

9 A210 – INVESTIGATIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

9.1 Réseau de surveillance

9.1.1 Etat des lieux de l'ancien réseau de suivi des eaux souterraines

Sur les 23 ouvrages recensés dans les études précédentes, seuls 9 sont toujours fonctionnels (PZ1, LPZ1bis, LPZ2, P2, P3, P'3, P5, P10 et P11). **Tous ne sont toutefois pas utilisables pour une mesure piézométrique ou un prélèvement d'eau (cf. tableau suivant).**

Au droit du site, un seul piézomètre est en état de fonctionnement (PZ1 situé à l'aval du site).



PZ1



PZ2 (non fonctionnel)



PZ3 (non fonctionnel)



PZ5 (non fonctionnel)



PZ6 (non fonctionnel)



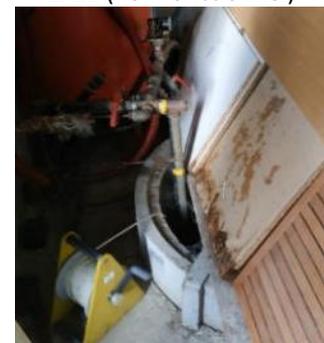
LPZ1 (non fonctionnel)



LPZ1bis



LPZ2



P2



P3



P'3



P5

Figure 34 : Photographie des ouvrages présents sur site ou à proximité

Nom point	Propriétaire	Usage	Diamètre intérieur (mm)	Profondeur ouvrage (m/repere)	Hauteur repère/ TN (m)	Etat	Remarque	Fonctionnel?	Mesure quantitative possible?	Mesure qualité possible?
E8	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
PZ2	-	Suivi environnemental	80 mm	-	-	Colmaté	-	NON	NON	NON
PZ3	-	Suivi environnemental	65 mm	-	0,85 m	Colmaté à -1,84 m/rep?	-	NON	NON	NON
PZ5	-	Suivi environnemental	65 mm	-	0,195 m	Colmaté à -0,7 m/rep?	-	NON	NON	NON
E6	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
PUITS CENTRAL	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
PZ6	-	Suivi environnemental	110 mm	1,1 m	0	Colmaté à -1,1 m/rep?	-	NON	NON	NON
E4	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
PUITS EST	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
PZ1	-	Suivi environnemental	65 mm	7,38 m	0,53	Mauvais état (rouille)	-	OUI	OUI	OUI
LPZ1	-	Suivi environnemental	-	-	-	Cassé	-	NON	NON	NON
LPZ1Bis	-	Suivi environnemental	50 mm	14,28 m	0,41	Mauvais état (rouille)	-	OUI	OUI	OUI
LPZ2	-	Suivi environnemental	50 mm	3,96 m	0,635	Mauvais état (rouille)	-	OUI	OUI	OUI
LPZ3	-	Suivi environnemental	-	-	-	Non retrouvé	-	NON	NON	NON
P2	M.VIGNE	Arrosage jardin	non mesurable	8,23 m	0,2	Bon	Accès difficile pour mesure du niveau d'eau	OUI	NON	OUI
P3	M.JOUVE	Arrosage jardin	NR	7,45	Puits au sous-sol (~-2,5 m/TN)	Bon	Puits au sous-sol de l'habitation	OUI	OUI	OUI
P3'	INFOLOGIC	Géothermie	NR	NR	NR	NR	Propriétaires absents	OUI	OUI	OUI
P4	M. PERROTEAU	Aucun - ouvrage remblayé	-	-	-	Ouvrage remblayé	Puits comblé et plus accessible d'après propriétaire	NON	NON	NON
P5	M. IMBERT	Arrosage, piscine, WC	105 mm	non mesurable	0,59	Bon	Nécessité de descendre dans l'avant-puits avec une échelle	OUI	OUI	OUI
P6	M. BARBERIS	NR	NR	NR	NR	NR	Propriétaires absents	INCONNU	NON	NON
P7	M. BETA RD/Mme CHAREYRE	NR	NR	NR	NR	NR	Propriétaires absents	INCONNU	INCONNU	INCONNU
P10	M.Mme TACHON	Arrosage, piscine	non mesurable	non mesurable	non mesurable	Bon	Accès difficile pour mesure du niveau d'eau	OUI	NON	OUI
P11	M. JACQUIER	NR	-	-	-	Bon	-	OUI	NON	OUI

Tableau 32 : Etat des lieux des ouvrages de prélèvement ou de suivi d'eaux souterraines au droit et à proximité du site

9.1.2 Mise en place d'un nouveau réseau de mesures

9.1.2.1 Descriptif des ouvrages réalisés

Du fait de l'absence d'un réseau de mesures fonctionnel au droit du site, 10 nouveaux piézomètres ont été mis en place. Ils viennent compléter les ouvrages existants et fonctionnels présents en dehors du site (puits de particulier).

Préalablement aux travaux, le dossier de déclaration au titre de l'Article R214-32 du Code de l'Environnement (rubrique 1.1.1.0) a été déposé en Préfecture le 01/07/2019 sous le numéro 26-2019-00106. Le récépissé de déclaration autorisant les travaux a été transmis au Maître d'Ouvrage le 08/07/2019. Les travaux ont été réalisés du 30/10/2019 au 13/11/2019 par l'entreprise AQUIFORE sous-traitante d'Améten.

Le descriptif des travaux réalisés est synthétisé ci-dessous.

Caractéristiques :	FORATION		Profondeur équipée / sol	Equipement à raccord vissés	Hauteur crépinée	Etanchéité	Niveau statique / sol
	méthode	tube provisoire					
Piézomètre G1	Odex 115mm	139,7 mm	4,85 m	PVC 64/75 mm	2 m	1,3 à 0 m	1,45 m
Piézomètre G2			4,85 m		3 m	1,0 à 0 m	1,35 m
Piézomètre G3			3,90 m		2 m	1,0 à 0 m	1,11 m
Piézomètre G4			6,90 m		4,5 m	1,0 à 0 m	3,05 m
Piézomètre G5			5,00 m		3 m	1,0 à 0 m	1,76 m
Piézomètre G6			4,00 m		2,5 m	1,0 à 0 m	1,3 m
Piézomètre G7			15,00 m		11,5 m	1,0 à 0 m	10,26 m
Piézomètre G8			15,00 m		11,5 m	1,0 à 0 m	8,85 m
Piézomètre G9			15,00 m		13 m	1,0 à 0 m	6,71 m
Piézomètre G10	Odex 165mm	193,7mm	15,70 m	PEHD 110,8 / 125 mm	12 m	2,05 à 0 m	5,69 m

Piézomètre G1	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G2	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G3	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G4	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G5	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G6	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G7	Développement par soufflage direct - Essai infructueux
Piézomètre G8	Développement par soufflage direct - Essai infructueux
Piézomètre G9	Développement par pompage pendant 15 minutes - Eau claire (Pompe de surface entre 2 et 3 m ³ /h)
Piézomètre G10	Développement par pompage pendant 30 minutes - Eau claire (Pompe 3" env. 7-8 m ³ /h)

Tableau 33 : Données techniques des ouvrages mis en place sur le site par Aquifore du 30/10 au 13/11/19 et descriptif du développement des piézomètres réalisé

Les coupes techniques et lithologiques des ouvrages sont présentées en **ANNEXE 4**.

Les terrains rencontrés lors de la foration sont des matériaux sablo-graveleuses reposant sur une couche d'argile plastique correspondant au substratum.

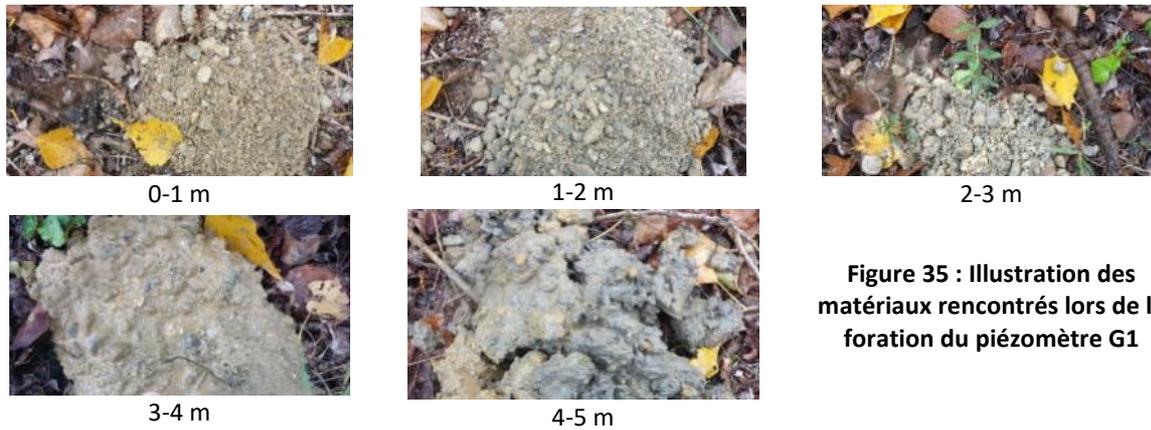


Figure 35 : Illustration des matériaux rencontrés lors de la foration du piézomètre G1



Foration du piézomètre G1 Foration du piézomètre G5 Foration du piézomètre G9

Figure 36 : illustration des forages réalisés du 30/10 au 13/11/2019 (Aquifore, Améten)

9.1.2.2 Nivellement des ouvrages

Un géomètre expert sous-traitant d’AMETEN a nivelé en X, Y (Lambert 93 – IGN69) et Z (m NGF), l’ensemble des ouvrages fonctionnels pour la mesure du niveau piézométrique de la nappe, comprenant les piézomètres nouvellement créés au droit du site ainsi que les ouvrages présents à l’extérieur du site.

Le tableau ci-dessous présente les résultats du nivellement.

Piézomètres – Ancienne carrière le Geai à Bourg-les-Valence				
mesurés le 29/11/2019 à partir d’un GPS équipé d’une connexion Orphéon				
coordonnées : X et Y= Lambert 93 et Z= NGF				
N° PZ	X(m)	Y(m)	Z (m)	Point de mesure
G1	849327,96	6430909,28	122,40	sur tube orange côté cadenas
G2	849349,64	6430847,93	122,35	sur tube orange côté cadenas
G3	849296,72	6430856,83	121,82	sur tube orange côté cadenas
G4	849227,45	6430824,36	119,69	sur tube orange côté cadenas
G5	849306,31	6430772,15	121,88	sur tube orange côté cadenas
G6	849334,96	6430768,01	121,83	sur tube orange côté cadenas
G7	849256,29	6430702,66	120,07	sur tube orange côté cadenas
G8	849200,03	6430709,27	118,70	sur tube orange côté cadenas
G9	849177,54	6430722,48	116,47	sur tube orange côté cadenas
G10	849210,66	6430733,44	115,62	sur tube orange côté cadenas
PZ1	849218,73	6430733,21	115,41	sur tube rouillé côté cadenas
P3	849103,63	6430650,11	114,19	sur bord béton, marquage peinture
P'3	849128,90	6430656,63	116,25	sur bord béton, marquage peinture
			115,60	sur tube bleu
P5	849174,63	6430661,42	116,62	sur bord béton, marquage peinture
LPZ1bis	849406,93	6430729,39	132,35	sur tube bleu
			132,32	sur tube rouillé côté cadenas
LPZ2	849379,86	6430537,74	120,56	sur tube bleu

Tableau 34 : Coordonnées et altitudes des ouvrages de mesures des eaux souterraines (nivellement réalisé par AMETEN, 29/11/2019)

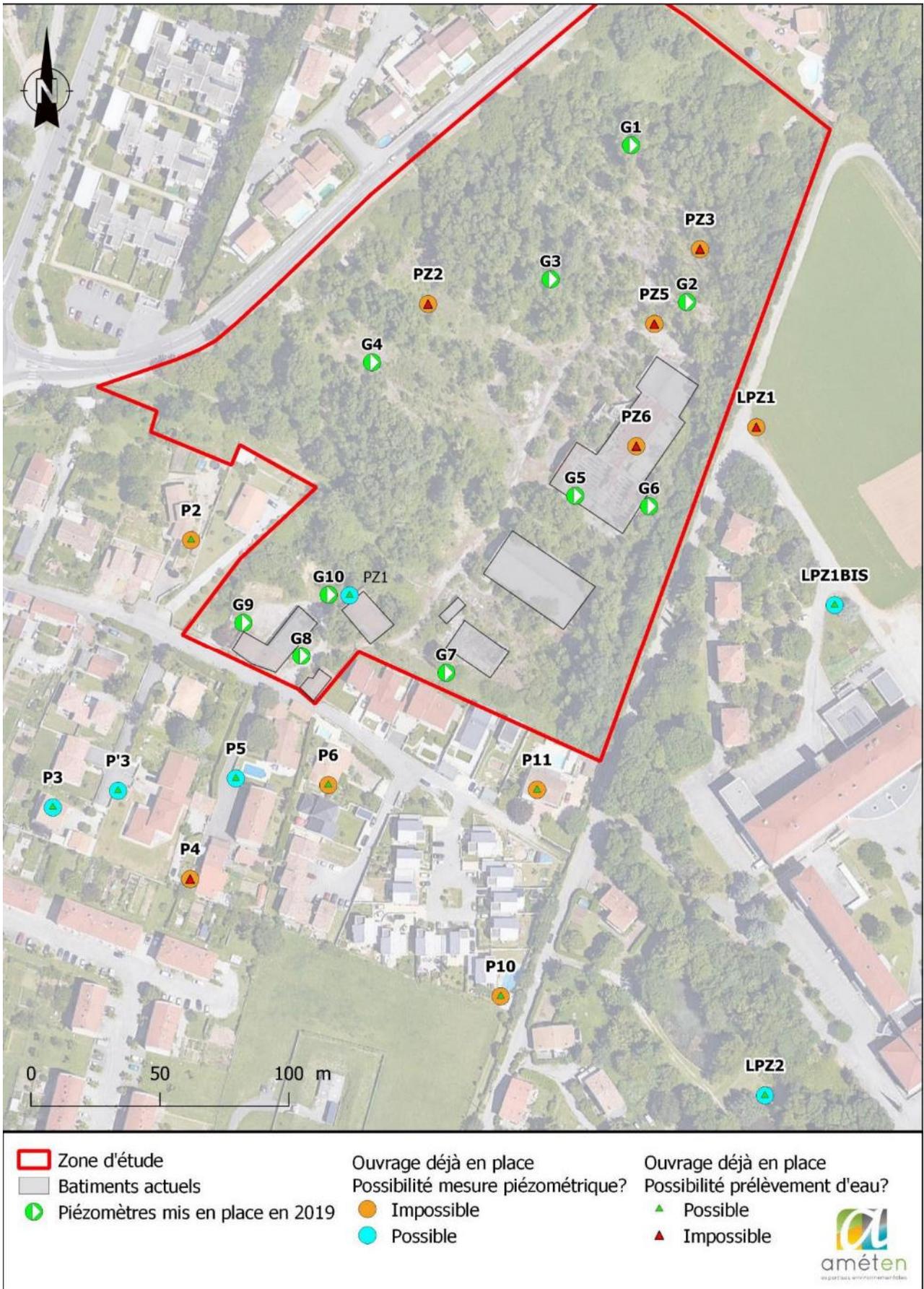


Figure 37 : Localisation du nouveau réseau de mesures mis en place et des possibilités de mesures et prélèvements sur les ouvrages existants

9.2 Descriptif du contenu des campagnes de mesures et de prélèvement

9.2.1 Campagne du 05/03/2019

Une campagne de prélèvement des eaux souterraines a été réalisée le 05/03/2019 suite à l'état des lieux des ouvrages réalisé le 19/02/2019. Les prélèvements ont été réalisés au droit des ouvrages fonctionnels existants, chez les particuliers ayant autorisé notre intervention. Les fiches de prélèvement sont disponibles en **ANNEXE 5**.

