



Suivi environnemental Rapport Annuel 2016 Eaux Souterraines



SOMMAIRE

1	PRESENTATION DES PLANS DE SUIVI ET DES PROTOCOLES DE MESURE	2
1.1	LOCALISATION.....	2
1.1.1	Suivi des impacts des activités du port sur les eaux souterraines	2
1.1.2	Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines et sources.....	4
1.1.3	Suivi de l'impact des activités de l'unité de préparation du minerai (UPM)	6
1.1.4	Suivi de l'impact des activités de l'usine	7
1.2	PROTOCOLES DE MESURE	8
1.2.1	Campagnes de mesures physico-chimiques	8
1.2.2	Mesures des paramètres physico-chimiques in situ	9
1.2.3	Analyse des hydrocarbures	9
1.2.4	Analyse des paramètres physico-chimiques en solution	9
1.2.5	Analyse des métaux	10
2	PRESENTATION DES RESULTATS.....	11
2.1	RAPPEL DES VALEURS REGLEMENTAIRES	11
2.1.1	Suivi de l'impact des activités du port sur les eaux souterraines.....	11
2.1.2	Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines	11
2.1.3	Suivi de l'impact des activités de l'unité de préparation du minerai (UPM) sur les eaux souterraines	11
2.1.4	Suivi de l'impact des activités de l'usine sur les eaux souterraines.....	11
2.2	BILAN DES CAMPAGNES DE MESURE	12
2.2.1	Données disponibles pour le Port	12
2.2.2	Données disponibles pour le parc à résidus de la Kwé Ouest.....	13
2.2.3	Données disponibles pour l'Unité de Préparation du Minerai	16
2.2.4	Données disponibles pour l'Usine.....	16
2.3	RESULTATS	18
2.3.1	Suivi de l'impact des activités du Port sur les eaux souterraines	18
2.3.2	Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines de la Kwé Ouest 20	
2.3.3	Suivi de l'impact des activités de l'Usine sur les eaux souterraines	45
2.3.4	Suivi de l'impact des activités de l'UPM sur les eaux souterraines	60
3	ANALYSE DES RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	67
3.1	SUIVI DE L'IMPACT DES ACTIVITES DU PORT SUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	67
3.2	SUIVI DE L'IMPACT DES ACTIVITES DU PARC A RESIDUS SUR LES EAUX SOUTERRAINES	67
3.3	SUIVI DE L'IMPACT DES ACTIVITES DE L'USINE SUR LES EAUX SOUTERRAINES	68
3.4	SUIVI DE L'IMPACT DES ACTIVITES DE L'UPM SUR LES EAUX SOUTERRAINES	68

4 BILAN DES NON-CONFORMITES.....	69
CONCLUSION	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Localisation et description des points de suivi du port	2
Tableau 2 : Localisation et description des points de suivi du parc à résidus	4
Tableau 3 : Localisation et description des points de suivi de l'UPM	6
Tableau 4 : Localisation et description des points de suivi de l'usine	7
Tableau 5 : Méthode d'analyse pour les paramètres physico-chimiques	9
Tableau 6 : Méthodes d'analyse pour les métaux	10
Tableau 7 : Valeurs indicatives suivant l'arrêté n°891-2007/PS	11
Tableau 8 : Valeurs réglementaires suivant l'arrêté n°1466-2008/PS	11
Tableau 9 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines pour le Port	12
Tableau 10 : Données disponibles sur les piézomètres de la Kwé Ouest à fréquence de suivi semestriel	13
Tableau 11 : Données disponibles sur les trois piézomètres de la Kwé Ouest à fréquence de suivi mensuel.....	15
Tableau 12 : Données disponibles pour le suivi des résurgences de la Kwé Ouest	15
Tableau 13 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines de l'UPM	16
Tableau 14 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines de l'Usine	16
Tableau 15 : Comparaison des conductivités obtenues aux sources WK17 et WK20 pour la période de 2014 à 2016	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation des piézomètres du port	3
Figure 2 : Carte de localisation des piézomètres du parc à résidus	5
Figure 3 : Carte de localisation des piézomètres de l'Unité de Préparation du Minerai	6
Figure 4 : Carte de localisation des piézomètres de l'usine	8
Figure 5 : Résultats du suivi du Port – pH, Conductivité, HT et DCO.....	18
Figure 6 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe A) – pH, conductivité, nitrates, sulfates, chlorures, et manganèse, magnésium.....	21
Figure 7 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe B) – pH, conductivité, sulfates et manganèse.....	25
Figure 8 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe C) – pH, conductivité, sulfates et manganèse.....	28
Figure 9 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe D) – pH, conductivité, chlorure, sulfate et manganèse	31
Figure 10 : Résultats du suivi piézométrique mensuel de la Kwe Ouest – conductivité, sulfate, magnésium, calcium et manganèse	35
Figure 11 : Résultats du suivi en continu des piézomètres de la Kwé Ouest	38
Figure 12 : Mesures de pH des stations WK17 et WK20 entre janvier 2010 et juillet 2016	39
Figure 13: Mesures de conductivité des stations WK17 et WK20 entre janvier 2010 et Juillet 2016.....	40
Figure 14: Concentration en sulfates des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et juillet 2016.....	41
Figure 15 : Concentration en manganèse des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et juillet 2016	42
Figure 16: Concentration en magnésium des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et juillet 2016	43
Figure 18 : Suivi des mesures continues aux sources WK17 et WK20.....	44
Figure 19 : Résultats du suivi piézométrique dans les horizons latéritiques sur le secteur de l'Usine–conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC	46
Figure 20 : Résultats du suivi piézométrique dans les horizons saprolitiques sur le secteur de l'Usine–conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC	54
Figure 21 : Résultats du suivi piézométrique sur le secteur de l'Unité de préparation du minerai–conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC	61

SIGLES ET ABREVIATIONS**Lieux**

Anc M	Bassin Versant de l'ancienne mine
BPE	Baie de Prony Est
CBN	Creek Baie Nord
dol XW	Doline Xéré Wapo
KB	Kuébini
KJ	Kadji
KO	Kwé Ouest
KP	Kwé Principale
SrK	Source Kwé
TB	Trou Bleu
UPM	Unité de Préparation du Minerai

Organismes

CDE	Calédonienne des Eaux
-----	-----------------------

Paramètres

Ag	Argent
Al	Aluminium
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
Ca	Calcium
CaCO ₃	Carbonates de Calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COT	Carbone Organique Total
Cr	Chrome
CrVI	Chrome VI
Cu	Cuivre
DBO ₅	Demande Biologique en oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
F	Fluor
Fe	Fer
FeII	Fer II
HT	Hydrocarbures Totaux
K	Potassium
Li	Lithium
MES	Matières en suspension
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
Na	Sodium
NB	Nota Bene
NH ₃	Ammonium
Ni	Nickel
NO ₂	Nitrites
NO ₃	Nitrates
NT	Azote Total
P	Phosphore

Pb	Plomb
pH	Potentiel Hydrogène
PO4	Phosphates
S	Soufre
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
Si	Silice
SiO2	Oxyde de Silicium
Sn	Etain
SO4	Sulfates
Sr	Strontium
T°	Température
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
Te	Tellure
Th	Thorium
Ti	Titane
Tl	Thallium
U	Uranium
V	Vanadium
WJ	Wadjana
Zn	Zinc
Autre	
IBNC	Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie
IIB	Indice d'Intégrité Biotique
N°	Numéro

INTRODUCTION

Implanté dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, aux lieux-dits « Goro » et « Prony-Est » sur les communes de Yaté et du Mont-Dore, le complexe industriel (usine, mine, port) détenu par Vale Nouvelle-Calédonie, a pour objectif d'extraire du minerai latéritique et de le traiter par un procédé hydrométallurgique, visant à produire 60 000 t/an de nickel et 4 500 t/an de cobalt. En 2017, l'objectif de production annuel est 43529 tonnes de nickel.

Les activités liées au projet Vale Nouvelle-Calédonie se répartissent sur plusieurs bassins versants : la Baie de Prony, le creek de la Baie Nord et trois des bras amont de la Kwé (Kwé Ouest, Nord et Est).

Afin de mesurer les impacts potentiels des activités liées au projet, des campagnes de suivi sont mises en place. Ces campagnes seront effectuées notamment conformément aux arrêtés N° 891-2007/PS du 13 juillet 2007, N°1467-2008/PS du 9 octobre 2008, et N° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008 correspondant respectivement aux prescriptions des ICPE du port, de l'usine et de l'unité de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine, et du parc à résidus.

1 PRESENTATION DES PLANS DE SUIVI ET DES PROTOCOLES DE MESURE

1.1 Localisation

La localisation des piézomètres dédiés au suivi des impacts des différentes installations du projet Vale Nouvelle-Calédonie est décrite dans les paragraphes suivants.

1.1.1 Suivi des impacts des activités du port sur les eaux souterraines

L'arrêté N° 891-2007/PS du 13 juillet 2007, qui autorise notamment l'exploitation du port, prévoit l'installation de trois piézomètres pour le suivi des eaux souterraines du port.

Ces trois piézomètres sont décrits dans le tableau 1 et présentés sur la figure 1. Ils se situent à proximité des installations de stockage de fioul lourd et de gasoil.

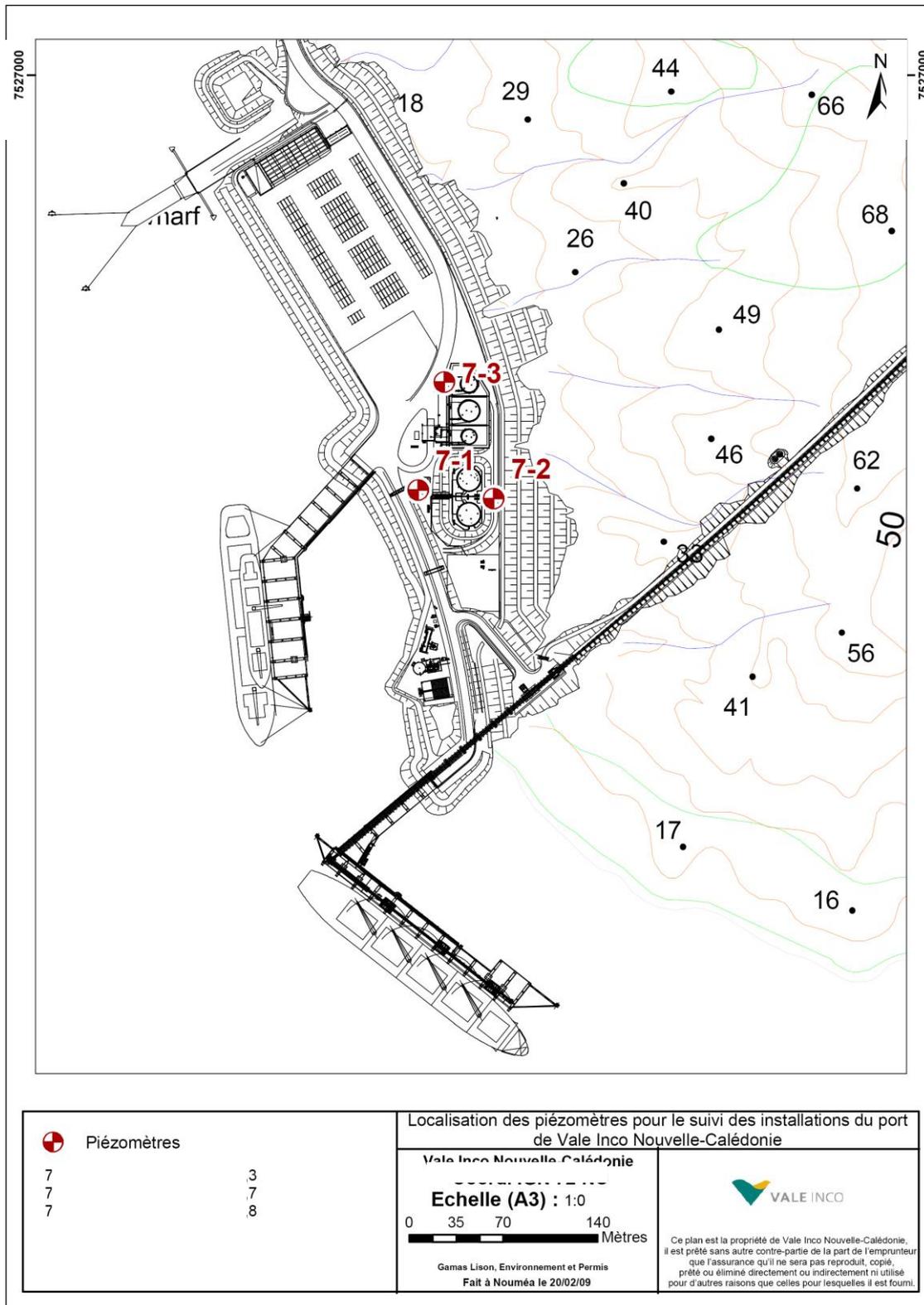
Tableau 1 : Localisation et description des points de suivi du port

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Raison d'être	RGN91 Est	RGN91 Nord
7-1	BPE	Souterrain	Arrêté n°891-2007/PS	491884,5	205436,3
7-2	BPE	Souterrain	Arrêté n°891-2007/PS	491828,35	205442,3
7-3	BPE	Souterrain	Arrêté n°891-2007/PS	491847,2	205522,5

Le piézomètre nommé 7-1 a été placé à proximité de la rétention de fioul lourd et en aval hydraulique du piézomètre 7-2.

Le piézomètre 7-2 est en amont immédiat des rétentions de fioul lourd et de gasoil, sa fonction principale est de donner une indication de l'état de référence du milieu.

Le piézomètre 7-3 a été placé en aval de la rétention de gasoil.

Figure 1 : Carte de localisation des piézomètres du port


1.1.2 Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines et sources

Les suivis des eaux souterraines et sources du bassin versant de la Kwé Ouest sont effectués sur 41 piézomètres et 2 résurgences. Les points de suivis sont décrits dans le tableau 2 et localisés dans la figure 2.

Tableau 2 : Localisation et description des points de suivi du parc à résidus

Nom	Bassin versant	Type de suivi	Raison d'être	RGN91 Est	RGN91 Nord
WK 6-9	KO	Groupe A Piézomètres d'alerte au pied de la berme	Arrêté n°1466-2008/PS	495191,4	211087,3
WK 6-9a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495190,4	211086,3
WK 6-11	Trou Bleu		Arrêté n°1466-2008/PS	495478,8	210727,3
WK 6-11a	Trou Bleu		Arrêté n°1466-2008/PS	495478,8	210728,3
WK 6-12	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495643,2	210520,4
WK 6-12a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495642,2	210520,4
WK 6-13	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495682,3	210360,7
WKBH 102	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495571,6	210620,0
WKBH 102a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495572,6	210619,0
WKBH 103	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495638,8	210590,4
WK 6-10	KO	Groupe B Suivi de la qualité de l'eau souterraine dans la zone tampon	Arrêté n°1466-2008/PS	495439,8	211029,0
WK 6-10a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495439,8	211026,0
WKBH 109	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495827,0	210559,7
WKBH 109a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495824,0	210558,7
WKBH 110	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495681,2	210676,7
WKBH 110a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495684,2	210675,7
WKBH 110b	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495687,2	210674,7
WKBH 111	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495585,7	210742,0
WKBH 117	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496356,5	210330,3
WKBH 117a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496357,5	210330,3
WKBH 117b	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496360,5	210331,4
WKBH 118	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495593,5	210921,1
WKBH 118a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495590,5	210920,1
WKBH 118b	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495588,5	210919,0
WKBH 112	KO	Groupe C Suivi de la qualité de l'eau souterraine près de la rivière Kwé Ouest	Arrêté n°1466-2008/PS	496699,6	210601,6
WKBH 112a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496704,6	210596,6
WKBH 113	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495539,3	211227,6
WKBH 113a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495540,4	211219,7
WKBH 114	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495881,0	211130,0
WKBH 114a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495879,1	211127,0
WKBH 115	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496102,6	210903,6
WKBH 115a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496100,6	210900,5
WKBH 115b	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496099,6	210898,5
WKBH 116	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496427,0	210701,8
WKBH 116a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496424,9	210704,8
WKBH 116b	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496423,9	210706,8
WTBH 9	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496847,6	210476,6
WTBH 11	KO	Groupe D Suivi de la qualité de l'eau souterraine dans les vallées	Arrêté n°1466-2008/PS	496974,2	209199,7
WTBH 11a	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496976,2	209199,7
WKBH 32	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	496571,5	211681,9
WK 6-14	Rivière Kadji		Arrêté n°1466-2008/PS	493803,5	209346,8
WK 17	KO	Source	Arrêté n°1466-2008/PS	495617,6	210613,3
WK 20	KO		Arrêté n°1466-2008/PS	495673,3	210663,6

1.1.3 Suivi de l'impact des activités de l'unité de préparation du minerais (UPM)

Au total, 4 piézomètres ont été installés pour le suivi des eaux souterraines de l'UPM, ils sont présentés dans le tableau 3 et la figure 3.

Tableau 3 : Localisation et description des points de suivi de l'UPM

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Raison d'être	RGN 91 Est	RGN 91 Nord
4-z1	Kwé Nord	Souterrain	Arrêté n°1467-2008/PS	498045,1	211694
4-z2	Kwé Ouest	Souterrain	Arrêté n°1467-2008/PS	498003,3	211658,5
4-z4	Kwé Ouest	Souterrain	Arrêté n°1467-2008/PS	497790,4	211651,0
4-z5	Kwé Ouest	Souterrain	Arrêté n°1467-2008/PS	497758,5	211493,8

Le piézomètre 4-z1 a été installé pour suivre l'installation de dépôt d'hydrocarbure côté Kwé Nord.

Le piézomètre 4-z2 a été installé pour suivre l'installation de dépôt d'hydrocarbure côté Kwé Ouest.

Le piézomètre 4-z4 a été installé pour contrôler les eaux souterraines à proximité de l'aire de lavage des véhicules lourds.

Le piézomètre 4-z5 a été installé pour contrôler les eaux souterraines en aval de l'aire de l'atelier de maintenance.

Figure 3 : Carte de localisation des piézomètres de l'Unité de Préparation du Minerais



1.1.4 Suivi de l'impact des activités de l'usine

Au total, 16 piézomètres ont été installés pour le suivi des impacts des activités de l'usine sur les eaux souterraines ; ils sont présentés dans le tableau 4 et la figure 4.

Tableau 4 : Localisation et description des points de suivi de l'usine

Nom	Bassin Versant	Type de suivi	Raison d'être	RGN 91 Est	RGN 91 Nord
6-1	CBN	Aval des aires de stockage	Arrêté n°1467-2008/PS	493460	207246
6-1a	CBN	Aval des aires de stockage	Arrêté n°1467-2008/PS	493460	207246
6-2	CBN	Aval du site	Arrêté n°1467-2008/PS	493126	207428
6-2a	CBN	Aval du site	Arrêté n°1467-2008/PS	493126	207428
6-3	CBN	Aval de la station distribution du carburant	Arrêté n°1467-2008/PS	493753	206736
6-3a	CBN	Aval de la station distribution du carburant	Arrêté n°1467-2008/PS	493751	206733
6-4	CBN	Aval de la station de transit déchets et des cuves d'hydrocarbures	Arrêté n°1467-2008/PS	493827	206864
6-5	CBN	Aval du stockage d'acide sulfurique	Arrêté n°1467-2008/PS	494252	207902
6-6	CBN	Aval du stockage de gazole	Arrêté n°1467-2008/PS	494162	207810
6-7	CBN	Amont site industriel	Arrêté n°1467-2008/PS	494404	206981
6-7a	CBN	Amont site industriel	Arrêté n°1467-2008/PS	494404	206981
6-8	CBN	Aval du bassin de contrôle Nord	Arrêté n°1467-2008/PS	493553	207645
6-8a	CBN	Aval du bassin de contrôle Nord	Arrêté n°1467-2008/PS	493553	207645
6-13	CBN	Aval bassin eau de procédé	Arrêté n°1467-2008/PS	494456	207581
6-14	CBN	Aval stockage acide chlorhydrique	Arrêté n°1467-2008/PS	494014	207355
6-14a	CBN	Aval stockage acide chlorhydrique	Arrêté n°1467-2008/PS	494014	207355

Figure 4 : Carte de localisation des piézomètres de l'usine



1.2 Protocoles de mesure

1.2.1 Campagnes de mesures physico-chimiques

Des prélèvements sont effectués dans les piézomètres réalisés spécifiquement pour le suivi des eaux souterraines.

Le protocole d'échantillonnage des eaux souterraines est basé sur les recommandations des parties 3 et 11 de la norme ISO 5667 relatives à la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (partie 3) et à l'échantillonnage des eaux souterraines (partie 11).

Il respecte en particulier les recommandations permettant d'assurer la représentativité de l'échantillonnage telle qu'elle est décrite dans la norme ISO 5667 partie 11 :

- la purge d'un volume d'eau égale à trois fois le volume compris dans le piézomètre (comprenant l'eau libre dans le tube ouvert et l'eau interstitielle du massif filtrant,
- la mesure de la conductivité et du pH de l'eau tout au long de la vidange.

Une exception est faite pour le prélèvement des échantillons destinés à la recherche de traces d'hydrocarbures qui est effectuée avant la purge et en surface par écrémage conformément à la norme ISO 5667.

Les analyses sont réalisées par notre laboratoire interne accrédité COFRAC depuis le 2 octobre 2008. Cette accréditation porte sur les analyses des matières en suspension, des métaux dissous (méthode ICP/AES) et du chrome VI.

1.2.2 Mesures des paramètres physico-chimiques in situ

Les mesures *in situ* sont réalisées à l'aide du multi-paramètre portable *HachQ40d*. Cet appareil est composé d'une sonde de pH, d'une sonde pour la température et d'une sonde pour mesurer la conductivité.

Le pH est mesuré *in situ* selon la norme NF T90 008 et selon les recommandations précisées dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

La conductivité est également mesurée *in situ* selon la procédure décrite dans le mode d'emploi de l'appareil de mesure utilisé.

1.2.3 Analyse des hydrocarbures

Les hydrocarbures sont mesurés par le laboratoire Vale Nouvelle-Calédonie selon la norme NF T 90 114. La méthode est nommée SPE02. La limite de détection est de 0.5 mg/kg. La méthode de détermination des hydrocarbures totaux par calcul, nommée SPE02CALC, est aussi appliquée en fonction du résultat de la Demande Chimique en Oxygène (SPE03). La limite de détection de cette méthode est de 10 mg/kg.

1.2.4 Analyse des paramètres physico-chimiques en solution

Les méthodes d'analyse pour les paramètres physico-chimiques réalisés sont décrites dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Méthode d'analyse pour les paramètres physico-chimiques

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	MES	mg/L	5	GRV02	Dosage des matières en suspension (MES)	NF EN 872 Juin 2005
Interne	pH		-	PH01	Mesure du pH	NF T90-008
Interne	Conductivité	µS/cm	5	CDT01	Mesure de la conductivité	
Interne	Cl	mg/L	0.1	ICS01	Analyse de 4 ou 6 anions par chromatographie ionique (chlorure, nitrate, phosphates, sulfate, fluorure et nitrate en plus si demandé)	NF EN ISO 10304-1
Interne	NO3	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	SO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	PO4	mg/L	0.2	ICS01		
Interne	F	mg/L	0.1	ICS01		
Interne	NO2	mg/L	0.1	ICS01		
Interne	Cl	g/l	0.01	TIT10	Titration de l'ion chlorure par potentiométrie	
Interne	DCO	mg/L	10	SPE03	Analyse de la DCO	Méthode HACH 8000
Interne	TAC as CaCO3	mg/L	2	TIT11	Titration de l'alcalinité (TA et TAC)	
Interne	TA as CaCO3	mg/L	2	TIT11		
Interne	CrVI	mg/L	0.01	SPE01	Analyse du chrome VI dissous dans les eaux naturelles et usées	NF T 90-043 Octobre 1988
Interne	Turbidité	NTU	0.1	TUR01	Mesure de la turbidité	
Interne	NH3	mg/L	0.5	SPE05	Dosage de l'ammonium dans les eaux	Méthode HACH 10205
Interne	COT	mg/L	0.3	SPE09	Dosage du Carbone Organique Total (COT) dans les eaux	Méthode HACH 10129
Interne	SiO2	mg/L	1 de Si	CAL02	Calcul de SiO2 à partir de Si mesuré par ICP02	
Interne	NT	mg/L	0.5	SPE08	Dosage de l'azote total dans les eaux	Méthode HACH 10071

1.2.5 Analyse des métaux

Les méthodes d'analyse des métaux dans les eaux douces sont indiquées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Méthodes d'analyse pour les métaux

Labo	Analyse	Unité	LD	Méthode	Intitulé de la méthode	Norme
Interne	Al	mg/L	0.1	ICP02	Analyse d'une cinquantaine d'éléments dissous ou totaux (si demandé) dans les solutions aqueuses faiblement concentrées par ICP-AES	ISO 11885 Août 2007
Interne	As	mg/L	0.1	ICP02		
Interne	Ca	mg/L	1	ICP02		
Interne	Cd	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	Co	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	Cr	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	Cu	mg/L	0.01	ICP 02		
Interne	Fe	mg/L	0.1	ICP02		
Interne	K	mg/L	0.1	ICP02		
Interne	Mg	mg/L	0.1	ICP02		
Interne	Mn	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	Na	mg/L	1	ICP02		
Interne	Ni	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	P	mg/L	0.1	ICP02		
Interne	Pb	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	S	mg/L	1	ICP02		
Interne	Si	mg/L	1	ICP02		
Interne	Sn	mg/L	0.01	ICP02		
Interne	Zn	mg/L	0.1	ICP02		

2 PRESENTATION DES RESULTATS

2.1 Rappel des valeurs réglementaires

2.1.1 Suivi de l'impact des activités du port sur les eaux souterraines

L'arrêté n°891-2007/PS du 13 juillet 2007 relatif aux installations portuaires ne mentionne pas de seuils réglementaires pour la qualité des eaux souterraines. Afin de vérifier l'impact du stockage d'hydrocarbures sur les eaux souterraines, des valeurs limites ont été établies en interne après analyses des résultats des suivis sur les eaux souterraines du Port. Ces valeurs sont indiquées dans le tableau 7 pour la composition des eaux souterraines.

Tableau 7 : Valeurs indicatives suivant l'arrêté n°891-2007/PS

Paramètre	Valeurs seuil
pH	5,5 < x < 9,5
Conductivité	-
DCO	100 mg/L
HT	10 mg/L

Les autres paramètres dont le suivi est imposé ne sont soumis à aucun seuil réglementaire de qualité des eaux souterraines.

2.1.2 Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines

L'arrêté n°1466-2008/PS du 9 octobre 2008 relatif à l'exploitation du parc à résidus de la Kwé Ouest impose le respect des seuils indiqués dans le tableau 8 pour la composition des eaux souterraines, ainsi que des valeurs guides A3 inspirées de l'arrêté métropolitain relatif aux eaux brutes et aux eaux destinées à la consommation humaine du 11 janvier 2007.

Tableau 8 : Valeurs réglementaires suivant l'arrêté n°1466-2008/PS

Paramètre	Valeurs seuil
Conductivité	1000 µS/cm
Sulfates	150 mg/L
Manganèse	1 mg/L

Ces valeurs doivent être respectées en tout temps et *a minima* pour les piézomètres faisant partie du groupe B.

2.1.3 Suivi de l'impact des activités de l'unité de préparation du minerai (UPM) sur les eaux souterraines

Aucun seuil réglementaire de qualité des eaux souterraines n'est imposé dans l'arrêté N°1467-2008/PS du 9 octobre 2008 pour le suivi des impacts de l'activité de l'Unité de Préparation du Minerai.

2.1.4 Suivi de l'impact des activités de l'usine sur les eaux souterraines

Aucun seuil réglementaire de qualité des eaux souterraines n'est applicable pour le suivi des impacts de l'activité de l'usine.

2.2 Bilan des campagnes de mesure

Pour le suivi du parc à résidus de la Kwé ouest, les campagnes d'échantillonnage semestrielles des eaux souterraines se sont déroulées aux mois de mai et novembre 2016.

Les campagnes trimestrielles pour le suivi des installations du port, de l'usine et de l'unité de préparation du minerai ont été réalisées au mois de janvier, mai, août et octobre 2016.

La fréquence de suivi sur certaines stations du bassin versant de la Kwé et de l'usine a volontairement été augmentée afin de suivre l'évolution des concentrations de certains paramètres.

2.2.1 Données disponibles pour le Port

L'ensemble des campagnes pour le suivi des installations du Port ont toutes été réalisées en 2016. Le taux de données disponibles est présenté dans le tableau 9.

Tableau 9 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines pour le Port

7-1, 7-2, 7-3		Annuel 2016				2016	
Fréquence	Analyses	Janvier	Mai	Août	Octobre	Nombre d'analyses attendues	Nombre d'analyses réalisées
Trimestrielle	pH	3	3	3	3	12	12
Trimestrielle	Conductivité	3	3	3	3	12	12
Trimestrielle	DCO	3	3	3	3	12	12
Trimestrielle	HT	3	3	3	3	12	12
Nombre total d'analyses réalisées						48	
% analyses réalisées						100.0	

2.2.2 Données disponibles pour le parc à résidus de la Kwé Ouest

Le suivi des piézomètres de la Kwé Ouest est effectué à fréquence semestrielle, mensuelle et continue.

Le taux de données disponibles pour le suivi de 2016 est présenté dans le tableau 10.

Tableau 10 : Données disponibles sur les piézomètres de la Kwé Ouest à fréquence de suivi semestriel

	Groupe A			Groupe B			Groupe C			Groupe D		
	Attendu	Réalisé	%	Attendu	Réalisé	%	Attendu	Réalisé	%	Attendu	Réalisé	%
pH	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
cond	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Eh	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
O ² Dissous	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Al	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
As	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Ca	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Cl	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Co	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Cr	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Cu	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Fe	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
HCO ₃ ⁻	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
K	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Mg	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Na	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Ni	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
NO ₂	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
NO ₃	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Pb	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
PO ₄	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
SiO ₂	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
SO ₄	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Zn	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
Mn	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
F	20	18	90	28	28	100	26	26	100	8	8	100
MES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% d'analyses réalisées (hors MES)			90	% d'analyses réalisées (hors MES)		100	% d'analyses réalisées (hors MES)		100	% d'analyses réalisées (hors MES)		100

Depuis 2012, le piézomètre WK6-13 du groupe A n'a pas été échantillonné du fait que son accès y est interdit pour des raisons de sécurité.

Certains paramètres ne sont pas mesurés ou sont calculés :

- **MES** : étant donné que la méthode de pompage génère la mise en suspension des sédiments, l'analyse des MES n'est pas réalisée pour les prélèvements d'eau souterraine car elle n'est pas représentative.
- Le **HCO₃⁻** est obtenu par calcul à partir des mesures de TA et TAC.

Les taux de données disponibles des campagnes de suivi mensuel en 2016 sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Données disponibles sur les trois piézomètres de la Kwé Ouest à fréquence de suivi mensuel

WKBH113, WKBH102, WKBH110		Annuel 2016												2016	
Fréquence	Analyses	Jan v	Fé v	Mar s	Avri l	Ma i	Jui n	Juille t	Aoû t	Sep t	Oct	Nov	Déc	Nombre analyses attendues	Nombre analyses réalisées
Continu	Conductivité	Total semestre												26280	26225
Mensuelle	Sulfates	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	36
Mensuelle	Magnésium	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	36
Mensuelle	Calcium	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	36
Mensuelle	Manganèse	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	36
														% de mesures continues de cond réalisées	99.8
														Nombre total d'analyses réalisées	144
														% analyses réalisées	100

Les taux de données disponibles des campagnes de suivi mensuel des résurgences de la Kwé Ouest en 2016 sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Données disponibles pour le suivi des résurgences de la Kwé Ouest

Sources WK17, WK20		Annuel 2016												2016	
Fréquence	Analyses	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Nombre analyses attendues	Nombre analyses réalisées
Continu	Hauteur d'eau	Total semestre (Suivi à fréquence horaire de la hauteur)												8760	7176
Continu	Conductivité	Total semestre (Suivi à fréquence horaire de la conductivité)												8760	8716
Hebdomadaire	pH	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
Hebdomadaire	Conductivité	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
Hebdomadaire	MES	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
Hebdomadaire	Sulfates	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
Hebdomadaire	Magnésium	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
Hebdomadaire	Manganèse	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	10	8	102	102
														% de mesures continues de cond réalisées	91
														Nombre total d'analyses réalisées	612
														% analyses réalisées	100

2.2.3 Données disponibles pour l'Unité de Préparation du Minerai

Le suivi des eaux souterraines de l'UPM est réalisé à fréquence trimestrielle. Le taux de données disponibles est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines de l'UPM

4-z1, 4-z2, 4-z4, 4-z5		Annuel 2016				2016	
Fréquence	Analyses	janvier	avril-mai	juillet	octobre	Nombre analyses attendues	Nombre analyses réalisés
Trimestrielle	pH	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Conductivité	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	DCO	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Sulfates	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Chrome VI	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Calcium	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Potassium	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Sodium	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	TA	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	TAC	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	Chlorures	4	4	4	4	16	16
Trimestrielle	HT	4	4	4	4	16	16
Nombre total d'analyses réalisées						192	
% analyses réalisées						100	

2.2.4 Données disponibles pour l'Usine

Le suivi des eaux souterraines de l'Usine est réalisé à fréquence trimestrielle. Le taux de données disponibles est présenté dans le tableau 14.

Tableau 14 : Données disponibles pour le suivi des eaux souterraines de l'Usine

6-1, 6-1a, 6-2, 6-2a, 6-3, 6-3a, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7, 6-7a, 6-8, 6-8a, 6-13, 6-14, 6-14a		Annuel 2016				2016	
Fréquence	Analyses	Janvier	Avril-mai	Juillet	Octobre	Nombre analyses attendues	Nombre analyses réalisées
Trimestrielle	pH	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Conductivité	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	DCO	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Sulfates	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Chrome VI	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Calcium	16	16	16	16	64	64

Trimestrielle	Potassium	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Sodium	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	TA	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	TAC	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	Chlorures	16	16	16	16	64	64
Trimestrielle	HT	16	16	16	16	64	64
Nombre total d'analyses réalisées							768
% analyses réalisées							100.0

La fréquence de suivi du piézomètre 6-14a a été augmentée en mensuel suite à la détection d'une anomalie.

2.3 Résultats

2.3.1 Suivi de l'impact des activités du Port sur les eaux souterraines

Les graphiques présentés ci-après indiquent les valeurs obtenues lors du suivi des eaux souterraines du port.

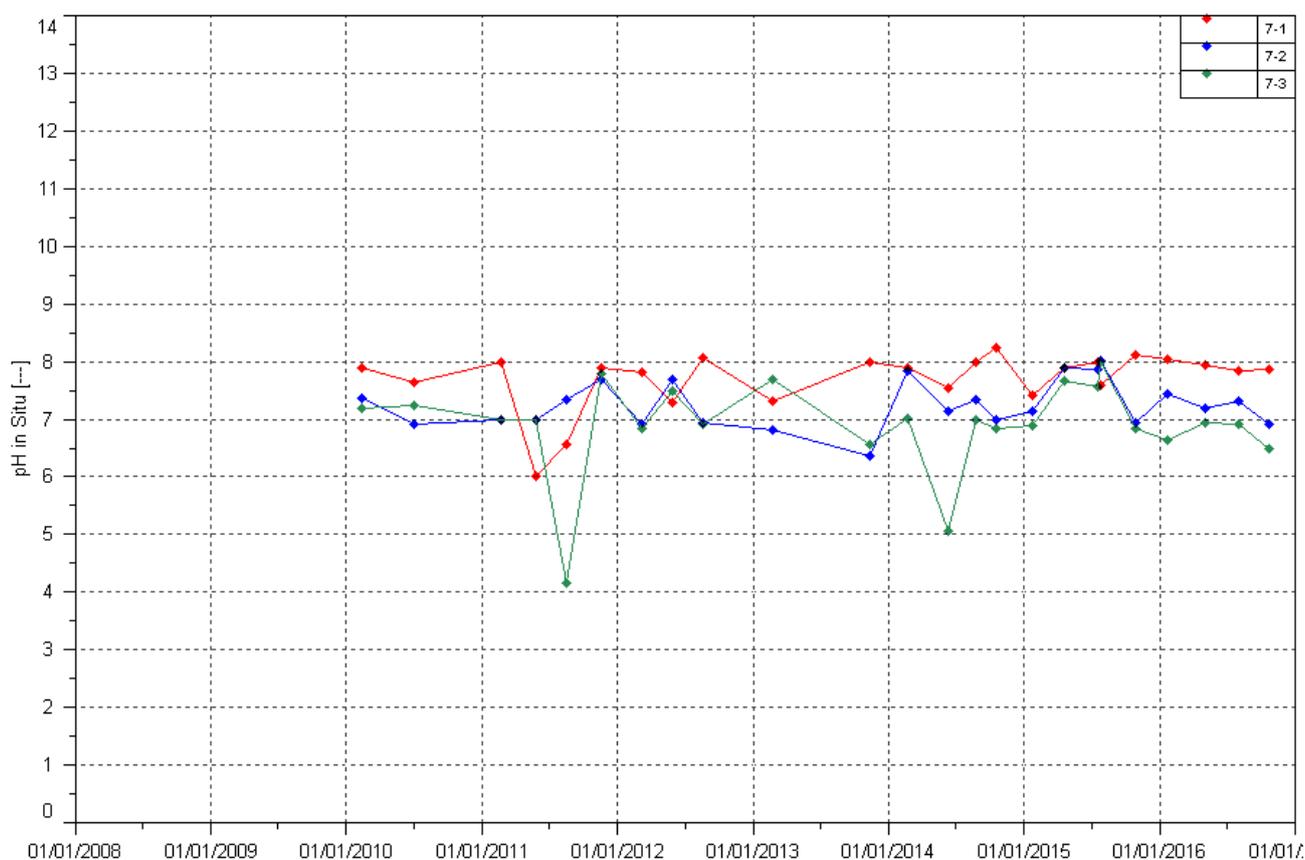
pH : compris entre 6.5 et 7.8 au cours du 2nd semestre 2016.

