



200101.01.09-RN001-Texte

22 septembre 2020

SPEED REHAB

**ANCIEN SITE ENGIE D'ARLES (13)
3 RUE MIREILLE**

MÉMOIRE DE RÉHABILITATION

BG Ingénieurs Conseils SAS

13 rue des Emeraudes - F-69006 Lyon

Siège social: Immeuble METROSUD, 1, bd Hippolyte Marques - 94200 Ivry sur Seine - SAS au capital de 1 516 800 €

RCS Lyon 2007B04453 - SIRET 303.559.249.00121 - Code APE 7112B

T +33 4 72 56 36 00 - F +33 4 72 56 36 01 - lyon@bg-21.com - www.bg-21.com

FR 493 035 592 49 TVA

n INGENIOUS SOLUTIONS



ANCIEN SITE ENGIE D'ARLES (13)
3 RUE MIREILLE

MÉMOIRE DE RÉHABILITATION

VERSION	a	b	c
DOCUMENT	200101.01.09-RN001- Texte		
DATE	22 septembre 2020		
ELABORATION	 Xavier ESTRAT (Chef de projet)		
VISA	Benoît Maréchal (Superviseur)		
COLLABORATION	Hervé CASEZ (Expert technique en dépollution)		
DISTRIBUTION	SPEED REHAB BG		



TABLE DES MATIÈRES

Page

1.	Introduction	9
1.1	Données disponibles	9
1.2	Normes et méthodes suivies	12
1.3	Limites de l'étude	12
2.	Présentation du site	12
2.1	Localisation et occupation actuelle	12
2.2	Situation administrative	13
2.3	Environnement immédiat du site	13
2.4	Synthèse de l'évolution historique du site	15
3.	Contexte environnemental du site	18
3.1	Contexte géologique et hydrogéologique	18
3.1.1	Contexte géologique local	18
3.1.2	Contexte hydrologique et hydrogéologique	18
3.2	Usages des eaux souterraines	23
3.3	Usages des eaux superficielles	23
3.4	Zones remarquables	23
3.5	Synthèse de la vulnérabilité du site	24
4.	État de connaissance sur la qualité du sous-sol	24
4.1	Synthèse des données environnementales collectées entre 1994 et 2018	24
4.1.1	Qualité environnementale des sols	24
4.1.2	Qualité des eaux souterraines	26
4.1.3	Qualité de l'air des sols	32
4.2	Travaux de réhabilitation réalisés sur le site entre 1994 et 2014	33
4.2.1	Purges des cuves à goudrons (2002)	33
4.2.2	Réhabilitation des zones polluées (2014)	34
4.3	Incertitudes à l'issue des investigations antérieures	34
4.4	Complément d'investigations de février 2020	35
4.4.1	Programme d'investigations	35
4.4.2	Méthodologie, stratégie analytique et valeurs de référence	35
	Matrice sols profonds	35
	Matrice gaz du sol	36
4.4.3	Observations de terrain	37
4.4.4	Résultats analytiques	38
4.5	Synthèse de la connaissance du sous-sol à l'issue des investigations de février 2020	40
4.5.1	Qualité globale des sols	40



4.5.2	Qualité globale des gaz du sol	41
5.	Définition des sources concentrées du site	42
5.1	Sources par définition	42
5.2	Définition des traceurs	42
5.3	Analyse statistique exploratoire	44
5.4	Analyse spatiale	45
5.5	Seuils retenus	46
5.6	Définition spatiale des sources	46
6.	Plan de Gestion	47
6.1	Données d'entrée prises en compte	47
6.1.1	Contraintes du site pour les travaux	47
6.1.2	Gestion des compartiments environnementaux envisagée	48
6.1.3	Objectifs de dépollution	48
6.1.4	Volumes des sources concentrées à gérer	49
6.2	Sélection des techniques applicables pour le traitement de la pollution	50
6.2.1	Techniques non applicables	50
6.2.2	Techniques applicables	51
6.3	Présentation technique des mesures de gestion retenues	52
6.3.1	Dispositions générales	52
6.3.2	Principes des traitements applicables au site	53
6.4	Maîtrise des nuisances durant les travaux	64
6.5	Surveillance environnementale	64
6.5.1	Surveillance de la qualité de l'air au niveau de l'atelier	64
6.5.2	Surveillance de la qualité de l'air en limite de site	65
6.6	Chiffrage des options de gestion retenues	65
6.7	Bilan coût / avantage des solutions étudiées	66
6.8	Répartition des coûts de travaux entre les propriétaires des parcelles AS538 (COLFIELDS) et AS295 (SPEED REHAB)	68
6.9	Contrôles post-travaux de la compatibilité sanitaire du terrain	68
7.	Analyse des risques résiduels prédictive (A320)	69
7.1	Objectifs de l'ARR	69
7.2	Méthodologie de l'évaluation des risques sanitaires	69
7.3	Schéma conceptuel	70
7.3.1	Sources de pollution	71
7.3.2	Voies de transfert	71
7.3.3	Cibles	71

7.4	Données d'entrée	72
7.4.1	Paramètres d'exposition des cibles	72
7.4.2	Caractéristiques du sous-sol	73
7.4.3	Paramètres de transfert et accumulation à l'intérieur des bâtiments	74
7.4.4	Paramètres de transfert dans l'air extérieur	75
7.5	Sélection des substances	75
7.6	Valeurs toxicologiques de référence et excès de risque unitaire	77
7.7	Comparaison aux valeurs de gestion	79
7.8	Résultats des calculs de risques	80
7.9	Évaluation des incertitudes	81
7.9.1	Choix des substances retenues	82
7.9.2	Paramètres d'exposition	82
7.9.3	Modèle utilisé pour le transfert de vapeurs à l'intérieur des bâtiments	83
7.9.4	Toxicité des substances	84
7.9.5	Additivité des risques	84
7.10	Synthèse de l'analyse des risques résiduels	84
7.11	Restrictions d'usage et dispositions constructives	84
8.	Conclusion	85

TABLEAUX

Tableau 1 : références des principales sources d'informations consultées.....	12
Tableau 2 : recensement des sites BASIAS dans un rayon de 200m autour de la zone d'étude	14
Tableau 3 : évolution des activités du site sur la période 1846-1994	16
Tableau 4 : évolution des installations présentes sur le site sur la période 1846-1994.....	17
Tableau 5 : caractéristiques des ouvrages exploités pour la surveillance des eaux souterraines entre 2012 et 2018.....	20
Tableau 6 : résultats d'analyses des eaux souterraines entre 2004 et 2006 (source ICF – janvier 2014)	27
Tableau 7 : résultats d'analyses des eaux souterraines du site entre décembre 2012 et novembre 2013 (source ICF – janvier 2014).....	28
Tableau 8 : résultats d'analyses des eaux souterraines hors site novembre 2013 (source ICF – janvier 2014)	30
Tableau 9 : résultats d'analyses des eaux souterraines hors site – campagne de septembre 2018 ...	32
Tableau 10 : description des zones du site ciblées par les prélèvements d'air des sols en février 2020	36
Tableau 11 : valeurs de référence pour les gaz du sol	37
Tableau 12 : statistiques élémentaires des concentrations en composés traceurs.....	44
Tableau 13 : définition des sources concentrées et valeurs d'alerte	46
Tableau 14 : caractéristiques des zones sources sur le site de l'AUG d'Arles	47
Tableau 15 : Valeurs seuils de dépollution des sols et valeurs d'alerte dans le cadre de la dépollution des sols	49
Tableau 16 : Volumes de sols pollués à gérer en fonction de la méthodologie d'excavation.....	50

Tableau 17 : Estimatif des volumes de déblais à gérer pour le scénario N°1	56
Tableau 18 : Estimatif des durées de travaux pour la gestion des pollutions dans le scénario N°1	56
Tableau 19 : Estimatif des volumes de déblais à gérer pour le scénario N°2	58
Tableau 20 : Estimatif des durées de travaux pour la gestion des pollutions dans le scénario N°2	58
Tableau 21 : Répartition des volumes de sols pollués à gérer dans le cadre du scénario N°1.....	60
Tableau 22 : Répartition des volumes de sols pollués à gérer dans le cadre du scénario N°2.....	60
Tableau 23 : Nombres de prélèvements et d'analyses de réception des fonds et flancs de fouille, des déblais valorisables en remblais à l'issue du tri	62
Tableau 24 : Nombres de prélèvements et d'analyses de réception des fonds et flancs de fouille, des déblais valorisables en remblais à l'issue du tri	63
Tableau 25 : Volumes arrondis en jeux pour chaque scénario, au regard des filières prises en compte dans le présent plan de gestion	64
Tableau 26 : Coûts comparés des scénarios de terrassement étudiés dans le plan de gestion.....	65
Tableau 27 : comparaison du coût à la tonne de sols pollués entre les deux scénarios proposés.....	66
Tableau 28 : Comparaison entre les deux scénarios proposés.....	67
Tableau 29 : Comparaison entre les deux scénarios proposés.....	68
Tableau 30: Récepteurs, voies de transfert et milieux d'exposition pris en compte dans l'ARR	72
Tableau 31 : Paramètres d'exposition pris en compte dans les calculs des risques	73
Tableau 32 : Paramètres du sol considérés dans les calculs de risques	74
Tableau 33 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'intérieur	74
Tableau 34 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'intérieur	75
Tableau 35 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'extérieur	75
Tableau 36 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	76
Tableau 37 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	77
Tableau 38 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	77
Tableau 39 : Valeur de référence pour l'air ambiant intérieur	80
Tableau 40 : Comparaison des concentrations maximales modélisées en air intérieur aux valeurs de gestion	80
Tableau 41 : Quotients de danger et excès de risque individuels calculés	81
Tableau 42 : Quotients de danger et excès de risque individuels calculés	81
Tableau 43 : Comparaison des Quotients de danger et excès de risque individuels calculés pour les expositions des adultes dans les bâtiments dans le cadre du scénario 1	82

TABLEAUX (Hors texte)

Tableau 44 : synthèse des teneurs en traceurs de pollution dans les sols mesurées entre 1994 et 2014
Tableau 45 : synthèse des indices de pollution relevés entre 1994 et 2020
Tableau 46 : synthèse des teneurs mesurées dans les gaz du sol en 2009 et 2014
Tableau 47 : résultats d'analyses des sols lors de la campagne de février 2020 (source BG)
Tableau 48 : résultats d'analyses de l'air des sols lors de la campagne de février 2020 (source BG)

FIGURES

Figure 1 : localisation des sites BASIAS dans un rayon de 200 m autour du site	15
Figure 2 : contexte hydrologique autour du site (source IGN – Géoportail)	18
Figure 3 : réseau piézométrique sur site exploité au cours des différentes phase d'études entre 1994 et 2013.....	21
Figure 4 : réseau piézométrique hors site exploité entre 2013 et 2018 (Source ICF Evt – janvier 2014)	22
Figure 5 : Plan de localisation des zones sources concentrées dans le cadre du scénario N°1, d'excavation sous talutage 1/1 de l'ensemble des zones	55

Figure 6 : Plan de localisation des zones sources concentrées dans le cadre du scénario N°2, d'excavation sous blindage des bords Sud des zones n°4 et 5..... 57

(Figures hors texte)

Figure 7 : localisation des investigations réalisées entre 1994 et 2009

Figure 8 : localisation des investigations réalisées sur le site entre 1994 et 2020

Figure 9 : cartographie des principaux indices de pollution relevés dans les sols du site entre 1994 et 2020

Figure 10 : cartographie des teneurs en HAP totaux supérieures au seuil ISDI dans les sols du 1^{er} mètre

Figure 11.1 : cartographie des impacts significatifs en HAP totaux

Figure 11.2 : cartographie des impacts significatifs en HCT C10-C40

Figure 11.3 : cartographie des impacts significatifs en cyanures totaux

Figure 12 : cartographie des zones sources concentrées en traceurs de pollution sur le site de l'AUG

Figure 13 : schéma conceptuel du site

Figure 14 : localisation des points de prélèvement de l'air des sols par rapport au futur projet

ANNEXES

Annexe 1 : plan des aménagements projetés

Annexe 2 : contexte du site

2.1 : localisation du site sur la commune d'Arles

2.2 : découpage parcellaire du site

2.3 : extrait du PLU Arles

Annexe 3 : fiche descriptive SIS (source BRGM)

Annexe 4 : plan récolement activités entre 1846 et 2014

Annexe 5 : piézométrie du site

5.1 : carte piézométrique d'ICF Env - campagne de décembre 2012

5.2 : carte piézométrique d'ICF Env - campagne de novembre 2013

Annexe 6 : tableau de synthèse des principales phases d'études et travaux

Annexe 7 : tableaux de synthèse des teneurs en traceurs de pollution mesurées entre 1994 et 2014
(Extraits de rapports anciens)

Annexe 8 : plan de localisation des cuves à goudron (EAT-Nov. 2003)

Annexe 9 : synthèse des anciennes investigations et travaux

9.1 : plan de localisation des zones à réhabilitées avant travaux (ICF en 2014)

9.2 : plan de délimitation des emprises réhabilitées par ICF à l'issue des travaux de 2014

Annexe 10 : plan de localisation des investigations BG de février 2020 établi par le géomètre

Annexe 11 : fiches d'installation des piézaires (BG-2020)

Annexe 12 : coupes de terrain sur les fouilles F1 à F19

Annexe 13 : Bordereaux d'analyses du laboratoire

Annexe 14 : valeurs toxicologiques retenues

Annexe 15 : paramètres physico-chimiques retenus

Annexe 16 : équations utilisées pour les calculs de transfert et de risques

Annexe 17 : détail des calculs de risques

Résumé non technique

Le site de l'ancienne usine à gaz, sis au 3 rue Mireille à Arles (13) a été cédée par ENGIE. Constituée de deux parcelles principales, une partie, correspondant aux parcelles AS 538/539 d'une superficie totale de 5346 m², a été acquise par COLFIELDS, et l'autre, correspondant à la parcelle AS295 d'une superficie de 1911 m² a été acquise par SPEED REHAB. La SCCV propriétaire des deux parcelles prévoit le développement d'un projet immobilier résidentiel. Dans le cadre de la parcelle AS 295, SPEED REHAB prévoit la mise en œuvre d'une procédure de tiers-demandeur.

La société SPEED REHAB actuel propriétaire de la parcelle AS295 a mandaté BG Ingénieurs Conseils pour réaliser un diagnostic complémentaire du sous-sol du site, un plan de gestion en vue de gérer les sources concentrées de pollution du site et une analyse de risques résiduels prédictive. Cette étude concerne la globalité du site, incluant donc également les parcelles AS 538/539 propriété de COLFIELDS.

Le site a abrité les activités d'une ancienne usine à gaz manufacturé de 1846 à 1935 puis des activités de stockage/distribution de gaz naturel et d'agences EDF et GDF jusqu'à la démolition des bâtiments en 2014. Le site a une surface d'environ 7350 m² et est entièrement clôturé.

Le projet d'aménagement prévoit la construction d'immeubles d'habitations collectives, l'un de plain-pied et l'autre avec un parking en rez-de-chaussée, assortis de jardins d'ornement, de parkings extérieurs, et d'une voirie d'accès.

La synthèse des anciennes études environnementales effectuées au droit du site de l'AUG, complétée par de nouvelles investigations des sols et de l'air des sols, ont conduit à actualiser l'état du terrain vis-à-vis des traceurs de pollution des AUG. Un traitement statistique des données globales sur les teneurs en polluants dans les sols, associé à l'étude de la répartition spatiale des pollutions, a permis de définir des seuils de réhabilitation pour les traceurs de pollution d'intérêt, qui ont été mis à profit pour déterminer les zones source à réhabiliter pour assurer la compatibilité du site avec le futur aménagement projeté, à savoir un usage résidentiel. Ces seuils sont de 800 mg/kg pour les HAP totaux, de 1200 mg/kg pour les HCT C10-C40 et de 350 mg/kg pour les cyanures totaux.

Au total, 6 zones sources ont été identifiées sur le terrain de l'AUG, répartis sur les parcelles AS 538/539 et AS 295, sur lesquelles des sources concentrées en HAP totaux, HCT et cyanures totaux ont été identifiées, généralement jusqu'à -2.5 m/TN (ponctuellement jusqu'à -3m/TN sur F9), en zone non saturée. Le volume global des sources sols à traiter a été estimé à 950 m³.

Des solutions techniques de gestion de ces sources de pollution ont été étudiées dans le cadre d'un plan de gestion, incluant un bilan coûts/avantages.

Deux modalités de tri-excavation ont été étudiées, l'une visant à travailler uniquement par talutage pour la sécurisation de l'ensemble des bords de fouille et l'autre conduisant à la mise en place de confortements provisoires sur les bords de fouille qui se situent en limite Sud-est du site, sur deux zones à réhabiliter.

La comparaison des deux solutions de tri excavation des sols pollués dans le cadre du bilan coûts/avantages a conduit à retenir la solution visant à réaliser les excavations avec talutage et mise en place d'un confortement provisoire en bordure Sud des deux zones localisées en limite de site. Cette solution permet le traitement de la totalité des sources de pollution avec un surcoût faible au regard des bénéfices environnementaux, psychologiques et sanitaires pour les futurs utilisateurs du site.



Les techniques de tri excavation qui ont été retenues en vue d'être comparées dans le présent plan de gestion génèrent peu de nuisances et celles qui sont générées (envolement de poussières et de COV, bruit, vibrations), sont facilement maitrisables en phase travaux, vis-à-vis du voisinage.

Les coûts estimés pour les travaux de réhabilitation de la totalité de l'emprise de l'AUG, pour la solution d'excavation retenue, sont compris entre 370 et 455 k€ HT. La répartition des coûts de travaux entre les deux propriétaires est évaluée entre 164 et 202 k€ HT pour la parcelle AS 538 (COLFIELDS) et entre 205 et 253 k€ HT pour la parcelle AS 295 (SPEED REHAB).

L'analyse des risques résiduels menée sur la base d'un état résiduel prévisionnel du site après application des mesures de gestion présentement définies conclut à la compatibilité du site avec les usages et les aménagements projetés, sous réserve de l'application et du respect de restrictions d'usages et dispositions constructives définies.

Glossaire

AEP	Alimentation en Eau Potable
ANSES	Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes
BTEXN	Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes, Naphtalène
COT	Carbone Organique Total
COHV	Composés Organo Halogénés Volatils
DJE	Dose journalière d'exposition
DJT	Dose journalière tolérable
EFSA	Autorité Européenne de Sécurité des Aliments
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
EQRS	Évaluation quantitative des risques sanitaires
ESR	Évaluation Simplifiée des Risques
FS	Fraction Soluble
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT	Hydrocarbures
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
ISDI	Installation de Stockage des Déchets Inertes
MEDAD	Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable
MS	Matière Sèche
NF	Norme Française
NGF	Nivellement général de France
OEHHA	<i>Office of Environmental Health Hazard Assessment</i>
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PCB	Polychlorobiphényles
PID	<i>Photo-Ionisation Detector</i> (Détecteur par Photo-Ionisation)
QD	Quotient de Danger
RIVM	Institut National de Santé Publique et de l'Environnement (Pays-Bas)
TN	Terrain Naturel (niveau de la surface du sol)
TPH	<i>Total Petroleum Hydrocarbons</i>
TPHCWG	<i>Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group</i>
USEPA	Agence Américaine de l'environnement
VGAi	Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

1. Introduction

Le site de l'ancienne usine à gaz (parcelle AS295), sis au 3 rue Mireille à Arles (13) a été cédé par ENGIE. Constitué de deux parcelles principales, une partie, correspondant aux parcelles AS 538/539 d'une superficie totale de 5346 m², a été acquise par COLFIELDS, et l'autre, correspondant à la parcelle AS295 d'une superficie de 1911 m² a été acquise par SPEED REHAB. La SCCV propriétaire des deux parcelles prévoit le développement d'un projet immobilier résidentiel. Concernant la parcelle AS 295, SPEED REHAB prévoit la mise en œuvre d'une procédure de tiers-demandeur.

Afin d'avancer sur cette procédure, mais également de manière plus générale pour permettre le développement du projet, SPEED REHAB et COLFIELDS ont sollicité BG pour établir un plan de gestion qui réponde aux exigences de la méthodologie nationale en vigueur et non calée sur l'approche semi-générique propre à ENGIE.

Cette étude est à réaliser en considérant un projet d'aménagement pour un usage résidentiel, comprenant la réalisation de deux bâtiments en R+3 sans sous-sol, avec parkings en rez-de-chaussée pour le bâtiment principal et en extérieur pour l'autre bâtiment, assortis d'espaces extérieurs végétalisés pour partie et revêtus pour le reste.

Le présent rapport est basé sur les études réalisées précédemment pour le compte d'ENGIE et communiquées à SPEED REHAB, études menées suivant l'approche semi-générique, développée par ENGIE, propre à la réhabilitation des anciennes usines à gaz, qu'il convient d'adapter afin de se conformer à la méthodologie nationale d'avril 2017, avec une approche spécifique au site.

Il intègre également sur les résultats d'investigations complémentaires des milieux sols "profonds" et air des sols, réalisées par BG Ingénieurs Conseils en janvier 2020 pour compléter et/ou actualiser les données historiques collectées pour le compte d'ENGIE.

Les prestations réalisées et présentées dans ce document s'apparentent aux éléments de mission correspondant aux prestations codifiées de la norme NF X 31-620, parties 2 et 3 (décembre 2018) suivantes :

- § Investigations des milieux : A130, A200, A230, A270
- § Plan de gestion qui intègre :
 - § A330 : Bilan coûts avantages,
 - § A320 : analyse des enjeux sanitaires

1.1 Données disponibles

Le site, qui a accueilli une ancienne usine à gaz (AUG), a fait l'objet de multiples reconnaissances des milieux lors de différentes phases, avant et après travaux de réhabilitation entrepris pour le compte d'ENGIE. Ces phases successives d'études/travaux sont les suivantes :

- § Diagnostics successifs par EAT, entre 1994 et 2003 ;
- § Travaux de réhabilitation (vidange de cuves) supervisés par EAT et synthétisés dans un rapport de 2003 ;
- § Diagnostics complémentaires successifs par ICF Environnement, entre 2005 et 2012 ;
- § Travaux de réhabilitation (dépollution des sols) par ICF et synthétisés dans un rapport de 2014 ;
- § Campagnes de suivi des eaux souterraines par ERG et ICF entre 2004 et 2018 ;
- § Un mémoire technique de réhabilitation établi par GOLDER en 2018 (pour le compte de SPEED REHAB) pour un usage industriel relatif à la parcelle AS 295.

Les références des principales sources d'informations consultées sont listées dans le tableau suivant :

Producteur	Intitulé	Référence rapport	Date/période de rédaction
EAT Environnement	Rapport d'étape - Arles ex-usine à gaz	71-2-253/1	Mars 1994
EAT Environnement	Rapport d'étape 2 - Arles ex-usine à gaz	71-2-253/2*	non daté
EAT Environnement	Audit Environnement - Arles ex-usine à gaz	71-2-253/2	Août 1994
EAT Environnement	Investigations complémentaires Arles ex-usine à gaz	71-2-401/1	Septembre 1996
EAT Environnement	Investigations complémentaires Arles ex-usine à gaz, rapport supplémentaire	71-2-401/1	Septembre 1996
EAT Environnement	Investigations complémentaires janvier 2003, site de l'ancienne usine à gaz d'Arles (13)	EC 02 076/04	Octobre 2004
EAT Environnement	Vidange des cuves à goudrons, site de l'AUG d'Arles (13)	EC 01 022/3/03	Novembre 2003
ERG	Surveillance des eaux souterraines, synthèse 2004, AUG d'Arles (13)	8357	20/01/2005
ICF Environnement	Rapport parcellaire, site de l'AUG d'Arles (13)	03/Aix/205 RP	Mars 2005
	Diagnostic approfondi, site de l'AUG d'Arles (13)	04/Aix/056	Mars 2005
ERG	Surveillance des eaux souterraines, synthèse 2005, AUG d'Arles (13)	9576	02/12/2005
ICF Environnement	Évaluation des risques sanitaire, AUG d'Arles (13)	Aix/05/051	Avril 2006
ICF Environnement	Schéma de réhabilitation 3 rue Mireille à Arles (13)	Aix/06/111 Rev 3	Décembre 2006
ICF Environnement	Investigations complémentaires, analyse des sols de la partie Ouest & évaluation de la qualité de l'air intérieur dans l'ancienne maison du directeur et de la concentration en naphtalène de l'air extérieur dans la partie Est, 3 rue Mireille à Arles (13)	Aix/06/086 Rev3	Février 2007
ERG	Surveillance des eaux souterraines, synthèse 2006, AUG d'Arles (13)	11202	27/03/2007

Producteur	Intitulé	Référence rapport	Date/période de rédaction
ICF Environnement	Investigations complémentaires des gaz du sol, rapport définitif	Aix/09/114-IB-V1	15/12/2009
ICF Environnement	Étude de la sensibilité du milieu eau – recensement des usages – site localisé 3, rue Mireille – Arles (13), rapport final	Aix/12/069-IE-V12	28/09/2012
ICF Environnement	Création de 6 piézomètres et comblement des anciens piézomètres, rapport final	Aix/12/069-IE-Arles V2	21/05/2013
ICF Environnement	Suivi de la qualité des eaux souterraines, site localisé 3, rue Mireille – Arles (13), bilan annuel 2013, rapport final	Aix/12/069-IE-Arles-4-V1	28/01/2014
ICF Environnement	Travaux de réhabilitation AUG d'Arles, rapport de fin de travaux	Aix 14 033 TB-V1	24/11/2014
ICF Environnement	Travaux de réhabilitation AUG – Campagne de prélèvement des eaux souterraines hors site, 3 rue Mireille à Arles (13)	Aix14033-IE-V1	Mai 2015
ERG	AUG d'Arles (13) - Contrôle des eaux souterraines, campagne de hautes eaux – Avril 2015	32745	18/01/2016
ICF Environnement	Travaux de réhabilitation AUG – Campagne de prélèvement des eaux souterraines hors site, 3 rue Mireille à Arles (13)	Aix-16-011-IE-V1	Avril 2016
TAUW	Recensement et situation administrative des ICPE d'un site	R001-1249125CML-V02	08/08/2017
GOLDER	Mémoire technique de réhabilitation – Site d'Arles (13)	1786573-R05-V1	18/01/2018
ERG	Suivi hors site - AUG d'Arles (13) - Surveillance des eaux souterraines, campagne de hautes eaux – Mai 2018	42242	01/06/2018
ERG	Suivi hors site - AUG d'Arles (13) - Surveillance des eaux souterraines, campagne de basses eaux – Septembre 2018	42657	08/10/2018

Producteur	Intitulé	Référence rapport	Date/période de rédaction
ERG	Suivi hors site - AUG d'Arles (13) – Neutralisation des piézomètres PZ8 et PZ9 – Octobre 2018 – Compte-rendu d'intervention	42826	15/11/2018

Tableau 1 : références des principales sources d'informations consultées

Les aménagements projetés portés à notre connaissance sur l'ensemble du site de l'AUG d'Arles, sis rue Mireille, sont ceux présentés dans l'**Annexe 1**, et transmis par SPEED REHAB le 16 octobre 2019. Il s'agit de la création d'un ensemble d'habitations collectives, composé de deux bâtiments en R+3, sans sous-sol, avec parkings en rez-de-chaussée et espaces extérieurs végétalisés pour partie et revêtus pour le reste.

1.2 Normes et méthodes suivies

Les méthodologies utilisées par BG INGENIEURS CONSEILS sont conformes aux textes réglementaires en vigueur et à l'état de l'art en la matière.

Les principales références suivies par BG sont les suivantes :

- § Textes ministériels d'avril 2017 relatifs à la gestion des sites pollués ;
- § Norme AFNOR NF X31-620, parties 1 à 3 relatives aux prestations de services dans le domaine des sites et sols pollués, décembre 2018.

1.3 Limites de l'étude

Les conclusions et recommandations présentées dans ce rapport sont l'expression du jugement professionnel de BG Ingénieurs Conseils sur la base des informations disponibles et des connaissances scientifiques au moment de son établissement.

Cette étude est basée sur les documents transmis par SPEED REHAB et sur la consultation de bases de données publiques. Le caractère incomplet ou inexact de ces données peut induire des écarts par rapport au passif environnemental ou à la sensibilité de l'environnement du site dans l'interprétation que s'en fait BG, malgré l'état de l'art de la profession appliqué par BG dans ses prestations, et ne saurait engager la responsabilité de BG.

L'échantillonnage de sol a une valeur très ponctuelle et il est parfois parfaitement arbitraire d'étendre à son voisinage les valeurs mesurées dans un échantillon ponctuel. Néanmoins, l'interprétation des résultats a été faite d'après les données disponibles et selon le jugement professionnel des experts de BG qui ont suivi pour cela les règles de l'art de leur profession.

2. Présentation du site

2.1 Localisation et occupation actuelle

Le site est localisé au 3 rue Mireille sur la commune d'Arles, en périphérie Nord-est du centre-ville historique, à environ 300 m des Arènes (voir l'**Annexe 2.1**).

Le site de l'AUG occupe une surface globale d'environ 7 260 m² et correspond aux parcelles cadastrales n° 538 (5 244 m²), 539 (102 m²) et 295 (1 911 m²), de la section AS (voir **Annexe 2.2**).

Le site est globalement plan, localisé à une altitude comprise entre +5 et +6 m NGF.

Le site est délimité par :

- Au Nord et à l'Est, le cours d'eau "Roubine du Roy", au-delà duquel se trouve une zone d'habitations principalement individuelles ;
- Au Sud, la rue de la Roubine du Roy, puis une zone d'habitations (Résidences) ;
- À l'ouest, la rue Mireille, au-delà de laquelle on trouve une voie de chemin de fer, puis des bâtiments à usage d'habitations principalement.

Le site est actuellement inoccupé, en friche, sans bâtiments (détruits en mai 2014). Certains secteurs sont végétalisés en surface alors qu'au droit des anciennes structures démolies en 2014, on retrouve des revêtements de surface de diverses natures (enrobés, remblais, dalle béton). À noter que lors de la visite préalable de site, quelques tentes occupées par des "squatteurs" ont été observées sur le site.

L'emprise du site est clôturée sur l'ensemble de son périmètre. La clôture est assurée par un muret (surmonté d'un bardage métallique) ou par un mur maçonné de plus de 2m de haut, et sur certains secteurs, par des portails d'accès, obstrués actuellement par des murs en parpaings maçonnés afin de limiter le risque d'intrusion. À noter qu'au Sud du site (au départ de la rue de la Roubine du Roy), le mur maçonné, probablement effondré, a été remplacé par un bardage métallique ancré au sol par des poteaux.

L'accès est théoriquement possible par les deux portails situés sur la rue Mireille. Ces accès sont actuellement condamnés par des murs en parpaings maçonnés.

Le site est localisé en zone UVa dans le Plan local d'Urbanisme de la commune d'Arles (PLU approuvé le 13 mars 2017) correspondant à une zone à forte densité, correspondant au centre urbain. (Voir extrait du PLU en **Annexe 2.3**). Il est considéré comme un périmètre à vocation de mixité sociale (PMSx).

2.2 Situation administrative

D'après les études antérieures, les données obtenues auprès des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ne mentionnent à ce jour aucune installation classée au titre des ICPE sur l'emprise du site de l'AUG, sis 3 rue Mireille.

Le site de l'AUG n'est pas recensé dans la base de données publiques BASIAS (inventaire d'anciens sites industriels et activités de service).

En revanche, la base de données BASOL (site et sols pollués ou potentiellement pollués) référence le site de l'AUG comme un site pollué ou potentiellement pollué.

Enfin, le site est aussi référencé en tant que secteur d'information sur les sols (SIS) sous la référence 13SIS06120. La fiche de description de ce SIS est présentée en **annexe 3**.

Ce classement du site en SIS implique l'établissement, par un bureau d'études certifié en sites et sols pollués, d'une attestation de prise en compte de la pollution des sols et de mise en œuvre de mesure de gestion de cette pollution dans le cadre d'un réaménagement du site pour un changement usage, visant à garantir la compatibilité du site pour ses futurs usagers au regard de l'aménagement prévu. Cette attestation est un élément constitutif du dossier de permis de construire.

2.3 Environnement immédiat du site

L'étude de la base de données BASIAS a conduit à identifier 4 anciens sites industriels et activités de services dans un rayon de 200 m autour du site, susceptibles de pouvoir impacter la qualité du sous-sol au droit et à proximité du site.

Référence BASIAS / raison sociale	Activités / Produits	Principaux polluants potentiels	Localisation par rapport au site (position hydraulique)	Situation
PAC1302753 / VICTOR GAUTHIER	Commerce de carburants (Station-service)	Hydrocarbures (HAP, HCT), BTEX	160 m au Nord (Latéral - Aval hydraulique)	Activité terminée (début d'activité en 1922)
PAC1302761 / GEORGES MAURY	Blanchisserie- teinturerie	Solvants chlorés (Ex.: TCE, PCE,...)	110 m à l'Est-nord-est (Aval hydraulique)	Activité terminée (début d'activité en 1951)
PAC1310799 / M. Jean-Claude Mathieu	Entretien et réparation de véhicules automobiles Dépôt de liquides inflammables	Hydrocarbures (HAP, HCT), BTEX, COHV	100 m au Sud-ouest du site (non précisément défini – plutôt en direction du Rhône à l'Ouest)	Activité terminée (début d'activité en 1978)
PAC1312375 / Esso Service des Arènes	Commerce de carburants (Station-service)	Hydrocarbures (HAP, HCT), BTEX	200 m au Sud-sud- ouest (non défini)	Activité terminée (début d'activité en 1951)

Tableau 2 : recensement des sites BASIAS dans un rayon de 200m autour de la zone d'étude

Compte-tenu du positionnement hydraulique et/ou de la localisation géographique de ces sites par rapport à la zone d'étude, ils ne sont pas considérés comme pouvant avoir eu un impact significatif sur la qualité du sous-sol du site.

Aucune site BASOL n'est recensé dans un rayon de 500 m autour du site, ainsi que tout autre installation potentiellement polluante.



Figure 1 : localisation des sites BASIAS dans un rayon de 200 m autour du site

2.4 Synthèse de l'évolution historique du site

Le site a fait l'objet d'une étude historique réalisée par EAT Environnement pour le compte de EDF/GDF en mars 1994, dans la cadre d'un rapport d'étape (Réf. : 71-2-253/1).

L'étude est basée sur l'examen des photographies aériennes de l'IGN, des documents issus des archives municipales d'Arles, des archives départementales des Bouches du Rhône et des archives d'EDF-GDF Crau/Avignon, ainsi que le témoignage de personnes.

Il est ressorti de cette étude les données suivantes sur l'évolution des activités sur le site :

Date / période	Usages / Faits principaux
Avant 1846	Terrain à vocation agricole.
1846 à 1935	Usine à gaz en exploitation. Construction de l'usine par la société de M.Bizealon suivant un plan de 1846.
1935 à 1973	Arrêt de la production de gaz à partir de houille en 1935. Construction par la société de M.Bizealon du feeder devant assurer l'alimentation du site en gaz à partir de Nîmes. Distribution de gaz naturel par la société Franco-belge. 1944 : endommagement par bombardement des gazomètres 1 et 2 1947 : nationalisation selon la loi n°46-628 1961 : construction des bâtiments de l'agence Crau-Camargue 1970-1971 : distribution d'air propané
1973 et après	Distribution de gaz naturel. Démantèlement progressif des équipements de distribution de gaz non utilisés (citernes, gazomètres) Construction d'un magasin en 1979. Construction de bâtiments au Nord-est du terrain et déplacement du poste de distribution de carburants en 1985/86. Aménagements de parkings.
1994	Distribution de gaz naturel. Site partagé par EDF (5244 m ² – parcelle AS538/539) et GDF (1911 m ² - parcelle AS295). Présence de bâtiments administratifs et techniques. Présence de parkings, voiries goudronnées (4600 m ²) et espaces verts (800 m ²).

Tableau 3 : évolution des activités du site sur la période 1846-1994

Cette étude a également permis d'identifier des installations associées aux différentes phases d'activités dont l'évolution sur la période 1846 à 1994 est décrite dans le tableau suivant :

Date / période	Installations recensées / évolution	Parcelle(s) cadastrale(s) concernée(s)
1846 à 1935 (Usine à gaz en exploitation)	§ Le logement du directeur § Des bâtiments annexes (chambres, cuisine, loge du concierge) § Bâtiment de production de gaz comprenant : § La salle des fours § La salle d'épuration § La forge § Le cabinet des valves (chambre à vannes) § Une fosse à goudron (non représentée sur les plans) § Une cheminée § Un bâtiment (probablement un château d'eau) § 3 gazomètres de 800 m³ (n°1, 2 et 2a). Le gazomètre 2a est visible sur un plan de la ville d'Arles de 1871.	AS 538/539
	§ Une écurie et une remise § Un hangar de stockage du charbon, du coke et des divers dépôts de l'usine	Interface entre parcelles AS 538 et AS 295
	§ Un hangar ouvert § Un gazomètre de 1000 m³ (N°3 – visible sur un plan de la ville de 1900)	AS 295
1935 à 1973 (Arrêt de la production de gaz à partir de houille en 1935)	Démolition des gazomètres 1, 2 et 2a en 1956. Installation de 4 citernes sous pression pour le stockage du gaz. Construction des bâtiments administratifs (bureaux) en partie centrale et Sud du site, au droit de l'ancien bâtiment de production de gaz et des anciens gazomètres 2 et 2a.	AS 538 AS 295
Après 1973	Distribution de gaz naturel. Démantèlement progressif des équipements de distribution de gaz non utilisés (citernes, gazomètres) Construction d'un magasin en 1979. Construction de bâtiments au Nord-est du terrain et déplacement du poste de distribution de carburants en 1985/86. Aménagements de parkings.	AS 538 AS 295
1994	Distribution de gaz naturel. Site partagé par EDF (5244 m² – parcelle AS538/539) et GDF (1911 m²- parcelle AS295). Présence de bâtiments administratifs et technique. Présence de parkings, voiries goudronnées (4600 m²) et espaces verts (800 m²).	AS 538 AS 295

Tableau 4 : évolution des installations présentes sur le site sur la période 1846-1994

Un plan de récolement des installations qui se sont succédées sur le site de l'AUG d'Arles entre 1846 et 2014 (jusqu'à la démolition des bâtiments) est présenté en **annexe 4** (Source ICF Environnement – 2006).

3. Contexte environnemental du site

Les données sur le contexte environnemental du site sont issues des différents rapports d'études présentés dans le **tableau 1** au-dessus. Elles sont synthétisées dans les paragraphes suivants pour chacun des milieux étudiés.

3.1 Contexte géologique et hydrogéologique

3.1.1 Contexte géologique local

D'après les données collectées sur la géologie du site au cours des différentes phases d'investigations environnementales effectuées entre 1994 et 2018, la géologie locale est la suivante, depuis la surface du site :

- § 0-0.5 m : terre végétale ou dalle béton, puis remblais divers (charbon, scories, briques, coke) dans une matrice limono-argileuse ;
- § 0.5-4/5 m : sable argileux marron - Alluvions fluviales
- § 5-7/8 m : sable argileux marron - Alluvions fluviales
- § 8-10 m : calcaire altéré (Marnes) – Alternances de calcaire et calcaire marneux (Hauterivien moyen)

3.1.2 Contexte hydrologique et hydrogéologique

Hydrologie

Le site est bordé au Nord par une rivière dénommée "La Roubine du Roy", qui draine les eaux du Canal de Vigueirat vers le Rhône, et qui s'écoule vers l'Ouest-Nord-ouest. Le Canal de Vigueirat circule à environ 600 m à l'Est du site.

Le Rhône circule à environ 500 m à l'Ouest du site.

La figure suivante illustre le contexte hydrologique de la zone d'études.



Figure 2 : contexte hydrologique autour du site (source IGN – Géoportail)

Hydrogéologie

L'hydrogéologie du site a été étudiée à partir de 1994, par la mise en place de piézomètres sur plusieurs secteurs du site, destinés d'une part à étudier la piézométrie au droit du site et évaluer un sens d'écoulement des eaux souterraines et d'autre part à caractériser la qualité environnementale des eaux souterraines en amont, aval et latéral hydraulique du terrain pour étudier la dispersion éventuelle des polluants dans les eaux souterraines au droit du site, ainsi qu'en limite de site. Ces ouvrages atteignent le niveau de la nappe superficielle, en relation avec les cours avoisinants (Rhône et Roubine du Roy).

