

# Plan de Gestion simplifié et Analyse des Risques Résiduaire prédictive Mission A320 et 330

Boulevard Marie Stuart  
ORLÉANS (45)



*Dossier 3701630 -Août 2020*



**Bouygues Construction**  
11 avenue Jean Jay - CS 81827  
45 008 ORLÉANS Cedex - France




## CLIENT

<b>NOM</b>	Bouygues Construction
<b>ADRESSE</b>	11 avenue Jean Jay – CS 81827 45 008 ORLEANS Cedex – France
<b>INTERLOCUTEUR</b>	Pascal VASLIN

## ECR ENVIRONNEMENT

<b>AGENCE DE</b>	TOURS
<b>ADRESSE</b>	5 rue de la Briaudière 37 510 BALLAN-MIRE
<b>TELEPHONE</b>	02 47 46 30 79
<b>MAIL</b>	<a href="mailto:tours@ecr-environnement.com">tours@ecr-environnement.com</a>

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
11/05/2020	01		A. KAWAMOTO	S. FLORENTIN
31/08/2020	02	Modification suite à la réunion du 06/08/2020	A. KAWAMOTO	N. LE MENE

Rédacteur	Vérificateur	Superviseur
  Ayano KAWAMOTO Chargée d'études	  Sabrina Florentin Chargée d'affaires Environnement	  Nolwenn LE MENE Superviseur



## RESUME TECHNIQUE

GENERALITES	
<b>Client</b>	Bouygues Construction
<b>Adresse</b>	11 avenue Jean Jay – CS 81827 45 008 ORLEANS Cedex – France
<b>Type de prestation</b>	Prestations : ARR (Mission A320) et PG (Mission A330) Norme NFX31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » (Décembre 2018)
CARACTERISTIQUES DU SITE A L'ETUDE	
<b>Adresse</b>	Boulevard Marie Stuart – 45 000 ORLEANS
<b>Références cadastrales</b>	Parcelles n°382, 1028, 418, 760 en partie et n°762, 763, 764, 765, 769, 770, 771, section CN
<b>Projet</b>	Construction du bâtiment des archives départementales du Loiret (45)
SYNTHESE MISSION ANTERIEURES	
<b>Visite du site (mission A100)</b>	<b>Date :</b> 28/02/2020 <b>Contacts sur site :</b> M ; VASLIN et M. DEMOLINS <b>Activité actuelle :</b> parking du tramway et friche
<b>Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols et les eaux souterraines (missions A200 et A210)</b>	<b>Synthèse des investigations d'Irepolia</b> Les investigations de 2006 et 2008 ont révélé la présence d'impacts significatifs en hydrocarbures (huiles et gasoil) dans les sols au Sud-ouest de la zone étudiée à une profondeur maximale de 9 m, ainsi que la présence d'une phase organique jaune orangée surnageante au niveau de la nappe des calcaires de Beauce.
	<b>Synthèse des investigations de Ginger Burgeap</b> BURGEAP, mandaté par le Conseil Départemental du Loiret, a réalisé en 2018 un diagnostic environnemental des sols qui a confirmé la présence d'impacts profonds en hydrocarbures dans les sols au Sud-ouest du site et susceptibles d'avoir migrés jusqu'à la nappe des calcaires de Beauce. Par ailleurs, des impacts en hydrocarbures totaux dans la couche superficielle des sols (0 – 1 m) ont également été mis en évidence sur la moitié Sud du site étudié. Concernant les eaux souterraines, des traces de métaux lourds (zinc) et de COHV ont été observées en 2019.
<b>Etudes antérieures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etudes Irepolia 2006 et 2008</li> <li>Burgeap : <i>Etude historique et documentaire</i> – Réf : CSSPLB180301/RSSPLB07627-01</li> <li>Burgeap : <i>Diagnostic environnemental du milieu souterrain</i> – réf : CSSPLB180301/RSSPLB07627-02</li> <li>Burgeap : <i>Plan de gestion pour usage industriel</i> – réf : CSSPLB190582/RSSPLB09017-01</li> <li>BURGEAP : <i>Suivi de la qualité des eaux souterraines – Campagne de février 2020</i> – réf : CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01</li> </ul>
PLAN DE GESTION SIMPLIFIÉ ET ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS	
<b>Bilan de l'analyse des enjeux sanitaires (mission A320)</b>	<p>Une ARR prédictive a été effectuée et les risques ont été calculés pour deux scénarii :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposition du personnel et des visiteurs (adultes et enfants) en intérieur,</li> <li>- Exposition des futurs résidents /personnel (adultes et enfants) en extérieur avec recouvrement.</li> </ul> <p>D'après les hypothèses prises en compte, <b>les risques calculés sont acceptables pour les 2 scénarii</b> en prenant en compte les seuils d'intervalle de risque de QD = 1 et ERI = 10<sup>-5</sup>.</p> <p>Il est à rappeler que compte tenu de la présence d'un ERP au droit du site, pour une approche sécuritaire, nous préconisons un recouvrement des sols par de la terre végétale saine, de l'enrobé ou du béton.</p>



<b>Synthèse du bilan coûts/avantages</b>	<p>Le coût total de la gestion des terres avec confinement des terres impactées par 0,3 m d'épaisseur de terres saines au droit des futurs espaces verts s'élève à <b>68 k€ HT en cas d'optimisation des terres évacuées.</b></p>
<b>Recommandations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mettre en place un suivi des travaux de dépollution et d'optimisation des terres sur le site tel que défini dans le présent plan de gestion.</li> </ul> <p>En cas d'optimisation de la gestion des terres, les principales restrictions d'usage à mettre en œuvre seront :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conservation de la mémoire des mouvements de terre ainsi que de l'ensemble des restrictions mises en place au droit du site dans les actes notariaux,</li> <li>➤ Installation de réseaux protégés des vapeurs de polluants (conduite métallique étanche aux produits organiques de type canalisation aluminium ou triple couche) et pose de ceux-ci dans des remblais non pollués,</li> <li>➤ Conservation du piézomètre existant après les travaux ou remplacement de celui-ci à l'identique dans le cas où il serait détruit,</li> <li>➤ Absence d'usage des eaux souterraines au droit du site.</li> </ul> <p>Par ailleurs, une réception de travaux avec prélèvements composites des bords et fonds de fouille seront à réaliser après mise en œuvre de la plateforme afin de vérifier l'état de la qualité des sols et la conformité des travaux. Dans le cas où les teneurs seraient supérieures à celles utilisées pour les calculs de risque du présent rapport, une mise à jour de l'ARR sera à réaliser.</p>



## GLOSSAIRE

**As** : Arsenic

**Ba** : Baryum

**BASIAS** : Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services

**BASOL** : Sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif

**BDLISA** : Base de données des Limites des Systèmes Aquifères

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes

**Cd** : Cadmium

**COT** : Carbone Organique Total

**COHV** : Composés OrganoHalogénés Volatils

**Cr** : Chrome

**Cu** : Cuivre

**DICT** : Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux

**DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**ETM** : Eléments traces métalliques

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**HCT** : Hydrocarbures totaux

**Hg** : Mercure

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**IGN** : Institut national de l'information Géographique et forestière

**ISDD** : Installation de Stockage de Déchets Dangereux

**ISDI** : Installation de Stockage de Déchets Inertes

**ISDND** : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

**Mo** : Molybdène

**MTES** : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

**Ni** : Nickel

**PCB** : Polychlorobiphényle

**Pb** : Plomb

**Sb** : Antimoine

**Se** : Selenium

**Zn** : Zinc



## DOCUMENTS CONSULTÉS

Organisme/Personne contactée	Informations recherchées
Ministère des Finances et comptes Publics ( <a href="https://www.cadastre.gouv.fr">https://www.cadastre.gouv.fr</a> )	Plan cadastral
Institut national de l'information Géographique et forestière (IGN)	Cartographie IGN du secteur d'étude
topographic-map.com	Contexte topographique
Base de données des Limites des Systèmes Aquifères (BDLISA)	Contexte hydrogéologique
Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) ( <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a> )	Contexte géologique, hydrogéologique, recensements des captages hydrauliques, espaces naturels remarquables, bases de données BASIAS et BASOL
Geoportail.gouv.fr	Contexte géologique, topographique, hydrologique, étude des photographies aériennes historiques
Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)	Recensements des ICPE, base de données des retours d'expérience sur les accidents technologiques (ARIA)
PLU communal	Données, réglementations, servitudes au sein de la commune concernée

## DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

Nom du document	Auteur	Format
<i>Plan topo complet avec réseaux aériens et enterrés</i>	GEOMEXPERT S.A.S	.dwg
<i>Rapport d'étude géotechnique – missions G1 (ES + PGC) – dossier n°C.18.13004</i>	Hydrogeotechnique Centre	.pdf
<i>Etude historique et documentaire – Réf : CSSPLB180301/RSSPLB07627-01</i>	BURGEAP	.pdf
<i>Diagnostic environnemental du milieu souterrain – réf : CSSPLB180301/RSSPLB07627-02</i>	BURGEAP	.pdf
<i>Caractérisation des enrobés routiers bitumineux Recherche d'amiante et de HAP Affaire n° 1804-162U0-001</i>	SOCOTEC	.dwg
<i>Plans de masse du projet</i>	Bouygues Batiment	.pdf
<i>Plan VRD</i>	Orling	.pdf
<i>Diagramme Projection démarches administratives cessation d'activité</i>	-	.pdf
<i>Plan de gestion pour usage industriel – réf : CSSPLB190582/RSSPLB09017-01</i>	BURGEAP	.pdf
<i>Suivi de la qualité des eaux souterraines – Campagne de février 2020 – réf : CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01</i>	BURGEAP	.pdf
<i>Plan d'assainissement</i>	Orling	.pdf
<i>Plan de terrassement</i>	Orling	.pdf
<i>Plan de terrassements phase 1 – Déblais 21/08/2020</i>	-	.pdf
<i>Plan de terrassements phase 2 – Remblais 21/08/2020</i>	-	.pdf



Le présent rapport est élaboré sur la base des documents fournis par le client (plans, description du contexte, ...). En cas de modifications du projet impactant l'interprétation environnementale du site d'étude (changement de l'usage futur, de l'emprise du projet ...), le client se doit d'en informer son interlocuteur privilégié afin de réadapter le rapport aux nouvelles contraintes du projet. Toute modification de projet non-signalée ou effective après le rendu de ce rapport ne pourra faire l'objet de réclamations.



## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>PRESENTATION DU SITE .....</b>	<b>11</b>
2.1.	LOCALISATION ET IDENTIFICATION .....	11
2.2.	OCCUPATION ET USAGE ACTUEL .....	12
2.3.	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	13
2.3.1.	<i>Topographie.....</i>	13
2.3.2.	<i>Contexte géologique.....</i>	14
2.3.3.	<i>Contexte pédologique local .....</i>	14
2.3.4.	<i>Hydrogéologie.....</i>	14
2.3.1.	<i>Hydrographie .....</i>	15
<b>3.</b>	<b>SYNTHESE DES INVESTIGATIONS ANTERIEURES.....</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>DESCRIPTION DU PROJET D'AMENAGEMENT ENVISAGE .....</b>	<b>24</b>
<b>5.</b>	<b>PLAN DE GESTION SIMPLIFIE .....</b>	<b>25</b>
5.1.	MAITRISE DES SOURCES.....	25
5.2.	MAITRISE DES IMPACTS .....	26
5.3.	RESTRICTIONS D'USAGE .....	26
5.4.	GESTION DES TERRES DE TERRASSEMENTS.....	26
5.5.	COUT DE GESTION DES TERRES DE TERRASSEMENTS.....	27
5.5.1.	<i>Prix de consultation .....</i>	27
5.5.2.	<i>Coût d'évacuation hors contamination .....</i>	28
5.5.3.	<i>Coût lié à l'évacuation des terres contaminées .....</i>	28
5.5.4.	<i>Surcout dû à la pollution .....</i>	30
5.5.5.	<i>Optimisation de la gestion des terres .....</i>	30
5.6.	COUT DE RECOUVREMENT DES ESPACES VERTS PAR DE LA TERRE Saine .....	31
5.7.	SYNTHESE DE LA GESTION DES TERRES .....	31
<b>6.</b>	<b>ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES – A320 .....</b>	<b>32</b>
6.1.	SCHEMA CONCEPTUEL A L'ETAT FUTUR .....	32
6.2.	SELECTION DU MODELE ET DES PARAMETRES INITIAUX.....	33
6.2.1.	<i>Sélection du modèle .....</i>	33
6.2.2.	<i>Sélection des paramètres de modélisation .....</i>	34
6.2.3.	<i>Sélection des substances à étudier.....</i>	36
6.2.4.	<i>Choix des VTR utilisées .....</i>	37
6.3.	CALCUL DES RISQUES SANITAIRES .....	40
6.3.1.	<i>Scénario intérieur.....</i>	40
6.3.2.	<i>Scénario extérieur avec recouvrement.....</i>	41
6.3.3.	<i>Interprétation des Quotients de Danger (QD) et des Excès de Risque Individuel (ERI).....</i>	43
6.4.	DISCUSSION DES INCERTITUDES .....	43





6.4.1.	<i>Incertitudes liées au modèle .....</i>	43
6.4.2.	<i>Incertitudes liées aux substances et aux concentrations retenues .....</i>	43
6.4.3.	<i>Incertitudes liées aux paramètres de modélisation .....</i>	44
6.4.4.	<i>Incertitudes liées aux données de base .....</i>	44
6.4.5.	<i>Incertitudes liées au calcul de l'exposition .....</i>	45
6.4.6.	<i>Conclusion sur les incertitudes .....</i>	45
6.5.	SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES .....	45
<b>7.</b>	<b><u>CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE .....</u></b>	<b>47</b>



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site (Géoportail : 2018 pour plan IGN et 2016 pour photographie aérienne) .....	12
Figure 2 : Localisation des installations mises en évidence lors de la visite de site (Plan de gestion – Ginger Burgeap) .....	13
Figure 3 : Topographie à l'échelle communale (topographic-map.com) .....	14
Figure 4 : Récapitulatif des impacts observés (Plan de gestion Ginger Burgeap) .....	17
Figure 5 : Localisation des sources de pollution (Plan de gestion Ginger Burgeap) .....	18
Figure 6: Localisation des ouvrages et esquisse piézométrique en date du 06/02/2020 (issu du rapport n° CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01 de BURGEAP) .....	22
Figure 7 : Plan masse du projet fourni .....	24
Figure 8 : Schéma conceptuel .....	33

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des impacts identifiés dans les sols (Plan de gestion Ginger Burgeap) .....	16
Tableau 2 : Résultats d'analyse des investigations antérieures réalisées sur les sols .....	19
Tableau 3: Résultats d'analyse des investigations antérieures réalisées sur les eaux souterraines (issu du rapport n° CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01 de BURGEAP) .....	23
Tableau 4 : Caractéristiques du futur bâtiment .....	24
Tableau 5: Tonnage de terre à évacuer .....	27
Tableau 6: Centres contactés .....	28
Tableau 7: Prix des différentes filières (€ HT/T) .....	28
Tableau 8: Coûts de gestion des terres hors contamination .....	28
Tableau 9: Tableaux des filières d'évacuation .....	29
Tableau 10: Volume de terre à évacuer par échantillon .....	29
Tableau 11: Coût d'évacuation des terres du projet .....	30
Tableau 12: Coûts de gestion des terres de terrassement du site après optimisation .....	31
Tableau 13 : Caractéristiques des cibles .....	34
Tableau 14 : Paramètres de modélisation pour le scénario intérieur .....	35
Tableau 15 : Paramètres de modélisation pour les scénarii extérieurs .....	35
Tableau 16 : Echantillons retenus pour le calcul des risques .....	36
Tableau 17 : Concentrations retenues pour les HCT .....	36
Tableau 18 : Concentrations retenues pour les HAP .....	37
Tableau 19 : Concentrations retenues pour les métaux lourds .....	37
Tableau 20 : VTR pour voie respiratoire .....	38
Tableau 21 : VTR pour voie orale .....	39

## ANNEXES

Annexe 1 : Maillage du bilan coûts/avantages (1 page)
Annexe 2 : Plan de terrassements phase 1 – Déblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)
Annexe 3 : Plan de terrassements phase 2 – Remblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)
Annexe 4 : Coupes longitudinales (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)
Annexe 5 : Tableau de répartition des mouvements des terres suivant les mailles (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)



## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la construction du bâtiment des archives départementales du Loiret (45), BOUYGUES Construction a missionné ECR Environnement pour la réalisation d'un plan de gestion simplifié au droit du site afin de définir les actions à réaliser pour le rendre compatible avec son futur usage.

