

CONSULTING

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et Analyse des risques résiduels

SAFEGE

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

Vérification des documents

Numéro du projet : 26EAU022

Intitulé du projet : Plan de gestion et Analyse des risques résiduels et Analyse des Risques Résiduels

Intitulé du document : Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	VATIN Zoe - Ingénieure de projets SSP	MAXANT Emilien – Chef de projet SSP CORDONNIER Nathalie Superviseur SSP	03/2026	Version initiale
2	VATIN Zoe - Ingénieure de projets SSP	MAXANT Emilien – Chef de projet SSP CORDONNIER Nathalie Superviseur SSP	30/04/2026	Modifications du projet d'aménagement, prise en compte du fond géochimique local

Résumé non technique

Dans un **contexte** de reconversion des parcelles n°137, 141, 164, 166, 295, 296, 299, 300, 334, 332, 333, 335, 494, 495 et 563 sur la commune de Gannat (03) pour un usage résidentiel, et suite à plusieurs diagnostics de pollution, SAFEGE a été mandaté pour réaliser un **plan de gestion et une analyse des risques résiduels**.

L'**objectif de cette étude** est d'évaluer le degré de pollution du site et de définir les travaux de dépollution pour un usage futur résidentiel avec jardin, potager et arbres fruitiers.

Le **schéma conceptuel initial** établi dans le cadre du futur usage du site, a montré que les risques associés à la qualité du milieu souterrain sont potentiellement liés à l'exposition des futurs occupants inhalation de substances volatiles, de poussières et ingestion de sols et de végétaux. Hors site, il existe une incertitude concernant un impact sur les eaux souterraine en aval du site.

Un **plan de gestion validé par une analyse des enjeux sanitaires** présentant les différents **scénarii envisageables de gestion de la pollution** indique que l'ensemble des scénarios porte sur l'excavation et le traitement en filière spécifique des terres (ISDI, ISDI+, Biocentre). Deux scénarios ont été travaillés pour répondre à la problématique :

- **Scénario 1** : apport d'une couche de terres saines d'une épaisseur de 30 cm isolée des terres en place sur une partie des espaces verts présentant des anomalies élevées en arsenic,
- **Scénario 2** : substitution des terres de surface sur une partie des espaces verts présentant des anomalies élevées en arsenic puis apport de 30 cm de terres saines isolées des terres en place.

Deux hypothèses ont également été formulées concernant le traitement des pollutions concentrées :

- Une **hypothèse haute** : en considérant l'ensemble des pollutions concentrées identifiées,
- Une **hypothèse basse** : en considérant que les anomalies en métaux lourds ne seraient pas traitées en profondeur.

Les travaux de dépollution concernent le traitement de pollutions concentrées en hydrocarbures, PCB, de spots de pollution en mercure, cuivre et arsenic et l'excavation de terres contenant des métaux lourds.

Les tableaux suivants résument les volumes de terres à excaver par scénario et les filières d'élimination envisagées et les coûts associés :

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation	Budget
Scénario 1 : Apport de terres saines	4 082 m ³	851 m ³	270 m ³	5 203 m³	
ZPC - Hypothèse basse	371 m ³	0	799 m ³	1 170 m³	
ZPC - Hypothèse haute	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³	
Total SC1 + ZPC basse	4 453 m³	851 m³	1 069 m³		861k €
Total SC1 + ZPC haute	4 945 m³	851 m³	1711 m³		939,2 k€

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation	Budget
Scénario 2 : Substitution et apport de terres saines	4 251,0 m ³	1 064 m ³	270 m ³	5 585 m³	
ZPC - Hypothèse basse	371 m ³	0	799 m ³	1170 m³	
ZPC - Hypothèse haute	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³	
Total SC2 + ZPC basse	4 622 m³	1 064 m³	1 069 m³		913,1k €
Total SC2 + ZPC haute	5 114 m³	1 064 m³	1 711 m³		996,4k €

* : Sous réserve des seuils d'acceptation des centres

Des mesures d'accompagnement pour la gestion du site à long terme du résiduel seront nécessaires telles des restrictions d'usage (interdiction de plantation d'arbres fruitiers ou mise en place de potagers pour les deux scénarios) et obligation de prise en compte de la qualité du sous-sol en cas de modification de l'usage ou des aménagements considérés dans le présent rapport. La formulation des propositions de restrictions d'usage représente un budget inférieur à 10 k€.

L'ARR prédictive a montré qu'après traitement des pollutions concentrées et mise en œuvre des mesures de gestion compensatoires, le site est compatible avec l'usage envisagé en considérant : bâtiments à usage résidentiel collectif sans niveau de sous-sol, espaces verts accessibles au public et parking, absence d'usage des eaux souterraines, absence de jardins potagers et arbres fruitiers).

Au regard des données acquises, SAFEGE émet des recommandations concernant des investigations complémentaires sur les eaux souterraines, la mise en œuvre du plan de gestion, la mise en place de restrictions d'usages et servitudes, le comblement du puits industriels, la conservation de la mémoire, la remise en perspective de l'étude en cas de modification d'usage.

Sommaire

1.....	Contexte et objectifs	1
2.....	Référentiel méthodologique et normatif.....	2
2.1	Méthodologie générale.....	2
2.2	Description de la mission	2
3.....	Présentation du site étudié	4
3.1	Localisation	4
3.2	Usage et aménagements futurs	6
3.3	Synthèse des études antérieures.....	7
4.....	Plan de gestion.....	14
4.1	Démarche.....	14
4.2	Définition des pollutions concentrées et bilan massique	14
4.3	Mesures de gestion envisageables.....	24
4.4	Bilan coûts-avantages et choix des mesures de gestion.....	39
4.5	Préconisations concernant les solutions de gestion retenues	41
5.....	Schéma conceptuel après mesures de gestion.....	43
6.....	Analyses des enjeux sanitaires – ARR prédictive	46
7.....	Limites et incertitudes	67
7.1	Incertitudes concernant le plan de gestion	67
8.....	Conclusions et recommandations	72
8.1	Conclusion - Résumé technique	72
8.2	Recommandations.....	75

Table des illustrations

Figure n°1 : Localisation du site étude sur fond IGN	5
Figure n°2 : Situation du projet sur fond aérien.....	5
Figure n°3 : Délimitation cadastrale du projet	6
Figure n°4 : Projet d'aménagement futur	7
Figure n°5 : Carte de synthèse des activités potentiellement polluantes identifiées	9
Figure n°6 : Schéma conceptuel du site d'étude avant mesure de gestion pour usage futur résidentiel.....	13
Figure n°7 : Fréquence cumulée du paramètre HCT C10-C40	16
Figure n°8 : Distribution des teneurs en HCT C10 - C40.....	17
Figure n°9 : Fréquence cumulée du paramètre arsenic.....	17
Figure n°10 : Distribution des teneurs en arsenic	18
Figure n°11 : Distribution des teneurs en cuivre	18
Figure n°12 : Fréquence cumulée en Mercure.....	19
Figure n°13 : Distribution des teneurs en Mercure	19
Figure n°14 : distribution des teneurs en PCB	20
Figure n°15 : Masse de pollution et volume pollué par gamme de concentration en HCT C10- C40.....	22
Figure n°16 : Masse de pollution et volume pollué par gamme de concentration en arsenic	23
Figure n°17 : Carte de localisation des mailles concernées par les pollutions concentrées (ZPC)	25
Figure n°18 : Schéma de principe du traitement par évacuation hors site (source : BRGM)	29
Figure n°19 : Scénario 1 – Apport d'une couche de terres saines au droit des espaces verts avec anomalies en Arsenic	33
Figure n°20 : Scénario 2 - Excavation de 30 cm puis apport de terres saines au droit des espaces verts avec anomalies en Arsenic.....	34
Figure n°21 : Possibilités de revalorisation sur site des terres excavées dans le cadre des aménagements	38
Figure n°22 : Comparaison des critères par scénario proposé.....	40
Figure n°23 : Graphique bilan coûts / avantages	41
Figure n°24 : Schéma conceptuel après mesures de gestion – SC1	45

Table des tableaux

Tableau n°1 : Prestations réalisées selon la norme NFX 31-620-2	3
Tableau n°2 : Tableau de synthèse des activités, des sources potentielles de pollution et de la situation réglementaire du site d'étude	8
Tableau n°3 : Vulnérabilité du site d'étude.....	10
Tableau n°4 : Schéma conceptuel initial avant mesures de gestion	11
Tableau n°5 : Données statistiques des teneurs en HC C10-C40, As, Cu, Hg et PCB dans les sols	15
Tableau n°6 : Masse HCT C10-C40, d'arsenic, de mercure et de PCB adsorbé sur les sols....	21
Tableau n°7 : Seuils de dépollution retenus (mg/kg)	23
Tableau n°8 : Volume et tonnages des pollutions concentrées.....	24
Tableau n°9 : Volumes et tonnages liés au projet d'aménagement.....	26

Tableau n°10 : Bilan global des volumes	26
Tableau n°11 : Présélection des techniques de dépollution	28
Tableau n°12 : Avantages et inconvénients de la solution – Excavation et évacuation pour traitement hors site.....	30
Tableau n°13 : Répartition des terres à excaver par filière pour le scénario 1	31
Tableau n°14 : Répartition des terres à excaver par filière pour le scénario 2	31
Tableau n°15 : Estimations des coûts – Excavation et évacuation pour traitement hors site – Scénario 1	35
Tableau n°16 : Estimations des coûts – Excavation et évacuation pour traitement hors site – Scénario 2	36
Tableau n°17 : Bilan des terres valorisables au droit du site	37
Tableau n°18 : Avantages / Inconvénients des 2 scénarios proposés	39
Tableau n°19 : Notation des critères et score global	40
Tableau n°20 : Schéma conceptuel	43
Tableau n°21 : Substances et concentrations retenues pour l'inhalation de composés volatils	49
Tableau n°22 : Substances et concentrations retenues dans les eaux souterraines pour la voie inhalation de composés volatils	50
Tableau n°23 : Substances et concentrations retenues pour l'inhalation de poussières et l'ingestion accidentelle de sols.....	51
Tableau n°24 : VTR sélectionnées pour la voie d'inhalation.....	53
Tableau n°25 : VTR sélectionnées pour la voie d'ingestion.....	55
Tableau n°26 : Paramètres de modélisation dégazage	57
Tableau n°27 : Paramètres de modélisation envol de poussières.....	58
Tableau n°28 : Concentrations estimées en composés volatils - Air ambiant.....	59
Tableau n°29 : Concentrations estimées en poussières dans l'air ambiant	60
Tableau n°30 : Valeurs du HCSP, bruit de fond local et seuils de pollution concentrée	61
Tableau n°31 : Paramètres d'exposition	63
Tableau n°32 : Synthèse des résultats de l'évaluation quantitative des risques après traitement des pollutions concentrées	64
Tableau n°33 : Synthèse des résultats de l'évaluation quantitative des risques après traitement des pollutions concentrées et mise en œuvre de mesures compensatoires.....	66
Tableau n°34 : Analyse des incertitudes – Temps de présence dans les logements.....	68
Tableau n°35 : Analyse des incertitudes – Quantité de sols ingérées.....	68
Tableau n°36 : Analyse des incertitudes – Surface des bâtiments.....	69
Tableau n°37 : Analyse des incertitudes – taux de ventilation des bâtiments	69
Tableau n°38 : Analyse des incertitudes – Type de sols	69
Tableau n°39 : Analyse des incertitudes – VTR benzène, benzo(a)pyrène et chrysène x10.....	71
Tableau n°40 : Bilan des terres à excaver par filière pour le scénario 1	73
Tableau n°41 : Bilan des terres à excaver par filière pour le scénario 2	74

Table des annexes

Annexe n°1 : Cartographie des anomalies en HCT C10-C40

Annexe n°2 : Cartographie des anomalies en métaux

Annexe n°3 : Cartographie des anomalies en PCB

Annexe n°4 : Cartographies des filières d'élimination des terres

Annexe n°5 : Polygone de Thiessen

Annexe n°6 : Bilan masse – Feuille de calcul

Annexe n°7 : Feuilles de calculs des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées

Annexe n°8 : Feuilles de calculs des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées et mesures de gestion complémentaires

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre d'un projet de requalification urbaine, sur le territoire communal de Gannat (03), la Ville de Gannat a fait réaliser par la société SAFEGE plusieurs diagnostics sites et sols pollués au droit des parcelles n°137, 141 en partie, 164, 166, 295, 296, 299, 300, 334, 332, 333, 335, 494, 495 et 563 section AN sur la commune de Gannat (03).

L'objectif de la commune est de réhabiliter ce site pour le transformer en zone d'habitations mixtes, comprenant 2 bâtiments de logements collectifs dont une résidence pour sénior, 2 zones de parking, des espaces verts paysagers accessibles au public sans jardin potager ou plantation d'arbres fruitiers.

Ces diagnostics avaient mis en évidence la présence d'une pollution concentrée en hydrocarbures, la présence de pollution plus diffuse en métaux notamment en arsenic et la présence ponctuelle de PCB, cuivre et mercure.

La Ville de Gannat a mandaté la société SAFEGE pour la réalisation d'un plan de gestion sur la base des précédentes investigations., dans le but de :

- S'affranchir de toute pollution ou contamination de ce dernier pouvant remettre en cause le projet sur les paramètres analysés ;
- Définir, dans le cas de la présence de pollution ou de contamination du milieu souterrain, les études complémentaires et/ou préconisations d'usage respectivement à mener et à appliquer au regard des usages futurs des locaux et terrains existants,
- Proposer des mesures de gestion de la pollution et une estimation des coûts associés.

La présente mission correspond aux missions suivantes de la norme NFX 31-620-2 :

La mission PG comprend les prestations élémentaires suivantes :

- A320 – Analyse des enjeux sanitaires ;
- A330 – Identification des différentes options de gestions possibles et élaboration d'un bilan coût/avantage.

Il est à noter que les parcelles n°137, 141, 299, 300 (section AN) incluses dans ce nouveau projet n'étaient pas dans le premier plan de gestion.

2. REFERENTIEL METHODOLOGIQUE ET NORMATIF

2.1 Méthodologie générale

- Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués : Note ministérielle du 19 avril 2017 « relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 » et guides associés (<https://www.ecologie.gouv.fr/sites-et-sols-pollues>) ;
- Norme AFNOR NF X31-620-1 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » ;
- Rapport BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coût bénéfices » de juin 2010 ;
- Site internet SelectDEPOL, outil de pré-sélection des techniques de dépollution élaboré par le BRGM et l'ADEME ;
- Rapport de l'UPDS « Pollution concentrée, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » d'avril 2016 ;
- Guide du Ministère en charge de l'environnement et de la Direction Générale de la Prévention des Risques en date de janvier 2011 « Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués » ;
- Guide du BRGM « Guide sur les mesures constructives » d'août 2014 ;
- Guide du BRGM « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » de 2016 ;
- Rapport ADEME « Projet ESTRAPOL – Guide technique – Essais de faisabilité de traitement des sites pollués » de septembre 2019 ;
- Guide « Analyse des Risques Résiduels » mis en place en 2007 par le Ministère en charge de l'environnement.

2.2 Description de la mission

Les éléments de mission selon la norme NFX31620 réalisées par SAFEGE sont décrites dans le tableau en page suivante :

Tableau n°1 : Prestations réalisées selon la norme NFX 31-620-2

Prestations globales		
	AMO Etudes	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase Études
	LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites pollués
	INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations
	DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats
X	PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site
	IEM	Interprétation de l'état des milieux
	SUIVI	Surveillance environnementale
	BQ	Bilan quadriennal
	CONT	Contrôles de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance et/ou de la mise en œuvre des mesures de gestion
	VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise.
	XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
	ATTES-ALUR	Attestation garantissant la bonne prise en compte des problématiques de pollution dans le projet d'aménagement – domaine D
Prestations élémentaires		
	A100	Visite de site
	A110	Études historique, documentaire et mémorielle
	A120	Étude de vulnérabilité des milieux
	A130	Élaboration d'un programme d'investigations
	A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
	A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
	A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments
	A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol
	A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et des poussières atmosphériques
	A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
	A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées
	A270	Interprétation des résultats
	A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux
	A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales
X	A320	Analyse des enjeux sanitaires
X	A330	Identification des différentes options de gestion possibles et élaboration d'un bilan coût/avantage
	A400	Dossier de restriction d'usage, de servitudes

3. PRESENTATION DU SITE ETUDIE

3.1 Localisation

Le site d'étude est au droit des parcelles n°137, 141 en partie, 164, 166, 295, 296, 299, 300, 334, 332, 333, 335, 494, 495 et 563 section AN. Ces parcelles sont situées 10, rue des Augustins 03800 Gannat (03).

Elles présentent les superficies suivantes :

Parcelle (section AN)	Surface (m²)
137	306
141 en partie	940
164	6113
166	1274
295	48
296	62
299	1017
300	337
334	2216
332	14
333	1283
335	95
494	7
495	6
563	2547

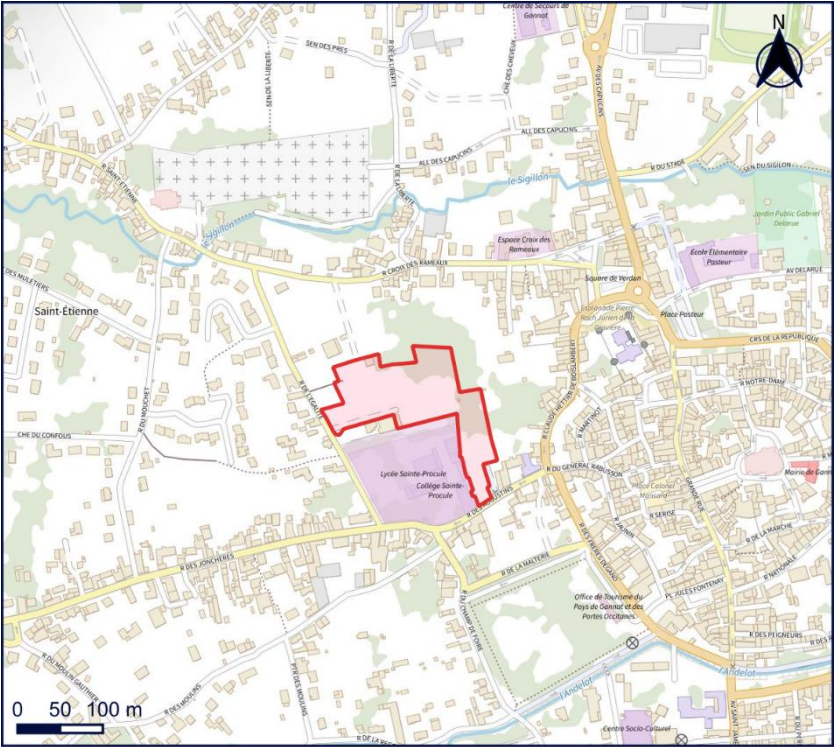
Le site d'étude est bordé par deux voies à savoir la rue des Augustins au Sud et la rue de l'Egalité à l'Ouest. L'environnement immédiat de ces parcelles est de type urbain avec la présence d'habitations et d'activités aux alentours du site d'étude ou encore du lycée Sainte-Procul au Sud-Ouest de celui-ci.

Sur ces parcelles était présente une ancienne activité de production de malt et de travail du grain : société malterie Becaud.

L'ensemble de ces données ont été extraites du site de Géoportail.

Les Figures n°1 à n°3 présentées ci-après localisent le site d'étude respectivement sur fond IGN, aérien et cadastral.

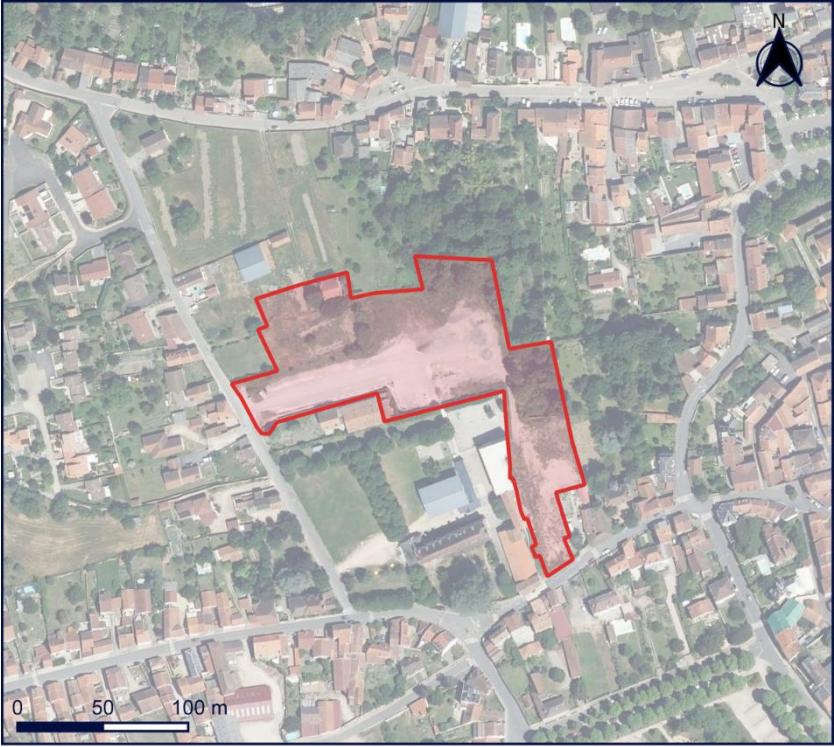
Figure n°1 : Localisation du site étude sur fond IGN



Emprise du projet

Sources : IGN
SUEZ Consulting 2026 ©

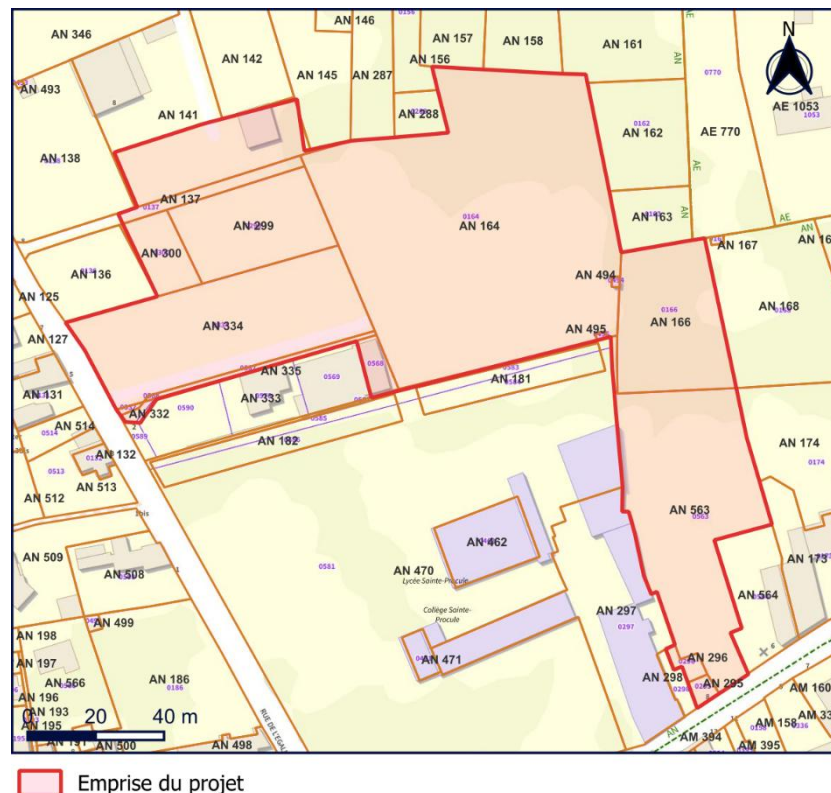
Figure n°2 : Situation du projet sur fond aérien



Emprise du projet

Sources : IGN
SUEZ Consulting 2026 ©

Figure n°3 : Délimitation cadastrale du projet



Sources : IGN
SUEZ Consulting 2026 ©

3.2 Usage et aménagements futurs

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une redynamisation urbaine, sur le territoire communal de Gannat (03).

Il est envisagé la construction de logements collectifs sans sous-sol, la création de parkings et l'aménagements d'espaces verts avec un cheminement piétonnier accessible au public.

Le projet ne prévoit ni de jardins potagers, ni de plantation d'arbres fruitiers

Figure n°4 : Projet d'aménagement futur



Les parcelles n°AN137, 141 en partie, 299 et 300 incluses dans ce nouveau projet n'étaient pas dans le périmètre initial du plan de gestion et du diagnostic de pollution.

3.3 Synthèse des études antérieures

Les études antérieures et documents antérieurs recensés sont les suivants :

- **Note sur l'inspection du puits cf. Figure n°6 et implantation du réseau de drainage des eaux de process de la Malterie** indiquant la présence :
 - D'un puits (dimension : L et l = 0,70 m et P = 12,85 m / dalle béton) sur la parcelle n°563, à proximité du bâtiment B ;
 - D'une réserve d'eau (dimension : L = 7,71 m ; l = 4,09 m et P = 2,27 m) sur la parcelle n°563 au-dessus du bâtiment A ;
 - D'un forage d'une profondeur d'environ 30 m, composé d'un tubage d'environ 200 mm et d'une pompe.
- **Repérage amiante et plomb sur les bâtiments le 24/02/2023 avant la démolition par ECS Environnement :**
 - Présence d'une cuve enterrée au niveau de la parcelle n°563 et du bâtiment 8 ;

- Dans le cadre de la prospection d'amiante, il a été repéré des matériaux et produits contenant de l'amiante, après analyse en laboratoire ou encore après une ZPSO (zone présentant une similitude d'ouvrage).
Les zones où ont été trouvé de l'amiante peuvent être consulté sur le rapport de l'ECS Environnement.
- **Rapport de traçage de réseaux par la société Alpha CD, date d'intervention le 10/10/2023 :**
 - Les rues de l'égalité et des augustins au droit de la parcelle privée ont été investigués, quelques réseaux ont pu être localisés sur la parcelle malgré l'absence de réponse DICT (éclairage assainissement et alimentation chantier).
- **Diagnostic sites et sols pollués et plan de gestion**, référencé 24CCF047-V1 du 10/12/2024 par SAFEGE,
- **Diagnostic sites et sols pollués et plan de gestion**, référencé 24CCF047-V1 du 10/12/2024 par SAFEGE.

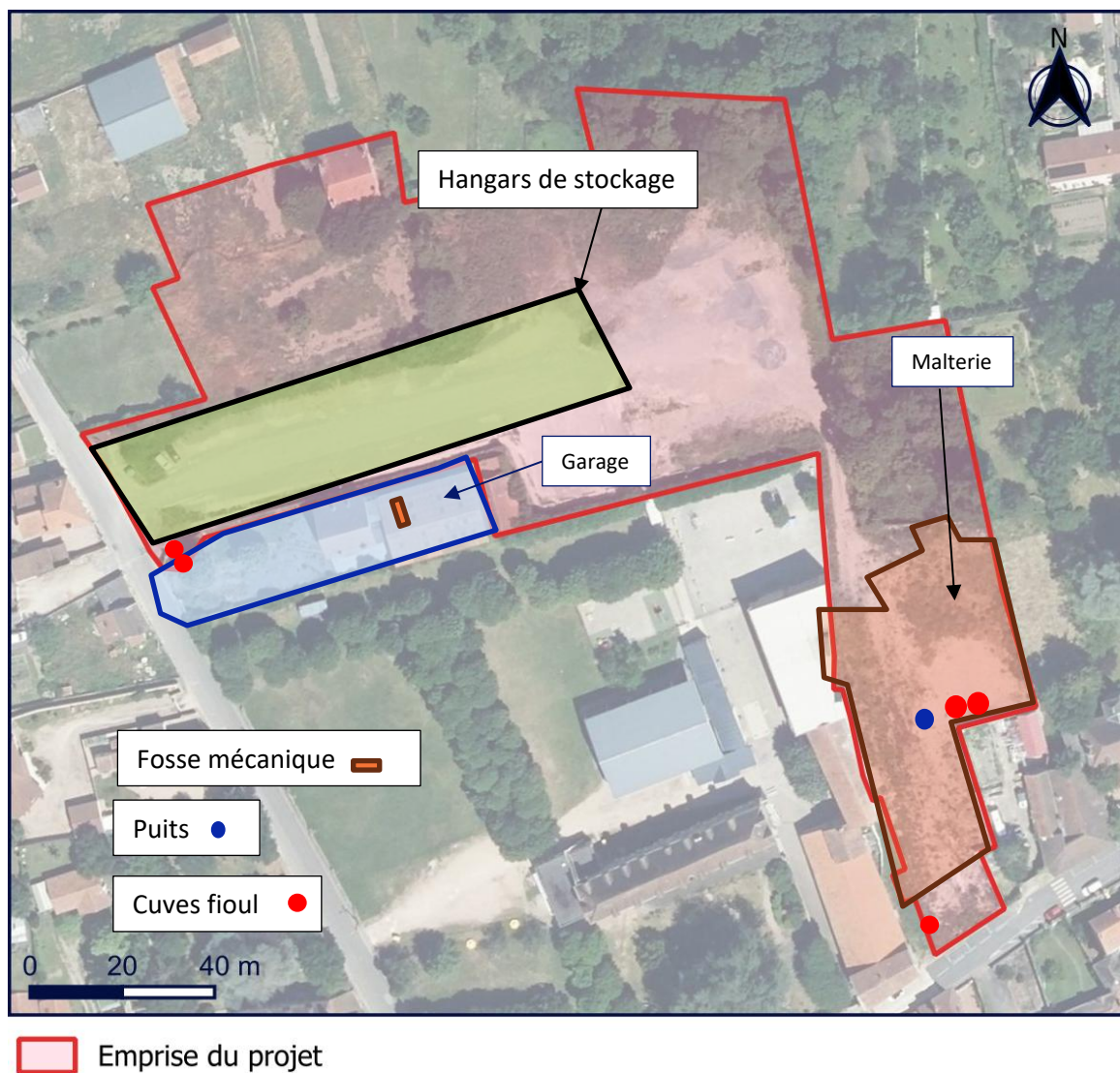
3.3.1 Synthèse de l'historique du site et sources potentielles de pollutions

Le tableau ci-dessous synthétise les activités, les sources potentielles de pollution et la situation réglementaire du site d'étude.

Tableau n°2 : Tableau de synthèse des activités, des sources potentielles de pollution et de la situation réglementaire du site d'étude

Activités	Production de malt et de travail du grain (société malterie Becaud) entre ≈1966 et 1982
Aménagements actuels	Parking de l'établissement scolaire de Sainte-Procule sur les parcelles 164 et 334, section AN. Maison et garage mécanique et potentiellement de carrosserie (pas de cabine de peinture sur site mais présence de pistolets dans une caisses) sur la parcelle 333 section AN.
Sources potentielles de pollution identifiées	Anciennes cuves de fioul, 2 unités, hors sol sur la parcelle n°563 (ancienne 414) Anciennes cuves de carburant, 2 unités, enterrées sur les parcelles n°332 et 333 1 cuve de fioul enterrée en limite parcelle 295 et 296 Hangars de stockage (produits agricoles ?) parcelles 334 et 164.
Situation réglementaire	Site non répertorié SEVESO Statut réglementaire ICPE non précisé, pas de réponse de la Préfecture à ce jour et aucune donnée retrouvée aux archives départementales de l'Allier Site non recensé sur les bases de données BASOL et SIS Site recensé sur la base de données BASIAS

Figure n°5 : Carte de synthèse des activités potentiellement polluantes identifiées



Sources : IGN
SUEZ Consulting 2026 ©

3.3.2 Etude de vulnérabilité des milieux (A120)

La vulnérabilité du site est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°3 : Vulnérabilité du site d'étude

Contexte météorologique	Le climat de Gannat est de type continental à océanique altéré avec une température moyenne annuelle de 11,6°C. La pluviométrie moyenne annuelle est de 723,8 mm. La température et la pluviométrie ont été prises à la station de Charmes à une distance d'environ 5 km à vol d'oiseau (Infoclimat). La vitesse moyenne annuelle des vents est de 9,26 km/h (Station de l'aéroport de Vichy Charmeil (03) – Période 07/2002-03/2024 - windfinder) avec une provenance principalement de l'Ouest.
Contexte géologique	D'après la carte géologique au 1 / 50 000 n°645 de Gannat (Cf figure n°9 page suivante), la géologie de la zone d'étude s'affilie principalement à des formations sédimentaires de type colluvions polygéniques et de marnes datant de l'Oligocène. On retrouvera également à l'Ouest de la zone d'étude des formations plutoniques et métamorphiques composées de granites porphyroïdes et de matériaux d'origine volcanique (tufs, brèches et laves) ainsi que des schistes. D'après les sondages réalisés, les formations observées sont des remblais jusqu'à environ 1,6 m de profondeur maximum puis des formations sablo-graveleuse + ou - argileuse jusqu'à maximum 2,5 m puis des argiles et des marnes.
Contexte hydrogéologie	D'un point de vue hydrogéologique, au droit du site sont présents des remblais plus ou moins perméables. Ces formations présentent une épaisseur d'1,6 m maximum reposant sur une formation composée passes sablo-graveleuses et de passes argileuses ayant pour substratum imperméable des argiles marneuses. Le milieu est hétérogène. Les eaux météoriques s'y infiltrent et peuvent former ici et là des niveaux d'eau qui, dans les cas les plus favorables, peuvent être en connexion les uns avec les autres et semble former une modeste nappe. Celle-ci s'écoule du sud-ouest vers le nord-est avec un gradient hydraulique compris entre 0,7 et 1,7% et des niveaux d'eau compris entre 1,4 et 1,91 m. Ceci corrobore les observations effectuées sur l'ancien puits de la malterie.
Contexte hydrologie	La commune de Gannat présente un réseau hydrographique comprenant la rivière du Sigillon au Nord du territoire communal et de l'Andelot dans sa partie Sud. Le site se situe hors zone inondable.
Usages des eaux	Eaux superficielles : Il n'a pas été répertorié : - de prise d'eau AEP dans les réseaux hydrographiques nommés précédemment. L'eau potable de la ville de Gannat provient d'une prise dans la rivière de la Sioule (source site internet Syndicat Sioule et Bouble), - de zone de baignade autour du site ainsi que sur la commune de Gannat. Des activités de pêche peuvent s'exercer sur les rivières de Sigillon et de l'Andelot mais ne se trouvent pas aux abords du site d'étude. Eaux souterraines : Aucun captage AEP ne se situe à proximité du site d'étude dans un rayon de 500 m. Aucun puits de particulier n'a pas être observé. Cependant, il en existe peut-être.
Zones protégées	La zone d'étude ne figure dans aucun des espaces protégés suivants : arrêt de biotope, parc national, réserves biologiques, nationale de chasse et faune sauvage, naturelle, site Natura 2000 directives habitats ou oiseaux, parcs naturels régionaux, zone humide d'importance internationale Ramsar et ZNIEFF de type I et II.
Conclusion	Il existe au droit du site d'étude, une modeste nappe qui s'écoule en direction du Sigillon. Les caractéristiques géologiques indiquent un milieu souterrain potentiellement vulnérable. Le risque de transfert par les eaux souterraines d'une pollution est à prendre en compte pour le ruisseau du Sigillon à environ 250 m puis de l'Andelot.

3.3.3 Qualité des milieux

Les **investigations réalisées** lors des diagnostics comportaient au total la réalisation de 44 sondages dans les sols et 4 piézomètres. Il a été mis en évidence :

- Dans les sols :
 - une forte pollution en **métaux notamment à l'arsenic** sur l'ensemble du site et des traces de mercure et PCB localisées,
 - une source concentrée en **hydrocarbures HC C10-C40** au droit de l'ancienne zone de stockage des cuves de fioul hors sol, droit du sondage S5,
- Dans les eaux souterraines :
 - la présence d'arsenic en forte concentration dans les eaux souterraines au droit des Pz1 et PZ4 ouvrages en amont hydraulique du site et de Pz2, ouvrage en aval hydraulique du site,
 - la présence d'aluminium dans les eaux souterraines au droit des 4 piézomètres,
 - la présence de plomb, BTEX, HAP et PCB dans les eaux souterraines au droit de Pz2, ouvrage en aval hydraulique du site.

Le **schéma conceptuel** en résultant avant mesure de gestion présenté ci-dessous permet de synthétiser et de présenter :

- Les **sources de pollution**,
- Les **voies de transfert** des substances polluantes,
- Les **cibles** représentant des enjeux à protéger (usagers sur site et populations riveraines, usages de l'environnement, ressources naturelles à protéger).

Un risque est identifié en cas de présence concomitante de ces trois facteurs : source, vecteurs, cibles.

Le schéma conceptuel est élaboré au regard de l'ensemble des données acquises sur la zone d'étude en considérant l'usage futur envisagé : usage résidentiel avec jardins potagers et arbres fruitiers, zones de parking et espaces verts.