En 1994, quatre ouvrages ont été implantés par EAT (P1 à P4), positionnés en limite Nord (P1), Sud-ouest (P2), Sud-est (P3) et en limite Est (P4). Ce réseau a été complété par EAT en 1996 par la mise en place d'un ouvrage P5, en aval hydraulique d'une zone réputée impactée par des traceurs de pollution des AUG (Cuves à goudron). En mai 2004, un nouvel ouvrage (P6) a été implanté par ERG Environnement en bordure Sud du site.

Des campagnes de surveillance de la qualité des eaux souterraines ont été réalisées sur ces ouvrages entre 1994 et 2006 par différents bureaux d'études.

En 2012, le réseau piézométrique a été remis en état par ICF Environnement, suite à une dégradation des ouvrages du fait de leur ancienneté. Ainsi, les ouvrages P1 à P6 ont été comblés dans les règles de l'art et réimplantés dans des secteurs identiques aux anciens ouvrages (Pz1bis à Pz5bis), et un nouvel ouvrage Pz7 a été mis en place en bordure Nord-ouest du site. En 2013, ICF Environnement a complété le réseau de surveillance des eaux souterraines avec deux nouveaux ouvrages implantés hors site (Pz8 et Pz9), de l'autre côté de la Roubine du Roy (Chemin de Bressy), afin d'évaluer l'impact des pollutions du site sur la qualité des eaux souterraines hors site.

Des campagnes de surveillance de la qualité des eaux souterraines ont été réalisées sur l'ensemble des ouvrages jusqu'à la réalisation de travaux de réhabilitation par ICF Environnement en 2014, qui ont conduit à détruire plusieurs ouvrages du réseau de surveillance. Dans le cadre des travaux de réhabilitation, et ultérieurement, la surveillance de la qualité des eaux souterraines a porté sur les ouvrages hors site Pz8 et Pz9, jusqu'en septembre 2018.

En l'absence d'impact constaté lors de la campagne de septembre 2018, en particulier en benzène, sur les eaux souterraines des ouvrages Pz8 et Pz9, en aval hydraulique hors site, les deux ouvrages ont fait l'objet d'une neutralisation dans les règles de l'art en octobre 2018 par ERG Environnement, à la demande d'ENGIE.

Les caractéristiques des ouvrages exploités entre 2012 et 2018 sont présentées dans le tableau suivant, ainsi que les niveaux relevés sur les ouvrages du réseau de surveillance lors de la dernière campagne de surveillance les concernant :

Désignation de l'ouvrage	Période d'implantation	Secteur du site	Niveau (en mNGF) du repère de l'ouvrage	Profondeur de l'ouvrage (en m/TN)	Niveau des eaux souterraines (en mNGF) en déc. 2012	Niveau des eaux souterraines (en mNGF) en sept. 2018
Pz1bis	Déc. 2012	Nord – zone centrale	6.93	8	2.71	-
Pz2bis	Déc. 2012	Bordure Sud-ouest	5.71	8.2	2.19	-
Pz3bis	Déc. 2012	Bordure Sud	5.37	8.4	2.59	-
Pz4bis	Déc. 2012	Pointe Est	5.54	8.5	2.86	-
Pz5bis	Déc. 2012		5.77	7	2.72	-
Pz7	Déc. 2012	Angle Nord-ouest du site	6.73	8.3	2.51	-
Pz8	Nov. 2013	Hors site – Secteur Nord (Chemin de Bressy)	5.64	7.96	-	2.38
Pz9	Nov. 2013	Hors site – Secteur Nord-est (Chemin de Bressy)	5.78	7.77	-	2.19

Tableau 5 : caractéristiques des ouvrages exploités pour la surveillance des eaux souterraines entre 2012 et 2018

La localisation des ouvrages piézométriques qui ont été implantés sur le site est présentée sur la figure schématique suivante :

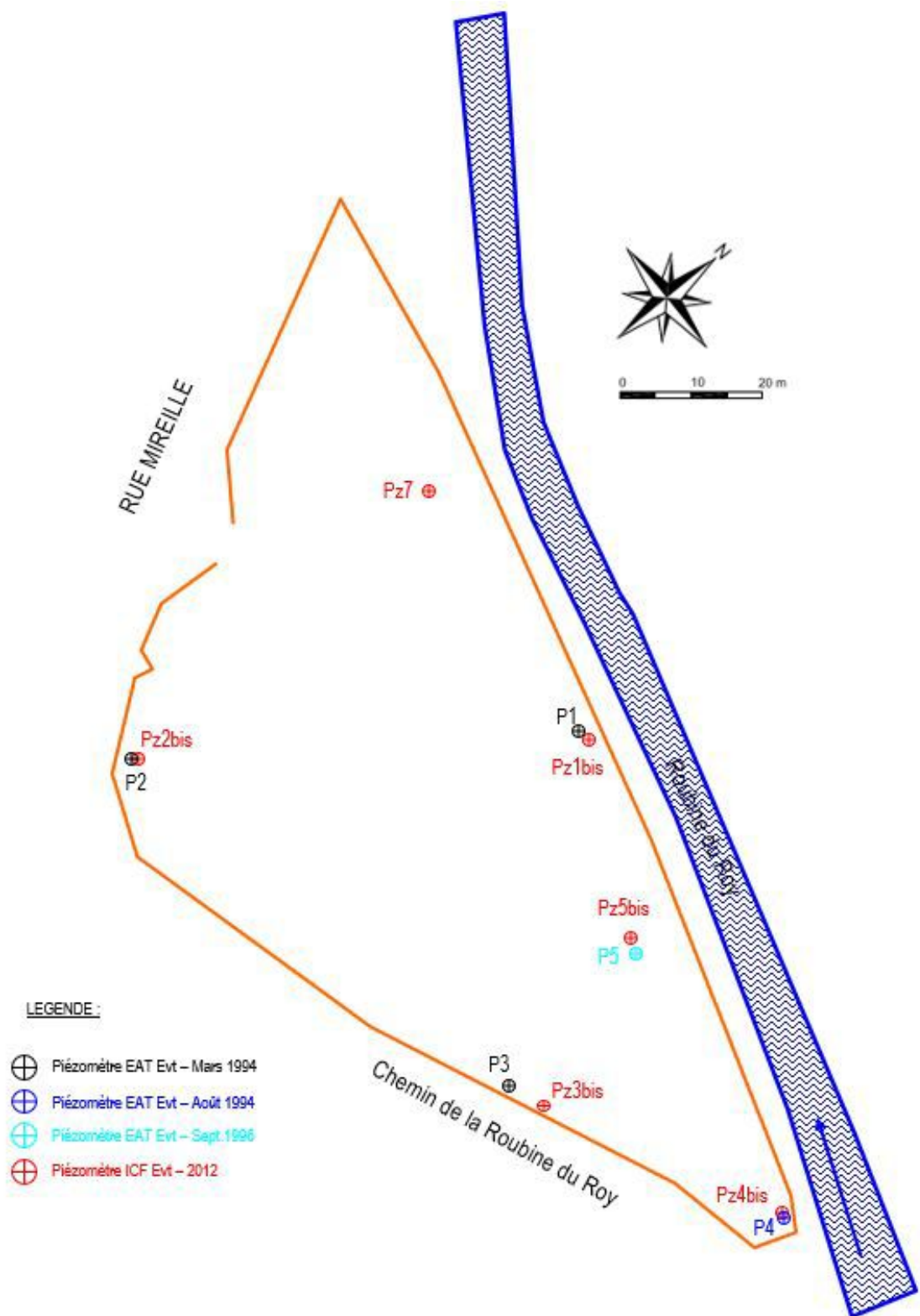


Figure 3 : réseau piézométrique sur site exploité au cours des différentes phase d'études entre 1994 et 2013

La figure suivante illustre l'emplacement des ouvrages Pz8 et Pz9, mis en place en novembre 2013 par ICF Environnement.

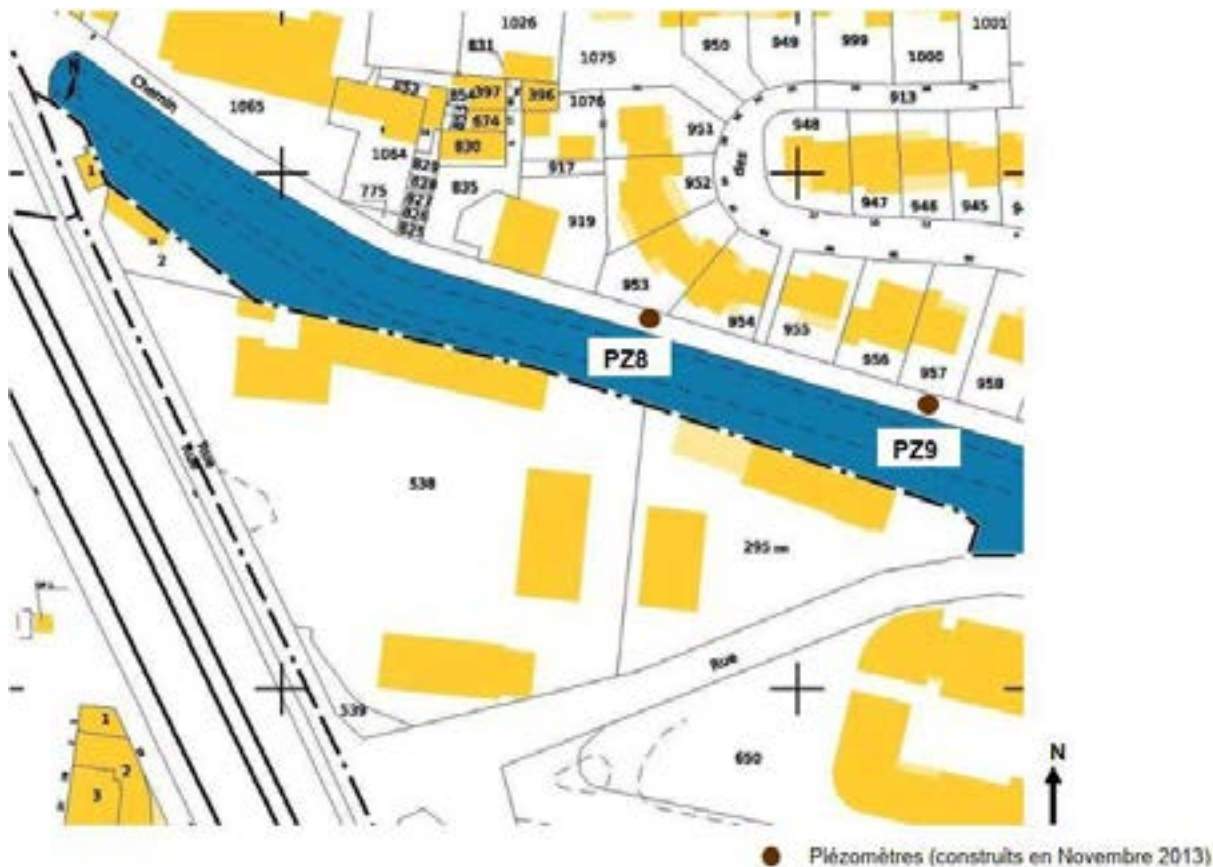


Figure 4 : réseau piézométrique hors site exploité entre 2013 et 2018 (Source ICF Evt – janvier 2014)

Les niveaux des eaux souterraines mesurés sur site en décembre 2012 sur les ouvrages Pz1bis à Pz7bis sont compris entre 2.86 (Pz4bis) et 2.51 mNGF (Pz7). Globalement, le niveau des eaux souterraines varie entre 2.5 et 4.5 m/TN selon les périodes et les secteurs du site.

D'après les différentes campagnes de suivi piézométrique réalisées sur le site, le sens d'écoulement des eaux souterraines sur le site est globalement orienté vers le Nord-est, comme en témoigne la carte piézométrique établie par ICF Environnement après la campagne de décembre 2012, présentée en **annexe 5.1** (Source ICF Environnement).

Lors de la campagne de surveillance ICF environnement de novembre 2013, il a été mis en évidence un sens d'écoulement vers l'Ouest en partie Ouest du site (vers le Rhône) et vers le Nord en partie Est du site (en direction de la Roubine). La carte piézométrique établie par ICF Environnement pour la campagne de novembre 2013 est présentée en **annexe 5.2** (Source ICF Environnement).

3.2 Usages des eaux souterraines

Les usages de l'eau dans la zone d'études ont été étudiés par ICF Environnement pour le compte d'EDF en 2012. Les conclusions de cette étude sont formalisées dans le rapport ICF Environnement du 28 septembre 2012, référencé AIX/12/069-IE-Arles-V2, intitulé "Étude de la sensibilité du milieu eau – recensement des usages".

Il ressort de cette étude qu'aucun captage d'eau souterraine destiné à un usage industriel ou agricole n'a été identifié dans un rayon de 5 km autour du site étudié.

Le premier captage AEP se trouve à Saint-Hyppolite à environ 10 km du site.

Aucun forage n'est référencé dans la BSS dans un rayon de 300 m autour du site. Cependant, un usage privatif des eaux souterraines à proximité du site n'est pas à exclure. A ce sujet, l'étude a permis de collecter des informations sur l'existence d'au moins 3 puits privés non déclarés à environ 200 m en aval du site (Chemin des Templiers et chemin de la Fortune). Il est également envisagé l'existence d'autres puits privés en aval du site, au niveau de la zone pavillonnaire de l'autre côté de la Roubine du Roy (Rive Nord).

Ces suppositions ont été confirmées en 2014 par ICF Environnement qui a effectué un recensement des ouvrages présents au Nord du site sur 45 habitations, dont les conclusions sont formalisées dans le rapport ICF Environnement, de mai 2015, référencé AIX-14-033 IE V1. Ce recensement a permis d'identifier 21 forages d'eau, dont 4 sont abandonnés, alors que les autres sont utilisés pour de l'arrosage d'espaces verts, de potagers et/ou le remplissage de piscine. Un puits perdu existerait également au Nord-ouest du lotissement qui borde la Roubine du Roy, au Nord du site.

3.3 Usages des eaux superficielles

Le réseau hydrographique dans l'environnement du site est constitué de 2 cours d'eau à l'écoulement pérenne :

- § Le Rhône, situé à environ 500 m à l'Ouest du site ;
- § Le Canal de Vigueirat situé à environ 700 m à l'Est du site.

Les eaux du Canal de Vigueirat sont en partie drainées vers le Rhône par :

- § La Roubine du Roy, qui longe la bordure Nord du site étudié ;
- § Le Canal de Crapone situé à 1.3 km au Sud du site.

Les eaux de la Roubine du Roy sont a priori utilisées pour des activités de pêche et peut-être pour l'arrosage de jardins potagers.

Aucune zone de baignade n'est recensée dans la Roubine du Roy à proximité du site.

3.4 Zones remarquables

Le Rhône qui s'écoule à environ 500 m à l'Ouest du site est recensé comme une zone Natura 2000 - directive habitat et une ZNIEFF de type II. Une ZNIEFF de type I (MARAIS DE BEAUCHAMP ET DU PETIT CLAR) est également recensée à environ 1.7 km au Sud-est de la zone d'études.

3.5 Synthèse de la vulnérabilité du site

Les informations recueillies permettent de considérer la vulnérabilité suivante au droit du site :

- Pour les eaux souterraines :

Une vulnérabilité forte pour la nappe superficielle des alluvions en raison de sa faible profondeur (Environ 3 m) et l'absence d'une couverture de surface imperméable sur certains secteurs du site. La sensibilité est moyenne car cette nappe n'est pas utilisée pour l'alimentation en eau potable mais il existe néanmoins des captages privés pour un usage d'arrosage d'espaces verts/potagers, voire de baignade (Alimentation de piscine). À noter également que la Roubine du Roy a probablement une fonction de drainage des eaux souterraines la plupart de l'année, qui limite la diffusion d'une éventuelle pollution en provenance du site vers les puits privés ;

- Pour les eaux superficielles :

Une vulnérabilité forte pour les eaux de la rivière La Roubine du Roy compte-tenu de sa proximité, en bordure Nord du site et de l'usage de pêche recensé.

Une vulnérabilité moyenne pour les eaux du Rhône, dans lesquelles se déversent les eaux de la Roubine du Roy compte tenu de l'éloignement du site (500 m).

4. État de connaissance sur la qualité du sous-sol

De nombreuses études ont été réalisées au droit du site étudié entre 1994 et 2018.

Le tableau présenté en **annexe 6** synthétise l'ensemble des principales phases d'études et de travaux de réhabilitation qui se sont succédées au droit du site. Il présente pour chacune de ces phases d'études ou de travaux, les objectifs, le contenu des missions, les actions réalisées et les principaux constats effectués sur l'état des milieux.

4.1 Synthèse des données environnementales collectées entre 1994 et 2018

4.1.1 Qualité environnementale des sols

Entre 1994 et 2014, les investigations réalisées sur l'emprise de l'AUG par les différents bureaux d'études qui sont intervenus pour le compte de GDF Suez/ENGIE, ont permis de collecter des données qualitatives sur l'état des sols. Les principales campagnes d'investigations des sols sont les suivantes :

- § EAT Environnement – février 1994 : réalisation de 16 sondages jusqu'à 6 m de profondeur maximum (S1 à S10). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et phénols globaux.
- § EAT Environnement – août 1994 : réalisation de 14 sondages supplémentaires jusqu'à 3 m de profondeur maximum (S11 à S23). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et phénols globaux.
- § EAT Environnement – juillet 1996 : réalisation de 11 sondages supplémentaires jusqu'à 6.7 m de profondeur maximum (S26 à S34) et implantation d'un piézomètre (Pz5). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et phénols globaux.
- § EAT Environnement – janvier 2003 : réalisation de 17 tranchées à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur maximum (T1 à T17). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et libres et benzène.
- § ICF Environnement – août 2004 : réalisation de 4 tranchées à la pelle mécanique jusqu'à 4 m de profondeur en partie Est du site (T1 à T4) et de 10 sondages carottés entre 4 et 10 m de profondeur

sur le secteur du magasin et des bureaux en zone centrale. Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et libres et BTEX.

- § ICF Environnement – octobre 2006 : réalisation de 10 tranchées à la pelle mécanique jusqu'à 4 m de profondeur en partie Est du site (T1 à T10). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et libres, BTEX, HCT C10-C40 et métaux sur éluât.
- § ICF Environnement – septembre 2009 : mise en place de 9 piézogaz sur le site à 2 m de profondeur (Pz1 à Pz8 et Pz10). Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et BTEX.
- § ICF Environnement – août 2014 : analyses des teneurs résiduelles dans les sols en place en fond de fouille et bords de fouille à l'issue des travaux de réhabilitation sur les zones n°1 à 4. Analyses des traceurs HAP totaux, cyanures totaux et libres, BTEX et HCT C10-C40.

La localisation des investigations réalisées entre 1994 et 2009 est présentée sur la **figure 7** en annexe.

La localisation des points de contrôle des teneurs résiduelles dans les sols laissés en place à l'issue des travaux de réhabilitation de 2014 est présentée sur la **figure 8** en annexe (Source ICF-2014).

Les teneurs en traceurs de pollution des AUG mesurées à chacune de ces campagnes d'investigations, sur les différents échantillons de sols analysés, sont présentés dans les tableaux **annexe 7**, qui synthétisent les tableaux de résultats issus des différents rapports produits après chacune de ces campagnes. Les données surlignées en bleu sont celles qui correspondent à des points de sondage inclus dans les zones traitées lors des travaux de réhabilitation de 2014 et qui ne peuvent être considérés pour définir l'état résiduel des sols du site.

Les teneurs résiduelles dans les sols actuellement en place sur le site, des principaux traceurs de pollution des AUG (HAP totaux, naphtalène, benzène, BTEX totaux, HCT C10-C40 et cyanures totaux), collectées lors des investigations et phases de travaux effectuées entre 1994 et 2014, sont synthétisées dans le **tableau 44** en annexe, qui compare ces teneurs aux valeurs prises en référence pour les sols (Seuils ISDI, objectifs de réhabilitation, valeur haute des anomalies modérées pour les métaux sur bruts).

Les indices organoleptiques (coloration, odeur, présence de produit pur,...) identifiés dans les sols du site à chacune de ces campagnes sont synthétisés dans le **tableau 45** en annexe.

Les principaux constats sur l'état résiduel des sols après les travaux de réhabilitation de 2014 sont les suivants ;

- § Des spots de pollution concentrée en cyanures sont identifiés sur les secteurs des sondages S6, P3, S20, en bordure Nord de la zone réhabilitée n°4, et en fond de fouille (à 5m, dans la zone saturée) sur la zone réhabilitée n°1, sur lesquels des teneurs en cyanures totaux comprises entre 360 et 950 mg/kg sont mesurées.
- § Des spots de pollution concentrée en HAP totaux sont identifiés sur les secteurs des sondages S6, P3, S20, S22, S23, S2, S3, S8, S9, S10, en bordure de fouille Nord-ouest de la zone réhabilitée n°2, en fond de fouille (à 3m) sur la zone réhabilitée n°2, en bordure de fouille Nord des zones réhabilitée n°3 et 4, en bordure de fouille Sud de la zone réhabilitée n°4, et en fond de fouille (à 5m, dans la zone saturée) de la zone réhabilitée n°3, sur lesquels des teneurs en HAP totaux comprises entre 510 et 13 000 mg/kg sont mesurées. À noter également que de nombreuses teneurs comprises entre 50 et 500 mg/kg sont mesurées dans les sols en place sur le site, témoignant d'une pollution "diffuse" en HAP à l'échelle du site, en particulier sur les zones centrales et Est du site, sur lesquelles la plupart des installations de l'AUG étaient localisées historiquement.
- § Des spots de pollution concentrée en HCT C10-C40 et BTEX sont également identifiés en zone saturée, en fond de fouille de la zone réhabilitée n°3, avec des teneurs respectives de 30 000 mg/kg et 340 mg/kg.

Entre 1994 et 2014, peu de données ont été collectées sur les teneurs en HTC et BTEX dans les sols du site, de même que sur les teneurs en métaux dans les sols de surface. De fait, les compléments

d'investigations présentés ci-après intègrent des analyses systématiques de ces paramètres afin de collecter les données nécessaires à l'établissement du plan de gestion.

En ce qui concerne les spots de pollution concentrée identifiés à l'issue des travaux de réhabilitation dans les sols en zone saturée, sur les fouilles n°1 (cyanures) et n°3 (BTEX, HAP et HCT), leur gestion ne sera pas prise en compte dans le plan de gestion présenté dans ce document, compte-tenu des contraintes techniques liées à leur éventuelle gestion et au risque d'impact sur la qualité des eaux souterraines que cela pourrait engendrer. Néanmoins, la compatibilité sanitaire du terrain sur le secteur de la zone 3, compte-tenu du maintien de ces pollutions résiduelles sur le site, a fait l'objet d'une évaluation, par un contrôle de la qualité de l'air des sols, dans le but d'évaluer le relargage des composés volatils à partir de la source en zone saturée. Ce contrôle n'a pas révélé de dégradation marquée de la qualité de l'air des sols au droit de la zone n°3.

4.1.2 Qualité des eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines a été étudiée à partir de 1994 jusqu'en septembre 2018, période à laquelle la surveillance des eaux souterraines du site et en aval hydraulique hors site a été arrêtée.

La surveillance effectuée entre 1994 et 2006 a mis en évidence des impacts en traceurs de pollution des AUG (HAP, BTEX, ammonium et cyanures) dans les eaux souterraines du site, sur les ouvrages P1 (Pz1bis), P3 (Pz3bis) et P5(Pz5bis). Ces impacts sont associés aux teneurs en polluants mesurées dans les sols sur les zones d'implantation de ces ouvrages. En effet, il se trouve que les ouvrages P1 et P5 sont situés en aval immédiat des sources sols en traceurs de pollution des AUG les plus importantes et que l'ouvrage P3 est situé au droit d'une source sols concentrée en HAP, phénols et cyanures totaux.

Les teneurs mesurées entre 2004 et 2006 en cyanures totaux, benzène et en HAP (somme des 6 HAP) sont présentées dans les tableaux suivants (source ICF Environnement – janvier 2014) :

DATE	Concentration en cyanures totaux (µg/l)				
	P1 (Aval)	P3 (Amont central)	P4 (Aval latéral)	P5 (Aval)	P6 (Amont central)
Mai 2004	32 050	4 500	1 050	2 450	570
Octobre 2004	-	-	-	7 950	-
Avril 2005	220 000	5 200	20	13 000	12
Novembre 2005	-	6 200	8 400	4 400	-
Mai 2006	52 000	5400	2200	3700	-
Novembre 2006	18 000	4300	4700	4700	-

DATE	Concentration en benzène (µg/l)				
	P1 (Aval)	P3 (Amont central)	P4 (Aval latéral)	P5 (Aval)	P6 (Amont central)
Mai 2004	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Octobre 2004	-	-	-	960	-
Avril 2005	24	< 0.20	0.41	700	< 0.20
Novembre 2005	-	1.1	0.91	130	-
Mai 2006	< 0.20	< 0.20	< 0.20	810	-
Novembre 2006	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	-

DATE	Concentration en 6 HAP (µg/l)				
	P1 (Aval)	P3 (Amont central)	P4 (Aval latéral)	P5 (Aval)	P6 (Amont central)
Mai 2004	0.15	0.01	n.d.	n.d.	n.d.
Octobre 2004	-	-	-	2	-
Avril 2005	nd	nd	nd	0.062	nd
Novembre 2005	-	nd	nd	0.036	-
Mai 2006	5.31	9.262	0.206	1.929	-
Novembre 2006	0.094	1.123	0.05	0.894	-

Tableau 6 : résultats d'analyses des eaux souterraines entre 2004 et 2006 (source ICF – janvier 2014)

La synthèse des données de surveillance des eaux souterraines du site entre décembre 2012 et novembre 2013 est présentée dans le tableau suivant (Source ICF Environnement – janvier 2014) :

Désignation d'échantillon		Pz1bis aval hydraulique			Pz2bis Aval hydraulique			Pz3bis Aval hydraulique			Pz4bis Aval hydraulique			Pz5bis Aval hydraulique			Pz7 Aval hydraulique			Valeurs réglementaires françaises pour les eaux destinées à la consommation humaine	
		13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	13/12/2012	03/05/2013	25/11/2013	Annexes I et II de l'arrêté du 11/01/2007	
Paramètre	Unité																			Limite 1	Limite 2
Ammonium	mg NH ₄ /l	-	286	316	-	0,74	1,74	-	176	483	-	170	230	-	215	251	-	26,2	35,9	0,1	4
INDICE PHENOL																					
Indice phénol	µg/l	440	630	710	<10	<10	<10	11	14	<10	<10	<10	<10	140	170	160	<10	<10	<10	/	100
CYANURES																					
Cyanures aisément libérables	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	/	/
Cyanures totaux	µg CN/l	3200	4100	2300	48	110	89	1600	2200	1000	990	3100	990	3100	2800	3000	880	780	670	50	50
ELEMENTS TRACES METALLIQUES																					
Arsenic (As)	mg/l	0,317	0,109	0,212	<0,005	<0,005	0,008	0,03	0,027	0,016	<0,005	<0,005	0,009	0,025	0,018	0,022	<0,005	<0,005	<0,005	0,010	0,100
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,005
Chrome (Cr)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,050	0,050
Plomb (Pb)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,010	0,050
Nickel (Ni)	mg/l	0,008	0,005	0,0061	0,008	0,003	0,0041	0,008	<0,002	0,0021	0,007	0,007	0,0051	<0,005	0,002	<0,002	<0,005	0,003	0,0029	0,020	/
Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40																					
Hydrocarbures totaux C10 -C40	mg/l	6,87	7,15	1,71	<0,03	<0,03	<0,03	0,601	0,678	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	2,24	1,39	0,551	<0,03	<0,03	<0,03	/	1
Hydrocarbures C10-C16	mg/l	6,64	6,77	1,56	<0,008	<0,008	<0,008	0,586	0,647	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	2,08	1,31	0,493	<0,008	<0,008	<0,008	/	/
Hydrocarbures > C16-C22	mg/l	0,187	0,294	0,099	<0,008	<0,008	<0,008	0,011	0,021	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	0,147	0,067	0,033	<0,008	<0,008	<0,008	/	/
Hydrocarbures > C22-C30	mg/l	0,046	0,056	0,034	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	0,01	0,011	0,016	<0,008	<0,008	<0,008	/	/
Hydrocarbures > C30-C40	mg/l	<0,008	0,021	0,013	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	0,009	<0,008	<0,008	<0,008	/	/
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)																					
Naphtalène	µg/l	1900	3000	4600	0,29	0,44	1,7	0,23	26	80	17	12	1,2	1400	0,22	1300	0,17	0,58	2,8	/	/
Acénaphthylène	µg/l	16	44	98	0,18	<0,01	0,04	1,1	8	4,5	0,02	0,11	0,05	80	20	30	<0,01	<0,01	0,03	/	/
Acénaphthène	µg/l	11	26	40	0,08	<0,01	0,02	1,3	8	4,4	0,16	0,13	0,04	33	30	30	0,02	<0,01	0,02	/	/
Fluorène	µg/l	33	89	180	0,06	<0,01	0,07	1,2	4	2,6	0,07	0,04	0,01	34	29	29	0,09	<0,01	0,03	/	/
Anthracène	µg/l	7,4	15	93	0,03	0,01	0,03	0,54	0,24	0,64	0,02	0,01	<0,01	5,5	3,8	4,7	0,14	0,03	0,02	/	/
Fluoranthène*	µg/l	3,6	14	85	0,13	0,05	0,07	0,17	<0,63	0,48	0,09	0,02	0,01	4,3	3,3	3,4	0,15	0,28	0,07	/	/
Pyrène	µg/l	2,8	7,3	53	0,13	0,04	0,05	0,2	0,23	0,2	0,06	0,02	<0,01	2,4	1,9	2	0,15	0,23	0,05	/	/
Benzo(a)anthracène	µg/l	0,14	2,5	16	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,14	0,18	0,15	0,04	0,09	0,02	/	/
Chrysène	µg/l	0,16	1,1	16	0,06	0,02	0,02	0,03	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,12	0,12	0,15	0,06	0,07	0,02	/	/
Benzo(b)fluoranthène*	µg/l	0,04	0,95	17	0,08	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,1	0,11	0,02	0,14	0,03	/	/
Benzo(k)fluoranthène*	µg/l	0,02	<0,65	7,3	0,02	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04	0,04	0,01	0,06	0,01	/	/
Benzo(a)pyrène*	µg/l	0,04	<0,65	14	0,05	0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,08	0,08	0,02	0,08	0,02	0,01	/
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,01	0,15	2,5	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	/	/
Indeno-(1,2,3-cd)-Pyrene*	µg/l	<0,01	<0,65	5,8	0,05	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,03	<0,01	0,05	0,01	/	/
Phénanthrène	µg/l	24	64	300	0,15	0,02	0,08	0,24	<0,63	2	0,15	0,04	0,01	27	11	24	0,53	0,07	0,04	/	/
Benzo(ghi)Pérylène*	µg/l	<0,01	0,22	4,4	0,05	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,03	<0,01	0,06	0,01	/	/
Somme des 4 HAP (*)	µg/l	0,06	1,17	34,5	0,2	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	-/-	-/-	-/-	0,11	0,2	0,21	0,03	0,31	0,06	0,1	/
Somme de 6 HAP *	µg/l	3,7	15,17	133,5	0,38	0,14	0,14	0,21	-/-	0,49	0,09	0,02	0,01	4,45	3,58	3,69	0,2	0,67	0,15	/	1
Somme des 16 HAP	µg/l	1998	3264	5532	1,41	0,69	2,17	5,08	46,5	94,9	17,6	12,4	1,32	1587	99,8	1424	1,4	1,76	3,18	/	/
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																					
Benzène	µg/l	4120	6400	5720	1,07	<0,50	<0,50	54,5	53,4	17,5	1,93	5,48	0,69	948	2190	4540	<0,50	<0,50	<0,50	1	/
Toluène	µg/l	160	148	154	<1,00	<1,00	<1,00	10,4	18,5	1,5	<1,00	<1,00	1	115	74,2	31	<1,00	<1,00	1,4	/	/
Ethylbenzène	µg/l	138	108	44,7	<1,00	<1,00	<1,00	4	5,2	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	24,1	39,3	22,4	<1,00	<1,00	<1,00	/	/
o-Xylène	µg/l	252	345	184	<1,00	<1,00	<1,00	9,7	15,3	1,2	<1,00	<1,00	<1,00	38,2	50,8	26,7	<1,00	<1,00	<1,00	/	/
Xylène (méta-, para-)	µg/l	468	378	197	<1,00	<1,00	<1,00	17,1	30,1	1,1	<1,00	<1,00	<1,00	71,4	67	16,9	<1,00	<1,00	<1,00	/	/

-/- : somme non déterminée- les substances incluses dans la somme présentent des concentrations inférieures aux limites de quantification analytique

/ : pas de valeur limite

- : non analysé

Limite 1 : limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine

Limite 2 : limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine

En italique, concentration supérieure à limite 1

En gras, concentration supérieure à limite 2

Tableau 7 : résultats d'analyses des eaux souterraines du site entre décembre 2012 et novembre 2013 (source ICF – janvier 2014)

La comparaison des données collectées entre mai 2004 et novembre 2013 sur les ouvrages P1/Pz1bis à P5/Pz5bis pour les paramètres cyanures totaux, somme des 6HAP et benzène, a révélé les évolutions suivantes :

- § La diminution globale des teneurs en cyanures totaux depuis 2004 ;
- § Une fluctuation du paramètre somme des 6 HAP entre 2004 et 2006, avec une tendance globale à la baisse, qui n'a pas été confirmée en décembre 2012 sur les ouvrages Pz1bis et Pz5bis, en aval hydraulique du site, qui présentent des teneurs en 6HAP de respectivement 133,5 µg/l et 3,69 µg/l;
- § Une augmentation de concentrations en benzène en aval du site en 2012/2013 par rapport à celle mesurée entre 2004 et 2006. En effet, en novembre 2013, les teneurs les plus significatives sont mesurées en aval hydraulique, sur les ouvrages Pz1bis et Pz5bis, qui présentent des teneurs respectives en benzène de 5,7 et 4,5 mg/l. À noter qu'aucune campagne de surveillance n'a eu lieu entre 2006 et 2012.

En novembre 2013, une surveillance de la qualité des eaux souterraines a également été réalisée en aval hydraulique hors site, sur les ouvrages Pz8 et Pz9.

Les résultats de cette surveillance sont présentés dans le tableau suivant (Source ICF Environnement – janvier 2014) :

Désignation d'échantillon		Pz8		Pz9		Valeurs réglementaires françaises pour les eaux destinées à la consommation humaine	
Paramètre		25/11/2013		25/11/2013		Annexes I et II de l'arrêté du 11/01/2007	
Unité						Limite 1	Limite 2
Ammonium		mg NH ₄ /l		0,1		0,1	4
INDICE PHENOL							
Indice phénol		µg/l		<10		/	100
CYANURES							
Cyanures aisément libérables		µg/l		<10		/	/
Cyanures totaux		µg CNl		27		50	50
ELEMENTS TRACES METALLIQUES							
Arsenic (As)		mg/l		0,039		0,010	0,100
Cadmium (Cd)		mg/l		<0,005		0,005	0,005
Chrome (Cr)		mg/l		<0,005		0,050	0,050
Plomb (Pb)		mg/l		<0,005		0,010	0,050
Nickel (Ni)		mg/l		<0,002		0,020	/
Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40							
Hydrocarbures totaux C10-C40		mg/l		0,039		/	1
Hydrocarbures C10-C16		mg/l		0,026		/	/
Hydrocarbures > C16-C22		mg/l		<0,008		/	/
Hydrocarbures > C22-C30		mg/l		<0,008		/	/
Hydrocarbures > C30-C40		mg/l		<0,008		/	/
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)							
Naphthalène		µg/l		4,2		/	/
Acénaphthylène		µg/l		<0,01		/	/
Azénaphtène		µg/l		0,02		/	/
Fluorène		µg/l		0,01		/	/
Anthracène		µg/l		<0,01		/	/
Fluoranthène*		µg/l		<0,01		/	/
Pyrène		µg/l		<0,01		/	/
Benz(a)anthracène		µg/l		<0,01		/	/
Chrysène		µg/l		<0,01		/	/
Benz(b)fluoranthène*		µg/l		<0,01		/	/
Benz(k)fluoranthène*		µg/l		<0,01		/	/
Benz(a)pyrène*		µg/l		<0,01		0,01	-
Dibenz(a,h)anthracène		µg/l		<0,01		/	/
Indeno(1,2,3-cd)Pyrene*		µg/l		<0,01		/	/
Phénanthrène		µg/l		<0,01		/	/
Benz(ghi)Pérylène*		µg/l		<0,01		/	/
Somme des 4 HAP(*)		µg/l		-/		0,1	/
Somme de 6 HAP*		µg/l		-/		/	1
Somme des 10 HAP		µg/l		4,23		/	/
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS							
Benzène		µg/l		0,5		1	/
Toluène		µg/l		<1,00		/	/
Ethylbenzène		µg/l		2,2		/	/
o-Xylène		µg/l		<1,00		/	/
Xylène (méta-, para-)		µg/l		3,5		/	/

-/- : somme non déterminée- les substances incluses dans la somme présentent des concentrations inférieures aux limites de quantification analytique
/ : pas de valeur limite - : non analysé

Limite 1 : limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine

Limite 2 : limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine

En italique, concentration supérieure à limite 1

En gras, concentration supérieure à limite 2

Tableau 8 : résultats d'analyses des eaux souterraines hors site novembre 2013 (source ICF – janvier 2014)

Ces résultats indiquent des anomalies en benzène et arsenic sur l'ouvrage Pz8, ainsi que la présence de naphthalène sur les deux ouvrages avec une teneur maximum de 4,2 µg/l mesurée sur Pz8. Ces anomalies pourraient être en lien avec la pollution identifiée au droit de l'AUG, avec toutefois une forte atténuation des teneurs en polluants par rapport à celles mesurées en aval hydraulique du site.

À la suite des travaux de réhabilitation, une surveillance de la qualité des eaux souterraines a été effectuée sur les ouvrages en aval hors site (Pz8 et Pz9), qui a révélé une augmentation modérée de la teneur en benzène sur Pz8 après les travaux avec une teneur qui est passée de 20,3 µg/l (avant travaux) à 34,3 µg/l (après travaux). Cependant, la teneur mesurée après travaux reste inférieure à celle mesurée lors de la campagne de novembre 2013 (66 µg/l). Des anomalies en ammonium sont également mesurées après travaux sur Pz8, avec une teneur de 34.7 mg/l en août 2014.

Entre juillet et septembre 2014, ICF Environnement a procédé à un recensement des ouvrages en relation avec la nappe en périphérie Nord du site (aval hydraulique) et à des prélèvements et analyses des teneurs en traceurs de pollution sur 5 des ouvrages recensés. Les résultats détaillés de cette étude sont présentés dans le rapport ICF Environnement référencé AIX-14-033 IE V1 du 04/05/2015.

Les résultats de ces analyses indiquent que la présence d'ammonium, benzène et cyanures totaux n'est peut-être pas en lien avec l'AUG, contrairement aux teneurs en naphtalène. En effet, l'étude des courbes d'iso-concentration pour les paramètres ammonium, benzène et cyanures totaux révèle l'existence probable d'une source de pollution localisée au Nord-ouest du lotissement sur la rive droite de la Roubine du Roy (Puit perdu non investigué ?). Pour le naphtalène, les courbes d'iso-concentration font apparaître que la source se situe au droit de la zone de l'AUG.

Par la suite, la surveillance de la qualité des eaux souterraines hors site a été maintenue jusqu'en septembre 2018. En février 2016, on constate :

- § Une diminution de la teneur en ammonium sur Pz8 (18 mg/l)
- § Une diminution de la teneur en benzène sur Pz8 (2,3 µg/l)
- § Une relative stabilité de la teneur en cyanures totaux.

Lors de la dernière campagne de surveillance des eaux souterraines hors site, réalisée en septembre 2018, il apparaît que l'ensemble des teneurs en polluants mesuré sur les deux ouvrages en aval hydraulique du site sont inférieures ou proches des limites de quantification analytiques, en particulier sur l'ouvrage Pz8, sur lequel les teneurs en benzène, ammonium et cyanures totaux respectent les valeurs de référence.