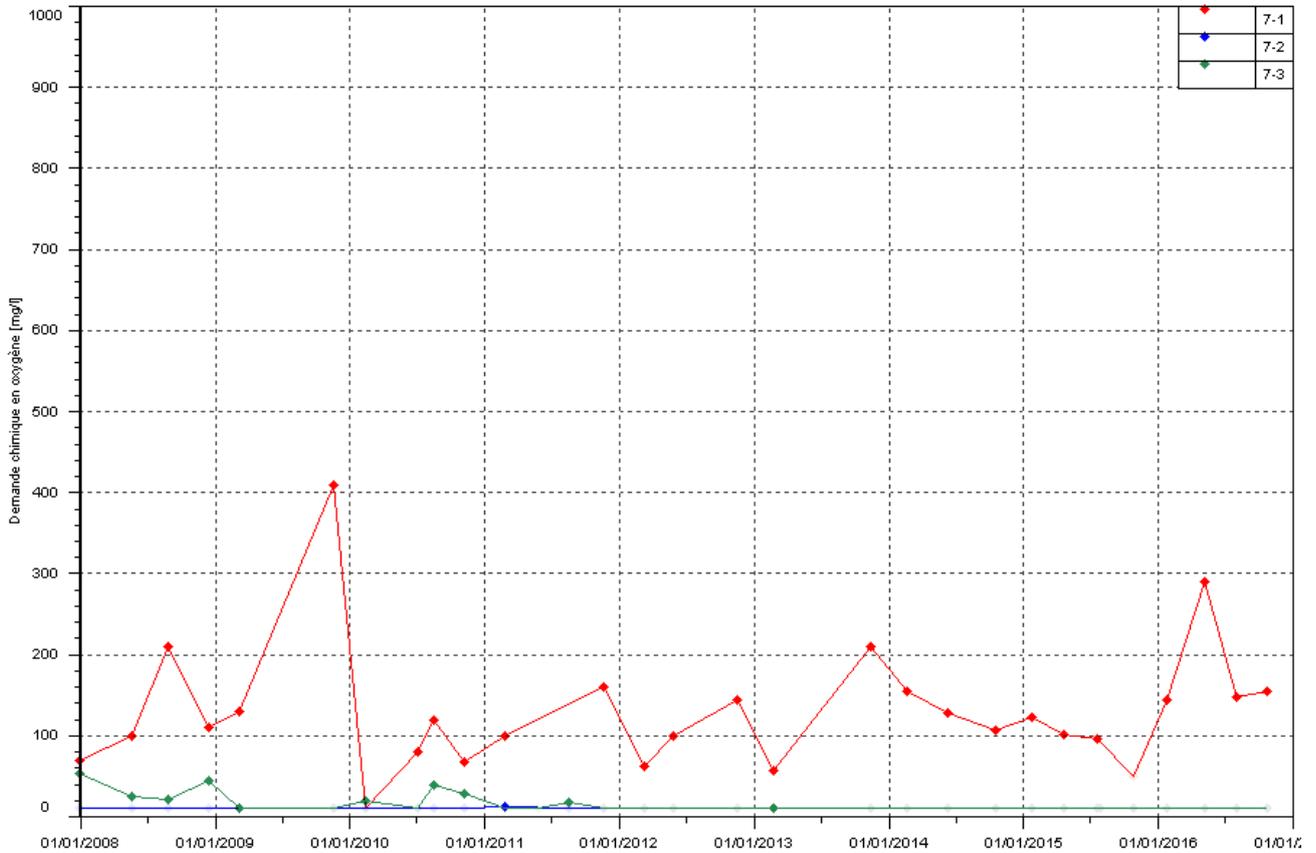
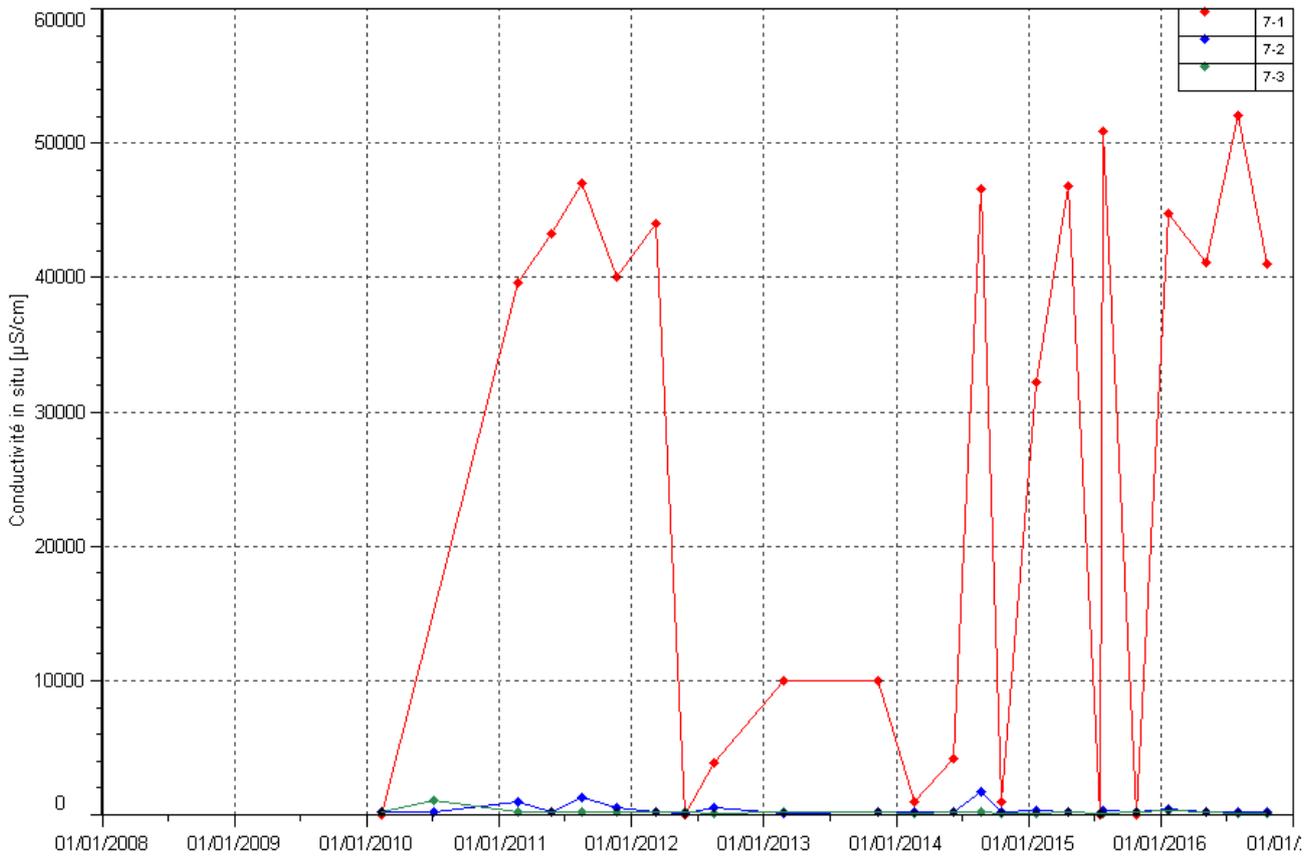
Conductivité : au 2nd semestre, les relevés au piézomètre 7-1 montrent toujours une conductivité élevée. Les conductivités des deux autres piézomètres sont faibles sur la période.

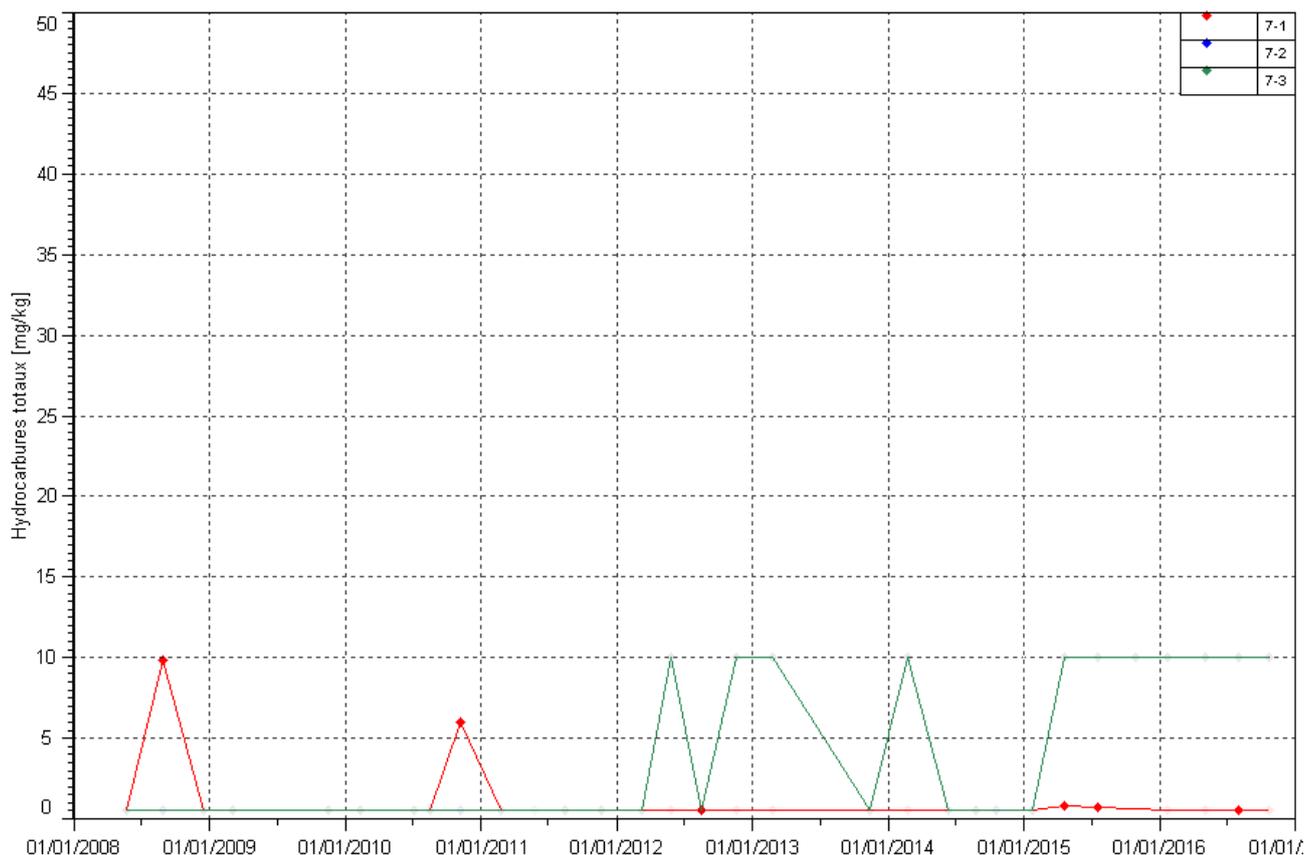
DCO : Les valeurs de DCO au piézomètre 7-1 du 2nd semestre sont plus faibles qu'au 1^{er} semestre.

Hydrocarbures : Les hydrocarbures sont faiblement détectés au piézomètre 7-1 lors du contrôle du mois d'août.

Figure 5 : Résultats du suivi du Port – pH, Conductivité, HT et DCO







2.3.2 Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines de la Kwé Ouest

2.3.2.1 Eaux souterraines

L'annexe I présente graphiquement les résultats du suivi des eaux souterraines de la Kwé Ouest pour l'ensemble des paramètres exploitables depuis 2008 : sodium, potassium, calcium, magnésium, ammoniac, nickel, chrome, silice, oxygène dissous et potentiel d'oxydo-réduction, titre alcalimétrique complet.

Les éléments suivants ne sont jamais détectés ou très rarement détectés dans les eaux souterraines de la Kwé Ouest durant le 2nd semestre 2016 : aluminium, arsenic, cobalt, cuivre, fer, zinc, plomb, nitrites, phosphates et fluorures.

Les principales observations sont résumées ci-dessous ainsi que les figures correspondantes.

Groupe A :

pH : compris en 4.8 et 8.8 au 2nd semestre. La valeur minimale de pH est enregistrée au piézomètre WK6-11A au mois de décembre.

Conductivité : comprise entre 54.8 et 1210 $\mu\text{S/cm}$. Cette maximale est enregistrée au mois de décembre au piézomètre WKBH103. Les relevés du 2nd semestre au piézomètre WKBH103 indiquent toujours une augmentation constante de la conductivité. En janvier, on y mesurait une conductivité de 500 $\mu\text{S/cm}$. Au piézomètre WKBH102, le dernier contrôle de décembre indique une diminution de la conductivité. Aux piézomètres WK6-12 et WKBH6-12A, les relevés du 2nd semestre indiquent un retour aux normales mesurées depuis juillet 2015.

Nitrates : les relevés du 2nd semestre aux piézomètres WK6-12 et WK6-12A montrent toujours des variations plus élevées que les autres piézomètres du groupe. Cependant, les concentrations ne révèlent aucune tendance particulière depuis juillet 2015. Pour rappel, les résultats d'analyse indiquaient une tendance à la hausse depuis 2013 aux piézomètres WK6-12 et WK6-12A. Les concentrations relevées aux autres piézomètres ne montrent pas d'évolution particulière.

Sulfates : Les résultats du 2nd semestre 2016 attestent toujours d'une augmentation des sulfates au piézomètre WKBH103. Le dernier contrôle de 2016 indique une concentration de 610 mg/L pour une mesure en janvier de cette année de 210 mg/L. Cette teneur correspond à la maximale pour ce groupe depuis 2008. Au piézomètre WKBH102, les résultats montrent une forte augmentation des concentrations en sulfates à partir du mois de juillet 2016 alors que la tendance était à la baisse depuis février 2016. Aux piézomètres WK6-12 et WK6-12A, les résultats du 2nd semestre confirment la légère tendance à la hausse amorcée depuis janvier 2015 malgré une chute des concentrations entre mars et avril 2016.

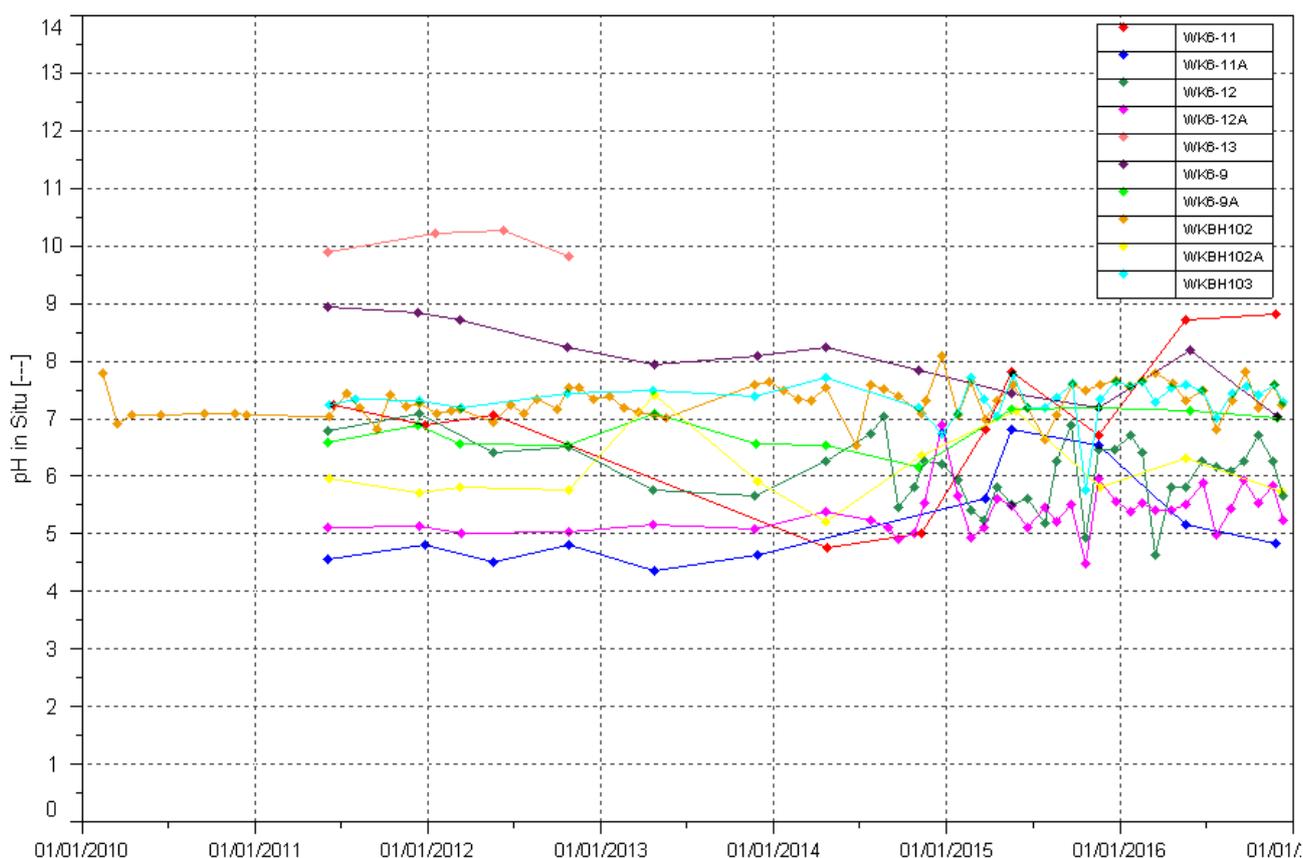
Chlorures : depuis juillet 2016, les relevés aux piézomètres WKBH103 et WKBH102 indiquent une augmentation des teneurs en chlorures malgré une diminution des concentrations entre mars et juin de la même année. Les résultats de suivi montrent toujours des variations de concentrations en chlorures depuis juillet 2015 aux piézomètres WK6-12, WK6-12A. Les concentrations aux autres piézomètres sont stables et ne révèlent aucune tendance particulière.

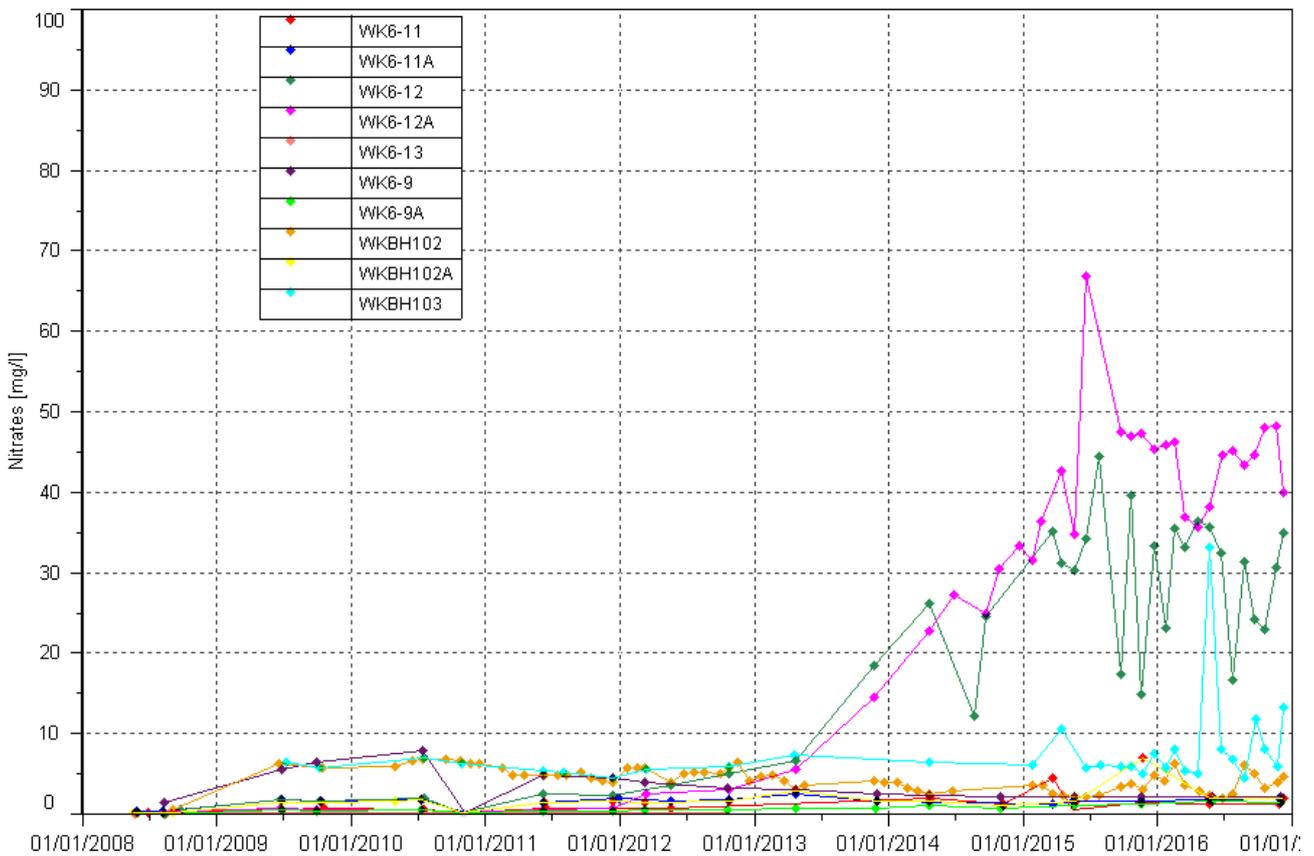
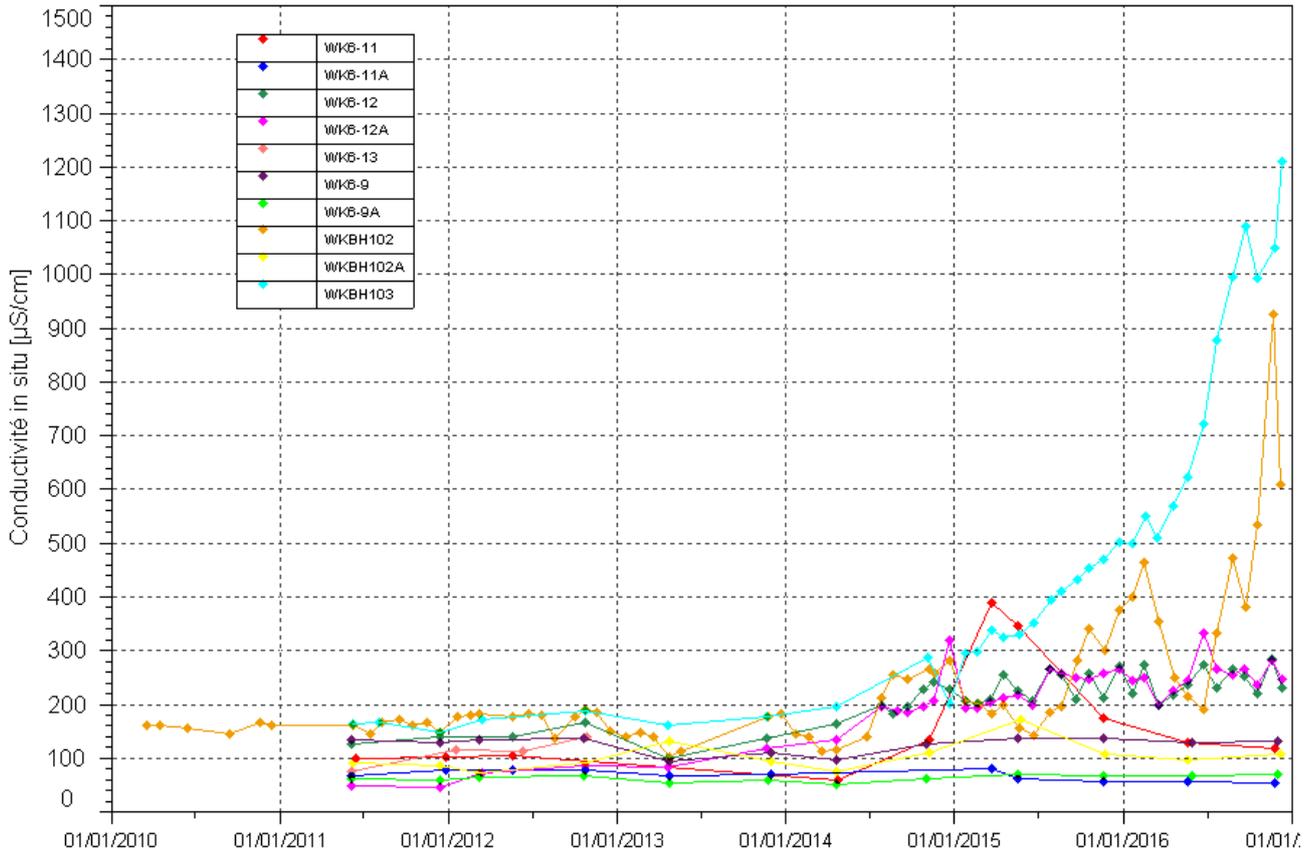
Manganèse : Durant cette période, le manganèse est uniquement et faiblement détecté à la station WK6-11A. Les concentrations observées sont inférieures à la limite réglementaire de 1 mg/L applicable aux piézomètres du groupe B.

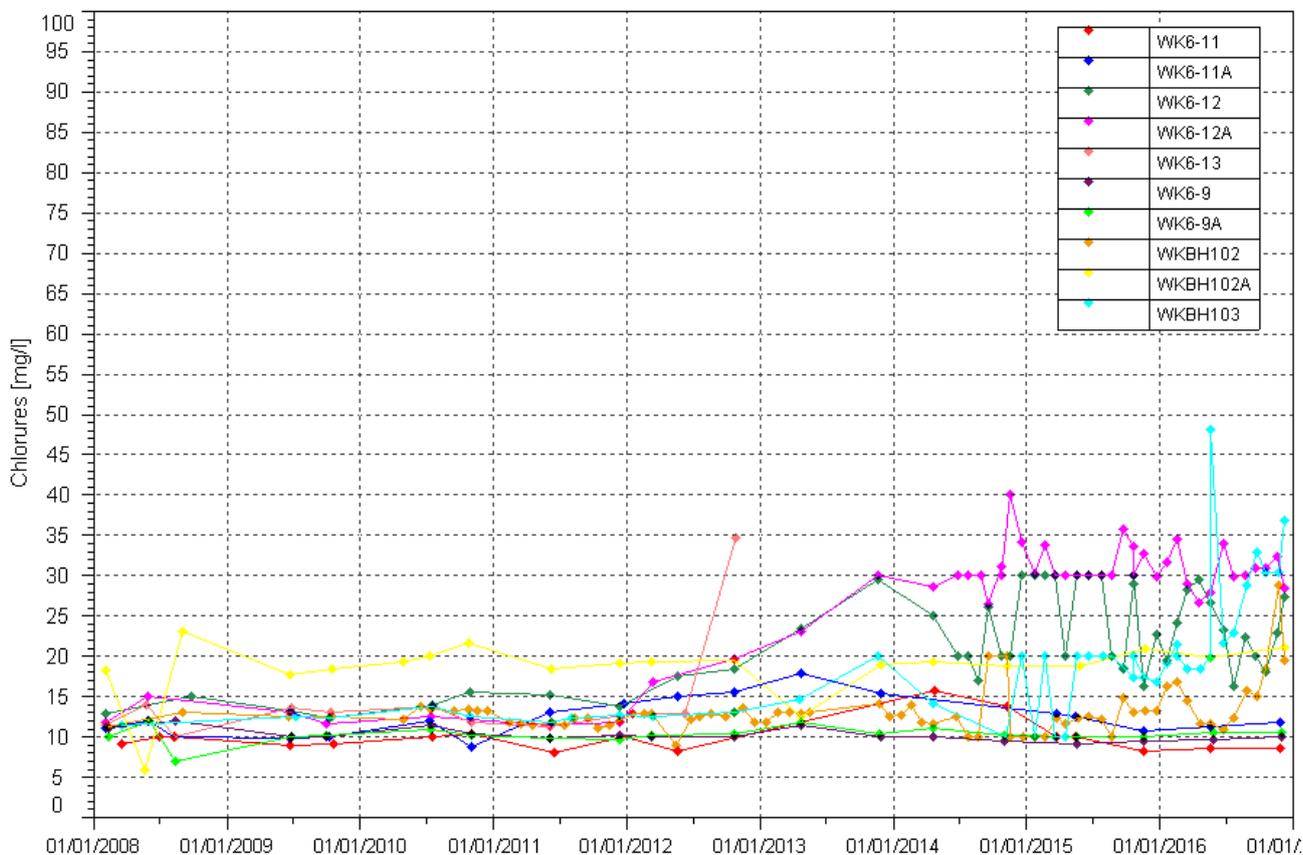
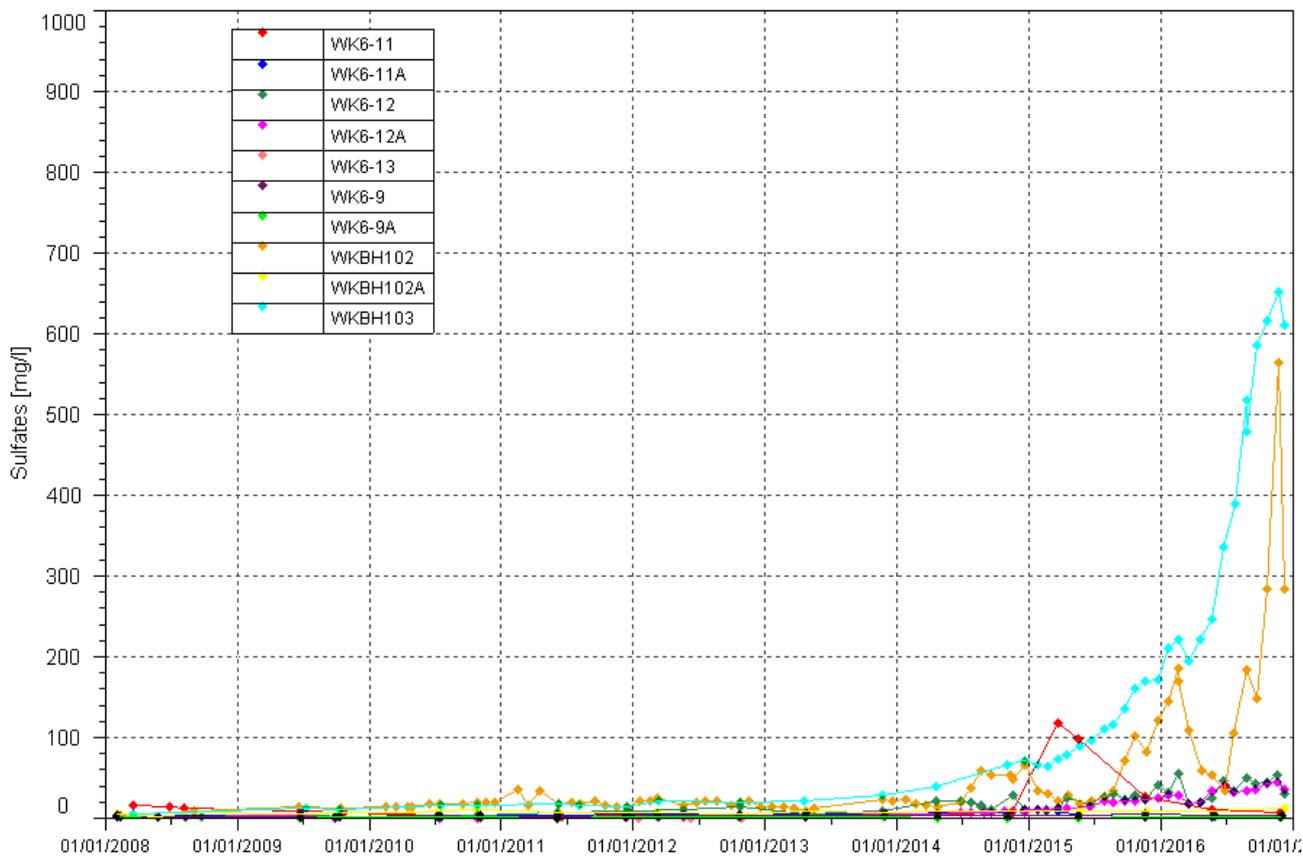
Magnésium : Les résultats du 2nd semestre 2016 au piézomètre WKBH103 confirment la hausse constante des concentrations en magnésium. A partir de juillet 2016, les concentrations au piézomètre WKBH102 révèlent une augmentation des teneurs en magnésium alors que les résultats de suivi entre février et juin indiquaient une diminution des concentrations. Aux piézomètres WK6-12 et WK6-12A, les résultats du 2nd semestre confirment la tendance légère à la hausse amorcée depuis 2014.

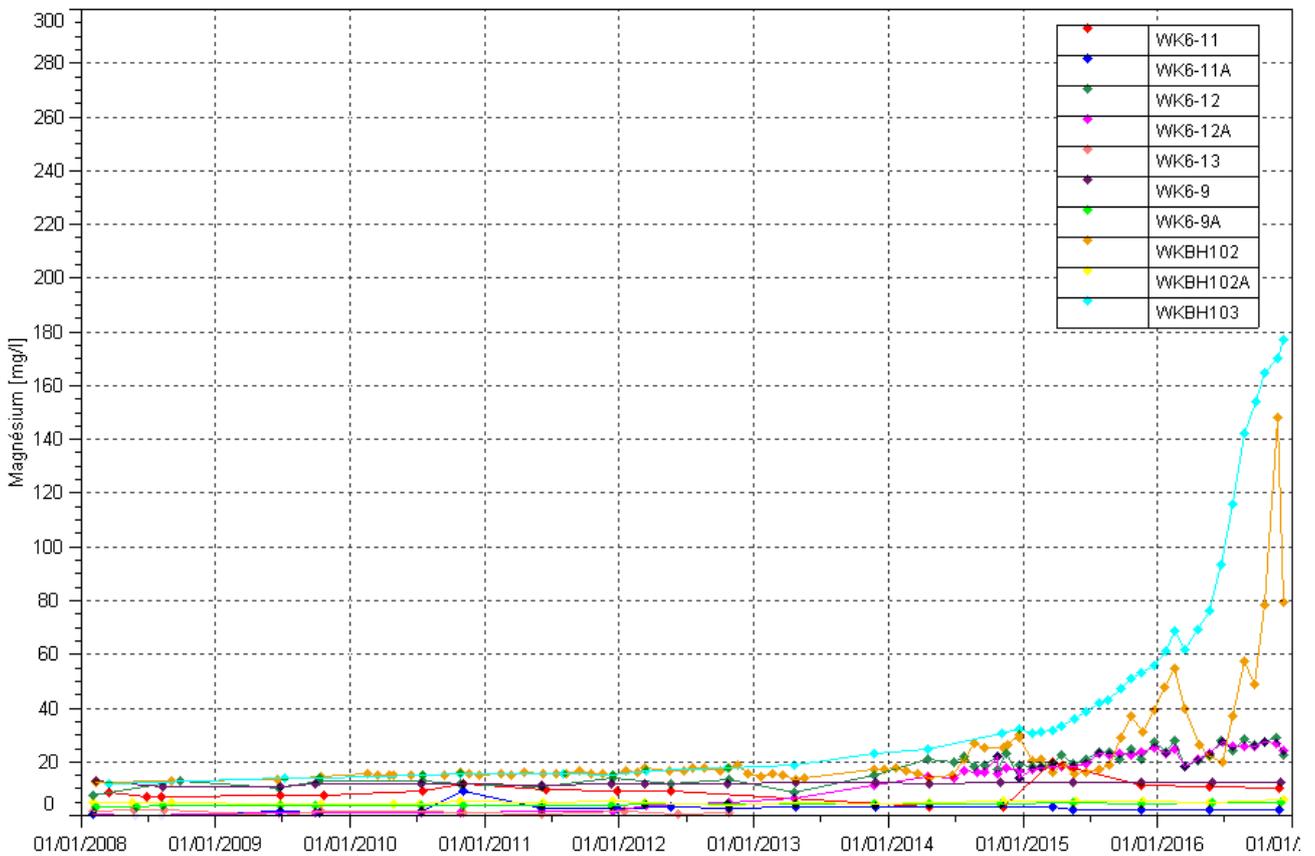
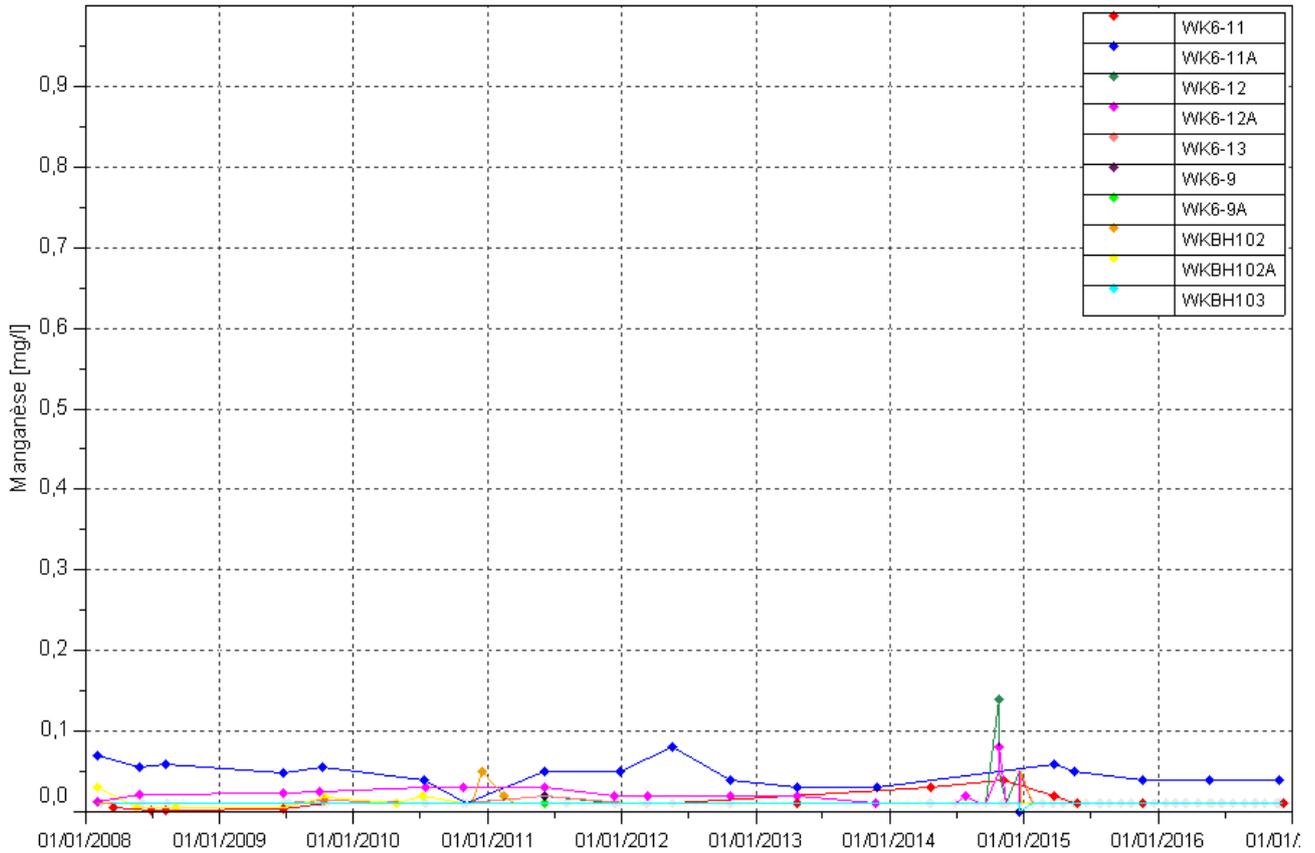
Les graphiques illustrant les résultats du suivi de la Kwe Ouest pour les piézomètres relevant du groupe A sont présentés à la Figure 6.

Figure 6 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe A) – pH, conductivité, nitrates, sulfates, chlorures, et manganèse, magnésium









Groupe B :

pH : compris entre 5.9 et 9.8 au 2nd semestre 2016.

Conductivité : compris entre 66.6 et 317 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au 2nd semestre. Cette maximale de conductivité mesurée au piézomètre WKBH109A correspond à la conductivité max annuelle pour ce groupe. Les relevés du 2nd semestre aux piézomètres WKBH109A, WKBH110; WKBH110A et WKBH110B confirment la hausse de la conductivité. Au piézomètre WKBH109A, on note même une accentuation de cette augmentation à partir du mois de juillet 2016. La tendance à la hausse était observée depuis 2014.

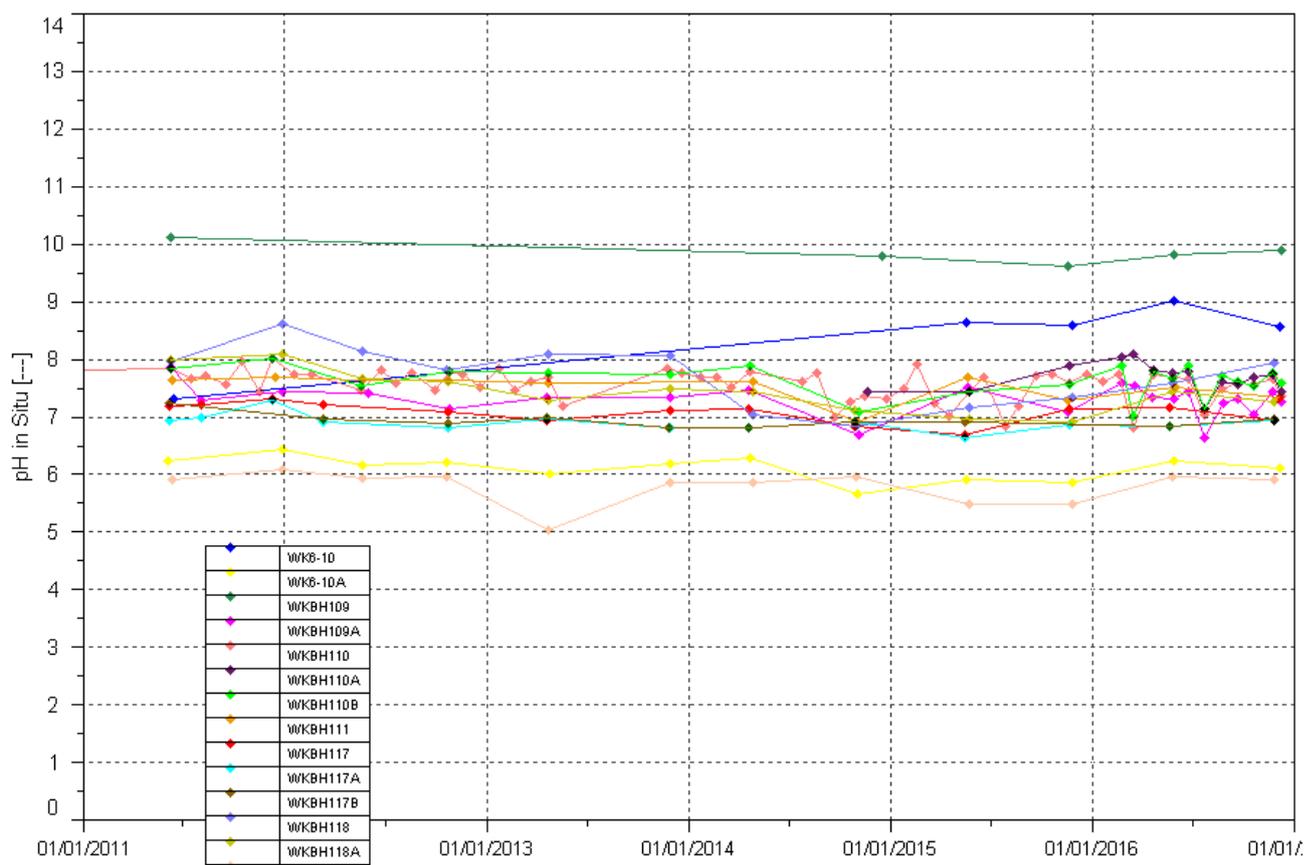
Sulfates : Même constat que pour la conductivité aux piézomètres WKBH110, WKBH110A, WKBH110B et WKBH109A : à partir de juillet 2016, les contrôles indiquent une hausse des teneurs en sulfates. On relève une concentration maximale de 105 mg/L au piézomètre WKBH109A. Cependant les contrôles du mois de décembre pour ces stations révèlent une légère diminution des teneurs en sulfates. Ces évolutions des sulfates seront à suivre lors du prochain bilan semestriel.

