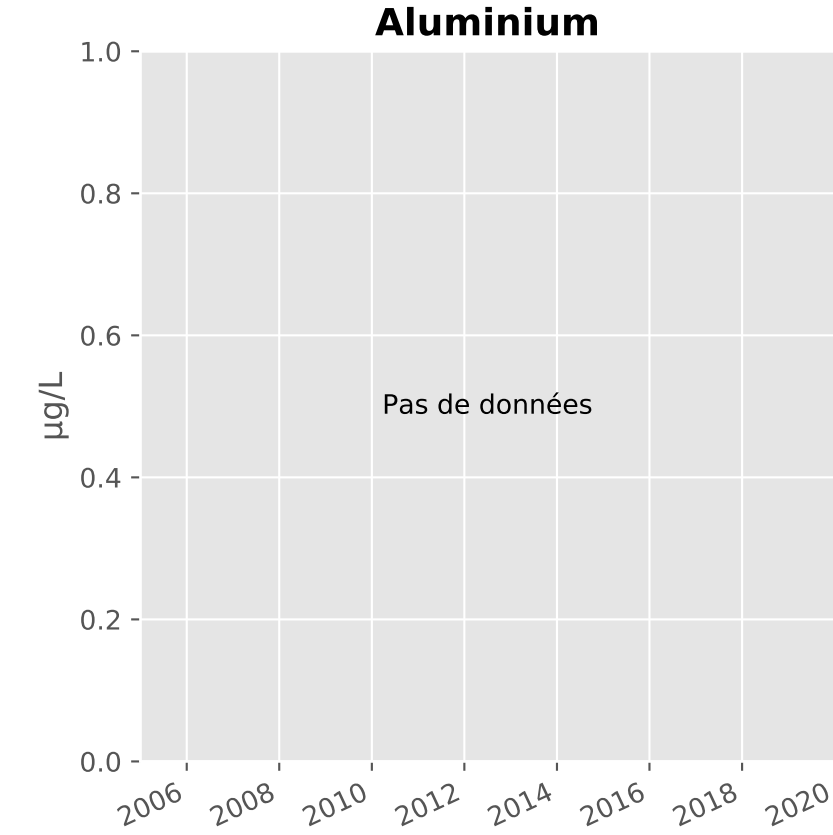
Plomb



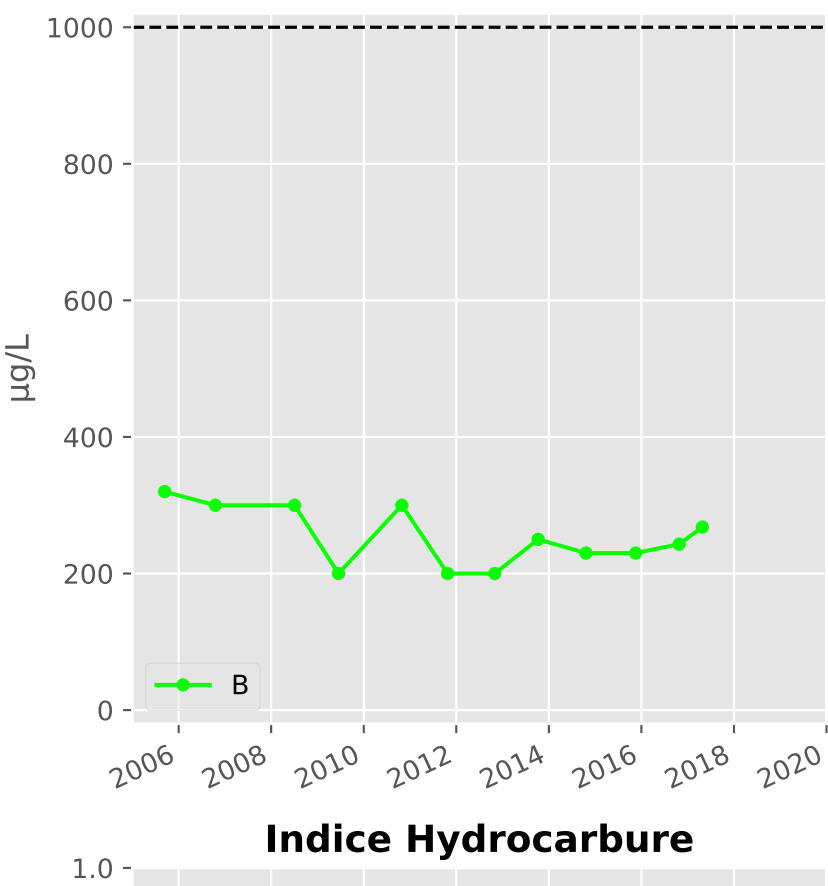
Cadmium



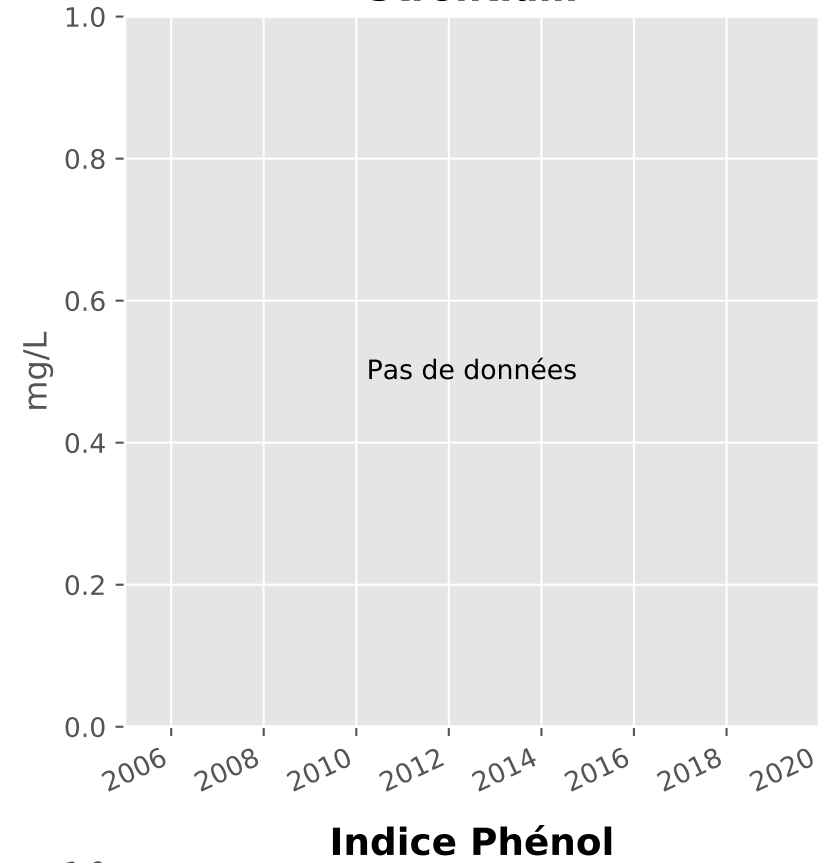
Aluminium



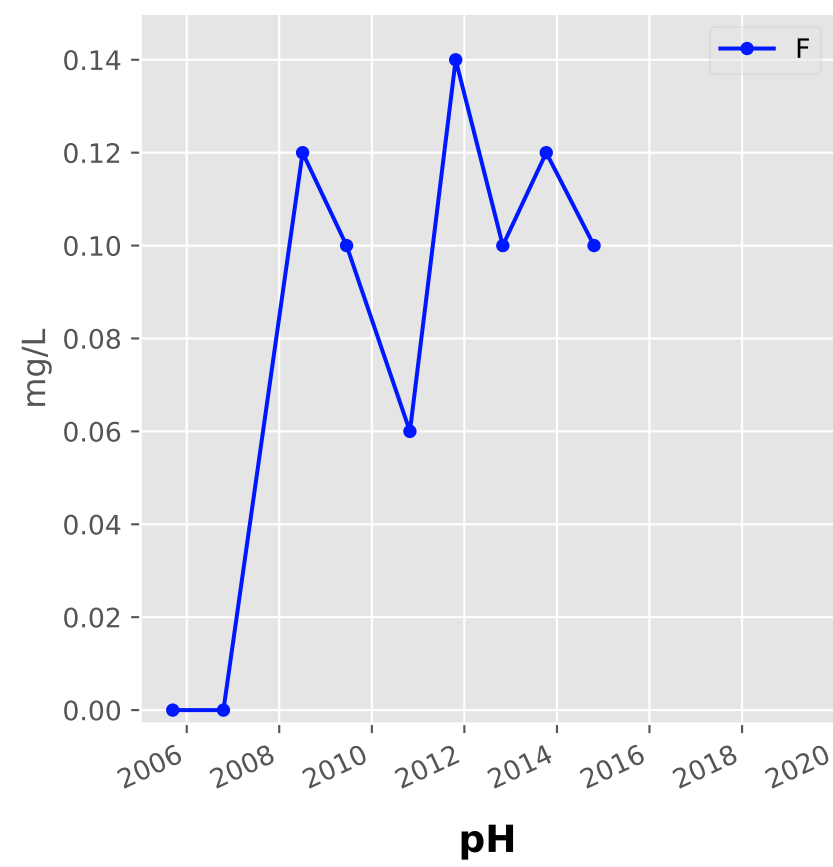
Bore



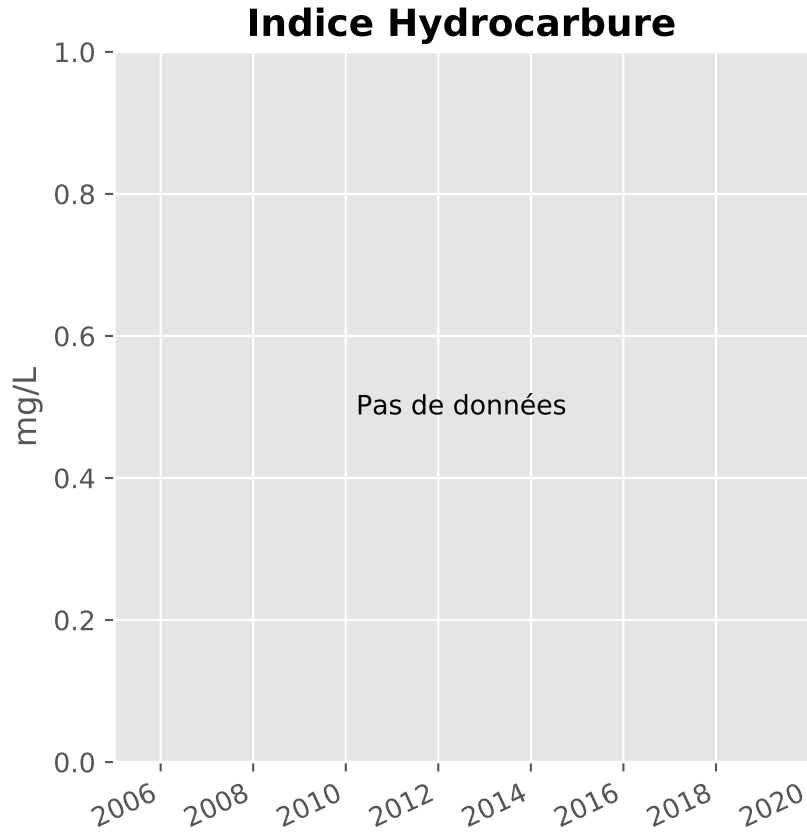
Strontium



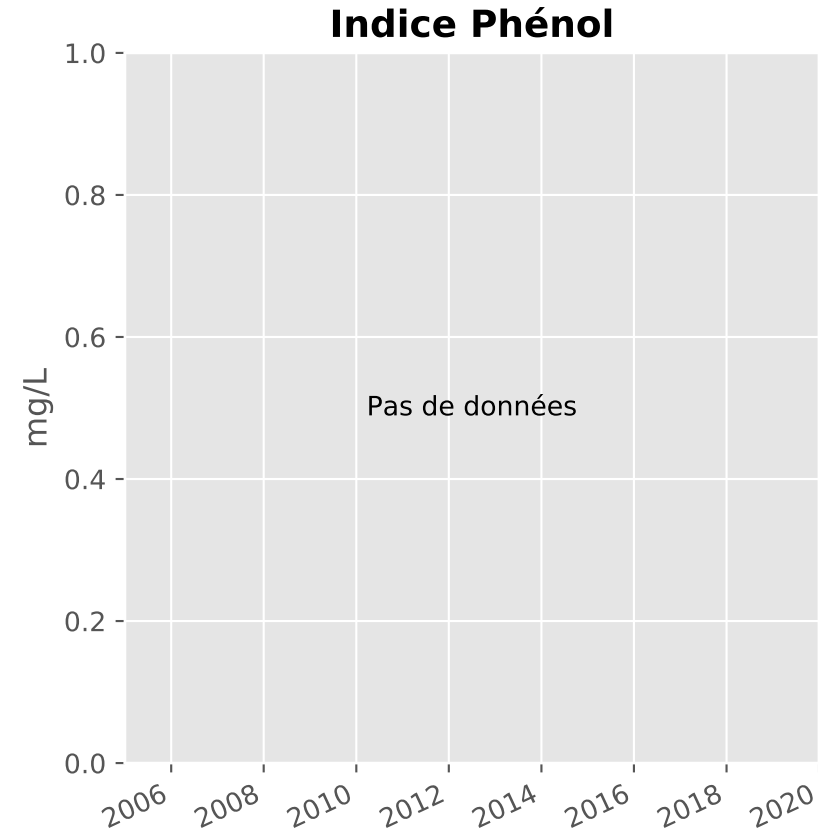
Fluor



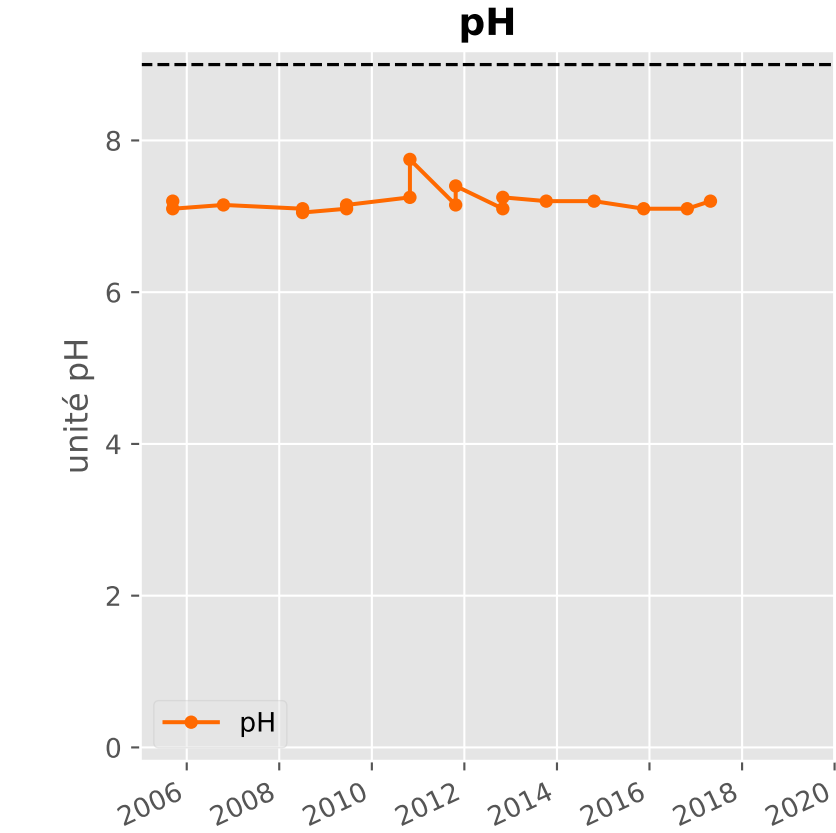
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

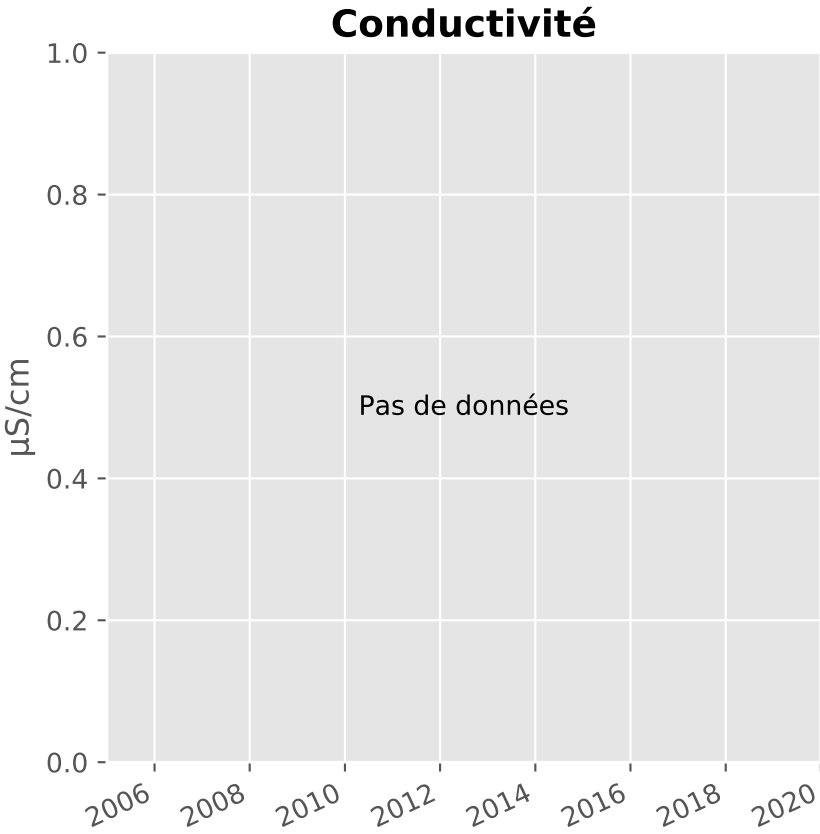


pH

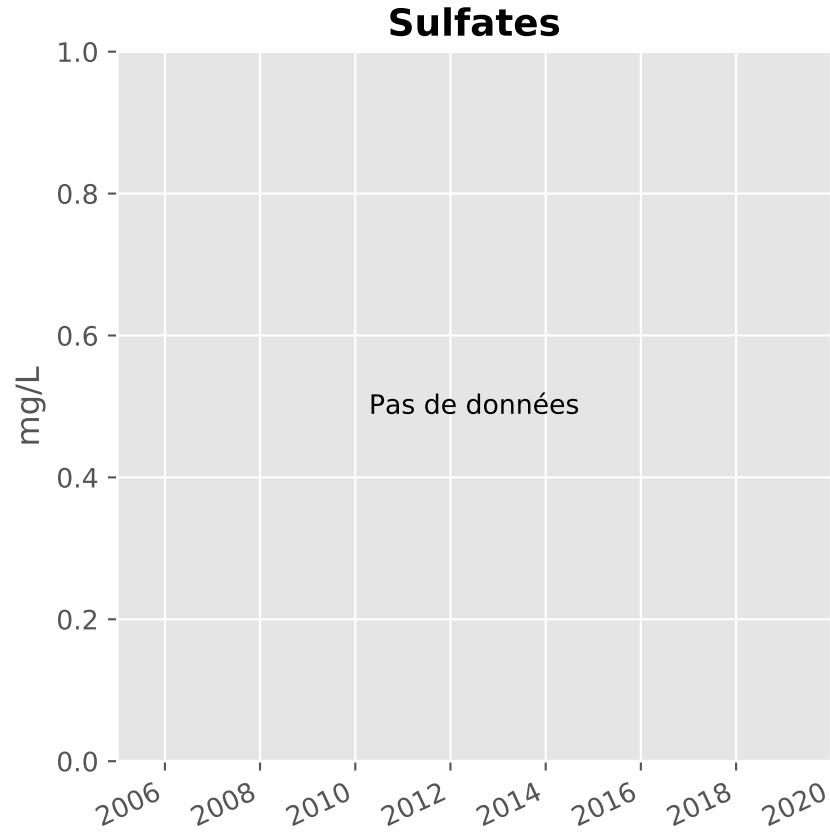


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S16 - Pz. V105 - Ville / Yron - 01632X0070