L'ensemble des prestations est conforme aux préconisations de la circulaire (et de ses annexes) du 08 février 2007 et à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du Ministère de la transition écologique et solidaire en date d'avril 2017, adaptée de la norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » révisée en décembre 2018 pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Les prestations réalisées sont de type PG (Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site), comprenant :

PG	A320 : Analyse des enjeux sanitaires
	A330 : Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages

L'ensemble des missions sont basées sur les études antérieures réalisées par IREPOLIA en 2006 et 2008 et par BURGEAP en 2018, 2019 et 2020.

En effet, plusieurs études ont été menées sur une zone plus large qui comprend le site du projet de Bouygues.



## 2. PRESENTATION DU SITE

### 2.1. Localisation et identification

La zone d'étude se situe aux 27-29, boulevard Marie Stuart à Orléans (45). Elle constitue une ancienne friche industrielle acquise par le Département du Loiret d'environ 2,37 ha. Le site d'étude, correspondant à l'emprise du projet de construction du bâtiment des archives départementales mené par BOUYGUES Construction, est localisé au Sud-Est de cette friche sur les parcelles cadastrées n°382, 1028, 418, 760 en partie et n°762, 763, 764, 765, 769, 770, 771, section CN. Le plan de localisation est présenté en page suivante.

De forme quasi rectangulaire, il est délimité par :

- Au Nord, une friche puis le centre de distribution de la Poste ;
- A l'Est, l'Avenue des Droits de l'Homme et au-delà des maisons individuelles ;
- Au Sud, le Boulevard Marie Stuart puis des logements collectifs et individuels ;
- A l'Ouest, un parking réservé aux utilisateurs du tramway et un parking réservé au Conseil Départemental.



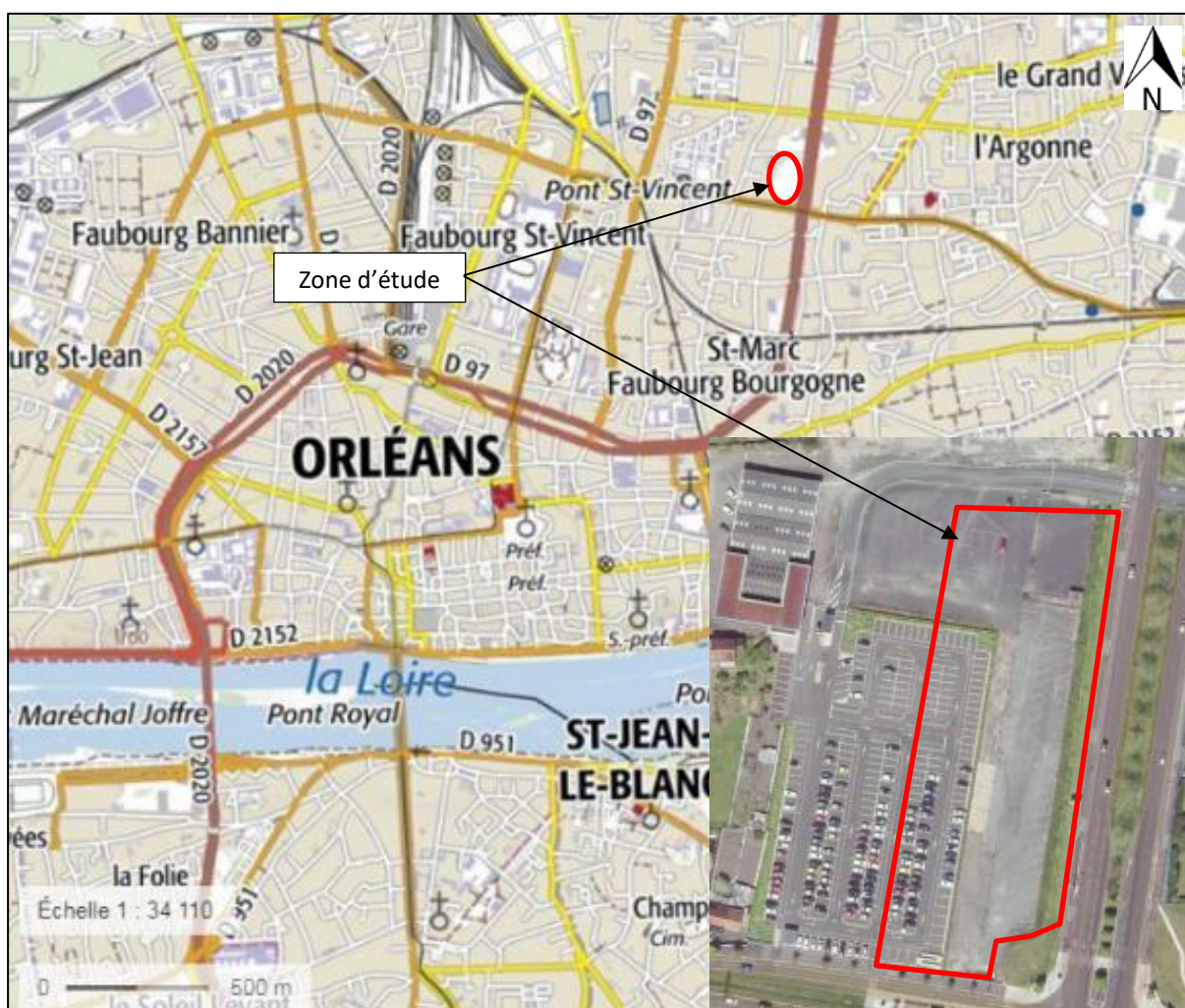


Figure 1 : Localisation du site (Géoportail : 2018 pour plan IGN et 2016 pour photographie aérienne)

## 2.2. Occupation et usage actuel

D'après le plan de gestion réalisé par Ginger Burgeap (réf CSSPLB190582/RSSPLB09017-01), le site d'étude est implanté sur :

- un parking pour automobiles réservé aux utilisateurs du tramway, recouverts par un enrobé propre. Un bassin collecteur d'eau pluviale enterré de 190m<sup>3</sup> est présent au Sud,
- un espace en friche avec d'anciens marquages au sol de place de station pour bus,
- un parking pour automobiles réservé au personnel du Conseil Départemental,
- une ancienne aire de lavage de bus de 400 m<sup>2</sup>.