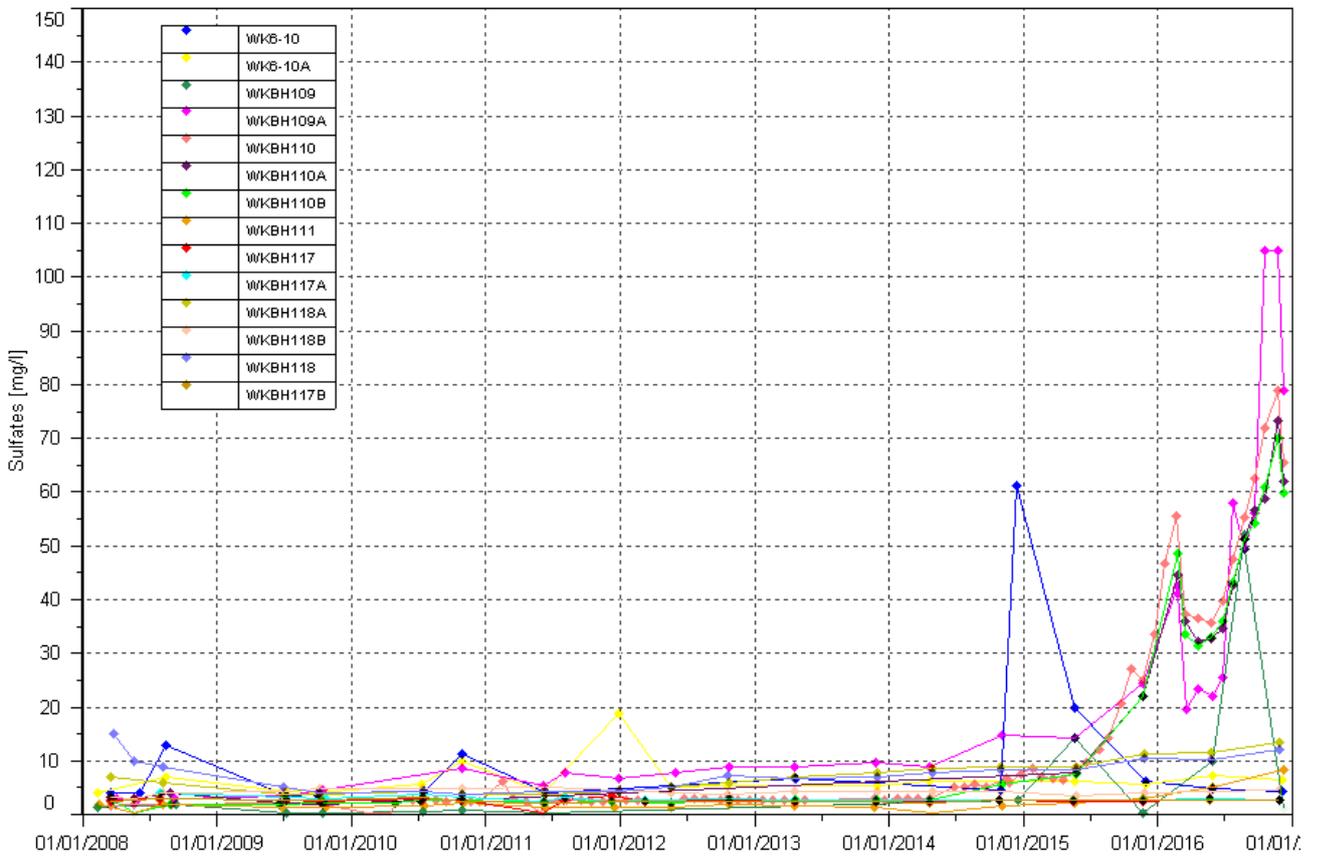
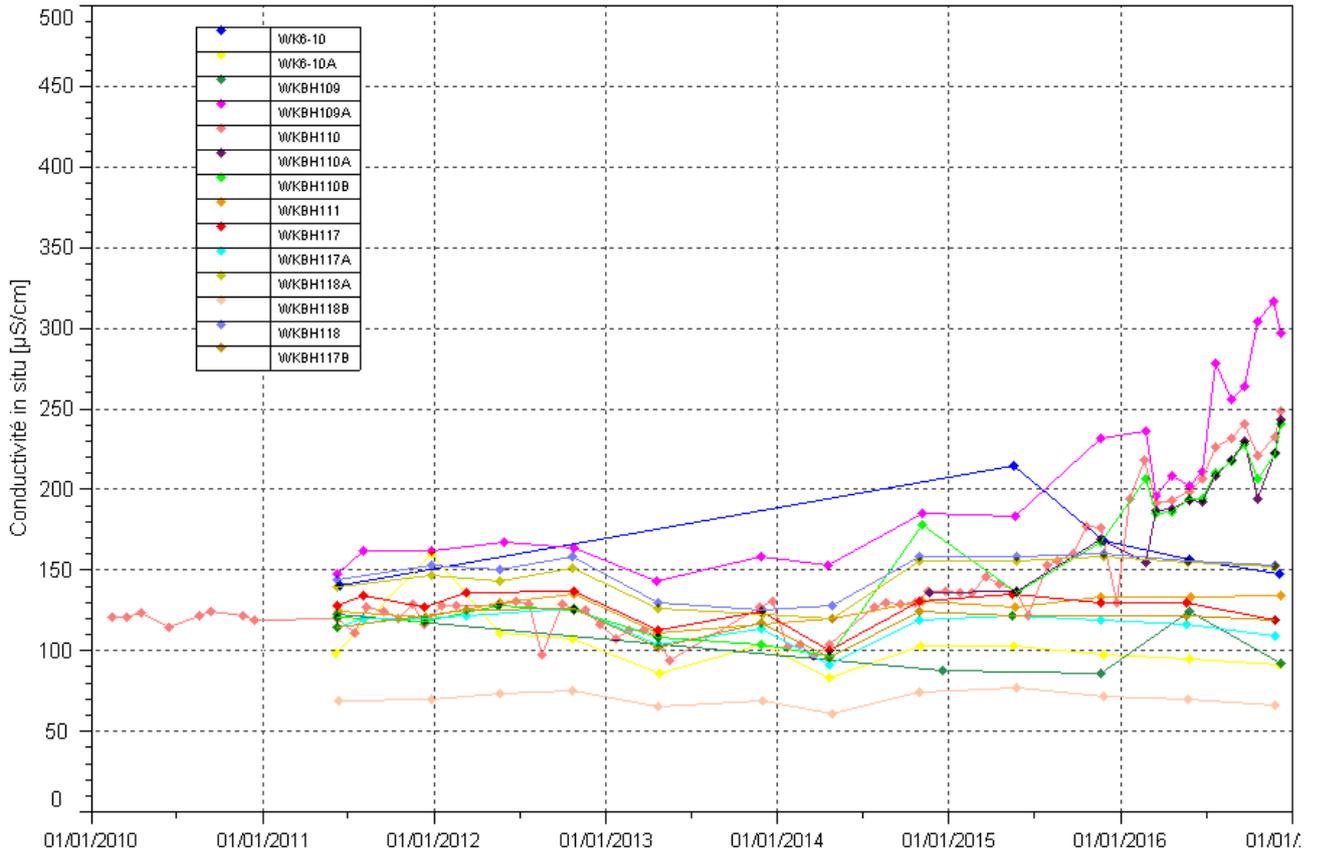
Chlorures : Les concentrations en chlorures en début de 2nd semestre au piézomètre WKBH109A sont légèrement supérieures au 1^{er} semestre. Elles diminuent à partir du mois d'octobre. Aucune évolution particulière n'est à signaler au niveau des autres piézomètres de ce groupe durant cette période.

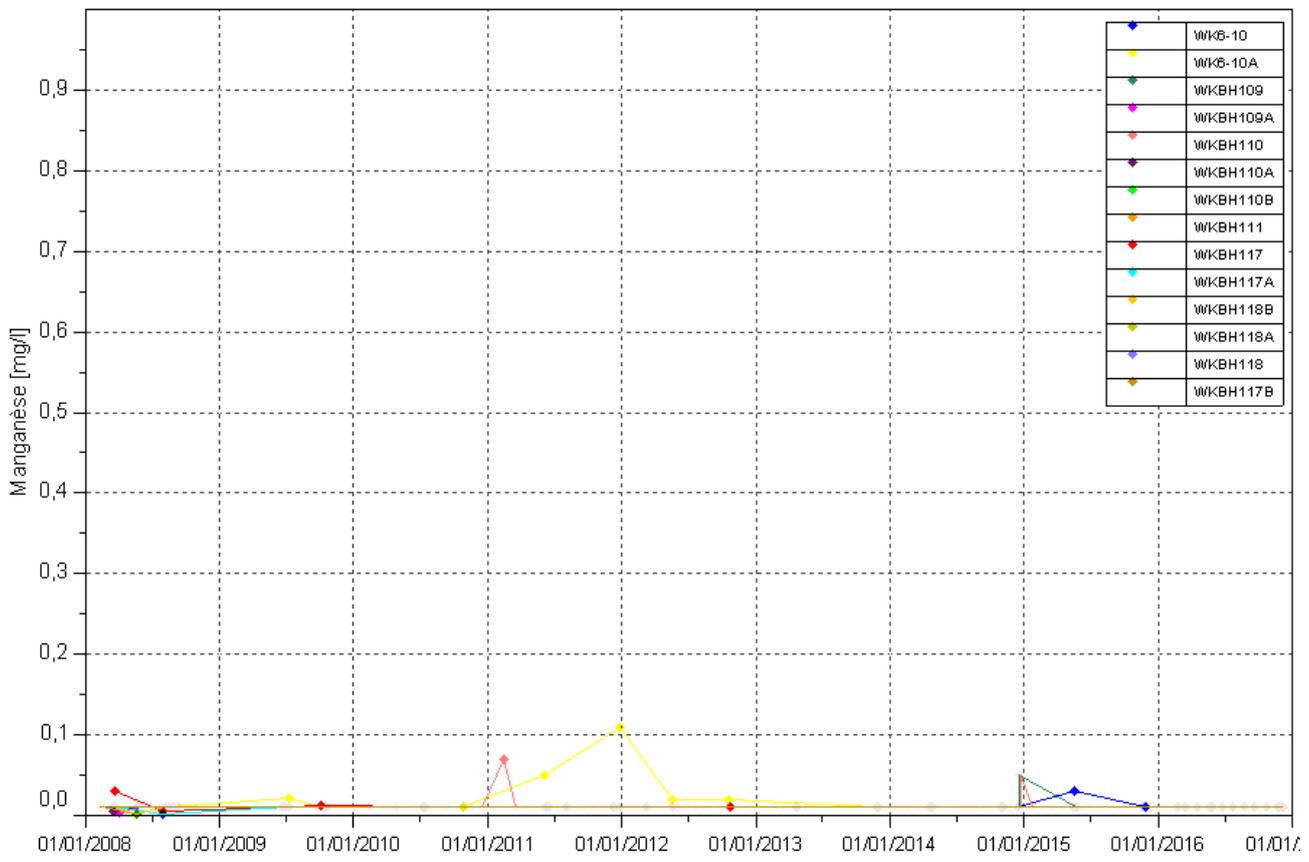
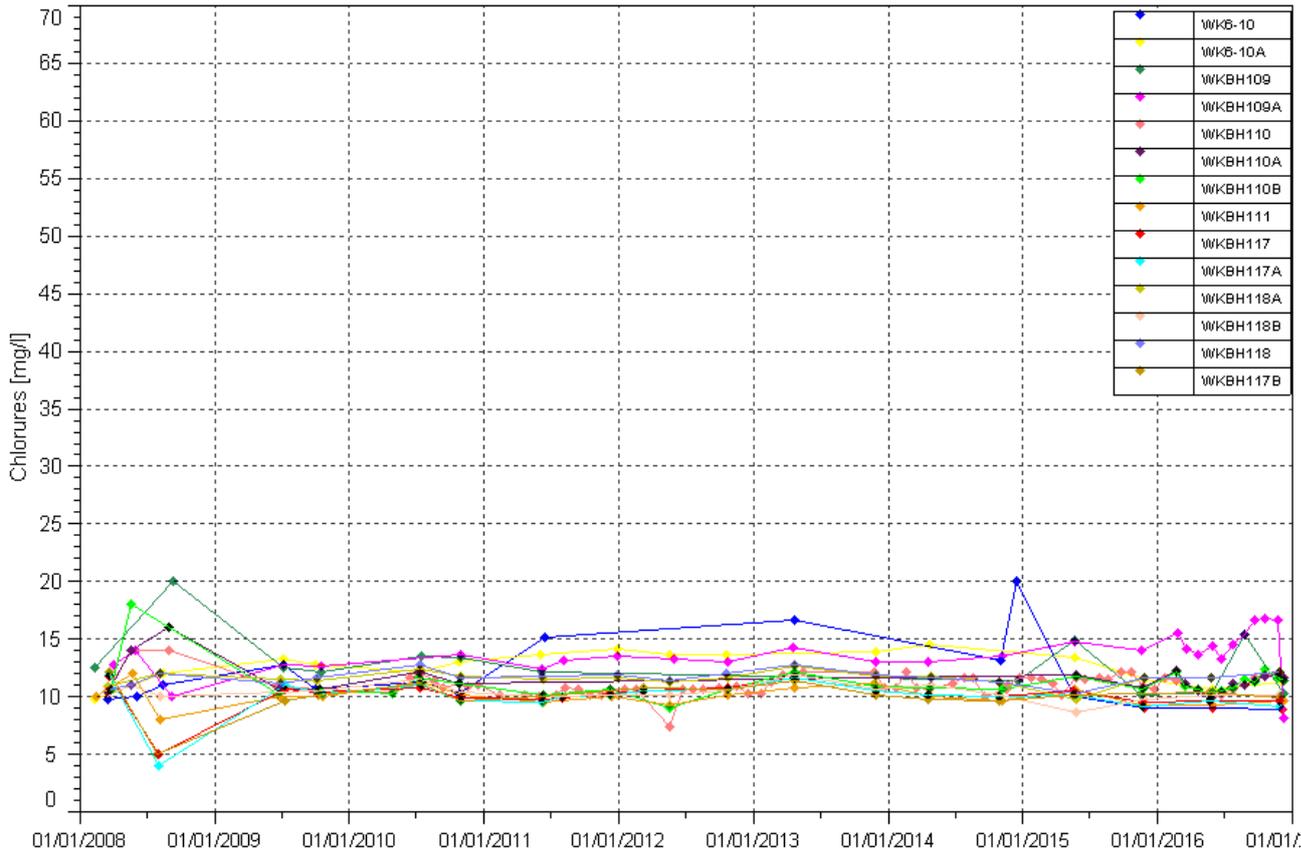
Manganèse : le manganèse n'est pas détecté dans les piézomètres de ce groupe.

Les graphiques illustrant les résultats du suivi de la Kwe Ouest pour les piézomètres relevant du groupe B sont présentés à la Figure 7.

Figure 7 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe B) – pH, conductivité, sulfates et manganèse







Groupe C :

pH : compris entre 4.54 et 8.6 au 2nd semestre 2016. Le pH maximum est mesuré à la station WKBH115 et le pH minimum à la station WKBH115B.

Conductivité : comprise entre 50.9 et 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au 2nd semestre. Les résultats de suivi du 2nd semestre ne montrent aucune évolution particulière. Excepté au piézomètre WKBH113, les contrôles d'août et octobre montrent une légère variation de la conductivité.

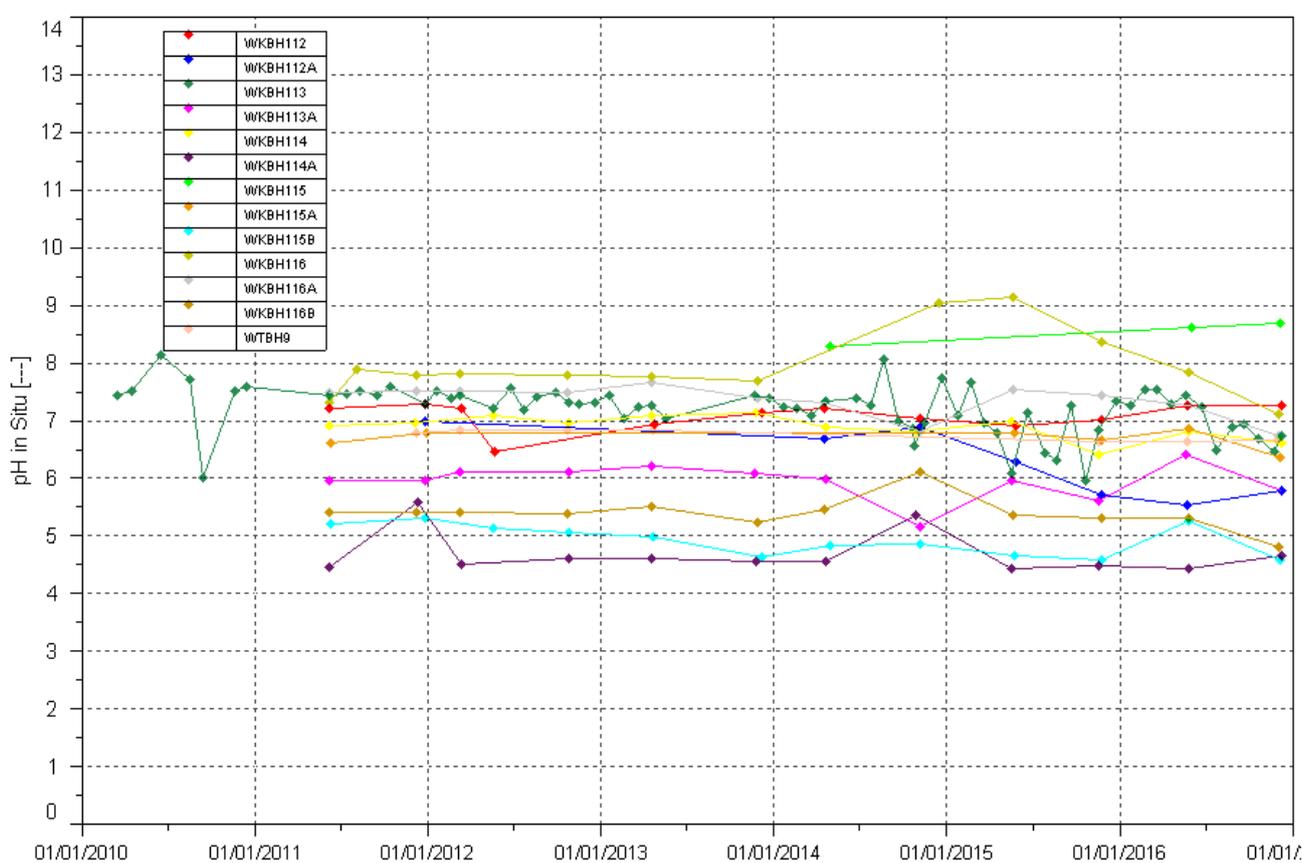
Sulfates : au 2nd semestre 2016, les teneurs en sulfates des piézomètres de ce groupe sont inférieures à 10 mg/L et comparables aux années précédentes.

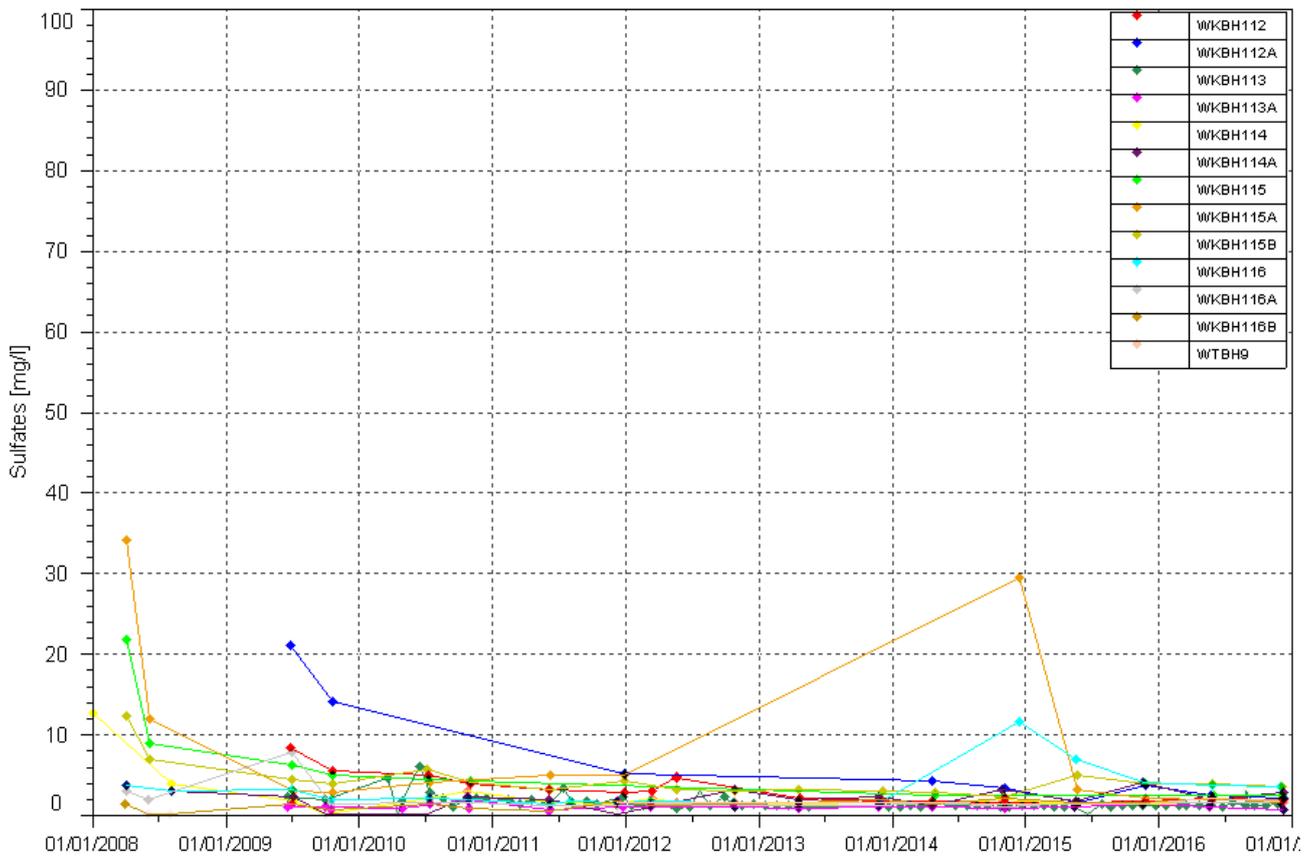
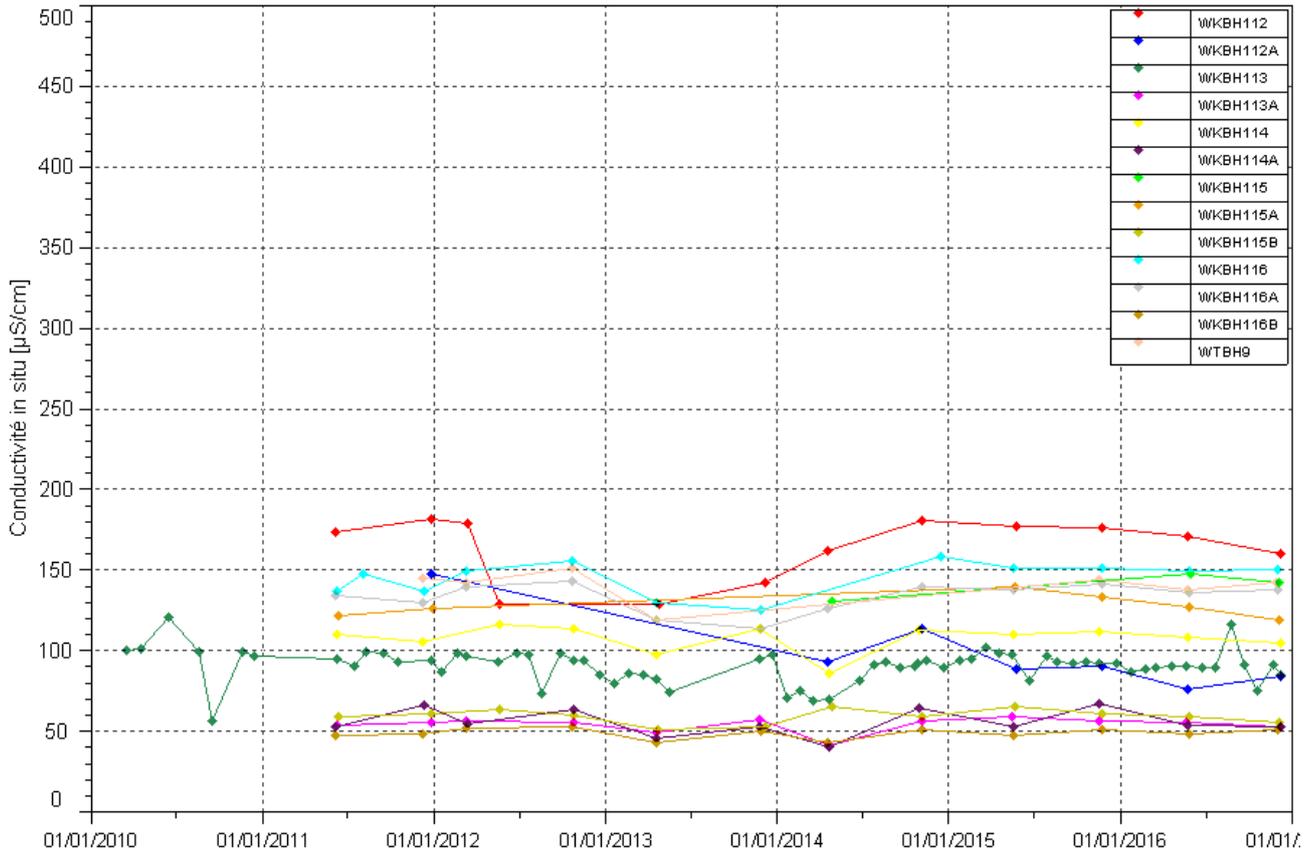
Chlorures : aucune évolution particulière n'est à constater.

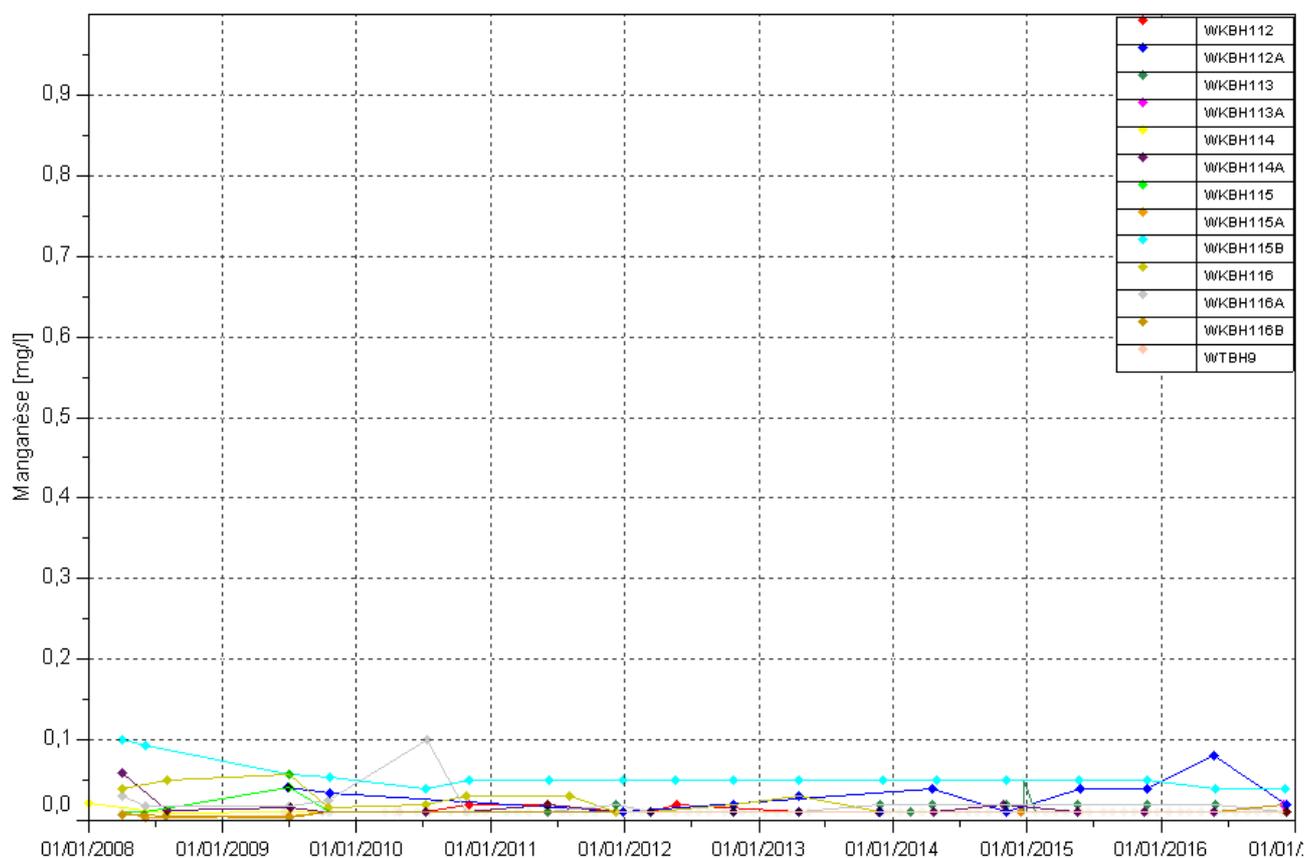
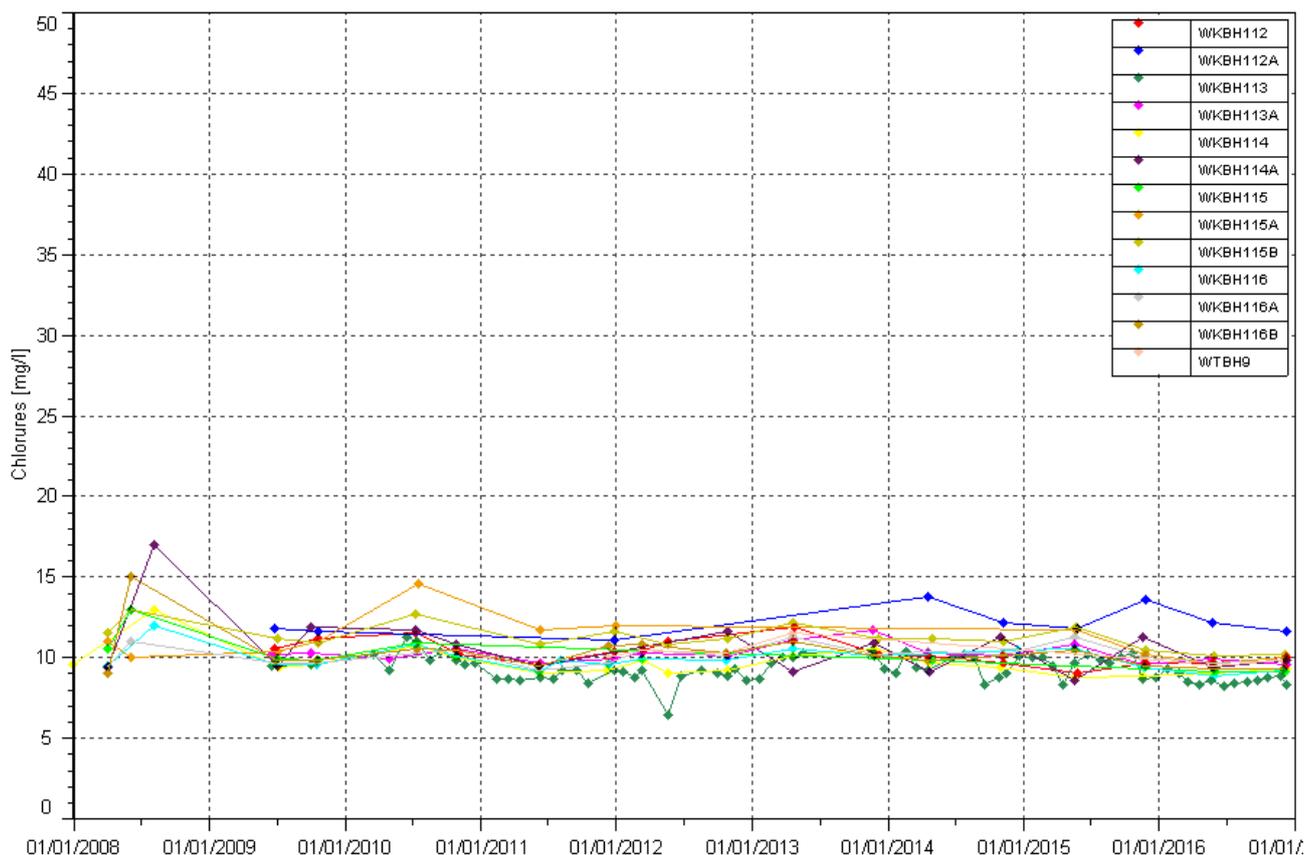
Manganèse : Les résultats de 2016 montrent toujours que le bruit de fond en manganèse est stable dans ce groupe depuis 2011. Le contrôle de novembre au piézomètre WKBH112A indique un retour aux normales mesurées. Une concentration de 0.08 mg/L en Mn a été relevée pour cette station au mois de mai, soit une concentration légèrement supérieure aux normales mesurées.

Les graphiques illustrant les résultats du suivi de la Kwé Ouest pour les piézomètres relevant du groupe C sont présentés à la Figure 8.

Figure 8 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe C) – pH, conductivité, sulfates et manganèse







Groupe D :

pH : compris entre 7.1 et 8.5 au 2nd semestre 2016.

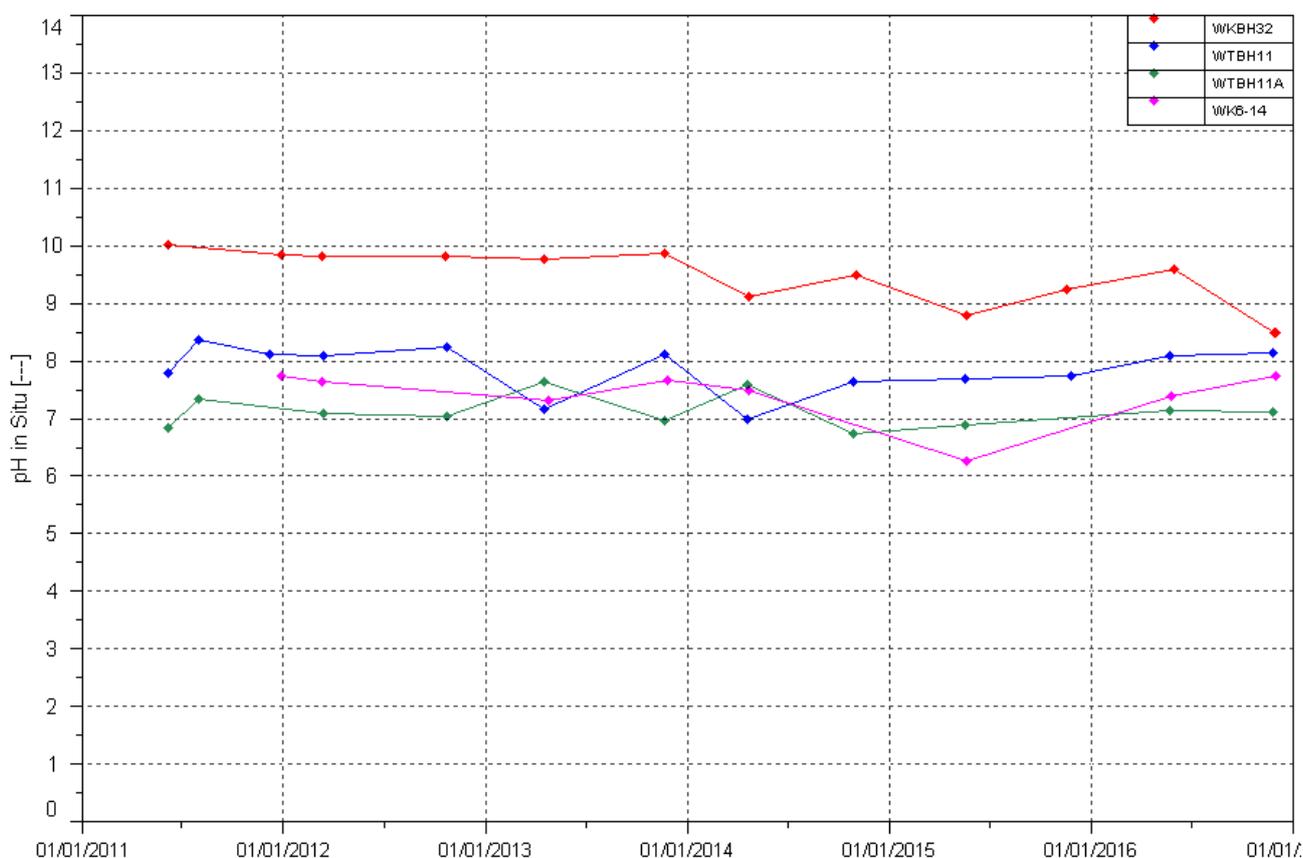
Conductivité : comprise entre 117 et 181 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

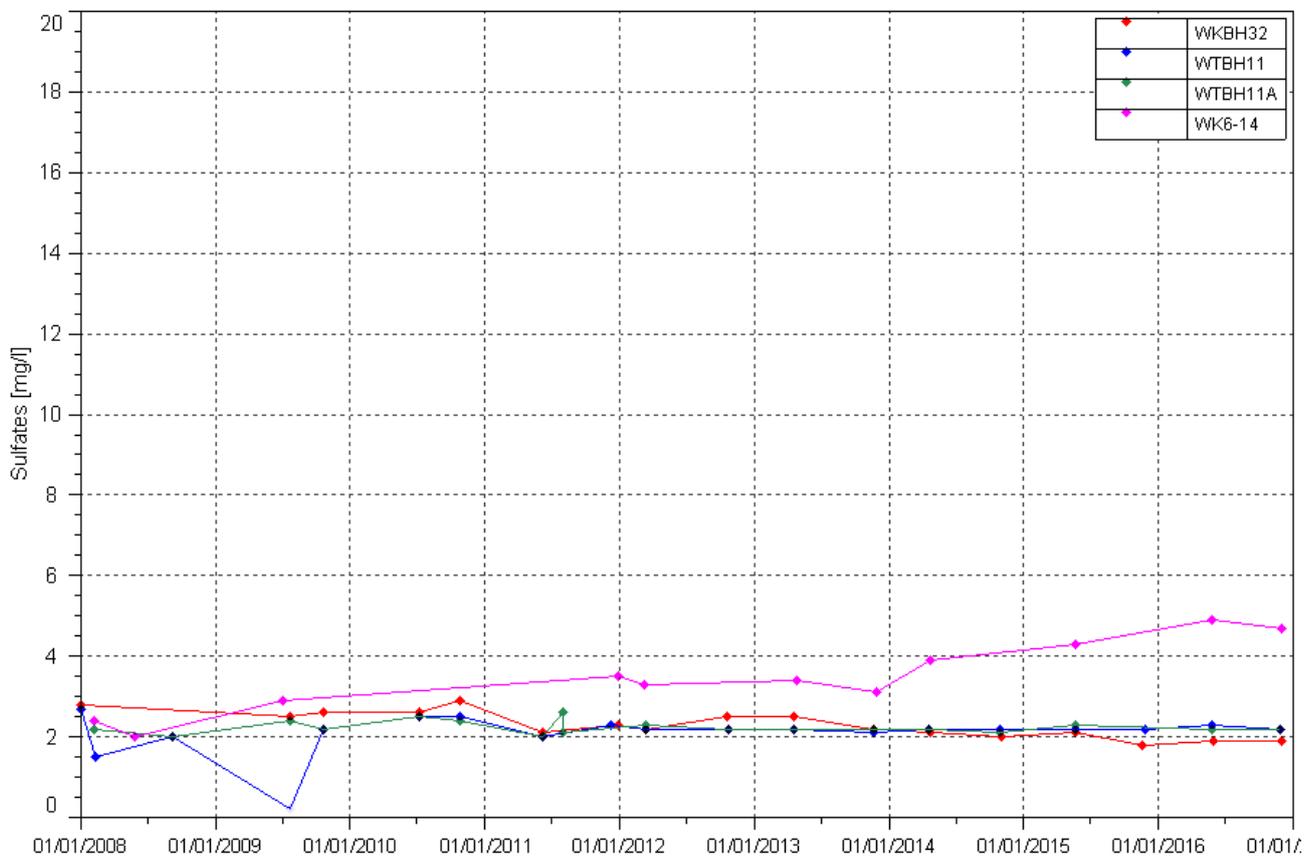
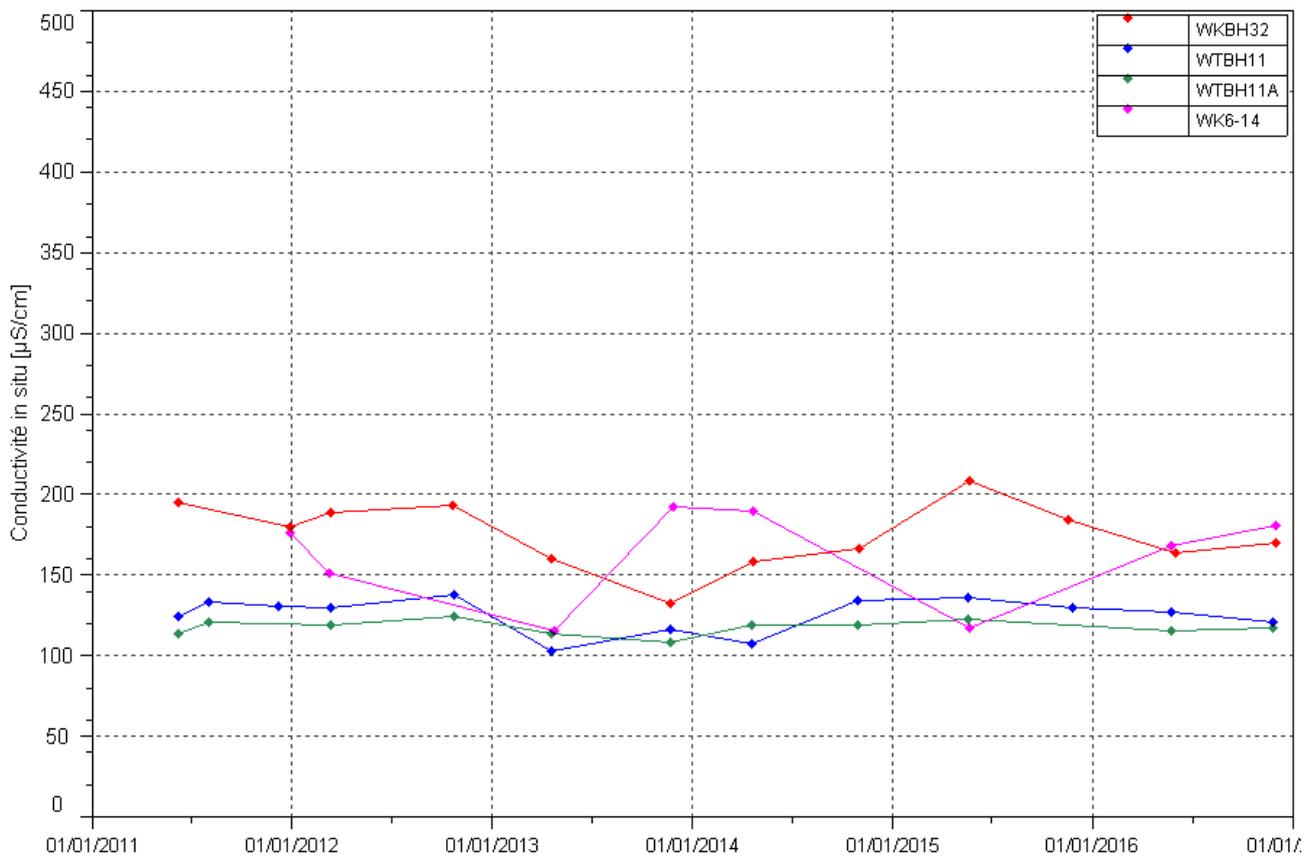
Sulfates: le contrôle du mois de novembre au piézomètre WK6-14 montre une stabilité des concentrations en sulfates. Pour rappel, une légère augmentation des teneurs en sulfates était constatée pour cette station lors du précédent bilan semestriel. Cependant les concentrations mesurées restent faibles dans les piézomètres de ce groupe. Aucune variation n'est observée pour les autres piézomètres de groupe.