Nom point	Position	Usage	Diamètre intérieur (mm)	Profondeur ouvrage (m/repère)	Hauteur repère/ TN (m)	Etat
PZ1	Au droit du site (aval)	Suivi environnemental	65 mm	7,38 m	0,53	Mauvais état (rouille)
P2	20 m au sud	Arrosage jardin	Non mesurable	8,23 m	0,2	Bon
P3	90 m au sud	Arrosage jardin	NR	7,45	Puits au sous-sol	Bon
P5	42 m au sud	AEP, Arrosage, piscine, WC	105 mm	Non mesurable	0,59	Bon

Tableau 35 : Caractéristiques des ouvrages de prélèvement des eaux souterraines suivi lors de la campagne du 05/03/2019



Figure 38 : Piézomètres et puits relevés lors de la campagne du 05/03/2019

Une phase organique flottante avec une odeur d'huile a été identifiée au droit du piézomètre PZ1 lors de l'échantillonnage.

L'épaisseur de la phase a été mesurée au moyen d'une sonde à interface : elle était présente de 5,47 m/TN à 5,62 m/TN, soit une épaisseur de 15 cm au-dessus du niveau d'eau. La phase n'a pas pu être prélevée et n'a donc pas été caractérisée.

9.2.2 Campagne du 03/12/2019

Une campagne de prélèvement des eaux souterraines a été réalisée le 03/12/2019 au droit des ouvrages recensés ci-dessous. Les fiches de prélèvement sont disponibles en **ANNEXE 6**.

Nom point	Position	Usage	Diamètre intérieur (mm)	Profondeur ouvrage (m)	Hauteur repère/ TN (m)	Etat
G1	Au droit du site (amont)	Suivi environnemental	64 mm	4,85 m/TN	0,6 m	Bon
G2	Au droit du site (amont)	Suivi environnemental	64 mm	4,85 m/TN	0,5 m	Bon
G3	Au droit du site (amont)	Suivi environnemental	64 mm	3,90 m/TN	0,5 m	Bon
G8	Au droit du site (aval)	Suivi environnemental	64 mm	15 m/TN	0,6 m	Bon
G10	Au droit du site (aval)	Suivi environnemental	110,8 mm	15,70 m/TN	0,5 m	Bon
P3	90 m au sud	Arrosage jardin	NR	7,45 m/repère	Puits au sous-sol	Bon
P3'	63 m au sud	Géothermie	NR	NR	NR	Bon
P5	42 m au sud	AEP, Arrosage, piscine, WC	105 mm	Non mesurable	0,59	Bon

Tableau 36 : Caractéristiques des ouvrages de prélèvement des eaux souterraines suivi lors de la campagne du 03/12/2019

Le piézomètre G4 intercepte des écoulements perchés, ce qui a rendu inopérante la sonde de mesure du niveau piézométrique. Dans ces conditions, l'eau au droit de ce piézomètre n'a pas été échantillonnée.

L'eau au droit du piézomètre G7 n'a également pas été échantillonnée, en raison de suspicion de présence d'une phase, et de problèmes de mesure du niveau piézométrique.

Une phase organique flottante a été identifiée au droit des piézomètres identifiés dans le tableau suivant lors de l'échantillonnage. L'épaisseur a été mesurée à l'aide d'une sonde à interface. Conformément à la norme NF X 31-615, aucun prélèvement d'eau n'a été réalisé dans les ouvrages présentant une phase.

Ouvrage	Nature de la phase identifiée	Profondeur
G5	Phase visqueuse noirâtre et irisée avec forte odeur d'hydrocarbures ou huile de vidange	2,28-2,38 m
G6	Phase noire-brune très visqueuse avec odeur d'huile de vidange	1,76-2,8 m
G9	Phase jaune très visqueuse avec odeur de solvants	Film

Tableau 37 : Caractéristiques des phases

A noter qu'au droit des ouvrages G7, G8 et G10, une phase plus ou moins émulsionnée dans l'eau a également été suspectée lors de la campagne de mesures.

Des prélèvements ont été réalisés manuellement au tube préleveur jetable au droit des ouvrages G5 et G6 qui présentait une épaisseur suffisante de phase pour être prélevés de cette façon. Les échantillons de phase ont été analysés par le laboratoire WESSLING.

La phase observée au droit du piézomètre G9 n'a pas pu être prélevée en quantité suffisante pour être analysée.

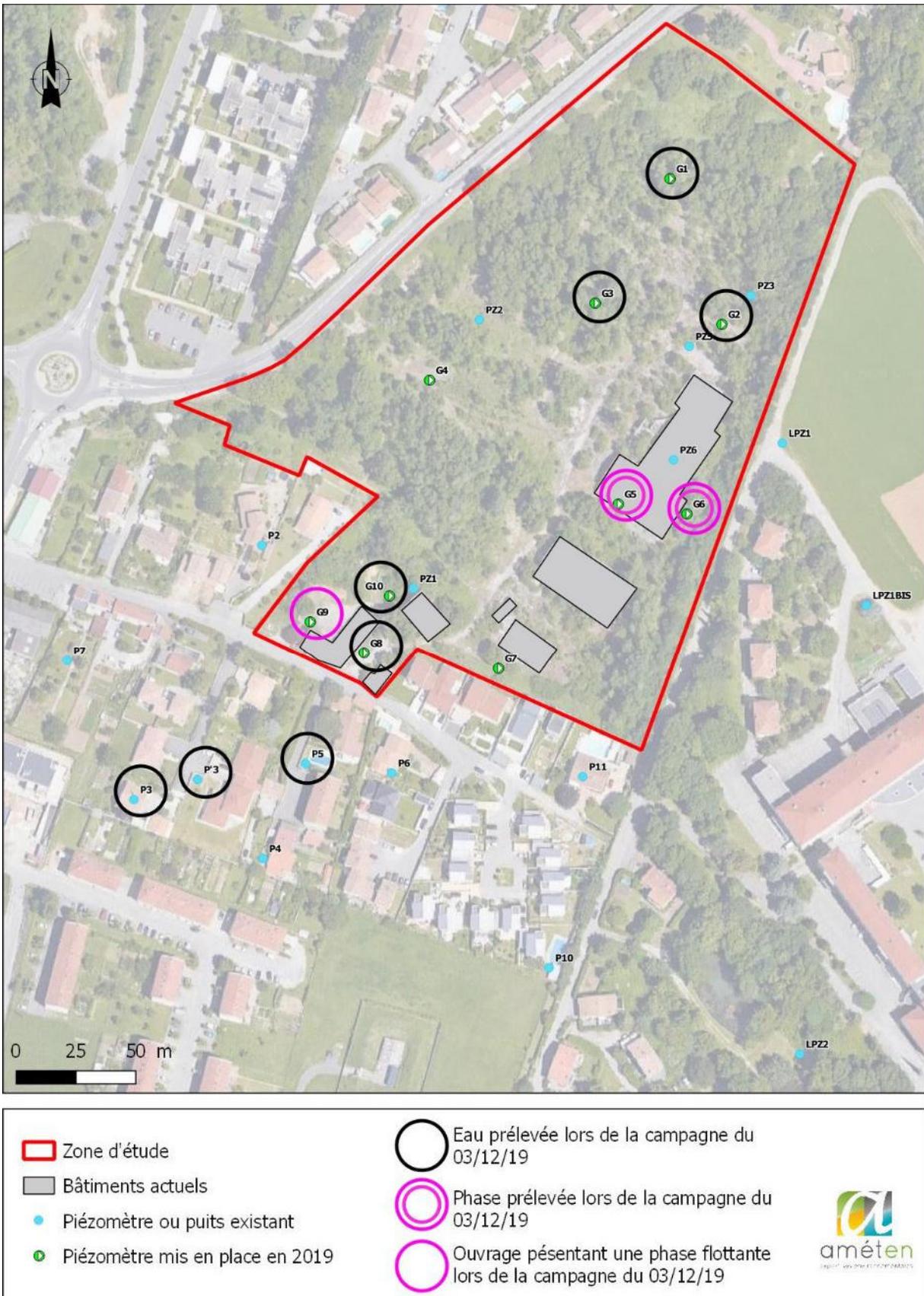


Figure 39 : Piézomètres et puits relevés lors de la campagne du 03/12/2019

9.2.3 Campagne et test d'écémage du 31/01/2020 au 19/02/2020

Une campagne d'écémage de la phase flottante identifiée le 03/12/2019 a été réalisée le 31/01/2020 puis des relèves des écémateurs ont été réalisés le 05/02/2020 et le 19/02/2020.

Lors de cette campagne, les investigations suivantes ont été réalisées :

- Relevé du niveau piézométrique et des épaisseurs de phase sur l'ensemble des ouvrages au droit du site ;
- Ecémage de la phase sur les 3 ouvrages présentant une grosse épaisseur de phase (G3, G5, G6) ;
- Mise en place de 4 écémateurs passifs oléophiles pour prélèvement et mesure du temps de retour de la phase au droit des ouvrages G3, G5, G6 et G9.
- Prélèvement d'échantillons de phase flottante.

9.3 Technique d'échantillonnage

9.3.1 Echantillonnage de la phase organique

Les écémateurs passifs oléophiles permettent de collecter la phase flottante d'hydrocarbure sans apport d'énergie. L'écémateur est composé d'une tête d'admission flottante de type oléophile qui se positionne par gravité à l'interface eau / hydrocarbure et ne permet pas le passage de l'eau. La tête coulisse le long d'un axe métallique et suit les variations de la nappe phréatique. L'hydrocarbure entre par la tête d'admission, s'écoule par le tube flexible puis est stocké dans un réservoir intégré. La vidange du réservoir est manuelle.



Figure 40 : Dispositif de prélèvement de phase organique manuel au tube préleveur jetable à gauche, et au moyen d'un écémateur passif oléophile à droite

9.3.2 Echantillonnage des eaux souterraines

L'échantillonnage a été réalisé conformément aux règles de l'art et aux préconisations de la norme AFNOR NFX 31-615.



Figure 41 : Dispositif de prélèvement mis en œuvre sur G2 le 03/12/2019

Lorsque cela était possible, une purge jusqu'à stabilisation des paramètres physicochimique a été réalisée à l'aide d'une pompe immergée 12V ou à l'aide de la pompe en place dans les puits des particuliers.

Pour certains ouvrages, l'accès à l'ouvrage en sécurité n'était pas possible et le prélèvement a été fait directement au robinet de sortie de la pompe en place dans le puits.

Les eaux de purge ont été rejetées à proximité immédiate des ouvrages à une distance néanmoins suffisante pour ne pas influencer le prélèvement (recyclage des eaux pompées).

Les paramètres température, pH, conductivité et oxygène dissous ont été mesurés sur les eaux pendant la purge et avant prélèvement.

Les échantillons ont été conditionnés dans le flaconnage mis à disposition par le laboratoire, en fonction des paramètres demandés. L'acheminement des flacons vers le laboratoire EUROFINS a été fait dans les 24 h suivant les prélèvements, à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 2 et 8°C (NF EN ISO 5667-15/2009).

9.4 Programme analytique

9.4.1 Mesures in situ

Les mesures des paramètres suivants ont été effectuées sur les eaux souterraines au cours des prélèvements au moyen d'une sonde multiparamètres HANNA préalablement étalonnée :

- Température ;
- Conductivité électrique ;
- pH ;
- Oxygène dissous.

9.4.2 Analyses au laboratoire

Les échantillons prélevés ont été soumis au programme analytique décrit dans le tableau ci-dessous. Les analyses ont été réalisées par les laboratoires EUROFINS et WESSLING, accrédités COFRAC pour ces analyses.

MATRICE	LABORATOIRE	Substance analysée	Norme analytique
Eau souterraine	EUROFINS	Métaux	NF EN ISO 17294-2
		Mercuré	NF EN ISO 17852
		TPH SPLIT Aromatiques/Aliphatiques	Méthode interne
		Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Méthode interne
		PCB	Méthode interne
		COHV/BTEX	NF EN ISO 10301 (COHV)/ NF ISO 11423-1 (BTEX)
Phase flottante	WESSLING	Empreinte chromatographique, identification de la coupe pétrolière	DIN EN ISO 16703
		Viscosité	DIN 51562-1
		Densité	WES 098
		BTEX	Méth. interne : "BTXHS NF EN ISO 11423-1 / NF EN ISO 22155"
		Hydrocarbures aromatiques polycycliques	NF ISO 18287
		HCT C10C40	NF EN ISO 16703
		PCB	Méth. interne : "HAP-PCB NF EN ISO 6468 / NF ISO 18287 / NF T 90-115/ NF ISO 10382"

Tableau 38 : Programme analytique sur les eaux souterraines et la phase flottante

9.5 Résultats sur les phases organiques

9.5.1 Valeurs de référence

Les échantillons de phases flottantes analysés ont été comparés à des chromatogrammes pris pour référence par le laboratoire WESSLING (chromatogramme d'un diesel, d'une huile minérale).

L'analyse de la viscosité des deux échantillons n'a en revanche pas pu être effectuée par le laboratoire, malgré l'essai de plusieurs méthodes (méthode capillaire et Stabinger), a priori du fait de la composition des échantillons et du type de matrice. Aucune précision supplémentaire n'a pu être fournie par le laboratoire sous-traitant du laboratoire WESSLING en charge des analyses.

9.5.2 Résultats d'analyse - composition chimique de la phase

Les résultats des 2 échantillons de phases flottantes analysés sont présentés dans le tableau ci-après. Les bordereaux complets des résultats d'analyses au laboratoire sont présentés en **ANNEXE 7**. Les résultats mettent en évidence les éléments suivants :

- **Hydrocarbures (C10-C40)** : les deux échantillons présentent des concentrations importantes en HCT, correspondant à un déchet de catégorie C (déchet dangereux) si l'on compare avec les seuils de l'arrêté du 12/12/2014 pour les sols ;
- **Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)** : les deux échantillons présentent des concentrations en HAP quantifiables mais restant en dessous du seuil ISDI de 50 mg/kg MS

(arrêté 12/12/2014). On note toutefois la présence de Naphtalène, composé hautement volatil, sur l'échantillon G5 ;

- **CAV – BTEX** : l'échantillon G5 présente une concentration importante en BTEX et autres composés aromatiques volatils (CAV). L'échantillon G6 en revanche ne présente pas de concentrations quantifiables.
- **PCB** : l'échantillon G5 montre des valeurs inférieures au seuil de quantification du laboratoire. L'échantillon G6 montre, lui, une concentration de 3,6 mg/kg MS pour la somme des 7 congénères règlementaires, dépassant le seuil d'un déchet inerte défini dans l'arrêté du 12/12/2014.
- **Chromatogrammes** :
 - La coupe pétrolière de l'échantillon G5 semble correspondre à un mélange entre un distillat moyen type gasoil/fuel et un distillat lourd type fuel lourd/huile ;
 - La coupe pétrolière de l'échantillon G6 est similaire à l'étalon d'huile minérale du laboratoire Wessling.