Les teneurs mesurées sur les deux ouvrages lors de cette campagne sont présentées dans le tableau suivant (Source ERG Environnement – Octobre 2018) :

Position hydraulique : Date prélèvement :		Pz8	Pz9	Valeur de référence
		07.09.18	07.09.18	
Paramètres	Unités			
CYANURES				
Cyanures aisément libérables	mg/L	<0,01	<0,01	0,05
Cyanures totaux	mg/L	0,028	0,012	
HAP				
Acénaphthène	µg/L	<0,01	<0,01	
Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,0075	<0,0075	
Fluorène	µg/L	<0,01	<0,01	
Phénanthrène	µg/L	<0,01	<0,01	
Anthracène	µg/L	<0,01	<0,01	
Fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	
Pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	
Benzo(a)-anthracène	µg/L	<0,01	<0,01	
Chrysène	µg/L	<0,01	<0,01	
Benzo(b) fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	
Benzo(k) fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	
Dibenzo (a,h)anthracène	µg/L	<0,01	<0,01	
Naphtalène	µg/L	0,02	0,02	
Acénaphthylène	µg/L	0,02	<0,01	
Benzo (ghi) Pérylène	µg/L	<0,01	<0,01	
Indeno (1, 2,3-cd) Pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	
Somme des HAP	µg/L	0.04<x<0.177	0.02<x<0.168	
Somme des 6 HAP	µg/L	Nq	Nq	1
BTEX				
Benzène	µg/L	<0,50	<0,50	
Toluène	µg/L	<1,00	<1,00	
Éthylbenzène	µg/L	<1,00	<1,00	
Xylènes totaux	µg/L	<1,00	<1,00	
AMMONIUM				
NH ₄	mg/L	0,64	<0,05	4
METAUX ET METALLOÏDES				
Arsenic (As)	mg/L	0,007	<0,005	0,1
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,005	<0,005	0,005
Chrome (Cr)	mg/L	<0,005	<0,005	0,05
Cuivre (Cu)	mg/L	<0,01	<0,01	
Nickel (Ni)	mg/L	<0,005	<0,005	
Plomb (Pb)	mg/L	<0,005	<0,005	0,05
Zinc (Zn)	mg/L	<0,02	<0,02	5
Mercure (Hg)	µg/L	<0,20	<0,20	1

Tableau 9 : résultats d'analyses des eaux souterraines hors site – campagne de septembre 2018
(source ERG Environnement – octobre 2018)

Aucun impact en traceurs de pollution n'étant détecté en aval hydraulique du site, le réseau de surveillance hors site a été neutralisé et la surveillance arrêtée.

4.1.3 Qualité de l'air des sols

La qualité de l'air des sols du site de l'AUG a été évaluée à deux périodes :

- § Investigations complémentaires des gaz du sol, dans le cadre de la réalisation d'une EQRS en vue d'un aménagement du site. L'étude est présentée dans le rapport ICF Environnement, référencé AIX/09/114-IB-V1, daté du 15 décembre 2009. Au cours de ces investigations, 10 piézogaz ont été implantés en septembre 2009 jusqu'à 2m de profondeur/TN sur différents secteurs du site, de façon à couvrir les 4 zones présentant des sources concentrées en polluants dans les sols, ainsi que les autres secteurs du site devant accueillir des bâtiments dans le cadre du projet envisagé à cette

période. Des prélèvements d'air des sols ont été réalisés sur ces ouvrages de façon à caractériser les teneurs en traceurs de pollution dans ce milieu (HAP, naphtalène, BTEX et HCN).

Il était ressorti de ces contrôles que les ouvrages Pz1 et Pz2 présentaient les teneurs en benzène (45 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur Pz2) et/ou naphtalène (14 780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur Pz1) les plus élevées, en relation avec les teneurs élevées mesurées pour ces polluants dans les sols sur ces secteurs. Des teneurs significatives en BTEX (Entre 37.6 et 549.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et naphtalène (Entre 98.10 et 394.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont également mesurées sur les autres ouvrages, à l'exception des ouvrages Pz5, Pz7 et Pz10.

- § Contrôle des teneurs résiduelles dans l'air des sols sur les 4 zones réhabilitées dans le cadre des travaux de réhabilitation menés par ICF Environnement en 2014. Les résultats de ces contrôles sont présentés dans le rapport de fin de travaux d'ICF Environnement, référencé AIX/14/033-TB-V1, daté du 24 novembre 2014. Au cours de cette campagne de contrôle post-travaux, 5 piézogaz ont été implantés en septembre 2014 jusqu'à 2m de profondeur/TN sur les 4 zones réhabilitées. Deux ouvrages ont été mis en place sur la zone n°2 (Pzg2 et Pzg2'), et un ouvrage a été mis en place sur chacune des 3 autres zones réhabilitées (Pzg1, Pzg3 et Pzg4). Des prélèvements d'air des sols ont été réalisés sur ces ouvrages de façon à caractériser les teneurs en traceurs volatils de pollution sur ces zones (naphtalène, BTEX et HCT C5-C16).

Il était ressorti de ces contrôles que les teneurs les plus élevées en benzène étaient mesurées sur la zone 1 (Pzg1), avec une teneur de 11.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que le naphtalène n'était détecté sur aucun des ouvrages, que des TEX étaient détectés sur les ouvrages Pzg2, Pzg2', Pzg3 et Pzg4, avec des teneurs en xylènes (composé majoritaire) comprises entre 13.7 (Pzg2') et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pzg3 et Pzg4).

D'après les seuils sanitaires définis dans l'ESG-2013 par GDF SUEZ, ces teneurs étaient jugées compatibles avec le projet d'aménagement pris en compte à cette période (Mise en place de bâtiment sur la partie Ouest et parking à l'Est du terrain).

Les teneurs mesurées en composés volatils traceurs de pollution des AUG lors de ces deux campagnes de contrôle de la qualité de l'air des sols sont synthétisées dans le **tableau 46** en annexe. Sur les secteurs réhabilités, les données de la campagne de 2014 constituent l'état résiduel de l'air des sols du site.

La localisation des points de contrôle de la qualité de l'air des sols sur le site est illustrée sur la **figure 8** en annexe, en superposition aux plans des anciennes installations et investigations réalisées dans l'emprise du site.

4.2 Travaux de réhabilitation réalisés sur le site entre 1994 et 2014

4.2.1 Purges des cuves à goudrons (2002)

À la suite des investigations réalisées entre 1994 et 2001 par EAT Environnement, qui ont permis d'identifier l'existence de deux cuves à goudron en zone centrale du site (entre le bâtiment de bureaux et le magasin), contenant des produits purs, et de les délimiter, des travaux de gestion de cuves ont été réalisés en mai/juin 2002. Ces travaux de gestion ont consisté :

- § Au pompage des eaux souillées dans les cuves et leur élimination en centre de traitement.
- § A la purge des goudrons et matériaux souillés dans les cuves et leur gestion en centre de traitement.
- § Au nettoyage des parois des cuves, et au pompage/élimination des eaux de lavage
- § Au remblaiement des cuves avec des matériaux d'apport sains provenant de carrière.

Au total, environ 288 tonnes de goudron ont été éliminés, ainsi que 16 m³ d'eau polluée.

La localisation sur le site des cuves traitées et des installations connexes également gérées dans le cadre des travaux est présentée sur la figure en **annexe 8** (source EAT Environnement – Nov. 2003).

4.2.2 Réhabilitation des zones polluées (2014)

Dans le cadre d'un projet de vente du site de l'AUG d'Arles, GDF Suez a confié à ICF Environnement la maîtrise d'œuvre des travaux de réhabilitation du site, visant à traiter les zones sources de pollution dans les sols de la zone non saturée et à contrôler l'atteinte des objectifs de réhabilitation via des mesures dans l'air des sols sur les zones réhabilitées. Ces travaux ont été menés entre juin et août 2014 par la société SERPOL.

Ces travaux ont été réalisés sur la base du schéma de réhabilitation réalisé par ICF Environnement, référencé AIX/14/033_TB_V1 du 14/05/2014.

D'après le schéma de réhabilitation du site, les travaux consistaient à la gestion par tri-excavation des sources de pollution en traceurs de pollution des AUG dans les sols (HAP, BTEX) dans la zone non saturée et à leur gestion hors site, sur 4 zones du site (Zones n°1 à 4), jugées incompatibles avec le projet d'aménagement envisagé à cette période. À noter que la compatibilité du site a été évaluée sur la base des critères de gestion définis dans l'étude semi-générique dans sa version de mars 2013. En parallèle des travaux, une surveillance de la qualité de l'air ambiant et des eaux souterraines en aval hors site a également été réalisée afin d'évaluer l'impact des travaux sur l'environnement du site.

Le plan des zones à réhabiliter établi par ICF Environnement avant travaux est présenté en **annexe 9.1**.

À l'issue des travaux de réhabilitation sur les 4 zones à traiter, identifiées à partir des données collectées lors des diagnostics environnementaux antérieurs, le bilan des travaux était le suivant (source rapport de fin de travaux ICF Environnement – AIX 14 033 TB-V1 du 21/11/2014) :

- § Excavation de 3711 m³ de matériaux ;
- § Envoi et traitement de 1370 m³ de terres impactées en désorption thermique ;
- § Envoi en incinération de 25.5 tonnes de produits pâteux ;
- § Recyclage de 140 m³ de béton et enrobé ;
- § Réutilisation de 2201 m³ de terres du site jugées compatibles issues du tri ;
- § Apport de 1030 m³ de matériaux de carrière pour la finalisation du remblaiement des fouilles.

Le plan délimitant les emprises réhabilitées à l'issue des travaux supervisés par ICF Environnement est présenté en **annexe 9.2**. Ce plan localise également les points de prélèvement des gaz du sol après travaux sur chacune des 4 zones réhabilitées (Pzg1 à Pzg4).

En fin de travaux, les teneurs résiduelles en traceurs de pollution des AUG (HAP, HCT C10-C40, cyanures, BTEX) dans les sols laissés en place sur les 4 zones réhabilitées ont été déterminées par analyses d'échantillons composites représentatifs des sols en bord et fond de fouilles. Ces résultats sont présentés dans le **tableau 44** en annexe et discutés plus loin, dans la synthèse des données qualitatives des milieux.

De même, les teneurs résiduelles dans l'air des sols en traceurs de pollution volatils des AUG (HCT C5-C16 et BTEX-Naphtalène) ont été déterminées sur chacune des zones traitées. Ces résultats sont présentés plus loin dans la synthèse des données qualitatives des milieux.

À l'issue des travaux, les teneurs résiduelles dans les sols laissés en place et dans les gaz du sol sur les 4 zones réhabilitées ont été jugées compatibles avec les aménagements projetés à l'époque, sur la base des critères sols et air du sol issus de l'ESG-2013.

4.3 Incertitudes à l'issue des investigations antérieures

À la suite des campagnes d'investigations antérieures, les incertitudes suivantes subsistent :

- § La qualité environnementale des matériaux utilisés pour remblayer les fouilles réalisées au droit des 4 zones réhabilitées en 2014, en particulier ceux issus du tri sur les zones réhabilitées, n'est précisément connue et il paraît nécessaire de s'assurer qu'ils ne représentent pas une

source de pollution concentrée au sens de la méthodologie de gestion des sites pollués d'avril 2017 ;

- § L'étendue des sources concentrées maintenues en place à l'issue des travaux de réhabilitation de 2014, n'est pas précisément identifiée, notamment en bordure Sud de la zone 4, sur le secteur des sondages P3 et S23 (bordure Sud de la parcelle AS295), sur la zone réhabilitée n°3 et en bordure de la zone réhabilitée n°2. De nouvelles reconnaissances visant à délimiter et préciser l'extension de ces sources de pollutions sont donc nécessaires vis-à-vis du nouveau projet d'aménagement du site ;
- § Les dernières données sur la qualité de l'air des sols datent de 2014 et ne coïncident pas avec le nouveau projet d'aménagement envisagé sur le site de l'AUG. De fait, de nouvelles données sur la qualité des gaz du sol doivent être acquises afin d'évaluer le risque sanitaire au regard du projet d'aménagement prévu.
- § Les données disponibles sur la qualité des sols ne couvrent pas l'ensemble des critères d'acceptation en ISDI défini dans l'arrêté du 12 décembre 2014. Ces données seront utiles pour évaluer la qualité globale des sols en vue de leur gestion hors site dans le cadre des travaux d'aménagement.

Ces incertitudes ont motivé les investigations réalisées par BG en février 2020, présentées dans les paragraphes suivants.

4.4 Complément d'investigations de février 2020

4.4.1 Programme d'investigations

L'ensemble des données disponibles a été analysé, permettant d'évaluer les orientations à prendre quant aux investigations complémentaires nécessaires, et dans le cadre de l'établissement du plan de gestion. Comme évoqué précédemment les investigations complémentaires ont porté sur les matrices sols profonds et air du sol, dans la mesure où la qualité des eaux souterraines en aval du site ne montrait pas d'impact en septembre 2018.

Les investigations réalisées entre le 27 janvier 2020 et le 5 février 2020 ont consisté :

- § En la réalisation de 19 fouilles à la pelle mécanique (F1 à F19), réparties sur les différents secteurs du site, aussi bien au droit des anciennes zones réhabilitées, en périphérie de celles-ci et sur les autres secteurs du site concernés par les futurs aménagements ;
- § En la pose de 7 piézajais répartis sur le site, PG1 à PG3, PG5, PG6, PG9 et PG10 ;
- § En la réalisation de deux cannes gaz (PG4 et PG7) sur deux secteurs non accessibles avec un atelier de forage (Zones réhabilitées n°1 et n°4).

Un géomètre-expert a géoréférencé l'ensemble des points investigués, soit un total de 26 points. Le plan produit par la Géomètre est présenté en **annexe 10** la localisation des investigations menées en février 2020 sur le site de l'AUG.

4.4.2 Méthodologie, stratégie analytique et valeurs de référence

Matrice sols profonds

Les sondages ont été réalisés jusqu'à 3m de profondeur à l'aide d'une pelle mécanique.

L'échantillonnage des sols a été réalisé tous les mètres lorsque la lithologie des terrains rencontrés était homogène ou en fonction des indices de terrain. Des mesures de terrain ont été réalisées sur les échantillons présentant des indices de pollution à l'aide d'un détecteur à gaz par photo-ionisation (PID) qui permet de mesurer les composés organiques volatils (COV), de manière qualitative.

A noter que lors de la mise en place des 7 piézais jusqu'à 1.5 m de profondeur, des prélèvements de sols ont également été réalisés de façon à compléter les données sur la qualité des sols à l'échelle des emprises globales du site.

Les échantillons prélevés ont été conservés immédiatement dans des flacons adaptés aux types d'analyse à réaliser et fournis par le laboratoire, conditionnés et envoyés par courrier express au laboratoire d'analyse indépendant et agréé en suivant les procédures strictes de contrôle qualité (échantillonnage, stockage dans une glacière à env. 4°C, bordereau de suivi des analyses).

Le programme analytique mis en œuvre pour la matrice sol est le suivant :

- § Ponctuellement, pack ISDI, complété par l'analyse des 12 métaux sur brut, analyses nécessaires pour comparaison aux seuils définis par l'arrêté du 12 décembre 2014 définissant une terre inerte et définition des filières de gestion en cas de gestion hors site,
- § Systématiquement, cyanures totaux et libres,
- § Systématiquement, BTEX,
- § Systématiquement, HAP,
- § Systématiquement, HCT C5-C40

En première approche, les valeurs analytiques mesurées sont comparées aux valeurs seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 définissant une terre inerte. En ce qui concerne les teneurs en métaux sur sols bruts, les teneurs sont comparées à la valeur haute d'anomalie modérée défini par le programme INRA-ASPITET. Ces valeurs de comparaison ne constituent pas des objectifs de réhabilitation.

En effet, dans le cadre du plan de gestion, une analyse statistique exploratoire et cartographique permet de définir les valeurs définissant une source concentrée de pollution, pour les composés traceurs.

Matrice gaz du sol

Les points de prélèvement ont été répartis sur le site de façon à contrôler la qualité de l'air de sols au droit des futurs aménagements, ainsi que sur des zones suspectées de contenir des sources de pollution résiduelles dans les sols. Les zones ciblées par les prélèvements sont présentées dans le tableau suivant :

Point de prélèvement	Zone ciblée
PG1	Secteur Ouest du site – emprise futur bâtiment
PG2	Secteur Sud-ouest – emprise futur bâtiment
PG3	Secteur Nord – Futur bâtiment – pourtour ancien gazomètre
PG4	Secteur Nord – emprise futur bâtiment – Ancienne zone 1 réhabilitée (Zone Pz5 – ICF 2009)
PG5	Secteur Sud – emprise futur bâtiment
PG6	Secteur Sud-est – emprise futur bâtiment
PG7	Secteur Est – emprise futur bâtiment – Ancienne zone 4 réhabilitée (Zone Pz1 – ICF 2009)
PG9	Secteur Nord – emprise futur bâtiment – pourtour ancien gazomètre
PG10	Secteur Sud-ouest – emprise futur bâtiment (Zone Pz10 – ICF 2009)

Tableau 10 : description des zones du site ciblées par les prélèvements d'air des sols en février 2020

Les analyses ont été réalisées sur la couche de mesure et de contrôle du support de prélèvement (tube charbon actif) afin d'identifier une éventuelle saturation des supports et avec de basses limites de quantification du fait des faibles teneurs à viser en vue de mener une évaluation des risques sanitaires sans incertitudes liées à ces limites.

Les 7 piézajais ont été équipés en diamètre 25/32 mm après forage des terrains, avec une tête de puits verrouillée en surface et constituée d'un capot métallique hors sol. Ils sont de profondeur 1.5 m et crépinés entre 1 et 1.5 m de profondeur.

Les fiches d'installations des ouvrages sont fournies en **annexe 11**.

En ce qui concerne les deux cannes gaz réalisées sur les zones réhabilitées n°1 et 4, elles ont été réalisées jusqu'à environ 1m de profondeur.

Le programme mis en œuvre pour les gaz du sol, sur les 9 points de prélèvement est le suivant :

- § Hydrocarbures C5-C16
- § BTEXN (Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes et naphtalène)

En première approche, les valeurs mesurées sont comparées entre-elles et aux valeurs de référence sur la matrice air ambiant multipliée d'un facteur 10, facteur d'atténuation majorant considéré au sein de cette approche préalable. Ces valeurs ne statuent pas quant à une compatibilité de l'usage futur par rapport à l'état des milieux mais permettent seulement d'établir un référentiel de comparaison ; la compatibilité est évaluée dans le cadre de l'Analyse de Risques Résiduels prédictive (ARR). Les valeurs de référence sont listées dans le tableau ci-après.

Composé	Valeur, mg/m³	Référence
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		
Naphtalène	0.1	HCSP (2012), VGI ANSES (2009)
HYDROCARBURES TOTAUX		
HCT C5-C6 aliphatiques	184	R1, VTR chronique effets à seuil (TPHCWG, 1999)
HCT C6-C8 aliphatiques	184	
HCT C8-C10 aliphatiques	10	
HCT C10-C12 aliphatiques	10	
HCT C12-C16 aliphatiques	10	
HCT C7-C8 aromatiques	2,6	
HCT C8-C10 aromatiques	2	
HCT C10-C12 aromatiques	2	
HCT C12-C16 aromatiques	2	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
Benzène	0.02	Décret 2011-1727
Toluène	200	VGI (ANSES, 2018)
Ethylbenzène	15	VGI (ANSES, 2016)
Xylènes totaux	1,8	R1, VTR chronique effets à seuil (Santé Canada 2010)

Tableau 11 : valeurs de référence pour les gaz du sol

4.4.3 Observations de terrain

Les coupes de terrain relevées sur les fouilles réalisées en 2020 sont disponibles en **annexe 12**.

Lors de ces investigations, la géologie observée à l'échelle globale du terrain est comme suit, depuis la surface :

- § Remblais sablo-argileux, avec parfois des graviers, ainsi que des briques (ou ponctuellement blocs béton), sur une épaisseur de 1 m et ponctuellement de 2 m. Ceux-ci comportent régulièrement des scories/mâchefer ;

- § En-deçà, il est généralement recoupé une épaisseur de 1 m de limons argileux ;
- § En-deçà, on retrouve des limons argileux (ou argiles limoneuses) entre 2 et 3 m de profondeur (Arrêt des investigations),

Aucune structure de l'AUG n'a été été recoupée.

Il ressort qu'en 2020, des indices indiquant la présence d'impacts en hydrocarbures dans les sols sont mis en évidence sur les fouilles F9 et F13, ainsi que sur la zone d'implantation du piézogaz PG2. Sur les fouilles F9 et F13, des mesures PID comprises entre 15 et 64 ppmV ont été relevées.

Des traces de scories/mâchefers sont régulièrement observés dans les remblais de surface sur la zone centrale du site (Fouilles F1 à F9).

Les indices organoleptiques relevés lors des investigations de 2020, ainsi que ceux relevés lors des anciennes investigations sont présentés de manière synthétique dans le **tableau 45** en annexe. Pour l'interprétation de l'état résiduel du site, seuls les indices persistants sur les zones non réhabilitées en 2014 seront pris en considération.

Une cartographie des principaux indices relevés au cours des différentes phases d'investigations est présentée sur la **figure 9** en annexe. Cette cartographie recense les points investigués sur lesquels des odeurs fortes d'hydrocarbures et/ou la présence de produits purs ont été mises en évidence dans les sols.

4.4.4 Résultats analytiques

L'ensemble des valeurs analytiques collectées en 2020 est présenté pour les milieux sols et air des sols dans les **tableaux 47 et 48** en annexe. Les bordereaux du laboratoire d'analyses sont disponibles en **annexe 13**.

Sols profonds

Les données sur la qualité des sols présentées dans le **tableau 47** en annexe révèlent :

- § Des teneurs en métaux qui dépassent la valeur haute d'anomalie modérée sont mesurées régulièrement dans les remblais de surface pour le plomb, et plus ponctuellement pour le cuivre et l'arsenic. Les teneurs maximales mesurées pour ces métaux sont les suivantes :
 - § Arsenic : 76 mg/kg sur la fouille F13, entre 0-1.5 m
 - § Cuivre : 110 mg/kg MS sur le point PG2 (0.6-1.5m) et F18 (0-1m)
 - § Plomb : 43 000 mg/kg sur la fouille F7 (1-2 m).
- § Des teneurs en BTEX qui sont globalement inférieures à 6 mg/kg (seuil ISDI), sauf sur les fouilles F9 (2-3 m) et F13 (0-1.5 m), sur lesquelles des teneurs de 14 mg/kg sont mesurées en 2020 ;
- § Des teneurs en naphtalène qui sont généralement inférieures à 10 mg/kg, sauf sur les points suivants :
 - § PG2 (0.6-1.5 m) : 16 mg/kg
 - § F9 (1-2 et 2-3 m) : 320 et 620 mg/kg
 - § F13 (0-1.5 m) : 510 mg/kg
- § Des teneurs en HAP totaux, qui dépassent 50 mg/kg sur 33 des 67 échantillons de sols analysés, avec les teneurs les plus élevées mesurées sur les points suivants :
 - § PG2 (0.6-1.5 m) : 1300 mg/kg
 - § F2 (1-2 m) : 830 mg/kg
 - § F7 (1-2 m) : 570 mg/kg
 - § F9 (1-2 et 2-3 m) : 5 900 et 1 700 mg/kg
 - § F13 (0-1.5 m) : 7 800 mg/kg

- § F15 (0-1 m) : 2200 mg/kg
- § F17 (1-2 m) : 780 mg/kg
- § F19 (1-2 m) : 900 mg/kg

- § Des teneurs en cyanures totaux qui sont généralement inférieures à 100 mg/kg, sauf sur les points suivants :
 - § PG6 (0-1 m) : 480 mg/kg
 - § F9 (1-2 et 2-3 m) : 110 et 130 mg/kg
 - § F13 (0-1.5 m) : 630 mg/kg

- § Des teneurs en HCT C5-C10 qui sont toutes inférieures à la limite de quantification analytique.

- § Des teneurs en HCT C10-C40, qui sont globalement inférieures aux seuils ISDI (500 mg/kg), sauf sur 14 des 67 échantillons analysés. Les teneurs les plus élevées sont mesurées sur les points suivants :
 - § PG2 (0.6-1.5 m) : 1 900 mg/kg
 - § F2 (1-2 m) : 1 400 mg/kg
 - § F4 (1-2.2 m) : 1200 mg/kg
 - § F7 (1-2 m) : 1 900 mg/kg
 - § F9 (1-2 et 2-3 m) : 11 000 et 2 100 mg/kg
 - § F13 (0-1.5 m) : 13 000 mg/kg
 - § F15 (0-1 m) : 3 800 mg/kg
 - § F17 (1-2 m) : 1 600 mg/kg
 - § F19 (1-2 m) : 1 200 mg/kg

En ce qui concerne les teneurs mesurées sur éluât, les observations sont les suivantes :

- § Des dépassements réguliers des seuils ISDI sont constatés dans les remblais de surface du site, pour les paramètres fraction soluble et/ou sulfates.
- § Un dépassement ponctuel du seuil ISDI pour la teneur en molybdène sur éluât est observé sur le point PG9, entre 1 et 1.5 m.
- § Aucun autres des paramètres contrôlés sur éluât ne dépasse le seuil ISDI.

Il ressort également de ces analyses de sols que les remblais d'apport utilisés pour le remblaiement des fouilles après les travaux de réhabilitation, correspondant à des galets dans une matrice argilo-limoneuse beige, sont à priori inertes, d'après l'échantillon analysé sur l'ensemble des critères ISDI sur le point F6 entre 0-1 m. À noter que sur la fouille F18, il semble que ces matériaux aient été contaminés par des matériaux du site lors du remblaiement, en témoigne les résultats d'analyses sur cette matrice entre 0-1 m, qui indiquent des teneurs en HAP totaux et HCT C10-C40 qui dépassent les seuils ISDI pour ces composés.

Air du sol

7 ouvrages piézaires et deux cannes gaz ont été prélevés lors des investigations de février 2020, après une purge des ouvrages, sur une durée de 4 heures à un débit de pompage d'environ 0,5 l/min.

Les supports de prélèvement (tube CA double couche) ont été envoyés au laboratoire pour analyse des paramètres BTEX, naphtalène et HCT volatils C5-C16.

Un blanc de transport a également été réalisé pour contrôler l'absence de contamination des supports pendant l'acheminement jusqu'au laboratoire. Les résultats d'analyses sur cet échantillon n'ont pas démontré la présence des composés analysés, l'ensemble des résultats étant inférieurs aux limites de quantification analytiques.

Sur les prélèvements effectués sur les zones à contrôler, les résultats analytiques présentés dans le **tableau 48** en annexe mettent en évidence :

- § Une quantification quasi systématique des BTEX sur le réseau de piézais et les deux cannes de prélèvement. Dans le détail, les principaux constats sont les suivants :
 - § Le benzène est détecté sur 8 des 9 points de prélèvement, avec des teneurs qui varient entre 1.7 et 10 µg/m³, qui respectent la valeur prise en référence (20 µg/m³, Décret 2011-1727) ;
 - § Sur les deux cannes gaz (PG4 et PG7), seuls le benzène et le toluène sont détectés à des teneurs proches, qui respectent les valeurs de référence ;
 - § Le toluène est détecté sur l'ensemble des points de prélèvement, à des teneurs comprises entre 1.7 et 23.3 µg/m³, qui respectent la valeur de référence pour ce composé ;
- § Une détection du naphthalène sur les ouvrages PG2 et PG10, à des teneurs respectives de 4.7 et 5.0 µg/m³, proches des seuils de quantification analytique, qui respectent la valeur de référence pour ce composé (100 µg/m³) ;
- § La détection de certaines fractions des HCT C5-C16 sur les ouvrages PG1, PG2, PG3, PG5 et PG10. Les teneurs mesurées sur les fractions détectées, varient entre 250 (PG3) et 1250 µg/m³, teneur maximale mesurée pour la fraction C10-C12 sur l'ouvrage PG1.

D'un point de vue globale, il apparaît que les teneurs mesurées en composés volatils traceurs de contaminations des AUG sont faibles à modérées et sont toutes conformes aux valeurs prises en référence pour évaluer la qualité de l'air du sol.

4.5 Synthèse de la connaissance du sous-sol à l'issue des investigations de février 2020

4.5.1 Qualité globale des sols

Les investigations menées sur la matrice sol par BG en février 2020 ont permis :

- § De préciser l'état résiduel des sols en périphérie des zones réhabilitées en 2014 ;
- § De définir la qualité des sols utilisés en remblais sur les 4 zones réhabilitées ;
- § D'actualiser et compléter les données sur la qualité des sols sur des secteurs déjà identifiés comme impactés lors d'investigations précédentes (Secteur S10, S6 (zone centrale bureaux/magasin et P3 (bordure Sud-est du site))
- § De compléter les données entre les zones réhabilitées (entre zone 1 et zone 2 et entre zone 1 et zone 3)
- § De mettre en évidence des impacts en traceurs de pollution sur des secteurs peu ou pas reconnus lors des anciennes campagnes (Sur PG2 dans le secteur Ouest).

La compilation des anciennes données et de celles collectées récemment en février 2020, amène aux constats suivants sur l'état résiduel des sols :

- § Des impacts résiduels significatifs en traceurs de pollution des AUG (HAP et/ou HCT) sont toujours présents dans les sols du site en zone centrale, entre les zones réhabilitées 1 et 2 et au Sud-est de la zone 1 ;
- § Une source concentrée en HAP, BTEX et HCT a été laissée en place à l'issue des travaux de réhabilitation de 2014 dans les sols de la zone 3, en zone saturée, à 5m de profondeur ;
- § Une source concentrée en HCT et HAP, non traitée en 2014, est présente dans le secteur de l'ancien piézomètre P3, en bordure Sud-est du site ;
- § Des sources résiduelles de pollution concentrées en HAP et/ou HCT ont été mises en évidence dans l'emprise de la zone réhabilitée n°4 et ont été laissées en place dans le bord de fouille Sud de cette zone à l'issue des travaux ;
- § Des teneurs résiduelles élevées en HAP totaux ont été mesurées dans les sols laissés en place à l'issue des travaux de 2014, entre 0-1 m, dans le bord de fouille Nord de la zone 3.

- § Une source très concentrée en plomb a été mesurée sur la fouille F7 (43 000 mg/kg entre 1-2m), associée à une source concentrée en HCT C10-C40 (1900 mg/kg).

Les impacts résiduels en traceurs de pollution sont principalement rencontrés dans les sols entre la surface et 2 m de profondeur, avec des extensions verticales ponctuelles sur les secteurs de la fouille F9, où des impacts sont caractérisés jusqu'à -3m/TN, ainsi qu'au niveau de la zone réhabilitée n°3, où la source se trouve en zone saturée. L'impact en HAP mis en évidence sur le sondage S10 entre 2.5 et 4 m n'a pas été recoupé sur la fouille F2 réalisée en 2020 dans le même secteur. L'extension verticale réelle de la pollution sur cette zone sera évaluée lors du traitement de cette zone.

L'étude de l'ensemble des résultats d'analyses montre que les HAP totaux sont les principaux traceurs de pollution du site, avec des teneurs qui dépassent régulièrement le seuil d'acceptation en ISDI dans les sols du 1^{er} mètre, en particulier sur la moitié Est du site, sur laquelle les principales installations de l'AUG étaient présentes et ont contribué à une pollution "diffuse" en HAP dans les sols de surface.

4.5.2 Qualité globale des gaz du sol

La synthèse des données collectées en 2009 et 2014 par ICF Environnement, et en 2020 par BG Ingénieurs Conseils, indique :

- § Qu'en dehors des zones réhabilitées en 2014, sur lesquelles les données de 2009 ne sont plus représentatives, la qualité de l'air des sols analysés en 2009 était impactée par les BTEX et le naphthalène sur les ouvrages Pz3, Pz7, Pz8, Pz9 et Pz10, avec des teneurs en benzène comprises entre 37.6 (Pz3) et 113.8 µg/m³ (Pz8), et des teneurs en naphthalène comprises entre 28.9 (Pz7) et 394.6 µg/m³ (Pz3).
- § Que dans les zones réhabilitées 1 à 4, la qualité de l'air des sols relevée en 2014 à la suite des travaux ne montrait pas de dégradation marquée de ce milieu avec une teneur maximum de 11.7 µg/m³ mesurée sur la zone n°1 et l'absence de détection de naphthalène et d'hydrocarbures volatils C5-C16 sur les 4 zones. Les points de prélèvement PG4 et PG7, réalisés en 2020 sur les zones réhabilitées 1 et 4, confirment les résultats observés à la suite des travaux ;
- § Que sur les autres zones du site contrôlées en 2020, des hydrocarbures volatils sont détectés dans l'air des sols sur les points de prélèvement PG1, PG2, PG3, PG5 et PG10, avec une teneur maximum de 1250 µg/m³ de la fraction C10-C12 sur l'ouvrage PG1, localisé en bordure Ouest du site. Des BTEX sont également détectés sur la totalité des ouvrages, avec une teneur maximum de 10 µg/m³ en benzène et de 43.3 µg/m³ en xylènes de sur l'ouvrage PG2. Le naphthalène n'est détecté que sur l'ouvrage PG2 à une teneur de 4,7 µg/m³, proche du seuil de quantification analytique (2.08 µg/m³).

En synthèse, la qualité du milieu air des sols sur le terrain de l'AUG ne montre pas d'impact très significatif vis-à-vis des traceurs de pollution des AUG. Néanmoins, des impacts modérés en BTEX et naphthalène ont été relevés en 2009 en dehors des zones traitées en 2014, qui seront pris en compte pour évaluer la compatibilité sanitaire du site avec le futur usage du site, en l'absence de données plus récentes sur les mêmes secteurs. Il convient de souligner que les résultats de la caractérisation de l'air des sols effectuée en 2020 montrent des niveaux d'impacts en BTEX et naphthalène plus faibles qu'en 2009 à l'échelle du site et mettent en évidence des impacts modérés en HCT volatils dans certains secteurs (Traceurs non analysés lors des campagnes précédentes).

5. Définition des sources concentrées du site

Une source concentrée est un volume de milieu souterrain à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume.

La définition des seuils de source concentrée du site s'appuie sur une analyse statistique exploratoire. Dans ce cadre, les données disponibles pertinentes des études antérieures des concentrations en HAP, en naphtalène, hydrocarbures C10-C40 et cyanures totaux.

Les teneurs mesurées en naphtalène, HAP totaux et HCT C10-C40 en font de fouille de la zone 3 (Échantillon Z3-FDF-ZS) en zone saturée (à 5m de profondeur) ne sont pas prises en compte dans l'étude du fait que cette source se trouve en zone saturée, à environ 2.5 m sous le toit de la nappe, ce qui constitue une limite technique pour les terrassements, avec également le risque de favoriser une mobilisation de la pollution vers la nappe. D'autre part, il faut également préciser que l'analyse des gaz du sol sur ce secteur (sur Pz3g), à l'issue des travaux de réhabilitation, n'a révélé aucun impact notable dans les gaz du sol pouvant engendrer une incompatibilité sanitaire avec l'aménagement prévu sur ce secteur (parking extérieur).

Les données prises en compte sont celles qui concernent les teneurs des traceurs de pollution retenus pour les AUG (BTEX, HCT C5-10 et C10-C40) et HAP totaux (dont naphtalène) et cyanures totaux, qui caractérisent les teneurs résiduelles dans les sols du site. Elles sont constituées dans l'ensemble des données collectées lors des investigations effectuées entre 1994 et 2014, ainsi que lors de la récente campagne de février 2020.

Ces données sont extraites des **tableau 44 et 47** en annexe.

5.1 Sources par définition

Les terrains imprégnés de goudron et/ou constitués de matériaux goudronneux sont considérés comme une source de pollution concentrée par définition. En conséquence, les zones suivantes sont considérées comme une source concentrée de pollution :

- § Les sols sur le secteur des sondages T6-EAT janvier 2003 (0.4-1.5m) et F9-BG 2020 (1-2 m),
- § Les sols entre 0 et 1.5 m sur la fouille F13, dans le secteur de l'ouvrage P3 (Bordure Sud-est) ;

Les traces de goudron mises en évidence par EAT en juillet 1996, entre 6 et 7 m de profondeur sur l'ouvrage P5, en zone saturée, constituent également une source de pollution. Néanmoins, cette source ne fera pas l'objet de mesure de gestion compte-tenu de sa localisation dans la nappe.

5.2 Définition des traceurs

Les traceurs de pollution du site retenus sont les suivants :

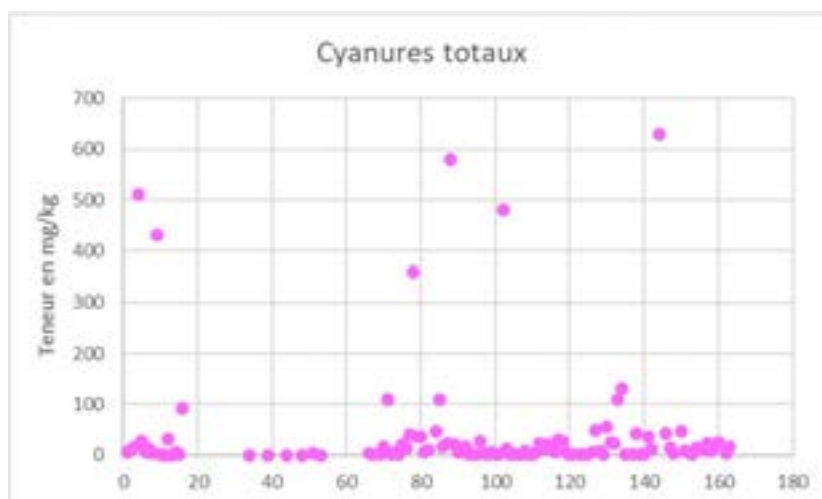
- § Somme des 16 HAP,
- § Hydrocarbures totaux C10-C40,
- § Cyanures totaux

Le benzène n'est pas retenu comme traceur de pollution à part entière pour ce site car la valeur maximale mesurée depuis 1994 est de 1.5 mg/kg sur la tranchée T12 (EAT-janvier 2003) entre 0-0.6m. Les BTEX ne sont pas non plus retenus comme traceurs de pollution car généralement les teneurs en BTEX totaux sont inférieures à 3 mg/kg dans les sols du site. Seules deux teneurs ponctuelles dépassent le seuil ISDI de 6 mg/kg, sur les sondages F9 et F13, qui sont également associées à des sources de pollution concentrée en HAP totaux et HCT C10-C40, qui seront traitées dans le cadre des mesures de gestion à mettre en œuvre sur le site.

En ce qui concerne les cyanures totaux, les teneurs sont généralement comprises entre 0 et 150 mg/kg. Des impacts ponctuels plus marqués sont constatés sur certains secteurs du site, sur lesquels des teneurs supérieures à 300 mg/kg sont mesurées, qui sont assimilées à des sources concentrées en cyanures. Ces sources sont généralement associées à des sources concentrées en HAP totaux qui seront traitées, où sont localisées dans la zone saturée. En ce qui concerne la source ponctuelle identifiée

sur le point PG6, elle sera traitée spécifiquement compte-tenu de son accessibilité (dans les sols de surface entre 0-1m). Enfin, concernant la source résiduelle identifiée entre 0-1 m dans les sols du bord de fouille Nord de la zone réhabilitée n°4 à la fin des travaux, le secteur le plus à l'Est sera traité en même temps que des sources concentrées en HAP identifiées sur le même secteur, et pour le secteur le plus à l'Ouest, nous proposons de réaliser, en phase travaux, des contrôles ponctuels des teneurs résiduelles en cyanures totaux sur le bord de fouille en vue de confirmer et mieux délimiter l'impact.

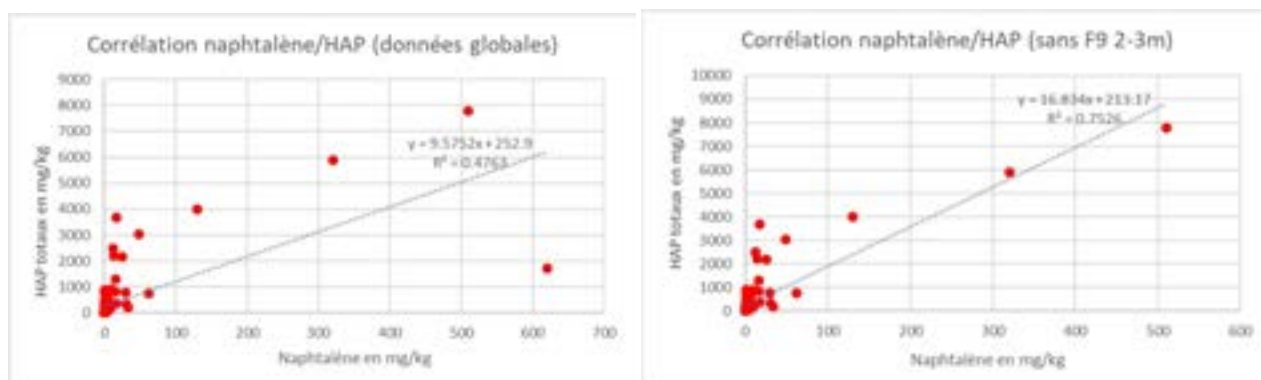
La distribution des teneurs en cyanures totaux sur le site est illustrée sur le graphique suivant :



Graphique 1 : distribution des teneurs mesurées en cyanures totaux

Aucun hydrocarbures volatils C5-C10 n'est détecté au droit du site lors de la campagne de février 2020. En conséquence, ceux-ci ne constituent pas un traceur de pollution du site.