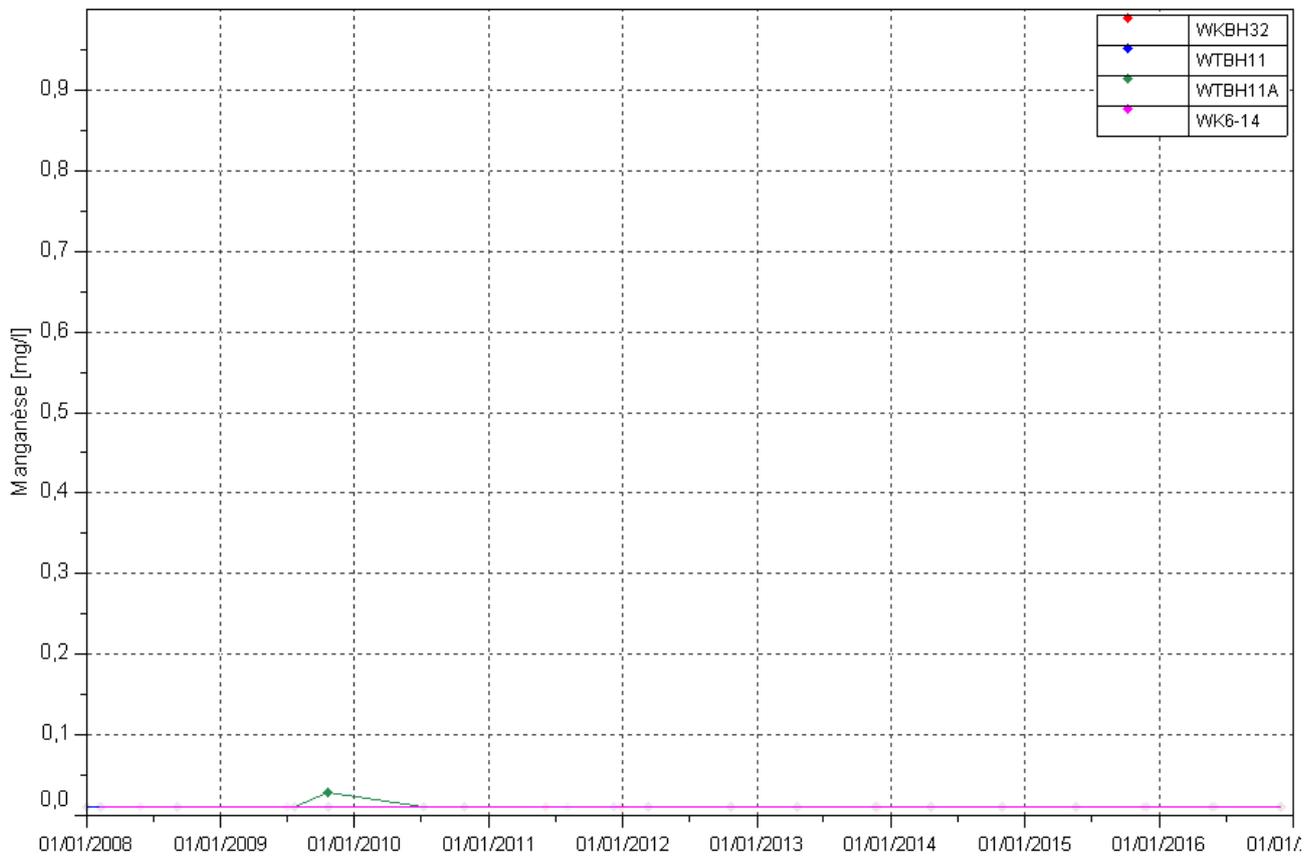
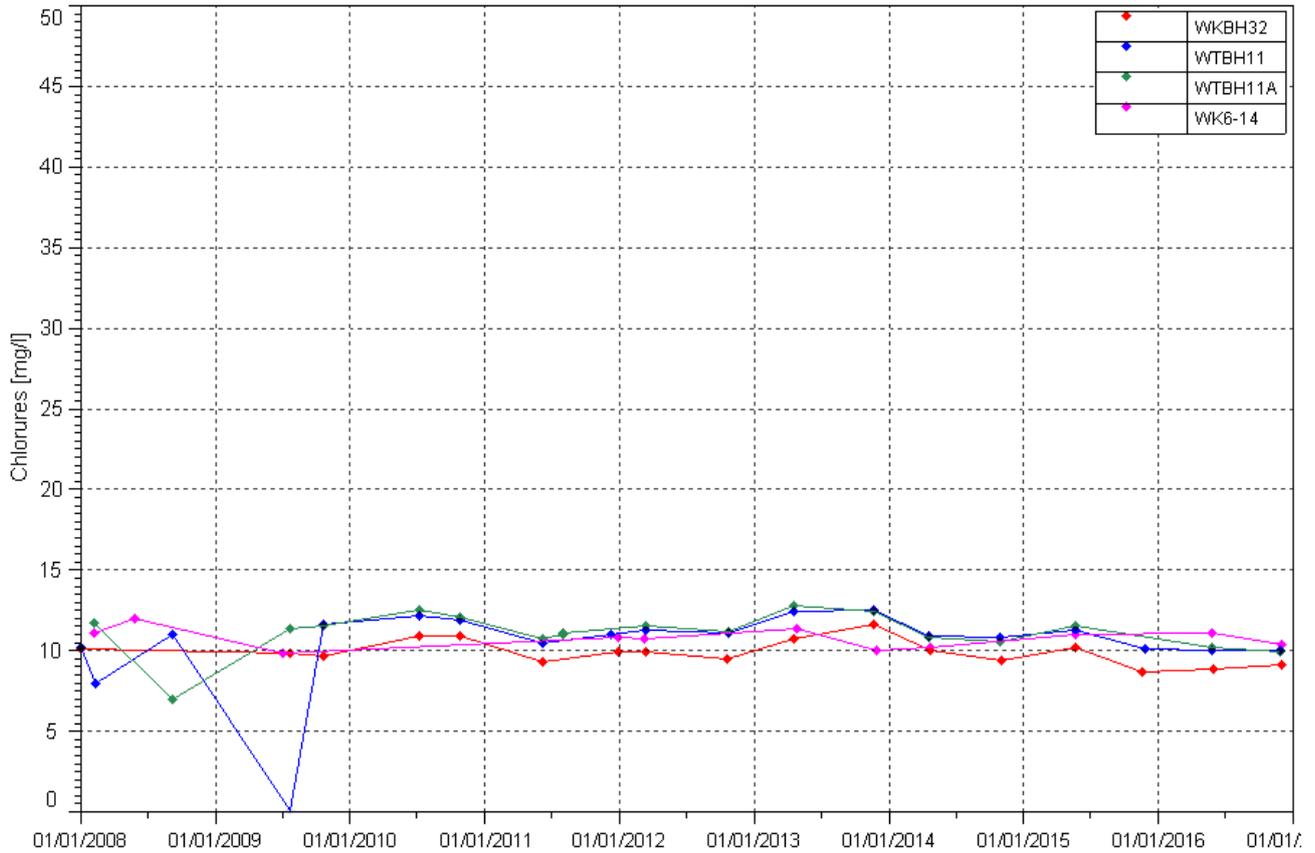
Chlorures : les concentrations en chlorures restent stables pour le 2nd semestre 2016.

Manganèse : le manganèse n'est pas détecté.

Figure 9 : Résultats du suivi de la Kwe Ouest (groupe D) – pH, conductivité, chlorure, sulfate et manganèse







Mesures mensuelles : WKBH113, WKBH102, WKBH110

Conformément à l'arrêté ICPE, la qualité des eaux souterraines est suivie mensuellement et en continu pour la conductivité au niveau des forages suivants :

- WKBH102 qui se situe au pied de la berme, dans la zone d'influence prévisible du stockage des résidus (groupe A),
- WKBH110 qui se situe dans la zone tampon (groupe B), à proximité de la source WK20,
- WKBH113 qui se situe hors zone d'influence (groupe C), en bordure nord du bassin versant.

Les figures suivantes représentent les données acquises depuis 2008 pour les piézomètres WKBH102, WKBH110, WKBH113 pour les paramètres réglementaires.

A partir de juillet 2016, les résultats de suivi au piézomètre WKBH102 montrent de nouveau une augmentation de la conductivité, des concentrations en sulfates, magnésium et calcium. Pour rappel, lors du dernier bilan semestriel, les résultats ont démontré une diminution de concentrations de ces paramètres. Depuis 2013, la tendance était à la hausse et s'était même accentuée en juillet 2015. Enfin, lors du contrôle de décembre, on note une diminution de la conductivité, des concentrations en sulfates, magnésium et calcium.

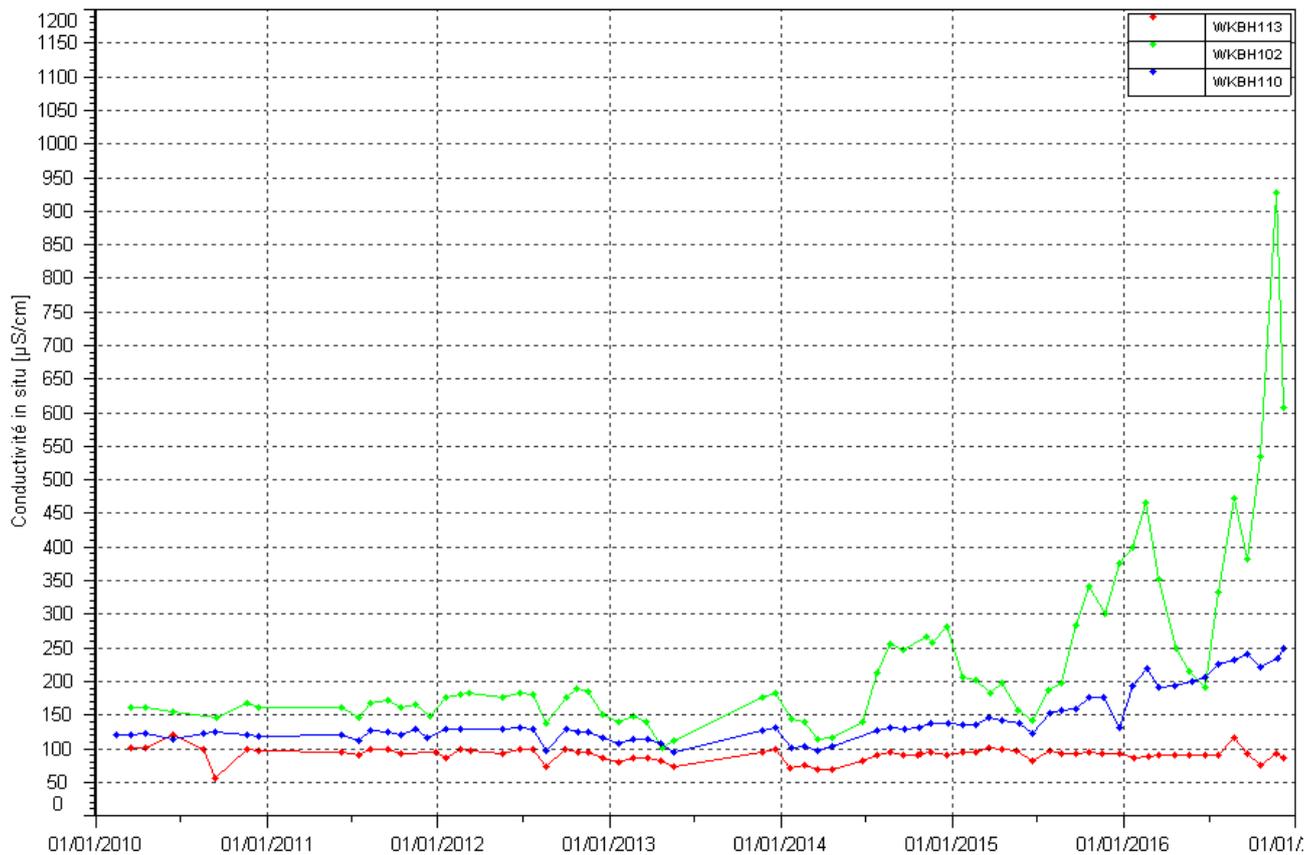
Au piézomètre WKBH110, les contrôles du 2nd semestre 2016 confirment une hausse progressive de la conductivité, des concentrations en sulfates et magnésium.

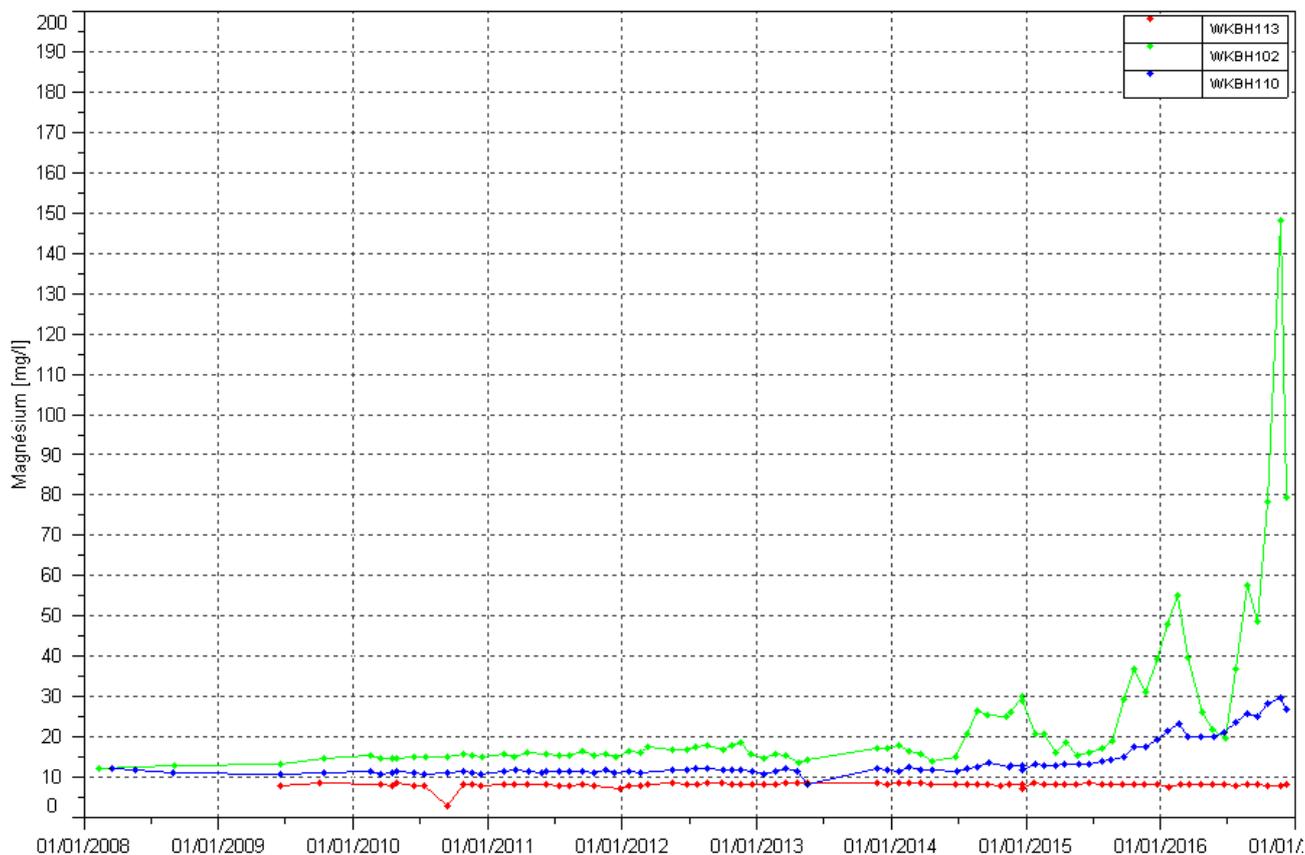
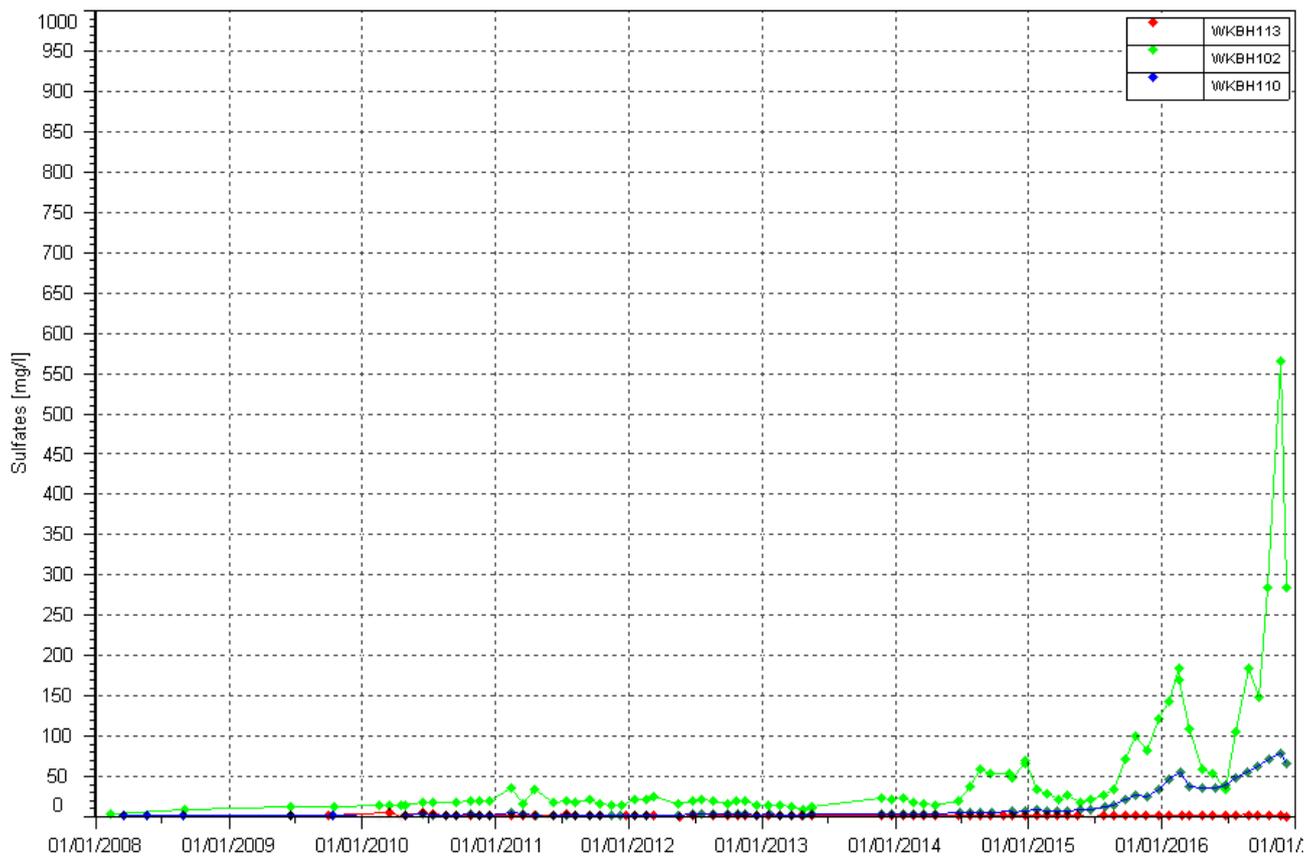
En revanche, au piézomètre WKBH113, les résultats du 2nd semestre confirment toujours une stabilité de la qualité physico-chimique de l'eau depuis juillet 2014.

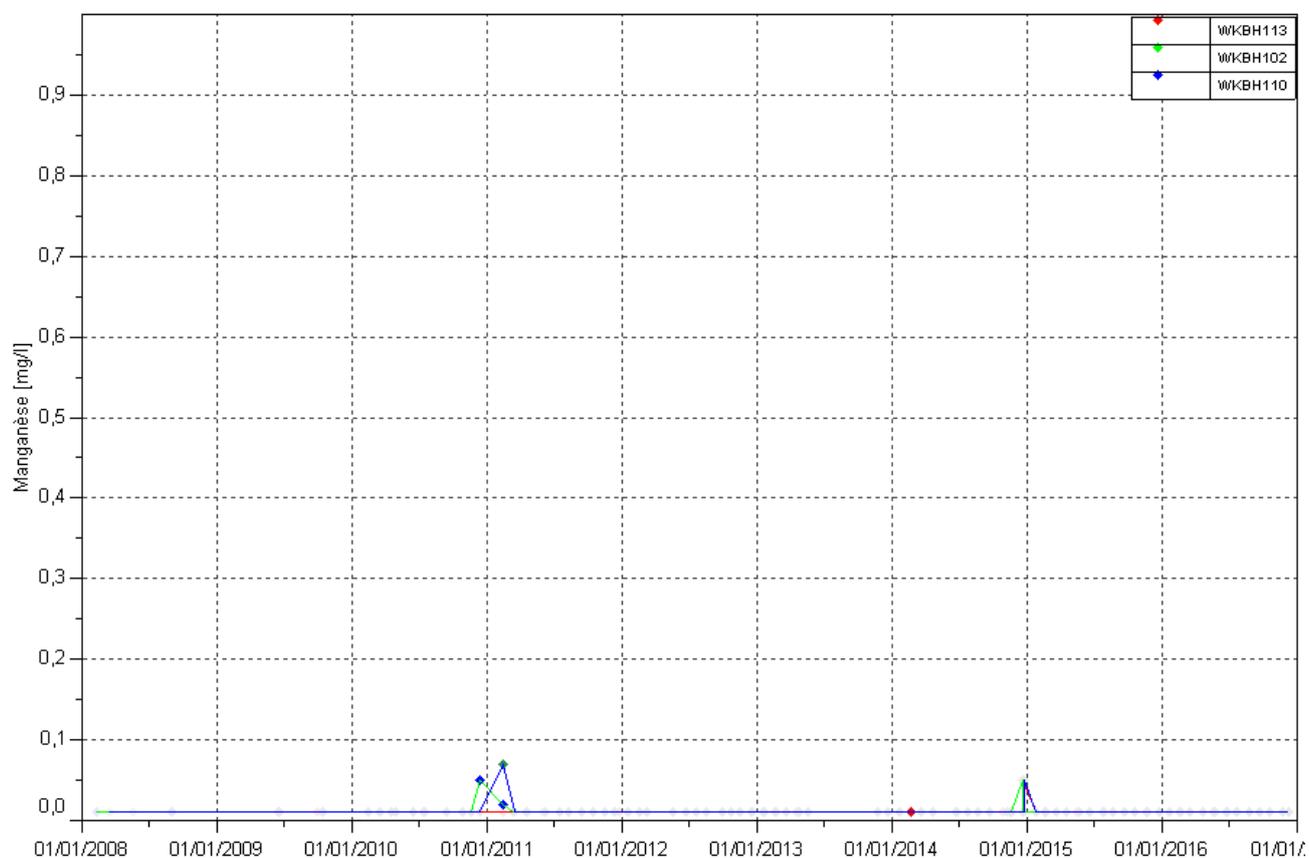
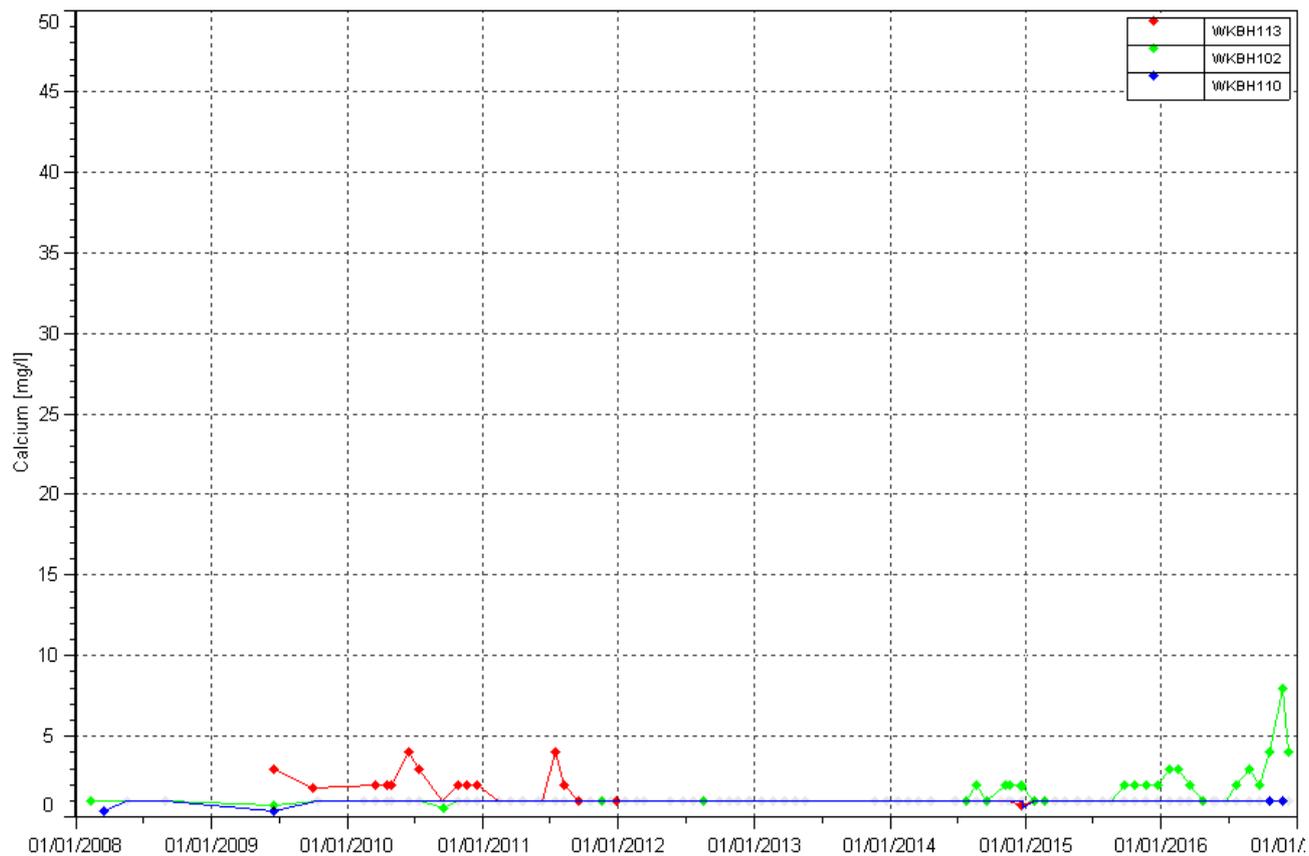
Le manganèse n'est pas détecté durant ce semestre au niveau de ces stations.

Les graphiques illustrant les résultats du suivi piézométrique mensuel de la Kwé Ouest sont présentés à la Figure 10.

Figure 10 : Résultats du suivi piézométrique mensuel de la Kwe Ouest – conductivité, sulfate, magnésium, calcium et manganèse







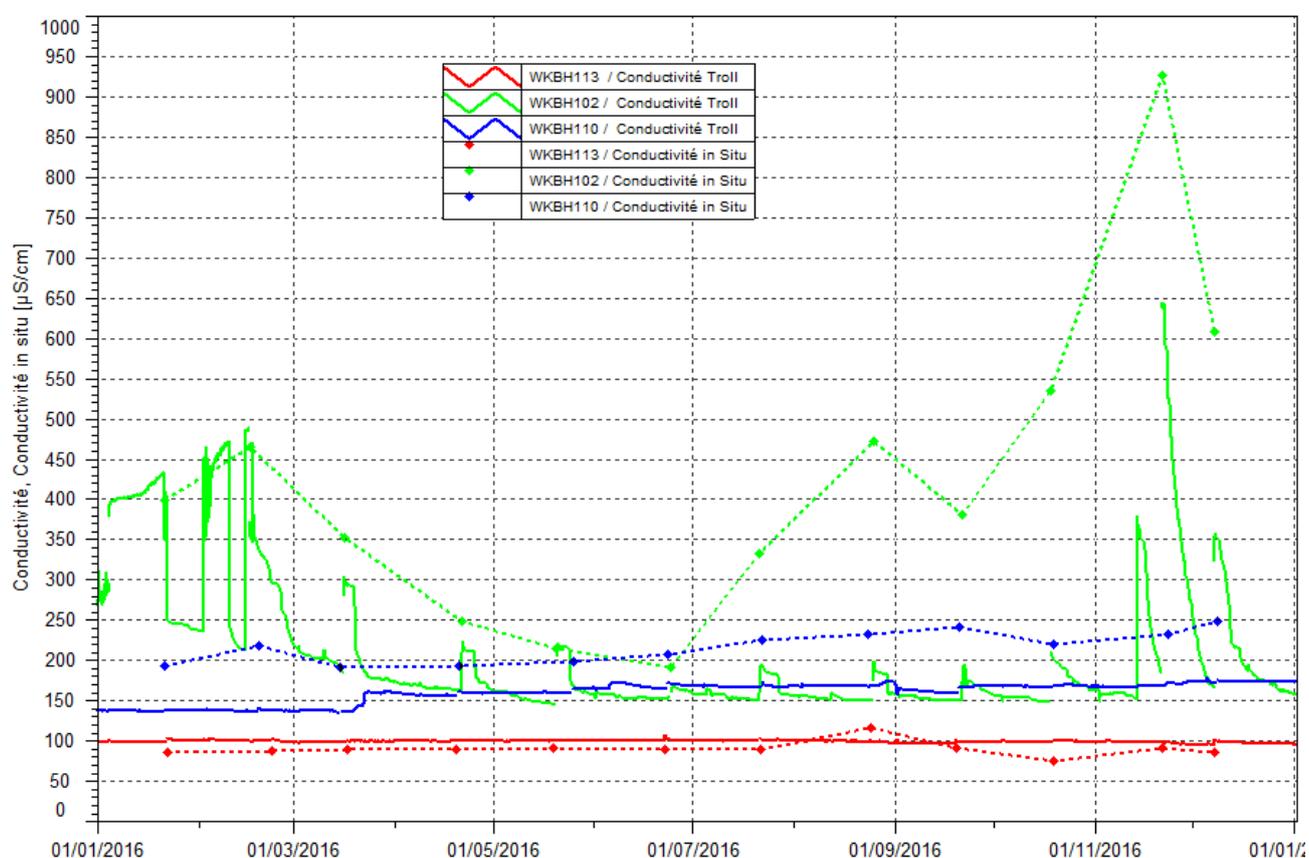
Mesures de conductivité en continu : WKBH113, WKBH102, WKBH110

Ces piézomètres sont équipés depuis le 17 juin 2009 de sondes de type Aqua Troll 200 qui enregistrent les variations de conductivité et de température.

La figure 11 ci-après présente les enregistrements automatiques de conductivité des Aqua Troll 200. Au piézomètre WKBH102, entre juillet et novembre 2016, la sonde semble défectueuse car le signal enregistré n'est pas concordant avec les mesures in situ. Le piézomètre WKBH102 est un piézomètre d'alerte, situé au pied de la berme. En 2016, la conductivité max enregistrée par la sonde est de 644 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le 21 novembre.

Aux stations WKBH110 et WKBH113, les enregistrements continus montrent une stabilité de la conductivité. Les mesures de conductivité automatiques confirment à quelques valeurs près les mesures de conductivités in situ.

Figure 11 : Résultats du suivi en continu des piézomètres de la Kwé Ouest



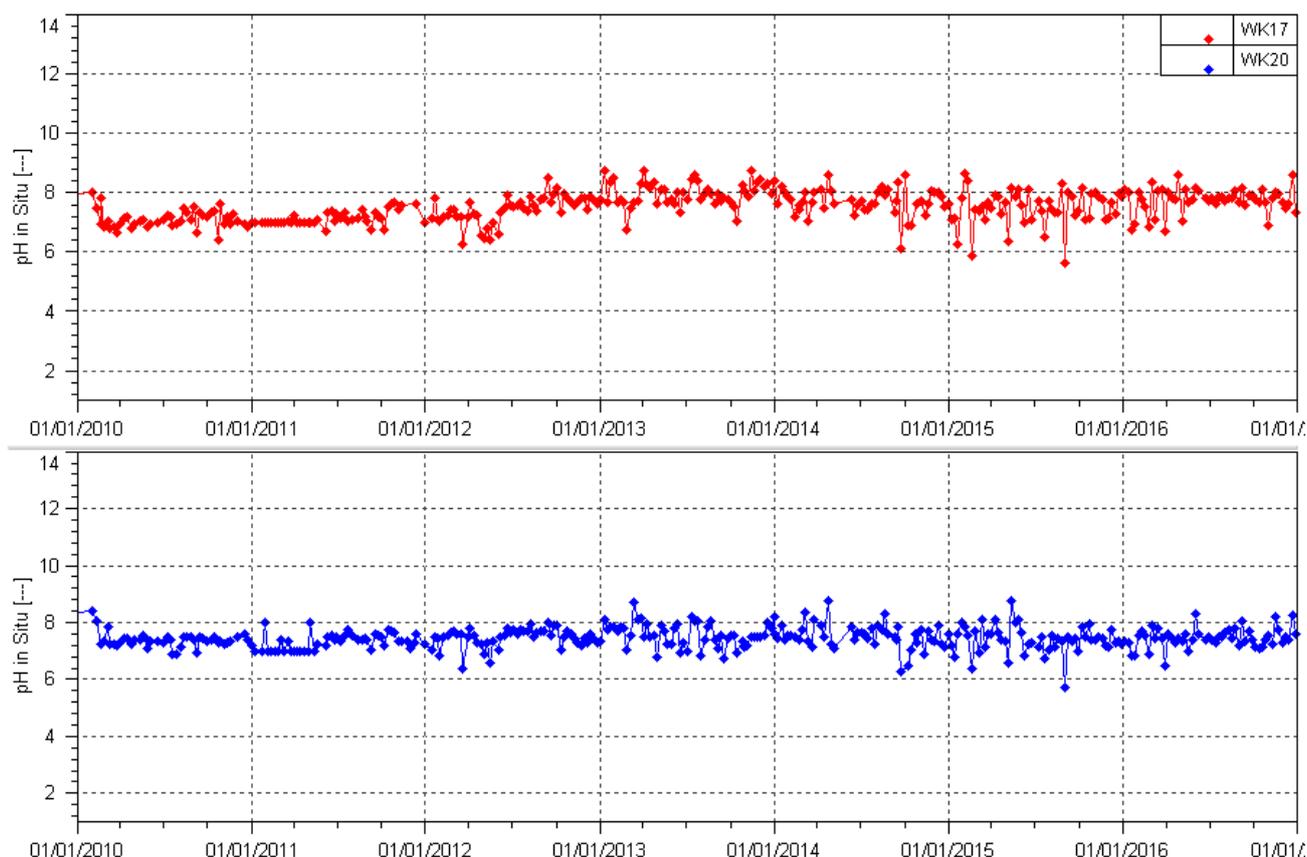
2.3.2.2 Sources: WK17 et WK20

Conformément à l'arrêté d'exploitation du parc à résidus, le suivi des sources WK17 et WK20 est réalisé selon deux fréquences : hebdomadaire et continue. Ces données sont présentées ci-après.

▪ Mesures de pH

La Figure 121 présente les mesures en pH obtenues à une fréquence hebdomadaire pour les stations WK17 et WK20.

Figure 121 : Mesures de pH des stations WK17 et WK20 entre janvier 2010 et janvier 2017



Source WK17 :

Au cours de ce semestre, les résultats sont compris entre 6.8 et 8.6.

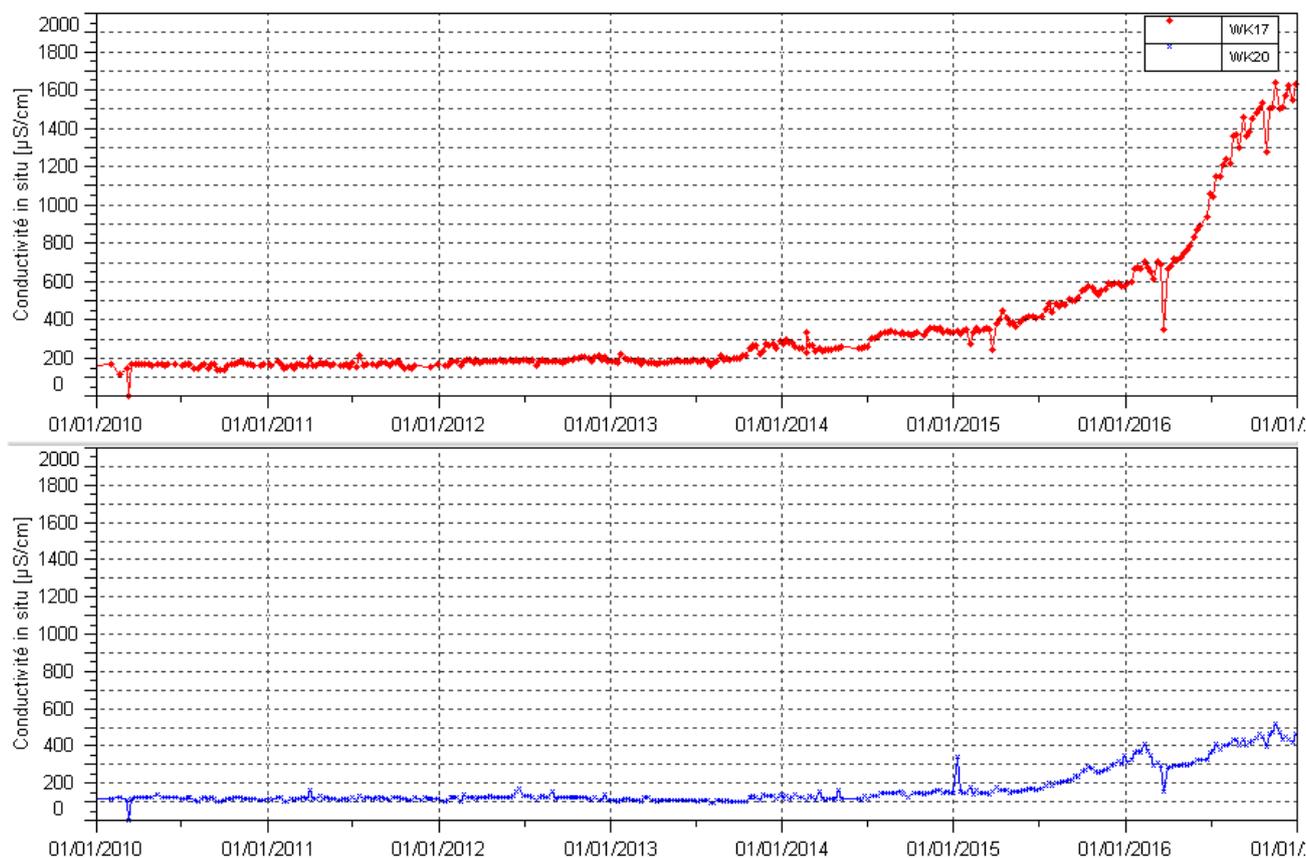
Source WK20 :

Au cours de ce semestre, le pH oscille entre 7.1 et 8.2.