Tableau n°4 : Schéma conceptuel initial avant mesures de gestion

SOURCES DE POLLUTION IDENTIFIEES			
Zones polluées	Polluants sols	Localisation et délimitation	Sondages
Zone malterie	HC C10-C40 S5 9700 mg/kg à 0,2 m et 4200 mg/kg à 1,7 m	Au droit ancien stockage cuves fioul hors sol de l'ancienne malterie	S5
	Métaux Arsenic 260 mg/kg à 2,5 m S7	Ensemble du site pour As 80 prélèvements / 83 > 25 mg/kg seuil HSCT	Ensemble du site et pic en S7
	Cuivre 89 mg/kg	Sud du site devant lycée Saint-Procule	S2
	PCB 2,7 mg/kg à 0,2 m Mercure 0,3 mg/kg 0,2 m	Au droit ancienne malterie	S7 S6
Garage mécanique	HCT C10-C40 120 mg/kg à 2,5 m		
	HCT C10-C40 100 mg/kg à 2,5 m HAP 2,1 mg/kg à 1,5 m	Autour de la fosse de mécanique Autour de la fosse de mécanique	S18

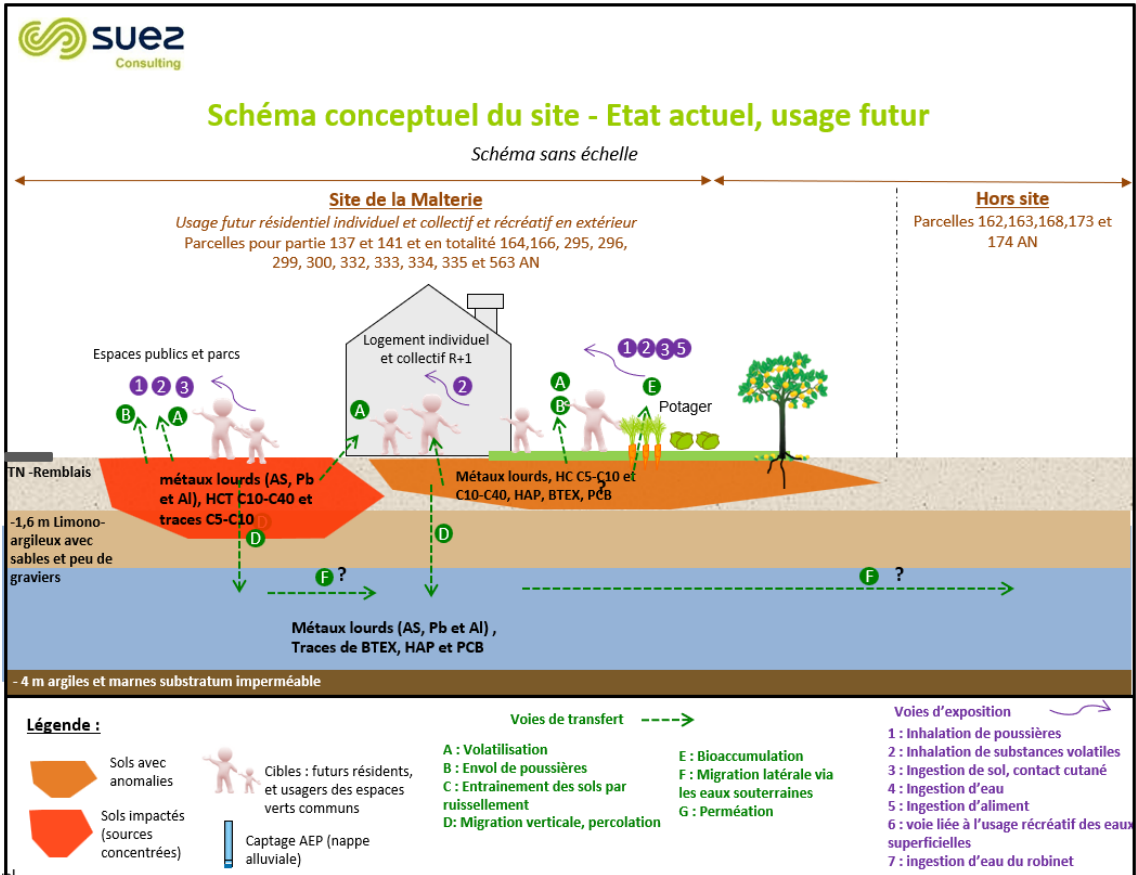
Zone de dépôts mairie	Mercure 0,2 mg/kg à 0,2 m	Angle sud-est parcelle 164	S34
			S10 et S13
Impacts constatés sur les milieux			
Eaux souterraines	Présence notamment au dessus des limites et références dequalité EDCH/AEP d'arsenic : 0,10 à 0,26 mg/l d'aluminium : 0,584 à 1,2 mg/l de plomb : 0,018 à 0,033 mg/l	Pz1, Pz2 et Pz4 Pz1, PZ2, Pz3 et Pz4 Pz2	Pz1, Pz2 et Pz4 Pz1, PZ2, Pz3 et Pz4
	Traces de BTEX entre 0,15 et 9,26 µg/l	Pz1, Pz2, Pz3 et Pz4	Pz1, Pz2, Pz3 et Pz4
	HAP entre 0.0020 et 0,26 µg/l avec 0,166 µg/l pour EDCH à 0,1 µg/l	aval zone malterie	Au droit de Pz2 aval du site
	Trace de PCB 0,157 µg/l	aval zone malterie	Au droit de Pz2 aval du site
Gaz du sol	Pas de mesures réalisées		
Air ambiant	Pas de mesures réalisées		
Eaux du réseau	Pas de mesures réalisées		

CIBLES SUR SITE			
Aménagement considéré sur site		Cibles	
Aménagement lotissement individuel avec jardins et potager et arbres fruitiers		Adultes et enfants au droit du site	
Voies d'exposition	Milieu d'exposition	Retenu / non retenu	Justification
Ingestion accidentelle de sols, contact direct cutané	Sols de surface	✓	Voie d'exposition pertinente pour un usage résidentiel, sols non recouverts
Inhalation de poussières	Air ambiant (poussières)	✓	Possible sur les zones extérieures non recouvertes
Ingestion d'aliments autoproduits	Aliments auto-produits	✓	Aménagement potagers et d'arbres fruitiers
Inhalation de composés volatils	Air ambiant (gaz)	✓	Présence potentielle de composés volatils dans les gaz du sols (présence de mercure et de composés organiques volatils dans les sols)
Ingestion d'eau	Eaux souterraines	✗	Absence de puits destinés à un usage sensible sur site
Ingestion d'eau	Eaux superficielles	✗	Absence d'eau superficielle sur site
Ingestion d'eau	Eaux du réseau	✗	Futures canalisations isolées des terres en place par des remblais de terres saines
Voies liées à l'usage récréatif des eaux superficielles	Eaux superficielles	✗	Absence d'eau superficielle sur site

✗ non retenu ✓ retenu

CIBLES HORS SITE
Au regard des données acquises, un impact hors site pourrait potentiellement exister dans les eaux souterraines en aval des anomalies des sources concentrées en hydrocarbures et PCB. N'ayant pas l'autorisation de pénétrer sur les parcelles privées présentes en aval, Il ne peut être exclu la présence de puits de particulier sur celles-ci.

Figure n°6 : Schéma conceptuel du site d'étude avant mesure de gestion pour usage futur résidentiel



4. PLAN DE GESTION

4.1 Démarche

Le plan de gestion est un outil d'aide à la décision ayant pour objectif d'étudier et proposer un ensemble de mesures de gestion des pollutions.

Il s'attache en priorité à :

- Supprimer des sources de pollutions concentrées,
- Maîtriser les impacts et les risques associés et garantir de la compatibilité sanitaire entre l'état des milieux et l'usage du site.

Les mesures de gestion proposées peuvent porter sur :

- Des actions de dépollution avec une sélection des techniques les plus adaptées,
- Des actions sur les voies de transfert telles que la mise en œuvre de dispositions constructives,
- Des actions sur les cibles avec la mise en place de restrictions d'usage.

Pour le site de Gannat étudié, au regard de l'usage futur envisagé, les enjeux sanitaires sont une contrainte forte pour l'établissement du plan de gestion.

Ce plan de gestion a été réalisé en concomitance avec l'Analyse des risques prédictifs (cf. §6) afin de valider les scénarios de dépollution proposés. Au regard du projet d'aménagement du site : usage résidentiel sans création de jardins potager et fruitiers et des enjeux sanitaires ; les mesures de gestions et les coûts de dépollution sont en partie dépendant des enjeux sanitaires associés à la présence d'arsenic au droit des espaces verts.

En complément du traitement des pollutions concentrées, deux mesures de gestion ont été étudiées :

- **Scénario 1 : apport d'une couche de terres saines d'une épaisseur de 30 cm isolée des terres en place sur une partie des espaces verts,**
- **Scénario 2 : substitution des terres de surface sur une partie des espaces verts.**

4.2 Définition des pollutions concentrées et bilan massique

Une pollution concentrée (ci-après dénommée **ZPC**) est un volume de milieu souterrain à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume¹.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour définir les pollutions concentrées : analyse statistique, cartographie, bilan massique.

¹ UPDS – Pollution concentrée – Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués

4.2.1 Cartographies

Une cartographie des teneurs en hydrocarbures, en arsenic, en cuivre, en mercure, en hydrocarbures totaux et en PCB sont reportées en **Annexes n°1, 2 et 3**.

Ces cartographies mettent en évidence :

- La présence d'arsenic sur l'ensemble de la parcelle, à des teneurs proches du fond géochimique local. Une anomalie forte en arsenic est toutefois observée en profondeur au droit du sondage S07 à 2,5 m ;
- Des spots de pollution en mercure principalement en surface (S6, S10 et S13 à 0,2 m) ;
- Des spots de pollution en cuivre en surface et en profondeur au droit du sondage S41, à 0,3 m et 3,5 m ;
- La présence d'une pollution concentrée en hydrocarbures à proximité d'anciennes cuves enterrées (S5/0,2, S5/1,7) ;
- La présence d'une pollution concentrée en PCB à proximité d'un ancien transformateur qui a été retiré avant la visite de site (S7/0,2).

4.2.2 Analyse statistique

4.2.2.1 Statistique et distribution des teneurs

Une analyse statistique a été réalisée pour les hydrocarbures HC C10-C40 ainsi que pour les métaux lourds présentant des anomalies : arsenic, cuivre et mercure, et également sur les PCB.

Tableau n°5 : Données statistiques des teneurs en HC C10-C40, As, Cu, Hg et PCB dans les sols

	HC C10-C40	As	Cu	Hg	PCB (somme)
Maximale	9 700	260	2 500	0,30	2,70
Moyenne	152	86	58	0,02	0,03
Écart type	1 032	43	282	0,05	0,26
Percentile 25	0	56	14	0,00	0,00
Médiane	0	80	17	0,00	0,00
Percentile 75	0	103	21	0,00	0,00
Percentile 95	183	179	40	0,10	0,02

Teneurs en mg/kg

Il apparait ainsi que 95 % des concentrations mesurées sont inférieures à :

- 183 mg/kg pour les hydrocarbures HCT C10-C40 ;
- 179 mg/kg pour l'arsenic ;
- 0,10 mg/kg pour le cuivre ;
- 0,10 mg/kg pour le mercure ;
- 0,02 mg/kg pour les PCB.

4.2.2.2 Etablissement des valeurs seuils

Pour chacun des paramètres, la distribution des points a été mise en forme, permettant ainsi de définir des valeurs seuils. Pour cela un graphique des fréquences cumulées et/ou un graphique de distribution des teneurs pour chaque composé a été réalisé.

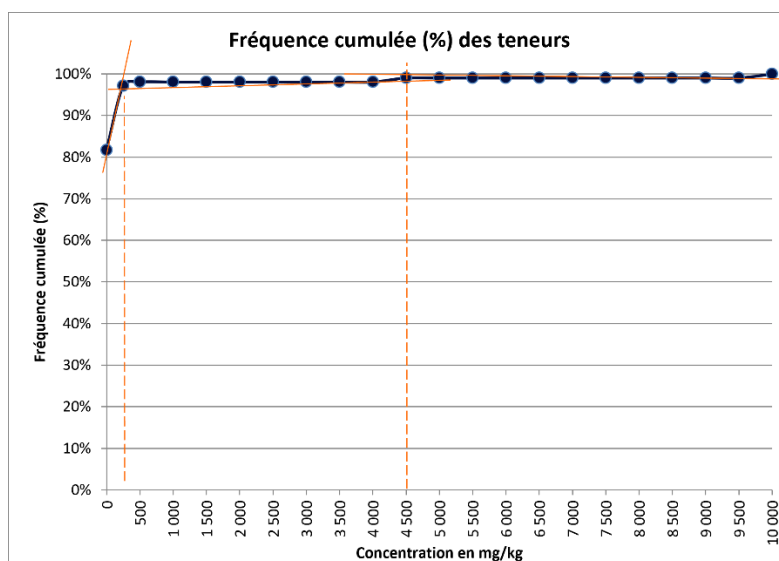
- Fréquence cumulée : répartition des données dans un ensemble de valeur, elle donnera un indicateur d'une limite « physique » par la stabilisation de la courbe. Les seuils de coupure correspondent aux ruptures de pente de la courbe des fréquences cumulées.
- Distribution des teneurs par échantillon : Répartition visuelle de l'ensemble des échantillons en fonction de leurs concentrations. Les seuils de coupures correspondent aux échantillons présentant des teneurs notablement plus fortes que le reste du jeu de données.

Pour la réalisation de ces graphiques, les teneurs inférieures à la limite de quantification du laboratoire ont été considérées égales à 0.

- **HCT C10-C10**

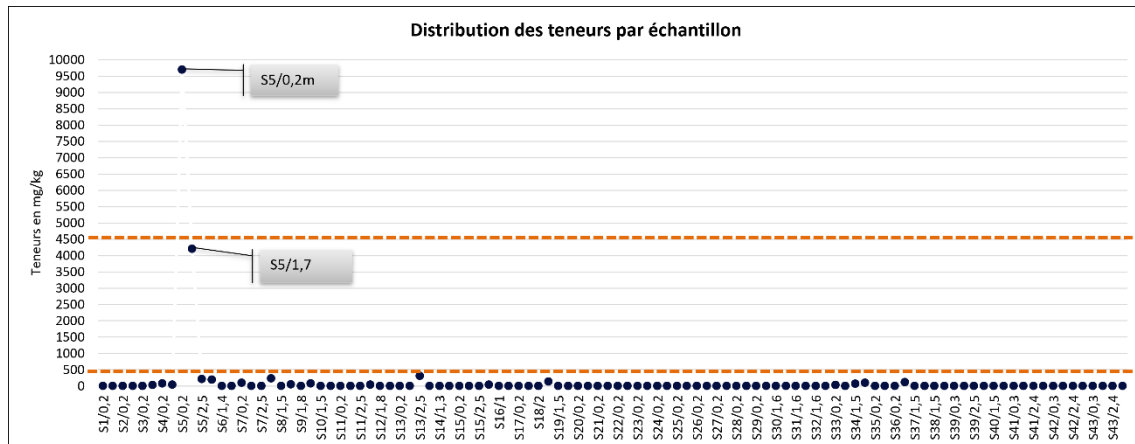
Concernant la fréquence cumulée du paramètre HCT C10-C40, ce premier graphique met en avant une rupture de pente vers 500 mg/kg d'HCT C10-C40, puis une seconde rupture vers 4 500 mg/kg.

Figure n°7 : Fréquence cumulée du paramètre HCT C10-C40



Le graphique de distribution des teneurs en hydrocarbures HCT C10-C40 met en évidence un échantillon présentant une concentration significativement supérieure aux autres : S5/0,2 | 9 700 mg/kg. Puis, un unique deuxième point ressort du lot : S5/1,7 | 4 200 mg/kg (Figure n°8).

Figure n°8 : Distribution des teneurs en HCT C10 - C40

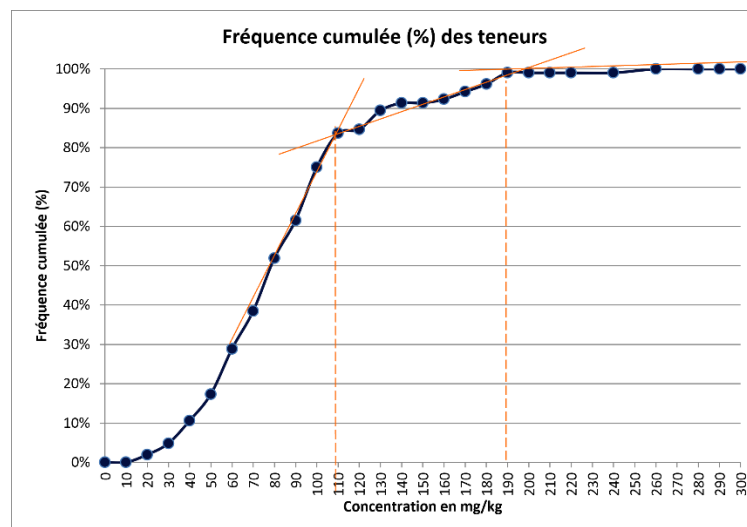


Ces deux graphiques mettent en avant des seuils de coupure à 500 et 4500 mg/kg.

- **Arsenic**

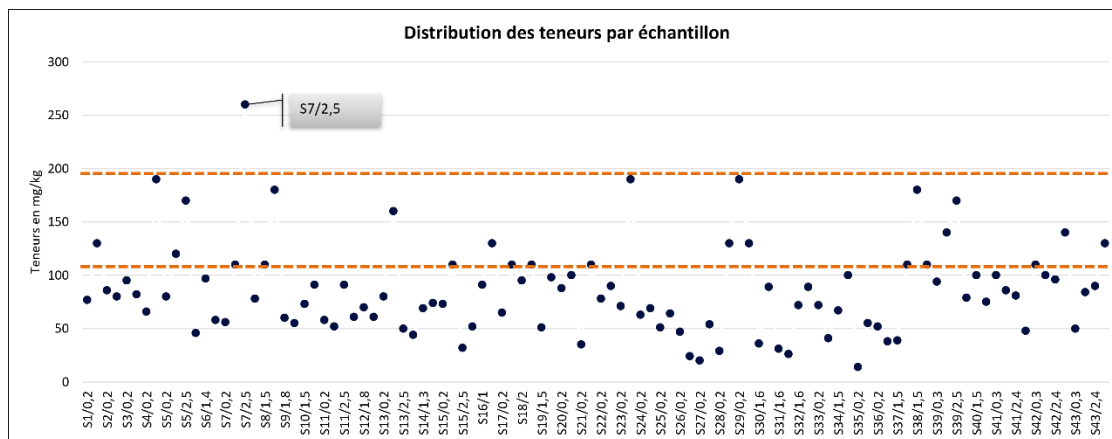
Concernant la fréquence cumulée du paramètre arsenic, ce premier graphique présente deux ruptures de pente vers 110 mg/kg puis vers 190 mg/kg.

Figure n°9 : Fréquence cumulée du paramètre arsenic



Le graphique de distribution des teneurs en arsenic met en évidence une pollution diffuse inférieure à 110 mg/kg, ainsi qu'un spot de pollution au droit du sondage S7/2,5 (260 mg/kg).

Figure n°10 : Distribution des teneurs en arsenic



Ces deux graphiques ne mettent pas en avant de seuils de coupure net mais plutôt la présence d'une pollution diffuse sur l'ensemble du site et sur toutes les profondeurs investiguées. Toutefois, un seuil de coupure fixé à 190 mg/kg permet de discriminer le spot notablement plus élevé.

Pour rappel, le fond géochimique pour le paramètre Arsenic est situé à 93,1 mg/kg.

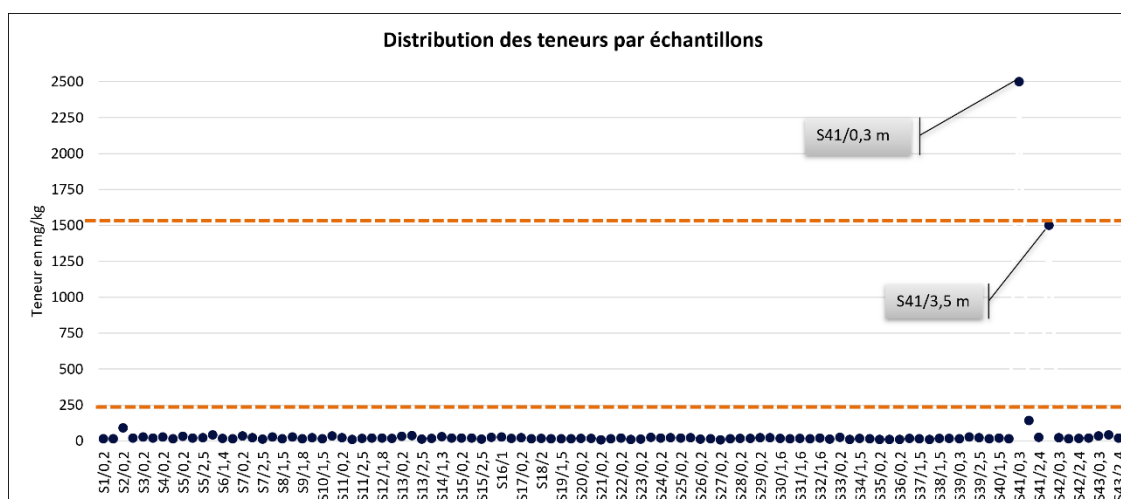
● Cuivre

Concernant le cuivre, 95 % des échantillons présentent des teneurs en cuivre inférieures au fond géochimique (43,69 mg/kg).

Deux échantillons présentent des teneurs anormales et peuvent être considérés comme spot de pollution :

- S41/0,3 (2500 mg/kg) ;
- S41/3,6 (1500 mg/kg).

Figure n°11 : Distribution des teneurs en cuivre



● Mercure

Concernant le paramètre mercure, la fréquence cumulée met en avant une rupture de pente à 0,1 mg/kg, puis une rupture à 0,2 mg/kg. Concernant la distribution des teneurs, quatre échantillons sortent du lot :

- S6/0,2 : 0,3 mg/kg ;
- S10/0,2 : 0,2 mg/kg ;
- S13/0,2 : 0,2 mg/kg ;
- S43/0,3 : 0,2 mg/kg.

Ces quatre échantillons peuvent être considérés comme « spot de pollution », le seuil peut ainsi être défini à 0,2 mg/kg pour le mercure.

Figure n°12 : Fréquence cumulée en Mercure

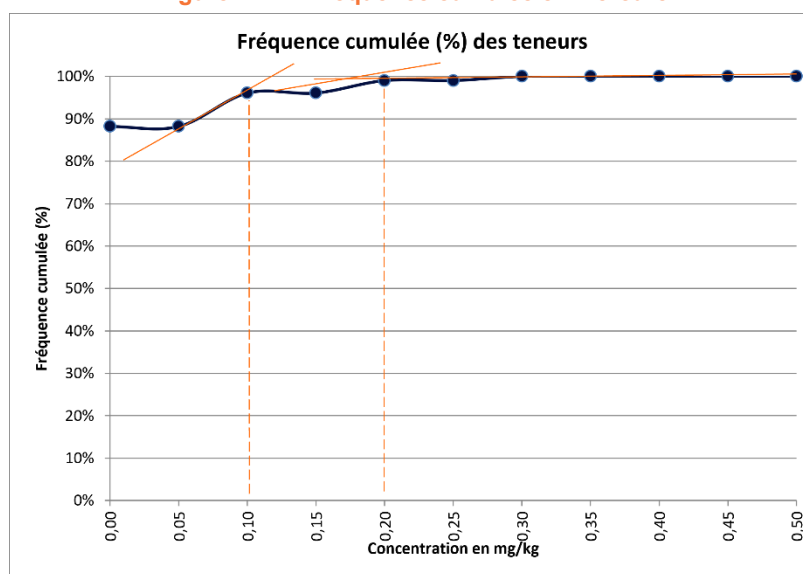
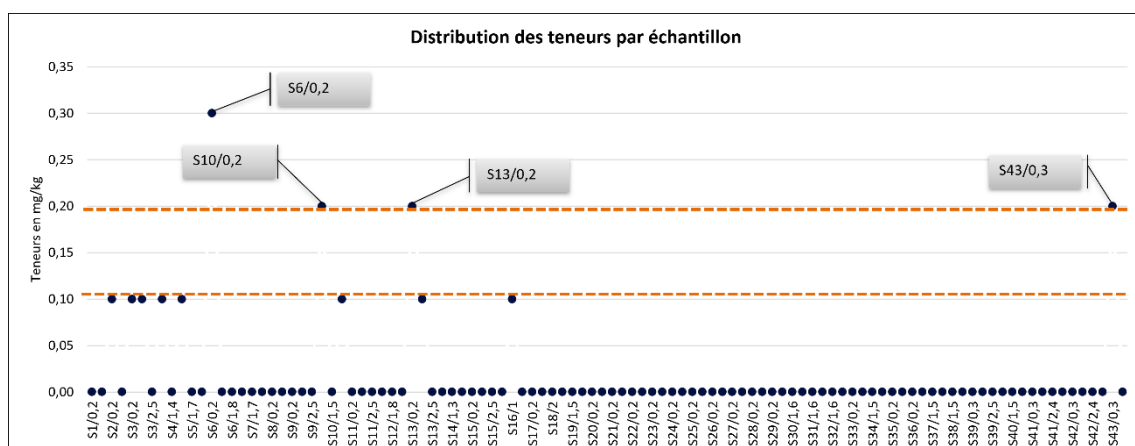


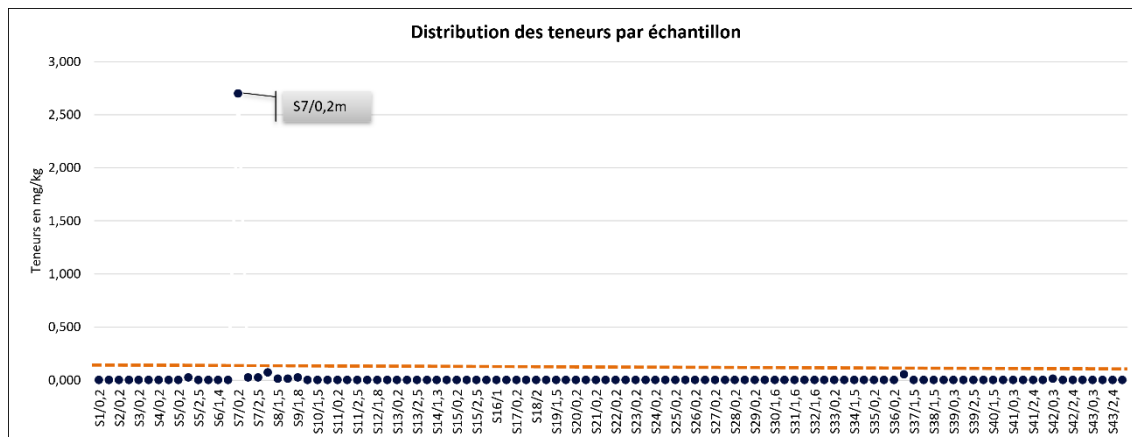
Figure n°13 : Distribution des teneurs en Mercure



- **PCB**

Enfin, concernant le paramètre « PCB », 75 % des échantillons présentent des teneurs en PCB inférieures au seuil de détection analytique. Un seul point présente une valeur anormale (S7/0,2) comme le montre le graphique ci-dessous.

Figure n°14 : distribution des teneurs en PCB



4.2.3 Bilan massique

4.2.3.1 Objectif du bilan massique et réserves

Le bilan massique a pour objectif d'appréhender la masse de polluant ou d'un mélange de polluants présent dans le milieu souterrain et d'un volume de sols associés. Il permet de mettre en relation la masse de polluant et la masse de sol associé et donc de proposer une hiérarchisation des zones à traiter.

Dans une approche « Pareto-sol »², on cherche à déterminer s'il est possible d'éliminer 80 % de la masse de polluant en traitant 20 % du volume de sol.

SAFEGE apporte toutefois les réserves suivantes :

- Les estimations de masse de polluants sont basées sur les données acquises lors des investigations et des hypothèses concernant certains paramètres (densité, teneurs),
- La masse de polluants ainsi calculée est macroscopique et a pour simple objectif d'aider la réalisation du plan de gestion et du bilan coûts – avantages.

4.2.3.2 Estimation de la masse de polluant adsorbée sur les sols

L'estimation de la masse de polluant a été réalisée pour les métaux lourds (arsenic, cuivre et mercure), les HCT C10-C40 et les PCB pour lesquels des seuils ont été déterminés.

Cette estimation a été réalisée selon les principes et hypothèses suivantes :

- L'ensemble du site a été considéré ;
- Les sondages réalisés et disposant de résultats d'analyses ont été considérés ;

² Rapport BRGM : Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution ref. BRGM/RP-64350-FR de février 2016

- Pour chaque sondage, il a été déterminé une maille selon la méthode des polygones de Thiessen³, ces mailles ont ensuite été adaptées au futur aménagement du site présenté en Figure n°4 (Cf: Polygone de Thiessen **Annexe n°5 : Polygone de Thiessen**) ;
- Chaque maille a ensuite été divisée en plusieurs horizons de maximum 1,5 m, en fonction de la profondeur atteinte lors des sondages ;
- A chaque maille et chaque horizon, il a été attribué une concentration en polluant :
 - La concentration mesurée ou à défaut une concentration identique à l'horizon sous ou sus-jacent,
 - La concentration d'un sondage à proximité quand manque de données sur le sondage de la maille,
 - Une concentration divisée par 2 lorsque la concentration mesurée est inférieure à la limite de quantification,
- La densité des sols a été fixée à 1,8 ;
- Plus en profondeur, les sols présentant des concentrations supérieures aux seuils définis ci-avant doivent également faire l'objet d'un traitement afin de pouvoir envisager la plantation d'arbres fruitiers.

La grille de calcul du bilan de masse est présentée en Annexe n°6.

Sur cette base, les masses de polluants adsorbées sur les sols sont estimées de l'ordre de :

Tableau n°6 : Masse HCT C10-C40, d'arsenic, de mercure et de PCB adsorbé sur les sols

Composés	Masse de polluants estimées (kg)
HCT C10-C40	Environ 4 500
Arsenic	Environ 5 900
Cuivre	Environ 5 100
Mercure	< 1 kg
PCB	< 1 kg

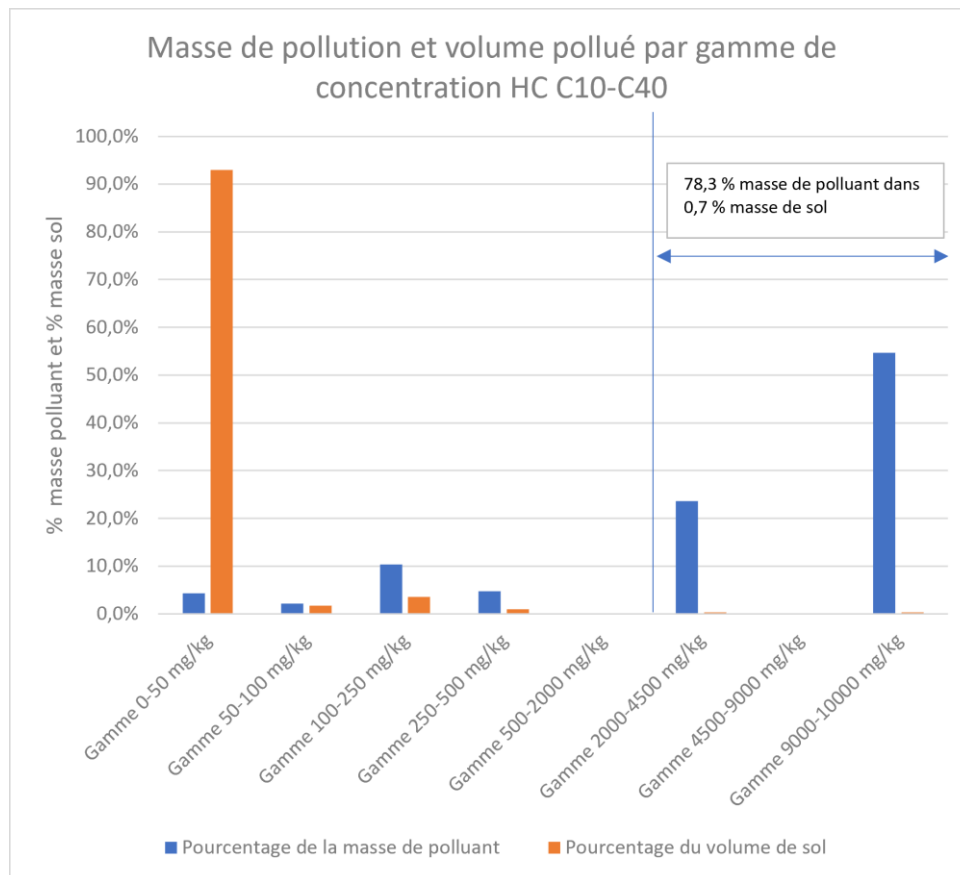
Pour les hydrocarbures, cette estimation met en évidence la répartition suivante :

- Environ 78 % de la masse de polluant est contenu dans 1 % de la masse de sol ;
- Le graphique ci-après montre que la majorité de la masse de polluant correspond à la gamme de concentration supérieure à 2 000 mg/kg et à une masse de sol faible ;
- Les sols correspondant à maille de l'échantillon S5/0,2 représente environ 54,6 % de la masse de polluant.

Le bilan de masse permet de proposer un seuil de coupure à 2000 mg/kg.

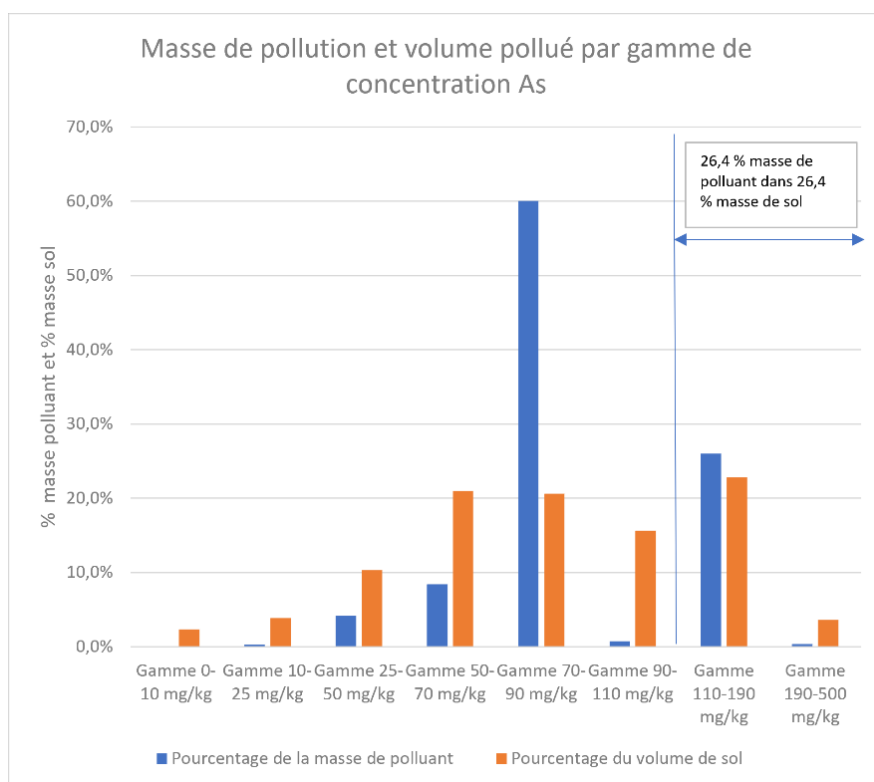
³ Également appelé polygones de Voronoï

Figure n°15 : Masse de pollution et volume pollué par gamme de concentration en HCT C10-C40



Pour l'Arsenic, le bilan de masse confirme la présence d'une pollution considérée comme diffuse. La majorité de la masse de polluant correspond à la gamme 50-70 mg/kg. Un seuil de coupure pourrait être fixé à 110 mg/kg. Il apparaît toutefois proche de la valeur de fond géochimique local (93 mg/kg).

Figure n°16 : Masse de pollution et volume pollué par gamme de concentration en arsenic



Pour les paramètres Cuivre, Mercure et PCB, le bilan de masse ne permet pas de dégager un seuil de coupure, les anomalies étant très ponctuelles.

4.2.4 Conclusion

En considérant l'ensemble des outils cartographiques, statistiques et bilan de masse, les seuils de dépollution retenus sont les suivants

Tableau n°7 : Seuils de dépollution retenus (mg/kg)

Composés	Fond géochimique	Statistiques (percentile 95)	Seuil de coupure issus des interprétations graphiques	Seuil de coupure issus du bilan massique	Seuil de dépollution retenus (en mg/kg)
HCT	/	183	500 et 4500	2000	2 000
Arsenic	93,1	179	110 et 190	110	190
Cuivre	43,7	40	35 et 1500	/	1 500
Mercure		0,1	0,1 et 0,2	/	0,3*
PCB	/	0,02	0,2 et 0,4	/	0,1*

*Les seuils proposés pour le mercure et les PCB s'appuient plus particulièrement sur l'analyse cartographique, seuls quelques spots étant identifiés.

Les sources de pollution à traiter seront développées dans les chapitres suivants.

4.3 Mesures de gestion envisageables

4.3.1 Sources de pollution à traiter

Au regard des données disponibles, de l'analyse statistique, cartographique et du bilan de masse, les sources de pollution concentrées concernent :

- La pollution concentrée en hydrocarbures au droit du sondage S05 de 0 à 2 m ;
- La pollution concentrée en PCB au droit du sondage S07 entre 0 et 1 m ;
- La pollution concentrée en arsenic au droit du sondage S07 entre 2 et 3 m ;
- Le spot de pollution en mercure sur le sondage S06 de 0 à 0,8 m ;
- La spot pollution concentrée en cuivre au droit du sondage S41 de 0 à 1 m puis de 3 à 4 m.