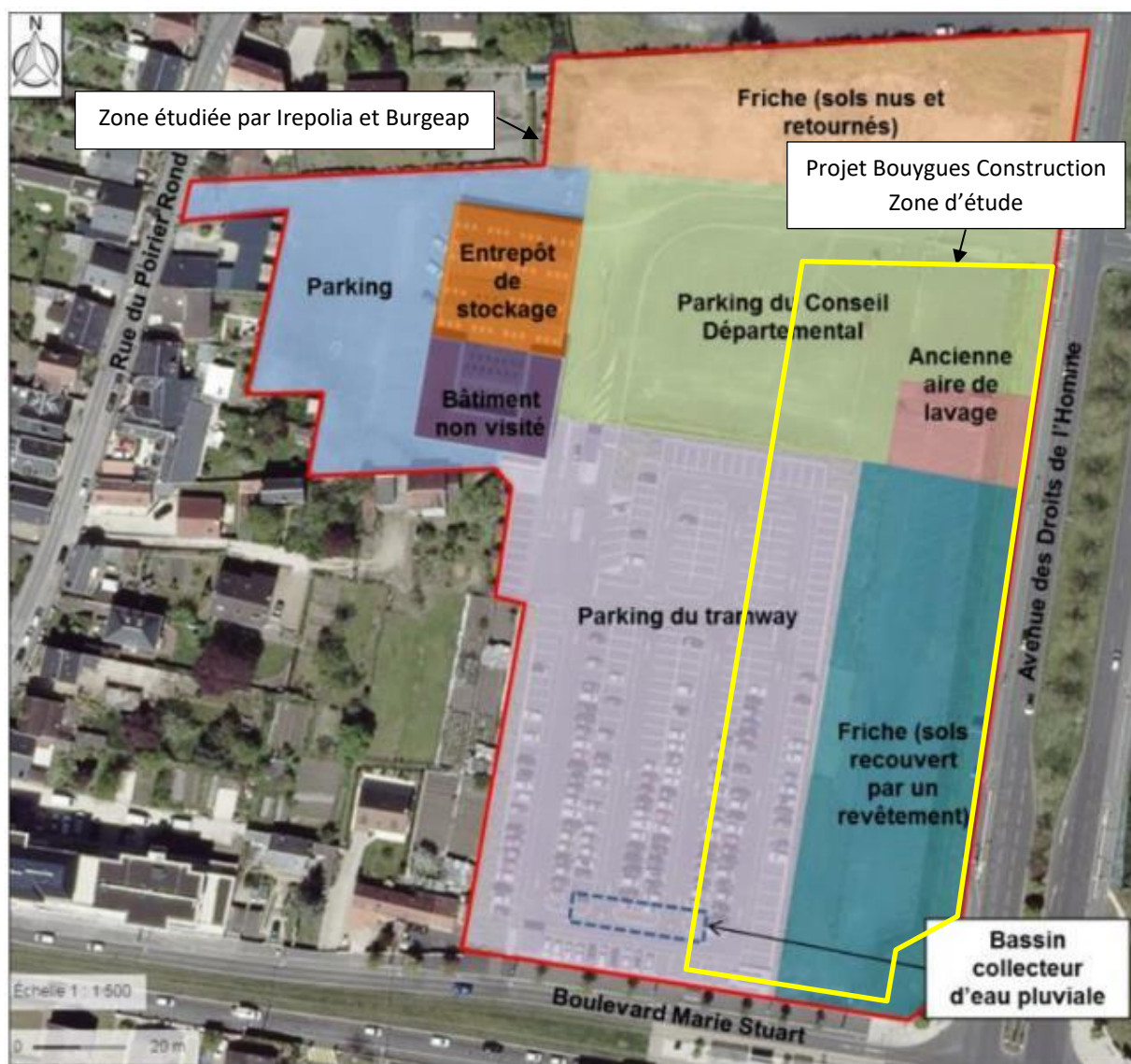


Figure 2 : Localisation des installations mises en évidence lors de la visite de site (Plan de gestion – Ginger Burgeap)

## 2.3. Contexte environnemental

### 2.3.1. Topographie

La commune d'Orléans est située en bordure de la Loire. Sa topographie varie entre 90 et 124 m d'altitude.

Le site d'étude possède une légère pente de 1% qui varie de 119 à 117 m environ dans un axe Nord-Sud.



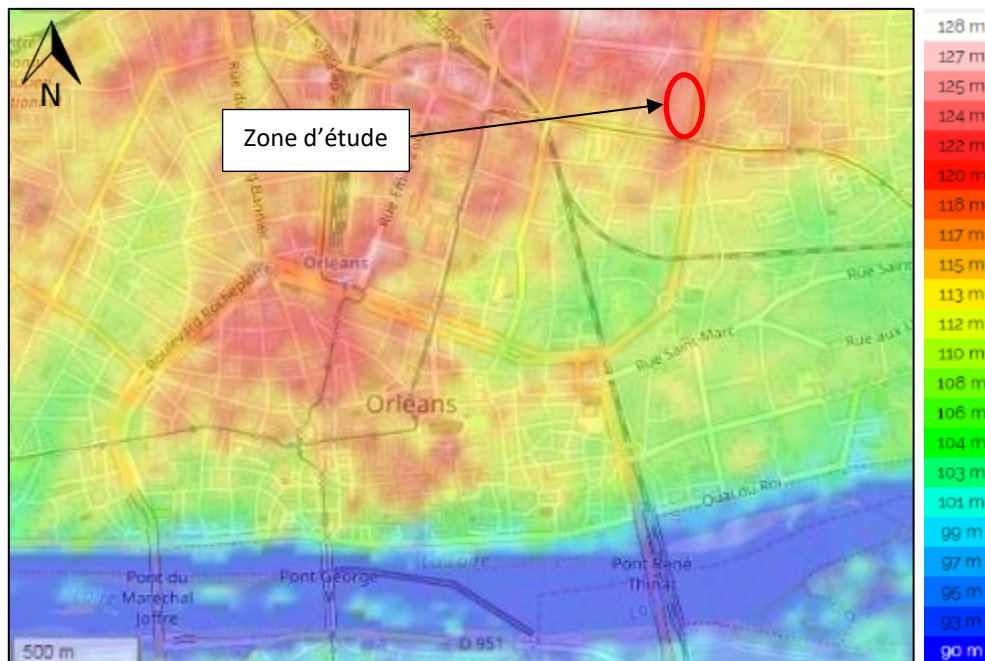


Figure 3 : Topographie à l'échelle communale (topographic-map.com)

### 2.3.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique n°363 d'Orléans, le site est implanté au droit de la formation des calcaires lacustres de Beauce surmontée par la formation des marnes et sables de l'Orléanais (m1a « Burdigalien, Sables de l'Orléanais »).

D'après la banque de données du sous-sol (BRGM) et l'ouvrage n°BSS001AEBD, une nappe est présente à 12,55 m de profondeur (100,45 m NGF).

### 2.3.3. Contexte pédologique local

Les investigations réalisées sur site lors des études antérieures ont mis en évidence :

- Des remblais sableux jusqu'à une profondeur comprise entre 0,2 et 2 m ;
- Des argiles plus ou moins limoneuses pouvant atteindre 3,5 m de profondeur ;
- Des alternances de calcaires friables blancs avec des marnes blanches ou beiges en dessous.

### 2.3.4. Hydrogéologie

Six formations aquifères sont présentes au droit du site :

- FRGG135 : Multicouches craie Séno-turonienne et calcaires de Beauce sous forêt d'Orléans captifs,
- FRGG218 : Albien-néocomien captif,
- FRGG073 : Calcaires du Jurassique supérieur captifs,
- FRGG067 : Calcaires à silex du Dogger captifs,
- FRGG130 : Calcaires et marnes du Berry captifs,



- FRGG131 : Grès et arkoses du Berry captifs.

Elles correspondent à l'entité hydrogéologique 104AE03 : sables et argiles de Sologne du Miocène au Pliocène inférieur du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Loire-Bretagne).

---

#### 2.3.1. Hydrographie

La Loire se situe à 1,4 km au Sud du site. Elle est utilisée à des fins récréatives (kayak, ...) et halieutiques (pêche).

A 690 m au Nord du site un étang est présent dans le parc de la Fontaine de l'Etuvée.





### 3. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS ANTERIEURES

Trois campagnes d'investigations ont été effectuées sur une zone plus large que le site d'étude par IREPOLIA en 2006 et 2008 et par BURGEAP en 2018, 2019 et 2020.