▪ **Mesures de conductivité**

La Figure13 présente les mesures de conductivité obtenues à une fréquence hebdomadaire pour les stations WK17 et WK20.

Figure 13: Mesures de conductivité des stations WK17 et WK20 entre janvier 2010 et janvier 2017



Source WK17 :

A partir du 1^{er} juillet 2016, on observe une accentuation de la hausse des concentrations en sulfates. Toutefois, à partir de la mi-octobre, les résultats de suivi indiquent un affaiblissement de cette augmentation voir même une stabilisation des concentrations en sulfates. La mesure de conductivité en début de semestre est de 1040 µS/cm. En fin de semestre, la mesure de conductivité est de 1630 µS/cm.

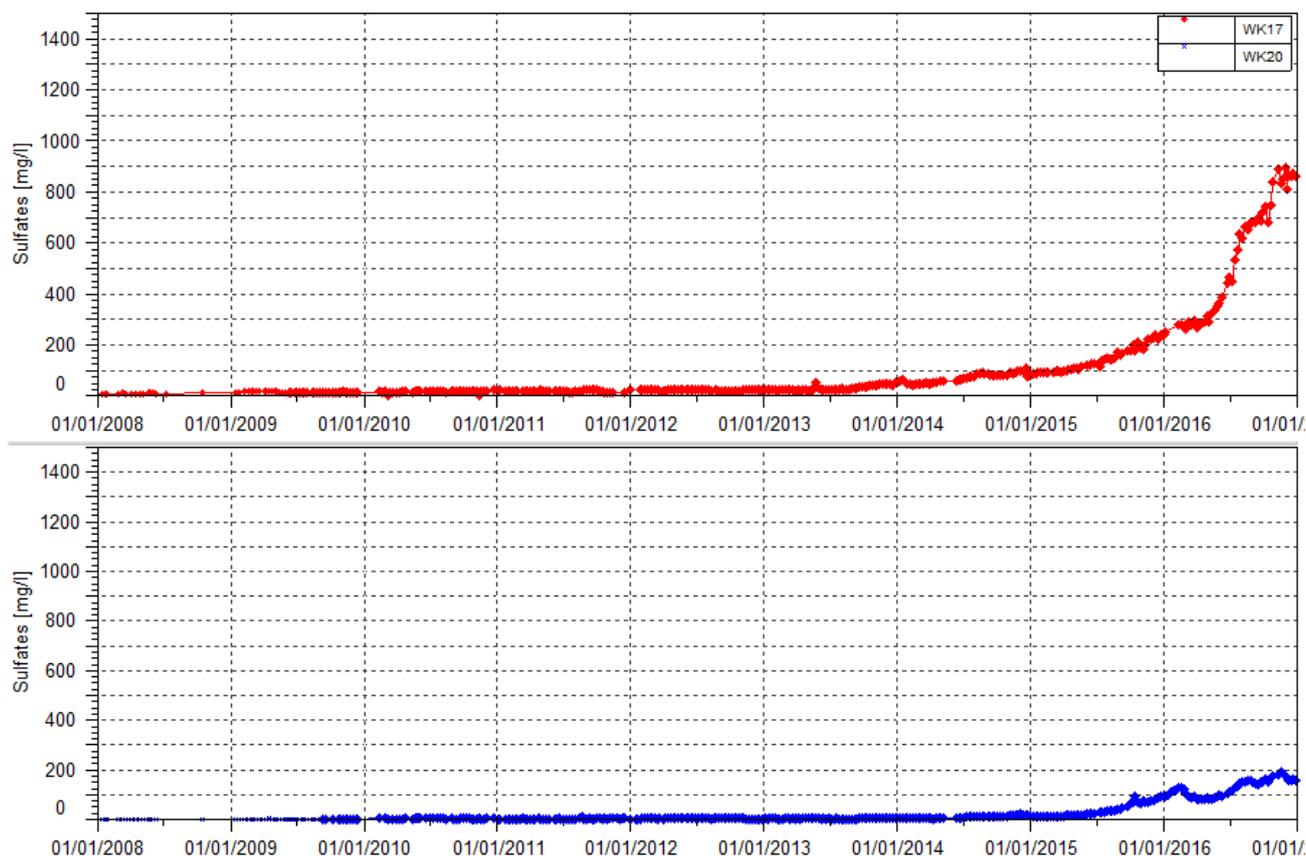
Source WK20 :

A cette date, les résultats de suivi indiquent une diminution de la conductivité. Au cours du 2nd semestre 2016, les mesures de conductivités sont de nouveau en augmentation. Pour rappel, l'augmentation amorcée depuis juin 2014 s'est interrompue en mars 2016. Les mesures de conductivité sont comprises entre 369 et 520 µS/cm au cours de ce semestre.

▪ **Concentrations en sulfates**

La Figure 14 présente les concentrations en sulfates obtenues à une fréquence hebdomadaire pour les stations WK17 et WK20.

Figure 14: Concentration en sulfates des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et janvier 2017



Source WK17 :

Les résultats de suivi concentrations du 2nd semestre 2016 confirment l'augmentation constante des sulfates amorcée depuis 2013. En concordance avec la conductivité, on note une accentuation de cette hausse à partir de juillet 2016. On mesure une concentration max de 893 mg/L le 30 novembre.

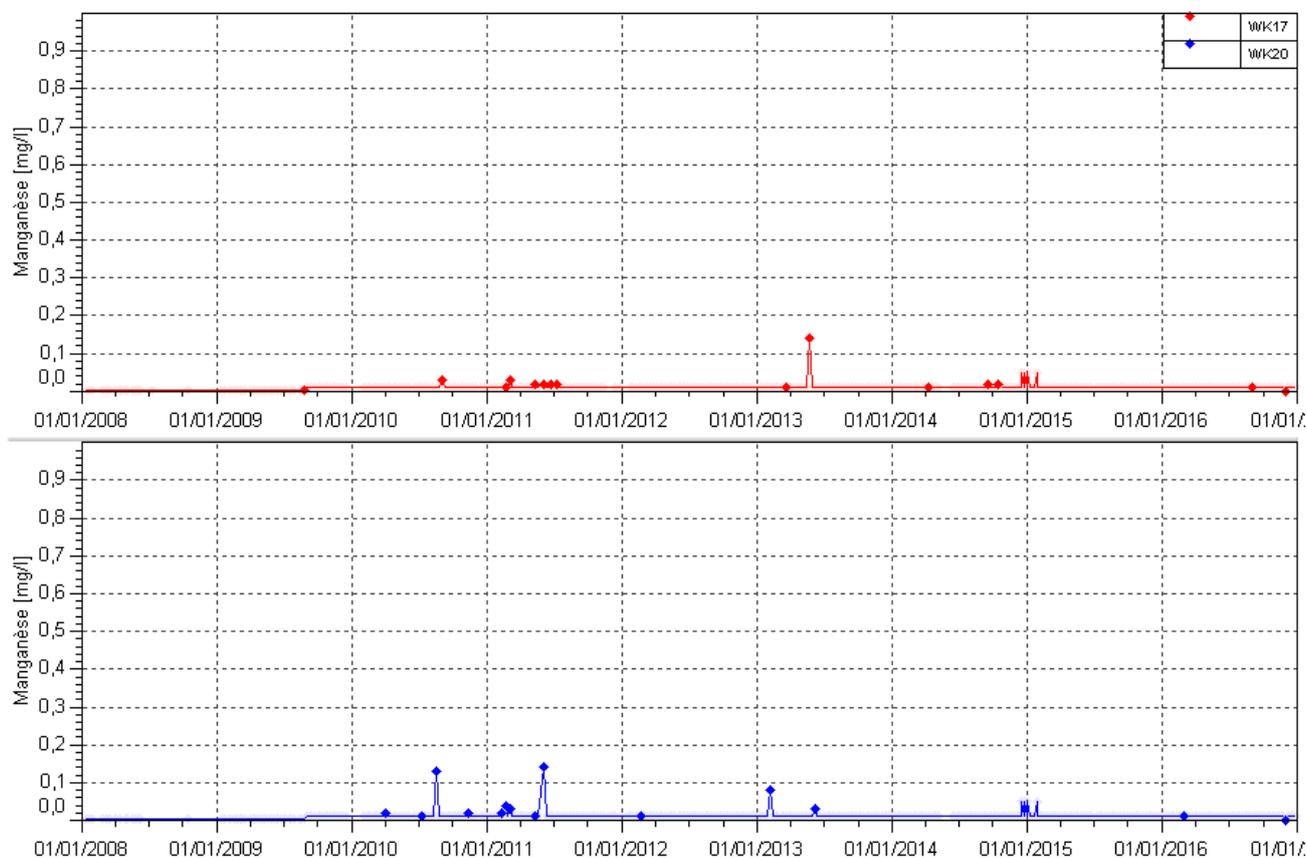
Source WK20 :

Les concentrations au niveau de WK20 sont toujours plus faibles qu'à WK17. Les résultats de suivi du 2nd semestre confirment la hausse des teneurs en sulfates amorcée depuis juillet 2015. Cependant, cette hausse est plus légère qu'à WK17. Les concentrations en sulfates sont comprises entre 34.6 et 193 mg/L au cours de ce semestre.

▪ **Concentrations en manganèse**

La Figure 15 présente les concentrations en manganèse obtenues à une fréquence hebdomadaire pour les stations WK17 et WK20.

Figure 15 : Concentration en manganèse des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et janvier 2017



Source WK17 :

Le manganèse n'est pas détecté au niveau de la source WK17 au cours de ce semestre.

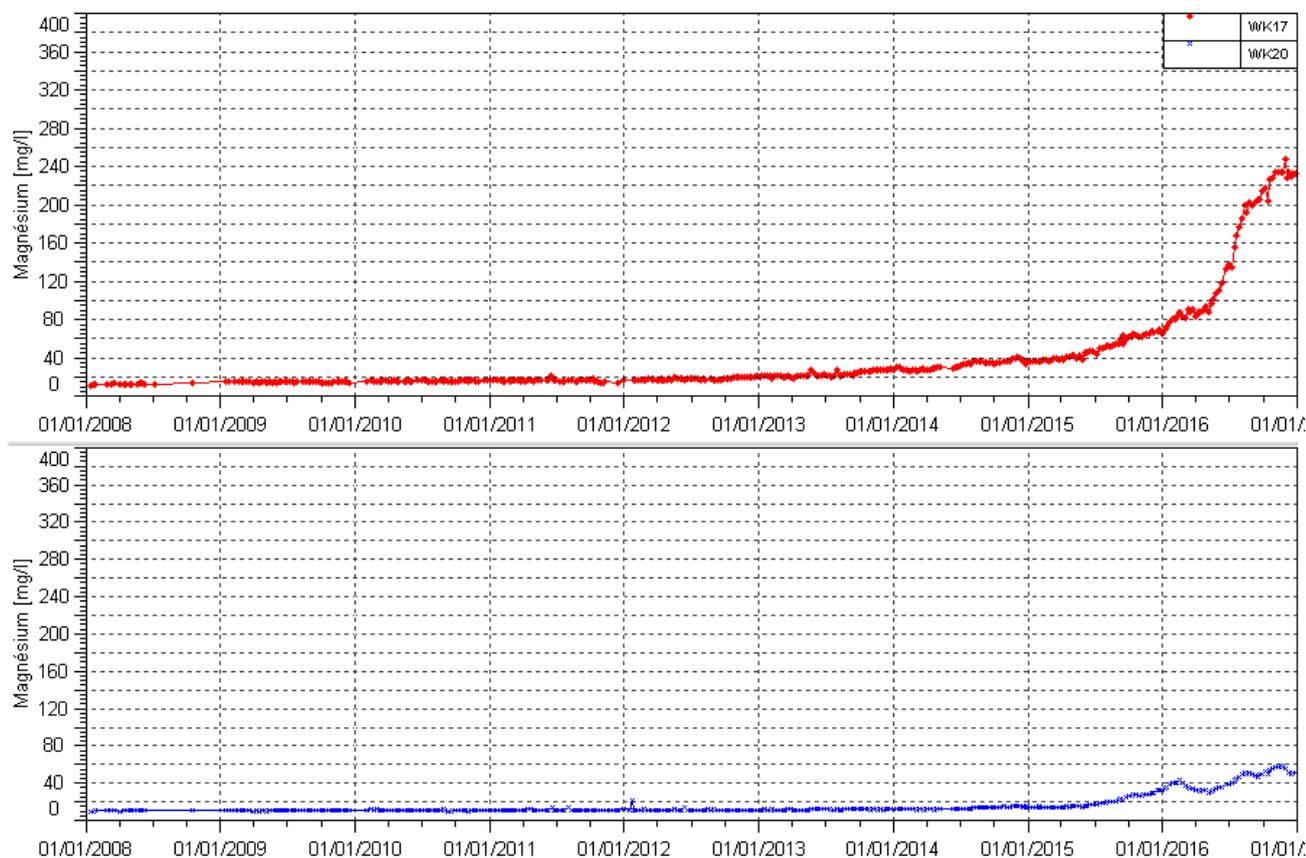
Source WK20 :

Le manganèse n'est pas détecté au niveau de la source WK20 au cours de ce semestre.

▪ **Concentrations en magnésium**

La Figure 16 présente les concentrations en magnésium obtenues à une fréquence hebdomadaire pour les stations WK17 et WK20.

Figure 16: Concentration en magnésium des stations WK17 et WK20 entre janvier 2008 et juillet 2016



Source WK17 :

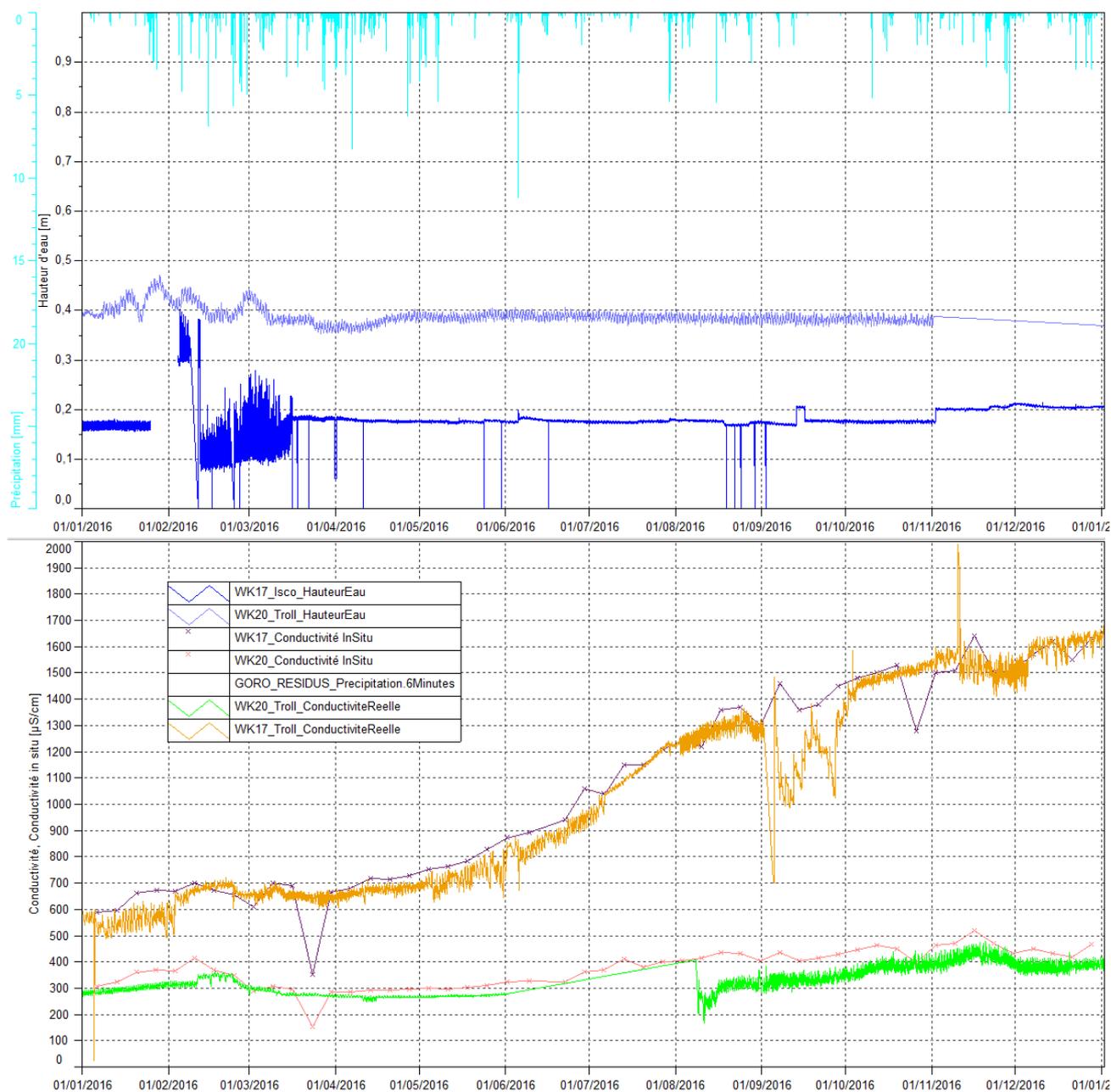
Comme pour la conductivité et les sulfates, les concentrations en magnésium sont en augmentation continue depuis 2008. En concordance avec la conductivité et les sulfates, cette tendance s'est accentuée à partir de juillet 2016. On mesure en début de semestre, une concentration en magnésium de 135 mg/L. En fin de semestre, on relève une concentration de 232 mg/L.

Source WK20 :

La tendance à l'augmentation amorcée en juillet 2014 ne s'est pas poursuivie au cours de ce semestre. Les résultats de ce semestre confirment la tendance à la hausse des teneurs en magnésium amorcée en juillet 2015.

Les mesures en continu de niveau et conductivité réalisées au 2nd semestre 2016 au niveau des sources WK17 et WK20 sont présentées en Figure . Ces mesures sont issues de sondes autonomes de type Aqua Troll 200 installées au niveau des 2 sources, et des sondes asservies à l'échantillonneur automatique (Isco) positionné à WK17.

Figure 18 : Suivi des mesures continues aux sources WK17 et WK20



Les enregistrements en continu confirment les résultats des prélèvements manuels. Une augmentation constante de la conductivité au cours de semestre est observée à la source WK17. Les mesures en continue de conductivité à WK20 indiquent sur l'ensemble des enregistrements une hausse légère au 2nd semestre 2016.

Le Tableau 15 ci-dessous, compare les résultats obtenus de 2014 à 2016 aux sources :

Tableau 15 : Comparaison des conductivités obtenues aux sources WK17 et WK20 pour la période de 2014 à 2016

Sources	Période	Moyenne	Min	Max
WK17	2014	292	181	408
	2015	445	230	594
	2016	1027	699	1988
WK20	2014	126	89	218
	2015	205.3	141	342
	2016	325	168	478

2.3.3 Suivi de l'impact des activités de l'Usine sur les eaux souterraines

Les résultats du suivi des eaux souterraines sur le site de l'usine sont présentés graphiquement dans les figures ci-après suivant le type d'installation du piézomètre :

Piézomètres courts : suivi de la nappe contenue dans la latérite (Figure 19),

Piézomètres longs : suivi de la nappe contenue dans la saprolite (Figure 20).

Piézomètres courts :

pH : compris entre 5.5 et 6.8 durant le 2nd semestre 2016.

Conductivité : compris entre 82.9 et 724 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant ce semestre. Au piézomètre 6-14A, les résultats du 2nd semestre montrent une diminution de la conductivité alors qu'une hausse de la conductivité était observée au 1^{er} semestre 2016. Lors du contrôle d'avril 2016, une conductivité de 788 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est mesurée. On relève une conductivité de 618 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au mois de décembre.

Chlorures et sulfates : en corrélation avec la conductivité, les résultats du 2nd semestre indiquent de nouveau une diminution des concentrations en sulfates au piézomètre 6-14A. Pour les autres piézomètres, les concentrations en sulfates sont invariables depuis 2011. Les concentrations en chlorures du 2nd semestre au piézomètre 6-14A confirment la stabilité des concentrations en chlorures depuis mars. Cependant le relevé du mois d'octobre indiquent un léger pic de concentration, soit 31.7 mg/l, correspondant à la maximale observée en 2016. Pour les autres piézomètres, aucune évolution particulière n'est à constater pour les chlorures.

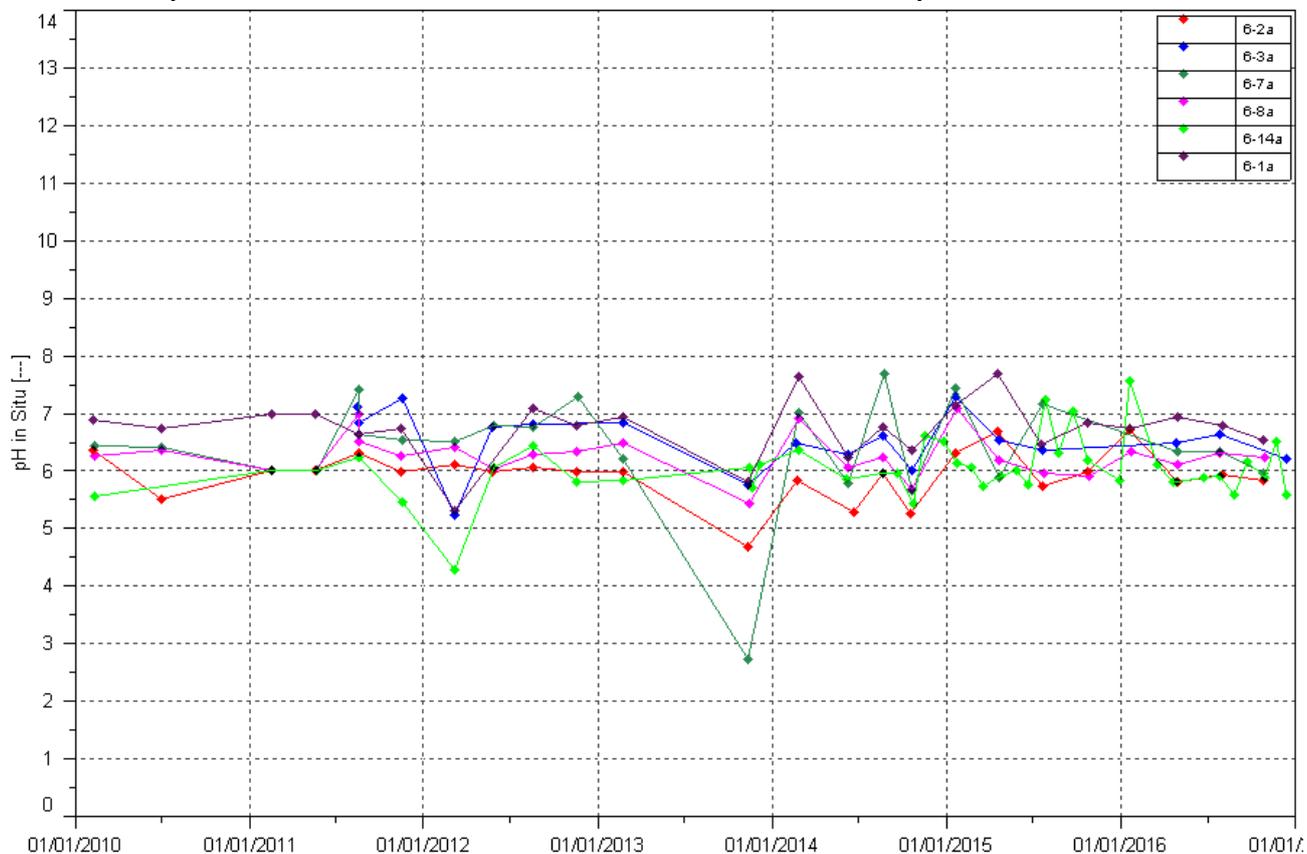
DCO et hydrocarbures : la DCO et les HT ne sont pas détectés sur l'ensemble des piézomètres au 2nd semestre 2016.

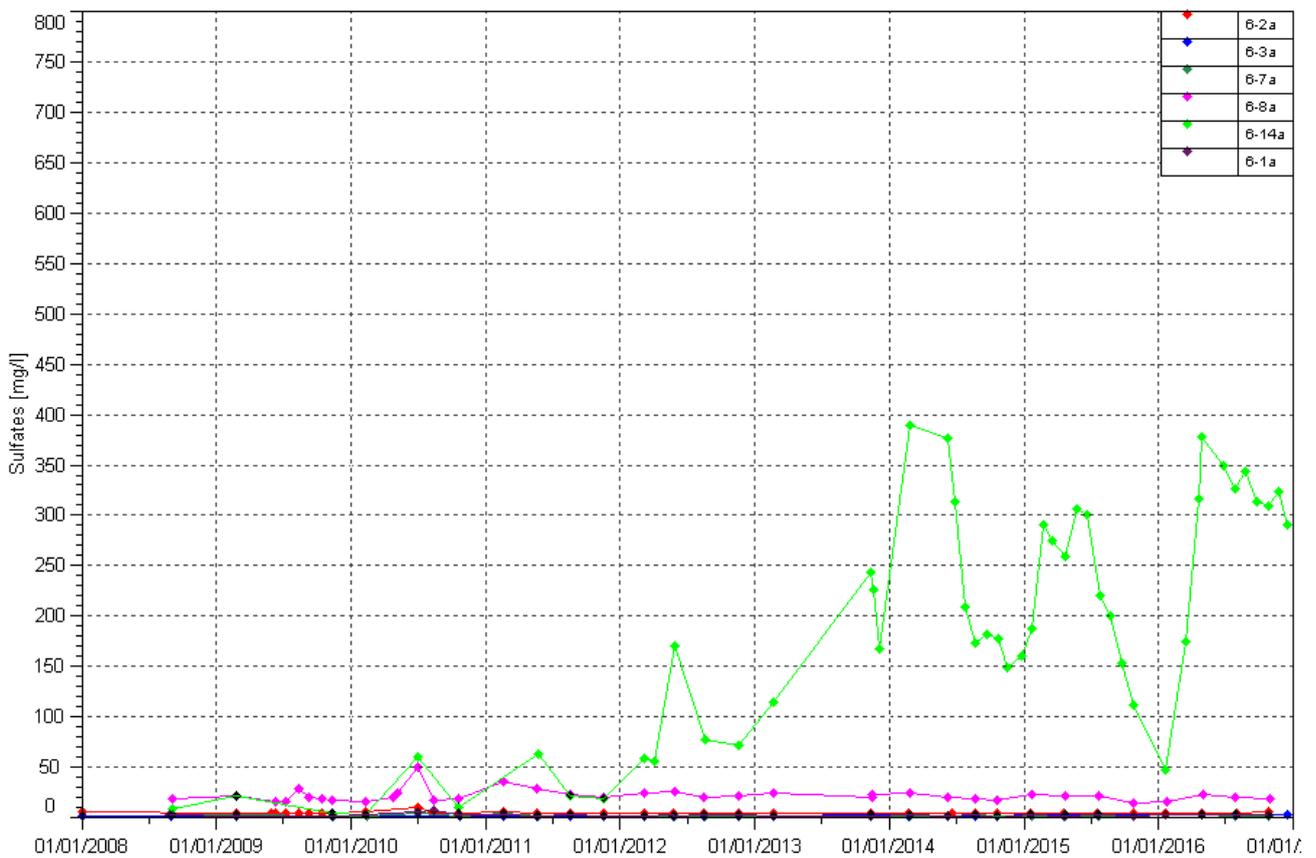
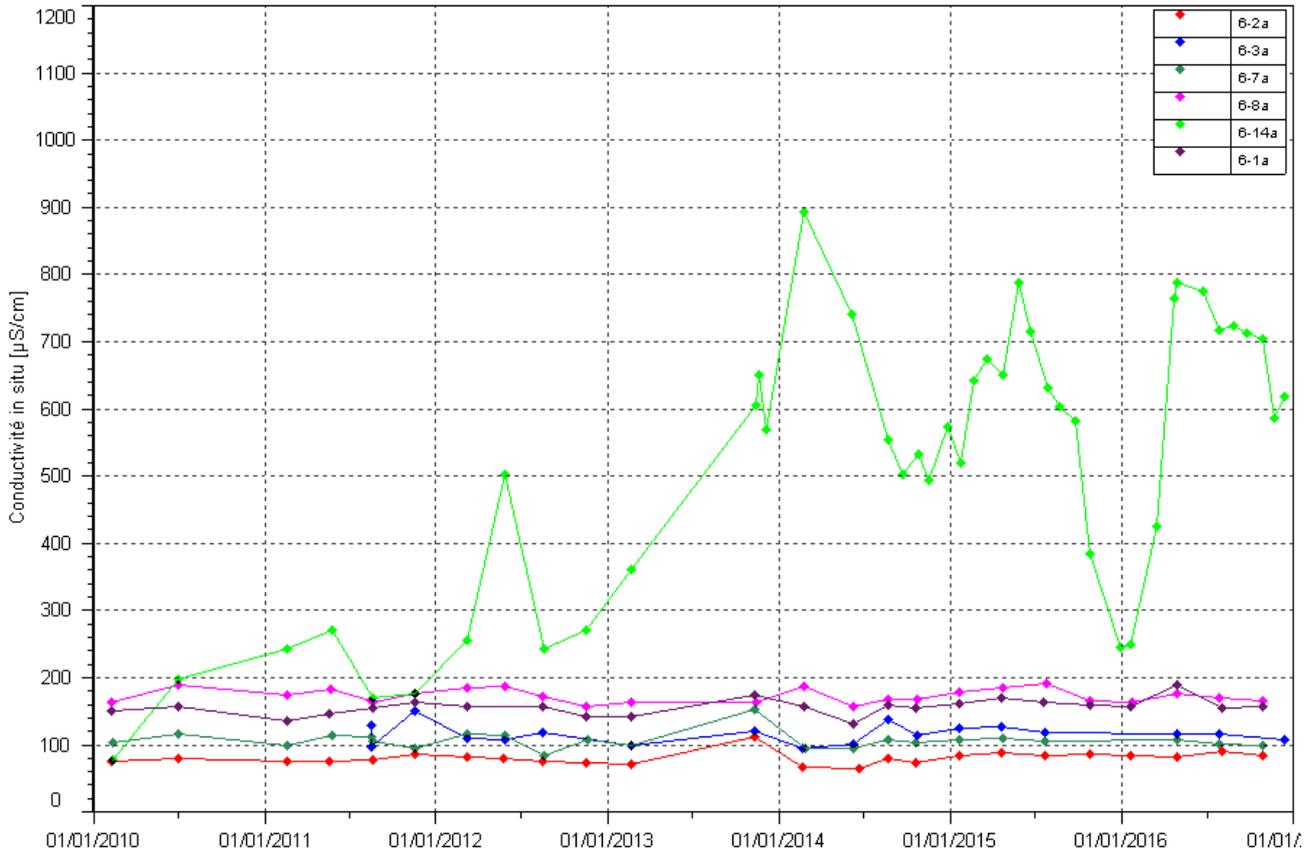
Chrome et chrome VI : au 2nd semestre, les concentrations en chrome et chrome VI sont en diminution. Globalement, aucune évolution n'est constatée par rapport aux années précédentes. Les concentrations mesurées sont stables depuis 2008 pour l'ensemble des piézomètres hormis à la station 6-14A où les taux en chrome et chrome VI sont variables depuis 2013. Les teneurs mesurées en 2016 sont toutefois inférieures aux maximales relevées les années précédentes.

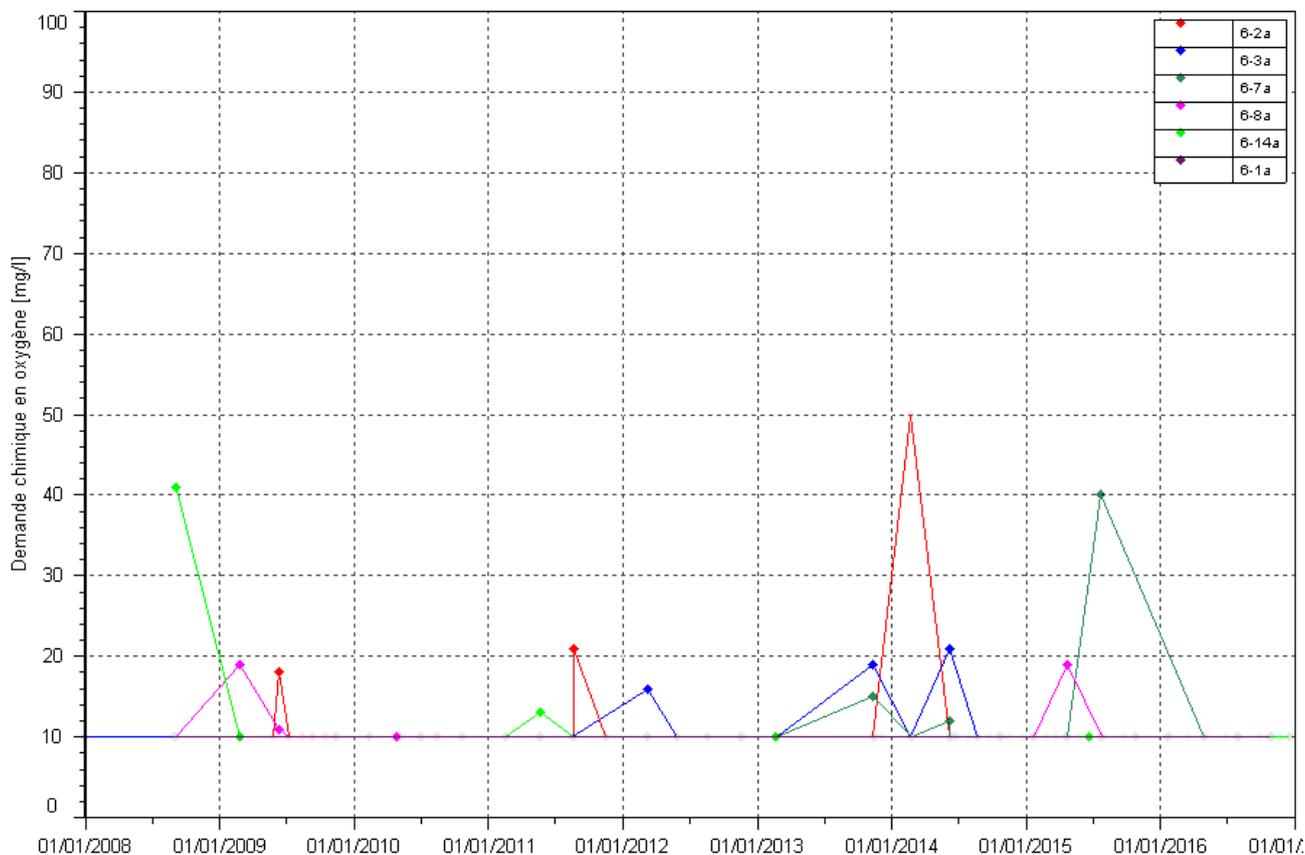
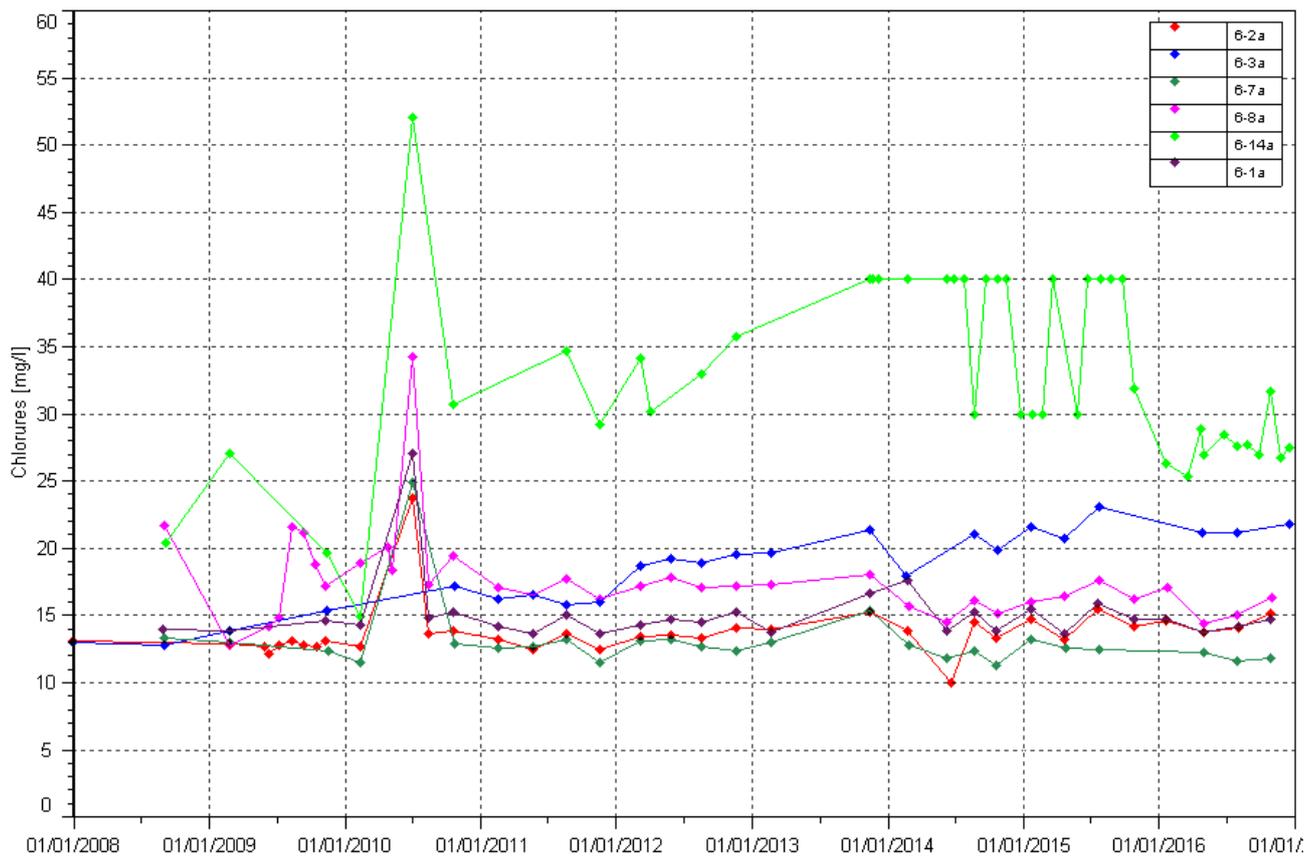
Calcium : comme la conductivité et les sulfates, les concentrations en calcium sont en baisse à 6-14A durant ce semestre. Aucune évolution particulière n'est à constater pour les autres piézomètres.