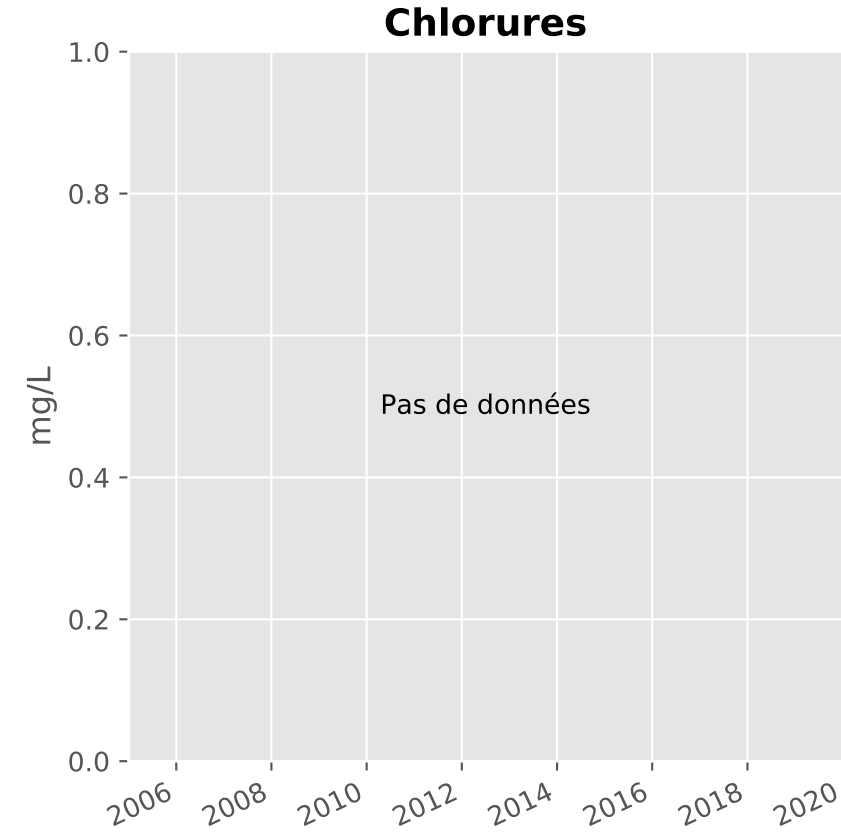
Conductivité



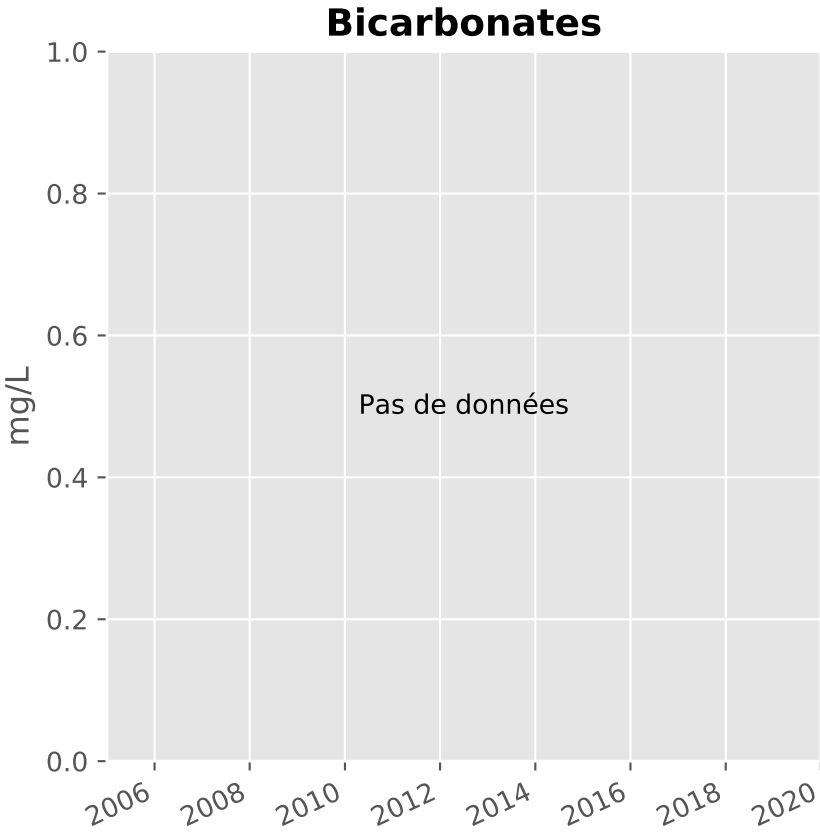
Sulfates



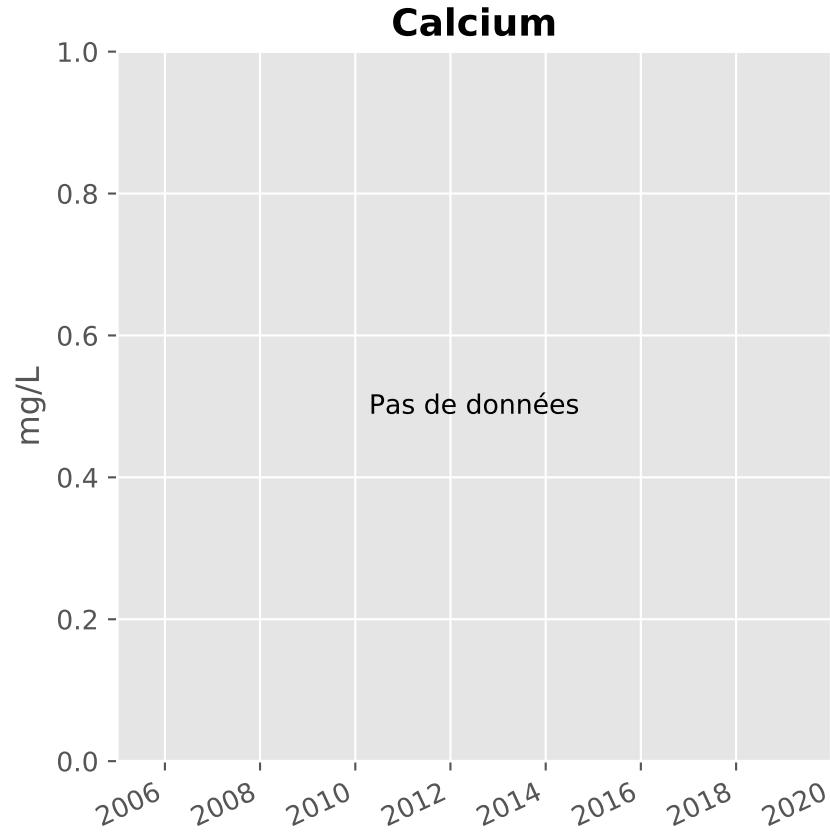
Chlorures



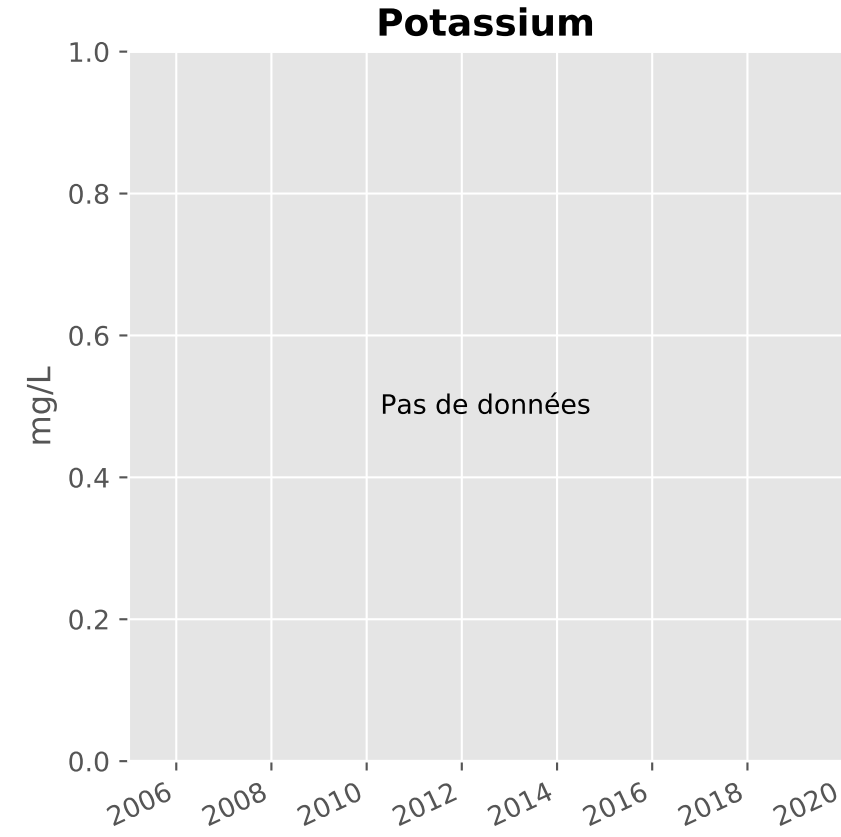
Bicarbonates



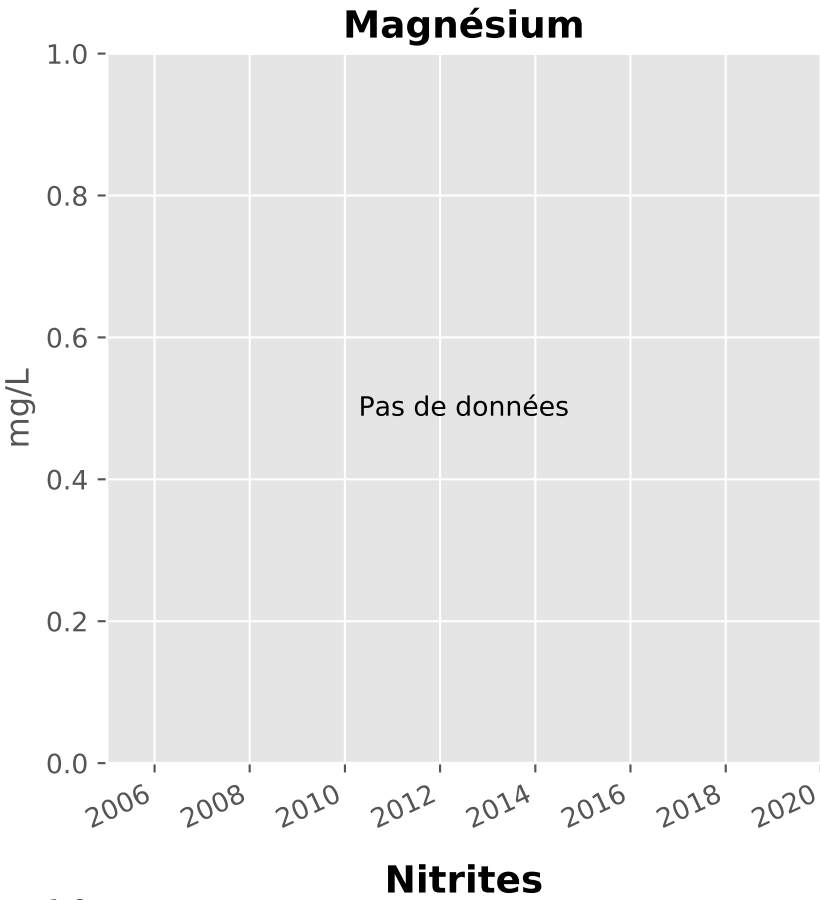
Calcium



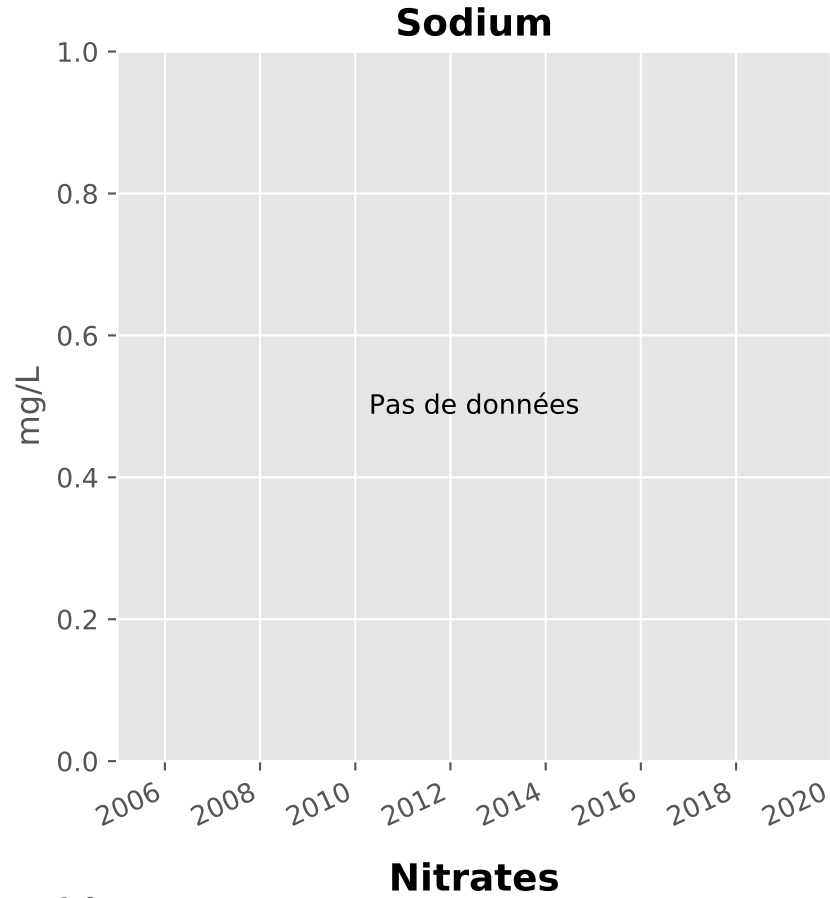
Potassium



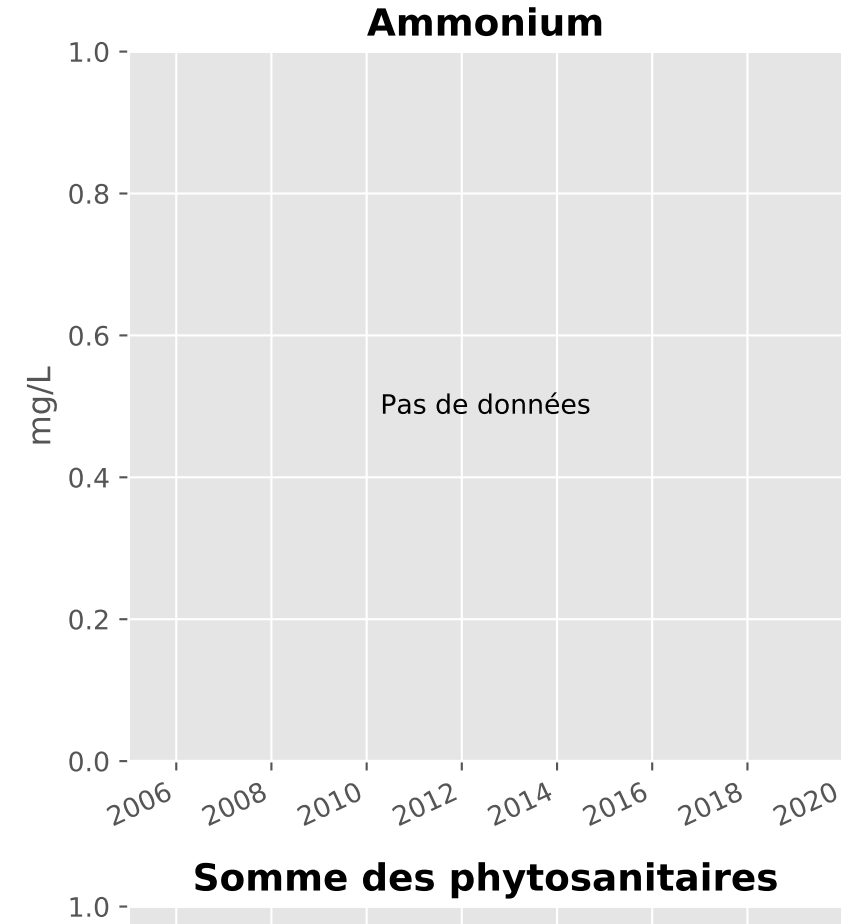
Magnésium



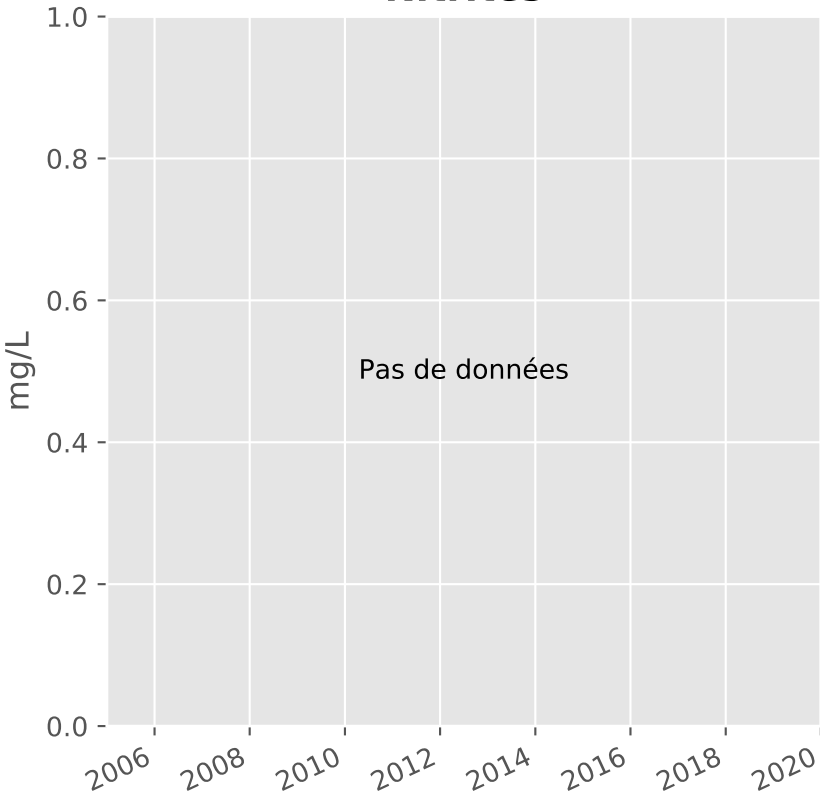
Sodium



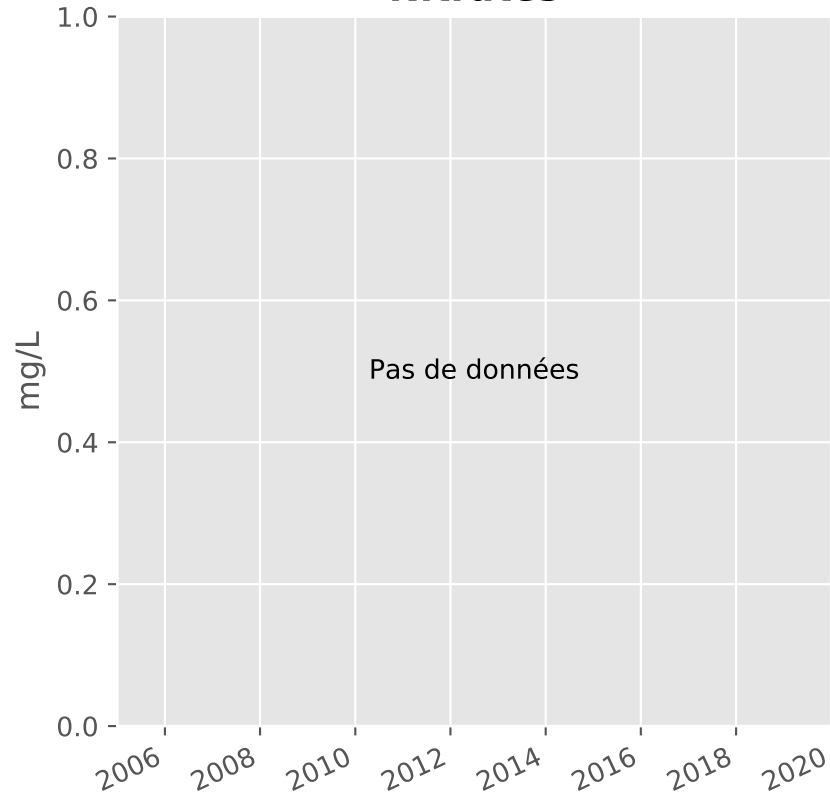
Ammonium



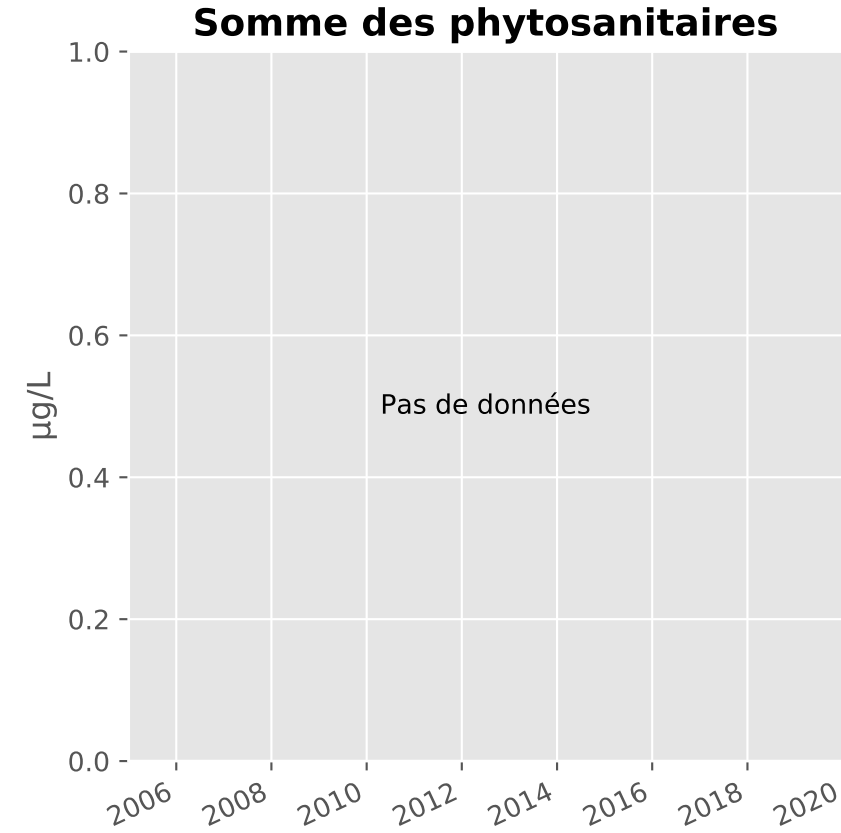
Nitrites



Nitrates

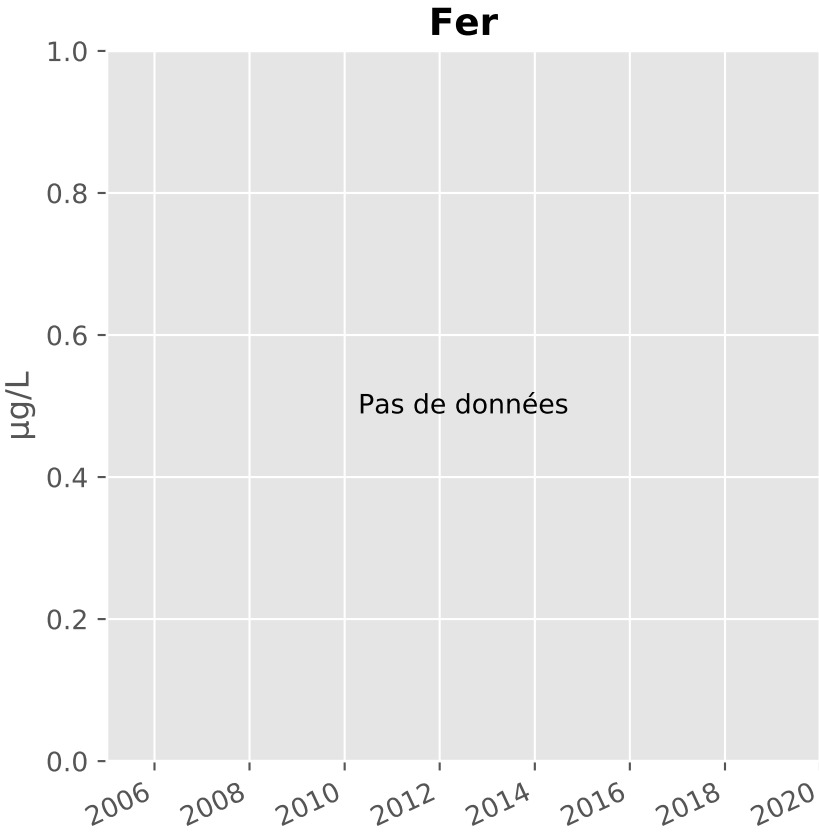


Somme des phytosanitaires

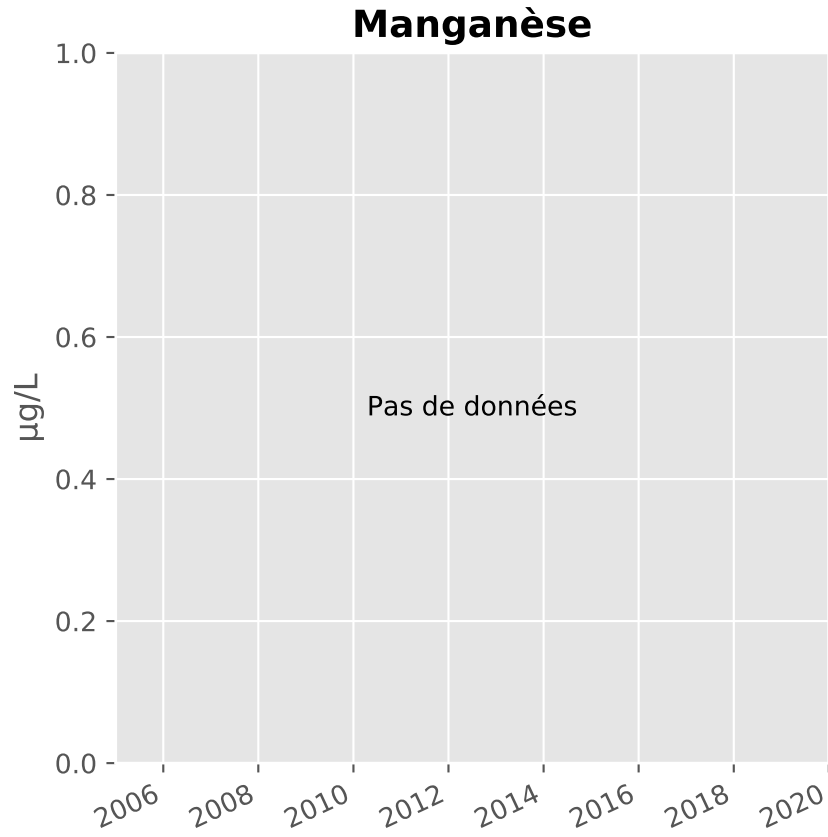


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S16 - Pz. V105 - Ville / Yron - 01632X0070