Les investigations de 2006 et 2008 ont révélé la présence d'impacts significatifs en hydrocarbures (huiles et gasoil) dans les sols de la partie Sud-Ouest par rapport à la zone étudiée à une profondeur maximale de 9 m, ainsi que la présence d'une phase organique jaune orangée surnageante au niveau de la nappe des calcaires de Beauce.

BURGEAP, mandaté par le Conseil Départemental du Loiret, a réalisé en 2018 un diagnostic environnemental des sols qui a confirmé la présence d'impacts profonds en hydrocarbures dans les sols et susceptibles d'avoir migrés jusqu'à la nappe des calcaires de Beauce. Par ailleurs, des impacts en hydrocarbures totaux dans la couche superficielle des sols (0 – 1 m) ont également été mis en évidence sur la moitié Sud du site étudié.

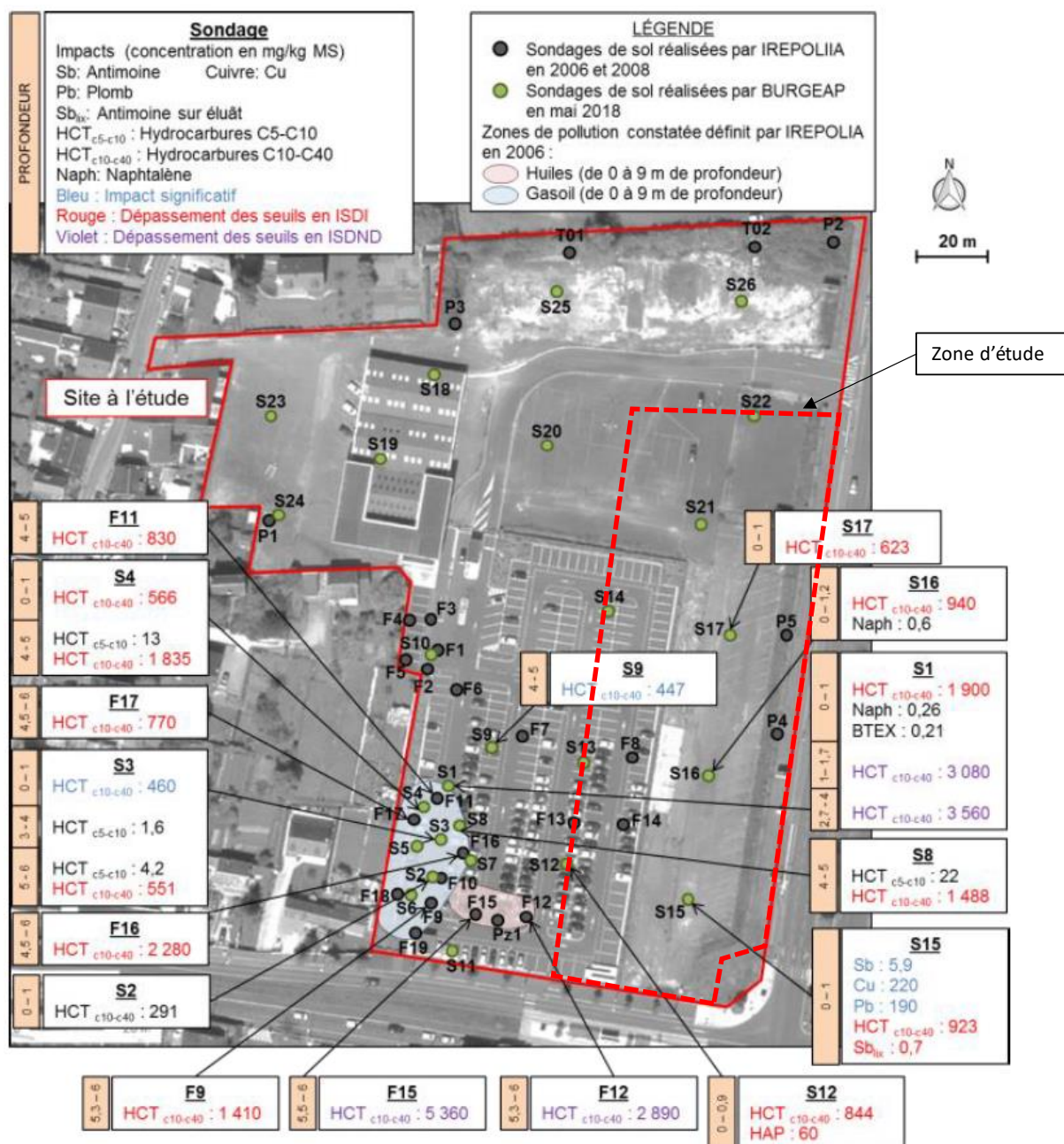
Concernant les eaux souterraines, des campagnes de prélèvements ont été réalisées en 2018, 2019 et 2020 (cf. Tableau 3).

Le tableau ci-dessous résume les 3 sources identifiées dans les sols.

Sources potentielles de pollution visées	Impacts identifiés dans les sols (concentrations maximales)	Sondage et profondeur de l'impact	Impacts identifiés dans les eaux souterraines
Source 1 : Ancienne station-service	<b>Impact généralisé en hydrocarbures de type gasoil dans les marnes et argiles en profondeur</b>  (fraction C16-C21 majoritaires)  Maximum [HCT C10-C40] : 3 560 mg/kg	S1 (1 - >4 m) S3 (5 - 6 m) S4 (4 - >5 m) S8 (4 - >5 m) S9 (4 - >5 m) F9 (5,3 - >6 m) F11 (4 - 5 m) F16 (4,5 - >6 m) F17 (4,5 - >6 m)	Non
Source 2 : Ancien cuve enterrée d'huiles usagées	<b>Impact généralisé en hydrocarbures de type huiles</b>  Maximum [HCT C10-C40] : 5 360 mg/kg	F12 (5,3 - >6 m) F15 (5,5 - >6 m)	Oui Car présence d'une phase organique constituée d'hydrocarbures de type huiles en 2008 au droit de la zone mais non retrouvée en 2018 en aval du site
Source 3 : Remblais sableux en partie Sud du site	<b>Impacts généralisés en hydrocarbures lourds et ponctuels en HAP, BTEX, antimoine et plomb</b>  (hydrocarbures : fractions supérieures à C24 majoritaires) (HAP : composés non volatils principalement) (BTEX : m,p-xylène)  Maximum [HCT C10-C40] : 1 000 mg/kg Maximum [HAP] : 60 mg/kg Maximum [BTEX] : 0,21 mg/kg Maximum [Antimoine] : 5,9 mg/kg Maximum [Plomb] : 190 mg/kg	S1 (0-1 m) S3 (0-1 m) S4 (0-1 m) S9 (0-1 m) S12 (0-0,9 m) S15 (0-1 m) S16 (0-1,2 m) S17 (0-1 m)	Non

