



Société Nationale d'Espaces Ferroviaires

10 rue Camille Moke

93212 Saint-Denis Cédex

PRELEVEMENTS, MESURES, OBSERVATIONS ET/OU ANALYSES SUR LES SOLS (A200), SUR LES GAZ DU SOL (A230), INTERPRETATION DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS (A270) ET PLAN DE GESTION (PG)

Adresse du site : ZAC Saint-Jean Belcier, secteur Amédée Saint-Germain Sud  
33800 Bordeaux

Typologie du site : ancien espace ferroviaire – projet d'aménagement (espaces publics et 9.44)

## SARL TEREEO

11 impasse Brunereau  
33 150 CENON  
Tél. 05 56 21 59 44

[www.tereo.eu](http://www.tereo.eu)

[contact@tereo.eu](mailto:contact@tereo.eu)

SAS au capital de 7620 Euros

445053 259 RCS BORDEAUX

N° SIRET : 445 053 259 00021

Code : APE 7112 B



CERTIFICATION  
RÉGLEMENTAIRE  
Attestations prévues par le code  
de l'environnement pour les  
CESSATIONS D'ACTIVITÉ  
et les  
SITES ET SOLS POLLUÉS  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**MASE**  
AMÉLIORER LA PERFORMANCE SSE

**OPOiBi**  
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE  
N° 07 04 1889

lots espaces publics/44	
Version du rapport	23'013'RA'001'01_v4
Date d'intervention	du 03 au 06/04/23
Date du rapport	06/05/2024
Rédaction	Nicolas GRANIER Chef de projets
Correction et validation	Thomas LAMOTTE Superviseur

## SOMMAIRE

<b>I - INTRODUCTION.....</b>	<b>14</b>
<b>II - SOURCES D'INFORMATION ET RAPPORT ANTERIEURS EXPLOITES .....</b>	<b>16</b>
<b>III - ENQUETE HISTORIQUE, DOCUMENTAIRE ET DE VULNERABILITE – SYNTHSE DOCUMENTAIRE SUR LE SECTEUR AMEED SUD SAINT-GERMAIN .....</b>	<b>18</b>
<b>III.1 - CONTEXTE DE L'OPERATION AMEED SUD SAINT GERMAIN ET PERIMETRE DU PROJET .....</b>	<b>18</b>
<b>III.2 - LOCALISATION ET ENVIRONNEMENT PHYSIQUE.....</b>	<b>20</b>
<b>III.3 - LOCALISATION ET DESCRIPTION DES INFRASTRUCTURES .....</b>	<b>21</b>
<b>III.4 - CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....</b>	<b>23</b>
<b>III.5 - CONTEXTE GEOLOGIQUE .....</b>	<b>23</b>
<b>III.6 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....</b>	<b>25</b>
<b>III.7 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....</b>	<b>26</b>
<b>III.8 - CONTEXTE INDUSTRIEL .....</b>	<b>28</b>
<b>III.9 - CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....</b>	<b>30</b>
<b>III.10 - CONTEXTE HISTORIQUE .....</b>	<b>30</b>
III.10.1 - Situation administrative passée .....	30
III.10.1 - Chronologie et activités menées sur site.....	31
<b>IV - SYNTHSE DES DIAGNOSTICS ANTERIEURS SUR LE SECTEUR AMEED SUD SAINT-GERMAIN .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.1 - SUR LES SOLS .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.2 - SUR LES EAUX SOUTERRAINES .....</b>	<b>38</b>
<b>V - EMPRISE DE L'OPERATION AMEED SUD SAINT-GERMAIN – AMENAGEMENT ESPACES PUBLICS ET LOT 9.44 .....</b>	<b>42</b>
<b>V.1 - FUTUR PROJET ENVISAGE.....</b>	<b>42</b>
<b>V.2 - PROBLEMATIQUES DE POLLUTION RETENUES PAR LA SOCIETE TERO ET ENJEUX ASSOCIES .....</b>	<b>43</b>
<b>VI - MISE EN PLACE DU SCHEMA CONCEPTUEL INITIAL SUR LES FUTURS ESPACES PUBLICS ET DE LE LOT 9.44 .....</b>	<b>45</b>
<b>VII - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES PROPOSE AU DROIT DES FUTURS ESPACES PUBLICS ET DU LOT 9.44.....</b>	<b>46</b>
<b>VIII - INVESTIGATIONS DE TERRAIN.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII.1 - MOYENS MIS EN ŒUVRE .....</b>	<b>48</b>
VIII.1.1 - Préparation et sécurisation des travaux .....	48
VIII.1.2 - Réalisation des sondages .....	49
VIII.1.3 - Caractérisation lithologique et organoleptique des sols .....	51
VIII.1.4 - Géoréférencement des sondages .....	51
VIII.1.5 - Prélèvements d'échantillons de sols (A200).....	51
VIII.1.6 - Équipement en piézair.....	51
VIII.1.7 - Prélèvements d'échantillons de gaz (A230).....	52
VIII.1.8 - Facteurs influençant le dégazage de composés gazeux vers l'air (A230).....	52
VIII.1.9 - Traçabilité, conditionnement et transport des échantillons .....	55
VIII.1.10 - Plan de localisation des sondages .....	56
VIII.1.11 - Plan de localisation des piézairs .....	57
VIII.1.12 - Analyses .....	58
<b>VIII.2 - RESULTATS.....</b>	<b>59</b>
VIII.2.1 - Caractéristiques techniques et géoréférencement des sondages .....	59
VIII.2.2 - Indices organoleptiques dans les sols.....	60
VIII.2.3 - Description des sondages .....	61
VIII.2.4 - Prélèvements des échantillons de sol .....	65
VIII.2.5 - Caractérisation des échantillons de sol .....	66

VIII.2.6 - Caractérisation « ISDI » des échantillons de sol.....	69
VIII.2.7 - Caractéristiques des prélèvements des gaz du sol (A230).....	72
VIII.2.8 - Données météorologiques locales durant le prélèvement de gaz.....	73
VIII.2.9 - Résultats analytiques dans les gaz du sol (A230).....	75
VIII.2.10 - Interprétation des résultats des gaz du sol.....	76
<b>VIII.3 - EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (A320).....</b>	<b>78</b>
VIII.3.1 - Choix du scénario d'exposition.....	78
VIII.3.2 - Sélection des composés chimiques d'intérêt.....	78
VIII.3.3 - Choix des valeurs toxicologiques de référence.....	79
<b>VIII.4 - VTR RETENUES POUR LES DIFFERENTS POLLUANTS .....</b>	<b>80</b>
<b>VIII.5 - EVALUATION DES CONCENTRATIONS DANS LE MILIEU RECEPTEUR (AIR INTERIEUR : BATIMENT ILOT 9.44).....</b>	<b>81</b>
VIII.5.1 - Caractérisation du milieu source.....	81
VIII.5.2 - Sélection des concentrations retenues .....	81
VIII.5.3 - Caractéristiques du modèle utilisé .....	82
VIII.5.4 - Caractérisation des récepteurs pris en compte.....	82
VIII.5.5 - Calculs de risques .....	83
VIII.5.6 - Conclusion des calculs de risques en air intérieur.....	84
<b>VIII.6 - EVALUATION DES CONCENTRATIONS DANS LE MILIEU RECEPTEUR (AIR EXTERIEUR) .....</b>	<b>84</b>
<b>VIII.7 - ANALYSE DES INCERTITUDES .....</b>	<b>84</b>
VIII.7.1 - Composés chimiques.....	84
VIII.7.2 - Paramètres utilisés pour l'estimation des concentrations .....	85
VIII.7.3 - Modèles de transfert pour l'évaluation des risques sanitaires .....	85
VIII.7.4 - Conclusion des incertitudes.....	86
VIII.7.5 - Caractéristiques des principaux polluants .....	87
<b>VIII.8 - RAPPEL DU PROJET D'AMENAGEMENT DU SITE .....</b>	<b>91</b>
<b>VIII.9 - MISE EN PLACE DU SCHEMA CONCEPTUEL EN FONCTION DE L'USAGE FUTUR DU SITE .....</b>	<b>92</b>
VIII.9.1 - Identification des sources d'impact potentiel.....	92
<b>VIII.10 - IDENTIFICATION DES MILIEUX ET DES VOIES DE TRANSFERT.....</b>	<b>93</b>
<b>VIII.11 - IDENTIFICATION DES ENJEUX A PROTEGER.....</b>	<b>93</b>
<b>VIII.12 - SCHEMA CONCEPTUEL INITIAL : USAGE FUTUR .....</b>	<b>94</b>
<b>IX - PLAN DE GESTION .....</b>	<b>96</b>
<b>IX.1 - CONTEXTE.....</b>	<b>96</b>
<b>IX.2 - PROBLEMATIQUE SUR LES GAZ DU SOL .....</b>	<b>97</b>
<b>IX.3 - PROBLEMATIQUE EN ZONE SATUREE.....</b>	<b>97</b>
<b>IX.4 - PROBLEMATIQUE SUR LES SOLS.....</b>	<b>98</b>
IX.4.1 - Impact significatif en pollution organique .....	98
<b>IX.5 - IMPACTS DIFFUS EN POLLUTION ORGANIQUE ET INORGANIQUE AU DROIT DES FUTURS ESPACES VERTS .....</b>	<b>104</b>
<b>IX.6 - IDENTIFICATION ET COUTS DES OPTIONS DE GESTION (PROBLEMATIQUE SOL).....</b>	<b>109</b>
IX.6.1 - Technique de dépollution et mesures de gestion .....	109
<b>IX.7 - ESTIMATIONS DES COUTS DE DEPOLLUTION DE LA POLLUTION SIGNIFICATIVE EN HYDROCARBURES ...</b>	<b>110</b>
<b>IX.8 - ESTIMATIONS DES COUTS DE GESTION DE LA POLLUTION DIFFUSE AU DROIT DES ESPACES VERTS .....</b>	<b>112</b>
<b>IX.9 - RECAPITULATIF DES COUTS DE GESTION GLOBAUX .....</b>	<b>114</b>
<b>IX.10 - EVALUATION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION SELECTIONNEES.....</b>	<b>115</b>
<b>IX.11 - IDENTIFICATION ET COUTS DES OPTIONS DE GESTION (PROBLEMATIQUE GAZ DU SOL – LOT 9.44) ..</b>	<b>116</b>
<b>IX.12 - BILAN DU PLAN DE GESTION .....</b>	<b>118</b>
<b>IX.13 - GESTION DES FUTURS RESEAUX.....</b>	<b>119</b>
<b>IX.14 - SCHEMA CONCEPTUEL FINAL .....</b>	<b>120</b>
IX.14.1 - Identification des milieux et des voies de transfert.....	120
IX.14.2 - Identification des enjeux à protéger .....	120
<b>X - CONCLUSION .....</b>	<b>123</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>127</b>



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure n°1 : Bilan du plan de gestion.....	13
Figure n°2 : Sources documentaires.....	17
Figure n°3 : Sectorisation de l'opération Bordeaux Amédée .....	18
Figure n°4 : Plan de localisation de la zone d'étude .....	19
Figure n°5 : Plan de localisation de la zone d'étude (Golder Associates, juillet 2022) .....	20
Figure n°6 : Plan cadastral de l'îlot Amédée Saint-Germain Sud (Golder Associates, juillet 2022) .....	21
Figure n°7 : Plan d'occupation des sols de l'îlot Amédée Saint-Germain Sud (Golder Associates, juillet 2022) .....	22
Figure n°8 : Extrait géologique.....	24
Figure n°9 : Log de l'ouvrage référencé BSS001ZJEW .....	25
Figure n°10 : Recensement des ouvrages de captage d'eau souterraine (Golder Associates, juillet 2022) .....	27
Figure n°11 : Principales activités industrielles sur et en amont hydraulique du site (Golder Associates, juillet 2022) .....	29
Figure n°12 : Chronologie et activités menées sur site .....	31
Figure n°13 : Localisation des zones d'activités anciennes et actuelles (Golder Associates, juillet 2022) .....	32
Figure n°14 : Plan de synthèse des investigations réalisées (Golder Associates, juillet 2022) .....	34
Figure n°15 : Tableau des zones à risques de pollutions historiques potentielles ou avérées et synthèse des résultats analytiques sur les sols issus des études antérieures .....	37
Figure n°16 : Localisation des piézomètres et sens d'écoulement des eaux souterraines en juin 2022.....	39
Figure n°17 : Evolution des concentrations de la somme des COHV au droit des ouvrages inclus dans le réseau de surveillance du site Amédée Saint-Germain (Golder Associates, juin 2022) .....	40
Figure n°18 : Plan d'aménagement du futur parc .....	42
Figure n°19 : Schéma d'implantation des réseaux existants .....	43
Figure n°20 : Schéma conceptuel initial.....	45
Figure n°21 : Plan d'implantation prévisionnel des sondages .....	46
Figure n°22 : Programme d'investigations prévisionnel.....	47
Figure n°23 : Définition des investigations.....	49
Figure n°24 : Caractéristiques de la méthode de foration (selon norme NF X31-614) .....	50
Figure n°25 : Evaluation qualitative de l'impact de certains paramètres sur le dégazage .....	54
Figure n°26 : Localisation des sondages (avril 2023) .....	56
Figure n°27 : Localisation des piézaires (avril 2023).....	57
Figure n°28 : Programme analytique .....	58
Figure n°29 : Caractéristiques techniques des sondages et géoréférencement .....	59
Figure n°30 : Indices organoleptiques dans les sols .....	60
Figure n°31 : Sondages complémentaires .....	60



Figure n°32 : Logs lithostratigraphiques des sondages .....	64
Figure n°33 : Prélèvements réalisés.....	65
Figure n°34 : Résultats analytiques obtenus dans les sols .....	67
Figure n°35 : Cartographies des résultats analytiques dans les sols .....	68
Figure n°36 : Résultats analytiques « ISDI » sur les sols .....	70
Figure n°37 : Cartographies des filières d'évacuation des terres .....	71
Figure n°38 : Caractéristiques des prélèvements de gaz du sol .....	72
Figure n°39 : Pluviométrie et température en avril 2023 .....	73
Figure n°40 : Vitesse du vent en avril 2023.....	73
Figure n°41 : Pression atmosphérique en juin 2022 .....	74
Figure n°42 : Conditions météorologiques lors de l'intervention .....	74
Figure n°43 : Résultats analytiques sur les gaz du sol (avril 2023) .....	75
Figure n°44 : Résultats analytiques obtenus sur les gaz du sol .....	75
Figure n°45 : VGAI réglementaire/recommandées disponibles .....	76
Figure n°46 : Concentrations théoriques retenues dans l'air intérieur .....	77
Figure n°47 : Eléments retenus pour réaliser l'EQRS.....	78
Figure n°48 : VTR retenues pour les différents polluants.....	80
Figure n°49 : Teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol .....	81
Figure n°50 : Choix opérés pour la modélisation sous RISC (bâtiment îlot 9.44) .....	82
Figure n°51 : Caractéristiques des cibles retenues pour la modélisation.....	82
Figure n°52 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques non-cancérogènes.....	83
Figure n°53 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques cancérogènes .....	83
Figure n°54 : Caractéristiques des polluants identifiés au droit du site .....	90
Figure n°55 : Plan de masse du futur projet (espaces publics).....	91
Figure n°56 : Impacts retenus au droit de la zone d'étude .....	92
Figure n°57 : Schéma conceptuel initial (usage futur – sans mesure de gestion) .....	94
Figure n°58 : Tableau bilan du schéma conceptuel (usage futur, sans mesure de gestion) .....	95
Figure n°59 : Constats organoleptiques réalisés sur les sondages.....	99
Figure n°60 : Calculs statistiques des concentrations en HCT dans les sols .....	100
Figure n°61 : Fréquences cumulées des concentrations en HCT.....	101
Figure n°62 : Graphiques fréquence cumulée et répartition des concentrations en HCT .....	101
Figure n°63 : Emprise de la pollution significative en HCT C10-C40 .....	103
Figure n°64 : Mesures constructives – Bâtiment à construire/Aménagement d'un jardin/Pollution résiduelle au droit du site.....	105
Figure n°65 : Délimitation des zones inférieures à 30 cm au droit du futur parc (espaces publics) .....	106
Figure n°66 : Cartographie des filières d'évacuation des terres et volumes associés .....	107
Figure n°67 : Emprise des impacts diffus au droit des futurs jardins de l'îlot 9.44 .....	108
Figure n°68 : Techniques de gestion envisageables .....	109

Figure n°69 : Estimation des coûts de dépollution des impacts organiques significatifs .....	111
Figure n°70 : Estimation des coûts de gestion de la pollution diffuse (espaces verts).....	113
Figure n°71 : Estimations des coûts de dépollution globaux.....	114
Figure n°72 : Evaluation des techniques de dépollution .....	115
Figure n°73 : Techniques de gestions envisageables sur les gaz du sol.....	117
Figure n°74 : Bilan du plan de gestion.....	118
Figure n°75 : Réseaux enterrés projetés – Amédée Sud.....	119
Figure n°76 : Schéma conceptuel après travaux .....	121
Figure n°77 : Tableau bilan du schéma conceptuel (après travaux).....	122

## RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Dans le cadre de l'aménagement des futurs espaces publics et du lot 9.44 au droit du secteur Amédée Sud Saint-Germain, la société Espaces Ferroviaires Promotion Commun (EFAC) a mandaté la société TERE0 pour mener une étude environnementale et réaliser un plan de gestion. Pour rappel, la zone d'étude doit évoluer vers un usage sensible (tertiaire et résidentiel).

### Caractérisation des milieux

Suite aux différentes investigations, la société TERE0 retient comme sources de pollution :

- les anciennes activités ferroviaires ;
- la qualité intrinsèque des remblais présents dans les sols.

A l'issue de la synthèse de l'ensemble des données disponibles sur le site et des investigations, la société TERE0 retient au droit de la zone d'étude :

- une problématique sur les sols :
  - avec la présence **d'impacts significatifs** en pollution organique ;
  - avec la présence **d'impacts diffus en pollution inorganique et organique** sur l'ensemble de la parcelle dans les sols superficiels ;
- une problématique sur les **gaz du sol avec la présence de composés volatils** à des teneurs significatives ;
- une problématique sur les eaux souterraines avec une pollution historique avérée présente sur l'ensemble du secteur Amédée.

En se basant sur le projet transmis à la société TERE0 (usage résidentiel et tertiaire), le schéma conceptuel a mis en évidence des risques/enjeux potentiels sur site :

- un **risque sanitaire** via :
  - le contact direct, ingestion de sol et ingestion d'aliments contaminés par les enfants au droit des futurs espaces verts ;
  - l'inhalation de composés volatils en air intérieur par les futurs utilisateurs du site au droit du lot 9.44 ;
- un **enjeu environnemental et financier** via la présence de pollution significative dans les sols.

### Analyse de la situation

**Concernant les gaz du sol** : concernant l'impact en **COHV**, il peut probablement être attribué au dégazage de la nappe souterraine contaminée par une pollution historique en COHV sur l'ensemble du secteur Amédée. Etant donné que la source historique de pollution n'est pas spécifiquement identifiée à travers les différents diagnostics réalisés sur la zone, il n'est donc pas envisageable d'agir directement sur la source.

Concernant l'**impact en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques**, celui-ci semble préférentiellement associé aux impacts significatifs dans les sols (notamment à proximité des anciennes cuves et stockages superficiels).

Ainsi, comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, si, en premier lieu l'élimination de la source de pollution n'est pas évidente, il faut dans un second temps privilégier une désactivation des voies de transfert. La société TERE0 recommande donc :

- pour les impacts en **hydrocarbures volatils** : la suppression des pollutions concentrées pour réduire les teneurs en gaz présents dans les sols.
- pour les impacts en **COHV** : la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz).



Ainsi, et comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, si, en premier lieu l'élimination de la source de pollution n'est pas évidente, il faut dans un second temps privilégier une désactivation des voies de transfert. La société TERE recommande donc la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz).

**Concernant la zone saturée**, une pollution historique est en effet avérée au droit du site. En effet, les différents suivis des eaux souterraines ont permis de mettre en évidence une pollution diffuse en COHV sur l'ensemble du site Amédée. Cependant, aucune source de pollution primaire, susceptible de relarguer des contaminants vers les eaux souterraines, n'a clairement été identifiée.

En l'état actuel des connaissances, considérant la restriction d'usage sur les eaux souterraines d'ores-et-déjà actée sur le secteur Amédée et considérant le comportement des polluants organiques majoritairement relevés au droit de la zone d'étude, la société TERE n'envisage pas de dépollution en zone saturée, que ce soit sur les eaux souterraines ou sur les sols. Une action sur les zones sources de pollution en zone non saturée et la mise en place de mesures constructives semblent plus pertinentes et mieux adaptées.

**Concernant les mesures de gestion des sols**, d'après la méthodologie nationale des sites et sols pollués, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées, la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées dans le but de participer à l'amélioration continue des milieux, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état. Pour permettre la gestion d'une telle pollution, le point d'entrée de la démarche consiste à définir un seuil de dépollution jugé environnementalement, techniquement et financièrement acceptable pour pouvoir engager la réalisation des travaux de dépollution. Ainsi, le seuil de dépollution proposé par la société TERE, basé sur une analyse statistique, est de **2.900 mg/kg de M.S.** Néanmoins, après échanges avec le donneur d'ordres et dans une logique de suppression maximale de la pollution aisément accessible en zone non saturée (démarche environnementale forte de la part du donneur d'ordres), le seuil de dépollution visé au droit des pollutions concentrées sera de **550 mg/kg-MS**. A partir de ce postulat, les volumes de sol à traiter en zone non saturée (pour la pollution concentrée) ont pu être estimés à 713 m<sup>3</sup>.

Des impacts en pollution organique et inorganique sont présents de manière diffuse dans les sols. Dans le cadre du projet d'aménagement, des espaces verts sont prévus sur site. Un risque de contact direct avec les sols pollués peut donc être retenu. A partir de ces informations, le bureau d'étude s'est donc appuyé sur le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » pour déterminer une épaisseur d'excavation/remblaiement ou d'exhaussement optimal à mettre en place pour empêcher tous risques sanitaires provenant des sols (contact direct, ingestions de terres, ré-envol de poussières). Dans le cadre d'un jardin à usage récréatif (sans potagers), l'épaisseur minimale est de 30 centimètres de terres saines.

Dans le cadre de l'aménagement des espaces publics, le projet prévoit la création d'un parc arboré qui impliquera l'apport de 0,5 à 4 m de terres saines afin de corriger le dénivelé existant par rapport à la rue Amédée Saint Germain (5 à 6 m de différence de niveau). L'objectif a été de vérifier si cette hauteur minimale de 30 cm était respectée sur l'ensemble de l'îlot à l'aide des côtes actuelles et des cotes prévisionnelles du futur projet. En dessous de 30 centimètres de terres saines, cette hauteur n'est pas considérée comme suffisante pour écarter le risque de contact direct avec les sols, il sera donc nécessaire de prévoir des mesures de gestion au droit de ces zones.

Concernant les espaces verts au droit de l'îlot 9.44, aucun projet n'est actuellement défini sur la zone. En l'état, la société TERE avertit le donneur d'ordres sur les risques sanitaires potentiels associés à la qualité des sols superficiels et recommande donc la mise en place de mesures de gestion pour couper tout contact avec les sols actuellement en place : bâti, voies de circulation, zone de stationnement, mise en place de terres saines...

Mesures de gestion recommandées par la société TEREEO et analyse financière

Au vu des risques sanitaires et des enjeux environnementaux mis en évidence, la société TEREEO recommande :

- concernant les impacts significatifs en pollution organique :
  - pollution supérieure à 2.500 mg/kg-MS : excavation et évacuation des terres en centre de traitement spécialisé pour un coût de gestion compris entre 56 et 86 k€ HT ;
  - pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS :
    - excavation et évacuation des terres en centre de traitement spécialisé pour un coût de gestion compris entre 101 et 154 k€ HT ;
    - ou
    - ou, mise en place d'un biotertre sur site pour un coût de gestion compris entre 53 à 111 k€ HT ;
- concernant les impacts modérés diffus au droit des futurs espaces verts :
  - l'excavation/évacuation puis apport de terres saines sur 30 cm pour un coût de gestion de 65 à 122 k€ HT ;
  - ou
  - l'exhaussement des futurs espaces avec l'apport de 30 cm de terres saines pour un coût total 20 à 43 k€ HT ;
  - et
  - le recouvrement des terres polluées autour de la cantine à l'aide de surfaces de recouvrement bitumée, enrobée ou pavée pour un coût total de 29 à 115 k€ HT ;
- concernant les mesures de gestions à mettre en place au droit des futurs bâtiments afin d'écarter le risque d'inhalation en air intérieur :
  - une **membrane en géocomposite** (92 à 138 k€ HT) ;
  - ou
  - un **vide sanitaire** (92 à 138 k€ HT) ;
  - ou
  - un **hérissou ventilé** (46 à 69 k€ HT) ;
- concernant les eaux souterraines : restriction d'usage concernant la mise en place d'arbres fruitiers au droit des futurs espaces verts.

La société TEREEO rappelle qu'en l'absence de risque sanitaire retenu via les gaz du sol, en l'état actuel des connaissances, aucune Analyse des Risques Résiduels n'a été menée. Les résultats obtenus lors de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires à partir des données actuelles sont jugés suffisants pour conclure à l'acceptation sanitaire du projet. Qui plus est, les mesures de gestion recommandées ci-dessus viennent renforcer ce constat.

**La société TEREEO précise que ce document constitue un outil d'aide à la décision pour le donneur d'ordres. Il n'engage ni implicitement ni explicitement les responsabilités de la société TEREEO dans une estimation précise des coûts de dépollution. Cet engagement ne peut relever que d'une éventuelle « Maîtrise d'œuvre en phase travaux - MOE ».**

## RÉSUMÉ TECHNIQUE

03/04 au 06/04/23

### INFORMATIONS GENERALES

#### Localisation du site

Coordonnées du centre du site (Lambert 93) : X : 418492/ Y : 6419657  
 Adresse : Rue Amédée Saint-Germain  
 33800 Bordeaux  
 Département : Gironde (33)  
 Intervention : 3 au 6 avril 2023

### SYNTHESE DOCUMENTAIRE

#### Historique du site

##### Chronologie des activités

L'ensemble du secteur Amédée Saint-Germain a été soumis à déclaration dans le passé. Les procédures de déclaration de cessation d'activités ICPE ont été engagées à partir de 2014 par la SNCF. Dès le début des années 1980, l'est du site est occupé par des ateliers de peintures puis à partir de 1986, des magasins sont présents au sud du site. En 1922, des bâtiments historiques ainsi que de nombreuses zones de stockages sur sols et sur rails sont visibles. Jusqu'en 1934, d'autres bâtiments et hangars sont construits au droit de la zone d'étude (nord-ouest et sud-est du site). Au cours des années 50, un magasin de peinture et de grenaillage est visible et un ancien bâtiment historique est détruit au profit d'une zone de stationnement localisée au sud des bâtiments résidentiel, eux-mêmes construits en 1969. En 1982, les activités suivantes sont décrites au droit du site :

- une cafétéria ;
- un atelier de préparation des surfaces (sablage), un atelier de plastification, une cabine de peinture, ainsi qu'une aire de démontage et de finition autorail ;
- une activité de grenaillage ;
- un dépôt d'acier et d'artifices de 3<sup>ème</sup> catégorie.

A partir de 2012, plusieurs bâtiments historiques sont détruits ainsi que de nombreuses portions de rails.

#### Étude documentaire

Environnement immédiat : Industries et commerces / Maisons individuelles / Maisons collectives  
 Site sensible : 0  
 Contexte hydrogéologie : 0 ouvrage potentiellement sensible  
 Contexte industriel : Risque potentiel de contaminations croisées  
 Contexte environnemental : Aucune zone écologiquement sensible retenue

#### Description du site

Activité : Ancien espace ferroviaire  
 Superficie : 19 000 m<sup>2</sup>  
 État : /



*Sources de pollution potentielle :* Anciennes activités ferroviaires  
Remblais de qualité médiocre

## DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE TERE0 SUR LES SOLS ET LES GAZ DU SOL

### Moyens mis en œuvre

Nombre de sondages : 27  
Nombre d'échantillons de sol analysés : 31  
Nombre d'analyse des sédiments : 3  
Nombre d'analyse gaz du sol : 4  
Nombre d'analyse d'air ambiant : 3 + 1 blanc de transport

### Géologie et hydrogéologie

*Nature des terrains :*

Calcaires altérés

*Hydrogéologie locale :*

Nappe libre à dominante sédimentaire

Matrices	Espaces publics et lot 9.44
Sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Impact significatif</b> ponctuel et circonscrit en pollution organique</li> <li>• <b>Impact diffus</b> en pollution organique et inorganique</li> </ul>
Eaux souterraines	<b>Pollution historique avérée</b> de la nappe souterraine en COHV mise en évidence lors du suivi des eaux souterraines par la société GOLDER Associates
Gaz du sol	<b>Impact significatif</b> en composés volatils dans les sols

**Bilan du plan de gestion**

		Action hors travaux	Mesures de gestion	
Sur les sols	Gestion de la pollution significative en HCT C10-C40	Conservation de la mémoire de la pollution	1 : Excavation des sols et évacuation en filière spécialisée des impacts supérieurs à 2.500 mg/kg-MS  2-a : Excavation des sols et évacuation en filière spécialisée des impacts compris entre 550 et 2.500 mg/kg-MS  2-a : Gestion par biotierre des impacts compris entre 550 et 2.500 mg/kg-MS	1 : 56 à 86 k€ HT  2-a : 101 à 154 k€ HT  2-b : 53 à 111 k€ HT
	Gestion de la pollution superficielle des sols au droit des futurs espaces verts		1 : Excavation des sols superficiels et recouvrement des terres polluées  2 : Exhaussement des sols sur 30 cm  3 : recouvrement des terres polluées autour de la cantine (béton, bitume et/ou pavée)	1 : 65 à 122 k€ HT  2 : 20 à 43 k€ HT  3 : 29 à 115 k€ HT
Sur les gaz du sol		Conservation de la mémoire de la pollution	1 : membrane en géocomposite  2 : Vide sanitaire  3 : Hérissos ventilés	1 : 92 à 138 k€ HT  2 : 92 à 138 k€ HT  3 : 46 à 69 k€ HT
Sur les eaux souterraines		Conservation de la mémoire de la pollution et de la restriction des eaux souterraines / Mise en place d'une restriction sur l'implantation d'arbres fruitiers sur site	/	

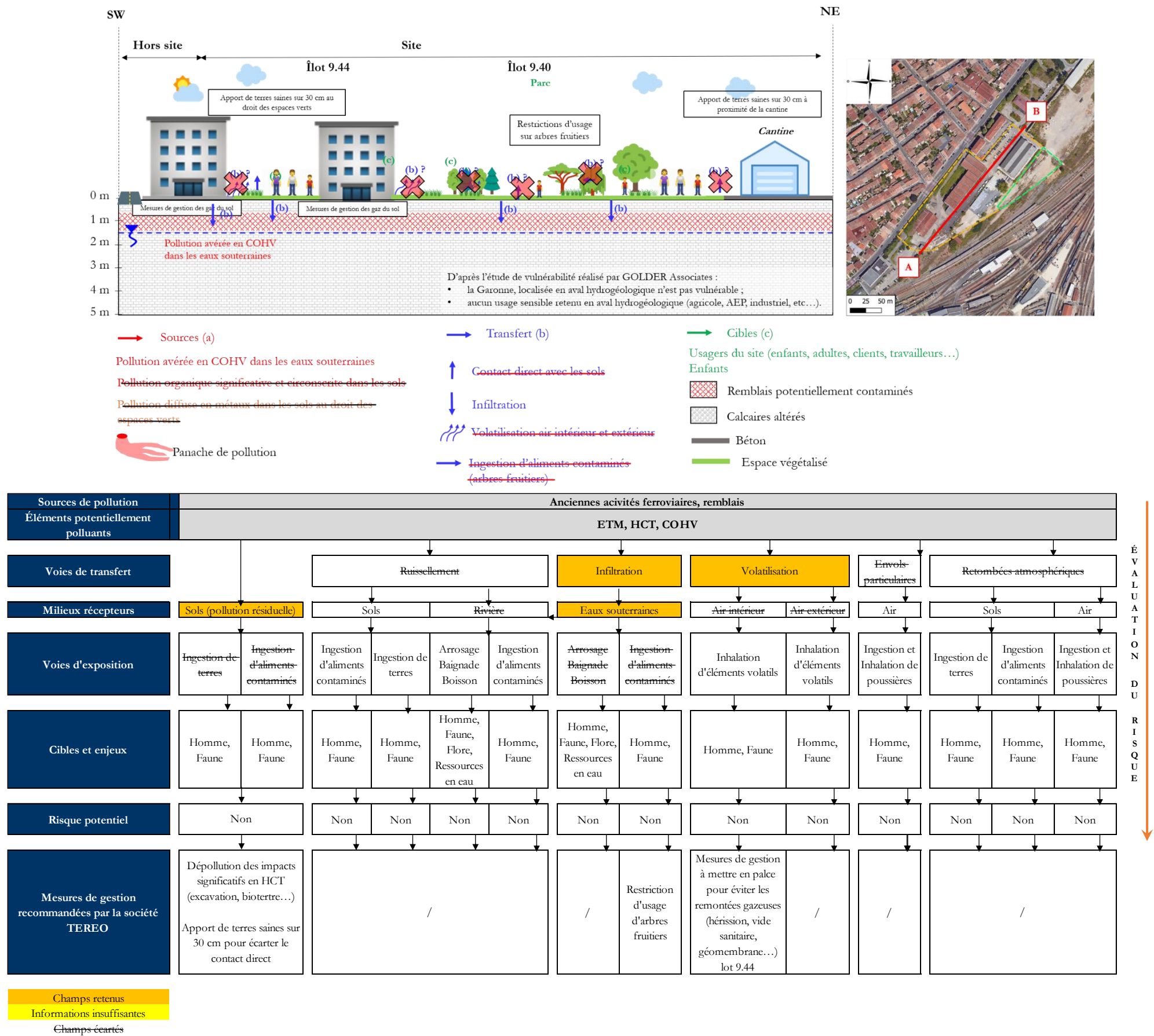


Figure n°1 : Bilan du plan de gestion  
(23.013.RA.001.01.fg01)



## I - INTRODUCTION

Dans le cadre de l'aménagement des futurs espaces publics et du lot 9.44 au droit du secteur Amédée Sud Saint-Germain, la société Espaces Ferroviaires Promotion Commun (EFAC) a mandaté la société TERE0 pour mener une étude environnementale et réaliser un plan de gestion.

Le secteur Amédée-Saint-Germain est à présent propriété de :

- l'EPA Bordeaux-Euratlantique, en partie centrale, pour l'aménagement des espaces publics et la cession de lots à bâtir ;
- la SNCF en parties nord et sud.

D'un point de vue historique, le site a principalement accueilli des activités ferroviaires (ateliers) et des magasins généraux pour du stockage de marchandises diverses. Les activités du site ont évolué depuis le début de son exploitation, puis ont été arrêtées progressivement, la cessation administrative en Préfecture ayant été actée en 2015 pour les dernières activités soumises à déclaration.

Entre mai 2011 et avril 2012, le site a fait l'objet de travaux de démantèlement de plusieurs bâtiments et anciens ateliers. Des diagnostics environnementaux ont été réalisés en juin 2012 et en juillet 2013 et ont permis de mettre en évidence la présence de trois sources concentrées en hydrocarbures totaux dans les sols ainsi qu'un panache de pollution en COHV (tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, cis-1,2-dichloroéthène et chlorure de vinyle) dans les eaux souterraines (Golder Associates). De nouvelles investigations sur les milieux ont été menées sur le secteur par différents intervenants : Golder Associates (2016), Arcagée (2014), ICF Environnement (2016), pour le compte de la SNCF, de l'EPA ou encore des futurs aménageurs (Bouygues Immobilier/Domofrance).

A la suite de ces investigations, un premier plan de gestion a été établi en avril 2017. Il prévoyait le traitement des sources concentrées identifiées dans les sols et la mise en œuvre d'un suivi de la qualité des eaux souterraines. L'objectif était de suivre l'évolution du panache en COHV et d'apprécier son évolution. A partir de juin 2020, les suivis de la qualité des eaux souterraines ont de nouveau mis en évidence un panache de contamination situé au centre et à l'ouest du site Amédée Saint Germain au solvants chlorés.

Une synthèse environnementale et historique du site a été rédigée en juillet 2022 afin d'évaluer la qualité du milieu sol (Golder Associates). Cette dernière a repris l'ensemble des informations tirées des études antérieures de 2012, 2013 et 2020 et a ainsi mis en évidence :

- à l'échelle du secteur Amédée Sud Saint-Germain, des impacts généralisés en Hg, As, Cd, Cu, Ni, Pb, Se et Zn dans les sols entre 0 et 3 mètres de profondeur. Ces anomalies pourraient être en lien avec des remblais industriels d'origine inconnue ;
- un impact en HCT C10-C40 non délimité au droit de GA68 (lot 9.43) entre 1 et 2 mètres de profondeur (8 200 mg/kg) ;
- des impacts ponctuels en HCT C10-C40 entre 0 et 1 mètre de profondeur (S15 = 2 570 mg/kg ; S14 = 2 010 mg/kg ; S12 = 1 570 mg/kg et S23 = 1 220 mg/kg, lot 9.44 et espaces publics). Les anomalies au droit de S14 et S23 sont bien délimitées verticalement et horizontalement contrairement à celles enregistrées sur S12 (à l'ouest du centre de formation) et S15 (à l'ouest des anciens ateliers, ancienne station-service) ;
- des traces en COHV sont relevées dans plusieurs échantillons de sols dont l'origine pourrait s'expliquer par la présence d'anciens ateliers de lavage autorail et de peintures.

Au vu des informations fournies par le donneur d'ordres, les anciennes activités ferroviaires ainsi que la présence de remblais de qualité médiocre ont dégradé la qualité géochimique du sous-sol. Afin d'évaluer plus précisément la portée des risques potentiels relevés, l'EFAC (Espaces ferroviaires Aménagement Commun) a mandaté la société TERE0 pour la réalisation d'investigations complémentaires. Ces dernières ont permis la rédaction d'un Plan de Gestion ayant pour objectif de proposer des solutions pour mettre le site en sécurité, au vu des usages projetés.

Le présent rapport concerne le réaménagement des futurs espaces publics et du lot 9.44 de la ZAC Saint Jean Belcier localisés en bordure de la rue Amédée Saint-Germain, au sud-ouest de la gare Saint-Jean, sur la commune de Bordeaux (33). D'une surface d'environ 19 000 m<sup>2</sup>, les parcelles concernées par la zone d'étude sont les parcelles BZ 4 et 144. Un second rapport, incluant les lots 9.42/43 et intitulé 23.014.RA.001 complète celui-ci et a été rendu au Maître d'Ouvrage (EFPC : Espaces Ferroviaires Promotion Commun).

La société TEREÓ s'est attachée à :

- caractériser les contextes géographique, géologique et hydrogéologique de la zone d'étude ;
- définir le contexte historique ;
- décrire de façon précise le site en fonction des données bibliographiques et des observations de terrain ;
- identifier les sources de pollution (historiques ou actuelles) et leurs voies de transfert ;
- définir les enjeux à protéger ;
- évaluer les risques ;

Tout au long de la démarche, l'intervenant de la société TERÉO s'est appliqué à :

- collecter et analyser les informations bibliographiques les plus pertinentes sur l'environnement du site ;
- inspecter le site et son environnement proche ;
- rédiger et illustrer le présent rapport en y intégrant l'ensemble des données nécessaires à la bonne compréhension de la problématique environnementale du site.

**La présente mission est réalisée conformément à la circulaire du Ministère en charge de l'Environnement du 8 février 2007, révisée en avril 2017. De plus, les prestations mises en œuvre sont conformes à la norme NF X 31-620, révisée en décembre 2021. Elles correspondent aux prestations élémentaires codifiées A200 « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols » et A230 « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol » et à la prestation globale codifiée PG « Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site ».**

## II - SOURCES D'INFORMATION ET RAPPORT ANTERIEURS EXPLOITES

---

De nombreuses études avec investigations pour détermination de la qualité des milieux ont été menées sur le secteur, par différents intervenants : Golder Associates (2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2022), ArcaGée (2014), ICF Environnement (2016), pour le compte de la SNCF, de l'EPA ou encore des futurs aménageurs (Bouygues Immobilier/DomoFrance notamment).

En outre, trois plans de gestion ont été réalisés :

- pour le compte de la SNCF, par Golder Associates, concernant l'ensemble du secteur Amédée-Saint-Germain pour la cessation d'activités et la restitution pour un usage industriel (rapport n°1660179-R03-V0.2) ;
- concernant uniquement la partie centrale et la future voirie en partie sud :
  - ✓ pour le compte de l'EPA Bordeaux-Euratlantique, par ArcaGée, concernant le futurs espaces publics (ArcaGée, rapport n°RC19049/CB) ;
  - ✓ pour le compte de Bouygues Immobilier et DomoFrance notamment, par ICF Environnement concernant les lots à bâtir (ICF Environnement, rapport n°AQUP160381-PG-V4).



Le diagnostic environnemental suivant réalisé par la société TERÉO est basé sur l'analyse des sources d'information suivantes et sur les documents fournis par le donneur d'ordres :

Source	Type de document	Référence
<b>AFNOR</b>	Normalisation des prestations relatives aux sites et sols pollués	NF X 31-620
<b>Ministère de l'Environnement</b>	Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués	Circulaire du 08/02/07 mise à jour le 19/04/2017
<b>IGN</b>	Carte topographique (1/25.000 <sup>ième</sup> )	www.geoportail.gouv.fr
	Photographies aériennes	remonterletemps.ign.fr
<b>BRGM</b>	Carte géologique (1/50.000 <sup>ième</sup> )	infoterre.brgm.fr
	Synthèse des données hydrogéologiques	sigesaqi.brgm.fr
<b>GEORISQUES</b>	Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Services (CASIAS)	www.georisques.gouv.fr
	Information de l'administration concernant une pollution suspectée ou avérée (ex- BASOL)	
	Secteurs d'Information sur les Sols (SIS)	
	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	
	Cartes des risques naturels et technologiques majeurs	
<b>BARPI</b>	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels	www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-barpi/
<b>INPN</b>	Données environnementales	inpn.mnhn.fr
<b>Météo-France</b>	Données météorologiques	www.meteofrance.com infoclimat.fr
<b>Windfinder</b>	Données sur les vents	Wofrance.fr
<b>HPC Envirotech</b>	Caractérisation des futurs déblais (Projet)	Rapport HPC-F 5A/2.15.5523 b, 30 novembre 2016
<b>ArcaGée</b>	Cessation d'activités sur le secteur Amédée Saint Germain à Bordeaux – Présentation des plans de gestion des usages futurs sur la zone centrale du secteur ASG	Note du 6 mars 2017
	Synthèse de l'état des milieux et élaboration d'un plan de gestion îlot EPA, secteur Amédée Saint Germain à Bordeaux	RC19049/CB, 14 février 2017
<b>GOLDER ASSOCIATES</b>	Plan de gestion	1660179-R03-V1, avril 2017
	Suivi de la qualité des eaux souterraines – campagne de juin 2020	19123518_R1_V1
	Suivi de la qualité des eaux souterraines – campagne de décembre 2021	21452555_R04_V1, 17 octobre 2022
	Installation de piézomètres et suivi de la qualité des eaux souterraines – campagne de juin 2022	21452555, 21 octobre 2022
	Diagnostic environnemental des sols	20141992-R05-V1, 7 juillet 2022
	Analyse des Risques Résiduels (ARR) et Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM)	1660179-R02-V1, 6 décembre 2022

**Figure n°2 : Sources documentaires**

### III - ENQUETE HISTORIQUE, DOCUMENTAIRE ET DE VULNERABILITE – SYNTHÈSE DOCUMENTAIRE SUR LE SECTEUR AMÉDÉE SUD SAINT-GERMAIN

#### III.1 - Contexte de l'opération Amédée Sud Saint Germain et périmètre du projet

Le site de Bordeaux Amédée Sud Saint-Germain, situé à proximité immédiate de la gare Saint-Jean est compris dans le périmètre de la ZAC Saint-Jean Belcier dont la réalisation est portée par l'EPA Bordeaux Euratlantique (EPABE).

Le site est bordé :

- au nord : par le pont du Guit, la gare de voyageurs de Bordeaux Saint-Jean (400 m) et la rive gauche de la Garonne (1 km) ;
- à l'est : par le réseau de voies ferrées de la gare de triage de Bordeaux Saint-Jean, la zone fret (300 m) et la station de traitement des eaux et le canal de l'Estey de Bègles (550 m), puis une zone résidentielle (600 m) et la rive gauche de la Garonne (1,5 km) ;
- au sud : par le réseau de voies ferrées de la gare de triage de Bordeaux Saint-Jean, le technicentre Aquitaine de SNCF (350 m) puis une zone pavillonnaire (500 m) ;
- à l'ouest : par une importante zone pavillonnaire (100 m) et une caserne (500 m).

Il s'inscrit dans la continuité du secteur central Amédée Saint-Germain ainsi que dans le prolongement de la place des Citernes. Cette place, réservée aux piétons et aux cyclistes, met en valeur le patrimoine des anciens ateliers de la SNCF en grande partie réhabilités pour accueillir des activités commerciales de proximité. Il se structure autour d'un grand mail piéton permettant de rejoindre la gare sans croiser de voiture et d'un grand parc aux ambiances multiples de 8 hectares.