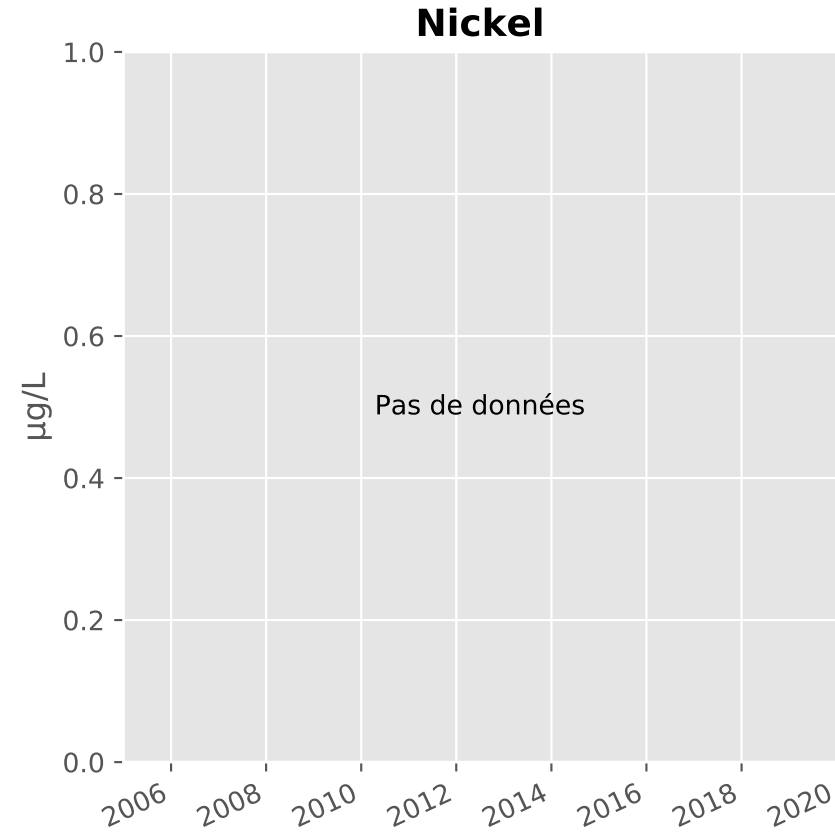
Fer



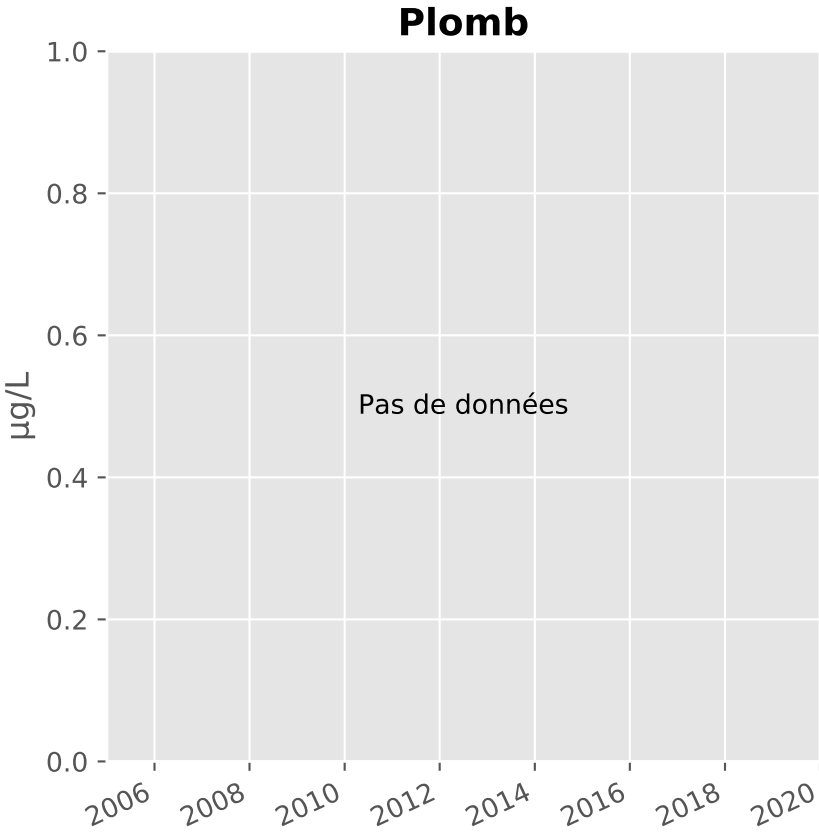
Manganèse



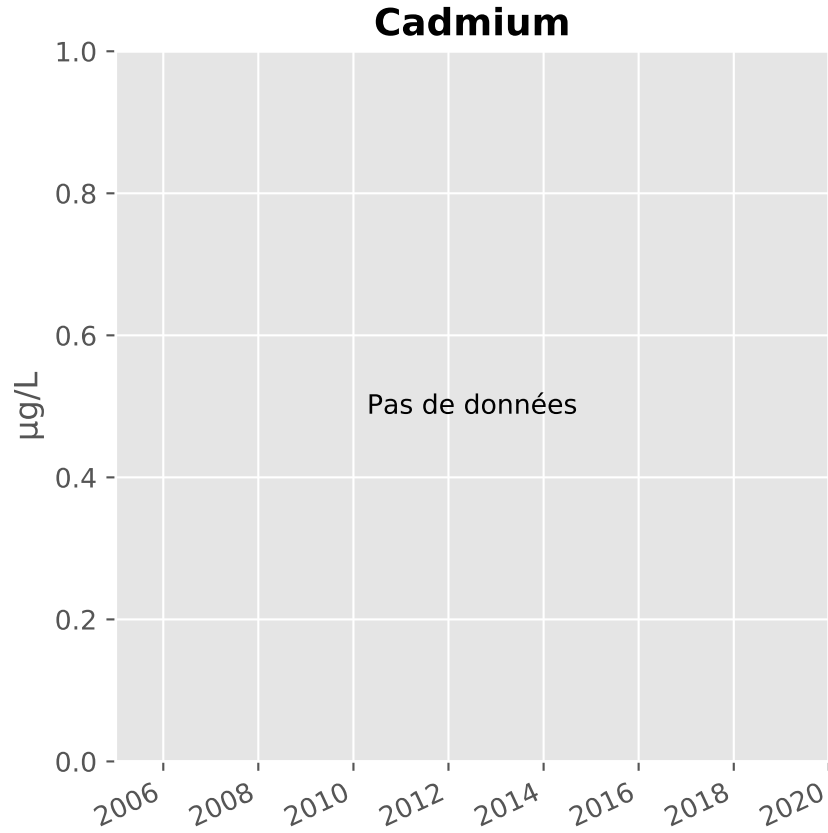
Nickel



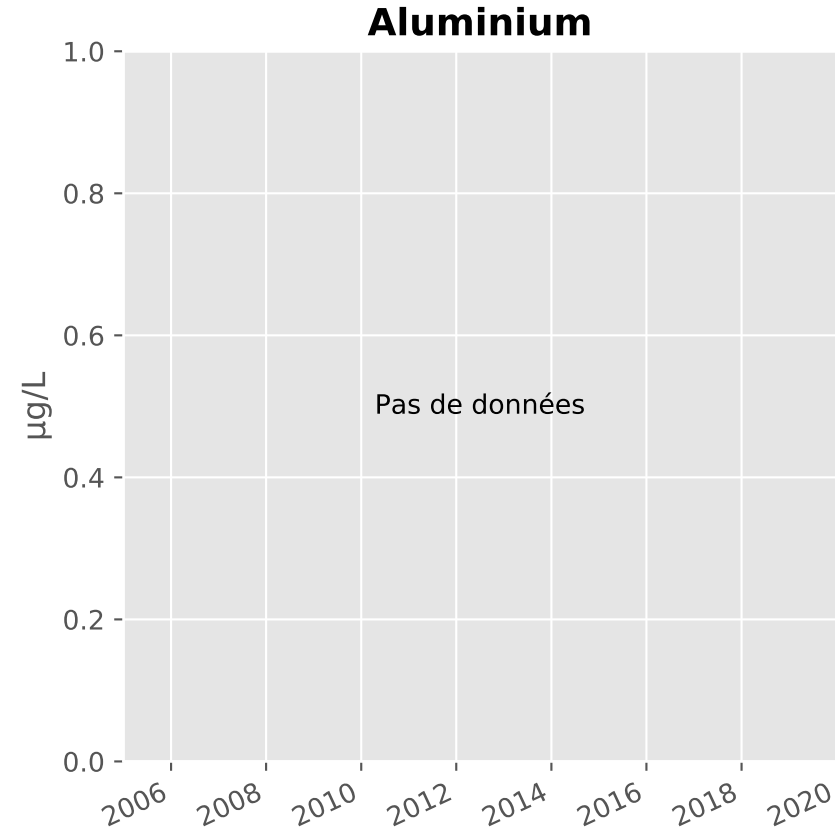
Plomb



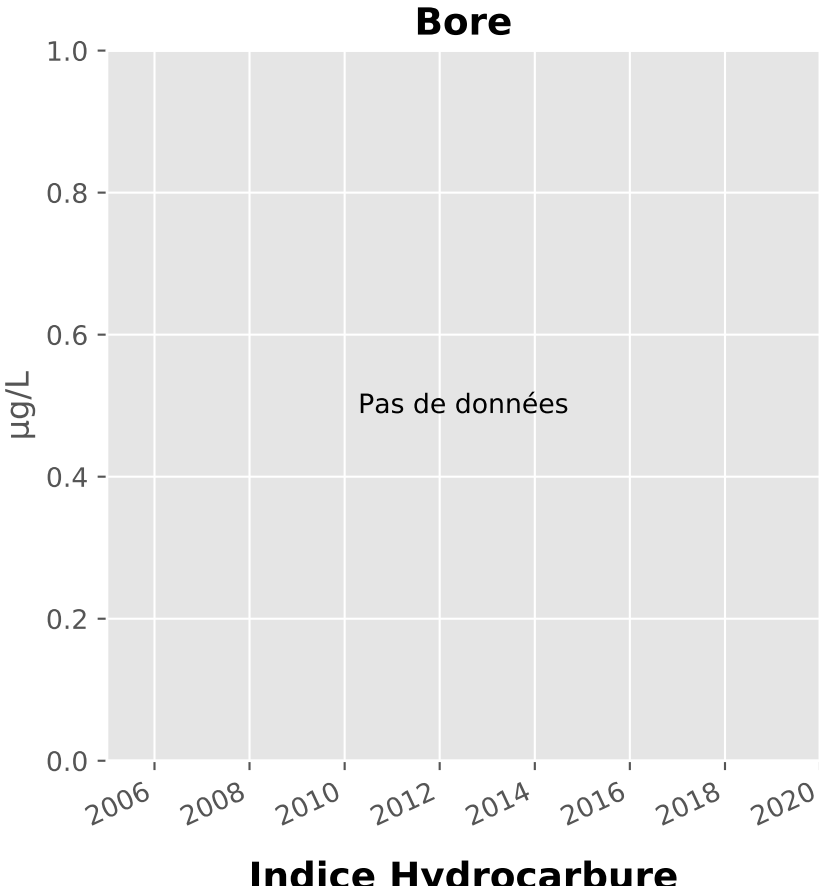
Cadmium



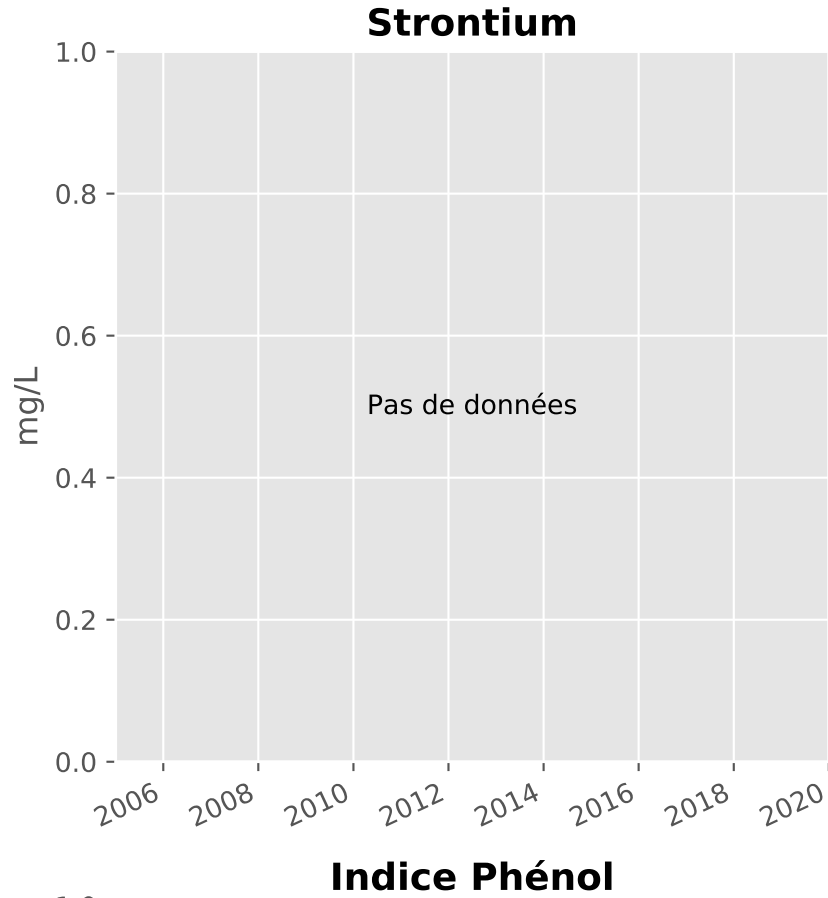
Aluminium



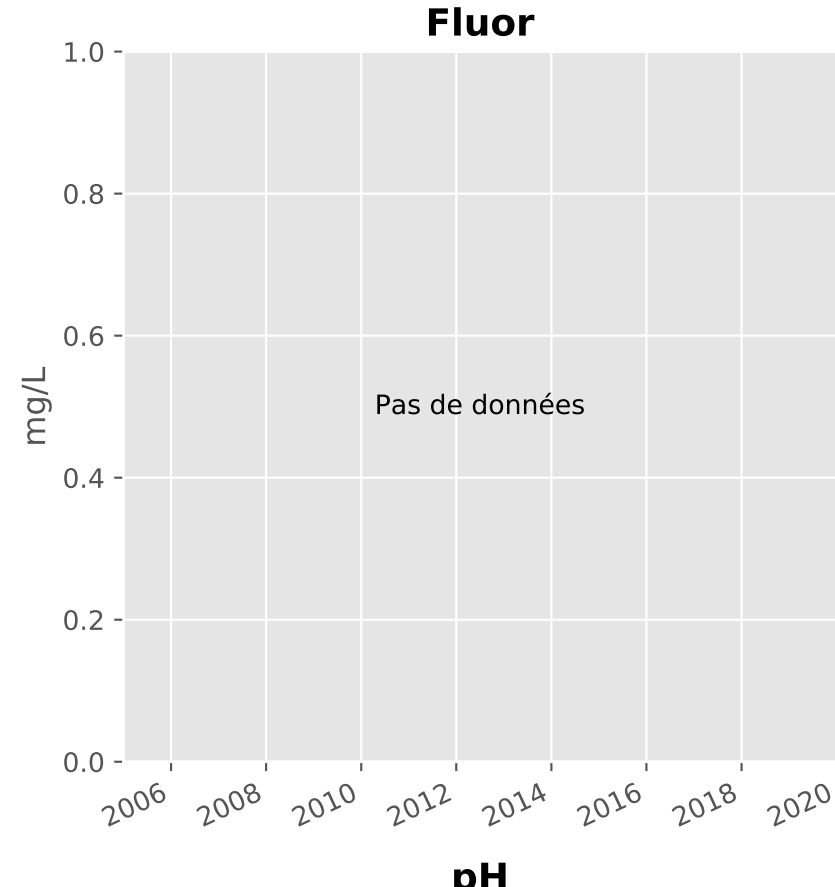
Bore



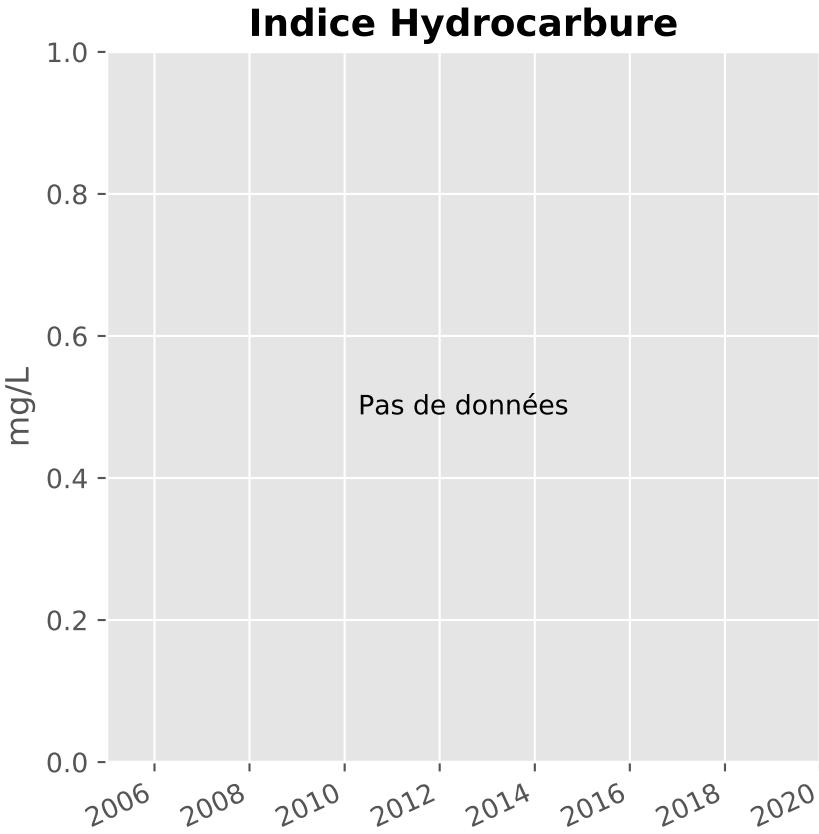
Strontium



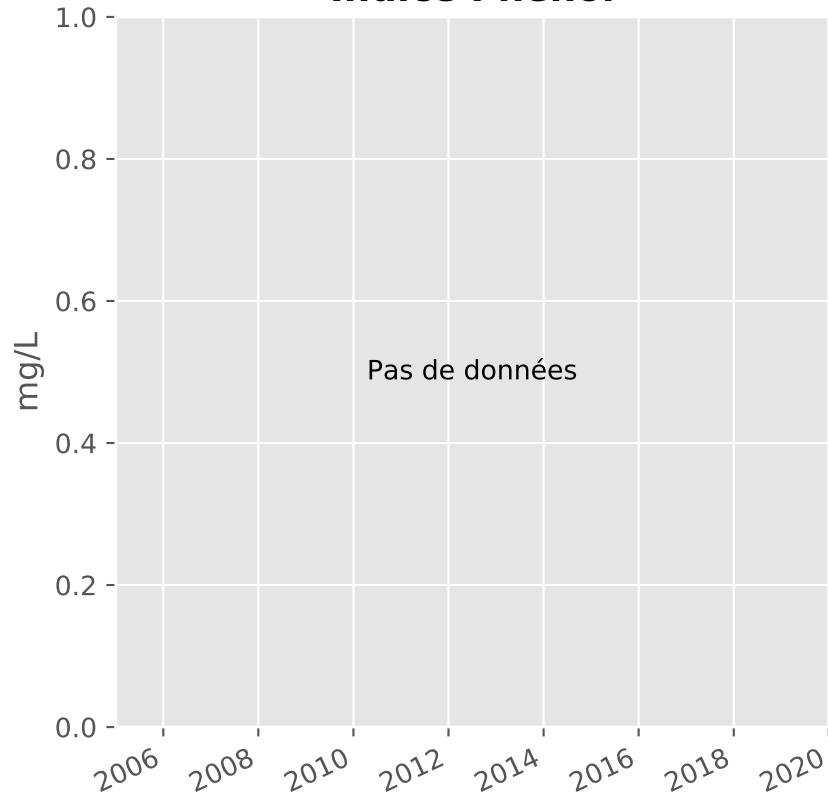
Fluor



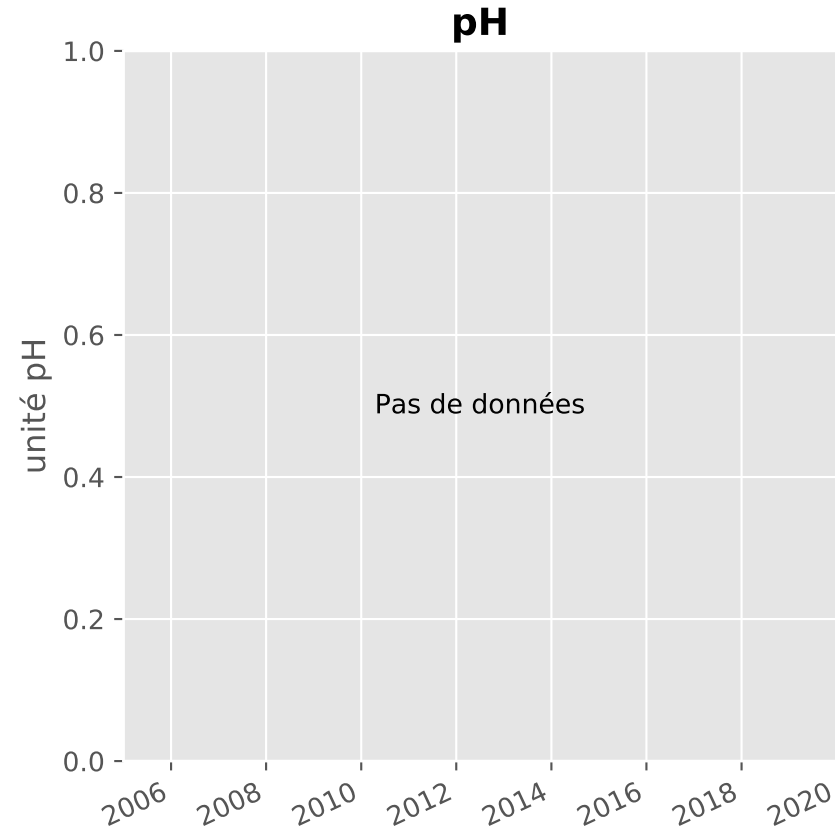
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol

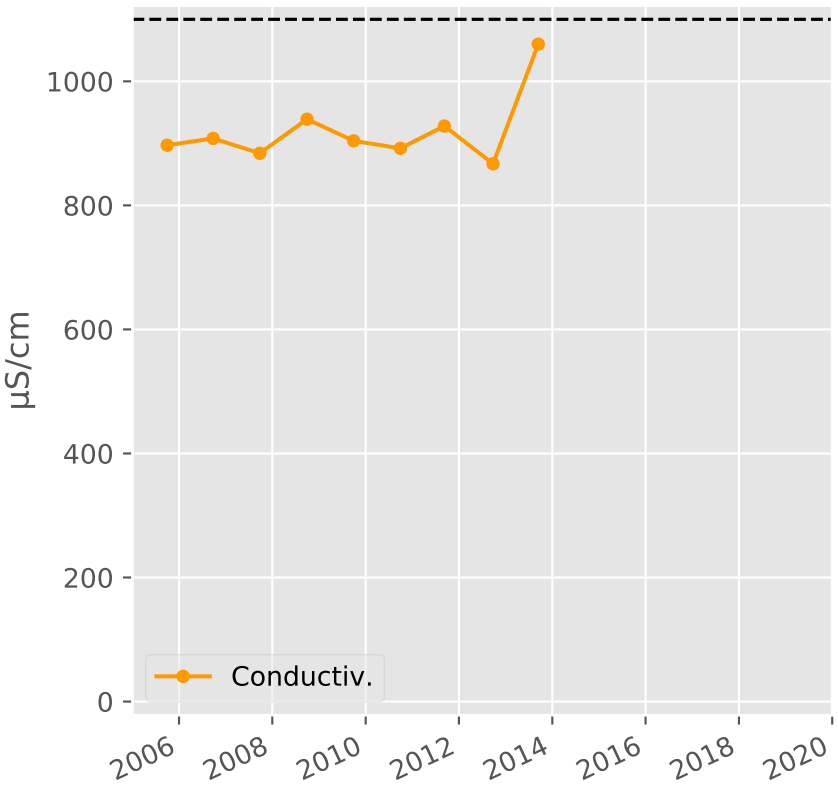


pH

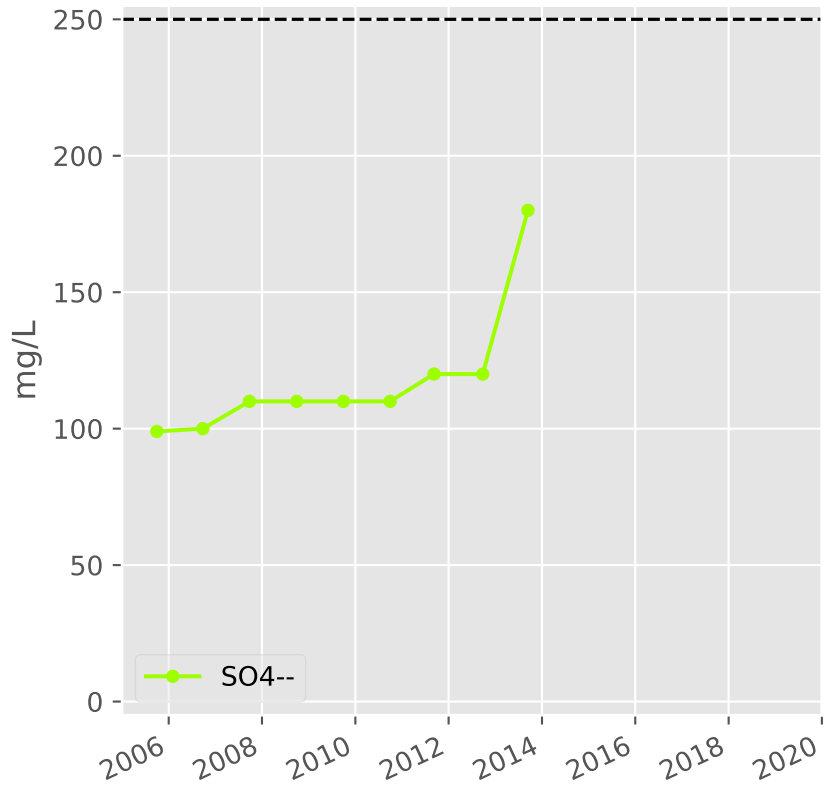


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S17 - Pz. V19 - Ville / Yron - 01632X0071