**Tableau 1 : Synthèse des impacts identifiés dans les sols (Plan de gestion Ginger Burgeap)**





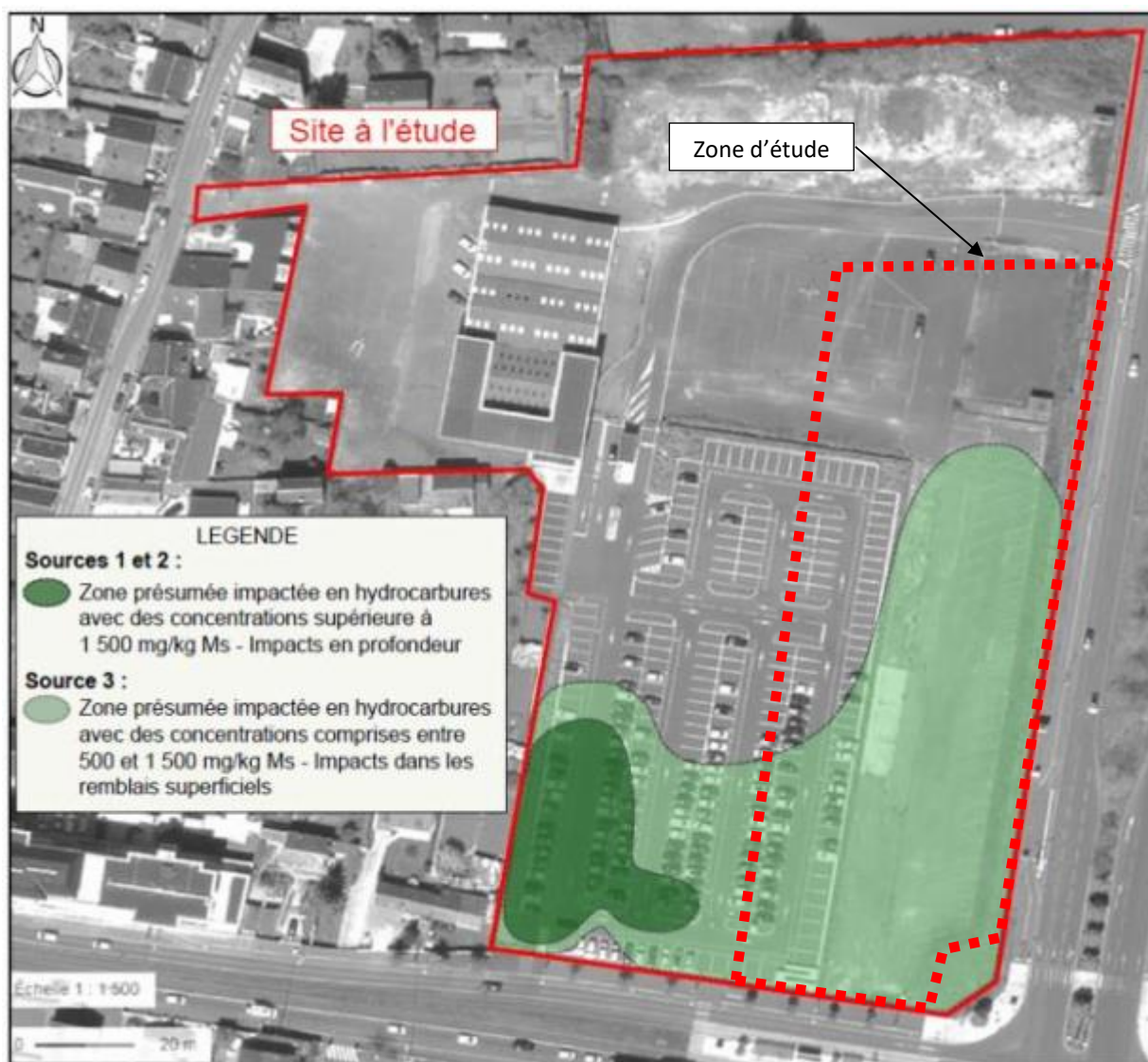


Figure 5 : Localisation des sources de pollution (Plan de gestion Ginger Burgeap)



Seuls les résultats au droit de la zone d'étude sont présentés ci-dessous. Les échantillons n'ayant pas fait l'objet d'analyse ne sont pas présentés.

**Tableau 2 : Résultats d'analyse des investigations antérieures réalisées sur les sols**

Paramètre	Valeurs de référence		Date	IREPOLIA mai 2006			IREPOLIA mai 2008	
			Sondage	F7	F12	F14	P4	P5
			Prof. (m)	3-4,5	5,3-6	4,5-6	0-1	0-1
			Lithologie	Marnes	Marnes	Marnes	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses
	Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Indices organoleptiques	Ø	Odeur HCT	Ø	Ø	Ø
Métaux (mg/kg MS)								
Antimoine	/	/						
Cuivre	2-20	/						
Mercur	0,02 à 0,1	/						
Plomb	9-50	/					24,5	43,2
Zinc	10-100	/			360			
Phosphore	/	/			210			
Soufre	/	/			13,04			
Indices hydrocarbures (mg/kg MS)								
HC C5-C10	/	/						
HC C10-C40	/	500		110,9	2890	<3,8		
BTEX (mg/kg MS)								
Somme des BTEX	/	6						
HAP (mg/kg MS)								
Naphtalène	/	/						
Benzo(a)pyrène	/	/						
Somme des HAP	/	50						
Métaux sur éluat								
Antimoine	/	0,06						



Paramètre	Valeurs de référence		BURGEAP avril 2018									
			S12-1	S12-2	S13-1	S13-2	S14-1	S14-2	S15-1	S15-2	S16-1	S16-2
			0-0,9	0,9-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1,2	1,2-2
			Sables limoneux	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Argiles	Sables noirs	Argiles limoneuses	Sables noirs	Argiles limoneuses
	Bruit de fond	Valeurs limite ISDI	Briques et traces noires	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Briques et traces noires	Ø	Briques, calcaires et traces noires	Ø
Métaux (mg/kg MS)												
Antimoine	/	/	<0,5	NA	NA	NA	<0,5	NA	5,9	NA	<0,5	NA
Cuivre	2-20	/	6,5	16	11	14	13	7,6	220	NA	12	4,5
Mercure	0,02 à 0,1	/	<0,05	0,12	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	0,13	NA	0,14	<0,05
Plomb	9-50	/	21	43	19	24	21	19	190	NA	61	15
Zinc	10-100	/	28	39	39	36	46	39	180	NA	41	37
Phosphore	/	/	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Soufre	/	/								NA		
Indices hydrocarbures (mg/kg MS)												
HC C5-C10	/	/	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HC C10-C40	/	500	844	<20	<20	<20	<20	<20	923	<20	940	38
BTEX (mg/kg MS)												
Somme des BTEX	/	6	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	NA	<0,3	<0,3
HAP (mg/kg MS)												
Naphtalène	/	/	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	NA	0,6	<0,05
Benzo(a)pyrène	/	/	7,8	<0,05	0,076	<0,05	<0,05	<0,05	1,5	NA	0,29	<0,05
Somme des HAP	/	50	60	<0,8	1,1	<0,8	<0,8	<0,8	15	NA	17	0,34
Métaux sur éluat												
Antimoine	/	0,06	<0,05	NA	NA	NA	<0,05	NA	0,7	NA	<0,05	NA



Paramètre	Valeurs de référence		BURGEAP avril 2018									
			S17-1	S17-2	S20-1	S20-2	S21-1	S21-2	S22-1	S22-2	S26-1	S26-2
			0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2
			Argiles limoneuses	Argiles limoneuses	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables limoneux	Sables	Sables	Limons sableux	Limons sableux
Bruit de fond	Valeurs limite ISDI		∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
Métaux (mg/kg MS)												
Antimoine	/	/	NA	NA	<0,5	NA	<0,5	NA	NA	NA	<0,5	NA
Cuivre	2-20	/	8,1	NA	5	4,3	5,9	4,9	2,5	NA	4,7	3,6
Mercure	0,02 à 0,1	/	<0,05	NA	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA	<0,05	<0,05
Plomb	9-50	/	21	NA	25	16	12	18	6,4	NA	21	13
Zinc	10-100	/	40	NA	40	38	27	36	15	NA	37	27
Phosphore	/	/	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Soufre	/	/		NA						NA		
Indices hydrocarbures (mg/kg MS)												
HCC5-C10	/	/	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HCC10-C40	/	500	623	<20	<20	<20	34	<20	<20	<20	<20	<20
BTEX (mg/kg MS)												
Somme des BTEX	/	6	<0,3	NA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	NA	<0,3	<0,3
HAP (mg/kg MS)												
Naphtalène	/	/	<0,05	NA	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA	<0,05	<0,05
Benzo(a)pyrène	/	/	<0,05	NA	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA	<0,05	<0,05
Somme des HAP	/	50	0,55	NA	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	NA	<0,8	<0,8
Métaux sur éluat												
Antimoine	/	0,06	NA	NA	<0,05	NA	<0,05	NA	NA	NA	<0,05	NA