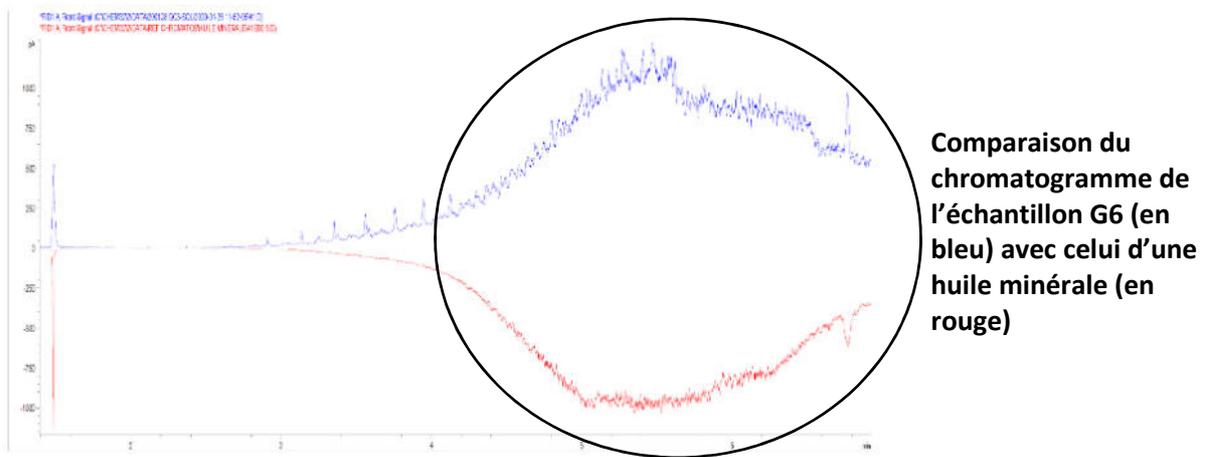
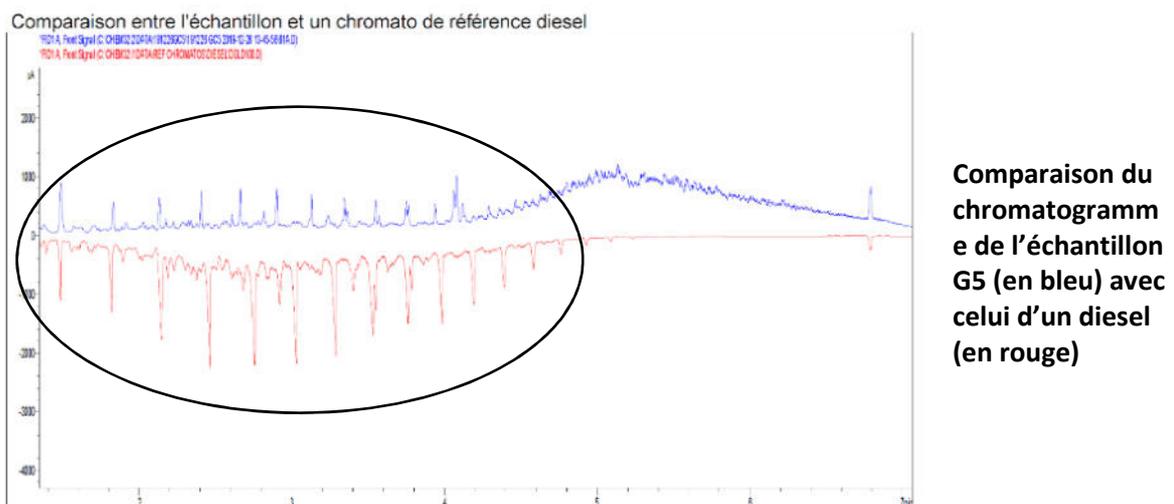
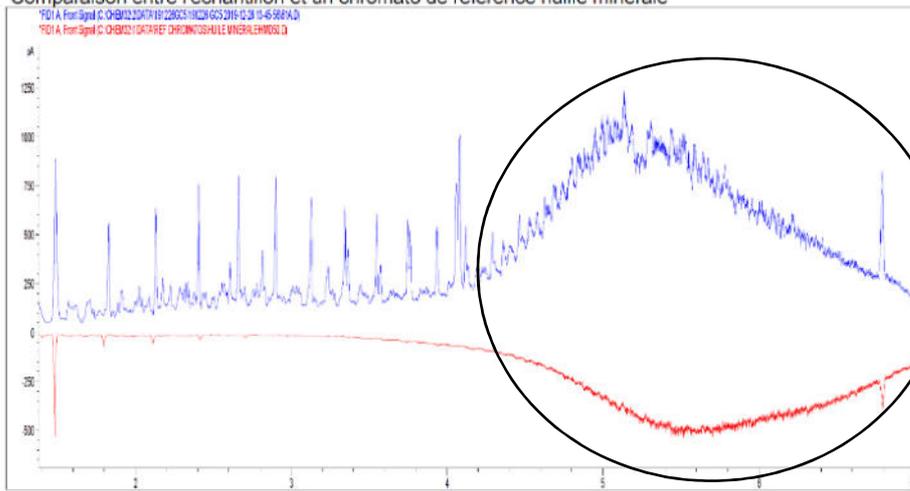


Figure 42 : Comparaison de l'échantillon de phase flottante en G6 avec un chromatogramme de référence



Comparaison entre l'échantillon et un chromatogramme de référence huile minérale



Comparaison du chromatogramme de l'échantillon G5 (en bleu) avec celui d'une huile minérale (en rouge)

Figure 43 : Comparaison de l'échantillon de phase flottante en G5 avec des chromatogrammes de référence



Phase flottante en G3 très visqueuse et difficilement prélevable



Phase flottante prélevée en G5



Phase flottante en G6 très visqueuse et non prélevable avec un écrémeur passif



Film jaune visqueux en G9 non prélevable manuellement ni avec un écrémeur passif

Figure 44 : Illustration des phases organiques flottantes

		G5	G6
Masse volumique	kg/m ³	920	880
Indice hydrocarbure C10-C40			
Hydrocarbures > C10-C12	mg/kg Ms	16 000	<2000
Hydrocarbures > C12-C16	mg/kg Ms	39 000	2 600
Hydrocarbures > C16-C21	mg/kg Ms	48 000	26 000
Hydrocarbures > C21-C35	mg/kg Ms	280 000	340 000
Hydrocarbures > C35-C40	mg/kg Ms	37 000	85 000
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg Ms	420 000	460 000
HAP			
Naphtalène	mg/kg Ms	12	<0,5
Acénaphtylène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Acénaphène	mg/kg Ms	<5,0	1,1
Fluorène	mg/kg Ms	<5,0	2,0
Phénanthrène	mg/kg Ms	8,2	13
Anthracène	mg/kg Ms	<5,0	<1,1
Fluoranthène	mg/kg Ms	<5,0	3,7
Pyrène	mg/kg Ms	<5,0	3,8
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	<5,0	0,91
Chrysène	mg/kg Ms	<5,0	1,6
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg Ms	<5,0	<0,5
Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg Ms	<5,0	1,1
Somme des HAP	mg/kg Ms	20,2	27,2
BTEX			
benzène	mg/kg Ms	1,7	<0,5
toluène	mg/kg Ms	42	<0,5
éthylbenzène	mg/kg Ms	67	<0,5
para- et méta-xylène	mg/kg Ms	340	<0,5
ortho-xylène	mg/kg Ms	190	<0,5
cumène	mg/kg Ms	29	<0,5
para- et méta-ethyltoluène	mg/kg Ms	420	<0,5
mésitylène	mg/kg Ms	190	<0,5
ortho-ethyltoluène	mg/kg Ms	130	<0,5
pseudocumène	mg/kg Ms	630	<0,5
Somme des CAV - BTEX	mg/kg Ms	2000	nd
PCB			
PCB (28)	mg/kg MS	<0,49	<0,05
PCB (52)	mg/kg MS	<0,49	0,65
PCB (101)	mg/kg MS	<0,49	0,75
PCB (118)	mg/kg MS	<0,49	0,7
PCB (138)	mg/kg MS	<0,49	0,56
PCB (153)	mg/kg MS	<0,49	0,5
PCB (180)	mg/kg MS	<0,49	0,45
Somme 7 PCB	mg/kg MS	nd	3,6

n.d.: Non détecté

Tableau 39 : Résultats d'analyses des phases flottantes organiques prélevées en G5 et G6 le 03/12/2019

9.6 Résultats sur les eaux souterraines

9.6.1 Valeurs de référence

Conformément à la méthodologie nationale des sites et sols pollués, les concentrations dans les eaux souterraines sont comparées :

- Aux limites et références de la qualité des eaux brutes des eaux destinées à la consommation définies dans **l'arrêté du 11 janvier 2007** (journal officiel du 06/02/07) :
 - ANNEXE 1 : Limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux conditionnées ;
 - ANNEXE 2 : Limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisée pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux de source conditionnées, fixées pour l'application des dispositions prévues aux articles R. 1321-7 (II), R. 1321-17 ET R. 1321-42 ;
- aux valeurs-guides de l'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2017) ;
- aux critères de référence de l'European Chemical Bureau (2001) ;
- Selon un gradient amont-aval.

9.6.2 Résultats des analyses chimiques

Les résultats obtenus pour les campagnes de prélèvements du 05/03/2019 et 03/12/2019 sont synthétisés dans le tableau ci-après. Les bordereaux d'analyses sont présentés en **ANNEXE 8**.

- **Paramètres physico-chimiques :**
 - **La température** des eaux souterraines est comprise entre 10,66 et 15,43°C le 05/03/19 et entre 14,15 et 15,99°C le 03/12/19 ;
 - **La conductivité** des eaux souterraines est homogène et comprise entre 707 et 740 $\mu\text{S/cm}$ le 05/03/19 et entre 644 et 748 $\mu\text{S/cm}$ le 03/12/19 ;
 - **Le pH** est compris entre 7,2 et 7,61 le 05/03/19 et entre 6,97 et 7,32 le 03/12/19.
- **Métaux :**
 - **Des concentrations en Arsenic** sont détectées lors de la campagne du 05/03/2019 en P3 et P5. Comprises entre 0,21 et 0,24 $\mu\text{g/L}$, ces concentrations sont inférieures à la valeur guide de l'OMS (10 $\mu\text{g/L}$) et à la limite de qualité de l'arrêté du 11/01/07 (10 $\mu\text{g/L}$). En revanche, aucune valeur quantifiable n'a été détecté sur les ouvrages mesurés lors de la campagne du 03/12/2019 ;
 - **Des concentrations en Chrome** sont détectées sur l'ensemble des échantillons analysés le 05/03/2019, avec des valeurs comprises entre 1,05 et 1,32 $\mu\text{g/L}$. Les concentrations sont homogènes d'amont en aval et restent inférieures à la valeur guide de l'OMS (50 $\mu\text{g/L}$) et à la limite de qualité de l'arrêté du 11/01/07 (50 $\mu\text{g/L}$). Aucune concentration en Chrome n'a en revanche été détectée lors des analyses du 03/12/2019 ;
 - **Des concentrations en Cuivre** sont détectées le 05/03/2019 en P2, P3 et P5 avec des valeurs comprises entre 0,9 et 13,2 $\mu\text{g/L}$. Ces teneurs sont inférieures aux seuils de l'OMS et de l'arrêté du 11/01/07 (2 000 $\mu\text{g/L}$). Aucune concentration en Cuivre n'a en revanche été détectée lors des analyses du 03/12/2019 ;
 - **Des concentrations en Plomb** sont détectées le 05/03/2019 en P2 et P5, avec des valeurs comprises entre 0,88 et 1,12 $\mu\text{g/L}$, restant inférieures à la valeur guide de l'OMS (10 $\mu\text{g/L}$) et la limite de qualité de l'arrêté du 11/01/07 (10 $\mu\text{g/L}$). Aucune concentration en Plomb n'a en revanche été détectée lors des analyses du 03/12/2019 ;
 - **Des concentrations hétérogènes en Zinc** sont détectées le 05/03/2019 en PZ1, P5, P3, et P2. Les valeurs sont faibles en PZ1 (5,8 $\mu\text{g/L}$), du même ordre de grandeur au droit des ouvrages P3 et P5 (respectivement 67,1 et 27,3 $\mu\text{g/L}$) et relativement élevé en P2 (254 $\mu\text{g/L}$). L'ensemble des concentrations reste toutefois inférieur à la valeur guide de l'OMS (3 000 $\mu\text{g/L}$) et à la limite de qualité de l'arrêté du 11/01/07 (5 000 $\mu\text{g/L}$). Les

analyses du 03/12/2019 montrent des concentrations en Zinc inférieures au seuil de détection du laboratoire (0,02 µg/L) sur l'ensemble des ouvrages échantillonnés.

- **Hydrocarbures :**

- Le 05/03/2019, **des hydrocarbures aliphatiques (fractions C12 à C40) sont détectés dans les eaux du piézomètre PZ1 sur le site et dans le puits P5.** Les concentrations totales détectées sont de 207,8 µg/L en PZ1 et 215,8 µg/L en P5. Les concentrations restent inférieures à la limite de l'annexe 2 de l'arrêté du 11/07/2007 (1000 µg/L) ;
- le 03/12/2019, **l'échantillon P3 a montré la présence d'hydrocarbures,** avec un indice HCT total de 0,267 mg/L, restant inférieur à la valeur seuil de l'annexe 2 de l'arrêté du 11/01/07 (1 mg/L).

- **Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) :**

- le 05/03/2019, **des hydrocarbures aromatiques polycycliques** sont détectés sur les eaux du **PZ1**, avec la présence de **Naphtalène** (0,04 µg/L), **Fluorène** (0,01 µg/L) et **Phénanthrène** (0,03 µg/L). Aucune valeur guide ou seuil réglementaire n'existe pour les eaux pour ces composés, ni pour la somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques.
- Le 03/12/2019, **des hydrocarbures aromatiques polycycliques** sont détectés au droit des ouvrages **G2, G3 et G8.** Les concentrations sont comprises entre 0,045 et 0,055 µg/L avec la présence de **Naphtalène.** Du **Phénanthrène** est détecté sur l'ouvrage **P'3**, à une concentration de 0,01 µg/L.

- **PCB :**

- Le 05/03/19, toutes les valeurs sont inférieures au seuil de quantification du laboratoire (0,01 µg/L pour chacun des congénères et 0,07 µg/L pour la somme des 7 PCB) ;
- Le 03/12/19, seul le prélèvement **P'3** présente une concentration détectable de 0,01 µg/L pour la somme des PCB ;

- **COHV :** aucun composé organohalogéné volatil n'est détecté lors des deux campagnes.

- **BTEX :** les concentrations en BTEX ont été détectées uniquement au droit de deux prélèvements lors de la campagne du 05/03/19. Il s'agit :

- **du Toluène sur les eaux du piézomètre PZ1,** à une concentration de 1,3 µg/L restant inférieure à la valeur guide de l'OMS à 700 µg/L ;
- **de l'o-Xylène sur les eaux du puits P5,** à une concentration de 1 µg/L, restant inférieure à la valeur guide de l'OMS de 500 µg/L pour la somme de l'o-xylène et méta et para-xylène.