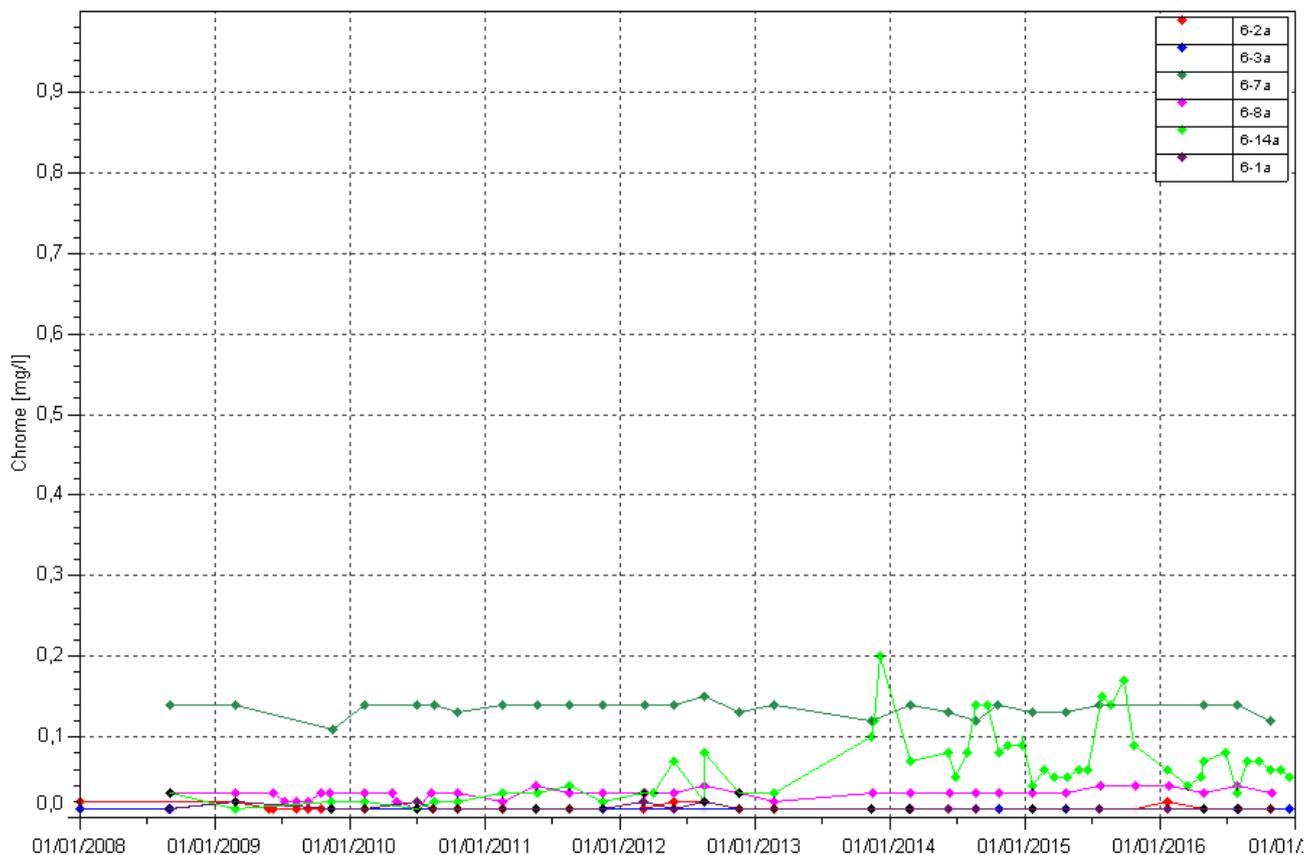
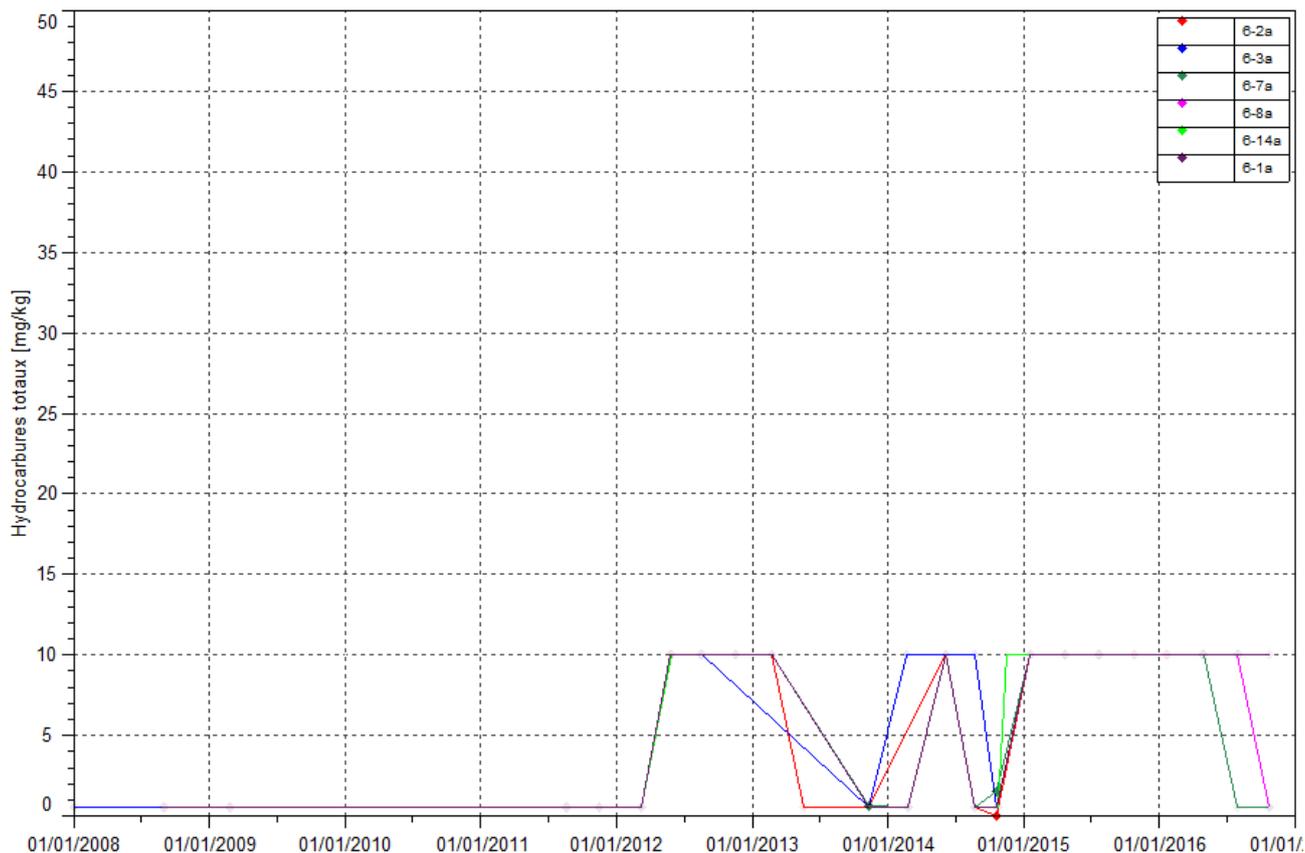
Sodium, potassium et TAC: Les analyses confirment la stabilité des concentrations en sodium, potassium et TAC dans les horizons latéritiques.

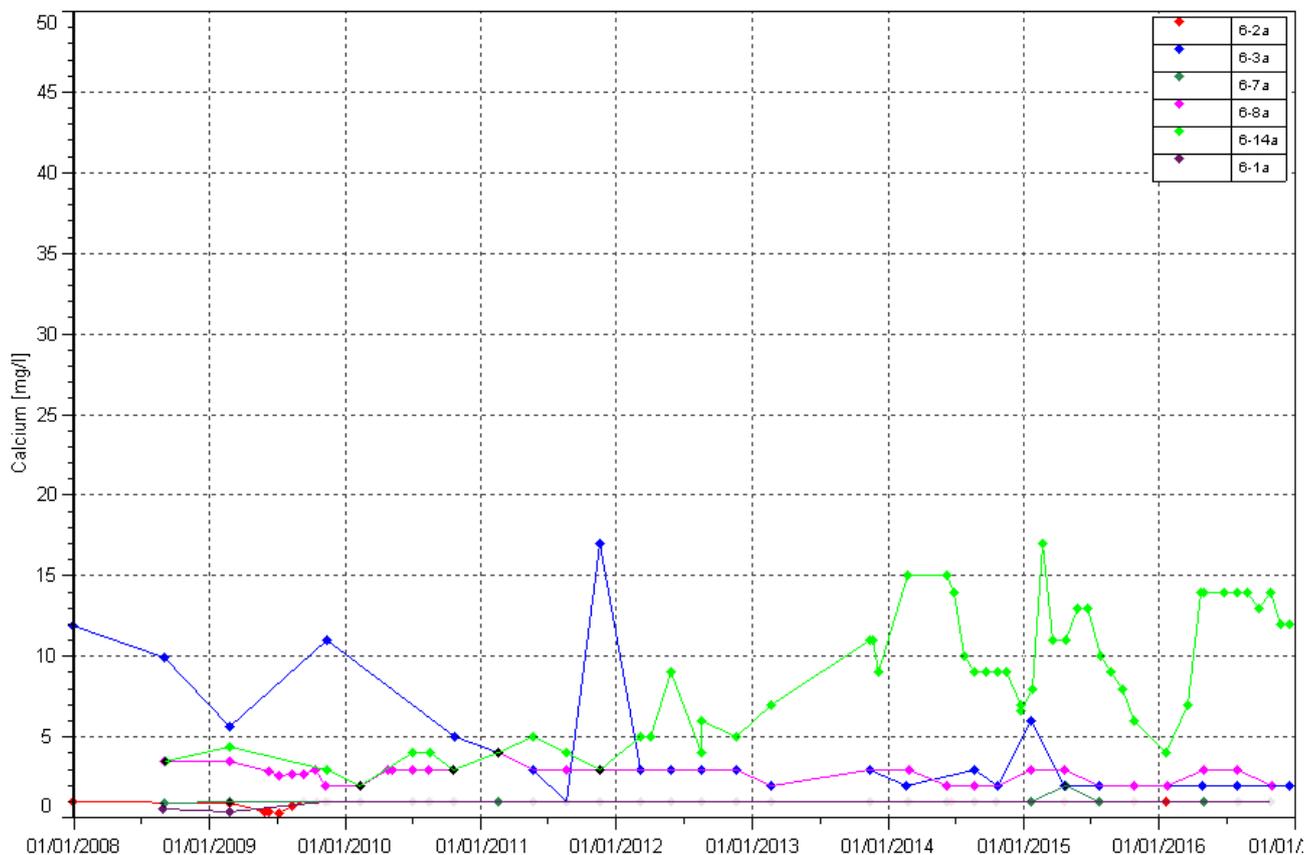
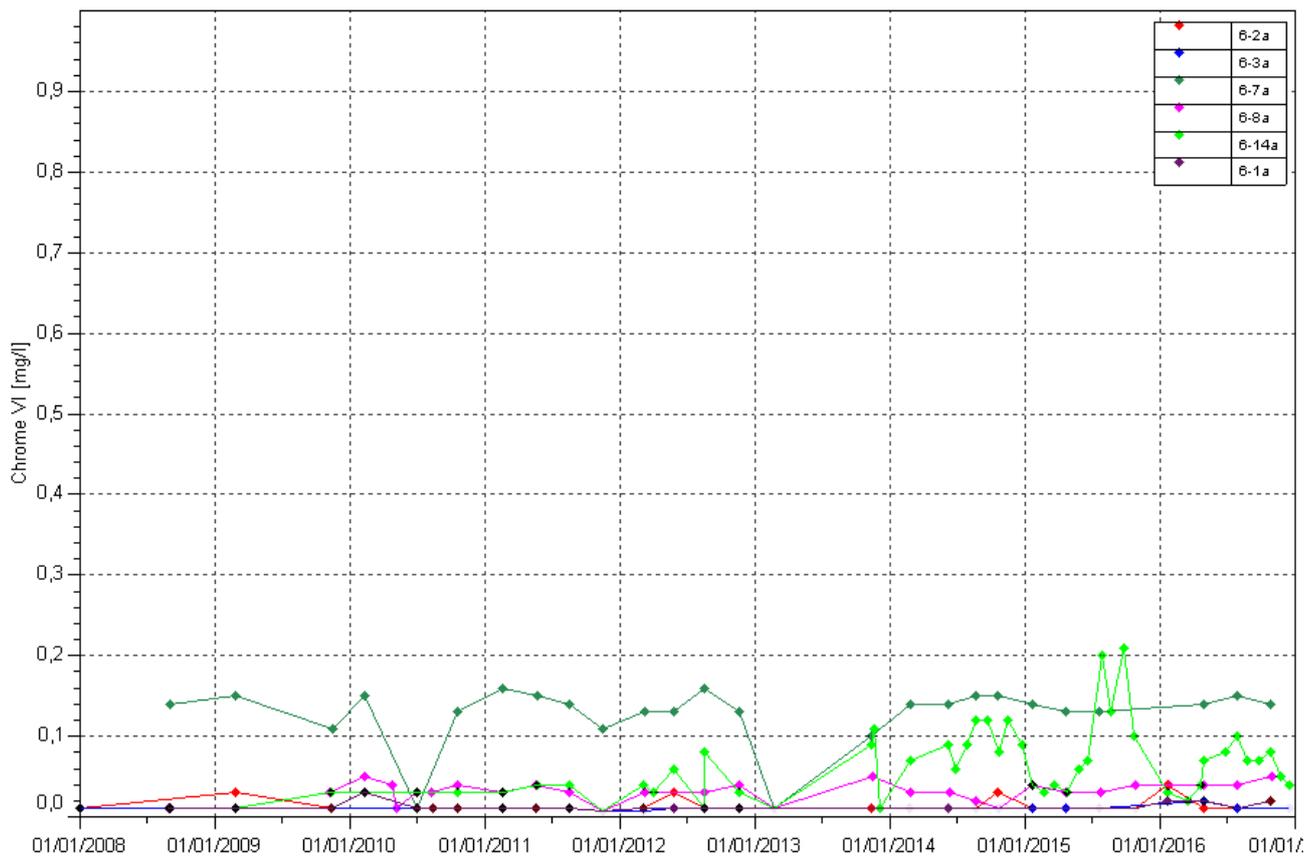
Figure 19 : Résultats du suivi piézométrique dans les horizons latéritiques sur le secteur de l'Usine– conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC.

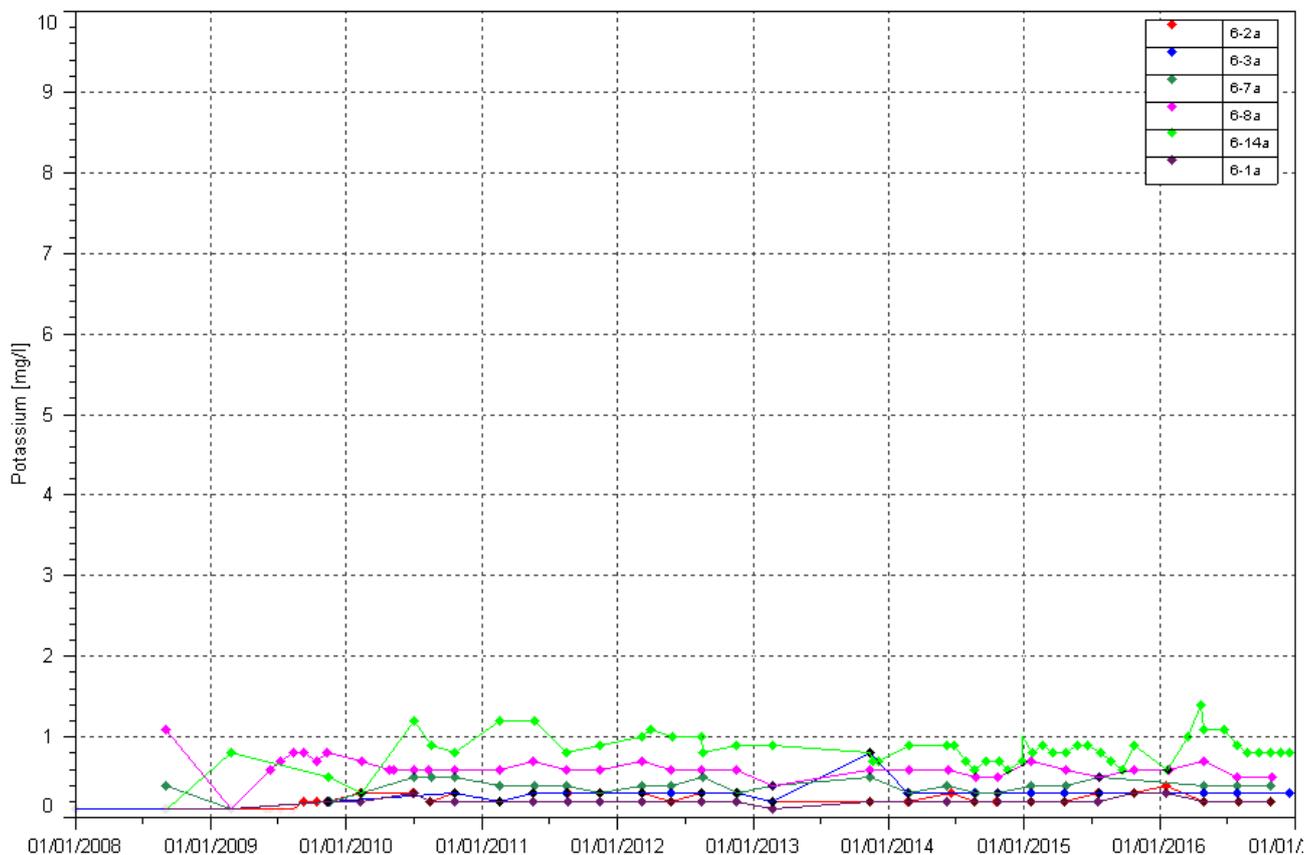
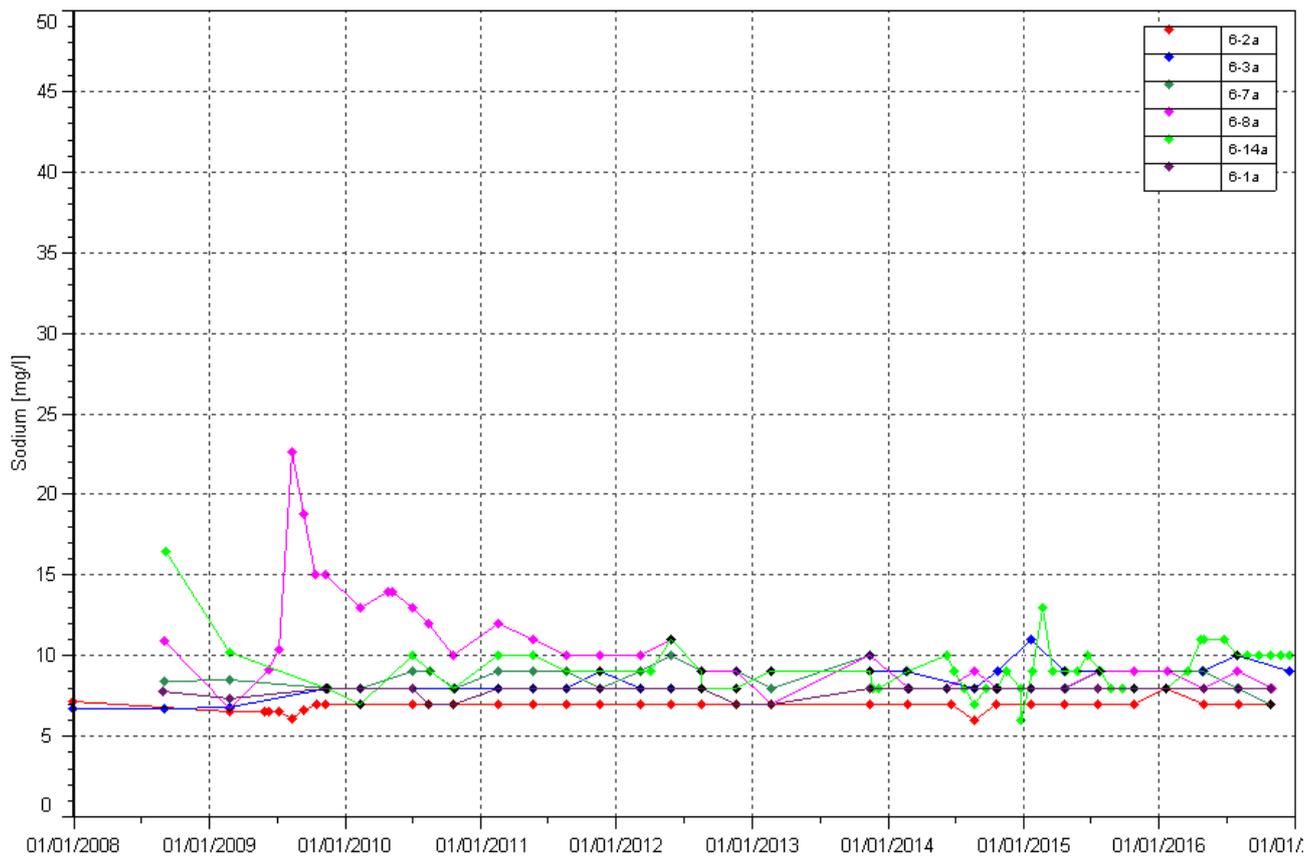


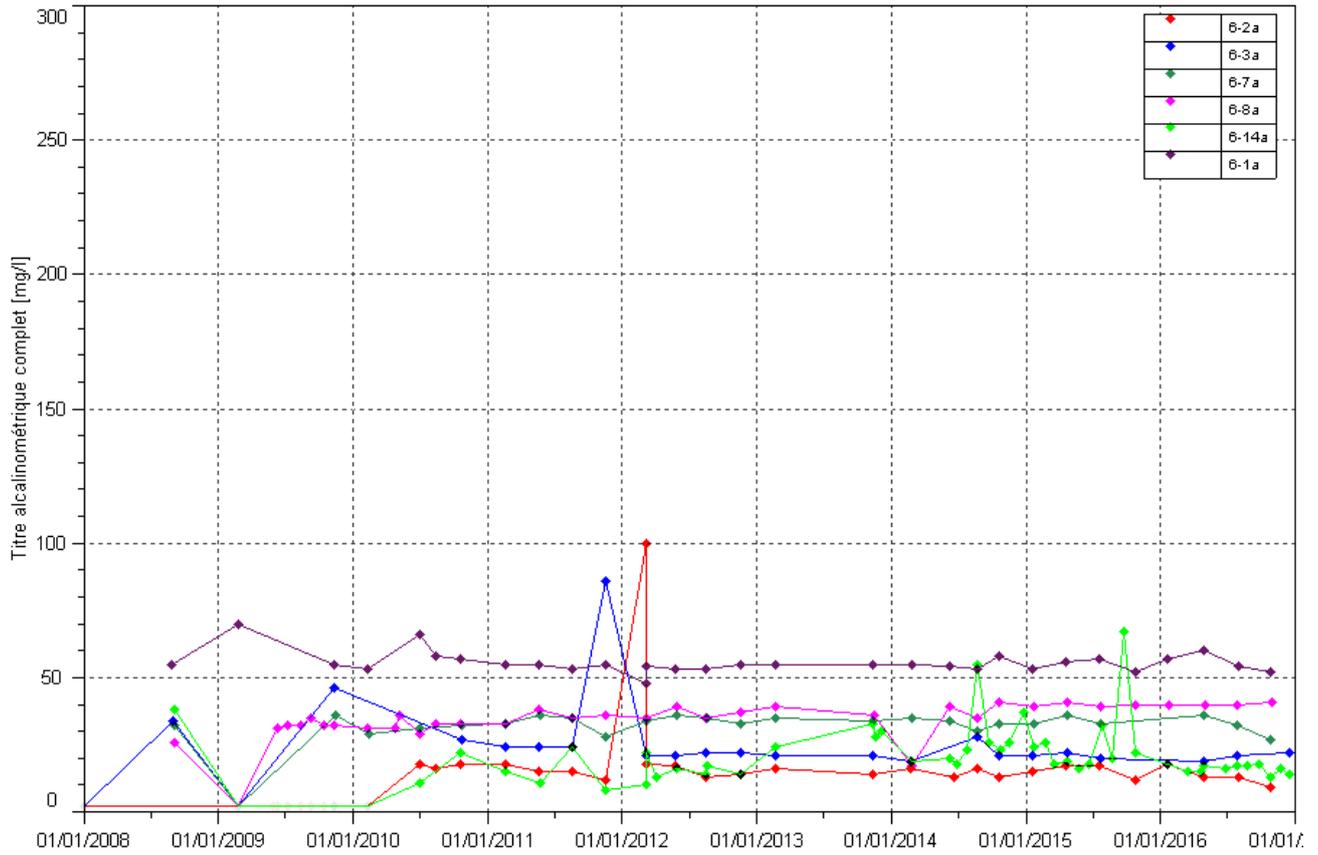












Piézomètres longs

pH : au 2nd semestre, compris entre 6.7 au piézomètre **6-3** et 9.3, relevé au piézomètre **6-1**.

Conductivité : au 2nd semestre, compris entre 92.6 et 334 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

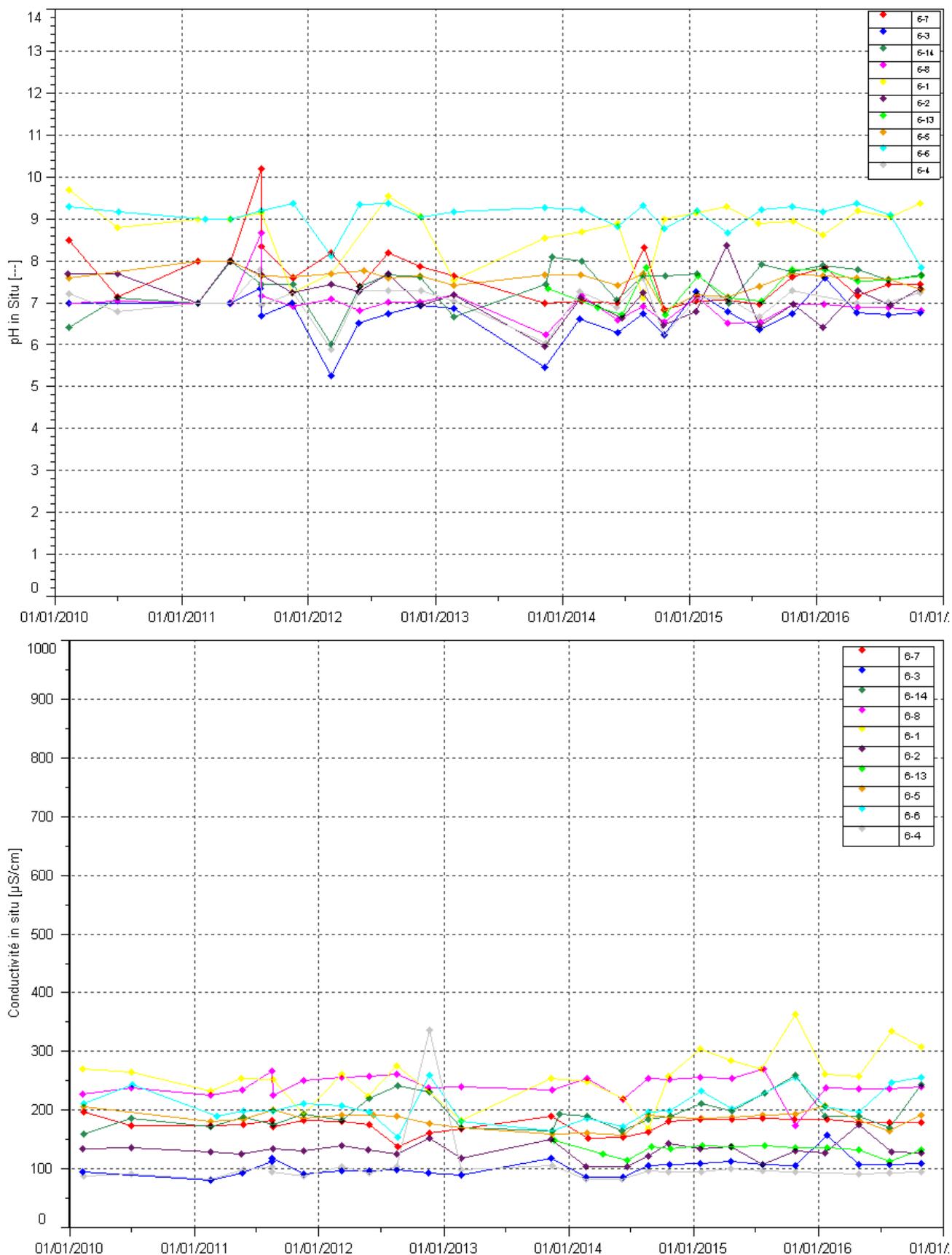
Chlorures et sulfates : Les analyses en chlorures et sulfates de cette période ne révèlent aucune évolution particulière.

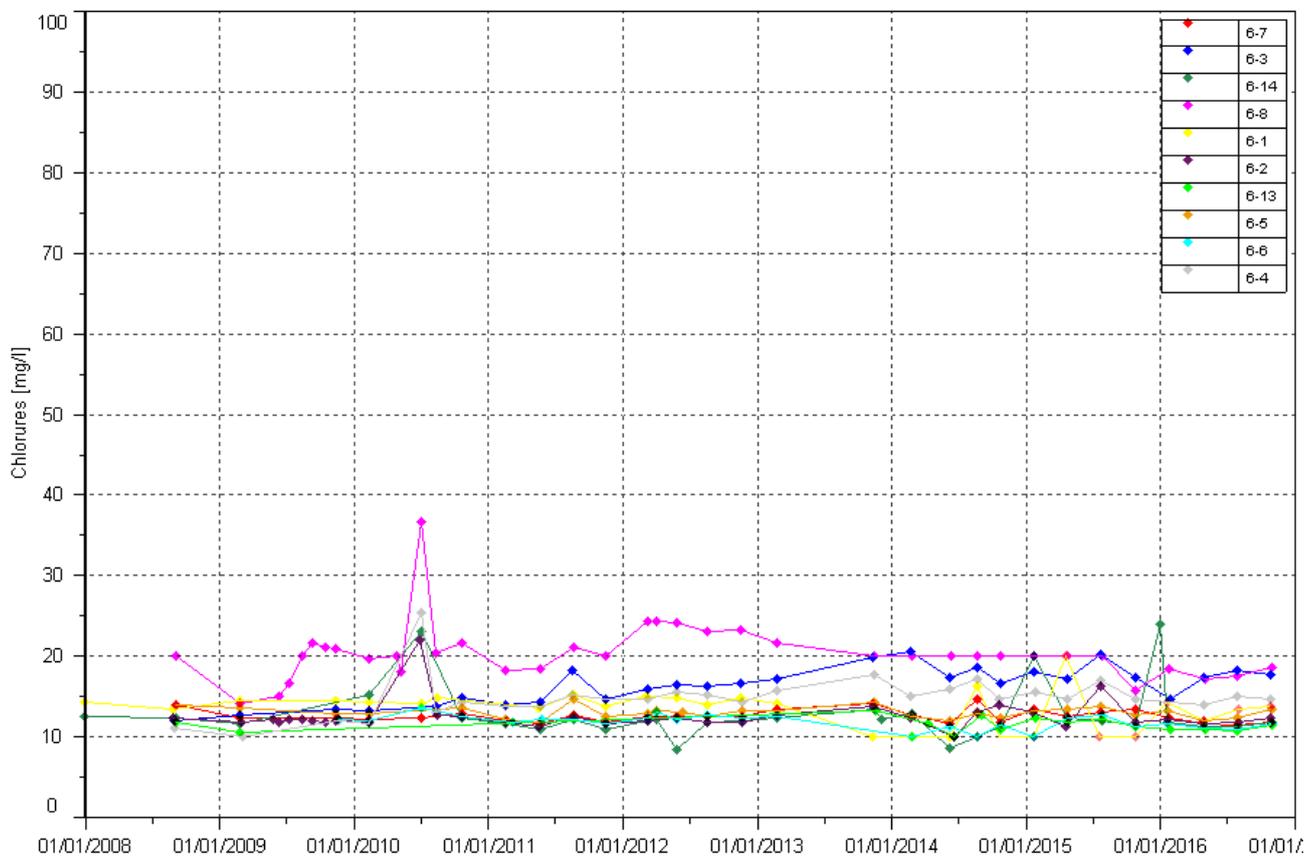
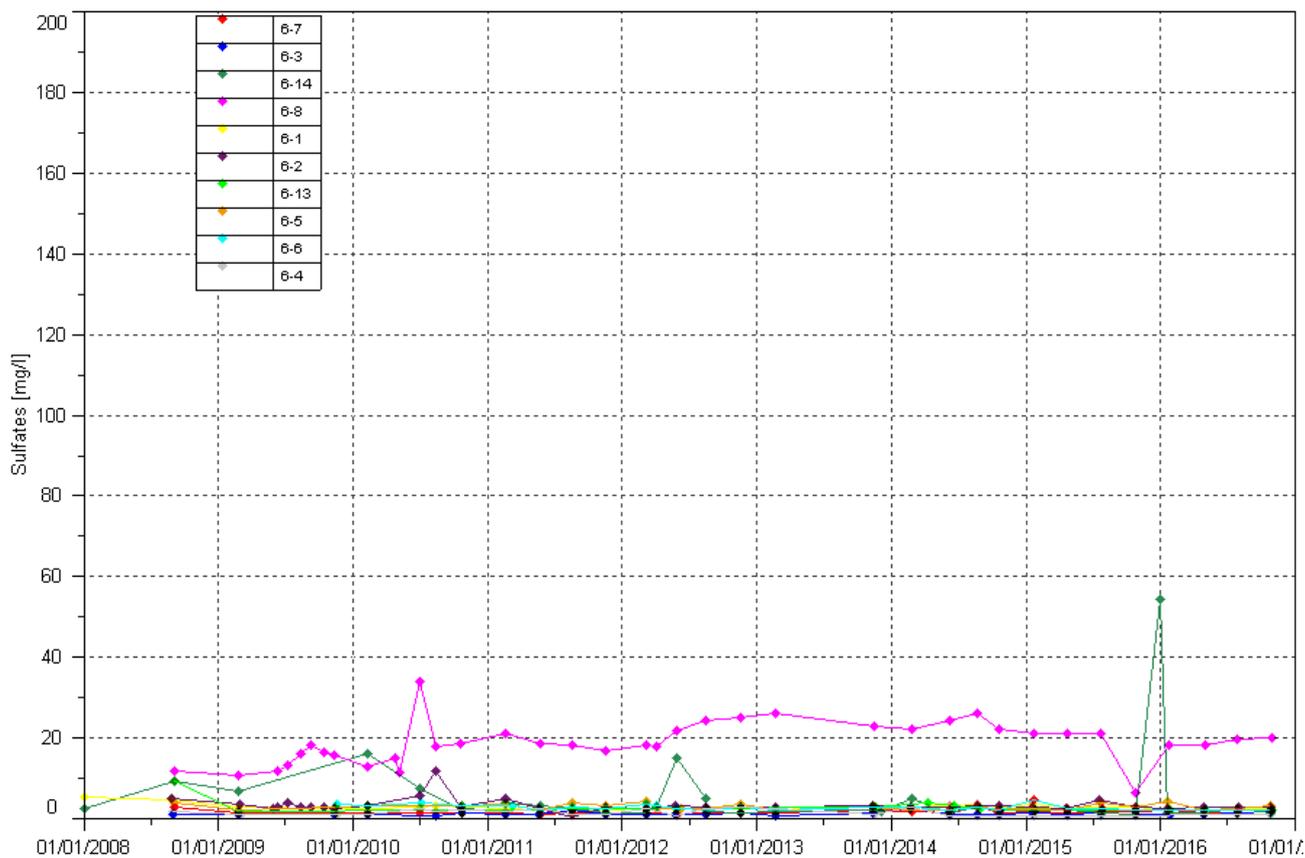
DCO et hydrocarbures : la DCO et les hydrocarbures ne sont pas quantifiées durant le 2nd semestre 2016 dans les eaux souterraines des horizons saprolitiques.

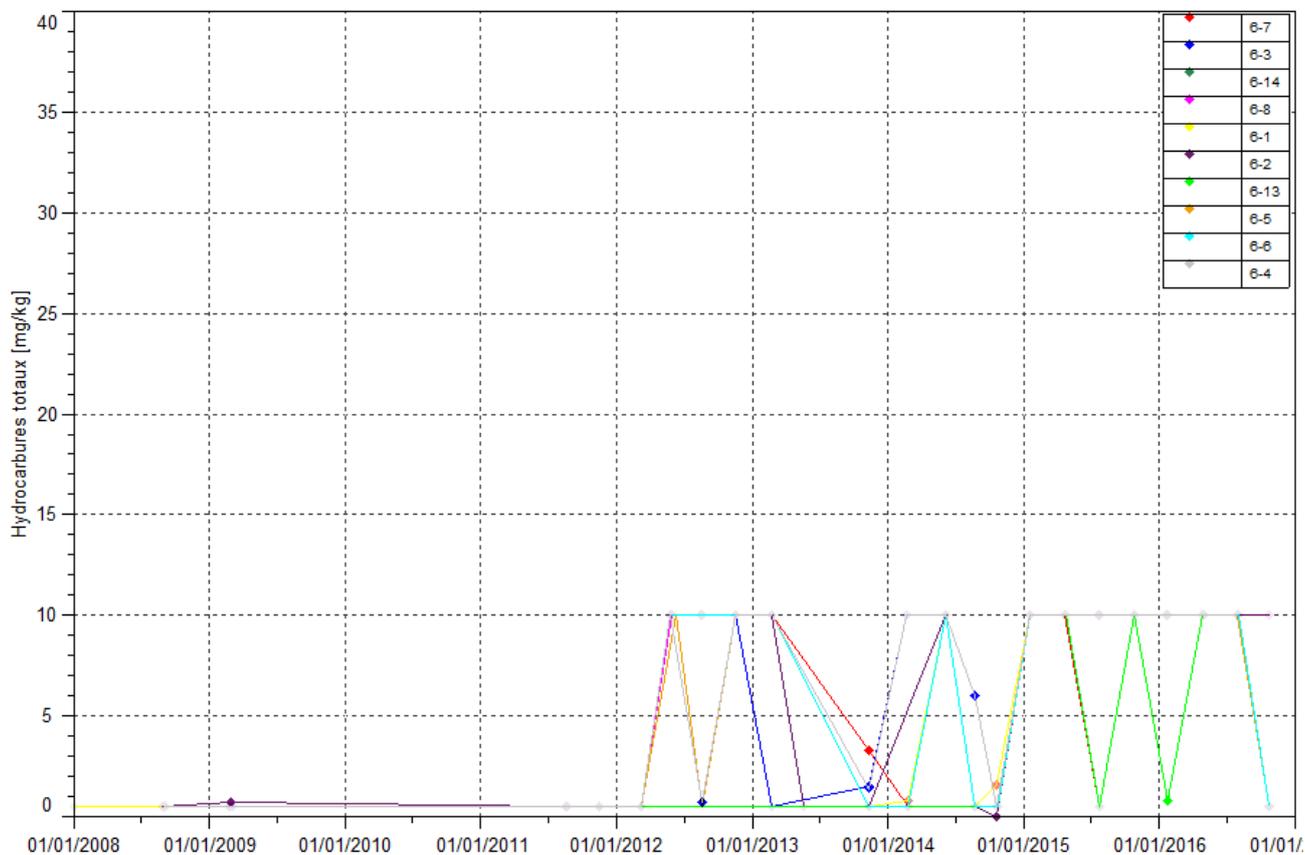
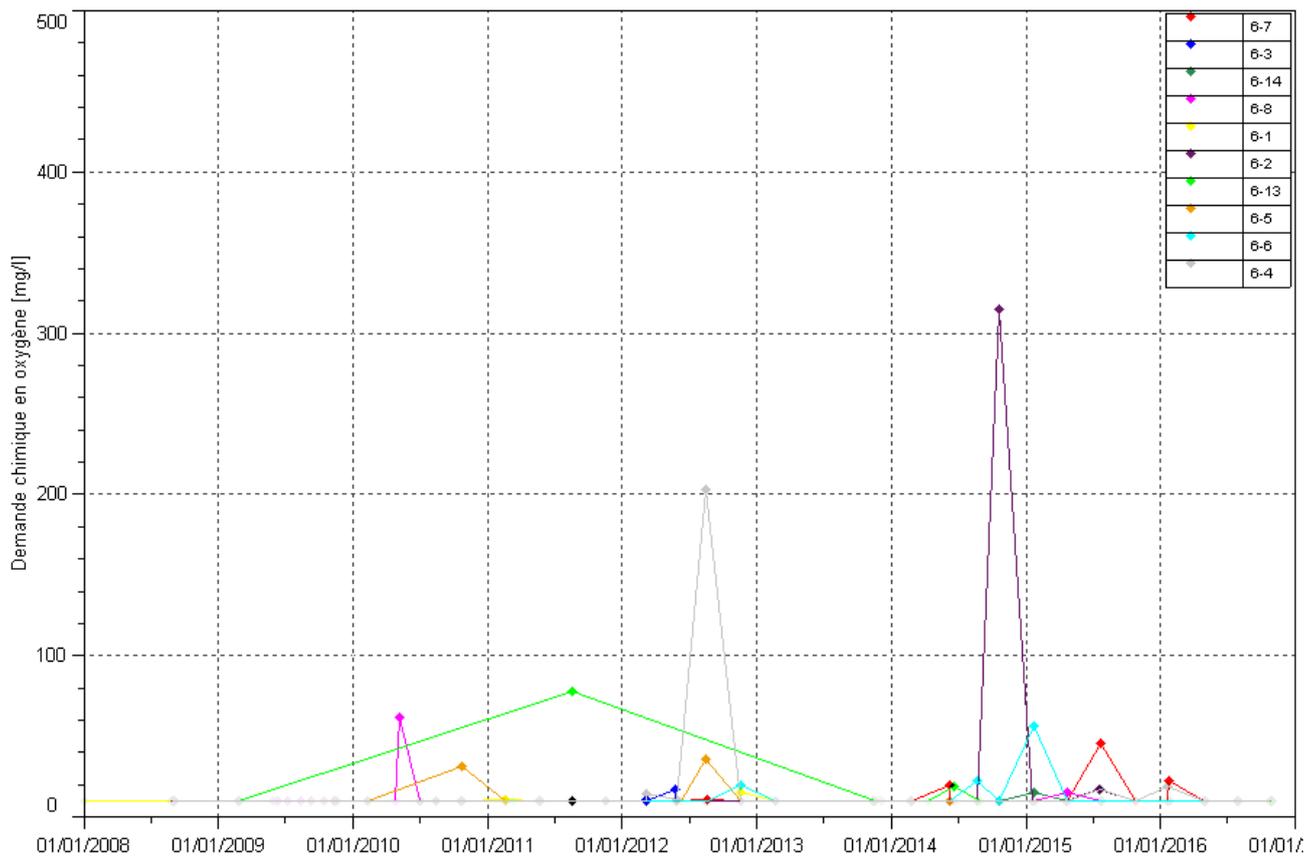
Chrome et chrome VI : Les concentrations restent toujours plus élevées et variables aux stations 6-5 et 6-13. Au piézomètre 6-5, les relevés du 2nd semestre indiquent une augmentation des teneurs en chrome et chrome VI. A 6-13, les concentrations restent stables. Au niveau des autres piézomètres, les résultats d'analyse du semestre montrent des teneurs comparables aux années précédentes.