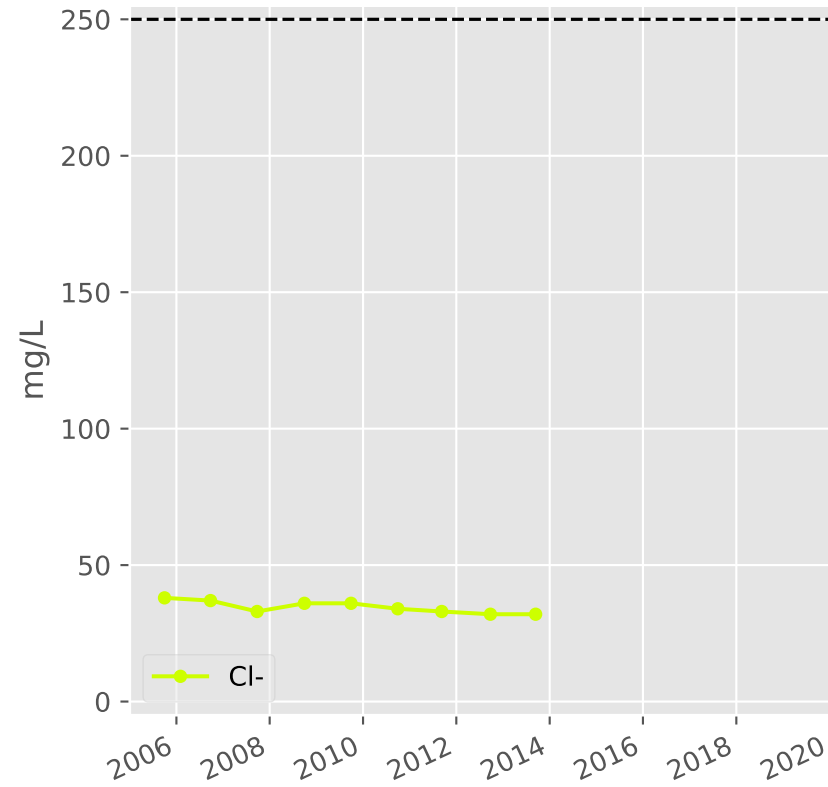
Conductivité



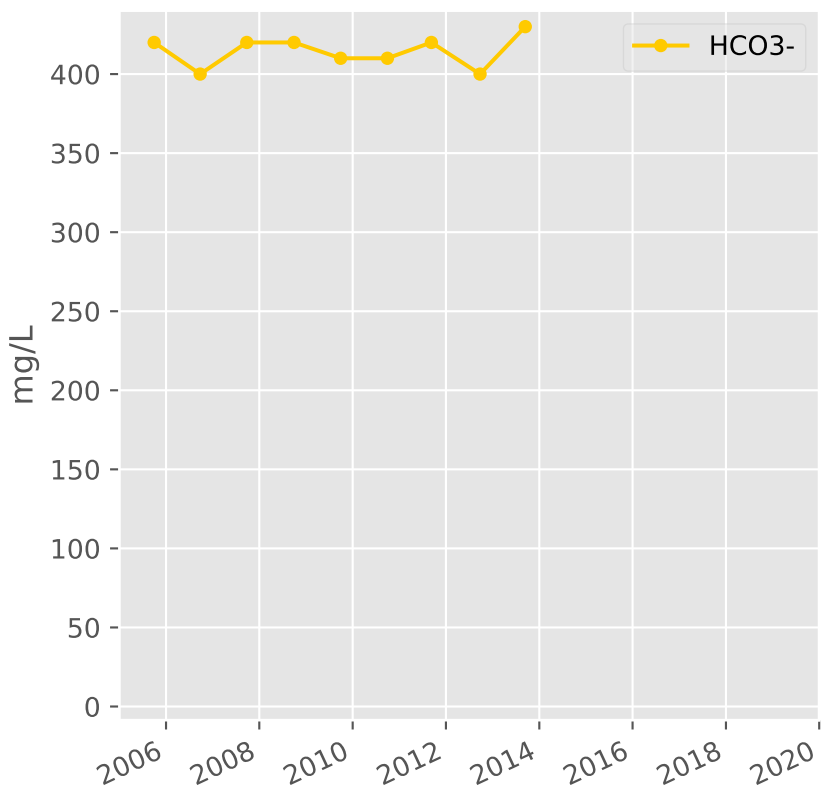
Sulfates



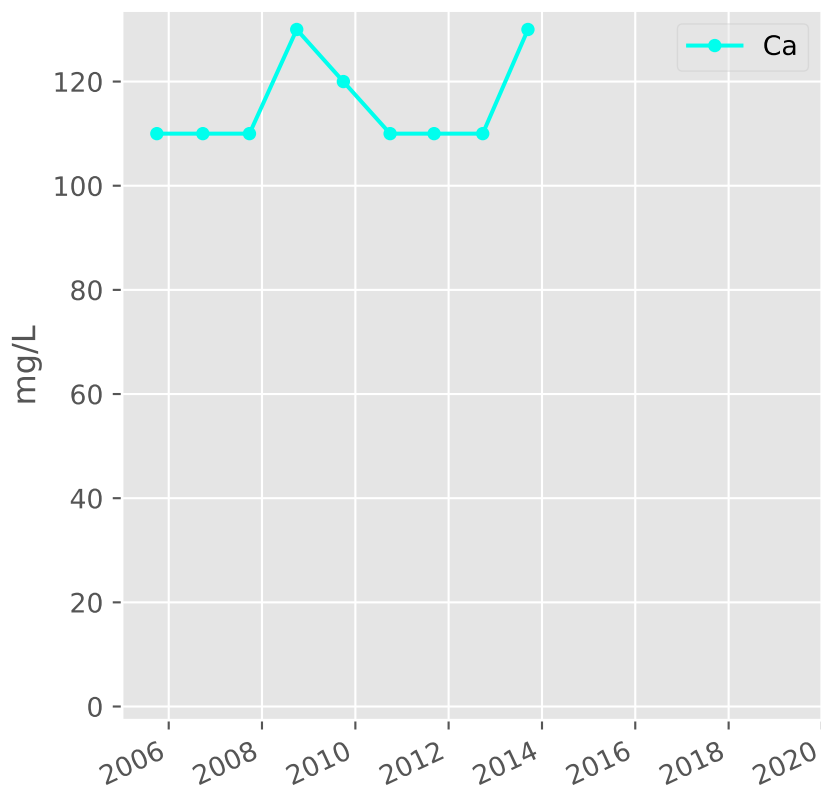
Chlorures



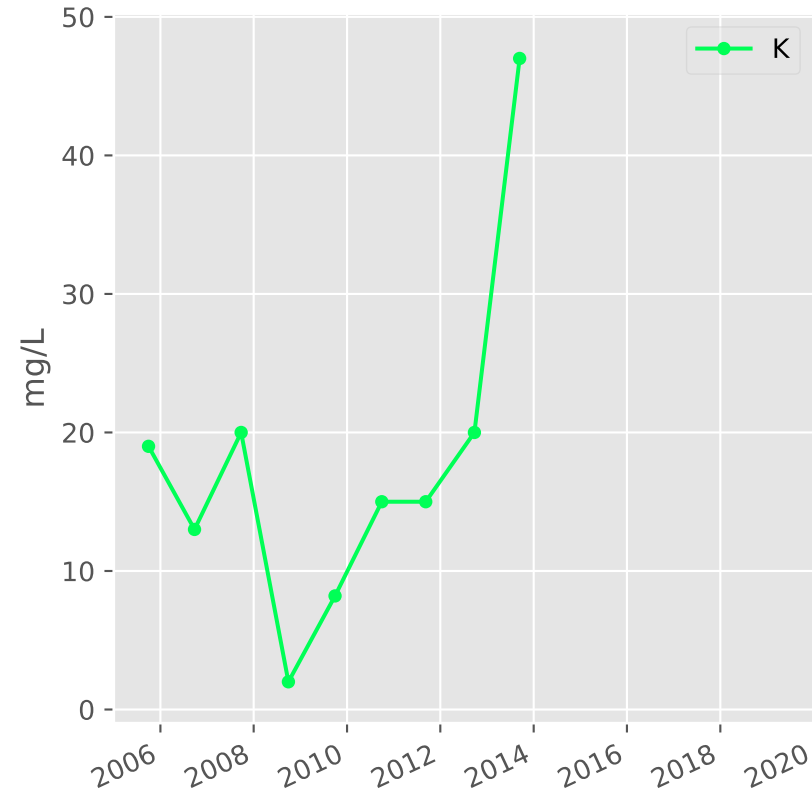
Bicarbonates



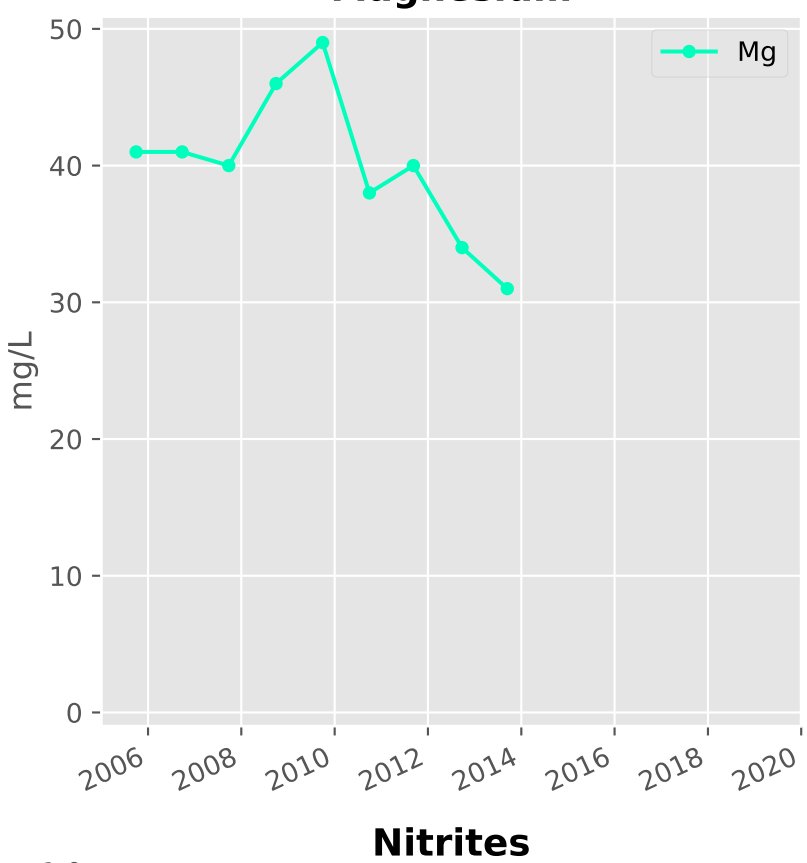
Calcium



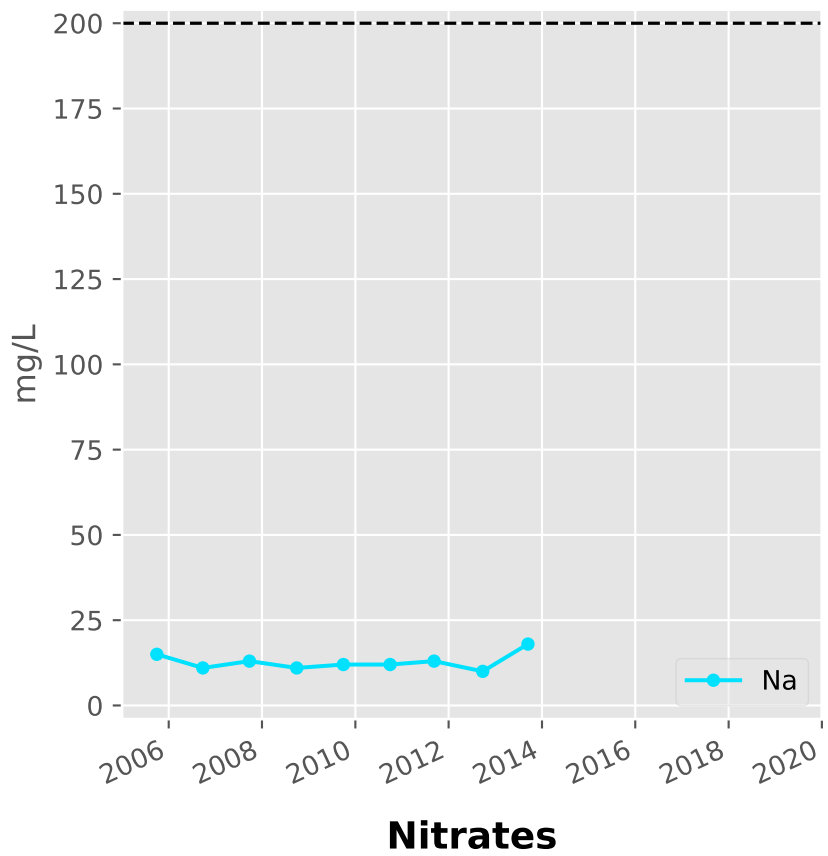
Potassium



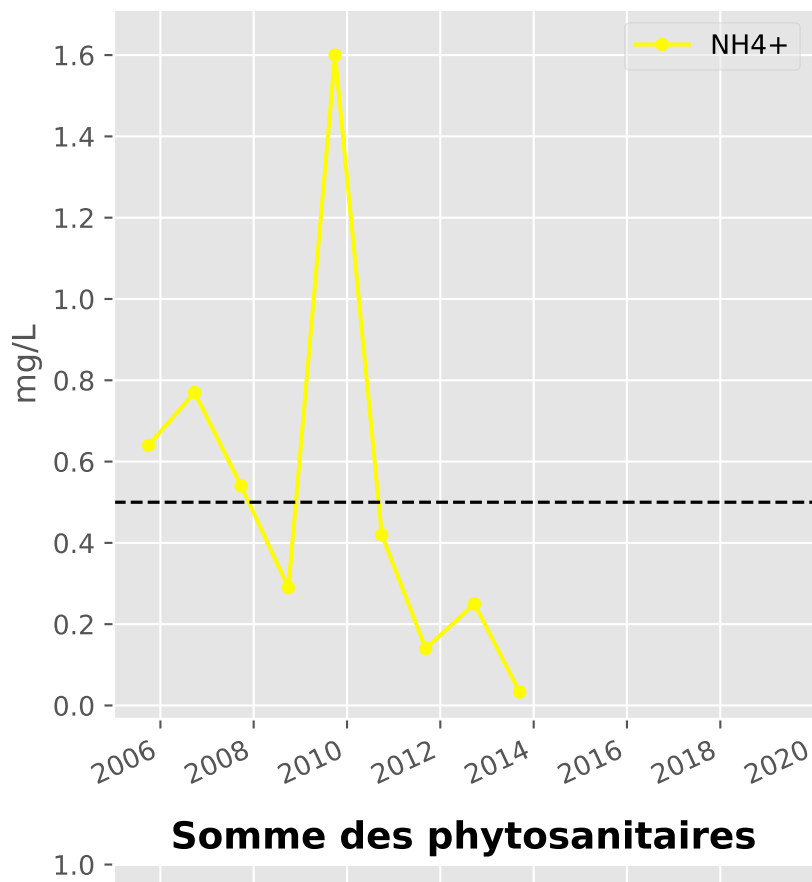
Magnésium



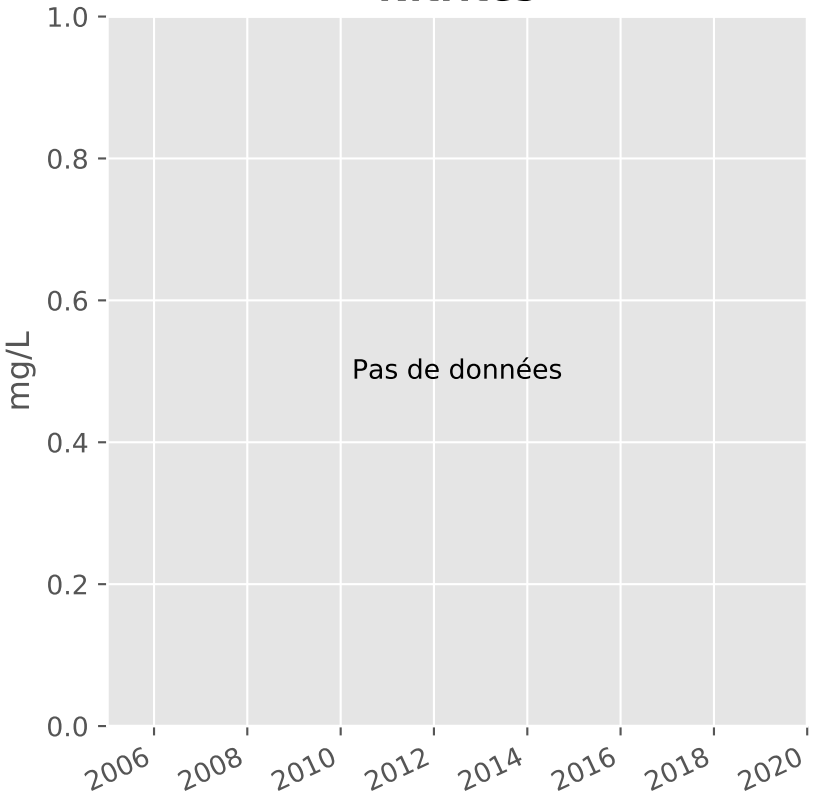
Sodium



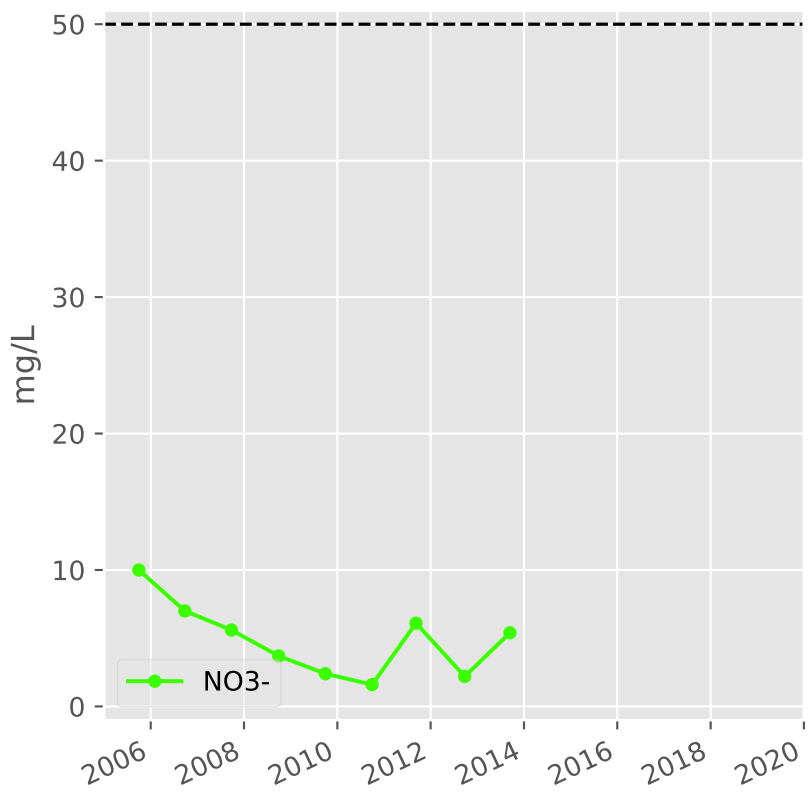
Ammonium



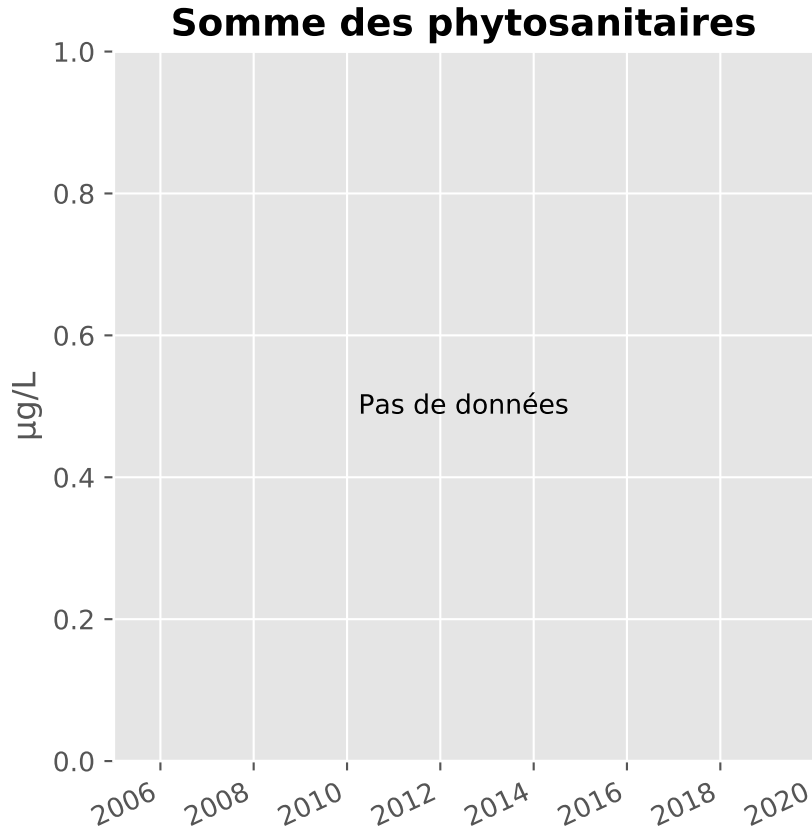
Nitrites



Nitrates

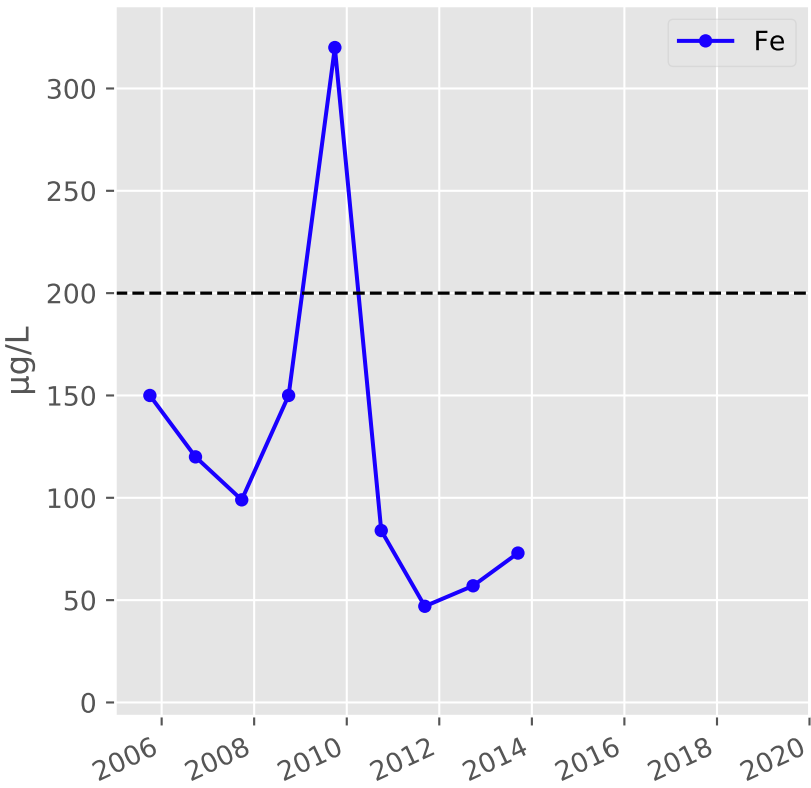


Somme des phytosanitaires

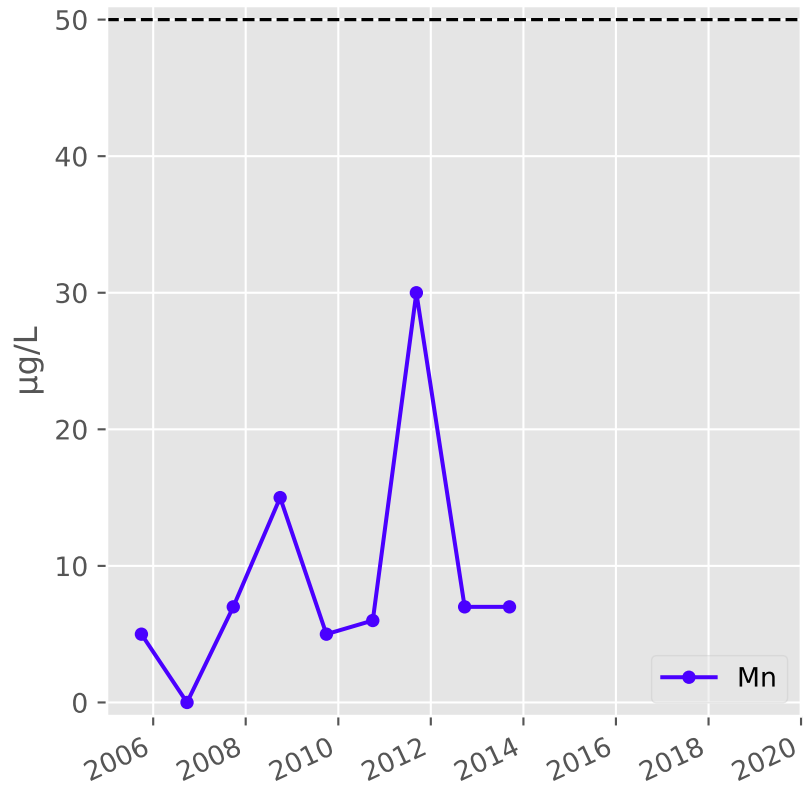


Bassin SUD - Calcaires du Dogger - S17 - Pz. V19 - Ville / Yron - 01632X0071

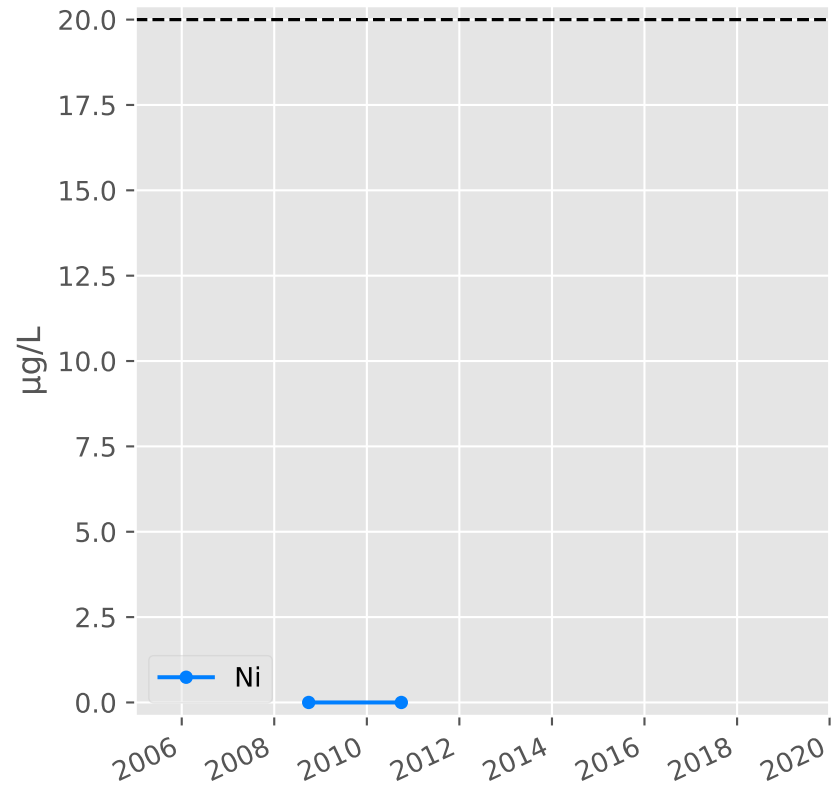
Fer



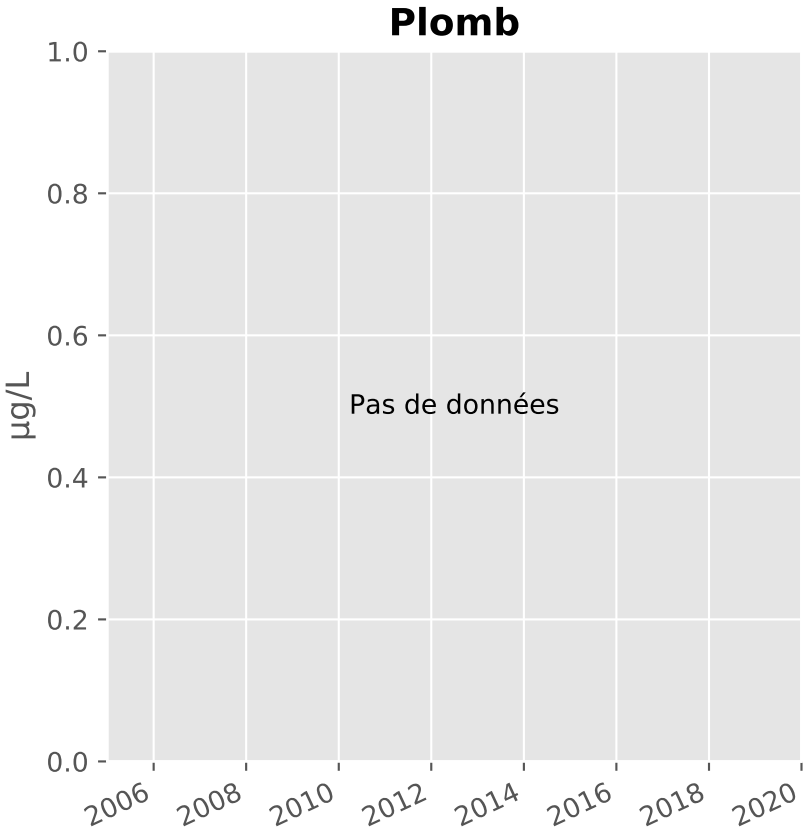
Manganèse



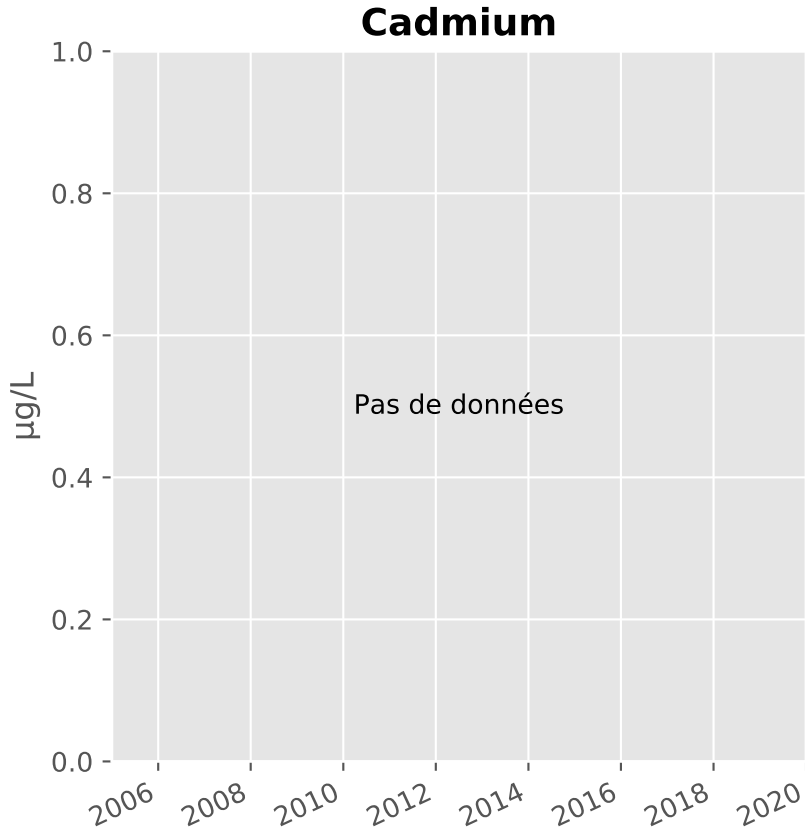
Nickel



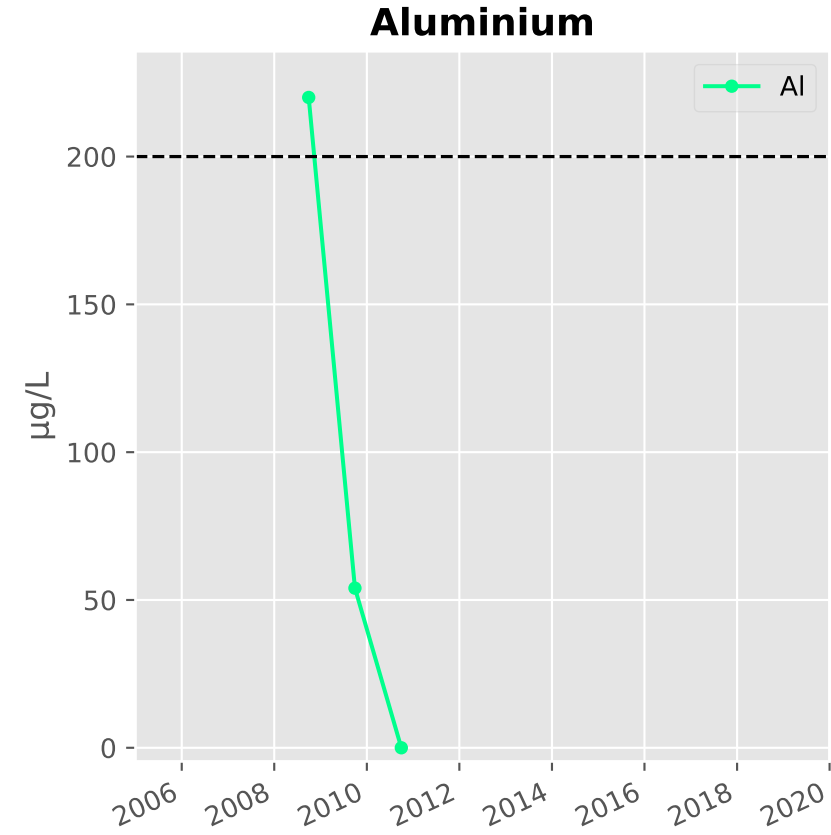
Plomb



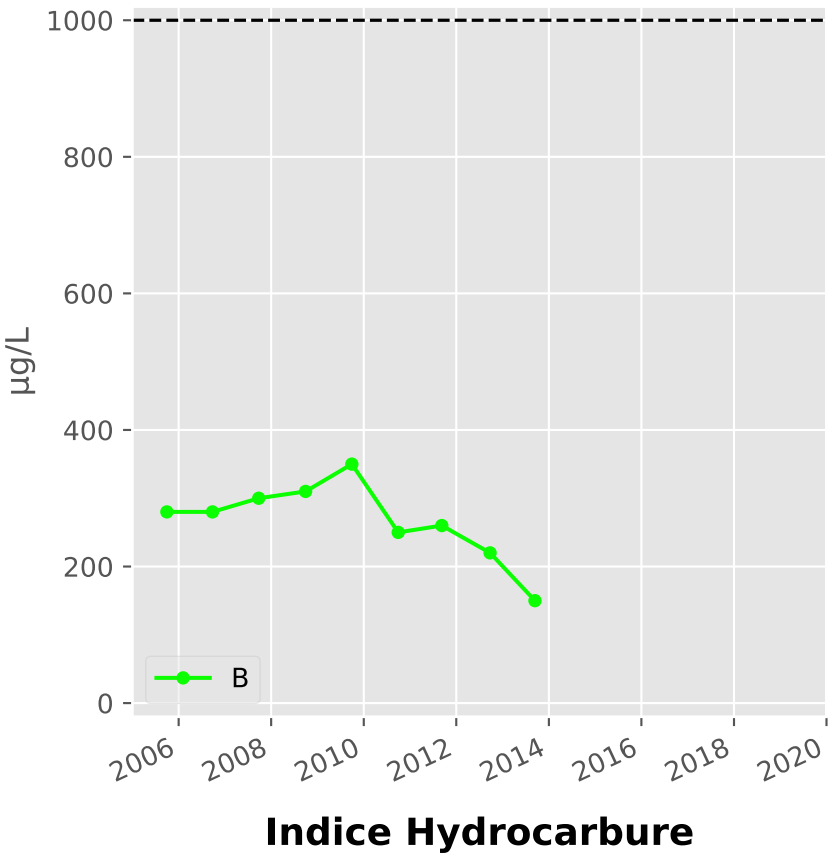
Cadmium



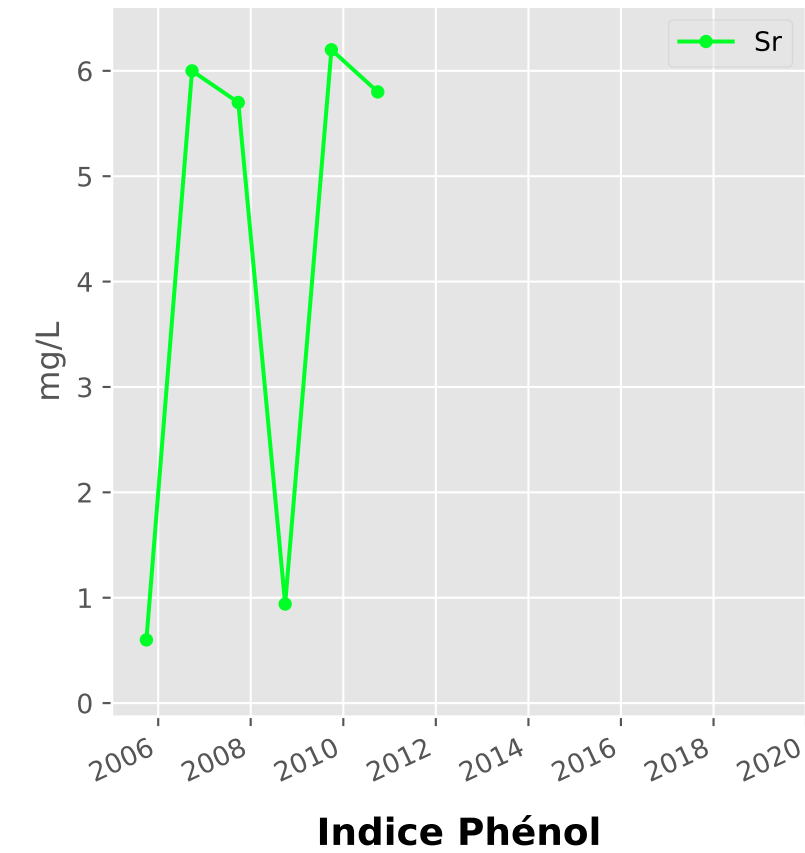
Aluminium



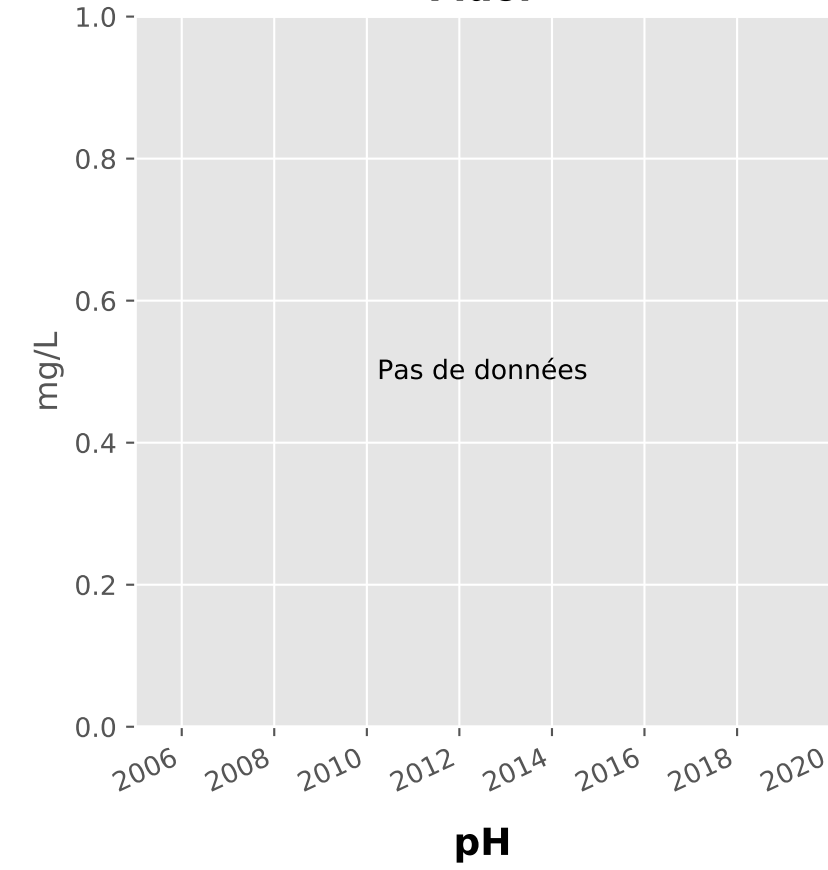
Bore



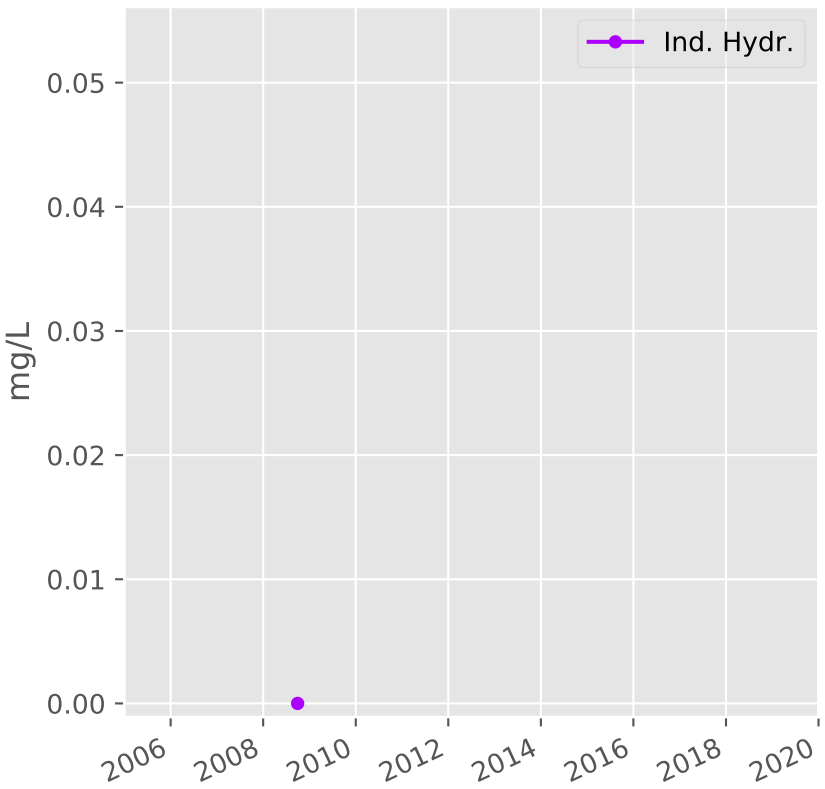
Strontium



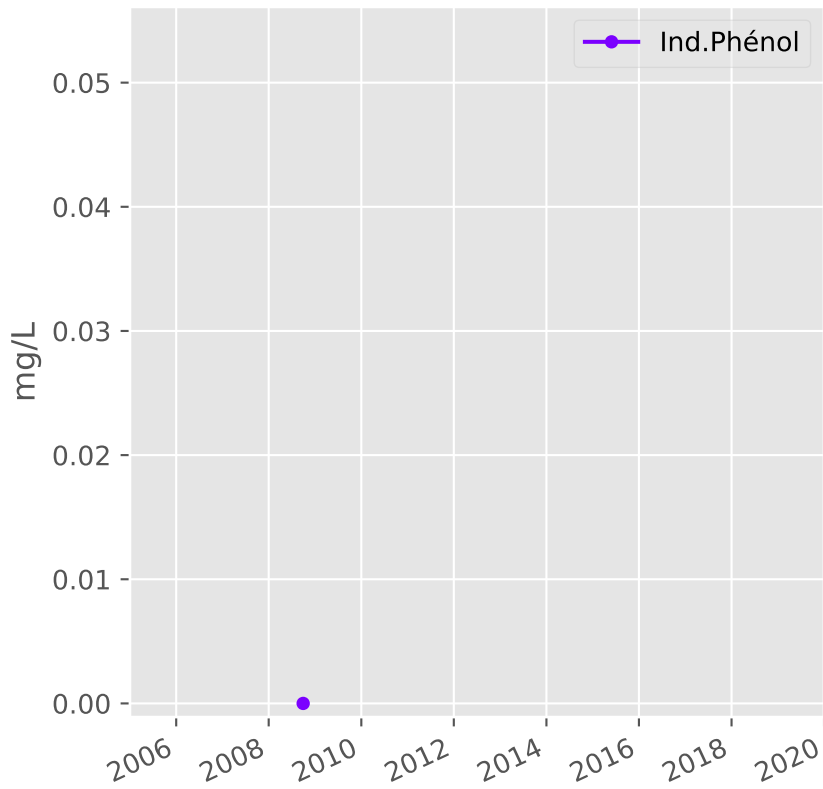
Fluor



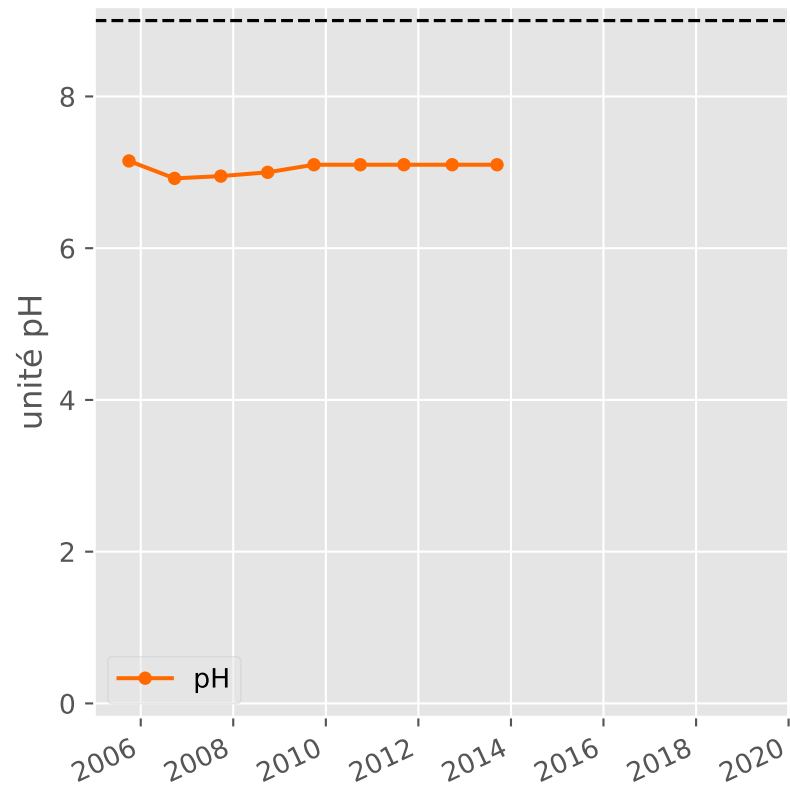
Indice Hydrocarbure



Indice Phénol



pH



Annexe 2 :

Chroniques semestrielles



Basses Eaux
Mai / Octobre 2018

Actualités marquantes de la période

PLUVIOMETRIE : Très déficitaire sur l'ensemble de la période. Ce déficit associé à de fortes températures a ainsi contribué à un assèchement des sols et un étiage sévère.

Sommaire :

Piézométrie et débordement
Bassin Nord 2
Bassin Centre 3
Bassin Sud 4
Suivi des sulfates 5
Rappels hydrogéologiques 6
Sectorisation des réservoirs miniers 8
Accès aux données/ liens utiles 9
Liste des stations 10
Carte de localisation des stations 11



Piézomètre N20 (Fontoy) équipé d'une sonde pression et module de télétransmission

BASSIN NORD

Piézométrie et débordement

Malgré une bonne recharge hivernale, les précipitations déficitaires ont conduit à une baisse continue du niveau du réservoir qui est passé sous la moyenne mensuelle dès le mois de mai.

Qualité des eaux souterraines

Tendance à la baisse des concentrations en sulfate à l'exutoire de la galerie de la Paix variant en 2018 entre 710 mg/l (janvier) et 550 mg/l (septembre).

BASSIN CENTRE

Piézométrie et débordement