Le naphtalène parmi les HAP n'est généralement pas majoritaire. Il représente en moyenne 3% de la somme des HAP totaux. Le graphique de corrélation du naphtalène et de la somme des HAP ci-dessous l'illustre également. Seules 4 mesures, sur l'ensemble des mesures prises en compte, montrent des teneurs en naphtalène supérieure à 100 mg/kg. Chacune d'elles est associée à une teneur pour la somme des HAP supérieure à 1 500 mg/kg. A ces niveaux de concentration en naphtalène (> 100 mg/kg), on constate une certaine corrélation entre la teneur en HAP totaux et la teneur en naphtalène, avec une répartition singulière sur le sondage F9 (2-3m) sur lequel la proportion en naphtalène est d'environ 36.5%. En conséquence, il est proposé la mise en place d'une valeur d'alerte sur le naphtalène qui serait enclenchée uniquement lorsque la teneur pour la somme des HAP est inférieure au seuil objectif défini plus loin, témoignant ainsi d'une répartition différente des composés HAP jusqu'alors observée au droit du site.



Graphique 2 : corrélation du naphtalène et de la somme des HAP

En ce qui concerne l'anomalie ponctuelle très forte en plomb (43 000 mg/kg) identifiée dans les sols de la fouille F7, entre 1 et 2m de profondeur, elle est associée à un impact marqué en hydrocarbures C10-C40 qui sera traité dans le cadre des travaux de réhabilitation décrit plus loin. De fait, la source concentrée en plomb fera l'objet d'un traitement conjointement à la source d'hydrocarbures.

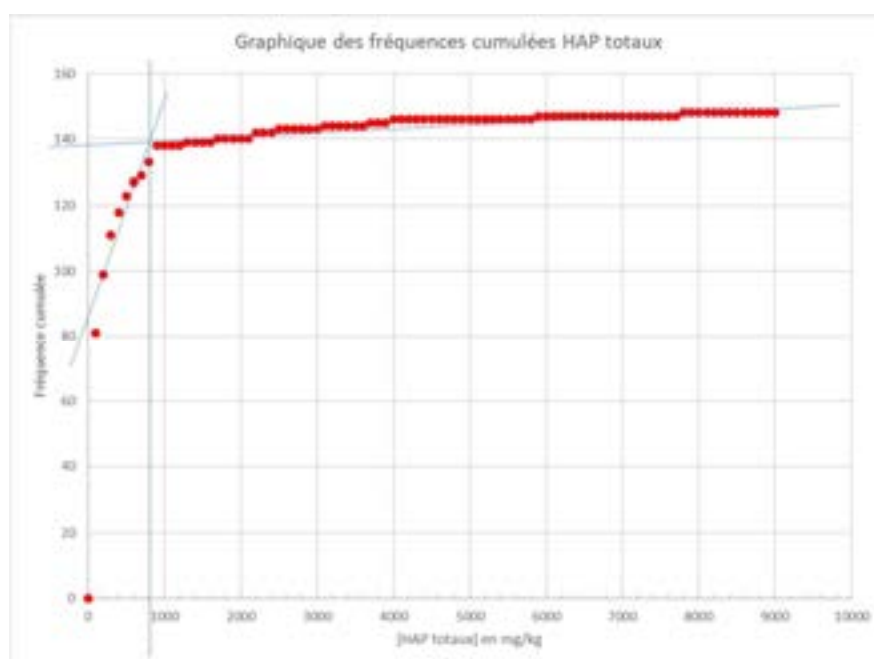
5.3 Analyse statistique exploratoire

Le tableau suivant résume les statistiques élémentaires sur les concentrations pour les différents traceurs précédemment définis.

(exprimé en mg/kg)	16 HAP	HCT C10-C40	Cyanures totaux
nombre de données	144	57	88
maximum	7800	13000	630
moyenne	387	644	43
médiane	73.5	102.5	7.7
écart-type	1454	4460	159

Tableau 12 : statistiques élémentaires des concentrations en composés traceurs

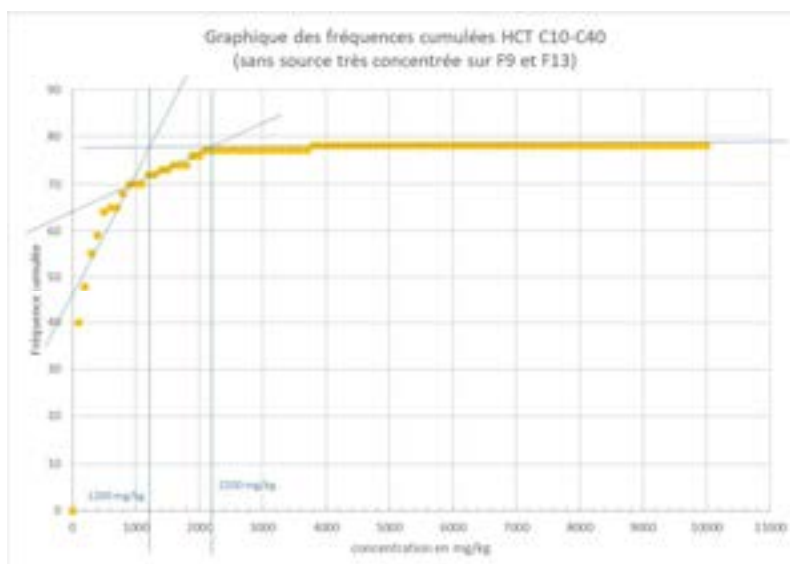
Les graphiques ci-après représente respectivement la fréquence cumulée des concentrations mesurées pour la somme des HAP et pour les hydrocarbures totaux.



Graphique 3 : fréquence cumulée des teneurs en HAP totaux

Pour les HAP totaux, il est observé un seuil de coupure à 800 mg/kg en considérant la distribution statistique des teneurs en HAP totaux dans les sols, qui peut constituer le seuil de définition de source concentrée pour ce traceur.

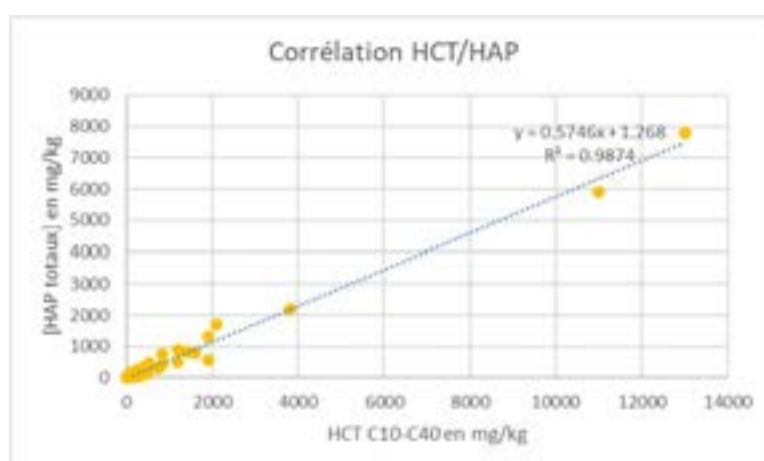
Le graphique ci-après représente la fréquence cumulée des concentrations mesurées pour les HCT C10-C40. Les valeurs prises en compte pour établir ce graphique ne tiennent pas compte des valeurs extrêmes mesurées sur F9 et F13, qui correspondent à des produits purs.



Graphique 4 : fréquence cumulée des hydrocarbures totaux

Pour les HCT C10-C40, le graphique des fréquences cumulées fait apparaître 2 seuils de coupures, l'un à 1200 mg/kg et l'autre à 2200 mg/kg. Dans la mesure où le premier seuil est déjà relativement élevé, que les teneurs en HCT C10-C40 supérieures à 1200 mg/kg sont généralement associées à des teneurs en HAP totaux qui dépassent le seuil de source concentrée (800 mg/kg) et qu'en dehors des zones sources en HAP, les sols avec des teneurs supérieures à 1200 mg/kg sont accessibles dans les deux premiers mètres), il est retenu le seuil le plus bas, dans l'objectif d'améliorer la qualité globale des sols du site, conformément à ce que prévoit la réglementation.

Le graphique suivant illustre la corrélation entre les teneurs en HAP totaux et HCT C10-C40.



Graphique 5 : fréquence cumulée des hydrocarbures totaux

5.4 Analyse spatiale

Afin de conforter le choix des seuils de définition d'une source concentrée pour chacun des traceurs, une analyse spatiale est proposée.

Les **figures 10a à 10c** illustrent la distribution spatiale des concentrations maximum en traceurs (Cyanures totaux, HAP totaux, et HCT totaux) mesurées dans les sols du site entre 0-2m, en considérant des gammes croissantes de concentrations en polluants, illustrées par des ronds de couleurs différentes.

Ces représentations spatiales mettent en évidence une superposition des impacts en traceurs de pollution (HAP, HCT et cyanures) sur 3 zones du site bien délimitées ;

- § Zone centrale, entre les zones réhabilitées n°1 et 2, avec une extension vers l'Est (jusqu'à F9) ;
- § Dans le secteur de l'ouvrage P3, en bordure Sud-est ;
- § Dans les sols en fond de fouille de la zone réhabilitée n°4 ;

D'autre part, des impacts isolés en traceurs de pollution sont recensés sur les 4 zones suivantes :

- § Secteur PG2, au Sud-ouest du site, avec une source ponctuelle en HCT C10-C40 (1900 mg/kg) ;
- § Secteur F4, en fond de fouille de la zone réhabilitée n°1, avec une source en HCT C10-C40 (1200 mg/kg) ;
- § Secteur PG6, au Sud-est, avec une source en cyanures totaux (480 mg/kg) ;
- § Bord de fouille Nord de la zone réhabilitée n°3, avec une source en HAP totaux (810 mg/kg). Sur ce secteur, il est proposé de procéder à de nouvelles analyses des sols sur la tranche 0-1m lors des travaux complémentaires de réhabilitation du site, de façon à confirmer et préciser la délimitation spatiale de cette source identifiée à l'issue des travaux de 2014.

5.5 Seuils retenus

Compte-tenu de la répartition spatiale des impacts en traceurs de pollution du site, les seuils définis par l'analyse statistique sont retenus. Ils sont complétés par une valeur d'alerte pour le naphtalène fixé à 100 mg/kg et justifiée par la distribution des concentrations pour ce composé discuté au **paragraphe 5.2**.

Paramètre	Valeur	unité
HAP16	800	mg/kg
HCT C10-C40	1200	mg/kg
Cyanures totaux	350	mg/kg
valeur d'alerte		
Naphtalène	100	mg/kg

Tableau 13 : définition des sources concentrées et valeurs d'alerte

5.6 Définition spatiale des sources

Les **figures 11.1 à 11.3** illustrent, pour les traceurs de pollution retenus pour le site (HAP, HCT et CN tot.), les points de sondages sur lesquels des dépassements des seuils de coupure évoqués ci-dessus, qui sont matérialisés par un rond de couleur, avec la profondeur à laquelle l'impact est constaté.

La **figure 12** fait figurer l'emprise des sources concentrées identifiées sur le site, selon la définition qui en est donnée au paragraphe 5.1 et au sein du **tableau 13**.

Le plan de gestion est réalisé compte tenu des anomalies constatées présentées dans le chapitre précédent et compte tenu de l'usage envisagé correspondant à l'implantation de logements, répartis dans un bâtiment "en L" occupant les bordures Ouest, Sud et Est du terrain et un bâtiment "isolé" en bordure Nord de la zone centrale. Les bâtiments seront de plain-pied et les parkings en rez-de-chaussée ou en extérieur. Les espaces extérieurs seront recouverts d'enrobé pour partie et pour partie (zone centrale, en périphérie du bâtiment isolé) constitués d'espaces verts d'agrément exclusivement, sans végétaux destinés à la consommation.

6. Plan de Gestion

6.1 Données d'entrée prises en compte

Les données environnementales relatives à la pollution du sous-sol ont été développées et synthétisées dans le **chapitre 4** du présent document. À l'issue de la définition des sources concentrées, il ressort, sans prendre en considération les bords de fouilles impactés à l'issue des travaux de 2014 qu'il conviendra de contrôler, que 6 zones sources concentrées sont identifiées dans le sous-sol du site. Leurs caractéristiques sont synthétisées dans le tableau suivant :

Dénomination des zones à réhabiliter	Sondage impacté	Type de polluant	Concentration n > objectif de réhab. (en mg/kg)	Echantillon impacté (en m/TN)	Horizon estimé impacté (en m/TN)	Profondeur maximum à atteindre (en m/TN)	Surface zone polluée (en m²)	Parcelle concernée	Propriétaire	Volume pollué à excaver (en m³)	Volume à excaver pour atteindre l'horizon pollué (en m³)	Volume de talus à excaver (en m³)
Zone 1	PG2	HAP tot.	1300	0.6-1.5	0.6-2.5	2.5	50	AS 538/539	COLFIELDS	90	30	81.25
		HCT C10-C40	1900									
Zone 2	F4	HCT C10-C40	1200	1-2.2	1-2.2	2.2	40	AS 538/539	COLFIELDS	50	40	38.5
Zone 3	S10	HAP tot.	2488	2.1-2.5	1-2.5	3	300 (170 m² sur AS538 et 130 m² sur AS295)	AS 538/539 et AS 295 pour sa partie Ouest	COLFIELDS / SPEED REHAB	70	170	225
			886	2.5-4								
	F2	HAP tot.	830	1-2	1-2							
		HCT C10-C40	1400	1-2								
	S6	HAP tot.	862	0-1	0-2							
		Cyanures tot.	510	0-1	0-2							
	T6	Goudron pur	-									
	S20	Cyanures tot.	950	0-0.5	0-0.5							
		HAP tot.	5900	1-2	1-4							
		HAP tot.	1700	2-3								
		HCT C10-C40	11000	1-2								
	F9	HCT C10-C40	2100	2-3								
		F7	HCT C10-C40	1900	1-2					1-2		
Plomb			43000	1-2	1-2							
Zone 4	P3	HAP tot.	3026	0-1	0-2	2	60	AS 295	SPEED REHAB	120	0	40
		Cyanures tot.	430	0-1	0-1							
		Goudron pur	-									
	F13	HAP tot.	7800	0-1.5	0-1.5							
		HCT C10-C40	13000	0-1.5								
		Cyanures tot.	630	0-1.5								
		S23	HAP tot.	3673								
	Zone 5	F15	HAP tot.	2200	0-1							
HCT C10-C40			3800	0-1								
Z4-BDF-S			HAP tot.	4000	0-1	0-2						
F19		HAP tot.	900	1-2	1-2							
F17		HCT C10-C40	1600	1-2	1-2							
Zone 6	PG6	Cyanures tot.	480	0-1	0-1	1	40	AS 295	SPEED REHAB	40	0	10
									TOTAL	950	500	525

Tableau 14 : caractéristiques des zones sources sur le site de l'AUG d'Arles

6.1.1 Contraintes du site pour les travaux

Le site de l'AUG d'Arles est un ancien site de production de gaz manufacturé qui n'est plus en activité.

Ce site est situé au milieu d'un quartier résidentiel essentiellement composé de maisons individuelles avec jardin sauf à l'Est du site qui comporte un bâtiment "Pôle Emploi" recevant du public et au Sud, au-delà de la Rue Mireille, où est implantée la voie ferrée qui va de Lyon à Marseille.

Le parcellaire est aujourd'hui libre de toute construction. Les bâtiments ont été démolis jusqu'à leurs radiers, qui sont eux toujours en place, ce qui indique qu'il peut y avoir des fondations à gérer ainsi que des infrastructures d'anciennes usines à gaz, dans le cadre des travaux d'excavations. Ces dernières

ne sont pas spécifiquement prises en compte dans le plan de gestion, mais dès lors qu'elles sont supposées être présentes dans les emprises excavées, elles sont intégrées dans les chiffrages au titre des volumétries de déblais excavés.

Le site est accessible aux camions grâce à l'entrée principale située Rue Mireille, actuellement fermé par un portail coulissant.

Dans le présent plan de gestion, quel que soit le scénario choisi, les contraintes à prendre en compte dans ce qui est évalué dans le bilan coûts avantages doit intégrer :

- § Une intervention en toute sécurité vis-à-vis :
 - § Des riverains et des usagers de la voie publique.
- § La maîtrise des nuisances vis-à-vis du voisinage :
 - § Maîtrise de la stabilité des terrains et des structures environnantes, si des excavations sont réalisées ;
 - § Maîtrise des émissions de composés organiques volatils (COV) et des odeurs ;
 - § Maîtrise du bruit ;
 - § Gestion de la circulation des véhicules lourds desservant le chantier, tant d'un point de vue logistique qu'au regard des protections des réseaux et environnants qu'il ne faut en aucun cas dégrader.

Le dé-murage des portails, la pose de portails provisoires, la nécessité de devoir débroussailler le site, sont également pris en compte dans le cadre du présent plan de gestion.

6.1.2 Gestion des compartiments environnementaux envisagée

Sont pris en compte dans l'évaluation faite dans le cadre de la présente étude, la gestion :

- § Des sources de pollution des sols ;
- § Des poussières émises pendant les travaux, par coupure des voies de transfert (bâchages) et immobilisation (pulvérisation d'eau) ; des COV produits par dégazage des sols pendant les travaux, par coupure des voies de transfert au moyen de bâche ou encore de dispositifs de captation et de désodorisation moléculaire des gaz.

Dans ces conditions, le plan de gestion est orienté de la manière suivante :

- § Au regard du compartiment sol en milieu non saturé, il est prévu, de supprimer les sources concentrées dans le sol,
- § Au regard du compartiment air, de procéder à une surveillance de l'atmosphère :
 - § Des contrôles continus de l'atmosphère pour le personnel du chantier, au moyen d'une balise PID mesurant en continu les teneurs en COV et CAV,
 - § Des contrôles quotidiens de l'atmosphère pour les mitoyens, en limite de site au regard des mitoyens, au moyen d'un PID mesurant les COV et les CAV,
 - § Des contrôles hebdomadaires de l'atmosphère pour les mitoyens, aux 4 points cardinaux en limite de chantier, au moyen de tubes préleveurs adaptés et analyses de naphthalène et hydrocarbures légers, réalisées en laboratoire accrédité.

Aucune surveillance des eaux souterraines n'est prévue dans la mesure où aucun impact n'est actuellement constatée en aval hydraulique du site et que les excavations n'atteignent pas la zone saturée.

6.1.3 Objectifs de dépollution

Les objectifs de dépollution des sols pris en compte dans la présente étude pour la gestion environnementale du site sont repris dans le tableau ci-après :

PARAMETRES	CONCENTRATIONS (mg/kg)
Valeurs seuils	
16 HAP	800
Hydrocarbures totaux C10 – C40	1200
Cyanures totaux	350
Valeur d'alerte	
Naphtalène	100

Tableau 15 : Valeurs seuils de dépollution des sols et valeurs d'alerte dans le cadre de la dépollution des sols

Ces objectifs concernent les traceurs de pollutions rencontrées dans le cadre des investigations réalisées dans le sous-sol du site. Il s'agit notamment des HAP et des hydrocarbures totaux, révélés par l'analyse statistique des données et de la répartition spatiale des teneurs en polluants présentés dans le **chapitre 5** de la présente étude.

S'ajoute à ces objectifs la nécessité de maîtriser les nuisances environnementales, pour la qualité de l'air en limite de chantier. Cette maîtrise des nuisances dans le cadre des travaux consiste à ne pas dégrader la qualité de l'air en limite du site. Cette évaluation est effectuée en observant les concentrations mesurées quotidiennement en COV et CAV.

Ces teneurs dans l'air ne doivent pas augmenter entre les analyses de début et d'après travaux, pour les paramètres considérés et si des augmentations ont lieu, elles ne doivent qu'être ponctuelles et non répétitives.

6.1.4 Volumes des sources concentrées à gérer

L'application des seuils de source concentrée définis précédemment conduit à évaluer le volume total de sources sol à gérer à 950 m³, tel que détaillé dans le **Tableau 14**.

Dans le cas présent, deux options de gestion des sources sols sont étudiées, relatives aux modalités techniques de traitement des sources de pollution qui sont localisées en limite de site. Le premier scénario intègre une excavation des sources de pollution en limite de site par application d'un talutage 1/1, alors que le second scénario considère la réalisation d'excavation sous blindage en limite de site pour optimiser le volume de sols pollués extraits du sous-sol. La technique retenue est détaillée plus loin, dans le **chapitre 6.3**.

Les volumes prévisionnels à traiter sur les zones à réhabiliter, en considérant les deux méthodologies d'excavation, sont indiqués dans le tableau ci-après, avec une répartition en fonction des gammes de concentration en HAP totaux, traceur principal de pollution et corrélé avec les teneurs en HCT totaux (Cf. graphique 5), ce qui permet une ventilation des volumes de source sol à traiter vers les différentes filières de gestion hors site envisageables à ce stade (Désorption thermique, ISDD et biocentre), ce paramètre étant discriminant sur les filières envisagées. Les seuils considérés pour les différentes gammes de concentrations en HAP totaux, sont définies sur la base des seuils généralement appliqués par les différents types d'installation susceptibles d'assurer le traitement des matériaux issus de l'AUG. Les gammes considérées pour la répartition des sols pollués vers les filières de gestion hors site considérées sont les suivantes :

- § [HAP totaux] > 5000 mg/kg : orientation prévisionnelle en désorption thermique
- § 600 mg/kg < [HAP totaux] < 5000 mg/kg : orientation prévisionnelle en ISDD
- § [HAP totaux] < 600 mg/kg : orientation prévisionnelle en biocentre

NB : la ventilation définitive des sols pollués vers les filières de gestion retenues devra également prendre en compte les critères généralement appliqués, notamment pour les autres traceurs de pollution que sont les HCT C10-C40, cyanures et le plomb.

Caractéristiques des volumes de sols à gérer	Unité	Scénarios	
		N°1 sans blindage	N°2 avec blindage
Volumes totaux de sources sols à gérer	(m ³)	830	950
Répartition des volumes de sources sols			
Volumes de sols pollués [HAP] > 5000 mg/kg de MS	(m ³)	120	120
Volumes de sols pollués 600 < [HAP] < 5000 mg/kg de MS	(m ³)	670	790
Volumes de sols pollués 0 < [HAP] < 600 mg/kg de MS	(m ³)	40	40

Tableau 16 : Volumes de sols pollués à gérer en fonction de la méthodologie d'excavation en limite de site et répartition par gammes de concentration en HAP totaux en vue d'une gestion hors site

6.2 Sélection des techniques applicables pour le traitement de la pollution

Pour rappel, le traitement de la pollution en HAP, hydrocarbures et ponctuellement cyanures, vise à supprimer les sources de pollution et à rendre le terrain compatible au regard d'un usage futur, qui sera résidentiel.

Il existe plusieurs techniques de dépollution qui peuvent être classées en 3 familles principales :

§ **Le traitement hors site** qui consiste en l'excavation des sols, l'enlèvement des matériaux et des produits purs. L'ensemble de ces déchets sont alors évacués vers un centre de traitement adapté situé hors site, toute traçabilité incluse : Compte tenu des concentrations en HAP et de la présence ponctuelle de goudron en phase pure (ou boulettes) et des objectifs de dépollution fixés, nous retenons à ce stade la désorption thermique ([HAP totaux] > 5000 mg/kg), l'ISDD (600 < [HAP totaux] < 5000 mg/kg) et le biocentre (0 < [HAP totaux] < 600 mg/kg de MS) comme filières, pour assurer la gestion hors site des sols et matériaux excavés du site.

Les filières sont désignées en fonction des concentrations en polluants qui sont en jeu.

§ **Le traitement sur site : où les sols sont traités sur le site proprement dit** : Ils sont triés et excavés, traités sur site, remis en place après traitement, une fois que les concentrations en jeu ont atteint les objectifs de dépollution fixés ;

§ **Le traitement *in situ*** : Les sols sont traités en place jusqu'à atteinte attestée par des analyses des seuils de dépollution. Le choix de la technique est fonction principalement de la nature des sols, de la distribution et nature du polluant dans ces derniers, des délais imposés, de l'espace disponible, du contexte économique et réglementaire, ainsi que de l'impact environnemental de la technique.

6.2.1 Techniques non applicables

6.2.1.1 Traitement hors site

Certaines des concentrations en HAP mesurées (> 5000 mg/kg) peuvent être trop élevées pour que les sols puissent être traités en filière hors site de type bio-centre et ISDND. De plus, l'horizon anthropique rencontré en moyenne sur le premier mètre comporte de nombreuses scories et des mâchefers, qui renforcent le fait que la filière bio-centre ne serait pas forcément en mesure de gérer les sols du site.

La granulométrie des sols, qu'elle soit d'origine anthropique ou naturelle, est à dominante d'éléments fins de type limono-sableux et d'argiles, qui ne permettent pas d'envisager un travail de valorisation des déblais par classification/criblage, que ce soit avec ou sans lavage. Ce constat est donné sur la base des horizons qui ont été rencontrés en phase d'investigations et de la forte proportion d'éléments fins qui a été relevée par le Géologue chargé du diagnostic.

6.2.1.2 Traitement *in situ*

La distribution des polluants est hétérogène et s'intègre dans des horizons qui sont à dominante fine. Dans ce contexte, un traitement des HAP par oxydation, des hydrocarbures légers et du naphthalène par venting, ou réaliser un traitement biologique des polluants à T°C ambiante ou chauffée, voire combiné à du lessivage, est possible mais soumis à des aléas importants.

L'accessibilité des réactifs ou de la biomasse mise en œuvre face au polluant, dans un contexte où les sols sont fins et hétérogènes, ainsi que l'aléas en termes de réponse au traitement, sont des paramètres difficiles à maîtriser et qui engendrent, dans ce contexte, un risque économique élevé, associé à l'absence de certitude quant à l'efficacité du traitement en termes de niveau de dépollution.

La désorption thermique n'est pas non plus conseillée. S'il est possible de chauffer les sols fortement (>250°C au point froid) et de sécher les matrices les plus fines pour les désorber, le délai de réponse du traitement reste aléatoire, notamment au regard de l'extraction des COV qui sera difficile dans un contexte où les sols sont hétérogènes. Seul le prolongement du traitement sur des périodes importantes permettra de transférer puis d'extraire convenablement les COV, tout en générant là encore un aléa économique important tant du point de vue du temps nécessaire que de la consommation de carburant d'appoint pour assurer un chauffage efficace des sols à traiter.

6.2.1.3 Traitement sur site

Comme énoncé au-dessus, les sols sont à dominante de matrices fines. Celles-ci sont mêlées à remblais anthropiques et hétérogène sur le premier mètre. Les matrices fines sont ensuite limoneuses et composées d'argiles au-delà. Il n'est donc pas envisageable de vouloir cribler, classer et laver les déblais en espérant obtenir un rapport intéressant de refus "sains" pouvant être laissé sur site.

Il est également exclu de vouloir traiter les déblais pollués sur site, par oxydation, traitement biologique aérobie en ce qui concerne les fractions légères des HAP, ou désorption thermique sur site, à cause du manque de place notamment et des délais qui peuvent être à la fois importants et très variables.

6.2.2 Techniques applicables

Les techniques applicables pour dépolluer les sources du site de l'AUG d'Arles, au regard de ce qui est indiqué plus haut, se limitent à une procédure de gestion des sols pollués (et des éventuels goudrons) qui ne peut être réalisée que suivant un principe de traitement hors site.

Les techniques que nous proposons de retenir dans le cadre du plan de gestion sont :

- § La gestion hors site des sols pollués ne répondant pas aux objectifs de réhabilitation, par un travail de tri excavation sur les zones préalablement délimitées à partir des données analytiques, avec :
 - § Envoi des sols pollués à des concentrations supérieures aux seuils de dépollution fixés, au moyen de transport par benne adaptée fermées et couverte, en filière hors site autorisée de type désorption thermique, ISDD ou biocentre, toute traçabilité incluse ;
 - § En cas d'excavation de volume significatif de goudrons purs ne pouvant pas être gérés en désorption thermique, les matériaux seront orientés en incinération, au moyen de transport ADR par benne adaptée étanche et couverte en filière hors site, toute traçabilité incluse ;
- § La gestion, à l'issue du tri, des sols excavés considérés comme respectant les seuils de dépollution, par maintien sur site et valorisation en remblais de fond de fouille ;

- § La gestion exceptionnelle des eaux polluées éventuellement rencontrées dans le cadre des travaux d'excavation (eaux d'infiltration ou d'origine météorique) par pompage sous vide et envoi des eaux contenant de fortes teneurs en polluants, au moyen de transport ADR par citerne adaptée, en filière hors site autorisée de type évapo-incinération, toute traçabilité incluse. À ce stade, notre chiffrage ne prend pas en compte la gestion de ces eaux souillées, puisque les excavations seront réalisées en zone non saturée, dans laquelle se situe l'ensemble des sources sols à traiter. Rappelons que la source résiduelle identifiée en zone saturée sur la zone n°3, réhabilitée en 2014, ne sera pas traitée compte-tenu de l'absence d'impact dans les gaz du sol sur ce secteur et pour éviter une mobilisation de la pollution résiduelle vers la nappe.

Les techniques applicables qui sont présentées au-dessus sont prises en considération dans le cadre de notre plan de gestion, et font l'objet des évaluations suivantes :

- § **Scénario N°1 :** Un travail de tri excavation des sols en vue de supprimer 830 m³ de sources sol de pollution, sans mise en œuvre de blindage et sous réserve de validation par une étude géotechnique, qui intègre :
- § L'excavation des zones N°1, 2, 3 et 6, avec des talutage 1/1 ;
 - § L'excavation des zones N°4 et N°5, en bordure de site, considérant sur le côté en limite de propriété le maintien d'une banquette de terrain de 1m de large puis un talutage en "touches de piano" par largeur de 1m et pour les autres côtés, un talutage 1/1 des bords de fouille ;
- § **Scénario N°2 :** Un travail de tri excavation des sols en vue de supprimer 950 m³ de source sol de pollution, en employant un confortement provisoire de type panneaux coulissants pour excaver les zones 4 et 5 en limite de site dans leur intégralité, les autres zones N°1, 2, 3 et 6 étant excavées sous talutage 1/1.

6.3 Présentation technique des mesures de gestion retenues

Dans un premier temps, les dispositions générales et techniques qu'il y a lieu de prendre en compte dans le présent plan de gestion et qui régissent l'exécution des deux scénarios sont présentées. Ensuite, les spécificités de chaque scénario sont également présentées.

6.3.1 Dispositions générales

6.3.1.1 Délimitation des emprises des traitements

Le chantier de traitement des zones source mis en œuvre doit être un chantier clos et indépendant, correctement débroussaillé pour sécuriser la circulation des travailleurs et engins, en assurant une bonne visibilité de la topographie du site. Son emprise est clôturée, comprend un accès indépendant de toute autre activité qui pourrait avoir lieu, muni d'une barrière fermant à clé. La clôture du chantier doit comporter une signalisation appropriée, qui indique la nature des travaux et que le chantier est interdit au public.

En l'état, l'emprise du site est entièrement fermée par une clôture qui est en bon état, fermée par un portail de grande largeur, accessibles aux poids lourds.

6.3.1.2 Démarches administratives préalables

Les démarches administratives à réaliser avant de procéder à tous travaux de terrassement sont :

- § L'établissement des DT / DICT,
- § Un porté à connaissance auprès de la gendarmerie ou police de la route locale et de la Mairie, indiquant la présence d'une circulation supplémentaire de camions et d'entrées et sorties de chantier, sur la Rue Mireille.

6.3.1.3 Démarches techniques préalables

Les démarches techniques préalables effectuées par l'entreprise de travaux sont :

- § La production d'une étude géotechnique G2 PRO qui intègre :
 - § Pour la modalité A de terrassement pour le scénario N°1 : Le dimensionnement des talutages à mettre en œuvre dans le cadre des travaux de terrassement ;
 - § Pour la modalité B de terrassement pour le scénario N°2, le dimensionnement des blindages temporaires et talutages à mettre en œuvre dans le cadre des travaux de terrassement ;
 - § Quelles que soient les modalités, les dispositions de remblaiement compactage à mettre en œuvre dans le cadre de la restitution des terrains aux abords des structures mitoyennes ;
- § La production de notes techniques d'exécution assortie de plans ;
- § L'envoi des FID + échantillons de sols pollués excavés et goudrons en filières, en vue d'obtenir des CAP et bien sur la production des CAP, avant de procéder à toute expédition de déblais en filières autorisées ;
- § Un référé préventif en présence d'un Huissier (ou constat d'Huissier), nécessaire sur les emprises en périphérie du chantier, les mitoyens, les voiries d'accès au site ;
- § Un état zéro sur l'atmosphère, sur site et en limite d'emprise de la zone de chantier, servant d'état de référence pour la surveillance de l'atmosphère durant les travaux d'excavation. Les analyses réalisées en 4 points en limite de site sont : le naphthalène, les Hydrocarbures totaux C5 – C10, et les BTEX ;
- § Les raccordements eau et électricité par un Électricien accrédité,
- § Sur la base du plan d'implantation des zones source à traiter décidées, un piquetage sur zone qui prend en compte la localisation des fonds et bords de fouille, par un Géomètre Expert.

6.3.1.4 Hygiène et sécurité

Il est rappelé que le chantier est clos et indépendant. Il doit être clôturé et sécurisé vis-à-vis de toute intrusion extérieure.

La base vie et sa maintenance sont à installer, pour un chantier pouvant comporter 6 personnes au maximum. Elle doit comprendre un bureau, pour le Chef de chantier, à partager avec le MOE le cas échéant, une salle de réunion, un réfectoire équipé en froid + moyen de chauffage des aliments. Cette base vie doit être alimentée en eau et électricité, être éclairée, chauffée convenablement, entretenue et tenue propre.

Des Équipements de Protection Individuelle (EPI) sont mis à disposition du personnel de chantier et des visiteurs occasionnels autorisés : Bottes de sécurité, baudriers fluorescents, casques, lunettes de protection, gants et masques de protections respiratoires.

Le personnel est soumis aux démarches d'information et d'autorisation de travailler sur le site, les dispositions en cette matière étant conseillées pour accéder sur un chantier SSP.

6.3.2 Principes des traitements applicables au site

Dans le contexte d'un chantier de tri-excavation réalisé en zone résidentielle, comportant principalement de la pollution concentrée entre le TN et – 2.5 m/TN (et très localement jusqu'à -3m/TN), parfois en limite du site, à proximité de murs mitoyens et clôtures existantes, il importe de réaliser des travaux qui prennent bien compte :

- § L'état des structures et les contraintes géotechniques sur les secteurs à réhabiliter avant tout commencement des travaux ;
- § Le dimensionnement correct des dispositifs de talutage ou de confortement temporaires, suivant la modalité de terrassement retenue, afin de ne pas créer de désordres sur les structures mitoyennes existantes ;
- § Les contraintes de remblaiement/compactage des terrains au moyen de remblais rapportés, toujours afin de ne pas créer de désordres sur les structures mitoyennes existantes ;
- § Une procédure de terrassement adaptée, qui conduise à une bonne maîtrise des émissions de COV/VAV, de poussière, de bruit et de vibrations.

Les travaux qui sont à réaliser sur le site, étudiés dans le présent plan de gestion, comprennent entre 1860 (dont 830 m³ de sols pollués) et 1980 m³ (dont 950 m³ de sols pollués) de déblais à excaver selon la méthodologie d'excavation utilisée (Talutage ou blindage en limite de site), jusqu'à une cote moyenne actuellement estimée à – 2.5m/TN, quel que soit le scénario retenu (N°1 ou N°2).

Notons que pour le scénario N°1 étudié, l'hypothèse de talutage pour les terrassements est une pente de 1/1, avec terrassement en "touches de piano" sur les secteurs des zones 4 et 5 en bordure de site. Pour l'ensemble des 6 fouilles, la forme de la pente, la banquette de sécurité à réaliser et la largeur des excavations en "touches de piano", devront de toute façon être évaluées avant travaux à partir d'une étude géotechnique. Cela sous-entend que ces paramètres pourront être modifiés en fonction des résultats de ladite étude. Si le soin est généralement laissé à l'appréciation du terrassier pour adapter la forme de pente en phase d'exécution des travaux, il est fortement conseillé dans le cas présent la réalisation d'une étude géotechnique préalable, le site étant ceint de murs de clôture et autres structures dont la stabilité doit être maintenue durant les travaux de réhabilitation.

6.3.2.1 Emprise et durée de traitement dans le cadre du scénario N°1

Le plan de principe ci-dessous indique les emprises des excavations qui vont devoir être réalisées dans le cadre des travaux de purge des zones source, dans le cadre du **scénario N°1**.



Les données prises en compte dans le cadre de notre évaluation du plan de gestion sont indiquées dans le tableau ci-après :

SCENARIO N°1	
<i>Excavation à – 2.5 m/TN en zone non saturée</i>	
Spécifications	Excavation sous talutage 1/1
Volume total en place de sols à trier excaver (m³)	1860
Volume en place de déblais à gérer hors site en bio-centre (m³)	40
Volume en place de déblais à gérer hors site en ISDD (m³)	670
Volume en place de déblais à gérer hors site en désorption thermique (m³)	120

Tableau 17 : Estimatif des volumes de déblais à gérer pour le scénario N°1

Sur la base des techniques, des quantités et modalités de terrassement annoncées, les durées estimées en première approche nous conduisent, pour le **scénario N°1** aux évaluations suivantes :

SCENARIO N°1	
<i>Cadence de tri estimée (450m³/jour)</i>	
ETAPES DE TRAVAIL	DUREE (Semaines)
Préparation des travaux y compris études préalables	5
Installation du chantier	2
Travaux de tri excavation	1
Remblaiement, dépassement des réalisés au cours d'excavations	2
Mise au propre et repli	2
TOTAL SUR SITE (Semaines/mois)	7 semaines ou 2 mois

Tableau 18 : Estimatif des durées de travaux pour la gestion des pollutions dans le scénario N°1

Les dispositions décrites à la suite, prennent en compte les contraintes et les quantités exprimées, en détaillant chaque principe retenu dans le cadre de l'évaluation du plan de gestion.

6.3.2.2 Emprise et durée de traitement dans le cadre du scénario N°2

Le plan de principe ci-après indique les emprises des excavations qui vont devoir être réalisées dans le cadre des travaux de purge des zones sources, dans le cadre du **scénario N°2**.