Figure n°3 : Sectorisation de l'opération Bordeaux Amédée  
(23'013'RA'001'01'fig03)



Dans le cadre de la présente consultation, l'ilot Amédée Sud Saint-Germain a été divisé en deux zones, localisées sur la figure suivante :

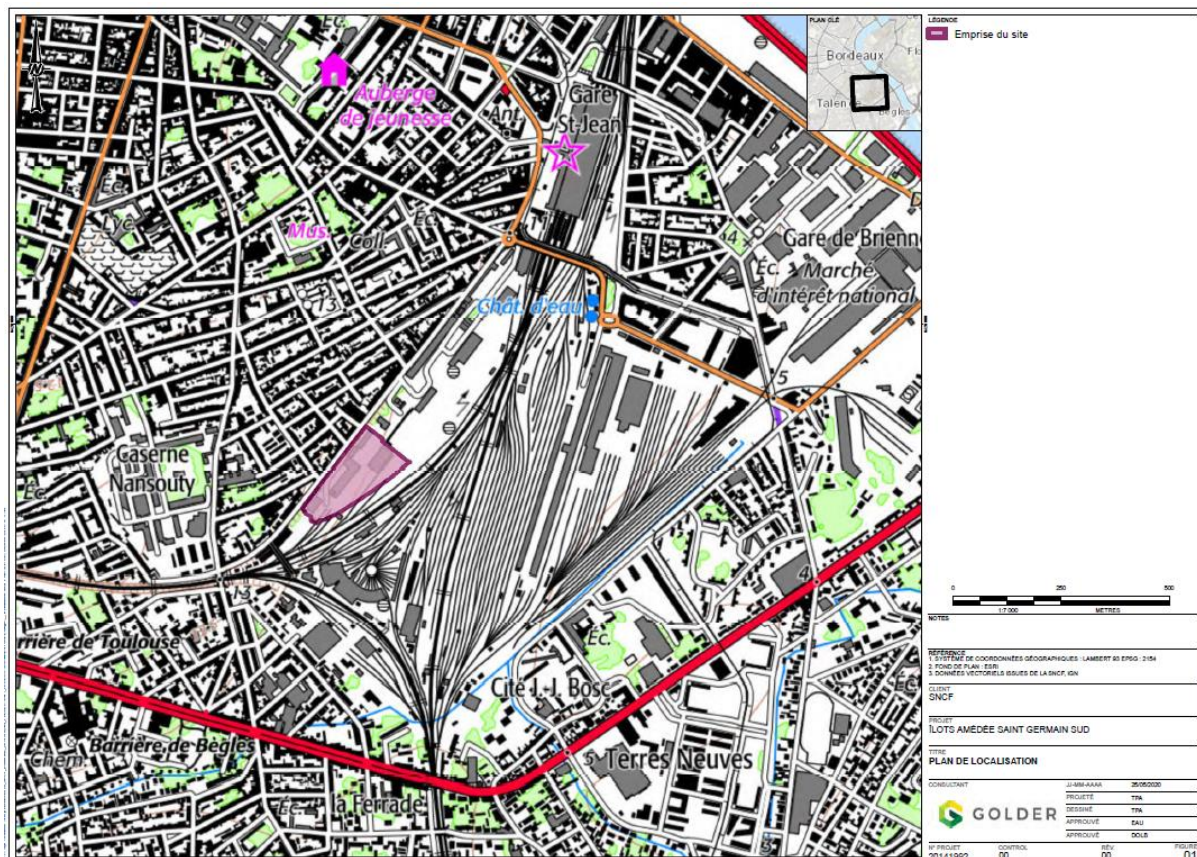
- l'ilot Amédée Sud – Aménagement des espaces publics et du lot 9.44 (en jaune, rapport TERO 23.013.RA.001) ;
- l'ilot Amédée Sud – lots 9.42/43 (en vert, rapport TERO 23.014. RA.001). Son réaménagement constitue l'une des premières opérations urbaines du secteur Amédée Sud, programmée pour 2024-2026.



Figure n°4 : Plan de localisation de la zone d'étude  
(23'013'RA'001'01'fig04)



Le site de Bordeaux Amédée sud, dans sa globalité, est implanté dans la zone urbaine de la commune de Bordeaux, à 750 m au sud de la gare de Bordeaux Saint-Jean, dans le département de la Gironde (33). L'altitude du site est d'environ 6 mètres NGF. La topographie est globalement plane.



**Figure n°5 : Plan de localisation de la zone d'étude (Golder Associates, juillet 2022)**  
(23°01'3''R-A'001'01''fig05)

[illegible]

### III.3 - Localisation et description des infrastructures

- un bâtiment au sud-ouest regroupant un centre de formation avec des ateliers (bâtiment Z) : présence d'un étage et d'une chaudière à gaz ;
- un bâtiment au centre-ouest servant d'atelier et sans usage actuellement (bâtiment Y) : présence d'un stockage extérieur, de transformateurs dans la partie ouest (zone hachurée sur la figure n°7). Un transformateur haute tension est présent entre la rue Amédée Saint-Germain et le nord du bâtiment Y ;
- une cafétéria au nord-est, qui sera conservée dans le cadre du futur projet (bâtiment X) ;
- deux préfabriqués au centre-est servant de bureau pour des équipes de soudeurs et de sous-traitants (PF1 et PF2) ;

Finalement, une cuve enterrée (nature de produits, capacité et caractéristiques inconnus) était autrefois localisée au sud-ouest du bâtiment Y.





Figure n°7 : Plan d'occupation des sols de l'îlot Amédée Saint-Germain Sud (Golder Associates, juillet 2022)  
(23'013'RA'001'01'fig07)

### III.4 - Contexte environnemental

---

La zone d'étude est bordée par des zones urbaines à usage tertiaire et résidentiel. La Gare Bordeaux Saint-Jean est présente à 750 m au nord-nord-est. A l'est, au sud et au sud-est se trouve des voies ferroviaires ainsi que le technicentre de la SNCF. Une base militaire est localisée à 320 m à l'ouest du site.

Plusieurs établissements scolaires sont recensés autour de la zone d'étude :

- au nord : école maternelle Fieffé, école élémentaire Francin, école maternelle Barbey, lycée Gustave Eiffel ;
- à l'est : école élémentaire Carle Vernet, école maternelle Carle Vernet ;
- au sud : école primaire privée Saint Marie de la Ferrade ;
- à l'ouest : école maternelle Paul Antin, école élémentaire Somme.

Finalement, un complexe sportif est également retrouvé à 970 m à l'ouest du site audité.

### III.5 - Contexte géologique

---

La figure n°8 présente le contexte géologique autour du site étudié.

A l'échelle régionale, la zone d'étude, implantée sur la rive gauche de la Garonne, s'étend sur les formations fluviales du système de la Garonne, correspondant à des tourbes et argiles tourbeuses du Pleistocène (Fyb). Dans cette zone, les alluvions anciennes graveleuses ou argilo-graveleuses de la Garonne disparaissent progressivement dans la partie occidentale, sous le manteau des formations fluvioéoliennes du Sable des Landes. Le substratum tertiaire n'y apparaît que sporadiquement à la faveur du creusement des vallées affluentes.

A l'échelle plus locale, le site est implanté à la limite entre les calcaires stampiens (g2) et les argiles de Mattes et tourbes et argiles tourbeuses (Fyb). Elles sont constituées par des argiles bleuâtres à passées tourbeuses ainsi que des tourbes. Les informations disponibles permettent d'évaluer leur épaisseur à une dizaine de mètres. Les calcaires à Astéries et calcaires à Archiacines de l'Oligocène moyen (Stampien ; g2) sont constitués à la base de la formation par des calcaires fins de patine et de teinte gris-bleu parfois fortement quartzueux. La partie supérieure est constituée d'un calcaire grossier, jaune, riche en moules internes et contre-empreintes de mollusques.



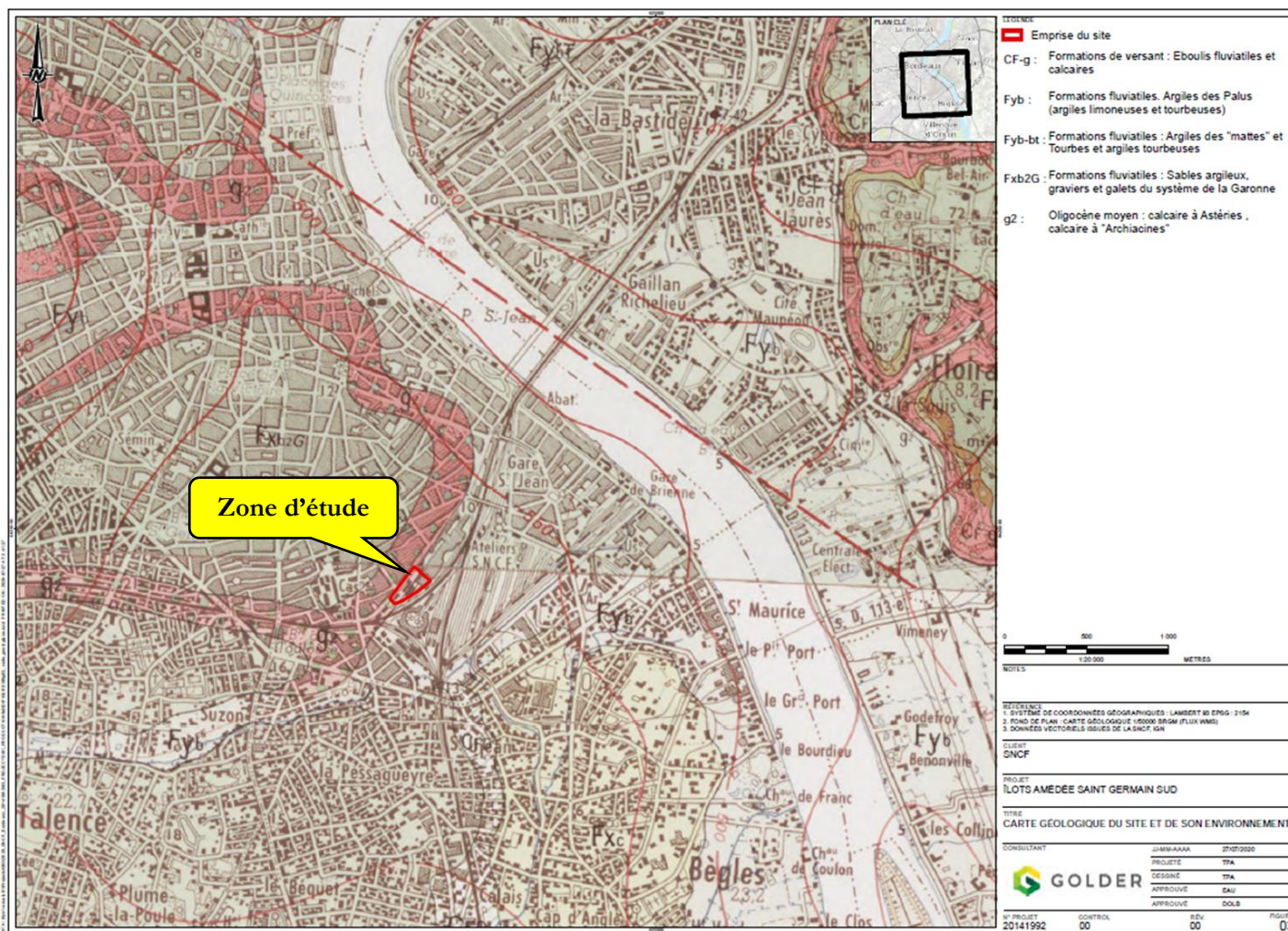


Figure n°8 : Extrait géologique  
(23'013'RA'001'01'fig08)

La figure suivante présente le log lithostratigraphique (validé par les services du BRGM) de l'ouvrage **BSS001ZJEW**. Il permet d'identifier les types de formations susceptibles d'être retrouvés au droit de la zone étudiée :

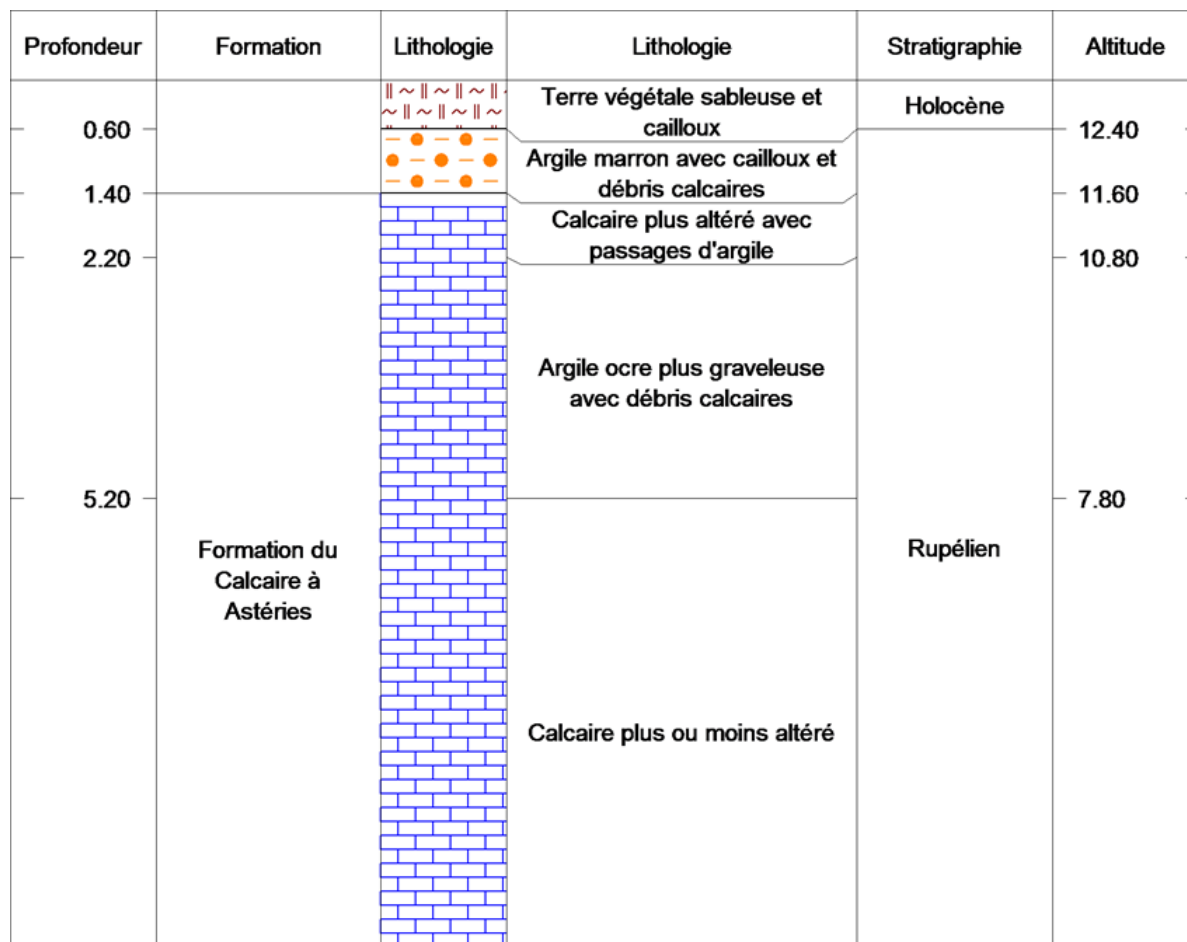


Figure n°9 : Log de l'ouvrage référencé BSS001ZJEW  
(23'013'RA'001'01'fig09)

La géologie au droit du site est caractérisée par des remblais occasionnels et/ou des argiles de décalcification sur quelques décimètres à quelques mètres d'épaisseur, puis par les calcaires oligocènes, jusqu'au moins 20 m de profondeur et les marnes du Rupélien au-delà.

### III.6 - Contexte hydrologique

Les cours d'eau les plus proches de la zone d'étude sont :

Dénomination	Distance /au site	Localisation /au site	Sens d'écoulement	Exutoire	Point de confluence	Usages retenus
Estey Sainte-Croix	600 m	sud-est	nord-ouest	Ruisseau d'Ars	600 m au sud-est	/
Ruisseau d'Ars	600 m	sud-est	nord-est	La Garonne	1,5 km au nord-est	/
La Garonne	1,5 km	nord-est	nord	Atlantique	2,4 km	pêche/baignade

Dans son rapport de juillet 2022, Golder Associate précise que la Garonne, s'écoulant vers le nord-est à une distance d'1,5 km au nord du site, n'est pas considérée comme vulnérable à une éventuelle pollution émanant du site.

### III.7 - Contexte hydrogéologique

Au droit du site, les principaux aquifères référencés sont les suivants :

- une nappe des alluvions de la Garonne aval, depuis la confluence du Lot à la confluence de la Dordogne, code 9461107 selon SIGES Aquitaine. D'après les investigations réalisées par Golder Associates dans les eaux souterraines au droit du site, le niveau de la nappe s'établit entre 1,55 et 2,27 m de profondeur ;
- une nappe des alluvions flamandaises argileuses de la Gironde, code 944AA01 selon SIGES Aquitaine. Sa profondeur n'est pas connue mais probablement inférieure à 10 m ;
- enfin, l'aquifère des sables, graviers, galets et calcaires de l'Eocène est également présent au droit du site à une profondeur supérieure à 200 m. Cette nappe, à dominante sédimentaire, est captive, peu vulnérable aux pollutions de surface et exploitée pour l'alimentation en eau potable.

**Les conclusions du rapport de Golder Associates en 2022 ont permis de mettre en évidence la vulnérabilité de la nappe des alluvions de la Garonne en raison de l'absence de terrains imperméables sus-jacents. De même, en l'absence d'information sur la profondeur de la nappe des alluvions flamandaises argileuses de la Gironde, cette dernière est considérée comme potentiellement vulnérable.**

La nappe captée lors des campagnes sur les eaux souterraines s'écoule vers le sud-ouest. Une variation du sens d'écoulement entre le printemps et l'automne, pouvant s'expliquer par la proximité de la Garonne et par la charge et décharge de la nappe en fonction des écoulements du fleuve, est observée. Le sens d'écoulement principal apparaît cependant vers le nord-nord-est.

La société Golder Associates a étudié l'usage des eaux souterraines autour du site à partir des données de l'Agence Régionale de la Santé et des ouvrages recensés dans la base de données BSS Infoterre.



La figure suivante précise la localisation de ces points d'eau :

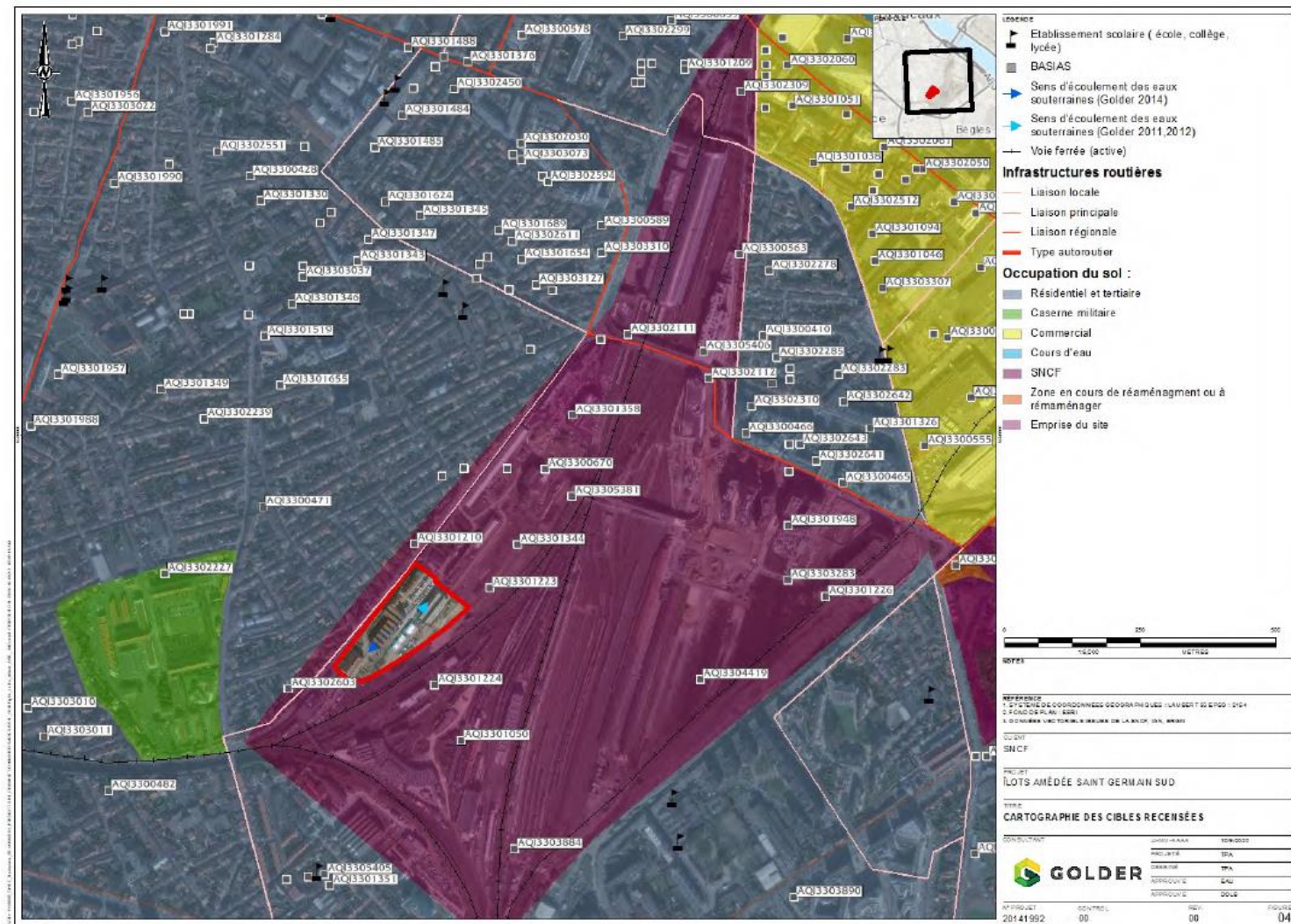


Figure n°10 : Recensement des ouvrages de captage d'eau souterraine (Golder Associates, juillet 2022)  
(23'013'RA'001'01'fig10)

Les ouvrages AEP présents dans un rayon de 5 km captent la nappe de l'Eocène à plus de 200 m de profondeur et ne sont donc pas vulnérables à une éventuelle pollution en provenance du site. De plus, du fait de leur éloignement géographique avec le site, aucun des captages à usage agricole ou pour l'alimentation en eau industrielle n'est vulnérable à une éventuelle pollution en provenance du site. Finalement, aucun puits privé n'a été recensé à proximité du site.

La société Golder Associates note néanmoins qu'il ne peut être exclu l'éventuelle présence de puits privés ou agricoles non déclarés en aval hydraulique du site.

### III.8 - Contexte industriel

---

Dans un rayon de 500 m autour du site, 19 sites industriels sont recensés dans la base de données CASIAS (ex-BASIAS) et aucun dans la base de données « information de l'administration concernant des pollutions suspectées ou avérées ». Les principales activités recensées au droit et autour du site sont détaillées dans le tableau suivant :

Raison sociale	Etat du site	Activités	Référence BASIAS / BASOL	Localisation et distance / site	Position hydraulique / site selon sens d'écoulement principal suspecté
<b>SNCF</b>	Activité terminée	Construction de locomotives et d'autre matériel ferroviaire roulant. Transport et installations ferroviaire interurbain de voyageurs. Dépôt de liquides inflammables.	AQI3301358	Au nord du site	Sur Site*
<b>Sté d'Eclairage Electrique de Belx et du Midi</b>	Activité terminée	Centrale électrique thermique.	AQI3302110	Au nord du site	Sur site*
<b>Dorselt Edward</b>	Absence d'information	Imprégnation du bois ou application de peinture et vernis...	AQI3300670	Au nord du site	Sur Site*
<b>WELTON William</b>	Activité terminée	Imprégnation du bois ou application de peinture et vernis...	AQI3301222	Au nord du site	Sur Site*
<b>SNCF</b>	En activité	Transport et installations ferroviaire interurbain de voyageurs. Dépôt de liquides inflammables.	AQI3305381	Au nord du site	Sur Site*
<b>CAILLABET</b>	Activité terminée	Fabrication de verre et d'articles en verre et atelier d'argenterie.	AQI3301344	Au nord du site	Sur Site*
<b>LACHAPELE Frères</b>	Activité terminée	Stockage de produits chimiques.	AQI3301223	Au nord du site	Sur Site*
<b>BLYTHE</b>	Activité terminée	Imprégnation du bois ou application de peintures et vernis...	AQI3301224	Bordure est du site	Latéral
<b>Ste Aquitaine des Couleurs</b>	Absence d'information	Fabrication et/ou stockage (sans application) de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants	ASI3302603	250 m au sud-ouest	Amont

**Figure n°11 : Principales activités industrielles sur et en amont hydraulique du site (Golder Associates, juillet 2022)**

\* : activités pouvant être présentes sur la zone d'étude (une incertitude de localisation est néanmoins possible)

**Les sites localisés en amont hydraulique du site sont susceptibles d'influencer la qualité des eaux souterraines au droit du site.**

### III.9 - Contexte environnemental

La société Golder Associates a mis en évidence des milieux naturels sensibles et/ou protégés dans un rayon de 5 km autour du site :

- ZNIEFF Type 1 : « Mare du bois de Thouars », à 4 km au sud-ouest du site ;
- ZNIEFF Type 2 : « Coteaux de Lormont, Cenon et Floirac », à 3,2 km à l'est du site et « Bocage humide de la basse vallée de la Garonne », à 4,1 km au sud-est du site ;
- Sites Natura 2000 directive habitats : « La Garonne », à 1,5 km au nord du site.

**Du fait de l'éloignement géographique des zones protégées avec le site, aucune de ces zones n'est vulnérable à une éventuelle pollution en provenance du site.**

### III.10 - Contexte historique

#### III.10.1 - Situation administrative passée

La zone d'étude est intégrée dans un ensemble plus vaste dénommé Amédée Saint-Germain qui était soumis à déclaration dans le passé, sans que les activités associées ne soient liées à des parcelles en particulier.

Dans ce cadre, les procédures de déclaration de cessation d'activités ICPE ont été engagées à partir de 2014 par la SNCF.

Les récépissés suivants avaient été reçus au sujet de activités historiques sur ce site :

- récépissé du 9 septembre 1974 pour les rubriques 253-c (stockage de carburant) et 2925 (atelier de charge d'accumulation) ;
- récépissé du 7 mars 1974 pour la rubrique 1418-3 (dépôt d'acétylène) ;
- récépissé du 18 novembre 1975 pour les rubriques 405 (application et séchage de peinture), 1418-3, 1430-d (stockage de carburant) et 2925 ;
- récépissé du 24 avril 1986 pour la rubrique 272-b (emploi de matières plastiques et atelier polyester).

Le site a vraisemblablement fait l'objet de récépissés de déclaration additionnels (non disponibles et non référencés dans les documents consultés) concernant les activités suivantes, mentionnées dans les courriers avec l'administration, et qui ont aussi cessé depuis :

- emploi de matières abrasives (2575, ex-1bis) ;
- distribution de liquides inflammables (1434, ex-261 bis) ;
- travail mécanique des métaux et alliages (2560, ex-282) ;
- installation de compression (2920 ex-361) ;
- stockage d'oxygène liquide (ex-1220 et 328 bis) ;
- ateliers (1510, ex-183ter).

### III.10.1 - Chronologie et activités menées sur site

La construction du site a commencé en 1858. Les différentes activités énumérées ci-dessous sont localisées sur la figure n°13, extraite du rapport de Golder Associates de juillet 2022.

Date d'exploitation	Activité / ouvrage potentiellement polluant
1881	Les plans de la ville de Bordeaux indiquent la présence d'anciens ateliers de peintures (zone 1). Les environs du site sont bordés par les gares de voyageurs et de marchandises des Chemins de Fer du Midi au nord et à l'est et la rue de la Gare (renommée Amédée Saint-Germain) à l'ouest.
1886	Le plan d'ensemble des Gares de Bordeaux de 1886 indique la présence de magasins (zone 8) et d'ateliers de peinture et sellerie (zone 1).
1922	La photographie aérienne de 1922 montre les bâtiments historiques des zones 1, 2 et 8 ainsi que de nombreuses zones de stockages sur sols (caisses) au sud du bâtiment de la zone 8 et sur rails (chaînes de wagon) à l'est et au nord du même bâtiment.
1924	Un bâtiment historique est présent au droit de l'actuel bâtiment d'habitation collective (Bâtiment W) et de la zone de parkings au nord-ouest du site. Un chemin d'accès est également visible à l'ouest et les actuels bâtiments Y et Z.
1934	D'après la photographie aérienne de 1934, un abri (hangar ferroviaire) s'est construit entre le bâtiment de la zone 1 et l'actuel bâtiment X.
1950	La photographie aérienne de 1950 montre la construction de l'ancien magasin de peinture et de grenaillage (zone 6). Les environs du site sont occupés par des habitations à l'ouest, par des gares de voyageurs et de marchandises au nord et à l'est et par une rotonde au sud. Les nombreux stockages précédemment observés à l'est du site ne sont plus présents.
1956	Le bâtiment historique au droit de l'actuel bâtiment résidentiel W a été remplacé par une zone de stationnement.
1969	La photographie aérienne de 1969 montre la construction des bâtiments d'habitations au nord du site.
1982	D'après la photographie aérienne de 1982 et les archives du Mans, le bâtiment X est le siège d'un réfectoire d'entreprise (zone 2). L'activité de la zone 1 comprend un atelier de préparation des surfaces (sablage), un atelier de plastification, une cabine de peinture, ainsi qu'une aire de démontage et de finition autorail. La zone 6 correspond à une activité de grenaillage. La zone 8 est un dépôt d'acier et d'artifices de 3 <sup>ème</sup> catégorie. L'activité 9 (actuellement localisée dans le bâtiment Y) servait de magasin.
2012	Les bâtiments historiquement présents à l'est et au sud du bâtiment X ont été détruits ainsi que de nombreuses portions de rails à l'est du bâtiment Y et à l'est et l'ouest du bâtiment X.
Document non daté	D'après les archives du Mans, un atelier de peinture et une aire de lavage étaient présents respectivement au droit de la zone 18 et de la zone 7.

**Figure n°12 : Chronologie et activités menées sur site**



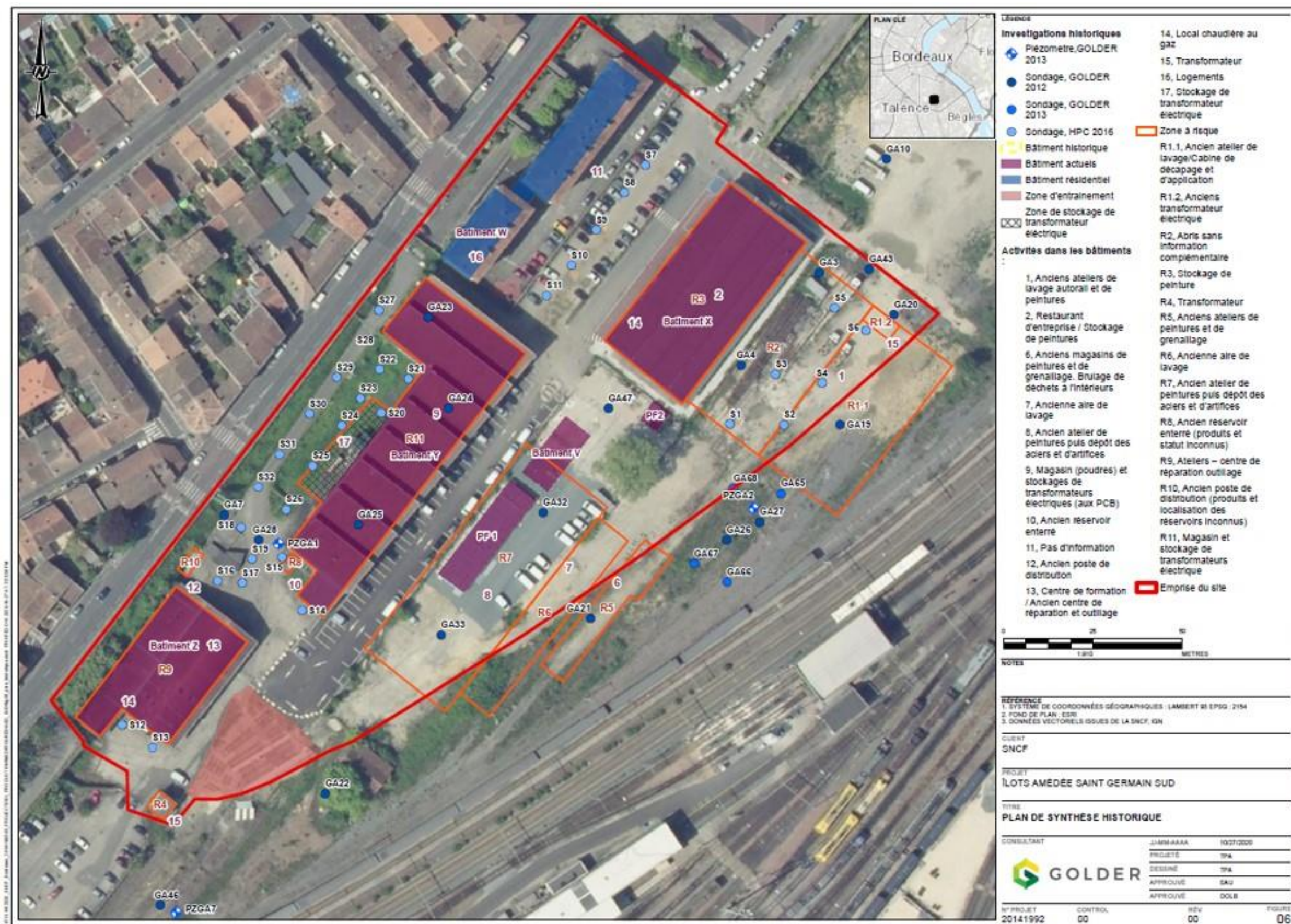


Figure n°13 : Localisation des zones d'activités anciennes et actuelles (Golder Associates, juillet 2022)  
(23°01'3"R, 4°00'1"01"lg13)



## IV - SYNTHÈSE DES DIAGNOSTICS ANTERIEURS SUR LE SECTEUR AMÉDÉE SUD SAINT-GERMAIN

### IV.1 - Sur les sols

Le tableau suivant détaille les sources de pollutions historiques qui ont été identifiées au droit de la zone d'étude sur la base des rapports d'étude historique (Golder Associates, mars 2011 « *Etude historique et documentaire* », rapport n°10503180750) et du diagnostic environnemental des sols de Golder Associates (juillet 2022, rapport n°20141992-R05-V1). 11 zones à risques et incluant des activités ayant pu engendrer des sources potentielles de pollution ont été identifiées au droit du secteur Amédée Sud Saint-Germain. Ces dernières sont localisées sur la figure n°14.

Le site d'étude a fait l'objet de plusieurs campagnes d'investigations sur les sols entre les années 2012 et 2020 :

- Golder Associates, juin 2012 « *Diagnostic des sols et des eaux souterraines – Etape B* », rapport n°011503181043 ;
- Golder Associates, juillet 2013 « *Diagnostic complémentaire des sols et des eaux souterraines* », rapport n°13503180061 ;
- HPC Envirotech, novembre 2016 « *Caractérisation des futurs déblais – Ilot Sud* », rapport n°Rap0-5A15-5529a1 » ;
- Golder Associates, juillet 2022 « *Diagnostic environnemental des sols – Ilot Amédée Saint-Germain Sud* », rapport n°20141992-R05-V1.

Les investigations réalisées en avril 2012 dans la zone sud du site audité (lots 9.42/43) ont consisté en la réalisation de 18 sondages à 2 m de profondeur, dont 12 sont localisés au droit du site (GA3, GA4, GA7, GA20, GA23, GA24, GA25, GA28, GA32, GA33, GA43 et GA47) et 6 sont localisés à proximité immédiate du site (GA19, GA21, GA22, GA26, GA27 et GA46). L'ensemble des 21 échantillons a fait l'objet d'analyses systématiques pour les HCT (C10-C40), les BTEX et les 16HAP et ponctuelles pour les COHV, les PCB et les 8 éléments traces métalliques. 4 sondages supplémentaires à 2 m ont été réalisés lors de la campagne d'investigation d'avril et mai 2013, dont un localisé en limite de site (GA68) et les 3 autres à proximité immédiate (GA65, GA66 et GA67). Les HCT C10-C40 ont été quantifiés sur les quatre échantillons prélevés.

En janvier 2016, la société HPC Envirotech a réalisé une nouvelle campagne d'investigations sur les sols dont l'objectif était de caractériser les futurs déblais du site. 32 sondages ont été réalisés (S1 à S32) à 3 m de profondeur maximum au droit des futurs espaces publics, du lot 9.44 et des lots 9.42/43. Les 83 échantillons de sols prélevés ont fait l'objet de mesures permettant de vérifier la nature inerte des sols par l'intermédiaire de pack ISDI (arrêté du 12 décembre 2014) et, en complément, d'analyses en COHV et en éléments traces métalliques.

Finalement, une dernière campagne de prélèvement a été menée par la société Golder Associates en août-septembre 2020 afin de préciser la localisation des sources de pollutions mises en évidence lors de la synthèse historique et documentaire (Golder Associates, mars 2011) et de délimiter verticalement et horizontalement les impacts retrouvés dans les sols lors des diagnostics environnementaux ultérieurs. 12 sondages ont ainsi été réalisés à 3 m de profondeur (ASG-S-01 à ASG-S-12). L'ensemble des échantillons prélevés a fait l'objet des mêmes analyses que citées précédemment.

Les résultats de l'ensemble des investigations réalisés sur les sols au droit du site audité sont synthétisés par zone source dans le tableau de la figure n°15.

En 2017, dans le cadre de la procédure de cessation d'activité des ICPE exploitées par la SNCF sur le site Amédée Saint Germain, la société GOLDER Associates a réalisé, pour le compte de la SNCF, un plan de gestion en vue de la remise en état du site pour un usage conforme à celui de la dernière période d'exploitation, à savoir un usage industriel. Ce plan de gestion, validé par la DREAL en 2018, définit à l'aide d'une analyse statistique, dite de « Pareto », et de l'ensemble des données environnementales disponibles, **un seuil de coupure global des hydrocarbures C10-C40 fixé à 2500 mg/kg de M.S.** Le plan de gestion prévoit, au-delà de ce seuil, la mise en œuvre de mesures de gestion par la SNCF, en qualité d'ancien exploitant.



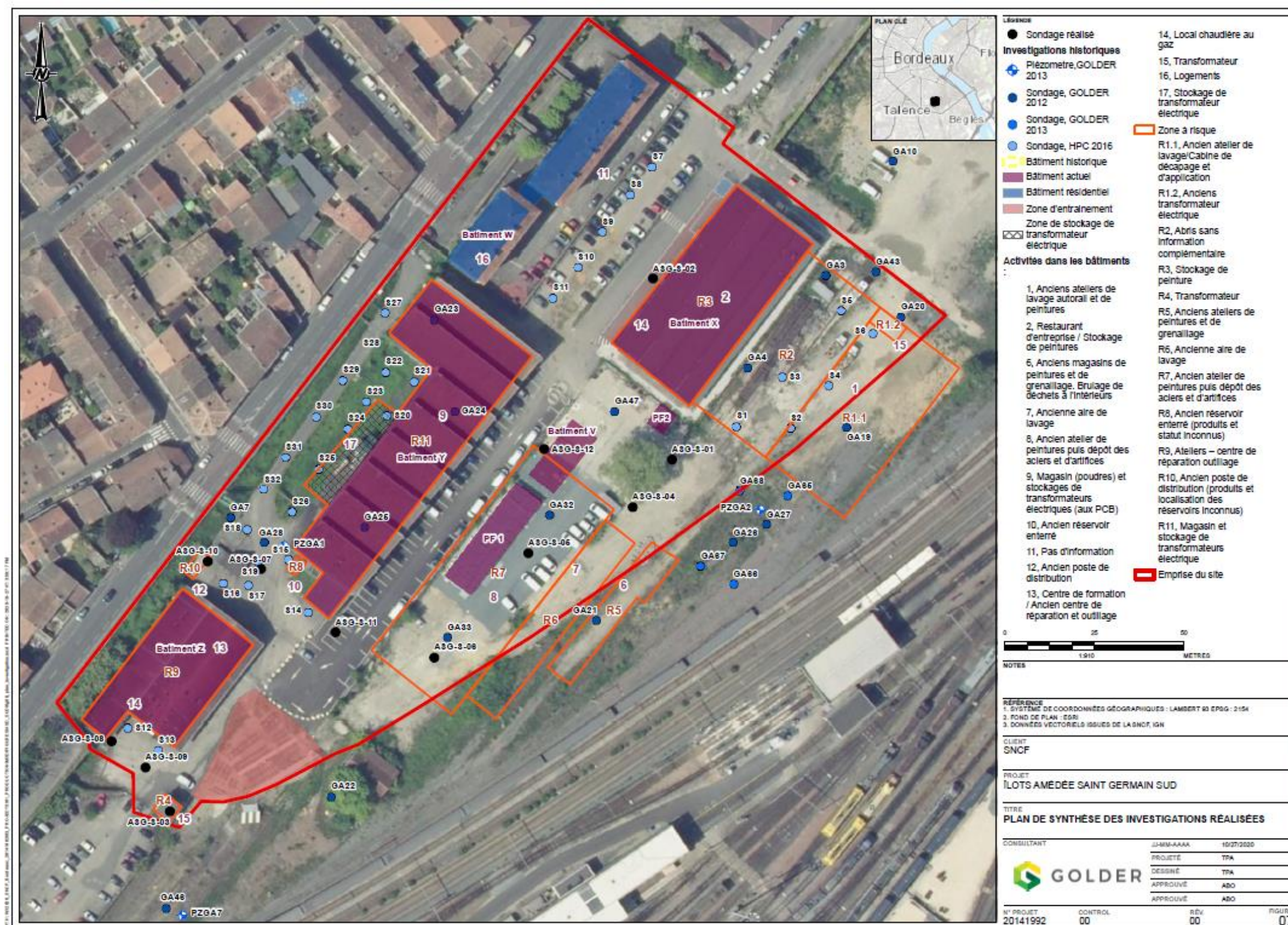


Figure n°14 : Plan de synthèse des investigations réalisées (Golder Associates, juillet 2022)  
(23'013'RA'001'01'fig14)



N° zone à risque	Localisation	Infrastructures présentes	Activités recensées	Description du procédé / des activités	Produits utilisés	Sondages et résultats des investigations ultérieures	Impact retenu
R1.1	Est du site	Absence d'installation	Ancien atelier de lavage, autorail, peinture et plastification	Cabine de décapage et cabine d'application de poudres époxydiques par dépôt électrostatique sur des pièces métalliques	Poudres époxydiques	<b>Avril 2012</b> : 1 sondage GA19 → BTEX, HAP, HCT C10-C40 et 8 ETM < valeurs de comparaison	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn
						<b>2016</b> : 3 sondages S2, S4 et S6 → présence de <b>trichloroéthylène</b> (TCE ; 0,08 < S2, S4 et S6 < 0,66 mg/kg) → Anomalies modérées en <b>ETM</b> sur l'ensemble des sondages → Anomalies fortes en <b>As, Cu et/ou Pb</b> respectivement au droit de S2, S4 et S6	
R1.2	Est du site	Absence d'installation	Ancien transformateur électrique	Pas d'information sur la capacité du transformateur	PCB	<b>Avril 2012</b> : 1 sondage GA20 → PCB < seuil de quantification	/
R2	Est du site	Absence d'installation	Abris sans information complémentaire	Pas d'information	/	<b>Avril 2012</b> : 2 sondages GA3 et GA4 BTEX, HAP, HCT C10-C40 et 8 ETM < valeurs de comparaison	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn Présence de <b>TCE au droit de S1</b>
						<b>2016</b> : 3 sondages S1, S3 et S5 → Présence de <b>trichloroéthylène</b> (TCE ; S1 = 5,37 mg/kg) → Anomalies modérées en <b>ETM</b> sur l'ensemble des sondages → Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu, Pb et/ou Zn</b> respectivement au droit de S1, S3 et S5	
						<b>2020</b> : 1 sondage ASG-S-01 → traces de trichloroéthylène (0,61 < [TCE] < 0,7 mg/kg) → Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu, Pb et/ou Zn</b>	
R3	Nord-est du site	Bâtiment X	Ancien magasin de peintures actuellement reconverti en restaurant	Pas d'information sur la capacité du stockage	Peintures	<b>2020</b> : 1 sondage ASG-S-02 → Anomalies modérées en <b>As, Cd, Se</b>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Se
R4	Sud-ouest du site	Absence d'installation	Transformateur	Pas d'information sur la capacité du transformateur	PCB	<b>2020</b> : 1 sondage ASG-S-03 → <b>PCB</b> < seuil de quantification	/
R5	Sud du site	Absence d'installation	Anciens ateliers de peintures et de grenaillage	Pas d'information	Peintures	<b>2012</b> : 1 sondage GA21 → <b>HAP, HCT C10-C40</b> < valeurs de comparaison	/

R6	Sud du site	Absence d'installation	Ancienne aire de lavage	Pas d'information	/	<p><b>2020</b> : 1 sondage <i>ASG-S-04</i></p> <p>→ traces de <b>trichloroéthylène</b> (TCE = 0,03 mg/kg)</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Se</b></p> <p>→ traces de <b>HAP</b> (= 0,91 mg/kg)</p>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Se
R7	Sud du site	Une partie est couverte par des préfabriqués	Ancien atelier de peintures puis dépôt des aciers et d'artifices	Présence d'un parking avec des préfabriqués	<p>Pétards à griffe de classe pyrotechnique</p> <p>1.1.G constitués d'aluminium en poudre (44%), de nitrate de baryum (35%) et de perchlorate de potassium (21%).</p> <p>Torches à flamme de classe pyrotechnique</p> <p>1.2.G constituées de magnésium (20%), de perchlorate d'ammonium (50%), d'oxalate de fronsium (25%), de résines (2%) et de liant (3%).</p>	<p><b>Avril 2012</b> : 2 sondages <i>GA32 et GA35</i></p> <p>→ [Se] = 95 mg/kg entre 0 et 1 m</p> <p><b>2020</b> : 2 sondages <i>ASG-S-05 et ASG-S-06</i></p> <p>→ traces de <b>trichloroéthylène</b> (0,03&lt;TCE&lt;0,06 mg/kg)</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Se</b></p> <p>→ traces de <b>HAP</b> (&lt; 1,1 mg/kg)</p>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Se
R8	Nord-ouest du site	Absence d'installation	Ancien réservoir enterré	Le coffrage de la cuve semble être encore en place. Absence d'information sur la cuve.	/	<p><b>2016</b> : 1 sondage <i>S15</i></p> <p>→ [HCT C10-C40] = 2 570 mg/kg entre 0,05 et 1 m</p> <p><b>2020</b> : 1 sondage <i>ASG-S-07</i></p> <p>→ traces de <b>HAP</b> (&lt; 0,46 mg/kg) entre 0-1 m</p>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu et Hg Impact en <b>HCT au droit de S15</b> entre 0-1 m, délimité au nord et à l'ouest respectivement par les sondages S26 et S19
R9	Ouest du site	Bâtiment Z	Centre de formation / Ateliers – centre de réparation outillage	Bâtiment non visité	/	<p><b>2016</b> : 2 sondages <i>S12 et S13</i></p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Pb et/ou Zn</b></p> <p>→ Anomalies fortes en <b>Cu, Pb et Zn</b> au droit de S13</p> <p>→ [HCT C10-C40] = 1 570 mg/kg sur S12</p> <p><b>2020</b> : 2 sondages <i>ASG-S-08 et ASG-S-09</i></p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Pb et/ou Zn</b></p> <p>→ traces de <b>HAP</b> (&lt; 5 mg/kg) au droit de ASG-S-09</p>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu, Hg, Pb et Zn Impact en <b>HCT au droit de S12</b> , délimité horizontalement uniquement par S13 et verticalement à partir de 0,5 m
R10	Nord-ouest du site	Absence d'installation	Ancien poste de distribution	Présence d'une dalle surélevée	/	<p><b>2016</b> : 4 sondages <i>S16 à S19</i></p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Pb et/ou Zn</b></p> <p><b>2020</b> : 1 sondage <i>ASG-S-10</i></p> <p>→ Anomalies modérées en <b>Cd et Se</b></p>	Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Pb, Se et Zn

R11	Nord-ouest du site	Bâtiment Y	Magasin et stockage de transformateurs électrique (PCB)	Pas d'information	/	<p><u>Avril 2012</u> : 3 sondages GA23, GA24 et GA25</p> <p>→ BTEX, HAP, HCT C10-C40 et 8 ETM &lt; valeurs de comparaison</p> <p><u>2016</u> : 3 sondages S14, S20 et S21</p> <p>→ [HCT C10-C40] = 2 010 mg/kg sur S14</p> <p>→ 0&lt;[HAP]&lt;13,28 mg/kg</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu et/ou Pb</b> au droit de S12</p> <p><u>2020</u> : 1 sondage ASG-S-11</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu et/ou Pb</b></p>	<p>Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et Zn</p> <p>Impact en <b>HCT au droit de S14</b>, délimité verticalement à partir de 0,5 m mais pas horizontalement</p>
Ensemble du site						<p><u>Avril 2012</u> : 2 sondages GA7, GA47</p> <p>→ traces de <b>HAP</b> (= 1,6 mg/kg) au droit de GA47</p> <p><u>2013</u> : 1 sondage GA68</p> <p>→ [HCT C10-C40] = 8 200 mg/kg</p> <p><u>2016</u> : 5 sondages S7 à S11 (sud du bâtiment W) et 14 sondages S22 à S32 (limite ouest de la zone R11)</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ [HCT C10-C40] = 1 220 mg/kg sur S23.</p> <p><u>2020</u> : 1 sondage ASG-S-12</p> <p>→ Anomalies modérées en <b>As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ Anomalies fortes en <b>As, Cd, Cu, Pb, Se et/ou Zn</b></p> <p>→ traces de <b>HAP</b> au droit de ASG-S-12</p>	<p>Impact en <b>ETM</b> : As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et Zn</p> <p>Impact en <b>HCT au droit de GA68</b>, délimité verticalement entre 0 et 1 m de profondeur mais pas horizontalement</p> <p>Impact en <b>HCT au droit de S23</b>, délimité horizontalement par S20, S22 et S24, et verticalement à partir de 0,3 m</p>

Figure n°15 : Tableau des zones à risques de pollutions historiques potentielles ou avérées et synthèse des résultats analytiques sur les sols issus des études antérieures

Ainsi, depuis 2012, les investigations réalisées sur la zone auditée ont mis en évidence :

- un impact en élément traces métalliques (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et Zn) hétérogène à l'échelle du site, dans les sols superficiels et en profondeur jusqu'à 3 mètres. Celui-ci résulte de la présence de remblais de qualité médiocre couplée aux activités historiques recensées sur la zone d'étude (activités ferroviaires et magasins généraux pour du stockage de marchandises diverses) ;
- des impacts ponctuels en HCT C10-C40 :
  - ✓ au droit du sondage GA68, localisé en limite sud de la zone auditée, entre 1 et 2 m de profondeur avec une teneur de 8 200 mg/kg ;
  - ✓ au droit de S15 (zone R8 ; [HCT C10-C40] = 2 570 mg/kg) entre 0 et 1 m de profondeur. Ces teneurs diminuent avec la profondeur pour atteindre une concentration inférieure à la valeur de comparaison entre 1,1 et 1,8 mètre de profondeur. Ce panache de pollution est délimité au nord (S26) et à l'ouest (S19) ;
  - ✓ entre 0 et 0,5 mètre de profondeur au droit de S12 (zone R9 ; [HCT C10-C40] = 1570 mg/kg). Les teneurs en HCT diminuent vers le sud-est (S13) ;
  - ✓ au droit de S14 (zone R11 ; [HCT C10-C40] = 2 010 mg/kg) entre 0 et 0,5 mètre de profondeur. Ces teneurs diminuent avec l'augmentation de la profondeur ([HCT C10-C40] = 23,12 mg/g entre 0,5 et 1,8 mg/kg). De plus faibles concentrations en HCT C10-C40 sont enregistrées entre 0 et 1 m au droit de ASG-S-11, localisé au sud-est de S14 ([HCT C10-C40] = 33 mg/kg) ;
  - ✓ entre 0 et 0,3 mètre de profondeur au droit de S23 (= 1 220 mg/kg). Cet impact est délimité verticalement et horizontalement par S22, S24, S29 et S20.
- la présence de trichloroéthylène (TCE) mesurée sur S1, S2, S4, S6, ASG-S-01, ASG-S-04, ASG-S-05 et ASG-S-06. La teneur maximale est enregistrée dans la zone à risque R2 entre 0,3 et 1 mètre de profondeur (S1 : [TCE] = 5,37 mg/kg). D'après les conclusions de Golder Associates, l'origine de ces traces pourrait s'expliquer par les activités historiques de la zone voisine R1.1 (anciens ateliers de lavage autorail et de peintures).