Consécutif à une bonne recharge hivernale et une inertie du système, le niveau du réservoir s'est maintenu au dessus des moyennes mensuelles sur l'ensemble de la période. La tendance est toutefois à la baisse et le niveau passe sous la moyenne mensuelle en octobre.

Qualité des eaux souterraines

Les concentrations en sulfate mesurées restent très contrastées entre la partie ouest (secteurs 1 & 2) où les valeurs sont très élevées (3 500 mg/l) et la partie est (secteurs 3 & 4) où elles ont fluctué autour de 450 mg/l en 2018 .

C5 galerie du Woigot équipé d'une sonde pression / conductivité et télétransmission





Mesure de debit en sortie de galerie du chenal de Moyeuvre (S4)

BASSIN SUD

Piézométrie et débordement

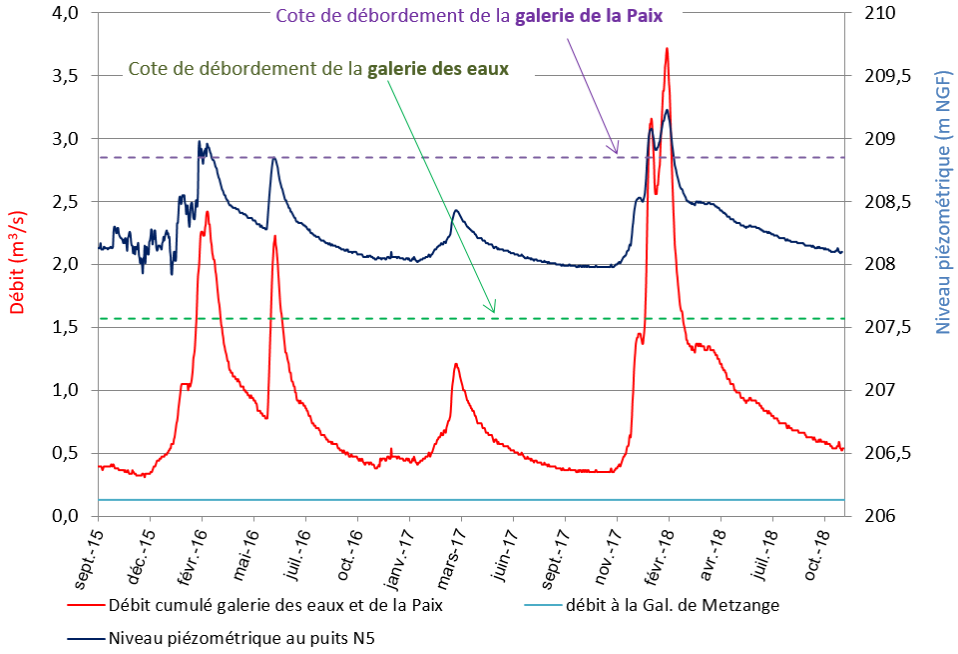
La chronique piézométrique du réservoir minier présente sur l'ensemble de la période une évolution caractéristique d'étiage. Le réservoir minier a atteint son niveau le plus bas enregistré pour un mois d'octobre

Qualité des eaux souterraines

Tendance à la baisse des concentrations en sulfate à l'exutoire du chenal de Moyeuvre variant en 2018 entre 320 et 390 mg/l.

Contact : BRGM Direction régionale Grand-Est www.brgm.fr http://sigesrm.brgm.fr

Réservoir Nord – Piézométrie et débordement

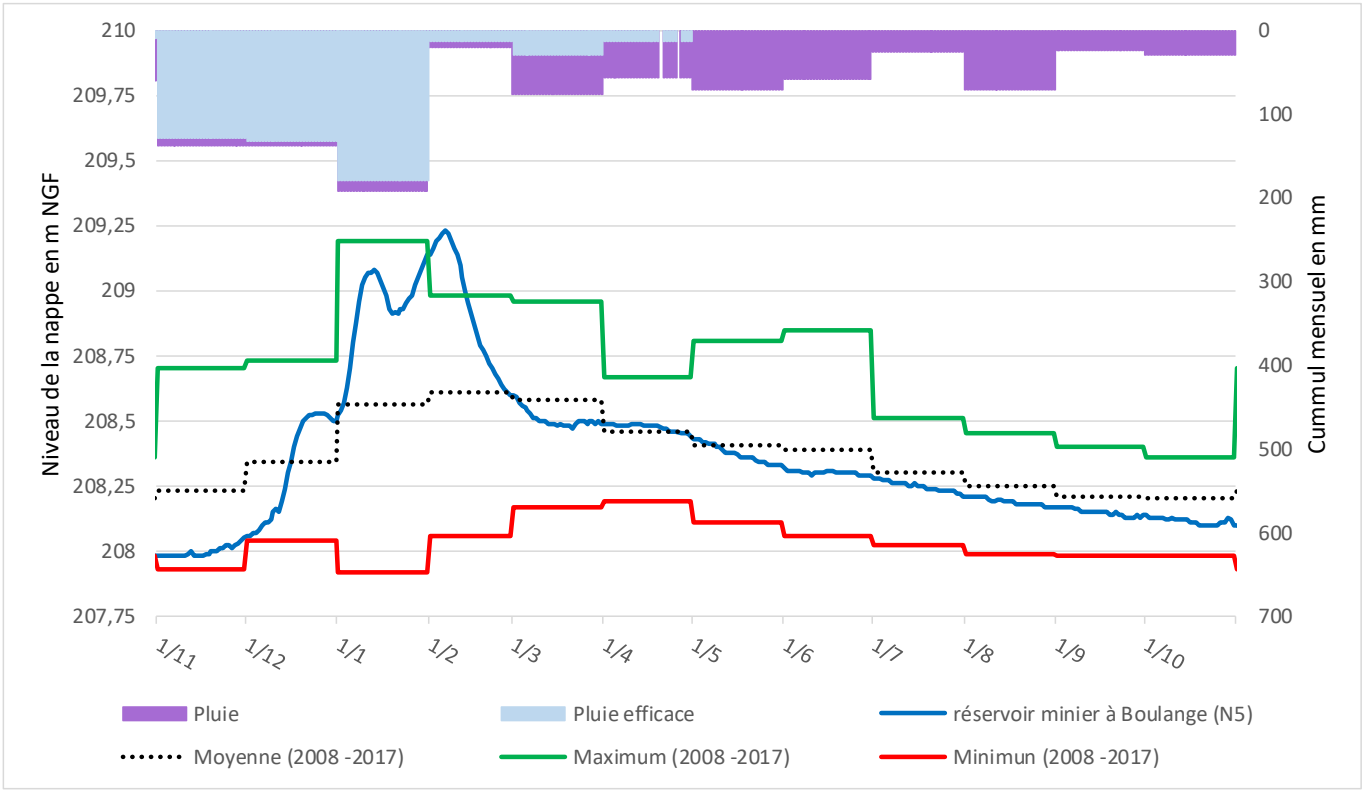


Débit de débordement et piézométrie du réservoir Nord.

Le niveau du réservoir minier est contrôlé par deux points de débordement situés à la cote 207,57 m (galerie des eaux - N14bis) et 208,85 m (galerie de la Paix). Ses eaux débordent vers la Fensch.

La chronique piézométrique du réservoir minier mesurée au puits N5 à Boulange présente sur l'ensemble de la période « basses eaux » (mai à octobre 2018) une évolution caractéristique d'étiage.

Le volume d'eau qui a débordé au cours de cette période au droit du réservoir Nord est de 14,4 millions de m³.

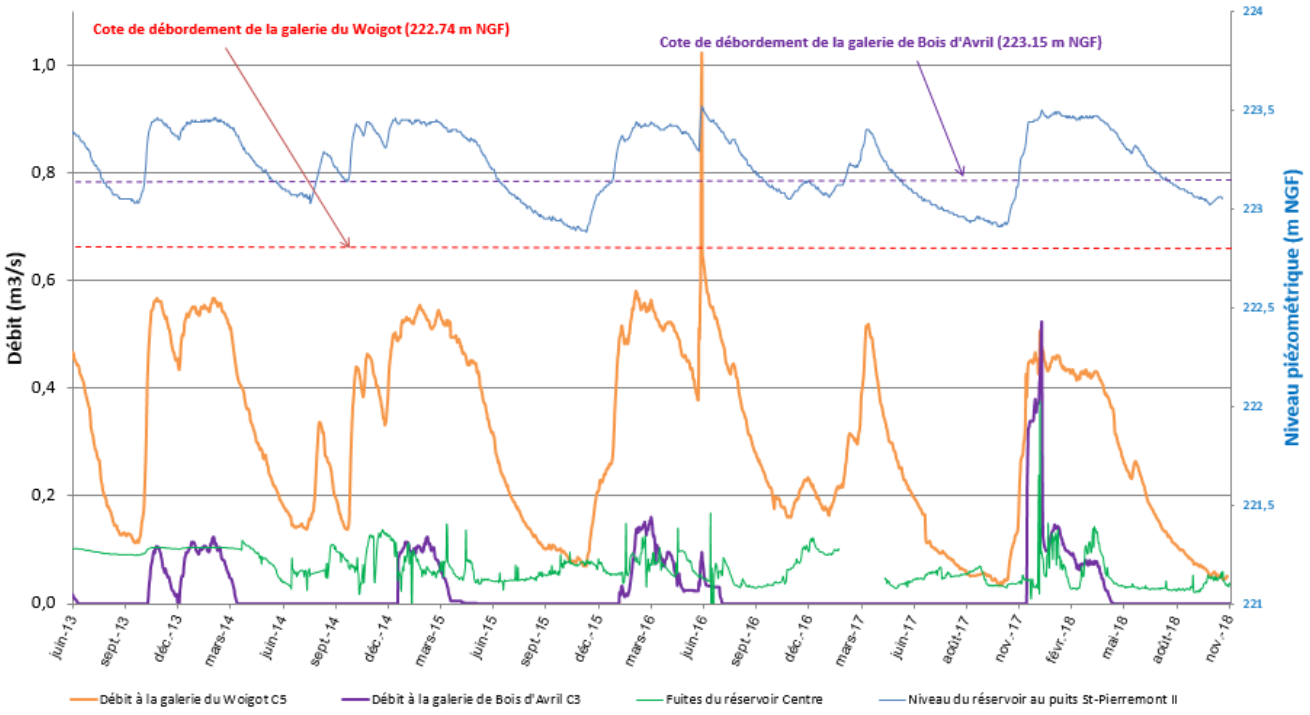


Piézométrie du réservoir Nord et situation par rapport aux moyennes, minimum et maximum interannuel après ennoyage

Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau du réservoir et le débit de débordement correspondant fluctuent de manière saisonnière, selon les apports de la pluie efficace, avec une période de hautes eaux de décembre à juin et de basses eaux de juillet à novembre. 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.