	O,M,S (valeurs guides)	Arrêté du 11/01/07 (Limites et références de qualité)		PZ1	G1	G2	G3	G8	G10	
		ANNEXE 1	ANNEXE 2	05/03/19	03/12/19	03/12/19	03/12/19	03/12/19	03/12/19	
Paramètres généraux										
<i>Technique de prélèvement</i>										
Température Eau prélevée	°C	-	25*	25	12,99	14,49	14,56	14,15	15,43	14,56
Oxygène dissous	ppm-%	-	-	-	6,77-65%	9,0- 89%	9,27 - 92,4%	13,61 - 133,9%	7,38 - 75,6%	7,53 - 74,6%
pH in situ	U, pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9*	-	7,2	6,97	7,14	7,07	7,11	7,12
Conductivité in situ	µS/cm	-	≥ 200 et ≤ 1100*	-	729	657	644	717	650	666
Niveau piézométrique avant prélèvement	m/ref	-	-	-	5,62	1,928	1,742	1,5	8,93	5,805
Métaux										
Arsenic (As)	µg/l	10	10	100	<0,20	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cadmium (Cd)		3	5	5	<0,20	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Chrome (Cr)		50	50	50	1,1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cuivre (Cu)		2000	2000	-	<0,50	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nickel (Ni)		70	20	-	<2,00	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Plomb (Pb)		10	10	50	<0,50	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zinc (Zn)		3000	-	5000	5,8	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mercurure (Hg)		6	1	1	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
HCT										
HCT volatils C5 - C8 inclus	µg/l	-	-	-	-	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
HCT volatils C8 - C10 inclus	µg/l	-	-	-	-	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
HCT C10 - C16	mg/l	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
HCT C16 - C22		-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
HCT C22 - C30		-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
HCT C30 - C40		-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Indice Hydrocarbures (C10-C40)		-	-	1	-	nd	nd	nd	nd	nd
TPH Split Aromatique/Aliphatique										
Aliphatiques C5 - C6	µg/l	-	-	-	<30,0	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C6 - C8		-	-	-	<60,0	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C8 - C10		-	-	-	<60,0	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C10 - C12		-	-	-	10,3	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C12 - C16		-	-	-	14,7	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C16 - C21		-	-	-	33	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C21 - C35		-	-	-	115	-	-	-	-	-
Aliphatiques >C35 - C40 (exclus)		-	-	-	34,8	-	-	-	-	-
Total Aliphatiques		-	-	-	<358	-	-	-	-	-
Aromatiques >C6 - C9		-	-	-	<30,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C9 - C10		-	-	-	<30,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C10 - C12		-	-	-	<10,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C12 - C16		-	-	-	<10,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C16 - C21		-	-	-	<10,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C21 - C35		-	-	-	<10,0	-	-	-	-	-
Aromatiques >C35 - C40 (exclus)		-	-	-	<10,0	-	-	-	-	-
Total Aromatiques	-	-	-	<170	-	-	-	-	-	
Total Aliphatiques + Aromatiques	-	-	1000	<528	-	-	-	-	-	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques										
Naphtalène	µg/l	-	-	-	0,04	<0,01	0,02	0,03	0,02	<0,01
Acénaphthylène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène		-	-	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)-anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthène		-	Σ= 0,1	Σ= 1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(ghi)Pérylène		-			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd) Pyrène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène		-	0,01	-	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
Dibenzo(a,h)anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène		-	-	-	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme des HAP		-	-	-	0,08<x<0,208	0,025**	0,045	0,055	0,045	0,025**
PCB										
PCB 28	µg/l	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 101		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 118		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 138		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 153		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 180		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SOMME PCB (7)		-	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Composés organohalogénés volatils (COHV)										
Dichlorométhane	µg/L	20	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Chloroforme		300	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Tétrachlorométhane		4	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Trichloroéthylène		-	10	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Tétrachloroéthylène		-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
1,1-Dichloroéthane		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
1,2-Dichloroéthane		30	3	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
1,1,1-Trichloroéthane		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
1,1,2-Trichloroéthane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
cis 1,2-Dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Trans-1,2-dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Chlorure de vinyle		0,3	0,5	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1-Dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bromochlorométhane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromométhane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Bromodichlorométhane		60	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromochlorométhane		100	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bromoforme (tribromométhane)		100	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
1,2-Dibromoéthane		0,4	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Somme des 19 COHV	-	-	-	<49,5	13,3**	13,3**	13,3**	13,3**	13,3**	
BTEX										
Benzène	µg/L	10	1	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Toluène		700	-	-	1,3	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Ethylbenzène		300	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
o-Xylène		500	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Xylène (méta-, para-)		-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00

en gras Valeur supérieure à la limite de quantification
 Concentration supérieure à la limite de qualité
 Concentration supérieure à la référence de qualité
 Concentration supérieure à la valeur guide OMS (en l'absence de limite de qualité)

* références de qualité

** Le laboratoire a mis en place un nouveau calcul de sommes:

- lorsqu'il existe une LQ réglementaire:

- si LQ du laboratoire ≤ LQ réglementaire, le résultat affiché est [0]

- si LQ laboratoire >LQ réglementaire, le résultat affiché est [LQ laboratoire/2]

- lorsqu'il n'existe pas de LQ réglementaire: le résultat est [0]

Tableau 40: Résultats d'analyses sur eaux souterraines pour les ouvrages SUR SITE

	O,M,S (valeurs guides)	Arrêté du 11/01/07 (Limites et références de qualité)		P2	P3		P'3	P5		
		ANNEXE 1	ANNEXE 2	05/03/19	05/03/19	03/12/19	03/12/19	05/03/19	03/12/19	
Paramètres généraux										
<i>Technique de prélèvement</i>										
Température Eau prélevée	°C	-	25*	25	Prélèvement au robinet 10,66	Prélèvement au robinet 15,43	Prélèvement au robinet 15,99	Prélèvement au robinet 15,54	Purge ouvrage puis prélèvement 13,97	Purge ouvrage puis prélèvement 15,51
Oxygène dissous	ppm-%	-	-	-	7,24-66,7%	6,97-70,6%	119,90%	126,20%	6,04-59,5%	127,30%
pH in situ	U, pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9*	-	7,61	7,36	7,26	7,32	7,46	7,22
Conductivité in situ	µS/cm	-	≥ 200 et ≤ 1100*	-	727	740	748	733	707	718,5
Niveau piézométrique avant prélèvement	m/ref	-	-	-	mesure impossible	mesure impossible	4,5	6,51	4,3	6,9
Métaux										
Arsenic (As)	µg/l	10	10	100	<0,20	0,21	<0,005	<0,005	0,24	<0,005
Cadmium (Cd)		3	5	5	<0,20	<0,20	<0,005	<0,005	<0,20	<0,005
Chrome (Cr)		50	50	50	1,05	1,22	<0,005	<0,005	1,32	<0,005
Cuivre (Cu)		2000	2000	-	13,2	0,9	<0,01	<0,01	2,95	<0,01
Nickel (Ni)		70	20	-	<2,00	<2,00	<0,005	<0,005	<2,00	<0,005
Plomb (Pb)		10	10	50	1,12	<0,50	<0,005	<0,005	0,88	<0,005
Zinc (Zn)		3000	-	5000	254	67,1	0,05	<0,02	27,3	<0,02
Mercurure (Hg)		6	1	1	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
HCT										
HCT volatils C5 - C8 inclus	µg/l	-	-	-	-	-	<30,0	<30,0	-	<30,0
HCT volatils C8 - C10 inclus		-	-	-	-	-	-	<30,0	-	<30,0
HCT C10 - C16	mg/l	-	-	-	-	-	0,015	<0,008	-	<0,008
HCT C16 - C22		-	-	-	-	-	-	0,023	<0,008	<0,008
HCT C22 - C30		-	-	-	-	-	-	0,085	<0,008	<0,008
HCT C30 - C40		-	-	-	-	-	-	0,143	<0,008	<0,008
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	-	-	1	-	-	-	0,267	nd	-	nd
TPH Split Aromatique/Aliphatique										
Aliphatiques C5 - C6	µg/l	-	-	-	<30,0	<30,0	-	-	<30,0	-
Aliphatiques >C6 - C8		-	-	-	<60,0	<60,0	-	-	<60,0	-
Aliphatiques >C8 - C10		-	-	-	<60,0	<60,0	-	-	<60,0	-
Aliphatiques >C10 - C12		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aliphatiques >C12 - C16		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aliphatiques >C16 - C21		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	17,2	-
Aliphatiques >C21 - C35		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	150	-
Aliphatiques >C35 - C40 (exclus)		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	48,6	-
Total Aliphatiques		-	-	-	<230	<230	-	-	<386	-
Aromatiques >C6 - C9		-	-	-	<30,0	<30,0	-	-	<30,0	-
Aromatiques >C9 - C10		-	-	-	<30,0	<30,0	-	-	<60,0	-
Aromatiques >C10 - C12		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aromatiques >C12 - C16		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aromatiques >C16 - C21		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aromatiques >C21 - C35		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Aromatiques >C35 - C40 (exclus)		-	-	-	<10,0	<10,0	-	-	<10,0	-
Total Aromatiques	-	-	-	<170	<170	-	-	<170	-	
Total Aliphatiques + Aromatiques	-	-	1000	<400	<400	-	-	<556	-	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques										
Naphtalène	µg/l	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthylène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo-(a)-anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(ghi)Pérylène		-	Σ= 0,1	Σ= 1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène		-	0,01	-	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
Dibenzo(a,h)anthracène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Somme des HAP		-	-	-	nd	nd	0,025**	0,035**	nd	0,025**
PCB										
PCB 28	µg/l	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 101		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
PCB 118		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 138		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 153		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 180		-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SOMME PCB (7)		-	-	-	nd	nd	nd	0,01	nd	nd
Composés organohalogénés volatils (COHV)										
Dichlorométhane	µg/L	20	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Chloroforme		300	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Tétrachlorométhane		4	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Trichloroéthylène		-	10	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Tétrachloroéthylène		-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
1,1-Dichloroéthane		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
1,2-Dichloroéthane		30	3	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
1,1,1-Trichloroéthane		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
1,1,2-Trichloroéthane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
cis 1,2-Dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Trans-1,2-dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Chlorure de vinyle		0,3	0,5	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1-Dichloroéthylène		-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bromochlorométhane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromométhane		-	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Bromodichlorométhane		60	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromochlorométhane		100	-	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Bromoforme (tribromométhane)		100	-	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
1,2-Dibromoéthane		0,4	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Somme des 19 COHV	-	-	-	<49,5	<49,5	13,3**	13,3**	<49,5	13,3**	
BTEX										
Benzène	µg/L	10	1	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Toluène		700	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Ethylbenzène		300	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
o-Xylène		500	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1	<1,00
Xylène (méta-, para-)		-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00

en gras Valeur supérieure à la limite de quantification
 Concentration supérieure à la limite de qualité
 Concentration supérieure à la référence de qualité
 Concentration supérieure à la valeur guide OMS (en l'absence de limite de qualité)

* références de qualité
 ** Le laboratoire a mis en place un nouveau calcul de sommes:
 - lorsqu'il existe une LQ réglementaire:
 - si LQ du laboratoire ≤ LQ réglementaire, le résultat affiché est [0]
 - si LQ laboratoire >LQ réglementaire, le résultat affiché est [LQ laboratoire/2]
 - lorsqu'il n'existe pas de LQ réglementaire: le résultat est [0]

Tableau 41 : Résultats d'analyses sur eaux souterraines pour les ouvrages HORS SITE (Aval hydrogéologique)

10 A300 – ANALYSE DES ENJEUX SUR LES EAUX SOUTERRAINES

10.1 Caractéristiques d'écoulement de la nappe

10.1.1 Piézométrie

Une carte piézométrique a été tracée pour chaque campagne de mesures effectuée sur le site :

- Le 29/11/2019, au droit des ouvrages du site et des ouvrages P3, P'3, LPZ1bis et LPZ2 ;
- Le 03/12/2019, au droit des ouvrages du site et des ouvrages P3, P'3, P5, LPZ1bis et LPZ2 ;
- Le 31/01/2020 ; au droit des ouvrages du site ;
- Le 19/02/2020 ; au droit des ouvrages du site et des ouvrages P3, P'3, P5, LPZ1bis et LPZ2.

NOTA : Au droit des ouvrages présentant de la phase organique, un calcul a été réalisé pour retrouver le niveau piézométrique « vrai » à partir de la formule empirique suivante :

$$NPc = NPm + Eh$$

Où : NPc = Niveau piézométrique corrigé
 NPm = Niveau piézométrique mesuré
 Eh = Equivalent hydraulique = densité du produit x épaisseur du produit

L'équivalent hydraulique au droit des ouvrages présentant de la phase a été calculé à partir des résultats d'analyses obtenus sur les échantillons G5 (densité= 0,92) et G6 (densité = 0,88). Au droit des ouvrages où aucun échantillon n'a été analysé, une moyenne de la densité du produit obtenu en G5 et G6 a été prise en compte.

10.1.2 Sens d'écoulement général

Le **sens d'écoulement** général est orienté du nord-est vers le sud-ouest, voire de l'est-nord-est vers l'ouest-sud-ouest au droit du site. Au sud-est du site, entre les ouvrages LPZ1bis et LPZ2, les écoulements sont carrément orientés ouest-est. En revanche, compte-tenu de l'absence de points de mesures entre les ouvrages P5 et LPZ2, il est incertain de tracer les isopièzes dans ce secteur.