## IV.2 - Sur les eaux souterraines

Plusieurs campagnes d'investigations sur les eaux souterraines ont été réalisées en 2012, 2013, 2014 (Golder Associates), en 2016 (Golder Associates et ICF Environnement) et entre 2020 et 2022 (Golder Associates).

Entre 2012 et 2013, 10 piézomètres (PzGA1 à PzGA10) ont été implantés afin de caractériser la qualité géochimique des eaux souterraines circulant au droit de l'îlot Amédée Saint Germain (incluant les secteurs Amédée Sud, centre et nord). Ce réseau a progressivement été modifié au gré des travaux d'aménagement ayant affecté la zone d'étude. Ainsi, seuls les piézomètres PzGA1 et PzGA8 font actuellement partie du réseau actuel de surveillance (les autres ayant été détruits, et pour certains remplacés).

En août 2016, 21 nouveaux piézomètres ont été implantés par la société ICF Environnement (PzICF1 à PzICF21). Ces derniers ont par la suite été comblés.

De nouveaux piézomètres ont finalement été installés en 2021 et 2022 afin d'atteindre le toit des marnes rencontrés à partir de 6 mètres de profondeur. Ainsi, actuellement, le réseau de surveillance piézométrique inclut 6 piézomètres : PzGA1, PzGA2temp, PzGA3temp, PzGA4bis, PzGA7bis et PzGA8. Ces derniers sont localisés sur la figure n°16. Seuls les piézomètres PzGA1 et PzGA2temp sont situés au droit du secteur Amédée Sud. Le piézomètre PzGA7bis est localisé en amont hydraulique par rapport à l'ensemble des piézomètres inclus dans le réseau de surveillance.



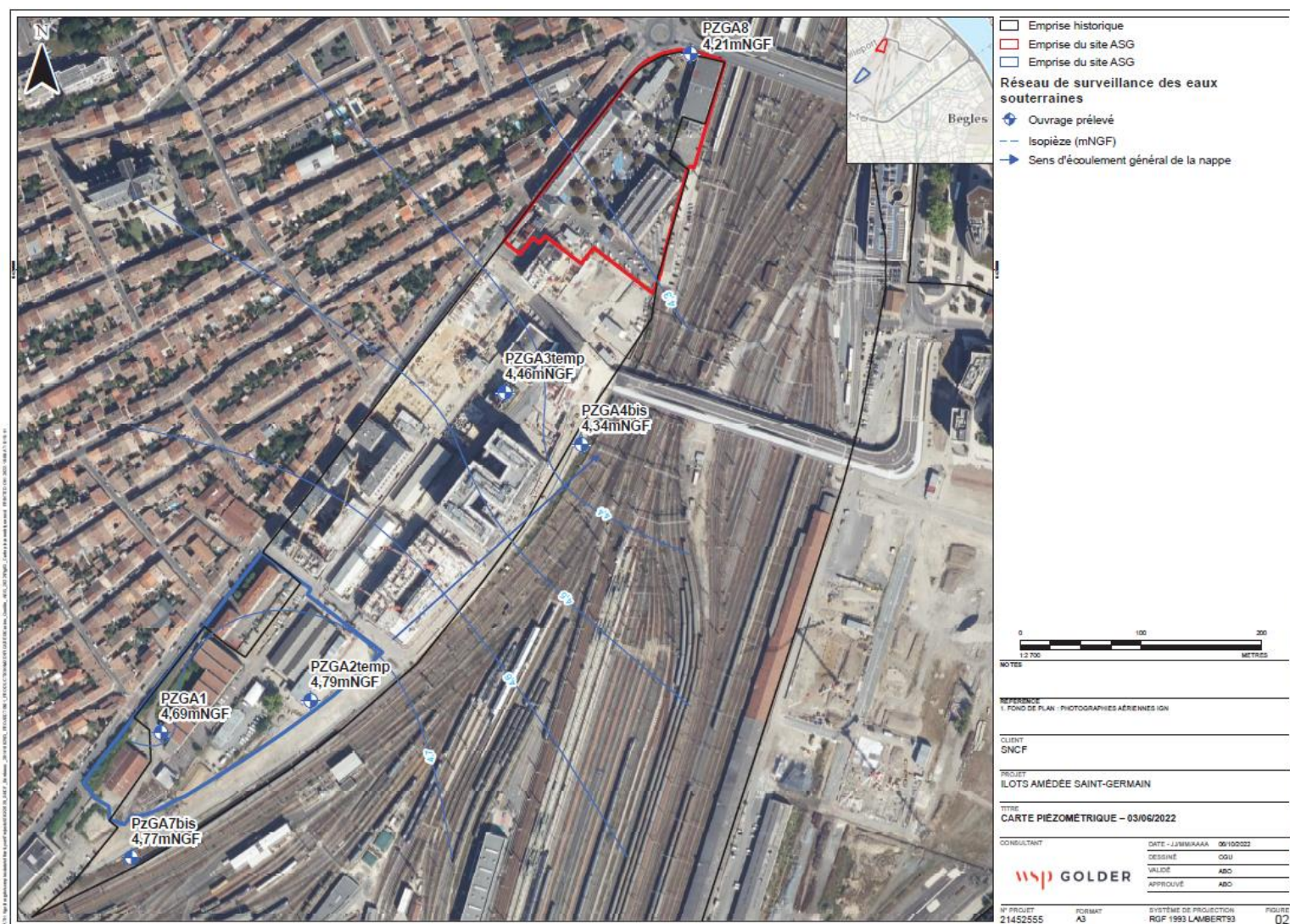


Figure n°16 : Localisation des piézomètres et sens d'écoulement des eaux souterraines en juin 2022  
(23°01'3''R 4°00'1''O) (fig16)

De manière générale, les eaux souterraines circulant au droit du site entre 1 à 2 mètres de profondeur sont dirigées vers la Garonne située au nord/nord-est. Ainsi, d'amont en aval, sont retrouvés PzGAbis, PzGa1, PzGA2temp, puis, PzGA3temp et PzGA4bis.

Au total, 10 campagnes de suivi de la qualité des eaux souterraines ont été réalisées depuis 2012. Les conclusions suivantes ont ainsi été avancées par la société Golder Associates :

- un panache en COHV est présent au droit du site. Les teneurs maximales ont été mesurées sur PzGA3, PzGA4 (PCE, concentration maximale en 2016 = 130 µg/l) et PzGA10 (TCE, concentration maximale en 2013 = 140 µg/l) ;
- un léger impact en HCT C10-C40 a été observé en 2012 avec l'apparition ultérieure d'une phase pure huileuse au droit de PzGA2 en 2013, localisé à proximité des anciens réservoirs métalliques aériens de gasoil. Cet ouvrage n'existe plus actuellement et a été remplacé par deux ouvrages successifs en 2016 (actuellement détruit) puis en 2021 (PzGA2temp) ;
- aucun impact en PCB n'a été identifié dans les eaux souterraines au droit du site.

La figure suivante présente l'évolution des concentrations en COHV mesurées au droit des ouvrages du réseau actuel de surveillance depuis 2012. Les traits pointillés permettent de représenter les concentrations mesurées au droit des ouvrages historiques et celles des ouvrages de remplacement (PzGA2temp, PzGA3temp, PzGA4bis, PzGA7bis).

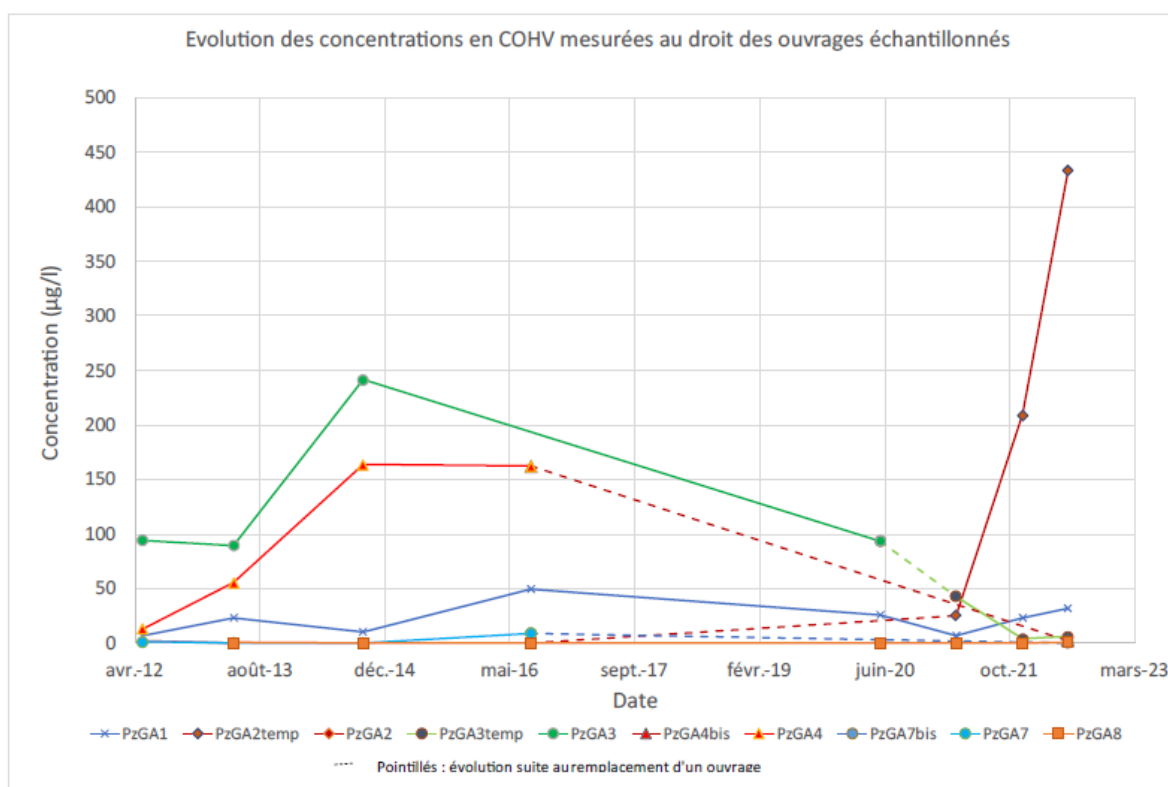


Figure n°17 : Evolution des concentrations de la somme des COHV au droit des ouvrages inclus dans le réseau de surveillance du site Amédée Saint-Germain (Golder Associates, juin 2022)

(23'013'RA'001'01'fig17)

Ainsi, les observations suivantes ont été réalisées par la société Golder Associates :

- les concentrations en PCE mesurées sur PzGA1 se maintiennent dans la gamme haute des valeurs rencontrées sur cet ouvrage depuis le début du suivi piézométrique (juin 2022 : 29 µg/l pour des concentrations historiques comprises entre 4,4 µg/l et 43 µg/l) ;
- des teneurs significatives en COHV sont mesurées au droit de PzGA2temp, installé depuis avril 2021 ;
- au contraire, les concentrations semblent diminuer sur PzGA3temp depuis son installation en avril 2021. Le même phénomène est enregistré au droit de PzGA4bis depuis juin 2022 ;
- un abattement significatif des concentrations en COHV est observé entre l'amont (PzGA1 et PzGA2temp) et l'aval hydraulique (Pz8), où seules des traces sont détectées en juin 2022.

L'ensemble de ces résultats montre des variations plus ou moins significatives de la qualité des eaux souterraines captées par la nouvelle génération de piézomètres. Ces dernières mettent ainsi en évidence une variabilité spatio-temporelle et verticale des teneurs observées au droit des ouvrages surveillés.



## V - EMPRISE DE L'OPERATION AMEDEE SUD SAINT-GERMAIN – AMENAGEMENT ESPACES PUBLICS ET LOT 9.44

### V.1 - Futur projet envisagé

Les aménagements de la zone Amédée sont pilotés par l'Etablissement Public d'Aménagement (EPA) de Bordeaux-Euratlantique en partie centrale et par deux structures d'aménagement des espaces ferroviaires (EFAC et EPFC), filiale de la SNCF pour les îlots nord et sud.

Le futur projet envisage la création d'espaces publics sur 13 500 m<sup>2</sup>, remodelés topographiquement et largement végétalisés. Un parc de près d'1,2 ha, avec aménagement de promenades pour piétons (promenade des cheminots) et une aire de jeux, est envisagé au centre de la zone d'étude.

Le lot 9.44 prévoit la construction de logements (17.500 m<sup>2</sup> SDP) et des activités (2.000 m<sup>2</sup> SDP) sur 19.500 m<sup>2</sup> de surface de plancher.



Figure n°18 : Plan d'aménagement du futur parc  
(23'013'RA'001'01\_v4'fig18)

En sus, un linéaire d'environ 180 m de réseaux privés SNCF, représenté sur la figure ci-dessous, a pour vocation de disparaître.



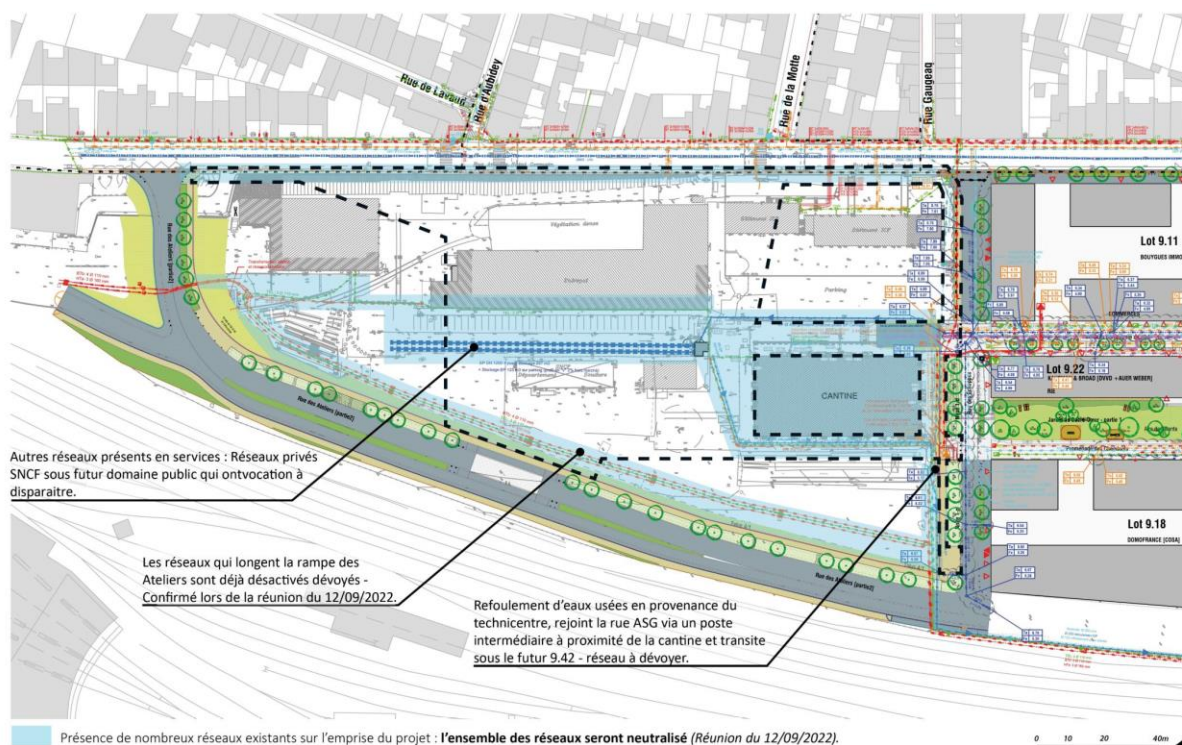


Figure n°19 : Schéma d'implantation des réseaux existants

(23'013'RA'001'01'fig19)

## V.2 - Problématiques de pollution retenues par la société TERE0 et enjeux associés

Suite aux informations communiquées par l'EFAC, le site devrait être aménagé par un parc en partie centrale et par des logements au droit du lot 9.44. Dans le cadre de ce projet, il est prévu le démantèlement de certains bâtiments existants (préfabriqués et ancien atelier).

Sur la base des éléments retenus à l'issue de l'analyse documentaire, la société TERE0 a évalué les principaux enjeux pour le projet envisagé afin de définir un programme d'investigations adapté :

- Enjeux sanitaires :
  - ✓ via les **sols** : les nombreuses études réalisées au droit du site ont montré des impacts en éléments traces métalliques entre 0 et 3 m de profondeur. Ainsi, la présence de sols contaminés au droit des futures zones végétalisées peut avoir un impact sanitaire potentiel sur les futurs usagers du site (adultes et enfants) par contact/ingestion des sols et/ou ingestion/inhalation de poussières contaminées. Dans le cadre du futur projet de parc arboré, l'apport de terres saines est envisagé afin de corriger le dénivelé existant par rapport à la rue Amédée Saint Germain (5 à 6 m de différence de niveau). Ainsi, la présence de recouvrement (terres saines) permettra de minimiser les risques de contact direct ou d'ingestion. En conséquence, la caractérisation des sols superficiels n'a pas été retenue par la société TERE0 dans les investigations complémentaires à mener ;
  - ✓ via les **gaz** : des polluants volatils (solvants, hydrocarbures..) sont susceptibles d'être relargués, depuis les sols et les eaux souterraines polluées, vers la surface et peuvent s'accumuler sous les fondations des futurs bâtiments avant de contaminer l'air des logements. La société TERE0 a donc prévu d'étudier la qualité des gaz du sol via l'implantation de piézajais.

- Enjeux environnementaux : les **eaux souterraines** circulant au droit du site sont le principal vecteur d'une éventuelle pollution en dehors des limites du site. Ces dernières sont enrichies en polluants organiques (COHV) et peuvent ainsi impacter les éventuels usagers en aval hydrogéologique. Néanmoins, une surveillance de la qualité des eaux souterraines est déjà mise en place et réalisée par la société GOLDER ASSOCIATES. Si les résultats obtenus sont intéressants pour confirmer l'existence d'un risque potentiel par dégazage au droit des futurs bâtiments, la société TERE ne considère pas comme nécessaire de mener des investigations complémentaires sur ce milieu. Dans le cadre de la rédaction du Plan de Gestion, la société TERE n'a pas prévu d'intervention sur les eaux souterraines.
- Enjeux financiers : toutes **terres** excavées et évacuées en dehors des limites d'un site d'étude doivent être considérées comme un déchet. La présence d'une pollution dans ces déchets peut générer d'importants surcoûts financiers, les filières d'acceptation devant alors être adaptées en fonction des polluants rencontrés et de leur concentration. Préalablement aux investigations de terrains, la société TERE a identifiée deux problématiques pouvant générer une évacuation de terres polluées :
  - ✓ évacuation des terres polluées en hydrocarbures à proximité des sondages S12 (à l'ouest du centre de formation) et S15 (à l'ouest des anciens ateliers). En effet, dans une logique d'amélioration de la qualité des milieux, et en cohérence avec méthodologie nationale des sites et sols pollués, la société TERE a prévu la délimitation verticale et horizontale des deux panaches de pollution en vue d'une éventuelle évacuation ;
  - ✓ évacuation des terres d'accompagnement des réseaux actuellement en place. Dans le cadre de l'aménagement de la zone, le donneur d'ordres prévoit le démantèlement des réseaux enterrés. Etant implantés sur des zones reconnues comme polluées, leur évacuation est susceptible de mobiliser des terres contaminées. En conséquence, une caractérisation des linéaires où ces réseaux sont présents a été prévue par la société TERE.



VI - MISE EN PLACE DU SCHEMA CONCEPTUEL INITIAL SUR LES FUTURS ESPACES PUBLICS ET DE LE LOT 9.44

Au regard de l'ensemble des données mentionnées précédemment, le schéma conceptuel présenté par la figure ci-dessous synthétise les voies de transfert et d'exposition, ainsi que les enjeux à protéger, jugés pertinents, au droit et à l'extérieur du site. Ce schéma reprend les risques identifiés en considérant le site dans son état actuel.

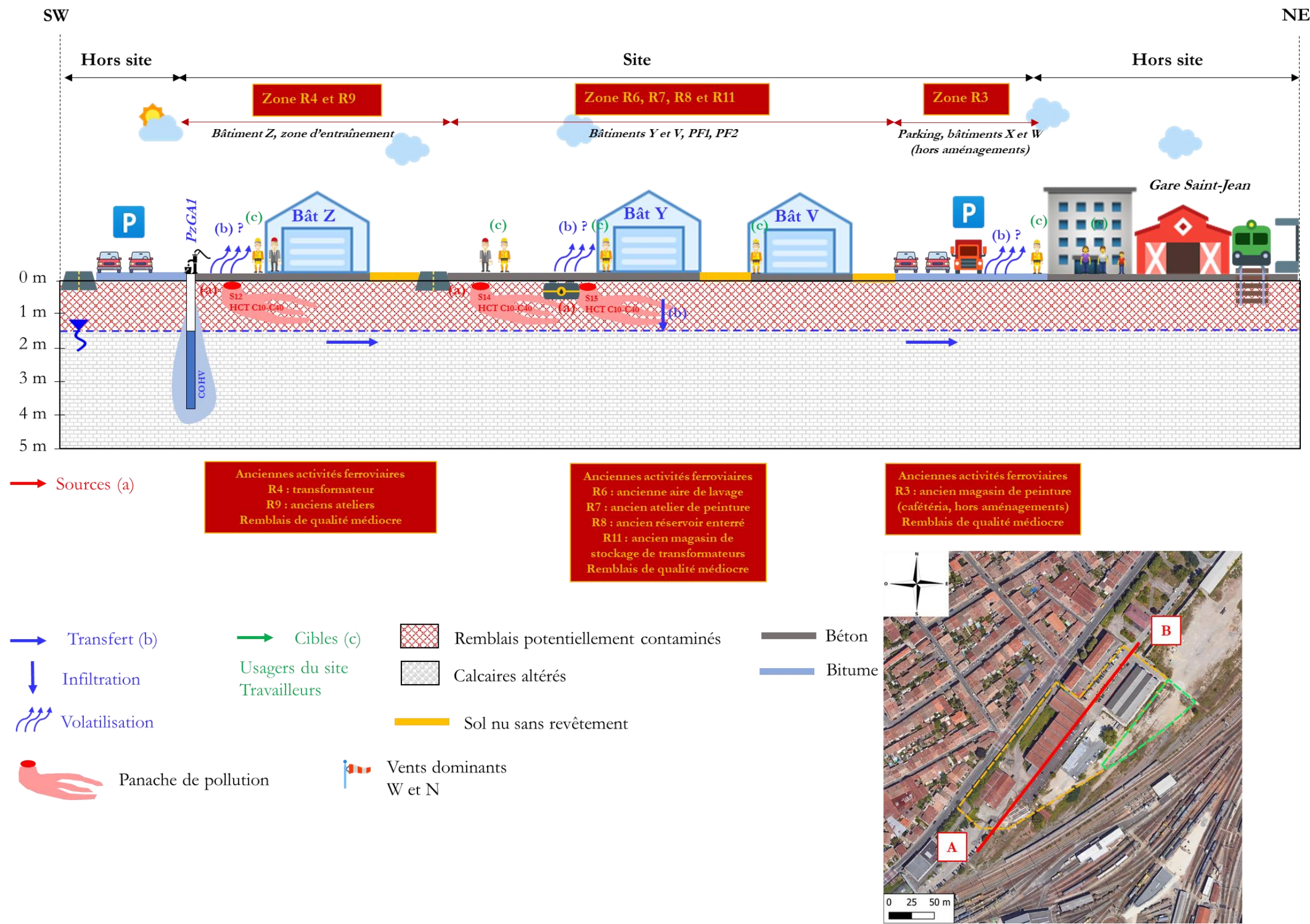


Figure n°20 : Schéma conceptuel initial  
(23°01'3"R.A°001'01"fig20)



## VII - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES PROPOSE AU DROIT DES FUTURS ESPACES PUBLICS ET DU LOT 9.44

Afin de compléter les données existantes au droit de la zone audité, le programme suivant est proposé par la société TERE0 au droit des futurs espaces publics et du lot 9.44 :

- 6 sondages ont été répartis à 1,5 mètre de profondeur maximum à proximité du sondage S12 (au sud-ouest du bâtiment Z, P1 et P2) et de S15 à 3 mètres de profondeur (au sud-ouest du bâtiment Y, ancienne cuve enterrée ; P5 à P8) ;
- 8 sondages ont été réalisés entre 1 et 1,5 mètre de profondeur le long du linéaire des réseaux privés SNCF (P10 à P13, P15 et P17 à P20) ;
- 8 sondages ont été répartis au droit du lot 9.44 et du périmètre des espaces verts à 1 mètre de profondeur (P3, P4, P9, P12, P14, P16, P21 et P22).

En complément, afin de caractériser et quantifier l'impact gazeux, 2 piézajrs, implantés à 1,5 mètre de profondeur ont été répartis au droit du lot 9.44 (Pz1 et Pz2 au droit des sondages P1 et P10).





Au total, 24 échantillons de sol et 2 prélèvements de gaz du sol ont été provisionnés pour la réalisation de recherches analytiques suivantes :

Ouvrages	Matrices	Sources de pollution potentielle	Analyses envisagées
<b>P1 à P2 : 2 prélèvements</b>	Sols	Anciennes activités ferroviaires Remblais de qualité médiocre	2 x (HCT C10-C40/HAP) 1 composite x Pack ISDI
<b>P5 à P8 : 4 prélèvements</b>	22 prélèvements unitaires 2 prélèvements composites	Ancienne cuve enterrée Remblais de qualité médiocre	4 x (HCT C10-C40/HAP) 1 composite x Pack ISDI
<b>P3, P4, P9 à P22 : 16 prélèvements</b>		Anciennes activités ferroviaires Remblais de qualité médiocre	16 x pack ISDI
<b>Pz1 et Pz2</b>	Gaz du sol 2 prélèvements	Ensemble des installations	TPH / BTEX / COHV / Hg inorganique

**Figure n°22 : Programme d'investigations prévisionnel**

## VIII - INVESTIGATIONS DE TERRAIN

Les investigations de terrains ont été réalisées, en avril 2023, sur plusieurs jours :

Investigations	Date
Réalisation des sondages de sols	03-04/04/2023
Mise en place des piézais	03-04/04/2023
Campagne de prélèvement des gaz du sol et prélèvements de sédiments dans les réseaux d'eaux pluviales	06/04/2023

### VIII.1 - Moyens mis en œuvre

#### VIII.1.1 - Préparation et sécurisation des travaux

Préalablement à l'intervention, des Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) ont été adressées aux concessionnaires de réseaux pour les abords du site.

Un plan de prévention a été établi afin de définir les conditions de sécurité relatives au déroulement des investigations de terrain. Ce dernier a été complété et signé par l'ensemble des parties avant le démarrage des travaux, lors de l'inspection commune préalable datée du 03/04/2023.

Une sécurisation des travaux via un repérage précis des réseaux a été réalisée le jour de l'intervention. Ce repérage a notamment été réalisé à l'aide de méthode électromagnétique (détecteur magnétique) et sur la base des observations réalisées sur site (trappes, regards, récépissés de DICT ...). Dans une logique d'évitement, les réseaux détectés par méthodes non intrusives ont été marqués au sol à l'aide de peintures. Ils n'ont pas fait l'objet de levés topographiques et d'édition de plan de masse.

Les intervenants de la société TERÉO et leurs sous-traitants avaient à disposition sur site les Equipements de Protection Individuels (EPI) adaptés aux prestations environnementales mises en œuvre, ainsi qu'aux interventions sur sites industriels (explosimètre, chaussures de sécurité, vêtements de travail, gilet de signalisation, casque de chantier, gants en nitrile, masque à poussière et à cartouches, trousse de premiers soins). L'ensemble de ces équipements est maintenu en bon état de fonctionnement et remplacé aussi souvent que nécessaire.

### VIII.1.2 - Réalisation des sondages

Le site a été audité à l'aide d'une sondeuse légère autotractée sur chenillettes mise à disposition par la société GAIA, pour la mise en place des piézairs et la réalisation des sondages.

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Ouvrages	Profondeur des sondages	Profondeur des prélèvements (m)	Matrices	Sources de pollution potentielle
<b>P1 à P2</b> 3 prélèvements (dont un composite)	1 mètre	0 – 1	Sols  24 prélèvements	Anciennes activités ferroviaires  Remblais de qualité médiocre
<b>P3, P4, P9, P10 et P12 à P22 :</b> 15 prélèvements	1 mètre	0 – 1		
<b>P11</b> 1 prélèvement	2 mètres	1 – 2		Ancienne cuve enterrée
<b>P5 à P8</b> 4 prélèvements (dont un composite)	3 mètres	2 – 3 (prélèvement effectué en fond de trou)		
<b>P5 :</b> 1 prélèvement	3 mètres	1 – 2	Sols  7 prélèvements complémentaires	Prélèvement complémentaire entre 1 et 2 m
<b>P10 :</b> 1 prélèvement	3 mètres	1 – 2		Prélèvement complémentaire entre 1 et 2 m
<b>P23 :</b> 1 prélèvement	3 mètres	1 – 2		Sondages complémentaires autour de P5
<b>P24 à P27</b> 4 prélèvements	3 mètres	1 – 2		Sondages complémentaires autour de P10
<b>Sed1 à Sed3</b>	Prélèvements de sédiments présents dans les réseaux d'eaux pluviales		Sols 3 prélèvements	Sédiments de qualité médiocre
<b>Piézair 1 à 2</b>	Piézairs mis en place à un mètre de profondeur		Gaz du sol 2 prélèvements	Ensemble des installations

Figure n°23 : Définition des investigations



Quelques modifications ont été apportées au programme prévisionnel initial lors des investigations de terrain :

- concernant les prélèvements de sols :
  - un prélèvement supplémentaire entre 1 et 2 mètres de profondeur a été réalisé au droit du sondage P5 afin de caractériser la qualité des sols sur la tranche présentant le plus de traces de pollution ;
  - le sondage P10 a été prolongé jusqu'à 3 mètres de profondeur pour cerner l'étendue verticale de la pollution observée dans les sols superficiels. Le prélèvement supplémentaire a été réalisé entre 1 et 2 mètres pour caractériser la tranche de sols présentant le plus de traces de pollution ;
  - le sondage P11 a été prolongé jusqu'à 2 mètres de profondeur au vu des indices organoleptiques observés dans les sols superficiels. Le prélèvement initialement prévu entre 0 et 1 mètre de profondeur a été réalisé entre 1 et 2 mètres ;
  - des prélèvements complémentaires de sols ont été réalisés autour du sondage P10 qui présentait des indices organoleptiques de pollution (odeurs, traces, mesures de gaz au PID) afin de cerner au mieux l'étendue horizontale des pollutions suspectées ;
- concernant la mise en place des piézairs :
  - l'emplacement du piézair 1 a été modifié au vu de la présence des eaux souterraines à faible profondeur (inférieure à 1 mètre), au sud du centre de formation de la SNCF ;
  - l'ensemble des piézairs a finalement été implanté à un mètre de profondeur pour limiter les échanges gazeux avec la nappe souterraine présente à 1,5 mètre de profondeur.

Le matériel présent sur le chantier était conforme aux normes de sécurité applicables en sites industriels (moteur diesel, arrêt coup de poing, extincteur...)

L'équipe de sondage de la société avait à sa disposition tous les outils nécessaires au bon déroulement des opérations quel que soit le type de terrains rencontrés.

Type de méthode	Sondages concernés	Adaptation aux terrains	Fluide de circulation
Tarière hélicoïdale pleine	P1 à P27 Pzair 1 et Pzair 2	Terrains meubles	Aucun

**Figure n°24 : Caractéristiques de la méthode de foration (selon norme NF X31-614)**

Afin d'éviter les risques de pollution provenant de l'atelier de forage, les mesures suivantes ont été prises :

- vérification de l'état des tuyauteries hydrauliques ;
- utilisation de tiges non graissées ou de lubrifiants spéciaux d'origine végétale.

À l'issue des opérations, les sondages ont été rebouchés à l'identique et le chantier a été intégralement nettoyé. Les cuttings :

- ne présentant aucun indice organoleptique témoignant d'une contamination potentielle ont servi au colmatage des sondages ;
- mettant en évidence des traces de pollution ont été :
  - pris en charge par la société TERE0 pour des volumes n'excédant pas 50 litres (la société TERE0 dispose dans son dépôt d'un conteneur en polyéthylène permettant le stockage provisoire des terres souillées avant élimination en filière spécialisée) ;
  - laissés sur place, à la charge du donneur d'ordres, lorsque les volumes dépassaient les 50 litres.

### VIII.1.3 - Caractérisation lithologique et organoleptique des sols

L'ensemble des travaux de sondage a été suivi par du personnel compétent et expérimenté dans le domaine des sols pollués. Celui-ci s'est attaché à :

- caractériser la nature des sols remontés en surface ;
- reconnaître l'état de saturation des sols en eau ;
- comprendre la structure géologique des dépôts présents sous le site ;
- noter la présence d'odeurs ou de colorations anormales des sols.

Les informations ont été notées au fur et à mesure de leur acquisition.

### VIII.1.4 - Géoréférencement des sondages

L'ensemble des sondages réalisés a été géo-référencé à l'aide d'un GPS de terrain (précision plurimétrique). Les coordonnées sont communiquées en Lambert 93.

### VIII.1.5 - Prélèvements d'échantillons de sols (A200)

Des échantillons de sol et de sédiment ont été collectés régulièrement au cours des phases de sondage. Une sélection a privilégié les prélèvements représentatifs d'un événement (coloration ou odeur des sols, changement de faciès géologique, frange capillaire, fond de trou...).

Au total, 31 échantillons de sols et 3 échantillons de sédiments ont fait l'objet de recherches analytiques en laboratoire accrédité COFRAC ou équivalent, dont 2 **prélèvements composites** « ISDI » réalisés afin de caractériser la filière d'évacuation des terres au droit des sondages P1, P2 et P5 à P8.

L'ensemble des échantillons de sol a été réalisé selon les recommandations de la norme NF ISO 18400-102 et selon les préconisations de l'annexe E (stratégies d'échantillonnage) des textes du ministère en charge de l'Environnement.

### VIII.1.6 - Équipement en piézair

Afin de caractériser et quantifier l'impact gazeux dans les sols au droit des futurs bâtiments et des espaces verts, deux piézairs ont été implantés par l'intermédiaire d'une sondeuse légère autotractée sur chenillettes mise à disposition par la société GAIA. Les sondages ont été réalisés à l'aide d'une tarière à un mètre de profondeur.

L'équipement du piézair a été réalisé par la mise en place d'un tube PVC de diamètre 25/32 mm, vissé sans colle, depuis le fond du forage jusqu'à la surface du site. De haut en bas, le tube est plein sur 1 mètre afin d'éviter un mélange des gaz du sol avec l'atmosphère. Un bouchon de sobranite a été mis en place, au minimum, sur une hauteur de 0,3 mètre. Les tubes sont ensuite crépinés avec des fentes de 0,5 mm (20 centimètres de crépine). L'espace annulaire entre le tube et la paroi du forage a été comblé avec du gravier qui permet de limiter les risques de colmatage des crépines. Les ouvrages sont pourvus d'un bouchon en tête d'ouvrage et d'une tête de protection verrouillables.

D'une manière plus générale, la mise en place des piézairs a été effectuée selon les recommandations figurant dans la norme NF ISO 18400-204 « Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 7 : lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol ».

### VIII.1.7 - Prélèvements d'échantillons de gaz (A230)

Les prélèvements de gaz du sol ont été réalisés à l'aide de pompes équipées de systèmes de filtration sur charbon actif et carulite, et après purge des volumes morts des piézaires. Afin d'obtenir un milieu représentatif des gaz du sol au sein des ouvrages, un pompage d'au moins 5 fois le volume de l'ouvrage a été réalisé à un débit similaire à celui qui a été appliqué lors de l'échantillonnage.

Le principe est de piéger les polluants présents dans l'air pompé dans un tube adapté aux polluants. La porosité de ce dernier lui confère la capacité de piéger les composés volatils et semi volatils non polaires, par phénomène d'adsorption. La ligne pour l'échantillonnage est inerte vis-à-vis des composés recherchés (pas d'adhésifs, colles, graisses, ...).

Des pompes et un débitmètre ont été mis à disposition par PLM EQUIPEMENT. Avant la réalisation des prélèvements, les pompes ont été calibrées afin d'obtenir des débits de prélèvement de 0,2 l/min. Après utilisation, les pompes ont fait l'objet d'une vérification de leur débit afin de garantir l'absence de dérive des débits au cours des prélèvements. Le choix des ampoules de prélèvement et des débits de prélèvement a été fait en fonction des composés recherchés.

Une fois les prélèvements effectués, les ampoules ont été fermées hermétiquement puis expédiées dans les 24 heures au laboratoire d'analyse. Un blanc de transport a également été réalisé afin de détecter toute contamination croisée des échantillons au cours du transport.

D'une manière générale, les prélèvements ont été réalisés conformément à la norme NF ISO 18400-204.

### VIII.1.8 - Facteurs influençant le dégazage de composés gazeux vers l'air (A230)

Les paramètres environnementaux suivants peuvent engendrer des conditions majorantes ou minorantes pour l'émission de composés gazeux depuis les gaz du sol vers l'air intérieur et/ou extérieur et doivent donc être évalués et/ou mesurés, pendant le prélèvement mais également, pour certains, les jours précédant les investigations. Ci-dessous sont présentées les tendances principales liées à ces facteurs environnementaux (par ordre indicatif d'importance). Il est à préciser que dans certains contextes particuliers, des écarts par rapport à ces tendances peuvent être observés (comme par exemple des sols très argileux qui peuvent avoir tendance à minimiser les effets de la pression atmosphérique et la profondeur impactée par cette pression) :

- La pression atmosphérique peut modifier la convection des gaz du sol vers l'atmosphère ou l'intérieur d'un bâtiment. L'arrivée d'une période anticyclonique (pression supérieure à 1 013 hPa) génère par exemple une entrée d'air atmosphérique dans le sol de sub-surface tandis que l'arrivée d'une période dépressionnaire (inférieure à 1 013 hPa) ou une diminution rapide de la pression atmosphérique impliquent un transfert plus important des gaz du sol vers l'air atmosphérique. Le temps nécessaire à l'équilibrage des pressions entre l'atmosphère et les sols dépend des caractéristiques du sol et de leur éventuelle couverture. La durée de rééquilibrage est de l'ordre de quelques heures à quelques jours pour des sols moins perméables et/ou plus profonds. Ainsi les variations de pressions atmosphériques (notamment basées sur l'alternance jour / nuit et l'alternance de cycles dépressionnaires et anticycloniques) se traduisent avec un temps de retard de plus en plus important avec la profondeur et avec l'imperméabilité des sols. Cet effet de retard engendre une cyclicité des variations de pression dans les gaz du sol plus lente que celle des pressions atmosphériques.
- Les précipitations : la pluie peut influencer le taux d'humidité, mais aussi les transferts de substances chimiques volatiles. Les principales tendances associées à ce facteur d'influence sont les suivantes :
  - Influence de la pluviométrie sur les transferts : en l'absence de bâtiment ou d'un revêtement de sol (enrobé, béton...) la pluie a une influence directe sur la teneur en eau du sol. Le transport des substances chimiques volatiles au sein du sol vers la surface peut en être affecté avec notamment la modification de la diffusion effective et la perméabilité au gaz. La pluie peut ainsi induire une augmentation des flux vers l'air intérieur si la source de pollution se situe sous le bâtiment [MADEP, 2002] et [Fluxobat, 2013].



- Influence de la pluviométrie sur la saturation des sols en eau : la pluie a également une influence sur le taux d'humidité des gaz du sol et l'air intérieur / extérieur dont l'augmentation peut présenter une contrainte vis-à-vis du choix des supports de prélèvement. De plus, la capacité du milieu à laisser s'écouler l'air dépend étroitement de la teneur en eau (saturation du milieu en eau) qui dépend de la perméabilité relative de l'air, de la granulométrie du sol et des précipitations.
- Influence de la saturation des sols en eau sur les prélèvements de gaz du sol : en cas de saturation du sol en eau, la perméabilité des sols à l'air sera réduite et le pompage des gaz du sol pourra s'avérer compliqué en raison d'une augmentation des pertes de charges qui peuvent aller jusqu'à une mise en défaut des pompes.
- La variation (hausse ou basse) rapide du niveau statique des eaux souterraines peut générer une surpression ou une dépression de l'air des sols par rapport à la pression atmosphérique et ainsi conduire à un flux convectif des gaz (effet « piston »). Notamment dans le cas de variations brusques (pompages, épisodes de pluies, influence des marées). Ce phénomène est à associer aux caractéristiques hydrodynamiques des sols (perméabilité et porosité à l'air).
- Le gel des horizons les plus superficiels des sols, diminue fortement le dégazage des composés gazeux présents dans les sols. Les substances chimiques volatiles peuvent alors être confinées dans les gaz de sol sous l'horizon gelé et migrer plus favorablement vers les zones bâties [MADEP, 2002]. La profondeur minimum hors gel d'un terrain varie selon la nature du sol, le climat et l'altitude. Il est généralement considéré que les sols situés au-delà de 1 mètre de profondeur sont hors gel.
- Le vent : en fonction de son intensité et de sa direction, le vent peut augmenter la mise en dépression d'un bâtiment ou de sols de sub-surface vis-à-vis de la pression des gaz du sol et donc favoriser le transfert de vapeurs vers l'air intérieur ou extérieur. Les différences de pression liées à ce phénomène demeurent en majorité faible (inférieures à quelques Pascals [Fluxobat, 2013]).
- Les variations de température dans l'air et dans les sols peuvent influencer le transfert des substances chimiques volatiles de différentes manières. En plus de l'influence de la température sur les paramètres élémentaires (pression de vapeur saturante, coefficients de diffusion, viscosité, perméabilité des sols...), les variations thermiques saisonnières ou diurnes induisent également des mouvements de convection en raison des variations de masse volumique du mélange gazeux. La température des gaz du sol peut être différemment influencée par la température de l'air atmosphérique, en fonction de la nature des sols et de leur recouvrement (sols à nu, présence d'un bâtiment...).