Dans la suite du plan de gestion, pour le traitement des pollutions concentrées, deux hypothèses ont été considérées :

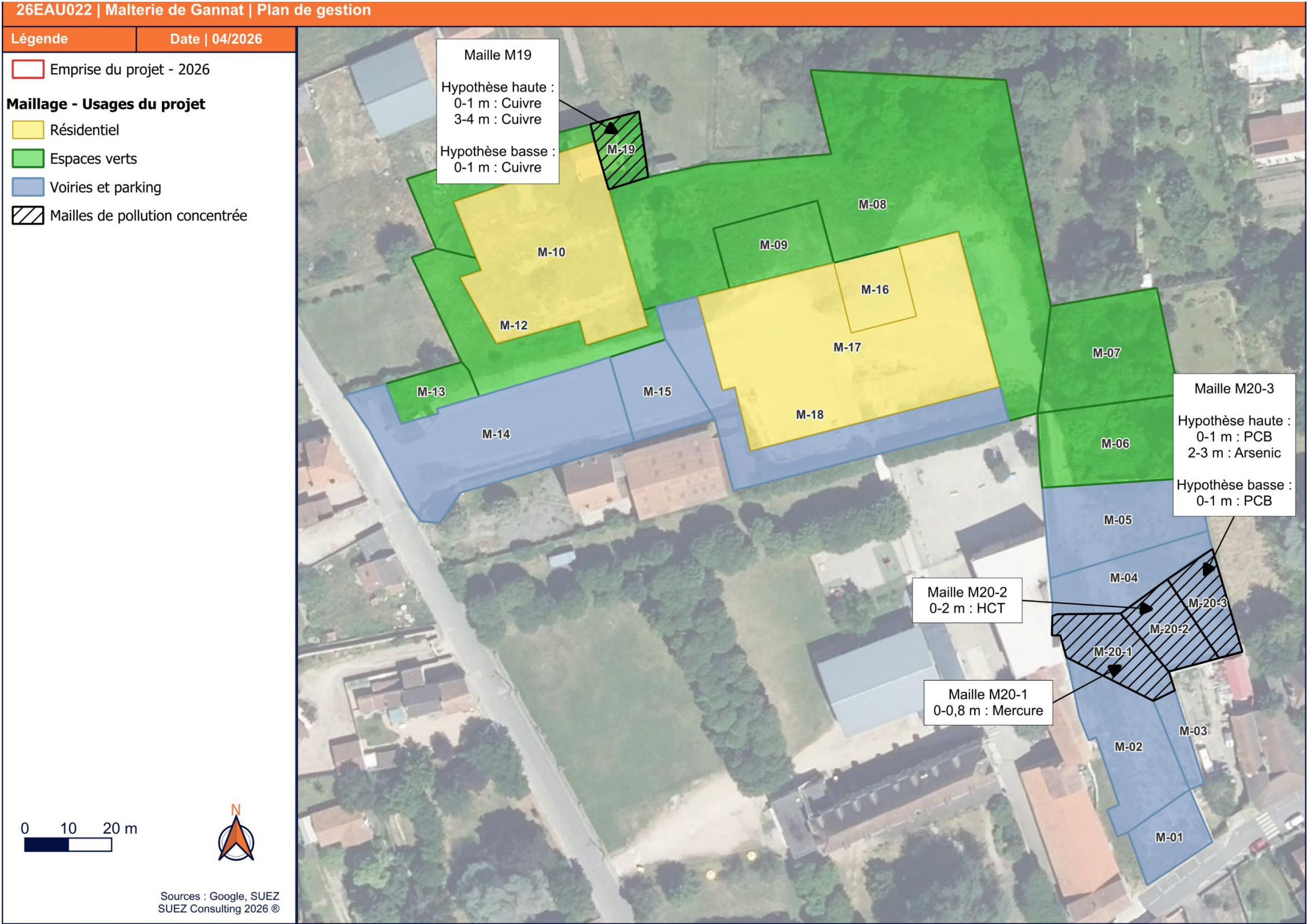
- Une **hypothèse haute** : en considérant l'ensemble des terres correspondant aux échantillons énoncés ci-dessus,
- Une **hypothèse basse** : en considérant que les anomalies en métaux lourds ne seraient pas traitées en profondeur. Ainsi, les sols en S07 entre 2 et 3 m (As, 260 mg/kg) et en S41 entre 2 et 3 m (Cu, 1500 mg/kg) ne seraient pas traités.

En considérant une densité de 1,8, les volumes et tonnages correspondant aux pollutions concentrées sont :

Tableau n°8 : Volume et tonnage des pollutions concentrées

Bilan par pollution concentrée				
	Hypothèse basse	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse haute
	Volume (m³)	Tonnage (t)	Volume (m³)	Tonnage (t)
Pollution concentrée en mercure	321	577,8	321	577,8
Pollution concentrée en cuivre	164	295,2	656	1 180,80
Pollution concentrée en HCT	478	860,4	478	860,4
Pollution concentrée en PCB et arsenic	165,6	298,1	621	1 117,80
Total	1 170,0	2 106,0	2 304,00	4 147,280

Figure n°17 : Carte de localisation des mailles concernées par les pollutions concentrées (ZPC)



4.3.2 Terrassements complémentaires à mener dans le cadre du projet d'aménagement

En complément du traitement des pollutions concentrées, des terrassements seront nécessaires pour la réalisation des futurs aménagements.

Les hypothèses de décaissement nécessaires considérées sont les suivantes :

- Au droit des futurs bâtiments : 0,5 m ;
- Au droit des futures voiries et parkings : 0,8 m ;
- Au droit des futurs espaces verts présentant des teneurs en arsenic supérieures à 93,1 mg/kg⁴ :
 - Scénario 1 – Apport : apport d'une couche de terres saines isolée des terres en place,
 - Scénario 2 – Substitution : excavation de 0,3 m puis apport d'une couche de terres saines,
- Au droit des futurs espaces verts sans anomalies : aucune excavation.

L'estimation des volumes et tonnages liés aux terrassements complémentaires à mener sont les suivants :

Tableau n°9 : Volumes et tonnages liés au projet d'aménagement

Bilan pour les terrassements				
	Scénario 1	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 2
	Volume (m³)	Tonnage (t)	Volume (m³)	Tonnage (t)
Volume de terres excavées dans le cadre du projet	5 203,3	9 365,9	5 584,6	10 052,3

4.3.3 Bilan global des volumes et tonnages

Le bilan global des volumes et tonnages est le suivant :

Tableau n°10 : Bilan global des volumes

Bilan global				
	ZPC Hypothèse basse et scénario 1	ZPC Hypothèse basse et scénario 1	ZPC hypothèse haute & scénario 2	ZPC hypothèse haute & scénario 2
	Volume (m³)	Tonnage (t)	Volume (m³)	Tonnage (t)
Volume de terres excavées – Pollutions concentrées	1 170,0	2 106,0	2 304,00	4 147,2,80
Volumes de terres excavées – Aménagements	5 203,3	9 365,9	5 584,6	10 052,3
Total	6 373,3	11 471,9	7 888,6	10 052,3

⁴ L'Analyse des Risques sanitaires a mis en évidence que les teneurs dans les sols superficiels devaient présenter des teneurs en Arsenic similaire au fond géochimique local. Cf. § 6

4.3.4 Présélection des techniques de dépollution

Sur la base du guide du BRGM (2010) « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices » et du site internet www.SelectDEPOL.fr, les différentes techniques de dépollution peuvent être classées en fonction de la nature des procédés employés :

- Procédés physicochimiques ;
- Procédés biologiques ;
- Procédés thermiques ;
- Confinement.

Les techniques de dépollution sont ensuite classées en fonction du lieu de traitement :

- Traitement hors site ;
- Traitement sur site (on site) : après excavation,
- Traitement in situ : sans excavation (in situ).

Le choix du procédé dépend de critères techniques : nature du polluant, type du sol et/ou caractéristique de la nappe phréatique, objectifs de dépollution, place disponible sur le site et accessibilité de la source de pollution, présence ou absence d'activités sur le site, de **critères économiques** (prix, délais) et **d'autres critères** (souhait de l'administration politique environnementale du Maître d'ouvrage, pression médiatique).

Une **présélection des techniques de dépollution envisageable** présentée ci-après a été réalisée sur la base des données bibliographiques disponibles et de notre retour d'expérience.

Compte-tenu de la problématique du site, et plus particulièrement de l'usage futur de ce dernier, une seule technique de dépollution peut être mise en place : **Excavation des sols et transport en centre traitement hors site**. Cependant, les deux scénarios évoqués ci-avant seront exposés dans le bilan coûts-avantages.

Tableau n°11 : Présélection des techniques de dépollution

Famille	Code norme	Technique proposée	Description succincte	Technique envisageable	Technique non adaptée	Commentaire
SOLS - ZONE NON SATUREE						
Extraction physique de la pollution	C321a	Excavation des sols	Excavation	X		
	C321b	Tri granulométrique	Criblage ou autre méthode de séparation des particules de différente taille. Collecte des particules fines qui contiennent généralement la plus grande partie de la pollution.		X	Géologie impactée trop fine pour un tri granulométrique
	C321c	Lavage à l'eau des terres excavées	Lavage à l'eau des terres excavées pour extraction des fines ou des polluants solubles, avec tri granulométrique		X	Lavage à l'eau non applicable à des matériaux de granulométrie fine
Traitement hors site (C321a)	C321a	Biocentre	Excavation et envoi en centre de traitement biologique	X		Adapté aux pollutions par des hydrocarbures
	C321a	Centre de stockage	Excavation et envoi en centre de stockage ISDI, ISDI+, ISDND, ISDD	X		Adapté aux pollutions par des hydrocarbures et métaux
	C321a	Autres filières hors site pour polluants organiques	Incinération, lavage, etc.		X	Peu pertinent financièrement par rapport au niveau de pollution
Traitement sur site (C320)	C322b	Solidification / stabilisation	Malaxage des sols et d'adjuvants pour modifier la forme chimique des polluants et les rendre non mobilisables, puis réutilisation en remblais compactable		X	Technique non adaptée aux hydrocarbures, technique ne permettant pas la baisse des teneurs en métaux lourds
	C324b	Désorption thermique sur site (atelier de désorption)	Passage des terres sur un atelier de désorption thermique mis en place sur site		X	Technique très onéreuse, non adapté au cas présent
	C324b	Désorption thermique sur site (en terte)	Chauffage du terte par procédé adapté à la température à atteindre (par conductivité, courant électrique, injection de vapeur), et récupération des gaz		X	Coûts très élevés et disproportionnés au regard du volume de terres à traiter
	C325b	Bioterte	Excavation des terres, tri, traitement des terres impactées en biopile ventilée ou brassée avec généralement l'ajout d'un amendement, réutilisation en remblais.		X	Cette technique serait adaptée aux pollutions concentrées en hydrocarbures. Toutefois, le volume concernée apparaît trop faible pour que cette solution soit intéressante
	C325d	Landfarming	Excavation des terres, tri, traitement des terres impactées par étalement sur le sol à l'air libre (faible épaisseur) et travail mécanique, réutilisation en remblais.		X	Technique non adaptée aux métaux
Traitement In situ (C310)	C311a / C315b	Venting / bioventing	Extraction des polluants organiques par mise en dépression de la zone non saturée (venting) couplée à un apport d'oxygène pour stimuler la biodégradation (bioventing)		X	Technique nécessitant la mise en place de mesures importantes, peu adaptée au regard du volume de terres à traiter et au caractère peu volatil des hydrocarbures du site et du faible volume à traiter, non adapté aux métaux
	C312d	Solidification / stabilisation (sol mixing)	Injection/mélange de réactif (par ex. ciment) dans le sol pour modifier la forme chimique des polluants et les rendre non mobilisables.		X	Technique non adaptée aux hydrocarbures, technique ne permettant pas la suppression des teneurs en métaux mais uniquement leur stabilisation
	C313a	Lavage de la zone non saturée	Injection d'eau + réactif (acide/base/surfactant/tensio-actif/alcool) dans ZNS, avec récupération en nappe et traitement de l'effluent chargé		X	Technique non adaptée aux métaux rencontrés
	C313b	Oxydation chimique (ISCO)	Injection d'oxydant en solution dans la ZNS, par puits ou pointe perdue aboutissant à la destruction des polluants		X	Très onéreux et peu pertinent sur le traitement d'une zone non saturée
	C313c	Réduction in situ (ISCR)	Réduction chimique des composés au contact des particules de fer injectées ou de de solutions réductrices		X	Technique non adaptée pour les hydrocarbures et les métaux
	C314a	Thermique in situ ERH	Pose d'électrodes et passage d'un courant électrique. Chauffage par résistivité du sol, couplé en venting		X	Peu pertinent en zone non saturée et risque de dégradation de la qualité géotechnique des sols par modification des équilibres
	C314a	Thermique in situ Conduction	Pose de résistances chauffantes, couplé au venting		X	Technique non adaptée aux pollutions en métaux lourds. Technique non pertinente au regard du faible volume pollué en hydrocarbures.
	C314a	Thermique in situ Vapeur	Chauffage par injection vapeur		X	Géologie non compatible – pollution pas assez concentrées
Confinement	C315d	Phytoremediation	Emploi des plantes pour traiter les sols de surface par dégradation, transformation, volatilisation ou stabilisation		X	Technique non pertinente dans le cadre du réaménagement du site.
	C312a	Confinement par couverture et étanchéification	Excavation des terres et dépôt dans une zone contrôlée avec dispositif de recouvrement/confinement plus ou moins complexe afin de prévenir la propagation des polluants		X	Place insuffisante sur site, et entretien de long terme nécessaire. Inadapté au regard du projet d'aménagement et ne permettant pas la gestion des pollutions concentrée au sens de la méthodologie nationale
	C312b	Confinement vertical	Mise en place d'une paroi étanche autour de la zone polluée pour empêcher le déplacement de la pollution		X	Non pertinent compte-tenu du projet de redéveloppement du site
	C322a	Encapsulation sur site	Enfermement physique des sols par un dispositif de parois, couverture et fond très peu perméables		X	Non pertinent au regard du volume à terres à gérer

4.3.5 Techniques de dépollution envisageables

Dans les paragraphes suivants, il est proposé une description succincte de la technique, les avantages et inconvénients de cette technique au regard du site étudié ainsi qu'une estimation des coûts.

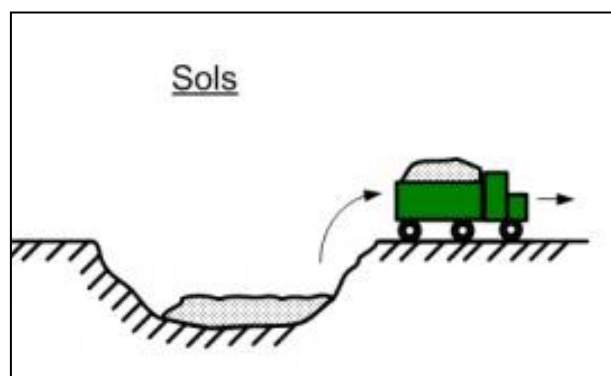
L'ensemble des montants est indiqué en euros HT.

4.3.5.1 Méthode par excavation et évacuation pour traitement hors site

Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- Excavation des sols ;
- Stockage intermédiaire sur une aire dédiée ;
- Transport par camion des terres excavées vers une filière adaptée hors site. Les filières envisageables à ce stade sont l'ISDI, ISDI+ et ISDND en fonction de la qualité des sols ;
- Remblaiement de la fouille par des matériaux sains de provenance extérieure au site puis compactage de ces matériaux.

Figure n°18 : Schéma de principe du traitement par évacuation hors site (source : BRGM)



Les principaux avantages et inconvénients de ce procédé pour le site étudié sont les suivants :

Tableau n°12 : Avantages et inconvénients de la solution – Excavation et évacuation pour traitement hors site

Critères		Avantages, inconvénients
Critères techniques, normatifs et organisationnels	Faisabilité technique	Technique simple, applicable à de nombreux composés
	Durée du traitement	Rapidité d'exécution : quelques mois
	Efficacité du traitement	Elimination des pollutions concentrées
	Accessibilité	Pas de contraintes particulières, le site étant déconstruit
	Point complémentaire à évaluer	Acceptation en filières à vérifier auprès des centres
Critères HSE	Bilan environnemental	Bilan carbone défavorable pour le transport
	Hygiène et sécurité sur et hors site	Gestion classique de la sécurité liés aux engins et camions Risques liés à l'envol des poussières lors des excavations (riverains à proximité immédiate)
Critères socio-politiques	Nuisances du chantier	Site en zone habitée, risque de nuisances associées à la circulation des camions
	Acceptabilité du projet, du chantier	Très favorable, suppression physique de la pollution
Critères juridiques et réglementaires	Surveillance post travaux	Pas de surveillance post-travaux
	Pollution résiduelle	Maîtrise de teneurs résiduelles limitant le risque de recours ultérieurs

4.3.5.2 Volets techniques et financier pour 2 scénarios

La principale différence entre ces deux scénarios est la quantité de terres qui sera évacuée par filières.

En effet, la différence porte sur l'excavation des terres présentant des anomalies en arsenic supérieures à 93 mg/kg au droit des espaces verts (hors ZPC) ou leur maintien.

Les volumes à excaver par filières sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau n°13 : Répartition des terres à excaver par filière pour le scénario 1

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation
Scénario 1 : Apport de terres saines	7 348 tonnes	1 533 tonnes	485 tonnes	9 365,9 tonnes
	4 082 m ³	851 m ³	270 m ³	5 203 m³
ZPC - Hypothèse basse	668 tonnes	0	1 438 tonnes	2 106 tonnes
	371 m ³	0	799 m ³	1 170 m³
ZPC - Hypothèse haute	1 553 tonnes	0	2594 tonnes	4 147 tonnes
	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³
Total SC1 + ZPC bas	8 016 tonnes 4 453 m³	1 533 tonnes 851 m³	1 923 tonnes 1 069 m³	
Total SC1 + ZPC haut	8 901 tonnes 4 945 m³	1 533 tonnes 851 m³	3 079 tonnes 1711 m³	

Tableau n°14 : Répartition des terres à excaver par filière pour le scénario 2

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation
Scénario 2 : Substitution et apport de terres saines	7 651,0 tonnes	1 916 tonnes	485 tonnes	10 052 tonnes
	4 251,0 m ³	1 064 m ³	270 m ³	5 585 m³
ZPC - Hypothèse basse	668 tonnes	0	1 438 tonnes	2 106 tonnes
	371 m ³	0	799 m ³	1170 m³
ZPC - Hypothèse haute	1 553 tonnes	0	2 594 tonnes	4 147 tonnes
	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³
Total SC2 + ZPC bas	8 319 tonnes 4 622 m³	1 916 tonnes 1 064 m³	1 923 tonnes 1 069 m³	
Total SC2 + ZPC haut	9 204 tonnes 5 114 m³	1 916 tonnes 1 064 m³	3 079 tonnes 1 711 m³	

* : Sous réserve des seuils d'acceptation des centres

Pour rappel, les paramètres déclassant vis-à-vis des critères d'acceptation en filière ISDI sont les suivants :

Maille	Paramètres déclassants	Filière de traitement
M02	Arsenic sur éluat	ISDI+
M04	Arsenic sur éluat	ISDI+
M07	Arsenic sur éluat	ISDI+
M15	Mercure sur éluat	Biocentre
M16	Arsenic sur éluat	ISDI+
M20-2	HC C10-C40, Arsenic sur éluat	Biocentre
M20-3	PCB, Arsenic sur éluat	Biocentre

Le plan de terrassement a été réalisé pour chaque scénario en fonction de la profondeur d'excavation. Ces derniers sont présentés sur les pages suivantes.

Figure n°19 : Scénario 1 – Apport d’une couche de terres saines au droit des espaces verts avec anomalies en Arsenic

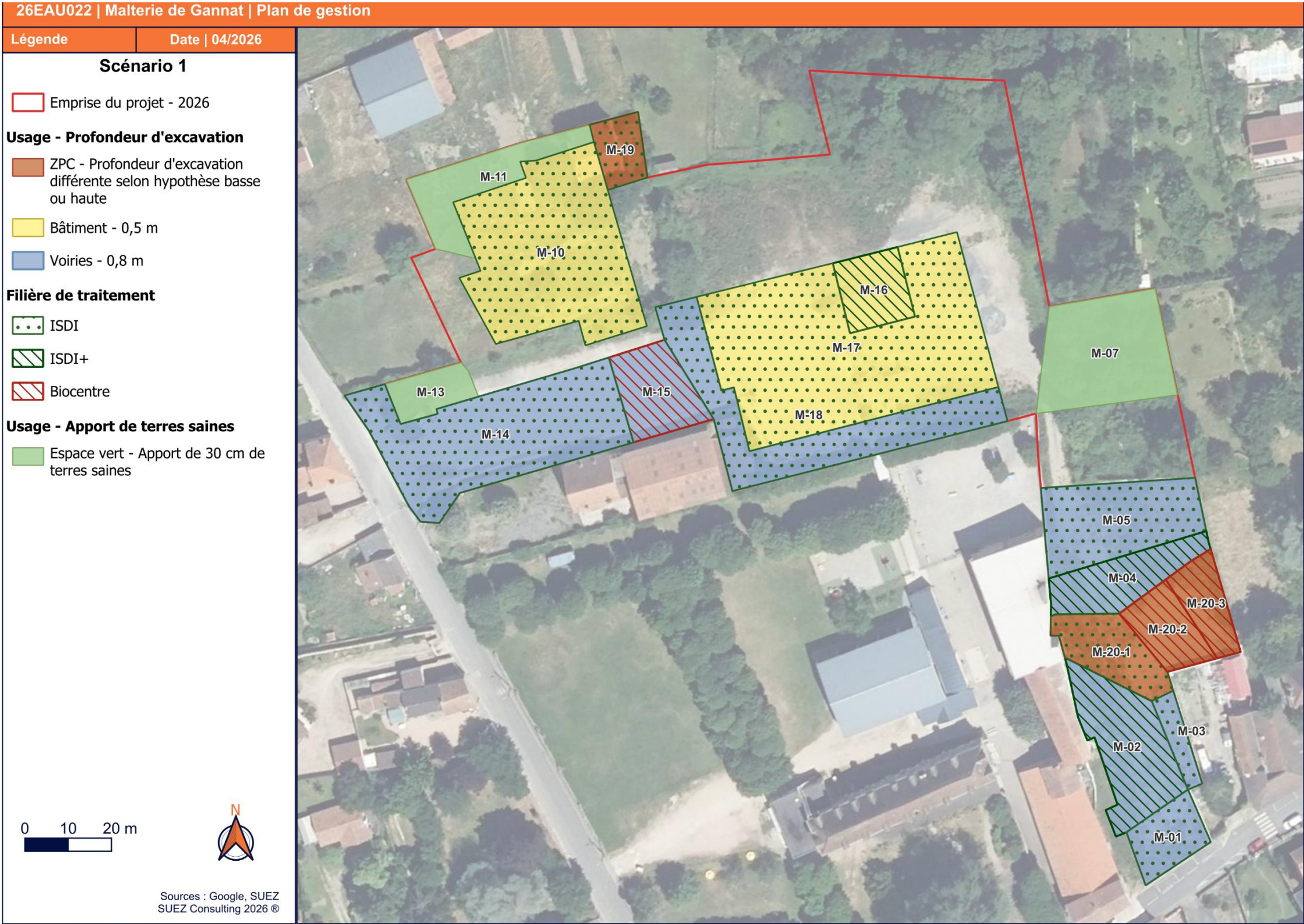


Figure n°20 : Scénario 2 - Excavation de 30 cm puis apport de terres saines au droit des espaces verts avec anomalies en Arsenic

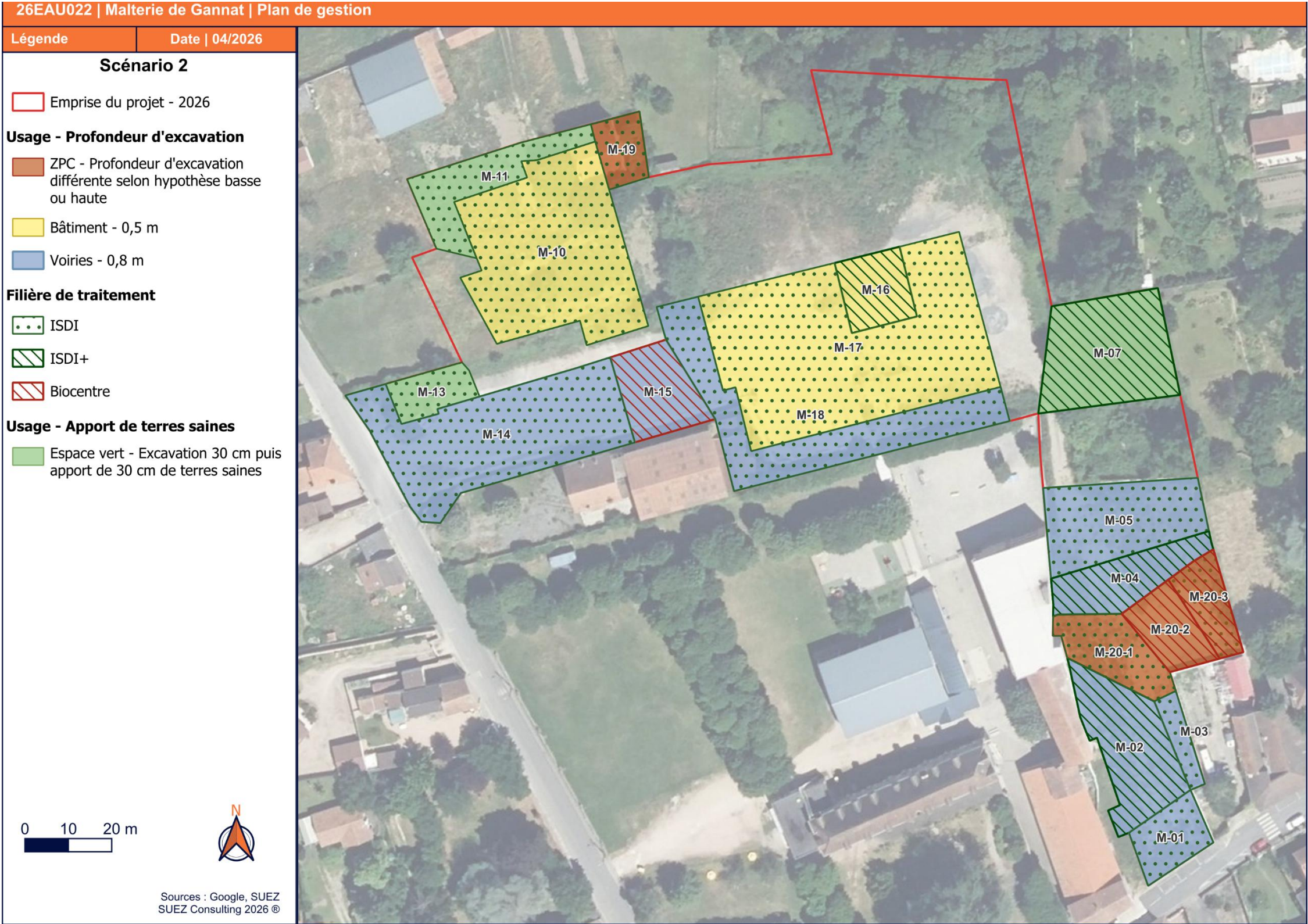


Tableau n°15 : Estimations des coûts – Excavation et évacuation pour traitement hors site – Scénario 1

Excavation et évacuation pour traitement hors site - SC1	Prix unitaire	Unité	Hypothèse basse ZPC		Hypothèse haute ZPC	
			Quantité	Montants	Quantité	Montants
Préparation - Installation						
Préparation et installation de chantier - signalisation, documents d'exécution et documents réglementaires	15 000	Ft	1,0	15 000,00 €	1,0	15 000,00 €
Mise en place d'une aire de lavage des véhicules	5 000	Ft	1,0	5 000,00 €	1,0	5 000,00 €
Mise en place d'une aire de stockage - mise à disposition du géotextile et du géosynthétique	15	€/m²	500,0	7 500,00 €	500,0	7 500,00 €
Traitement des zones de pollution concentrée						
Terrassement						
Terrassement des pollutions concentrées	6	€/m3	1 170,0	7 020,00 €	2 304,0	13 824,00 €
Evacuation en filières hors site - Pollutions concentrées						
Reprise pour chargement	10	€/tonne	2 106,0	21 060,00 €	4 147,2	41 472,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI	50	€/tonne	667,8	33 390,00 €	1 553,4	77 670,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI+ / Biocentre	75	€/tonne	1 438,2	107 865,00 €	2 593,8	194 535,00 €
Remblaiement et compactage - Pollutions concentrées						
Remblaiement et compactage des terres mises en stock (terre valorisables excavées du site dans le cadre des aménagements) au niveau des fouilles après excavation des pollutions concentrées	10	€/tonne	2 106,0	21 060,00 €	4 147,2	41 472,00 €
Travaux d'aménagement						
Terrassement						
Terrassement des terres à excaver dans le cadre du projet d'aménagement	6	€/m3	5 203,3	31 219,80 €	5 203,3	31 219,80 €
Evacuation en filières hors site						
Reprise pour chargement	10	€/tonne	9 365,8	98 450,00 €	9 365,8	93 658,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI	50	€/tonne	7 348,0	367 400,00 €	7 348,0	367 400,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI+ / Biocentre	75	€/tonne	2 017,8	151 335,00 €	2 017,8	151 335,00 €
Moins-valeur pour transport et évacuation ISDI - Revalorisation sur site (vide de fouille des pollutions concentrées et revalorisation des terres excavées dans le cadre des aménagements paysagers)	-50	€/tonne	2 792,3	-139 617,00 €	4 833,5	-241 677,00 €
Remblaiement et compactage						
Remblaiement et compactage des terres revalorisables sur site au niveau d'une partie des espaces verts	10	€/tonne	686,3	6 863,40 €	686,3	6 863,40 €
Fourniture et pose d'un géotextile séparant les terres en place des terres saines rapportées au niveau des espaces verts	15	€/m²	1 700,0	25 500,00 €	1 700,0	25 500,00 €
Suivi des travaux d'excavation et évacuation et analyses						
Suivi des travaux d'excavation et évacuation	550	j	15,7	8 660,63 €	18,0	9 908,03 €
Analyses laboratoire des bords et fonds de fouille (Pack ISDI + 8 métaux lourds sur brut + HCT C10-C40 + BTEX + HAP + PCB)	90	U	100,0	9 000,00 €	91,0	8 190,00 €
Analyses laboratoire des stocks de terre avant évacuation hors site (Pack ISDI + 8 métaux lourds sur brut)	110	U	32,0	3 520,00 €	40,0	4 400,00 €
Repli de chantier et DOE						
Repli de chantier - Elimination des déchets de chantier, remise en état, retrait des aires de lavage et stockage yc contrôle, entretien de la voirie publique	7 500	Ft	1,0	7 500,00 €	1,0	7 500,00 €
Dossier des ouvrages exécutés	4 000	Ft	1,0	4 000,00 €	1,0	4 000,00 €
Comblement du puits industriel	8 000	Ft	1,0	8 000,00 €	1,0	8 000,00 €
Dossier de servitudes	5 000	Ft	1,0	5 000,00 €	1,0	5 000,00 €
Cout de l'AMO ou MOE	7 %	Ft	1,0	56 330,88 €	1,0	61 443,92 €
				861 057,71 €		939 214,15 €

Soit un total de 861k € pour l'hypothèse basse et 939,2k € pour l'hypothèse haute.

Cette estimation ne comprend pas :

- La réalisation d'une dépollution des eaux souterraines, une vérification de la qualité des eaux souterraines est recommandée en aval immédiat des sources de pollution en HCT et PCB (S5 – S7),
- Les éventuels surcoûts liés à la démolition des infrastructures existantes telles que des fondations, des réseaux enterrés, des cuves d'hydrocarbures.

Tableau n°16 : Estimations des coûts – Excavation et évacuation pour traitement hors site – Scénario 2

Excavation et évacuation pour traitement hors site - SC2	Prix unitaire	Unité	Hypothèse basse ZPC		Hypothèse haute ZPC	
			Quantité	Montants	Quantité	Montants
Préparation - Installation						
Préparation et installation de chantier - signalisation, documents d'exécution et documents réglementaires	15 000	Ft	1,0	15 000,00 €	1,0	15 000,00 €
Mise en place d'une aire de lavage des véhicules	5 000	Ft	1,0	5 000,00 €	1,0	5 000,00 €
Mise en place d'une aire de stockage - mise à disposition du géotextile et du géosynthétique	15	€/m²	500,0	7 500,00 €	500,0	7 500,00 €
Traitement des sources de pollution concentrée						
Terrassement						
Terrassement des pollutions concentrées	6	€/m3	1 170,0	7 020,00 €	2 304,0	13 824,00 €
Evacuation en filières hors site						
Reprise pour chargement	10	€/tonne	2 106,0	21 060,00 €	4 147,2	41 472,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI	50	€/tonne	667,8	33 390,00 €	1 553,4	77 670,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI+ / Biocentre	75	€/tonne	1 438,2	107 865,00 €	2 593,8	194 535,00 €
Remblaiement et compactage						
Remblaiement et compactage des terres mises en stock (terre valorisables excavées du site dans le cadre des aménagements) au niveau des fouilles après excavation des pollutions concentrées	10	€/tonne	2 106,0	21 060,00 €	4 147,2	41 472,00 €
Travaux d'aménagement						
Terrassement						
Terrassement des terres à excaver dans le cadre du projet d'aménagement	6	€/m3	5 585,0	33 510,00 €	5 585,0	33 510,00 €
Evacuation en filières hors site						
Reprise pour chargement	10	€/tonne	10 052,2	100 522,00 €	10 052,2	100 522,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI	50	€/tonne	7 651,0	382 550,00 €	7 651,0	382 550,00 €
Transport, évacuation en filière ISDI+ / Biocentre	75	€/tonne	2 401,2	180 090,00 €	2 401,2	180 090,00 €
Moins-value pour transport et évacuation ISDI - Revalorisation sur site (vide de fouille des pollutions concentrées et revalorisation des terres excavées dans le cadre des aménagements paysagers)	-50	€/tonne	2 792,3	-139 617,00 €	4 833,5	-241 677,00 €
Remblaiement et compactage						
Remblaiement et compactage des terres revalorisables sur site au niveau d'une partie des espaces verts	10	€/tonne	686,3	6 863,40 €	686,3	6 863,40 €
Fourniture et pose d'un géotextile séparant les terres en place des terres saines rapportées au niveau des espaces verts	15	€/m²	1 700,0	25 500,00 €	1 700,0	25 500,00 €
Suivi des travaux d'excavation et évacuation et analyses						
Suivi des travaux d'excavation et évacuation	550	j	16,5	9 080,50 €	18,8	10 327,90 €
Analyses laboratoire des bords et fonds de fouille (Pack ISDI + 8 métaux lourds sur brut + HCT C10-C40 + BTEX + HAP + PCB)	90	U	100,0	9 000,00 €	91,0	8 190,00 €
Analyses laboratoire des stocks de terre avant évacuation hors site (Pack ISDI + 8 métaux lourds sur brut)	110	U	32,0	3 520,00 €	40,0	4 400,00 €
Repli de chantier et DOE						
Repli de chantier - Elimination des déchets de chantier, remise en état, retrait des aires de lavage et stockage yc contrôle, entretien de la voirie publique	7 500	Ft	1,0	7 500,00 €	1,0	7 500,00 €
Dossier des ouvrages exécutés	4 000	Ft	1,0	4 000,00 €	1,0	4 000,00 €
Comblement du puits industriel	8 000	Ft	1,0	8 000,00 €	1,0	8 000,00 €
Dossier de servitudes	5 000	Ft	1,0	5 000,00 €	1,0	5 000,00 €
Cout de l'AMO ou MOE	7%	Ft	1,0	59 738,97 €	1,0	65 187,45 €
				913 152,87 €		996 436,75 €

Soit un total de 913,1k € pour l'hypothèse basse et 996,4k € pour l'hypothèse haute.

Cette estimation ne comprend pas :

- La réalisation d'une dépollution des eaux souterraines (une vérification de la qualité des eaux est recommandée en aval immédiat des sources de pollution en HCT et PCB | S5 – S7 afin de vérifier l'absence d'impact sur les eaux souterraines),
- Les éventuels surcoûts liés à la démolition des infrastructures existantes telles que des fondations, des réseaux enterrés, des cuves d'hydrocarbures.

Nota : Compte-tenu des fortes valeurs en métaux sur bruts, les terres classées ISDI pourraient être amenées à être surclasser, une attention particulière sera à porter à ce point lors de la consultation des centres.

4.3.6 Possibilités de revalorisation des terres excavées sur site

Compte-tenu de la qualité des terres présentes au droit du site, une partie des terres destinées à être excavées dans le cadre des aménagements peut être réutilisée sur site, soit :

- Sans contrainte particulière, pour les terres ne dépassant pas les critères ISDI et présentant des teneurs en arsenic inférieures au fond géochimique (93 mg/kg) ;
- Sous couverture, pour les terres ne dépassant pas les critères ISDI mais présentant des teneurs en arsenic comprises entre le fond géochimique (93 mg/kg) et le seuil de pollution concentrée défini (190 mg/kg).