10.1.3 Gradients d'écoulement

Les **gradients d'écoulement** sont plus élevés en partie centrale du site (globalement entre les ouvrages G3 et G10), qu'en partie plus amont et plus aval. On peut ainsi individualiser le site en 3 zones distinctes ayant des gradients d'écoulement différents. Les différents gradients moyens calculés sur chaque carte piézométrique sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

DATE	Gradient secteur amont (G1-G3)	Gradient secteur central (G3-G10)	Gradient secteur aval (G10-P3)
29/11/2019	1,1%	2,0%	0,3%
03/12/2019	1,4 %	1,4%	0,26%
31/01/2020	1,4%	2,5%	-
19/02/2020	1,8%	2,1%	0,31%

Tableau 42 : Gradients d'écoulement de la nappe

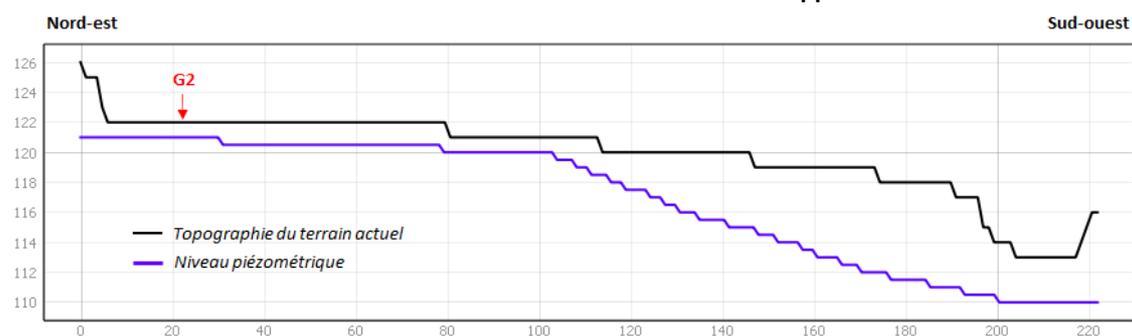


Figure 45 : coupe piézométrique et topographique au 31/01/2020 (trait de coupe sur la Figure 48)

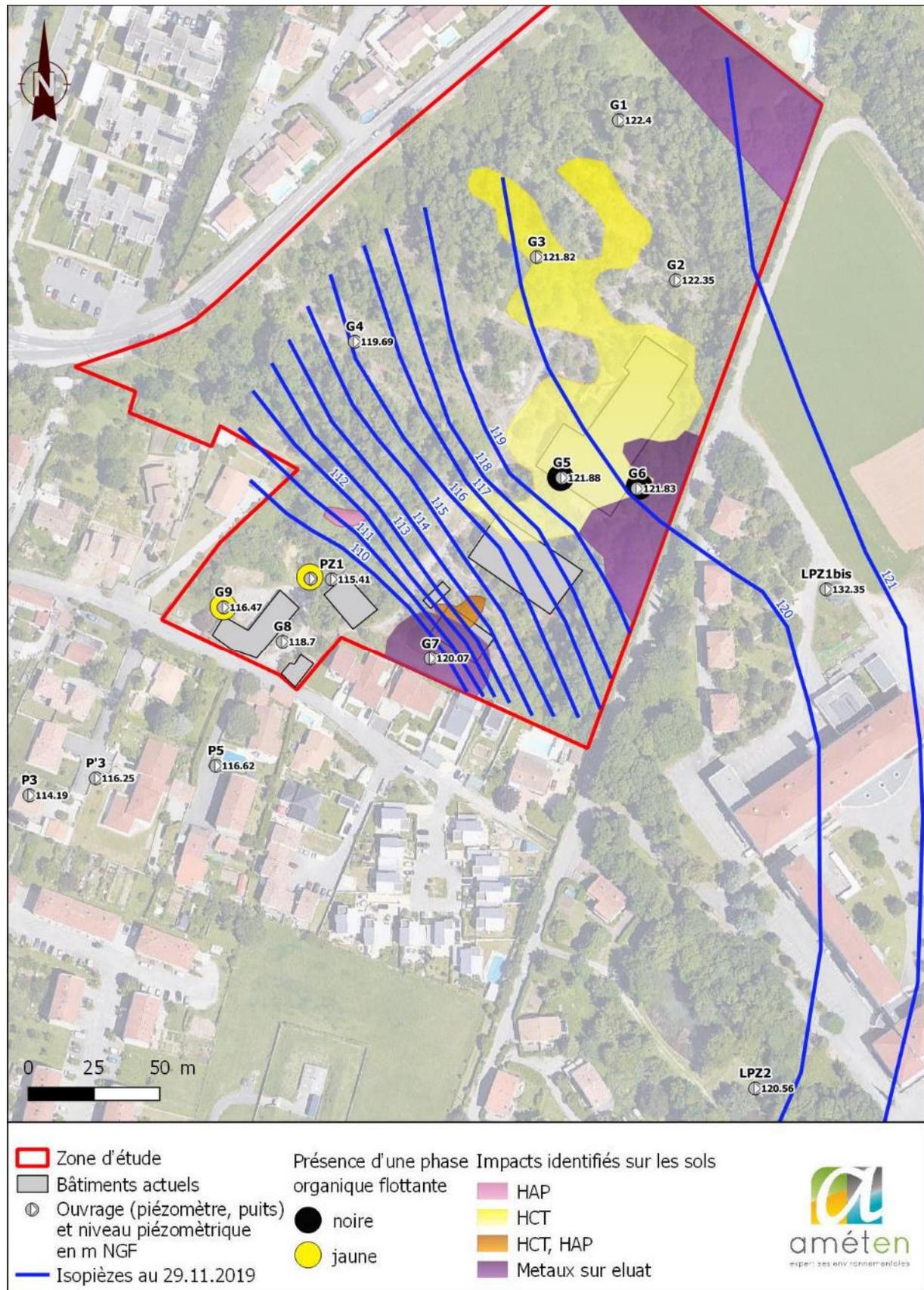


Figure 46 : Carte piézométrique du 29/11/2019

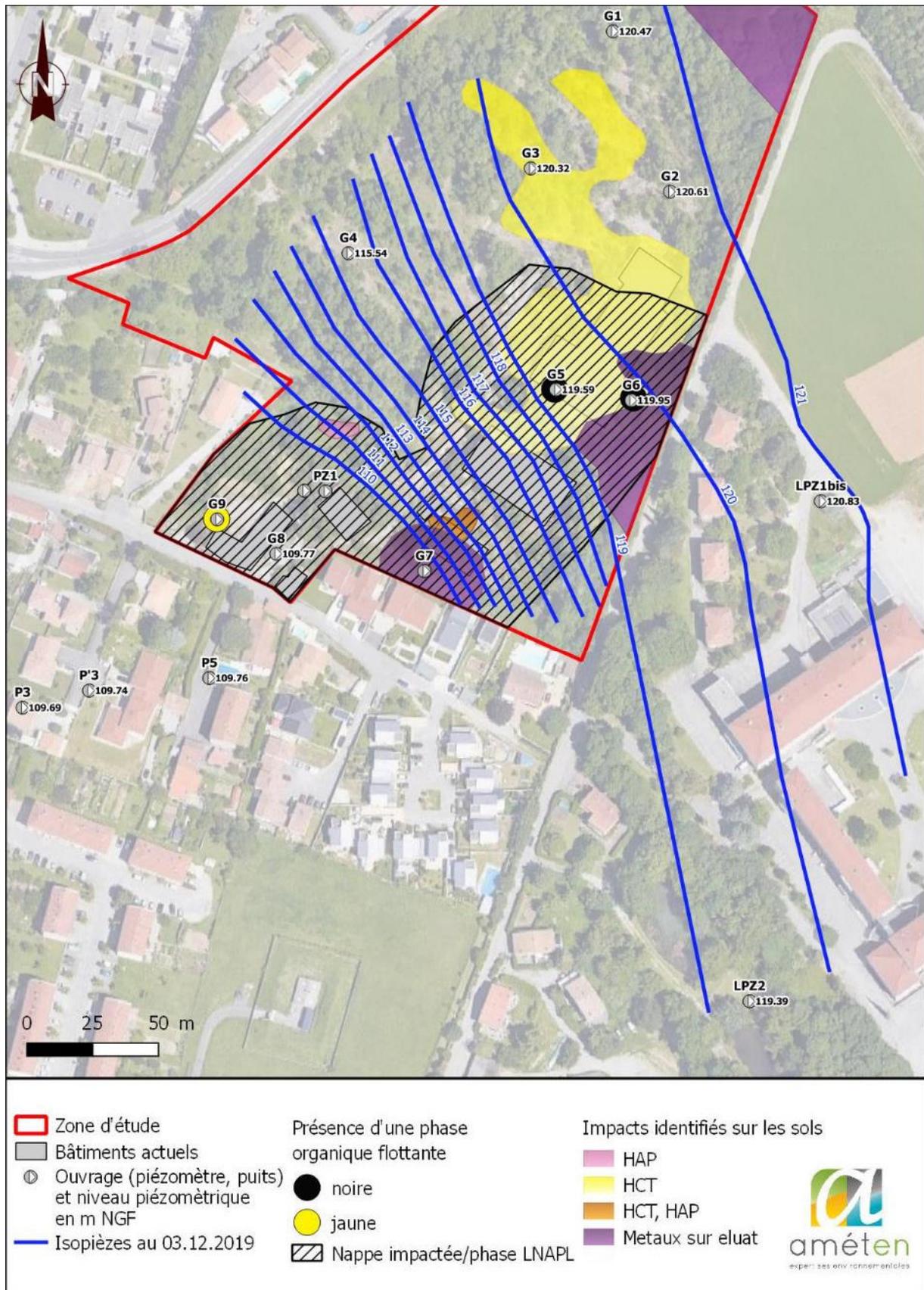


Figure 47 : Carte piézométrique du 03/12/2019

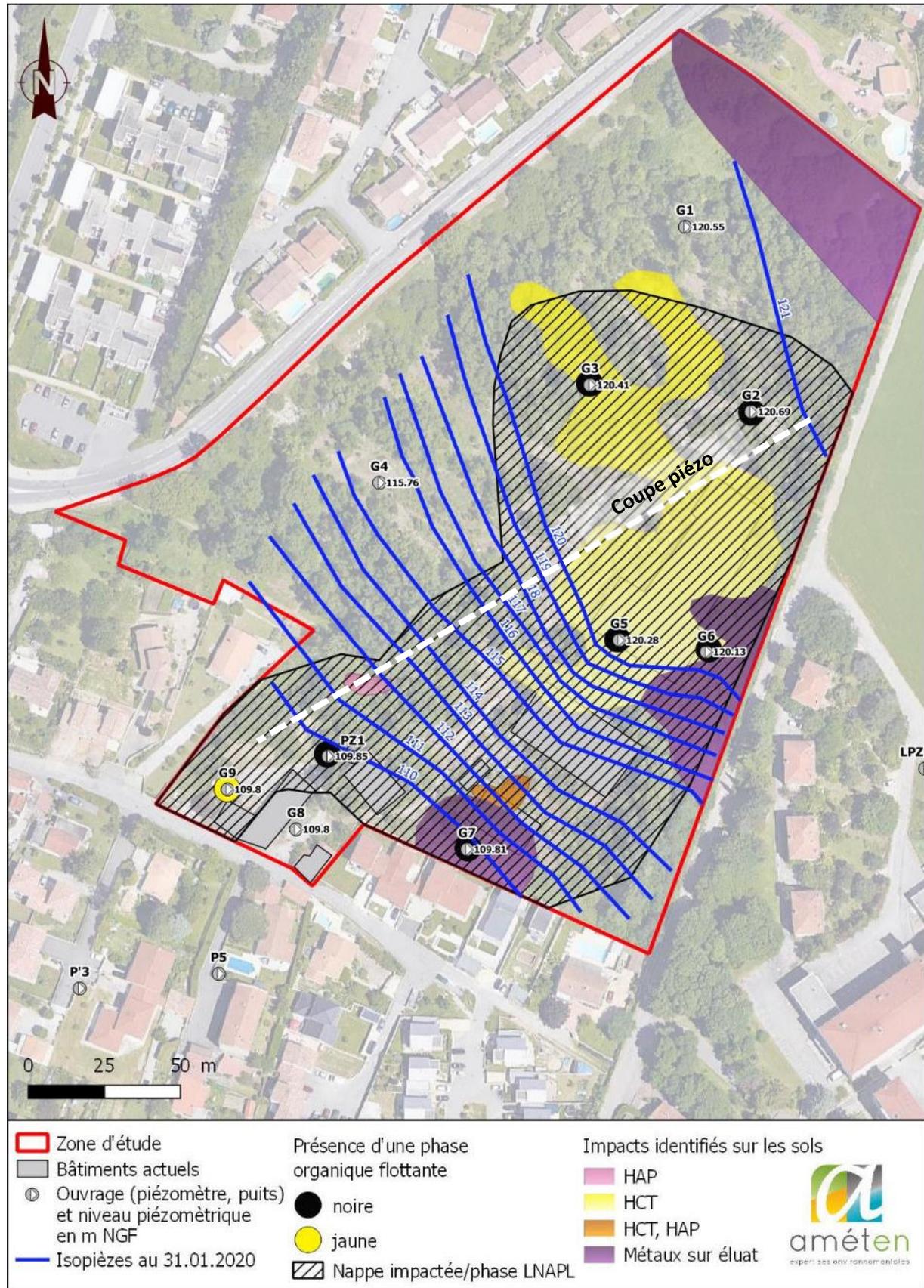


Figure 48 : Carte piézométrique du 31/01/2020

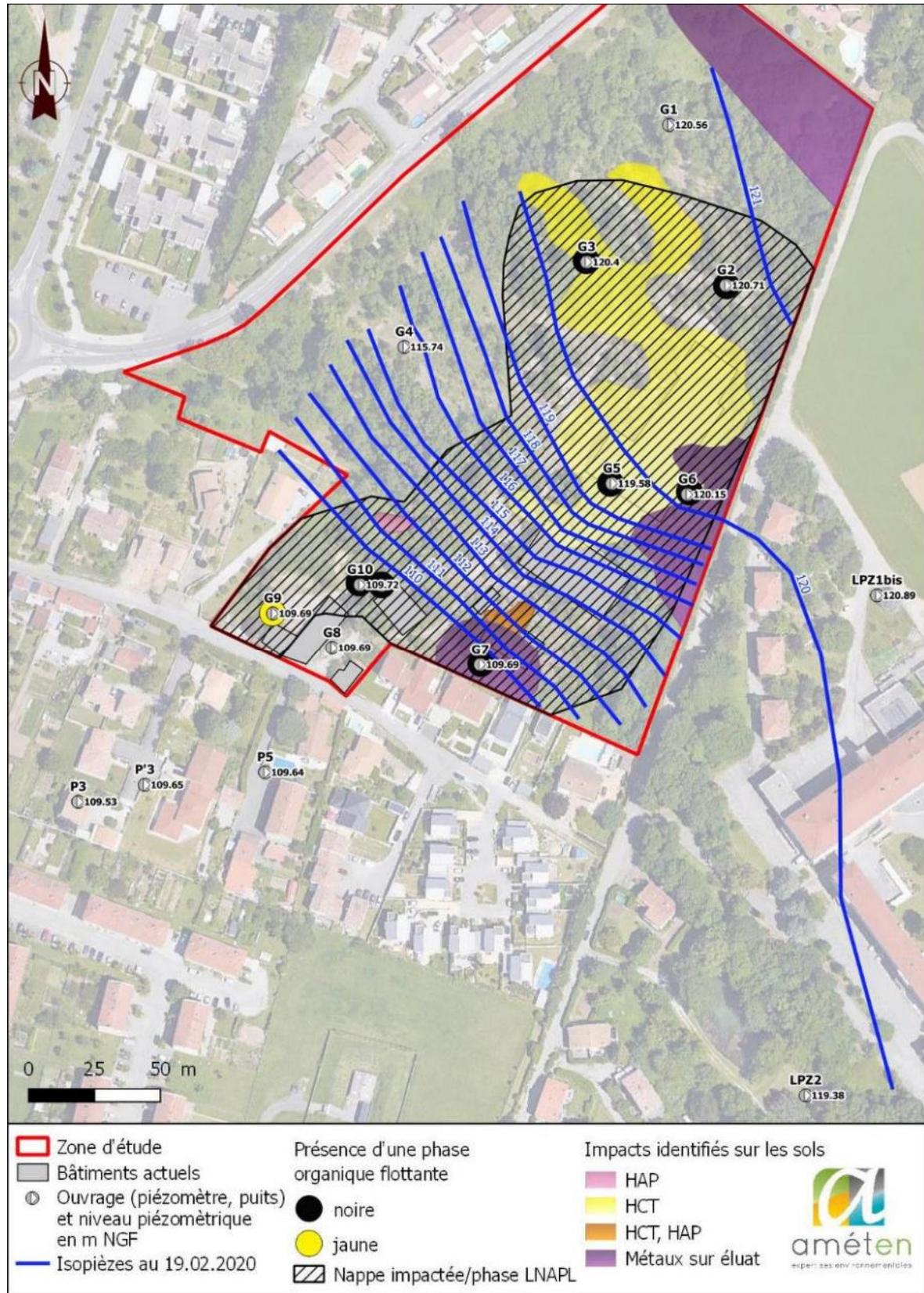


Figure 49 : Carte piézométrique du 19/02/2020

10.2 Caractérisation et comportement des phases organiques flottantes LNAPL

10.2.1 Généralités sur le comportement d'une phase organique flottante (LNAPL)

La présence d'une phase organique (et non gazeuse, solide ou liquide) dépend des propriétés physico-chimiques de la substance et des caractéristiques du milieu. Une phase pure est présente dans le milieu poreux à partir d'une certaine saturation (saturation limite). En-dessous de cette saturation limite, l'huile est présente sous forme dissoute dans l'eau ou adsorbée sur la matrice sol. La mobilité de la phase organique dépend de sa saturation (quantité) dans le milieu et également du type de sol, du type de produit et de la distribution de la phase pure dans le milieu, elle-même dépendante de l'hétérogénéité du milieu.