Le tableau présenté ci-dessous, issu du rapport du 19/06/2015 de l'INERIS n°DRC-16-156183-01401A du 25/11/2016 "*Gestion des sites et sols pollués : guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en relation avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines*", précise de façon qualitative (minimisation ou majoration) les paramètres pouvant influencer sur le dégazage des sols et donc sur les mesures réalisées.

Paramètres	Détails	Impact	Remarques
<b>Paramètres environnementaux</b>			
Température des gaz du sol (ordres de grandeur indicatifs <sup>5</sup> )	<4°C	-	Diminution de la volatilité des composés
	4-10°C	=	Conditions moyennes
	>10°C	+	Augmentation de la volatilité des composés
Pression atmosphérique	< 1 013 hPa	+	Conditions dépressionnaires
	> 1 013 hPa	-	Conditions anticycloniques
Variations de pression atmosphérique	Diminution rapide de la pression atmosphérique	+	Déséquilibre entre la pression atmosphérique et les gaz du sol
	Augmentation rapide de la pression atmosphérique	-	
Vent	Absence de vent ou vent faible	=	-
	Bourrasques de vent sur bâtiment	+	Augmentation de la dépression du bâtiment et des gaz du sol
	Bourrasques de vent sur sols	+	
Variation du niveau des eaux souterraines	Variation lente des niveaux d'eaux souterraines (battements inter-saisonniers)	=	-
	Augmentation rapide du niveau des eaux souterraines (influence du marnage, arrêt d'un pompage d'eaux souterraines)	+	Effet piston entraînant une surpression des gaz du sol
	Diminution rapide du niveau des eaux souterraines (influence du marnage, mise en route d'un pompage d'eaux souterraines...)	-	Effet piston entraînant une mise en dépression des gaz du sol
Pluviométrie	Précipitations autour d'un bâtiment	+	Augmentation potentielle des flux vers l'air intérieur si la pollution est en dessous du bâtiment (modification de la géométrie des panaches gazeux)
	Précipitations sur des sols non imperméabilisés	-	
Gel des sols de surface	Sols gelés en surface (0 – 1 m) sur des sols non imperméabilisés	-	Blocage du transfert des composés volatils et diminution de la volatilité dans (horizon 0-1 m)
	Sols gelé en surface (0-1m) autour d'un bâtiment	+	Augmentation potentielle des flux vers l'air intérieur si la pollution est en dessous du bâtiment (modification de la géométrie des panaches gazeux)
Perméabilité des sols	Sols perméables	+	Sables et graviers
	Sols peu perméables	-	Argiles, limons
<b>Dispositions constructives</b>			
Chauffage des bâtiments	Chauffage des bâtiments en condition hivernale	+	Effet de tirage thermique
	Appareil à combustion raccordé à foyer ouvert (cheminée, chaudière),...	+	Augmentation de la mise en dépression du bâtiment
Compaction des sols	Sols compacts	-	Espace inter-pores faible
	Sols meubles	+	Espace inter-pores plus grand
État des dalles béton (bâtiment)	Dalle en bon état	-	Dalles en bon état constituant un obstacle pour les gaz du sol
	Dalle fissurée	+	Travaux, fissures de retrait en périphérie des dalles béton, action du gel
Présence de voies de circulation préférentielle des gaz	Passage de réseaux, gaines... à travers les dalles et les revêtements des bâtiments. Intérieur des réseaux eux-mêmes (réseau d'eaux usées, gaines, canalisations...)	+	Modification des flux de circulation d'air
Ventilation et renouvellement d'air	Portes et fenêtres fréquemment ouvertes	-	Diminution du tirage thermique et dilution des concentrations dans le bâtiment avec l'air extérieur
	Aération naturelle	=	Renouvellement d'air imprévisible, mise en dépression du bâtiment en cas d'aération naturelle insuffisante
	VMC double flux	+	Mise en équilibre de pression ou mise en surpression / dépression du bâtiment en fonction de son réglage
	VMC simple flux par insufflation	-	Mise en surpression du bâtiment
Sous-sol / vides sanitaires ventilés	VMC simple flux par extraction	+	Augmentation de la mise en dépression du bâtiment
	Présence d'un niveau (sous-sol ou vide sanitaire ventilés) précédant les lieux d'exposition	-	Rôle protecteur faisant office de barrière limitant les flux vers l'air des lieux d'exposition
- : impact minimisant le dégazage		= : impact neutre sur le dégazage	
		+ : impact majorant le dégazage	

Figure n°25 : Evaluation qualitative de l'impact de certains paramètres sur le dégazage  
(23.013.RA.001.01/fig25)

### VIII.1.9 - Traçabilité, conditionnement et transport des échantillons

Afin d'assurer la traçabilité des informations, chaque prélèvement a fait l'objet d'une fiche de prélèvement qui mentionne notamment :

- pour les **prélèvements de sols** : le nom du sondage, la profondeur du prélèvement, la présence d'indices organoleptiques, le numéro de dossier ou encore la localisation du point de prélèvement (géo référencement) ;
- pour les **prélèvements des gaz du sol** : le numéro de dossier, sa localisation, la référence de la pompe utilisée et son débit fixe, la présence d'indices organoleptiques, le temps de pompage du prélèvement.

*Les fiches de terrain sont disponibles en annexe.*

Le flaconnage de prélèvements des sols est fourni par le laboratoire EUROFINS, partenaire de la société TERE, est muni d'étiquettes et d'un code barre associé. Le nom de chaque sondage (S-X) est précisé sur chaque flacon ainsi que la référence interne du dossier TERE et la date de prélèvement.

Les supports de prélèvements et flaconnage des gaz du sol sont fournis par le laboratoire EUROFINS. Le flaconnage dédié au conditionnement individuel des supports de prélèvements est muni d'étiquettes et d'un code barre associé. Le nom de chaque point de prélèvement (PZAIR X) a été précisé sur chaque flacon ainsi que la référence interne du dossier TERE et la date de prélèvement. Les ampoules de charbon actif présentent quant à elles un numéro d'identification unique gravé sur le tube. Ce dernier a été relevé lors de la mise en place des lignes de prélèvements.

*Les caractéristiques des flaconnages sont précisées en annexe.*

L'ensemble des échantillons a été disposé dans une glacière adaptée, réfrigérée et résistante aux chocs. Les prélèvements ont été transférés sous 24 heures au laboratoire par transporteur. Un bon de commande précisant le type d'analyses à réaliser sur chaque échantillon est joint au colis.

*Les caractéristiques des flaconnages sont précisées en annexe.*

L'ensemble des échantillons a été disposé dans une glacière adaptée, réfrigérée et résistante aux chocs. Les prélèvements ont été transférés sous 24 heures au laboratoire par transporteur. Un bon de commande précisant le type d'analyses à réaliser sur chaque échantillon est joint au colis.



### VIII.1.10 - Plan de localisation des sondages

La figure suivante précise la localisation de l'ensemble des sondages :



Figure n°26 : Localisation des sondages (avril 2023)

(23.013.RA.001.01fig26)



### VIII.1.11 - Plan de localisation des piézairs

La figure suivante précise la localisation des deux piézairs présents sur site :



**Figure n°27 : Localisation des piézairs (avril 2023)**  
(23.013.RA.001.01/fig27)

## VIII.1.12 - Analyses

Le programme analytique suivant a in fine été réalisé :

Ouvrages	Matrices	Sources de pollution potentielle	Analyses réalisées
P1 à P2 3 prélèvements (dont un composite)	Sols  24 prélèvements	Anciennes activités ferroviaires  Remblais de qualité médiocre	2 x (HCT C10-C40 / HAP) 1 x Pack ISDI
P3, P4, P9, P10 et P12 à P22 : 15 prélèvements			15 x Pack ISDI
P11 1 prélèvement			1 x Pack ISDI
P5 à P8 5 prélèvements (dont un composite)		Ancienne cuve enterrée	4 x (HCT C10-C40/HAP) 1 x Pack ISDI
P5 : 1 prélèvement	Sols  7 prélèvements complémentaires	Prélèvement complémentaire entre 1 et 2 m	1 x (HCT C10-C40 / HAP)
P10 : 1 prélèvement		Prélèvement complémentaire entre 1 et 2 m	1 x (HCT C10-C40 / HAP)
P23 : 1 prélèvement		Sondages complémentaires autour de P5	1 x (HCT C10-C40 / HAP)
P24 à P27 4 prélèvements		Sondages complémentaires autour de P10	4 x (HCT C10-C40 / HAP)
Sed1 à Sed3	Sols 3 prélèvements	Sédiments de qualité médiocre	3 x (Pack ISDI)
Piézair 1 à 2	Gaz du sol 2 prélèvements	Ensemble des installations	2 x (TPH / BTEX / COHV / Hg inorganique)

**Figure n°28 : Programme analytique**

Le laboratoire retenu pour la réalisation des analyses possède les agréments nécessaires du ministère en charge de l'environnement ainsi que les accréditations reconnues par le COFRAC.

*Les flacons utilisés et les bordereaux du laboratoire sont fournis en annexe.*

## VIII.2 - Résultats

### VIII.2.1 - Caractéristiques techniques et géoréférencement des sondages

Les caractéristiques techniques des sondages sont présentées dans la figure suivante :

Sondage	Géoréférencement		Profondeur de foration (m)	Type de recouvrement
	X	Y		
P1	418389	6419561	1	Remblais
P2	418400	6419565	1	Bitume
P3	418398	6419587	1	Dalle béton
P4 + Pzair1	418434	6419594	1	Remblais
P5	418437	6419615	3	Bitume
P6	418438	6419620	3	Bitume
P7	418437	6419610	3	Bitume
P8	418442	6419610	3	Bitume
P9	418413	6419555	1	Bitume
P10 + Pzair2	418431	6419568	3	Remblais
P11	418445	6419584	2	Bitume
P12	418463	6419574	1	Remblais
P13	418467	6419612	1	Bitume
P14	418509	6419610	1	Bitume
P15	418486	6419634	1	Bitume
P16	418528	6419643	1	Dalle béton
P17	418505	6419660	1	Bitume
P18	418523	6419680	1	Bitume
P19	418542	6419705	1	Bitume
P20	418554	6419718	1	Dalle béton
P21	418463	6419638	1	Dalle béton
P22	418488	6419671	1	Dalle béton
P23	418434	6419618	2	Bitume
P24	418427	6419570	3	Bitume
P25	418426	6419562	3	Bitume
P26	418398	6419559	3	Bitume
P27	418434	6419563	3	Bitume

**Figure n°29 : Caractéristiques techniques des sondages et géoréférencement**  
 (23.013.RA.001.01/fig29)



### VIII.2.2 - Indices organoleptiques dans les sols

Des observations organoleptiques (relevés de traces et odeurs de contamination) et des mesures de gaz à l'aide d'un PID (Détecteur à PhotoIonisation) ont été réalisées lors des opérations de sondage.

Sondage	Profondeur (m)		Odeurs	Traces	PID (ppm)	Eau (m)
	Sommet	Base				
P1	0	0,4	Absence	Absence	0	1
	0,4	1	Absence	Absence	0	
P2	0	0,05	Absence	Absence	0	1
	0,05	0,35	Absence	Absence	0	
	0,35	1	Absence	Absence	0	
P3	0	0,1	Absence	Absence	0	/
	0,1	1	Absence	Absence	0	
P4 + Pzair1	0	0,4	Absence	Absence	0	/
	0,4	1	Absence	Absence	0	
P5	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,6	Absence	Absence	2	
	0,6	1,2	Légères	Légères	2,5	
	1,2	1,5	Moyennes	Moyennes	5	
	1,5	2	Fortes	Fortes	16	
	2	3	Légères	Légères	1,9	
P6	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,4	Absence	Absence	0	
	0,4	1,2	Absence	Absence	0	
P7	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,35	Absence	Absence	0	
	0,35	1,2	Absence	Absence	0	
P8	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	3	Absence	Absence	0	
P9	0	0,1	Absence	Absence	0	1
	0,1	0,4	Absence	Absence	0	
	0,4	1	Absence	Absence	0	
P10 + Pzair2	0	0,6	Légères	Légères	0,5	1,5
	0,6	1	Moyennes	Moyennes	0,3	
	1	1,5	Moyennes	Moyennes	7,2	
	1,5	2	Fortes	Fortes	10,5	
	2	3	Légères	Légères	1,1	
P11	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,3	Absence	Absence	0	
	0,3	0,6	Absence	Absence	0	
	0,6	1	Moyennes	Moyennes	3,1	
P12	0	0,5	Absence	Absence	0	/
	0,5	1	Absence	Absence	0	
P13	0	0,05	Absence	Absence	0	/
	0,05	0,4	Absence	Absence	0	
P14	0	0,05	Absence	Absence	0	/
	0,05	0,3	Absence	Absence	0	
P15	0	0,05	Absence	Absence	0	/
	0,05	0,4	Absence	Absence	0	
P16	0	0,25	Absence	Absence	0	/
	0,25	1	Absence	Absence	0	
P17	0	0,05	Absence	Absence	0	/
	0,05	0,6	Absence	Absence	0	
	0,6	1	Absence	Absence	0	
P18	0	0,05	Absence	Absence	0	/
	0,05	0,4	Absence	Absence	0	
	0,4	1	Absence	Absence	0	
P19	0	0,1	Absence	Absence	0	/
	0,1	0,6	Absence	Absence	0	
	0,6	1	Absence	Absence	0	
P20	0	0,15	Absence	Absence	0	/
	0,15	1	Absence	Absence	0	
P21	0	0,15	Absence	Absence	0,2	/
	0,15	0,4	Absence	Absence	0,2	
	0,4	1	Absence	Absence	0,2	
P22	0	0,15	Absence	Absence	0	/
	0,15	0,4	Absence	Absence	0	
	0,4	1	Absence	Absence	0	
P23	0	0,05	Absence	Absence	0	1,7
	0,05	0,6	Absence	Absence	0	
	0,6	1,2	Absence	Absence	0	
	1,2	1,7	Absence	Absence	0	
P24	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	2	Absence	Absence	0,9	
	2	3	Absence	Absence	0	
P25	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Légères	Légères	0,7	
	0,5	2	Fortes	Fortes	19,9	
	2	3	Légères	Légères	0,2	
P26	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	2	Absence	Absence	0	
	2	3	Absence	Absence	0	
P27	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	2	Légères	Légères	8,6	
	2	3	Absence	Absence	0,4	

Figure n°30 : Indices organoleptiques dans les sols

(23.013.RA.001.01/fig30)

Des indices organoleptiques (relevés de traces et odeurs de pollution) ainsi que des mesures de gaz à l'aide d'un PID (détecteur à PhotoIonisation) ont été réalisées lors des opérations de sondage. Ces relevés ont mis en évidence des traces et des odeurs significatives d'hydrocarbures au droit des sondages P5, P10, P11 et P25 avec des indices organoleptiques particulièrement élevés au niveau de la nappe souterraine entre 1 et 2 mètres de profondeur. Ces observations ont globalement diminué à partir de 2 mètres et jusqu'en fond de trou (3 mètres).

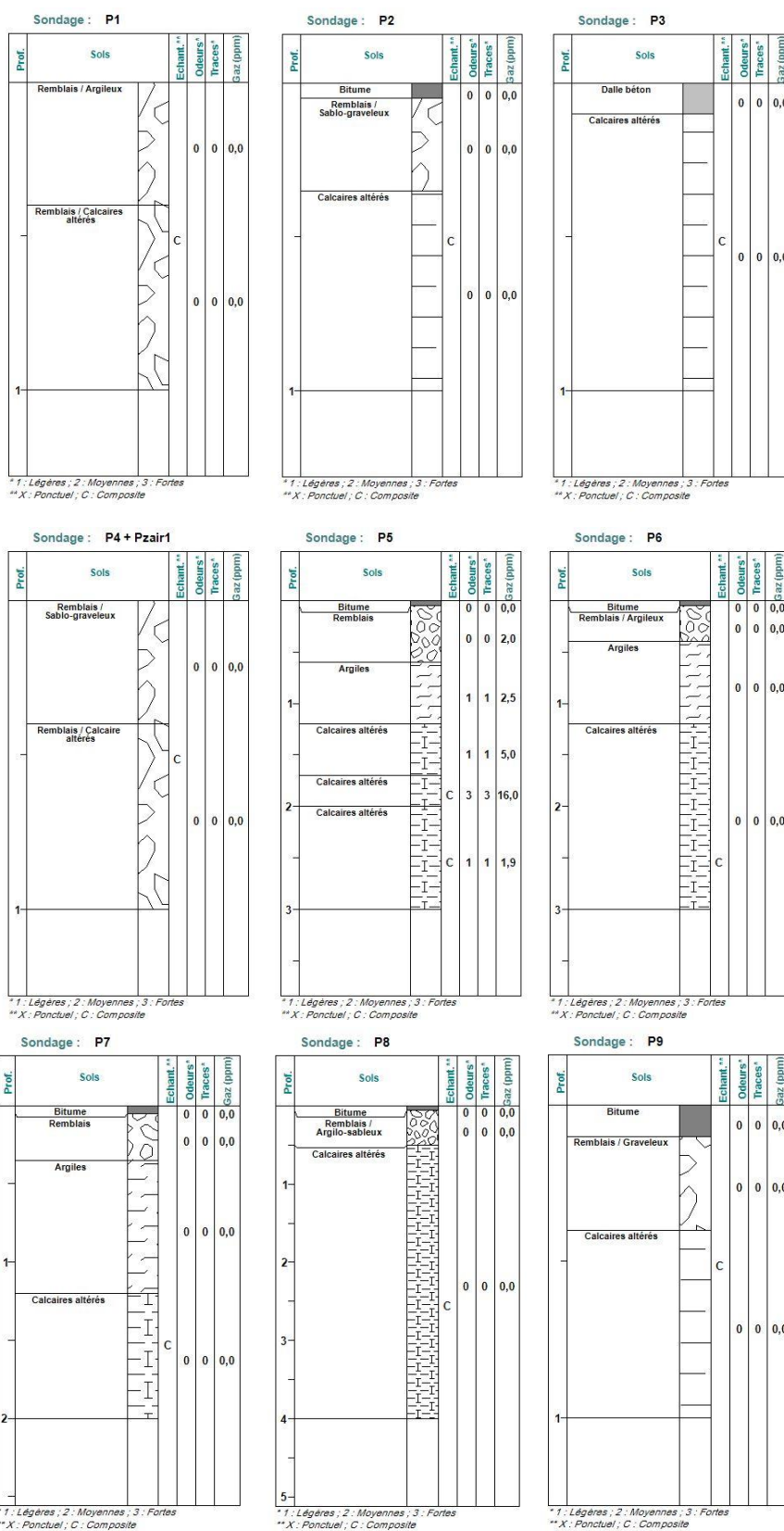
Sur la base de ces constats, la société TEREIO a réalisé dans un second temps, en accord avec le donneur d'ordres, des sondages complémentaires (surlignés en gris dans le tableau ci-dessus) dans l'objectif de cerner au mieux l'étendue de la pollution organique mise en évidence au droit des sondages initialement prévus.

Sondage primaire	Sondages complémentaires
P5	P23
P10	P24, P25, P26 et P27

Figure n°31 : Sondages complémentaires

### VIII.2.3 - Description des sondages

Les coupes lithologiques des sondages sont présentées dans la figure suivante :



Sondage : P10 + Pzair2

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Remblais / Graveleux				
			0	0	0,0
		C			
	Calcaires altérés				
			0	0	0,3
1	Calcaires altérés				
		C	1	0	7,2

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P11

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Calcaires		0	0	0,0
			0	0	0,0
	Sables argileux				
		C	0	0	0,0
	Argiles / à calcaire				
			1	1	0,3
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P12

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Remblais / Graveleux				
			0	0	0,0
		C			
	Remblais / Sableux				
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P13

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Calcaires		0	0	0,0
			0	0	0,0
		C			
	Argiles / à calcaires				
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P14

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Argileux sableux		0	0	0,0
			0	0	0,0
	Calcaires altérés				
		C			
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P15

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Calcaires		0	0	0,0
			0	0	0,0
	Argiles / à calcaires				
		C			
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P16

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Dalle béton				
			0	0	0,0
	Calcaires altérés				
		C			
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P17

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Calcaires		0	0	0,0
			0	0	0,0
		C			
	Calcaires altérés				
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P18

Prof.	Sols	Echant. <sup>1,2</sup>	Odeurs <sup>3</sup>	Traces <sup>4</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume				
	Remblais / Argileux		0	0	0,0
			0	0	0,0
	Calcaires altérés				
		C			
			0	0	0,0
1					

<sup>1</sup> 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
<sup>4</sup> X : Ponctuel ; C : Composite



Sondage : P19

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argileux				
			0	0	0,0
		C			
	Argiles / à calcaires		0	0	0,0
1					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P20

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Dalle béton		0	0	0,0
	Remblais / Argileux				
		C	0	0	0,0
1					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P21

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Dalle béton		0	0	0,0
	Remblais / Argileux		0	0	0,2
	Argiles				
		C	0	0	0,2
1					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P22

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Dalle béton		0	0	0,0
	Remblais / Argileux		0	0	0,0
			0	0	0,0
	Calcaires altérés				
		C	0	0	0,0
1					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P23

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argileux		0	0	0,0
	Argiles		0	0	0,0
1					
	Calcaires altérés		0	0	0,0
		C	0	0	0,0
	Calcaires altérés		0	0	0,0
2					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P24

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argilo-sableux		0	0	0,0
	Calcaires altérés				
1			0	0	0,0
		C			
2					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P25

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argilo-sableux		0	0	0,0
	Calcaires altérés				
1			3	3	14,2
		C			
2					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P26

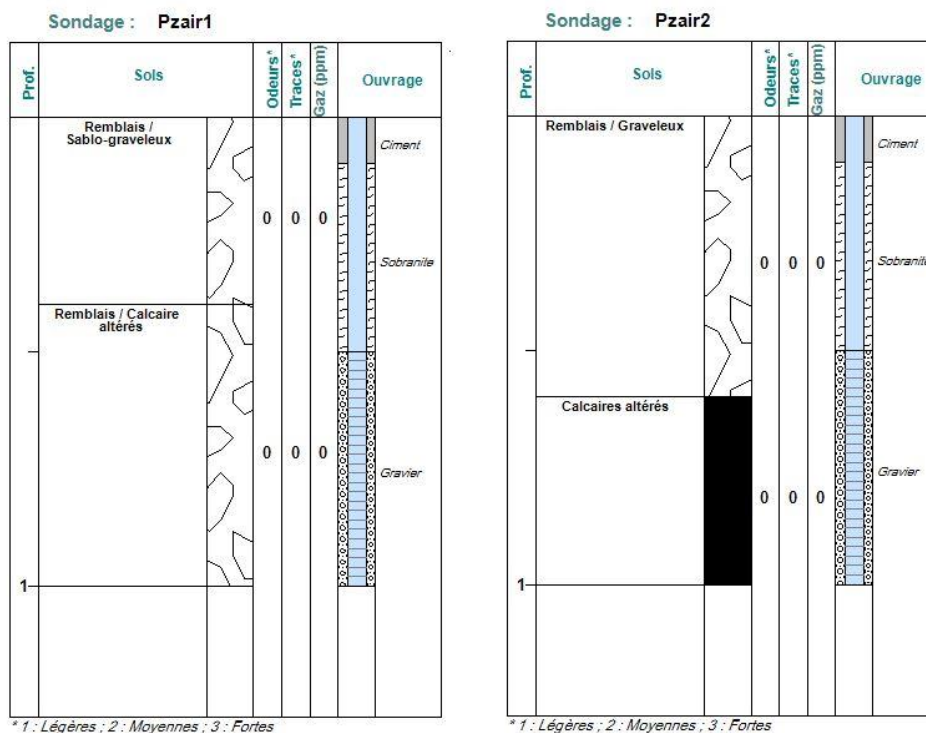
Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argilo-sableux		0	0	0,0
	Calcaires altérés				
1			0	0	0,0
		C			
2					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite

Sondage : P27

Prof.	Sols	Echant. <sup>**</sup>	Odeurs <sup>*</sup>	Traces <sup>*</sup>	Gaz (ppm)
	Bitume		0	0	0,0
	Remblais / Argilo-sableux		0	0	0,0
	Calcaires altérés				
1			2	2	8,6
		C			
2					

\* 1 : Légères ; 2 : Moyennes ; 3 : Fortes  
 \*\* X : Ponctuel ; C : Composite



**Figure n°32 : Logs lithostratigraphiques des sondages**  
(23.013.RA.001.01/fig32)

Les sondages réalisés ont permis de décrire les lithologies rencontrées.

Les sols naturels au droit de la zone d'étude correspondent à des **calcaires altérés argileux**.

Des **remblais** surmontent ces horizons sur une épaisseur d'environ 0,5 à 1 mètre, en fonction des zones. Ces derniers sont variés et compris dans des matrices sableuses, argilo-sableuses et graveleuses.

Ces constats sont cohérents avec la géologie locale.

### VIII.2.4 - Prélèvements des échantillons de sol

Sur la base des caractéristiques des ouvrages, des indices organoleptiques relevés et des horizons géologiques rencontrés, les prélèvements suivants ont été réalisés :

Sondage	Echantillon	Profondeur de prélèvement (m)	Odeurs	Traces	PID (ppm)	Nature des terrains	
						Lithologie	Remarques
P1	P1	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Calcaires altérés
P2	P2	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P3	P3	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P4 + Pzair1	P4	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Calcaire altérés
P5	P5-1	1 - 2	Fortes	Fortes	16	Calcaires altérés	
	P5-2	2 - 3	Légères	Légères	1,9	Calcaires altérés	
P6	P6	2 - 3	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P7	P7	2 - 3	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P8	P8	2 - 3	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P9	P9	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P10 + Pzair2	P10	0 - 1	Moyennes	Moyennes	7,2	Remblais	Graveleux
	P10-2	1 - 2	Fortes	Fortes	10,5	Calcaires altérés	
P11	P11	1 - 2	Fortes	Fortes	7,8	Calcaires altérés	
P12	P12	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Graveleux
P13	P13	0 - 1	Absence	Absence	0	Argiles	à calcaires
P14	P14	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P15	P15	0 - 1	Absence	Absence	0	Argiles	à calcaires
P16	P16	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P17	P17	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Calcaires
P18	P18	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P19	P19	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Argileux
P20	P20	0 - 1	Absence	Absence	0	Remblais	Argileux
P21	P21	0 - 1	Absence	Absence	0	Argiles	
P22	P22	0 - 1	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P5 à P8	M1	1 - 2	Légères	Légères	8,6	Calcaires altérés	
P1 et P2	M2	1 - 2	Légères	Légères	8,6	Calcaires altérés	
P23	P23	1 - 2	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P24	P24	1 - 2	Absence	Absence	0,9	Calcaires altérés	
P25	P25	1 - 2	Fortes	Fortes	19,9	Calcaires altérés	
P26	P26	1 - 2	Absence	Absence	0	Calcaires altérés	
P27	P27	1 - 2	Légères	Légères	8,6	Calcaires altérés	

**Figure n°33 : Prélèvements réalisés**

(23.013.RA.001.01/fig33)

Lors des prélèvements de sols, d'importantes traces et odeurs d'hydrocarbures ont été mises en évidence au droit des sondage P5, P10, P11 et P25 dont des traces importantes de pollution entre 1 et 2 mètres de profondeur, au niveau de la nappe souterraine.

### VIII.2.5 - Caractérisation des échantillons de sol

Les **polluants organiques** habituellement recherchés dans le cadre d'étude de pollution (Hydrocarbures Totaux, HAP, COHV...) n'existent pas naturellement dans les couches les plus superficielles de la croûte terrestre. Par définition, leur présence est considérée comme anormale même si elle peut ne pas être liée au site (retombées de pollution atmosphérique urbaine, routière...).

A titre indicatif les teneurs en hydrocarbures totaux sont ici comparés aux seuils d'admission en Installations de Stockages de Déchets Inertes (fixés par arrêté en date du 12/12/2014). Cette démarche permet notamment de donner un avis, au moins partiel, sur la destination réglementaire des matériaux éventuellement excavés. Les résultats analytiques sont enfin comparés entre eux.

Les résultats analytiques concernant les **éléments métalliques** sont ainsi comparés aux valeurs de référence issues du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) réalisé dans le cadre du GISSOL (Groupement d'Intérêt Scientifique des Sols) par l'INRA (Institut National de Recherche Agricole) et l'IFEN (Institut Français de l'Environnement). Les teneurs en éléments traces métalliques (ETM) du RMQS ont permis de calculer des valeurs seuils, appelées vibrisses, par élément métallique et par zone géographique. Ces vibrisses jouent un rôle d'indicateur de tendance régionale car elles prennent en compte le bruit de fond géochimique ainsi que les apports d'origine anthropique. Elles correspondent alors statistiquement à la teneur limite au-delà de laquelle une valeur peut être considérée comme anormale. Dans le cadre d'un diagnostic de l'état des sols d'un site pollué, ces vibrisses peuvent être exploitées afin de démontrer la pertinence du référentiel proposé pour gérer le compartiment sol du site. La base de données utilisée définit des vibrisses sur deux tranches de sol distinctes : 0-30 cm et 30-50 cm. Bien que généralement proches, les teneurs proposées sur ces profondeurs pour un même élément peuvent légèrement varier. Dans le cadre de l'étude d'un site potentiellement pollué, la société TEREIO utilisera systématiquement comme référence la valeur la plus élevée.

Par ordre de priorité, les résultats analytiques présentés dans le tableau suivant respectent le code couleur suivant :

- non surligné pour les teneurs qui sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire ;
- surligné **en bleu**, pour les paramètres détectés mais ne possédant aucune valeur de comparaison ;
- surligné **en vert**, pour les teneurs inférieures au bruit de fond géochimique lorsqu'il est disponible ;
- surligné **en orange**, pour les teneurs supérieures au bruit de fond géochimique lorsqu'il est disponible ;
- surligné **en rouge**, pour les composés présents à des teneurs supérieures aux valeurs d'acceptation en centre de traitement.



Les résultats des études de sols précédentes, menées sur les espaces publics et le lot 9.44, ont permis de mettre en évidence :

- une **pollution diffuse en métaux** sur l'ensemble de la zone d'étude entre 0 et 2 mètres de profondeur ;
- la **présence d'hydrocarbures C10-C40** sur l'ensemble de la zone d'étude, entre 0 et 2 mètres de profondeur, à des teneurs inférieures à 500 mg.kg de M.S. (seuil d'admission des déchets en installation de stockage inerte) ;
- des **pollutions ponctuelles et significatives** en HCT C10-C40 entre 0 et 1 mètre de pollution au droit des sondages S12 (1520 mg/kg de M.S.), S14 (2010 mg/kg de M.S.), S15 (2570 mg/kg de M.S.) et S23 (1220 mg/kg de M.S.).

Les résultats analytiques obtenus sur les prélèvements de sol, lors des investigations réalisées par la société TERE0 en avril 2023, sont présentés dans les tableaux suivants :

			Prélèvements TERE0																														Prélèvements GOLDER						
Profondeur (m)		Unités	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	Valeurs de		
Paramètres			P1	P2	P3	P4	P5-1	P5-2	P6	P7	P8	P9	P10	P10-2	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	M1	M2	P23	P24	P25	P26	P27	S12	S14	S15	S23	comparaison	
Hydrocarbures totaux (C10-C40)	HCT C10-C40		40,6	163	23,1	<15,0	93,3	37,6	72,5	109	29,3	78,8	991	6240	3050	40,5	29,9	43,2	48,4	24,4	20,4	38,9	149	81,2	164	16,3	23,3	114	90,3	1580	23000	104	550	1570	2010	2570	1220	500	
	HCT (nC10 - nC16)		22,1	68,1	1,02	<4,00	19,5	14,7	20,1	20,3	13,6	1,69	23,8	847	13,7	1,41	4,82	1,95	3,45	4,45	1,2	2,22	5,05	1,1	9,21	2,89	2,34	9,8	27,2	75,7	3150	34,2	99,2					-	
	HCT (>nC16 - nC22)		18	43	3,14	<4,00	28,9	19,9	26,7	41,4	11,3	4,56	125	2380	159	7,05	6,53	5,86	7,46	5,15	2,51	5,74	11,9	3,77	31,3	2,51	2,73	16,8	25,4	268	6790	33,9	173					-	
	HCT (>nC22 - nC30)		0,11	27,5	8,13	<4,00	17,9	2,23	13,6	23,3	1,35	13,7	163	1330	627	14,8	8,97	13,9	14,5	6,71	8,9	16	44,7	8,33	60,4	3,63	9,06	30,4	16	402	6860	0,95	144					-	
	HCT (>nC30 - nC40)		0,28	24,1	10,9	<4,00	27	0,75	12	24,3	2,96	58,8	679	1680	2250	17,3	9,63	21,5	22,9	8,07	7,76	15	87,7	68	63	7,31	9,13	57,3	21,6	832	6240	35,1	134					-	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Fluorène	mg/kg M.S.	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	3,7	<0,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	6,7	0,082	0,23					-	
	Phénanthrène		0,069	0,26	0,077	0,11	0,085	0,062	<0,05	0,062	<0,05	0,06	0,54	1,6	0,47	0,15	0,17	0,08	0,13	0,07	<0,05	0,091	0,31	0,084	1,8	0,08	<0,05	0,24	0,079	0,17	0,99	0,13	0,21					-	
	Pyrène		<0,05	0,4	0,069	0,16	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	0,54	0,63	0,8	0,14	0,21	0,081	0,18	0,082	<0,05	0,38	0,5	0,075	3,3	0,093	<0,05	0,42	<0,05	0,056	1,7	0,063	0,077					-	
	Benzo(a)-anthracène		<0,05	0,29	<0,05	0,13	0,066	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,36	0,21	0,5	0,088	0,13	0,055	0,13	0,055	<0,05	0,13	0,33	0,057	2,3	0,07	<0,05	0,31	<0,05	<0,05	0,32	<0,05	<0,05	<0,05					-
	Chrysène		<0,05	0,38	<0,05	0,13	0,079	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,065	0,68	0,18	0,52	0,099	0,15	0,067	0,14	0,071	<0,05	0,15	0,66	0,077	2,3	0,091	<0,05	0,34	<0,05	<0,05	0,37	<0,05	0,057					-	
	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		<0,05	0,33	<0,05	0,083	0,074	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,064	0,31	0,11	0,56	0,093	0,12	0,054	0,1	0,054	<0,05	0,16	0,55	0,071	2	0,056	<0,05	0,55	<0,05	0,069	0,27	<0,05	<0,05					-	
	Dibenzo(a,h)anthracène		<0,05	0,058	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,26	<0,05	<0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,38	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,25	<0,05	<0,05			/		-	
	Acénaphthylène		<0,05	0,056	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	0,47	<0,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,19	<0,05	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,73	<0,05	<0,05					-	
	Acénaphthène		<0,05	0,089	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,27	1,3	<0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,068	1,8	0,062	0,073					-	
	Anthracène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,39	0,73	0,43	<0,05	0,077	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,63	0,56	0,069	1,1	<0,05	<0,05	0,072	<0,05	0,066	2,1	<0,05	<0,05					-
	Fluoranthène		<0,05	0,43	0,079	0,16	0,092	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,66	0,32	0,84	0,17	0,24	0,099	0,17	0,098	<0,05	0,33	0,63	0,094	3,8	0,092	<0,05	0,48	<0,05	0,078	0,74	0,078	0,071					-	
	Benzo(b)fluoranthène		<0,05	0,59	<0,05	0,19	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,087	0,66	0,22	0,76	0,16	0,2	0,087	0,21	0,093	<0,05	0,22	1	0,11	2,8	0,099	<0,05	0,61	<0,05	0,064	0,36	0,054	0,056					-	
	Benzo(k)fluoranthène		<0,05	0,22	<0,05	0,069	0,059	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,25	<0,05	0,29	0,054	0,074	<0,05	0,068	<0,05	<0,05	0,073	0,32	<0,05	1	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	<0,05	<0,24	<0,05	<0,05					-	
	Benzo(a)pyrène		<0,05	0,39	<0,05	0,12	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,069	0,37	0,25	0,59	0,13	0,17	0,059	0,12	0,069	<0,05	0,14	0,38	0,087	2	0,06	<0,05	0,46	<0,05	0,061	0,42	<0,05	<0,05					-	
	Benzo(ghi)Pérylène		<0,05	0,3	<0,05	0,094	0,071	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,051	0,44	0,14	0,64	0,078	0,12	0,055	0,1	0,058	<0,05	0,14	0,52	0,056	1,7	0,057	<0,05	0,47	<0,05	0,084	0,35	<0,05	<0,05					-	
Naphtalène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,05	<0,05					-				
Sommes des HAP		0,069	3,903	0,225	1,25	0,936	0,062	<0,05	0,062	<0,05	0,716	5,08	9,86	6,4	1,16	1,66	0,637	1,35	0,65	<0,05	2,58	6,07	0,78	25	0,698	<0,05	4,26	0,079	0,836	17	0,469	0,774					50		

Figure n°34 : Résultats analytiques obtenus dans les sols  
(23.013.RA.001.01\_r2.fig34)

Lors des investigations de terrain réalisées en avril 2023, un total de 27 sondages a été exécuté, dont 31 échantillons analysés sur les hydrocarbures. Ces sondages sont globalement répartis de façon uniforme sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les résultats analytiques obtenus dans les sols mettent en évidence une **pollution organique** systématique sur l'ensemble de la zone d'étude. Sur **31 échantillons** ayant analysés les hydrocarbures C10-C40, **30 sont concernés par la présence d'hydrocarbures** dans les sols, dont **6 échantillons** réalisés sur les sondages **P10, P11, P24, P25 et P27** qui dépassent le seuil d'admission des terres (en cas d'évacuation) en centre de stockage des déchets inertes (fixé à 500 mg/kg de M.S.). La majeure partie des échantillons présentant des concentrations en HCT C10-C40 supérieures au seuil « ISDI » est localisée à proximité du sondage **P10** et a servi à circonscrire l'auréole de pollution ;

Contrairement aux indices organoleptiques relevés lors des investigations de terrains, les résultats analytiques obtenus au droit du sondage P5, réalisé au droit de l'ancienne cuve présente sur site et du sondage S15 réalisé par GOLDER, n'ont pas mis en évidence d'impact significatif en hydrocarbures. La société TERE0 émet l'hypothèse que les tranches d'hydrocarbures présentent dans les sols au droit du sondage P5 pourraient correspondre à des tranches légères (principalement C10-16) et se seraient pour partie volatilisé lors de l'échantillonnage, ce qui expliquerait les faibles concentrations observées. Le **sondage P5** est tout de même retenu comme étant **significativement impacté** par une pollution organique.

Les investigations de terrain ont permis d'obtenir un maillage, précis et représentatif, des résultats analytiques sur l'ensemble de la zone d'étude (analyses ISDI, HCT C10-C40, HAP, etc...).



Les résultats analytiques des sondages présents au sein de la **zone ouest** sont présentés dans la figure suivante :



Les résultats analytiques mettent en évidence une **pollution diffuse en hydrocarbures**, dont des **impacts organiques significatifs (jusqu'à 2 mètres de profondeur) ponctuels et globalement circonscrits**.

En 2017, dans le cadre de la procédure de cessation d'activité des ICPE exploitées par la SNCF sur le site Amédée Saint Germain, la société GOLDER Associates a réalisé, pour le compte de la SNCF, un plan de gestion en vue de la remise en état du site pour un usage conforme à celui de la dernière période d'exploitation, à savoir un usage industriel. Ce plan de gestion, validé par la DREAL en 2018, définit à l'aide d'une analyse statistique, dite de « Pareto », et de l'ensemble des données environnementales disponibles, **un seuil de coupure global des hydrocarbures C10-C40 fixé à 2500 mg/kg de M.S.** Le plan de gestion prévoit, au-delà de ce seuil, la mise en œuvre de mesures de gestion par la SNCF, en qualité d'ancien exploitant.

Les résultats d'analyses obtenus lors de la campagne d'avril 2023 mettent néanmoins en évidence des dépassements largement supérieurs au seuil de coupure susvisé. La société TERE0 émet donc un doute quant à la bonne mise en œuvre par l'ancien exploitant des mesures prévues par son plan de gestion.

### VIII.2.6 - Caractérisation « ISDI » des échantillons de sol

Les résultats analytiques obtenus sont comparés aux seuils d'admission en ISDI (Installations de Stockages de Déchets Inertes fixé par arrêté ministériel en date du 12/12/2014). Au sein des valeurs seuils retenues par l'arrêté du 12/12/2014, plusieurs d'entre elles acceptent des dépassements dans le cas où certaines conditions sont remplies :

- si le 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 ;
- si le déchet ne satisfait pas à la valeur limite indiquée pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation NF 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 éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg de matière sèche.

Ainsi, les résultats sont classés en respectant le code couleur suivant :

- non surligné pour les teneurs qui ne possèdent aucune valeur de référence ou qui sont inférieures au seuil de détection du laboratoire ;
- surligné **en vert**, pour les teneurs respectant les critères d'acceptation en ISDI ;
- surligné **en rouge**, pour les teneurs ne respectant pas les critères d'acceptation en ISDI.