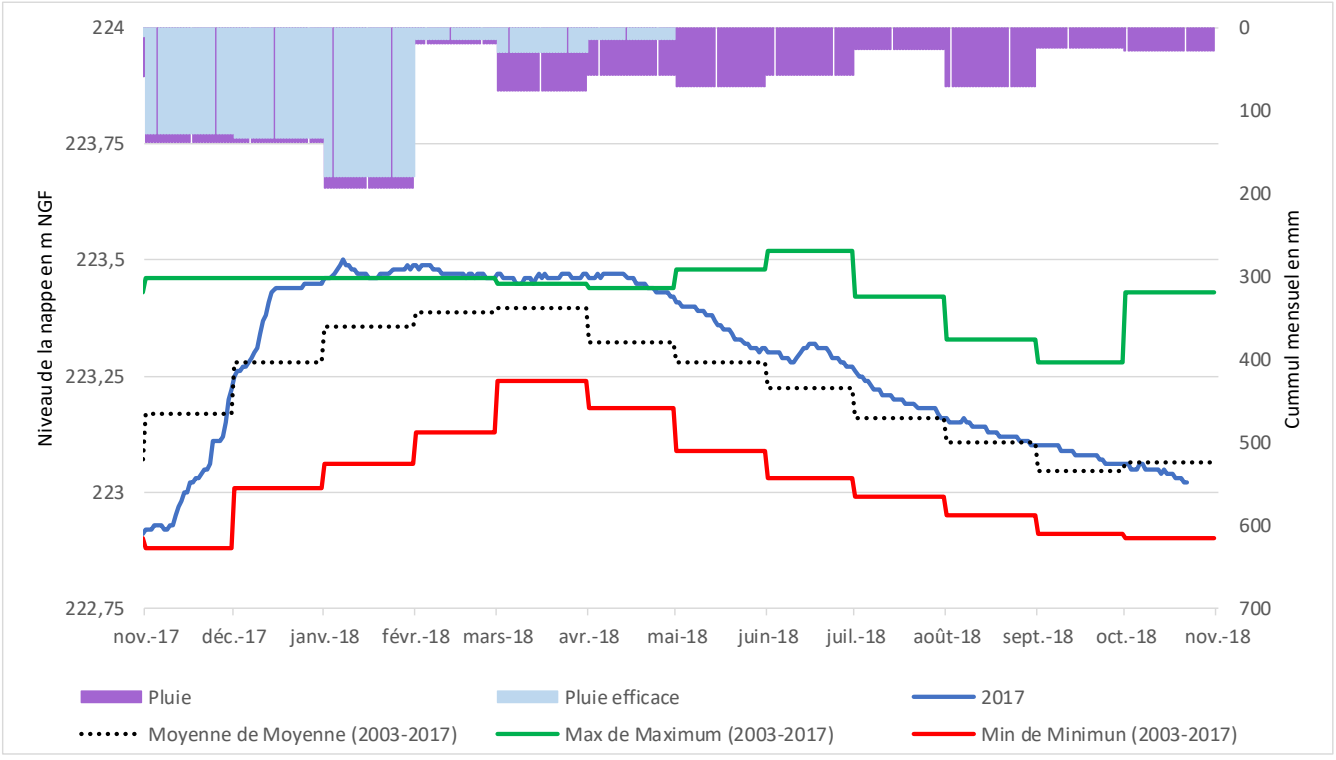
Après une bonne recharge hivernale, le réservoir a entamé sa décharge dès le mois de février. Sans nouveaux apports conséquents, le niveau piézométrique montre une baisse continue et passe sous la moyenne mensuelle à partir du mois de mai. Il atteint 208,1 m début novembre, valeur qui reste au dessus du niveau enregistré pour la même période en 2017 et en 2016.

Réservoir Centre – Piézométrie et débordement

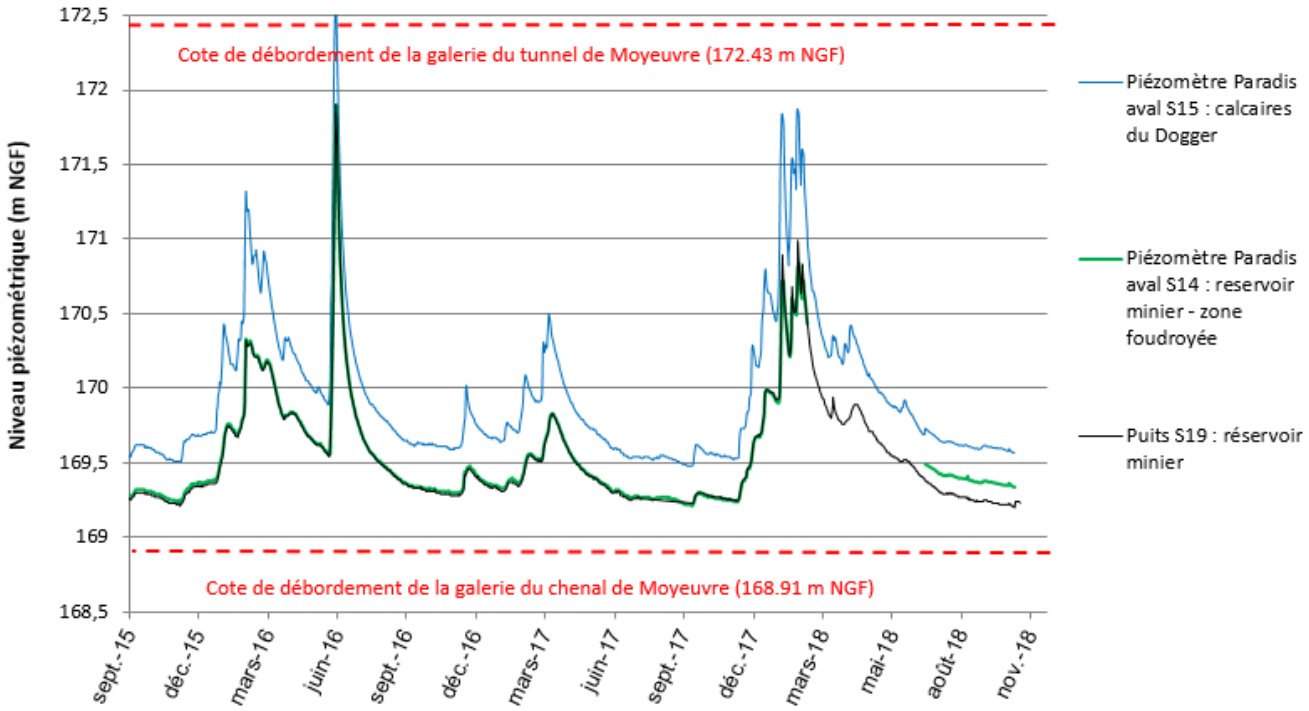


Le réservoir minier présente une grande inertie (battement observé de 0,60 m) du fait de son contrôle par les points de débordement situés à la cote 222,74 m (galerie du Woigot - C5) et 223,15 m (galerie de Bois d'Avril—C3) et des fuites au niveau du Chevillon.

Au cours de la période « basses eaux », les écoulements à la galerie du Bois d'avril n'ont pas été observés. Les écoulements à la galerie du Woigot montrent une baisse continue excepté un léger rebond en juin. A la suite d'une bonne recharge hivernale, le niveau piézométrique du réservoir minier mesuré au puits St-Pierremont II à Mancieulles (C16) se situe au-dessus des moyennes mensuelles sur l'ensemble de la période. La tendance est à la baisse et le niveau passe sous la moyenne mensuelle en octobre.



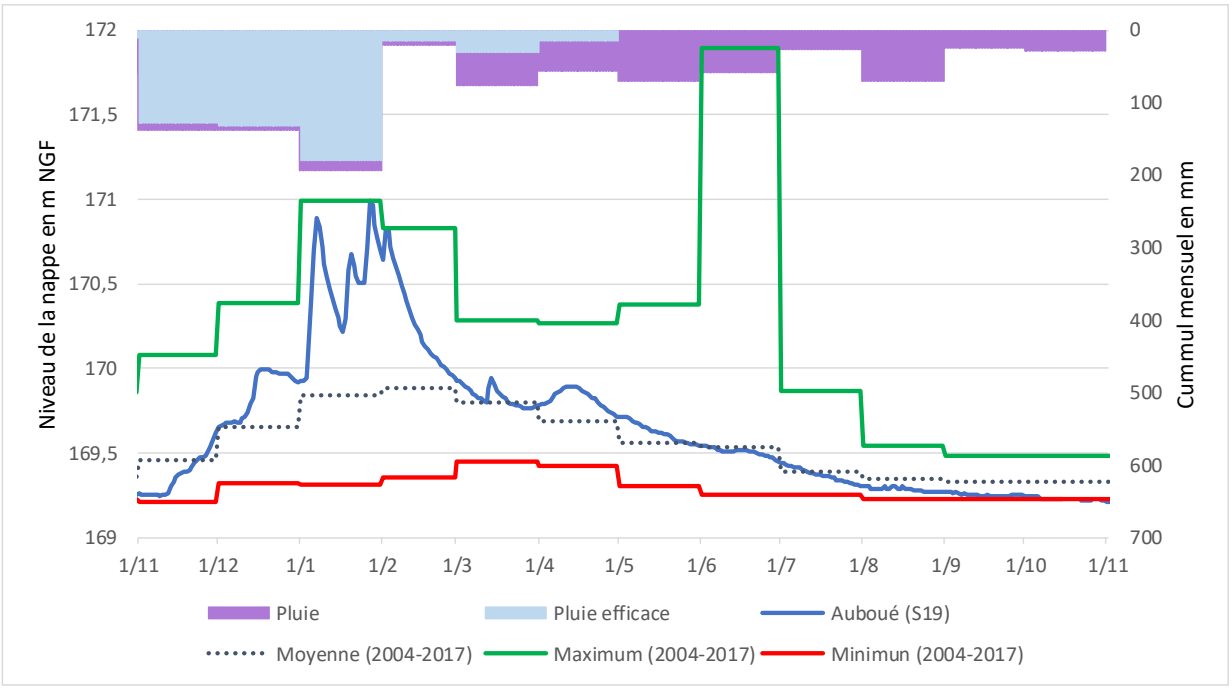
Réservoir Sud – Piézométrie et débordement



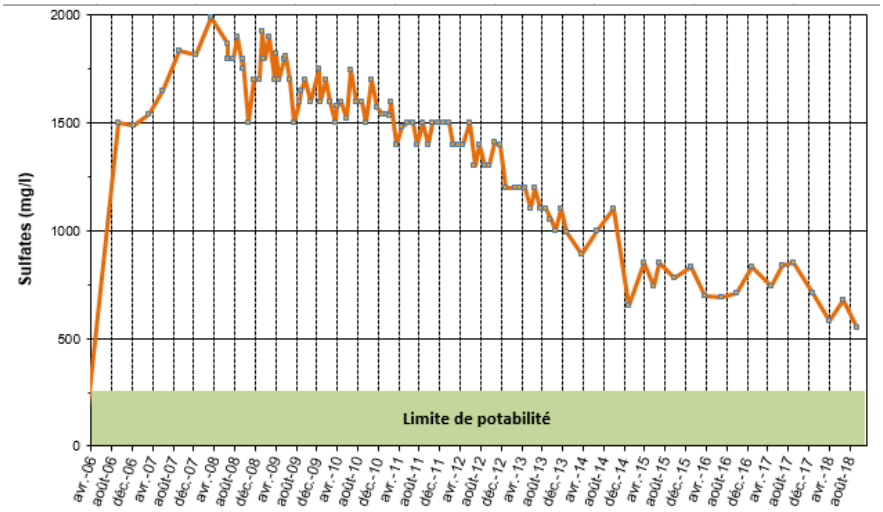
Le niveau du réservoir minier est contrôlé par son point de débordement situé à la cote 168,91 m NGF, la galerie du Chenal de Moyeuvre (S4) qui se déverse dans l'Orne. L'accès à cette station est très contraint : en période de hautes eaux en raison de fortes turbulences et en période d'étiage en raison de la présence de gaz dans la galerie. Depuis 2017, des mesures de débit en sortie du chenal sont réalisées à raison d'un minimum de deux mesures mensuelles. Un tableau de corrélation a été réalisé avec le niveau piézométrique du réservoir de manière à permettre le calcul des volumes annuels de 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 bien rechargé durant la période hivernale, puis par quelques apports en avril. Sur l'ensemble de la période « basses eaux », le niveau du réservoir minier enregistre une baisse continue jusqu'à passer sous la moyenne mensuelle à partir de mi-juillet et atteindre son niveau le plus bas pour un mois d'octobre. La tendance à la baisse se poursuit .

Le volume d'eau qui a débordé au cours de la période « basses eaux » 2018 est de 20,6 millions de m^3 .



Suivi des concentrations en sulfate



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 jusqu'en 2014 (-62%), la concentration en sulfate poursuit sa baisse mais de façon moins rapide.

Au cours de l'année 2018, les concentrations en sulfate mesurées sont comprises entre 710 (janvier) et 550 mg/l (septembre).

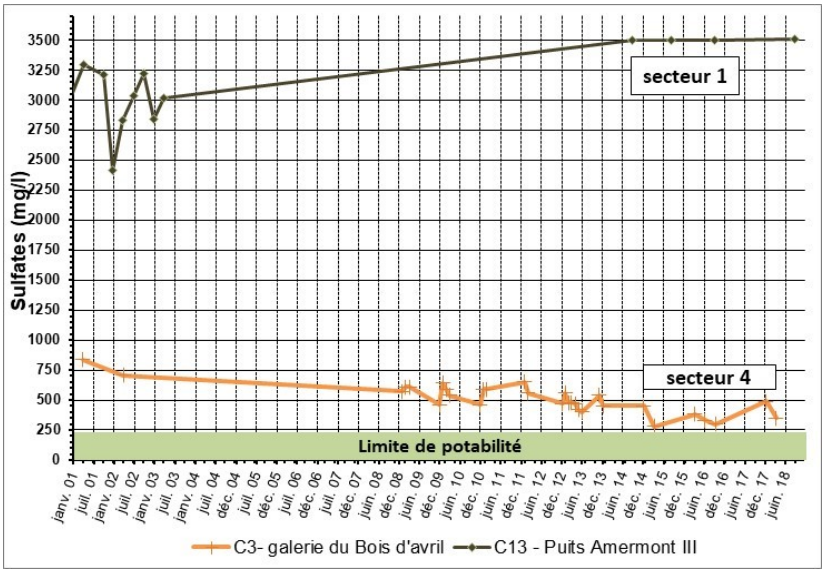
Ces concentrations restent bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l.

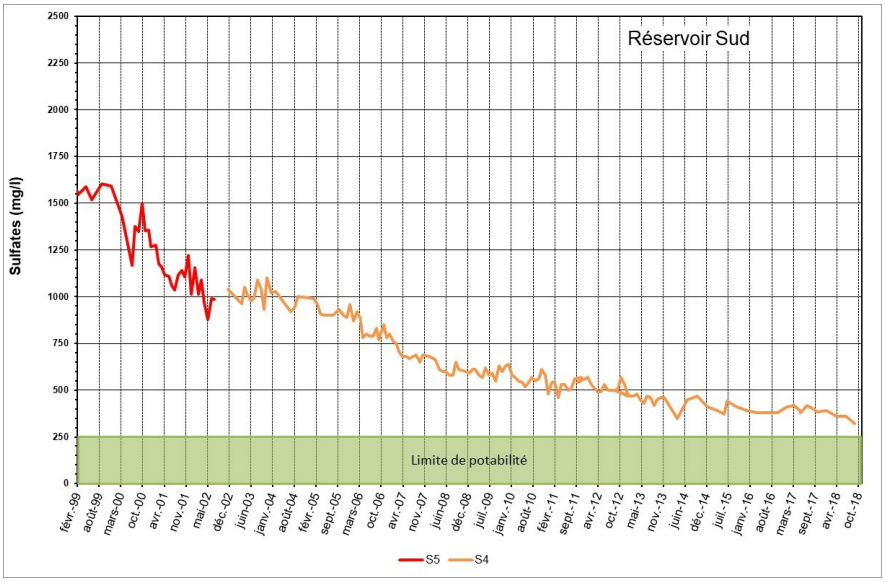
Deux situations très contrastées sont mises en évidence sur le réservoir Centre :

- A l'ouest (secteurs 1 & 2) où les concentrations en sulfate mesurées au droit du qualitomètre C13 restent très élevées, à 3 500 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 2018, les concentrations en sulfate mesurées au droit de la station C3 sont comprises entre 350 (avril) et 490 mg/l (janvier).

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





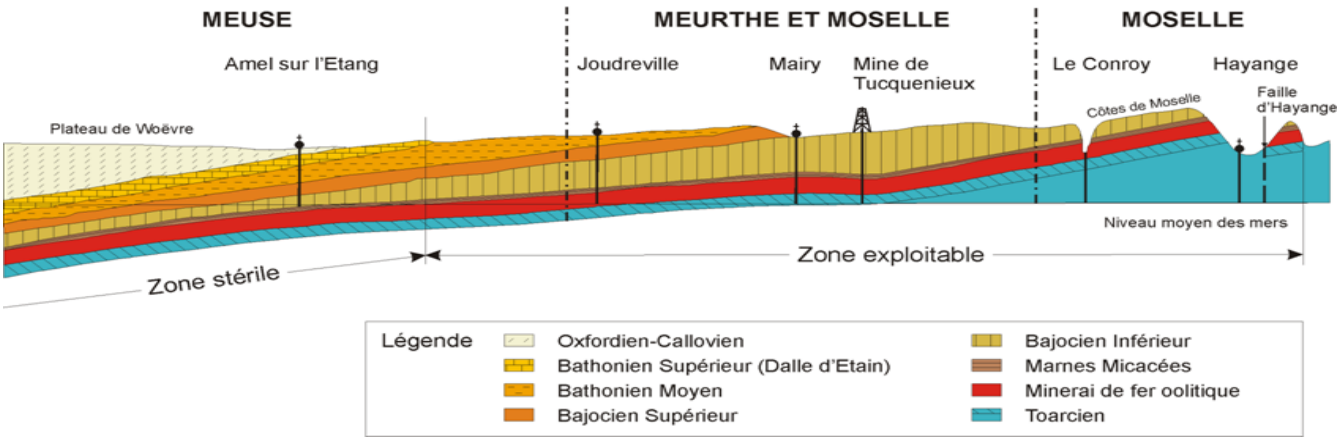
Au sein du réservoir Sud, le suivi des concentrations en sulfate est réalisé à partir de la station de la galerie du chenal de Moyeuvre (S4) .

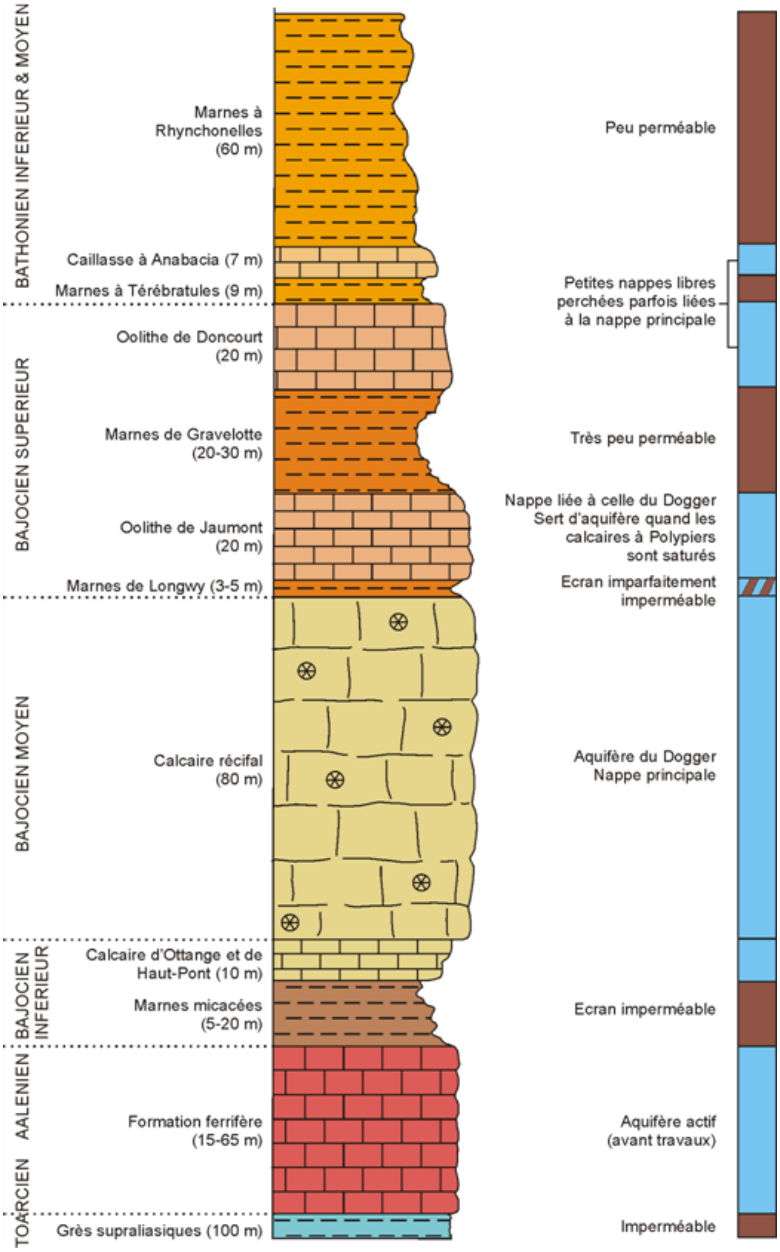
Après une forte tendance à la baisse des concentrations en sulfate observée au cours des premières années jusqu'en 2013 (- 71% des concentrations en sulfates par rapport à la valeur maximale post-ennoyage), cette tendance se poursuit mais de façon moins marquée.

En 2018, les résultats d'analyse confirment cette tendance avec des concentrations en sulfate mesurées entre 320 et 390 mg/l.

Cependant, ces concentrations restent supérieures au valeur seuil de potabilité de 250 mg/l (+62%).

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 importances : alluvions du Conroy et de l'Orne (non représentés sur le log ci-contre).

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

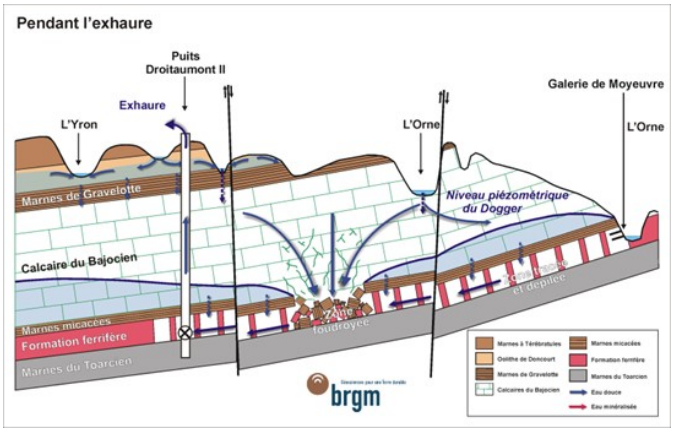
La nappe principale du Dogger : contenue dans les calcaires à polypiers du Bajocien moyen et dans les calcaires du Bajocien inférieur.

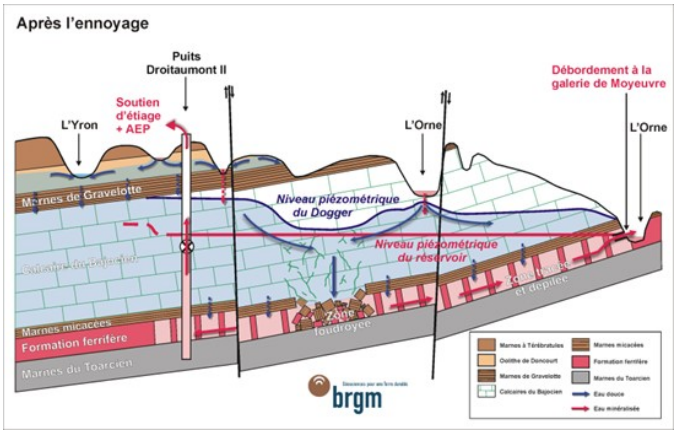
Les réservoirs miniers, dans la formation ferrifère : cet aquifère, modeste à l'état naturel, devient un véritable « réservoir » d'eau souterraine artificiel, lorsqu'il est percé de galeries ; un réservoir peut être rempli ou non d'eau (il peut être ennoyé, partiellement ennoyé ou non ennoyé).

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**.