Une phase organique a été identifiée au toit de la nappe sur une large partie du site. Il est toutefois possible que des corps d'imprégnation (fraction de polluant présent à l'état résiduel dans la zone non saturée) existent s'il y a eu une rupture de la continuité physique de la phase lors de sa migration (perte de mobilité). La géométrie du corps d'imprégnation, s'il existe, dépend également des caractéristiques du milieu (perméabilité, présence de structures enterrées, lentilles géologiques).

Si l'on suppose que la source de pollution est issue de la surface de la carrière (déversement d'hydrocarbures, percement d'une cuve aérienne ?) lors des activités de celle-ci il y a au minimum 20 ans, la phase a pu migrer :

- En horizontal (étalement latéral) sous l'effet des forces capillaires et phénomènes de dispersion ;
- En vertical vers la nappe d'eau souterraine, sous l'effet de la gravité et des forces capillaires. Puis, lorsque la phase organique a atteint le niveau de la nappe après sa migration, les composants solubles sont passés dans la phase eau et ont été entraînés par convection et dispersion (pollution possible des eaux souterraines à ce moment-là). Les polluants restant à l'état de phase libre flottante continuent eux, de se déplacer sous l'effet de ses propres gradients de pression.

La lentille d'hydrocarbures peut ainsi migrer par étalement selon la géométrie de la surface piézométrique de la nappe.

Le passage des hautes eaux aux basses eaux peut s'accompagner d'une disparition temporaire de la phase non miscible : lorsque le niveau baisse, la phase reste piégée dans la zone de battement de la nappe, réduisant ainsi l'épaisseur de phase mesurée à la surface de la nappe.

A noter, il est visuellement possible d'identifier deux phases distinctes au droit du site : une première jaune et visqueuse et une seconde noire et visqueuse. Les analyses chimiques sur cette dernière ont permis d'identifier deux natures chimiques différentes, laissant penser que la phase noire est en réalité constituée de plusieurs produits provenant de plusieurs sources.

10.2.2 Estimation de l'épaisseur de la couche de produits (phase flottante) en surface de la nappe aquifère

Sources :

- *Code de Bonne Pratique 1 – Pompage de fluides dans la zone saturée du sol, Bruxelles Environnement CBP n°1 – 03/05/2018 ;*
- *Norme NF X31-615 « Qualité des sols – Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollutions en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués – Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines »*

L'estimation de l'épaisseur de la couche de produits pur présente en surface d'une nappe aquifère (LNAPL) peut être faite sur la base des épaisseurs de produits purs mesurées dans les piézomètres à l'aide, par exemple, de la relation suivante (Lenhard and Parker, 1990) :

$$D_o = \frac{\rho_{ro} \beta_{ao} H_o}{\beta_{ao} \rho_{ro} - \beta_{ow} (1 - \rho_{ro})}$$

où : D_o est l'épaisseur réelle de la phase libre dans le sol (en m) ;
 H_o est l'épaisseur de la phase libre dans le piézomètre (en m) ;
 ρ_{ro} est la densité relative de la LNAPL (sans unité) ;

β_{ao} représente l'air/huile « scaling factor » équivalent au ratio : $\frac{\sigma_{aw}}{\sigma_{ao}}$

où : σ_{aw} est la tension superficielle de l'eau en N/m ;
 σ_{ao} est celle de la LNAPL en N /m ;

β_{ow} représente l'huile/eau "scaling factor" équivalent au ration : $\frac{\sigma_{aw}}{\sigma_{ow}}$

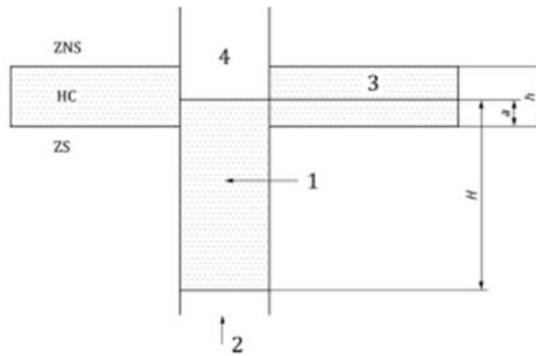
où σ_{ow} est la tension interfaciale huile/eau en N/m.

Produit	σ_{wa} N/m	σ_{oa} N/m	β_{ao}	ρ_{ro}	σ_{ow} N/m	β_{ow}	D_o/H_o
Essence	0.0728	0.02	3.64	0.79	0.0528	1.3788	1.11
Kérosène JP4	0.0728	0.025	2.912	0.83	0.0478	1.5230	1.12
Diesel	0.0728	0.032	2.275	0.84	0.0408	1.7843	1.18

Tableau 43 : Exemple de valeurs de tension superficielle et tension interfaciale permettant la relation entre épaisseur de la LNAPL mesurée dans les piézomètres et épaisseur attendue sur le toit de la nappe dans le sol (Bruxelles Environnement, 2018)

Pour les épaisseurs vraies recalculées d'après la relation de Lenhard et Parker, les valeurs de tensions superficielles et de tension interfaciale choisies sont celles encadrées en rouge dans le tableau ci-dessus.

Par ailleurs, la norme NF X31-615 « *Qualité des sols – Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollutions en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués – Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines* » propose la formule suivante pour l'évaluation de l'épaisseur réelle de flottant :

**Légende**

1	Épaisseur observée d'hydrocarbures dans le forage	H	hauteur de phase flottante dans le forage
2	Eau	h	hauteur de phase flottante dans l'aquifère
3	Épaisseur réelle Hydrocarbures dans l'aquifère	ZNS	zone non saturée
		ZS	zone saturée
		HC	Hydrocarbure

$$H/h \approx (H-a)/(h-a) = P_{c,wo} / P_{c,oA} \approx [(p_o - p_A) \cdot g] / [(p_w - p_o) \cdot g] \approx 4 \times [P_{c,ow} / P_{c,oA}]$$

$$\text{d'où : } h \approx H / 4 \times [P_{c,oA} / P_{c,ow}]$$

Pour un terrain aquifère de type Sable fin silto-argileux :

$$\text{avec } K \approx 4.10^{-6} \text{ m/s et } \Phi \approx 0,39$$

et pour un produit flottant hydrocarboné de type Gazole léger :

$$\text{avec } p_o \approx 0,8$$

En nappe libre, les pressions capillaires $[P_c]$ au contact entre fluides, dans les pores de l'aquifère et au niveau de la frange capillaire souillée par les hydrocarbures en phase liquide, sont de l'ordre de :

$$P_{c,oA} \approx 2,7 \text{ bar}$$

$$P_{c,ow} \approx 1,6 \text{ bar}$$

$$\text{d'où : } h \approx H \times 0,42$$

Figure 50 : Extrait de la norme NF X31-615

Le tableau ci-dessous présente les épaisseurs de phase apparentes mesurées dans les piézomètres lors des différentes campagnes, ainsi que les épaisseurs « vraies » recalculées selon les deux méthodes.

A noter qu'aucune phase n'a été identifiée au droit des ouvrages G1 et G4 et au droit des ouvrages des particuliers en aval hydrogéologique du site. La phase incolore suspectée en G8 lors de la campagne du 03/12/2019 n'a pas été retrouvée lors des autres campagnes.

31/01/2020												
avant purge												
N° PZ	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)	Épaisseur apparente (m)	Épaisseur phase réelle (formule Lenhard et Parker 1990)	Aspect de la phase	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)	Épaisseur apparente (m)	Épaisseur phase réelle (formule Lenhard et Parker 1990)	Aspect de la phase	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)
G2	NR	NR	NR	NR	NR	1,64	1,85	0,21	0,09	Noir	NR	NR
G3	NR	NR	NR	NR	NR	1,34	2,01	0,67	0,28	NR	1,42	1,42
G5	2,28	2,38	0,10	0,04	Noir-visqueux	1,52	2,51	0,99	0,42	Noir-visqueux	2,32	2,37
G6	1,76	2,80	1,04	0,44	Noir-jaune/très visqueux	1,63	2,24	0,61	0,26	Noir-jaune/très visqueux	1,70	1,71
G7	<i>(Valeur mesurée jugée mauvaise)</i>											
G8					Incolore (suspectée)	NR	NR	NR	NR	Incolore (suspectée)	NR	NR
G9	2,54	2,55	0,01	0,00	Jaune très visqueux	6,67	6,68	0,01	0,00	Jaune très visqueux - odeur de solvant	NR	NR
G10	<i>(Valeur mesurée jugée mauvaise)</i>											
PZ1	NR	NR	NR	NR	Incolore à jaune	5,76	5,80	0,04	0,02	Noir	NR	NR

19/02/2020												
N° PZ	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)	Épaisseur apparente (m)	Épaisseur phase réelle (formule Lenhard et Parker 1990)	Aspect de la phase	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)	Épaisseur apparente (m)	Épaisseur phase réelle (formule Lenhard et Parker 1990)	Aspect de la phase	Niveau air-phase (m)	Niveau phase-eau (m)
G2	1,63	1,84	0,21	0,09	Noir	1,62	1,83	0,21	0,088	Noir	NR	NR
G3	1,43	1,43	0,00	0,00	Film noir	1,415	1,41	0,00	0,000	Film noir "clair"	NR	NR
G5	2,31	2,32	0,01	0,00	Film noir visqueux	2,3	2,3	0,00	0,000	Film noir visqueux	NR	NR
G6	1,71	1,69	0,00	0,00	Film noir/très visqueux	1,68	1,68	0,00	0,000	Film noir/très visqueux	NR	NR
G7	10,29	10,38	0,09	0,04	Noir	10,38	10,375	0,00	0,000	Noir clair fluide	NR	NR
G9	6,71	6,69	0,00	0,00	Film jaune très visqueux - odeur de solvant	6,78	6,78	0,00	0,000	Film jaune noirâtre - très visqueux	NR	NR
G10	5,81	5,82	0,01	0,00	Film noir	5,9	5,87	0,00	0,000	Film noir	NR	NR
PZ1	5,59	5,70	0,11	0,05	Noir	5,66	5,79	0,13	0,055	Noir	NR	NR

En italique rouge : valeur à prendre avec précaution du fait des difficultés de mesures rencontrées NR : Non renseigné car non mesuré
Tableau 44 : Caractéristiques de la phase flottante identifiées lors des différentes campagnes de prélèvement

10.2.3 Extension de la phase flottante

L'extension estimée de la phase flottante lors des différentes campagnes est représentée sur les cartes piézométriques en Figure 47, Figure 48 et Figure 49 et sur les cartes ci-dessous.

Les extensions horizontales ont été définies cartographiquement sur la base du maillage des piézomètres en place sur le site (intersection des médiatrices entre chaque point de sondage).

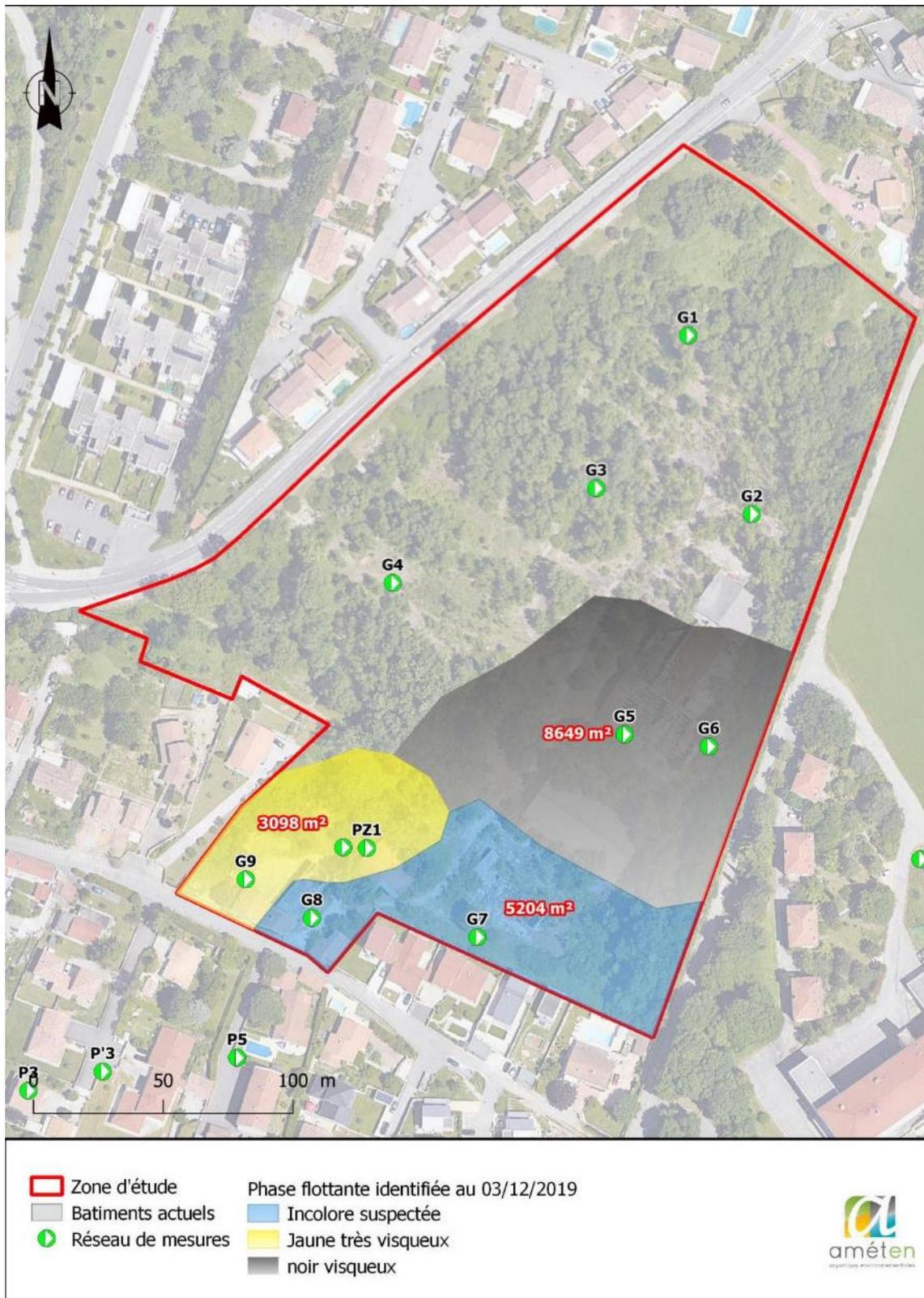


Figure 51 : Extension de la phase flottante identifiée au 03/12/2019



Figure 52 : Extension de la phase flottante identifiée au 31/01/2020 avant purge des ouvrages