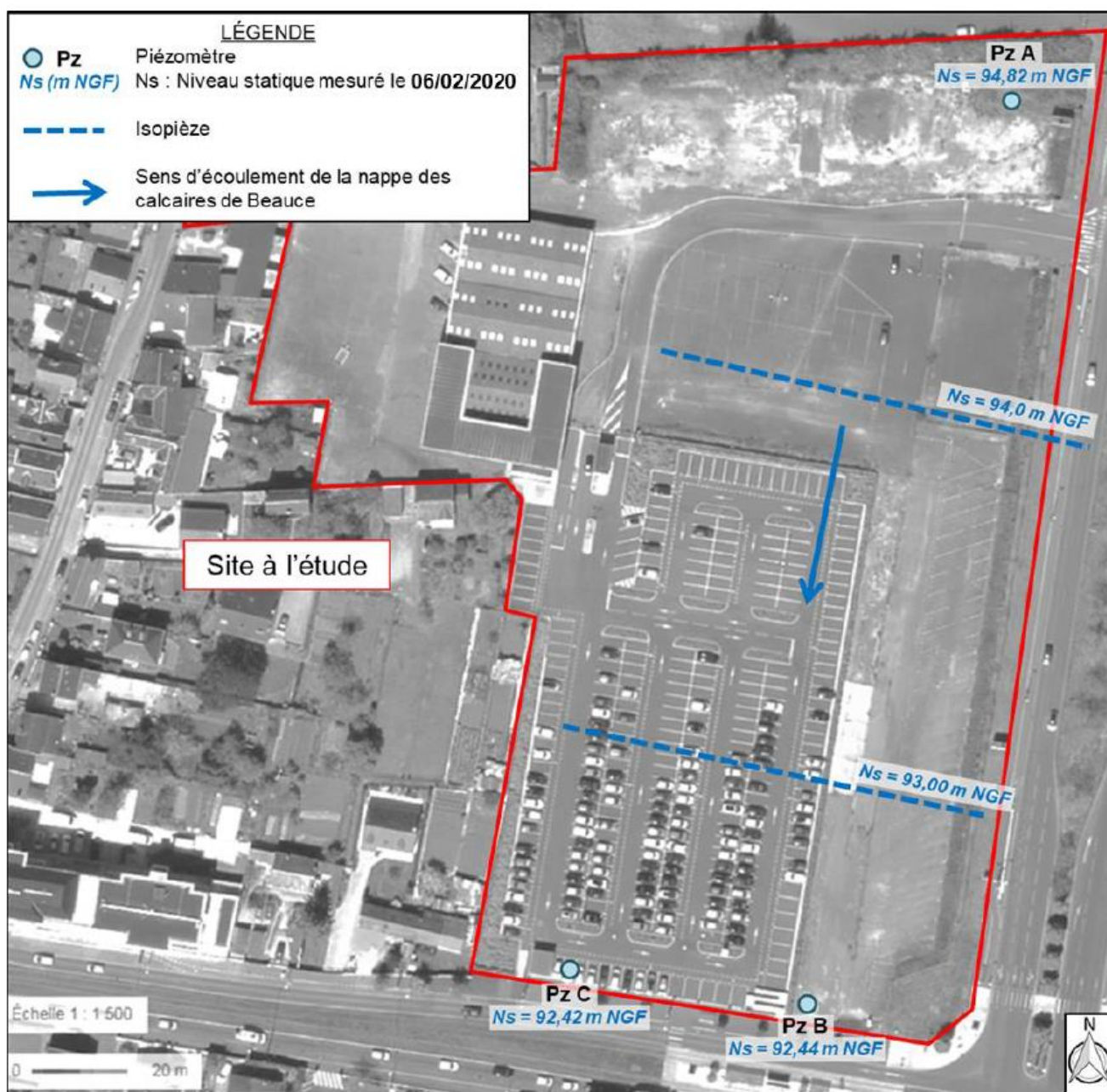


Figure 6: Localisation des ouvrages et esquisse piézométrique en date du 06/02/2020 (issu du rapport n° CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01 de BURGEAP)

Tableau 3: Résultats d'analyse des investigations antérieures réalisées sur les eaux souterraines (issu du rapport n° CSSPLB200383 / RSSPLB10401-01 de BURGEAP)

Paramètre	Unité	Valeurs de référence		Date	avr.-19	févr.-20	nov.-18	avr.-19	févr.-20	nov.-18	avr.-19	févr.-20
		Décret 2001-1220 du 20/12/01 modifié par l'Arrêté du 11/01/07		Ouvrage	PzA		PzB			PzC		
		Eau poable	Eau brute utilisée pour la production d'eau potable	Position hydraulique	Amont		Aval			Aval		
Métaux et métalloïdes												
Arsenic (As)	µg/L	10	100		-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cadmium (Cd)	µg/L	5	5		-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr)	µg/L	50	50		-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/L	2000	-		-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Mercure (Hg)	µg/L	1	1		-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nickel (Ni)	µg/L	20	-		-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8	<5,0
Plomb (Pb)	µg/L	25	50		-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Zinc (Zn)	µg/L	-	5000		-	<2,0	4,4	<2,0	<2,0	2,4	58	<2,0
Hydrocarbures volatils C6-C10												
Fraction C6-C8	µg/L	-	-		-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fraction C8-C10	µg/L	-	-		-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Somme des hydrocarbures C6-C10	µg/L	-	1000		-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Indice hydrocarbure C10-C40												
Fraction C10-C12	µg/L	-	-		<10	<10	<10	<10	<10	<10	87	<10
Fraction C12-C16	µg/L	-	-		<10	<10	<10	<10	<10	<10	425	<10
Fraction C16-C20	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	1120	<5,0
Fraction C20-C24	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	370	<5,0
Fraction C24-C28	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	310	<5,0
Fraction C28-C32	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	140	<5,0
Fraction C32-C36	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	7,3	79	<5,0
Fraction C36-C40	µg/L	-	-		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	23	19	<5,0
Somme des hydrocarbures C10-C40	µg/L	-	1000		<50	<50	<50	<50	<50	53	2 550	<50
HAP												
Naphtalène	µg/L	-	-		<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02
Acénaphthylène	µg/L	-	-		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	<0,050
Acénaphthène	µg/L	-	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01
Fluorène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Phénanthrène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Anthracène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Fluoranthène (3)	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Pyrène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Chrysène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Benzo(b)fluoranthène (2) (3)	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Benzo(k)fluoranthène (2) (3)	µg/L	-	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01
Benzo(a)pyrène (3)	µg/L	0,01	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Benzo(g,h,i)pérylène (2) (3)	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (2) (3)	µg/L	-	-		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010
Somme des 4 HAP (2)	µg/L	0,1	-		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04
Somme des 6 HAP (3)	µg/L	-	1		<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	-	<0,06
BTEX												
Benzène	µg/L	1	-		-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,3	<0,2
Toluène	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ethylbenzène	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
m,p-Xylène	µg/L	-	-		-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
o-Xylène	µg/L	-	-		-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Somme des BTEX	µg/L	-	-		-	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	0,3	0,3	<1,9
COHV												
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	10	-		-	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	0,1
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,3	1,5	<0,5
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-		-	<0,50	<0,50	<0,5	<0,50	2,8	1,6	<0,50
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-		-	<0,50	<0,50	<0,5	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-		-	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,9	0,6	0,1
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,5	-		-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/L	-	-		-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Trichlorométhane	µg/L	100	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/L	-	-		-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des COHV	µg/L	-	-		-	<5	0,2	<5,0	<5	6,9	4,0	0,2



#### 4. DESCRIPTION DU PROJET D'AMENAGEMENT ENVISAGE

Le projet envisagé est d'aménager la parcelle à l'étude pour y construire un immeuble de plein pied en R+8 à usage d'Archives Départementales.

Il accueillera des salariés et des visiteurs adultes et enfants.