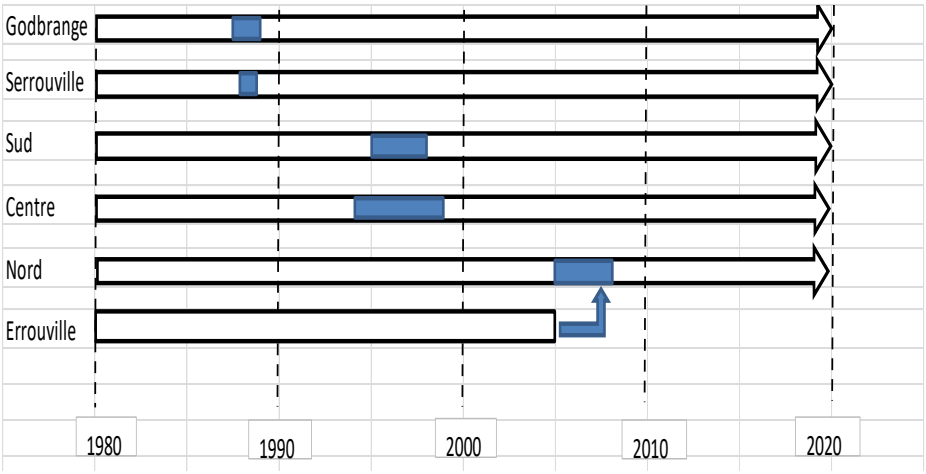


L'ennoyage des principaux réservoirs

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

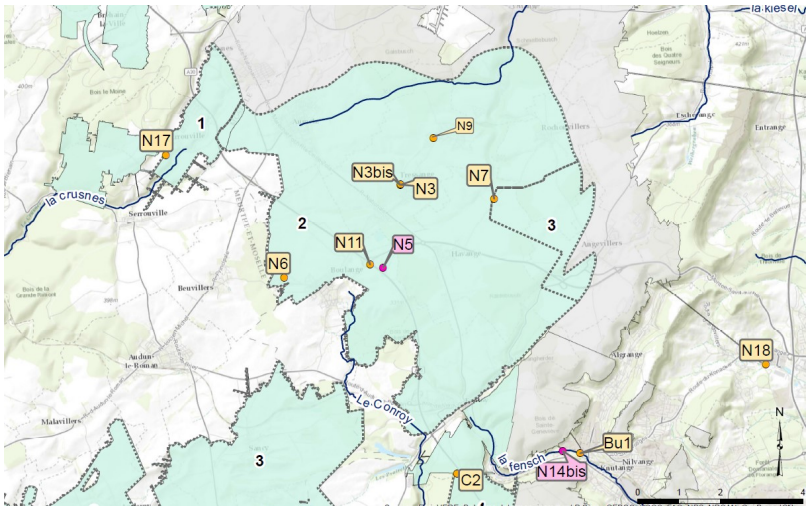
Depuis 20 ans dans le réservoir Sud

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 comportement asymptotique → **eau bien renouvelée**

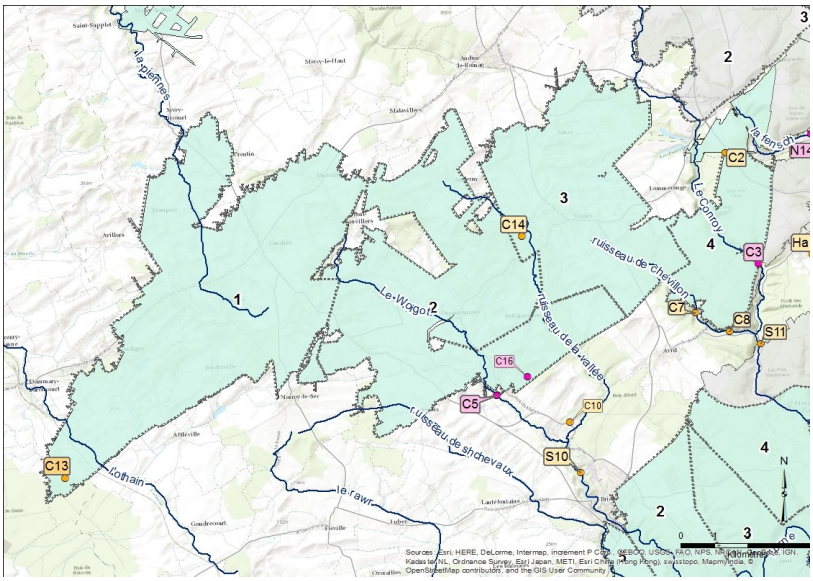
Réservoir Centre

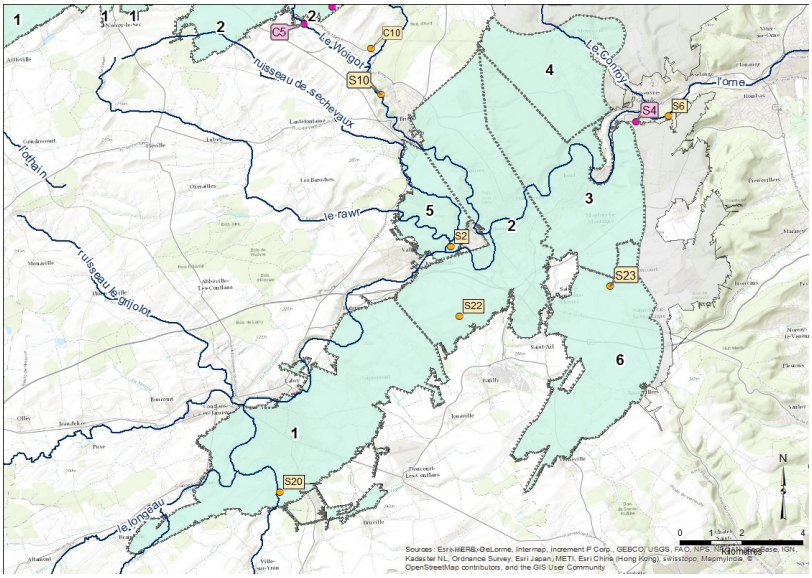
Quatre secteurs ont été identifiés au sein du Réservoir Centre : secteur 1 (C13), secteur 2 (C16, C5), secteur 3 (C14, C3) et secteur 4 (C8, C2).

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

Niveaux des aquifères

Qualité des aquifères

Débits de débordement

Banque ADES

HYDRO

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.ades.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/

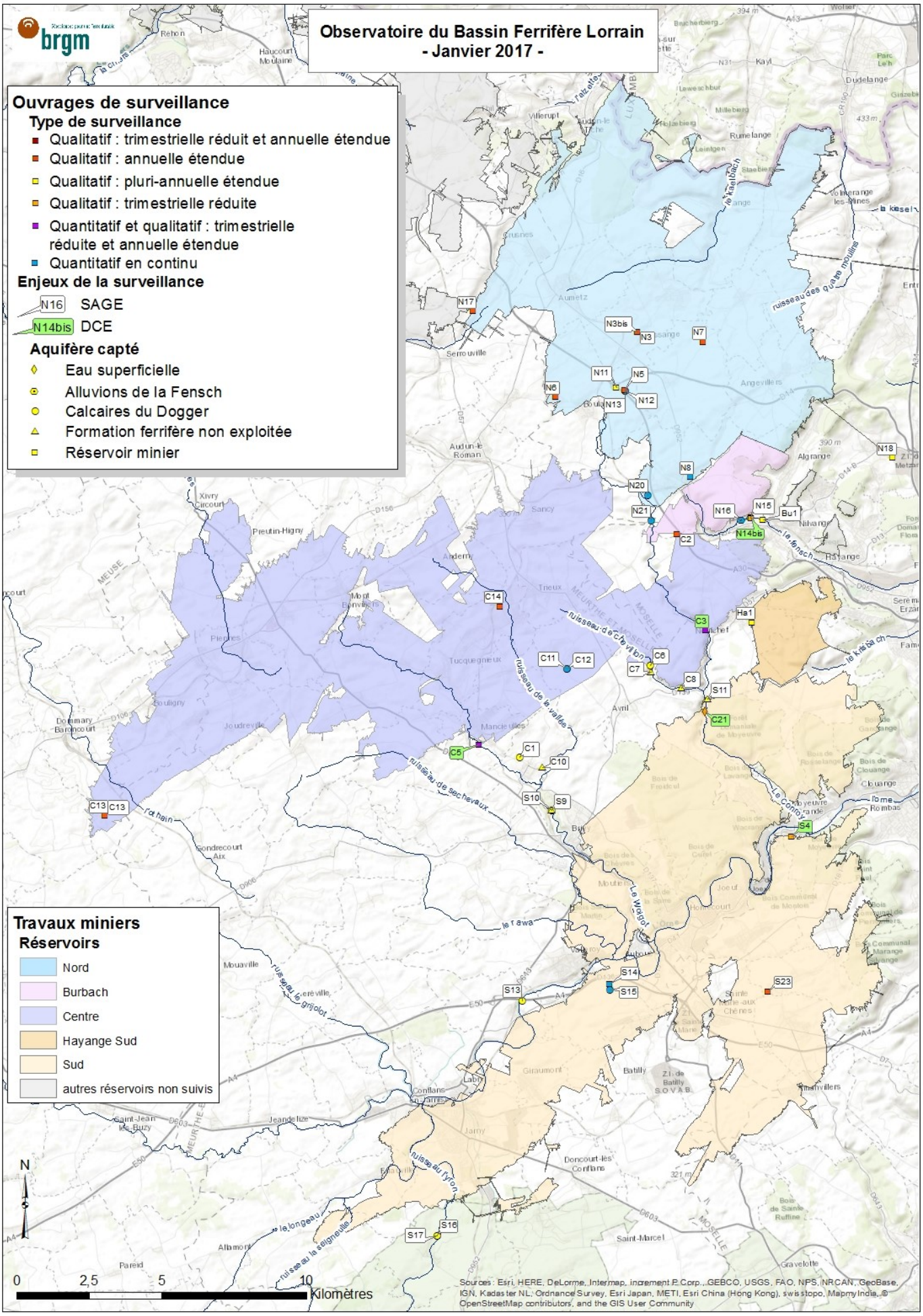
Stations permettant la surveillance du bassin ferrifère Lorrain

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	MOYEUVRE-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	NEUFCHEF	Réservoir minier
	01372X0198/P2	C16	Puits	MANCIEULLES	Réservoir minier
HAYANGE SUD	01374X0268/S	Ha1	Piézomètre	NEUFCHEF	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/PZAVAL	S11	Piézomètre	NEUFCHEF	Formation ferrifère non exploitée
	01378X0121/RC1	S23	Puits	RONCOURT	Réservoir minier
	01374X0273/G	S4	Galerie	MOYEUVRE-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


Observatoire du Bassin Ferrifère Lorrain
- Janvier 2017 -
Ouvrages de surveillance
Type de surveillance
Qualitatif : trimestrielle réduit et annuelle étendue
Qualitatif : annuelle étendue
Qualitatif : pluri-annuelle étendue
Qualitatif : trimestrielle réduite
Quantitatif et qualitatif : trimestrielle réduite et annuelle étendue
Quantitatif en continu
Enjeux de la surveillance
N16 SAGE
N14bis DCE
Aquifère capté
Eau superficielle
Alluvions de la Fensch
Calcaires du Dogger
Formation ferrifère non exploitée
Réservoir minier
Travaux miniers
Réservoirs
Nord
Burbach
Centre
Hayange Sud
Sud
autres réservoirs non suivis
N
0 2,5 5 10 Kilomètres
Sources : Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Hautes Eaux
Nov. 2017/ avril 2018

bassin ferrifère
surveillance eau
les chroniques d'information

Actualités marquantes du semestre

PLUVIOMETRIE : après une recharge hivernale excédentaire, la pluviométrie devient déficitaire sur 3 mois consécutifs à partir du mois de février.

Sommaire :

Piézométrie et débordement
Bassin Nord 2
Bassin Centre 3
Bassin Sud 4
Suivi des sulfates 5
Rappels hydrogéologiques 6
Sectorisation des réservoirs miniers 8
Accès aux données/ liens utiles 9
Liste des stations 10
Carte de localisation des stations 11



Piézomètre à Fontoy (N21)

BASSIN NORD

Piézométrie et débordement

Après un étiage prononcé en 2017, les pluies diluviennes de l'hiver ont apporté une bonne recharge du réservoir minier.

Qualité des eaux souterraines

Fin 2017 - début 2018, les concentrations en sulfate mesurées au point de débordement sont comprises entre 850 mg/l (septembre 2017) et 580 mg/l (avril 2018) - valeur la plus basse de la chronique.

BASSIN CENTRE

Piézométrie et débordement

Les écoulements à la galerie du Bois d'avril ont repris le 13/12 et ne se sont pas interrompus depuis. Le niveau du réservoir est au-dessus des normales saisonnières depuis décembre.

Qualité des eaux souterraines

La situation est très contrastée entre la partie ouest (secteurs 1 & 2) où les concentrations sont supérieures à 1 000 mg/l et la partie est (secteurs 3 & 4) où la tendance se maintient à la baisse avec des concentrations autour de 400 mg/l.



C3—galerie du Bois d'avril



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

BASSIN SUD

Piézométrie et débordement

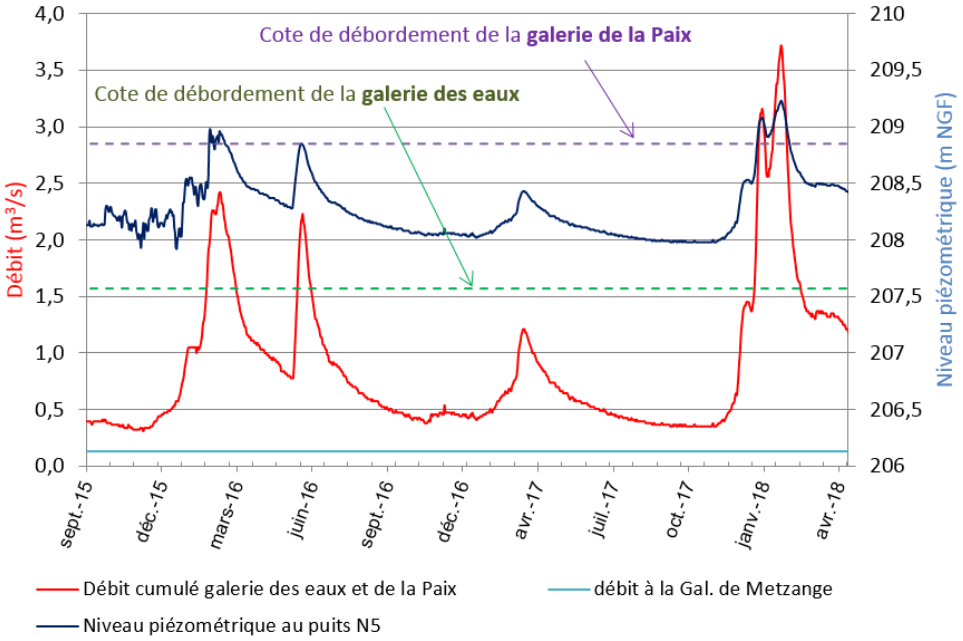
Le réservoir minier s'est bien rechargé avec les précipitations hivernales abondantes. Malgré une décharge précoce, les niveaux se maintiennent à des valeurs hautes jusqu'en avril.

Qualité des eaux souterraines

Après une forte baisse depuis l'ennoyage jusqu'en 2013, cette tendance se poursuit mais de façon moins marquée. Les concentrations mesurées au point de débordement varient entre 400 mg/l (septembre 2017) et 360 mg/l (avril 2018).

Contact : BRGM Direction régionale Grand-Est www.brgm.fr

Piézométrie et débordement – Réservoir Nord

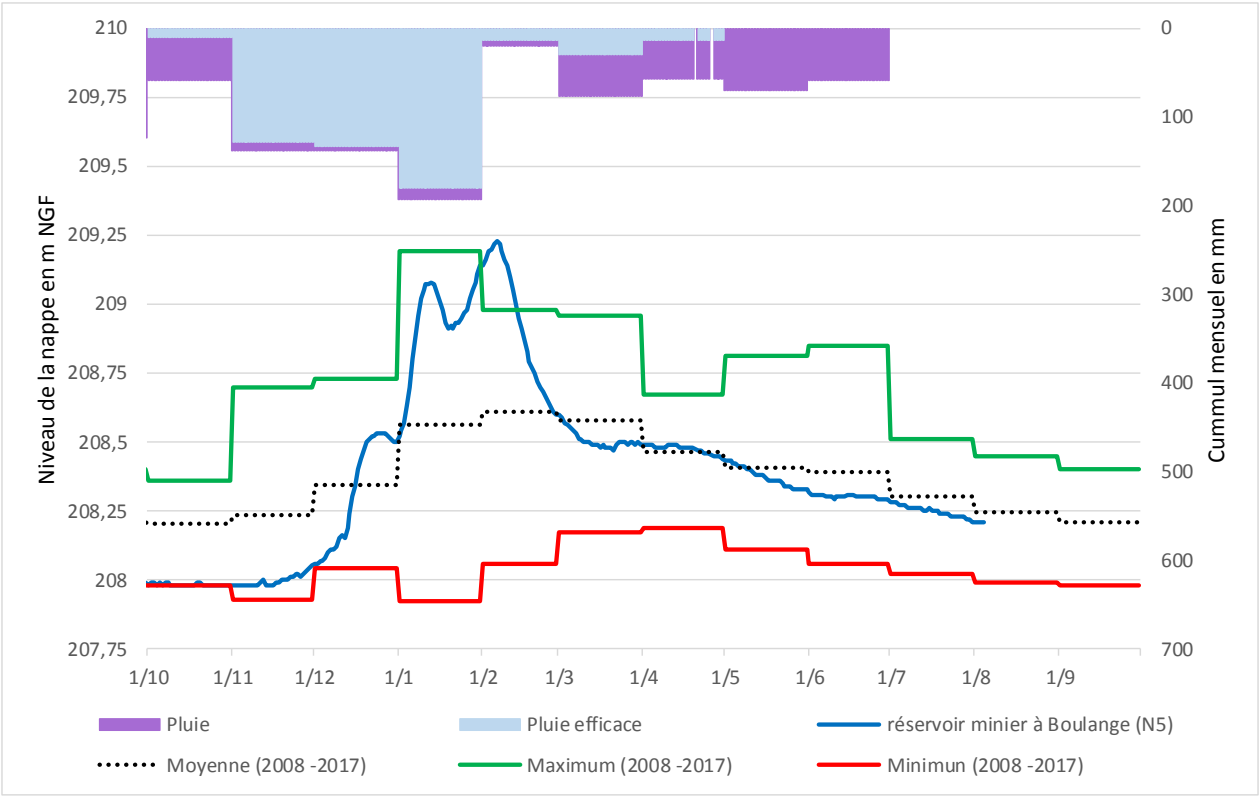


Débit de débordement et piézométrie du réservoir Nord.

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). Ces eaux débordent vers la Fensch.

La galerie de la Paix et la galerie des eaux ont fonctionné simultanément entre le 7 janvier et le 16 février 2018.

Le volume d'eau qui a débordé au cours de la période « hautes eaux » (novembre 2017 à avril 2018) **au droit du réservoir Nord est de 24,3 millions de m³.**

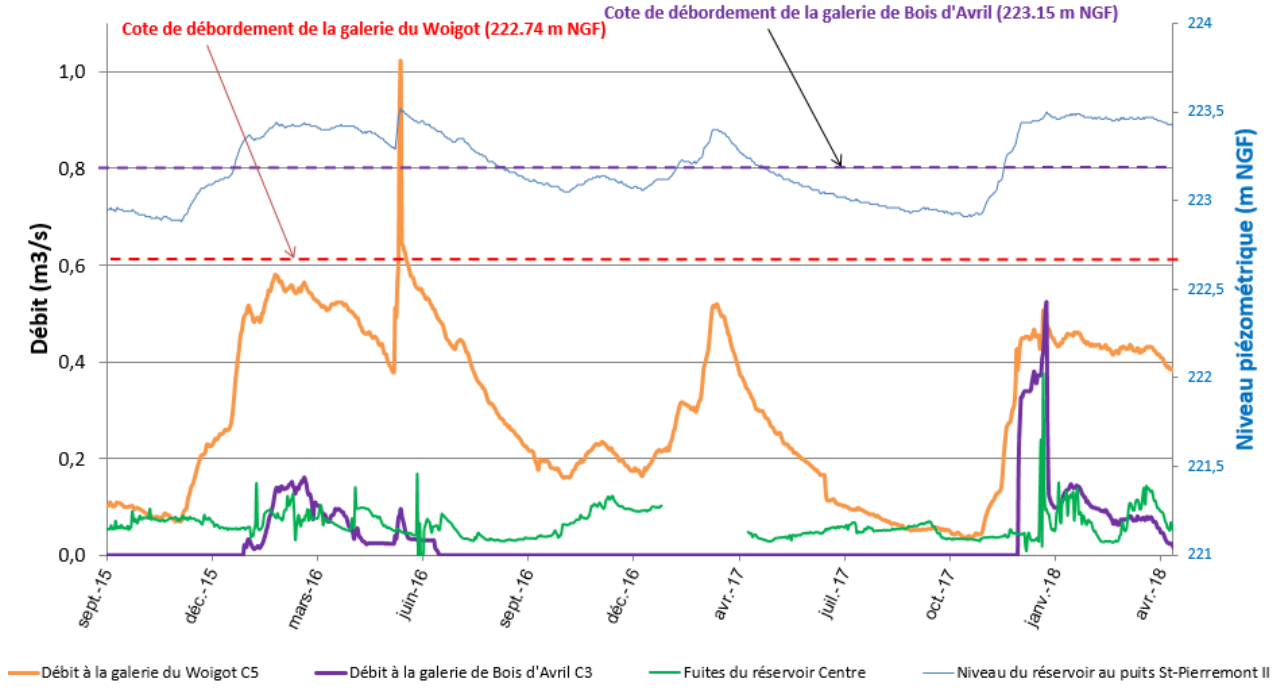


Piézométrie du réservoir Nord et situation par rapport aux moyennes, minimum et maximum interannuel après ennoyage

Depuis la fin de l'ennoyage, le niveau du réservoir et le débit de débordement correspondant fluctuent de manière saisonnière, selon les apports de la pluie efficace, avec une période de hautes eaux de décembre à juin et de basses eaux de juillet à novembre. Le niveau piézométrique du réservoir minier évolue entre les cotes 207,9 et 209,2 mètres avec un battement de 1,3 mètres et un niveau moyen situé à 208,4 mètres.

Après un étiage prononcé en 2017, les pluies diluviennes de l'hiver ont apporté une bonne recharge du réservoir minier. Son niveau a évolué ainsi du minimum enregistré depuis 2008 pour le mois d'octobre (207,98 m) à des valeurs au dessus des maximales enregistrées pour le mois de février (209,22 m). Sans nouvel apport conséquent de la pluie efficace, la décharge du réservoir s'est déclenché dès février et se poursuit. En avril, le niveau a atteint des valeurs conformes aux moyennes saisonnières mais la tendance est à la baisse et les valeurs passent sous la moyenne des moyennes à partir du mois de mai.

Piézométrie et débordement - Réservoir Centre

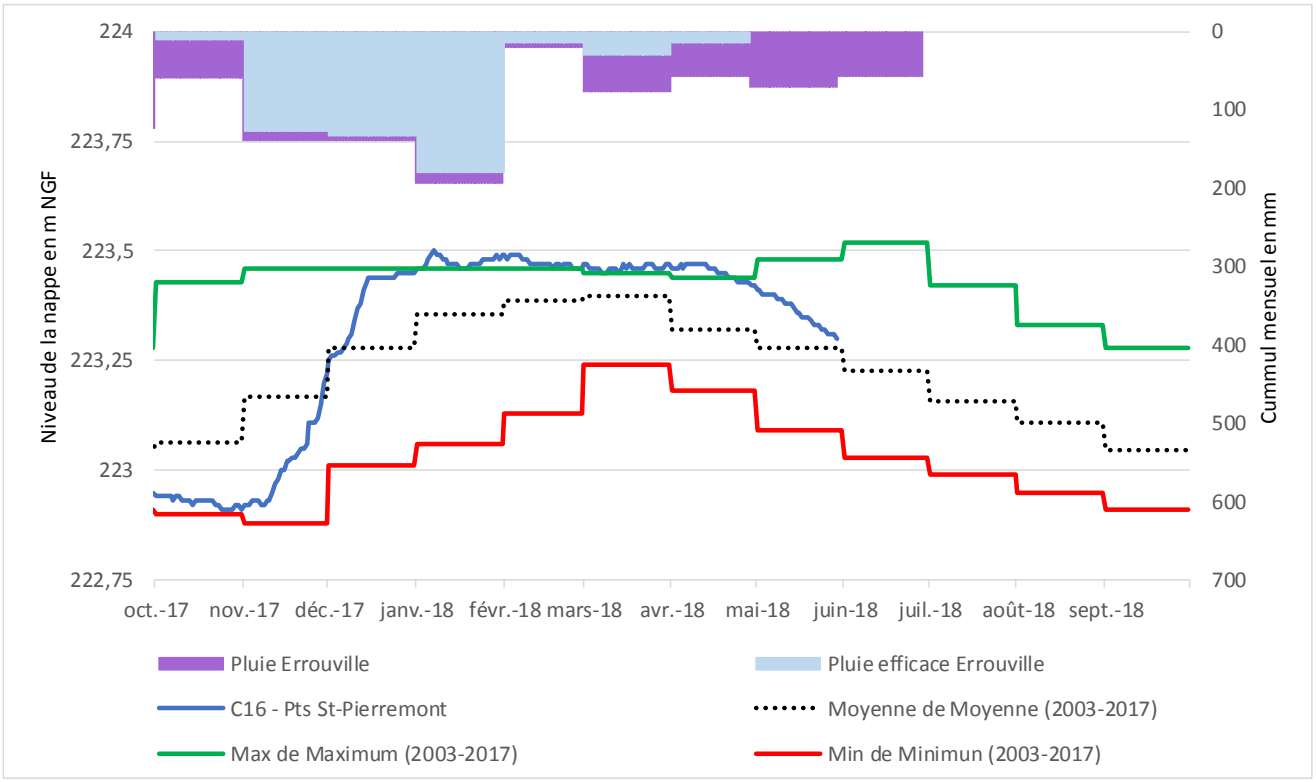


Débit de débordement et piézométrie du réservoir Centre

Le réservoir minier présente une grande inertie (battement observé de 0,64 m) du fait de son contrôle par les points de débordement situés à la cote 222,74 m (galerie du Woigot - C5) et 223,15 m (galerie de Bois d'Avril—C3) et des fuites au niveau du Chevillon.

Les écoulements à la galerie du Bois d'avril ont repris le 13/12/2017 et ne se sont pas interrompus depuis.