Figure 54 : Extension de la phase flottante identifiée au 19/02/2020

10.2.4 Courbes d'iso-épaisseur de phase

A partir des épaisseurs de phase calculées sur la base de la formule de Lenhard et Parker, une interpolation a été réalisée pour la campagne ayant rencontré les plus grandes épaisseurs de phase (31/01/2020 avant purge) afin de tracer les courbes d'iso-épaisseur de phase rencontrée sur les piézomètres :

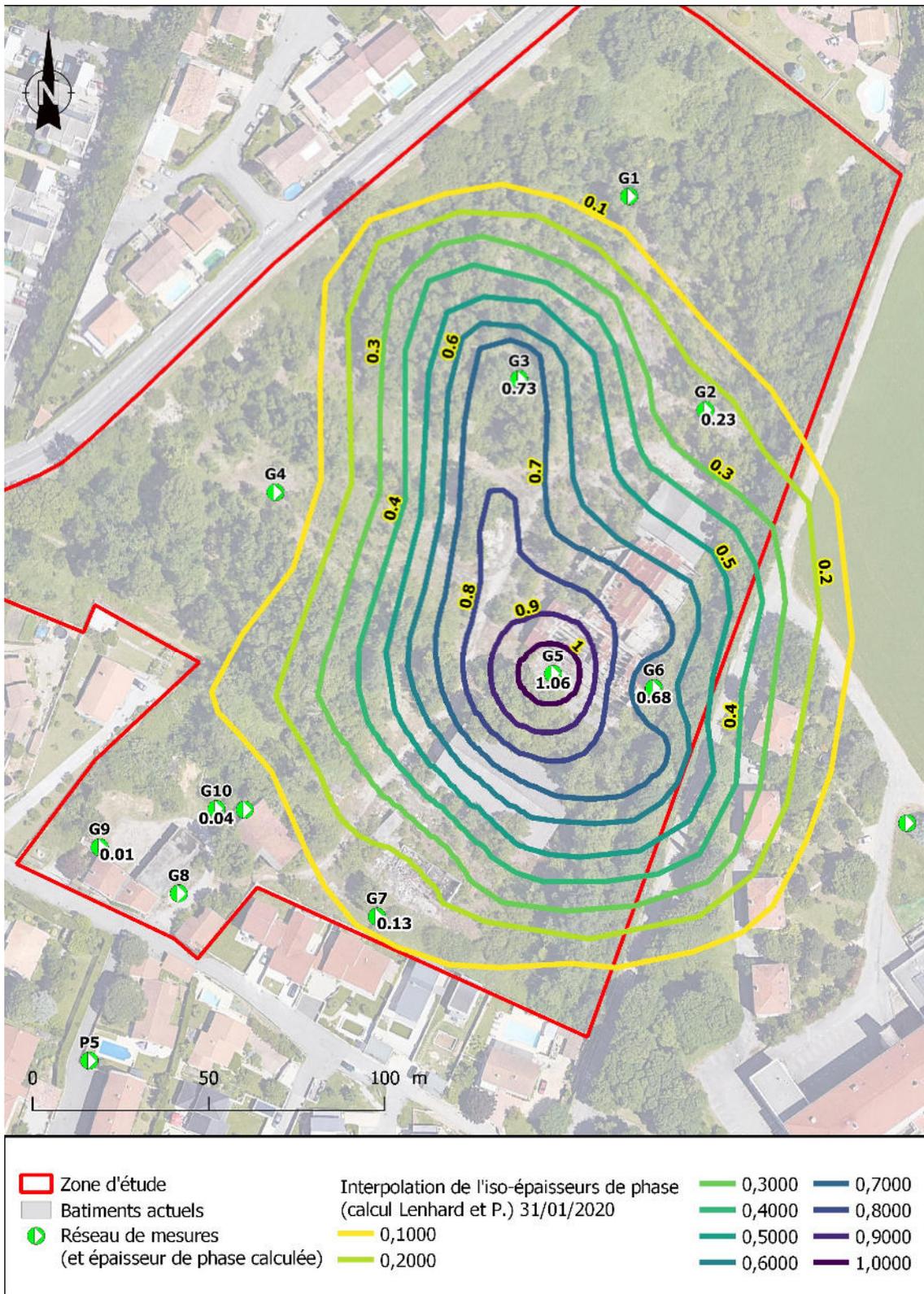


Figure 55 : Carte d'iso-épaisseurs de phase organique interpolées à partir des épaisseurs mesurées le 31/01/2020 et corrigées par la formule de Lenhard et Parker

10.2.5 Estimation du volume de phase (et d'une masse des polluants)

Sur la base des extensions estimées et des épaisseurs réelles dans les sols calculées à partir de la formule de Lenhard et Parker 1990, les quantités de produit pur composant la phase flottante ont été estimées. Les données d'entrée des calculs sont :

- La surface représentative (par polygone de Voronoï) de chaque ouvrage au droit de l'entendue de flottant constatée (cf. **Figure 51 à Figure 54**),
- L'épaisseur de flottant calculée par la formule de Lenhard et Parker 1990 (Do),
- Une porosité estimative du milieu fixée à 25%,
- Une densité de produit de type « diesel » établie à 0,845 t/m³,
- Une distinction (pour alimenter la construction de la solution de gestion) entre le flottant accessible à moins de 4 m de profondeur et le flottant difficilement accessible à plus de 4 m de profondeur.

Les résultats sont détaillés dans le tableau en page suivante.

L'estimation la plus pessimiste calculée correspond à une masse totale de phase organique d'environ 2 900 tonnes (le 31/01/2020). Ce calcul est toutefois très pessimiste puisqu'il prend volontairement en compte une épaisseur de phase continue de 1,06 m sur une très grande surface, valeur la plus forte mesurée sur le site le 31/01/2020.

Les résultats des 3 autres campagnes indiquent des totaux qui sont en deçà de 1000 tonnes jusqu'à 300 tonnes à minima.

Ces estimations sont donc empreintes de grosses incertitudes à ce stade et notamment :

- la continuité des lentilles flottantes entre les différents piézomètres du maillage : les phases organiques pourraient en fait correspondre à des corps d'imprégnation, mobilisés ou non en fonction des fluctuations du niveau piézométrique mais non-connectés les uns aux autres ;
- sur la composition chimique des phases selon les secteurs, entraînant des comportements et des cinétiques différentes dans le milieu : les deux échantillons de phases analysés montrent des compositions et densité différentes. Il est probable que la phase identifiée sur les autres piézomètres et non analysée, soit également différente ou en mélange différent par rapport à ceux analysés en G5 et G6, avec des densités différentes.

Afin de réduire ces incertitudes, il paraît nécessaire de réaliser des piézomètres complémentaires au droit des zones impactées, de manière à vérifier la continuité de la phase flottante au droit du site, ou au contraire, sa répartition en lentilles non connectées. Des prélèvements complémentaires de phase flottante pourraient également être envisagés, avec d'autres méthodes. En effet, la phase flottante n'a pas pu être prélevée dans le cadre du présent diagnostic, excepté en G5 et G6, zone où la phase flottante était a priori la moins visqueuse puisqu'elle a pu entrer dans les crépines des écrémeurs passifs.

La variabilité de ces données est donc importante et le présent plan de gestion devra être affiné pour établir, au Plan de Conception de Travaux, un estimatif plus précis des volumes et masses de phase flottante et mieux appréhender l'évolution de ces paramètres dans le temps.

Dans le cadre du présent document, nous retiendrons donc, en première approximation, les valeurs moyennes affectées d'un facteur d'incertitude établi à environ 30% (incertitude jugée comme « moyenne »). Les valeurs retenues sont :

- **Phase flottante totale..... 1 074 tonnes**
- **Phase flottante « inaccessible » (> 4 m/TN) 276 tonnes**
- **Terres accessibles contaminées par la phase (< 4 m/TN)..... 6 392 tonnes**

Campagne	Profondeur de la nappe par rapport au terrain actuel (après excavations pour pollutions concentrées) en m	Surface concernée par de la phase organique (estimée à partir des courbes d'iso-concentration) en m²	Volume (=surface x épaisseur phase) de matériaux concernés par de la phase organique en m³	Masse de terres associées à la phase (densité : 1,8) en tonnes	Volume de la phase organique (pour porosité de 0,25) en m³	Masse de phase (densité 845 kg/m³) en tonnes
03/12/2019	-1	1793	465	838	116	98
	-2	2120	1370	2466	343	289
	-3	998	437	787	109	92
	-4	1163	270	487	68	57
	>4	8025	1269	2284	317	268
TOTAL	14100 m²	3812 m³	6862 tonnes	953 m³	805 tonnes	
Dont <4 m	6075 m²	2543 m³	4577 tonnes	636 m³	537 tonnes	
31/01/2020	-1	3162	2190	3942	548	504
	-2	7860	5166	9299	1291	1188
	-3	1718	1330	2394	333	306
	-4	1790	1447	2605	362	333
	>4	10257	2456	4421	614	565
TOTAL	24786 m²	12590 m³	22662 tonnes	3147 m³	2896 tonnes	
Dont <4 m	14529 m²	10134 m³	18241 tonnes	2533 m³	2331 tonnes	
05/02/2020	-1	3161	298	536	74	63
	-2	7864	406	732	102	86
	-3	1718	27	49	7	6
	-4	1790	52	93	13	11
	>4	10600	799	1438	200	169
TOTAL	25133 m²	1582 m³	2848 tonnes	396 m³	334 tonnes	
Dont <4 m	14533 m²	783 m³	1409 tonnes	196 m³	165 tonnes	
19/02/2020	-1	3162	281	506	70	59
	-2	7864	406	730	101	86
	-3	1715	18	32	4	4
	-4	1787	41	75	10	9
	>4	10600	496	892	124	105
TOTAL	25128 m²	1241 m³	2234 tonnes	310 m³	262 tonnes	
Dont <4 m	14528 m²	746 m³	1342 tonnes	186 m³	158 tonnes	

TOTAUX	Masse de terres contaminée par la phase (t)		Masse de phases (t)
	Minimum	Moyenne	
Total général sur site	Minimum	2234 tonnes	262 tonnes
	Moyenne	8651 tonnes	1074 tonnes
Total accessible < 4m sur site	Maximum	22662 tonnes	2896 tonnes
	Minimum	1342 tonnes	158 tonnes
	Moyenne	6392 tonnes	798 tonnes
	Maximum	18241 tonnes	2331 tonnes

Tableau 45 : Estimation du volume et du tonnage de phase organique flottante

10.3 Synthèse des impacts sur les eaux souterraines

Les prélèvements réalisés sur les eaux souterraines, et le suivi des phases organiques flottantes ont mis en évidence :

- **La présence de phases organiques flottantes (produit pur de type LNAPL) avec des odeurs d'huile, d'hydrocarbures ou de solvants au droit :**
 - o Du seul ouvrage de l'ancien réseau de mesures (PZ1) mesurable le 05/03/2019 ;
 - o De 4 à 5 ouvrages du nouveau réseau de mesures le 03/12/2019 ;
 - o De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures le 31/01/2020 ;
 - o De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures et au droit du PZ1 le 05/02/2020 ;
 - o De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures et au droit du PZ1 le 19/02/2020.

La phase flottante analysée en G5 correspond à un mélange d'un distillat moyen type gasoil/fuel et d'un distillat lourd type fuel lourd/huile. Ce produit est notamment composé d'hydrocarbures, de HAP (dont Naphtalène), BTEX et autres CAV.

La phase flottante analysée en G6 correspond à une huile minérale. Ce produit est notamment composé d'hydrocarbures, de HAP et de PCB.

La phase flottante observée en G9 n'a pas pu être analysée, par manque de produit prélevé (la phase forme un film). Cependant son aspect jaunâtre et son odeur de solvant indique qu'il s'agit d'un composé différent de ceux analysés en G5 et en G6.

La masse de phase organique sur site est estimée à ce stade à 1 074 tonnes.

La caractérisation et l'étude de la phase flottante organique est détaillée au chapitre 10.2.

- **La présence de traces de métaux** (Arsenic, Chrome, Cuivre, Plomb, Zinc) sur les ouvrages à l'aval du site lors de la campagne du 05/03/2019, à des teneurs inférieures aux valeurs guide de l'OMS et à l'arrêté du 11/01/2007 ;
- **La présence de HAP** sur les ouvrages **G2, G3, G8 (Naphtalène) et P'3 (Phénanthrène)** le 03/12/2019.
- **La présence de traces d'hydrocarbures**, au droit de **PZ1** et **P5** le 05/03/2019 et au droit de **P3** le 03/12/2019, à des teneurs inférieures aux valeurs guide de l'OMS et à l'arrêté du 11/01/2007 ;
- **La présence de traces de Toluène en PZ1** le 05/03/2019, à une concentration restant inférieure à la valeur guide de l'OMS ;
- **La présence de traces d'orthoxyène en P5** le 05/03/2019, à une concentration de 1 µg/L, restant inférieure à la valeur guide de l'OMS ;
- **La présence de traces de PCB en P'3** le 03/12/2019.

Les eaux souterraines au droit du site présentent un impact en hydrocarbures, avec la présence de phases flottantes. Cet impact n'est toutefois pas retrouvé sur les ouvrages en aval du site, sur lesquels les eaux souterraines ne présentent pas de phase.

En revanche, on retient la présence en dissous sur l'ouvrage P'3, de traces de PCB et HAP (pour lesquels aucune valeur de référence n'existe).

	Campagne du 05/03/19		Campagne du 03/12/19		31/01/2020	05/02/2020	19/02/2020
	Composés détecté	Phase flottante ?	Composés détecté	Phase flottante ?			
G1	NR	NR	HAP	NON	NON	NON	NON
G2	NR	NR	HAP (Naphthalène)	NON	NON	Noir	Noir
G3	NR	NR	HAP (Naphthalène)	NON	NON	Noir	Noir
G4	NR	NR	(Non prélevé)	NON	NON	NON	NON
G5	NR	NR	(Non prélevé)	Noir visqueux <i>Mélange distillat moyen type gasoil/fuel et distillat lourd type fuel lourd/huile</i>	Noir visqueux	Noir visqueux	Noir visqueux
G6	NR	NR	(Non prélevé)	Noir-jaune très visqueux <i>Huile minérale</i>	Noir-jaune très visqueux	Noir très visqueux	Noir très visqueux
G7	NR	NR	(Non prélevé)	Incolore	Noir	Noir	Noir clair fluide
G8	NR	NR	HAP (Naphthalène)	NON	NON	NON	NON
G9	NR	NR	(Non prélevé)	Jaune très visqueux	Jaune très visqueux	Jaune très visqueux	Jaune-noirâtre très visqueux
G10	NR	NR	-	(Incolore à jaune suspecté)	Noir	Noir	Noir
PZ1	Chrome, Zinc, Hydrocarbures aliphatiques C12-C40, HAP (Naphthalène, Fluorène, Phénanthrène), Toluène	Incolore à jaune	NR	NR	NR	Noir	Noir
P2	Chrome, Cuivre, Plomb, Zinc	NON	NR	NR	NR	NR	NON
P3	Arsenic, Chrome, Cuivre, Zinc	NON	Hydrocarbures C10-C40	NON	NR	NR	NON
P'3	NR	NR	PCB	NON	NR	NR	NON
P5	Arsenic, Chrome, Cuivre, Plomb, Zinc, Hydrocarbures aliphatiques C12-C40, O-xylène	NON	-	NON	NR	NR	NON

NR : non renseigné car ouvrage non mesuré

Tableau 46 : Synthèse des impacts identifiés sur les eaux souterraines

10.4 Incertitudes et préconisations, études complémentaires

La présence de phase flottante sur la nappe au droit du site implique nécessairement de :

- Traiter celle-ci pour **supprimer cette source de pollution concentrée (cf. chapitre 12)**. En effet, cette fraction de polluant au-dessus de la nappe représente une source de pollution durable pour celle-ci, avec un possible relargage diffus dans la nappe et dans l'air des sols.