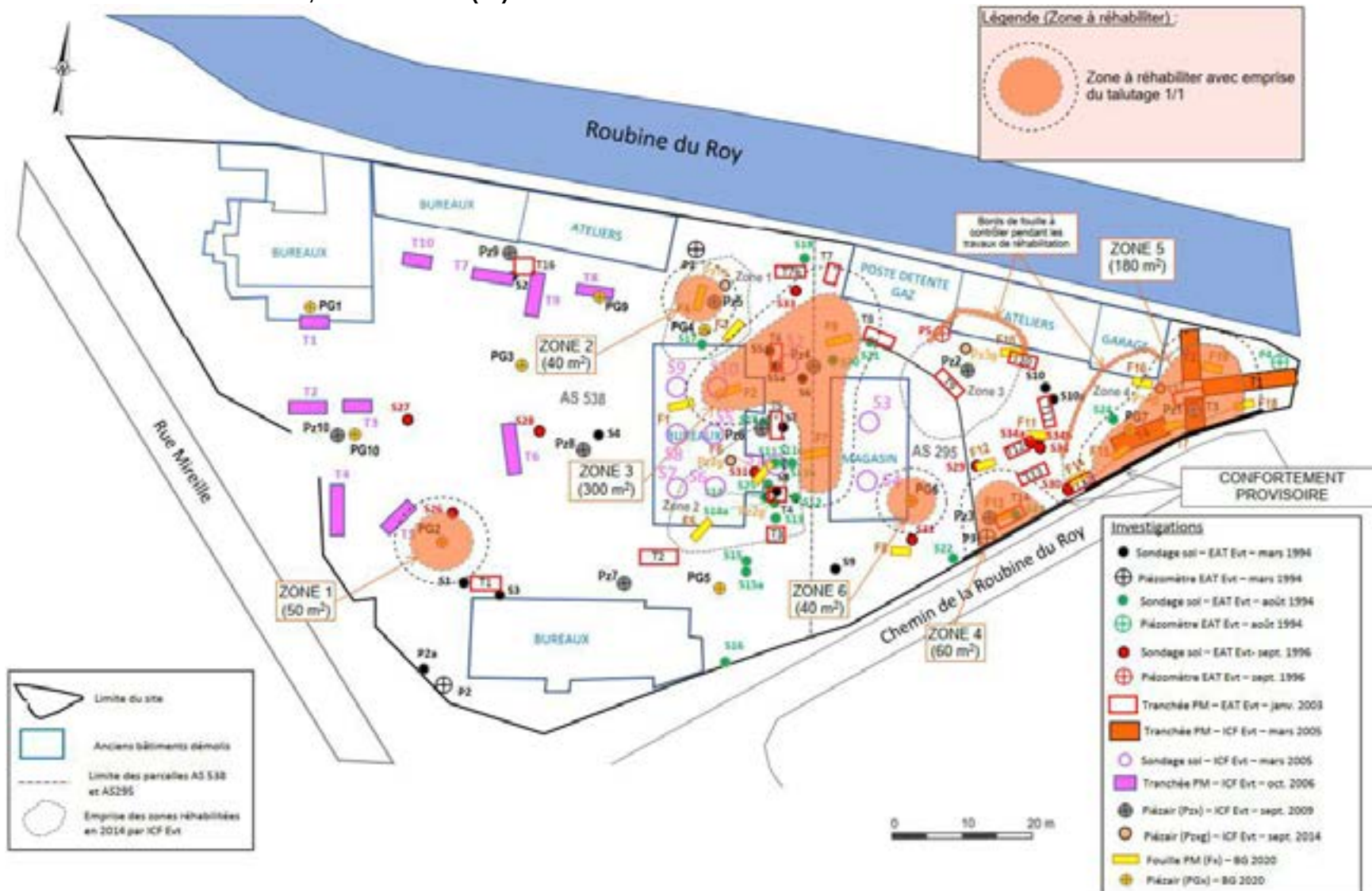


Figure 6 : Plan de localisation des zones sources concentrées dans le cadre du scénario N°2, d'excavation sous blindage des bords Sud des zones n°4 et 5

Les données prises en compte dans le cadre de notre évaluation du plan de gestion sont indiquées dans le tableau ci-après :

SCENARIO N°2	
<i>Excavation à – 2.5 m/TN en zone non saturée</i>	
Spécifications	Excavation sous confortement temporaire
Volume total en place de sols à trier excaver (m³)	1980
Volume en place de déblais à gérer hors site en bio-centre (m³)	40
Volume en place de déblais à gérer hors site en ISDD (m³)	790
Volume en place de déblais à gérer hors site en désorption thermique (m³)	120
Surface de confortement temporaire pour excavation à – 2 m/TN (en m²)	60

Tableau 19 : Estimatif des volumes de déblais à gérer pour le scénario N°2

Sur la base des techniques, des quantités annoncées, des dispositions de confortement à mettre en place pour extraire les sols, les durées estimées en première approche nous conduisent, pour le **scénario N°2** aux évaluations suivantes :

SCENARIO N°2	
<i>Cadence de tri estimée (400m³/jour)</i>	
ETAPES DE TRAVAIL	DUREE (Semaines)
Préparation des travaux y compris études préalables	5
Installation du chantier	2
Travaux de tri excavation	1
Remblaiement, dépassement des réalisés au cours d'excavations	2
Mise au propre et repli	2
TOTAL SUR SITE (Semaines/mois)	7 semaines ou 2 mois

Tableau 20 : Estimatif des durées de travaux pour la gestion des pollutions dans le scénario N°2

6.3.2.3 Cas des produits à orienter en désorption thermique

Dans le cadre du site de l'AUG d'Arles les matériaux qui sont à orienter en désorption thermique sont ceux qui présentent des teneurs en HAP totaux > 5000 mg/kg, qui ne peuvent pas être acceptés en ISDD.

Le travail de purge en fond de fouille conduit à la réception analytique des fonds et flancs des excavations. En cas de conformité aux objectifs de réhabilitation, les fouilles sont remblayées par des matériaux compatibles.

Les sols fortement impactés en HAP (> 5000 mg/kg) sont envoyés en désorption thermique, toute traçabilité incluse. Les matériaux expédiés hors site sont transportés en benne étanche et fermée.

Les travaux d'excavation ne sont pas prévus en zone saturée et si exceptionnellement des eaux venaient à sourdre, elles seront gérées au moyen d'un camion équipée d'une citerne sous vide. Cette modalité de gestion intégrant un envoi tracé en traitement hors site des liquides pompes considérés n'est pas prise en compte dans le présent plan de gestion.

6.3.2.4 Cas des sols pollués avec des teneurs en HAP < à 5000 mg/kg

Les polluants en fortes concentrations, qui caractérisent les zones source à retirer des sols du site, sont présents en milieu non saturé. Les excavations des sols pollués sont réalisées à l'aide d'une pelle équipée d'un godet rétro, qui prélève la masse polluante par couches d'une épaisseur de 50 cm à 1m, sous la supervision d'un Chef de chantier spécialisé en sites et sols pollués. Le tri est réalisé à l'avancement sur la base d'un plan de maillage adapté, tenant compte des analyses préalablement réalisées dans les sols en phase de diagnostic. Celui-ci est complété par des mesures de terrain réalisées au PID et les observations effectuées sur le terrain, au fur à mesure des excavations sur la zone à traiter.

Les travaux d'excavation ne sont pas prévus en zone saturée et si exceptionnellement des eaux venaient à sourdre, elles seront gérées au moyen d'un camion équipée d'une citerne sous vide, cette modalité de gestion intégrant un envoi tracé en traitement hors site des liquides pompes considérés non pris en compte dans le présent plan de gestion. Le travail de purge en fond de fouille conduit à la réception analytique des fonds et flancs des excavations. En cas de conformité aux objectifs de réhabilitation, les fouilles sont remblayées. Les sols pollués excavés sont placés sur une aire en attente en vue d'être évacués en filière de type ISDD. Les envois de déblais pollués en filières hors site font l'objet d'une traçabilité. Un produit épaisseur peut éventuellement être incorporé à la matrice boueuse polluée, en vue de la rendre pelletable. Les produits expédiés hors site sont transportés en benne fermée étanche et couverte.

Les HAP, sur le site d'Arles, sont considérés comme le traceur principal de la pollution et sont fortement corrélés avec les teneurs en HCT totaux. L'application des seuils de dépollution fixés pour les différents traceurs de pollution, en particulier pour les HAP totaux, traceur principal de pollution, amène à considérer, pour les deux scénarios étudiés, les sols exempts de goudron et dont le niveau de pollution est $800 < [\text{HAP}] < 5000 \text{ mg/kg}$ de MS comme des sources de pollution à traiter. Ces sols seront à priori gérés hors site en filière de type ISDD.

En ce qui concerne les sols avec des teneurs en cyanures totaux $> 350 \text{ mg/kg}$, nous considérons à ce stade qu'ils peuvent gérés soit en biocentre si la teneur en HAP totaux est inférieure à 600 mg/kg , soit en ISDD si la teneur en HAP totaux est comprise entre 600 et 5000 mg/kg .

La prise en compte des différents seuils définis pour la gestion des sols pollués (Objectifs de réhabilitation pour les différents traceurs et seuils filières pour les HAP totaux), conduit à la répartition suivante des volumes de déblais excavés pour le traitement des sources sols à gérer sur les différentes catégories de matériaux et pour les deux scénarios étudiés :

§ Pour le scénario N°1 : volume total de source sol à traiter de **830 m³**

CATEGORIE DE DEBLAIS	TRACEUR PRINCIPAL DE POLLUTION ET SEUIL DE GESTION	VOLUME ESTIME (m³)
		Taluté
Répartition du volume global de sols excavés pour le traitement des sources de pollution sur les différentes catégories de déblais		
Déblais pollués gérés hors site en désorption thermique	[HAP]> 5000 mg/kg	120
Déblais pollués gérés hors site en ISDD	600<[HAP]<5000 mg/Kg de MS	670

CATEGORIE DE DEBLAIS	TRACEUR PRINCIPAL DE POLLUTION ET SEUIL DE GESTION	VOLUME ESTIME (m ³)
		Taluté
Déblais pollués gérés hors site en bio-centre	[HAP]<600 mg/Kg de MS et cyanures totaux sans seuil limite	40
Déblais valorisables en remblais à l'issue du tri, si analyse conforme	[HAP]<800 mg/Kg de MS et respectant l'ensemble des seuils de dépollution	1030
Volume de remblais d'apport à prévoir pour le remblaiement des fouilles après travaux		
Déblais exogènes analysés inertes pour compléter le remblaiement	Remblais inertes au regard de l'AM du 12/12/2014 relatif aux ISDI	830

Tableau 21 : Répartition des volumes de sols excavés à gérer pour la gestion des sources sol dans le cadre du scénario N°1

§ Pour le scénario N°2 : volume total de source sol à traiter de **950 m³**

CATEGORIE DE DEBLAIS	TRACEUR <u>PRINCIPAL</u> DE POLLUTION	VOLUMES (m³)
		Taluté
Répartition du volume global de sols excavés pour le traitement des sources de pollution sur les différentes catégories de déblais		
Déblais pollués géré hors site en désorption thermique	[HAP]> 5000 mg/kg	120
Déblais pollués géré hors site en ISDD	600<[HAP]<5000 mg/Kg de MS	790
Déblais pollués gérés hors site en bio-centre	[HAP]<600 mg/Kg de MS et cyanures totaux sans seuil limite	40
Déblais valorisables en remblais à l'issue du tri, si analyse conforme	[HAP]<800 mg/Kg de MS et respectant l'ensemble des seuils de dépollution	1030
Volume de remblais d'apport à prévoir pour le remblaiement des fouilles après travaux		
Déblais exogènes analysés inertes pour compléter le remblaiement	Remblais inertes au regard de l'AM du 12/12/2014 relatif aux ISDI	950

Tableau 22 : Répartition des volumes de sols excavés à gérer pour la gestion des sources sol dans le cadre du scénario N°2

Il est à noter que les volumes de remblais neufs à rapporter sont précisés à titre d'information. Ils ont été évalués sur la base des volumes totaux de déblais pollués excavés.

La répartition sur les différentes filières sera à adapter en fonction des seuils d'admission en filières.

6.3.2.5 Cas des sols potentiellement compatibles

Dans le cadre du travail de tri excavation réalisé, le Chef de chantier, en se basant sur son plan de maillage et au regard des observations qu'il a effectué en cours de tri, procèdera à l'allotissement, sur une aire dédiée, des sols qu'ils considèrent comme potentiellement compatibles avec un maintien sur site. Ces sols peuvent contenir des pollutions résiduelles inférieures au seuil de dépollution fixés et ne sont donc pas caractéristiques d'une source de pollution. Ils sont compatibles avec l'usage futur du site, respectant pour cela les seuils de dépollution fixés, et moyennant le respect des restrictions d'usages sur le site, et peuvent potentiellement être valorisés en tant que remblais de fond de fouille.

L'aire sur laquelle les sols sont transférés, au moyen d'un chargeur à pneus, est étanche. Sur le site elle est réalisée si possible sur une aire recouverte d'un revêtement de surface (dalle béton où enrobé), ceintée de merlons réalisés en terre au moyen d'une pelle mécanique. Un complexe étanche est positionné au-dessus de cette aire, englobant à la fois la surface considérée et les merlons qui la délimite. Les terres sont déposées sur l'aire sous la forme d'un andain correctement calibré, afin que l'on puisse déterminer facilement le volume stocké en vue de procéder aux allotissements et à un échantillonnage des sols stockés qui soit représentatif. Le tas est maintenu sous une bâche étanche, en vue de maîtriser les envols de poussière, la diffusion de pollution volatile ou encore que la pluie n'imprègne pas trop le futur remblai.

Afin de pouvoir être utilisés en remblais, ces sols sont allotis et analysés à raison d'un échantillon par 50 m³, en vue d'être attestés comme étant bien compatibles. Le programme analytique doit permettre de démontrer que les déblais valorisés en remblais de fond de fouille respectent les objectifs de dépollution, il comprend :

- § La somme des 16 HAP, qui contient entre autre le naphtalène ;
- § Les hydrocarbures C5 – C10 et C10 – C40 ;
- § Les BTEX, dont le benzène ;
- § Les cyanures totaux.

Après confirmation de leur compatibilité, ces déblais sont valorisés en remblais, pour combler les fonds de fouille. Pour cela, les remblais sont transférés de l'aire de tri étanche vers la fouille à remblayer, et sont déposés en fond de fouille par une pelle mécanique, par couches de 30 à 50 cm. Chaque couche déposée est alors compactée au moyen d'un appareil télécommandé prévu à cet effet.

Le remblaiement dont il est question a lieu une fois que les fonds et flancs de fouille ont été échantillonnés à raison d'un échantillon composite par 50m² développés et réceptionnés (confirmation du respect des objectifs de réhabilitation dans les sols en place). Chaque échantillon est analysé par un laboratoire d'analyses accrédité qui permet d'attester :

- § L'atteinte aux objectifs de pollution des sols laissés en place en fonds et flancs de fouilles,
- § Les teneurs résiduelles en traceurs de pollution, notamment en cas de maintien en place pour cause d'inaccessibilité, du fait d'atteinte des limites techniques dans le cadre des excavations ou justifié par la présence de structures enterrées ou encore en cas d'atteinte des limites de propriété du site.

Le programme analytique doit permettre de démontrer que les fonds et flancs de fouille respectent les objectifs de dépollution, ou à défaut, permettre de caractériser les valeurs résiduelles laissées à l'issue des travaux. Il comprend :

- § La somme des 16 HAP, qui contient entre autres le naphtalène;
- § Les hydrocarbures C5 – C10 et C10 – C40;
- § Les BTEX, dont le benzène;
- § Les cyanures totaux.

Sont pris en compte dans le présent plan de gestion, les quantitatifs d'échantillons et analyses suivants:

OBJECTIF DES RECEPTIONS	PROGRAMME ANALYTIQUE	SCÉNARIOS	
		N°1	N°2
Déblais à recycler en remblais (m³)		1030	
Nombre d'analyses de réception des remblais (1 échantillon/50 m³)	16 HAP US EPA HCT C5-C10 HCT C10-C40 C6H6 CN totaux	21	
M² de fond et flancs de fouilles		1120	1060
Nombre d'analyses de réception des fonds et flancs de fouilles (1 échantillon/50 m²)		23	22
TOTAUX		44	43

Tableau 23 : Nombres de prélèvements et d'analyses de réception des fonds et flancs de fouille, des déblais valorisables en remblais à l'issue du tri

6.3.2.6 Contrôles des teneurs résiduelles en traceurs de pollution dans les flancs de fouille des zones réhabilitées en 2014

Comme évoqué au chapitre 4.5.1, les teneurs mesurées dans les sols des bords de fouille Nord des anciennes zones réhabilitées n°3 et 4 dépassent à priori les objectifs de réhabilitation fixés pour les HAP et/ou les cyanures totaux. Dans la mesure où ces données sont "anciennes" et qu'elles résultent de l'analyse d'échantillons composites dont la confection n'est pas détaillée dans le rapport de fin de travaux d'ICF Environnement, nous proposons de procéder à une analyse "plus fine" des bords de fouille concernés au démarrage des travaux de dépollution. En effet, nous prévoyons la réalisation de 3 échantillons composites représentatifs des sols en place sur chaque bord de fouille concerné, visant à préciser l'homogénéité des teneurs en traceurs de pollution sur toute la longueur du bord de fouille et à confirmer les teneurs mesurées en 2014.

Les échantillons qui présentent des teneurs en traceurs de pollution supérieures aux seuils de réhabilitation engendreront un traitement par tri-excavation des sols de bord de fouille représentés par l'échantillon concerné. En l'absence de dépassement d'un des seuils de réhabilitation, les sols seront maintenus sur site.

Le programme analytique comprendra les paramètres : HAP totaux, cyanures totaux, HCT C5-C10 et C10-C40 et les BTEX.

Dans l'éventualité où l'ensemble des sols présents sur les bords de fouille concernés ne respecteraient pas les seuils de réhabilitation, le volume complémentaire de sols pollués à gérer hors site est estimé à:

§ 20 m³ sur l'ancienne zone 3 réhabilitée en 2014 ;

§ 30 m³ sur l'ancienne zone 4 réhabilitée en 2014.

Ces sols seraient a priori à gérer en ISDD d'après leurs teneurs en HAP totaux et cyanures totaux.

À noter que le bord de fouille Nord-est de l'ancienne zone réhabilitée n°4 sera a priori traité lors du traitement de la zone 5 définie dans le présent plan de gestion.

6.3.2.7 Remblaiements complémentaires

Pour remplacer les sols pollués excavés qui ont été envoyés en filières hors site, il convient de prévoir la livraison de remblais inertes en bord de fouille, respectivement pour les scénarios 1 et 2, de 1500 et 1700 tonnes en place.

Ces remblais complètent les volumes de déblais issus du site qui ont été valorisés en remblais à l'issue du tri.

Les volumes de remblais annoncés ci-dessus sont analysés à raison d'un échantillon composite quarté tous les 500 m³ livrés. Pour réceptionner analytiquement les remblais neufs livrés, il est nécessaire de réaliser :

§ Pour le scénario N°1 = 3 packs ISDI.

§ Pour le scénario N°2 = 4 packs ISDI.

Pour rappel, le contenu des packs ISDI réalisés, reprend dans son intégralité le contenu du programme analytique porté dans l'Arrêté Ministériel du 12 décembre 2014. Cet arrêté précise les seuils à partir desquels les sols sont considérés inertes et non inertes. Le tableau indiquant ces seuils, est présenté ci-après.

PARAMETRES	VALEURS LIMITES À RESPECTER (mg/kg de MS)	REMARQUES
As	0.5	(1) Si un déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble (2). Si un déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le sulfate, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1500 mg/l à un ratio L/S = 0.1 Kg et 6000 mg/kg de matière sèche à un ratio L/S = 10 kg. Il est nécessaire d'utiliser l'essai de percolation NF CEN/TS 14405 dans des conditions approchant l'équilibre local. (3) Si le déchet ne satisfait pas la valeur indiquée pour le carbone organique total sur éluât à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation N-EN 12457-2 avec un pH compris entre 7,5 et 8,0. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le carbone organique total sur éluât si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg de matière sèche.
Ba	20	
Cd	0.04	
Cr total	0.5	
Cu	2	
Hg	0.01	
Mo	0.5	
Ni	0.4	
Pb	0.5	
Sb	0.06	
Se	0.1	
Zn	4	
Chlorures (1)	800	
Fluorures	10	
Sulfates (1)	1000 (2)	
Indice phénol	1	
Carbone organique total sur éluât (3)	500	
Fraction soluble	4000	
Paramètres à analyser en contenu total et valeurs limites à respecter		
Carbone organique total	30000 (1)	(1) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluât, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7.5 et 8.0.
BTEX (Benzène, Toluène, éthyle benzène et Xylènes)	6	
PCB (Polychlorobiphényles, les 7 congénères)	1	
Hydrocarbures totaux C10 – C40	500	
HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50	

Tableau 24 : Seuils définis par l'arrêté du 12 décembre 2014, relatif à l'acceptation des déchets en installation de stockage de déchets inertes

6.3.2.8 Gestion en filières hors site

Les sols excavés issus des sources concentrées font l'objet d'un tri par un technicien spécialisé en vue de l'évacuation vers différentes filières. La répartition des volumes pour chacune des options est rappelée dans le tableau suivant :

Filières de gestion des sols	Unité	Scenario	
		N°1	N°2
Volumes totaux de sols pollués en zone source à gérer	(m ³)	830	950
Volumes pollués de sol en bio-centre		40	
Volumes de sols pollués en ISDD	(m ³)	670	790
Volumes de sols pollués en désorption thermique	(m ³)	120	

Tableau 25 : Volumes arrondis en jeux pour chaque scénario, au regard des filières prises en compte dans le présent plan de gestion

6.4 Maitrise des nuisances durant les travaux

Les principales nuisances engendrées par les travaux de dépollution peuvent être limitées avec les actions suivantes :

§ Odeur et poussières :

- § Travail d'excavation réalisé sous la brumisation + produits captant et désodorisant pour lutter contre les COV/CAV,
- § Limitation de la surface des excavations,
- § Bâchage.

§ Bruits et vibrations :

- § Travail de démolition et d'excavation est réalisé à l'aide de matériel respectant les niveaux sonores et de vibrations de la législation en vigueur (Arrêté de Février 1998).

§ Circulation des véhicules :

- § Respect des règles de circulation et de stationnement édictées par le code de route,
- § Ajustement des livraisons et enlèvement à convenir avec les usagers et ayant droit sur le chemin d'accès au site.

§ Propreté :

- § Pose de films protecteurs pour éviter les envols de poussière et la diffusion de pollution dans les sols et dans la rivière voisine,
- § Lavage des voiries en sortie de site, un passage de balayeuse aspiratrice par semaine, soit 6 passages dans le cadre des deux scénarios, les durées de travaux étant pratiquement similaires. Un passage ayant été rajouté pour chaque option et modalité pour assurer la propreté à l'issue des travaux.

6.5 Surveillance environnementale

6.5.1 Surveillance de la qualité de l'air au niveau de l'atelier

Sur le chantier, l'Entrepreneur réalise un contrôle de la qualité de l'air ambiant sur la zone de travail au moyen de mesures continu des COV et des CAV à l'aide d'un PID, équipé d'une alarme sonore en cas de dépassement du seuil limite à respecter (Ex. : 10 ppmV).

Les valeurs relevées sont consignées sur le cahier de chantier, par le Chef de chantier.

6.5.2 Surveillance de la qualité de l'air en limite de site

Sur le site d'Arles, des mesures de surveillance de la qualité de l'air sont réalisées autour du chantier, en limite de propriété, sur 4 points au minimum :

- § Mesures ponctuelles de COV / CAV à l'aide d'un PID à raison de 4 fois/jour,
- § Des contrôles hebdomadaires de l'atmosphère pour les mitoyens, aux 4 points cardinaux, en limite de chantier, au moyen de tubes préleveurs adaptés (Ex. : tube Radiello) et analyses des teneurs en naphthalène et hydrocarbures légers, réalisées en laboratoire accrédité.

Les résultats des mesures quotidiennes sont consignés sur un cahier de chantier et les mesures hebdomadaires seront retranscrites dans le rapport de fin de travaux de réhabilitation.

6.6 Chiffrage des options de gestion retenues

Les chiffrages sont donnés ici sous forme d'un tableau comparatif entre les options et modalités de terrassement qui ont été évaluées dans le cadre des deux scénarios étudiés à l'échelle globale du site. Ce chiffrage n'intègre ni les prestations de maîtrise d'œuvre qui accompagnent les travaux de réhabilitation, ni les études telles qu'une ARR post-travaux ou la réalisation d'un dossier de servitudes.

Les coûts présentés intègrent pour chaque scénario et modalité, une évaluation de base et une évaluation haute, avec un écart qui est d'environ 20%. Les coûts de filières et de transport en particulier peuvent fluctuer, compte tenu de la charge /demande auprès des filières ou encore le coût de l'énergie, voire les taxes, révisées annuellement.

SCENARII	N°1 excavation sous talutage		N°2 excavation en partie sous confortement	
	P.U € H.T bas	P.U € H.T haut	P.U € H.T bas	P.U € H.T haut
PRESTATIONS				
Opérations préalables	6000	7500	3500	4200
Installation du chantier	38000	45500	38000	45500
Réunions et délivrables	10500	12800	10500	12800
Travaux de tri excavation	19000	22200	31000	37000
Gestion des déblais sur site et hors site	204000	245000	233000	279000
Remblaiement et apports de remblais	45000	67200	49000	72000
Réception des travaux de dépollution	4000	4800	4000	4700
TOTAL GENERAL € HT	326 500	405 000	369 000	455 200

Tableau 26 : Coûts comparés des scénarios de terrassement étudiés dans le plan de gestion

L'écart de prix entre les deux scénarios au niveau des travaux de tri-excavation est compris entre 12 000 et 14 800€ H.T.

Le scénario 2 représente une majoration du montant des travaux de tri-excavation d'environ 65%.

Il n'y a pas d'écart de prix entre les deux solutions techniques étudiées pour ce qui concerne les opérations préalables, l'installation de chantier, les réunions et livrables, et la réception des travaux de dépollution. Les principales différences de prix entre les deux solutions, dans l'ordre décroissant d'importance, sont celles :

- § Relatives à la gestion des déblais : L'écart est compris entre 29 et 34 K€ H.T;
- § Relatives aux travaux de tri excavation, du fait d'un passage de cadence de 450 m³/j de travaux à 400 m³ en travaillant sous blindage et de l'emploi du confortement lui-même : L'écart est compris entre 12 et 14.8 K€ H.T.
- § Relatives aux opérations de remblaiement : L'écart est compris entre 4 et 4.8 K€ H.T.

Au final, l'écart de prix est d'environ 9 % entre le scénario 1 et le scénario 2.

Si l'on ramène le coût global des travaux à la tonne de sols pollués traités (1500 tonnes dans le scénario 1 et 1710 tonnes dans le scénario 2), les prix à la tonne dans les différentes configurations de travaux sont détaillés dans le tableau suivant :

Scénario	N°1 : excavation sous talutage		N°2 : excavation sous confortement en limite Sud	
	PU bas € HT	PU haut € HT	PU bas € HT	PU haut € HT
Coût à la tonne de sols pollués traités	218.5	271	216	266

Tableau 27 : comparaison du coût à la tonne de sols pollués entre les deux scénarios proposés

6.7 Bilan coût / avantage des solutions étudiées

Les avantages et inconvénients de chacune des deux options de traitement sont comparés dans un tableau, en reprenant les items pris en compte en phase de première sélection des techniques possiblement opérationnelles pour gérer la pollution du site. Pour chacune d'elles, les arguments favorables et pénalisants pour chacune des solutions sont mis en exergue. Un code couleur facilite la lecture :

- § Les points forts et positifs sont annoncés sur fond vert dans le tableau ;
- § Les points faibles sont annoncés sur fond rouge dans le tableau ;
- § L'écriture en caractère gras est employée pour mettre en avant le caractère exceptionnel ou rédhibitoire des éléments indiqués, le cas échéant.

CRITERES PRIS EN COMPTE POUR LE BILAN COUT/AVANTAGE	SCÉNARIOS ETUDIES	
	Scénario N°1= Tri excavation des sols en zone non saturée, entièrement réalisée sous talutage 1/1	Scénario N°2 = Tri excavation des sols en zone non saturée, dont une partie est réalisée sous confortement
TECHNIQUE	Excavation sous talutage qui permet de retirer moins de sol pollué en zone source	Excavation sous confortement qui permet de retirer plus de sol pollué en zone source, sur des secteurs fortement impactés
	Travaux qui sont réalisés à une cadence légèrement plus soutenue, du fait qu'il n'est pas nécessaire d'employer de dispositif de confortement en limite de site	Emploi du blindage qui génère un ralentissement de cadence de 50 m³/j environ

	Incertitude relative au volume de sol qui doit être laissé en place qui est liée à l'ampleur de l'épaisseur de la banquette, au regard du résultat de l'étude G2PRO à réaliser. Dans notre PG elle est évaluée à 1m de largeur au regard de la faible profondeur à excaver en zone 4 et 5, qui est de -2m/TN	L'emploi des panneaux coulissant n'occasionne pas d'incertitude en ce qui concerne les volumes de sols pollués à purger
	Une disposition constructive ou un aménagement en vue de couper les voies de transfert pour isoler le sol pollué laissés en place au regard d'un usage futur peut être nécessaire	Il n'y a pas besoin de disposition constructive ou d'aménagement en vue de couper les voies de transfert pour isoler les sols pollués laissés en place au regard d'un usage futur sur les 2,5 premiers mètres /TN gérés dans le cadre des travaux.
ECONOMIQUE	Solution technique légèrement moins onéreuse que l'autre scénario étudié. Le coût à la tonne est légèrement supérieur à celui du scénario 2.	Solution technique plus onéreuse. La majoration globale de cout générée pour aller chercher 210 tonnes supplémentaires de sols pollués en limite de site est de 9% sur le montant global des travaux pour un gain en masse de sol pollué qui est de 13%. Cependant le coût à la tonne de sols pollués est légèrement inférieur à celui du scénario 1.
PSYCHOSOCIOLOGIQUE	On laisse un volume de source de pollution en limite de site en ce qui concerne les zones N°4 et N°5, sur un secteur qui doit accueillir des bâtiments.	On ne laisse pas de source de pollution en limite de site en ce qui concerne les zones N°4 et N°5
JURIDIQUE	Les 120 m³ de sol impactés laissés en place peuvent impliquer la mise en place d'une restriction d'usage sur le secteur concerné	Les sources de pollution identifiées en zone non saturée sont intégralement traitées.
DELAIS PLANNING	Identique en durée à la semaine pour les deux solutions étudiées	
EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE	De gros travaux de purge de zone source sont entrepris, générateurs de CO ₂ et malgré cela, une petite proportion de sol pollué est laissée en place en bordure de site	De gros travaux de purge de zone source sont entrepris, générateurs de CO ₂ , ce qui permet de purger entièrement les zones sources d'un site industriel jusqu'à - 2,5m/TN
SECURITE VIS-À-VIS DU PUBLIC	Dispositions pour la maîtrise des COV et des poussières mises en œuvre dans les deux cas. Dispositions au regard de la sécurité routière mises en place dans les deux cas, en sortie de chantier.	

Tableau 28 : Comparaison entre les deux scénarios proposés

Sur le plan financier, l'écart de montant global des travaux entre les deux scénarios est faible (9%) au regard du pourcentage de volume de source sols (14%) laissé en place en limite de site dans le cas du scénario 1.

Sur le plan technique, les deux solutions étudiées sont viables. L'une d'entre elle, celle relative au scénario N°1 étudié, peut conduire, suivant les résultats de l'étude géotechnique, à devoir peut-être laisser un peu plus de sols pollués que ce qui a été étudié dans le présent plan de gestion, notamment si les calculs démontrent que la banquette évaluée à 1m de largeur nécessite une plus grande largeur pour assurer la stabilité des terrains. L'autre, permet de retirer quasiment l'intégralité des sources de

pollution identifiées en bordure du site sur les zones à réhabilitées n°4 et 5, sans aléas sur la mise en œuvre de cette méthode d'excavation.

Enfin, sur le plan environnemental et psychologique, la scénario 2 permet de lever toute suspicion de maintien de pollution résiduelle concentrée sur le site, qui plus est sur une zone devant recevoir un bâtiment.

Compte-tenu de tous ces éléments, nous préconisons de **procéder à des travaux d'excavation suivant l'option N°2**, qui permettra le retrait de la totalité des sources de pollution concentrée identifiées sur le site et de lever tout doute sur le maintien de pollution résiduelle sur le site.

Cependant, la mise en œuvre de ce scénario de gestion devra être compatible avec le futur projet d'aménagement, notamment ne pas représenter une contrainte pour la réalisation des fondations du bâtiment. En cas d'incompatibilité avec le projet, le scénario 1 pourra être mis en œuvre.

6.8 Répartition des coûts de travaux entre les propriétaires des parcelles AS538 (COLFIELDS) et AS295 (SPEED REHAB)

En considérant que les travaux seront réalisés selon les modalités du scénario 2, visant à traiter les sources de pollution par une technique de tri-excavation, avec mise en place de confortement provisoires en limite de site pour le traitement des zones 4 et 5, et gestion hors site des sols impactés en filières de traitement, une évaluation des coûts de travaux revenant à l'un et l'autre des propriétaires du site de l'AUG, sur la base des coûts de traitement à la tonne de sols pollués présentés dans le **tableau 27** ci-avant.

Selon nos estimations, le volume global de sols pollués à traiter à l'échelle du site est de 950 m³ dans le cadre du scénario 2, ce qui correspond à environ 1710 tonnes (en considérant d=1.8). Compte tenu de la localisation des zones à réhabiliter et de leurs emprises sur les parcelles, il est estimé que la quantité de sols pollués à traiter est répartie de la façon suivante entre les deux parcelles :

- § Parcelle AS 538 (Propriétaire Brownfields) : **760 tonnes**
- § Parcelle AS 295 (Propriétaire SPEED REHAB) : **950 tonnes**

Si l'on applique les coûts à la tonne présentés dans le tableau 27, la répartition des coûts est la suivante entre les deux propriétaires :

Parcelle / propriétaire	AS 538 - Brownfields		AS 295 – SPEED REHAB	
	PU bas € HT	PU haut € HT	PU bas € HT	PU haut € HT
Montant estimé des travaux de réhabilitation	164 000.00 €	202 000.00 €	205 000.00 €	253 000.00 €

Tableau 29 : Comparaison entre les deux scénarios proposés

Remarque : dans l'éventualité où les sols à contrôler sur les bords de fouille des anciennes zones réhabilitées n°3 et 4 soit à gérer hors site, sur le surcoût sur le montant des travaux de réhabilitation de la parcelle AS 295 (SPEED REHAB) est évalué entre 19,5 k€ et 24 k€ HT, en considérant un volume supplémentaire de sols pollués à gérer hors site de 50 m³ (90 tonnes).

6.9 Contrôles post-travaux de la compatibilité sanitaire du terrain

Afin de contrôler la qualité de l'air des sols à l'issue des travaux de réhabilitation sur les zones réhabilitées 1 à 5, sur lesquelles des teneurs élevées en HAP totaux (dont naphthalène) et/ou HCT C10-

C40 et/ou BTEX ont été mises en évidence, il est prévu la réalisation de prélèvements d'air des sols sur ces 5 zones à l'issue des opérations de remblaiement des fouilles.

En cas de maintien en place d'une bande de terrain potentiellement pollué en limite de site, du fait des contraintes géotechniques, un contrôle sera également réalisé à ce niveau pour s'assurer de la compatibilité sanitaire des terrains.

Les prélèvements seront réalisés à l'aide de canne de prélèvement foncées jusqu'à -1m/TN minimum, à partir desquelles un prélèvement d'air des sols sera réalisé par pompage et passage sur un support de type charbon actif (double couche). Le programme analytique comprendra l'analyse des composés BTEX-N et HCT C5-C16.

Les résultats obtenus seront utilisés pour définir l'état résiduel du site sur les zones réhabilitées pouvant être à l'origine d'une diffusion de polluants volatils des sols vers l'air ambiant des futurs aménagements projetés. Les teneurs mesurées seront comparées aux valeurs maximales prises en compte pour l'évaluation "prédictive" des risques sanitaire détaillée ci-après, afin de vérifier la compatibilité sanitaire du site sur l'ensemble du terrain.

Aucun contrôle de la qualité des gaz du sol n'est prévu sur la zone n°6, sur laquelle le seul traceur de pollution qui dépasse les objectifs de réhabilitation est le paramètre cyanures totaux, composés non volatils.

7. Analyse des risques résiduels prédictive (A320)

L'analyse des risques résiduels (ARR) prédictive constitue l'analyse des enjeux sanitaires selon la norme NF X 31-620-2 de décembre 2018 et procède par le biais d'une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS). Celle-ci a pour objectif d'évaluer les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des futurs utilisateurs (résidents adultes et enfants) du site vis-à-vis des substances traceurs de pollution demeurant présentes de manière résiduelle une fois les mesures de gestion précédemment définies mises en œuvre, et ainsi valider la compatibilité sanitaire du site vis-à-vis des usages identifiés (logements collectifs) et du projet d'aménagement connu. Pour cela, l'état résiduel est défini de manière prévisionnelle dans l'étude présentée ci-après.

La démarche de l'étude est conforme aux méthodologies nationales en vigueur.

7.1 Objectifs de l'ARR

L'objectif de cette étude est de vérifier que les expositions des futurs usagers du site sont acceptables au regard de la qualité du sous-sol à l'issue des travaux tels qu'envisagés selon le scénario de gestion précédemment décrit.

Les textes du ministère en charge de l'environnement publiés le 19 avril 2017 fixent les niveaux de risques acceptables, soit :

- § 10⁻⁵ pour les risques cancérogènes cumulatifs (cela signifie 1 cancer supplémentaire sur 100 000 personnes), et
- § 1 pour les effets toxiques (cela signifie que le rapport dose reçue/dose de référence doit être inférieur ou égal à 1).

En outre, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les polluants et les milieux d'exposition qui en disposent.

Les points clefs de l'ARR sont le schéma conceptuel et l'évaluation quantitative des risques sanitaires.

7.2 Méthodologie de l'évaluation des risques sanitaires

La réalisation de l'EQRS respecte les principes suivants :

- § **Le principe de précaution** (Loi du 2 Février 1995) : Le manque de certitude, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable.
- § **Le principe de proportionnalité** : Il doit y avoir cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible.
- § **Le principe de spécificité** : Il doit y avoir pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement.
- § **Le principe de transparence** : Le choix des hypothèses, des outils à utiliser, du degré d'approfondissement de l'étude nécessaire relève du jugement et du savoir-faire de l'évaluateur face à chaque cas d'étude particulier. Ces choix doivent être expliqués par l'évaluateur et cohérents afin que la logique du raisonnement puisse être suivie et discutée par les différentes parties intéressées et que l'objectif de transparence des termes de la conclusion de l'étude soit respecté.

L'EQRS nécessite plusieurs étapes. Elle est considérée comme un processus itératif intégrant les données collectées à chaque étape :

1. Identification et caractérisation des dangers dus à la présence de substances dangereuses sur le site. L'existence d'un risque résulte de la présence simultanée d'une source de pollution (substances chimiques dans les sols), d'une voie de transfert et d'une cible (l'homme).

2. Évaluation des voies d'exposition pour les récepteurs identifiés en considérant l'usage du site. L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer les voies de transfert du polluant vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition.

3. L'estimation des expositions - Différents types de données relatives au site sont nécessaires pour le calcul de l'exposition. Seront ainsi définis et présentés différents paramètres spécifiques au site, par exemple :

- § les populations concernées;
- § les usages futurs du site et les aménagements à considérer ;
- § les caractéristiques du site favorisant la mobilité des polluants ou l'exposition des populations.

Cette étape doit s'appuyer sur le schéma d'aménagement futur du site.

4. La caractérisation des risques sanitaires qui consiste à calculer la dose journalière d'exposition ou la dose reçue pour chaque substance et pour chaque voie d'exposition et qui la compare avec le niveau de risque acceptable défini par les textes ministériels.

7.3 Schéma conceptuel

Les données disponibles sur les milieux représentatives de la situation actuelle sont utilisées pour déterminer, de manière prévisionnelle l'état final du site afin d'élaborer le schéma conceptuel du site.

L'élaboration du schéma conceptuel d'exposition consiste à :

- § identifier les substances à retenir et présentes sur site, les propriétés physico-chimiques des substances et les milieux concernés ;
- § identifier les usages et les populations ;
- § évaluer les modes de transfert des pollutions résiduelles vers les milieux d'exposition ;
- § identifier les points d'exposition et les voies d'exposition pour les populations potentiellement exposées.

Le schéma conceptuel caractérisant un risque lié à une pollution des sols comporte :

- § des sources de contamination, des substances à retenir et présentes sur site, et les milieux concernés ;
- § des voies de transfert des pollutions résiduelles vers les milieux d'exposition ;

§ des cibles exposées aux polluants.

Le schéma conceptuel est basé sur le projet d'aménagement envisagé selon les éléments de description fournis par SPEED REHAB (stade faisabilité / esquisse) tel que représenté sur la **figure 13** et détaillé en **annexe 1**. Les éléments du schéma conceptuel sont détaillés ci-après.

7.3.1 Sources de pollution

Le schéma conceptuel d'exposition potentiel considère :

§ **Les gaz des sols.** Les gaz des sols intègrent les remontées de vapeurs depuis les sols et les eaux souterraines.

Les sols de surface non recouverts et destinés à accueillir des espaces verts d'agrément ne sont pas pris en compte. En effet, il est considéré l'imposition d'une disposition constructive consistant à recouvrir les terres du site par des matériaux d'apport sains externes au site, sur une épaisseur de 0,3 m constatée après compactage, pour tous les espaces dont les sols ne sont pas surmontés d'un revêtement. Les autres surfaces seront recouvertes par un revêtement de surface (Dalle béton, enrobé, bâtiments,...).