Profondeur de prélèvement (m)			0 - 1																		2 - 3	0 - 1			seuils ISDI (*) : exceptions possibles	seuils ISDI +
Paramètres		Unités	P3	P4	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	M1	M2	Sed1	Sed3				
Analyses sur brut	Matière sèche	% P.B.	80	83,2	82,1	94,4	78,2	92,5	81,9	88	85,9	79,6	78,8	74,7	93,3	94,6	84,6	81,3	72	85,1	46,5	85,8				
	Carbone Organique Total par Combustion	mg/kg M.S.	30000	17500	10000	51500	58000	13700	13300	7400	16800	17800	17800	18300	14200	3200	68000	11800	21800	21300	124000	26100	30000 (*)			
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)		23,1	<15,0	78,8	991	3050	40,5	29,9	43,2	48,4	24,4	20,4	38,9	149	81,2	164	16,3	23,3	114	2310	759	500			
	Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg M.S.	1,02	<4,00	1,69	23,8	13,7	1,41	4,82	1,95	3,45	4,45	1,2	2,22	5,05	1,1	9,21	2,89	2,34	9,8	9,48	17,1			
		HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)		3,14	<4,00	4,56	125	159	7,05	6,53	5,86	7,46	5,15	2,51	5,74	11,9	3,77	31,3	2,51	2,73	16,8	65,7	84,4			
		HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)		8,13	<4,00	13,7	163	627	14,8	8,97	13,9	14,5	6,71	8,9	16	44,7	8,33	60,4	3,63	9,06	30,4	03-avr	312			
		HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)		10,9	<4,00	58,8	679	2250	17,3	9,63	21,5	22,9	8,07	7,76	15	87,7	68	63	7,31	9,13	57,3	1340	346			
		Naphtalène		<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,07	<0,05			
	Fluorène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	0,29				
	Phénanthrène		0,077	0,11	0,06	0,54	0,47	0,15	0,17	0,08	0,13	0,07	<0,05	0,091	0,31	0,084	1,8	0,08	<0,05	0,24	0,99	3				
	Pyrène		0,069	0,16	0,12	0,54	0,8	0,14	0,21	0,081	0,18	0,082	<0,05	0,38	0,5	0,075	3,3	0,093	<0,05	0,42	1,5	12				
	Benzo-(a)-anthracène		<0,05	0,13	0,06	0,36	0,5	0,088	0,13	0,055	0,13	0,055	<0,05	0,13	0,33	0,057	2,3	0,07	<0,05	0,31	0,73	8,6				
	Chrysène		<0,05	0,13	0,065	0,68	0,52	0,099	0,15	0,067	0,14	0,071	<0,05	0,15	0,66	0,077	2,3	0,091	<0,05	0,34	0,8	6,6				
	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		<0,05	0,083	0,064	0,31	0,56	0,093	0,12	0,054	0,1	0,054	<0,05	0,16	0,55	0,071	2	0,056	<0,05	0,55	1,4	12				
	Dibenzo(a,h)anthracène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,26	<0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,38	<0,05	<0,05	0,11	<0,27	2,1				
	Acénaphthylène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,19	<0,05	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	0,41	0,46				
	Acénaphène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,27	<0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,28	0,33				
	Anthracène		<0,05	<0,05	<0,05	0,39	0,43	<0,05	0,077	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,63	0,56	0,069	1,1	<0,05	<0,05	0,072	0,74	1,7				
	Fluoranthène		0,079	0,16	0,14	0,66	0,84	0,17	0,24	0,099	0,17	0,098	<0,05	0,33	0,63	0,094	3,8	0,092	<0,05	0,48	1,9	15				
	Benzo(b)fluoranthène		<0,05	0,19	0,087	0,66	0,76	0,16	0,2	0,087	0,21	0,093	<0,05	0,22	1	0,11	2,8	0,099	<0,05	0,61	1,4	13				
	Benzo(k)fluoranthène		<0,05	0,069	<0,05	<0,25	0,29	0,054	0,074	<0,05	0,068	<0,05	<0,05	0,073	0,32	<0,05	1	<0,05	<0,05	0,2	0,5	3,9				
	Benzo(a)pyrène		<0,05	0,12	0,069	0,37	0,59	0,13	0,17	0,059	0,12	0,069	<0,05	0,14	0,38	0,087	2	0,06	<0,05	0,46	1,1	11				
	Benzo(ghi)Pérylène		<0,05	0,094	0,051	0,44	0,64	0,078	0,12	0,055	0,1	0,058	<0,05	0,14	0,52	0,056	1,7	0,057	<0,05	0,47	1,1	7,4				
	Somme des HAP		0,225	1,25	0,716	5,08	6,4	1,16	1,66	0,637	1,35	0,65	<0,05	2,58	6,07	0,78	25	0,698	<0,05	4,26	12,6	97,4	50			
	PCB congénères réglementaires (7 composés)	PCB 28		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01			
		PCB 52		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01			
		PCB 101		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01				
		PCB 118		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01				
		PCB 138		<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	0,01			
		PCB 153		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	0,01			
		PCB 180		<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	<0,01			
	SOMME PCB (7)		<0,010	<0,010	<0,010	0,02	0,14	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,23	0,06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,56	0,02	1			
	BTEX	Benzène		<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05			
		Toluène		<0,05	0,07	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,07	0,07	<0,05	0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	0,11	<0,07	0,06			
		Ethylbenzène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,07	<0,05				
		o-Xylène		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,07	<0,05				
		m+p-Xylène		<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,07	0,06				
Somme des BTEX		<0,0500	0,07	<0,0500	0,43	0,07	<0,0500	<0,0500	<0,0500	0,08	0,07	0,07	<0,0500	0,05	<0,0500	0,24	<0,0500	<0,0500	0,16	0,05	0,12	6	18			
Analyses sur éluat	Fraction soluble	mg/kg M.S.	<2000	<4000	<2000	<4000	<2000	<2000	<2000	<4000	<4000	<2000	<2000	9090	<2000	<4000	<2000	<4000	<2000	<4000	2020	<2000	4000 (*)	12 000		
	Carbone Organique par oxydation (COT)	mg/kg M.S.	67	65	<50	<51	140	59	54	<50	<50	57	<51	<50	<50	64	<50	55	53	310	<50	500	1500			
	Chlorures	mg/kg M.S.	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	32,6	31,6	<20,0	<20,0	<20,0	65,5	<20,0	<20,0	20	<20,0	24,6	<20,0	54,4	<20,0	23	<20,0	800 (*)	2 400		
	Fluorures	mg/kg M.S.	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	10	30			
	Sulfates	mg/kg M.S.	180	<50,0	82,4	81,5	417	387	<50,6	138	60,9	716	56,8	66	174	72,7	261	142	<50,0	61,7	107	95,6	1000 (*)	3 000		
	Indice phénol	mg/kg M.S.	<0,51	<0,50	<0,50	<0,51	<0,51	<0,51	<0,51	<0,50	<0,50	<0,51	<0,51	<0,50	<0,50	<0,51	<0,50	<0,51	<0,50	<0,50	<0,50	1	3			
	Métaux sur éluat	Antimoine (Sb) (ICP/MS) Eluat		<0,01	0,054	0,02	0,027	0,1	0,13	0,069	0,026	0,056	0,021	0,02	0,015	0,039	0,039	0,032	0,021	<0,01	0,042	0,047	0,018	0,06	0,18	
		Arsenic (As) (ICP/MS) Eluat		<0,101	<0,100	<0,101	<0,102	<0,102	<0,102	<0,101	0,112	<0,100	0,287	<0,102	0,10											



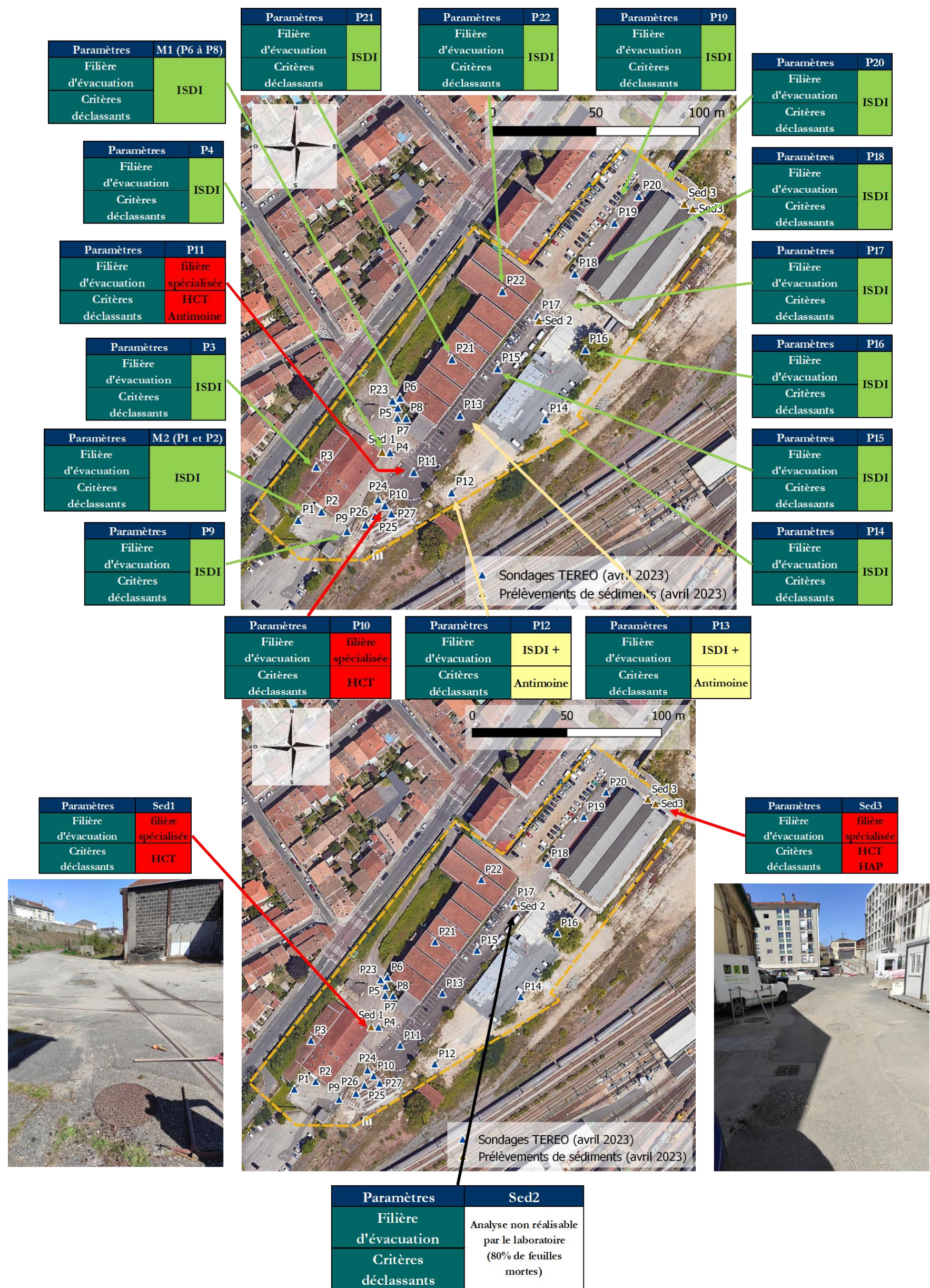


Figure n°37 : Cartographies des filières d'évacuation des terres  
(23.013.RA.001.01/fig37)



### VIII.2.7 - Caractéristiques des prélèvements des gaz du sol (A230)

Les caractéristiques de l'échantillonnage des piézaires sont présentées dans le tableau suivant :

	Pzair 1		Pzair 2	
Type de prélèvement	Gaz du sol	Gaz du sol	Gaz du sol	Gaz du sol
Date de début de prélèvement (jj/mm/aaaa)	06/04/2023	06/04/2023	06/04/2023	06/04/2023
Heure de début de prélèvement (hh:mm)	12:19	12:19	12:14	12:14
Date de fin de prélèvement (jj/mm/aaaa)	06/04/2023	06/04/2023	06/04/2023	06/04/2023
Heure de fin de prélèvement (hh:mm)	14:55	14:55	14:39	14:39
Support de prélèvement	tca 100/50	carulite	tca 100/50	carulite
Référence du support	0281032949	0164308260	0281032958	0164305257
Lot / date validité du support	lot 2000 -07/27	14023-04/27	lot 2000 -07/27	14023-04/27
Longueur de tuyau (cm)	25,0	25,0	25,0	25,0
Référence pompe	gilair_67	gilair_64	gilair_68	gilair_66
Débit début de pompage (L/min)	0,209	0,209	0,209	0,209
Débit intermédiaire de pompage (L/min)	0,209	0,209	0,209	0,209
Débit fin de pompage (L/min)	0,199	0,199	0,199	0,199
Débit moyen (L/min)	0,206	0,206	0,206	0,206
Recommandations pour l'interprétation des variations de débit de prélèvement	Prélèvement représentatif si : - débit moyen < 2L/min  - écart de débit < 10% (si < 5% = calcul avec débit moyen, si 5% < écart < 10% = calcul avec débit min)	Prélèvement représentatif si : - débit moyen < 2L/min  - écart de débit < 10% (si < 5% = calcul avec débit moyen, si 5% < écart < 10% = calcul avec débit min)	Prélèvement représentatif si : - débit moyen < 2L/min  - écart de débit < 10% (si < 5% = calcul avec débit moyen, si 5% < écart < 10% = calcul avec débit min)	Prélèvement représentatif si : - débit moyen < 2L/min  - écart de débit < 10% (si < 5% = calcul avec débit moyen, si 5% < écart < 10% = calcul avec débit min)
Ecart débit de pompage (%)	4,78%	4,78%	4,78%	4,78%
Prélèvement représentatif ?	oui	oui	oui	oui
Débit pris en compte (L/min)	0,206	0,206	0,206	0,206
Temps de pompage (min)	156	156	145	145
Volume pompé (L)	32,08	32,08	29,82	29,82

**Figure n°38 : Caractéristiques des prélèvements de gaz du sol**  
(23.013.RA.001.01fig38)

Les résultats analytiques sont jugés représentatifs car les caractéristiques de prélèvement (débit, écart de débit entre le début et la fin de prélèvement, ...) correspondent aux recommandations des guides méthodologiques « Diagnostic de site » et « Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines » (BRGM RP-65870-FR/ INERIS°DRC-16-156183-01411A du 25 novembre 2016).

Un blanc de transport a été réalisé lors de la campagne de prélèvement afin de détecter toute contamination croisée des échantillons au cours du transport. Une cartouche d'adsorbant identique à celui utilisé pour le prélèvement a été scellé comme un échantillon réel et placé avec les échantillons à transporter au laboratoire pour analyse. Aucun composé analysé n'a été quantifié pour le blanc de transport. Aucune contamination croisée n'est donc décelée pour les paramètres recherchés. Les résultats analytiques du blanc de transport sont présentés en annexe. Au regard du tableau ci-dessus, les modalités de prélèvement et de transport n'ont donc pas induit de biais sur les résultats analytiques.

### VIII.2.8 - Données météorologiques locales durant le prélèvement de gaz

Les figures suivantes présentent les données météorologiques disponibles sur le site InfoClimat (<http://www.infoclimat.fr/>) pour la station météo de (Bordeaux-Mérignac) située à environ 11 km à l'ouest du site. Cette station correspond à la station la plus proche du site fournissant des données pressiométriques. Des lignes repères ont été reproduites sur les graphiques afin de visualiser les paramètres d'influence sur le dégazage des composés volatils dans les sols et/ou l'air intérieur.

Le graphique suivant fourni l'évolution de la température et de la pluviométrie au cours du mois d'avril 2023.

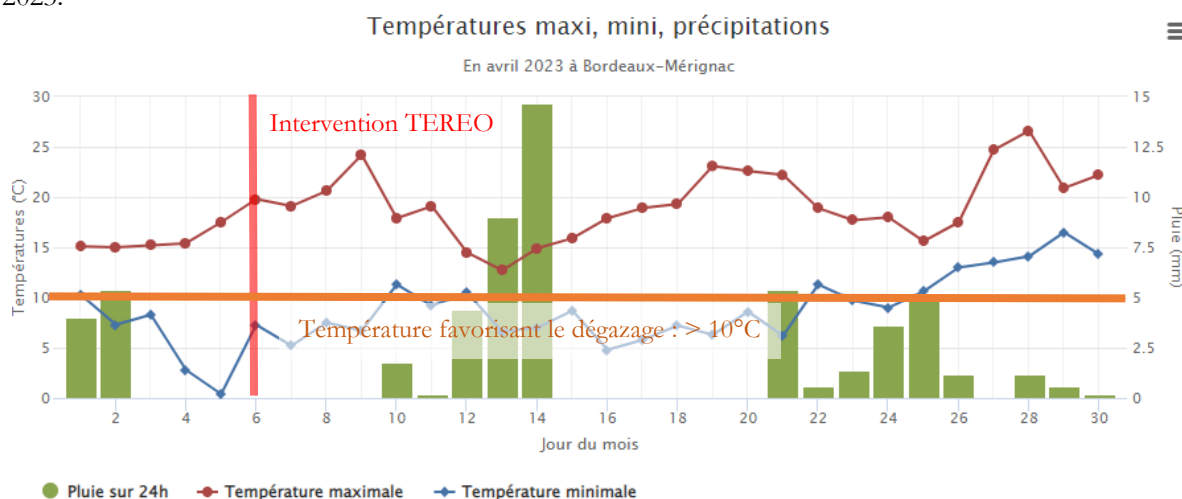


Figure n°39 : Pluviométrie et température en avril 2023

(23.013.RA.001.01fig39)

Les températures observées en avril 2023 sont favorables au dégazage des sols, car elles sont supérieures à  $10^{\circ}\text{C}$ .

Le jour du prélèvement ainsi que les jours précédents l'intervention, aucune précipitation n'a été enregistrée. Dans le cas présent, l'absence de pluviométrie est favorable au dégazage des sols.

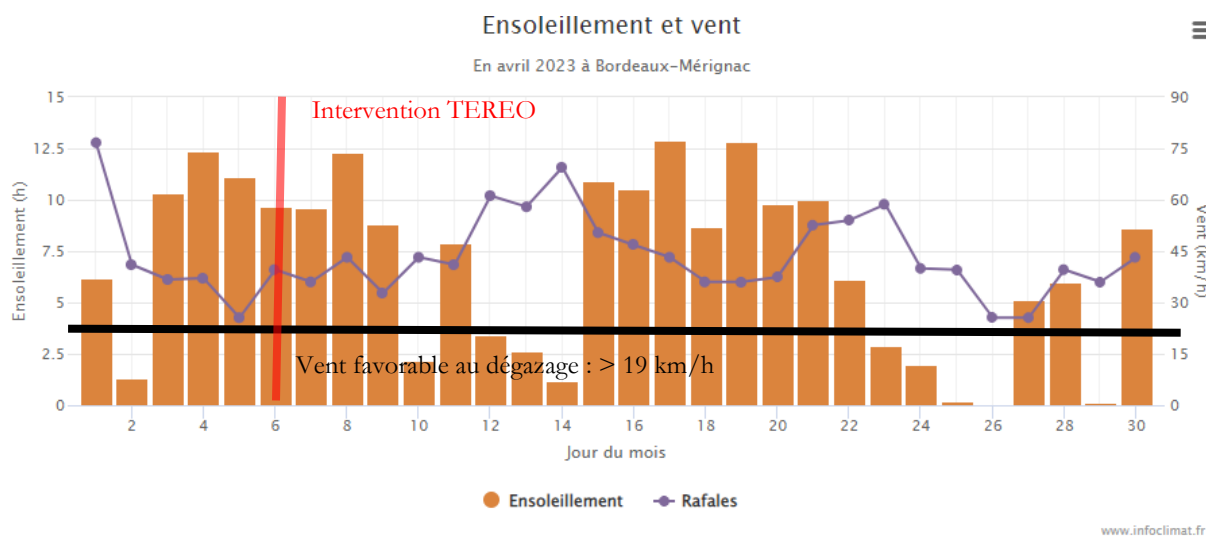
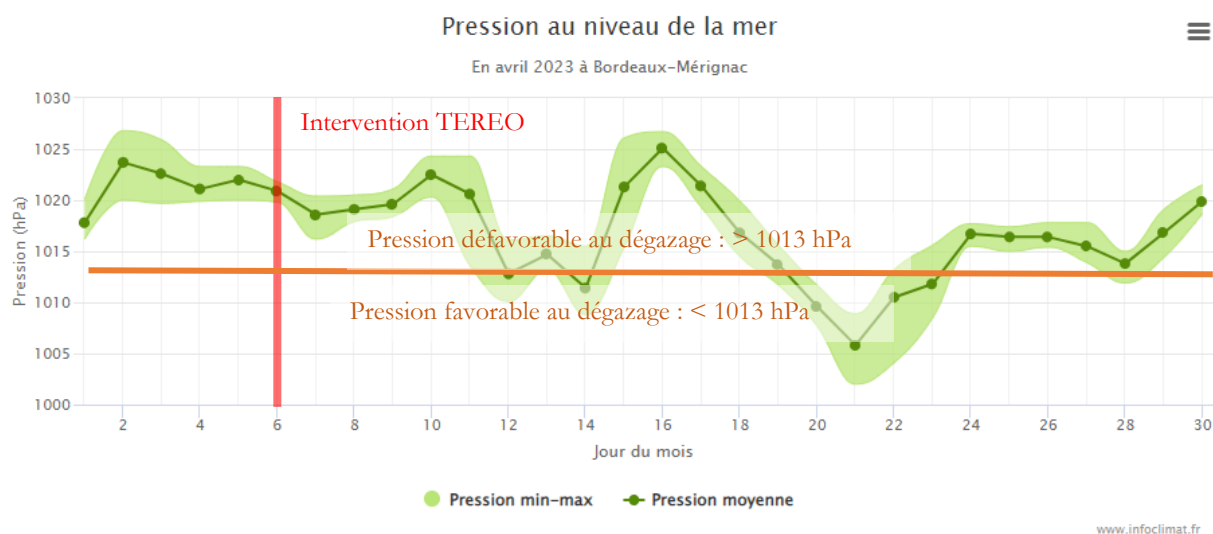


Figure n°40 : Vitesse du vent en avril 2023

(23.013.RA.001.01fig40)

En avril 2023, des rafales de vent favorisent quotidiennement le dégazage potentiel des sols. La journée des prélèvements est également concernée par cette influence positive avec des rafales de vent de plus de 39 km/h.



**Figure n°41 : Pression atmosphérique en juin 2022**

(23.013.RA.001.01/fig41)

La pression atmosphérique moyenne le jour des prélèvements était de 1021 hPa. Cette pression est défavorable au dégazage des sols.

Des mesures de températures, pression et humidité ont été réalisées sur site lors de l'intervention :

Paramètres	06/04/223				
Heure	11 :00	12 :00	13 :00	14 :00	15 :00
Température (°C)	13,8	15,9	17,4	18,4	19,3
Pression (hPa)	1021,4	1021,8	1021,5	1021,3	1020,8
Hydrométrie (%)	49	32	29	28	27

**Figure n°42 : Conditions météorologiques lors de l'intervention**

D'après les éléments présentés précédemment et les mesures sur site, les prélèvements de gaz du sol effectués le 06 avril 2023 ont été réalisés en conditions globalement favorables au dégazage des sols.



VIII.2.9 - Résultats analytiques dans les gaz du sol (A230)

Afin de caractériser et quantifier l’impact gazeux, 2 piézairs, implantés à 1 mètre de profondeur ont été répartis au droit des futurs espaces publics et du lot 9.44.

Le tableau suivant présente les concentrations obtenues au droit des piézairs. Celles-ci, fournies en µg/tube par le laboratoire, sont exprimées en µg/m³ via un calcul effectué par TERE0 qui prend en compte les volumes d'air échantillonnés.

Les résultats analytiques présentés dans le tableau ci-dessous respectent le code couleur suivant :

- non surligné pour les teneurs qui sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire ;
- surligné en bleu, pour les teneurs supérieures à la limite de quantification.

Paramètres	Unités	Pzair1	Pzair2
Aliphatiques >MeC5 - C6	µg/m³	< 77,92	< 83,83
Aliphatiques >C6 - C8		< 77,92	240,43
Aliphatiques >C8 - C10		526,74	2307,05
Aliphatiques >C10 - C12		804,14	13916,06
Aliphatiques >C12 - C16		< 77,92	2679,26
Total Aliphatiques		1330,88	19147,15
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)		6,86	18,44
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)		7,48	35,54
Aromatiques >C8 - C10		< 77,92	1740,35
Aromatiques >C10 - C12		< 77,92	6371,21
Aromatiques >C12 - C16		< 77,92	2501,54
Total Aromatiques		14,34	10663,39
Benzène		6,86	18,44
Toluène		7,48	35,21
Ethylbenzène		< 3,12	5,03
m+p-Xylène		4,68	73,1
o-Xylène		3,12	23,47
MTBE		< 77,92	< 83,83
Dichlorométhane		< 3,12	< 3,35
Chlorure de vinyle		< 3,12	< 3,35
1,1-Dichloroéthène		< 1,56	< 1,68
trans 1,2-Dichloroéthène		< 1,56	< 1,68
cis 1,2-Dichloroéthène		5,7	< 1,68
Chloroforme		< 1,56	3,22
Tétrachlorométhane		< 1,56	< 1,68
1,1-Dichloroéthane		< 1,56	< 1,68
1,2-Dichloroéthane		< 1,56	< 1,68
1,1,1-Trichloroéthane		< 1,56	< 1,68
1,1,2-Trichloroéthane		< 1,56	< 1,68
Trichloroéthylène		90,7	22,8
Tétrachloroéthylène		5,3	2,68
Bromochlorométhane		< 1,56	< 1,68
Dibromométhane		< 1,56	< 1,68
1,2-Dibromoéthane		< 1,56	< 1,68
Tribromométhane (Bromoforme)		< 1,56	< 1,68
Bromodichlorométhane		< 1,56	< 1,68
Dibromochlorométhane		< 1,56	< 1,68
Mercure		< 0,06	< 0,07

Figure n°43 : Résultats analytiques sur les gaz du sol (avril 2023)  
(23.013.R.A.001.01/fig43)

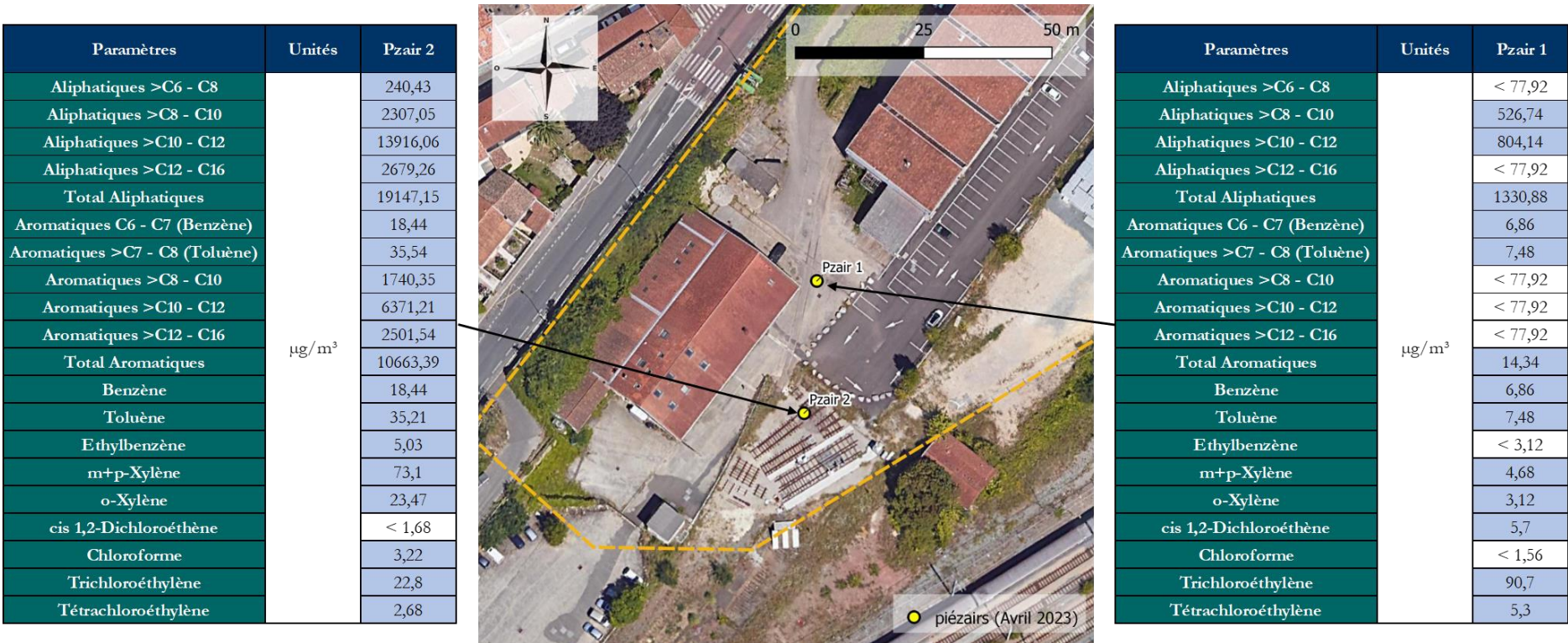


Figure n°44 : Résultats analytiques obtenus sur les gaz du sol  
(23.013.R.A.001.01/fig44)

Les analyses réalisées sur les piézairs en avril 2023 mettent en évidence :

- l'absence de mercure volatil malgré les concentrations en mercure obtenues dans les sols ;
- la présence de COHV sur l'ensemble des piézairs ;
- la présence significative de composés aliphatiques C10-C12 sur l'ensemble des piézairs, avec des teneurs comprises entre 804,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Pzair 1) jusqu'à 13916,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Pzair 2) ;
- la présence significative de composés aromatiques C6-C8 au droit de l'ensemble des piézairs avec la présence de BTEX, dont du benzène et du toluène avec une concentration maximale de 18,44 (benzène) et 35,21 (toluène)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au droit du Pzair 2.

Les résultats obtenus permettent de constater un impact diffus en COHV (principalement TCE et PCE) au droit des zones auditées. Cet impact peut être attribué à une émanation provenant de la nappe souterraine contaminée par une pollution historique en COHV sur l'ensemble du site Amédée.

A l'inverse, les impacts en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques identifiés dans les gaz du sol ne sont pas mesurés à des concentrations similaires sur l'ensemble du site. Ces résultats sont cohérents avec les concentrations en hydrocarbures C10-C40 obtenues dans les sols.

La réalisation du blanc de transport met en évidence des résultats inférieurs au seuil de quantification analytique sur l'ensemble des paramètres recherchés. **Ainsi, les conditions de transports n'ont pas eu d'incidence sur les résultats analytiques des prélèvements effectués.**

#### VIII.2.10 - Interprétation des résultats des gaz du sol

En préambule, la société TERE0 rappelle qu'il n'existe pas de seuil réglementaire concernant les gaz du sol. La présence de ces composés dans les gaz du sol doit être considérée comme anormale et emmène, théoriquement, à considérer un risque potentiel lié à l'inhalation de composés volatils en surface.

Des Valeurs Guides de qualité de l'Air Ambiant (VGAI) définies par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) existent néanmoins pour l'air intérieur. Les valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) ont été définies comme des concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles. Une VGAI vise ainsi à définir et proposer un cadre de référence destiné à protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation.

Parmi les composés recherchés, seul le Benzène possède une VGAI réglementaire. Celle-ci, décrite dans le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux « valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène » est de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (depuis le 1er janvier 2016) pour une exposition de longue durée.

Le tableau ci-dessous recense les VGAI (réglementaire / recommandées) disponibles pour les paramètres analysés :

Substances	VGAI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Référence
Benzène	2	Décret 2011
Toluène	20 000	Anses 2018
Trichloroéthylène (TCE)	10	Anses 2018
Tétrachloroéthylène (PCE)	250	Anses 2010

Figure n°45 : VGAI réglementaire/recommandées disponibles

La présence d'anomalies dans les gaz du sol emmène, théoriquement, à considérer un risque potentiel lié à l'inhalation de composés volatils dans les futures habitations en surface. Néanmoins, comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués et en première interprétation, un facteur de dilution sur les gaz du sol peut être déployé pour évaluer les concentrations qui pourraient être retrouvées en air intérieur. L'estimation de la teneur à l'intérieur du bâtiment est évaluée de la façon suivante :

$$[\text{air intérieur}] = \alpha (\text{facteur de dilution}) * [\text{gaz du sol}]$$

D'après la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, un facteur de 0,1 peut-être retenu dans un bâtiment de plain-pied présentant une dalle béton en bon état.

Substances	Coefficient de dilution	Valeurs maximales atteintes dans les ouvrages	Concentrations théoriques retenues en air intérieur	VGAI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Benzène	0,1	18,44	1,844	2
Toluène		35,21	3,521	20 000
TCE		90,7	9,07	10
PCE		5,6	0,56	250

**Figure n°46 : Concentrations théoriques retenues dans l'air intérieur**

Ainsi, en appliquant une dilution de 0,1 aux résultats analytiques maximums atteints dans les ouvrages, les concentrations théoriques retenues en air intérieur sont inférieures à leur VGAI de référence. Cependant, les valeurs obtenues en benzène et en trichloroéthylène restent relativement proche des valeurs guide de la qualité de l'air en intérieur émise par l'ANSES. De plus, des concentrations très significatives en hydrocarbures aliphatiques (composés ne disposants pas de VGAI) sont mises en évidence au droit du Pzair2. En l'état actuel des connaissances, et dans l'objectif d'appréhender le risque lié à l'inhalation de composés volatils en air intérieur et en air extérieur au droit du futur projet, la société TERE0 recommande la réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS).



### VIII.3 - Evaluation Quantitative des risques sanitaires (A320)

Des teneurs non négligeables sont observées sur les gaz du sol, l'origine de ces composés semble être directement liée à la qualité de la nappe sous-jacente (située à environ 1,5 mètre sous le niveau des sols) via un dégazage de celle-ci et à la présence significative de composés volatils dans les sols. Les premières interprétations émises quant à la présence significative des gaz du sol ont permis de retenir des valeurs théoriques retenues en air intérieur, calculées à l'aide d'un coefficient de dilution, proches de leur valeur de comparaison (VGAI). Afin de lever le doute concernant des éventuels risques sanitaires liés à **l'inhalation de composés volatils en air intérieur (futur bâtiment de l'îlot 9.44) et en air extérieur (parc)**, plusieurs évaluations quantitatives des risques sanitaires, réalisées à l'aide du logiciel RISC5, vont être présentées dans la suite du rapport.

#### VIII.3.1 - Choix du scénario d'exposition

Compte tenu de la voie de transfert retenue lorsque le projet d'aménagement sera réalisé, l'EQRS proposée ci-dessous a pour unique objectif d'évaluer les risques liés aux éléments polluants identifiés dans le gaz du sol.

L'usage du site retenu est dit sensible, au droit des espaces verts (parc) et des bâtiments localisés au droit de l'îlot 9.44.

Le logiciel Risc a été retenu pour mener à bien cette étude. Ce logiciel fonctionne en 6 étapes clefs :

- **Etape 1** : Choix des polluants
- **Etape 2** : Modèle conceptuel du site
- **Etape 3** : Paramètres du milieu récepteur
- **Etape 4** : Scénario d'exposition
- **Etape 5** : Mise en marche du modèle
- **Etape 6** : Visualisation et analyse des résultats

*Le déroulement méthodologique de ce logiciel est disponible en annexe.*

#### VIII.3.2 - Sélection des composés chimiques d'intérêt

Le tableau suivant présente les composés chimiques retenues :

Paramètres
Aliphatiques <MeC5 - C6
Aliphatiques >C8 - C10
Aliphatiques >C10 - C12
Aliphatiques >C12 - C16
Aromatiques >C8 - C10
Aromatiques >C10 - C12
Aromatiques >C12 - C16
Benzène
Toluène
Ethylbenzène
Xylène total
cis 1,2 Dichloroéthène
Chloroforme
Trichloroéthylène
Tétrachloroéthylène

**Figure n°47 : Eléments retenus pour réaliser l'EQRS**  
(23'013'RA'001'01'fig47)

### VIII.3.3 - Choix des valeurs toxicologiques de référence

La distinction est faite entre les substances à effets de seuil ou substances non-cancérigènes qui nécessitent le calcul d'un quotient de danger QD et les substances sans seuil ou substances cancérigènes qui nécessitent le calcul d'un excès de risque individuel ERI. Certaines substances ont des effets à seuil et sans seuil.

$$QD = \frac{CI}{VTR \text{ (inhalation)}}$$

$$ERI = CI \times VTR \text{ (inhalation)}$$

Ainsi sont définis les VTR, les valeurs toxicologiques de référence pour la substance testée correspondant :

- à une concentration dans l'air (mg/m<sup>3</sup>) si la substance testée a un seuil d'action ;
- à une concentration dans l'air (mg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> si la substance est sans seuil d'effet.

#### ❖ Huit bases de données existantes

Il existe 8 bases de données recensant les VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence). Ces dernières doivent prioritairement être utilisées dans l'ordre établi ci-dessous :

- **ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ;
- **US-EPA** : United States Environmental Protection Agency ;
- **ASTDR** : Agency for Toxic Substances and Disease Registry ;
- **OMS/IPCS** : Organisation Mondiale de la Santé / International Program on Chemical Safety ;
- **HEALTH CANADA** : Santé Canada ;
- **RIVNM** : Institut Royal de la Santé Publique et de l'Environnement, Pays Bas ;
- **OEHHA** : Office Of Environmental Health Hazard Assessment ;
- **EFSA** : European Food Safety Authority.

Elles sont disponibles sur **les fiches INERIS** et sur le site **de l'ANSES**.

#### ❖ Documents de référence

- **La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014** : elle recommande de retenir dans l'ordre présenté ci-dessous :
  - une VTR de l'ANSES lorsqu'elle est disponible ;
  - une VTR provenant d'une expertise collective nationale récente ;
  - la VTR la plus récente parmi les trois bases de données (US-EPA, ATSDR ou OMS) ;
  - la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.
- **Le rapport DRC-16-156196-11306A de décembre 2016 de l'INERIS** : il explique la pratique des choix de VTR de l'INERIS qui est basée sur une expertise scientifique des différents éléments de la construction de chacune des VTR. La réalisation du choix de la valeur la plus pertinente suit un raisonnement en plusieurs étapes :
  - recherche de l'ensemble des VTR disponibles ;
  - analyse du raisonnement scientifique conduisant à l'élaboration des VTR :
    - identification des effets critiques, des mécanismes d'action de la substance ;
    - analyse de la méthode de construction de la VTR.
  - choix et qualification de la VTR la plus pertinente.

- **Le rapport 177741-2035498-v1.0 de janvier 2020 de l'INERIS** : il synthétise l'ensemble des choix de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) publiés par l'INERIS sur son portail des substances chimiques (<https://substances.ineris.fr/fr/>). Ces choix ont été réalisés selon la méthodologie de l'INERIS (DRC-16-156196-11306A) et ont été soumis à l'expertise d'un groupe d'experts externes.

Pour une approche moins complexe, l'INERIS recommande de prendre la valeur la plus pénalisante.

#### ❖ Effets toxicologiques

Il existe deux grands types de toxicité :

- La **toxicité aiguë** est définie comme celle qui résulte de l'exposition unique et massive à un produit chimique entraînant des dommages corporels pouvant conduire à la mort. Elle introduit la notion de dose absorbée et se mesure par la DL 50 (dose létale provoquant la mort de 50% des animaux exposés à une dose unique du produit) ou CL50 (concentration létale) (inhalation). Plus la DL50 est basse plus la toxicité est forte.
- La **toxicité chronique** est le résultat d'une exposition prolongée à plus ou moins faible dose à un produit chimique dont les effets ne se feront sentir que quelques mois à quelques années voire dizaines d'années plus tard. À la différence de la toxicité aiguë, la toxicité chronique ne se propose pas de déterminer un seuil de mortalité mais plutôt la dose quotidienne administrée en dessous de laquelle n'apparaissent pas d'effets sur la santé.

Dans le cadre d'une EQRS, une exposition de type chronique est choisie.

#### VIII.4 - VTR retenues pour les différents polluants

Paramètres	Unités	VTR sans seuil		VTR avec seuil	
		VTR inhalation ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )-1	Référence	VTR inhalation ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Référence
Aliphatiques <MeC5 - C6	mg/m <sup>3</sup>	ND	/	18,4	TPHCWG 1997
Aliphatiques >C8 - C10		ND	/	1	TPHCWG 1999
Aliphatiques >C10 - C12		ND	/	1	TPHCWG 1999
Aliphatiques >C12-C16		ND	/	1	TPHCWG 1999
Aromatiques >C8 - C10		ND	/	0,2	TPHCWG 1997
Aromatiques >C10 - C12		ND	/	0,2	TPHCWG 1997
Aromatiques >C12 - C16		ND	/	0,2	TPHCWG 1997
Benzène		2,60E-05	ANSES 2013	0,002	Décret 2011
Toluène		ND	/	19	ANSES 2017
Ethylbenzène		ND	/	1,5	ANSES 2016
Xylène total		ND	/	0,1	ANSES 2020
cis 1,2 Dichloroéthène		ND	/	0,06	RIVM 2009
Chloroforme		2,30E-05	US EPA 2001	63	ANSES 2009
Trichloroéthylène		1,00E-06	ANSES 2018	3,2	ANSES 2018
Tétrachloroéthylène		2,60E-07	ANSES 2018	0,4	ANSES 2018

Figure n°48 : VTR retenues pour les différents polluants

(23'013'RA'001'01'fig48)



## VIII.5 - Evaluation des concentrations dans le milieu récepteur (air intérieur : bâtiment îlot 9.44)

### VIII.5.1 - Caractérisation du milieu source

Le milieu source est le sous-sol du site ainsi que les eaux souterraines. Compte tenu du scénario d'exposition considéré (inhalation d'éléments volatils), les gaz du sol ont été pris en compte dans cette étude. Ceux-ci sont représentatifs de la volatilisation de la pollution présente dans les sols/eaux souterraines. Ainsi, conformément à la méthodologie Française relative aux sites et sols pollués, préconisant de privilégier les mesures de terrain aux calculs de transfert, les mesures de gaz du sol sont privilégiées vis-à-vis des mesures dans les sols/eaux souterraines eux-mêmes.

### VIII.5.2 - Sélection des concentrations retenues

Comme explicité ci-dessus, des composés volatils sont détectés sur les deux piézais. Dans un souci de majoration, les valeurs retenues sont les valeurs maximales détectées.

Paramètres	Unités	Teneurs maximale mesurées
Aliphatiques <MeC5 - C6	mg/m <sup>3</sup>	0,24043
Aliphatiques >C8 - C10		2,30705
Aliphatiques >C10 - C12		13,91606
Aliphatiques >C12 - C16		2,67926
Aromatiques >C8 - C10		1,74035
Aromatiques >C10 - C12		6,37121
Aromatiques >C12 - C16		2,50154
Benzène		0,01844
Toluène		0,03521
Ethylbenzène		0,00503
Xylène total		0,09657
cis 1,2 Dichloroéthène		0,0057
Chloroforme		0,00322
Trichloroéthylène		0,0907
Tétrachloroéthylène		0,0053

Figure n°49 : Teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol  
(23'013'RA'001'01'fig49)

### VIII.5.3 - Caractéristiques du modèle utilisé

Le modèle a été construit sur la base des paramètres suivants :

Choix à opérer	Paramètres choisis							
Choix des polluants	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques volatils / COHV							
Type de risque	X	Humain		Environnementale				
Détermination de la concentration d'exposition finale	X	Par le modèle						
		Prédéfini						
Milieu recepteur	X	Sur-site		Hors-site				
Localisation de la pollution	X	Zone insaturée		Zone saturée	X	Sol vers l'air intérieur		Sol vers l'air extérieur
Voies d'exposition	X	Emission de particules/ inhalation			Exposition direct/ ingestion et contact			
		Utilisation de l'eau de la nappe				Ingestion de végétaux		
Profondeur de la pollution	0,1 m							
Paramètre zone insaturée	Argiles sableuses/graveleuses							
Paramètres de la pièce fictive étudiée (flot 9.44)	Longueur : 5 m / Largeur : 5 m / Hauteur estimé: 2,5 m / Renouvellement d'air : 0,5/h / Epaisseur fondation estimé : 20 cm							

**Figure n°50 : Choix opérés pour la modélisation sous RISC (bâtiment îlot 9.44)**

(23'013'RA'001'01\_v2'fig50)

Aucun projet précis n'étant actuellement envisagé au droit de l'îlot 9.44, le choix des paramètres reposent sur des hypothèses émises par la société TERE0.

### VIII.5.4 - Caractérisation des récepteurs pris en compte

Compte tenu de l'usage résidentiel des futurs bâtiments au droit de l'îlot 9.44, les cibles retenues correspondent à des enfants et des adultes.

Cible		Enfants	Adulte	source
1	Temps d'exposition moyen pour les cancérogènes (année)	70	70	Données RISC
2	Poids moyen (kg)	15	70	Données RISC
3	Durée d'exposition (année)	6	24	Données RISC
4	Fréquence d'exposition (j/an)	350	350	Données RISC
5	Taux d'inhalation en intérieur (m <sup>3</sup> /h)	0,625	0,625	Données RISC
6	Durée d'exposition par événement (h/j)	24	24	Journée entière

**Figure n°51 : Caractéristiques des cibles retenues pour la modélisation**

(23'013'RA'001'01\_v2'fig51)

### VIII.5.5 - Calculs de risques

D'après la méthodologie d'analyse des risques sanitaires approuvés par le Ministère en charge de l'environnement. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/demarche.pdf>), les résultats des calculs de risques sont jugés acceptables si :

- La somme des Quotients de Danger est inférieure à 1 (Risques non-cancéreux).
- La somme des Excès de Risque Individuel est inférieure à  $1.10^{-5}$  (Risques cancéreux).

Pour l'EQRS, les risques sont calculés substance par substance et voie d'exposition par voie d'exposition. Les risques sont ensuite cumulés.

Résultats obtenus pour les polluants à effet seuil :

Paramètres	Quotients de danger (risque non cancéreux)	
	Enfant résident	Adulte résident
Aliphatiques <MeC5 - C6	3,7E-05	3,7E-05
Aliphatiques >C8 - C10	6,6E-03	6,6E-03
Aliphatiques >C10 - C12	4,0E-02	4,0E-02
Aliphatiques >C12-C16	7,7E-03	7,7E-03
Aromatiques >C8 - C10	2,5E-02	2,5E-02
Aromatiques >C10 - C12	9,1E-02	9,1E-02
Aromatiques >C12 - C16	3,6E-02	3,6E-02
Benzène	2,5E-02	2,5E-02
Toluène	5,0E-06	5,0E-06
Ethylbenzène	8,5E-06	8,5E-06
Xylène total	2,5E-03	2,5E-03
cis 1,2 Dichloroéthène	2,4E-04	2,4E-04
Chloroforme	1,5E-07	1,5E-07
Trichloroéthylène	7,8E-05	7,8E-05
Tétrachloroéthylène	3,3E-05	3,3E-05
<b>TOTAL</b>	<b>2,3E-01</b>	<b>2,3E-01</b>

Figure n°52 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques non-cancéreux  
(23'013'RA'001'01\_v2'fig52)

Résultats obtenus pour les polluants sans effet seuil :

Paramètres	Excès de Risque Individuel (Risque cancéreux)		
	Enfant résident	Adulte résident	Enfant et adulte cumulés
Aliphatiques <MeC5 - C6	ND	ND	ND
Aliphatiques >C8 - C10	ND	ND	ND
Aliphatiques >C10 - C12	ND	ND	ND
Aliphatiques >C12-C16	ND	ND	ND
Aromatiques >C8 - C10	ND	ND	ND
Aromatiques >C10 - C12	ND	ND	ND
Aromatiques >C12 - C16	ND	ND	ND
Benzène	1,1E-07	4,5E-07	5,6E-07
Toluène	ND	ND	ND
Ethylbenzène	ND	ND	ND
Xylène total	ND	ND	ND
cis 1,2 Dichloroéthène	ND	ND	ND
Chloroforme	1,9E-08	7,4E-08	9,2E-08
Trichloroéthylène	2,1E-08	8,6E-08	1,1E-07
Tétrachloroéthylène	2,9E-10	1,2E-09	1,5E-09
<b>TOTAL</b>	<b>1,5E-07</b>	<b>6,1E-07</b>	<b>7,6E-07</b>

Figure n°53 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques cancéreux  
(23'013'RA'001'01\_v2'fig53)

### VIII.5.6 - Conclusion des calculs de risques en air intérieur

Les analyses des risques EQRS en air intérieur menées, au droit de l'îlot 9.44, dans des conditions majorantes mettent en évidence des niveaux de risques sanitaires compatibles avec le scénario d'exposition retenu, à savoir l'inhalation de composés volatils en intérieur pour des enfants et adultes.

En effet, pour les risques non cancérigènes, la somme des Quotients de Danger est de l'ordre de  $10^{E-01}$  pour une limite légale fixée à 1. Le risque cancérigène pourrait donc être considéré comme acceptable, bien que limite.

Pour les risques cancérigènes, la somme des Excès de Risque Individuel est de l'ordre de  $10^{E-7}$  pour une limite légale fixée à  $10^{E-5}$ . Le risque cancérigène peut donc être considéré comme acceptable.

Dans ces conditions, et en première approche, le risque sanitaire lié à l'inhalation de composés volatils en air intérieur par des enfants et des adultes semble pouvoir être minimisé. Cependant, les valeurs obtenues restent relativement proches des valeurs de comparaison, et sont susceptibles de varier. En effet, une seule campagne de prélèvements des gaz du sol ne s'avère pas suffisamment exhaustive pour garantir l'absence totale de risque. Les concentrations peuvent être amenées à augmenter significativement en fonction des conditions météorologiques pouvant avoir une influence directe sur le dégazage.

En l'état actuel des connaissances, considérant la problématique en solvants chlorés reconnue localement sur les eaux souterraines, et vérifiée par TERE0 sur les gaz du sol, ainsi que les teneurs en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques identifiées au droit du Pzair 2, la société TERE0 recommande a priori la mise en place de mesures constructives afin d'écarter tous risques sanitaires potentiellement liés à cette voie de transfert. En effet, l'intégration à ce stade du projet d'une mise en sécurité des futurs bâtiments vis-à-vis d'éventuelles remontées gazeuses semble nécessaire et raisonnable au vu des teneurs relevées dans les gaz du sol.

### VIII.6 - Evaluation des concentrations dans le milieu récepteur (air extérieur)

---

Au vu des résultats obtenus à l'issue de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires en air intérieur, et considérant les phénomènes de dilution en air extérieur (associés à une diminution des phénomènes de convection), la société TERE0 écarte les risques sanitaires potentiels (par inhalation) liés au dégazage des sols vers l'air ambiant extérieur au droit des futurs espaces végétalisés.

### VIII.7 - Analyse des incertitudes

---

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation font partie de l'étude des risques sanitaires. Les paramètres importants de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leur incidence sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

#### VIII.7.1 - Composés chimiques

##### → Sélection des substances

Les substances sélectionnées correspondent aux composés quantifiés au droit des piézaires présents sur chaque îlot. Cependant, une seule campagne de prélèvement a été réalisée.

##### → Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence des composés

Le choix des VTR est basé sur la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de gestion des substances chimiques et de choix des valeurs des VTR. Elles ont fait l'objet d'une mise à jour lors de la rédaction de ce rapport, notamment sur le portail de l'ANSES.



Parmi les composés recherchés, seul le benzène possède une VGAI réglementaire. Celle-ci, décrite dans le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux « valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène » est de 2 µg/m<sup>3</sup> (depuis le 1er janvier 2016) pour une exposition de longue durée. La VTR sans seuil a été sélectionnée d'après le rapport d'expertise collective rédigé par l'ANSES en juillet 2014 « Valeur toxicologique de référence cancérigène par inhalation pour le benzène ».

Concernant la VTR du toluène, elle a été sélectionnée d'après le rapport d'expertise collective rédigé par l'ANSES en octobre 2017 « Élaboration du VTR par voie respiratoire pour le toluène ».

Le choix de la VTR des xylènes, a également été effectué d'après le rapport d'expertise collective de l'ANSES en septembre 2020 « Valeurs toxicologiques de référence – Les xylènes ».

Le choix de la VTR du trichloroéthylène a été mise en place d'après le rapport d'expertise collective de l'ANSES en juillet 2018 « Proposition de VTR par voie respiratoire pour le trichloroéthylène ».