Les terres destinées à être évacuées en filière ISDI+, Biocentre ou définie comme ZPC ne peuvent pas être valorisées sur site.

Tableau n°17 : Bilan des terres valorisables au droit du site

	SC1		SC2	
	Volume (m³)	Tonne	Volume (m³)	Tonne
Réutilisation sans contraintes	3 593	6 467	3 593	6 467
Réutilisation sous couverture	490	881	658	1 184
Non valorisable	2 250	4 049	2 463	4 433

A titre indicatif, en considérant une revalorisation au nord du bâtiment central sur une surface d'environ 1 400 m² (20 m x 70 m) des terres réutilisables sans contraintes, cela conduirait une réhausse moyenne du terrain dans cette zone d'environ 2,5 m (sans tenir compte de talutages).

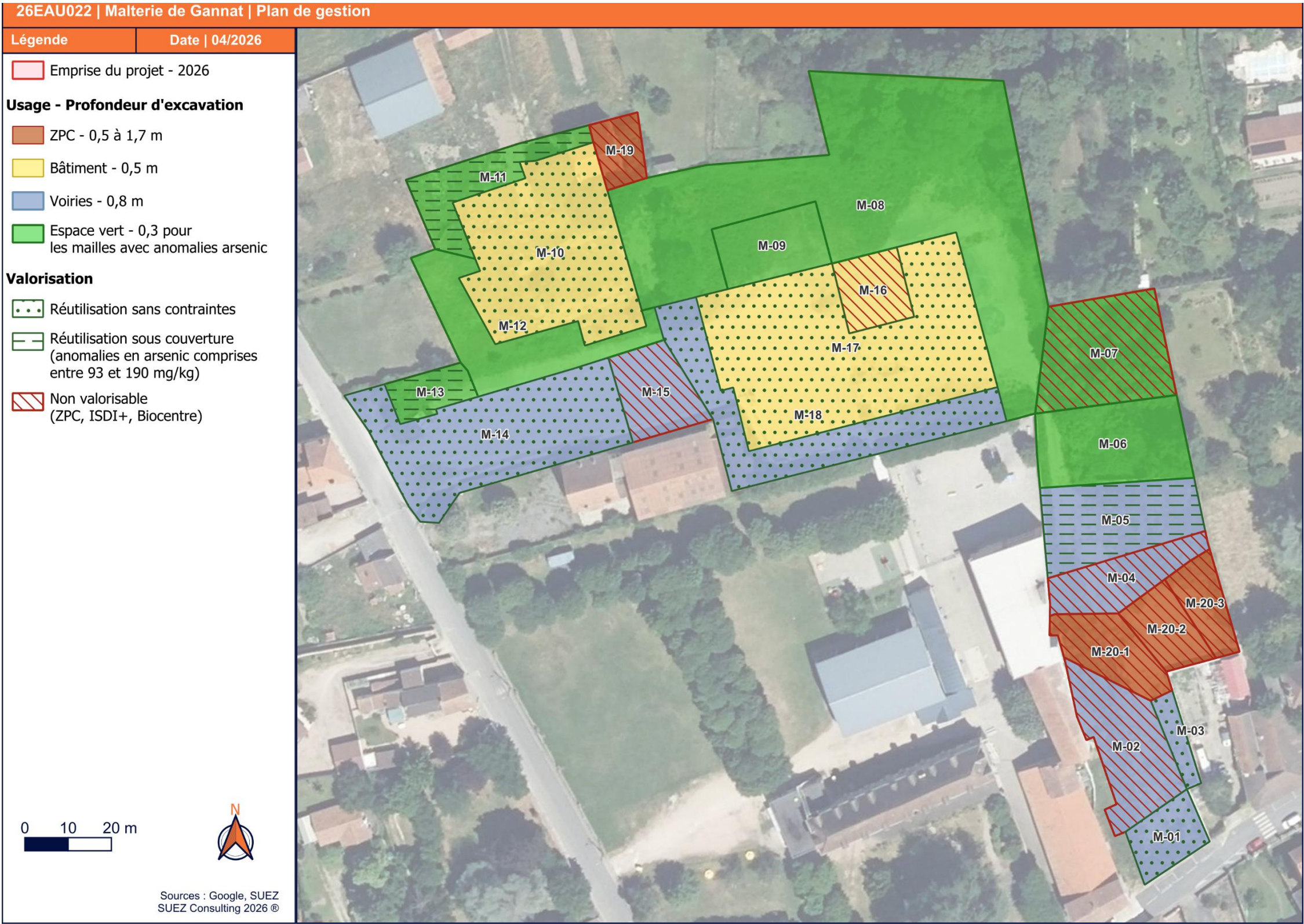
Les quantités de terres réutilisées seront à affiner lors de l'élaboration du projet paysager. A ce stade du dossier, il pourrait être considéré de façon arbitraire une réutilisation d'environ 1 000 m³, représentant une économie d'environ 50 k€.

Par ailleurs, les vides de fouille des ZPC pourront être remblayés avec les terres saines valorisables sans contraintes issues du site, représentant un volume de 1 170 m³ (selon ZPC hypothèse basse).

La carte en page suivante représente, pour chaque zone excavée dans le cadre du projet d'aménagement, la valorisation envisageable. Par exemple :

- Les terres excavées entre 0 et 0,5 m au droit de la maille M-10 pourront être réutilisées sans contrainte, par exemple pour combler le vide de fouille de la maille de pollution concentrée M-19 ;
- Les terres excavées entre 0 et 0,8 m au droit de la maille M-05 pourront être réutilisées sous couverture, par exemple pour combler le vide de fouille de la maille de pollution concentrée M-20-1 sous les futures voiries ;
- Les terres excavées au droit des zones de pollution concentrée ou au droit de la maille M-15 ne pourront pas être valorisées sur site.

Figure n°21 : Possibilités de revalorisation sur site des terres excavées dans le cadre des aménagements



4.4 Bilan coûts-avantages et choix des mesures de gestion

Le bilan coûts-avantages des différents scénarios de gestion est présenté au regard des intérêts techniques, économiques et environnementaux et permet donc d'aboutir au meilleur compromis coûts/ délais / performances.

Le tableau ci-après récapitule les avantages et inconvénients pour les deux scénarios, **en considérant uniquement l'hypothèse basse pour le traitement des ZPC** (cf. section 4.3.1) :

Tableau n°18 : Avantages / Inconvénients des 2 scénarios proposés

Critères		Scénario 1 - Apport	Scénario 2 - Substitution
Critères techniques, normatifs et organisationnels	Faisabilité technique	Technique simple, applicable à de nombreux composés Engendre toutefois une réhausse de certaines zones d'espaces verts par rapport au terrain actuel	Technique simple, applicable à de nombreux composés Permet un maintien du TN
	Durée du chantier	< 3 mois	< 3 mois
	Efficacité du traitement	% de masse de polluants enlevée - HCT : 92% - Arsenic : 20% - Mercure : 70% - PCB : 96%	% de masse de polluants enlevée : - HCT : 92% - Arsenic : 24% - Mercure : 70% - PCB : 97%
	Accessibilité	Pas de contraintes particulières	Pas de contraintes particulières
	Point complémentaire à évaluer	Acceptation en filières à vérifier auprès des centres, attention particulière sur les terres ISDI compte tenu des teneurs élevées en métaux lourds sur brut	
Critères HSE	Bilan environnemental	Bilan carbone défavorable pour le transport	
	Hygiène et sécurité sur et hors site	Gestion classique de la sécurité liés aux engins et camions Risques liés aux envois de poussières, riverains à proximité immédiate	
Critères socio-politiques	Nuisances du chantier	Site en zone habitée, risque de nuisances associées à la circulation des camions	
	Acceptabilité du projet, du chantier	Favorable, suppression physique de la pollution des pollutions concentrées	Très Favorable, suppression physique des pollutions concentrées et de sols de surface présentant des teneurs en As élevée au niveau des espaces verts
Critères juridiques et réglementaires	Surveillance post travaux	Pas de surveillance post-travaux	
	Pollution résiduelle	Maîtrise de teneurs résiduelles limitant le risque de recours ultérieurs. Restriction d'usage liés au respect du zonage par type d'usage	

Pour chaque solution présentée dans le paragraphe précédent, il est proposé une notation des critères et l'établissement d'un score global.

Une note de 1 a été attribuée pour un critère défavorable une note de 5 a été attribuée pour un critère favorable.

Ensuite, un score global a été établi pour chaque méthode de traitement en considérant une pondération de 2 pour le critère socio politique et de 1 pour les autres critères.

Le détail des deux options est présenté dans le tableau ci-après :

Tableau n°19 : Notation des critères et score global

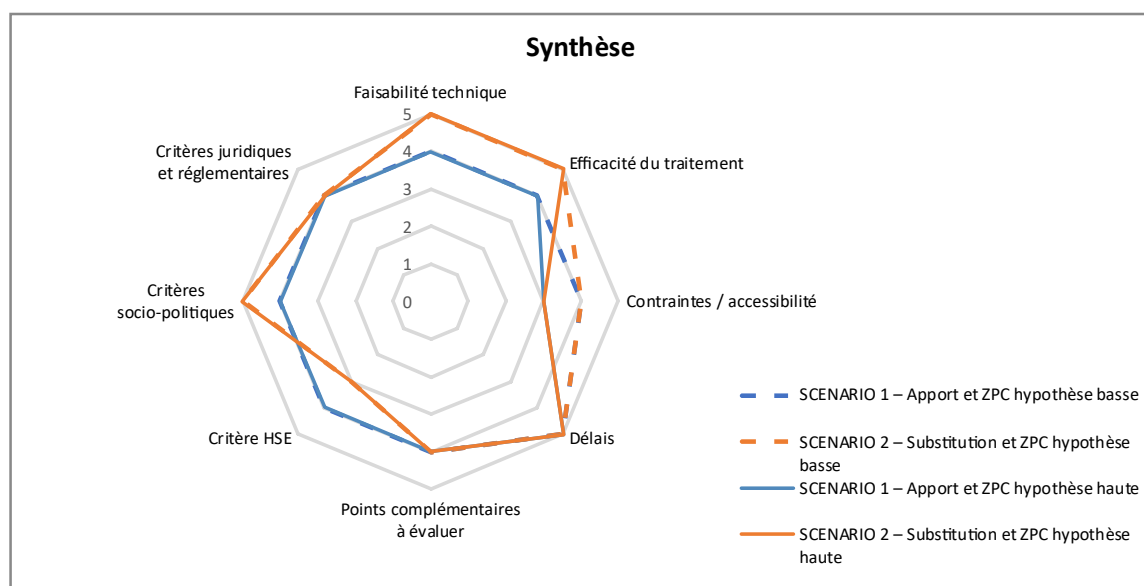
	Faisabilité technique	Efficacité du traitement	Contraintes / accessibilité	Délais	Points complémentaires à évaluer	Critère HSE	Critères socio-politiques	Critères juridiques et réglementaires	TOTAL sans pondération	Score avec pondération
SCENARIO 1 – Apport et ZPC hypothèse basse	4	4	4	5	4	4	4	4	33	50
SCENARIO 2 – Substitution et ZPC hypothèse basse	5	5	4	5	4	3	5	4	35	55
SCENARIO 1 – Apport et ZPC hypothèse haute	4	4	3	5	4	4	4	4	32	49
SCENARIO 2 – Substitution et ZPC hypothèse haute	5	5	3	5	4	3	5	4	34	54

Une représentation graphique sous forme de radar présentée ci-après permet de comparer les différentes méthodes de traitement proposées pour chaque critère (faisabilité technique, efficacité du traitement, contraintes/accessibilité, délais, Pollution retirée et contraintes sur les futurs occupants / usages).

Les techniques présentant la surface de radar la plus importante sont celles étant les plus pertinentes aux regards des différents critères.

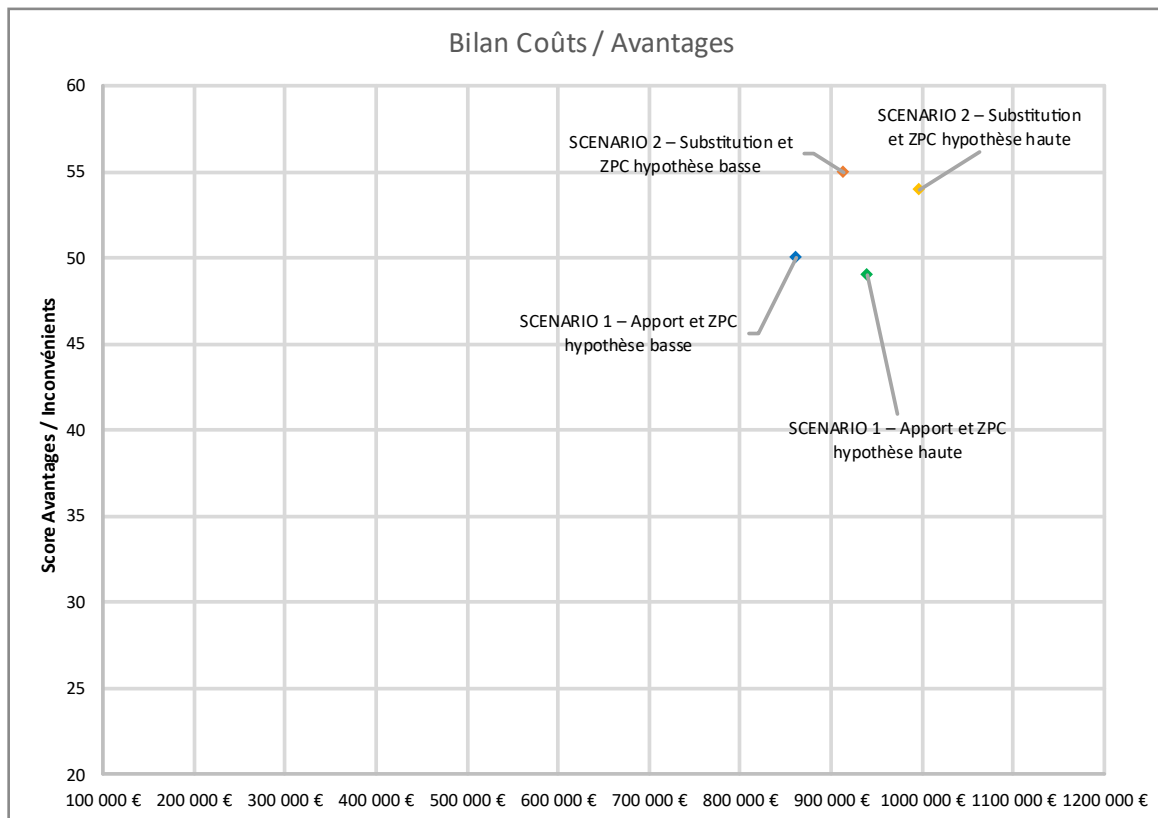
Ainsi le scénario 2 présente le radar le plus important par rapport au scénario 1.

Figure n°22 : Comparaison des critères par scénario proposé



Les scores pondérés obtenus sont alors mis en perspective avec les coûts de traitement estimés sous forme de graphique afin de réaliser le **bilan coûts / avantages**.

Figure n°23 : Graphique bilan coûts / avantages



Le choix de la Ville de Gannat entre les deux scénarios de traitement hors site pourra être réalisé au regard des principaux éléments suivants :

- ▷ Contraintes liées au maintien du niveau du TN,
- ▷ Suppression partielle ou totale des pollution concentrées,
- ▷ Prix.

4.5 Préconisations concernant les solutions de gestion retenues

4.5.1 Modalités de contrôle et de mise en œuvre

Dans le cadre des travaux, un contrôle de la mise en œuvre des mesures de gestion devra être prévu et notamment :

- Vérification des teneurs en bords et fonds de fouille suite à l'excavation des terres,
- Vérification de la mise en place du géotextile sur les zones concernées,
- Contrôle de la traçabilité du traitement hors site (CAP, transport, documents attestant la prise en charge du traitement).

A la fin des travaux, sur la base de résultats d'analyses, le rapport de fin de travaux devra permettre de retracer l'ensemble des opérations menées et de caractériser l'état du milieu souterrain post travaux.

4.5.2 Surveillance des milieux

Au regard des options de gestion retenues et considérant l'absence d'impact significatif constaté sur les eaux souterraines avant mise en œuvre des mesures de gestion, il n'apparaît pas nécessaire à ce stade de mettre en place une surveillance des milieux pendant et après travaux.

Ce point pourra toutefois être ré-évaluer en phase chantier si nécessaire, tel que la présence d'une pollution dans les eaux souterraines à proximité des cuves enterrées.

4.5.3 Plan de Conception de Travaux

Un Plan de Conception de Travaux (PCT) a pour objectif de confirmer la faisabilité des mesures de gestion envisagées à l'issue du bilan coût / avantages et apporte des éléments complémentaires pour dimensionner les travaux de dépollution. Conformément à la norme NFX31620-3, cette prestation comprend la réalisation d'essais de faisabilité de terrain ou de laboratoire.

Pour le site étudié, il n'apparaît pas nécessaire de réaliser un PCT, du fait de la solution envisagée d'excavation et d'évacuation pour traitement hors site.

4.5.4 Mise en place de servitudes et/ou restrictions d'usage

SAFEGE recommande la mise en place de restriction d'usage au droit des parcelles :

- Interdiction de plantation d'arbres fruitiers et de jardins potagers au droit espaces verts quel que soit le scénario retenu ;
- Obligation de prise en compte de la qualité du sous-sol en cas de modification de l'usage ou des aménagements considérés dans le présent rapport.

Dans ce cadre, il devra être transmis aux propriétaires successifs l'ensemble des documents afférents à la qualité du milieu souterrain du site (diagnostics de pollution, rapports de travaux, plan de gestion, etc.).

5. SCHEMA CONCEPTUEL APRES MESURES DE GESTION

Le schéma conceptuel après mise en œuvre des mesures de gestion est présenté ci-après. Il est élaboré au regard de l'ensemble des données acquises sur la zone d'étude (présent rapport et études antérieures listées au paragraphe (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

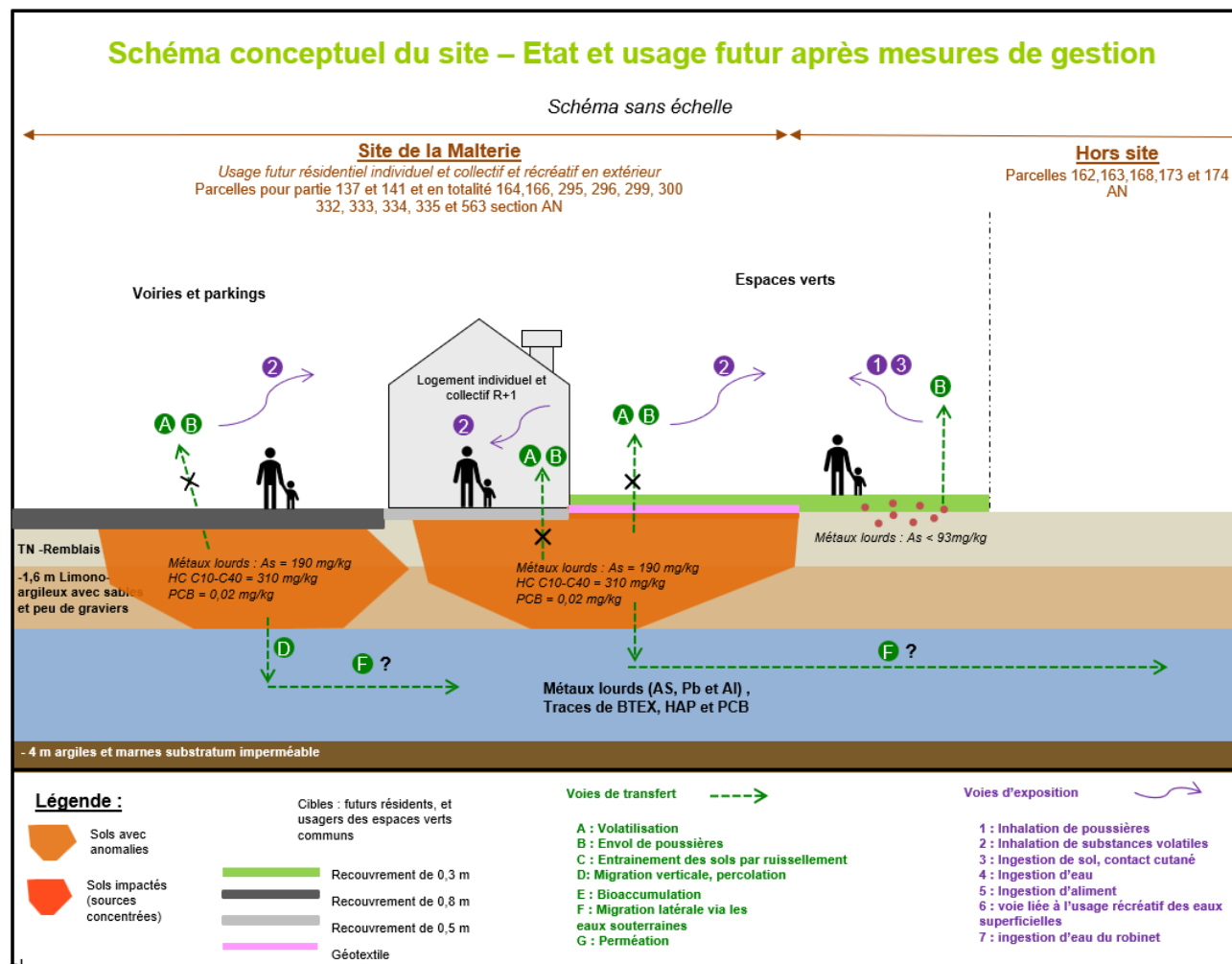
Tableau n°20 : Schéma conceptuel

SOURCES DE POLLUTION IDENTIFIEES		
Zones polluées	Teneurs résiduelles dans les sols	
Pollution diffuse sur l'ensemble du site	HCT – max 310 mg/kg (S13/2,5) As – max 190 mg/kg (S4/1.4 – S23/1.5 – S29/0.2) Cu – max 140 mg/kg (S41/1.5) Hg – max 0,1 mg/kg PCB – max 0,02 mg/kg	
Impacts constatés sur les milieux		
Eaux souterraines	Présence de métaux lourds : - D'arsenic : 0,10 à 0,26 mg/l ; - D'aluminium : 0,584 à 1,2 mg/l ; - De plomb : 0,018 à 0,033 mg/l. Traces de BTEX entre 0,15 et 9,26 µg/l HAP entre 0.0020 et 0,26 µg/l avec 0,166 µg/l pour EDCH à 0,1 µg/l Trace de PCB 0,157 µg/l	
Gaz du sol	Pas de mesures réalisées	
Air ambiant	Pas de mesures réalisées	
Eaux du réseau	Pas de mesures réalisées	
VOIES DE TRANFERT		
Voies de transfert	Retenu / non retenu	Justification
Envol de poussière	✓	Sols de surface partiellement recouverts
Bioaccumulation	✗	Voie de transfert non retenue en l'absence de potager ou verger au droit du site d'après le futur projet d'aménagement
Dégazage de composés volatils depuis les sols	✓	Sols de surface remplacés par des terres saines, dégazage très limité des sols sous-jacents
Dégazage de composés volatils depuis les eaux souterraines	✓	Dégazage très limité, teneurs faibles en HAP
Migration des gaz vers l'air ambiant	✓	Teneurs résiduelles en HAP, C5-C10 en profondeur, dégazage très limité
Migration verticale, percolation jusqu'au eaux souterraines	✓	Nappe moyennement vulnérable à environ 1,5 m
Migration latérale des eaux souterraines	✓	Présence d'une nappe d'eau souterraine identifiée, potentiel impact en aval des sources en HC et PCB
Perméation au travers des canalisation	✗	Futures canalisations isolées des terres en place par des remblais de terres saines
Entrainement des sols de surface par ruissellement	✗	Site légèrement en pente, mais terres saines en surface

CIBLES SUR SITE			
Aménagement considéré sur site		Cibles	
Aménagement logement collectif avec parking et parc public		Adultes et enfants au droit du site, visiteurs	
Voies d'exposition	Milieu d'exposition	Retenu / non retenu	Justification
Ingestion accidentelle de sols, contact direct cutané	Sols de surface	✓	Sols de surface partiellement recouverts <u>Niveaux de risques inférieurs aux limites d'acceptabilité après mise en œuvre des mesures de gestion (cf. ARR prédictive).</u>
Inhalation de poussières	Air ambiant (poussières)	✓	Sols de surface partiellement recouvert <u>Niveaux de risques inférieurs aux limites d'acceptabilité après mise en œuvre des mesures de gestion (cf. ARR prédictive).</u>
Ingestion d'aliments autoproduits	Aliments auto-produits	✗	Absence de potagers ou vergers dans le projet d'aménagement
Inhalation de composés volatils	Air ambiant (gaz)	✓	Présence potentielle de composés volatils dans les gaz du sols (présence de mercure et de composés organiques volatils dans le milieu souterrains) <u>Niveaux de risques inférieurs aux limites d'acceptabilité après mise en œuvre des mesures de gestion (cf. ARR prédictive).</u>
Ingestion d'eau	Eaux souterraines	✗	Absence de puits destinés à un usage sensible sur site
Ingestion d'eau	Eaux superficielles	✗	Absence d'eau superficielle sur site
Ingestion d'eau	Eaux du réseau	✗	Futures canalisations isolées des terres en place par des remblais de terres saines
Voies liées à l'usage récréatif des eaux superficielles	Eaux superficielles	✗	Absence d'eau superficielle sur site
Ingestion accidentelle de sols, contact direct cutané	Sols de surface	✗	Sols recouverts

CIBLES HORS SITE
Après mise en œuvre des mesures de gestion, les risques de transfert hors site par envol de poussières seront très limités. Il reste toutefois une incertitude sur les eaux souterraines (sondage S07) avec un risque de transfert hors du site. Toutefois aucun puits de particulier n'a été recensé à proximité de la zone et les travaux de dépollution permettront de supprimer la source en pollution concentrée.

Figure n°24 : Schéma conceptuel après mesures de gestion – SC1



6. ANALYSES DES ENJEUX SANITAIRES – ARR PREDICTIVE

6.1 Généralités sur les calculs de risque sanitaires

De façon générale, les calculs de risques sanitaires sont réalisés sur la base de propositions standards et pénalisantes d'aménagement ou d'exposition pour les paramètres qui ne sont pas déterminés au jour de la réalisation de l'EQRS.

Les trois étapes nécessaires aux calculs de risques, pour un scénario donné, sont les suivantes :

- **Transfert des contaminants des sols et de la nappe vers le point d'exposition** : cette première étape permet de calculer la concentration du contaminant au point d'exposition (air intérieur, air extérieur, poussières...) ;
- Evaluation de la concentration moyenne inhalée (pour l'inhalation) ou de la dose journalière d'exposition (pour l'ingestion) : celles-ci dépendent d'une part de la concentration au point d'exposition et d'autre part du régime d'exposition des individus (durée d'exposition, quantité ingérée...) ;
- **Calcul des risques (distinction entre les substances toxiques et cancérigènes)** ; cette évaluation permet alors de comparer les risques calculés aux risques définis comme tolérables.

La circulaire du 8 février 2007 « Sites et sols pollués – Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » précise que les critères d'acceptabilité des risques calculés sont ceux usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé : quotient de danger inférieur à 1, excès de risque individuel théorique inférieur à 10^{-5} .

Le **quotient de danger « QD »** est la référence pour les substances toxiques (à effets à seuil). Le QD inhérent à chaque substance est cumulatif pour un même effet sur la santé humaine.

En première approche, les résultats relatifs aux risques toxiques sont présentés dans leur globalité puis une présentation par effet sur la santé est réalisée si les résultats nécessitent d'être affinés.

L'**excès de risque individuel « ERI »** est la référence pour les substances cancérigènes (à effets sans seuil). L'ERI inhérent à chaque substance est cumulatif.

Par ailleurs, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, lorsqu'elles sont définies, les valeurs de gestion doivent être respectées. Par exemple, pour l'air intérieur, il existe notamment des valeurs réglementaires du Code de l'environnement, des valeurs guide de l'ANSES et des valeurs repères du HCSP.

Ce qu'il faut retenir...

Les valeurs repère sont donc :

- QD, pour les substances toxiques, inférieur à 1
- ERI, pour les substances cancérigènes, inférieur à 1.10^{-5}

Par ailleurs, les valeurs de gestion doivent être respectées.

6.2 Identification des dangers

6.2.1 Usages, cibles et voies d'exposition retenues

L'usage futur envisagé de la parcelle est un usage résidentiel collectif avec des zones de parking et des espaces verts accessibles au public. Le projet ne comprend pas la réalisation de jardins potagers et de plantations d'arbres fruitiers.

Les **cibles retenues** sont :

- Les futurs résidents adultes et enfants des logements,
- Les usagers du parc public adultes et enfants.

Les **voies d'exposition** retenues sont (Cf. justification dans le tableau présenté au paragraphe Schéma Conceptuel) :

- L'inhalation de composés volatils,
- L'inhalation de poussières,
- L'ingestion accidentelle de sols.

Le contact cutané avec les sols de surface n'est pas retenu. Conformément à la circulaire DGS/SD.7B n° 2006-234 du 31 octobre 2014, en l'absence de VTR spécifique à cette voie d'exposition, le contact cutané n'est pas quantifié.

6.2.2 Substances et concentrations retenues

De façon générale, les substances retenues pour les calculs de risque :

- Présentent au moins une concentration supérieure à la limite de quantification du laboratoire ;
- Disposent d'une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour la voie d'exposition sélectionnée.

L'ARR prédictive a été menée en considérant l'état du site après traitement des pollutions concentrées en :

- HCT : sols correspondant aux échantillons S5/0,2 et S5/1,7,
- Mercure : sols correspondant à l'échantillon S6/0,2,
- Arsenic : sols correspondant à l'échantillon S7/2,5,
- PCB : sols correspondant à l'échantillon S7/0,2.

Selon une approche majorante,

○ Pour l'inhalation de vapeurs :

- En l'absence de mesure d'une substance dans les gaz du sol, les concentrations maximales des substances volatiles mesurées sur les sols, tous horizons et toutes zones confondues sont retenues.

○ Pour l'inhalation de poussières et l'ingestion accidentelle de sols :

- Les concentrations maximales mesurées sur la tranche 0 à 1,5 m au niveau des espaces extérieurs parc et jardins paysagers sont retenues. Il a été ainsi considéré que les sols

situés entre 0,5 m et 1,5 m pouvaient être remis en surface lors des travaux d'aménagement⁵,

- Par ailleurs, considérant le projet de revaloriser sur site une partie des terres excavées au niveau des voiries, parking et bâtiments, les sols correspondant aux horizons de la tranche 0-0,5 m sur ces secteurs ont également été retenus⁶.

Pour les métaux lourds,

- Seules les concentrations supérieures au fond géochimique local défini par le RMQS sont retenues ; les métaux concernés sont l'arsenic, le cadmium, le cuivre, et le mercure.
- A l'exception du mercure, les métaux lourds ne sont pas considérés comme volatils, ils sont par conséquent uniquement pris en compte pour l'inhalation de poussière et l'ingestion de sol.
- Pour l'inhalation de mercure volatil, les concentrations prises en compte pour la modélisation de dégazage correspondent à 10 % des concentrations mesurées. Pour l'ingestion de sol et l'inhalation de poussières, 100 % de la concentration en mercure a été considérée. Cette approche est cohérente avec la littérature⁷.

Pour les hydrocarbures,

- Les propriétés physico-chimiques et toxicologiques varient en fonction des fractions carbonées et de leur forme aliphatiques ou aromatiques. Il n'existe pas de Valeur Toxicologique de Référence globale pour les hydrocarbures totaux.
- Les analyses réalisées sur les échantillons de sols ont été menées sans distinction des fractions aromatiques et aliphatiques. En première approche, il a été considéré une répartition à 50 % en fraction aromatique et à 50 % en fraction aliphatique. Des répartitions 100 % aromatiques ou aliphatiques sont étudiées en analyse des incertitudes.

⁵ Echantillons considérés parcs et jardins d'agréments : S10/0,2, S10/1,5, S11/0,2, S11/1,5, S11/2,5, S12/0,2, S12/1,8, S17/0,2, S17/1, S20/0,2, S20/1,4, S21/0,2, S21/1, S22/0,2, S22/1, S23/0,2, S23/1,5, S27/0,2, S27/1,5, S35/0,2, S35/1,5, S38/0,25, S38/1,5, S39/0,3, S39/1,4, S40/0,3, S40/1,5, S41/1,5, S41/2,4, S42/0,3, S42/1,5, S42/2,4, S43/0,3, S43/1,5

⁶ Echantillons considérés, sols excavés au niveau des parkings, voiries et bâtiments : S1/0,2, S2/0,2, S3/0,2, S4/0,2, S8/0,2, S9/0,2, S10/0,2, S11/0,2, S13/0,2, S14/0,2, S15/0,2, S16/0,2, S24/0,2, S25/0,2, S26/0,2, S28/0,2, S29/0,2, S33/0,2, S36/0,2, S37/0,2

⁷ Le mercure gazeux se trouve principalement sous forme de mercure élémentaire (Hg⁰) et en plus faible quantité sous forme de diméthylmercure (Hg organique). Les composés inorganiques (HgII) sont très peu volatils.

Selon le BGRM (« Le mercure et ses composés, comportement dans les sols, les eaux et les boues de sédiment », BRGM/RP-51890-FR, juin 2003), le mercure est principalement adsorbé dans la fraction solide fine du sol, lié à des particules organiques ou avec des minéraux (argiles et hydroxydes de fer notamment). Seule une très faible proportion se répartit dans les phases aqueuses et gazeuses du sol.

D'après l'US-EPA (US-EPA, Mercury Study Report to Congress, Fate and Transport Mercury in the Environment, Volume 3, EPA452/R97005, December 1997), 1 à 3 % du mercure quantifié est présent sous forme de méthylmercure, une faible fraction est présente sous sa forme élémentaire (Hg⁰), et 97 à 99 % est présent sous forme de mercure inorganique divalent (HgII) complexé à la matière organique donc non à très peu volatil.

D'après L'ATSDR (ATSDR, Toxicological Profile for Mercury, March 1999, p 429 (Source : Revis et al. 1989, 1990)), dans des sols ayant subi un déversement accidentel de nitrate de mercure, 6 à 9 % du mercure total est sous forme de mercure élémentaire (Hg⁰), 0,02 % sous forme de mercure organique et 85–88 % de mercure est sous forme inorganique (HgII) donc non à très peu volatil.

Pour les PCB, il a été considéré la somme des 6 PCB (congénères 28, 52, 101, 153, 180) considérant les VTR à prendre en compte et se rapportant à cette somme.

Les substances et les concentrations ainsi retenues sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau n°21 : Substances et concentrations retenues pour l'inhalation de composés volatils

SUBSTANCES	Concentrations mesurées dans les sols (mg/kg)	Sondage / Echantillon / Justification
HYDROCARBURES		
Fraction aliphatique >C8-C10	11,1	S18/2,5 (50 %)
Fraction aliphatique >C12-C16	70	S13/2,5 (50 %)
Fraction aromatique >C8-C10	11,1	S18/2,5 (50 %)
Fraction aromatique >C12-C16	70	S13/2,5
METAUX		
Mercure (volatil)	0,02	S10/0,2, S13/0,2, S43/0,3 (10 %)
POLYCHLOROBIPHENYLS		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180)	0,053	S37/0,2
HAP		
Naphtalène	0,08	S10/0,2
Acénaphthylène	0,15	S34/1,5
Anthracène	0,25	S34/1,5
benzo(a)anthracène	0,39	S4/0,2
benzo(a)pyrène	0,4	S4/0,2
benzo(b)fluoranthène	0,52	S4/0,2
benzo(ghi)pérylène	0,27	S4/0,2
benzo(k)fluoranthène	0,21	S4/0,2
Chrysène	0,37	S4/0,2
Fluoranthène	0,93	S4/0,2
Fluorène	0,08	S34/2,5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,27	S4/0,2
Phénanthrène	0,65	S4/0,2
Pyrène	0,72	S4/0,2

Tableau n°22 : Substances et concentrations retenues dans les eaux souterraines pour la voie inhalation de composés volatils

SUBSTANCES	Concentrations mesurées dans les eaux souterraines (µg/l)	Piézomètre / Date / Justification
CAV		
benzène	6,40E-01	P2/09-2024
toluène	2,48E+00	P2/09-2024
éthylbenzène	5,21E+00	P2/09-2024
xylènes	9,30E-01	P2/09-2024
POLYCHLOROBIPHENYLS		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180)	9,80E-02	P2/09/2024
HAP		
anthracène	1,00E-02	P3/09-2024
benzo(a)anthracène	3,80E-02	P2/07-2024
benzo(a)pyrène	1,01E-01	P2/07-2024
benzo(b)fluoranthène	4,00E-02	P2/07-2024
benzo(ghi)pérylène	5,50E-02	P2/09-2024
benzo(k)fluoranthène	5,40E-02	P2/09-2024
chrysène	6,82E-02	P2/09-2024
dibenzo(ah)anthracène	1,50E-02	P2/09-2024
fluoranthène	3,90E-02	P2/07-2024
indéno(1,2,3-cd)pyrène	5,78E-02	P2/09-2024
phénanthrène	2,50E-02	P3/09-2024

Tableau n°23 : Substances et concentrations retenues pour l'inhalation de poussières et l'ingestion accidentelle de sols

SUBSTANCES	Concentrations prises en compte pour les sols superficiels (mg/kg)	Sondage / Echantillon / Justification
HYDROCARBURES		
fraction aliphatique >C16-C21	14,5	S10/0,2 50 %
fraction aliphatiques >C21-C35	60	S8/0,2
fraction aromatique >C16-C21	14,5	S10/0,2 50 %
fraction aromatique >C21-C35	60	S8/0,2
METAUX		
arsenic	190	S29/0,2, S23/1,5
cadmium	0,6	S24/0,2, S10/0,2
cuivre	140	S41/1,5
mercure (volatil)	0,2	S10/0,2, S13/0,2, S43/0,3
POLYCHLOROBIPHENYLS		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180)	0,053	S37/0,2
HAP		
Naphtalène	0,08	S10/0,2
Anthracène	0,16	S4/0,2
benzo(a)anthracène	0,39	S4/0,2
benzo(a)pyrène	0,4	S4/0,2
benzo(b)fluoranthène	0,52	S4/0,2
benzo(ghi)pérylène	0,27	S4/0,2
benzo(k)fluoranthène	0,21	S4/0,2
Chrysène	0,37	S4/0,2
fluoranthène	0,93	S4/0,2
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,27	S4/0,2
phénanthrène	0,65	S4/0,2
pyrène	0,72	S4/0,2

6.3 Estimation des relations dose / réponse

6.3.1 Généralités

Les calculs de risque sanitaires font intervenir des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances retenues.