7.3.2 Voies de transfert

Le schéma conceptuel d'exposition potentiel considère les voies de transfert suivantes :

- § Logements collectifs au Nord : le bâtiment sera directement sur les sols, sans sous-sol ni vide sanitaire. Il est considéré la possibilité de transfert de substances volatiles depuis les sols sous-jacents, au travers des infrastructures, jusqu'à l'air ambiant des lieux de vie fréquentés ;
- § Logements collectifs en bordure Est et Sud-ouest : le bâtiment sera directement sur les sols, sans sous-sol ni vide sanitaire. Par contre, le rez-de-chaussée du bâtiment sera occupé par des parkings. Il est considéré la possibilité de transfert de substances volatiles depuis les sols sous-jacents, au travers des infrastructures, jusqu'à l'air ambiant des lieux de vie fréquentés ;

Il n'est pas pertinent de considérer les voies de transfert suivantes :

- § Dilution et diffusion à travers la nappe (il est prévu l'interdiction d'utilisation de l'eau souterraine au droit du site) ;
- § Contamination des eaux potables par perméation (il est prévu des dispositions constructives définies pour la mise en place des canalisations d'eau potable supprimant cette voie de transfert) ;
- § Contact direct avec les sols non recouverts (pose de revêtement en surface dans les zones minéralisées et apport de terres extérieures au droit des futurs espaces verts).

Les voies de transfert considérées sont donc le dégazage des composés volatils vers l'air ambiant, la dispersion atmosphérique dans l'air extérieur et l'accumulation des vapeurs à l'intérieur des bâtiments. Le milieu d'exposition est donc l'air ambiant et la voie d'exposition retenue est l'inhalation de vapeurs provenant du dégazage du sous-sol.

7.3.3 Cibles

Le schéma conceptuel considère les cibles suivantes :

- § Futurs usagers sur site :
 - § Résidents adultes,
 - § Résidents enfants.

L'ensemble du schéma conceptuel est synthétisé dans le tableau ci-après et présenté graphiquement en **figure 13**.

Cibles	Voie d'exposition potentielle à prendre en compte	Voie considérée dans le schéma conceptuel	Justification
Futurs résidents (adultes et enfants)	Inhalation de vapeurs en intérieur	Oui	Présence résiduelle de composés volatils dans les sols au droit du futur bâtiment, mesurée sur prélèvements de gaz des sols
	Inhalation de vapeurs en extérieur	Oui	Exposition par inhalation de vapeur en extérieur, mesurée sur prélèvements de gaz des sols
	Inhalation de poussières à l'extérieur des bâtiments	Non	Les espaces verts seront implantés sur des matériaux rapportés dépourvus de pollution résiduelle. Les potagers et vergers ne seront pas autorisés.
	Ingestion accidentelle de sol	Non	
	Contact cutané avec le sol	Non	Voie d'exposition non prise en compte dans une évaluation quantitative des risques sanitaires du fait de l'absence de procédures établies pour la construction de valeurs toxicologiques de référence pour la voie cutanée (circulaire DGS du 31/10/2014).
	Ingestion d'eau souterraine	Non	L'utilisation des eaux souterraines ne sera pas autorisée
	Ingestion d'eau potable provenant du réseau AEP et risque de perméation	Non	Canalisations d'eau potable non perméables aux composés volatils ou mise en place au sein de terres d'apport saines (après décaissement des terrains en place)

Tableau 30: Récepteurs, voies de transfert et milieux d'exposition pris en compte dans l'ARR

Compte-tenu de l'existence de deux configurations de bâtiments sur l'emprise du projet, il sera étudié deux scénarios d'exposition dans le cadre de l'ARR :

- § Scénario 1 : cas du bâtiment de plain-pied sans parking en rez-de-chaussée (Bâtiment Nord)
- § Scénario 2 : cas des bâtiments avec parkings en rez-de-chaussée (Bâtiments en bordure Est et Sud-ouest du site).

7.4 Données d'entrée

Lorsque cela était possible, les données spécifiques au site ont été considérées ou évaluées. Lorsque les paramètres étaient inconnus, les valeurs conseillées ou proposées par défaut par les logiciels de calcul de risque ou par les organismes de référence (INERIS, US-EPA, RIVM), correspondant généralement à des configurations sécuritaires, ont été utilisées.

7.4.1 Paramètres d'exposition des cibles

Les données présentées ci-après sont valables pour les deux scénarios d'exposition pris en considération.

Les paramètres d'exposition sont définis pour les populations cibles retenues dans le tableau ci-après.

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
Résidents adultes			
Durée de vie	an	70	INERIS 2001 et USEPA 1991
Fréquence d'exposition annuelle	j/an	365	Durée maximale considérée
Durée d'exposition (logements)	an	30	Hypothèse conservatrice : durée d'exposition définie par convention à 30 ans pour un résident adulte (INERIS, 2001 et USEPA, 1991) – Appliquée à l'ensemble des résidents
Temps passé en intérieur (logements)	h/j	16,2	Temps moyen passé à l'intérieur du logement pour un adulte (INVS, 2012), dont 0.25h au parking et 15.95h dans le logement dans le cas du scénario 2.
Temps passé en extérieur (logements)	h/j	2,0	Hypothèse conservatrice du temps passé dans un jardin
Résidents enfants			
Durée de vie	an	70	INERIS 2001 et USEPA 1991
Fréquence d'exposition annuelle	j/an	365	Durée maximale considérée
Durée d'exposition	an	6	Hypothèse conservatrice : durée d'exposition de 6 ans définie par convention pour un résident enfant (au-delà de 6 ans, cible adulte considérée) (INERIS, 2001 et USEPA, 1991)
Temps passé en intérieur	h/j	17,4	Temps moyen passé à l'intérieur du logement pour des enfants de 0 à 4 ans (hypothèse conservatrice (INVS, 2012)
Temps passé en extérieur	h/j	2,0	Hypothèse conservatrice du temps passé dans un jardin

Tableau 31 : Paramètres d'exposition pris en compte dans les calculs des risques

Les hypothèses d'exposition sont, en première approche, très sécuritaires. Elles permettent de considérer les situations les plus défavorables. Ces paramètres ne tiennent pas compte de la saisonnalité (réduction du temps passé en intérieur en période estivale), ni de la scolarisation des enfants de plus de 3 ans à l'extérieur du site.

7.4.2 Caractéristiques du sous-sol

Lors du calcul de risques, il est nécessaire de connaître les caractéristiques du sous-sol. La lithologie rencontrée sur site est relativement homogène et comprend :

- § Des remblais sablo-argileux, avec parfois des graviers, ainsi que des briques (ou ponctuellement blocs béton), sur une épaisseur de 1 m et ponctuellement de 2 m. Ceux-ci comportent régulièrement des scories/mâchefers ;
- § En-deçà, il est généralement recoupé une épaisseur de limons argileux (ou argiles limoneuses) jusqu'à 3 m de profondeur (Arrêt des investigations) ;

Sur certaines des zones réhabilitées en 2014, les fouilles ont été remblayées avec des remblais d'apport constitués de galets dans une matrice argilo-limoneuse beige, sur une épaisseur comprise entre 1 et 3 m en fonction des zones.

Au vu de ces caractéristiques, et par choix sécuritaire, les sols ont été assimilés à des sables, type de sol le plus défavorable, défini dans les outils de calcul de risque. Ceci constitue une approche sécuritaire compte tenu de la présence de fractions plus fines (argiles et limons).

Les valeurs des paramètres caractéristiques des sables sont données ci-après :

Les caractéristiques du sous-sol		Explications des paramètres
Porosité totale du sol (-)	0,38	Paramètre spécifique au sable correspond à la classification internationalement acceptée SCS (US Soil Conservation Soil)
Teneur en eau résiduelle (-)	0,054	
Perméabilité aux vapeurs (cm ²)	5.10 ⁻⁸	
Profondeur de la source gaz (m)	0.1	Valeur sécuritaire en considérant la source volatile directement sous le bâtiment.

Tableau 32 : Paramètres du sol considérés dans les calculs de risques

7.4.3 Paramètres de transfert et accumulation à l'intérieur des bâtiments

Cas du scénario 1 : bâtiment de plain-pied sans parking en rez-de-chaussée

Les paramètres pris en compte pour les calculs de risques à l'intérieur des bâtiments sont présentés ci-après :

Paramètres des bâtiments considérés		Explications des paramètres
Profondeur des sols sous les bâtiments (m)	0,1	Contamination considérée en deçà des matériaux drainants sous dalle, approche sécuritaire
Épaisseur de la dalle (cm)	15	Valeur couramment utilisée
Différence de pression entre le sol et le bâtiment (g/cm.s ⁻²)	40	Donnée sécuritaire conseillée par le modèle Johnson et Ettinger pour les bâtiments sans ventilation mécanique
Fraction des fissures de la dalle béton/radier (-)	0,002	Valeur sécuritaire selon le modèle Johnson et Ettinger pour un bâtiment de plain-pied
Surface (m ²)	25	Surface minimale estimée du plus petit logement (De type studio) en l'absence de données sur le projet
Hauteur de la pièce (m)	2,5	Valeur habituelle
Taux de ventilation (logement) (vol/h)	0,25	Valeur minimale et sécuritaire pour la ventilation d'un logement

Tableau 33 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'intérieur

Cas du scénario 2 : bâtiment de plain-pied avec parking en rez-de-chaussée

Les paramètres pris en compte pour les calculs de risques à l'intérieur du bâtiment sont présentés ci-après :

Paramètres des bâtiments considérés		Explications des paramètres
Profondeur des sols sous les bâtiments (m)	0,1	Contamination considérée en deçà des matériaux drainants sous dalle, approche sécuritaire
Épaisseur de la dalle (cm)	15	Valeur couramment utilisée
Différence de pression entre le sol et le bâtiment (g/cm.s ⁻²)	40	Donnée sécuritaire conseillée par le modèle Johnson et Ettinger pour les bâtiments sans ventilation mécanique
Fraction des fissures de la dalle béton/radier (-)	0,002	Valeur sécuritaire selon le modèle Johnson et Ettinger pour un bâtiment de plain-pied
Surface (m ²)	350	Surface du plus petit secteur de parking en rez-de-chaussée
Hauteur de la pièce (m)	2,5	Valeur habituelle
Taux de ventilation (logement) (vol/h)	0,25	Valeur minimale et sécuritaire pour la ventilation d'un logement

Paramètres des bâtiments considérés		Explications des paramètres
Taux de transfert entre les niveaux	1	Valeur maximale et sécuritaire en l'absence de retour d'expérience convergent sur ce paramètre

Tableau 34 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'intérieur

7.4.4 Paramètres de transfert dans l'air extérieur

Pour les calculs de risques, il est nécessaire de déterminer la superficie des terrains impactés, ainsi que la profondeur de la source.

Les paramètres pris en compte dans les calculs de risques à l'extérieur sont présentés ci-après :

Paramètres à l'extérieur de bâtiments		Explications des paramètres
Longueur maximale parallèle au vent (m)	100	Valeur estimée suivant la configuration du site
Profondeur de la source (cm)	30	Valeur sécuritaire considérée pour une couche de surface valeur habituelle pour les calculs des risques
Vitesse du vent (m/s)	2,25	Correspond à une valeur conservatoire
Hauteur de la zone de mélange (m)	1,5 (adulte)	Valeur sécuritaire
	0,5 (enfant)	

Tableau 35 : Paramètres considérés dans les calculs de risques à l'extérieur

7.5 Sélection des substances

Les substances prises en compte dans les calculs de risque concernent l'ensemble des substances volatiles détectées à des concentrations supérieures aux limites de quantification des méthodes analytiques dans les sols, les eaux souterraines et/ou dans les gaz du sol. Si un composé n'a pas été détecté dans les sols, les eaux souterraines ni dans les gaz des sols, celui-ci n'a pas été retenu.

L'EQRS est réalisée à partir des concentrations des gaz du sol, qui intègrent le dégazage des composés volatils depuis les sols et les eaux souterraines. Cette approche est couramment utilisée dans le cadre de l'EQRS et permet de disposer de données pertinentes dans le milieu air des sols et de s'affranchir des incertitudes liées aux calculs de volatilisation. Lorsqu'un composé a été détecté dans les sols et/ou les eaux souterraines mais que sa concentration est inférieure au seuil de quantification dans le milieu gaz des sols, la valeur du seuil de quantification des gaz du sol est retenue.

Lorsque la répartition entre les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques ou entre les différentes fractions d'hydrocarbures n'est pas disponible, la concentration détectée en laboratoire a été appliquée pour chacune des fractions et seule la plus pénalisante a été retenue (démarche sécuritaire).

La concentration retenue est la valeur maximale disponible parmi l'ensemble du jeu de données représentatif de l'état résiduel prévisionnel du site. Ainsi, les prélèvements d'air des sols localisés au droit des zones destinées à être réhabilitées selon le plan de gestion précédemment décrit (PG2, PG6 PG7 et Pz4g), ne sont pas prises en compte.

De même, les données sur l'air des sols antérieures à la réhabilitation de 2014 ne sont pas prises en compte au droit des zones réhabilitées.

Il s'agit en particulier des points Pz1, Pz2, Pz5 et Pz6, sur les zones réhabilitées n°1 à 4.

L'état résiduel est donc défini à partir des ouvrages Pz3, Pz7 à Pz10, Pzg1 à Pzg3, PG1, PG3, PG4, PG5, PG9 et PG10.

Du fait de l'existence de deux configurations différentes de bâtiments, les données ont été sectorisées selon leur positionnement vis-à-vis des futurs bâtiments.

Les teneurs retenues pour les calculs de risques, issues des campagnes de mesures réalisées entre septembre 2009 et février 2020 sont détaillées dans les tableaux suivants.

La **figure 14** en annexe, illustre la localisation des points de prélèvement des gaz du sol pris en compte pour définir l'état résiduel du site après la mise en œuvre du pan de gestion décrit dans ce document, en superposition avec les aménagements prévus dans le cadre du projet de reconversion du site de l'AUG.

Scenario 1 : bâtiment de plain-pied avec logements en rez-de-chaussée :

Les points de prélèvement gaz pris en compte pour l'étude de scénario sont ; Pz9, Pzg1, PG3, PG4 et PG9.

	Composé	Teneur considérée	Origine de la donnée
BTEX-N	Benzène	114	Pz8 – septembre 2009
	Toluène	209	Pz8 – septembre 2009
	Ethylbenzène	24	Pz8 – septembre 2009
	Xylènes	463	Pz8 – septembre 2009
	Naphtalène	237	Pz9 – septembre 2009
HCT	fraction C5 - C6 aliphatiques	167	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C6 - C8 aliphatiques	500	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aliphatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C10-C12 aliphatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C12-C16 aliphatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C7 - C8 aromatiques	500	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aromatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C10-C12 aromatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C12-C16 aromatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020

Tableau 36 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en µg/m³

Il convient de noter que, pour les HAP, seul le naphtalène a été retenu comme traceur, au vu de sa volatilité et de sa toxicité pour la voie considérée et de sa teneur maximale mesurée bien supérieure aux autres HAP. La prise en compte des autres HAP mesurés lors des différentes campagnes est discutée dans l'évaluation des incertitudes au § 7.9.1.

En ce qui concerne le mercure, il n'est pas retenu, considérant que la valeur maximale mesurée en dehors des zones à réhabiliter est de 0.5 mg/kg, inférieure à la valeur haute des anomalies modérées définies dans le cadre du programme INRA-ASPITET (2.3 mg/kg).

Scenario 2 : bâtiment de plain-pied avec parkings en rez-de-chaussée

	Composé	Teneur considérée	Origine de la donnée
BTEX-N	Benzène	25	Pz7 – septembre 2009
	Toluène	20	Pz7 – septembre 2009
	Éthylbenzène	6	Pz10 – septembre 2009
	Xylènes	39	Pz10 – septembre 2009

	Naphtalène	29	Pz9 – septembre 2009
HCT	fraction C5 - C6 aliphatiques	167	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C6 - C8 aliphatiques	500	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aliphatiques	825	PG1, février 2020
	fraction C10-C12 aliphatiques	1250	PG1, février 2020
	fraction C12-C16 aliphatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C7 - C8 aromatiques	500	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aromatiques	825	PG1, février 2020
	fraction C10-C12 aromatiques	1250	PG1, février 2020
	fraction C12-C16 aromatiques	250	Seuil de quantification analytique, février 2020

Tableau 37 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Scenario 1 et 2 sur espace extérieurs :

	Composé	Teneur considérée	Origine de la donnée
BTEX-N	Benzène	114	Pz8 – septembre 2009
	Toluène	209	Pz8 – septembre 2009
	Éthylbenzène	24	Pz8 – septembre 2009
	Xylènes	463	Pz8 – septembre 2009
	Naphtalène	237	Pz9 – septembre 2009
HCT	fraction C5 - C6 aliphatiques	28	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C6 - C8 aliphatiques	167	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aliphatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C10-C12 aliphatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C12-C16 aliphatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C7 - C8 aromatiques	167	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C8 - C10 aromatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C10-C12 aromatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020
	fraction C12-C16 aromatiques	83	Seuil de quantification analytique, février 2020

Tableau 38 : Concentrations maximales retenues dans les gaz des sols pour l'ARR, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7.6 Valeurs toxicologiques de référence et excès de risque unitaire

L'ensemble des substances caractérisant les sources de contamination a fait l'objet d'une recherche de données physico-chimiques et toxicologiques.

Suivant les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sont distingués d'une manière générale:

- Effets à seuil : un effet survient au-delà d'une dose administrée. Cette famille concerne principalement les effets non-cancérogènes, voire les cancérogènes non génotoxiques.
- Effets sans seuils : un effet apparait quelle que soit la dose. Cette famille concerne principalement les effets cancérogènes génotoxiques.

L'évaluation de la relation dose-réponse a pour objectif d'identifier la relation entre la dose d'exposition et l'apparition probable d'un effet sanitaire lié à une exposition répétée. Cette évaluation aboutit à l'élaboration des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Les **VTR pour les effets sanitaires sans seuil** représentent la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène. Elles sont souvent exprimées par :

- Excès de Risque Unitaire (ERU) : voie orale en inverse de dose ingérée ($\text{mg/kg.j})^{-1}$, et voie inhalation en ($\mu\text{g/m}^3)^{-1}$) ou par
- Excess Lifetime Cancer Risk (CR) : correspond à la quantité de substance induisant un excès de risque cancérigène exprimée en mg/kg/j pour la voie orale et mg/m^3 pour la voir par inhalation.

Les **VTR pour les effets sanitaires à seuil** sont construites à partir de l'effet critique qui intervient au-delà d'une dose. Elles représentent les quantités maximales pouvant être administrées sans effet sur la santé et sont exprimées en masse de substance par mètre cube d'air ambiant ($\mu\text{g/m}^3$ ou mg/m^3) pour une exposition par inhalation et en masse de substance par kilogramme de poids corporel par jour (mg/kg/j) pour une exposition par voie orale (dont notamment la dose de référence RFD de l'US EPA, limite maximale raisonnable MRL de l'ATSDR ou les doses journalières du RIVM, de l'OMS ou de Santé Canada).

L'ensemble des substances a fait l'objet d'une recherche de données physico-chimiques et toxicologiques.

Principe de sélection des VTR

La sélection des VTR a été réalisée en s'appuyant en premier lieu sur l'expertise nationale concernant le choix des valeurs pertinentes pour les établissements sensibles, document de l'INERIS de mars 2017 " Guide de gestion des résultats des diagnostics réalisés dans les lieux accueillant enfants et adolescents, Choix des valeurs permettant la construction des seuils R1, R2 et R3", document référencé - DRC-17-164563-02580A, ainsi que les tableaux de sélection des VTR les plus à jour (novembre 2018).

Pour les substances qui ne sont pas incluses dans cette étude, la sélection a été réalisée conformément à la note d'information de la DGS du 31 octobre 2014 relative notamment aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. Cette note stipule en effet :

- qu'en l'absence de VTR dans l'une des 8 bases de données de référence (ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHA ou EFSA), il n'est pas pertinent de procéder à l'évaluation des risques basée sur une VTR alternative dont la validité est difficile à garantir ; il sera toutefois nécessaire de mettre en parallèle la valeur mesurée à des valeurs guides comme celles de l'OMS et à des valeurs réglementaires et proposer des mesures de surveillance ainsi que des mesures techniques de réduction des émissions.
- que si une seule VTR n'est disponible dans l'une des 8 bases de données de référence, la valeur peut être utilisée si elle correspond bien à l'exposition auxquelles la population est confrontée.
- que s'il existe plusieurs VTR dans les bases de données de référence, la procédure de sélection la suivante est recommandée :
 - § Sélection des VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données.
 - § A défaut, les VTR sélectionnées lors d'une expertise nationale sous réserve que l'expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.
 - § En absence de VTR construites par l'ANSES, la VTR retenue sera la valeur la plus récente parmi les 3 bases de données suivantes : US-EPA, ATSDR ou OMS
 - § En absence de VTR proposées par l'une des 4 bases de données précédentes, la VTR retenue sera la valeur la plus récente parmi les bases de données suivantes : Santé Canada, RIVM, OEHA et EFSA.
- que le recours à une valeur provisoire est proscrit pour la quantification des risques, cependant elle peut constituer un élément d'appréciation pour la discussion tout comme les DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets à seuil, ou les DMEL (Derived Minimal Effect Level) pour les effets sans seuils élaborées dans le cadre de la réglementation REACH.

De plus, s'il existe des effets à seuil et sans seuil pour une même substance, il conviendra de retenir les deux VTR et faire les deux évaluations de risque.

Toutefois, et exceptionnellement, s'il semble discutable de choisir la VTR la plus récente, la VTR retenue devra être sélectionnée en cohérence avec les expositions (étude exploitée : même voie et durée d'exposition que l'application à l'homme qui en est faite), et fera l'objet d'une explication claire de la méthode appliquée et des résultats obtenus.

Les valeurs toxicologiques retenues sont présentées dans **l'Annexe 14**.

Les paramètres physico-chimiques sont présentés dans **l'Annexe 15**.

7.7 Comparaison aux valeurs de gestion

Outre la mise en œuvre de calculs de risque, les teneurs calculées dans l'air ambiant sont comparées aux valeurs de gestion relatives à l'air ambiant.

Conformément à la méthodologie nationale des sites et sols pollués d'avril 2017, les valeurs de référence pour l'air ambiant sont les suivantes :

- Les valeurs réglementaires en vigueur (décret 2011-1727 du 2 décembre 2011 du ministère en charge de l'environnement qui régit le benzène et le formaldéhyde) ;
- Les valeurs élaborées par le HCSP qui sont, suivant les cas, des valeurs cibles, des valeurs repères de qualité d'air ou des valeurs d'action rapide ;
- Les valeurs élaborées par l'ANSES. Dans la mesure où elles sont élaborées en tenant compte des seules caractéristiques toxicologiques intrinsèques de chaque substance, le processus peut conduire à des valeurs repères inférieures aux concentrations usuellement observées dans l'air des habitations. Pour relativiser une telle approche, il sera tenu compte des données issues de référentiels de qualité de l'air telles que celles de l'OQAI en comparant au percentile 90 ;
- À défaut de telles valeurs, les seuils R1 établis initialement dans le cadre de la démarche de diagnostics des établissements accueillant des enfants et adolescents qui constituent désormais des valeurs d'analyse de la situation (version de novembre 2018)

Les valeurs de référence retenues sont présentées dans le tableau ci-après.

Composé	Valeur, mg/m³	Référence
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		
Naphtalène	0.01	HCSP (2012), VAI ANSES (2009)
HYDROCARBURES TOTAUX		
HCT C5-C6 aliphatiques	18.4	R1, VTR chronique effets à seuil (TPHCWG, 1999)
HCT C6-C8 aliphatiques	18.4	
HCT C8-C10 aliphatiques	1	
HCT C10-C12 aliphatiques	1	
HCT C12-C16 aliphatiques	1	
HCT C7-C8 aromatiques	0.26	
HCT C8-C10 aromatiques	0.2	
HCT C10-C12 aromatiques	0.2	
HCT C12-C16 aromatiques	0.2	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
Benzène	0.002	Décret 2011-1727
Toluène	20	VAI (ANSES, 2018)
Ethylbenzène	1.5	VAI (ANSES, 2016)

Composé	Valeur, mg/m ³	Référence
Xylènes totaux	0.18	R1, VTR chronique effets à seuil (Santé Canada 2010)

Tableau 39 : Valeur de référence pour l'air ambiant intérieur

Le tableau suivant présente la comparaison des teneurs calculées dans l'air ambiant avec les valeurs de gestion.

Composé	Concentration maximale modélisée en air intérieur au sein des logements (µg/m ³)	Valeur de gestion (µg/m ³)	Référence
Benzène	0,707	2	Décret 2011-1727 du 2 décembre 2011
Toluène	1,3	20 000	VGA ANSES (2018)
Ethylbenzène	0,147	1 500	VGA ANSES (2016)
Xylènes totaux	2,87	200	R1, INERIS (2018)
Naphtalène	1,42	10	HCSP (2012), VGA ANSES (2009)
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	1,05	18 000	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	3,13	18 000	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aliphatiques C8-C10	1,99	1 000	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aliphatiques C10-C12	3,02	1 000	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aliphatiques C12-C16	1,57	1 000	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	3,13	200	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aromatiques C8-C10	1,99	200	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aromatiques C10-C12	3,02	200	R1, INERIS (2018)
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	1,57	200	R1, INERIS (2018)

Tableau 40 : Comparaison des concentrations maximales modélisées en air intérieur aux valeurs de gestion

Ce tableau révèle que les teneurs maximales dans l'air ambiant modélisées sont conformes aux valeurs de référence pour l'ensemble des traceurs qui en disposent. Ceci est valable pour les deux scénarios étudiés au droit des bâtiments.

7.8 Résultats des calculs de risques

Les équations utilisées pour les calculs de transfert et de risques sont jointes en **Annexe 16**.

Le détail des calculs de risques est présenté en **Annexe 17**. Les niveaux de risques calculés sont synthétisés dans les tableaux ci-après. Les quotients de danger présentés cumulent d'une part, les effets des substances, en première approche, ainsi que l'exposition à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur. Les excès de risque individuel présentés cumulent les effets des substances et l'exposition à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur.

Scénario 1 : bâtiment de plain-pied avec espaces extérieurs

Effets à seuil (quotient de danger QD, cumulé)		Effets sans seuil (excès de risque individuel ERI, cumulé)	
Résident enfant	Résident adulte	Résident enfant	Résident adulte
0,12	0,112	1,7 10 ⁻⁶	7,7 10 ⁻⁶

Tableau 41 : Quotients de danger et excès de risque individuels calculés

Les résultats des calculs montrent des niveaux de risque pour les effets à seuil et sans seuil inférieurs aux niveaux de référence (de 1 pour les effets à seuil et 10⁻⁵ pour les effets sans seuil) pour l'ensemble des zones considérées, sur la base d'hypothèses sécuritaires.

Le benzène est le traceur de pollution qui contribue le plus aux niveaux de risque calculés pour les effets sans seuil, à hauteur de 70%. Pour les effets à seuil, le benzène contribue le plus au niveau de risque calculés (environ 50 %), suivi du naphthalène (environ 28 %).

Le cumul vie entière d'un résident habitant sur le site en tant qu'enfant puis adulte conduit à un excès de risque individuel de 9,4.10⁻⁶ également inférieur au seuil de 10⁻⁵.

Scénario 2 : bâtiment avec parking en rez-de-chaussée + espaces extérieurs

Effets à seuil (quotient de danger QD, cumulé)		Effets sans seuil (excès de risque individuel ERI, cumulé)	
Résident enfant	Résident adulte	Résident enfant	Résident adulte
0,032	0,029	1,3 10 ⁻⁷	5,9 10 ⁻⁷

Tableau 42 : Quotients de danger et excès de risque individuels calculés

Les résultats des calculs montrent des niveaux de risque pour les effets à seuil et sans seuil inférieurs aux niveaux de référence (de 1 pour les effets à seuil et 10⁻⁵ pour les effets sans seuil) pour l'ensemble des zones considérées, sur la base d'hypothèses sécuritaires.

Le benzène est le traceur de pollution qui contribue le plus aux niveaux de risque calculés pour les effets sans seuil, à hauteur de 79%. Pour les effets à seuil, les hydrocarbures C5-C16 contribuent le plus au niveau de risque calculés (environ 85 %), suivi du benzène (environ 14 %).

Le cumul vie entière d'un résident habitant sur le site en tant qu'enfant puis adulte conduit à un excès de risque individuel de 7.24 10⁻⁷ également inférieur au seuil de 10⁻⁵.

7.9 Évaluation des incertitudes

La quantification des risques sanitaires repose sur des modèles de transfert reconnus et prend en compte un certain nombre de paramètres, mesurés ou évalués à partir de données issues de mesures sur site, en laboratoire ou provenant de la bibliographie.

L'impact des choix effectués sur les résultats des calculs des risques est évalué par la suite en fonction de la variabilité et des incertitudes des paramètres et des hypothèses retenus.

Autant que possible, les données correspondant au secteur d'étude et aux observations ont été utilisées. Néanmoins pour certains paramètres, en l'absence de données disponibles, les valeurs retenues sont issues des recommandations des organismes de référence (US-EPA, INERIS) ou des modèles utilisés.

Seuls les paramètres avec une influence modérée à importante sont considérés pour l'analyse des incertitudes.

7.9.1 Choix des substances retenues

Les traceurs de pollution de l'ancienne usine à gaz détectés dans les gaz du sol, les sols ou les eaux souterraines ont été retenus. Les calculs ont été réalisés sur la base des concentrations mesurées dans les gaz du sol afin de disposer des teneurs pertinentes dans ce milieu et minimiser les incertitudes liées aux calculs de volatilisation. Lorsqu'un composé a été détecté dans les sols et/ou les eaux souterraines, c'est la concentration mesurée dans le milieu gaz qui a été retenue, y compris lorsque la concentration mesurée dans l'air des sols est inférieure à la limite de quantification analytique, auquel cas c'est cette limite qui est considérée pour déterminer la concentration à retenir comme donnée d'entrée.

Les données sur les gaz des sols actuellement disponibles et en dehors des zones à gérer définies dans le plan de gestion ont été considérées en retenant la concentration maximale mesurée. Les données exploitées sont issues, pour certaines, de campagnes de mesures qui ont été réalisées en 2009 et 2014.

La comparaison de ces valeurs avec celles obtenues plus récemment en février 2020, sur des secteurs identiques (ou proches), amène à constater que les teneurs maximales en benzène et naphthalène mesurées en 2020 sont généralement inférieures à celles mesurées lors des campagnes antérieures. De fait, les teneurs maximales prises en compte pour les calculs de risques apparaissent comme majorantes pour l'évaluation des risques sanitaires.

Les calculs de risques en considérant uniquement les données de 2020 pour les adultes (pour le scénario 1 dans le bâtiment) conduisent aux quotients de danger et excès de risque individuel calculés présentés dans le tableau suivant en comparaison avec ceux calculés avec l'ensemble des données collectées entre 2009 et 2020 :

Effets à seuil dans le bâtiment (quotient de danger QD)		Effets sans seuil dans le bâtiment (excès de risque individuel ERI, cumulé)	
Résident adulte (Données 2009-2020)	Résident adulte (Données 2020)	Résident adulte (Données 2009-2020)	Résident adulte (Données 2020)
0.112	0.029	7.7 10 ⁻⁶	2.1 10 ⁻⁷

Tableau 43 : Comparaison des Quotients de danger et excès de risque individuels calculés pour les expositions des adultes dans les bâtiments dans le cadre du scénario 1

En ce qui concerne les HAP (16 substances), seul le naphthalène a été retenu comme traceur de cette famille en raison de sa volatilité et toxicité pour la voie inhalation supérieures aux autres composés et considérant que la teneur maximale mesurée est également plus élevée. Les autres composés, dont l'acénaphthylène, détecté en 2009 sur des zones qui ont été traitées lors des travaux de 2014 et mesuré à des teneurs ne dépassant pas 30 µg/m³, alors que le naphthalène était détecté jusqu'à des teneurs de 14 800 µg/m³, n'ont pas été considérés dans les calculs présentés, car ils n'ont pas été quantifiés ou détectés à des teneurs très faibles et non significatives.

7.9.2 Paramètres d'exposition

Les paramètres d'exposition sont principalement le temps d'exposition en heures par jour à l'intérieur ou en extérieur et le nombre d'années de présence. Le temps passé en intérieur pour les résidents est basé sur la littérature (INVS, 2012). La durée d'exposition de 2 h par jour en extérieur est conservatrice. Par ailleurs, il n'est pas considéré la scolarisation des enfants de plus de 3 ans dans le scénario étudié. Enfin, le scénario étudié suppose que les résidents seront exposés 365 jours par an, pendant 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants, au sein des logements. Ces temps d'exposition sont donc maximaux et pleinement sécuritaires en première approche.

Les paramètres retenus permettent donc de considérer les expositions les plus défavorables. En conséquence, les résultats des calculs de risques sont susceptibles d'être surestimés par rapport à la situation réelle.

7.9.3 Modèle utilisé pour le transfert de vapeurs à l'intérieur des bâtiments

Les paramètres avec une influence modérée à importante sont les suivants (selon le guide d'utilisation du modèle Johnson and Ettinger "*User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings, USEPA, 2004*") : les caractéristiques du sol, la différence de pression entre le sol et le bâtiment et le taux de ventilation. Les paramètres considérés dans les calculs sont jugés sécuritaires.

§ Les caractéristiques du sol

Les paramètres des sols retenus correspondent à des sables. Ceci constitue une approche sécuritaire compte tenu de la présence de fractions limoneuses à argileuses plus fines, mais elles permettent de rendre compte de la variabilité rencontrée sur le site, aux diverses profondeurs.

D'une manière générale, pour les paramètres liés aux propriétés des sols, les valeurs données issues de la classification des sols internationalement acceptée SCS (US Soil Conservation Soil) habituellement utilisées dans les études de risques ont été prises en compte : porosité totale, porosité à l'eau, porosité à l'air, perméabilité de vapeur.

§ Le gradient de pression

Le gradient de pression de 40 g/cm.s^2 considère que la différence de pression est due au vent et à la différence de température. Ce paramètre est considéré constant dans l'année et donc ne tient pas compte de périodes calmes, par exemple l'été quand les fenêtres peuvent être ouvertes, et de ce fait peut induire une surestimation des risques.

§ Taux de ventilation

Le taux de renouvellement d'air retenu dans le bâtiment est de $0,25 \text{ vol/h}$ pour les locaux résidentiels, soit une ventilation naturelle du bâtiment, cette valeur pouvant être considérée comme sécuritaire, étant donné les systèmes mécaniques de ventilation existant dans les logements, pouvant conduire à un taux de l'ordre de $0,5 \text{ vol/h}$. Dans ce cas, les niveaux de risque seraient alors réduits d'un facteur 2.

Dans le cas du scénario 2, le taux de $0,25 \text{ vol/h}$ pris en considération pour les calculs de risque sanitaire est d'autant plus sécuritaire qu'en théorie, compte-tenu que le rez-de-chaussée du bâtiment est constitué de parkings, on pourrait considérer plutôt une valeur minimale de 3 vol/h , au regard de l'arrêté modifié du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, qui prévoit un renouvellement d'air de $600 \text{ m}^3/\text{h}/\text{véhicule}$.

La prise en compte d'un taux à 3 vol/h au lieu de $0,25$, réduirait la teneur dans l'air ambiant d'un facteur 12 et donc d'autant le niveau de risque QD et ERI, compte-tenu du principe de proportionnalité.

Les paramètres considérés sont raisonnablement majorant et sécuritaires.

§ Taux de transfert entre niveaux

Pour le scénario 2, les logements sont situés en niveau R+1, au-dessus d'un rez-de-chaussée à usage de parking. Selon une approche conservatrice, il a été retenu un taux de transfert de 100 % de l'air ambiant du rez-de-chaussée vers le niveau supérieur, en l'absence de données et éléments bibliographique suffisamment fiable pour l'évaluer. Si l'on ne peut exclure des passages préférentiels entre ces deux niveaux (cages d'escalier, gaines techniques, etc.), il est toutefois excessif de supposer

que l'intégralité de l'air du logement provient du rez-de-chaussée. Par conséquent, l'approche considérée conduit à une surestimation des niveaux de risque calculés, sans en apprécier l'ampleur.

§ Profondeur de la source gaz du sol

Dans une approche sécuritaire, il a été considéré que la source gaz était située directement sous les bâtiments à 0.1 m de profondeur sous la dalle. En réalité, les prélèvements de gaz du sol ont été réalisés à des profondeurs de l'ordre de 1.5 m de profondeur. La prise en compte de cette profondeur pour la localisation de la source gaz contribue à atténuer les QD et ERI dans chaque configuration d'aménagement.

De fait, il ressort que l'approche conduit à surévaluer modérément le niveau de risque calculé. (Ex. : Le QD pour l'exposition des adultes dans le bâtiment pour le scénario 2 passe de 0.029 à 0.021 avec une profondeur de 1.5 m).

7.9.4 Toxicité des substances

La sélection des VTR a été réalisée en s'appuyant avec les dispositions de la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence. Pour rappel, la sélection des VTR s'appuie en premier lieu sur les valeurs élaborées par l'ANSES. En l'absence de telles valeurs, par défaut, la sélection effectuée repose sur l'expertise nationale concernant le choix des valeurs pertinentes pour les établissements sensibles, document de l'INERIS de novembre 2018 " *Mise à jour des choix de VTR dans le cadre de diagnostics de sols dans les établissements accueillant des enfants et des adolescents, Choix des valeurs permettant la construction des seuils R1, R2 et R3*", document référencé - DRC-18-173500-10929A.

7.9.5 Additivité des risques

En première approche, pour les effets à seuil, les quotients de danger ont été additionnés sans prendre en compte les mécanismes d'action toxique et les organes cibles ni s'assurer qu'il s'agit des mêmes. Aussi, la démarche mise en œuvre est volontairement conservatrice.

7.10 Synthèse de l'analyse des risques résiduels

L'analyse des risques résiduels prédictive mise en œuvre en prenant en compte des hypothèses et des paramètres sécuritaires ou raisonnablement majorants montre que la qualité prévisionnelle du sous-sol en place à l'issue des travaux de réhabilitation définis dans le présent plan de gestion conduit à des niveaux de risques acceptables pour un usage résidentiel et selon le projet établi comportant des logements, étant donné que les niveaux de risque calculés sont inférieurs aux seuils de référence (10^5 pour les effets sans seuil et 1 pour les effets à seuil).

Par ailleurs, les teneurs maximales calculées dans l'air ambiant des locaux sont conformes aux valeurs de gestion disponibles.

La validité de ces conclusions sera vérifiée à l'issue des travaux de réhabilitation prévus dans le plan de gestion, en particulier en intégrant les teneurs mesurées en traceurs de pollution volatils dans l'air des sols sur les zones réhabilitées.

7.11 Restrictions d'usage et dispositions constructives

Ces conclusions ne sont valables qu'avec l'application des restrictions d'usages et dispositions constructives mentionnées ci-après :

- § Interdiction d'utilisation des eaux souterraines ;
- § Interdiction de réalisation de jardins potagers ou de vergers ;

- § Mise en place de revêtement de surface étanche (type enrobé, béton,...) ou d'un recouvrement d'un minima 30 cm de terre végétale sur les espaces verts extérieurs, avec vérification de sa qualité environnementale et de sa compatibilité avec l'usage des espaces extérieurs ;
- § Canalisations d'eau potable non perméables et non poreuses ou mises en place au sein de terres d'apport saines (après décaissement des terrains en place).

Par ailleurs, en cas d'excavation ou d'affouillement, le risque éventuel présenté par le niveau de pollution résiduelle devra être pris en compte afin de définir de manière adéquate et adaptée les dispositions et précautions particulières vis-à-vis des travailleurs et de respecter la législation en vigueur pour la gestion des terres excavées.

8. Conclusion

Le site de l'ancienne usine à gaz, sis au 3 rue Mireille à Arles (13) a été cédée par ENGIE. Constituée de deux parcelles principales, une partie, correspondant aux parcelles AS 538/539 d'une superficie totale de 5346 m², a été acquise par COLFIELDS, et l'autre, correspondant à la parcelle AS295 d'une superficie de 1911 m² a été acquise par SPEED REHAB. Les propriétaires des deux parcelles prévoient le développement d'un projet immobilier résidentiel. Dans le cadre de la parcelle AS 295, SPEED REHAB prévoit la mise en œuvre d'une procédure de tiers-demandeur.

La société SPEED REHAB actuel propriétaire de la parcelle AS295 a mandaté BG Ingénieurs Conseils pour réaliser un diagnostic complémentaire du sous-sol du site, un plan de gestion en vue de gérer les sources concentrées de pollution du site et une analyse de risques résiduels prédictive. Cette étude concerne la globalité du site, incluant donc également les parcelles AS 538/539 propriété de Colfields.

Le site a abrité les activités d'une ancienne usine à gaz manufacturé de 1846 à 1935 puis des activités de stockage/distribution de gaz naturel et d'agences EDF et GDF jusqu'à la démolition des bâtiments en 2014. Le site a une surface d'environ 7350 m² et est entièrement clôturé.