Le choix de la VTR du tétrachloroéthylène a été mise en place d'après le rapport d'expertise collective de l'ANSES en juillet 2018 « Proposition de VTR par voie respiratoire pour le perchloroéthylène ».

#### → *Propriétés des composés chimiques*

L'ensemble des propriétés des composés chimiques a été collecté sur les bases de données USEPA, OEHHA, RIVM, ATSDR et/ou sont issues des bases de données intégrées aux logiciels RISC (version 5).

### **VIII.7.2 - Paramètres utilisés pour l'estimation des concentrations**

#### → *Choix des concentrations*

Les concentrations retenues correspondent aux teneurs maximales relevées pour chacun des paramètres retenus. Elles sont donc majorantes.

#### → *Caractéristiques des milieux*

La société TEREIO a considéré que la source de pollution était située en zone non saturée à 0,1 mètre en dessous de la surface du sol.

#### → *Choix des récepteurs et scénarii d'exposition*

Les données retenues pour caractériser les milieux récepteurs sont des données de référence du logiciel RISC et/ou les données disponibles sur le projet. Elles ont été sélectionnées de manière à considérer l'option la plus défavorable d'un point de vue sanitaire et ainsi estimer à la hausse les éventuels risques.

### **VIII.7.3 - Modèles de transfert pour l'évaluation des risques sanitaires**

#### → *Source infinie*

Le modèle choisi correspond à un modèle où les concentrations en polluant du milieu source ne varient pas au cours du temps.

#### → *Modèles de transfert utilisés*

Les incertitudes liées à la modélisation sont principalement les suivantes :

- le milieu contaminant est considéré comme un milieu homogène ;
- les interactions entre polluants ne sont pas prises en compte ;
- les critères renseignés pour les personnes cibles sont représentatifs de la population régionale voir nationale et non locale.

#### VIII.7.4 - Conclusion des incertitudes

Il a été constaté que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Néanmoins, la totalité des hypothèses effectuées est, a priori, sécuritaire et a donc tendance à majorer les risques potentiels.

Concernant l'air extérieur, les calculs de risques permettent de mettre en évidence un écart important avec les valeurs de comparaison. En effet, les résultats obtenus permettent, à priori, de sécuriser le risque lié à l'inhalation de composés volatils par les enfants et les adultes résident à proximité.

Concernant l'air intérieur, et en première approche, le risque sanitaire liés à l'inhalation de composés volatils par des résidents (enfants, adultes...) semble pouvoir être minimisé. Cependant, les valeurs obtenues restent relativement proches des valeurs de comparaison, et sont susceptibles de varier. En effet, une seule campagne de prélèvements des gaz du sol ne s'avère pas suffisamment exhaustive afin garantir l'absence totale de risque. Les concentrations peuvent être amenées à augmenter significativement en fonction des conditions météorologiques pouvant avoir une influence directe sur le dégazage.

En l'état actuel des connaissances, considérant la problématique en solvants chlorés reconnue localement sur les eaux souterraines, et vérifiée par TERE sur les gaz du sol, la société TERE recommande a priori la mise en place de mesures constructives afin d'écarter tous risques sanitaires potentiellement liés à cette voie de transfert. En effet, l'intégration à ce stade du projet d'une mise en sécurité des futurs bâtiments vis-à-vis d'éventuelles remontées gazeuses semble nécessaire et raisonnable au vu des teneurs relevées dans les gaz du sol.

### VIII.7.5 - Caractéristiques des principaux polluants

Les caractéristiques des polluants identifiés par le laboratoire d'analyses sont données dans les tableaux qui suivent.

Un descriptif de leurs comportements dans les différents milieux (mobilité dans les sols, capacité de volatilisation et de solubilité), de leur devenir dans l'environnement (biodégradation et bioaccumulation) et de leurs caractéristiques sanitaires (taux d'absorption par ingestion, inhalation et contact cutané) est présenté.

Identification		Comportement			Devenir dans l'environnement		Caractéristiques sanitaires
Classe	Substance	Sols (Mobilité)	Air (Volatilisation)	Eau (Solubilité)	Biodégradation aérobie / anaérobie	Bioaccumulation dans les organismes vivants	Voies d'exposition : primaire / secondaire
METAUX	Arsenic	pH > 6 = mobile à très mobile ; pH < 5 = peu mobile ; pH 5-6 = très peu mobile. Plus le potentiel redox est faible plus l'As sera mobile, et risque accru de toxicité (arsénite et arsine). Les sols riches en oxydes hydroxydes de Fe, Mn, Al adsorbent l'As = peu mobile	Très peu volatil.	La solubilité des composés de l'arsenic est assez variable, certains étant très solubles, d'autres quasiment insolubles. Dans la plupart des eaux naturelles (pH de 6 à 9) l'arsenic se trouve sous sa forme réduite ionisée d'arsénite trivalent As3+ seule forme soluble aux pH et potentiels courants et / ou d'arsénate pentavalent As5+ mais presque insoluble entre pH 2 et 9.	Aucune.	Organismes aquatiques : bioaccumulation faible chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 30-34%) de poussières ; Ingestion (TA > 90%) de sol / organismes vivants (risque important pour les plantes irriguées avec de l'eau contaminée ou plante hyperaccumulatrice type riz, fougères, thym) / eau de boisson ; Contact cutané (TA < 1%).
METAUX	Cadmium	pH < 4,5 = très mobile ; pH < 6 = mobile ; 6 < pH < 7 = peu mobile ; pH > 7 = très peu mobile. Sol argileux avec MO et oxydes hydroxydes Fe, Mn, Al = peu mobile, sol sableux avec peu de MO = mobile.	Très peu volatil.	Dans les eaux le Cadmium est majoritairement insoluble, il tend à précipiter et à se déposer sur le sédiment (il peut être remis en suspension par les crues et le curage), globalement comme pour le sol : à pH basique il aura tendance à précipiter et à pH acide à se solubiliser. Rq : dans les estuaires l'augmentation de la salinité augmente la solubilité du Cd.	Aucune.	Organismes aquatiques : bioaccumulation faible à très élevée chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 10 à 100 %) de poussières ; Ingestion (TA = 5%) de sol / organismes vivants ; Contact cutané.
METAUX	Mercure	pH > 6 = très peu mobile ; 4,5 < pH < 6 = peu mobile ; pH < 4,5 = mobile. Sol argileux avec de la MO, des oxydes hydroxydes de Fe, Mn, Al = Très peu mobile. Sol graveleux, sableux avec peu de MO = mobile et lessivage important.	Volatil (mercure élémentaire : temps de résidence de quelques jours à quelques années.	Globalement insoluble ou peu soluble (le mercure élémentaire est quasiment insoluble dans l'eau, les composés organiques et inorganiques ont une solubilité variable). "Attention quand il y a une forte présence de mercure total dans les eaux la concentration en MMHg peut représenter 0,01% à 10 % du Hg total des analyses complémentaires sont souhaitées".	Aucune.	Organismes aquatiques : forte bioaccumulation chez les vertébrés.	Ingestion (TA = 15 %) de sol / eau de boisson / organismes vivants (majoritairement chez les animaux), peu de risque pour les légumes car faible translocation du Hg vers les plantes. [Attention la concentration en MMHg peut représenter 0,01% à 10 % du Hg total dans ce cas l'ingestion (TA = 95%) la consommation d'organisme aquatique peut être dangereuse] ; Inhalation (75 – 85 %) ; contact cutané (2,6 %).
METAUX	Plomb	pH < 4,5 = très mobile ; pH < 6 = mobile ; 6 < pH < 7 = peu mobile ; pH > 7 = très peu mobile. Sol argileux avec MO et oxydes hydroxydes Fe, Mn, Al = peu mobile, sol sableux avec peu de MO = mobile.	Non volatil.	Généralement insoluble : le plomb a tendance à être éliminé de la colonne d'eau en migrant vers les sédiments par adsorption sur la matière organique et les minéraux d'argile, précipitation comme sel insoluble (carbonate, sulfate ou sulfure) et réaction avec les ions hydriques et les oxydes de manganèse. Globalement comme pour le sol : à pH basique il aura tendance à précipiter et à pH acide à se solubiliser.	Aucune.	Organismes aquatiques : bioaccumulation non négligeable chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 20 à 30 %) de poussières ; Ingestion [5 à 10 % (adulte), 20 % (enfant de 10 ans), 50 % (enfant 2 ans)] de sol / plante / organismes vivants ; Contact cutané.

METEAUX	Zinc	pH < 4,5 = très mobile ; pH < 6 = mobile ; 6 < pH < 7 = peu mobile ; pH > 7 = très peu mobile. Sol argileux avec MO et oxydes hydroxydes Fe, Mn, Al = peu mobile, sol sableux = mobile.	Non volatil.	Très peu soluble (soluble seulement sous la forme de ZnCl <sub>2</sub> sinon très peu soluble voir insoluble notamment pour le Zn). Un pH faible est nécessaire pour maintenir le zinc en solution.	Aucune.	Organismes aquatiques : bioaccumulation qui sera faible chez les vertébrés.	Ingestion (TA = 8-81%) de sol / eau de boisson ; Inhalation poussières ; Contact cutané.
METEAUX	Nickel	A pH faibles < 6 = mobile ; pH > 7 = très peu mobile. La présence de cations tels que Ca <sup>2+</sup> ou Mg <sup>2+</sup> entraîne également une diminution de l'adsorption du nickel (compétition). Dans les sols, les principales formes du nickel sont adsorbées par la surface d'oxydes de Fe, Mn et dans une moindre mesure, par la surface de minéraux argileux. Faible migration en profondeur (sauf pH très acide).	Peu volatil.	Peu soluble : généralement sous forme particulaire en eau de surface. En présence de soufre et en milieu aqueux anaérobie (eau souterraine) du sulfate de nickel se forme = insoluble.	Aucune.	Organismes aquatiques : faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Ingestion (TA = 0,7 -27 %) de sol / organismes vivants (majoritairement les végétaux) ; Inhalation (TA= 20-35 %) poussières ; Contact cutané.
METEAUX	Mercur	pH > 6 = très peu mobile ; 4,5 < pH < 6 = peu mobile ; pH < 4,5 = mobile. Sol argileux avec de la MO, des oxydes hydroxydes de Fe, Mn, Al = Très peu mobile. Sol graveleux, sableux avec peu de MO = mobile et lessivage important.	Volatil (mercure élémentaire) : temps de résidence de quelques jours à quelques années.	Globalement insoluble ou peu soluble (le mercure élémentaire est quasiment insoluble dans l'eau, les composés organiques et inorganiques ont une solubilité variable). "Attention quand il y a une forte présence de mercure total dans les eaux la concentration en MMHg peut représenter 0,01% à 10 % du Hg total des analyses complémentaires sont souhaitées".	Aucune.	Organismes aquatiques : forte bioaccumulation chez les vertébrés.	Ingestion (TA = 15 %) de sol / eau de boisson / organismes vivants (majoritairement chez les animaux), peu de risque pour les légumes car faible translocation du Hg vers les plantes. [Attention la concentration en MMHg peut représenter 0,01% à 10 % du Hg total dans ce cas l'ingestion (TA = 95%) la consommation d'organisme aquatique peut être dangereux] ; Inhalation (75 – 85 %) ; contact cutané (2,6 %).
HCT	HCT C10-40	C26 à C40 = peu mobile à très peu mobile (dans les sols contenant de grandes quantités de matières organiques types argile) : les molécules les plus lourdes sont moins mobiles et adsorbées par les particules du sol et restent près de la source initial ; C10 à C26 = mobile ( dans les sols avec peu de MO types sables) les molécules les plus légères migrent plus profondément sous la surface en raison de leur solubilité plus élevée ou au contraire s'évacuent par vaporisation (C10 à C16).	C10 à C26 = volatils à semi-volatils, C26 à C40 = Peu volatil à non volatil	C26 à C40 : peu soluble à insoluble, la densité des hydrocarbures varie avec la longueur des chaînes carbonées peuvent migrer sous certaines conditions dans la zone non saturée (densité supérieure à 1 DNAPL). C10 à C26 : peu soluble, s'accumuleront sélectivement en surface de la nappe (densité inférieure à 1 = LNAPL) .	C10 à C20 = biodégradable par les bactéries et champignon en aérobie (difficile en aérobie) ; < C20 difficilement biodégradables liés à la longueur des chaînes carbonées.	Organismes : bioaccumulation forte (log de kow augmente avec le nombre de carbone) chez les vertébrés.	Inhalation de poussière / gaz ; Ingestion eau de boisson / sol / organismes vivants ; Contact cutané.



BTEX	Benzène	Mobile. Koc = 134, 1 (log Koc = 2,12), substance peu adsorbable dans les sols notamment sur la MO. Le benzène se volatilise à partir de la surface du sol. Entraîné vers les eaux superficielles par ruissellement et vers les eaux souterraines par lixiviation.	Volatil, une partie du benzène présent dans l'atmosphère est déposée sur le sol ou dans les eaux par précipitation.	Soluble, volatilisation forte à partir des eaux. Densité = 0,876 (LNAPL) : le benzène étant soluble il peut diffuser.	Facilement biodégradable en aérobic : une demi-vie de 15 jours dans l'eau.	Organismes aquatiques : faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 50 %) poussières / gaz ; Ingestion de sol / organismes vivants / eau de boisson ; Contact cutané (TA : 0,4 mg/cm <sup>2</sup> /h).
BTEX	Toluène	Moyennement mobile dans les sols, Koc = 100 (log Koc = 2) substance peu adsorbable dans les sols notamment sur la MO. Si la contamination est à la surface (horizons supérieur) des sols le toluène aura tendance à se volatiliser. Si la contamination est plus profonde (horizons inférieurs), mobilité plus importante par lixiviation (peut atteindre les eaux souterraines).	Très volatil.	Peu soluble, volatilisation forte à partir des eaux. Densité = 0,87 (LNAPL) : le toluène est présent dans la partie supérieure des eaux souterraines.	Facilement biodégradable en aérobic.	Organismes aquatiques : faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 50%) de poussières / gaz ; Ingestion de sol ; Contact cutané (TA = 100%).
COHV	Trichloroéthylène	Mobile, Koc = 70-190 (log Koc = 1,84-2,28) substance peu adsorbable dans les sols notamment sur la MO. L'adsorption aux particules du sol est fonction de l'humidité du sol. Il s'accumule dans la partie souterraine du sol et peut passer dans l'eau souterraine. Dans les horizons de surface le trichloroéthylène se volatilise rapidement.	Très volatil, sous forme gazeuse.	Soluble, volatilisation importante à partir des eaux. Etant relativement soluble il peut diffuser dans les eaux souterraines.	Peu biodégradable en aérobic et potentiellement biodégradable en anaérobic.	Organismes aquatiques : très faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation (TA = 31-79%) gaz ; Ingestion (TA = 80- 98%) sol / végétaux / eau de boisson ; Contact cutané (5-8 µg.cm <sup>-2</sup> .min <sup>-1</sup> ).
COHV	Tétrachloroéthylène	Mobile Koc = 247 (log Koc = 2,39) substance moyennement adsorbable dans les sols notamment à la MO. Le tétrachloroéthylène s'adsorbe en quantité négligeable dans les sols, il est donc assez mobile dans les sols, et il gagne facilement les eaux souterraines. En cas de pollution du sous-sol, une grande partie du polluant peut se volatiliser ou se retrouver dans l'air du sol.	Volatil.	Peu soluble, dans les eaux de surface se volatilise rapidement dans l'atmosphère. Densité = 1,62 (DNAPL) : tendance à migrer en profondeur (plus fluide que l'eau, il migre plus rapidement que l'eau en sous-sol et il peut s'accumuler au fond de l'aquifère).	Non biodégradable en aérobic, en anaérobic potentiellement biodégradable.	Organismes aquatique : très faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation poussières / gaz (TA = 78 – 93 %) ; Ingestion sol ; Contact cutané (TA = 0,68 mg.cm <sup>-2</sup> ).

COHV	1,1-dichloroéthène	Aucune conclusion en effet étant donné la large étendue des valeurs de son Koc = 28-18000 (log Koc = 1,45-4,25), sa mobilité dans le sol ne peut être appréciée. Volatilisation à partir des sols.	Très volatil.	Très soluble, volatilisation forte à partir des eaux. Densité = 1,21 (DNAPL) tendance à migrer en profondeur et étant très soluble il peut diffuser dans les eaux souterraines.	Très difficilement biodégradable en eau de surface. Difficilement biodégradable en eau souterraine : 50 % du 1,1- dichloroéthylène a disparu en 5-6 mois. Rq : le produit de dégradation est du chlorure de vinyle (chloroéthylène).	Organismes aquatique : très faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation poussières / gaz ; Ingestion sol / eau de boisson ; Contact cutané.
COHV	Chloroforme	Très mobile, Koc = 60 (log Koc = 1,78) substance peu adsorbable dans les sols notamment sur la MO. Le chloroforme est très mobile dans le sol et il a tendance à peu s'accumuler dans les couches supérieures du sol il s'évapore facilement à partir du sol. Il peut atteindre l'eau souterraine par lixiviation.	Volatil.	Très soluble, volatilisation importante à partir des eaux. Etant très soluble il peut diffuser dans les eaux souterraines.	Difficilement biodégradable (non biodégradable en aérobic, biodégradable en anaérobic 10 à 14 jours).	Organismes aquatiques : très faible bioaccumulation chez les vertébrés.	Inhalation poussières ; Ingestion (TA = 100 %) sols ; Contact cutané (TA = 1,7 – 8,2 %).
COHV	1,2-trans-dichloroéthylène	Mobile, Koc = 38 (log Koc = 1,56) substance peu adsorbable dans les sols notamment sur la MO. Volatilisation à partir des sols (horizon de surface), lixivié vers la nappe (horizon plus profond).	Très volatil, sous forme gazeuse.	Soluble, volatilisation forte à partir des eaux. Etant soluble il peut diffuser dans les eaux souterraines.	Non biodégradable.	Aucun résultat d'essai valide n'a pu être trouvé dans la littérature.	Inhalation gaz ; Ingestion eau de boisson ; Contact cutané.

Figure n°54 : Caractéristiques des polluants identifiés au droit du site  
(23°013'RA'001'01fig59)

### VIII.8 - Rappel du projet d'aménagement du site

Les aménagements de la zone Amédée sont pilotés par l'Etablissement Public d'Aménagement (EPA) de Bordeaux-Euratlantique en partie centrale et par deux structures d'aménagement des espaces ferroviaires (EFAC et EPFC), filiale de la SNCF pour les îlots nord et sud.

Le futur projet envisage la création d'espaces publics sur 13 500 m<sup>2</sup>, remodelés topographiquement et largement végétalisés. Un parc de près d'1,2 ha, avec aménagement de promenades pour piétons (promenade des cheminots) et une aire de jeux, est envisagé au centre de la zone d'étude.

Le lot 9.44 prévoit la construction de logements et des activités sur 19 500 m<sup>2</sup> de surface de plancher.

Dans le cadre du futur projet de parc arboré, l'apport de 0,5 à 4 m de terres saines est envisagé afin de corriger le dénivelé existant par rapport à la rue Amédée Saint Germain (5 à 6 m de différence de niveau).



**Figure n°55 : Plan de masse du futur projet (espaces publics)**

(23'013'RA'001'01\_v4/fig55)

La cartographie suivante présente l'ensemble du site en fonction des hauteurs de terres, réputées saines, prévues dans le futur projet. Ces hauteurs sont calculées à l'aide des côtes actuelles et des cotes prévisionnelles du futur projet. L'apport de terres saines permettrait de limiter les risques de contact direct avec les sols impactés.

### VIII.9 - Mise en place du schéma conceptuel en fonction de l'usage futur du site

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, le schéma conceptuel doit permettre d'appréhender l'état des concentrations dans les milieux et les voies d'exposition au regard des activités envisagées sur le site, ainsi que des usages constatés hors site. Le schéma conceptuel a pour objectifs de préciser :

- les sources de pollution ;
- les différentes voies de transfert et leurs caractéristiques ;
- les milieux récepteurs ;
- les enjeux à protéger.

L'analyse de ces différents points et des interactions qui existent entre eux doit permettre d'émettre un avis quant aux éventuels risques sanitaires et/ou environnementaux émanant du site.

Les sources potentielles, les milieux de transfert et les enjeux à protéger sont présentés successivement dans les paragraphes ci-dessous.

L'identification des sources d'impact potentiel, des milieux et voies de transferts ainsi que les enjeux à protéger sont identifiés en considérant le site dans son usage actuel (industriel).

#### VIII.9.1 - Identification des sources d'impact potentiel

Suite aux différentes investigations, la société TERE0 retient comme sources de pollution :

- les anciennes activités ferroviaires exercées sur le site ;
- la qualité intrinsèque des remblais en place.

A l'issue des investigations, la société TERE0 retient au droit de la zone d'étude :

Matrices	Espaces publics et lot 9.44
Sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Impact significatif</b> ponctuel et circonscrit en pollution organique</li> <li>• <b>Impact diffus</b> en pollution organique et inorganique</li> </ul>
Eaux souterraines	<b>Pollution historique avérée</b> de la nappe souterraine en COHV mise en évidence lors du suivi des eaux souterraines par la société GOLDER Associates
Gaz du sol	<b>Impact significatif</b> en composés volatils dans les sols

Figure n°56 : Impacts retenus au droit de la zone d'étude



### VIII.10 - Identification des milieux et des voies de transfert

Les milieux récepteurs identifiés et **retenus** au droit du site et les voies de transfert associés sont :

- **les sols** ;
- **les eaux souterraines sur site**, via l'ingestion d'aliments contaminés en cas de mise en place d'arbres fruitiers dans les espaces verts. En effet, une contamination historique est avérée dans les eaux souterraines au droit de la zone Amédée ;
- **l'air intérieur**, via l'inhalation de composés volatils provenant des sols et pouvant se retrouver dans les bâtiments. En effet, les résultats obtenus grâce aux simulations RISC en air intérieur sont acceptables, mais restent relativement proches de la valeur seuil utilisée pour l'ERI (Excès de Risque Individuel). Une seule campagne de prélèvements des gaz du sol ne s'avère pas suffisamment exhaustive pour garantir l'absence totale de risque en air intérieur. Les concentrations peuvent être amenées à fluctuer significativement en fonction de multiples facteurs (condition climatique, niveau des eaux souterraines, etc...) pouvant exercer une influence directe sur le dégazage.

Les voies de transfert suivantes n'apparaissent pas pertinentes et sont donc **écartées** :

- **l'air extérieur** : les résultats obtenus grâce aux simulations RISC en air extérieur sont, quant à eux, jugés acceptables car largement inférieurs aux valeurs seuils retenues pour l'ERI et le QD (quotient de danger) ;
- **les retombés atmosphériques et l'envol particulaire** : l'emprise totale du site est bâtie ou végétalisée ;
- **le ruissellement** : la majeure partie du site sera recouverte par des espaces végétalisés présent, ce qui permettra l'infiltration ;
- **la migration des eaux souterraines hors site**, pouvant contaminer **les eaux superficielles** en aval hydrogéologique du site : d'après l'étude de vulnérabilité et le contexte hydrologique, rédigés par GOLDER Associates dans son rapport de juillet 2022, la Garonne s'écoule vers le nord-est, à une distance d'1,5 km au nord du site, et par conséquent, les eaux de surface ne sont pas considérées comme vulnérables à une éventuelle pollution émanant du site.

### VIII.11 - Identification des enjeux à protéger

Ce paragraphe présente les récepteurs potentiels susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par les sources de pollution via les voies de transfert mises en évidence. Il s'agit des populations, des usages des milieux et de l'environnement, des milieux d'exposition et des ressources naturelles.

Les voies d'exposition suivantes n'apparaissent pas pertinentes :

- **consommation de l'eau ou ingestion des aliments contaminés** par des eaux souterraines souillées à l'aval hydrogéologique du site : dans son étude de vulnérabilité rédigé en juillet 2022, la société GOLDER Associates précise que les ouvrages, présents dans un rayon de 5 km, captent la nappe de l'Eocène à plus de 200 mètres de profondeur, et ne sont donc pas vulnérables à une éventuelle pollution en provenance du site. De plus, du fait de leur éloignement géographique avec le site, aucun des captages à usage agricole ou industrielle n'est vulnérable à une éventuelle pollution en provenance du site. Pour finir, une restriction d'usage des eaux souterraines est actuellement en vigueur et aucun puits privé **déclaré** n'a été recensé à proximité du site.

Les nouveaux enjeux à protéger retenus par la société TEREIO, compte tenu de l'usage futur du site, sont :

- **les enfants présent sur site par contact direct, ingestion de sol et ingestion d'aliments contaminés** au droit des futurs espaces verts ;
- **les utilisateurs du site**, par inhalation de composés volatils provenant des sols.

VIII.12 - Schéma conceptuel initial : usage futur

Au regard de l'ensemble des données mentionnées précédemment, le schéma conceptuel présenté par la figure ci-dessous synthétise les voies de transfert et d'exposition, ainsi que les enjeux à protéger, jugés pertinents, au droit et à l'extérieur du site. Ce schéma reprend les risques potentiels identifiés en considérant l'usage futur du site présenté à la société TERE0 :

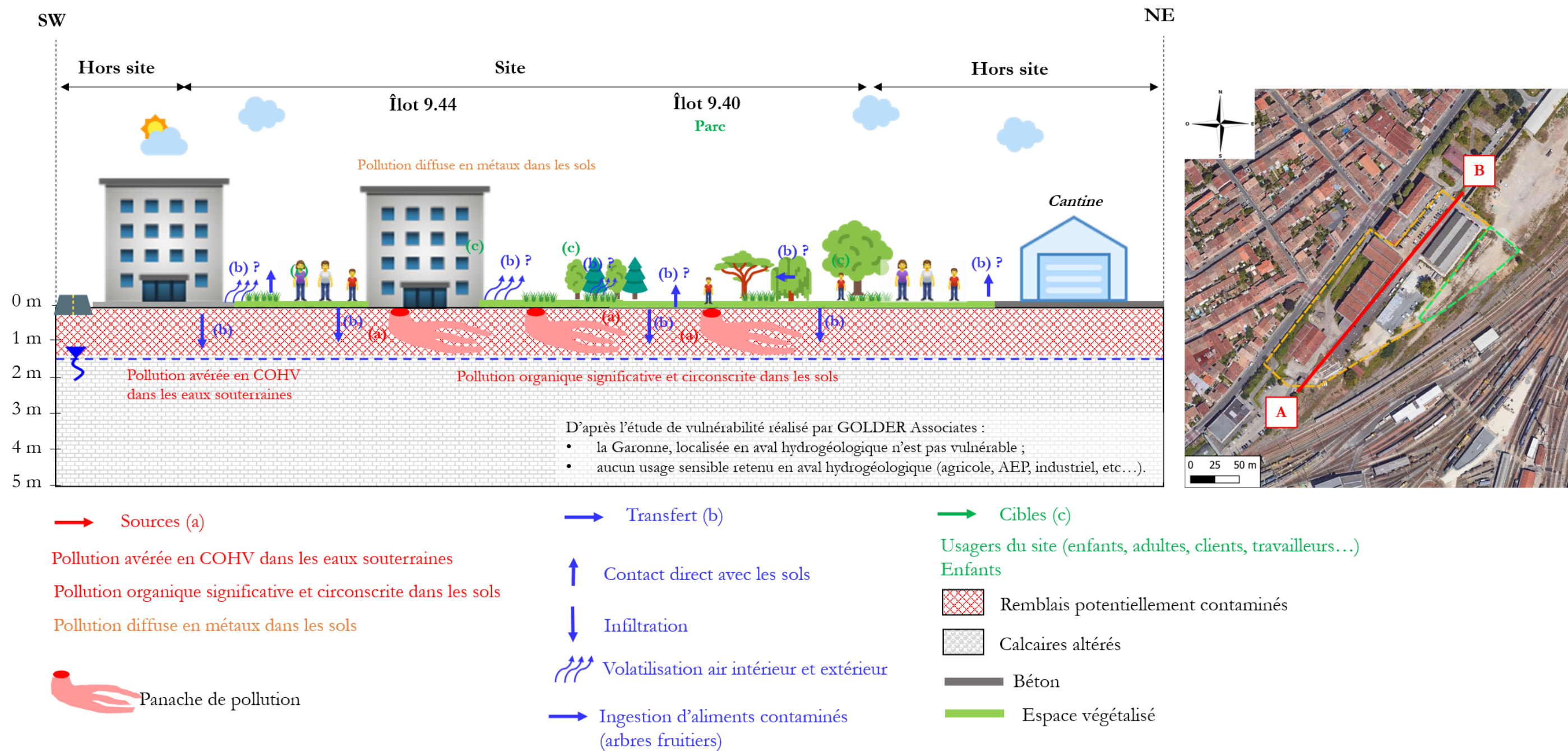


Figure n°57 : Schéma conceptuel initial (usage futur – sans mesure de gestion)  
(23'013'RA'001'01,fig62)

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des informations utiles à l'élaboration du schéma conceptuel. Il reprend les sources, les voies de transfert et les cibles identifiées :

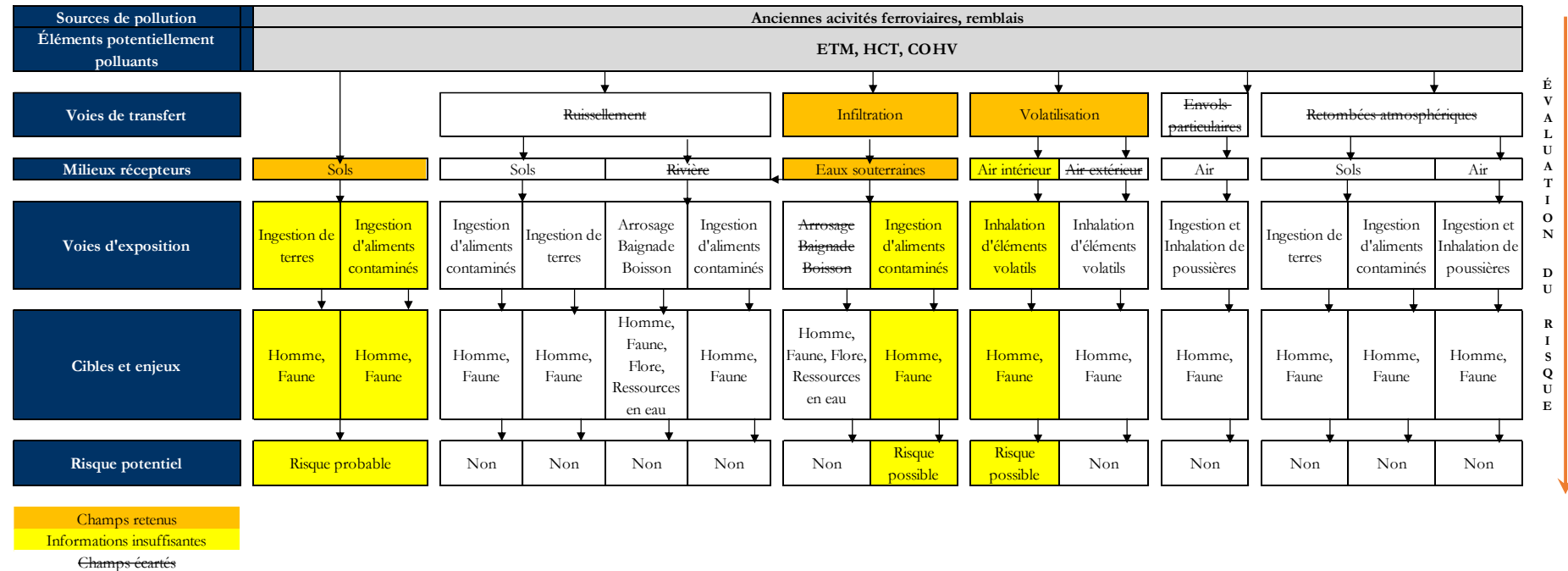


Figure n°58 : Tableau bilan du schéma conceptuel (usage futur, sans mesure de gestion)

(23'013'RA'001'01'fig63)

## IX - PLAN DE GESTION

---

### IX.1 - Contexte

---

Suite aux différentes investigations, la société TERE0 retient comme sources de pollution :

- les anciennes activités ferroviaires ;
- la qualité intrinsèque des remblais présents dans les sols.

A l'issue de la synthèse de l'ensemble des données disponibles sur le site et des investigations, la société TERE0 retient au droit de la zone d'étude :

- une problématique sur les sols :
  - avec la présence **d'impacts significatifs** en pollution organique ;
  - avec la présence **d'impacts diffus en pollution inorganique et organique** sur l'ensemble de la parcelle dans les sols superficiels ;
- une problématique sur les **gaz du sol avec la présence de composés volatils** à des teneurs significatives ;
- une problématique sur les eaux souterraines avec une pollution historique avérée présente sur l'ensemble du secteur Amédée.

En se basant sur le projet transmis à la société TERE0 (usage résidentiel et tertiaire), le schéma conceptuel a mis en évidence des risques/enjeux potentiels sur site :

- un **risque sanitaire** via :
  - le contact direct, ingestion de sol et ingestion d'aliments contaminés par les enfants au droit des futurs espaces verts (si l'apport de terre initialement prévu ne s'avère pas suffisant) ;
  - l'inhalation de composés volatils en air intérieur par les utilisateurs du site (travailleurs...) ;
- un **enjeu environnemental et financier** via la présence de pollution significative dans les sols et dans les sédiments présents dans les réseaux d'eaux pluviales.

Afin de gérer l'ensemble des problématiques retenues, les mesures de gestion préconisées devront permettre de maîtriser/supprimer les risques susmentionnés (inhalation de composés volatils et contact direct avec des terres pollués) et de participer à l'amélioration de l'état des milieux afin de supprimer les pollutions concentrées et circonscrites au droit de la zone d'étude.

La démarche fixant les modalités de gestion et de réaménagement des sites et sols pollués est édictée par une circulaire du Ministère en charge de l'environnement en vigueur depuis février 2007, et mise à jour en avril 2017.

**Ce document constitue un outil d'aide à la décision pour le donneur d'ordres. Il permet une première estimation technico-financière des différentes options de gestion mais ne peut en aucun cas être considéré comme une « étude de faisabilité technique et financière » qui relève d'une prestation spécifique à l'ingénierie des travaux de réhabilitation.**



## IX.2 - Problématique sur les gaz du sol

---

Les investigations effectuées sur les gaz du sol ont mis en évidence un impact en COHV (principalement TCE et PCE), ainsi qu'un impact en hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, au droit des deux piézais. Les résultats obtenus grâce aux simulations RISC en air intérieur sont acceptables mais restent relativement proches de la valeur seuil utilisée pour l'ERI (Excès de Risque Individuel). Une seule campagne de prélèvements des gaz du sol ne s'avère pas suffisamment exhaustive afin de garantir l'absence totale de risque en air intérieur. Les concentrations peuvent être amenées à fluctuer significativement en fonction de multiples facteurs (condition climatique, **niveau des eaux souterraines**, etc...) pouvant exercer une influence directe sur le dégazage.

Concernant l'impact en **COHV**, il peut probablement être attribué au dégazage de la nappe souterraine contaminée par une pollution historique en COHV sur l'ensemble du secteur Amédée. Etant donné que la source historique de pollution n'est pas spécifiquement identifiée à travers les différents diagnostics réalisés sur la zone, il n'est donc pas envisageable d'agir directement sur la source.

Concernant l'**impact en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques**, celui-ci semble préférentiellement associé aux impacts significatifs dans les sols (notamment à proximité des anciennes cuves et stockages superficiels).

Ainsi, comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, si, en premier lieu l'élimination de la source de pollution n'est pas évidente, il faut dans un second temps privilégier une désactivation des voies de transfert. La société TEREEO recommande donc :

- pour les impacts en **hydrocarbures volatils** : la réduction des pollutions concentrées pour réduire les teneurs en gaz présentes dans les sols ;
- pour les impacts en **COHV** : la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz).

## IX.3 - Problématique en zone saturée

---

Comme indiqué précédemment, une pollution historique est avérée au niveau de la nappe souterraine. En effet, les différents suivis des eaux souterraines ont permis de mettre en évidence une pollution diffuse en COHV au droit de l'ensemble du site Amédée. Cependant, aucune source de pollution primaire, susceptible de relarguer des contaminants vers les eaux souterraines n'a clairement été identifiée.

En l'état actuel des connaissances, considérant la restriction d'usage sur les eaux souterraines d'ores-et-déjà actée sur le secteur Amédée et considérant le comportement des polluants organiques majoritairement relevés au droit de la zone d'étude, la société TEREEO n'envisage pas de dépollution en zone saturée, que ce soit sur les eaux souterraines ou sur les sols. Une action sur les zones sources de pollution en zone non saturée et la mise en place de mesures constructives semblent plus pertinentes et mieux adaptées.

## IX.4 - Problématique sur les sols

Afin de maîtriser les risques sanitaires et les enjeux environnementaux et financiers inhérents aux sols, il est nécessaire de gérer :

- les impacts significatifs organiques de la zone non-saturée : principe d'amélioration continue de la qualité des milieux ;
- les impacts en pollutions organique et inorganique présents dans les **sols superficiels** au droit des futurs espaces végétalisés : gestion du risque par contact direct avec les sols.

La société TERE0 précise que des impacts en métaux, sur brut, ont également été retrouvés sur les sols plus profonds, jusqu'à 3 mètres de profondeur. Néanmoins, en l'absence de relargage sur le milieu aquifère (constat confirmé par les résultats sur éluats et sur les eaux souterraines) il ne semble pas nécessaire d'engager des travaux de dépollution sur ces sols qui ne génèrent alors ni contrainte sanitaire, ni contrainte environnementale.

**Enfin, et comme explicité précédemment, les sols situés en zone saturée ne feront pas l'objet d'une dépollution.**

### IX.4.1 - Impact significatif en pollution organique

D'après la méthodologie nationale des sites et sols pollués, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées, la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées dans le but de participer à l'amélioration continue des milieux, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état.

Pour cela, il est nécessaire de définir la teneur en hydrocarbures à partir de laquelle cette concentration dans les sols est considérée comme significative. D'après l'UPDS, une pollution concentrée est définie par « le volume d'un 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 ».

En application du guide de l'UPDS sur les pollutions concentrées (avril 2016), la délimitation d'une pollution concentrée doit résulter de la convergence des résultats d'au moins deux méthodes parmi celles identifiées ci-dessous :

- méthode n°1 : Interprétation des constats de terrain
- méthode n°2 : Analyse statistique
- méthode n°3 : Détermination de la présence d'une phase organique
- méthode n°4 : Cartographie fondée sur des méthodes déterministes
- méthode n°5 : Bilan massique fondé sur des méthodes déterministes
- méthode n°6 : Approche intégrée géostatique.

Plusieurs impacts significatifs en HCT C10-C40 ont été mis en évidence dans les sols. Les investigations réalisées ont, cependant, permis de circonscrire ces impacts dans la limite du site.

### Méthode 1 : interprétation des constats de terrain

L'utilisation de cette méthode est de type qualitatif. En effet, cette méthode est compatible avec la problématique identifiée sur site car les polluants mis en évidence sont facilement détectables à l'aide d'indices organoleptiques :

- observations sur le terrain : couleur, odeur, trace de pollution ;
- mesures semi-quantitatives réalisées à l'aide d'un PID pour les composés volatils.

Le tableau suivant présente les indices organoleptiques et les mesures de PID réalisées sur le terrain :

Sondage	Profondeur (m)		Odeurs	Traces	PID (ppm)	Eau (m)
	Sommet	Base				
P5	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,6	Absence	Absence	2	
	0,6	1,2	Légères	Légères	2,5	
	1,2	1,5	Moyennes	Moyennes	5	
	1,5	2	Fortes	Fortes	16	
P10 + Pzair2	0	0,6	Légères	Légères	0,5	1,5
	0,6	1	Moyennes	Moyennes	0,3	
	1	1,5	Moyennes	Moyennes	7,2	
	1,5	2	Fortes	Fortes	10,5	
	2	3	Légères	Légères	1,1	
P11	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,3	Absence	Absence	0	
	0,3	0,6	Absence	Absence	0	
	0,6	1	Moyennes	Moyennes	3,1	
	1	2	Fortes	Fortes	7,8	
P24	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	2	Absence	Absence	0,9	
	2	3	Absence	Absence	0	
	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
P25	0,05	0,5	Légères	Légères	0,7	
	0,5	2	Fortes	Fortes	19,9	
	2	3	Légères	Légères	0,2	
	0	0,05	Absence	Absence	0	1,5
P27	0,05	0,5	Absence	Absence	0	
	0,5	2	Légères	Légères	8,6	
	2	3	Absence	Absence	0,4	

**Figure n°59 : Constats organoleptiques réalisés sur les sondages**

(23'013'RA'001'01'fig64)

Sur la base de ces constatations, des traces et des odeurs, significatives d'une pollution en hydrocarbures, ont été constatées dans les sols au droit des sondages P5, P10, P11, P25 et P27. Ces constats se sont avérés représentatifs des résultats analytiques obtenus par le laboratoire, qui confirment la présence d'hydrocarbures à de fortes concentrations au droit de ces sondages, à l'exception du sondage P5.

En effet, contrairement aux indices organoleptiques relevés lors des investigations de terrains, les résultats analytiques obtenus au droit du sondage P5, réalisé au droit de l'ancienne cuve présente sur site et du sondage S15 réalisé par GOLDER, n'ont pas mis en évidence d'impact significatif en hydrocarbures. La société TEREIO émet l'hypothèse que les tranches d'hydrocarbures présentent dans les sols au droit de ce sondage pourraient correspondre à des tranches légères (principalement C10-16) et se seraient volatilisées lors de l'échantillonnage, ce qui expliquerait les faibles concentrations observées. Le **sondage P5** est tout de même retenu comme étant **significativement impacté** par une pollution organique.

A l'inverse, le sondage P24 n'avait pas mis en évidence d'odeur et de trace de pollution hydrocarbonée lors des investigations de terrains. Cependant, les résultats d'analyses ont mis en évidence des concentrations en HCT C10-C40 significatives.

### Méthode n°2 : Analyse statistique

Afin d'assurer une pertinence technique dans le réaménagement de l'ensemble de la zone Amédée Sud, l'analyse statistique proposée ci-dessous se base sur les résultats analytiques obtenus sur la totalité du périmètre détourné en page de garde : lots espaces publics/9.44, et lots 9.42/9.43. L'objectif est ainsi de définir un seuil de coupure qui puisse être appliqué, dans la limite des événements connus, à l'ensemble d'Amédée Sud. Les sondages retenus par TEREEO dans cette analyse statistique sont les suivants :

- Sondages passés conduits par HPC, GOLDER et ARCAGÉE ayant mis en évidence des impacts significatifs en hydrocarbures C10-C40 ;
- Ensemble des sondages TEREEO menés en 2023 qui permettent :
  - d'affiner l'étendue des pollutions identifiées précédemment ;
  - de rendre compte de façon plus homogène de la qualité des sols sur l'ensemble de la zone.
- Uniquement les échantillons compris entre 0 et 1,5 mètre de profondeur (aucune dépollution en zone saturée n'est prévue).

*La société TEREEO précise que certains points des études passées ont délibérément été extraits de l'analyse statistique. En effet, une partie des données est à l'échelle du site très hétérogène et largement surreprésentée sur certaines zones, notamment à l'ouest des anciens ateliers et à l'est de la cantine. L'intégration de ces données (ne présentant pas de pollution organique remarquable) dans une analyse statistique aurait pour conséquence de diluer le signal étudié (pollution significative) et d'abaisser le seuil de coupure sur chacune des zones.*

Sont présentés ci-après les résultats de l'analyse statique menée par la société TEREEO à partir des concentrations mesurées dans les sols en hydrocarbures C10-C40.

Calcul statistique	HCT C10-C40	
Concentration maximale (mg/kg-MS)	23 000,00	
Concentration moyenne (mg/kg-MS)	1 827,12	
Médiane	101,00	
Ecart-type	4 196,97	
Percentile 25 (mg/kg-MS)	35,95	
Percentile 70 (mg/kg-MS)	470,80	Rupture n°1
Percentile 75 (mg/kg-MS)	1 275,00	
Percentile 80 (mg/kg-MS)	1 694,00	
Percentile 85 (mg/kg-MS)	2 906,00	Rupture n°2
Percentile 90 (mg/kg-MS)	6 360,00	
Percentile 95 (mg/kg-MS)	10 630,00	

**Figure n°60 : Calculs statistiques des concentrations en HCT dans les sols**

(23'013'RA'001'01\_v2'fig60)

Ces statistiques mettent en évidence que :

- une première rupture entre les percentiles 70 et 80 où les teneurs en HCT C10-C40 passent de 470 à 1.275 mg/kg de M.S. ;
- une seconde rupture entre les percentiles 85 et 90 où les teneurs en HCT C10-C40 passent de 2.900 à 6.360 mg/kg de M.S. ;

Le graphique de fréquences cumulées présentés ci-dessous permet de visualiser deux ruptures de pente autour de 500 et 3.000 mg/kg-M.S. cohérentes avec l'analyse précédente de percentile.



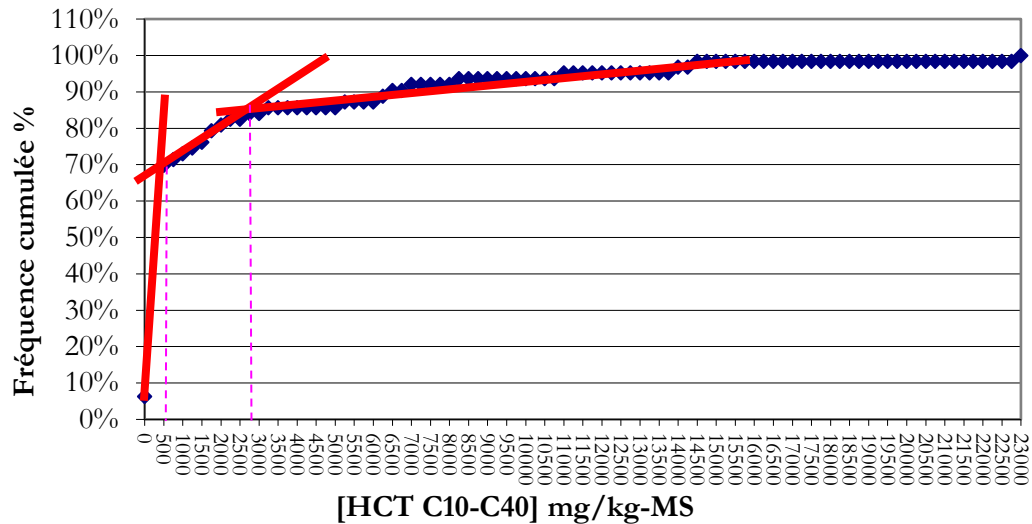


Figure n°61 : Fréquences cumulées des concentrations en HCT

(23'013'RA'001'01\_v2'fig61)

Le graphique ci-dessus indique que :

- 70% des résultats analytiques retenus sont inférieurs à 500 mg/kg-M.S. ;
- 15% des concentrations sont comprises entre 500 mg/kg-M.S. et 2.900 mg/kg-M.S. ;
- 15% des résultats analytiques présentent une teneur supérieure à 2.900 mg/kg-M.S.