Comme le prévoit le guide méthodologique du Ministère en charge de l'Environnement, avant chaque évaluation quantitative des risques, les valeurs des paramètres (en particulier les paramètres toxicologiques) sont systématiquement recherchées dans les bases de données reconnues. L'EQRS présentée ici est réalisée sur la base de la connaissance actuelle relative aux substances.

On distingue deux types de substances :

- Les substances **toxiques (effet à seuil)** : elles sont caractérisées par un effet de seuil (c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effet en-dessous d'un certain seuil) ;
- Les substances **cancérigènes (sans effet seuil)** : elles entraînent un risque dès qu'elles sont présentes. On définit alors l'excès de risque unitaire (ERU) qui est la pente de la courbe dose / effets.

Certaines substances peuvent être à la fois toxiques et cancérogènes.

6.3.2 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la « *note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués* ».

Pour chacune des substances chimiques, il est systématiquement pris en compte les effets à seuil et les effets sans seuil, lorsqu'ils existent.

La méthodologie proposée par la note DGS du 31 octobre 2014 et utilisée dans la présente étude pour la sélection des VTR est décrite ci-après.

Trois cas de figure se présentent :

- Aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans les 8 bases de données nationales ou internationales (Anses⁸, US-EPA⁹, ATSDR¹⁰, OMS¹¹ /IPCS¹², Santé Canada, RIVM, OEHHA¹³ ou EFSA¹⁴). *En l'absence de VTR pour cette substance, une quantification des risques n'est pas envisageable, même si des données d'exposition sont disponibles ;*
- Une seule valeur toxicologique de référence existe dans l'une des 8 bases de données. La VTR doit correspondre aux conditions d'exposition (durée, voies...) auxquelles la population est confrontée. *Le cas échéant, cette valeur est retenue. Aucune transposition voie à voie ne doit être réalisée ;*
- Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données pour une même voie et une même durée d'exposition. *Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données. A défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors le prestataire devra retenir les VTR correspondantes, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente. Sinon, le pétitionnaire sélectionnera la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée. Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), le pétitionnaire utilisera la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA. S'il existe des effets à seuil et sans seuil pour une même substance, il conviendra de retenir les deux VTR et faire les deux évaluations de risque.*

Les Valeurs Toxicologiques de Référence sélectionnées selon la méthodologie décrite précédemment pour les composés pris en compte pour chaque voie d'exposition sont présentées dans les tableaux ci-après.

⁸ ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

⁹ USEPA : United-States Environmental Protection Agency (Etats-Unis)

¹⁰ ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis)

¹¹ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

¹² IPCS : International Program on Chemical Safety

¹³ OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (Etat de Californie)

¹⁴ EFSA : European Food Safety Authority

Tableau n°24 : VTR sélectionnées pour la voie d'inhalation

		INHALATION				
		Effets sans seuils (cancérigènes)		Effets à seuils (non cancérigènes)		Effet / organe
Substance	n° CAS	VTR (mg/m³) ⁻¹	Source (année)	VTR (mg/m³)	Source (année)	
HYDROCARBURES						
C8-C10 aliphatiques				1	RIVM (1999)	neurotoxicité
C12-C16 aliphatiques				1	RIVM (1999)	foie, sang
C16-C21 aliphatiques						
C21-C35 aliphatiques						
C8-C10 aromatiques				0,2	RIVM (1999)	Système hépathique et rénal
C12-C16 aromatiques				0,2	RIVM (1999)	foie, reins, perte poids
C16-C21 aromatiques						
C21-C35 aromatiques						
BTEX - CAV						
benzène	71-43-2	1,60E-03	ANSES (2024)	9,6E-03	ANSES (2024)	leucémie
toluène	108-88-3			19	ANSES (2017)	effet neurologique
éthylbenzène	100-41-4			1,5	ANSES (2016)	effet ototoxique
xylènes	1330-20-7			0,1	ANSES (2020)	système neurologique
HAP						
Naphtalène	91-20-3	5,60E-03	ANSES (2013)	0,037	ANSES (2013)	systèmes respiratoire et olfactif
acénaphthylène	208-96-8	6,00E-04	INERIS (2018)			
Anthracène	120-12-7	6,00E-03	INERIS (2018)			
benzo(a)anthracène	65-55-3	6,00E-02	INERIS (2018)			
benzo(a)pyrène	50-32-8	1,1E+00	ANSES (2013)	2,00E-06	INERIS (2018)	développement
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	6,00E-02	INERIS (2018)			
benzo(ghi)pérylène	191-24-2	6,00E-03	INERIS (2018)			
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	6,00E-02	INERIS (2018)			
Chrysène	218-01-9	6,00E-03	INERIS (2018)			
dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	6,00E-01	INERIS (2018)			
fluoranthène	206-44-0	6,00E-04	INERIS (2018)			
Fluorène	86-73-7	6,00E-04	INERIS (2018)			
indéno(123-cd)pyrène	193-39-5	6,00E-02	INERIS (2018)			
phénantrène	85-01-8	6,00E-04	INERIS (2018)			
pyrène	129-00-0	6,00E-04	INERIS (2018)			

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

		INHALATION				
		Effets sans seuils (cancérogènes)		Effets à seuils (non cancérogènes)		Effet / organe
Substance	n° CAS	VTR (mg/m³) ⁻¹	Source (année)	VTR (mg/m³)	Source (année)	
METAUX						
Arsenic	7440-38-2	1,50E-01	ANSES (2015)	1,50E-05	INERIS (2025)	Capacités intellectuelles, comportement
cadmium	7440-43-9			3,00E-04	ANSES (2012)	Poumon, rein
Cuivre	7440-50-8			0,001	INERIS (2019)	système respiratoire et immunologique
mercure	7439-97-6			3,00E-05	INERIS (2018)	système neurologique
PCB						
PCB	1336-36-3			5,00E-04	INERIS (2023)	

Tableau n°25 : VTR sélectionnées pour la voie d'ingestion

		INGESTION				
		Effets sans seuils (cancérigènes)		Effets à seuils (non cancérigènes)		
Substance	n° CAS	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	Source (année)	VTR (mg/kg/j)	Source (année)	Effet / organe
HYDROCARBURES						
C12-C16 aliphatiques				1,00E-01	RIVM (1999)	foie, sang
C16-C21 aliphatiques				2,00E+00	RIVM (1999)	système immunologique
C21-C35 aliphatiques				2,00E+00	RIVM (1999)	système immunologique
C12-C16 aromatiques				4,00E-02	RIVM (1999)	perte de poids
C16-C21 aromatiques				3,00E-02	RIVM (1999)	reins
C21-C35 aromatiques				3,00E-02	RIVM (1999)	reins
HAP						
Naphtalène	91-20-3	1,20E-01	INERIS (2018)	2,00E-02	INERIS (2018)	poids
Anthracène	120-12-7	1,00E-02	INERIS (2018)	3,00E-01	INERIS (2018)	
benzo(a)anthracène	65-55-3	1,00E-01	INERIS (2018)			
benzo(a)pyrène	50-32-8	1,00E+00	INERIS (2018)	3,00E-04	INERIS (2018)	
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,00E-01	INERIS (2018)			
benzo(ghi)pérylène	191-24-2	1,00E-02	INERIS (2018)	3,00E-02	INERIS (2018)	
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,00E-01	INERIS (2018)			
Chrysène	218-01-9	1,00E-02	INERIS (2018)			
Fluoranthène	206-44-0	1,00E-03	INERIS (2018)	4,00E-02	INERIS (2018)	
indéno(123-cd)pyrène	193-39-5	1,00E-01	INERIS (2018)			
Phénantrène	85-01-8	1,00E-03	INERIS (2018)	4,00E-02	INERIS (2018)	
pyrène	129-00-0	1,00E-03	INERIS (2018)	3,00E-02	INERIS (2018)	
METAUX						
arsenic	7440-38-2	3,17E+01	INERIS (2025)	6,00E-05	INERIS (2025)	poumons, lésions et cancer cutanées
cadmium	7440-43-9			3,50E-04	ANSES (2017)	os
cuivre	7440-50-8			1,50E-01	INERIS (2019)	poids
mercure	7439-97-6			5,71E-04	ANSES (2016)	reins
PCB						
PCB	1336-36-3			1,00E-05	ANSES (2016)	foie, perte poids

6.4 Estimation des expositions

6.4.1 Préambule

Au regard des scénarios retenus, les milieux d'exposition sur le site étudié sont :

- L'air ambiant en intérieur,
- L'air ambiant en extérieur,
- Les sols de surface.

En l'absence de mesures directes sur les concentrations dans l'air ambiant, il est donc nécessaire d'évaluer le transfert des contaminants depuis les sols et les eaux souterraines vers le point d'exposition.

Cette étape de modélisation permet de calculer la concentration du contaminant au point d'exposition (concentrations en composés volatiles dans l'air intérieur et extérieur et concentrations en polluants dans les poussières dans l'air extérieur).

Pour la voie d'exposition d'ingestion de sol ; cette étape de modélisation n'est pas nécessaire.

6.4.2 Modélisation des transferts

6.4.2.1 Dégazage vers l'air ambiant

○ Air ambiant intérieur

Les concentrations en composés volatils dans l'air intérieur d'un bâtiment (air intérieur dans le sous-sol ou au rez-de-chaussée pour un bâtiment sans niveau de sous-sol) ont été modélisées avec le logiciel RISC5 intégrant le modèle de Johnson & Ettinger.

Pour un bâtiment sur sous-sol, le taux de transfert entre le sous-sol et le rez-de-chaussée est considéré égal à 52,2 %¹⁵.

○ Air ambiant extérieur

Les concentrations en composés volatils dans l'air extérieur ont été modélisées avec le logiciel RISC5. Le modèle utilisé est basé sur les équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick, avec calcul de la dilution par le vent dans une boîte de taille définie appelée « box model ».

○ Paramètres de modélisation

Les paramètres de modélisation sont présentés dans le tableau ci-après.

¹⁵ Fast et al. (1987 ; tableau 5.3.2 et texte p 47-48) mentionne un taux de transfert maximal entre un vide sanitaire et le rez-de-chaussée (dans le cas d'un plancher béton).

Tableau n°26 : Paramètres de modélisation dégazage

Paramètre	Valeur	Justification
Paramètres du sol		
Zone source - Soil bulk density	1,6 g/cm3	Compte-tenu de la lithologie observée lors des sondages, le type de sol proposé par SUEZ Consulting est un sol de type sable pour la zone non saturée avec une lentille de 0,5 m d'épaisseur de type argile sableuse. Valeur proposée par RISC 5 pour les sols de type sable et argiles sableuses (lentilles)
Zone source - Fraction organic carbon	0,001 g/g	
Lentille - épaisseur	0,5 m	
Lentille – Total porosity	3,9E-01 cm3/cm3	
Lentille – Water content	2,0E-01 cm3/cm3	
Total porosity	3,8E-01 cm3/cm3	
Water content	5,4E-02 cm3/cm3	
Paramètre des eaux souterraines		
Distance from groundwater to building	1,1 m	Niveau d'eau le plus haut mesuré en 2024, hypothèse sécuritaire
Thickness of the capillary fringe	3,0E+1 m	Valeurs proposées par RISC 5 pour un sol de type argile sableuse en cohérence avec les observations de terrains
Frange capillaire Air content	3,0E-02 cm3/cm3	
Frange capillaire Water content	3,6E-01 cm3/cm3	
Paramètres des aménagement intérieurs		
Différence de pression entre le sol et le niveau inférieur du bâtiment	40 g/cm.s²	Valeur conservatoire du modèle Johnson & Ettinger
Longueur et largeur des pièces considérées	6 x 10 m	En l'absence de données spécifique au site, dimensions d'un appartement de type T2/T3
Hauteur des pièces	2,5 m	Hauteur standard des étages en France
Épaisseur du dallage entre le sol et le niveau inférieur du bâtiment	15 cm	Valeur conservatoire proposée par le logiciel RISC 5
Taux de renouvellement d'air du bâtiment	0,5 vol/h	En l'absence de données spécifiques au site, taux usuellement considéré pour les bâtiments à usage résidentiel
Surface des fissures du béton	2.10-4 (sans unité)	Valeur par défaut proposé par l'US-EPA et le RIVM
Paramètres des aménagement extérieurs		
Longueur et largeur de la source de pollution considérée	25 x 25 m	Hypothèse proposée par Suez Consulting
Vitesse du vent	2,6 m/s	Vitesse moyenne du vent la station de l'aéroport de Vichy Charmeil (période 07/2022 – 03/2024)
Hauteur de la zone de mélange	1 m	Hypothèse proposée par Suez Consulting correspondant à l'épaisseur maximale des anomalies

6.4.2.2 Envol de poussières

Les concentrations dans les poussières de l'air sont calculées à partir des concentrations dans les sols avec un facteur d'émission de poussières provenant des sols et emportés par le vent.

Les teneurs des substances dans les poussières de l'air provenant de l'envol des sols superficiels non recouvert sont calculées à l'aide de l'équation suivante, issue de l'US EPA :

$$C_{air} = \frac{C_{sol}}{PEF}$$

Où : C_{air} = Concentration dans l'air (poussières) – mg/m³

C_{sol} : Concentration dans le sol - mg/kg

PEF : facteur d'émission de poussières – m³/kg

Tableau n°27 : Paramètres de modélisation envol de poussières

Paramètre	Valeur	Justification
PEF (facteur émission de poussière)	1,32.10 ⁹ m ³ /kg	US EPA, conditions conservatoires

6.4.3 Concentrations dans le milieu d'exposition et comparaison aux valeurs de référence

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, lorsqu'elles sont définies, les valeurs de gestion doivent être respectées.

○ Air ambiant

Le tableau ci-après récapitule les teneurs estimées dans l'air ambiant et les valeurs de gestion disponibles qui sont :

- [1] Valeurs réglementaire – Code de l'environnement – article R221-1,
- [2] Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur (VGAI) établies par l'Agence Nationale en Sécurité sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES)¹⁶,
- [3] Valeurs de gestion émises par le Haut Conseil en Santé Publique (HCSP)¹⁷.

Les concentrations dans l'air pour lesquelles une valeur de référence existent sont toutes inférieures aux valeurs de référence.

¹⁶ ANSES : Des propositions de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) ont été établies par l'ANSES pour les substances suivantes : benzène en 2008, naphtalène en 2009, tétrachloroéthylène en 2011, éthylbenzène en 2016, toluène en 2018, trichloroéthylène en 2019.

¹⁷ HCSP : Des valeurs repères d'aide à la décision ont été émises par le HCSP pour les substances suivantes : benzène en 2010, tétrachloroéthylène en 2010, naphtalène en 2012, trichloroéthylène en 2020.

Tableau n°28 : Concentrations estimées en composés volatils - Air ambiant

			Valeurs réglementaires Code de l'environnement [1]		Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur - VGAI ANSES [2]	Valeurs de gestion - HCSP {3}
SUBSTANCES	Teneurs retenues dans l'air ambiant intérieur (RDC)	Teneurs retenues dans l'air ambiant extérieur	air extérieur (mg/m ³)	air intérieur (mg/m ³)	air intérieur (mg/m ³)	air intérieur (mg/m ³)
HYDROCARBURES						
fraction aliphatique >C8-C10	1,51E-01	3,60E-03	/	/	/	/
fraction aliphatique >C12-C16	2,26E-02	1,30E-04	/	/	/	/
fraction aromatique >C8-C10	1,88E-02	5,23E-04	/	/	/	/
fraction aromatique >C12-C16	4,16E-03	1,08E-04	/	/	/	/
CAV						
benzène	1,59E-06	4,39E-09	5,00E-03 (V.Limite) 2,00E-03 (Obj.qualité)	0,002	0,006	0,006 (V repère) 0,006 (V d'action rapide) 0,006 (V bâtiment neuf)
toluène	6,28E-06	1,67E-08	/	/	20	/
éthylbenzène	1,30E-05	3,35E-08	/	/	1,5	/
xylènes	2,22E-06	2,19E-09	/	/	/	/
METAUX						
mercure (volatil)	1,19E-05	1,78E-08	/	0,00003	0,0002	/
POLYCHLOROBIPHENYLS						
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180)	5,25E-09	8,77E-11	/	/	/	/
HAP						
naphtalène	4,10E-06	9,48E-08	/	/	0,01	0,01 (V. repère) 0,05 (V. action rapide)
acénaphthylène	1,28E-06	4,36E-08	/	/	/	/
anthracène	1,12E-07	4,65E-09	/	/	/	/
benzo(a)anthracène	9,95E-10	1,20E-10	/	/	/	/
benzo(a)pyrène	3,51E-10	3,91E-11	1,00E-06	/	/	/
benzo(b)fluoranthène	1,61E-08	2,69E-10	/	/	/	/
benzo(ghi)pérylène	2,07E-10	1,43E-11	/	/	/	/
benzo(k)fluoranthène	1,27E-10	9,22E-12	/	/	/	/
chrysène	2,79E-08	5,80E-10	/	/	/	/
dibenzo(ah)anthracène	4,97E-13	1,27E-13	/	/	/	/
fluoranthène	2,96E-08	1,93E-09	/	/	/	/
fluorène	7,51E-08	3,34E-09	/	/	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	2,22E-10	9,85E-12	/	/	/	/
phénanthrène	2,18E-07	1,27E-08	/	/	/	/
pyrène	1,53E-08	1,10E-09	/	/	/	/

[1] Code de L'environnement article R221-1
[2] Valeurs guides pour l'air intérieur VGAI (ANSES) : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>
[3] Valeur repères et valeurs d'action rapide émis par le Haut Conseil en Santé Publique (HCSP) : <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapports>
/ pas de valeurs de référence

○ Concentration en poussières dans l'air extérieur

Les concentrations estimées en poussières dans l'air extérieur en arsenic et en cadmium sont inférieures aux valeurs réglementaires.

Il n'existe pas de valeurs de gestion ou réglementaire dans les poussières pour les autres substances considérées sur le site.

Tableau n°29 : Concentrations estimées en poussières dans l'air ambiant

SUBSTANCES	Concentration estimée dans les poussières (mg/m ³)	Valeurs réglementaires Code de l'environnement [1]
		air extérieur (mg/m ³)
METAUX		
arsenic	1,44E-07	6,00E-06 (V. cible moy annuelle)
cadmium	4,55E-10	5,00E-06 (V. cible moy annuelle)
cuiivre	1,06E-07	/
mercure (volatil)	1,52E-10	/
POLYCHLOROBIPHENYLS		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180)	4,02E-11	/
HAP		
naphtalène	6,06E-11	/
anthracène	1,21E-10	/
benzo(a)anthracène	2,95E-10	/
benzo(a)pyrène	3,03E-10	/
benzo(b)fluoranthène	3,94E-10	/
benzo(ghi)pérylène	2,05E-10	/
benzo(k)fluoranthène	1,59E-10	/
chrysène	2,80E-10	/
fluoranthène	7,05E-10	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	2,05E-10	/
phénanthrène	4,92E-10	/
pyrène	5,45E-10	/

[1] Code de L'environnement article R221-1

○ Sols de surface

Aucune valeur réglementaire n'est définie pour les sols de surface.

Toutefois, les valeurs guides du Haut Conseil de la Santé Publique pour le plomb, le cadmium, l'arsenic et le mercure¹⁸ peuvent être considérées.

Deux types de valeurs de gestion sont définis :

- « Valeur seuil de vigilance » : une étude pour la mise en place de mesures de gestion doit être réalisée,
- « Valeurs d'intervention rapide » : en complément de l'étude pour la mise en place de mesures de gestion, une étude d'imprégnation de la population doit être menée.

Les teneurs maximales mesurées sur le site en cadmium, plomb et mercure sont inférieures aux valeurs de gestion du HCSP.

Pour l'arsenic, la valeur de fond géochimique local définie à partir du RMQS (93,1 mg/kg) est supérieure aux valeurs guides du HCSP. Ainsi, l'utilisation de valeurs guide du HCSP n'apparaît pas pertinente dans le cadre de ce plan de gestion.

Tableau n°30 : Valeurs du HCSP, bruit de fond local et seuils de pollution concentrée

Substances	Arsenic	Cadmium	Plomb	Mercure
Valeur seuil de vigilance HCSP	25	1	100	1
Valeur d'intervention rapide HCSP	70	15	300	5
Valeur de Bruit de fond géochimique local RMQS Gannat	93,1	0,5	89,32	0,08
Teneur max rencontrée sur le site avant traitement des pollutions concentrée	260	0,6	65	0,3
Seuils de pollution concentrée retenu	190	/	/	0,2

Teneur en mg/kg

Il n'existe pas de valeurs de gestion ou réglementaire dans les sols de surface pour les autres substances considérées sur le site.

¹⁸ Valeurs de gestion du HCSP (Haut Conseil de la santé Publique) - Instruction du Ministère des affaires sociales n°DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283 du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb

Valeurs de gestion du HCSP - Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués d'août 2022 : cadmium, arsenic et mercure Août 2022.

6.5 Caractérisation des risques sanitaires

6.5.1 Préambule

Les étapes nécessaires au calcul du risque, pour un scénario donné, sont les suivantes :

- **Évaluation de la concentration moyenne inhalée (pour l'inhalation) ou de la dose journalière d'exposition (pour l'ingestion)** : celles-ci dépendent d'une part de la concentration au point d'exposition et d'autre part du régime d'exposition des individus (durée d'exposition, quantité ingérée...) ;
- **Calcul des risques (distinction entre les substances toxiques et cancérogènes)** ; cette évaluation permet alors de comparer les risques calculés aux risques définis comme tolérables.

6.5.2 Mode de calcul de la concentration moyenne inhalée et de la dose journalière d'exposition

Pour les voies d'exposition d'inhalation de vapeurs et de poussières, une **concentration moyenne inhalée (CI)** est calculée selon l'équation suivante :

$$CI = \frac{C_{PE} \times FE \times DE}{T_m}$$

où : *CI* est la concentration moyenne inhalée (mg/m³)
C_{PE} est la concentration au point d'exposition (mg/m³)
FE est la fréquence d'exposition (jours/an)
DE est la durée d'exposition (années)
T_m est le temps moyenné (jours)
T_m = DE x 365 pour les substances à seuil
T_m = 70 x 365 pour les substances sans seuil

Pour la voie d'exposition d'ingestion de sol, on calcule une **dose journalière d'exposition (DJE)** selon l'équation suivante :

$$DJE = \frac{C_{sol} \times Q_{sol} \times FE \times DE}{P \times T_m}$$

où : *DJE* est la dose journalière d'exposition (mg/kg.jour) ;
C_{sol} est la concentration au point d'exposition dans les sols du surface (mg/kg) ;
Q_{sol} est la quantité journalière ingérée de sol (kg/jour) ;
FE est la fréquence d'exposition (jours/an) ;
DE est la durée d'exposition (années) ;
P est le poids corporel de la cible (kg) ;
T_m est le temps moyenné (jours) :
T_m = DE x 365 pour les substances à seuil,
T_m = 70 x 365 pour les substances sans seuil.

Les populations cibles prise en compte sont les futurs résidents adultes et enfants et les futurs usagers des parkings et parcs publics.

Les paramètres d'exposition retenus dans cette étude sont précisés dans le tableau suivant :

Tableau n°31 : Paramètres d'exposition

		Résidents adultes	Résidents enfants	Adulte fréquentant parc public en extérieur	Enfant fréquentant parc public en extérieur
Paramètres	Unité	Valeur	Valeurs	Valeur	Valeur
Durée de vie (Tm)	an	70	70	70	70
Durée d'exposition (DE)	an	30	6	30	6
Fréquence d'exposition (FE)	jour/an	350	350	135	135
Durée d'exposition moyennée pour les effets sans seuil (Tm canc.)	jour	25550	25550	25550	25550
Durée d'exposition moyennée pour les effets sans seuil (Tm non canc.)	jour	10950	2190	10950	2190
Fréquence d'exposition au RDC	h/j	18	18	0	0
Fraction de temps d'exposition journalière au RDC (ti)	heures/heures	0,750	0,750	0,000	0,000
Fraction de temps d'exposition journalière en extérieur (ti)	h/j	2	2	2	2
Fraction de temps d'exposition journalière en extérieur (ti)	heures/heures	0,083	0,083	0,083	0,083
Poids corporel	kg	70	15	70	15
Quantité de sol ingérée	mg/j	50	91	50	91

Pour les usagers des espaces verts communs et du parc public, le nombre de jours et d'heures par jour est basé sur les résultats de l'enquête INSEE 2009-2010 sur l'emploi du temps en considérant la pratique de la promenade et du sport (valeurs moyennes pour la classe d'âge la plus pratiquante avec 100 % du temps de pratique sur le site étudié). Ce choix est sécuritaire.

Pour les enfants, il a été considéré de façon sécuritaire un nombre de jours et d'heures par jour identique aux adultes.

6.5.3 Mode de calcul des risques

6.5.3.1 Effets toxiques

Le quotient de danger (QD) pour les effets toxiques se calcule selon les équations suivantes (cumul pour l'ensemble des substances toxiques de la zone considérée) :

$$QD = \sum_{\substack{\text{substances} \\ \text{adultes enfants}}} [CI / VTR_{\text{tox inh}}]$$

où : *CI* est la concentration moyenne inhalée (mg/m³)

VTR_{tox inh} est la valeur toxicologique de référence de la substance pour la voie inhalation

$$QD = \sum_{\substack{\text{substances} \\ \text{adultes enfants}}} [DJE / VTR_{\text{tox ing}}]$$

où : *DJE* est la dose journalière d'exposition (mg/kg.j)

VTR_{tox ing} est la valeur toxicologique de référence de la substance pour la voie ingestion

Dans un souci sécuritaire, nous avons sommé, en première approximation majorante, les QD de toutes les substances, sans distinction de leur organe cible.

Selon la circulaire du 8 février 2007, le seuil de référence à ne pas dépasser est de 1 pour les effets toxiques.

6.5.3.2 Effets cancérigènes

Pour les substances cancérigènes, l'excès de risque individuel se calcule selon les équations suivantes (cumul pour l'ensemble des substances cancérigènes de la zone considérée) :

$$ERI = \sum_{\substack{\text{substances} \\ \text{adultes enfants}}} [CI \times ERU_{inh}]$$

où : CI est la concentration moyenne inhalée (mg/m³)

ERU_{inh} est l'excès de risque unitaire de la substance pour la voie inhalation,

$$ERI = \sum_{\substack{\text{substances} \\ \text{adultes enfants}}} [DJE \times ERU_{ing}]$$

où : DJE est la dose journalière d'exposition (mg/kg.j)

ERU_{ing} est l'excès de risque unitaire de la substance pour la voie ingestion

Selon la circulaire du 8 février 2007, le seuil de référence à ne pas dépasser est de 10⁻⁵ pour les effets cancérigènes (un risque de 10⁻⁵ signifie qu'une personne exposée durant la vie entière a une probabilité de 1 sur 100 000 de développer un cancer lié à l'impact de la substance considérée).

6.5.4 Résultats des calculs de risques

Les résultats des calculs des quotients de danger (QD) pour les effets à seuils et des Excès de Risques Individuels (ERI), calculés substances par substances sont détaillés en **Annexe n°7** et synthétisés dans le tableau suivant.

Après traitement des pollutions concentrées, les résultats mettent en évidence des niveaux de risques **supérieurs** aux valeurs repères excepté pour le QD pour l'ensemble des cibles.

Tableau n°32 : Synthèse des résultats de l'évaluation quantitative des risques après traitement des pollutions concentrées

ETUDE PRINCIPALE après traitement pollution concentrée							
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,77E-03	8,87E-09	2,31E-11	7,53E-10	1,77E-03
	QD	1,00E+00	2,59E+00	4,15E-01	5,99E-04	7,88E-04	2,18E+00
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	3,00E-03	1,77E-09	4,62E-12	1,51E-10	3,00E-03
	QD	1,00E+00	1,89E+01	4,15E-01	5,99E-04	7,88E-04	1,85E+01
ADULTES FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	6,82E-04		8,91E-12	2,91E-10	6,82E-04
	QD	1,00E+00	8,40E-01		2,31E-04	3,04E-04	8,40E-01
ENFANTS FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	1,16E-03		1,78E-12	5,81E-11	1,16E-03
	QD	1,00E+00	7,13E+00		2,31E-04	3,04E-04	7,13E+00

Les risques sont majoritairement portés par la voie d'ingestion accidentelle de sols par l'arsenic pour les effets sans seuil (ERI) et pour les effets à seuil (QD).

Ces résultats mettent en évidence qu'après le traitement des pollutions concentrées, une partie des parcelles n'est pas compatible avec un usage résidentiel avec jardins d'agrément¹⁹ et un usage de parc accessible au public.

¹⁹ Sans potagers et arbres fruitiers

6.5.5 Détermination des mesures compensatoires

Les mesures compensatoires à mettre en œuvre auront pour objectif de réduire les niveaux de risques sanitaires afin d'aboutir à une compatibilité sanitaire.

Les concentrations en arsenic dans les sols superficiels sont génératrices des niveaux de risques supérieurs aux valeurs repères.

Afin de disposer d'un site compatible avec la présence d'espaces extérieurs public, d'espaces verts, **la concentration maximale admissible (CMA) en arsenic dans les sols superficiels devra être similaire ou inférieure au fond géochimique local (93 mg/kg) défini par le RMQS.**

Notons que cette CMA serait également applicable aux zones de parking s'il n'est pas prévu de recouvrement par des surfaces minéralisées.



Mesures compensatoires pour les zones d'espaces extérieurs

Pour un usage résidentiel, de parc public et de parking (sans jardins potagers et arbres fruitiers), en complément du traitement des pollutions concentrées, la mise en œuvre de mesures compensatoires sera nécessaire sur certains secteurs :

- **Option 1** : apport d'une couche de terres saines d'une épaisseur de 30 cm isolée des terres en place au niveau des sols superficiels présentant des teneurs en arsenic supérieures à 93 mg/kg,

Ou

- **Option 2** : substitution des terres présentant des teneurs en arsenic supérieures à 93 mg/kg par des terres saines sur une épaisseur de 30 cm isolée des terres en place.

Pour les **options 1 et 2**, après traitement des pollution concentrées et mise en œuvre des **mesures de gestion compensatoires**, les voies d'ingestion accidentelles de sol et d'inhalation de poussières sont maintenues du fait de la mise en place d'un recouvrement uniquement sur les secteurs présentant des teneurs en arsenic supérieures à 93,1 mg/kg²⁰.

Les niveaux de risques deviennent inférieurs aux valeurs repères.

Les risques sont alors portés majoritairement :

- par la voie d'ingestion accidentelle de sol pour l'ERI avec le benzo(a)pyrène (72 % du risque),
- par la voie d'inhalation de composés volatils en intérieur avec le mercure (49% du risque).

²⁰ Valeur du fond géochimique local selon RMQS

Tableau n°33 : Synthèse des résultats de l'évaluation quantitative des risques après traitement des pollutions concentrées et mise en œuvre de mesures compensatoires

ETUDE PRINCIPALE après traitement pollution concentrée et mesures compensatoires (option 2)							
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,73E-07	8,87E-09	2,31E-11	1,38E-11	1,64E-07
	QD	1,00E+00	4,24E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	8,38E-03
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,80E-07	1,77E-09	4,62E-12	2,75E-12	2,79E-07
	QD	1,00E+00	4,86E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	7,11E-02
ADULTES FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	6,33E-08		8,91E-12	5,30E-12	6,33E-08
	QD	1,00E+00	3,47E-03		2,31E-04	8,14E-06	3,23E-03
ENFANTS FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	1,07E-07		1,78E-12	1,06E-12	1,07E-07
	QD	1,00E+00	2,77E-02		2,31E-04	8,14E-06	2,74E-02

Les feuilles de calcul sont fournies en **Annexe n°8**.

7. LIMITES ET INCERTITUDES

Chaque étape de l'étude est porteuse d'incertitudes et de limites qui peuvent influencer les résultats obtenus et leur interprétation.

Les principales incertitudes et limites relevées dans le cadre de la présente étude sont précisées dans les paragraphes suivants

7.1 Incertitudes concernant le plan de gestion

Pour la partie plane de gestion, les principales incertitudes portent sur les points suivants :

- Il a été considéré pour le calcul statistique et du bilan massique que les teneurs seraient extrapolées en surface et profondeur, en fonction des tranches ajoutées ;
- Il a été considéré que les données sont homogènes. Or, elles sont issues de diagnostics réalisés suivant des protocoles et des dates différentes ;
- Les teneurs ont été considérées sans différenciation de la nature des matériaux prélevés. Or, plusieurs faciès lithologiques sont observés ;
- Les incertitudes sur les parcelles n°299, 300, section AN, qui n'ont pas fait l'objet de sondages et d'analyses de sol lors de la rédaction du plan de gestion. Les sondages réalisés aux alentours de l'emprise du futur bâtiment ont toutefois mis en évidence l'absence de dépassement des critères d'acceptation en filière ISDI.

7.2 Incertitudes pour l'ARR prédictive

Pour l'ARR prédictive, l'objectif est d'évaluer l'influence des paramètres et des hypothèses prises en compte afin d'évaluer la solidité du résultat de l'évaluation des risques sanitaires.

Pour l'évaluation des risques sanitaires, ces incertitudes peuvent concerner :

- Les voies et paramètres d'exposition,
- Les paramètres et modèles de transfert,
- La représentativité des mesures et la sélection des substances,
- La toxicité des substances.

L'analyse des incertitudes porte sur l'ARR prédictive présentée au § 8 et menée pour l'évaluation des risques après mises en œuvre des mesures de gestion (traitement des pollutions concentrées et application des mesures compensatoires (recouvrement des sols ou substitution des sols présentant des teneurs en arsenic supérieures à 93 mg/kg).

De façon générale, ces analyses portent sur les cibles les plus exposées et ne concernent donc pas systématiquement l'ensemble des scénarios.

7.2.1 Incertitudes liées aux voies et paramètres d'exposition

7.2.1.1 Cibles, scénarios et voie d'exposition retenue

Les cibles et scénarios étudiés sont cohérents avec l'usage futur envisagé résidentiel, zones de parking et espaces verts publics du site et les aménagements suivants :

- Possibilité de construction de bâtiments sans niveau de sous-sol,
- Canalisations d'amenée d'eau potable isolées des sols (standard de construction).

Selon le principe de proportionnalité, les cibles moins exposées n'ont pas été considérées dans les calculs de risques. Ainsi les cibles adultes et enfants fréquentant exclusivement les zones de parking n'ont pas été retenues considérant la fréquence et le temps d'exposition faible.

La cible travailleurs adultes en charge de l'entretien des espaces verts n'a pas été étudiée considérant la fréquence et le temps d'exposition faible.

7.2.1.2 Paramètres d'exposition

- Temps de présence à l'intérieur des bâtiments**

Les valeurs des paramètres d'exposition ont été déterminées à partir des valeurs recommandées et couramment utilisées par les organismes US EPA, INERIS, RIVM, IRSN ou à défaut par des valeurs réalistes à majorantes.

En étude principale, il a été considéré un temps de présence dans le logement de 18 h/jour et 2h/jour en extérieur. En considérant un temps de présence très majorant (24 h en intérieur), les niveaux de risques augmentent mais demeurent acceptables.

Tableau n°34 : Analyse des incertitudes – Temps de présence dans les logements

Analyse des incertitudes : temps bâtiment 24 h								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,81E-07	1,74E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-07	5%
	QD	1,00E+00	4,70E-01	4,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	8,38E-03	11%
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,82E-07	3,48E-09	0,00E+00	0,00E+00	2,79E-07	1%
	QD	1,00E+00	4,61E-01	4,61E-01	0,00E+00	0,00E+00		-5%

- Quantité de sols ingérés**

En étude principale, la quantité de sols ingérée est de 50 mg/j en cohérence avec la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Toutefois, considérant la présence de jardins d'agrément (platebandes fleuries) et parc public avec des activités possibles de bêchage, l'US EPA recommande de retenir une valeur de 200 mg/j pour les adultes.