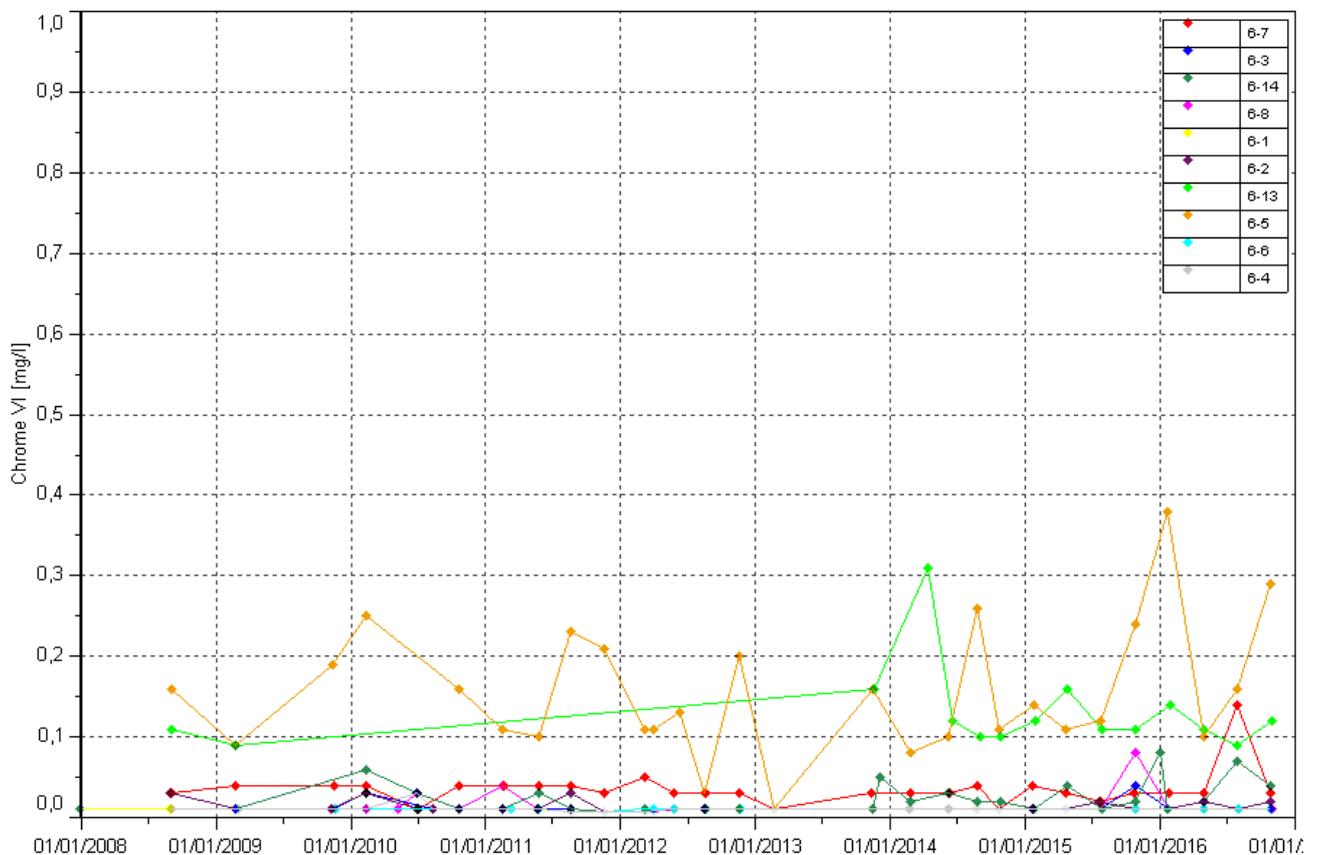
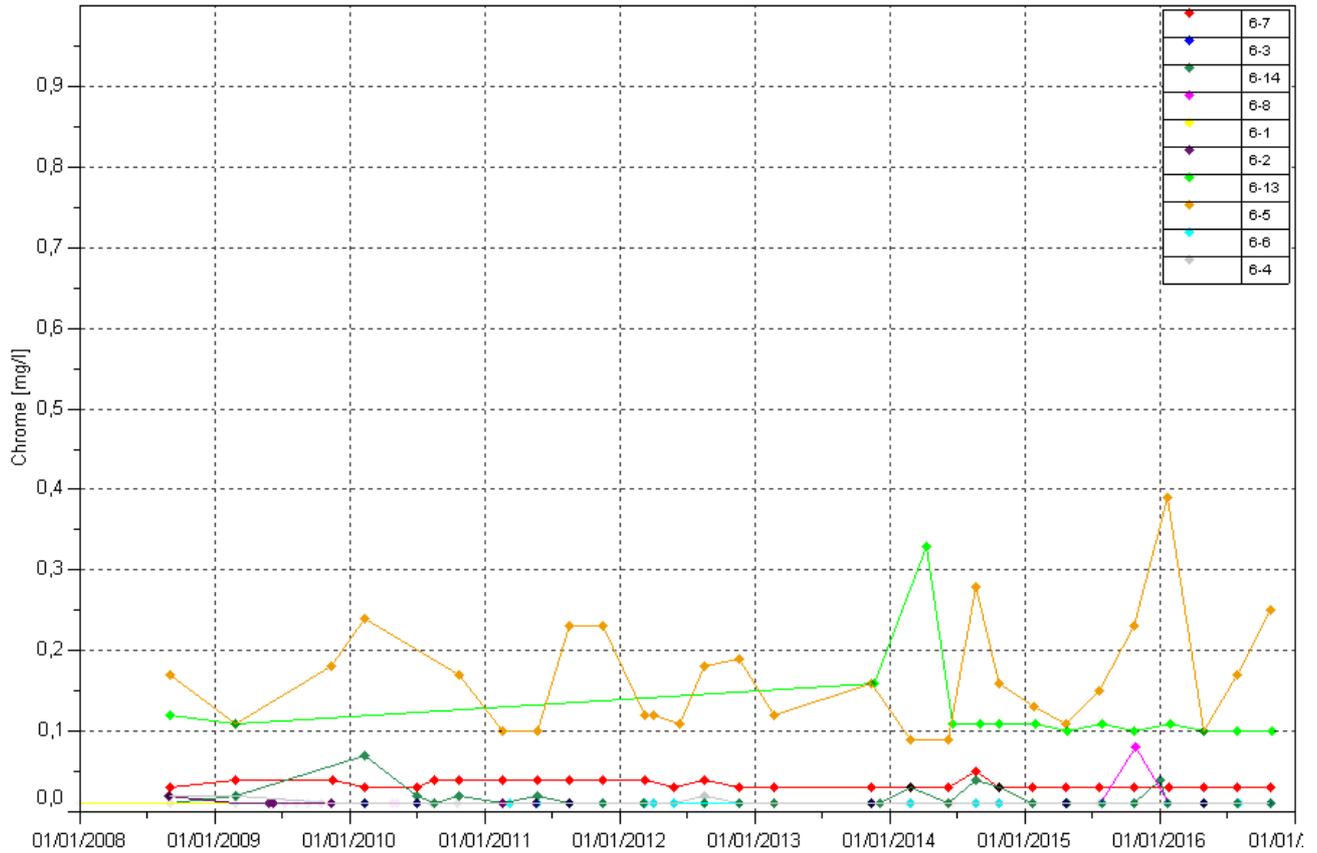
Sodium, Calcium, Potassium et TAC : aucune évolution particulière n'est constatée pour ces paramètres sur l'ensemble des piézomètres de suivi des horizons saprolitiques.

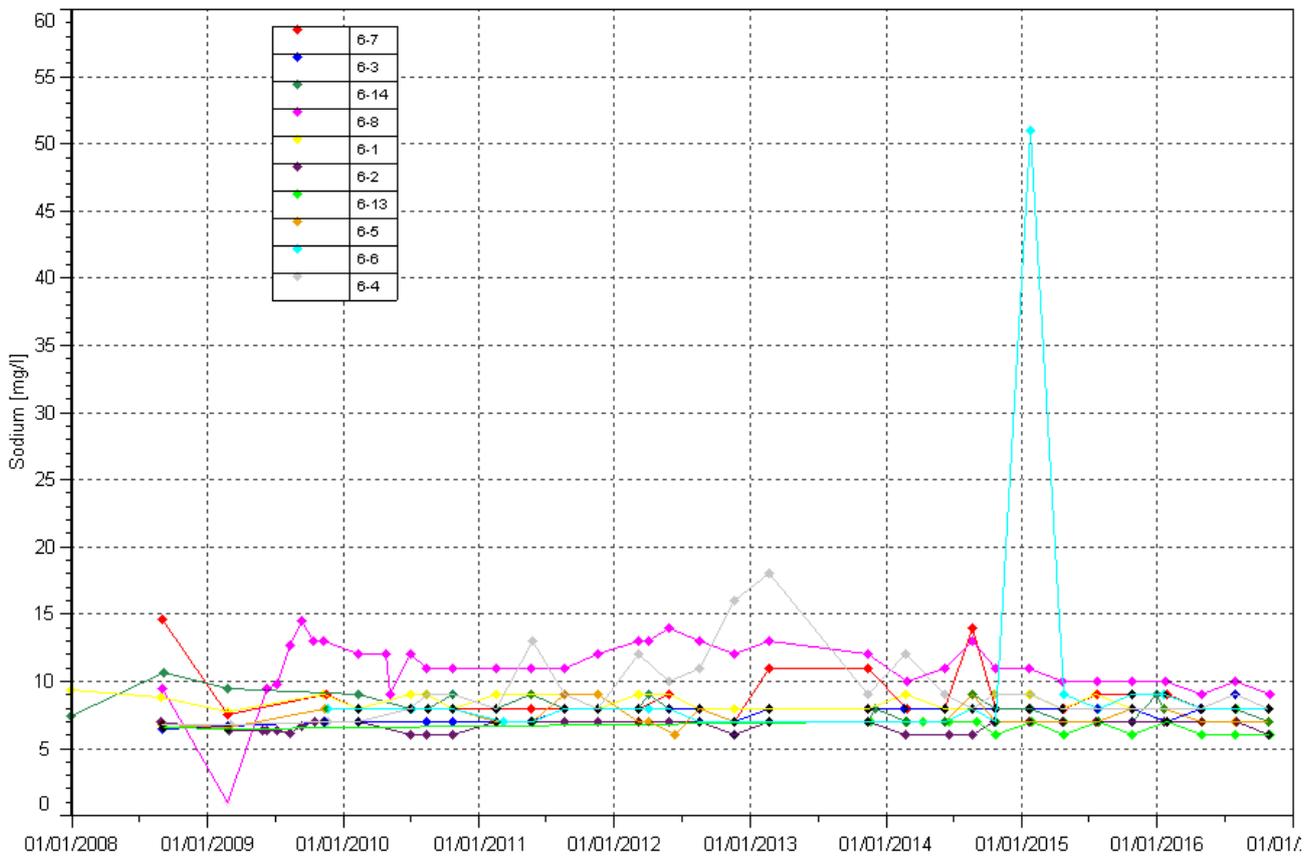
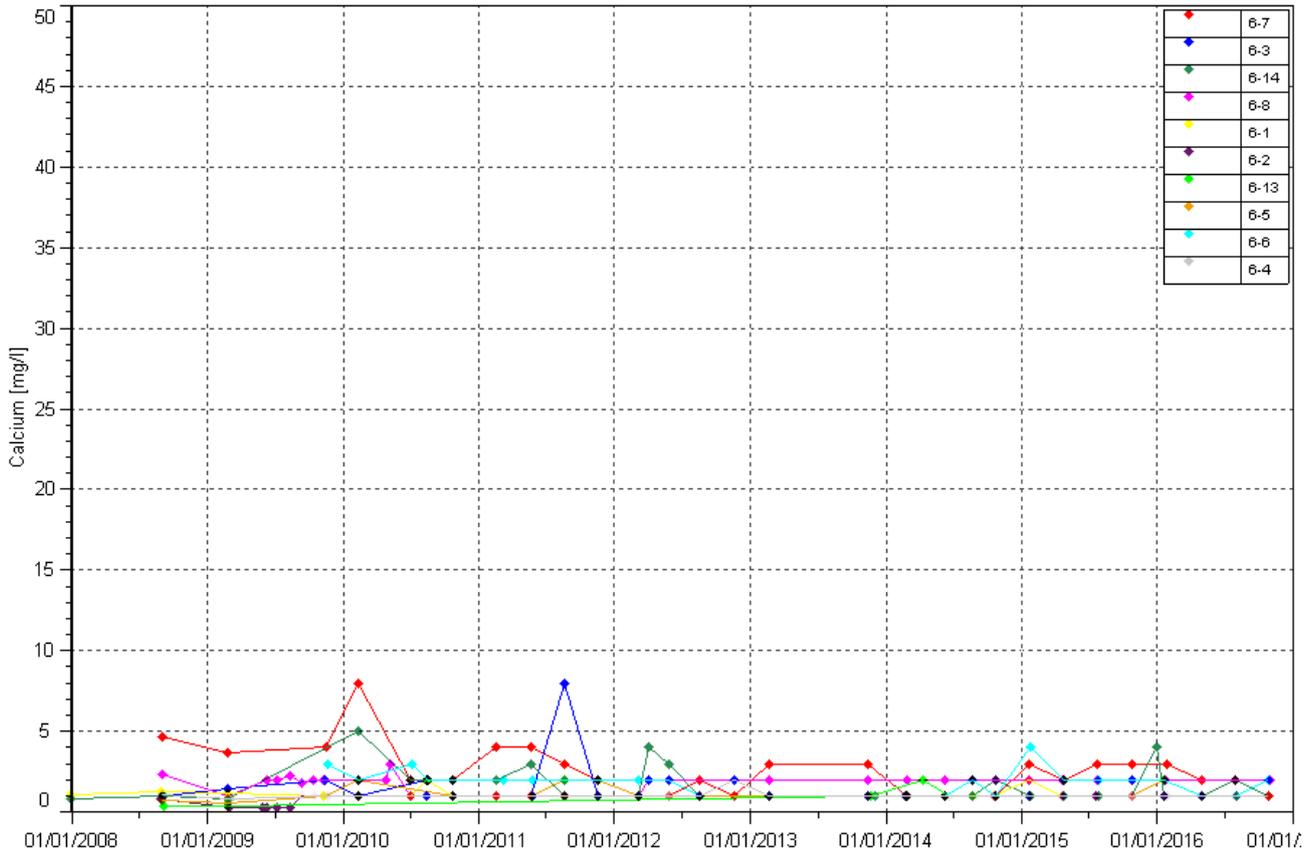
Figure 20 : Résultats du suivi piézométrique dans les horizons saprolitiques sur le secteur de l'Usine- conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC

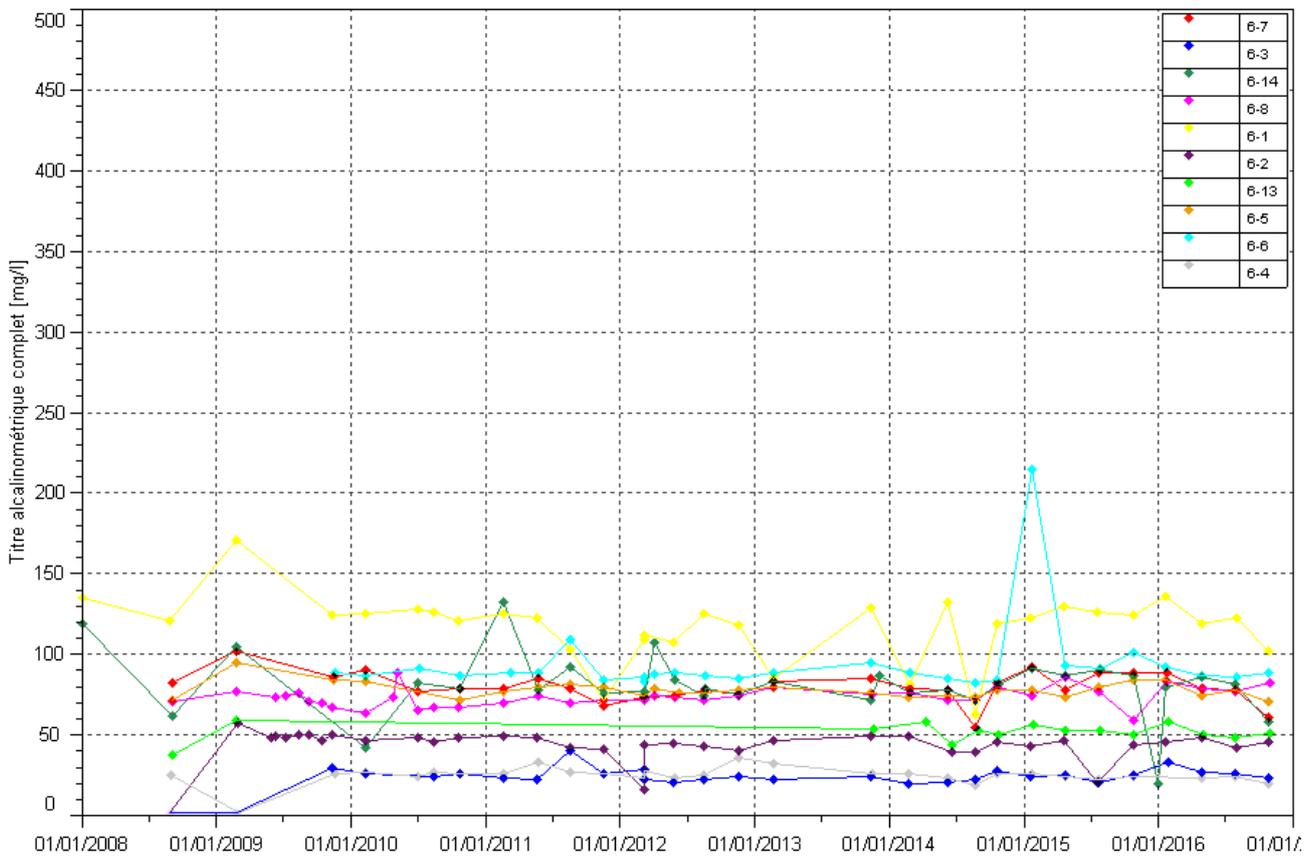
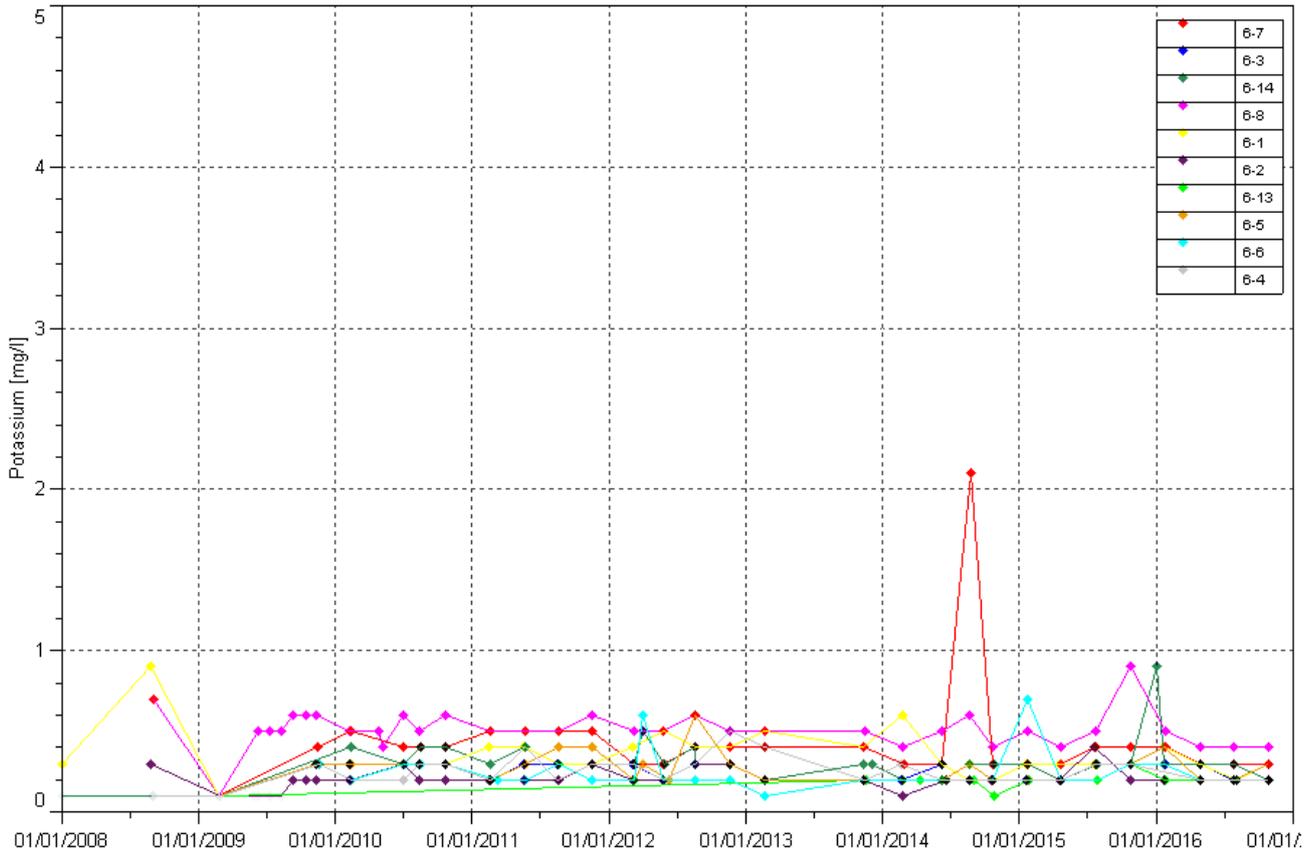












2.3.4 Suivi de l'impact des activités de l'UPM sur les eaux souterraines

Les figures suivantes présentent les résultats du suivi des eaux souterraines sur le site de l'UPM.

pH : compris entre 5.8 et 8.3 au 2nd semestre 2016.

conductivité : compris entre 97 et 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au 2nd semestre 2016.

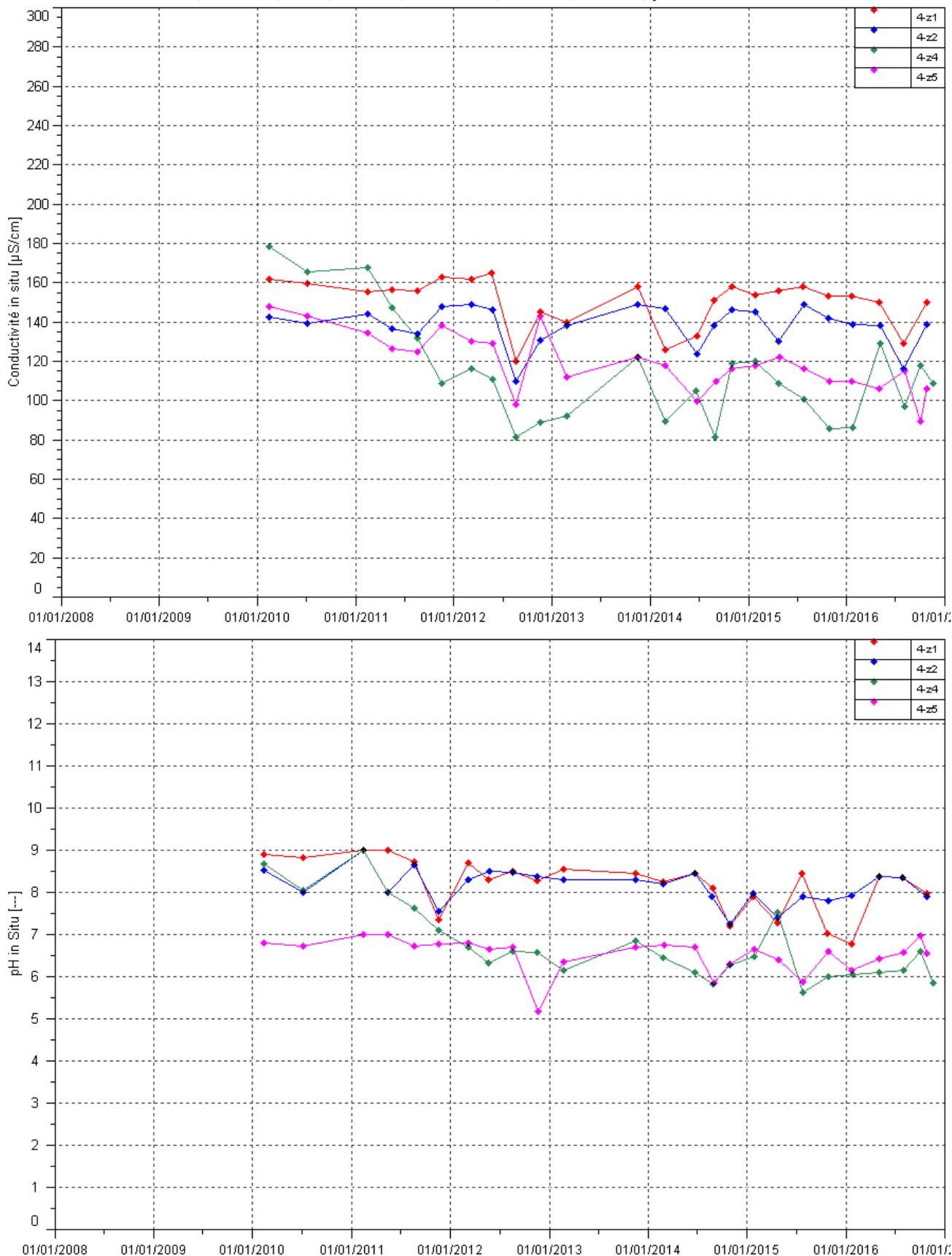
Chlorures et sulfates : les résultats de 2016 au piézomètre 4-z4 montrent des teneurs en sulfate et chlorures en légère augmentation. Les résultats ne montrent aucune évolution particulière au niveau des autres piézomètres.

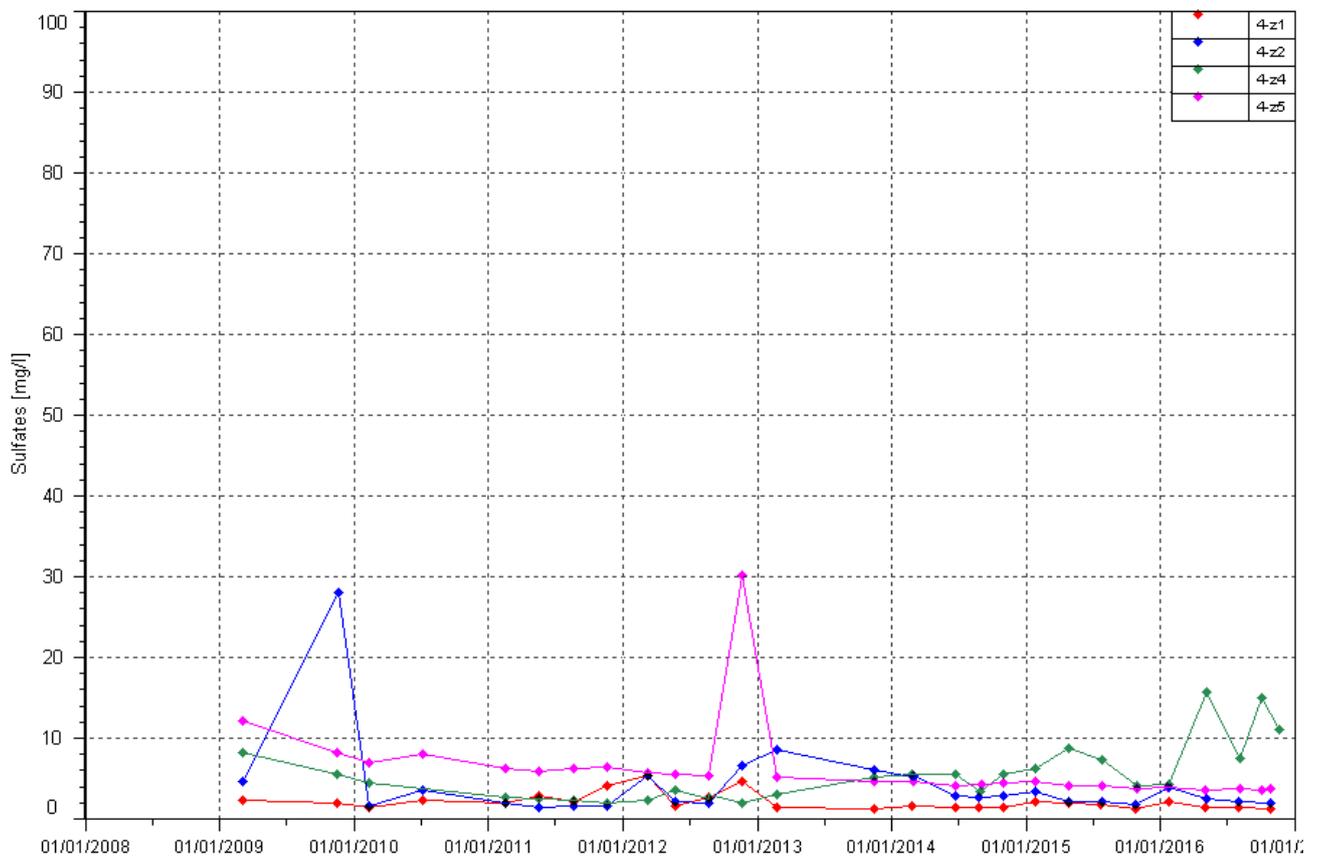
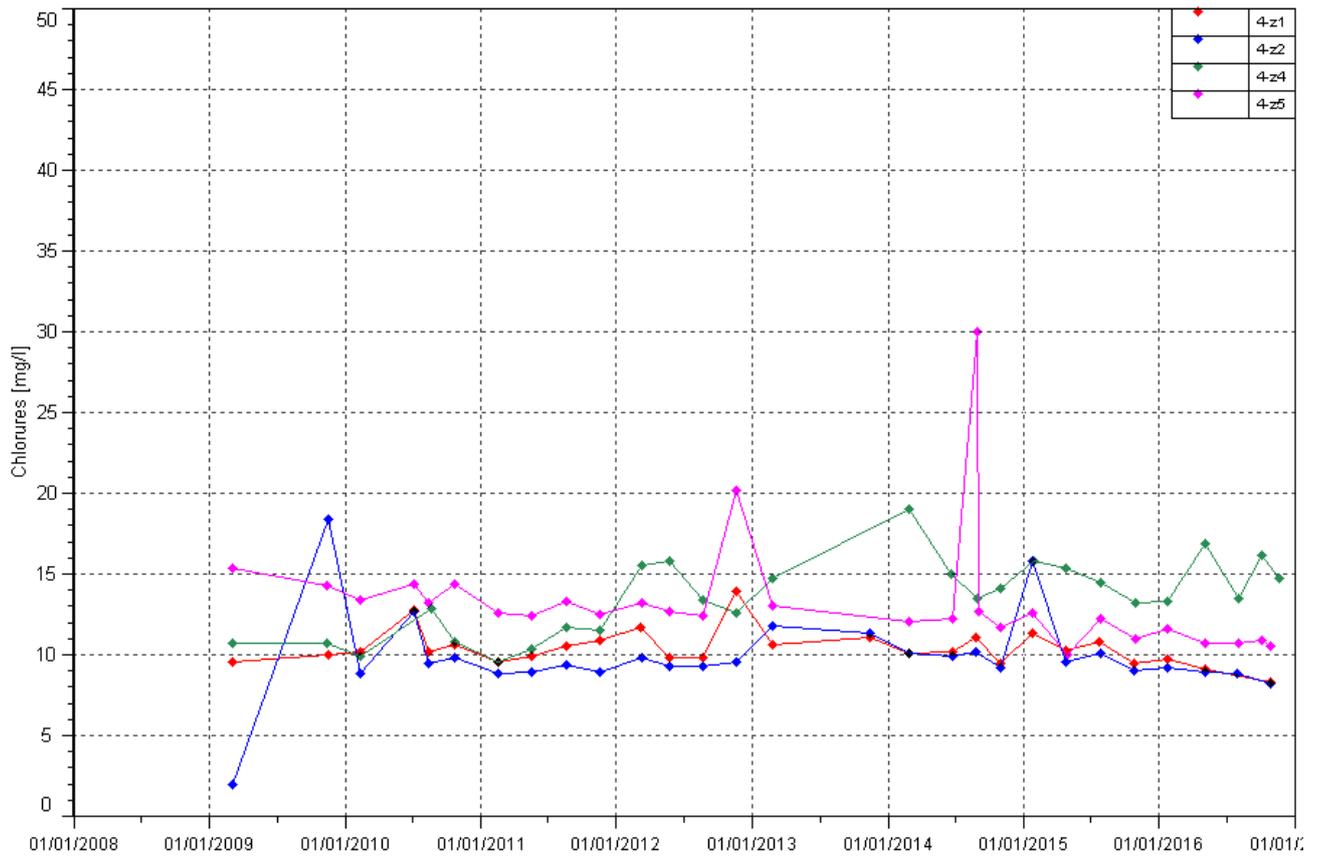
DCO et Hydrocarbures : la DCO et les hydrocarbures ne sont pas quantifiés dans la nappe des horizons saprolitiques au niveau de l'ensemble des piézomètres au cours du 2nd semestre.

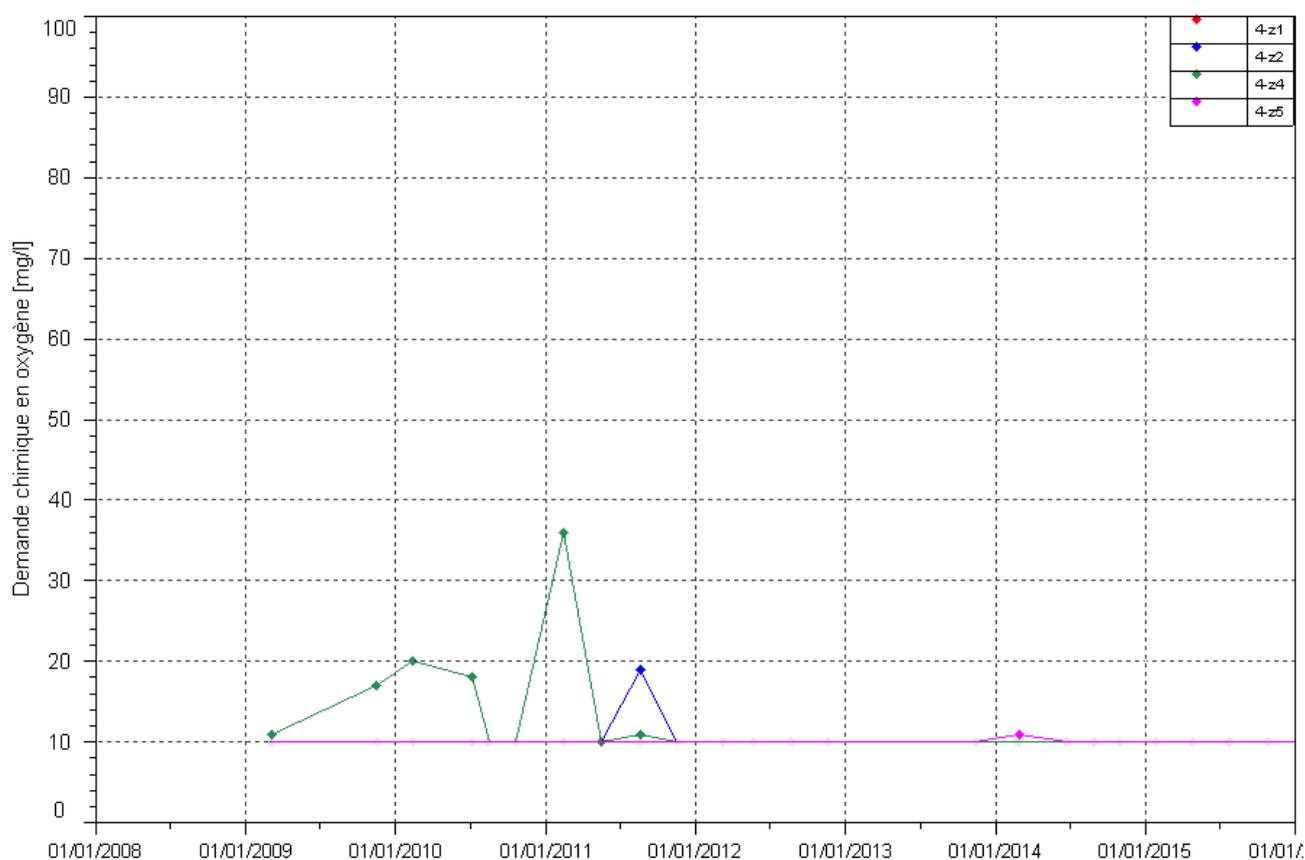
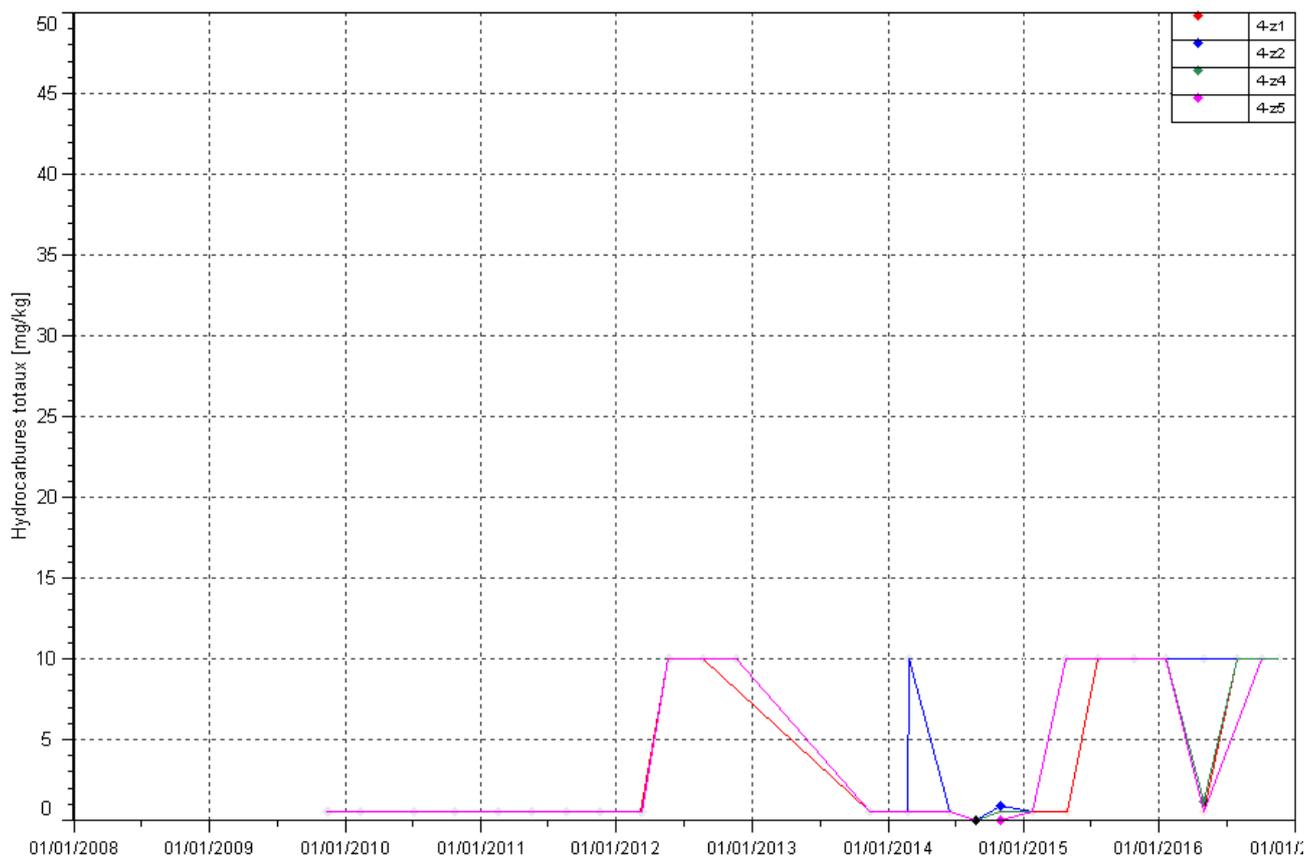
Chrome et Chrome VI : le chrome VI n'est pas détecté dans les eaux souterraines de l'UPM.