Un graphique de répartition des concentrations est également présenté :

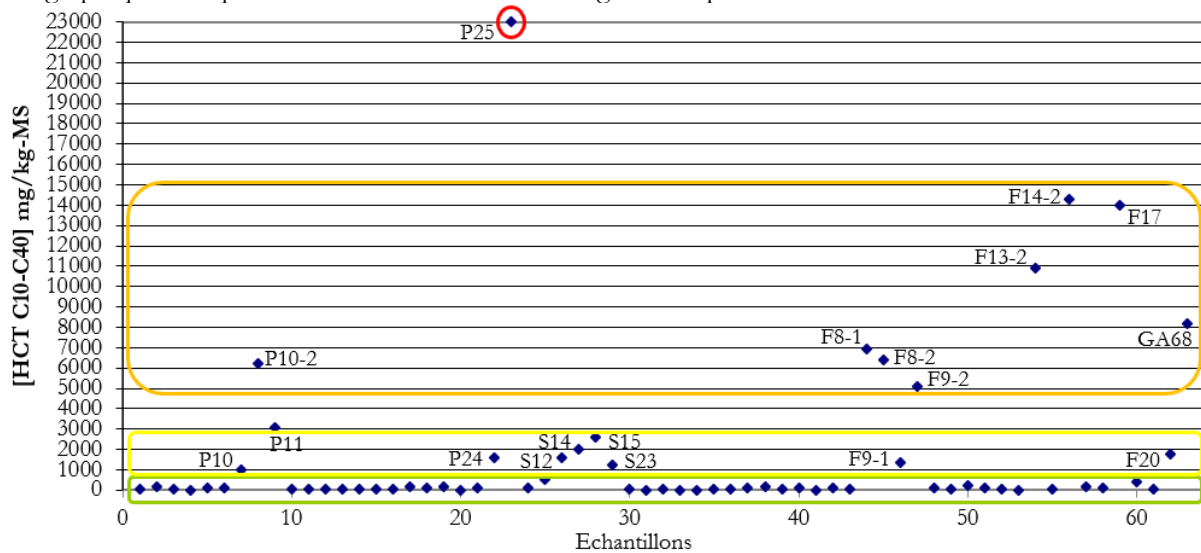


Figure n°62 : Graphiques fréquence cumulée et répartition des concentrations en HCT

(23'013'RA'001'01\_v2'fig62)

Ce graphique laisse apparaître :

- un bruit de fond local en hydrocarbures avoisinant les 550 mg/kg-MS ;
- un pool compris entre 1.000 et 2.900 mg/kg-MS ;
- un pool compris entre 5.000 et 15.000 mg/kg-MS ;
- puis un échantillon solitaire identifié à 23.000 mg/kg-MS.

Aux termes de cette analyse statistique la société TERE0 retient 2 seuils de coupure potentiels :

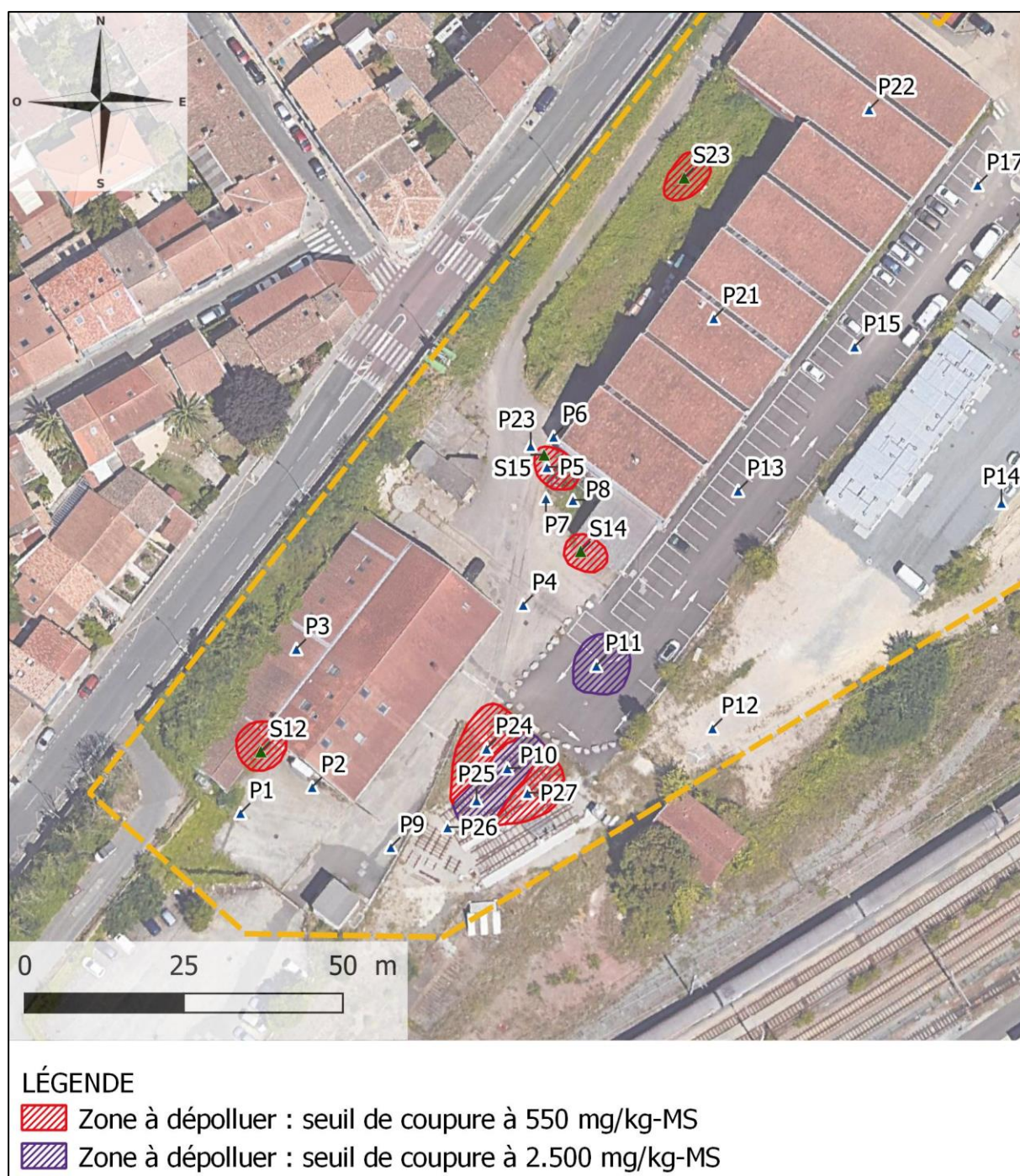
- un seuil de coupure situé autour de 550 mg/kg-MS. Ce dernier correspond à la borne supérieure du bruit de fond géochimique local probablement attribuable à la qualité médiocre des remblais présents au droit du site ;
- un seuil de coupure situé autour de 2.900 mg/kg-MS. Ce dernier est représentatif à la fois :
  - d'une pollution diffuse présente au droit du site liée à l'historique industriel du site ;
  - des limites d'extension des pollutions concentrées identifiées.

Comme précisé précédemment, la gestion des pollutions concentrées aura pour principal objectif de participer à l'amélioration continue de la qualité des milieux. En effet, au vu des projets conduits sur Amédée Sud, de l'absence de risque sanitaire lié au gaz du sol (cf. EQRS + mesures constructives au droit des bâtiments) et de l'apport de terres saines au droit des futures zones végétalisées (cf. projet + partie IX.5), aucun risque sanitaire associé directement aux pollutions concentrées n'est retenu. **L'utilisation d'un seuil de coupure fixé à 2.900 mg/kg-MS peut être retenu au droit de la zone d'étude.**

Néanmoins, après échanges avec le donneur d'ordres et dans une logique de suppression maximale de la pollution aisément accessible en zone non saturée (démarche environnementale forte de la part du donneur d'ordres), le seuil de dépollution visé au droit des pollutions concentrées sera de **550 mg/kg-MS**. A l'inverse, au cours de la poursuite de projet si de nouveaux impacts localisés sont identifiés lors des phases de terrassement (faible emprise au sol et absence de contact possible avec les futurs usagers), le seuil de **2.900 mg/kg-MS** pourra être retenu.

Enfin, la société TERE0 rappelle qu'en 2017, dans le cadre de la procédure de cessation d'activité des ICPE exploitées par la SNCF sur le site Amédée Saint Germain, la société GOLDER Associates a réalisé, pour le compte de la SNCF, un plan de gestion en vue de la remise en état du site pour un usage conforme à celui de la dernière période d'exploitation, à savoir un usage industriel. Ce plan de gestion, validé par la DREAL en 2018, définit à l'aide d'une analyse statistique, dite de « Pareto », et de l'ensemble des données environnementales disponibles, **un seuil de coupure global des hydrocarbures C10-C40 fixé à 2.500 mg/kg de M.S.** Le plan de gestion prévoit, au-delà de ce seuil, la mise en œuvre de mesures de gestion par la SNCF, en qualité d'ancien exploitant. Les résultats d'analyses obtenus lors de la campagne d'avril 2023 mettent néanmoins en évidence des dépassements largement supérieurs au seuil de coupure susvisé. Vraisemblablement, aucune mesure de dépollution n'a à ce jour été poursuivie au droit du site.

La figure suivante présente l'étendue des impacts devant faire l'objet de travaux de dépollution :



**Figure n°63 : Emprise de la pollution significative en HCT C10-C40**

(23°013'RA'001'01\_v2'fig68)

La cartographie permet de définir une surface de sol cumulée d'environ 475 m<sup>2</sup>, soit **713 m<sup>3</sup>** (entre 0 et 1,5 mètre de profondeur), dont :

- environ 255 m<sup>3</sup> concernés par un seuil de coupure à 2.500 mg/kg-MS ;
- et 458 m<sup>3</sup> concernés par un seuil de coupure à 550 mg/kg-MS.

La mise en œuvre d'une gestion de ces impacts contribuera probablement à la diminution des gaz présents dans les sols grâce à l'élimination des pollutions concentrées et permettra de participer à l'amélioration de l'état des milieux.

### IX.5 - Impacts diffus en pollution organique et inorganique au droit des futurs espaces verts

---

Des impacts en pollution organique et inorganique sont présents de manière diffuse dans les sols. Dans le cadre du projet d'aménagement, des espaces verts sont prévus sur site. Un risque de contact direct avec les sols pollués peut donc être retenu. A partir de ces informations, le bureau d'étude s'est donc appuyé sur le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » pour déterminer une épaisseur d'excavation/remblaiement ou d'exhaussement optimal à mettre en place pour empêcher tous risques sanitaires provenant des sols (contact direct, ingestions de terres, ré-envol de poussières). Dans le cadre d'un jardin à usage récréatif (sans potagers), l'épaisseur minimale est de 30 centimètres de terres saines.

Dans le cadre de l'aménagement des espaces publics, le projet prévoit la création d'un parc arboré qui impliquera l'apport de 0,5 à 4 m de terres saines afin de corriger le dénivelé existant par rapport à la rue Amédée Saint Germain (5 à 6 m de différence de niveau). L'objectif est de vérifier si cette hauteur minimale de 30 cm est respectée sur l'ensemble de l'îlot à l'aide des côtes actuelles et des cotes prévisionnelles du futur projet.

Concernant les espaces verts au droit de l'îlot 9.44, aucun projet n'est actuellement défini sur la zone. En l'état, la société TERE avertit le donneur d'ordres sur les risques sanitaires potentiels associés à la qualité des sols superficiels et recommande donc la mise en place de mesures de gestion pour couper tout contact avec les sols actuellement en place : bâti, voies de circulation, zone de stationnement, mise en place de terres saines...



Ainsi, concernant la problématique sur les sols au niveau des futurs espaces extérieurs, la société TERE0 s'est appuyée sur le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des sites pollués – BRGM, août 2014 » pour évaluer la situation propre au site d'étude et proposer des solutions de gestion. Le tableau présenté ci-après propose des mesures de constructions envisageables en fonction de la situation (entourées en rouge) :

Contexte	Utilisation	Contrôles préalables à réaliser	Résultats d'analyses et conclusions	Mesures constructives possibles	Recommandations en terme de contrôles à réaliser après l'installation des mesures constructives
Présence d'un jardin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture de légumes, présence d'arbres fruitiers (avec consommation)</li> <li>et/ou</li> <li>- Espace de loisirs sans culture</li> </ul>	Analyse de la qualité des fruits, des légumes et du sol	Présence de polluants dans des teneurs supérieures aux valeurs applicables pour les fruits, les légumes ou/et supérieures au fond géochimique pour les sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information des occupants avec, dans un premier temps, recommandation de suspendre la consommation des fruits et des légumes</li> <li>- Recherche et mise en place de mesures visant à rétablir l'usage, comme (liste non exhaustive) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place d'une couverture (au minimum une couche de 30 à 50 cm de terre saine) sur grillage avertisseur ou géotextile</li> <li>- Décapage des terres sur 50 cm minimum avec apport de terres saines.</li> <li>- Aménagement d'un jardin potager ou cultures de fruits et légumes, sous réserve de garantir l'absence de transfert de pollution des sols vers les végétaux. A défaut, privilégier la culture hors-sol ou mettre en place des systèmes de confinement limitant l'extension du système racinaire.</li> <li>- Remplacement des arbres fruitiers par des arbres d'ornement.</li> <li>- Ajout d'un dispositif de drainage des eaux météoriques afin de limiter la percolation de la pollution en profondeur.</li> <li>- Mise en place de servitudes et conservation de la mémoire</li> </ul> </li> </ul>	Contrôle de l'état (érosion, entretien,...) et de l'épaisseur de la couche de protection y compris en tenant compte des éventuelles restrictions d'usage. Contrôle de la qualité des sols lors d'une vente du terrain.  Vérification de l'absence de culture d'arbres fruitiers (si recommandé au préalable). Dans le cadre d'un bilan quadriennal, contrôle de la qualité des légumes pendant la période de maturité à minima deux fois (post installation du jardin et avant la fin du bilan).
			Présence de polluants dans des teneurs inférieures aux valeurs applicables pour les fruits, les légumes ou/et supérieures au fond géochimique pour les sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposition de mesures visant à assurer la pérennité de l'usage dans le temps (voir ligne ci-dessus)</li> <li>- A défaut, intégrer le site dans un programme de surveillance dans le temps (bilan quadriennal)</li> </ul>	Dans le cadre d'un bilan quadriennal, contrôle de la qualité des légumes pendant la période de maturité à minima deux fois (post installation du jardin et avant la fin du bilan).
			Absence de polluants dans les fruits, les légumes ou les sols	Information des occupants	Pas de contrôle complémentaire recommandé.
	Présence d'un ouvrage privé (puits, forage, source,...)	Analyse de la qualité des eaux souterraines dans l'ouvrage	Présence de polluants dans des concentrations supérieures aux valeurs disponibles pour les eaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information des occupants et recommandation d'arrêter l'utilisation des eaux souterraines à des fins de consommation, d'irrigation ou d'activités de loisirs</li> <li>- Mise en place de servitudes et conservation de la mémoire</li> <li>- Suppression ou/et remplacement de l'ouvrage</li> </ul>	Mise en place d'un bilan quadriennal intégrant un contrôle densifié de la qualité des eaux (à minima tous les 3 mois la première année) avec ajustement éventuel suite à l'évolution des concentrations après un cycle hydrogéologique (hautes eaux / basses eaux).
			Présence de polluants dans des concentrations inférieures aux valeurs disponibles pour les eaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information des occupants et surveillance régulière de la qualité de l'eau</li> <li>- Mise en place de servitudes et conservation de la mémoire</li> <li>- Suppression ou/et remplacement de l'ouvrage</li> </ul>	Mise en place d'un bilan quadriennal intégrant le contrôle de la qualité des eaux tous les 6 mois, puis ajustement en fonction de l'évolution de la qualité de l'eau.
			Absence de polluant dans les eaux	Information des occupants	Pas de contrôle complémentaire recommandé.

Figure n°64 : Mesures constructives – Bâtiment à construire/Aménagement d'un jardin/Pollution résiduelle au droit du site  
(23'013'RA'001'01'fig68)

### Espaces publics :

Les cartographies suivantes répertorient les zones en fonction des hauteurs de terres, réputées saines, prévues dans le futur projet. Ces hauteurs sont calculées à l'aide des côtes actuelles et des cotes prévisionnelles du futur projet. En dessous de 30 centimètres de terres saines, cette hauteur n'est pas considérée comme suffisante pour écarter le risque de contact direct avec les sols ; il sera donc nécessaire de prévoir des mesures de gestion complémentaires au droit de ces zones.



Figure n°65 : Délimitation des zones inférieures à 30 cm au droit du futur parc (espaces publics)

(23'013'RA'001'01\_v4'fig65)

La zone ne respectant pas cette hauteur minimale de 30 cm est localisée autour et à proximité immédiate de la cantine.

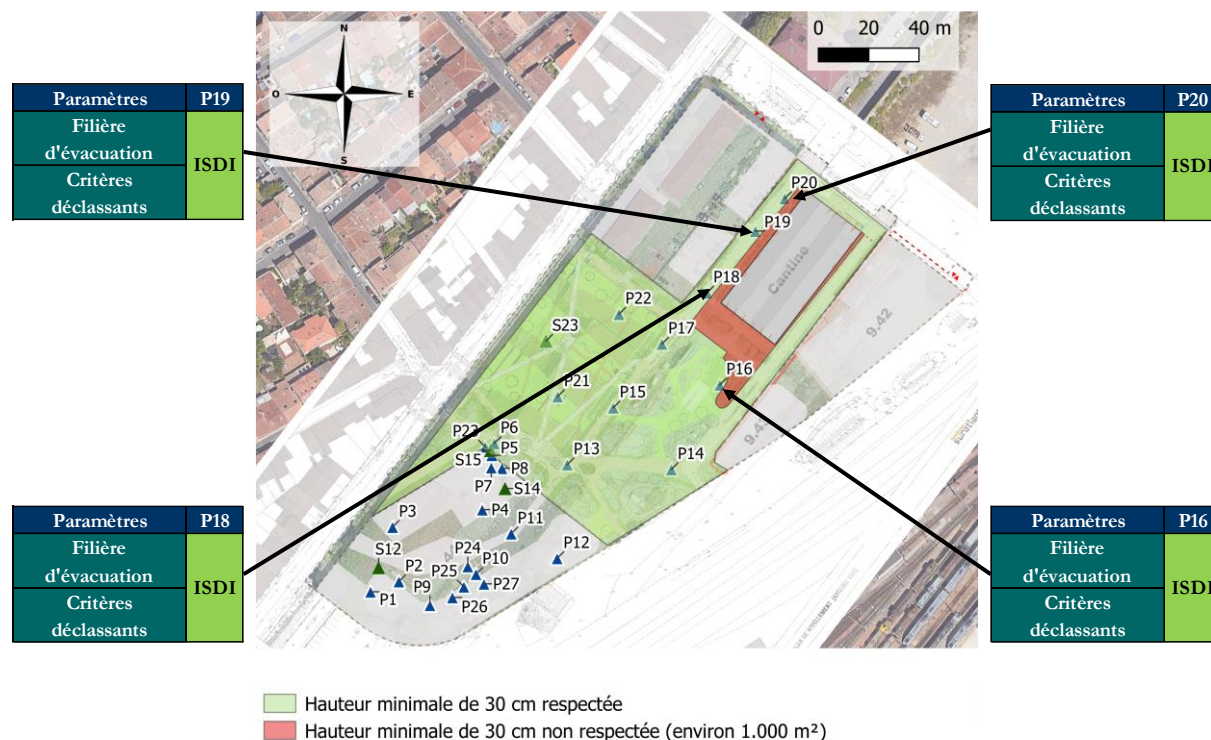


Figure n°66 : Cartographie des filières d'évacuation des terres et volumes associés  
(23'013'RA'001'01\_v4'fig66)



Espaces verts : îlot 9.44 :

Les cartographies suivantes présentent, sur la base des esquisses architecturales présentées à la société TERE0 (aucun projet n'étant réellement fixé), les filières d'évacuation des pollutions diffuses dans les sols superficiels et les volumes de terres à évacuer au droit des futurs espaces verts de l'îlot 9.44. Ces illustrations sont données à titre informatif et devront probablement être adaptées en fonction du projet in fine retenu :

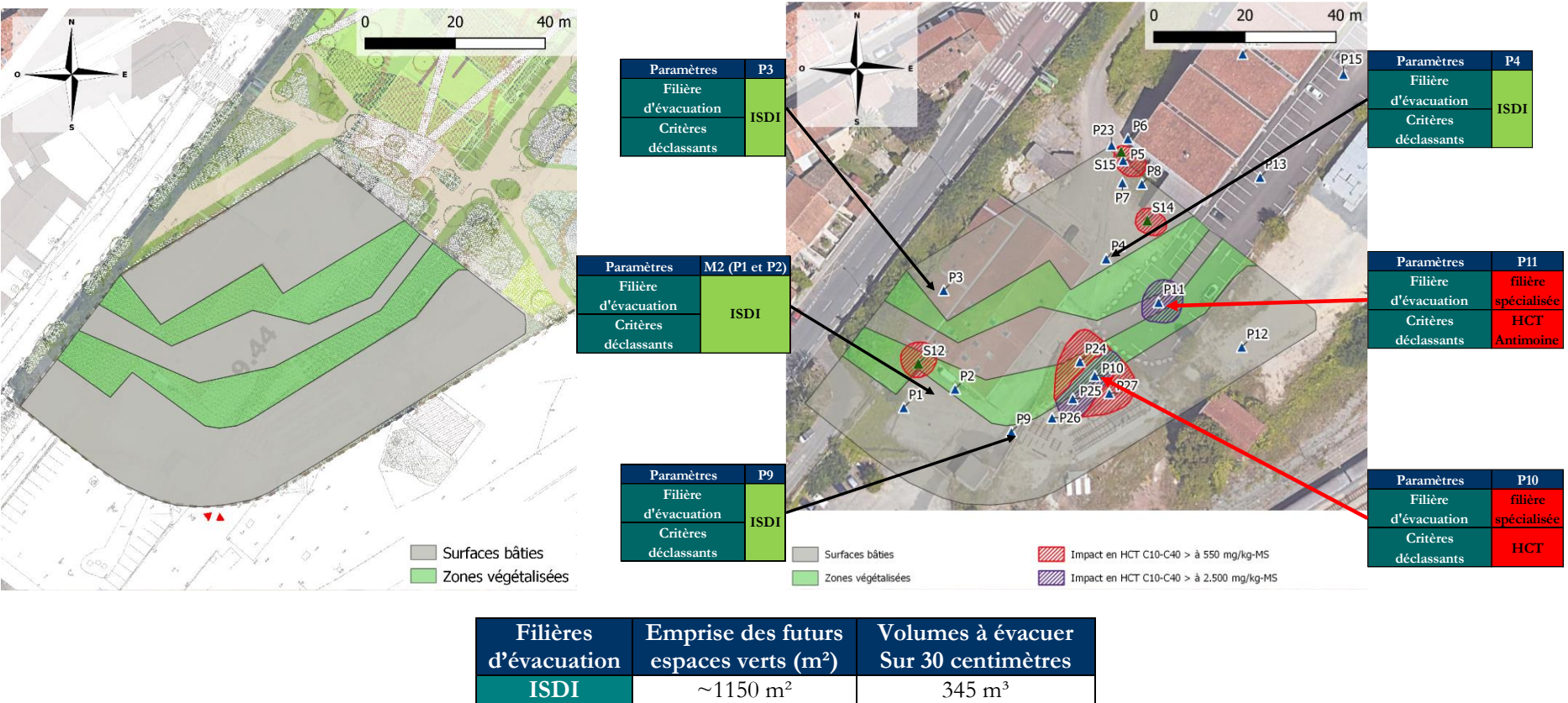


Figure n°67 : Emprise des impacts diffus au droit des futurs jardins de l'îlot 9.44  
(23'013'RA'001'01\_v4'fig67)

L'emprise des volumes à évacuer sur 30 centimètres au droit des jardins ne prend pas en compte les zones significativement impactées représentées en hachures rouge et violette sur la cartographie ci-dessus.



IX.6 - Identification et coûts des options de gestion (problématique sol)

IX.6.1 - Technique de dépollution et mesures de gestion

Les techniques de dépollution et les mesures constructives à mettre en œuvre sont spécifiques aux différentes problématiques rencontrées.

Ainsi, les **pollutions concentrées en composés organiques** doivent être supprimées (seuil de coupure défini à 550 mg/kg) afin de permettre l'amélioration de l'état des milieux, tandis que les **impacts diffus en pollution organique et inorganique**, présents dans les sols superficiels au droit des futurs espaces verts, devront être maîtrisés afin de limiter/empêcher le risque de contact direct avec les sols pour les futurs usagers sensibles du site.

Les différentes méthodes de gestion de la pollution organique significative sont présentées dans la figure suivante :

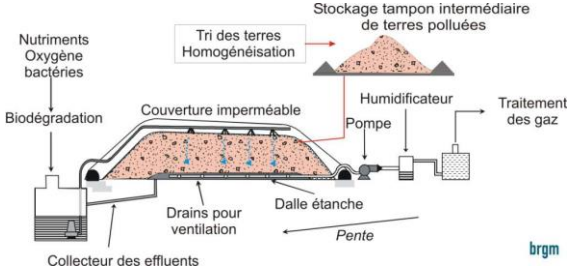
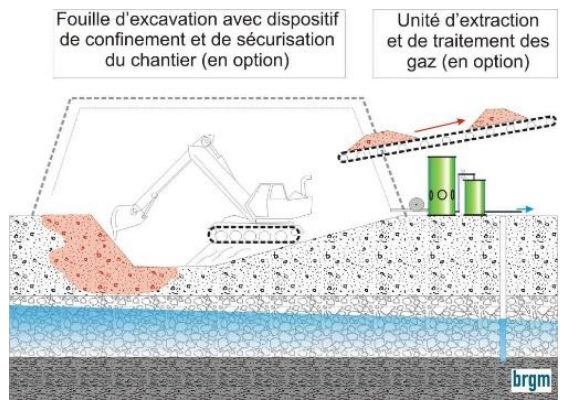
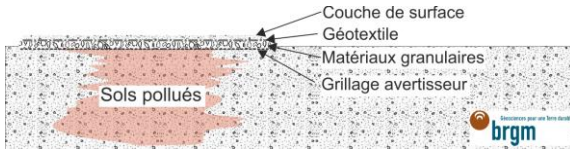
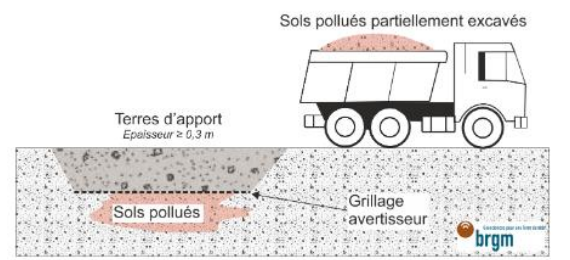
Mesures de gestion en fonction des impacts		Procédé	Mode d'application	Principe	Avantages	Inconvénients
Gestion de la pollution significative en HCT C10-C40	Biotertre		Sur site / hors site	Mise en tas des terres polluées et amendement de ces dernières pour traitement biologique.	Applicable aux sols pollués par les produits pétroliers (teneurs inférieures à 15-20 g/kg). Bons rendements, compétitivité en termes de coût. Bon contrôle des paramètres intervenant dans le processus de biodégradation, surface utilisée moins importante qu'un Landfarming.	Haute technicité requise (études préliminaires obligatoires), suivi régulier, nécessite une excavation et la mise à disposition d'une partie du site. Les concentrations élevées en métaux sont incompatibles avec ce procédé.
	Excavation / évacuation		Hors site	Excavation des terres polluées et stockage hors site	Technique radicale, rapide, applicable à tous types de sol et de pollution. Technique fiable, éprouvée et très utilisée.	L'excavation ne constitue pas un procédé de traitement en tant que tel et doit être accompagnée d'actions complémentaires afin de traiter et/ou stocker les terres. Gestion des matériaux propres de remblaiement, risques de dispersion pendant l'excavation et le transport, difficulté lorsque la pollution est en profondeur (>5-6m), difficulté de mise en œuvre à proximité d'un bâtiment.
Gestion de la pollution superficielle des sols au droit des futurs espaces verts	Recouvrir les terres polluées		Sur site	Mise en place d'une couche de surface au-dessus des sols : <ul style="list-style-type: none"><li>terres végétales ;</li><li>enrobé, béton, pavage.</li></ul>	Traitement de la majorité des polluants, adapté pour des gros volumes, fiable, compétitivité en termes de coût.	Les pollutions restent en place, difficulté de réalisations et maintien de l'étanchéité des systèmes, contrôle et surveillance sur de longues périodes, nécessaire de réaliser un suivi à long terme, obligation de garder en mémoire la pollution et d'instaurer des restrictions.
	Décaper et remplacer les terres polluées			Excavation des terres polluées sur 30 cm et apport de terres saines		

Figure n°68 : Techniques de gestion envisageables  
(23°013'RA°001'01'fig72)

## IX.7 - Estimations des coûts de dépollution de la pollution significative en hydrocarbures

Sur la base des éléments présentés précédemment, la société TEREО retient les deux hypothèses suivantes afin de dépolluer les pollutions significatives en hydrocarbures présentes sur le site :

- le biotertre : le concept du biotertre consiste à rassembler les sols pollués en tas en vue d'un traitement biologique. Dans cette approche, les sols contaminés font l'objet d'un amendement, et les conditions au sein du Biotertre sont soigneusement contrôlées, notamment en termes d'aération et de suppléments nutritifs. Les biotertres sont généralement recouverts d'une géomembrane imperméable pour limiter les infiltrations d'eau de pluie, la volatilisation des polluants et maintenir ou augmenter la température. Les lixiviats sont partiellement recyclés et partiellement traités sur place avant d'être rejetés. Si nécessaire, les émissions atmosphériques, notamment les composés organiques volatils (COV), sont également traitées. Une fois dépolluer, ces terres pourront faire l'objet d'une évacuation en centre de traitement de déchets inertes (ISDI). La société TEREО précise que cette solution de traitement, si utilisée, sera préalablement validée par la réalisation d'essais pilotes (sur site et/ou en laboratoire) par une société spécialisée dans la mise en place de ce type de traitement ;
- l'excavation et l'évacuation hors site en centre de traitement spécialisée.

Le tableau ci-dessous expose les coûts financiers des deux solutions retenues. Pour mémoire, il est toutefois rappelé que les tarifs présentés dans la suite du document ne sont que des estimations tirées des guides du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – analyses coût bénéfices (juin 2010) », « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine SSP (août 2014) », du rapport de l'ADEME « Etude sur le prix d'élimination des déchets inertes du BTP (juin 2012) », du site internet SelecDEPOL, et du retour d'expérience de la société TEREО. Seule une consultation des entreprises permettra d'affiner les coûts présentés ci-dessous. Une évaluation financière est proposée ci-après en considérant les hypothèses suivantes :

- volume de terres significativement impactés : 713 m<sup>3</sup> ;
- volume de terres envisagé pour un éventuel traitement par biotertre : 458 m<sup>3</sup> (pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS ;
- densité des matériaux : 2,1 ;
- remblaiement des fouilles à l'aide de matériaux importés ;
- réalisation d'un suivi environnemental par un bureau d'étude spécialisé en sites et sols pollués ;
- tonnage chargé : 25t / camion.

Procédés			Prix Unitaire € HT		Surface (m²)	Volumes (m³)	Quantités (t)	Prix Total € HT		
			Minimum	Maximum				Minimum	Maximum	
<u>Pollution supérieure à 2.500 mg/kg-MS</u>	Excavation + Remblaiement (hors-site)	Terrassements	5	10	170	255	536	2 678	5 355	
		Chargement des terres + prise en charge des terres en filière spécialisée + Transport des terres : pollution supérieure à 2.500 mg/kg-MS	75	110				40 163	58 905	
		Remblaiement (apport de matériaux)	16	25				8 568	13 388	
		Suivi par un bureau d'étude	10%					5 141	7 765	
	Traitement A	Estimation financière : Excavation/Remblaiement + Evacuation en filière spécialisée € HT							56 549	85 412
<u>Pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS</u>	Excavation + Remblaiement (hors-site)	Terrassements	5	10	305	457,5	961	4 804	9 608	
		Chargement des terres + prise en charge des terres en filière spécialisée + Transport des terres : pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS	75	110				72 056	105 683	
		Remblaiement (apport de matériaux)	16	25				15 372	24 019	
		Suivi par un bureau d'étude	10%					9 223	13 931	
		Estimation financière : Excavation/Remblaiement + Evacuation en filière spécialisée € HT							101 455	153 240
	Excavation + Remblaiement (sur site)	Terrassements	5	10	305	457,5	961	4 804	9 608	
		Traitement des terres sur site (biotertre) : pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS	30	70				28 823	67 253	
		Remblaiement (apport de matériaux)	16	25				15 372	24 019	
		Suivi par un bureau d'étude	10%					4 900	10 088	
		Traitement C	Estimation financière : Gestion de la pollution sur site (biotertre) € HT							53 898
TOTAL € HT : Traitement A + B								158 004	238 652	
TOTAL € HT : Traitement A + C								110 447	196 379	

Figure n°69 : Estimation des coûts de dépollution des impacts organiques significatifs

(23'013'RA'001'01\_v2'fig74)

### IX.8 - Estimations des coûts de gestion de la pollution diffuse au droit des espaces verts

---

Sur la base des éléments présentés précédemment, la société TERE0 retient les deux hypothèses suivantes afin de gérer les pollutions modérées diffuses au droit des espaces verts et ainsi limiter le risque par contact direct pour les usagers sensibles :

- décaper les terres polluées sur une profondeur de 30 cm au droit des espaces verts et les remplacer par une couche de terres saines ;
- recouvrement des terres polluées à l'aide de couches de protections :
  - exhausser les espaces verts sur 30 cm à l'aide de terres végétales saines ;
  - recouvrir les terres polluées, présents à proximité de la cantine, à l'aide d'une surface de recouvrement bétonnée, pavée ou bitumée.

Pour rappel, les coûts présentés ci-dessous ne concernent que les surcoûts liés aux mesures de gestion devant être mises en place du fait des pollutions identifiées sur les sols superficiels. En aucun cas ces estimations intègrent l'apport déjà massif de terre prévu sur le site, et plus spécifiquement au droit des futurs espaces publics. De la même manière, l'estimatif proposé pour le lot 9.44 a pour but d'orienter le donneur d'ordres dans sa réflexion d'aménagement. Une mise à jour devra probablement être réalisée dès qu'un projet précis sera proposé.

Le tableau ci-dessous tient compte des hypothèses suivantes :

- densité des matériaux : 2,1
- remblaiement des fouilles à l'aide de matériaux importés ;
- réalisation d'un suivi environnemental par un bureau d'étude spécialisé en sites et sols pollués ;
- tonnage chargé : 25t / camion.



		Procédés		Prix Unitaire € HT		Surfaces (m²)	Volumes (m³)	Quantités (t)	Prix Total € HT		
				Minimum	Maximum				Minimum	Maximum	
Décaper et rempacer les terres polluées à l'aide de terres saines (30 cm)		Espaces publics (à proximité de la cantine)	Terrassements	5	10	1000	300	630	3 150	6 300	
			Chargement des terres + prise en charge des terres en filière "ISDI" + Transport des terres	10	22				6 300	13 860	
			Remblaiement (apport de matériaux)	16	25				10 080	15 750	
			Mise en place d'un géotextile avertisseur (m²)	2	4				2 000	4 000	
			Total Excavation + remblaiement sur 30 cm (espcae publics) :							21 530	39 910
		Espaces verts îlot 9.44	Terrassements	5	10	1765	530	1 113	5 565	11 130	
			Chargement des terres + prise en charge des terres en filière "ISDI" + Transport des terres	10	22				11 130	24 486	
			Remblaiement (apport de matériaux)	16	25				17 808	27 825	
			Mise en place d'un géotextile avertisseur (m²)	2	4				3 530	7 060	
			Total Excavation + remblaiement sur 30 cm (espaces verts 9.44) :							38 033	70 501
		Suivi par un bureau d'étude			10%					5 956	11 041
		Estimation financière Exacavation/Remblaiement +Evacuation en filière ISDI € HT								65 519	121 452
Recouvrir les terres polluées	Exhaussement des espaces verts sur 30 cm	Espaces publics	Mise en place d'une couche de terre végétale	10	22	1000	300	630	6 300	13 860	
			Mise en place d'un géotextile avertisseur (m²)	2	4				2 000	4 000	
		Total Exhaussement de 30 cm de terres saines (espaces publics) :							8 300	17 860	
		Espaces verts lot 9.44	Mise en place d'une couche de terre végétale	10	22	1150	345	725	7 245	15 939	
			Mise en place d'un géotextile avertisseur (m²)	2	4				2 300	4 600	
		Total Exhaussement de 30 cm de terres saines (espaces verts 9.44) :							9 545	20 539	
	Suivi par un bureau d'étude			10%					1 785	3 840	
	Estimation financière Exhaussement de 30 cm de terres saines € HT								19 630	42 239	
	Recouvrement (bitume, béton et/ou pavée)	Espaces publics	Mise en place d'une surface de recouvrement (bitume, pavée et/ou enrobé)	25	100	1000	/	/	25 000	100 000	
			Mise en place d'un géotextile avertisseur (m²)	2	4				2 000	4 000	
			Total recouvrement des terres polluées autour de la cantine à l'aide de surface bitumée, bétonnée et/ou pavée :							27 000	104 000
		Suivi par un bureau d'étude			10%					2 700	10 400
Estimation financière recouvrement à l'aide d'une surface bitumée, bétonnée et/ou pavée € HT								29 700	114 400		

Figure n°70 : Estimation des coûts de gestion de la pollution diffuse (espaces verts)

(23'013'RA'001'01\_v4'fig70)

## IX.9 - Récapitulatif des coûts de gestion globaux

Le tableau ci-dessous détail les coûts de mise en œuvre des opérations de dépollution en fonction des polluants identifiés et des options de gestion retenues :

Mesures de gestion en fonction des impacts	Procédé		Coûts estimés pour le site audité
Gestion de la pollution significative en HCT C10-C40	Excavation/Evacuation des sols : pollution supérieure à 2.500 mg/kg-MS <i>Traitement A</i>		56 à 86 k€
	Excavation/Evacuation des sols : pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS <i>Traitement B</i>		101 à 154 k€
	Traitement par biotertre des impacts compris entre 550 et 2.500 mg/kg-MS <i>Traitement C</i>		53 à 111 k€
Gestion de la pollution superficielle des sols au droit des futurs espaces verts	Décaper et remplacer les terres polluées sur une profondeur de 30 cm et remplacer par une couche de terres saines		65 à 122 K€ HT
	Recouvrement de terres polluées à l'aide de couches de protection	Exhaussement des sols sur 30 cm	20 à 43 K€ HT
		Recouvrement des terres polluées autour de la cantine à l'aide de surface bitumée, enrobée et/ou pavée	29 à 115 K€ HT

Figure n°71 : Estimations des coûts de dépollution globaux

(23'013'RA'001'01\_v4'fig71)

IX.10 - Evaluation des techniques de dépollution sélectionnées

Le tableau présenté ci-après permet de classer les techniques de dépollutions sélectionnées en fonction de critères techniques et organisationnels, économiques et environnementaux et sociétaux :

Mesures de gestion en fonction des impacts	Procédé	Critères de jugement										
		Techniques et organisationnelle		Economiques		Environnementaux		Acceptabilité sociale		Efficacité		Bilan
Gestion de la pollution significative en HCT C10-C40	Excavation/ Evacuation des sols  <i>Traitement A + B</i>	Nécessite l'utilisation d'engins de chantier et de transport routier. Evacuation de la pollution hors site.	3	158 à 239 k €	1	Ne constitue pas une solution de dépollution. Les terres polluées sont déplacées vers un autre site. Transport routier nécessaire, envol particulaire, émission de CO2. Nécessite de remplacer les matériaux évacués par de nouveaux matériaux sains.	2	Action bénéfique pour les milieux au droit du site. Nuisances liées au chantier et au transport pour les riverains	2	Suppression sur site de la pollution. Garantie de résultats assurée.	3	11
	Excavation/ Evacuation partielle des sols + Biotertre  <i>Traitement A + C</i>	Nécessite l'utilisation d'engins de chantier pour une excavation des terres. Processus de dépollution sur site. Surface des tertres conséquente. <b>Durée de traitement en mois/années.</b> Nécessite d'espace sur site pour mettre en place le biotertre	2	110 à 196 k €	2	Permet de dépolluer les terres sur site et de les réutiliser par la suite.	3	Traitement de la pollution sur site. Contraintes liées au chantier. Nécessite une maîtrise des risques liée à la présence de terres polluées en surface et potentiellement accessibles.	2	Permet de dépolluer les pollutions les plus concentrée. Difficulté de traiter les pollutions à faibles concentrations.	2	11
Gestion de la pollution superficielle des sols au droit des futurs espaces verts	Décaper et remplacer les terres polluées	Nécessite l'utilisation d'engins de chantier et de transport routier. Evacuation de la pollution hors site.	2	65 à 122 k €	2	Ne constitue pas une solution de dépollution. Les terres polluées sont déplacées vers un autre site. Transport routier nécessaire, envol particulaire, émission de CO2. Nécessite de remplacer les matériaux évacués par de nouveaux matériaux sains.	2	Action bénéfique pour les milieux au droit du site. Nuisances liées au chantier et au transport pour les riverains	2	Permet de confiner efficacement le site par des procédés simples	2	10
	Recouvrir les terres polluées (exhaussement de terres saines)	Nécessite l'utilisation d'engins de chantier pour le terrassement des terres saines	3	20 à 43 k €	3	Permet de confiner la pollution et écarter les risques sanitaires.	2	Technique peu appréciée du grand public. Technique moins adaptée au projet futur	1	Permet de confiner efficacement le site par des procédés simples	2	11
	Recouvrir les terres polluées (surface de recouvrement bitumée, bétonnée et/ou pavée)	Nécessite l'utilisation d'engins de chantier pour le terrassement des terres saines	3	29 à 115 k €	2	Permet de confiner la pollution et écarter les risques sanitaires.	2	Technique peu appréciée du grand public. Technique moins adaptée au projet futur	1	Permet de confiner efficacement le site par des procédés simples	2	10

1	Technique peu satisfaisante
2	Technique acceptable
3	Technique satisfaisante

A ce stade du projet, aucune variable complémentaire, que sont les coefficients de pondération, n'a été considérée. Les critères de jugement pourront être discutés à l'avancée du projet et en considérant d'éventuelles contraintes non connues à ce jour. Un poids identique pour l'ensemble des critères est pour le moment retenu.

Figure n°72 : Evaluation des techniques de dépollution

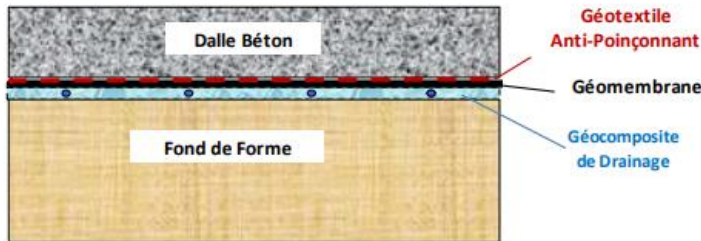
Le bilan présenté ci-dessus a pour objectif de mettre en valeur les points positifs et négatifs de chaque mesure de gestion présentée précédemment. Ce dernier ne constitue pas un classement à proprement parler des techniques. Le bilan a pour vocation de donner un outil d'aide à la décision pour le donneur d'ordres.

### IX.11 - Identification et coûts des options de gestion (problématique gaz du sol – lot 9.44)

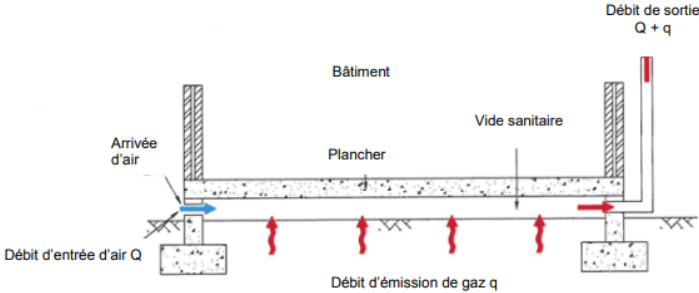
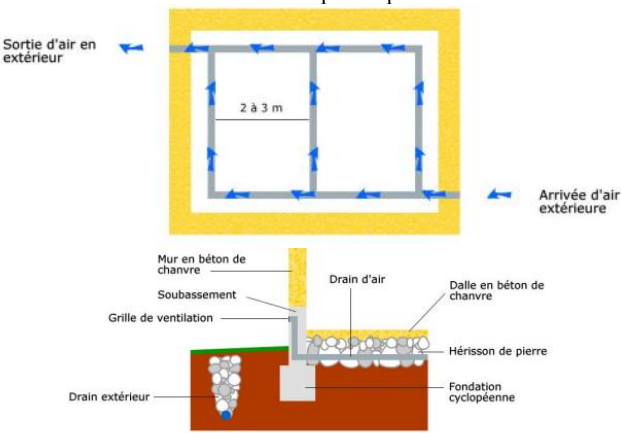
Les investigations effectuées sur les gaz du sol ont mis en évidence des impacts significatifs en composés volatils (COHV, hydrocarbures...). Les résultats obtenus grâce aux simulations RISC en air intérieur, pour le lot 9.44, sont acceptables mais restent relativement proches de la valeur seuil utilisée pour l'ERI (Excès de Risque Individuel). Une seule campagne de prélèvements des gaz du sol ne s'avère pas suffisamment exhaustive afin de garantir l'absence totale de risque en air intérieur. Les concentrations peuvent être amenés à fluctuer significativement en fonction de multiples facteurs (condition climatique, niveau des eaux souterraines, etc...) pouvant exercer une influence directe sur le dégazage.

La société TEREО recommande donc, pour les futurs bâtis du lot 9.44, la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz). Pour rappel, aucun aménagement n'est encore précisément défini sur cette zone. La pertinence des mesures de gestion proposée ci-dessous devra être confrontée au projet envisagé.

Le tableau ci-dessous présente les solutions de gestion préalablement évoquées pour la maîtrise des éventuelles remontées gazeuses.