Tableau n°35 : Analyse des incertitudes – Quantité de sols ingérées

Analyse des incertitudes : quantité de sols ingérée								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	6,65E-07	8,87E-09	2,31E-11	1,38E-11	6,56E-07	285%
	QD	1,00E+00	4,49E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	3,35E-02	6%

En considérant une quantité de sols ingérée de 200 mg/j, les niveaux de risques augmentent notamment pour l'ERI mais demeurent inférieurs aux limites d'acceptabilité.

7.2.2 Incertitudes liées aux paramètres et modèles de transfert

7.2.2.1 Caractéristiques du bâtiment

- Surface du bâtiment**

En l'absence de données précises sur les dimensions des bâtiments, il a été considéré de façon sécuritaire des surfaces de bâtiment de 60 m² avec une hauteur sous-plafond de 2,5 m correspondant à un T2 ou T3.

Il est proposé d'évaluer les niveaux de risques en considérant une pièce isolée de 10 m² ; hypothèse très sécuritaire. Les niveaux de risques augmentent mais ils demeurent inférieurs à la limite d'acceptabilité.

Tableau n°36 : Analyse des incertitudes – Surface des bâtiments

Analyse des incertitudes : surface 10 m²								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,82E-07	1,77E-08	2,31E-11	1,38E-11	1,64E-07	5%
	QD	1,00E+00	8,43E-01	8,34E-01	5,99E-04	2,11E-05	8,38E-03	99%
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,82E-07	3,54E-09	4,62E-12	2,75E-12	2,79E-07	1%
	QD	1,00E+00	9,06E-01	8,34E-01	5,99E-04	2,11E-05	7,11E-02	86%

● Taux de ventilation

En étude principale, le taux de ventilation standard pour un usage résidentiel appliqué dans le rez-de-chaussée (valeur du logiciel Johnson et Ettinger) est de 0,5 vol/h. À titre informatif, un taux de renouvellement de 0,3 vol/h a été étudié en analyse des incertitudes.

En considérant un taux de ventilation dégradé de 0,3 vol/h, les niveaux de risque augmentent mais demeurent compatibles avec les limites d'acceptabilité.

Tableau n°37 : Analyse des incertitudes – taux de ventilation des bâtiments

Analyse des incertitudes : taux ventilation 0,3 vol/h								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,78E-07	1,41E-08	2,31E-11	1,38E-11	1,64E-07	3%
	QD	1,00E+00	7,00E-01	6,91E-01	5,99E-04	2,11E-05	8,38E-03	65%
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,82E-07	2,82E-09	4,62E-12	2,75E-12	2,79E-07	0,4%
	QD	1,00E+00	7,63E-01	6,91E-01	5,99E-04	2,11E-05	7,11E-02	57%

7.2.2.2 Type de sols

Pour la voie d'inhalation de vapeurs, le paramètre le plus influent est la perméabilité à l'air du sol. En étude principale, il a été considéré des sols de type argiles sableuses sur 0,5 m d'épaisseur, puis des sables jusqu'à 1,7 m d'épaisseur. Ce choix est cohérent au regard des observations réalisées lors des sondages voire sécuritaire considérant des épaisseurs plus importantes de sols à tendance argileuses sur plusieurs sondages.

Compte-tenu de la présence de passées plus ou moins argileuses, les niveaux de risques en prenant en compte des sols de type argiles sableuses sur 0,5 m d'épaisseur, puis des limons sableux jusqu'à 1,7 m d'épaisseur.

Les niveaux de risques diminuent pour le QD.

Tableau n°38 : Analyse des incertitudes – Type de sols

Analyse des incertitudes : type de sol								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,73E-07	6,60E-09	1,85E-09	1,38E-11	1,64E-07	0%
	QD	1,00E+00	3,73E-01	3,17E-01	4,72E-02	2,11E-05	8,38E-03	-12%
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,80E-07	1,32E-09	3,70E-10	2,75E-12	2,79E-07	0%
	QD	1,00E+00	4,36E-01	3,17E-01	4,72E-02	2,11E-05	7,11E-02	-10%

7.2.2.3 Facteur d'émission de poussières

Pour la voie d'inhalation de poussières, la modélisation a été réalisée avec le facteur d'émission de poussières (PEF) de l'US EPA en conditions conservatoires (PEF = $1,32 \cdot 10^9$ m³/kg). En analyse des incertitudes, il est proposé d'utiliser la valeur issue du modèle HESP (PEF = $2,87 \cdot 10^7$ m³/kg)²¹ ; induisant une concentration estimée dans les poussières de l'air 50 fois plus forte que dans le calcul initial.

En considérant un type facteur d'émission de poussière de $2,87 \cdot 10^7$ m³/kg, les niveaux de risques sont identiques.

7.2.3 Incertitudes liées à la représentativité des mesures et à la sélection des substances

7.2.3.1 Représentativité des mesures

Les investigations sur les sols ont été réparties de façon homogène sur l'ensemble du site. On notera l'absence de données directement au droit du bâtiment situé au nord du site. Toutefois, d'après les photographies aériennes, ce secteur aurait toujours été occupé par des cultures ou prairies.

Les investigations sur les eaux ont porté sur la pose de 4 piézomètres ; les ouvrages Pz1 et Pz2 sont en partie sud-est du site à proximité des zones présentant des pollutions en hydrocarbures et en PCB sans toutefois être directement au droit des sources de pollution. Il ne peut ainsi être exclu des concentrations plus importantes à proximité des sondages S05 et S07. Néanmoins, cette zone fera l'objet de travaux de dépollution et se trouve au droit d'un futur parking. Pour les cibles résidents adultes et enfants résidents, la prise en compte des teneurs maximales mesurées sur l'ensemble des piézomètres est donc sécuritaire.

7.2.3.2 Sélection des substances et des concentrations

- **Dégazage des sols**

L'estimation de teneurs en composés volatils dans l'air ambiant a été réalisée par modélisation à partir des données sur les sols. Les étapes de modélisation « sols » à « gaz du sol » à « air ambiant » sont en général très majorantes conduisant à une surestimation des niveaux de risques. Par ailleurs, la prise en compte des teneurs dans les sols potentiellement en zone saturée est également sécuritaire.

- **Répartition des fractions carbonées en hydrocarbures**

Pour les hydrocarbures, en étude principale, en l'absence de détail sur la répartition des fractions carbonées aromatiques et aliphatiques, il a été considéré une répartition 50 % fractions aliphatiques, 50 % fractions aromatiques.

La prise en compte de répartition 0 % / 100 % ou 100 % / 0 % met en évidence une augmentation ou une baisse du QD, l'ERI est inchangé. Dans les 2 cas, les niveaux de risques demeurent inférieurs aux limites d'acceptabilité.

²¹ Le modèle HESP (Human Exposure to Soil Pollutants) estime les quantités de poussières dues au ré-envol de particules fines de la couche superficielle à 35 µg/m³ ; correspondant à un PEF de $2,87 \cdot 10^7$ m³/kg.

7.2.4 Incertitudes liées à la toxicité des substances

Les relations doses-réponses utilisées dans la présente étude sont conformes aux recommandations de la direction générale de la santé et de la direction de la prévention des risques dans l'état actuel des connaissances. La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EZ1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Les VTR prise en compte en étude principale sont définies pour l'ensemble de la population. Toutefois, pour les substances cancérigènes à mode d'action mutagène, l'US-EPA²² propose d'appliquer un facteur de 10 pour une exposition des enfants entre 0 et 2 ans.

Sur le site étudié, les VTR considérées pour les enfants pourraient être :

	VTR inhalation - Effet sans seuil – Cancérigènes - (mg/m ³) ⁻¹	VTR ingestion - Effet sans seuil – Cancérigènes en (mg/m ³) ⁻¹
Benzène	1,60E-02	non concerné sur ce site
Benzo(a)pyrène	1,10E+01	1,00E+01
Chrysène	6,00E-02	1,00E-01

La prise en compte de ces VTR pour la cible enfants augmentent l'excès de risque individuel (ERI) mais les niveaux de risques demeurent largement inférieurs aux limites d'acceptabilité.

Tableau n°39 : Analyse des incertitudes – VTR benzène, benzo(a)pyrène et chrysène x10

Analyse des incertitudes : VTR benzène, benzo(a)pyrène et chrysène x 10								
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols	Ecart en % / étude principale
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,09E-06	3,50E-09	7,92E-12	2,34E-11	2,09E-06	647%
	QD	1,00E+00	4,86E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	7,11E-02	0%

7.2.5 Incertitudes sur la caractérisation du risque

A toutes les étapes des calculs de risques, les valeurs les plus pénalisantes sont retenues : valeurs bibliographiques les plus pénalisantes, concentrations maximales, paramètres conservatoires sur l'envol de poussières. La prise en compte de ces paramètres pénalisants à toutes les étapes des calculs conduit à des résultats majorants.

7.2.6 Synthèse de l'analyse des incertitudes



Analyse des incertitudes, ce qu'il faut retenir...

Sur la base de l'ensemble des éléments à notre disposition les incertitudes liées aux autres paramètres ne sont pas de nature à modifier la conclusion de l'étude de risque sanitaire.

²² US-EPA, Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens. EPA 630/R-03/003F.2005

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

8.1 Conclusion - Résumé technique

Dans un **contexte** de reconversion des parcelles n°137 et 141 pour partie et des parcelles 164, 166, 166, 295, 296, 299, 300, 332, 333, 334, 335, et 563 sur la commune de Gannat (03) pour un usage résidentiel, SAFEGE a réalisé un **diagnostic de pollution, un plan de gestion et une analyse des risques résiduels**.

L'**objectif de cette étude** est d'évaluer le degré de pollution du site et de définir les travaux de dépollution pour un usage futur résidentiel comprenant deux bâtiments de logements collectifs avec espaces verts et parkings.

Les **investigations réalisées** au total comportaient la réalisation de 44 sondages dans les sols et 4 piézomètres. Il a été mis en évidence :

- Dans les sols :
 - une forte pollution en **métaux notamment à l'arsenic** sur l'ensemble du site et des traces de mercure et PCB localisées,
 - une source concentrée en **hydrocarbures HC C10-C40** au droit de l'ancienne zone de stockage des cuves de fioul hors sol, droit du sondage S5,
- Dans les eaux souterraines :
 - la présence d'arsenic en forte concentration dans les eaux souterraines au droit des Pz1 et Pz4 ouvrages en amont hydraulique du site et de Pz2, ouvrage en aval hydraulique du site,
 - la présence d'aluminium dans les eaux souterraines au droit des 4 piézomètres,
 - la présence de plomb, BTEX, HAP et PCB dans les eaux souterraines au droit de Pz2, ouvrage en aval hydraulique du site.

Le **schéma conceptuel avant mesures de gestion** établi dans le cadre du futur usage du site, a montré que les risques associés à la qualité du milieu souterrain sont liés à l'exposition des futurs résidents et usagers :

- Par inhalation de substances volatiles issues du dégazage des sols,
- Par inhalation de poussières sur les zones non recouvertes en extérieur,
- Par ingestion accidentelle des sols, contact direct cutané.

Sur la base des analyses cartographiques, statistiques et du bilan de masse, en tenant compte du fond géochimique local, les seuils de dépollution retenus pour le traitement des pollution concentrées portent sur :

- Arsenic : 190 mg/kg ;
- Cuivre : 1 500 mg/kg ;
- Mercure : 0,3 mg/kg ;
- HCT : 2 000 mg/kg ;
- PCB : 0,1 mg/kg.

Les différents **scénarii envisageables de gestion de la pollution** ont fait l'objet d'un bilan coûts avantages. L'ensemble des scénarios portent sur l'excavation et le traitement en filière spécifique des terres (ISDI, ISDI+, Biocentre). Deux scénarios ont été travaillés pour répondre à la problématique :

- **Scénario 1** : apport d'une couche de terres saines d'une épaisseur de 30 cm isolée des terres en place sur une partie des espaces verts présentant des anomalies élevées en arsenic,
- **Scénario 2** : substitution des terres de surface sur une partie des espaces verts présentant des anomalies élevées en arsenic puis apport de 30 cm de terres saines isolées des terres en place.

Deux hypothèses ont également été formulées concernant le traitement des pollutions concentrées :

- Une **hypothèse haute** : en considérant l'ensemble des pollutions concentrées identifiées,
- Une **hypothèse basse** : en considérant que les anomalies en métaux lourds ne seraient pas traitées en profondeur (sols en S07 entre 2 et 3 m et en S41 entre 2 et 3m).

Le tableau suivant rappelle les volumes de terres à excaver par scénarios :

Tableau n°40 : Bilan des terres à excaver par filière pour le scénario 1

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation
Scénario 1 : Apport de terres saines	7 348 tonnes	1 533 tonnes	485 tonnes	9 365,9 tonnes
	4 082 m ³	851 m ³	270 m ³	5 203 m³
ZPC - Hypothèse basse	668 tonnes	0	1 438 tonnes	2 106 tonnes
	371 m ³	0	799 m ³	1 170 m³
ZPC - Hypothèse haute	1 553 tonnes	0	2594 tonnes	4 147 tonnes
	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³
Total SC1 + ZPC bas	8 016 tonnes 4 453 m³	1 533 tonnes 851 m³	1 923 tonnes 1 069 m³	
Total SC1 + ZPC haut	8 901 tonnes 4 945 m³	1 533 tonnes 851 m³	3 079 tonnes 1711 m³	

Tableau n°41 : Bilan des terres à excaver par filière pour le scénario 2

	ISDI*	ISDI+	Biocentre niv2	Total Excavation
Scénario 2 : Substitution et apport de terres saines	7 651,0 tonnes	1 916 tonnes	485 tonnes	10 052 tonnes
	4 251,0 m ³	1 064 m ³	270 m ³	5 585 m³
ZPC - Hypothèse basse	668 tonnes	0	1 438 tonnes	2 106 tonnes
	371 m ³	0	799 m ³	1170 m³
ZPC - Hypothèse haute	1 553 tonnes	0	2 594 tonnes	4 147 tonnes
	863 m ³	0	1 441 m ³	2 304 m³
Total SC2 + ZPC bas	8 319 tonnes 4 622 m³	1 916 tonnes 1 064 m³	1 923 tonnes 1 069 m³	
Total SC2 + ZPC haut	9 204 tonnes 5 114 m³	1 916 tonnes 1 064 m³	3 079 tonnes 1 711 m³	

* : Sous réserve des seuils d'acceptation des centres

Concernant le volet financier, le montant estimé pour chacun des scénarios est de l'ordre de :

- **Scénario 1 : 861k € pour l'hypothèse basse et 939,2k € pour l'hypothèse haute,**
- **Scénario 2 : 913,1k € pour l'hypothèse basse et 996,4k € pour l'hypothèse haute.**

Des mesures d'accompagnement pour la gestion du site à long terme du résiduel seront nécessaires telles des restrictions d'usage (interdiction de plantation d'arbres fruitiers ou mise en place de potagers pour les deux scénarios) et obligation de prise en compte de la qualité du sous-sol en cas de modification de l'usage ou des aménagements considérés dans le présent rapport. La formulation des propositions de restrictions d'usage représente un budget inférieur à 10 k€.

L'ARR prédictive a montré qu'au regard de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués d'avril 2017, le risque est lié majoritairement aux voies d'inhalation de composés volatils et à l'ingestion accidentelle des sols. Après traitement des pollutions concentrées et mise en œuvre des mesures de gestion compensatoires, le site est compatible avec l'usage envisagé en considérant : bâtiments à usage résidentiel collectif sans niveau de sous-sol, espaces verts accessibles au public et parking, absence d'usage des eaux souterraines, absence de jardins potagers et arbres fruitiers.

Les options de gestion de la pollution retenues à l'issue du bilan coût - avantages sont donc également valides d'un point de vue sanitaire.

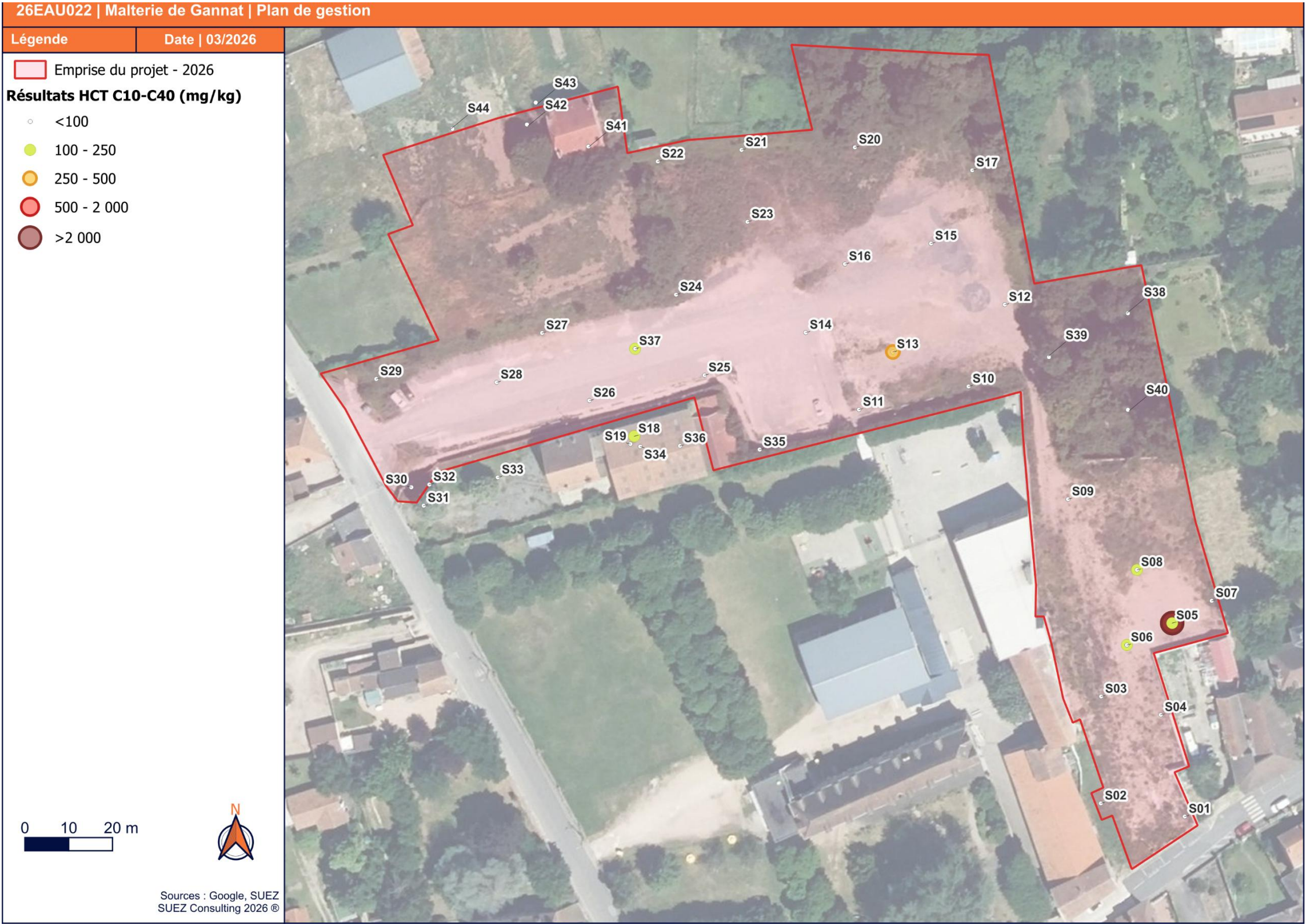
Le résultat de l'ARR prédictive a été considéré comme fiable à l'issue de l'analyse des incertitudes.

8.2 Recommandations

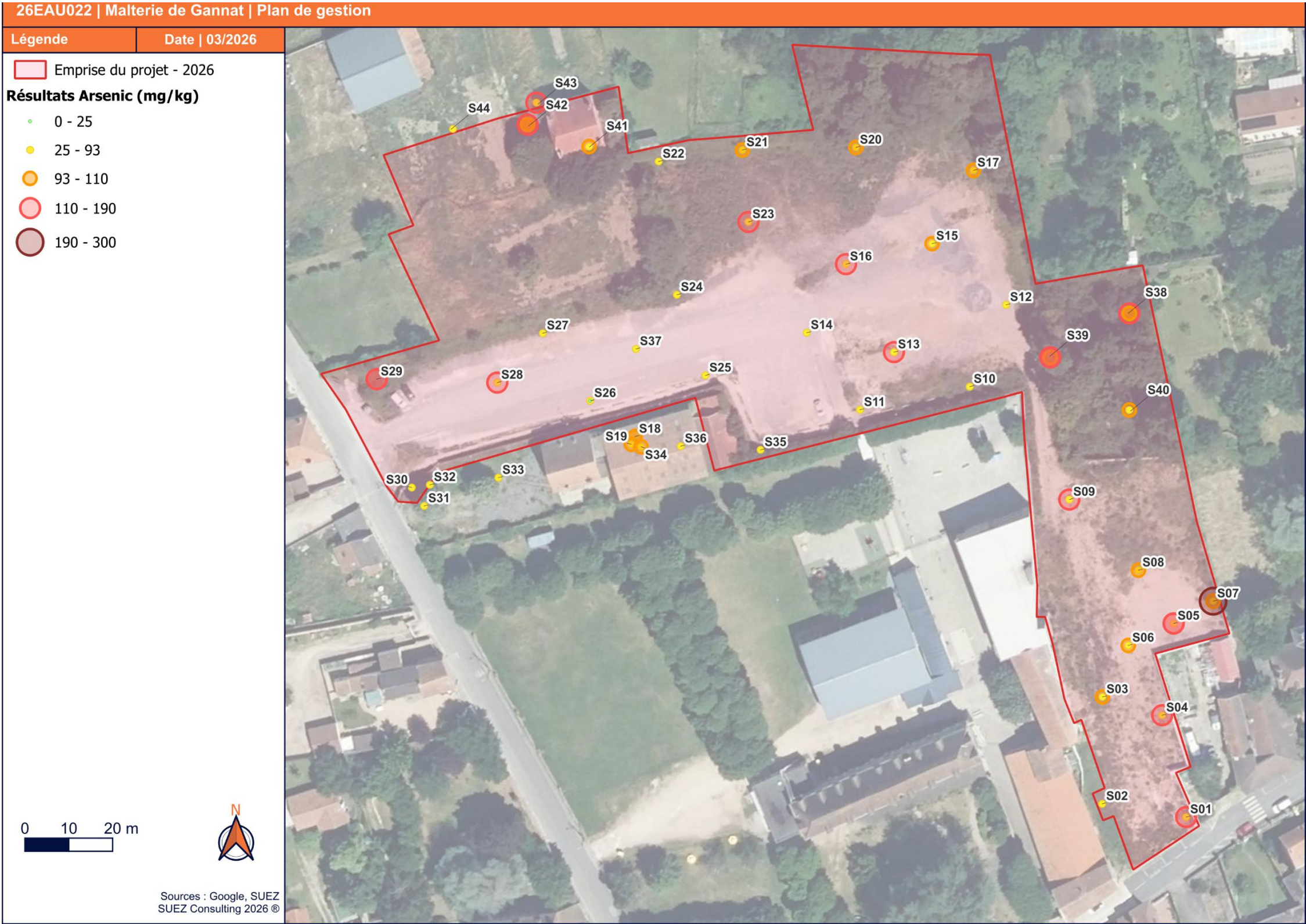
Au regard des données acquises, SAFEGE recommande :

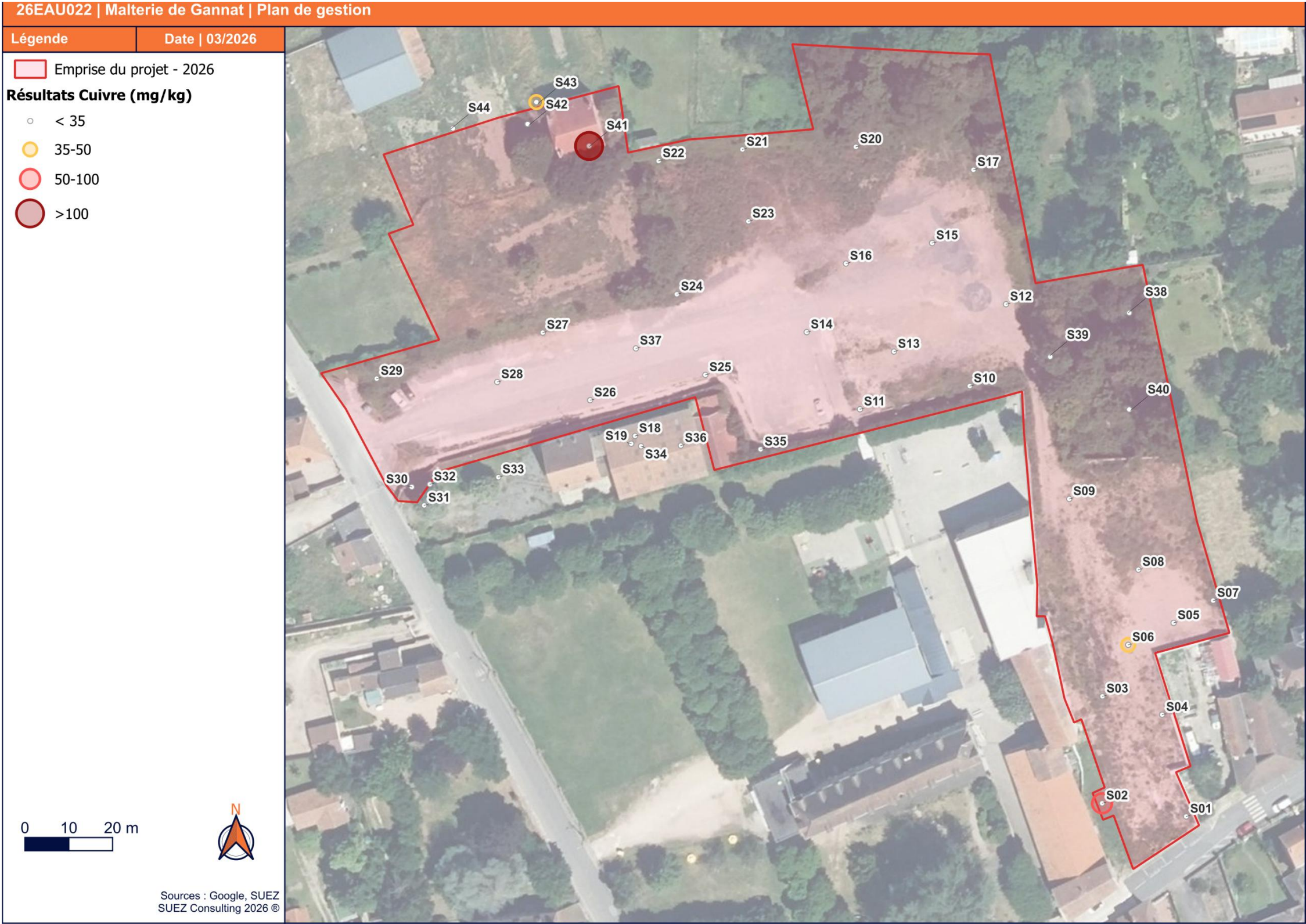
- La réalisation d'un piézomètre en aval immédiat du sondage des sources de pollution en hydrocarbures et PCB pour évaluer les impacts potentiels hors site liés aux eaux souterraines et si nécessaire procéder à une Interprétation de l'Etat des Milieux ;
- Le comblement de l'ancien puits de la malterie conformément à la norme NFX10-999 ;
 -
- La mise en œuvre des travaux proposés au plan de gestion selon le scénario choisi et leur suivi par une entreprise spécialisée dans le domaine des sites et sols pollués afin de garantir :
 - Le respect du plan de gestion et des mailles à traiter selon la solution choisie,
 - Le suivi des excavations notamment dans les secteurs dédiés aux espaces publics afin de veiller à ne pas remettre en surface des sols impactés,
 - La vérification des teneurs sur les sols en bords et fond de fouille ;
- La réalisation d'une Analyse des Risques Résiduels post travaux si des écarts sont constatés par rapports aux concentrations prises en compte ;
- La mise en place de restrictions d'usage et de servitudes concernant notamment l'interdiction d'usage des eaux souterraines, l'interdiction de plantation d'arbres fruitiers et de potagers, le maintien d'une couverture des sols ;
- La conservation de la mémoire de l'état des parcelles et des recommandations ci-dessus ;
- La remise en perspective les conclusions du présent plan de gestion et l'évaluation qualitative des risques en cas de changement de projet d'aménagement ou d'usage futur du site.

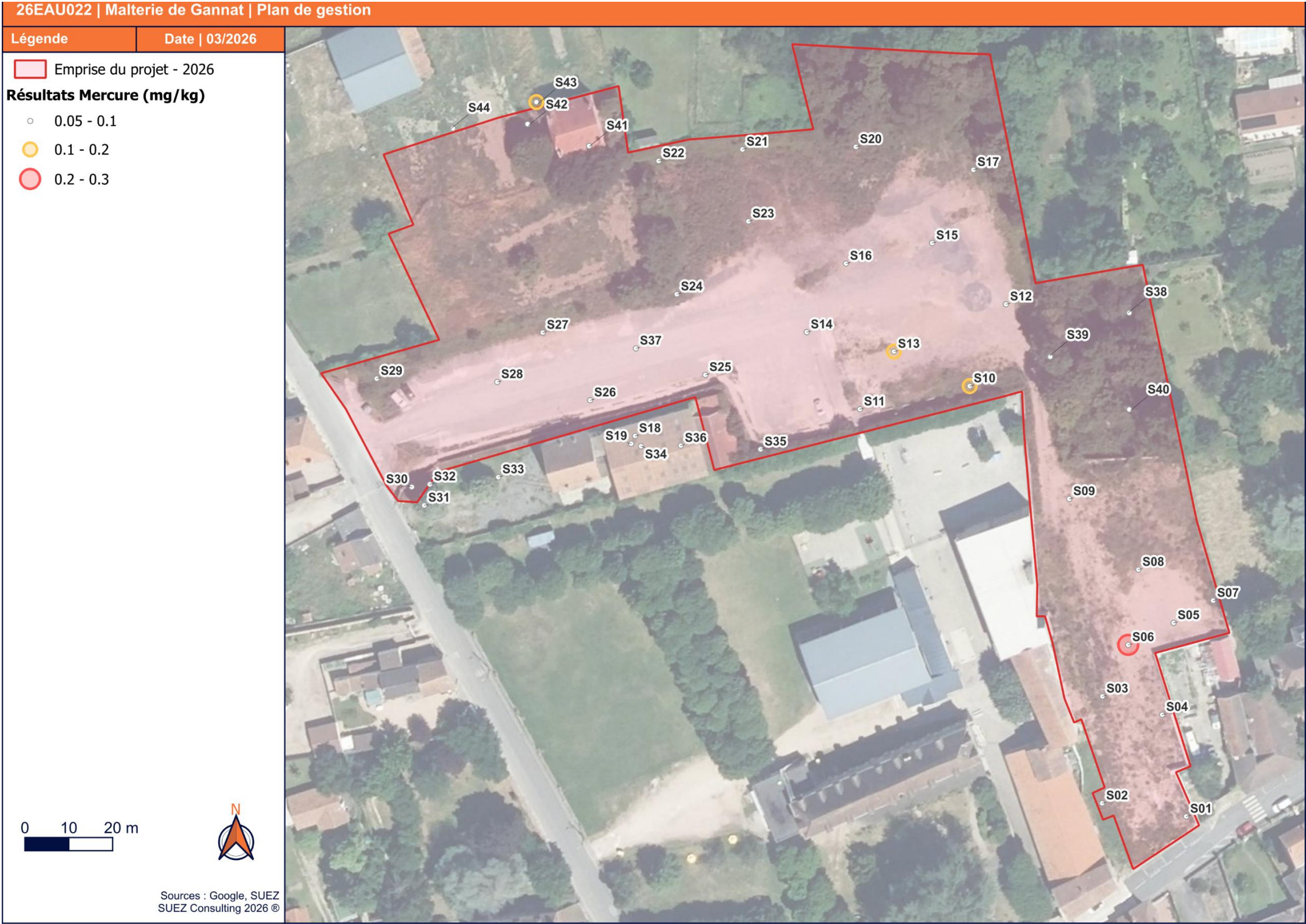
Annexe n°1 : Cartographie des anomalies en HCT C10-C40



Annexe n°2 : Cartographie des anomalies en métaux



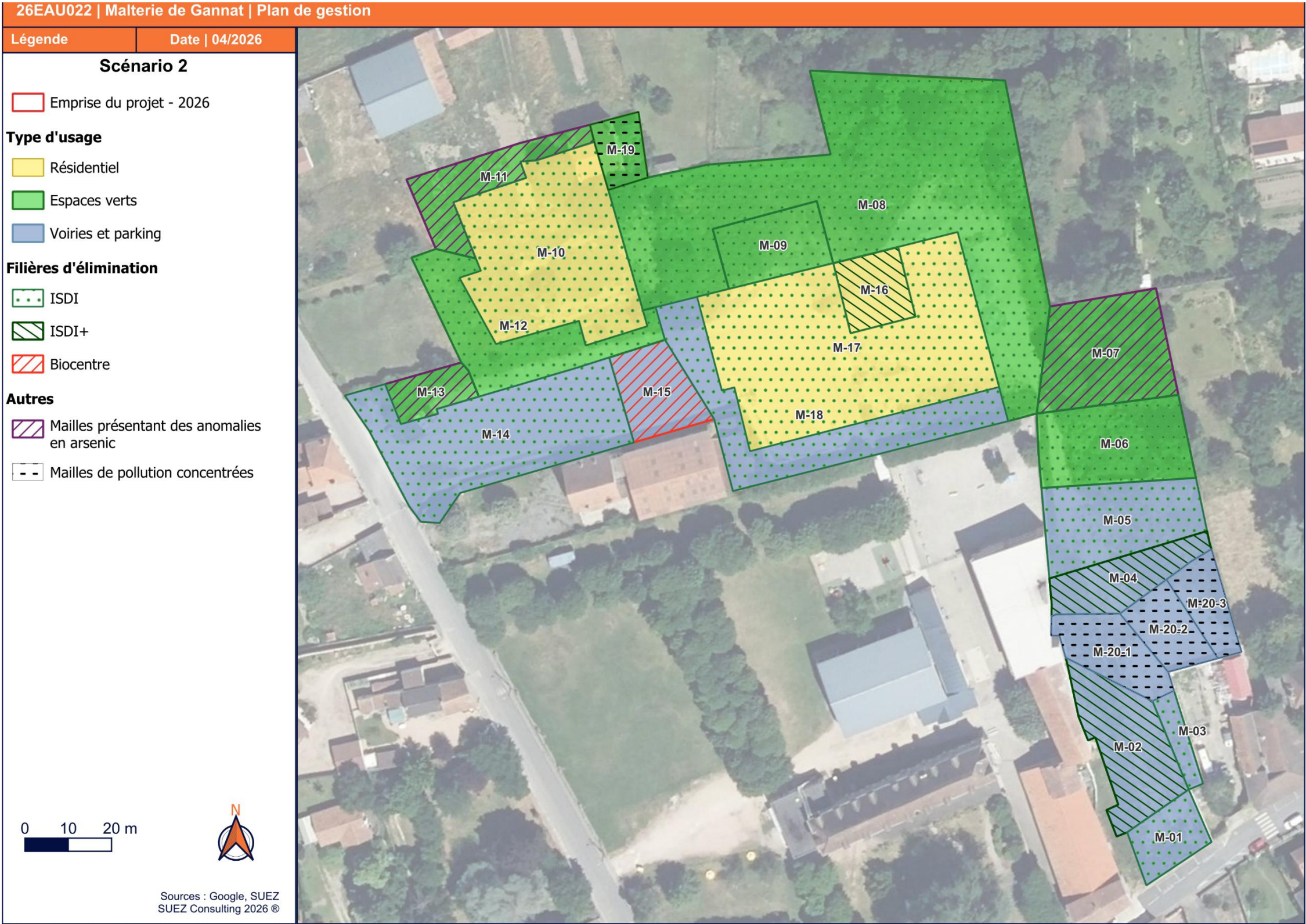




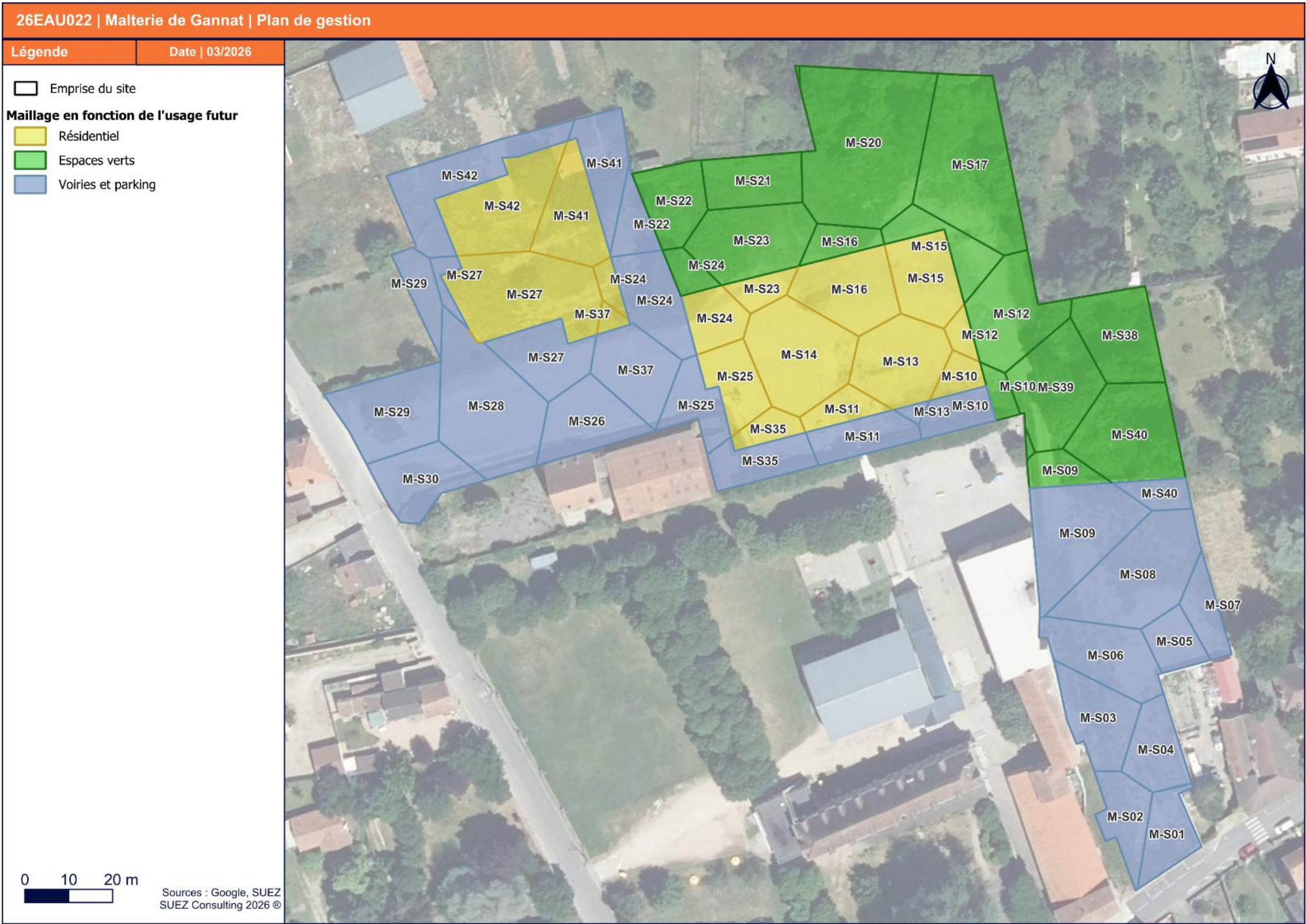
Annexe n°3 : Cartographie des anomalies en PCB