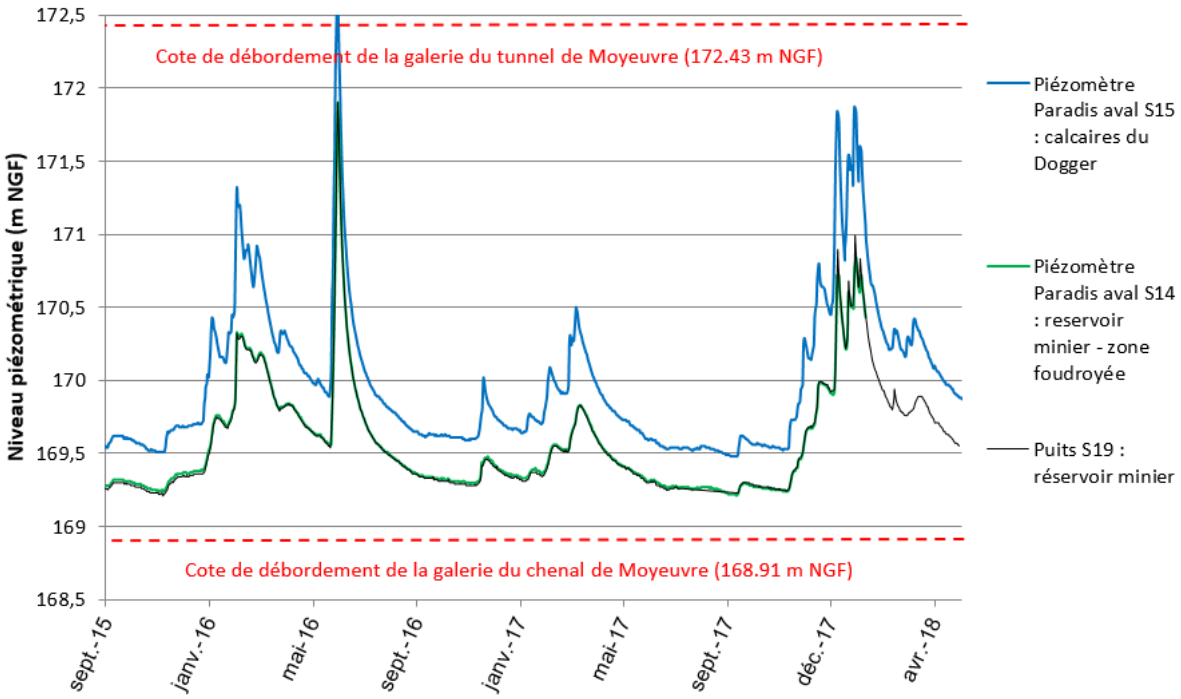
Le volume d'eau qui a débordé au cours de la période « hautes eaux » (novembre 2017 à avril 2018) **au droit du réservoir Centre est de 7,8 millions de m^3.**



Piézométrie du réservoir Centre et situation par rapport aux moyennes, minimum et maximum interannuel après ennoyage

Depuis décembre, le niveau du réservoir est au-dessus des normales saisonnières et au-delà de cotes maximales enregistrées depuis 2003. Moins réactif que les réservoirs Nord et Sud, il commence une décharge lente fin avril.

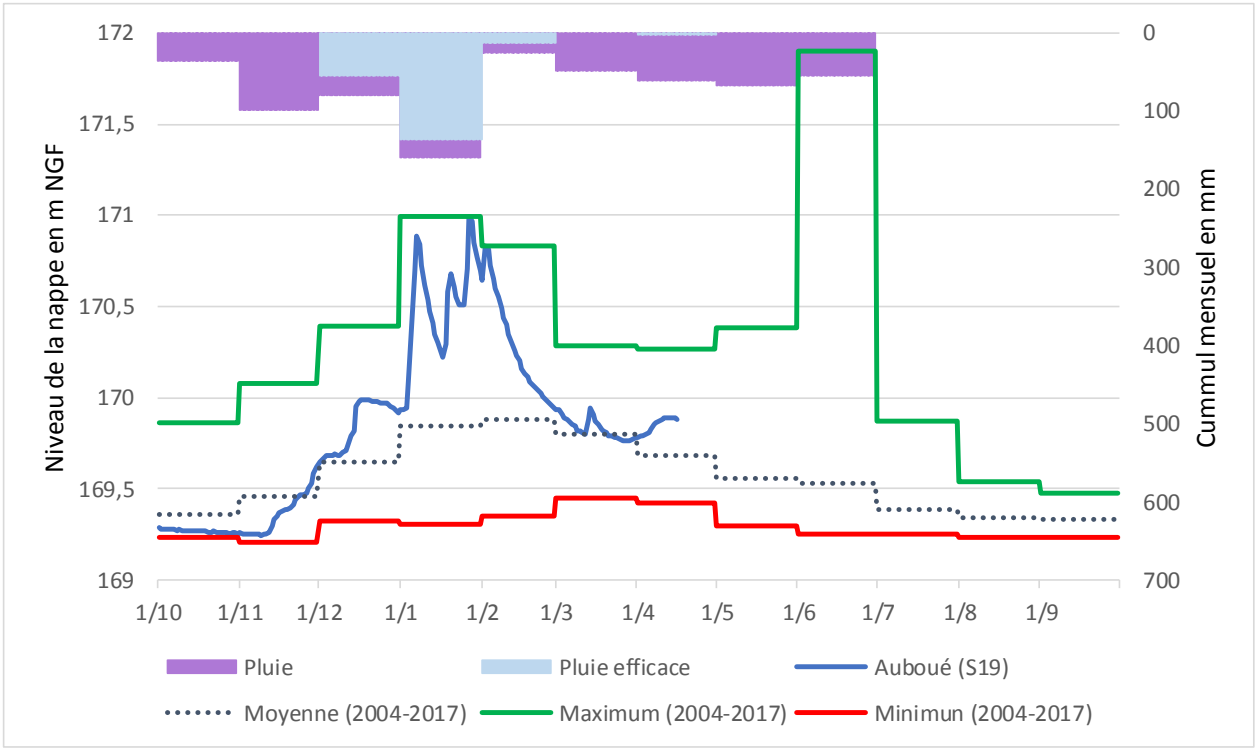
Piézométrie et débordement - Réservoir Sud



Débit de débordement et piézométrie du réservoir Sud.

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.

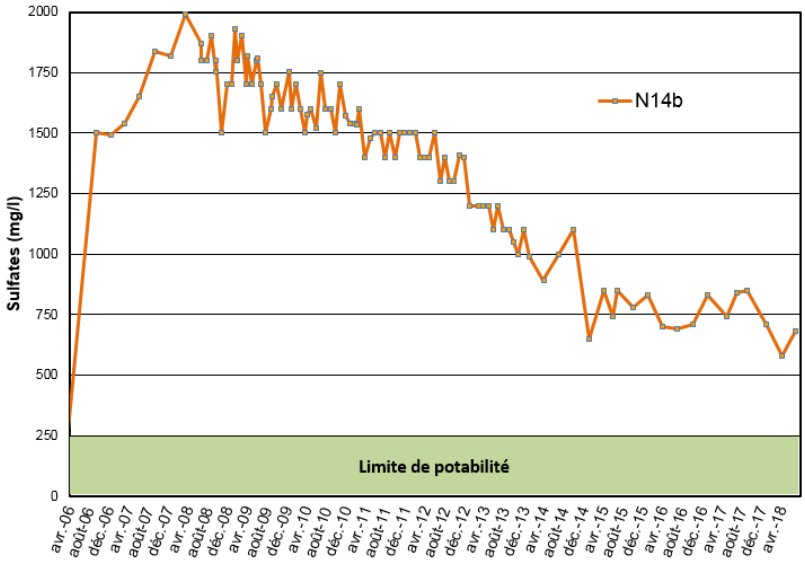
Très réactif à la pluviométrie, l'aquifère du Dogger, mesuré à la station S15, s'est bien rechargé avec les précipitations hivernales abondantes. Le réservoir minier suit la même tendance.



Piézométrie du réservoir Sud et situation par rapport aux moyennes, minimum et maximum interannuel après ennoyage

Après une très bonne recharge hivernale, le réservoir se décharge rapidement fin février perdant plus de 1 mètre. Les niveaux se maintiennent cependant à des valeurs hautes jusqu'en avril.

Suivi des concentrations en sulfate



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.

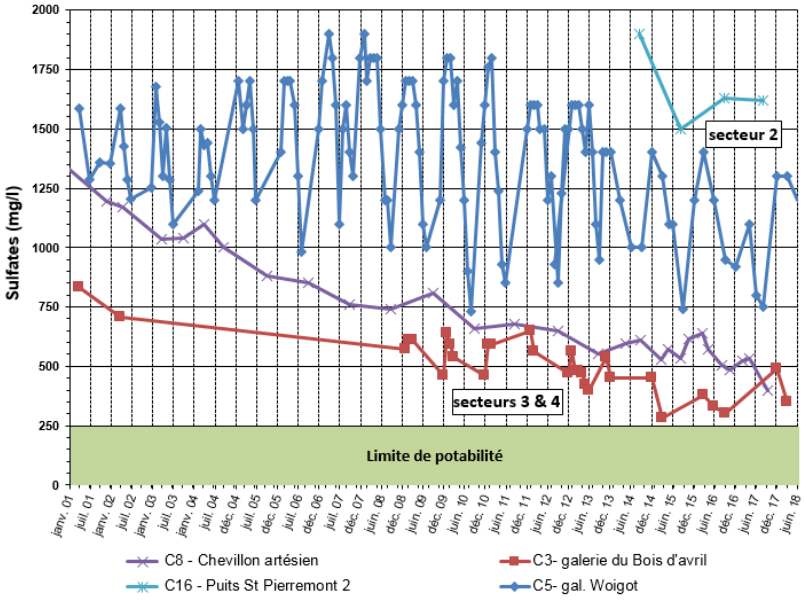
Fin 2017—début 2018, les concentrations en sulfate mesurées sont comprises entre 850 (septembre 2017) et 580 mg/l (avril 2018) - concentration la plus basse de la chronique. Ces concentrations restent bien supérieures au seuil de potabilité de 250 mg/l.

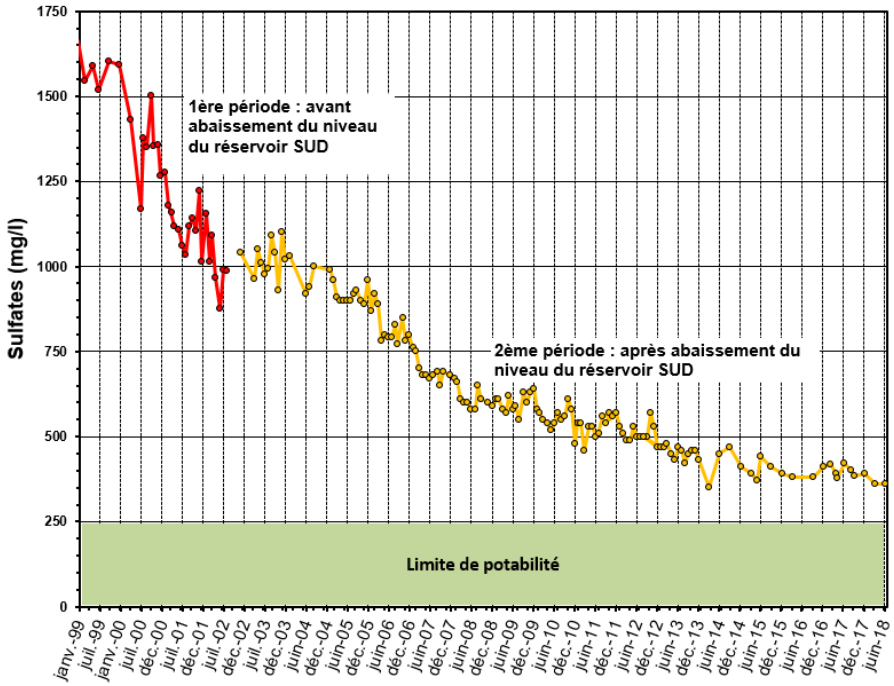
On constate que la concentration en sulfate est plus forte en période de basses eaux qu'en période de hautes eaux.

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 qualitomètre C16 et du point de débordement C5 restent très élevées malgré une tendance à la baisse. Elles se stabilisent à 1 600 mg/l au droit de C16 et fluctuent entre 750 (septembre 2017) et 1300 mg/l (avril 2018) en sortie du réservoir.

- A l'est (secteurs 3 & 4) où l'on observe une diminution progressive et constante des concentrations en sulfate mesurées au droit du qualitomètre C8 et du point de débordement C3, signe d'un bon renouvellement en eau. Fin 2017-début 2018, les concentrations en sulfate mesurées sont comprises entre 490 (janvier 2018) et 350 mg/l (avril 2018).



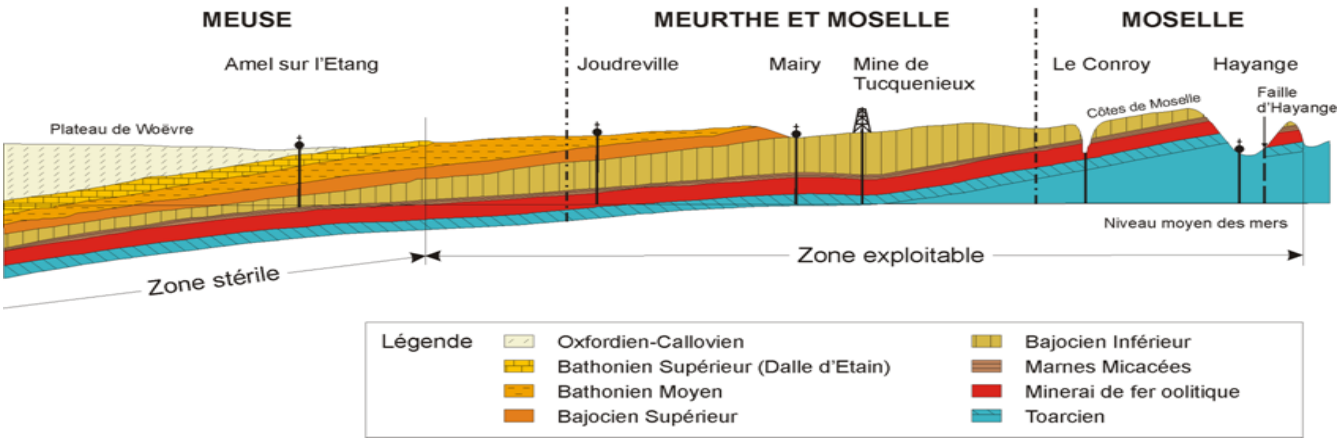


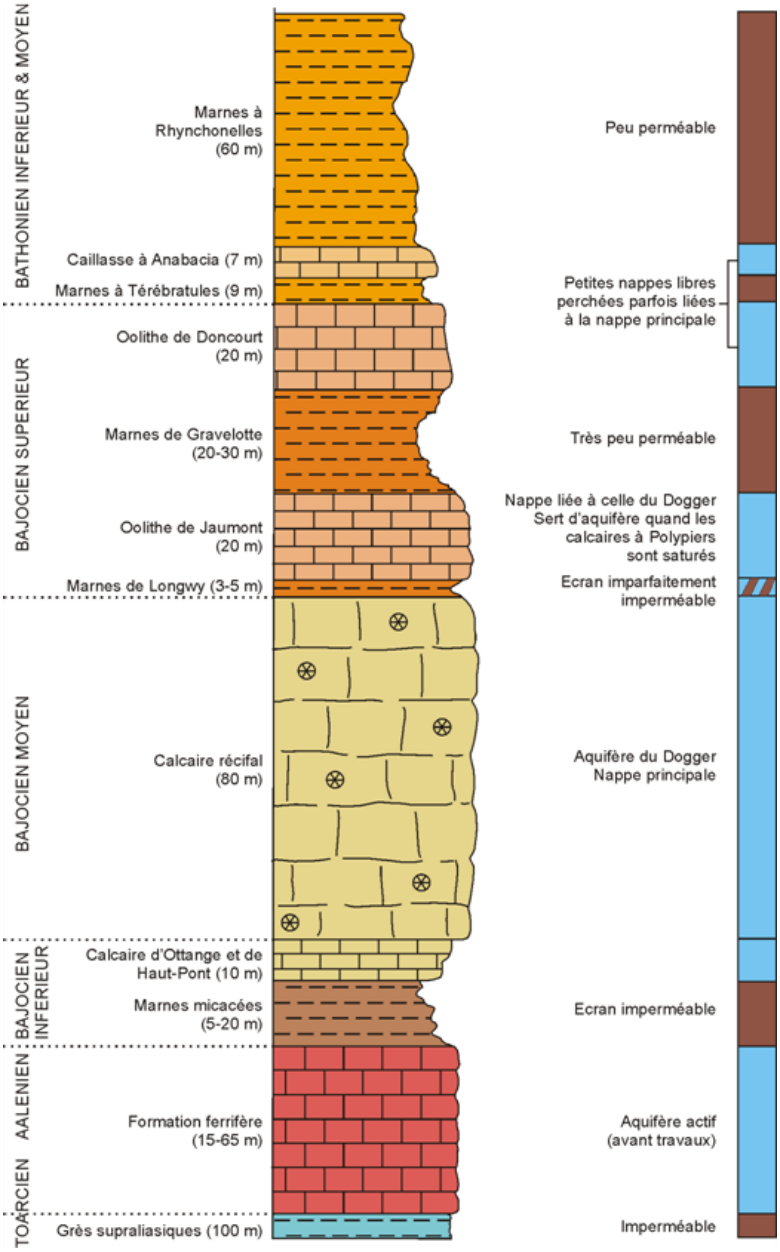
Après une forte tendance à la baisse des concentrations en sulfate observée au cours des premières années jusqu'en 2013 (- 71% des concentrations en sulfate par rapport à la valeur maximale post-ennoyage), cette tendance continue mais de façon moins marquée.

Fin 2017—début 2018, les résultats d'analyse confirment cette tendance avec des concentrations en sulfate mesurées entre 400 (septembre 2017) et 360 mg/l (avril 2018).

Cependant, ces concentrations restent supérieures à la valeur seuil de potabilité de 250 mg/l (+62%).

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 importances : alluvions du Conroy et de l'Orne (non représentés sur le log ci-contre).

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

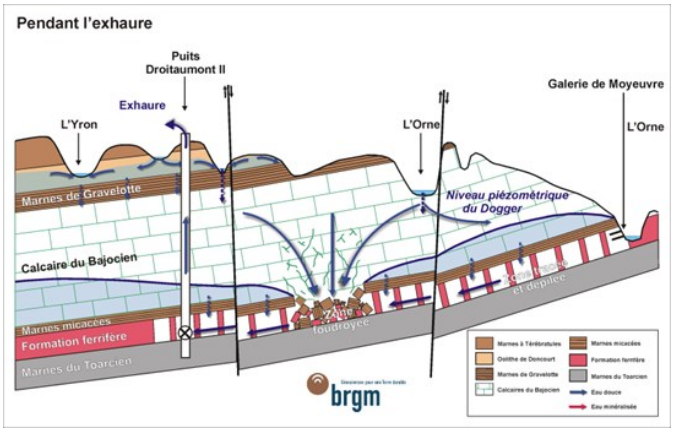
La nappe principale du Dogger : contenue dans les calcaires à polypiers du Bajocien moyen et dans les calcaires du Bajocien inférieur.

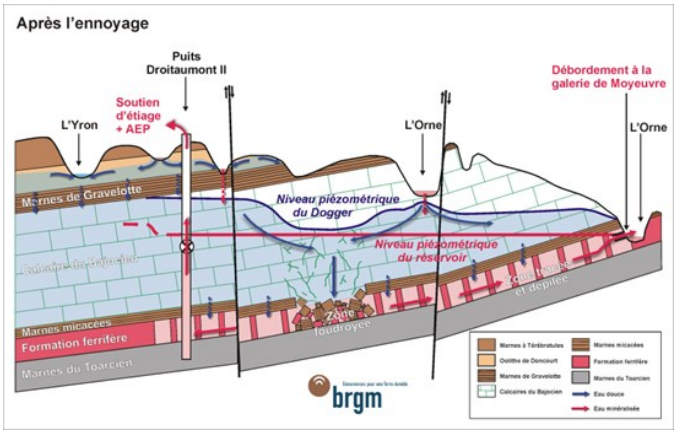
Les réservoirs miniers, dans la formation ferrifère : cet aquifère, modeste à l'état naturel, devient un véritable « réservoir » d'eau souterraine artificiel, lorsqu'il est percé de galeries ; un réservoir peut être rempli ou non d'eau (il peut être ennoyé, partiellement ennoyé ou non ennoyé).

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**.



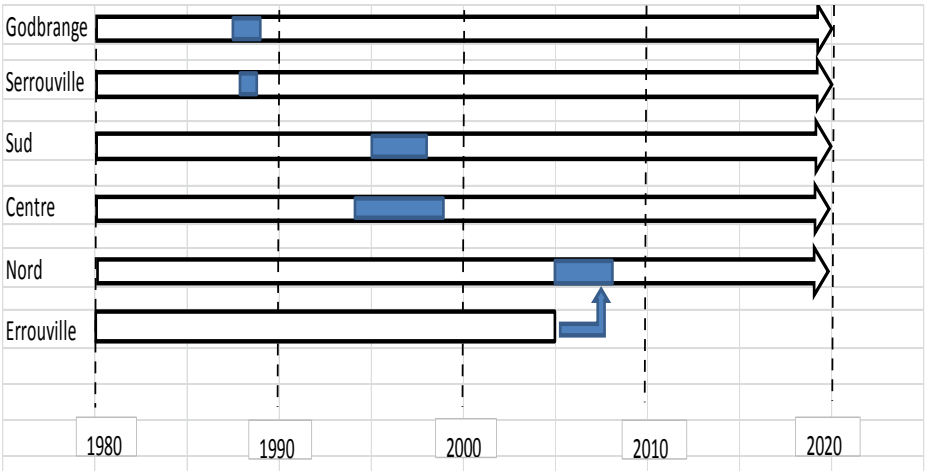


L'ennoyage des principaux réservoirs

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

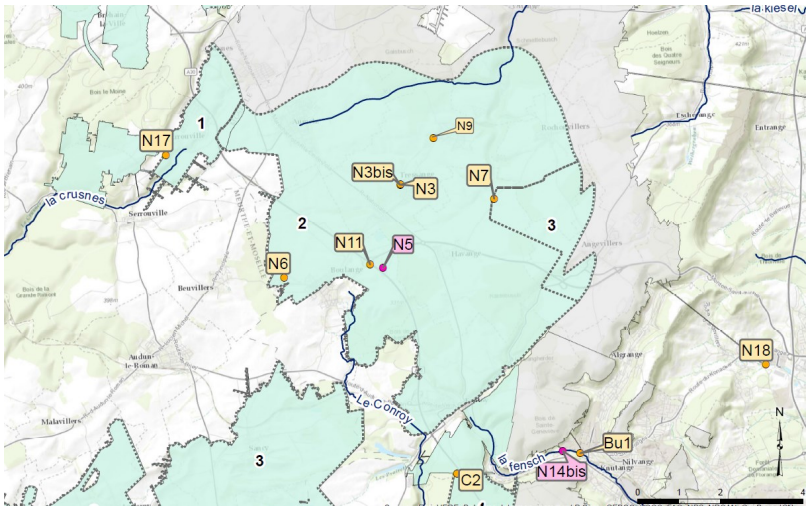
Depuis 20 ans dans le réservoir Sud

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 sulfate 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 sulfate 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 comportement asymptotique → **eau bien renouvelée**

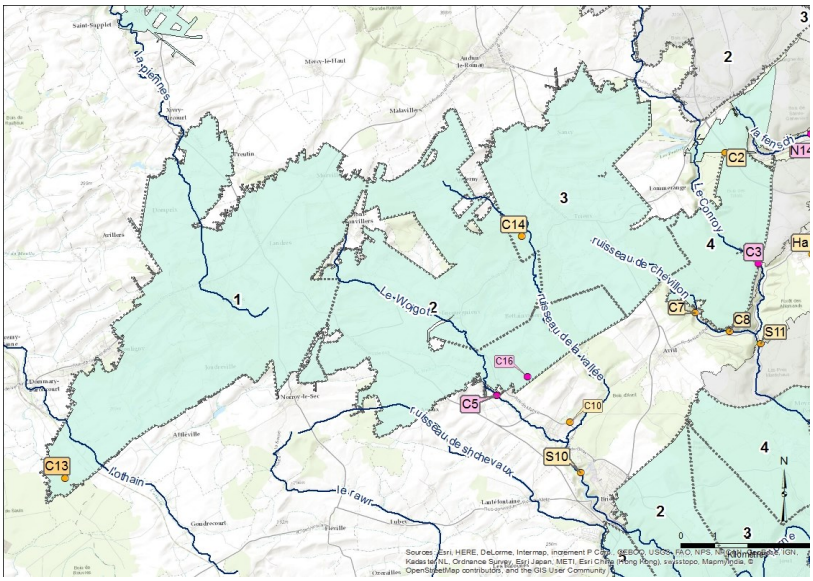
Réservoir Centre

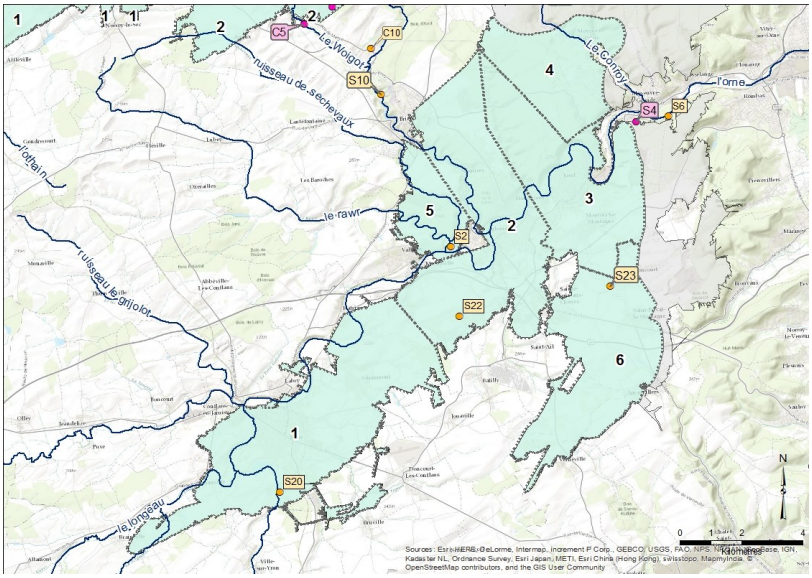
Quatre secteurs ont été identifiés au sein du Réservoir Centre : secteur 1 (C13), secteur 2 (C16, C5), secteur 3 (C14, C3) et secteur 4 (C8, C2).

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 sulfate 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

Niveaux des aquifères

Qualité des aquifères

Débits de débordement

Banque ADES

HYDRO

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.ades.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 de 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
	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	MOYEUVRE-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	NEUFCHEF	Réservoir minier
	01372X0198/P2	C16	Puits	MANCIEULLES	Réservoir minier
HAYANGE SUD	01374X0268/S	Ha1	Piézomètre	NEUFCHEF	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/PZAVAL	S11	Piézomètre	NEUFCHEF	Formation ferrifère non exploitée
	01378X0121/RC1	S23	Puits	RONCOURT	Réservoir minier
	01374X0176/P	S6	Galerie	Moyeuvre-Grande	Réservoir minier
	01376X0148/P2	S20	Puits	Jarny	Réservoir minier
	01377X0210/FR2	S2	Forage	Moineville	Réservoir minier
	01377X0213/P5	S22	Puits	Moineville	Réservoir minier
	01377X0221/F2	S3	Forage	Moineville	Réservoir minier
	01374X0273/G	S4	Galerie	MOYEUVRE-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

Carte de localisation des stations de surveillance