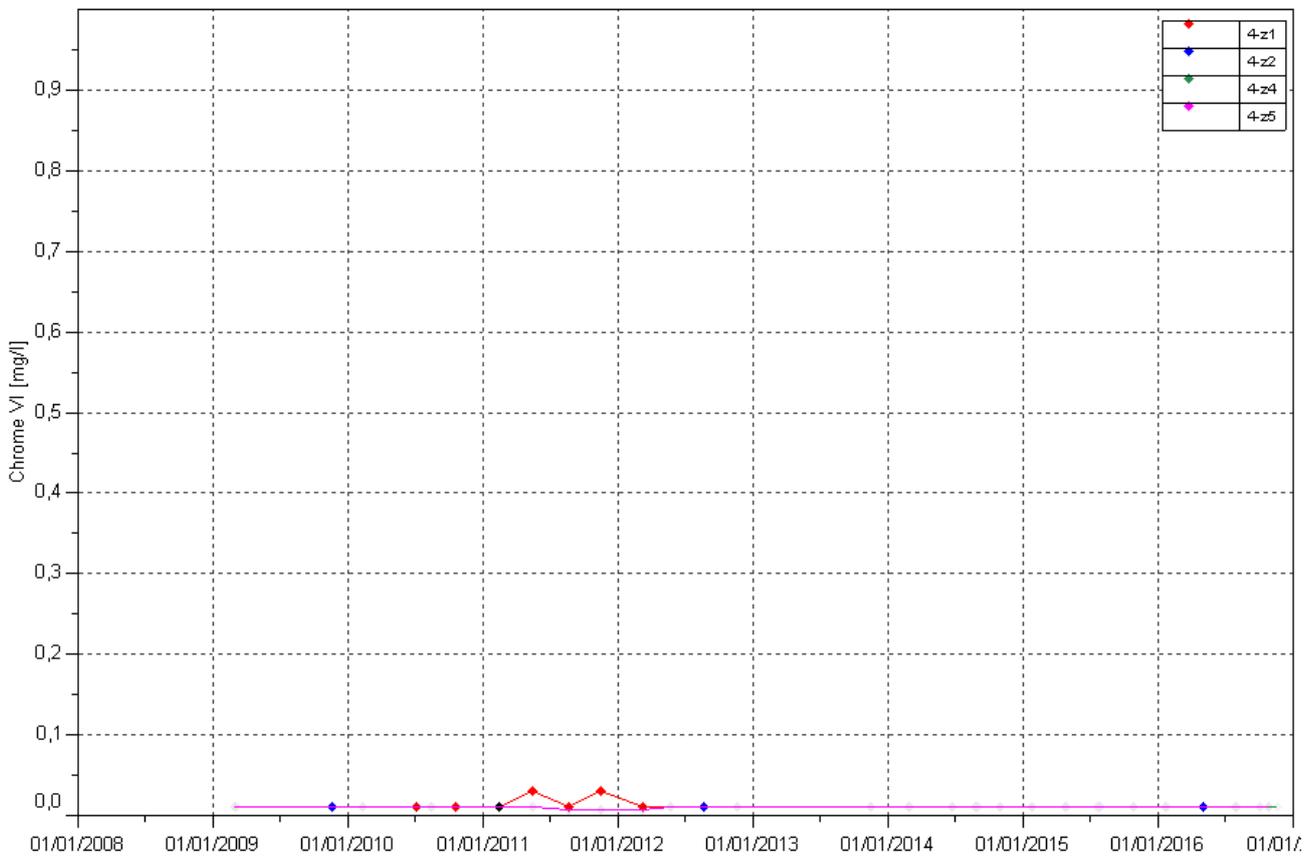
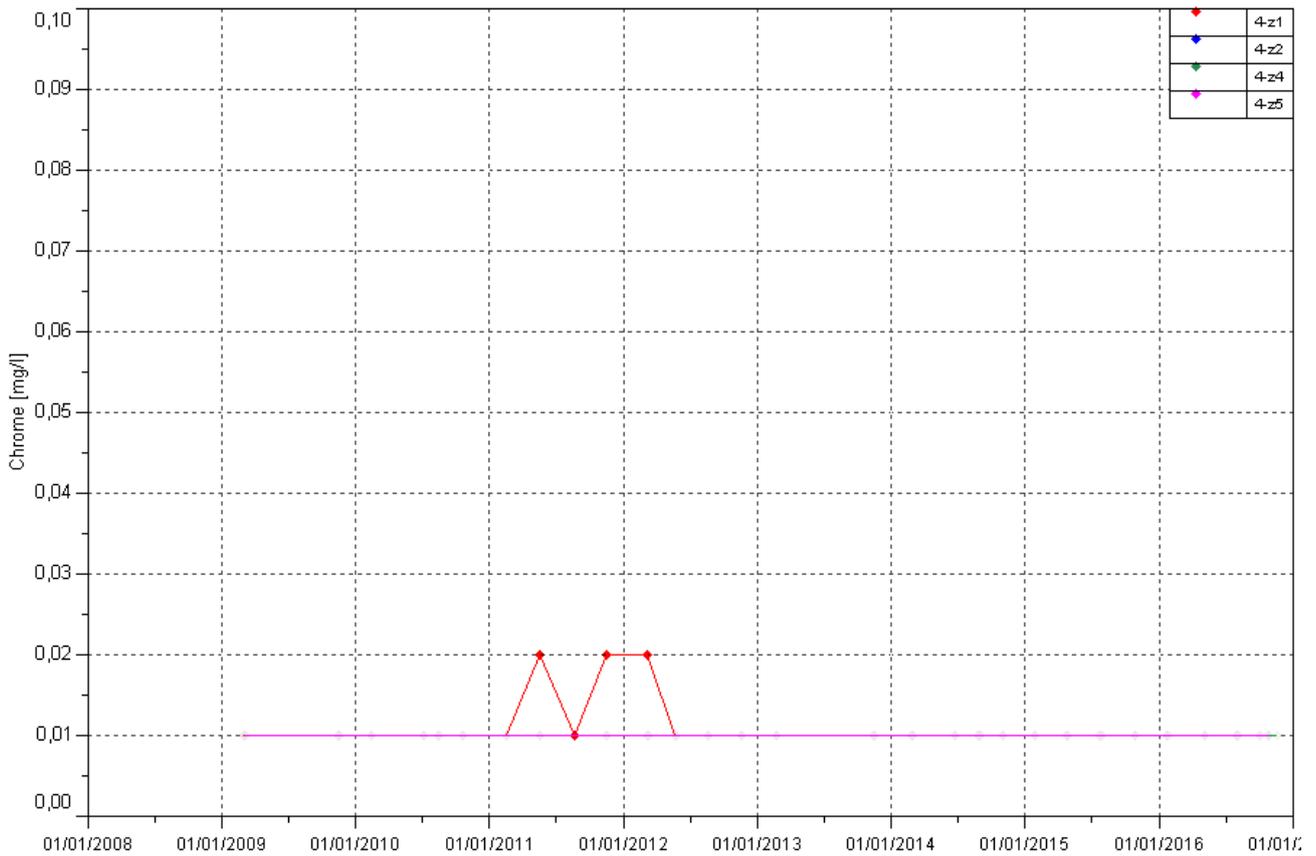
Calcium, TAC, Potassium et Sodium : Aucune évolution particulière n'est observée durant ce semestre.

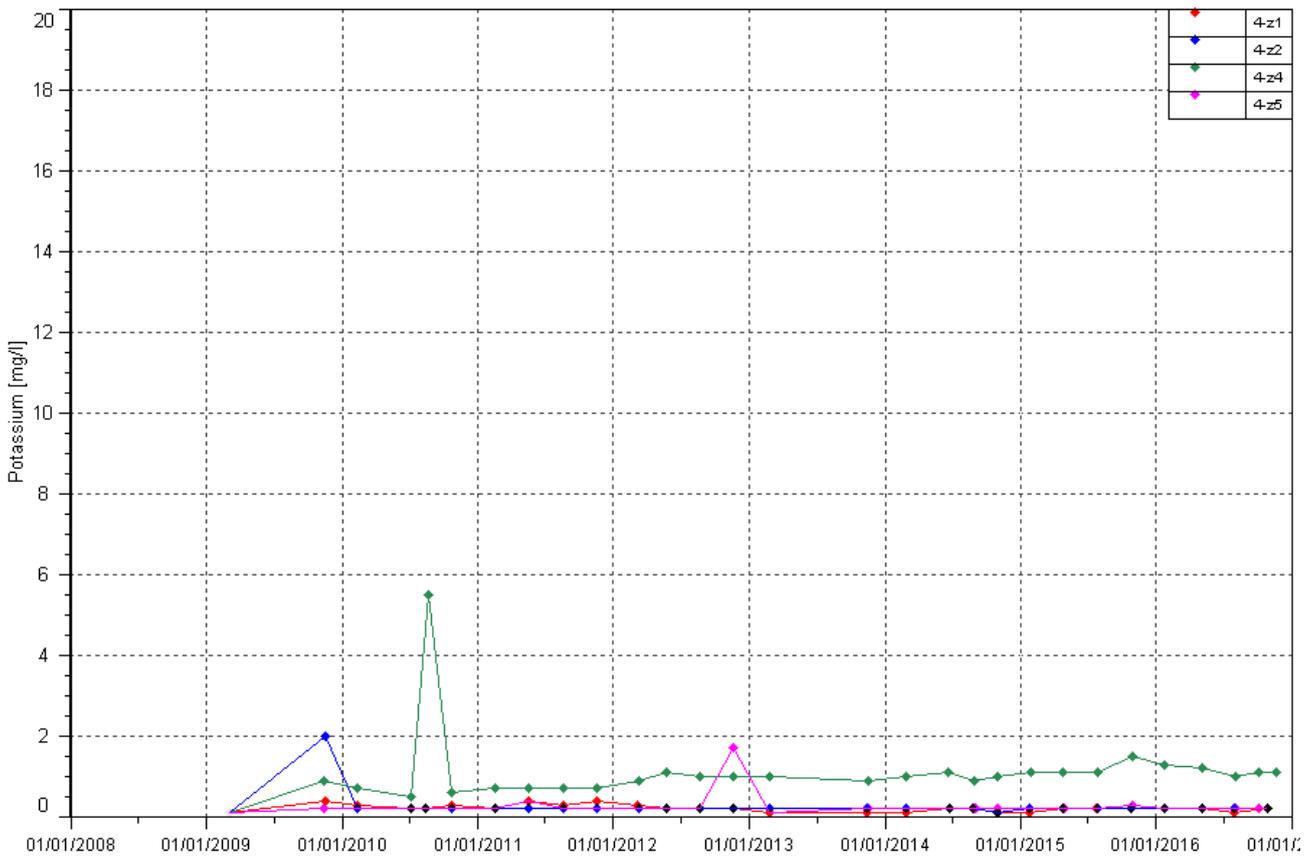
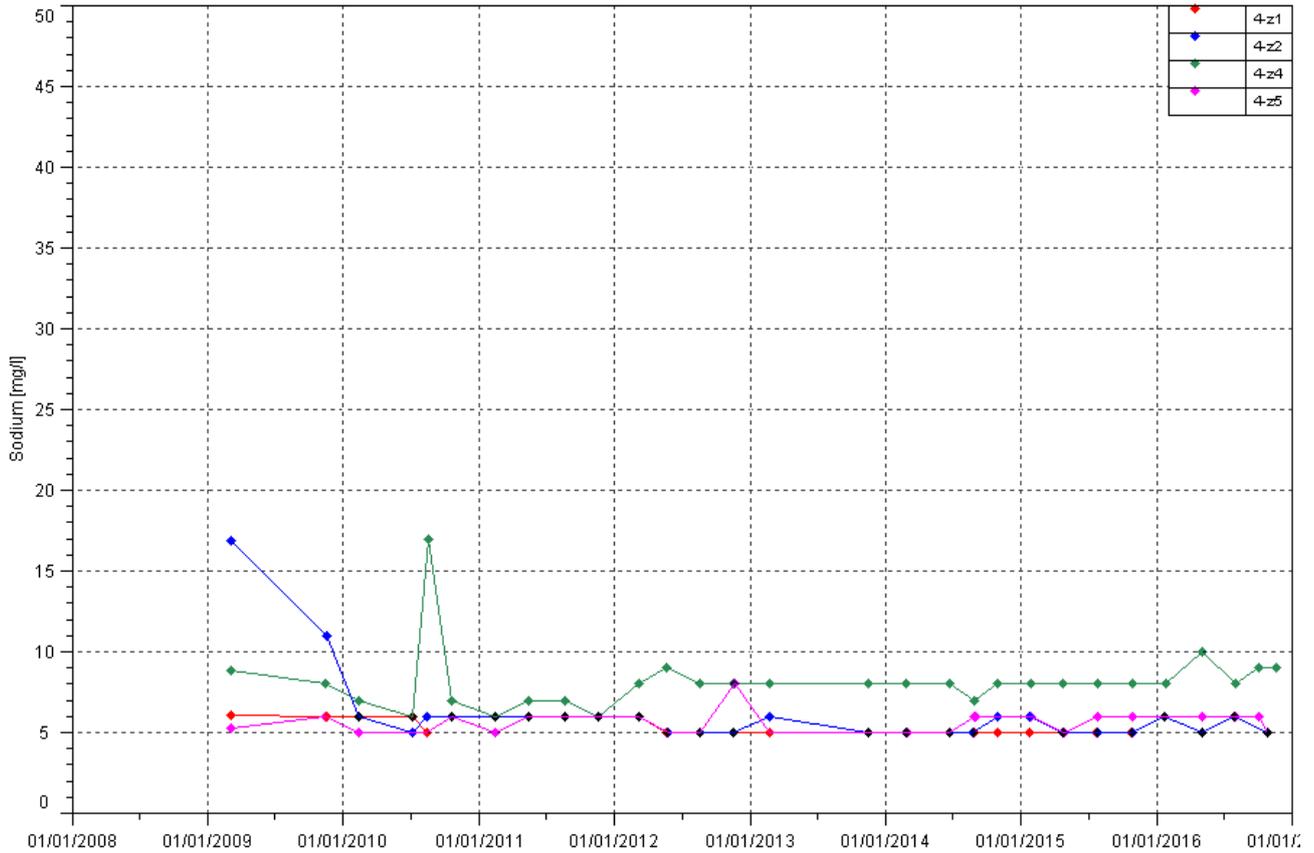
Figure 21 : Résultats du suivi piézométrique sur le secteur de l'Unité de préparation du minerai– conductivité, pH, sulfate, chlorure, DCO, chrome, chrome VI, calcium, sodium, potassium et TAC.

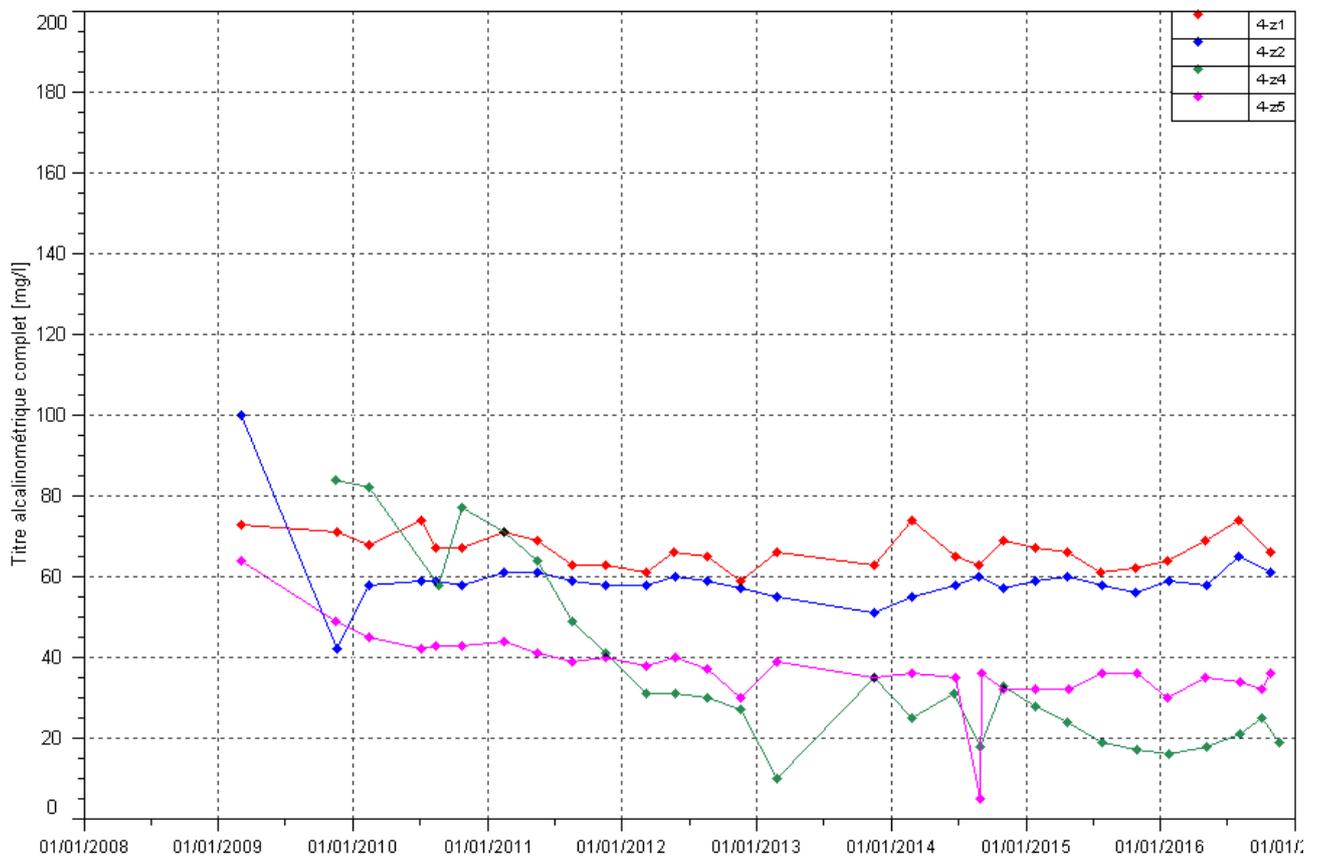
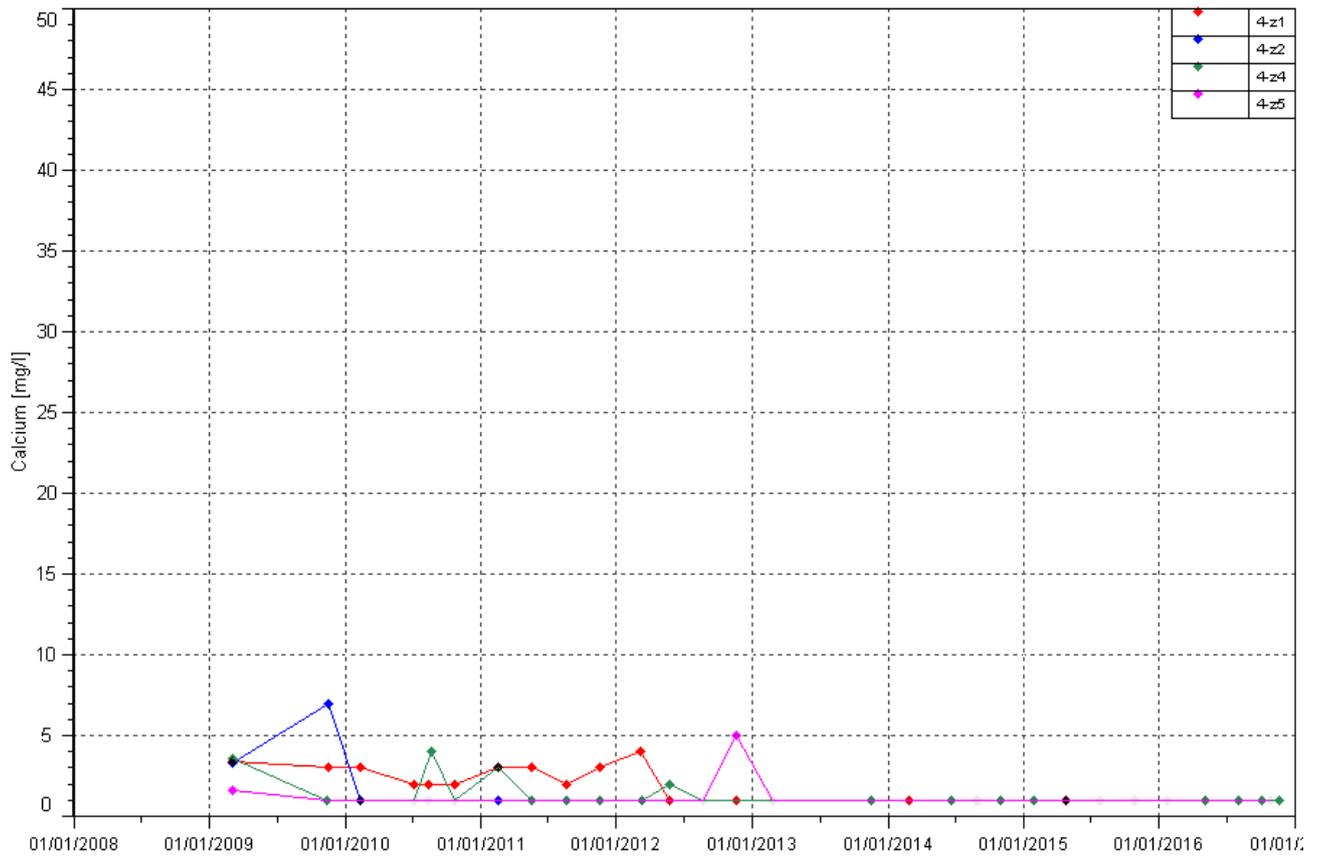












3 ANALYSE DES RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1 Suivi de l'impact des activités du port sur les eaux souterraines

La surveillance des eaux souterraines autour du dépôt d'hydrocarbures du site portuaire n'a pas révélé de modification de la qualité des eaux souterraines. Les valeurs élevées en DCO et de conductivité au piézomètre 7-1 sont les résultats d'une intrusion naturelle de l'eau de mer dans la nappe d'eau souterraine.

3.2 Suivi de l'impact des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines

3.2.1.1 Eaux souterraines

Les contrôles du second semestre 2016 effectués sur les eaux souterraines au pied de la berme (Groupe A) confirment l'augmentation constante de la conductivité, des concentrations en sulfates, chlorures, magnésium et sodium au niveau du piézomètre WKBH103 depuis janvier 2013. Cette hausse s'est accentuée pour les paramètres conductivité, sulfates et magnésium à partir du mois de juillet. On relève en fin de semestre une conductivité de 1210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une teneur en sulfates de 652 mg/L. Ces résultats correspondent aux valeurs maximales enregistrées pour ce groupe depuis 2008.

En revanche, au piézomètre WKBH102, les résultats montrent une chute de la conductivité, des concentrations en sulfates, magnésium et chlorures au mois de décembre. Aux piézomètres WK6-12 et WK6-12A, les résultats sur l'ensemble du 2nd semestre confirment la légère hausse de la conductivité, des teneurs en sulfates et magnésium observées au 1^{er} semestre.

Les résultats du suivi annuel 2016 dans la zone tampon (Groupe B) montrent aux piézomètres WKBH110, WKBH110A, WKBH110B et WKBH109A une accentuation de la hausse de la conductivité et des concentrations en sulfates et magnésium. La conductivité max pour ce groupe est de 317 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la teneur max en sulfates est de 105 mg/l. Ces maximales sont toujours inférieures aux limites réglementaires applicables aux piézomètres de ce groupe, soit 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en conductivité et 150 mg/L en sulfates.

Enfin ce suivi des eaux souterraines près de la rivière Kwé Ouest et dans les vallées adjacentes ne montrent aucune tendance particulière.

Comme les années précédentes, le manganèse est faiblement détecté dans les eaux souterraines de la zone d'alerte et près de la rivière Kwé Ouest. Les concentrations sont largement inférieures au seuil réglementaire de 1 mg/L mentionné dans l'arrêté. Signalons tout de même que des concentrations de 0,05 mg/L, correspondant à la limite réglementaire pour les eaux de surface de la Kwé sont régulièrement mesurées depuis 2008.

Les autres résultats sont conformes aux recommandations de l'arrêté N° 1466-2008/PS du 9 octobre 2008.

3.2.1.2 Sources : WK17 et WK20

Dans le bassin versant de la Kwé, deux sources font l'objet d'un suivi physico-chimique : WK17 et WK20. A la source WK17, les résultats du 2nd semestre 2016 confirment l'augmentation depuis 2013 des paramètres conductivité, sulfates et magnésium. Cette croissance s'est encore accentuée à partir du mois de juillet 2016. A la source WK20, les tendances à la hausse sont aussi confirmées par l'ensemble des résultats de ce semestre pour les paramètres conductivité, sulfate et magnésium.

Le manganèse n'est pas détecté au niveau des sources de la Kwe Ouest depuis janvier 2015.

A la source WK17, une conductivité max de 1640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une teneur maximale en sulfates de 893 mg/L sont enregistrées à la fin du mois de novembre.

3.3 Suivi de l'impact des activités de l'usine sur les eaux souterraines

Des variations sont toujours plus marquées dans les eaux souterraines des horizons latéritiques au niveau du piézomètre 6-14A. Les résultats du 2nd semestre 2016 pour ce piézomètre ont montré une diminution de la conductivité et des concentrations en sulfates, magnésium et chlorures. Les maximales annuelles mesurées en conductivité et sulfates sont mesurées au mois d'avril, soit 788 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 378 mg/L.

A la fin du mois de juin 2016, la découverte d'effluents suspects en aval du talus du bassin d'eau de procédé a permis d'émettre l'hypothèse que des infiltrations sous géomembrane du bassin étaient à l'origine de ses effluents. Des analyses comparatives ont révélé la même signature chimique entre les effluents constatés et les eaux du bassin d'eau de procédé. Des investigations sont en cours afin de vérifier cette hypothèse, et un plan d'action sera mis en place afin de colmater les fuites potentielles sous géomembrane.

Depuis le mois de janvier 2017, ces flaques ne sont plus observées. Nous soupçonnons que les fuites se produisent au niveau des parois internes du bassin. Les variations de concentrations observées depuis 2013 sont probablement le résultat des variations de niveau d'eau du bassin, fuyard à partir d'un palier qu'il nous faudra définir.

Afin d'identifier la fuite, le plan d'action suivant a été mis en place depuis le mois de janvier 2017. Au fur et à mesure que le niveau du bassin est progressivement élevé, des prélèvements manuels sont réalisés à fréquence régulière au niveau du drain de récupération des eaux sous géomembrane. En parallèle, Une sonde de type Aqua Troll 200 a été installé le 3 février 2017 au niveau du drain afin d'assurer un suivi en continu de la conductivité et le piézomètre 6-14A est équipé d'une sonde de niveau de type Level Troll 500.

Actuellement, le bassin est à 80 % de taux de remplissage et aucune contamination du réseau sous géomembrane n'est observée.

L'évolution des analyses au piézomètre 6-14A sera à suivre lors du prochain bilan semestriel.

Dans la nappe profonde, située dans les horizons saprolitiques, les résultats du 2nd semestre 2016 ne montrent toujours pas d'évolution particulière.

3.4 Suivi de l'impact des activités de l'UPM sur les eaux souterraines

Les analyses des piézomètres réglementaires ne présentent pas de valeur indicatrice de pollution au niveau des piézomètres 4-z1, 4-z2, 4-z4 et 4-z5. Cependant, on note une légère augmentation des concentrations en sulfates, chlorures et magnésium en 2016 dans les eaux des horizons saprolitiques, au niveau du piézomètre 4-z4. Pour les sulfates, la maximale mesurée au mois de mai 2016, soit 15.8 mg/L correspond à la teneur max enregistrée depuis 2008.

En supplément du suivi réglementaire prescrit dans les arrêtés, un suivi volontaire a été mis en place au fur et à mesure des travaux de construction et de l'exploitation de l'usine et de la mine. Ce suivi a pour but de compléter la connaissance sur le milieu récepteur. Sur le site de l'UPM, un réseau de piézomètre est installé afin de suivre la qualité des eaux souterraines de la nappe située dans les horizons latéritiques (piézomètres courts). Les résultats de ce suivi volontaire ont aussi révélé des fluctuations plus élevées en sulfates et magnésium dans la nappe de surface. L'étude de ces tendances fait l'objet d'un rapport qui a été transmis aux autorités.

4 Bilan des non-conformités

Description des non-conformités et analyse des causes :

Suivi des impacts des activités du port sur les eaux souterraines : **aucune non-conformité** n'est à reporter.

Suivi des activités du parc à résidus sur les eaux souterraines : **aucune non-conformité** n'est à reporter. Cependant on constate une hausse importante de la conductivité, des concentrations en sulfates, magnésium dans les eaux souterraines de la zone d'alerte au pied de la berme et au niveau des sources WK17.

Suivi des impacts des activités de l'usine sur les eaux souterraines : **aucune non-conformité** n'est à reporter.

Suivi des impacts des activités de l'UPM sur les eaux souterraines : **aucune non-conformité** n'est à reporter.

Conclusion

Le suivi des stations selon les paramètres et les fréquences réglementaires ont pu être réalisés en quasi-totalité.

Les résultats du suivi des eaux souterraines en aval du parc à résidus de la Kwé ouest de 2016 montrent une accentuation de la contamination des eaux souterraines notamment au niveau:

- **Des sources WK17 et WK20** : l'augmentation de la conductivité, des concentrations en sulfates et magnésium se s'est encore accentuée depuis en juillet 2016 à la source WK17. A WK20, la tendance plus légère à la hausse de la conductivité et des concentrations en sulfates et magnésium se poursuit en 2016.
- **Des piézomètres du groupe A** : l'augmentation de la conductivité, des concentrations en sulfates et magnésium au piézomètre WKBH103 s'est intensifiée au cours de ce semestre. La tendance à la hausse, plus légère au niveau des piézomètres WK6-12 et WK6-12A se poursuit également en 2016. Toutefois, au piézomètre WKBH102, les résultats de 2016 montrent une inversion de la tendance alors que depuis septembre 2015 cette tendance était à la hausse.

Les résultats de suivi au niveau des piézomètres **du groupe B** ne montrent aucun dépassement des limites réglementaires de conductivité (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de concentration en sulfates (150 mg/L) et de concentration en manganèse (1mg/L).

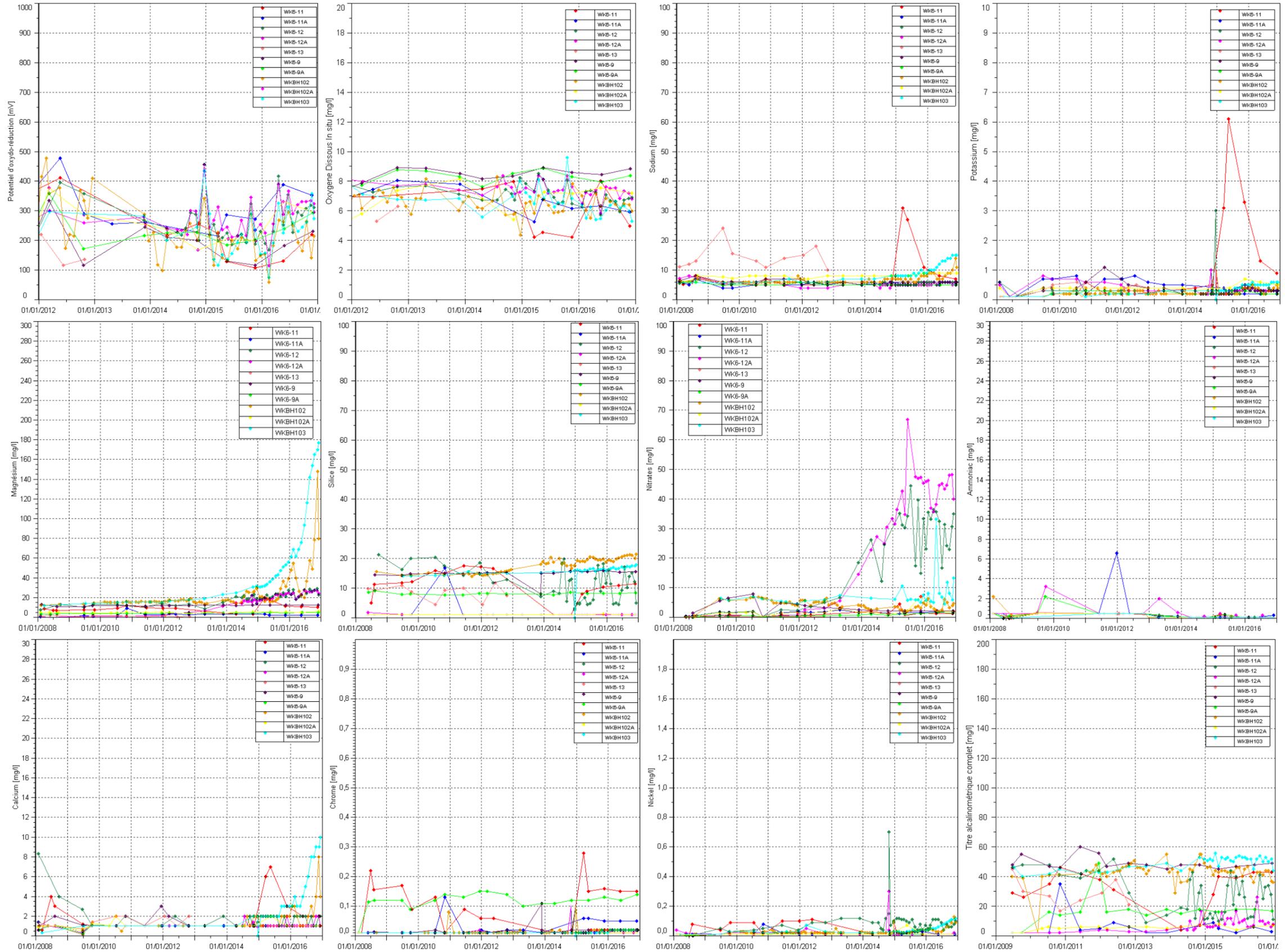
Au niveau de l'usine, les résultats de suivi des eaux souterraines ont révélé des variations importantes de conductivité et de teneurs en sulfates dans les horizons latéritiques au niveau du piézomètre 6-14A. Un plan d'action a été mis en place afin de déterminer les causes de ces fluctuations.

L'analyse des résultats de suivi au niveau de l'UPM a démontré une légère hausse des concentrations en sulfates, chlorures et magnésium au niveau du piézomètre 4-z4 situé en aval de l'aire de lavage des véhicules lourds.

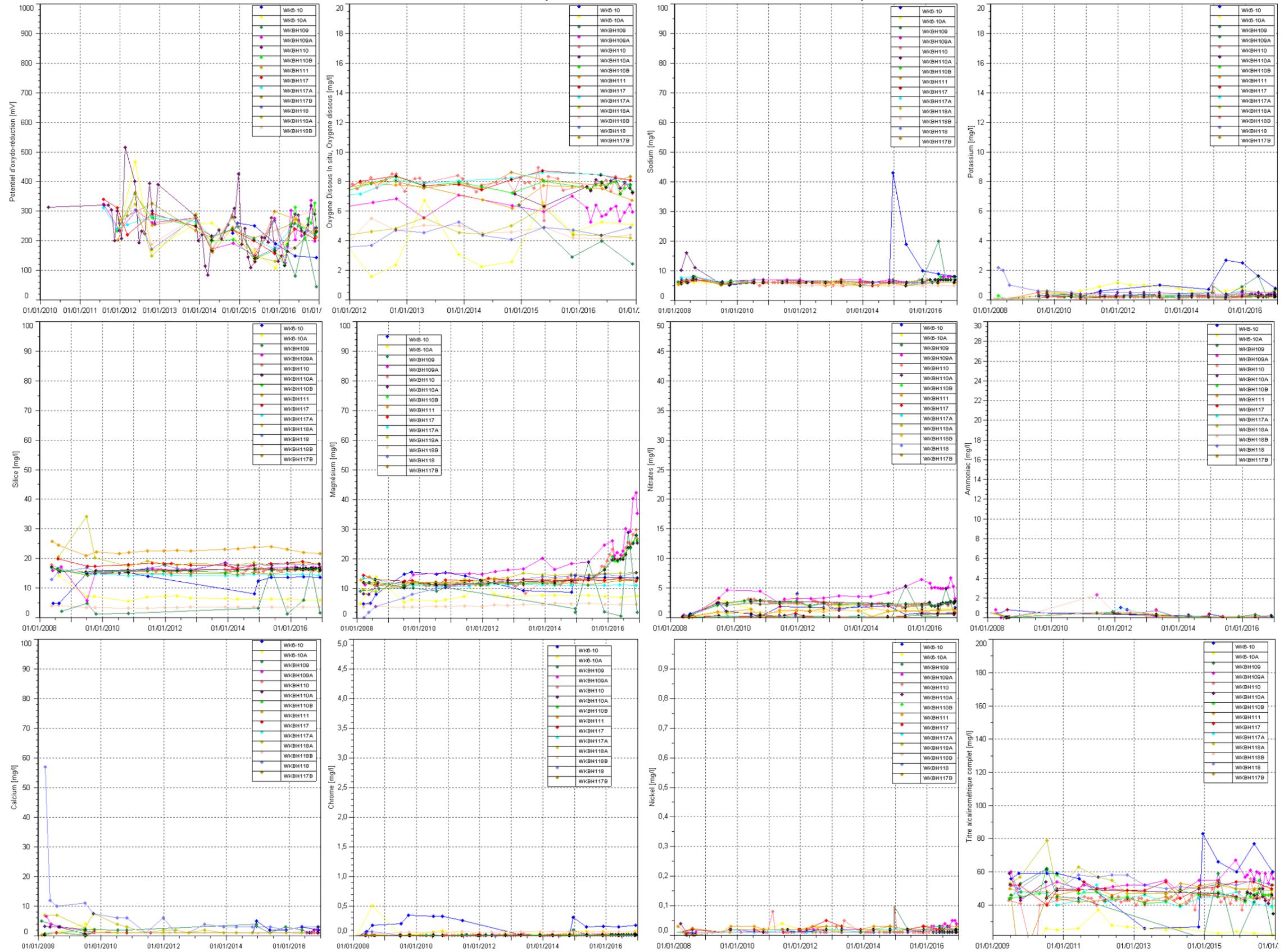
ANNEXE I : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA KWE OUEST

Piézomètres des groupes A, B, C et D

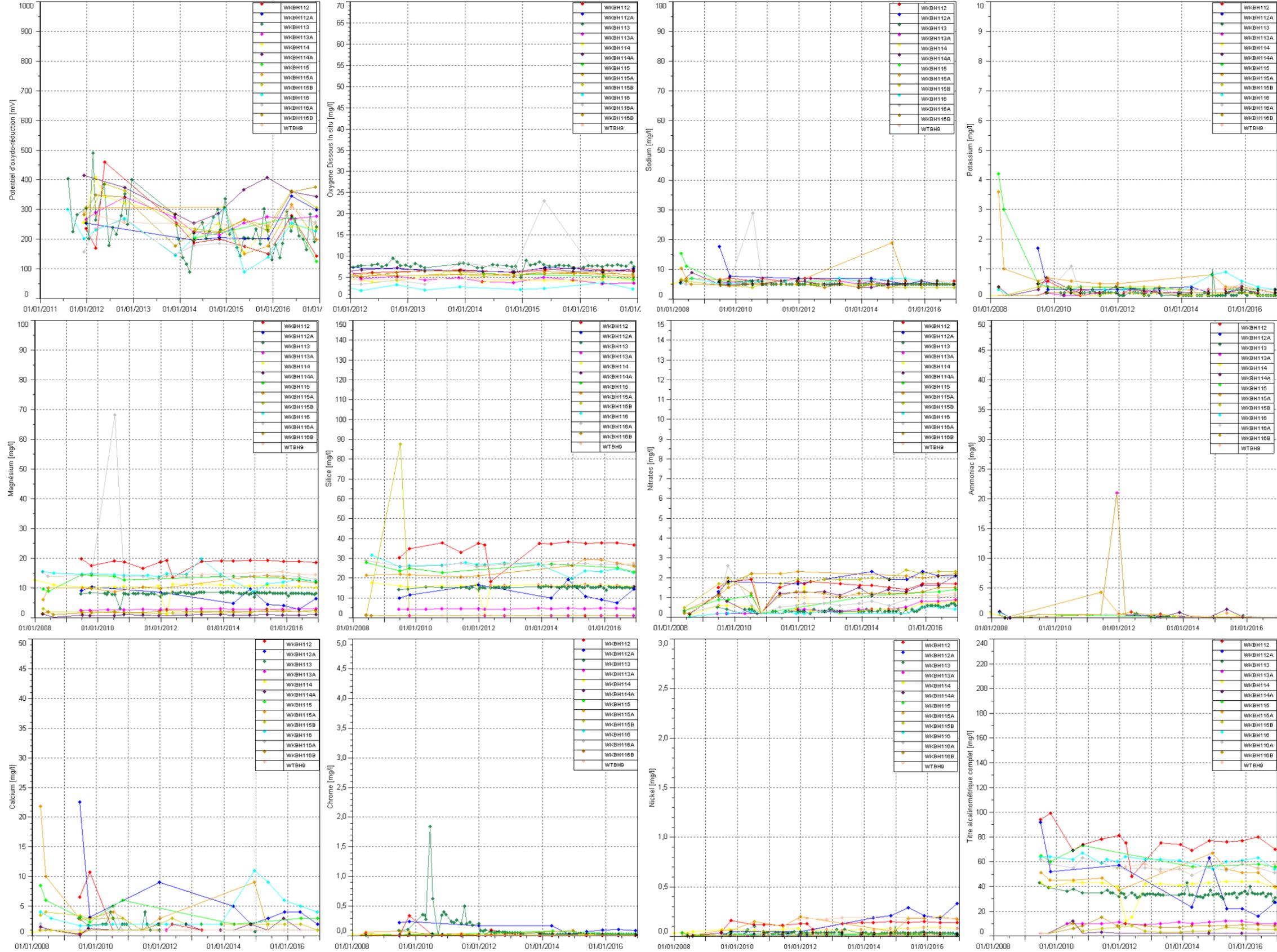
Résultats du suivi de la qualité des eaux souterraines de la Kwé Ouest : Groupe A



Résultats du suivi de la qualité des eaux souterraines de la Kwé Ouest : Groupe B



Résultats du suivi de la qualité des eaux souterraines de la Kwé Ouest : Groupe C



Résultats du suivi de la qualité des eaux souterraines de la Kwé Ouest : Groupe D