Annexe n°4 : Cartographies des filières d'élimination des terres



Annexe n°5 : Polygone de Thiessen



Annexe n°6 : Bilan masse – Feuille de calcul

Mailles						Sondage / Echantillon considéré			Concentration en polluants (en mg/kg)										Masse de polluants (kg)					Volume de sol %	Masse de polluants (%)				
Maille	Prof min	Prof max	Surface	Volume de sol (m³)	Masse de sol (t)	Sondage	Profondeur échantillon	Commentaire	HC C10 C40	Commentaire HC C10-C40	As	Commentaire As	Cu	Commentaire Cu	PCB	Commentaire PCB	Mercure	Commentaire Mercure	HC C10 C40	As	Cu	PCB	Mercure		HC C10 C40	As	Cu	PCB	MERCURE
M-S01 VOI	0	1	188	188	338	S1/0,2	0,2		0	<LQ	77		13		0	<LQ	0	<LQ	-	26,1	4,4	-	-	0,50%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S01 VOI	1	2	188	188	338	S1/1,6	1,6		0	<LQ	130		15		0	<LQ	0	<LQ	-	44,0	5,1	-	-	0,50%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S02 VOI	0	1	198	198	356	S2/0,2	0,2		0	<LQ	86		89		0	<LQ	0,1		-	30,7	31,7	-	0,0	0,52%	0%	1%	1%	0%	4%
M-S02 VOI	1	2	198	198	356	S2/1,4	1,4		0	<LQ	80		19		0	<LQ	0	<LQ	-	28,5	6,8	-	-	0,52%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S03 VOI	0	1	277	277	499	S3/0,2	0,2		0	<LQ	95		25		0	<LQ	0,1		-	47,4	12,5	-	0,0	0,73%	0%	1%	0%	0%	6%
M-S03 VOI	1	2	277	277	499	S3/1,6	1,6		27	<LQ	82		19,00		0	<LQ	0,1		13,5	40,9	9,5	-	0,0	0,73%	0%	1%	0%	0%	6%
M-S03 VOI	2	3	277	277	499	S3/2,5	2,5	pas d'échantillon											-	-	-	-	-	0,73%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S04 VOI	0	1	218	218	392	S4/0,2	0,2		82		66		25		0	<LQ	0,1		32,2	25,9	9,8	-	0,0	0,57%	1%	0%	0%	0%	5%
M-S04 VOI	1	2	218	218	392	S4/1,4	1,4		42		190		15,0		0	<LQ	0	<LQ	16,5	74,6	5,9	-	-	0,57%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S05 VOI	0	1	140	140	252	S5/0,2	0,2		9700		80		30,0		0	<LQ	0,1		2 444,4	20,2	7,6	-	0,0	0,37%	55%	0%	0%	0%	3%
M-S05 VOI	1	2	140	140	252	S5/1,7	1,7		4200		120		19,0		0,024		0	<LQ	1 058,4	30,2	4,8	0,0	-	0,37%	24%	1%	0%	1%	0%
M-S05 VOI	2	3	140	140	252	S5/2,5	2,5		210		170		21		0	<LQ	0	<LQ	52,9	42,8	5,3	-	-	0,37%	1%	1%	0%	0%	0%
M-S06 VOI	0	1	334	334	601	S6/0,2	0,2		190		46		41		0	<LQ	0,3		114,2	27,7	24,6	-	0,2	0,88%	3%	0%	0%	0%	22%
M-S06 VOI	1	1,5	334	167	301	S6/1,4	1,4		0	<LQ	97		16		0	<LQ	0	<LQ	-	29,2	4,8	-	-	0,44%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S06 VOI	1,5	2	334	167	301	S6/1,8	1,8		0	<LQ	58		13		0	<LQ	0	<LQ	-	17,4	3,9	-	-	0,44%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S07 VOI	0	1	138	138	248	S7/0,2	0,2		98		56		33		2,7		0	<LQ	24,3	13,9	8,2	0,671	-	0,36%	1%	0%	0%	79%	0%
M-S07 VOI	1	2	138	138	248	S7/1,7	1,7		0	<LQ	110		21,0		0,023		0	<LQ	-	27,3	5,2	0,006	-	0,36%	0%	0%	0%	1%	0%
M-S07 VOI	2	3	138	138	248	S7/2,5	2,5		0	<LQ	260		11		0,023		0	<LQ	-	64,6	2,7	0,006	-	0,36%	0%	1%	0%	1%	0%
M-S08 VOI	0	1	547	547	985	S8/0,2	0,2		230		78		27		0,070		0	<LQ	226,5	76,8	26,6	0,069	-	1,44%	5%	1%	1%	8%	0%
M-S08 VOI	1	2	547	547	985	S8/1,5	1,5		0	<LQ	110		14		0,012		0	<LQ	-	108,3	13,8	0,012	-	1,44%	0%	2%	0%	1%	0%
M-S09 VER	0	1	112	112	202	S9/0,2	0,2		49		180		26		0,011		0	<LQ	9,9	36,3	5,2	0,002	-	0,30%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S09 VER	1	2	112	112	202	S9/1,8	1,8		0	<LQ	60		15,0		0,023		0	<LQ	-	12,1	3,0	0,005	-	0,30%	0%	0%	0%	1%	0%
M-S09 VER	2	3	112	112	202	S9/2,5	2,5	pas d'échantillon											-	-	-	-	-	0,30%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S09 VOI	0	1	479	479	862	S9/0,2	0,2		49		180		26,0		0,011		0	<LQ	42,2	155,2	22,4	0,009	-	1,26%	1%	3%	0%	1%	0%
M-S09 VOI	1	2	479	479	862	S9/1,8	1,8		0	<LQ	60		15,0		0,023		0	<LQ	-	51,7	12,9	0,020	-	1,26%	0%	1%	0%	2%	0%
M-S09 VOI	2	3	479	479	862	S9/2,5	2,5	pas d'échantillon											-	-	-	-	-	1,26%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S10 RES	0	1	81	81	146	S10/0,2	0,2		83		55		22		0	<LQ	0,2		12,1	8,0	3,2	-	0,0	0,21%	0%	0%	0%	0%	4%
M-S10 RES	1	2	81	81	146	S10/1,5	1,5		0	<LQ	73		15		0	<LQ	0	<LQ	-	10,6	2,2	-	-	0,21%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S10 RES	2	3	81	81	146	S10/2,5	2,5		0	<LQ	91		34		0	<LQ	0,1		-	13,3	5,0	-	0,0	0,21%	0%	0%	0%	0%	2%
M-S10 VER	0	1	70	70	126	S10/0,2	0,2		83		55		22		0	<LQ	0,2		10,5	6,9	2,8	-	0,0	0,18%	0%	0%	0%	0%	3%
M-S10 VER	1	2	70	70	126	S10/1,5	1,5		0	<LQ	73		15,0		0	<LQ	0	<LQ	-	9,2	1,9	-	-	0,18%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S10 VER	2	3	70	70	126	S10/2,5	2,5		0	<LQ	91		34		0	<LQ	0,1		-	11,5	4,3	-	0,0	0,18%	0%	0%	0%	0%	2%
M-S10 VOI	0	1	131	131	236	S10/0,2	0,2		83		55		22		0	<LQ	0,2		19,6	13,0	5,2	-	0,0	0,35%	0%	0%	0%	0%	6%
M-S10 VOI	1	2	131	131	236	S10/1,5	1,5		0	<LQ	73		15		0	<LQ	0	<LQ	-	17,2	3,5	-	-	0,35%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S10 VOI	2	3	131	131	236	S10/2,5	2,5		0	<LQ	91		34		0	<LQ	0,1		-	21,5	8,0	-	0,0	0,35%	0%	0%	0%	0%	3%
M-S11 RES	0	1	112	112	202	S11/0,2	0,2		0	<LQ	58		20,0		0	<LQ	0	<LQ	-	11,7	4,0	-	-	0,30%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S11 RES	1	2	112	112	202	S11/1,5	1,5		0	<LQ	52		10,0		0	<LQ	0	<LQ	-	10,5	2,0	-	-	0,30%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S11 RES	2	3	112	112	202	S11/2,5	2,5		0	<LQ	91		16		0	<LQ	0	<LQ	-	18,3	3,2	-	-	0,30%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S11 VOI	0	1	189	189	340	S11/0,2	0,2		0	<LQ	58		20,0		0	<LQ	0	<LQ	-	19,7	6,8	-	-	0,50%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S11 VOI	1	2	189	189	340	S11/1,5	1,5		0	<LQ	52		10		0	<LQ	0	<LQ	-	17,7	3,4	-	-	0,50%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S11 VOI	2	3	189	189	340	S11/2,5	2,5		0	<LQ	91		16		0	<LQ	0	<LQ	-	31,0	5,4	-	-	0,50%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S12 RES	0	1	53	53	95	S12/0,2	0,2		38		61		19,0		0	<LQ	0	<LQ	3,6	5,8	1,8	-	-	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S12 RES	1	2	53	53	95	S12/1,8	1,8		0	<LQ	70		19,0		0	<LQ	0	<LQ	-	6,7	1,8	-	-	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S12 RES	2	3	53	53	95	S12/2,5	2,5		0	<LQ	61		16,0		0	<LQ	0	<LQ	-	5,8	1,5	-	-	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S12 VER	0	1	377	377	679	S12/0,2	0,2		38		61		19		0	<LQ	0	<LQ	25,8	41,4	12,9	-	-	0,99%	1%	1%	0%	0%	0%
M-S12 VER	1	2	377	377	679	S12/1,8	1,8		0	<LQ	70		19		0	<LQ	0	<LQ	-	47,5	12,9	-	-	0,99%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S12 VER	2	3	377	377	679	S12/2,5	2,5		0	<LQ	61		16,00		0	<LQ	0	<LQ	-	41,4	10,9	-	-	0,99%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S13 RES	0	1	362	362	652	S13/0,2	0,2		0	<LQ	80		30,0		0	<LQ	0,2		-	52,1	19,5	-	0,1	0,95%	0%	1%	0%	0%	16%
M-S13 RES	1	2	362	362	652	S13/1,5	1,5		0	<LQ	160		35		0	<LQ	0,1		-	104,3	22,8	-	-	0,95%	0%	2%	0%	0%	8%

Mailles						Sondage / Echantillon considéré			Concentration en polluants (en mg/kg)											Masse de polluants (kg)					Volume de sol %	Masse de polluants (%)				
Maille	Prof min	Prof max	Surface	Volume de sol (m3)	Masse de sol (t)	Sondage	Profondeur échantillon	Commentaire	HC C10 C40	Commentaire HC C10-C40	As	Commentaire As	Cu	Commentaire Cu	PCB	Commentaire PCB	Mercure	Commentaire Mercure	HC C10 C40	As	Cu	PCB	Mercure	HC C10 C40		As	Cu	PCB	MERCURE	
M-S13 RES	2	3	362	362	652	S13/2,5	2,5		310		50		11		0	<LQ	0	<LQ	202,0	32,6	7,2	-	-	0,95%	5%	1%	0%	0%	0%	
M-S13 VOI	0	1	20	20	36	S13/0,2	0,2		0	<LQ	80		30,0		0	<LQ	0,2		-	2,9	1,1	-	0,0	0,05%	0%	0%	0%	0%	1%	
M-S13 VOI	1	2	20	20	36	S13/1,5	1,5		0	<LQ	160		35		0	<LQ	0,1		-	5,8	1,3	-	0,0	0,05%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S13 VOI	2	3	20	20	36	S13/2,5	2,5		310		50		11		0	<LQ	0	<LQ	11,2	1,8	0,4	-	-	0,05%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S14 RES	0	1	479	479	862	S14/0,2	0,2		0	<LQ	44		17		0	<LQ	0	<LQ	-	37,9	14,7	-	-	1,26%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S14 RES	1	2	479	479	862	S14/1,3	1,3		0	<LQ	69		29		0	<LQ	0	<LQ	-	59,5	25,0	-	-	1,26%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S14 RES	2	3	479	479	862	S14/2,5	2,5		0	<LQ	74		18		0	<LQ	0	<LQ	-	63,8	15,5	-	-	1,26%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S15 RES	0	1	279	279	502	S15/0,2	0,2		0	<LQ	73		19		0	<LQ	0	<LQ	-	36,7	9,5	-	-	0,74%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S15 RES	1	2	279	279	502	S15/1,7	1,7		0	<LQ	110		18,0		0	<LQ	0	<LQ	-	55,2	9,0	-	-	0,74%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S15 RES	2	3	279	279	502	S15/2,5	2,5		0	<LQ	32		11		0	<LQ	0	<LQ	-	16,1	5,5	-	-	0,74%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S15 VER	0	1	188	188	338	S15/0,2	0,2		0	<LQ	73		19		0	<LQ	0	<LQ	-	24,7	6,4	-	-	0,50%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S15 VER	1	2	188	188	338	S15/1,7	1,7		0	<LQ	110		18		0	<LQ	0	<LQ	-	37,2	6,1	-	-	0,50%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S15 VER	2	3	188	188	338	S15/2,5	2,5		0	<LQ	32		11		0	<LQ	0	<LQ	-	10,8	3,7	-	-	0,50%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S16 RES	0	1	344	344	619	S16/0,2	0,2		44		52		24		0	<LQ	0	<LQ	27,2	32,2	14,9	-	-	0,91%	1%	1%	0%	0%	0%	
M-S16 RES	1	2	344	344	619	S16/1	1		0	<LQ	91		26,0		0	<LQ	0,1		-	56,3	16,1	-	0,1	0,91%	0%	1%	0%	0%	8%	
M-S16 RES	2	3	344	344	619	S16/2,5	2,5		0	<LQ	130		17		0	<LQ	0	<LQ	-	80,5	10,5	-	-	0,91%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S16 VER	0	1	109	109	196	S16/0,2	0,2		44		52		24		0	<LQ	0	<LQ	8,6	10,2	4,7	-	-	0,29%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S16 VER	1	2	109	109	196	S16/1	1		0	<LQ	91		26		0	<LQ	0,1		-	17,9	5,1	-	0,0	0,29%	0%	0%	0%	0%	2%	
M-S16 VER	2	3	109	109	196	S16/2,5	2,5		0	<LQ	130		17		0	<LQ	0	<LQ	-	25,5	3,3	-	-	0,29%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S17 VER	0	1	708	708	1274	S17/0,2	0,2		0	<LQ	65		20		0	<LQ	0	<LQ	-	82,8	25,5	-	-	1,87%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S17 VER	1	2	708	708	1274	S17/1	1		0	<LQ	110		14,0		0	<LQ	0	<LQ	-	140,2	17,8	-	-	1,87%	0%	2%	0%	0%	0%	
M-S20 VER	0	1	945	945	1701	S20/0,2	0,2		0	<LQ	88		17		0	<LQ	0	<LQ	-	149,7	28,9	-	-	2,49%	0%	3%	1%	0%	0%	
M-S20 VER	1	2	945	945	1701	S20/1,4	1,4		0	<LQ	100		17		0	<LQ	0	<LQ	-	170,1	28,9	-	-	2,49%	0%	3%	1%	0%	0%	
M-S21 VER	0	1	258	258	464	S21/0,2	0,2		0	<LQ	35		7		0	<LQ	0	<LQ	-	16,3	3,3	-	-	0,68%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S21 VER	1	2	258	258	464	S21/1	1		0	<LQ	110		15		0	<LQ	0	<LQ	-	51,1	7,0	-	-	0,68%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S22 VOI	0	1	122	122	220	S22/0,2	0,2		0	<LQ	78		19		0	<LQ	0	<LQ	-	17,1	4,2	-	-	0,32%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S22 VOI	1	2	122	122	220	S22/1	1		0	<LQ	90		10		0	<LQ	0	<LQ	-	19,8	2,2	-	-	0,32%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S22 VER	0	1	234	234	421	S22/0,2	0,2		0	<LQ	78		19		0	<LQ	0	<LQ	-	32,9	8,0	-	-	0,62%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S22 VER	1	2	234	234	421	S22/1	1		0	<LQ	90		10		0	<LQ	0	<LQ	-	37,9	4,2	-	-	0,62%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S23 RES	0	1	93	93	167	S23/0,2	0,2		0	<LQ	71		12,0		0	<LQ	0	<LQ	-	11,9	2,0	-	-	0,25%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S23 RES	1	2	93	93	167	S23/1,5	1,5		0	<LQ	190		23		0	<LQ	0	<LQ	-	31,8	3,9	-	-	0,25%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S23 VER	0	1	403	403	725	S23/0,2	0,2		0	<LQ	71		12,0		0	<LQ	0	<LQ	-	51,5	8,7	-	-	1,06%	0%	1%	0%	0%	0%	
M-S23 VER	1	2	403	403	725	S23/1,5	1,5		0	<LQ	190		23,0		0	<LQ	0	<LQ	-	137,8	16,7	-	-	1,06%	0%	2%	0%	0%	0%	
M-S24 RES	0	1	52	52	94	S24/0,2	0,2		0	<LQ	63		19		0	<LQ	0	<LQ	-	5,9	1,8	-	-	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S24 RES	1	2	52	52	94	S24/1,5	1,5		0	<LQ	69		21		0	<LQ	0	<LQ	-	6,5	2,0	-	-	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S24 RES	0	1	164	164	295	S24/0,2	0,2		0	<LQ	63		19		0	<LQ	0	<LQ	-	18,6	5,6	-	-	0,43%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S24 RES	1	2	164	164	295	S24/1,5	1,5		0	<LQ	69		21		0	<LQ	0	<LQ	-	20,4	6,2	-	-	0,43%	0%	0%	0%	0%	0%	
M-S24 VOI	0	1	273	273	491	S24/0,2	0,2		0	<LQ	63		19		0	<LQ	0	<LQ	-	31,0	9,3	-	-	0,72%	0%	1%	0%			

Mailles						Sondage / Echantillon considéré			Concentration en polluants (en mg/kg)										Masse de polluants (kg)					Volume de sol %	Masse de polluants (%)				
Maille	Prof min	Prof max	Surface	Volume de sol (m3)	Masse de sol (t)	Sondage	Profondeur échantillon	Commentaire	HC C10 C40	Commentaire HC C10-C40	As	Commentaire As	Cu	Commentaire Cu	PCB	Commentaire PCB	Mercure	Commentaire Mercure	HC C10 C40	As	Cu	PCB	Mercure		HC C10 C40	As	Cu	PCB	MERCURE
M-S29 VOI	0	1	128	128	230	S29/0,2	0,2		0	<LQ	190		21		0	<LQ	0	<LQ	-	43,8	4,8	-	-	0,34%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S29 VOI	1	2	128	128	230	S29/1,5	1,5		0	<LQ	130		21		0	<LQ	0	<LQ	-	30,0	4,8	-	-	0,34%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S30 VOI	2	3	269	269	484	S30/1,6	1,6		0	<LQ	36		16		0	<LQ	0	<LQ	-	17,4	7,7	-	-	0,71%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S30 VOI	4	5	269	269	484	S30/4,2	4,2		0	<LQ	89		13		0	<LQ	0	<LQ	-	43,1	6,3	-	-	0,71%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S35 RES	0	1	91	91	164	S35/0,2	0,2		0	<LQ	14		9		0	<LQ	0	<LQ	-	2,3	1,5	-	-	0,24%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S35 RES	1	2	91	91	164	S35/1,5	1,5		0	<LQ	55		9		0	<LQ	0	<LQ	-	9,0	1,5	-	-	0,24%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S35 VOI	0	1	200	200	360	S35/0,2	0,2		0	<LQ	14		9		0	<LQ	0	<LQ	-	5,0	3,2	-	-	0,53%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S35 VOI	1	2	200	200	360	S35/1,5	1,5		0	<LQ	55		9		0	<LQ	0	<LQ	-	19,8	3,2	-	-	0,53%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S37 RES	0	1	31	31	56	S37/0,2	0,2		120		38		16		0,053		0	<LQ	6,7	2,1	0,9	0,0	-	0,08%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S37 RES	1	2	31	31	56	S37/1,5	1,5		0	<LQ	39		13		0	<LQ	0	<LQ	-	2,2	0,7	-	-	0,08%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S37 VOI	0	1	298	298	536	S37/0,2	0,2		120		38		16		0,053		0	<LQ	64,4	20,4	8,6	0,0	-	0,79%	1%	0%	0%	3%	0%
M-S37 VOI	1	2	298	298	536	S37/1,5	1,5		0	<LQ	39		13		0	<LQ	0	<LQ	-	20,9	7,0	-	-	0,79%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S38 VER	0	1	341	341	614	S38/0,25	0,25		0	<LQ	110		10		0	<LQ	0	<LQ	-	67,5	6,1	-	-	0,90%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S38 VER	1	2	341	341	614	S38/1,5	1,5		0	<LQ	180		16		0	<LQ	0	<LQ	-	110,5	9,8	-	-	0,90%	0%	2%	0%	0%	0%
M-S38 VER	2	3	341	341	614	S38/2,7	2,7		0	<LQ	110		17		0	<LQ	0	<LQ	-	67,5	10,4	-	-	0,90%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S39 VER	0	1	408	408	734	S39/0,3	0,3		0	<LQ	94		14		0	<LQ	0	<LQ	-	69,0	10,3	-	-	1,08%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S39 VER	1	2	408	408	734	S39/1,4	1,4		0	<LQ	140		26		0	<LQ	0	<LQ	-	102,8	19,1	-	-	1,08%	0%	2%	0%	0%	0%
M-S39 VER	2	3	408	408	734	S39/2,5	2,5		0	<LQ	170		22		0	<LQ	0	<LQ	-	124,8	16,2	-	-	1,08%	0%	2%	0%	0%	0%
M-S40 VER	0	1	460	460	828	S40/0,3	0,3		0	<LQ	79		15		0	<LQ	0	<LQ	-	65,4	12,4	-	-	1,21%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S40 VER	1	2	460	460	828	S40/1,5	1,5		0	<LQ	100		18		0	<LQ	0	<LQ	-	82,8	14,9	-	-	1,21%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S40 VER	2	3	460	460	828	S40/2,5	2,5		0	<LQ	75		13		0	<LQ	0	<LQ	-	62,1	10,8	-	-	1,21%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S40 VOI	0	1	90	90	162	S40/0,3	0,3		0	<LQ	79		15		0	<LQ	0	<LQ	-	12,8	2,4	-	-	0,24%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S40 VOI	1	2	90	90	162	S40/1,5	1,5		0	<LQ	100		18		0	<LQ	0	<LQ	-	16,2	2,9	-	-	0,24%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S40 VOI	2	3	90	90	162	S40/2,5	2,5		0	<LQ	75		13		0	<LQ	0	<LQ	-	12,2	2,1	-	-	0,24%	0%	0%	0%	0%	0%
M-S41 RES	0	1	294	294	529	S41/0,3	0,3		35		100		2500		0	<LQ	0	<LQ	18,5	52,9	1 323,0	-	-	0,77%	0%	1%	26%	0%	0%
M-S41 RES	1	2	294	294	529	S41/1,5	1,5		0	<LQ	86		140		0	<LQ	0	<LQ	-	45,5	74,1	-	-	0,77%	0%	1%	1%	0%	0%
M-S41 RES	2	3	294	294	529	S41/2,4	2,4		0	<LQ	81		24		0	<LQ	0	<LQ	-	42,9	12,7	-	-	0,77%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S41 RES	3	4	294	294	529	S41/3,5	3,5		0	<LQ	48		1500		0	<LQ	0	<LQ	-	25,4	793,8	-	-	0,77%	0%	0%	16%	0%	0%
M-S41 VOI	0	1	235	235	423	S41/0,3	0,3		35		100		2500		0	<LQ	0	<LQ	14,8	42,3	1 057,5	-	-	0,62%	0%	1%	21%	0%	0%
M-S41 VOI	1	2	235	235	423	S41/1,5	1,5		0	<LQ	86		140		0	<LQ	0	<LQ	-	36,4	59,2	-	-	0,62%	0%	1%	1%	0%	0%
M-S41 VOI	2	3	235	235	423	S41/2,4	2,4		0	<LQ	81		24		0	<LQ	0	<LQ	-	34,3	10,2	-	-	0,62%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S41 VOI	3	4	235	235	423	S41/3,5	3,5		0	<LQ	48		1500		0	<LQ	0	<LQ	-	20,3	634,5	-	-	0,62%	0%	0%	12%	0%	0%
M-S42 RES	0	1	436	436	785	S42/0,3	0,3		0	<LQ	110		20		0,012		0	<LQ	-	86,3	15,7	0,0	-	1,15%	0%	1%	0%	1%	0%
M-S42 RES	1	2	436	436	785	S42/1,5	1,5		0	<LQ	100		13		0	<LQ	0	<LQ	-	78,5	10,2	-	-	1,15%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S42 RES	2	3	436	436	785	S42/2,4	2,4		0	<LQ	96		16		0	<LQ	0	<LQ	-	75,3	12,6	-	-	1,15%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S42 RES	3	4	436	436	785	S42/3,5	3,5		0	<LQ	140		19		0	<LQ	0	<LQ	-	109,9	14,9	-	-	1,15%	0%	2%	0%	0%	0%
M-S42 VOI	0	1	392	392	706	S42/0,3	0,3		0	<LQ	110		20		0,012		0	<LQ	-	77,6	14,1	0,0	-	1,03%	0%	1%	0%	1%	0%
M-S42 VOI	1	2	392	392	706	S42/1,5	1,5		0	<LQ	100		13		0	<LQ	0	<LQ	-	70,6	9,2	-	-	1,03%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S42 VOI	2	3	392	392	706	S42/2,4	2,4		0	<LQ	96		16		0	<LQ	0	<LQ	-	67,7	11,3	-	-	1,03%	0%	1%	0%	0%	0%
M-S42 VOI	3	4	392	392	706	S42/3,5	3,5		0	<LQ	140		19		0	<LQ	0	<LQ	-	98,8	13,4	-	-	1,03%	0%	2%	0%	0%	0%
				37941,0	68293,8														4473	5860	5114	0,85	0,82	100,00%	100%	100%	100%	100%	100%

Annexe n°7 : Feuilles de calculs des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées

Feuilles de calcul des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées

ETUDE PRINCIPALE après traitement pollution concentrée							
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,77E-03	8,87E-09	2,31E-11	7,53E-10	1,77E-03
	QD	1,00E+00	2,59E+00	4,15E-01	5,99E-04	7,88E-04	2,18E+00
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	3,00E-03	1,77E-09	4,62E-12	1,51E-10	3,00E-03
	QD	1,00E+00	1,89E+01	4,15E-01	5,99E-04	7,88E-04	1,85E+01
ADULTES FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	6,82E-04		8,91E-12	2,91E-10	6,82E-04
	QD	1,00E+00	8,40E-01		2,31E-04	3,04E-04	8,40E-01
ENFANTS FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	1,16E-03		1,78E-12	5,81E-11	1,16E-03
	QD	1,00E+00	7,13E+00		2,31E-04	3,04E-04	7,13E+00

Cible adulte résidents

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		8,87E-09	2,31E-11	7,53E-10	9,65E-09
QD		4,15E-01	5,99E-04	7,88E-04	4,16E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérogènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérogène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérogène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérogène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	7,86E-10	4,39E-09	2,40E-13	0,00E+00	0,00E+00	7,86E-10
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
arsenic	1,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	7,39E-10	7,39E-10
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	7,08E-09	9,48E-08	1,82E-11	6,06E-11	1,16E-14	7,10E-09
acénaphtylène	6,00E-04	1,28E-06	2,36E-10	4,36E-08	8,96E-13	0,00E+00	0,00E+00	2,37E-10
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	2,07E-10	4,65E-09	9,56E-13	1,21E-10	2,49E-14	2,08E-10
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	1,84E-11	1,20E-10	2,47E-13	2,95E-10	6,07E-13	1,92E-11
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	1,19E-10	3,91E-11	1,47E-12	3,03E-10	1,14E-11	1,32E-10
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	2,97E-10	2,69E-10	5,54E-13	3,94E-10	8,09E-13	2,98E-10
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	3,82E-13	1,43E-11	2,93E-15	2,05E-10	4,20E-14	4,27E-13
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	2,35E-12	9,22E-12	1,89E-14	1,59E-10	3,27E-13	2,70E-12
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	5,17E-11	5,80E-10	1,19E-13	2,80E-10	5,76E-14	5,19E-11
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	9,19E-14	1,27E-13	2,61E-15	0,00E+00	0,00E+00	9,46E-14
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	5,48E-12	1,93E-09	3,96E-14	7,05E-10	1,45E-14	5,53E-12
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	1,39E-11	3,34E-09	6,87E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-11
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	4,10E-12	9,85E-12	2,02E-14	2,05E-10	4,20E-13	4,54E-12
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	4,03E-11	1,27E-08	2,62E-13	4,92E-10	1,01E-14	4,06E-11
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	2,84E-12	1,10E-09	2,26E-14	5,45E-10	1,12E-14	2,87E-12
TOTAL ERI			8,87E-09		2,31E-11		7,53E-10	
							TOTAL	9,65E-09
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	1,09E-01	3,60E-03	2,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-01
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	1,63E-02	1,30E-04	1,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-02
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	6,77E-02	5,23E-04	2,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,79E-02
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	1,50E-02	1,08E-04	4,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-02
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	9,60E-03	1,59E-06	1,19E-04	4,39E-09	3,65E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04
toluène	1,90E+01	6,28E-06	2,38E-07	1,67E-08	7,02E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-07
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	6,23E-06	3,35E-08	1,79E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-06
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	1,60E-05	2,19E-09	1,75E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,60E-05
METAUX								
arsenic	1,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	7,67E-04	7,67E-04
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	1,21E-07	1,21E-07
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	8,48E-06	8,48E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	2,07E-01	1,78E-08	4,74E-05	1,52E-10	4,04E-07	2,07E-01
POLYCHLOROBIPHENYLS								
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	5,00E-04	5,25E-09	7,55E-06	8,77E-11	1,40E-08	4,02E-11	6,42E-09	7,57E-06
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	7,98E-05	9,48E-08	2,05E-07	6,06E-11	1,31E-10	8,00E-05
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	1,26E-04	3,91E-11	1,56E-06	3,03E-10	1,21E-05	1,40E-04
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			4,15E-01		5,99E-04		7,88E-04	
							TOTAL	4,16E-01
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ADULTES RESIDENTS	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	1,77E-03	1,77E-03
	QD	2,18E+00	2,18E+00

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ADULTES RESIDENTS	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
arsenic	3,17E+01	1,90E+02	1,77E-03	1,77E-03
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	2,82E-09	2,82E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	4,70E-10	4,70E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	1,14E-08	1,14E-08
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	1,17E-07	1,17E-07
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	1,53E-08	1,53E-08
benzo(ghi)peryène	1,00E-02	2,70E-01	7,93E-10	7,93E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	6,16E-09	6,16E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	1,09E-09	1,09E-09
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	2,73E-10	2,73E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	7,93E-09	7,93E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	1,91E-10	1,91E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	2,11E-10	2,11E-10
TOTAL ERI			1,77E-03	
				1,77E-03
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	4,97E-06	4,97E-06
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	2,05E-05	2,05E-05
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	3,31E-04	3,31E-04
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	1,37E-03	1,37E-03
METAUX		0,00E+00		
arsenic	6,00E-05	1,90E+02	2,17E+00	2,17E+00
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	1,17E-03	1,17E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	6,39E-04	6,39E-04
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	2,40E-04	2,40E-04
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	3,63E-03	3,63E-03
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	2,74E-06	2,74E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	3,65E-07	3,65E-07
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	9,13E-04	9,13E-04
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	6,16E-06	6,16E-06
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	1,59E-05	1,59E-05
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	1,11E-05	1,11E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	1,64E-05	1,64E-05
TOTAL QD			2,18E+00	
				2,18E+00
				1,00E+00

Cible enfant résidents

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		1,77E-09	4,62E-12	2,75E-12	1,78E-09
QD		4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	4,15E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m³)¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	1,57E-10	4,39E-09	4,81E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-10
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	1,42E-09	9,48E-08	3,64E-12	6,06E-11	2,32E-15	1,42E-09
acénaphtylène	6,00E-04	1,28E-06	4,72E-11	4,36E-08	1,79E-13	0,00E+00	0,00E+00	4,74E-11
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	4,14E-11	4,65E-09	1,91E-13	1,21E-10	4,98E-15	4,16E-11
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	3,68E-12	1,20E-10	4,94E-14	2,95E-10	1,21E-13	3,85E-12
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	2,38E-11	3,91E-11	2,95E-13	3,03E-10	2,28E-12	2,64E-11
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	5,94E-11	2,69E-10	1,11E-13	3,94E-10	1,62E-13	5,97E-11
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	7,64E-14	1,43E-11	5,86E-16	2,05E-10	8,41E-15	8,54E-14
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	4,71E-13	9,22E-12	3,79E-15	1,59E-10	6,54E-14	5,40E-13
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	1,03E-11	5,80E-10	2,38E-14	2,80E-10	1,15E-14	1,04E-11
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	1,84E-14	1,27E-13	5,22E-16	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-14
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	1,10E-12	1,93E-09	7,93E-15	7,05E-10	2,90E-15	1,11E-12
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	2,78E-12	3,34E-09	1,37E-14	0,00E+00	0,00E+00	2,79E-12
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	8,20E-13	9,85E-12	4,05E-15	2,05E-10	8,41E-14	9,09E-13
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	8,07E-12	1,27E-08	5,24E-14	4,92E-10	2,02E-15	8,12E-12
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	5,68E-13	1,10E-09	4,53E-15	5,45E-10	2,24E-15	5,74E-13
TOTAL ERI			1,77E-09		4,62E-12		2,75E-12	
							TOTAL	1,78E-09
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	1,09E-01	3,60E-03	2,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-01
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	1,63E-02	1,30E-04	1,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-02
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	6,77E-02	5,23E-04	2,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,79E-02
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	1,50E-02	1,08E-04	4,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-02
CAV								
benzène	9,60E-03	1,59E-06	1,19E-04	4,39E-09	3,65E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04
toluène	1,90E+01	6,28E-06	2,38E-07	1,67E-08	7,02E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-07
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	6,23E-06	3,35E-08	1,79E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-06
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	1,60E-05	2,19E-09	1,75E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,60E-05
METAUX								
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	1,21E-07	1,21E-07
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	8,48E-06	8,48E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	2,07E-01	1,78E-08	4,74E-05	1,52E-10	4,04E-07	2,07E-01
POLYCHLOROBIPHENYLS								
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	5,00E-04	5,25E-09	7,55E-06	8,77E-11	1,40E-08	4,02E-11	6,42E-09	7,57E-06
HAP								
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	7,98E-05	9,48E-08	2,05E-07	6,06E-11	1,31E-10	8,00E-05
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	1,26E-04	3,91E-11	1,56E-06	3,03E-10	1,21E-05	1,40E-04
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			4,15E-01		5,99E-04		2,11E-05	
							TOTAL	4,15E-01
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ENFANTS RESIDENTS	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	3,00E-03	3,00E-03
	QD	1,85E+01	1,85E+01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ENFANTS RESIDENTS	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
arsenic	3,17E+01	1,90E+02	3,00E-03	3,00E-03
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	4,79E-09	4,79E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	7,98E-10	7,98E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	1,94E-08	1,94E-08
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	1,99E-07	1,99E-07
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	2,59E-08	2,59E-08
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	1,35E-09	1,35E-09
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	1,05E-08	1,05E-08
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	1,84E-09	1,84E-09
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	4,64E-10	4,64E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	1,35E-08	1,35E-08
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	3,24E-10	3,24E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	3,59E-10	3,59E-10
TOTAL ERI			3,00E-03	
				3,00E-03
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	4,22E-05	4,22E-05
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	1,75E-04	1,75E-04
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	2,81E-03	2,81E-03
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	1,16E-02	1,16E-02
METAUX		0,00E+00		
arsenic	6,00E-05	1,90E+02	1,84E+01	1,84E+01
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	9,97E-03	9,97E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	5,43E-03	5,43E-03
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	2,04E-03	2,04E-03
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	3,08E-02	3,08E-02
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	2,33E-05	2,33E-05
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	3,10E-06	3,10E-06
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	7,76E-03	7,76E-03
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	5,24E-05	5,24E-05
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	1,35E-04	1,35E-04
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	9,45E-05	9,45E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	1,40E-04	1,40E-04
TOTAL QD			1,85E+01	
				1,85E+01
				1,00E+00