Le projet d'aménagement prévoit la construction d'immeubles d'habitations collectives, l'un de plain-pied et l'autre avec un parking en rez-de-chaussée, assortis de jardins d'ornement, de parkings extérieurs, et d'une voirie d'accès.

La synthèse des anciennes études environnementales effectuées au droit du site de l'AUG, complétée par de nouvelles investigations des sols et de l'air des sols, ont conduit à actualiser l'état du terrain vis-à-vis des traceurs de pollution des AUG. Un traitement statistique des données globales sur les teneurs en polluants dans les sols, associé à l'étude de la répartition spatiale des pollutions, a permis de définir des seuils de réhabilitation pour les traceurs de pollution d'intérêt, qui ont été mis à profit pour déterminer les zones source à réhabiliter pour assurer la compatibilité du site avec le futur aménagement projeté, à savoir un usage résidentiel. Ces seuils sont de 800 mg/kg pour les HAP totaux, de 1200 mg/kg pour les HCT C10-C40 et de 350 mg/kg pour les cyanures totaux.

Au total, 6 zones sources ont été identifiées sur le terrain de l'AUG, répartis sur les parcelles AS 538/539 et AS 295, sur lesquelles des sources concentrées en HAP totaux, HCT et cyanures totaux ont été identifiées, généralement jusqu'à -2.5 m/TN (ponctuellement jusqu'à -3m/TN sur F9), en zone non saturée. Le volume global des sources sols à traiter a été estimé à 950 m³.

Des solutions techniques de gestion de ces sources de pollution ont été étudiées dans le cadre d'un plan de gestion, incluant un bilan coûts/avantages.

Deux modalités de tri-excavation ont été étudiées, l'une visant à travailler uniquement par talutage pour la sécurisation de l'ensemble des bords de fouille et l'autre conduisant à la mise en place de confortements provisoires sur les bords de fouille qui se situent en limite Sud-est du site, sur deux zones à réhabiliter.

La comparaison des deux solutions de tri excavation des sols pollués dans le cadre du bilan coûts/avantages a conduit à retenir la solution visant à réaliser les excavations avec talutage et mise

en place d'un confortement provisoire en bordure Sud des deux zones localisées en limite de site. Cette solution permet le traitement de la totalité des sources de pollution avec un surcoût faible au regard des bénéfices environnementaux, psychologiques et sanitaires pour les futurs utilisateurs du site.

Les techniques de tri excavation qui ont été retenues en vue d'être comparées dans le présent plan de gestion génèrent peu de nuisances et celles qui sont générées (envolement de poussières et de COV, bruit, vibrations), sont facilement maîtrisables en phase travaux, vis-à-vis du voisinage.

Les coûts estimés pour les travaux de réhabilitation de la totalité de l'emprise de l'AUG, pour la solution d'excavation retenue, sont compris entre 370 et 455 k€ HT. La répartition des coûts de travaux entre les deux propriétaires est évaluée entre 164 et 202 k€ HT pour la parcelle AS 538 (Colfields) et entre 205 et 253 k€ HT pour la parcelle AS 295 (SPEED REHAB).

L'analyse des risques résiduels menée sur la base d'un état résiduel prévisionnel du site après application des mesures de gestion présentement définies conclut à la compatibilité du site avec les usages et les aménagements projetés. Cette analyse repose sur des hypothèses fortes et particulièrement pénalisantes quant à la qualité de l'air des sols au droit des aménagements prévus.

Les conclusions de l'analyse des risques résiduels ne sont valables qu'avec l'application et le respect de restrictions d'usages et dispositions constructives définies.

Responsables de la prestation

Benoît MARECHAL Superviseur BG Ingénieurs Conseils (Agence de Lyon) 13 rue des Émeraudes 69006 LYON Tel. 04 72 56 57 70 Mob. 06 81 59 83 39 benoit.marechal@bg-21.com	Xavier ESTRAT Chef de Projet BG Ingénieurs Conseils (Rattaché à l'agence de Lyon) 20 allée Turcat-Méry 13008 MARSEILLE Tel. 04 91 25 29 26 Mob. 06 75 44 28 49 xavier.estrat@bg-21.com
--	--

TABLEAUX

Tableau 44 :

Synthèse des teneurs en traceurs de pollution dans les sols
mesurées entre 1994 et 2014

TAB LEAU 44 : SYNTHÈSE DES TENEURS EN TRACEURS DE POLLUTIONDANS LES SOLS MESUREES ENTRE 1994 ET 12014

Rd. Sondage	Période de prélèvement																		
	profondeur échantillon (en m/NT)																		
Mesure PID (en ppm)																			
paramètre	Unité																		
METALLS SUR BRUT	mg/kg MS	-	350	Valeur haute d'anomalie modérée ASPITET - INRA															
	arsenic																		
	mercure																		
	plomb																		
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																			
benzène	mg/kg MS	-	-																
BTEX totaux	mg/kg MS	6																	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																			
naphthalène	mg/kg MS	-	-																
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS	50	800	72	21	46	862	418	418	47	10	0.65	<0.05	48.46	0.54	<0.8	6.74	35.67	
HYDROCARBURES TOTAUX																			
fraction C10-C12	mg/kg MS	-	-																
fraction C12-C16	mg/kg MS	-	-																
fraction C16-C21	mg/kg MS	-	-																
fraction C21-C40	mg/kg MS	-	-																
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	500	1200	na											83		173		

2500	Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
640	Teneur > seuil (SD)
95	Teneur sur brut > valeur haute anomalie modérée

Réf. Sondage		EAT - janvier 2003																				
Période de prélèvement		EAT - juillet 1986																				
profondeur échantillon (en m/NT)		S27	S29	S32	S33	S33	S34	P5	P5	P5	T1	T2	T6	T7	T7	T8	T11	T12	T12	T14	T16	
Mesure PID (en ppm)		0-1	0-1	0-1	1-2	2-3	0-1	0-1	2-3	4-5	5-6	0-0.8	0-0.5	1-4-2	0-0.4	0-0.4	1-2	0.5-1.7	0-0.6	0.6-1.8	0.5-1.5	0.7-1.8
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0			
paramètre		Unité																				
CYANURES totaux		mg/kg MS																				
MÉTALLS SUR BRUT																						
arsenic		mg/kg MS																				
mercure		mg/kg MS																				
plomb		mg/kg MS																				
COMPOSÉS AROMATIQUES VOLATILS																						
benzène		mg/kg MS																				
BTEX totaux		mg/kg MS																				
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		6																				
naphthalène		mg/kg MS																				
Somme des HAP (10) - EPA		<0.02	<0.6	<0.6	<0.02	<0.02	<0.02	<0.6	<0.02	<0.02	33.3	0.63	1.3	31	9.3	<0.02	3.7	0.11	<0.02	<0.02	2.2	
		5	397	144	0.4	24	4	347	1	3	190	4.7	11.0	327	165	nd	451	0.41	na		115	
HYDROCARBURES TOTAUX																						
fraction C10-C12		mg/kg MS																				
fraction C12-C16		mg/kg MS																				
fraction C16-C21		mg/kg MS																				
fraction C21-C40		mg/kg MS																				
hydrocarbures totaux C10-C40		mg/kg MS																				

2500	Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
540	Teneur > seuil (SD)
95	Teneur sur brut > valeur haute anormale modérée

Ref. Sondage	ICF - août 2004															
Période de prélèvement	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2
profondeur échantillon (en m/NT)	0-1,5	0,7-1,5	1,5-3,5	3,5-7	0,7-2,5	2,5-4	0,7-2,3	0,7-4	0,2-4	0,2-4	0,4-1	0,2-2,4	2,4-4	3,7-4	0,2-2,10	2,1-2,5
Mesure PID (en ppm)	0	15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	3	0	0
paramètre	Unité															
cyanaures totaux		<0,1					<0,1				<0,1			4,5		<0,1
METALLS SUR BRUT																
arsenic																
mercure																
plomb																
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																
benzène																
BTEX totaux																
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																
naphthalène																
Somme des HAP (L9) - EPA	25		3	4,5	2,9	<0,06		4	0,16	2,9		<0,06	62		0,07	<0,6
HYDROCARBURES TOTAUX	2171		306	41	576	3,19		36,13	6,08	71,0		4,4	786		7,77	886
fraction C10-C12																
fraction C12-C16																
fraction C16-C21																
fraction C21-C40																
hydrocarbures totaux C10-C40																

2500	Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
640	Teneur > seuil (SD)
95	Teneur sur brut > valeur haute anormale modérée

Réf. Sondage	ICF - octobre 2006																								T10
	Période de prélèvement																								
	profondeur échantillon (en m/TN)																								
	Mesure PID (en ppm)																								
paramètre	Unité	seuils ISDI	Seuils source concentrée	Valeur haute d'anomalie ASP/TET - INFRA	T1	T2	T3	T3	T4	T4	T5	T5	T6	T6	T7	T8	T9	T10							
CYANURES totaux																									
MÉTALLS SUR BRUT			350													4.3	<1.0	<1.0							
arsenic		mg/kg MS		25																					
mercure		mg/kg MS		2.3																					
plomb		mg/kg MS		90																					
COMPOSÉS AROMATIQUES VOLATILS																									
benzène		mg/kg MS	-																						
BTEX totaux		mg/kg MS	6																						
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																									
naphthalène		mg/kg MS	-																						
Somme des HAP (16) - EPA		mg/kg MS	50	800	0.12	0.01	0.051	0.021	0.012	0.032	<0.010	0.32	0.025	0.26	<0.010	<0.10	<0.10	<0.010							
					53	0.23	18	14	0.3	13	0.022	1.60	1.9	64	0.3	89	0.37	1.80							
HYDROCARBURES TOTAUX																									
fraction C10-C12		mg/kg MS	-																						
fraction C12-C16		mg/kg MS	-																						
fraction C16-C21		mg/kg MS	-																						
fraction C21-C40		mg/kg MS	-																						
hydrocarbures totaux C10-C40		mg/kg MS	500	1200																					
							</																		

Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
Teneur > seuil ISD
Teneur sur brut > valeur haute anomalie modérée

2500
640
95

Ref. Sondage	Période de prélèvement	Pz3	Pz4	Pz7	Pz8	Pz10	Z1-BDF-N	Z1-BDF-S	Z1-LFDF	Z1-LFDF-ZS	Z2-BDF-NO	Z2-BDF-SE	Z2-LFDF	Z2-LFDF-ZS
Profondeur échantillon (en m/NT)														
Mesure PID (en ppm)														
paramètre	Unité													
cyanaures totaux	mg/kg M/S													
METALLS SUR BRUT														
arsenic	mg/kg M/S													
mercure	mg/kg M/S													
plomb	mg/kg M/S													
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS														
benzène	mg/kg M/S													
BTEX totaux	mg/kg M/S													
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES														
naphthalène	mg/kg M/S													
Somme des HAP (10) - EPA	mg/kg M/S													
HYDROCARBURES TOTAUX														
fraction C10-C12	mg/kg M/S													
fraction C12-C16	mg/kg M/S													
fraction C16-C21	mg/kg M/S													
fraction C21-C40	mg/kg M/S													
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg M/S													

2600	Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
640	Teneur > seuil (SD)
95	Teneur sur brut > valeur haute anormale modérée

TAB LEAU A4 : SYNTHÈSE DES TENEURS EN TRACEURS DE POLLUTIONDANS LES SOLS MESURÉES ENTRE 1994 ET 12014

Ref. Sondage	Z3-FDF-ZS										Z4-FDF-N-ZS										Z4-HDF
Période de prélèvement																					
profondeur échantillon (en m/NTN)																					
Mesure PID (en ppm)																					
paramètre	Unité																				
cyanaures totaux	mg/kg M/S																				
MET AUX SUR BRUT																					
arsenic	mg/kg M/S																				
mercure	mg/kg M/S																				
plomb	mg/kg M/S																				
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																					
benzène	mg/kg M/S	-																			
BT EX totaux	mg/kg M/S	6																			
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																					
naphthalène	mg/kg M/S	-																			
Somme des HAP (L9) - EPA	mg/kg M/S	50																			
HYDROCARBURES TOTAUX																					
fraction C10-C12	mg/kg M/S	-																			
fraction C12-C16	mg/kg M/S	-																			
fraction C16-C21	mg/kg M/S	-																			
fraction C21-C40	mg/kg M/S	-																			
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg M/S	500																			
		2600																			
		640																			
		95																			

Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution
Teneur > seuil (SD)
Teneur sur brut > valeur haute anormale modérée

Tableau 45 :

Synthèse des indices de pollution relevés entre 1994 et 2020

Campagne d'investigations	Sondage	Constats organoleptiques	Secteur avec indices organoleptiques traité lors des travaux de gestion des cuves et/ou lors des travaux de réhabilitation de 2014
EAT - mars 1994	P1	Coloration noire et forte odeur de décomposition entre 5.4 et 6m de profondeur	
	P2	Faible odeur de goudron entre 0.4 et 0.6m	
	P3	Faible odeur de goudron entre 0.1 et 0.9 m (vers 0.8m)	
		Coloration noire et forte odeur de décomposition entre 5 et 6m de profondeur	
	S4	Coloration brun-noire avec cendres et scories, briques entre 0.1 et 0.6m	
	S5A	Coloration brun-noire avec cendres et scories, briques entre 0.3 et 0.6m	
	S6	Faible odeur de goudron et scories entre 0.1 et 0.3m	
		Forte odeur de goudron entre 0.8 et 2m	
	S8	Forte odeur de goudron entre 0.2 et 1.6m et présence de goudron entre 1 et 1.6 m	x
EAT - Août 1994	S11b	Odeur de goudron entre 0.25 et 2.7 m (zone fosse n°1)	x
	S11c	Goudron et odeur de goudron entre 0.8 et 2 m	x
	S13	Faible odeur de goudron de 0.2 à 3m	x
	S14a	Odeur de goudron de 0.2 à 3m	x
	S20	Fosse à goudron n°2 : goudron pâteux de 1.0 à 2.10 m	x
	S25	Goudron en phase pâteuse de 1.1 à 1.75m (fosse à goudron n°1)	x
EAT - Juillet 1996	S29	Scories et odeur de goudron de 0.4 à 1.3m	
	S30	Scories et légère odeur de goudron de 0.4 à 1.4m	x
	S31	Stries noires et odeur de goudron de 2.25 à 6m	x
	P5	Odeur de décomposition (putride) ou de goudron de 4.5 à 6.7m. Inclusions de goudron de 5.9 à 6.7m	
EAT - janvier 2003	Tranchée T4	Aspect très noir, traces de goudron induré sur les blocs de démolition, légère odeur d'HAP vers 1.5m, qui s'intensifie vers 2m et jusqu'à 2.8m	x
	Tranchée T6	Scories, canalisations avec traces de goudron, légère odeur de HAP entre 0.4 et 1.5m. Traces noires et odeur de HAP entre 1.5 et 2.2m.	
	Tranchée T7	Nombreuses traces de ferrocyanures dans les remblais entre 0.25 et 0.7m.	
	Tranchée T17	Remblais d'aspect très noir, traces de ferrocyanures, goudron pâteux en forte quantité et forte odeur de HAP entre 0.2 et 0.5m. Eau avec forte odeur d'hydrocarbures et irradiations à partir de 0.5m..	x
	Tranchée T9	Argile noirâtre, avec forte odeur de HAP, traces de goudron induré et scories entre 0.8 et 2.4 m	x
	Tranchée T10	Argile avec inclusions noires et odeur de HAP entre 0.4 et 2.2m	x
	Tranchée T11	Remblais avec légère odeur de HAP entre 0.3 et 0.7m	
	Tranchée T12	Remblais avec très légère odeur de HAP entre 0.4 et 0.8m	
	Tranchée T14	Remblais noirâtre, scories/mâchefers et traces de goudron induré entre 0.3 et 0.7m	
	Tranchée T15	Remblais noirâtre, scories/mâchefers entre 0.3 et 0.7m	x
ICF Env.- Août 2004	T1 à T4	Odeur de HAP jusqu'à 4m. Goudron pur à proximité de T17 (EAT-2003).	Zone T3 et T4 en totalité,
	S1 et S2	Odeur de HAP. Goudron pur et forte odeur sur S1 entre 2.3 et 4.8m	Zone S1
	S3	Sables limoneux noirs avec légère odeur de HAP entre 0.7 et 2.3m	
	S6	Remblais avec odeur de HAP entre 0.3 et 0.8m	x
	S9	Sables limoneux et limons argileux avec odeur de HAP entre 2.4 et 4m (Arrêt du sondage).	
ICF Env.- Octobre 2006	T5	Limon sableux noir avec briques et anciens enrobés	
ICF Env. Septembre 2009	Pz1	Limon noir très odorant entre 1-2m	x
	Pz2	Goudrons indurés et pâteux entre 1-2m	x
	Pz4	Limon sableux noir avec odeur d'hydrocarbures	
	Pz6	Limon sableux noir avec odeur d'hydrocarbures	x
	Pz8	Remblais sablo-graveleux noir, scories/mâchefers entre 0-1m	
BG Février 2020	F1	Limons graveleux avec briques, scories et mâchefers entre 0-0.8 m	
	F2	Briques dans matrice limoneuse avec présence faible de scories entre 0 et 2 m	
	F4	Limons argileux avec scories et briques entre 0-1 m	
	F7	Limons graveleux avec briques et scories en faible quantité, mâchefers entre 0-2 m	
	F8	Limons sablo-graveleux avec présence faible de scories et briques + faïence	
	F9	Limons sablo-graveleux avec briques et présence faible de scories entre 0-1 m	
		Limons graveleux avec scories et mâchefers et traces de goudron pâteux entre 1-2 m. Odeur de HAP.	
		Limons argileux gris/noir avec forte odeur de HAP entre 2-3 m	
	F13	Remblais sablo-graveleux à goudron induré entre 0-1.5 m. Forte odeur de HAP.	
	F15	Limons avec faible présence de scories entre 0-1 m	
	PG2	Limons argileux sableux avec briques et résidus bitumineux. Odeur d'hydrocarbures.	

Tableau 46 :

Synthèse des teneurs mesurées dans les gaz du sol en
2009 et 2014

Référence échantillon		Valeur de référence pour les gaz du sol (en µg/m3)	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9	Pz10	Pzg1	Pzg2	Pzg2'	Pzg3	Pzg4	
Localisation du prélèvement			Emprise zone réhabilitée n°4	Emprise zone réhabilitée n°3	Secteur P3	Nord-est ancien magasin	Emprise zone réhabilitée n°1	Zone réhabilitée n°2 - NE	Anciens bureaux Sud	Zone centrale	Ancien atelier Nord	Entrée rue Mireille - Zone Ouest	Zone 1 (Après réhabilitation)	Zone 2 - Nord-ouest (Après réhabilitation)	Zone 2 - Sud-est (Après réhabilitation)	Zone 3 (Après réhabilitation)	Zone 4 (Après réhabilitation)	
Date de prélèvement			01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	01/09/09	11/09/14	11/09/14	11/09/14	11/09/14	11/09/14
Prof. prélèvement (m)			1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7m/TN	1.7m/TN	1.7m/TN	1.7m/TN	1.7m/TN
Temps de prélèvement (min)		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	360	360	360	360	360	
Débit de prélèvement (l/min)		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Volume de prélèvement (l)		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	
mesure PID début prélèvement		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
mesure PID fin de prélèvement		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
Paramètre																		
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																		
benzène	µg/m³	20	940.1	>45945.10	37.6	549.8	48.8	158.2	24.6	113.8	52.0	23.9	11.7	<2.8	6.2	<2.8	<2.8	
toluène	µg/m³	200000	1456.6	>165294.30	33.2	466.6	15.0	156.4	20.4	209.2	196.4	15.1	3.9	4.5	4.2	4.5	4.2	
éthylbenzène	µg/m³	15000	1071.4	>19010.60	30.5	201.2	1.5	190.8	5.7	23.6	19.5	5.8	<2.8	3.3	<2.8	3.9	3.3	
nitroxyène	µg/m³		6514.5	>209920.20	219.5	452.8	8.1	953.2	26.5	363.0	299.7	27.4	<2.8	6.2	4.2	6.2	13.7	
para- et mélaoxyène	µg/m³		9373.0	>84487.30	113.8	235.0	3.0	594.6	9.5	100.2	79.8	11.9	<5.6	13.1	9.5	13.9	13.9	
xylènes	µg/m³	1800	15987.5	-	333.3	687.8	11.1	1547.8	36.0	463.2	379.5	39.3	<8.4	19.2	13.7	20.0	20.0	
naphtalène	µg/m³	100	14785.4	228.9	384.6	275.3	8.0	843.1	28.9	98.1	236.6	16.3	<2.8	<2.8	<2.8	<2.8	<2.8	
HYDROCARBURES TOTAUX																		
fraction >C5-C6 aliphatique	µg/m³	184 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<27.8	<27.8	<27.8	<27.8	<27.8	
fraction >C6-C8 aliphatique	µg/m³	184 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<166.7	<166.7	<166.7	<166.7	<166.7	
fraction >C8-C10 aliphatique	µg/m³	10 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
fraction >C10-C12 aliphatique	µg/m³	10 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
fraction >C12-C16 aliphatique	µg/m³	10 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
fraction >C7-C8 aliphatique	µg/m³	2 600	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<166.7	<166.7	<166.7	<166.7	<166.7	
fraction >C8-C10 aliphatique	µg/m³	2 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
fraction >C10-C12 aliphatique	µg/m³	2 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
fraction >C12-C16 aliphatique	µg/m³	2 000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	<83.4	
Hydrocarbures volatils C5-Cl6																		
HAP																		
Acénaphthène	µg/m³		nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Acénaphthylène	µg/m³	27.4	18.5	nd	21.2	17.7	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Anthracène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Benzo (B,J) Fluoranthène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Benzo(a) anthracène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Benzo(a)pyrène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Benzo(a,h)pyrène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Benzo(k) fluoranthène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Chrysène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Dibenz(a,h)anthracène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
fluoranthène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
fluorène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Indenod(1,2,3-cd)pyrène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Phénanthrène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
Pyrène	µg/m³		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
10			Composé détecté															
45			Teneur > à valeur de référence															

Tableau 47 :

Résultats d'analyses des sols lors de la campagne de février 2020 (source BG)

[illegible]

Teneur > seuil source concentrée traceurs de pollution

Teneur > seuil ISDI

Teneur > seuil ISDI

Réf. Sondage	Période de prélèvement		F12																F13				F14				F15				F16				F17				F18				F19			
			0-1		1-2	2-3	0-15	1-52	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3										
			Remblais limono-sab- graveleux	Limons argileux	Limons argileux	Remblais sablo- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Remblais limono-sab- graveleux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses										
Lithologie	seuils (SDI)	Seuils source concentrée	Valeur limite admissible (VLA) - INRA																																											
paramètre	Unité																																													
matière sèche	mg/kg MS	-	-	88,4	80,3	na	81,6	82,4	82,8	86,6	82,9	na	86,2	84,0	83,8	87,9	82,9	na	88,9	83,2	83,0	85,6	87,3	na	87,5	na	81,8	77,7	na	na	81,8	77,7	na	na												
COT	mg/kg MS	-	-	1,1	1,0	na	<80	na	1,2	<1	<1	na	1,4	<1	<1	<1	<1	na	<1	<1	<1	<1	<1	na	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1											
Cyanures libres	mg/kg MS	-	-	36	13	na	630	na	42	14	2,8	na	46	7,2	5,5	1,8	na	11	24	8,5	14	26	na	2,8	na	<1	na	1,0	na	16	na	36	na	na	na											
MÉTALLS SUR BRUT																																														
arsenic	mg/kg MS	-	-			na	5,0					na						na																												
argent	mg/kg MS	-	-			na	76					na						na																												
barium	mg/kg MS	-	-			na	180					na						na																												
cadmium	mg/kg MS	-	-			na	0,84					na						na																												
chrome	mg/kg MS	-	-			na	19					na						na																												
cobalt	mg/kg MS	-	-			na	37					na						na																												
cuivre	mg/kg MS	-	-			na	4,7					na						na																												
mercure	mg/kg MS	-	-			na	2,3					na						na																												
manganèse	mg/kg MS	-	-			na	180					na						na																												
plomb	mg/kg MS	-	-			na	2,5					na						na																												
molybdène	mg/kg MS	-	-			na	26					na						na																												
nickel	mg/kg MS	-	-			na	1,8					na						na																												
sélénium	mg/kg MS	-	-			na	140					na						na																												
zinc	mg/kg MS	-	-			na	260					na						na																												
COMPOSÉS AROMATIQUES VOLATILS																																														
benzène	mg/kg MS	-	-			0,07	<0,02	na	1,1	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	na	0,36	<0,02	<0,02	0,12	0,12	0,12	0,12	na	0,04	na	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06												
toluène	mg/kg MS	-	-			0,07	<0,02	na	2,2	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	na	0,28	<0,02	<0,02	0,07	0,07	0,07	0,07	na	0,02	na	0,02	<0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05												
éthylbenzène	mg/kg MS	-	-			<0,02	<0,02	na	0,39	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	na	0,02	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na	<0,02	na	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02												
oxytoluène	mg/kg MS	-	-			0,03	<0,02	na	3,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	na	0,06	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na	<0,02	na	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02												
para- et métytoluène	mg/kg MS	-	-			0,09	<0,02	na	7,4	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	na	0,24	<0,02	<0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	na	0,02	na	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06												
xylènes	mg/kg MS	-	-			0,12	<0,04	na	10	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	na	0,30	<0,04	<0,04	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	na	<0,10	na	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10												
BTEX totaux	mg/kg MS	-	-			0,26	<0,10	na	14	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	na	0,97	<0,10	<0,10	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	na	<0,10	na	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10												
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																																														
naphthalène	mg/kg MS	-	-			0,67	0,04	na	5,10	0,98	0,03	1,1	0,06	na	14	0,64	1,5	0,12	0,27	na	0,49	1,0	0,09	0,71	na	0,64	na	9,8	na	na	na	na	na	na												
acénaphtène	mg/kg MS	-	-			1,3	<0,02	na	38	1,8	0,08	2,5	0,16	na	28	6,5	2,4	0,96	0,92	na	1,1	1,6	0,27	7,5	5,2	na	1,9	30	2,1	na	na	na	na	na												
fluoranthène	mg/kg MS	-	-			0,09	<0,02	na	32	0,08	<0,02	0,22	<0,02	na	5,5	0,76	1,0	0,04	0,06	na	0,14	3,9	0,03	0,48	0,46	na	0,15	5,2	0,19	na	na	na	na	na												
fluorène	mg/kg MS	-	-			0,30	<0,02	na	140	0,36	0,02	0,81	0,03	na	33	2,0	4,6	0,12	0,17	na	0,67	1,8	0,07	1,2	1,5	na	0,98	30	0,93	na	na	na	na	na												
phénanthrène	mg/kg MS	-	-			5,7	0,03	na	1100	5,0	0,68	28	3,6	na	340	52	32	1,3	2,0	na	9,2	130	1,2	1,9	17	na	6,8	200	9,3	na	na	na	na	na												
anthracène	mg/kg MS	-	-			1,3	<0,02	na	380	2,0	0,68	4,3	0,22	na	120	8,2	3,9	0,75	0,68	na	4,5	32	0,25	6,6	4,4	na	2,2	na	34	2,9	na	na	na	na												
fluoranthène	mg/kg MS	-	-			21	0,06	na	1400	22	0,81	83	3,0	na	440	90	34	4,5	7,5	na	12	150	2,4	62	36	na	20	170	27	na	na	na	na	na												
pyrène	mg/kg MS	-	-			19	0,04	na	1100	19	0,64	42	2,4	na	330	39	26	3,7	6,3	na	30	110	1,9	47	28	na	14	na	220	34	na	na	na	na												
benzo(a)fluoranthène	mg/kg MS	-	-			13	0,07	na	620	12	0,32	25	1,3	na	180	21	13	2,9	4,7	na	6,4	64	1,00	30	19	na	89	na	67	30	na	na	na	na												
chrysène	mg/kg MS	-	-			14	0,04	na	430	11	0,19	26	1,3	na	120	12	12	1,6	2,5	na	6,3	39	1,1	17	9,8	na	40	na	9,3	na	na	na	na	na												
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	-	-			22	0,09	na	620	16	0,34	31	1,7	na	170	23	13	2,8	5,4	na	7,3	59	1,4	32	20	na	10	na	57	35	na	na	na	na												
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	-	-			9,6	0,04																																							

2500

640

95

Teneur > seuil source concentrée

Teneur > seuil (SDI)

Teneur sur brut > valeur limite admissible

Tableau 48 :

Résultats d'analyses de l'air des sols lors de la campagne
de février 2020 (source BG)

Référence échantillon			PG1	PG2	PG3	PG4(CG)	PG5	PG6	PG7(CG)	PG9	PG10
Localisation du prélèvement		Valeur de référence pour les gaz du sol (en µg/m3)	Secteur Ouest	Sud-ouest zone centrale	Zone centrale - secteur ouest	Zone réhabilitée n°1	Bordure Sud zone 2	Secteur Ouest de P3	Zone réhabilitée n°4 - SE	Zone Pz9	Zone Pz10
Date de prélèvement			28/01/20	28/01/20	28/01/20	04/02/20	28/01/20	28/01/20	05/02/20	28/01/20	28/01/20
Prof. prélèvement (m)			1-1.5	1-1.5	1-1.5	1	1-1.5	1-1.5	1	1-1.5	1-1.5
Temps de prélèvement (min)			240	240	240	240	240	240	240	240	240
Débit de prélèvement (l/min)			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Volume de prélèvement (l)			120	120	120	120	120	120	120	120	120
mesure PID début prélèvement			0	0	0	0	0	0	0	0	0
mesure PID fin de prélèvement			0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paramètre	Unité										
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS											
benzène	µg/m³	20	<1.33	10.0	2.0	4.0	2.0	1.7	3.0	2.7	2.0
toluène	µg/m³	200000	10.0	23.3	3.7	1.7	8.3	4.7	1.7	6.7	11.7
éthylbenzène	µg/m³	15000	4.7	8.0	<1.67	<1.67	2.0	<1.67	<1.67	<1.67	4.7
orthoxylène	µg/m³		9.2	14.2	1.0	<0.83	3.7	1.0	<0.83	1.3	10.0
para- et métaxylène	µg/m³		20.0	29.2	2.7	<1.67	9.2	2.7	<1.67	3.7	20.0
xylènes	µg/m³	1800	29.2	43.3	3.7	<2.50	12.5	3.7	<2.50	5.0	30.0
naphtalène	µg/m³	100	<2.08	4.7	<2.08	<2.08	<2.08	<2.08	<2.08	<2.08	5.0
HYDROCARBURES TOTAUX											
fraction >C5-C6 aliphatique	µg/m³	184 000	<166.67	<166.67	<166.67	<166.67	<166.67	<166.67	<166.67	<166.67	<167
fraction >C6-C8 aliphatique	µg/m³	184 000	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500
fraction >C8-C10 aliphatique	µg/m³	10 000	825.0	425.0	250.0	<250.00	441.7	<250.00	<250.00	<250.00	733
fraction >C10-C12 aliphatique	µg/m³	10 000	1250.0	<250.00	<250.00	<250.00	325.0	<250.00	<250.00	<250.00	708.3
fraction >C12-C16 aliphatique	µg/m³	10 000	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00
fraction >C7-C8 aliphatique	µg/m³	2 600	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00	<500.00
fraction >C8-C10 aliphatique	µg/m³	2 000	825.0	425.0	250.0	<250.00	441.7	<250.00	<250.00	<250.00	733.3
fraction >C10-C12 aliphatique	µg/m³	2 000	1250.0	<250.00	<250.00	<250.00	325.0	<250.00	<250.00	<250.00	708.3
fraction >C12-C16 aliphatique	µg/m³	2 000	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00	<250.00
Hydrocarbures volatils C5-C16	µg/m³	-	<2991.67	<1591.67	<1416.67	<1416.67	<1683.33	<1416.67	<1416.67	<1416.67	<2358.33
HAP											
Acénaphthène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Acénaphthylène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Anthracène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Benzo (B,J) Fluoranthène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Benzo(a) anthracène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Benzo(a)pyrène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Benzo(g,h,i)peryène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Benzo(k) fluoranthène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Chrysène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
fluoranthène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Fluorène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Phénanthrène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na
Pyrène	µg/m³		na	na	na	na	na	na	na	na	na

10 Composé détecté
45 Teneur > à vale

FIGURES

Figure 7 : localisation des investigations réalisées entre 1994 et 2009

Figure 8 : localisation des investigations réalisées sur le site entre 1994 et 2020

Figure 9 : cartographie des principaux indices de pollution relevés dans les sols du site entre 1994 et 2020

Figure 10 : cartographie des teneurs en HAP totaux supérieures au seuil ISDI dans les sols du 1^{er} mètre

Figure 11.1 : cartographie des impacts significatifs en HAP totaux

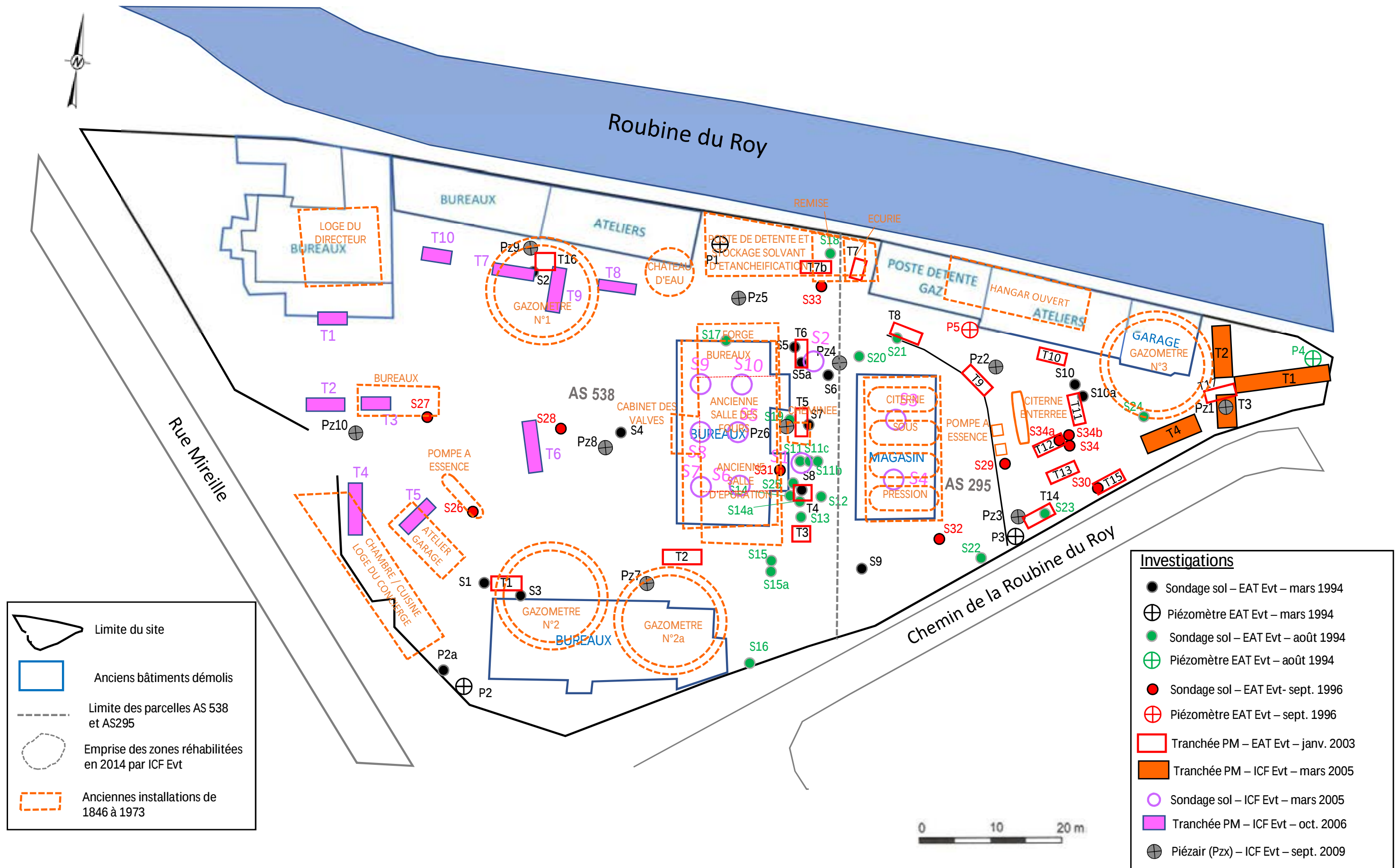
Figure 11.2 : cartographie des impacts significatifs en HCT C10-C40

Figure 11.3 : cartographie des impacts significatifs en cyanures totaux

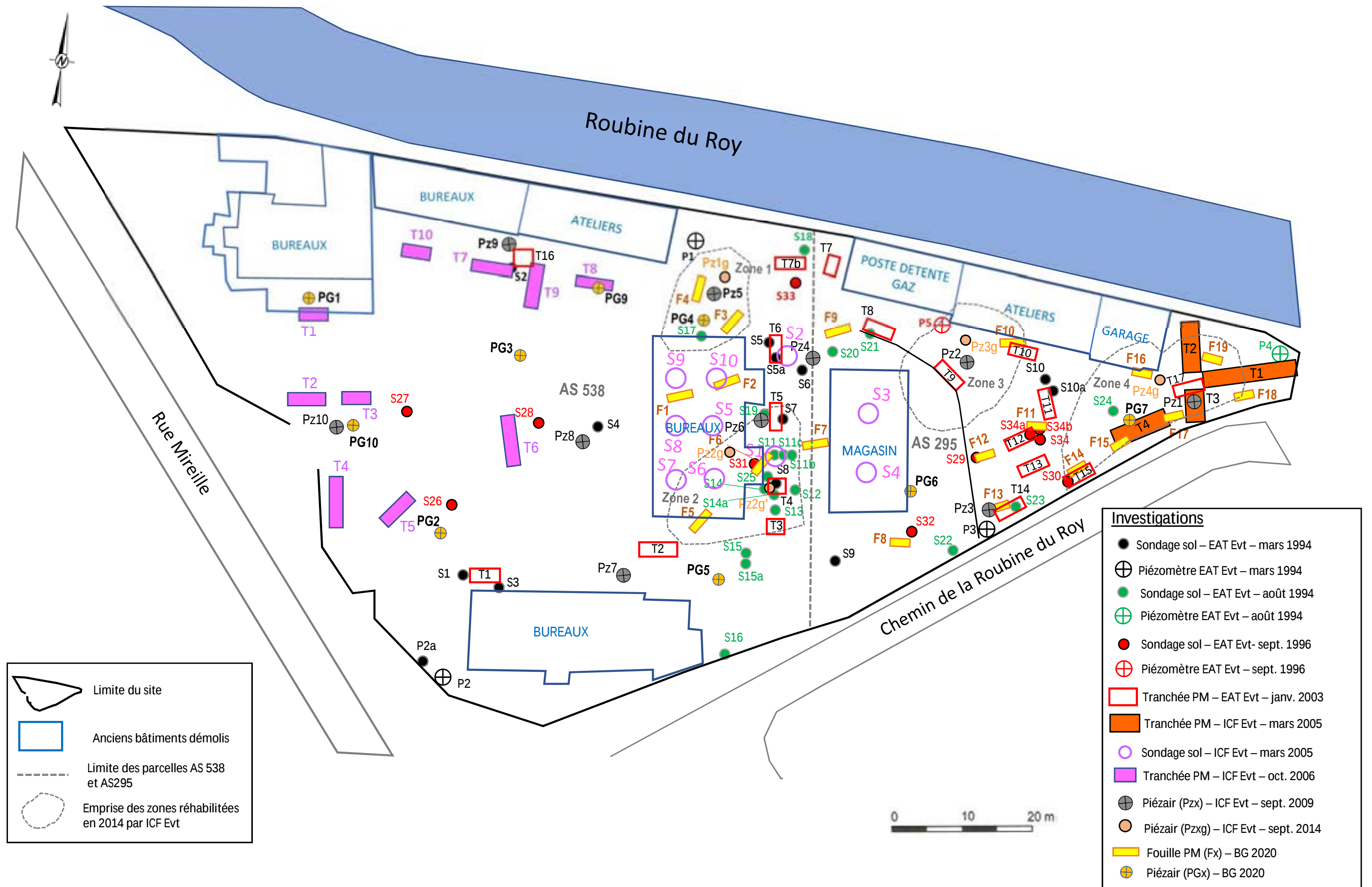
Figure 12 : cartographie des zones sources concentrées en traceurs de pollution sur le site de l'AUG