Dans cet objectif, et afin de dimensionner le pompage nécessaire au traitement de la phase, **les connaissances hydrogéologiques devront être approfondies**. Les paramètres hydrodynamiques de la nappe (conductivité hydraulique, emmagasinement, transmissivité) devront notamment être connus. Ces paramètres devront être obtenus au moyen d'un **essai de pompage à réaliser** sur le site en dehors des zones contaminées.

Afin de sécuriser le dimensionnement et le réglage de l'unité de traitement de la phase, un essai pilote devra être réalisé en phase travaux avant le lancement de la phase de traitement à proprement dit.

- **Etudier la nécessité et les modalités de réalisation d'un IEM (Interprétation de l'état des milieux) hors-site**, afin de garantir l'absence de risque sanitaire pour les usages avoisinants. Ceci sera à étudier en concertation avec les instances concernées (DREAL, ARS, ville de Bourg-lès-Valence...).

11 SCHEMA CONCEPTUEL INITIAL DU SITE, AVEC PROJET, SANS MESURES DE GESTION

11.1 Préambule

Préalablement à la mise en œuvre du Plan de Gestion qui va permettre de préciser les techniques de dépollution envisageable pour la réhabilitation du site, il convient de vérifier dans un premier temps si les pollutions identifiées dans le cadre du diagnostic de pollution sont susceptibles ou non d'engendrer des risques sanitaires au regard du projet prévu.

Nous rappelons que notre étude intervient dans le cadre de la construction d'un ensemble immobilier à vocation résidentielle.

11.2 Schéma conceptuel du site (avec projet, sans mesures de gestion)

11.2.1 Projet d'aménagement

Le projet prévoit la réalisation d'une opération d'aménagement destinée au logement avec une mixité des habitations collectives, semi-collectives et individuelles. Il est prévu la réalisation :

- **De 152 logements**, dont :
 - o 30 villas individuelles de type T2/T3 ;
 - o 31 villas individuelles « intermédiaires », de type T4/T5 ;
 - o Un bâtiment semi-collectif au nord comprenant 12 logements ;
 - o Un bâtiment collectif au nord comprenant 11 logements ;
 - o Un bâtiment collectif à l'ouest comprenant 64 logements.

Les villas individuelles comprennent des **jardins privés**.

- **D'espaces verts périphériques ;**
- **Des cheminements piétons ;**
- **De voiries et zones de stationnement ;**
- **Une noue d'infiltration paysagère pour la gestion des eaux pluviales, se rejetant dans un bassin au sud-ouest du site.**

Aucun niveau de sous-sol n'est prévu. Les fondations des bâtiments prévus sont sur pilotis. Les terrassements seront donc limités, excepté au niveau des voiries pour l'enfouissement des réseaux. En outre, le Maître d'Ouvrage prévoit le rechargement des terrains sur une épaisseur à définir, si cela permet de s'affranchir d'évacuation de matériaux impactés et si cela est compatible d'un point de vue sanitaire.



Figure 56 : Vue 3D du projet (Atelier Tezier)



Figure 57 : Esquisse de plan masse du projet (Atelier Tezier)



Figure 58 : Typologie des constructions envisagées (Atelier Tezier)

11.2.1.1 Bâtiment collectif ouest (en bleu foncé sur la Figure 58) et Bâtiment semi-collectif nord (en bleu clair sur la Figure 58)

Cet ensemble de bâtiments est composé, en rez-de-chaussée :

- De 102 places de stationnement couvertes ;
- De locaux techniques ;
- De 8 rez-de-chaussée de logements avec espaces verts.

Des passerelles depuis la route de Talavard sont prévues au droit de ce bâtiment, pour permettre l'accès à ce nouveau quartier depuis cette route qui est en aplomb par rapport au site.



Figure 59 : Plan masse du RDC du bâtiment collectif ouest et élévations – (Atelier Tezier)

11.2.1.2 Bâtiment collectif nord (en vert sur la Figure 58)



Figure 60 : Esquisses du bâtiment collectif nord

11.2.1.3 Villas individuelles

Les futures villas sont en RDC à R+1 et les futures villas intermédiaires sont en RDC à R+2. Des espaces verts et jardins sont prévus notamment côté sud.



Figure 61 : Vue 3D et plan masse des villas individuelles et des villas individuelles intermédiaires

11.2.2 Méthodologie

Le schéma conceptuel, établi sur la base de l'ensemble des investigations réalisées, est présenté de façon à visualiser :

- La ou les sources de pollution ;
- Les voies de transfert possibles ;
- Les cibles potentielles ;
- Les milieux d'exposition ;
- Les aménagements du site.

Il est présenté sur la Figure 62 et commenté dans les paragraphes ci-après.

11.2.3 Sources de pollution

11.2.3.1 Sols

Les impacts sur les sols pouvant avoir un impact sanitaire sont les suivants :

- La présence de **d'hydrocarbures (HCT), avec des fractions volatiles à semi-volatiles C10-C22 représentant environ 75 à 80% des HCT mesurés**, sur une large partie du site, depuis la surface jusqu'au toit de la nappe ;
- La présence de **HAP** au droit du sondage SI de Géoplus, délimité par les sondages P35 à P38, avec notamment la présence de naphthalène (volatil) à une concentration de 4,84 mg/kg MS ;
- La présence de **HCT et HAP** au droit du sondage SB de Géoplus, délimité par les sondages P43, P44 et P45, notamment la présence de naphthalène (volatil) à une concentration de 34,2 mg/kg MS ;
- La présence de **PCB** localisée au droit du sondage P2 de Géoplus, délimité par les sondages S1, S2, S3 de Géoplus et les sondages P42 et P44 d'Améten ;
- La présence de **métaux sur éluat** au droit des sondages P06 et P07 (Plomb, Mercure, Antimoine) ; P25 et P26 (Plomb et Zinc) ; et au droit du sondage P45 (Chrome).
- La présence de **métaux sur brut** (Arsenic et/ou Cadmium et/ou Cuivre et/ou Plomb et/ou Zinc et/ou Mercure) sur une large partie du site. On note notamment la présence d'un impact significatif en **mercure** (volatil) sur brut (125 mg/kg) au droit du sondage P07.

11.2.3.2 Eaux souterraines

Les impacts identifiés sur les eaux souterraines sont les suivants :

- **Impacts sur site :**
 - **Présence d'une phase organique flottante (produit pur de type LNAPL) au droit :**
 - Du seul ouvrage de l'ancien réseau de mesures (PZ1) mesurable le 05/03/2019 ;
 - De 4 à 5 ouvrages du nouveau réseau de mesures le 03/12/2019 ;
 - De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures le 31/01/2020 ;
 - De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures et au droit du PZ1 le 05/02/2020 ;
 - De 7 ouvrages du nouveau réseau de mesures et au droit du PZ1 le 19/02/2020.
- En G5 : mélange d'un distillat moyen type gasoil/fuel et d'un distillat lourd type fuel lourd/huile. En G6 : huile minérale.

Les phases organiques contiennent des composés volatils en fortes concentrations : fractions volatiles à semi-volatiles d'hydrocarbures pour les deux phases, naphthalène et BTEX pour la phase G5.

- **Présence en dissous dans les eaux, de :**
 - **HAP dont du naphthalène volatil** sur l'ouvrage **PZ1** le 05/03/2019 et les ouvrages **G2, G3, G8** le 03/12/2019.
- **Impacts hors site ***:
 - **Absence de phase** sur l'ensemble des ouvrages lors des différentes campagnes réalisées ;
 - **Présence en dissous dans les eaux, de :**
 - **traces de PCB en P'3** le 03/12/2019, dont on ne dispose d'aucune valeur de référence ;
 - **trace de HAP (phénanthrène) sur l'ouvrage P'3** le 03/12/2019 dont on ne dispose d'aucune valeur de référence.

11.2.3.3 Air ambiant

L'air ambiant n'a à ce jour pas fait l'objet d'investigations.

11.2.4 Cibles

L'usage futur du site est défini comme résidentiel avec voiries, jardins et espaces verts. Les cibles ou « enjeux à protéger » considérées sont donc :

- **Sur site** : les futurs adultes (adultes et enfants) en intérieur et en extérieur ;
- **Hors-site** : les prélèvements d'eau souterraine en aval hydrogéologique du site.

11.2.5 Voies de transfert de la source vers les autres milieux

Compte tenu des impacts mis en évidence, du projet et de l'usage futur du site, les voies de transfert à prendre en compte sont :

- **Sur site** :
 - **La volatilisation** des composés volatils (hydrocarbures fractions légères C5-C16, naphthalène, mercure, BTEX) depuis les sols ou la nappe puis **la dispersion atmosphérique** des polluants vers l'air intérieur ou extérieur ;
 - **Le transfert vers les végétaux autoproduits (potagers, arbres fruitiers) au niveau des jardins individuels ;**
 - **La migration vers la nappe (infiltration et lixiviation vers les eaux souterraines).**

La perméation vers les canalisations d'eau potable au contact des sols pollués n'est pas prise en compte du fait de l'étanchéité des canalisations qui seront mises en place dans du sablon propre, supprimant tout risque de pollution par perméation.

Le contact direct avec les sols de surface impactés n'est pas considéré, du fait du projet prévoyant un recouvrement sur la totalité du site (enrobé/béton au niveau des bâtiments et voiries, terre végétale au droit des espaces verts, autre revêtement spécifique au droit des cheminements piétons).

L'utilisation d'eau souterraine contaminée n'est pas pris en compte du fait de l'absence de pompes d'eau souterraine prévu au projet.
- **Hors site** :
 - **Le transfert d'eau souterraine impactée en aval hydrogéologique du site*.**

11.2.6 Voies d'exposition

Compte-tenu des impacts identifiés sur les sols et les eaux souterraines et des modes de transferts considérés, les voies d'exposition retenues sont les suivantes :

- **Sur site :**
 - **Inhalation de polluants volatils ;**
 - **Ingestion de végétaux ou autres denrées alimentaires** exposés aux polluants.
- **Hors site :**
 - **Contact cutané direct avec les eaux contaminées*** ;
 - **Consommation d'eau contaminée ***;
 - **Ingestion de végétaux ou autres denrées alimentaires** exposés aux polluants*.

**Compte-tenu de l'absence de valeur de référence pour les traces de composés détectés sur les eaux souterraines en aval du site, nous recommandons de poursuivre le suivi hors-site afin de vérifier la qualité des eaux souterraines, et réaliser une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), notamment afin de s'assurer de l'absence de risque sanitaire. Le cas échéant, des restrictions d'usage pourront être mises en place.*

11.2.7 Schéma conceptuel initial

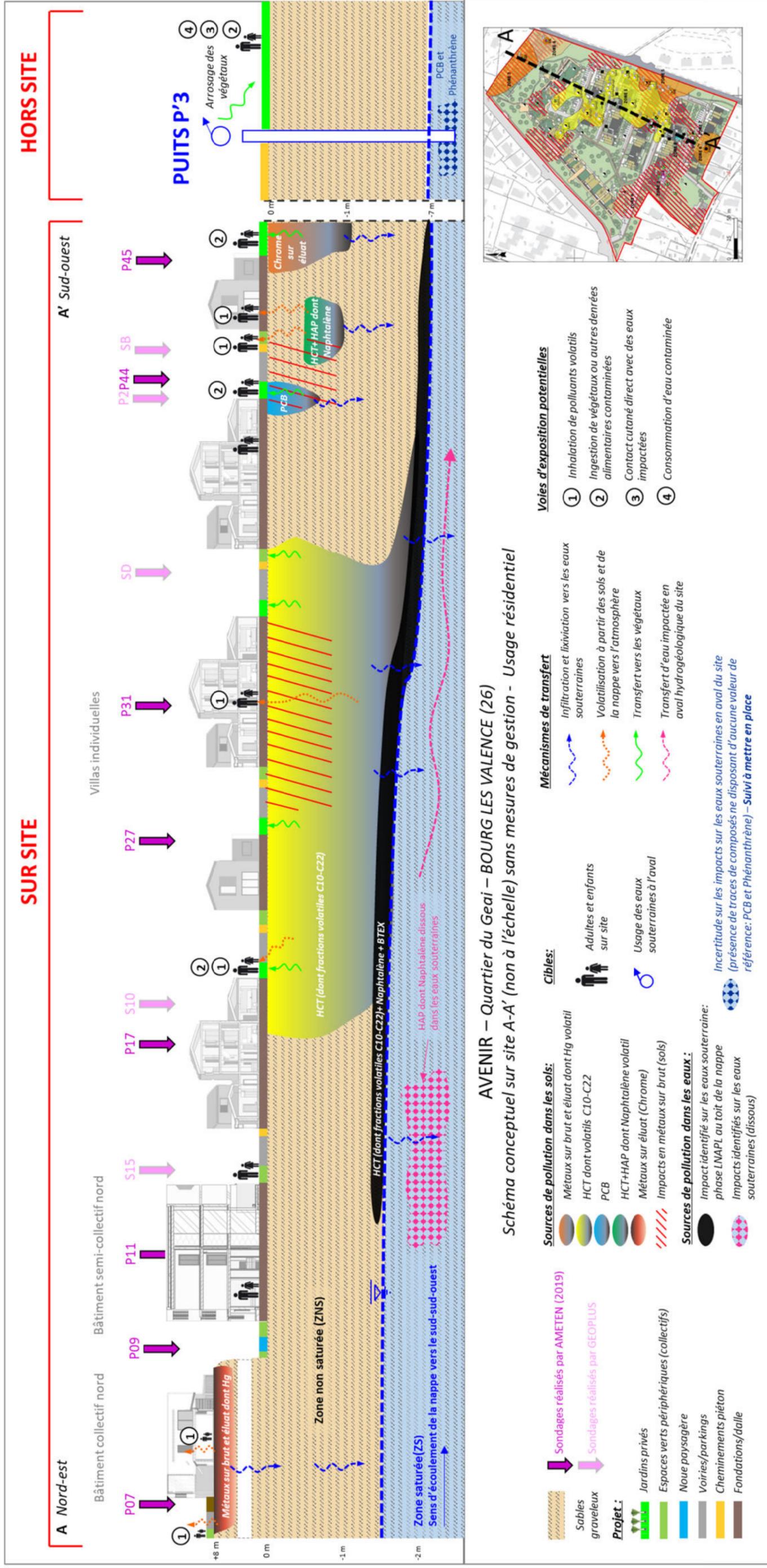


Figure 62 : Schéma conceptuel initial