Technique	Principe <i>Avantage / Inconvénient</i>	Coût
Mise en place d'une membrane de drainage en géocomposite	<p>Lors de la conception d'un bâtiment, il est possible de limiter les risques de remontées gazeuses en mettant en place une géomembrane en géocomposite capable de limiter les migrations vers l'air intérieur du bâtiment. Cette membrane est placée directement sous la dalle béton, et doit être équipée de drains afin de limiter l'accumulation de gaz sous la membrane.</p>  <p><b>Facile, efficace et peu coûteux</b></p> <p><b>Doit se prévoir en amont du projet, mais aucun facteur limitant d'identifié</b></p> <p><b>Des contrôles de la géomembrane devront être prévus pour vérifier l'absence de dégradation de celle-ci</b></p>	<p>40 à 60 € HT / m<sup>2</sup></p> <p><b>Bâtiments lot 9.44 (2300 m<sup>2</sup>) :</b></p> <p><b>92 k€ à 138 k€ HT</b></p>



<p>Mise en place d'un vide sanitaire</p>	<p>Le vide sanitaire permet de créer un matelas d'air (ventilé ou non) entre le sol et le plancher bas. La ventilation permet de réduire les concentrations en gaz du sol en évitant l'accumulation dans ce dernier. L'INERIS préconise ainsi un taux de ventilation de 1,1vol/h.</p>  <p><i>Figure 10 : Principe de la ventilation d'un vide sanitaire [18].</i></p> <p><b>Facile, efficace et durable</b></p> <p><b>Doit se prévoir en amont du projet</b></p>	<p><b>40 à 60 € HT / m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Bâtiments lot 9.44 (2300 m<sup>2</sup>) :</b> <b>92 k€ à 138 k€ HT</b></p> <p>Ces prix ne prennent pas en compte, si nécessaire, la gestion des éventuels déblais générés pour la création du vide sanitaire.</p>
<p>Mise en place d'un hêrisson ventilé</p>	<p>Le hêrisson (couche de pierre et de vide empêchant la remontée d'eau par capillarité) est ventilé par un drain d'air. Il y a une entrée basse et une sortie haute, pour favoriser le tirage naturel. Le drain d'air permet d'éviter les remontées capillaires dans les murs, et permet l'évacuation des éventuels polluants volatils issus des sols sous-jacents.</p> <p>Schéma de principe :</p>  <p><b>Facile à mettre en œuvre</b></p> <p><b>Moins efficace qu'un vide sanitaire ventilé et non visitable pour maintenance</b></p>	<p><b>20 à 30 € HT / m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Bâtiments lot 9.44 (2300 m<sup>2</sup>) :</b> <b>46 k€ à 69 k€ HT</b></p> <p>Ces prix ne prennent pas en compte, si nécessaire, la gestion des éventuels déblais générés pour la création du hêrisson ventilé.</p>

**Figure n°73 : Techniques de gestions envisageables sur les gaz du sol**

Par principe de précaution, le choix d'à minima une de ces solutions permettrait ainsi de s'émanciper des risques liés à l'inhalation des produits volatils présents sous le futur bâtiment. Si ces contraintes sont considérées en amont du projet, le surcoût associé à ces mesures constructives semble admissible, avec un impact sur la balance financière du réaménagement du site acceptable.

IX.12 - Bilan du plan de gestion

Le tableau ci-dessous résume les options de gestion préalablement exposées :

		Action hors travaux	Mesures de gestion	
Sur les sols	Gestion de la pollution significative en HCT C10-C40	Conservation de la mémoire de la pollution	1 : Excavation des sols et évacuation en filière spécialisée des impacts supérieurs à 2.500 mg/kg-MS	1 : 56 à 86 k€ HT
			2-a : Excavation des sols et évacuation en filière spécialisée des impacts compris entre 550 et 2.500 mg/kg-MS	2-a : 101 à 154 k€ HT
			2-b : Gestion par biotierre des impacts compris entre 550 et 2.500 mg/kg-MS	2-b : 53 à 111 k€ HT
	Gestion de la pollution superficielle des sols au droit des futurs espaces verts		1 : Excavation des sols superficiels et recouvrement des terres polluées	1 : 65 à 122 k€ HT
			2 : Exhaussement des sols sur 30 cm	2 : 20 à 43 k€ HT
			3 : recouvrement des terres polluées autour de la cantine (béton, bitume et/ou pavée)	3 : 29 à 115 k€ HT
Sur les gaz du sol		Conservation de la mémoire de la pollution	1 : membrane en géocomposite	1 : 92 à 138 k€ HT
			2 : Vide sanitaire	2 : 92 à 138 k€ HT
			3 : Hérisson ventilé	3 : 46 à 69 k€ HT
Sur les eaux souterraines		Conservation de la mémoire de la pollution et de la restriction des eaux souterraines / Mise en place d'une restriction sur l'implantation d'arbres fruitiers sur site	/	

Figure n°74 : Bilan du plan de gestion  
(23.013.RA.001.01\_v4\_fig74)

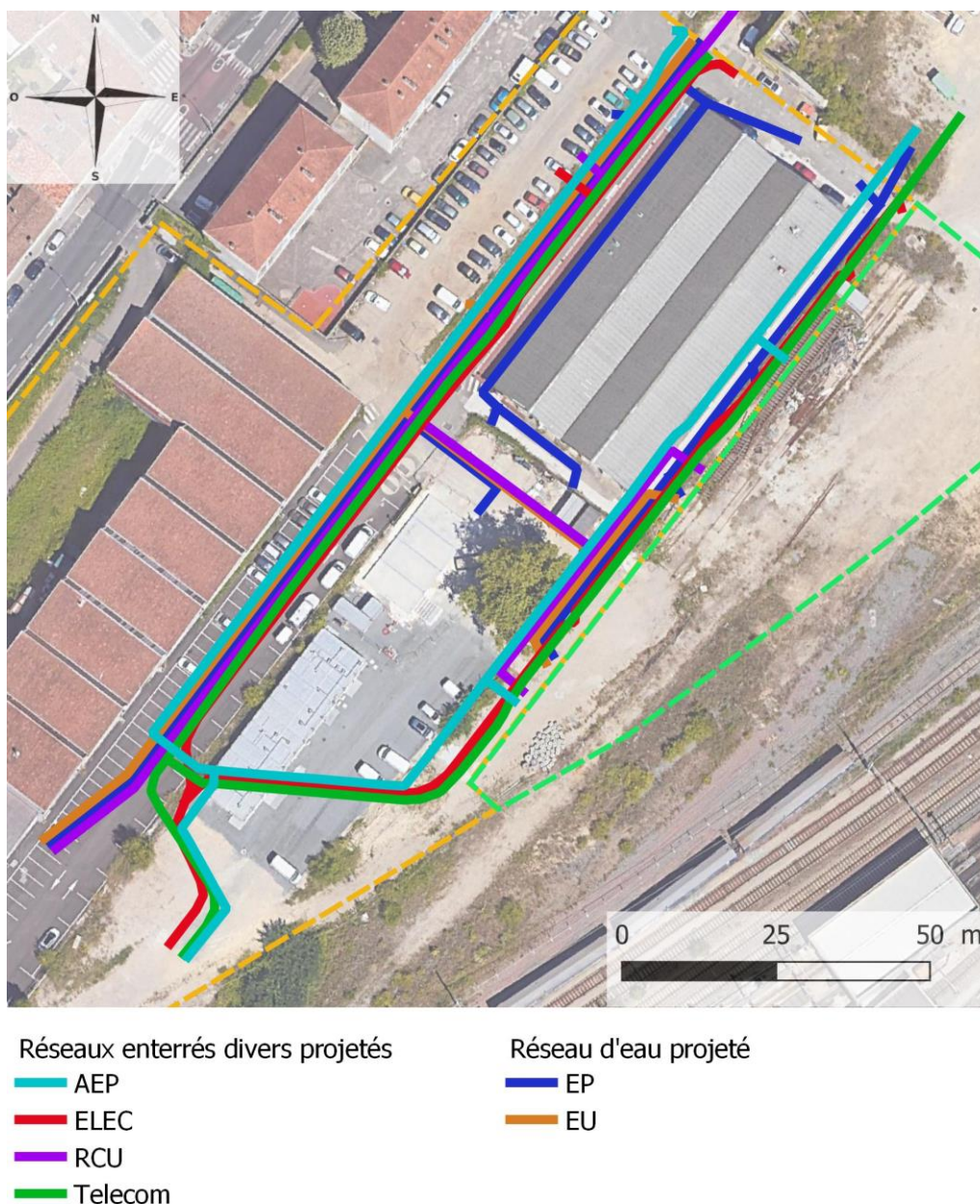
Pour mémoire, il est rappelé que les tarifs présentés dans le cadre du Plan de Gestion doivent être considérés comme des estimations tirées des guides du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – analyses coût bénéfices (juin 2010) », « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine SSP (août 2014) », du rapport de l’ADEME « Etude sur le prix d’élimination des déchets inertes du BTP (juin 2012) », du site internet SelecDEPOL, et du retour d’expérience de la société TERE0. Seule une consultation des entreprises permettra d’affiner les coûts présentés dans le présent document.

Par ailleurs, la société TERE0 précise qu’en fonction des solutions de gestion retenues et des plannings de travaux menés sur le secteur Amédée Sud, des optimisations des coûts de traitement des terres seraient probablement envisageables. A titre d’exemple :

- la mise en place d’un Biotierre commun pour les différents lots (espaces publics / 9.44 / 9.42 / 9.43) permettrait de réduire les coûts associés à la mise en place et au suivi de ce dernier ;
- en cas de traitement des terres sur site, et si les objectifs de réduction de la pollution organique sont obtenus, une réutilisation des terres alors traitées pourrait être envisagée au droit des futurs espaces publics végétalisés devant faire l’objet d’un apport massif de remblais.

### IX.13 - Gestion des futurs réseaux

La cartographie ci-dessous présente la localisation des réseaux enterrés projetés dans le cadre du réaménagement d'Amédée Sud :



**Figure n°75 : Réseaux enterrés projetés – Amédée Sud**

(23.013.RA.001.01\_v2, fig80)

En l'état actuel des connaissances, l'implantation de ces réseaux ne fait pas l'objet de problématique spécifique liée à la gestion des terres polluées. Néanmoins, compte-tenu du passif historique du site et des impacts hétérogènes identifiés dans les sols, notamment concernant les éléments traces métalliques, la société TERE0 recommande une caractérisation affinée des terres susceptibles d'être mobilisées dès lors que les tracés et profondeur d'implantation définitifs auront été actés. Dans ce contexte, et en cohérence avec l'analyse statistique présentée précédemment, si des impacts organiques ponctuels en HCT C10-C40 **inférieurs à 2.900 mg/kg-MS** sont identifiés, ces derniers pourront être laissés en place sous réserve qu'ils ne génèrent ni risque sanitaire, ni risque environnemental. La découverte d'une pollution concentrée non identifiée à ce stade nécessiterait une réanalyse de la situation.

## IX.14 - Schéma conceptuel final

Le schéma conceptuel final prend en compte la mise en place des travaux de dépollution et des mesures constructives recommandées par la société TEREEO.

Les milieux récepteurs identifiés et **retenus** au droit du site et les voies de transfert associés sont :

- **les sols**, réduction significative de la pollution présente dans les sols au droit du site, cependant des pollutions résiduelles seront toujours présentes ;
- **les eaux souterraines**, par infiltration. Une contamination historique est avérée dans les eaux souterraines au droit de la zone Amédée.

### IX.14.1 - Identification des milieux et des voies de transfert

Les **nouvelles voies de transfert** suivantes n'apparaissent pas pertinentes et sont donc **écartées** :

- **l'air intérieur**, la mise en place de mesures constructives au droit du lot 9.44 permet d'écarter le risque d'inhalation de composés volatils en air intérieur ;
- **l'air extérieur** : les résultats obtenus grâce aux simulations RISC en air extérieur sont, quant à eux, jugés acceptables car largement inférieurs aux valeurs seuils retenues pour l'ERI (Excès de Risque Individuel) et le QD (quotient de danger) ;
- **les retombés atmosphériques et l'envol particulaire** : l'emprise totale du site est bâtie ;
- **le ruissellement** : la majeure partie du site sera recouverte par des bâtiments équipés de multiples systèmes de récupération des eaux pluviales reliés au réseau d'eau pluviale. De plus, un espace végétalisé sera présent entre les bâtiments qui permettra l'infiltration ;
- **l'infiltration**, des eaux souterraines pouvant contaminer **les eaux superficielles** en aval hydrogéologique du site : d'après l'étude de vulnérabilité et du contexte hydrologique, rédigé par GOLDER Associates dans son rapport de juillet 2022, la Garonne s'écoule vers le nord-est, à une distance d'1,5 km au nord du site, et par conséquent, les eaux de surface ne sont pas considérées comme vulnérables à une éventuelle pollution émanant du site.

### IX.14.2 - Identification des enjeux à protéger

Ce paragraphe présente les récepteurs potentiels susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par les sources de pollution via les voies de transfert mises en évidence. Il s'agit des populations, des usages des milieux et de l'environnement, des milieux d'exposition et des ressources naturelles.

Les enjeux ci-dessous, préalablement identifiés par la société TEREEO, **n'apparaissent plus pertinents** :

- **les enfants présents sur site par contact direct, ingestion de sol et ingestion d'aliments contaminés** au droit des futurs espaces verts ;
- **les usagers des bâtiments du lot 9.44 (enfants, adultes, travailleurs, clients...) par inhalation de composés volatils provenant des sols.**

La société TERÉO précise qu'un changement d'usage et/ou de projet d'aménagement du site pourraient activer de nouvelles voies de transfert non considérées dans le cas présent (contact direct, ingestion...) et exposer de nouvelles cibles.



Le schéma conceptuel présenté ci-dessous illustre l'état du site après la mise en œuvre des mesures de gestion proposées.

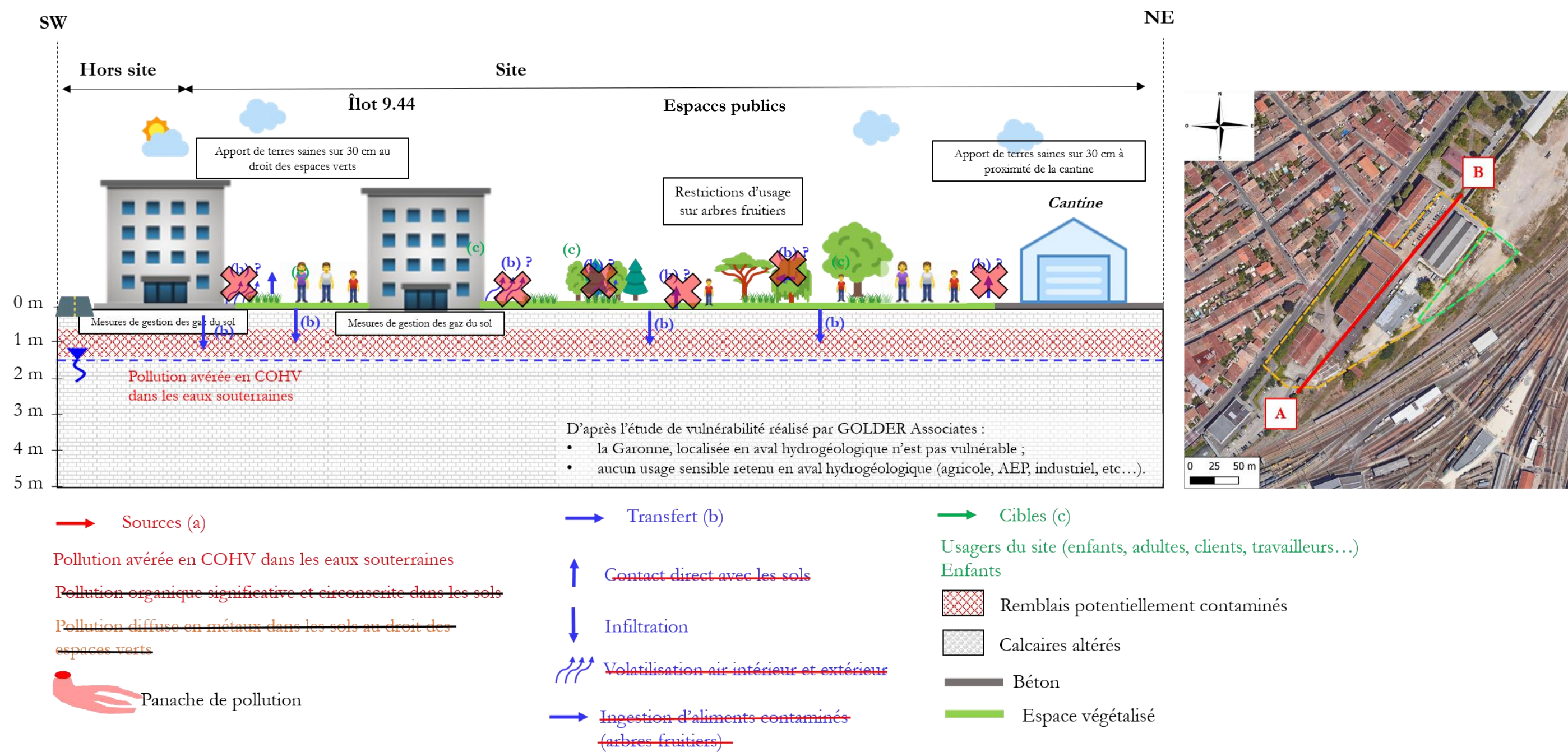


Figure n°76 : Schéma conceptuel après travaux  
(23.013.RA.001.01/fig79)

Au regard de l'ensemble des données mentionnées précédemment, le tableau suivant synthétise les voies de transfert et d'exposition, ainsi que les enjeux à protéger suite à la mise en œuvre des mesures de gestion.

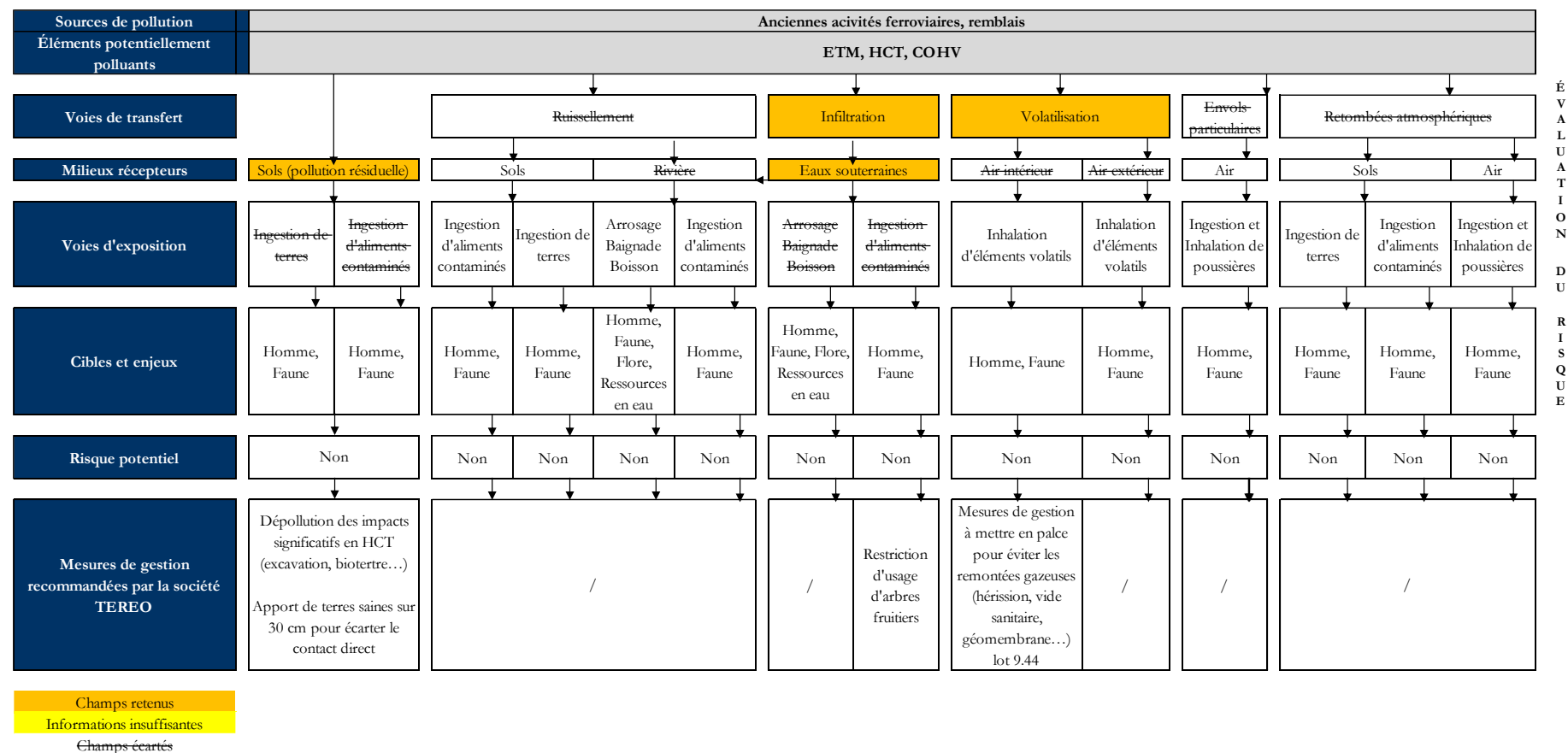


Figure n°77 : Tableau bilan du schéma conceptuel (après travaux)

(23.013.RA.001.01.fig80)

## X - CONCLUSION

Dans le cadre de l'aménagement des futurs espaces publics et du lot 9.44 au droit du secteur Amédée Sud Saint-Germain, la société Espaces Ferroviaires Promotion Commun (EFAC) a mandaté la société TERE0 pour mener une étude environnementale et réaliser un plan de gestion. Pour rappel, la zone d'étude doit évoluer vers un usage sensible (tertiaire et résidentiel).

### Caractérisation des milieux

Suite aux différentes investigations, la société TERE0 retient comme sources de pollution :

- les anciennes activités ferroviaires ;
- la qualité intrinsèque des remblais présents dans les sols.

A l'issue de la synthèse de l'ensemble des données disponibles sur le site et des investigations, la société TERE0 retient au droit de la zone d'étude :

- une problématique sur les sols :
  - avec la présence **d'impacts significatifs** en pollution organique ;
  - avec la présence **d'impacts diffus en pollution inorganique et organique** sur l'ensemble de la parcelle dans les sols superficiels ;
- une problématique sur les **gaz du sol avec la présence de composés volatils** à des teneurs significatives ;
- une problématique sur les eaux souterraines avec une pollution historique avérée présente sur l'ensemble du secteur Amédée.

En se basant sur le projet transmis à la société TERE0 (usage résidentiel et tertiaire), le schéma conceptuel a mis en évidence des risques/enjeux potentiels sur site :

- un **risque sanitaire** via :
  - le contact direct, ingestion de sol et ingestion d'aliments contaminés par les enfants au droit des futurs espaces verts ;
  - l'inhalation de composés volatils en air intérieur par les futurs utilisateurs du site au droit du lot 9.44 ;
- un **enjeu environnemental et financier** via la présence de pollution significative dans les sols.

### Analyse de la situation

**Concernant les gaz du sol** : concernant l'impact en **COHV**, il peut probablement être attribué au dégazage de la nappe souterraine contaminée par une pollution historique en COHV sur l'ensemble du secteur Amédée. Etant donné que la source historique de pollution n'est pas spécifiquement identifiée à travers les différents diagnostics réalisés sur la zone, il n'est donc pas envisageable d'agir directement sur la source.

Concernant l'**impact en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques**, celui-ci semble préférentiellement associé aux impacts significatifs dans les sols (notamment à proximité des anciennes cuves et stockages superficiels).

Ainsi, comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, si, en premier lieu l'élimination de la source de pollution n'est pas évidente, il faut dans un second temps privilégier une désactivation des voies de transfert. La société TERE0 recommande donc :

- pour les impacts en **hydrocarbures volatils** : la réduction des pollutions concentrées pour réduire les teneurs en gaz présents dans les sols.
- pour les impacts en **COHV** : la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz).



Ainsi, et comme précisé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, si, en premier lieu l'élimination de la source de pollution n'est pas évidente, il faut dans un second temps privilégier une désactivation des voies de transfert. La société TERE recommande donc la mise en place de mesures de gestion appliquées au projet (particulièrement bien adaptées pour la gestion des problématiques liées au gaz).

**Concernant la zone saturée**, une pollution historique est en effet avérée au droit du site. En effet, les différents suivis des eaux souterraines ont permis de mettre en évidence une pollution diffuse en COHV sur l'ensemble du site Amédée. Cependant, aucune source de pollution primaire, susceptible de relarguer des contaminants vers les eaux souterraines, n'a clairement été identifiée.

En l'état actuel des connaissances, considérant la restriction d'usage sur les eaux souterraines d'ores-et-déjà actée sur le secteur Amédée et considérant le comportement des polluants organiques majoritairement relevés au droit de la zone d'étude, la société TERE n'envisage pas de dépollution en zone saturée, que ce soit sur les eaux souterraines ou sur les sols. Une action sur les zones sources de pollution en zone non saturée et la mise en place de mesures constructives semblent plus pertinentes et mieux adaptées.

**Concernant les mesures de gestion des sols**, d'après la méthodologie nationale des sites et sols pollués, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées, la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées dans le but de participer à l'amélioration continue des milieux, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état. Pour permettre la gestion d'une telle pollution, le point d'entrée de la démarche consiste à définir un seuil de dépollution jugé environnementalement, techniquement et financièrement acceptable pour pouvoir engager la réalisation des travaux de dépollution. Ainsi, le seuil de dépollution proposé par la société TERE, basé sur une analyse statistique, est de **2.900 mg/kg de M.S.** Néanmoins, après échanges avec le donneur d'ordres et dans une logique de suppression maximale de la pollution aisément accessible en zone non saturée (démarche environnementale forte de la part du donneur d'ordres), le seuil de dépollution visé au droit des pollutions concentrées sera de **550 mg/kg-MS**. A partir de ce postulat, les volumes de sol à traiter en zone non saturée (pour la pollution concentrée) ont pu être estimés à 713 m<sup>3</sup>.

Des impacts en pollution organique et inorganique sont présents de manière diffuse dans les sols. Dans le cadre du projet d'aménagement, des espaces verts sont prévus sur site. Un risque de contact direct avec les sols pollués peut donc être retenu. A partir de ces informations, le bureau d'étude s'est donc appuyé sur le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » pour déterminer une épaisseur d'excavation/remblaiement ou d'exhaussement optimal à mettre en place pour empêcher tous risques sanitaires provenant des sols (contact direct, ingestions de terres, ré-envol de poussières). Dans le cadre d'un jardin à usage récréatif (sans potagers), l'épaisseur minimale est de 30 centimètres de terres saines.

Dans le cadre de l'aménagement des espaces publics, le projet prévoit la création d'un parc arboré qui impliquera l'apport de 0,5 à 4 m de terres saines afin de corriger le dénivelé existant par rapport à la rue Amédée Saint Germain (5 à 6 m de différence de niveau). L'objectif a été de vérifier si cette hauteur minimale de 30 cm était respectée sur l'ensemble de l'îlot à l'aide des côtes actuelles et des cotes prévisionnelles du futur projet. En dessous de 30 centimètres de terres saines, cette hauteur n'est pas considérée comme suffisante pour écarter le risque de contact direct avec les sols, il sera donc nécessaire de prévoir des mesures de gestion au droit de ces zones.

Concernant les espaces verts au droit de l'îlot 9.44, aucun projet n'est actuellement défini sur la zone. En l'état, la société TERE avertit le donneur d'ordres sur les risques sanitaires potentiels associés à la qualité des sols superficiels et recommande donc la mise en place de mesures de gestion pour couper tout contact avec les sols actuellement en place : bâti, voies de circulation, zone de stationnement, mise en place de terres saines...



Mesures de gestion recommandées par la société TERE et analyse financière

Au vu des risques sanitaires et des enjeux environnementaux mis en évidence, la société TERE recommande :

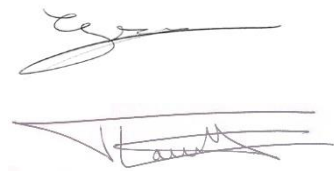
- concernant les impacts significatifs en pollution organique :
  - pollution supérieure à 2.500 mg/kg-MS : excavation et évacuation des terres en centre de traitement spécialisé pour un coût de gestion compris entre 56 et 86 k€ HT ;
  - pollution comprise entre 550 et 2.500 mg/kg-MS :
    - excavation et évacuation des terres en centre de traitement spécialisé pour un coût de gestion compris entre 101 et 154 k€ HT ;
    - ou
    - ou, mise en place d'un biotertre sur site pour un coût de gestion compris entre 53 à 111 k€ HT ;
- concernant les impacts modérés diffus au droit des futurs espaces verts :
  - l'excavation/évacuation puis apport de terres saines sur 30 cm pour un coût de gestion de 65 à 122 k€ HT ;
  - ou
  - l'exhaussement des futurs espaces avec l'apport de 30 cm de terres saines pour un coût total 20 à 43 k€ HT ;
  - et
  - le recouvrement des terres polluées autour de la cantine à l'aide de surfaces de recouvrement bitumée, enrobée ou pavée pour un coût total de 29 à 115 k€ HT ;
- concernant les mesures de gestions à mettre en place au droit des futurs bâtiments afin d'écarter le risque d'inhalation en air intérieur :
  - une membrane en géocomposite (92 à 138 k€ HT) ;
  - ou
  - un vide sanitaire (92 à 138 k€ HT) ;
  - ou
  - un hérisson ventilé (46 à 69 k€ HT) ;
- concernant les eaux souterraines : restriction d'usage concernant la mise en place d'arbres fruitiers au droit des futurs espaces verts.

La société TERE rappelle qu'en l'absence de risque sanitaire retenu via les gaz du sol, en l'état actuel des connaissances, aucune Analyse des Risques Résiduels n'a été menée. Les résultats obtenus lors de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires à partir des données actuelles sont jugés suffisants pour conclure à l'acceptation sanitaire du projet. Qui plus est, les mesures de gestion recommandées ci-dessus viennent renforcer ce constat.


**La société TERE précise que ce document constitue un outil d'aide à la décision pour le donneur d'ordres. Il n'engage ni implicitement ni explicitement les responsabilités de la société TERE dans une estimation précise des coûts de dépollution. Cet engagement ne peut relever que d'une éventuelle « Maîtrise d'œuvre en phase travaux - MOE ».**

A Cenon, le 06/05/2024

Rédaction

**Nicolas GRANIER**  
**Thomas LAMOTTE**  
Chefs de projets

Correction et validation

**Thomas LAMOTTE**  
Superviseur

### LIMITES ET INCERTITUDES

Définition des sources de pollution potentielle étudiées : ces données reposent sur les informations diffusées par le donneur d'ordres. La société TERE ne peut pas être tenue responsable d'une pollution négligée si aucune information accessible ne permettait de l'identifier.

Sondages et échantillonnage des sols : les sondages et les prélèvements réalisés sont des mesures ponctuelles qui ne permettent pas de lever la totalité des aléas sur les milieux étudiés. Des anomalies géochimiques non identifiées entre deux sondages peuvent exister. Les investigations réalisées ont néanmoins été menées dans l'objectif d'auditer au mieux la zone d'étude au vu des informations disponibles. Par ailleurs, des contraintes propres au site d'étude peuvent limiter la réalisation d'investigations au droit de ce dernier : accès aux zones de mesures (notamment pour l'atelier de sondage), présence de réseaux enterrés, zones à risque spécifiques au site (amiante, ATEX, rayonnements ionisants, ...).

Échantillonnage des gaz du sol : les mesures n'ont été réalisées qu'au cours d'une seule campagne. Des phénomènes ponctuels non maîtrisés peuvent engendrer des variations significatives des teneurs observées au sein d'un ouvrage (fluctuation du niveau piézométrique, création de circulations préférentielles lors de la phase de foration...).

Analyses en laboratoire : les recherches analytiques effectuées ont été sélectionnées selon la problématique de l'étude. La présence d'autres composés potentiellement polluant non recherchés ne peut être totalement exclue. D'autre part, les analyses effectuées en laboratoire possèdent leurs propres incertitudes liées notamment à la machinerie utilisée.

Mesures de gestion : les coûts unitaires proposés sont extraits des guides du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – analyses coût bénéfices (juin 2010) », « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine SSP (août 2014) », du rapport de l'ADEME « Etude sur le prix d'élimination des déchets inertes du BTP (juin 2012) », du site internet SelecDEPOL, et du retour d'expérience de la société TERE. Ces dernières peuvent être amenées à évoluer, seule une consultation des entreprises permettra d'affiner les coûts présentés ci-dessous.

## **ANNEXES**

---

CLASSIFICATION DES SUBSTANCES .....	128
ANNEXE II : SUCCESSION DES ÉTAPES CLEFS DU LOGICIEL RISC.....	129
ANNEXE III : MODELE MATHEMATIQUE UTILISE POUR L'INHALATION .....	130
ANNEXE IV: MODELISATION DE TRANSFERT ET CALCUL DES RISQUES -LOGICIEL RISC .....	131
ANNEXE V : FICHES DE TERRAIN.....	134
ANNEXE VI : FLACONNAGES DU LABORATOIRE.....	135
ANNEXE VII : BORDEREAUX D'ANALYSE DU LABORATOIRE. ....	136

## CLASSIFICATION DES SUBSTANCES

Certaines substances sont dites CMR :

- Cancérogènes
- Mutagènes
- Reprotoxiques

Ci-dessous les définitions des classes de cancérogénicité de l'UE, de l'US EPA, du CIRC/IARC :

### Classification de l'Union Européenne (JOCE L110A) directive 93/21 du 27/04/93

- Première catégorie : substances que l'on sait être cancérogène pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer ;
- Deuxième catégorie : substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer. Cette présomption est généralement fondée 1), sur études appropriées à long terme sur l'animal, 2) sur d'autres informations appropriées ;
- Troisième catégorie : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.

### Classification du Centre Internationale de Recherche sur le Cancer (CIRC/IARC/OMS) :

- Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérogène pour l'homme ;
- Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérogène pour l'homme. Il existe des indices limités de cancérogénicité chez l'homme et des indices suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire ;
- Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) pourrait être cancérogène pour l'homme ;
- Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme ;
- Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérogène pour l'homme.

### Classification de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (US-EPA, 1986) :

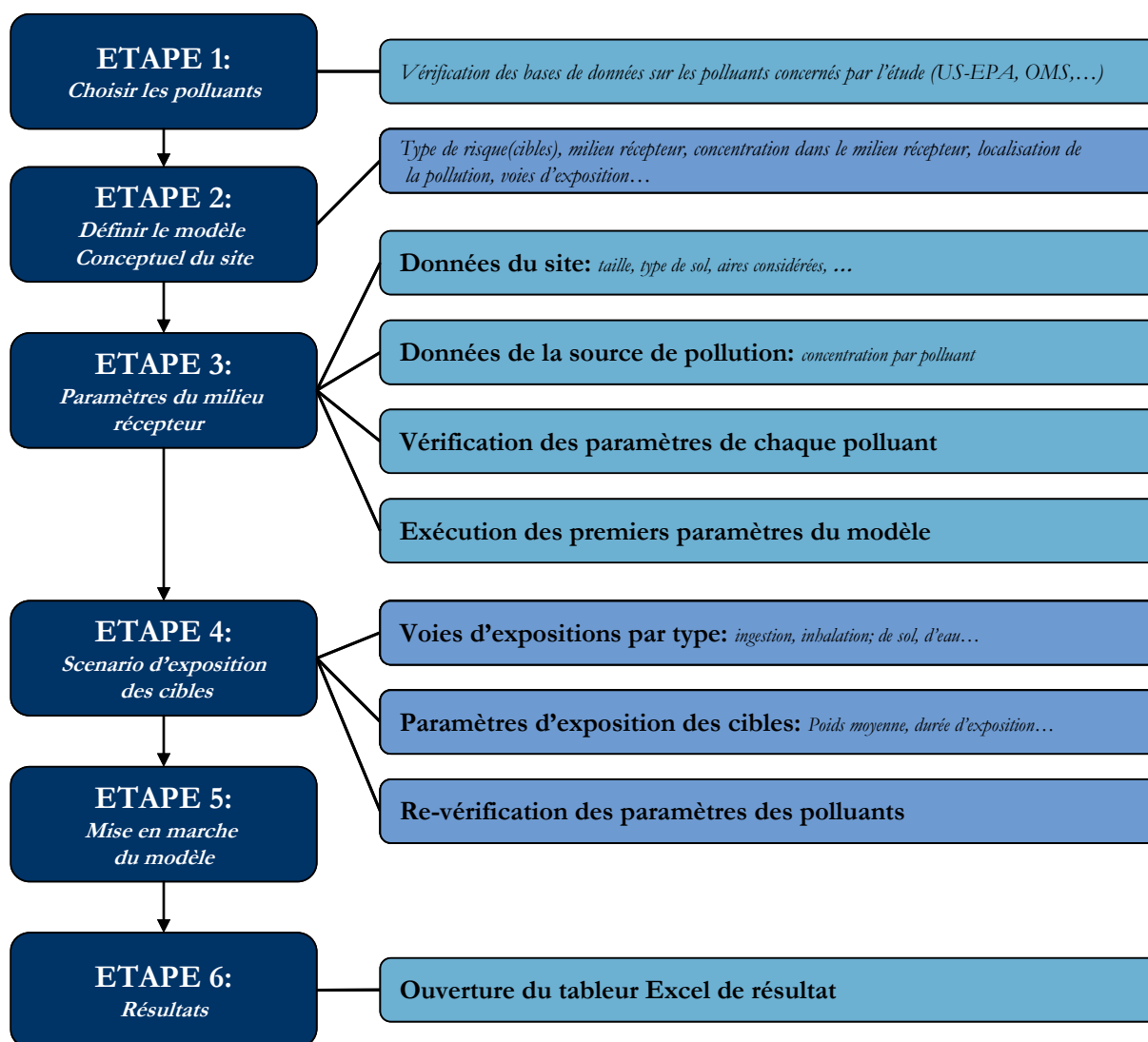
- Classe A : substance cancérogène pour l'homme ;
- Classe B1 : substance probablement cancérogène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles ;
- Classe B2 : substance probablement cancérogène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuves chez l'homme ;
- Classe C : substances à possibilité cancérogène pour l'homme ;
- Classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme ;
- Classe E : substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.

En avril 1996, l'US EPA (IRIS) a proposé une nouvelle approche qui diffère sensiblement de la classification de 1986. Trois catégories descriptives remplacent les catégories précédentes (de A à E) :

- Connu/probable : utilisé quand les données disponibles sur les effets tumorigènes et d'autres points clés du développement d'un cancer apportent des arguments convaincants pour la potentialité cancérogène chez l'homme ;
- Ne peut être déterminé : utilisé lorsque les données suggèrent une potentialité, ou sont discordantes, ou insuffisantes quantitativement. Dès lors la démonstration ne peut apporter avec suffisamment de poids ;
- Improbable : utilisé lorsqu'en absence de données humaines suggérant un potentiel carcinogène, les données expérimentales non humaines permettent de pas retenir la cancérogénèse chez l'homme comme pertinente.



## ANNEXE II : SUCCESSION DES ETAPES CLEFS DU LOGICIEL RISC



**ANNEXE III : MODELE MATHEMATIQUE UTILISE POUR L'INHALATION**

Calcul du DJE pour l'inhalation :

$$CI = \frac{\sum_i (Ci * Ti) * T * Ef}{24 * Tm * 365}$$

Avec :

*CI : concentration moyenne inhalée théorique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

*Ci : concentration de la substance testée dans l'air (intérieur / extérieur) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

*Ti : durée d'exposition journalière à la substance dans l'air intérieur/extérieur (heures)*

*T : durée d'exposition théorique (année)*

*Ef : nombre de jours d'exposition théorique annuel (jour)*

*Tm : période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (année) (pour une substance à seuil*

*d'effet  $Tm = T$  ; pour une substance sans seuil d'effet,  $Tm$  est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)*

## **ANNEXE IV: MODELISATION DE TRANSFERT ET CALCUL DES RISQUES -LOGICIEL RISC**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE added for carcinogens

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Benzene
Chloroform
Dichloroethylene (cis 1,2)
Ethylbenzene
Tetrachloroethylene (PCE)
Toluene
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Trichloroethylene (TCE)
Xylenes (total)

## Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Child Resident - Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Inhalation of Indoor Air	Units	Child Resident - Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile
Exposure frequency for indoor air	events/yr	350	350
Time indoors	hr/d	24	24
Inhalation rate indoors	m <sup>3</sup> /hr	0,625	0,625

## Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Benzene	Chloroform	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
Unit risk factor	1/(ug/m <sup>3</sup> )	2,60E-05	2,30E-05	ND	ND	2,60E-07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,00E-06	ND
Reference Concentration	mg/m <sup>3</sup>	2,00E-03	63	6,00E-02	1,5	0,4	19	18,4	1	1	1	0,2	0,2	0,2	3,2	0,1

Modeled Concentrations for Indoor Air Exposure Point Concentration for Carcinogens																
Receptor Description	Exposure Duration yr	Benzene mg/m <sup>3</sup>	Chloroform mg/m <sup>3</sup>	Dichloroethylene (cis 1,2) mg/m <sup>3</sup>	Ethylbenzene mg/m <sup>3</sup>	Tetrachloroethylene (PCE) mg/m <sup>3</sup>	Toluene mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C6-8 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C8-10 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C10-12 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C12-16 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C8-10 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C10-12 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C12-16 mg/m <sup>3</sup>	Trichloroethylene (TCE) mg/m <sup>3</sup>	Xylenes (total) mg/m <sup>3</sup>
Carcinogens																
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	5,22E-05	9,76E-06	1,49E-05	1,32E-05	1,37E-05	9,91E-05	7,17E-04	6,88E-03	4,15E-02	7,99E-03	5,19E-03	1,90E-02	7,47E-03	2,60E-04	2,61E-04
Adult Resident - Upper Percentile	2,40E+01	5,22E-05	9,76E-06	1,49E-05	1,32E-05	1,37E-05	9,91E-05	7,17E-04	6,88E-03	4,15E-02	7,99E-03	5,19E-03	1,90E-02	7,47E-03	2,60E-04	2,61E-04

Modeled Concentrations for Indoor Air Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens																
Receptor Description	Exposure Duration yr	Benzene mg/m <sup>3</sup>	Chloroform mg/m <sup>3</sup>	Dichloroethylene (cis 1,2) mg/m <sup>3</sup>	Ethylbenzene mg/m <sup>3</sup>	Tetrachloroethylene (PCE) mg/m <sup>3</sup>	Toluene mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C6-8 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C8-10 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C10-12 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aliphatic C12-16 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C8-10 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C10-12 mg/m <sup>3</sup>	TPH Aromatic C12-16 mg/m <sup>3</sup>	Trichloroethylene (TCE) mg/m <sup>3</sup>	Xylenes (total) mg/m <sup>3</sup>
Non-Carcinogens																
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	5,22E-05	9,76E-06	1,49E-05	1,32E-05	1,37E-05	9,91E-05	7,17E-04	6,88E-03	4,15E-02	7,99E-03	5,19E-03	1,90E-02	7,47E-03	2,60E-04	2,61E-04
Adult Resident - Upper Percentile	7,00E+00	5,22E-05	9,76E-06	1,49E-05	1,32E-05	1,37E-05	9,91E-05	7,17E-04	6,88E-03	4,15E-02	7,99E-03	5,19E-03	1,90E-02	7,47E-03	2,60E-04	2,61E-04



Daily Dose and Risk for: Benzene			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	5,0E-05	1,1E-05	
LADD (mg/kd-d)	4,3E-06	3,7E-06	8,0E-06
Cancer Risk (-)	1,1E-07	4,5E-07	5,6E-07
Hazard Index (-)	2,5E-02	2,5E-02	

Daily Dose and Risk for: Chloroform			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	9,4E-06	2,0E-06	
LADD (mg/kd-d)	8,0E-07	6,9E-07	1,5E-06
Cancer Risk (-)	1,9E-08	7,4E-08	9,2E-08
Hazard Index (-)	1,5E-07	1,5E-07	

Daily Dose and Risk for: Dichloroethylene (cis 1,2)			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	1,4E-05	3,1E-06	
LADD (mg/kd-d)	1,2E-06	1,1E-06	2,3E-06
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	2,4E-04	2,4E-04	

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	1,3E-05	2,7E-06	
LADD (mg/kd-d)	1,1E-06	9,3E-07	2,0E-06
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	8,5E-06	8,5E-06	

Daily Dose and Risk for: Tetrachloroethylene (PCE)			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	1,3E-05	2,8E-06	
LADD (mg/kd-d)	1,1E-06	9,6E-07	2,1E-06
Cancer Risk (-)	2,9E-10	1,2E-09	1,5E-09
Hazard Index (-)	3,3E-05	3,3E-05	

Daily Dose and Risk for: Toluene			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	9,5E-05	2,0E-05	
LADD (mg/kd-d)	8,1E-06	7,0E-06	1,5E-05
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	5,0E-06	5,0E-06	

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	6,9E-04	1,5E-04	
LADD (mg/kd-d)	5,9E-05	5,1E-05	1,1E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	3,7E-05	3,7E-05	

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	6,6E-03	1,4E-03	
LADD (mg/kd-d)	5,7E-04	4,9E-04	1,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	6,6E-03	6,6E-03	

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	4,0E-02	8,5E-03	
LADD (mg/kd-d)	3,4E-03	2,9E-03	6,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	4,0E-02	4,0E-02	

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	7,7E-03	1,8E-03	
LADD (mg/kd-d)	6,6E-04	5,6E-04	1,2E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	7,7E-03	7,7E-03	

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	5,0E-03	1,1E-03	
LADD (mg/kd-d)	4,3E-04	3,7E-04	7,9E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	2,5E-02	2,5E-02	

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	1,8E-02	3,9E-03	
LADD (mg/kd-d)	1,6E-03	1,3E-03	2,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	9,1E-02	9,1E-02	

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	7,2E-03	1,5E-03	
LADD (mg/kd-d)	6,1E-04	5,3E-04	1,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	3,6E-02	3,6E-02	

Daily Dose and Risk for: Trichloroethylene (TCE)			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	2,5E-04	5,4E-05	
LADD (mg/kd-d)	2,1E-05	1,8E-05	4,0E-05
Cancer Risk (-)	2,1E-08	8,6E-08	1,1E-07
Hazard Index (-)	7,8E-05	7,8E-05	

Daily Dose and Risk for: Xylenes (total)			
Inhalation of Indoor Air	Child Resident Upper Percentile	Adult Resident - Upper Percentile	Additive Receptor Case
CADD (mg/kd-d)	2,5E-04	5,4E-05	
LADD (mg/kd-d)	2,1E-05	1,8E-05	4,0E-05
Cancer Risk (-)	ND	ND	0,0E+00
Hazard Index (-)	2,5E-03	2,5E-03	

## **ANNEXE V : FICHES DE TERRAIN**

## **ANNEXE VI : FLACONNAGES DU LABORATOIRE**

## **ANNEXE VII : BORDEREAUX D'ANALYSE DU LABORATOIRE.**