Figure 13 : schéma conceptuel du site

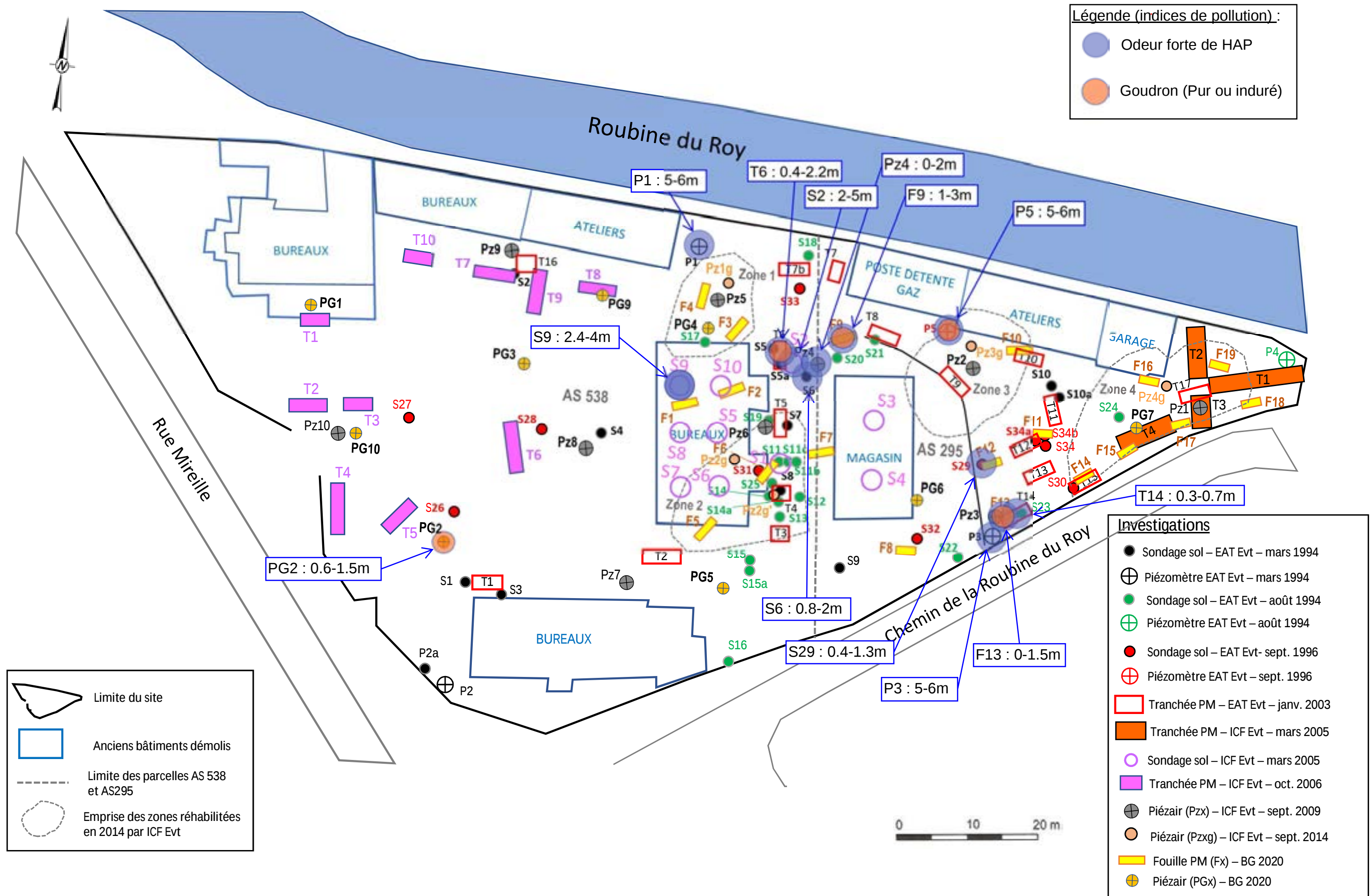
Figure 14 : localisation des points de prélèvement de l'air des sols par rapport au futur projet



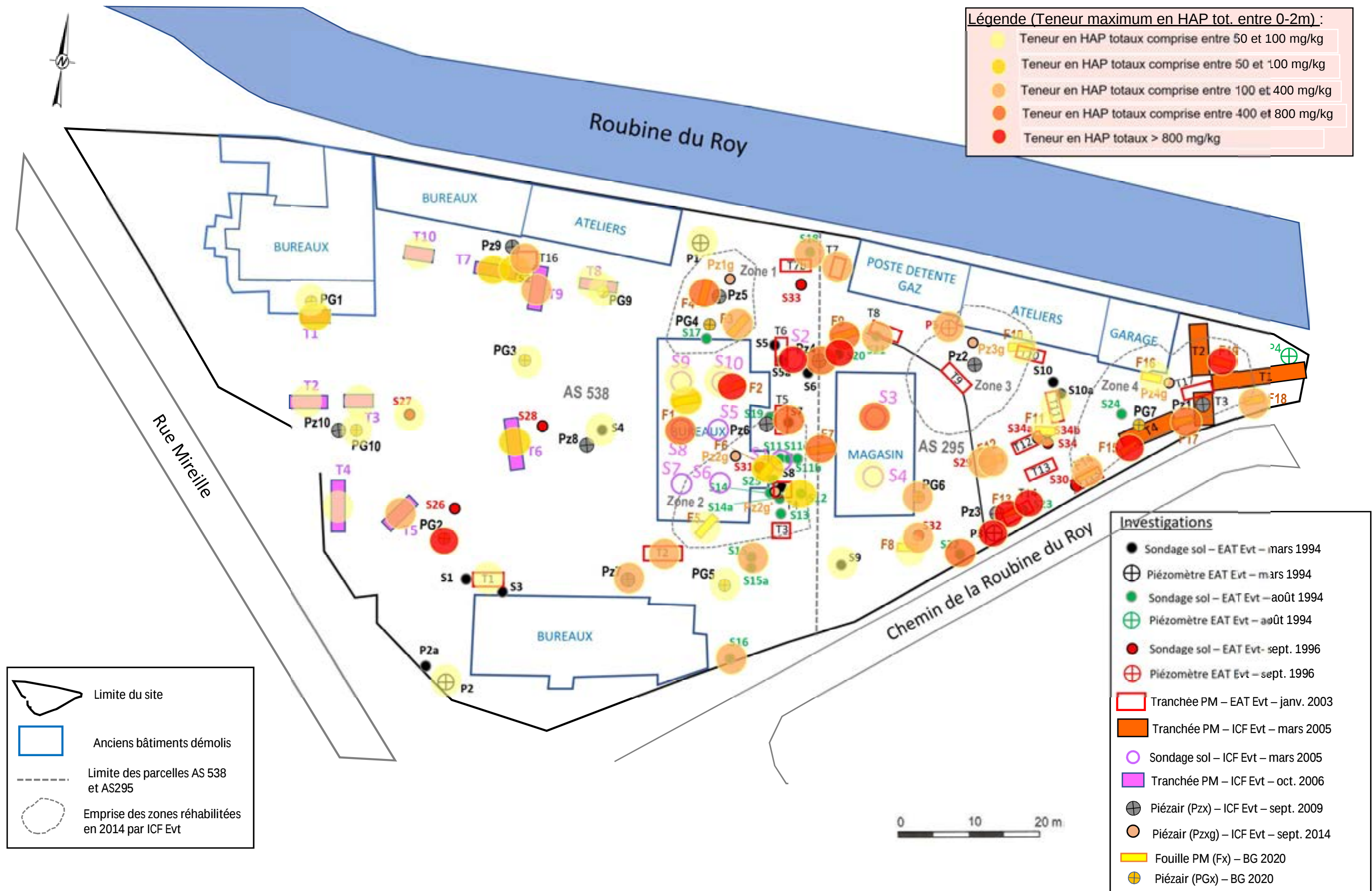
Projet No.	200101.09	 BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	LOCALISATION DES INVESTIGATIONS REALISEES SUR LE SITE ENTRE 1994 et 2009 (en superposition aux anciennes installations)	Figure 7
Version				
Date	Mars 2020			
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Est	Mca			
ChP	Visa			
Est	Mca			



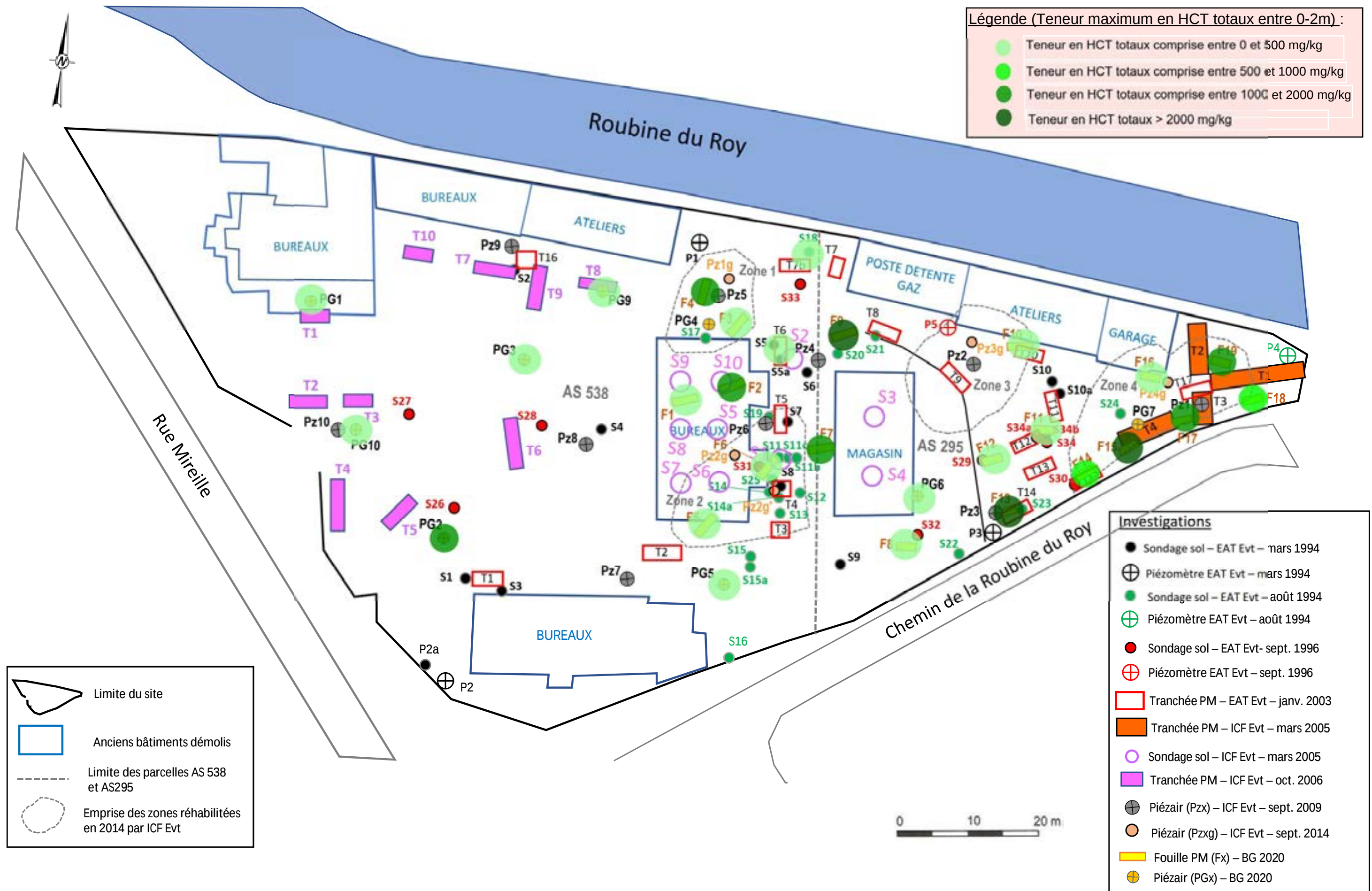
Projet No.	200101.09	 BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	LOCALISATION DES INVESTIGATIONS REALISEES SUR LE SITE ENTRE 1994 et 2020	Figure 8
Version				
Date	Mars 2020			
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Est	Mca			
ChP	Visa			
Est	Mca			



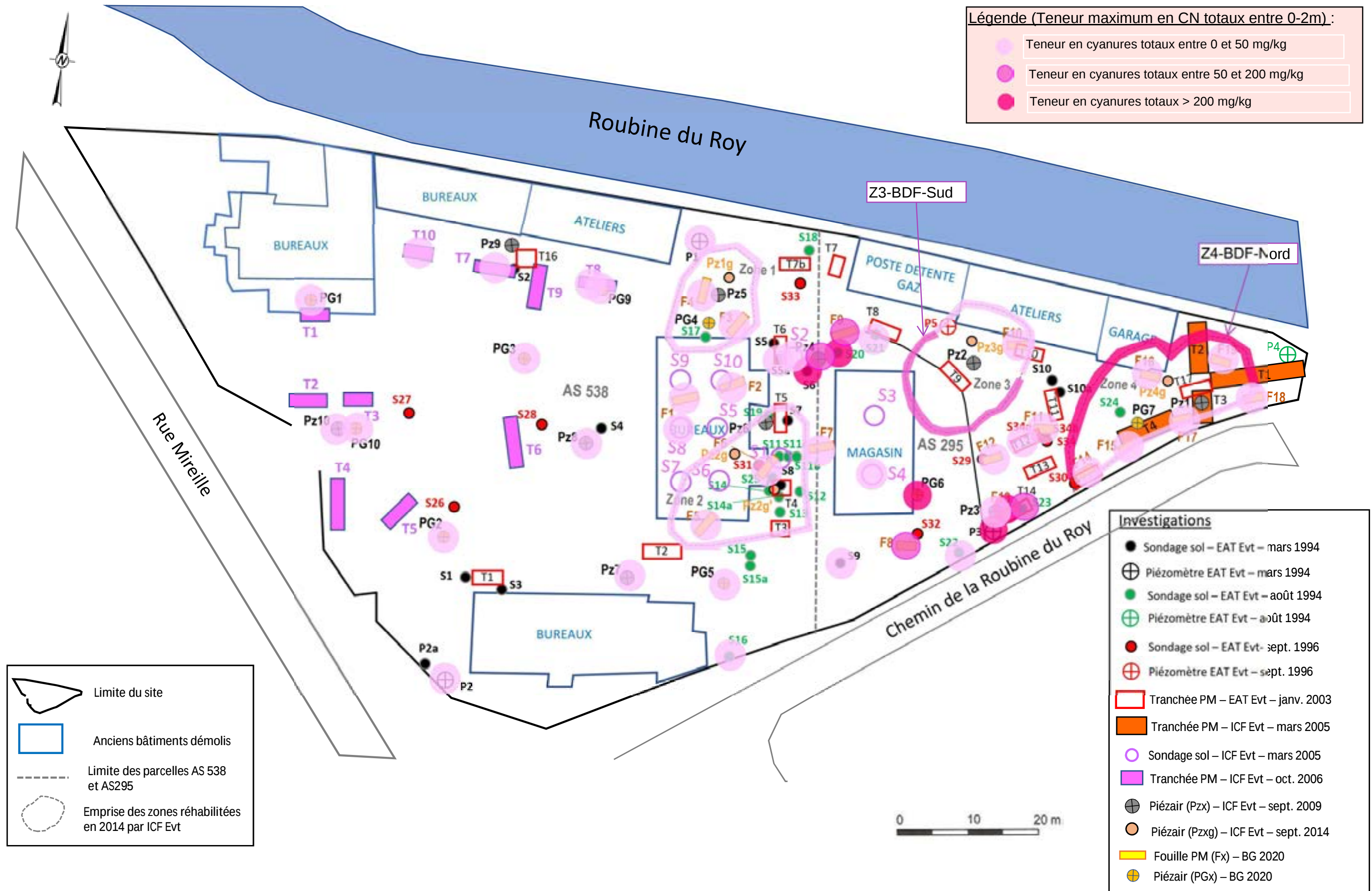
Projet No.	200101.09	 BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	CARTOGRAPHIE DES INDICES DE POLLUTION	Figure 9
Version				
Date	Mars 2020			
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Est	Mca			
ChP	Visa			
Est	Mca			



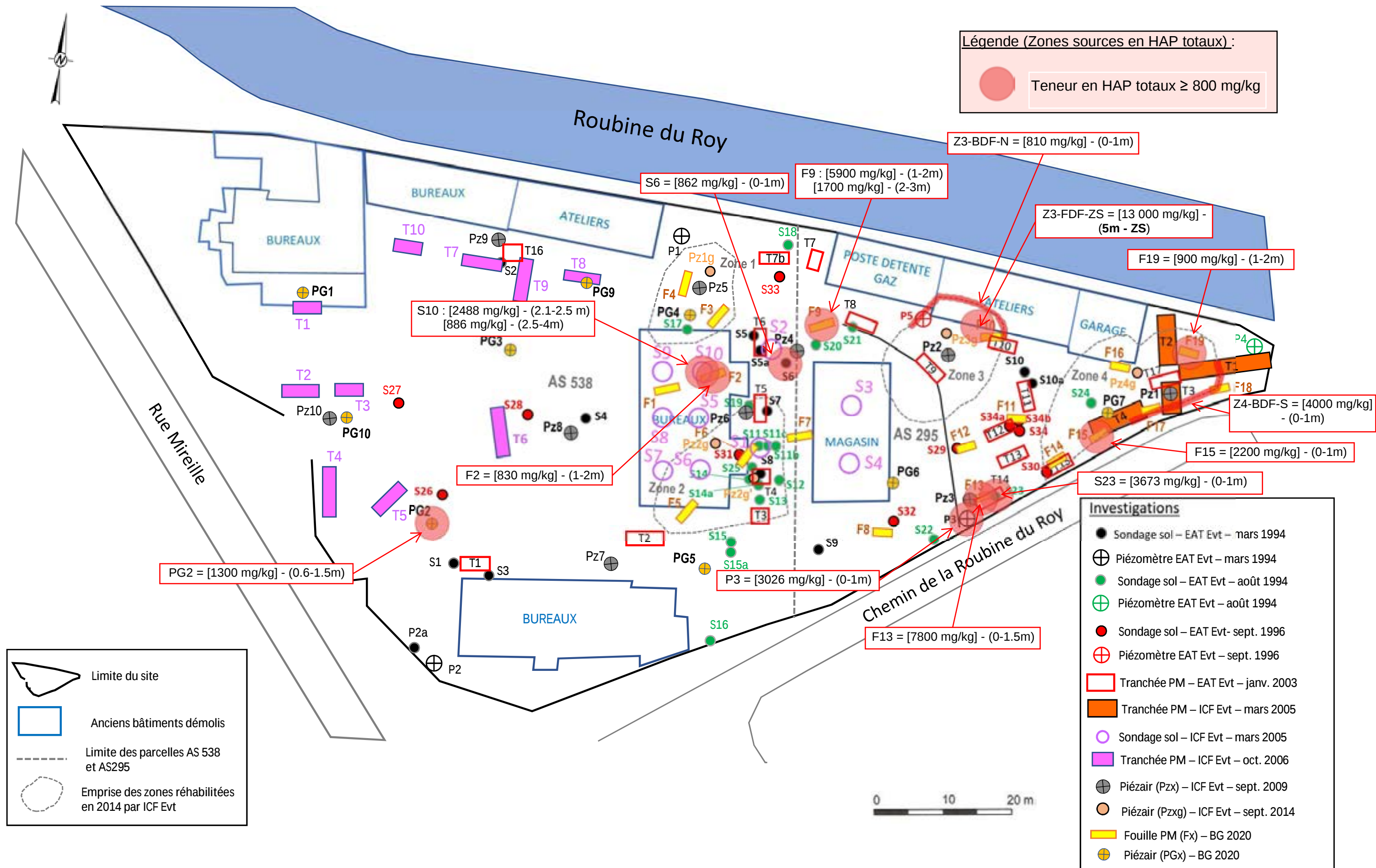
Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS EN HAP TOTAUX DANS LES SOLS DU SITE ENTRE 0-2 m	Figure 10a
Version					
Date	Mars 2020				
Dessinateur	Visa		SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				

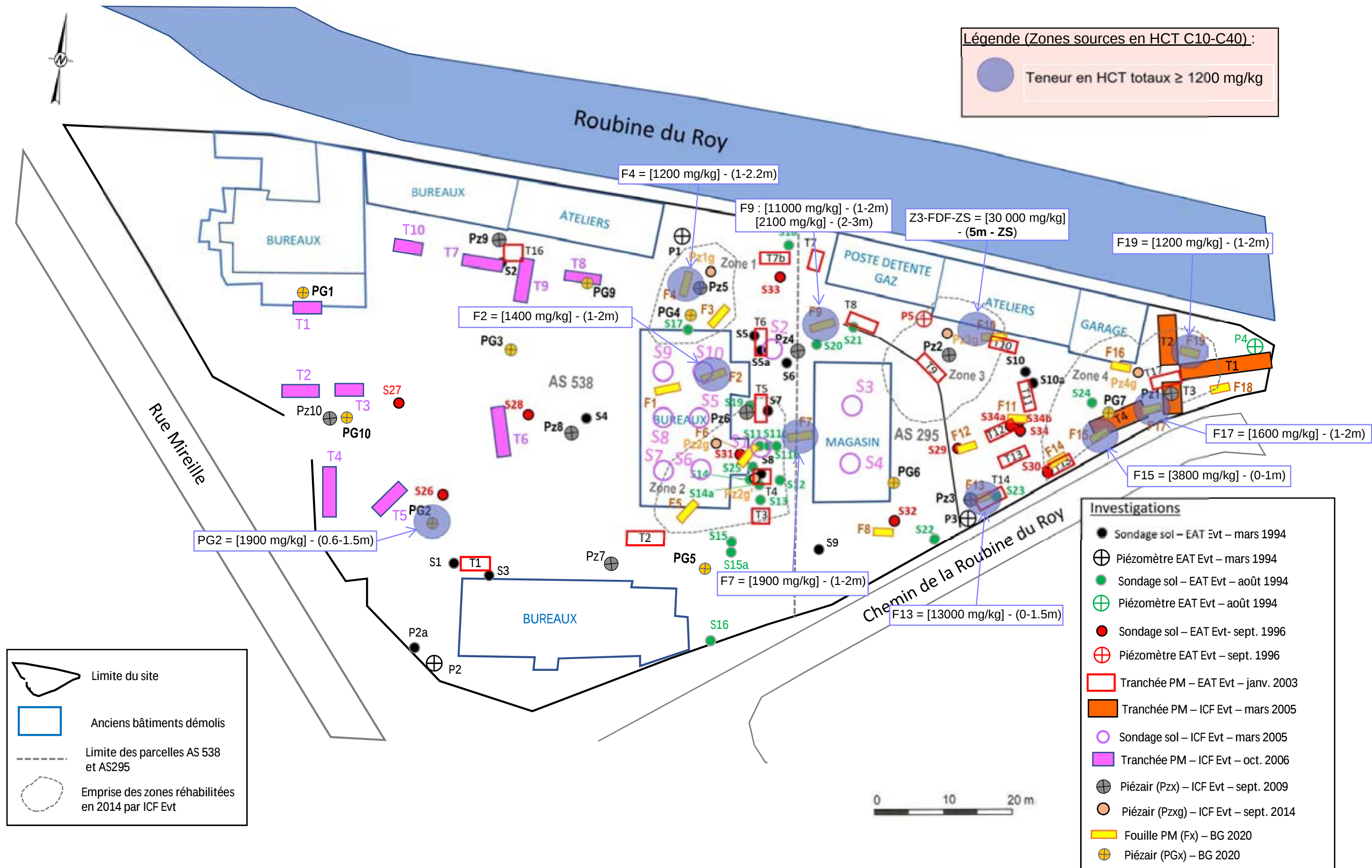


Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS EN HCT C10-C40 DANS LES SOLS DU SITE ENTRE 0-2 m	Figure 10b
Version					
Date	Mars 2020		SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Dessinateur	Visa				
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				

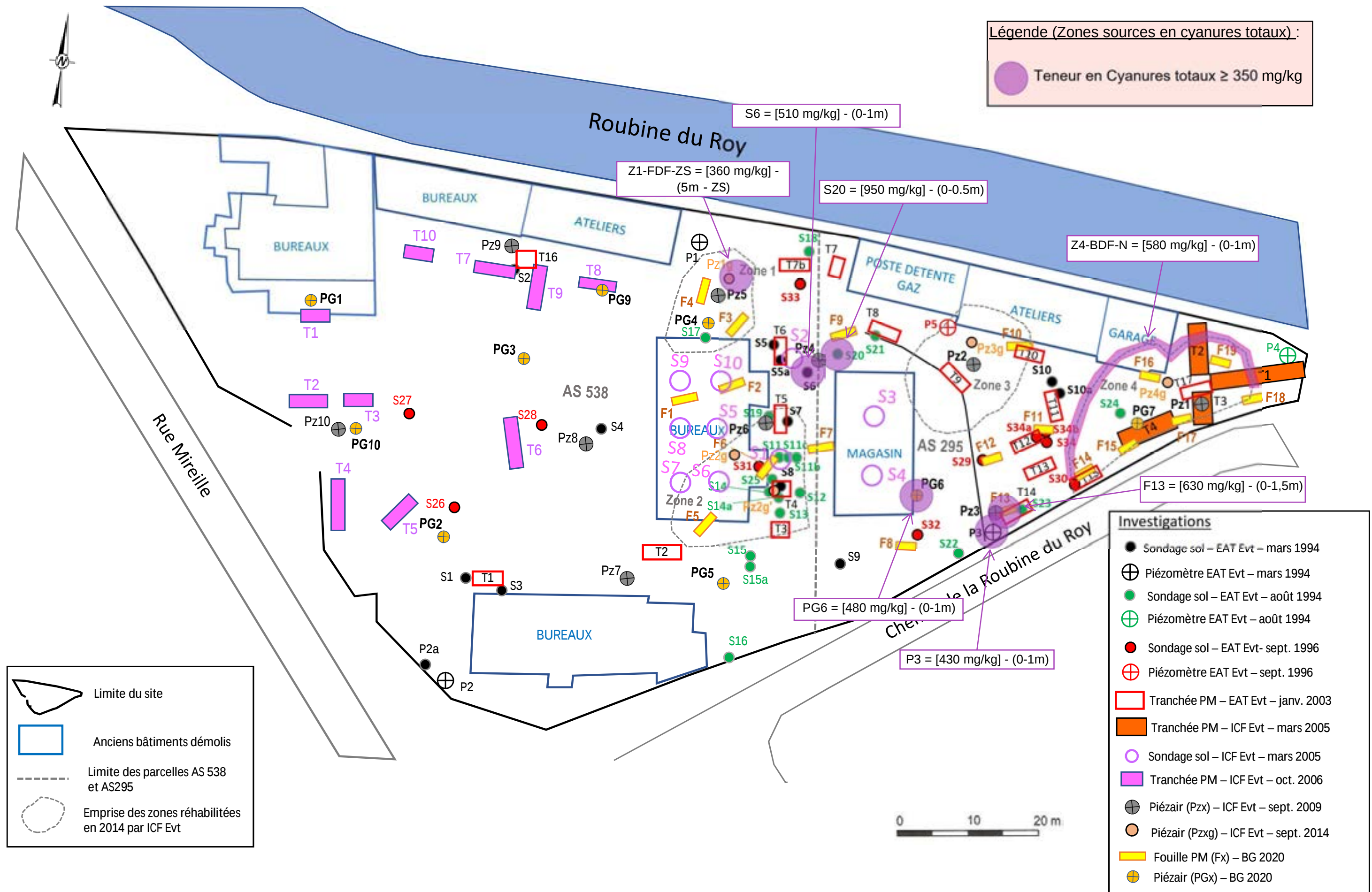


Projet No.	200101.09	 BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS EN CYANURES TOTAUX DANS LES SOLS DU SITE ENTRE 0-2 m	Figure 10c
Version				
Date	Mars 2020			
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)		
Est	Mca			
ChP	Visa			
Est	Mca			

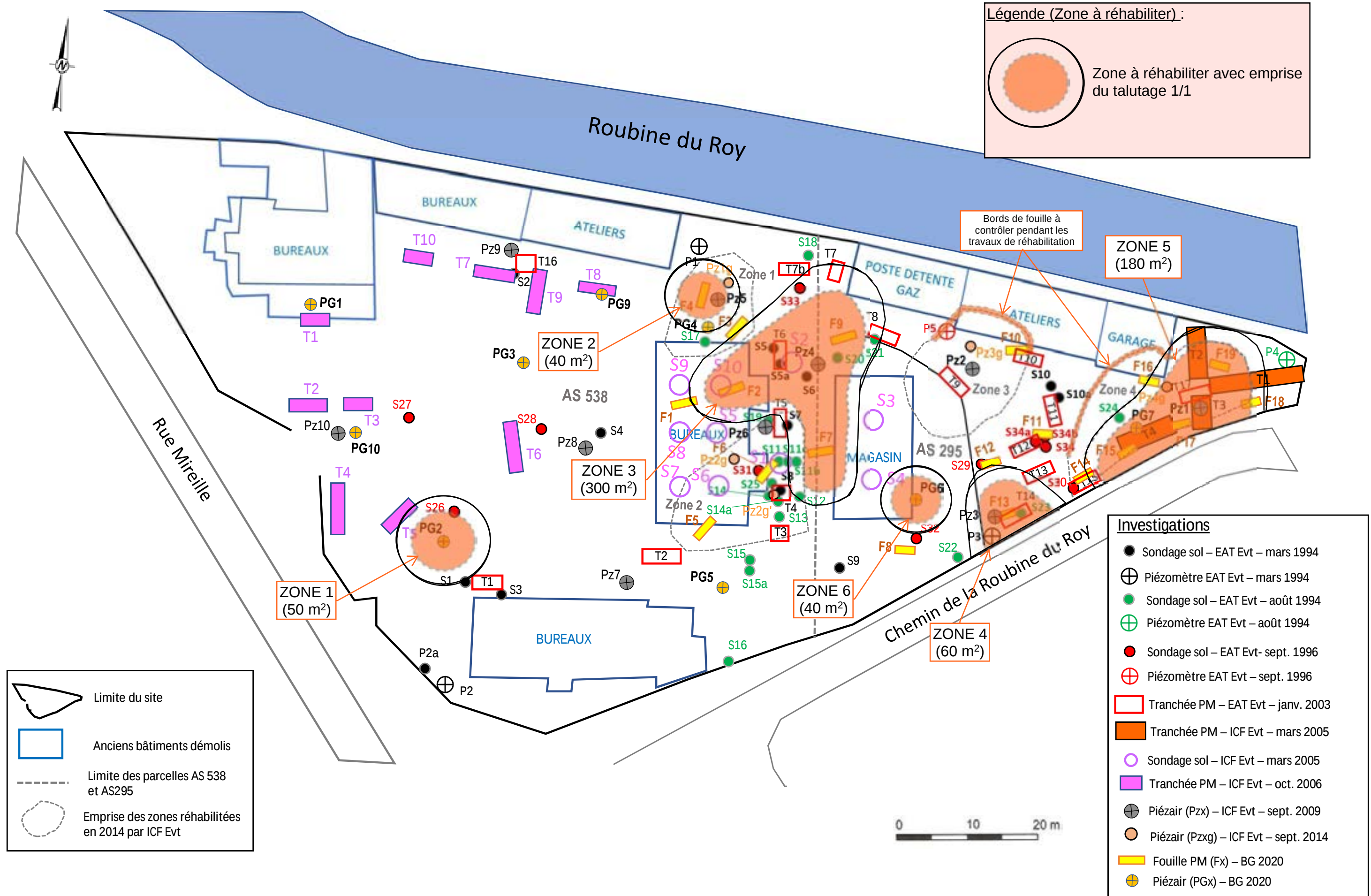




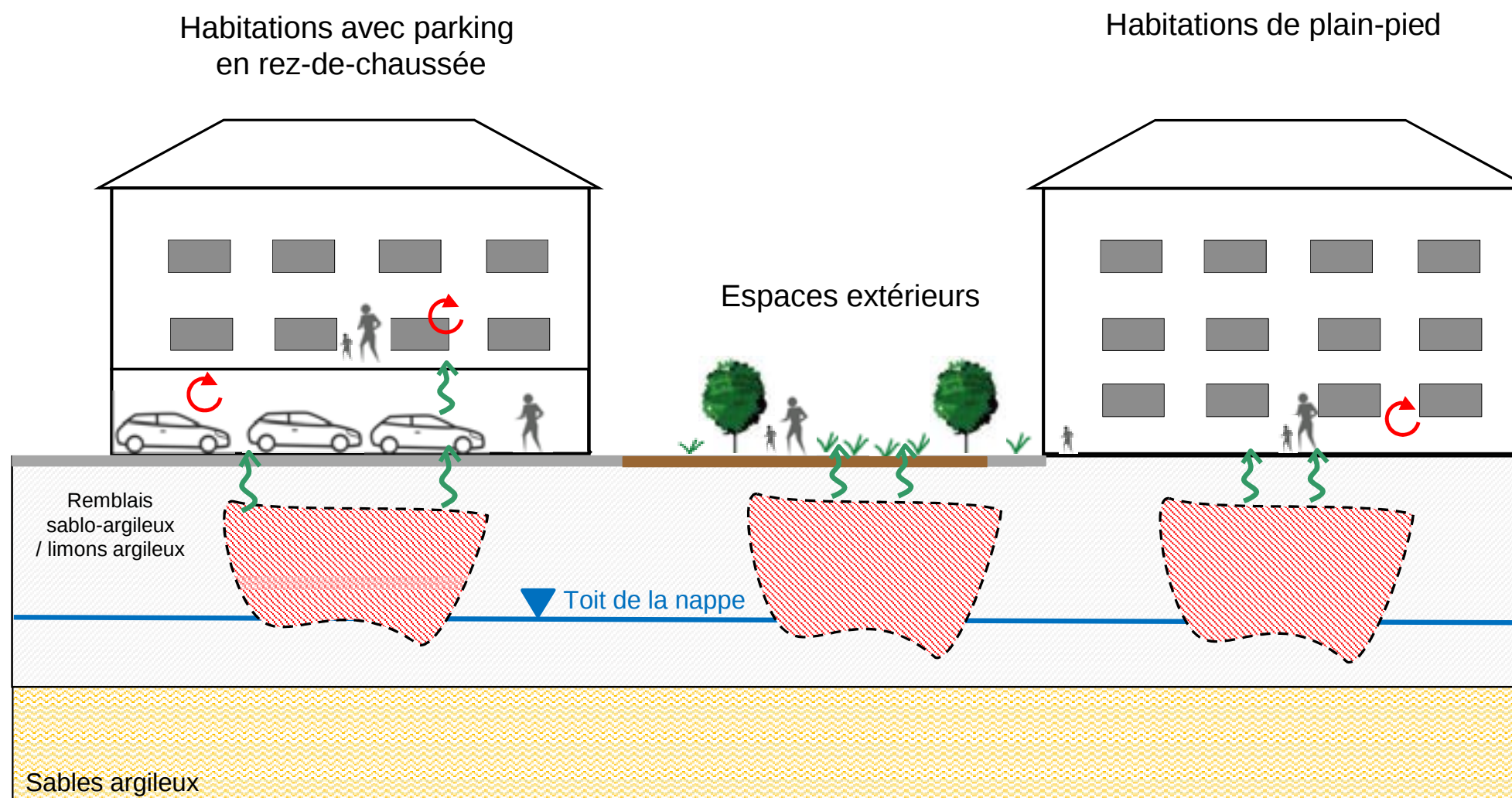
Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	CARTOGRAPHIE DES SOURCES DE POLLUTION CONCENTREE EN HCT C10-C40	Figure 11.2
Version					
Date	Mars 2020				
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)			
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				



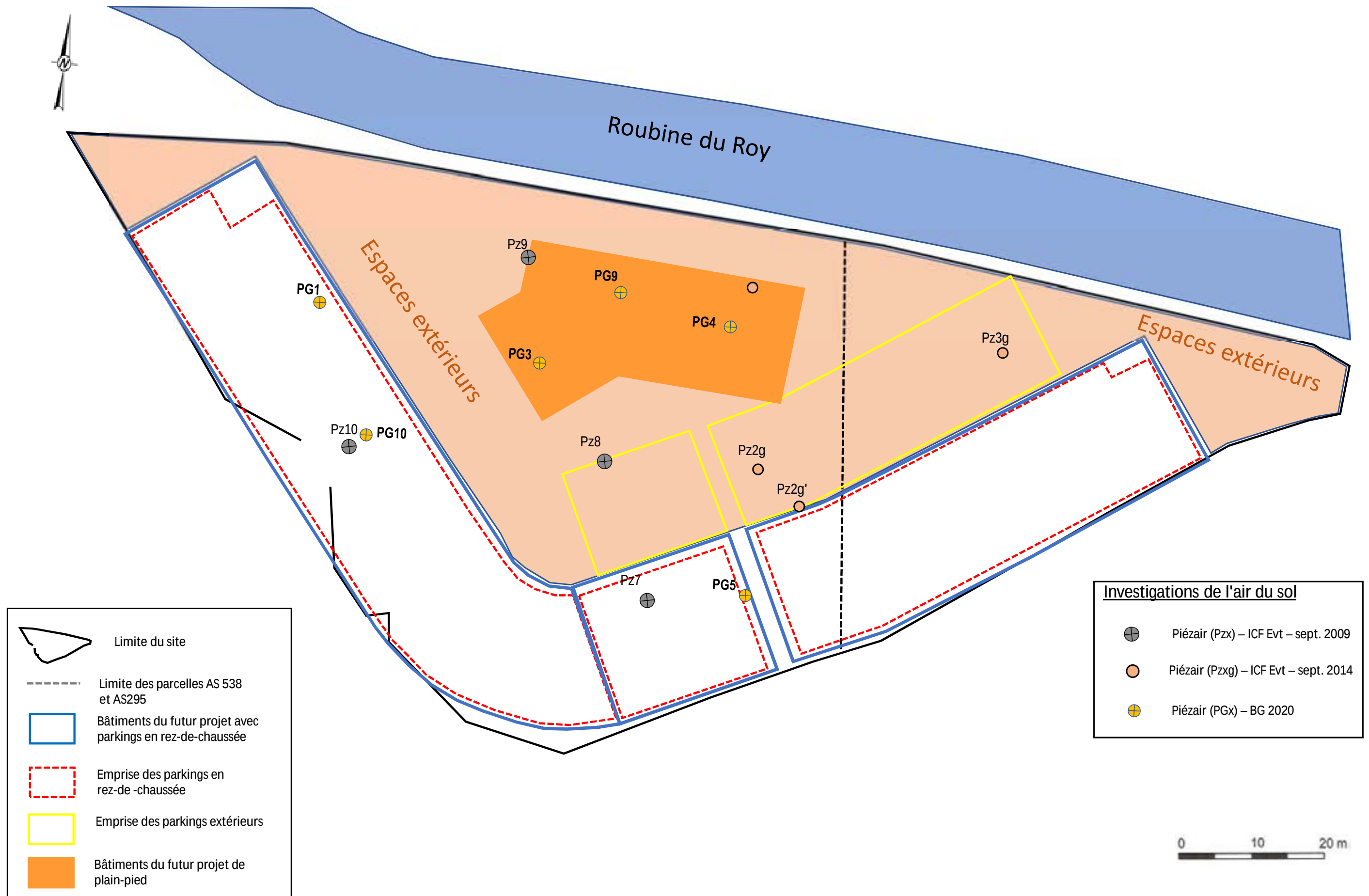
Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	CARTOGRAPHIE DES SOURCES DE POLLUTION CONCENTREE EN CYANURES TOTAUX	Figure 11.3
Version					
Date	Mars 2020				
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)			
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				



Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	CARTOGRAPHIE DES ZONES SOURCES CONCENTREES EN TRACEURS DE POLLUTION SUR LE SITE DE L'AUG	Figure 12
Version					
Date	Mars 2020				
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)			
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				



Projet No.	200101.09-RN001	 BG Ingénieurs Conseils SAS 13 rue des Émeraudes 69006 LYON	Schéma conceptuel d'exposition	Figure 13
Version	1			
Date	Mars 2020			
Dessinateur	EST			
VISA	MCA			
		SPEED REHAB Site d'Arles (13)		



Projet No.	200101.09		BG Ingénieurs Conseils SAS 13, rue de Émeraudes F-69006, Lyon	Localisation des points de prélèvement de l'air des sols par rapport au futur projet	Figure 14
Version					
Date	Mars 2020				
Dessinateur	Visa	SPEED REHAB 3 rue Mireille – Arles (13)			
Est	Mca				
ChP	Visa				
Est	Mca				