Cible adultes fréquentant espaces verts

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		0,00E+00	8,91E-12	2,91E-10	2,99E-10
QD		0,00E+00	2,31E-04	3,04E-04	5,35E-04

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérogènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérogène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérogène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérogène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	9,27E-14	0,00E+00	0,00E+00	9,27E-14
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
arsenic	1,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	2,85E-10	2,85E-10
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,02E-12	6,06E-11	4,48E-15	7,02E-12
acénaphtylène	6,00E-04	1,28E-06	0,00E+00	4,36E-08	3,45E-13	0,00E+00	0,00E+00	3,45E-13
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	0,00E+00	4,65E-09	3,69E-13	1,21E-10	9,61E-15	3,79E-13
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	0,00E+00	1,20E-10	9,53E-14	2,95E-10	2,34E-13	3,29E-13
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	5,68E-13	3,03E-10	4,40E-12	4,97E-12
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	0,00E+00	2,69E-10	2,14E-13	3,94E-10	3,12E-13	5,26E-13
benzo(ghi)peryène	6,00E-03	2,07E-10	0,00E+00	1,43E-11	1,13E-15	2,05E-10	1,62E-14	1,73E-14
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	0,00E+00	9,22E-12	7,30E-15	1,59E-10	1,26E-13	1,33E-13
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	0,00E+00	5,80E-10	4,60E-14	2,80E-10	2,22E-14	6,82E-14
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	0,00E+00	1,27E-13	1,01E-15	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-15
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	0,00E+00	1,93E-09	1,53E-14	7,05E-10	5,58E-15	2,09E-14
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	0,00E+00	3,34E-09	2,65E-14	0,00E+00	0,00E+00	2,65E-14
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	0,00E+00	9,85E-12	7,81E-15	2,05E-10	1,62E-13	1,70E-13
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	0,00E+00	1,27E-08	1,01E-13	4,92E-10	3,90E-15	1,05E-13
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	0,00E+00	1,10E-09	8,73E-15	5,45E-10	4,32E-15	1,31E-14
TOTAL ERI			0,00E+00		8,91E-12		2,91E-10	
							TOTAL	2,99E-10
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	0,00E+00	3,60E-03	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	0,00E+00	1,30E-04	4,01E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-06
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	0,00E+00	5,23E-04	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-05
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	0,00E+00	1,08E-04	1,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-05
CAV								
benzène	9,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,41E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-08
toluène	1,90E+01	6,28E-06	0,00E+00	1,67E-08	2,71E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,71E-11
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	0,00E+00	3,35E-08	6,89E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,89E-10
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	0,00E+00	2,19E-09	6,75E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,75E-10
METAUX								
arsenic	1,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	2,96E-04	2,96E-04
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	4,67E-08	4,67E-08
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	3,27E-06	3,27E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	0,00E+00	1,78E-08	1,83E-05	1,52E-10	1,56E-07	1,84E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS								
HAP								
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,90E-08	6,06E-11	5,05E-11	7,90E-08
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	6,02E-07	3,03E-10	4,67E-06	5,27E-06
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD								
							TOTAL	5,35E-04
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	6,82E-04	6,82E-04
	QD	8,40E-01	8,40E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX				
		0,00E+00		
arsenic	3,17E+01	1,90E+02	6,82E-04	6,82E-04
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS				
		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP				
		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	1,09E-09	1,09E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	1,81E-10	1,81E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	4,42E-09	4,42E-09
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	4,53E-08	4,53E-08
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	5,89E-09	5,89E-09
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	3,06E-10	3,06E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	2,38E-09	2,38E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	4,19E-10	4,19E-10
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	1,05E-10	1,05E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	3,06E-09	3,06E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	7,36E-11	7,36E-11
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	8,15E-11	8,15E-11
TOTAL ERI			6,82E-04	
				6,82E-04
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	1,92E-06	1,92E-06
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	7,93E-06	7,93E-06
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	1,28E-04	1,28E-04
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	5,28E-04	5,28E-04
METAUX		0,00E+00		
arsenic	6,00E-05	1,90E+02	8,37E-01	8,37E-01
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	4,53E-04	4,53E-04
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	2,47E-04	2,47E-04
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	9,25E-05	9,25E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	1,40E-03	1,40E-03
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	1,06E-06	1,06E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	1,41E-07	1,41E-07
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	3,52E-04	3,52E-04
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	2,38E-06	2,38E-06
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
dibenzo(ah)anthracène		0,00E+00		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	6,14E-06	6,14E-06
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	4,29E-06	4,29E-06
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	6,34E-06	6,34E-06
TOTAL QD			8,40E-01	
				8,40E-01
				1,00E+00

Cible enfants fréquentant espaces verts

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		0,00E+00	1,78E-12	5,81E-11	5,99E-11
QD		0,00E+00	2,31E-04	3,04E-04	5,35E-04

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérogènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérogène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérogène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérogène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,85E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-14
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
arsenic	1,50E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	5,70E-11	5,70E-11
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	1,40E-12	6,06E-11	8,97E-16	1,40E-12
acénaphtylène	6,00E-04	1,28E-06	0,00E+00	4,36E-08	6,91E-14	0,00E+00	0,00E+00	6,91E-14
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	0,00E+00	4,65E-09	7,38E-14	1,21E-10	1,92E-15	7,57E-14
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	0,00E+00	1,20E-10	1,91E-14	2,95E-10	4,68E-14	6,59E-14
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	1,14E-13	3,03E-10	8,81E-13	9,94E-13
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	0,00E+00	2,69E-10	4,27E-14	3,94E-10	6,24E-14	1,05E-13
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	0,00E+00	1,43E-11	2,26E-16	2,05E-10	3,24E-15	3,47E-15
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	0,00E+00	9,22E-12	1,46E-15	1,59E-10	2,52E-14	2,67E-14
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	0,00E+00	5,80E-10	9,19E-15	2,80E-10	4,44E-15	1,36E-14
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	0,00E+00	1,27E-13	2,01E-16	0,00E+00	0,00E+00	2,01E-16
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	0,00E+00	1,93E-09	3,06E-15	7,05E-10	1,12E-15	4,17E-15
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	0,00E+00	3,34E-09	5,30E-15	0,00E+00	0,00E+00	5,30E-15
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	0,00E+00	9,85E-12	1,56E-15	2,05E-10	3,24E-14	3,40E-14
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	0,00E+00	1,27E-08	2,02E-14	4,92E-10	7,81E-16	2,10E-14
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	0,00E+00	1,10E-09	1,75E-15	5,45E-10	8,65E-16	2,61E-15
TOTAL ERI			0,00E+00		1,78E-12		5,81E-11	
							TOTAL	5,99E-11
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³		mg/m ³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	0,00E+00	3,60E-03	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	0,00E+00	1,30E-04	4,01E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-06
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	0,00E+00	5,23E-04	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-05
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	0,00E+00	1,08E-04	1,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-05
CAV								
benzène	9,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,41E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-08
toluène	1,90E+01	6,28E-06	0,00E+00	1,67E-08	2,71E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,71E-11
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	0,00E+00	3,35E-08	6,89E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,89E-10
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	0,00E+00	2,19E-09	6,75E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,75E-10
METAUX								
arsenic	1,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-07	2,96E-04	2,96E-04
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	4,67E-08	4,67E-08
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	3,27E-06	3,27E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	0,00E+00	1,78E-08	1,83E-05	1,52E-10	1,56E-07	1,84E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS								
HAP								
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,90E-08	6,06E-11	5,05E-11	7,90E-08
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	6,02E-07	3,03E-10	4,67E-06	5,27E-06
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			0,00E+00		2,31E-04		3,04E-04	
							TOTAL	5,35E-04
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	1,16E-03	1,16E-03
	QD	7,13E+00	7,13E+00

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
arsenic	3,17E+01	1,90E+02	1,16E-03	1,16E-03
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	1,85E-09	1,85E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	3,08E-10	3,08E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	7,50E-09	7,50E-09
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	7,69E-08	7,69E-08
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	1,00E-08	1,00E-08
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	5,19E-10	5,19E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	4,04E-09	4,04E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	7,12E-10	7,12E-10
dibenzo(ah)anthracène	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	1,79E-10	1,79E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	5,19E-09	5,19E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	1,25E-10	1,25E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	1,38E-10	1,38E-10
TOTAL ERI			1,16E-03	
				1,16E-03
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC Voie : INGESTION				
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérogènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	1,63E-05	1,63E-05
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	6,73E-05	6,73E-05
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	1,08E-03	1,08E-03
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	4,49E-03	4,49E-03
METAUX		0,00E+00		
arsenic	6,00E-05	1,90E+02	7,11E+00	7,11E+00
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	3,85E-03	3,85E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	2,09E-03	2,09E-03
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	7,86E-04	7,86E-04
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	1,19E-02	1,19E-02
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	8,98E-06	8,98E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	1,20E-06	1,20E-06
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	2,99E-03	2,99E-03
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	2,02E-05	2,02E-05
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	5,22E-05	5,22E-05
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	3,65E-05	3,65E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	5,39E-05	5,39E-05
TOTAL QD			7,13E+00	
				7,13E+00
				1,00E+00

Annexe n°8 : Feuilles de calculs des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées et mesures de gestion complémentaires

Feuilles de calcul des risques sanitaires après traitement des pollutions concentrées et mise en place de mesures compensatoires

ETUDE PRINCIPALE après traitement pollution concentrée et mesures compensatoires							
Cibles	Indices de risques	Limite d'acceptabilité	Niveau de risque global	Inhalation Air Intérieur	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	Ingestion sols
ADULTES RESIDENTS	ERI	1,00E-05	1,73E-07	8,87E-09	2,31E-11	1,38E-11	1,64E-07
	QD	1,00E+00	4,24E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	8,38E-03
ENFANTS RESIDENTS	ERI	1,00E-05	2,80E-07	1,77E-09	4,62E-12	2,75E-12	2,79E-07
	QD	1,00E+00	4,86E-01	4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	7,11E-02
ADULTES FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	6,33E-08		8,91E-12	5,30E-12	6,33E-08
	QD	1,00E+00	3,47E-03		2,31E-04	8,14E-06	3,23E-03
ENFANTS FREQUENTANT PARC	ERI	1,00E-05	1,07E-07		1,78E-12	1,06E-12	1,07E-07
	QD	1,00E+00	2,77E-02		2,31E-04	8,14E-06	2,74E-02

Cible adultes résidents

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		8,87E-09	2,31E-11	1,38E-11	8,91E-09
QD		4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	4,15E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	7,86E-10	4,39E-09	2,40E-13	0,00E+00	0,00E+00	7,86E-10
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, 187)		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	7,08E-09	9,48E-08	1,82E-11	6,06E-11	1,16E-14	7,10E-09
acénaphthylène	6,00E-04	1,28E-06	2,36E-10	4,36E-08	8,96E-13	0,00E+00	0,00E+00	2,37E-10
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	2,07E-10	4,65E-09	9,56E-13	1,21E-10	2,49E-14	2,08E-10
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	1,84E-11	1,20E-10	2,47E-13	2,95E-10	6,07E-13	1,92E-11
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	1,19E-10	3,91E-11	1,47E-12	3,03E-10	1,14E-11	1,32E-10
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	2,97E-10	2,69E-10	5,54E-13	3,94E-10	8,09E-13	2,98E-10
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	3,82E-13	1,43E-11	2,93E-15	2,05E-10	4,20E-14	4,27E-13
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	2,35E-12	9,22E-12	1,89E-14	1,59E-10	3,27E-13	2,70E-12
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	5,17E-11	5,80E-10	1,19E-13	2,80E-10	5,76E-14	5,19E-11
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	9,19E-14	1,27E-13	2,61E-15	0,00E+00	0,00E+00	9,46E-14
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	5,48E-12	1,93E-09	3,96E-14	7,05E-10	1,45E-14	5,53E-12
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	1,39E-11	3,34E-09	6,87E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-11
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	4,10E-12	9,85E-12	2,02E-14	2,05E-10	4,20E-13	4,54E-12
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	4,03E-11	1,27E-08	2,62E-13	4,92E-10	1,01E-14	4,06E-11
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	2,84E-12	1,10E-09	2,26E-14	5,45E-10	1,12E-14	2,87E-12
TOTAL ERI			8,87E-09		2,31E-11		1,38E-11	
							TOTAL	8,91E-09
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		8,87E-09	2,31E-11	1,38E-11	8,91E-09
QD		4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	4,15E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérogènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérogène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérogène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérogène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	7,86E-10	4,39E-09	2,40E-13	0,00E+00	0,00E+00	7,86E-10
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	7,08E-09	9,48E-08	1,82E-11	6,06E-11	1,16E-14	7,10E-09
acénaphthylène	6,00E-04	1,28E-06	2,36E-10	4,36E-08	8,96E-13	0,00E+00	0,00E+00	2,37E-10
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	2,07E-10	4,65E-09	9,56E-13	1,21E-10	2,49E-14	2,08E-10
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	1,84E-11	1,20E-10	2,47E-13	2,95E-10	6,07E-13	1,92E-11
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	1,19E-10	3,91E-11	1,47E-12	3,03E-10	1,14E-11	1,32E-10
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	2,97E-10	2,69E-10	5,54E-13	3,94E-10	8,09E-13	2,98E-10
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	3,82E-13	1,43E-11	2,93E-15	2,05E-10	4,20E-14	4,27E-13
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	2,35E-12	9,22E-12	1,89E-14	1,59E-10	3,27E-13	2,70E-12
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	5,17E-11	5,80E-10	1,19E-13	2,80E-10	5,76E-14	5,19E-11
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	9,19E-14	1,27E-13	2,61E-15	0,00E+00	0,00E+00	9,46E-14
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	5,48E-12	1,93E-09	3,96E-14	7,05E-10	1,45E-14	5,53E-12
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	1,39E-11	3,34E-09	6,87E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-11
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	4,10E-12	9,85E-12	2,02E-14	2,05E-10	4,20E-13	4,54E-12
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	4,03E-11	1,27E-08	2,62E-13	4,92E-10	1,01E-14	4,06E-11
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	2,84E-12	1,10E-09	2,26E-14	5,45E-10	1,12E-14	2,87E-12
TOTAL ERI			8,87E-09		2,31E-11		1,38E-11	
							TOTAL	8,91E-09
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ADULTES RESIDENTS	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	1,64E-07	1,64E-07
	QD	8,38E-03	8,38E-03

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ADULTES RESIDENTS	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	2,82E-09	2,82E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	4,70E-10	4,70E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	1,14E-08	1,14E-08
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	1,17E-07	1,17E-07
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	1,53E-08	1,53E-08
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	7,93E-10	7,93E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	6,16E-09	6,16E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	1,09E-09	1,09E-09
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	2,73E-10	2,73E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	7,93E-09	7,93E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	1,91E-10	1,91E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	2,11E-10	2,11E-10
TOTAL ERI			1,64E-07	
				1,64E-07
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ADULTES RESIDENTS		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	4,97E-06	4,97E-06
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	2,05E-05	2,05E-05
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	3,31E-04	3,31E-04
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	1,37E-03	1,37E-03
METAUX		0,00E+00		
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	1,17E-03	1,17E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	6,39E-04	6,39E-04
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	2,40E-04	2,40E-04
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	3,63E-03	3,63E-03
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	2,74E-06	2,74E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	3,65E-07	3,65E-07
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	9,13E-04	9,13E-04
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)peryène	3,00E-02	2,70E-01	6,16E-06	6,16E-06
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	1,59E-05	1,59E-05
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	1,11E-05	1,11E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	1,64E-05	1,64E-05
TOTAL QD			8,38E-03	
				8,38E-03
				1,00E+00

Cible enfants résidents

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		1,77E-09	4,62E-12	2,75E-12	1,78E-09
QD		4,15E-01	5,99E-04	2,11E-05	4,15E-01

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	1,57E-10	4,39E-09	4,81E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-10
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153, HAP		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	1,42E-09	9,48E-08	3,64E-12	6,06E-11	2,32E-15	1,42E-09
acénaphthylène	6,00E-04	1,28E-06	4,72E-11	4,36E-08	1,79E-13	0,00E+00	0,00E+00	4,74E-11
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	4,14E-11	4,65E-09	1,91E-13	1,21E-10	4,98E-15	4,16E-11
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	3,68E-12	1,20E-10	4,94E-14	2,95E-10	1,21E-13	3,85E-12
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	2,38E-11	3,91E-11	2,95E-13	3,03E-10	2,28E-12	2,64E-11
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	5,94E-11	2,69E-10	1,11E-13	3,94E-10	1,62E-13	5,97E-11
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	7,64E-14	1,43E-11	5,86E-16	2,05E-10	8,41E-15	8,54E-14
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	4,71E-13	9,22E-12	3,79E-15	1,59E-10	6,54E-14	5,40E-13
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	1,03E-11	5,80E-10	2,38E-14	2,80E-10	1,15E-14	1,04E-11
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	1,84E-14	1,27E-13	5,22E-16	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-14
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	1,10E-12	1,93E-09	7,93E-15	7,05E-10	2,90E-15	1,11E-12
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	2,78E-12	3,34E-09	1,37E-14	0,00E+00	0,00E+00	2,79E-12
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	8,20E-13	9,85E-12	4,05E-15	2,05E-10	8,41E-14	9,09E-13
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	8,07E-12	1,27E-08	5,24E-14	4,92E-10	2,02E-15	8,12E-12
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	5,68E-13	1,10E-09	4,53E-15	5,45E-10	2,24E-15	5,74E-13
TOTAL ERI			1,77E-09		4,62E-12		2,75E-12	
							TOTAL	1,78E-09
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	1,09E-01	3,60E-03	2,87E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-01
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	1,63E-02	1,30E-04	1,04E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-02
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	6,77E-02	5,23E-04	2,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,79E-02
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	1,50E-02	1,08E-04	4,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-02
CAV								
		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	9,60E-03	1,59E-06	1,19E-04	4,39E-09	3,65E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04
toluène	1,90E+01	6,28E-06	2,38E-07	1,67E-08	7,02E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-07
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	6,23E-06	3,35E-08	1,79E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-06
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	1,60E-05	2,19E-09	1,75E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,60E-05
METAUX								
		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	1,21E-07	1,21E-07
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	8,48E-06	8,48E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	2,07E-01	1,78E-08	4,74E-05	1,52E-10	4,04E-07	2,07E-01
POLYCHLOROBIPHENYLS								
		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	5,00E-04	5,25E-09	7,55E-06	8,77E-11	1,40E-08	4,02E-11	6,42E-09	7,57E-06
HAP								
		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	7,98E-05	9,48E-08	2,05E-07	6,06E-11	1,31E-10	8,00E-05
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	1,26E-04	3,91E-11	1,56E-06	3,03E-10	1,21E-05	1,40E-04
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			4,15E-01		5,99E-04		2,11E-05	
							TOTAL	4,15E-01
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ENFANTS RESIDENTS	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	2,79E-07	2,79E-07
	QD	7,11E-02	7,11E-02

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ENFANTS RESIDENTS	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	4,79E-09	4,79E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	7,98E-10	7,98E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	1,94E-08	1,94E-08
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	1,99E-07	1,99E-07
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	2,59E-08	2,59E-08
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	1,35E-09	1,35E-09
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	1,05E-08	1,05E-08
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	1,84E-09	1,84E-09
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	4,64E-10	4,64E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	1,35E-08	1,35E-08
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	3,24E-10	3,24E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	3,59E-10	3,59E-10
TOTAL ERI			2,79E-07	
				2,79E-07
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ENFANTS RESIDENTS		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	4,22E-05	4,22E-05
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	1,75E-04	1,75E-04
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	2,81E-03	2,81E-03
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	1,16E-02	1,16E-02
METAUX		0,00E+00		
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	9,97E-03	9,97E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	5,43E-03	5,43E-03
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	2,04E-03	2,04E-03
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	3,08E-02	3,08E-02
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	2,33E-05	2,33E-05
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	3,10E-06	3,10E-06
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	7,76E-03	7,76E-03
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	5,24E-05	5,24E-05
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	1,35E-04	1,35E-04
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	9,45E-05	9,45E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	1,40E-04	1,40E-04
TOTAL QD			7,11E-02	
				7,11E-02
				1,00E+00

Cible adultes fréquentant parc

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		0,00E+00	8,91E-12	5,30E-12	1,42E-11
QD		0,00E+00	2,31E-04	8,14E-06	2,39E-04

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	9,27E-14	0,00E+00	0,00E+00	9,27E-14
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,02E-12	6,06E-11	4,48E-15	7,02E-12
acénaphtylène	6,00E-04	1,28E-06	0,00E+00	4,36E-08	3,45E-13	0,00E+00	0,00E+00	3,45E-13
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	0,00E+00	4,65E-09	3,69E-13	1,21E-10	9,61E-15	3,79E-13
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	0,00E+00	1,20E-10	9,53E-14	2,95E-10	2,34E-13	3,29E-13
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	5,68E-13	3,03E-10	4,40E-12	4,97E-12
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	0,00E+00	2,69E-10	2,14E-13	3,94E-10	3,12E-13	5,26E-13
benzo(ghi)pérylène	6,00E-03	2,07E-10	0,00E+00	1,43E-11	1,13E-15	2,05E-10	1,62E-14	1,73E-14
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	0,00E+00	9,22E-12	7,30E-15	1,59E-10	1,26E-13	1,33E-13
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	0,00E+00	5,80E-10	4,60E-14	2,80E-10	2,22E-14	6,82E-14
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	0,00E+00	1,27E-13	1,01E-15	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-15
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	0,00E+00	1,93E-09	1,53E-14	7,05E-10	5,58E-15	2,09E-14
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	0,00E+00	3,34E-09	2,65E-14	0,00E+00	0,00E+00	2,65E-14
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	0,00E+00	9,85E-12	7,81E-15	2,05E-10	1,62E-13	1,70E-13
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	0,00E+00	1,27E-08	1,01E-13	4,92E-10	3,90E-15	1,05E-13
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	0,00E+00	1,10E-09	8,73E-15	5,45E-10	4,32E-15	1,31E-14
TOTAL ERI			0,00E+00		8,91E-12		5,30E-12	
							TOTAL	1,42E-11
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ADULTES PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	0,00E+00	3,60E-03	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	0,00E+00	1,30E-04	4,01E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-06
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	0,00E+00	5,23E-04	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-05
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	0,00E+00	1,08E-04	1,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-05
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	9,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,41E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-08
toluène	1,90E+01	6,28E-06	0,00E+00	1,67E-08	2,71E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,71E-11
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	0,00E+00	3,35E-08	6,89E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,89E-10
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	0,00E+00	2,19E-09	6,75E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,75E-10
METAUX								
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	4,67E-08	4,67E-08
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	3,27E-06	3,27E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	0,00E+00	1,78E-08	1,83E-05	1,52E-10	1,56E-07	1,84E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS								
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	5,00E-04	5,25E-09	0,00E+00	8,77E-11	5,40E-09	4,02E-11	2,48E-09	7,88E-09
HAP								
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,90E-08	6,06E-11	5,05E-11	7,90E-08
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	6,02E-07	3,03E-10	4,67E-06	5,27E-06
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			0,00E+00		2,31E-04		8,14E-06	
							TOTAL	2,39E-04
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	6,33E-08	6,33E-08
	QD	3,23E-03	3,23E-03

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION			
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérogènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérogène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX		0,00E+00		
arsenic	3,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP		0,00E+00		
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	1,09E-09	1,09E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	1,81E-10	1,81E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	4,42E-09	4,42E-09
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	4,53E-08	4,53E-08
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	5,89E-09	5,89E-09
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	3,06E-10	3,06E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	2,38E-09	2,38E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	4,19E-10	4,19E-10
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	1,05E-10	1,05E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	3,06E-09	3,06E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	7,36E-11	7,36E-11
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	8,15E-11	8,15E-11
TOTAL ERI			6,33E-08	
				6,33E-08
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
 Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ADULTES FREQUENTANT PARC		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	1,92E-06	1,92E-06
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	7,93E-06	7,93E-06
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	1,28E-04	1,28E-04
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	5,28E-04	5,28E-04
METAUX		0,00E+00		
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	4,53E-04	4,53E-04
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	2,47E-04	2,47E-04
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	9,25E-05	9,25E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	1,40E-03	1,40E-03
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	1,06E-06	1,06E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	1,41E-07	1,41E-07
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	3,52E-04	3,52E-04
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	2,38E-06	2,38E-06
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	6,14E-06	6,14E-06
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	4,29E-06	4,29E-06
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	6,34E-06	6,34E-06
TOTAL QD			3,23E-03	
				3,23E-03
				1,00E+00

Cible enfants fréquentant parc

SYNTHESE DES RISQUES - INHALATION

Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION			
		Inhalation Air Intérieur RDC	Inhalation Air Extérieur	Inhalation Poussières	TOTAL
ERI		0,00E+00	1,78E-12	1,06E-12	2,84E-12
QD		0,00E+00	2,31E-04	8,14E-06	2,39E-04

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - ERI

Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	ERI Air intérieur (RDC) Effet sans seuil Cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	ERI Air extérieur Effet sans seuil Cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	ERI Air ext. poussières Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/m3		mg/m3		mg/m3		
HYDROCARBURES		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
fraction aliphatique >C8-C10		1,51E-01		3,60E-03		0,00E+00		
fraction aliphatique >C12-C16		2,26E-02		1,30E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C8-C10		1,88E-02		5,23E-04		0,00E+00		
fraction aromatique >C12-C16		4,16E-03		1,08E-04		0,00E+00		
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	1,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,85E-14	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-14
toluène		6,28E-06		1,67E-08		0,00E+00		
éthylbenzène		1,30E-05		3,35E-08		0,00E+00		
xylènes		2,22E-06		2,19E-09		0,00E+00		
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium		0,00E+00		0,00E+00		4,55E-10		
cuivre		0,00E+00		0,00E+00		1,06E-07		
mercure (volatil)		8,62E-06		1,78E-08		1,52E-10		
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,25E-09		8,77E-11		4,02E-11		
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	5,60E-03	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	1,40E-12	6,06E-11	8,97E-16	1,40E-12
acénaphène	6,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
acénaphylène	6,00E-04	1,28E-06	0,00E+00	4,36E-08	6,91E-14	0,00E+00	0,00E+00	6,91E-14
anthracène	6,00E-03	1,12E-07	0,00E+00	4,65E-09	7,38E-14	1,21E-10	1,92E-15	7,57E-14
benzo(a)anthracène	6,00E-02	9,95E-10	0,00E+00	1,20E-10	1,91E-14	2,95E-10	4,68E-14	6,59E-14
benzo(a)pyrène	1,10E+00	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	1,14E-13	3,03E-10	8,81E-13	9,94E-13
benzo(b)fluoranthène	6,00E-02	1,61E-08	0,00E+00	2,69E-10	4,27E-14	3,94E-10	6,24E-14	1,05E-13
benzo(ghi)peryène	6,00E-03	2,07E-10	0,00E+00	1,43E-11	2,26E-16	2,05E-10	3,24E-15	3,47E-15
benzo(k)fluoranthène	6,00E-02	1,27E-10	0,00E+00	9,22E-12	1,46E-15	1,59E-10	2,52E-14	2,67E-14
chrysène	6,00E-03	2,79E-08	0,00E+00	5,80E-10	9,19E-15	2,80E-10	4,44E-15	1,36E-14
dibenzo(ah)anthracène	6,00E-01	4,97E-13	0,00E+00	1,27E-13	2,01E-16	0,00E+00	0,00E+00	2,01E-16
fluoranthène	6,00E-04	2,96E-08	0,00E+00	1,93E-09	3,06E-15	7,05E-10	1,12E-15	4,17E-15
fluorène	6,00E-04	7,51E-08	0,00E+00	3,34E-09	5,30E-15	0,00E+00	0,00E+00	5,30E-15
indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-02	2,22E-10	0,00E+00	9,85E-12	1,56E-15	2,05E-10	3,24E-14	3,40E-14
phénanthrène	6,00E-04	2,18E-07	0,00E+00	1,27E-08	2,02E-14	4,92E-10	7,81E-16	2,10E-14
pyrène	6,00E-04	1,53E-08	0,00E+00	1,10E-09	1,75E-15	5,45E-10	8,65E-16	2,61E-15
TOTAL ERI			0,00E+00		1,78E-12		1,06E-12	
							TOTAL	2,84E-12
							Limite d'acceptabilité	1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INHALATION - QD								
Cibles : ENFANTS PARC PUBLIC		Voie : INHALATION						
SUBSTANCES	VTR inhalation Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentration modélisée dans l'air intérieur au RDC	QD Air intérieur (RDC) Effet avec seuil Non cancérigène	Concentration modélisée dans l'air extérieur	QD Air extérieur Effet avec seuil Non cancérigène	Concentrations estimées de poussières dans l'air	QD Air extérieur poussières Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	mg/m³	mg/m³		mg/m³		mg/m³		
HYDROCARBURES								
fraction aliphatique >C8-C10	1,00E+00	1,51E-01	0,00E+00	3,60E-03	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04
fraction aliphatique >C12-C16	1,00E+00	2,26E-02	0,00E+00	1,30E-04	4,01E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,01E-06
fraction aromatique >C8-C10	2,00E-01	1,88E-02	0,00E+00	5,23E-04	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-05
fraction aromatique >C12-C16	2,00E-01	4,16E-03	0,00E+00	1,08E-04	1,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-05
CAV		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
benzène	9,60E-03	1,59E-06	0,00E+00	4,39E-09	1,41E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-08
toluène	1,90E+01	6,28E-06	0,00E+00	1,67E-08	2,71E-11	0,00E+00	0,00E+00	2,71E-11
éthylbenzène	1,50E+00	1,30E-05	0,00E+00	3,35E-08	6,89E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,89E-10
xylènes	1,00E-01	2,22E-06	0,00E+00	2,19E-09	6,75E-10	0,00E+00	0,00E+00	6,75E-10
METAUX		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
cadmium	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-10	4,67E-08	4,67E-08
cuivre	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	3,27E-06	3,27E-06
mercure (volatil)	3,00E-05	8,62E-06	0,00E+00	1,78E-08	1,83E-05	1,52E-10	1,56E-07	1,84E-05
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	5,00E-04	5,25E-09	0,00E+00	8,77E-11	5,40E-09	4,02E-11	2,48E-09	7,88E-09
HAP		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		
naphtalène	3,70E-02	4,10E-06	0,00E+00	9,48E-08	7,90E-08	6,06E-11	5,05E-11	7,90E-08
acénaphtylène		1,28E-06		4,36E-08		0,00E+00		
anthracène		1,12E-07		4,65E-09		1,21E-10		
benzo(a)anthracène		9,95E-10		1,20E-10		2,95E-10		
benzo(a)pyrène	2,00E-06	3,51E-10	0,00E+00	3,91E-11	6,02E-07	3,03E-10	4,67E-06	5,27E-06
benzo(b)fluoranthène		1,61E-08		2,69E-10		3,94E-10		
benzo(ghi)pérylène		2,07E-10		1,43E-11		2,05E-10		
benzo(k)fluoranthène		1,27E-10		9,22E-12		1,59E-10		
chrysène		2,79E-08		5,80E-10		2,80E-10		
dibenzo(ah)anthracène		4,97E-13		1,27E-13		0,00E+00		
fluoranthène		2,96E-08		1,93E-09		7,05E-10		
fluorène		7,51E-08		3,34E-09		0,00E+00		
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,22E-10		9,85E-12		2,05E-10		
phénanthrène		2,18E-07		1,27E-08		4,92E-10		
pyrène		1,53E-08		1,10E-09		5,45E-10		
TOTAL QD			0,00E+00		2,31E-04		8,14E-06	
							TOTAL	2,39E-04
							Limite d'acceptabilité	1,00E+00

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)
Plan de gestion et analyse des risques résiduels

SYNTHESE DES RISQUES - INGESTION

Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC	Voie : INGESTION	Ingestion sols	TOTAL
	ERI	1,07E-07	1,07E-07
	QD	2,74E-02	2,74E-02

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - ERI

Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC		Voie : INGESTION		
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet sans seuil - Cancérigènes	Concentrations dans les sols	ERI Ingestion sols Effet sans seuil Cancérigène	ERI TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES				
fraction aliphatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aliphatiques >C21-C35		6,00E+01		
fraction aromatique >C16-C21		1,45E+01		
fraction aromatique >C21-C35		6,00E+01		
METAUX				
cadmium		6,00E-01		
cuivre		1,40E+02		
mercure (volatil)		2,00E-01		
POLYCHLOROBIPHENYLS				
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,		5,30E-02		
HAP				
naphtalène	1,20E-01	8,00E-02	1,85E-09	1,85E-09
anthracène	1,00E-02	1,60E-01	3,08E-10	3,08E-10
benzo(a)anthracène	1,00E-01	3,90E-01	7,50E-09	7,50E-09
benzo(a)pyrène	1,00E+00	4,00E-01	7,69E-08	7,69E-08
benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	5,20E-01	1,00E-08	1,00E-08
benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	2,70E-01	5,19E-10	5,19E-10
benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	2,10E-01	4,04E-09	4,04E-09
chrysène	1,00E-02	3,70E-01	7,12E-10	7,12E-10
fluoranthène	1,00E-03	9,30E-01	1,79E-10	1,79E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	2,70E-01	5,19E-09	5,19E-09
phénanthrène	1,00E-03	6,50E-01	1,25E-10	1,25E-10
pyrène	1,00E-03	7,20E-01	1,38E-10	1,38E-10
TOTAL ERI			1,07E-07	
				1,07E-07
				1,00E-05

Ancien site industriel de la malterie de Gannat (03)

Plan de gestion et analyse des risques résiduels

FEUILLE DE CALCUL DES RISQUES SANITAIRES - INGESTION - QD				
Cibles : ENFANTS FREQUENTANT PARC Voie : INGESTION				
SUBSTANCES	VTR ingestion Effet avec seuil - Non cancérigènes	Concentrations dans les sols	QD Ingestion sols Effet avec seuil Non cancérigène	QD TOTAL
unités	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg		
HYDROCARBURES		0,00E+00		
fraction aliphatique >C16-C21	2,00E+00	1,45E+01	1,63E-05	1,63E-05
fraction aliphatiques >C21-C35	2,00E+00	6,00E+01	6,73E-05	6,73E-05
fraction aromatique >C16-C21	3,00E-02	1,45E+01	1,08E-03	1,08E-03
fraction aromatique >C21-C35	3,00E-02	6,00E+01	4,49E-03	4,49E-03
METAUX		0,00E+00		
cadmium	3,50E-04	6,00E-01	3,85E-03	3,85E-03
cuivre	1,50E-01	1,40E+02	2,09E-03	2,09E-03
mercure (volatil)	5,71E-04	2,00E-01	7,86E-04	7,86E-04
POLYCHLOROBIPHENYLS		0,00E+00		
PCB Somme des 6 (28, 52, 101, 138, 153,	1,00E-05	5,30E-02	1,19E-02	1,19E-02
HAP		0,00E+00		
naphtalène	2,00E-02	8,00E-02	8,98E-06	8,98E-06
anthracène	3,00E-01	1,60E-01	1,20E-06	1,20E-06
benzo(a)anthracène		3,90E-01		
benzo(a)pyrène	3,00E-04	4,00E-01	2,99E-03	2,99E-03
benzo(b)fluoranthène		5,20E-01		
benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,70E-01	2,02E-05	2,02E-05
benzo(k)fluoranthène		2,10E-01		
chrysène		3,70E-01		
fluoranthène	4,00E-02	9,30E-01	5,22E-05	5,22E-05
indéno(1,2,3-cd)pyrène		2,70E-01		
phénanthrène	4,00E-02	6,50E-01	3,65E-05	3,65E-05
pyrène	3,00E-02	7,20E-01	5,39E-05	5,39E-05
TOTAL QD			2,74E-02	
				2,74E-02
				1,00E+00