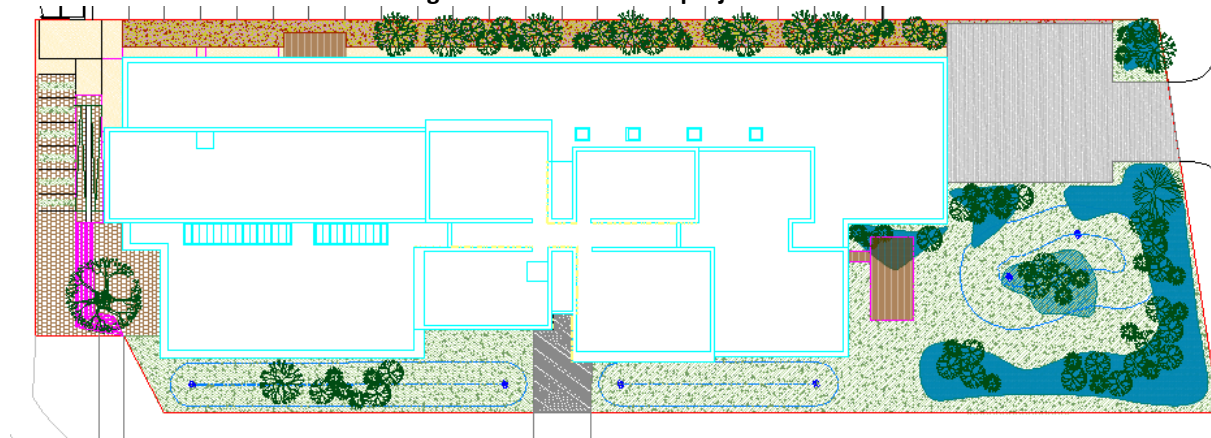
Le bâtiment comprendra :

- des bureaux,
- une salle pédagogique,
- une salle de conférence,
- un hall d'accueil,
- une salle de lecture,
- des zones de stockages des archives (magasins),
- des sanitaires.

A l'Est deux noues d'infiltrations seront créés et au Nord-est un bassin pour la gestion des eaux pluviales.

Des petits espaces en enrobés ou en pavés seront présent au Nord et au Sud du bâtiment.

Figure 7 : Plan masse du projet fourni



Conformément aux données transmises par Bouygues Construction, le futur bâtiment aura les caractéristiques suivantes :

Tableau 4 : Caractéristiques du futur bâtiment

Caractéristiques	Donnée
Surface minimale des pièces	10 m <sup>2</sup>
Hauteur minimale des pièces	2,5 m
Taux de renouvellement de l'air	2 h <sup>-1</sup>
Type de la dalle	Dalle portée
Epaisseur de la dalle	20 cm



## 5. PLAN DE GESTION SIMPLIFIE

L'objectif du bilan coût avantage est de rendre compatible le site avec ses usages futurs envisagés. Cette démarche prend en compte les caractéristiques du site, de son environnement et du projet, mais également les différentes options de remédiation potentielles.

Dans un premier temps, il est primordial, lorsque cela est possible, de maîtriser les sources de pollution. En effet, sans cela la maîtrise des impacts n'apparaît pas pertinente. Lorsque cette option de gestion n'est pas réalisable pour des raisons économiques, techniques ou que la source n'est pas clairement identifiable, les impacts liés à la pollution résiduelle doivent être maîtrisés. Dans ce but, les différentes mesures de remédiation envisageables doivent être étudiées et comparées selon leurs coûts et leurs avantages. En dernier lieu, des restrictions d'usages du site peuvent être appliquées.

Le plan de gestion a été réalisé au regard du futur projet de bâtiment d'archives départementales :

- La zone d'étude est actuellement occupée par :
  - o un parking pour automobiles réservé aux utilisateurs du tramway, recouverts par un enrobé propre. Un bassin collecteur d'eau pluviale enterré de 190m<sup>3</sup> est présent au Sud,
  - o un espace en friche avec d'anciens marquages au sol de place de station pour bus,
  - o un parking pour automobiles réservé au personnel du Conseil Départemental,
  - o une ancienne aire de lavage de bus de 400 m<sup>2</sup>.

Les infrastructures encore existantes seront démolies. Le projet envisagé est d'aménager la parcelle à l'étude pour construire le futur bâtiment des archives départementales du Loiret (45) ;

- Le bâtiment sera construit de plain-pied, sans vide sanitaire, sur une dalle béton de 20 cm d'épaisseur ;
- Les surfaces non bâties sont couvertes par de la terre végétale saine, de l'enrobé ou des pavés et du béton ;
- Le site sera fréquenté aussi bien par des adultes que par des enfants.

**Il est à rappeler que les impacts présents sont de type hydrocarbures lourds, donc non volatils, non biodégradables et non solubles. La source concentrée de pollution étant hors site et seuls des impacts résiduels étant présents au droit de la zone d'étude, seule l'option de gestion des terres et des déblais avec confinement des terres impactées sur site a été envisagée. Les méthodes de dépollution in situ ont été écartées car elles semblent peu pertinentes à l'échelle du projet.**

### 5.1. Maitrise des sources

Avant tout travaux de réhabilitation du site, il convient d'éliminer les sources identifiées. Les sources de contaminations identifiées au droit du site sont liées à des activités antérieures.

Lors de la cessation de ces activités et de la démolition de ces structures, les sources de pollution ont été maitrisées puisqu'elles ne sont plus présentes sur site.



Néanmoins, il est à noter qu'une source de pollution subsiste dans les sols de la partie Sud-Ouest par rapport à la zone étudiée à une profondeur maximale de 9 m.

## 5.2. Maitrise des impacts

Le plan de gestion vise à maîtriser les impacts qui en découlent afin que ceux-ci soient acceptables tant pour la population que pour l'environnement.

La maîtrise des impacts consiste à stopper les voies de transfert des polluants vers les cibles.

Au vu du futur usage du site (archives départementales avec accueil du public), un recouvrement par 30 cm d'épaisseur de terre saine sur l'ensemble des zones non recouvertes par un revêtement de type enrobé ou dalle béton est préconisé par mesure de précaution afin d'exclure toute voie d'exposition potentielle de type ingestion de terres contaminées, inhalation de poussières et contact direct. Un schéma de la coupe longitudinale du site est présenté en **annexe 4**.

Concernant les risques liés aux voies d'exposition de type inhalation (air intérieur et air extérieur), l'Analyse des Risques Résiduels prédictive présentée en chapitre 6 permettra de valider l'absence de risque suite aux mesures de gestion décrites dans le Plan de Gestion (chapitre 5).

## 5.3. Restrictions d'usage

Des restrictions d'usages peuvent également être greffées au site afin de garder la mémoire des travaux réalisés et d'en limiter les usages au niveau des zones où de la pollution subsiste dans le sol.

Dans le cas où les contaminations resteraient en place, les principales restrictions d'usage à mettre en œuvre sont :

- Conservation de la mémoire des mouvements de terre ainsi que de l'ensemble des restrictions mises en place au droit du site dans les actes notariaux,
- Installation de réseaux protégés des vapeurs de polluants (conduite métallique étanche aux produits organiques de type canalisation aluminium ou triple couche) et pose de ceux-ci dans des remblais non pollués,
- Conservation du piézomètre existant après les travaux ou remplacement de celui-ci à l'identique dans le cas où il serait détruit,
- Absence d'usage des eaux souterraines au droit du site.

## 5.4. Gestion des terres de terrassements

**Les calculs de volumes de déblais/remblais sont issus d'une modélisation du projet au stade Avant-Projet (données communiquées par Bouygues Construction).**



Il est à rappeler que le site présente un dénivelé Nord/Sud allant de 119 mNGF à 117mNGF d'environ 1,25 %. Le site a été divisé en huit mailles afin de calculer le volumes des terres à évacuer. En première approche, une cote moyenne a été calculée par maille (plan en **annexe 1**).

Par ailleurs, par mesure de précaution, un décaissement des terres sur site sur une épaisseur de 30 cm a été considéré sur les futurs espaces verts.

Le niveau de dalle fini est de 118,23 m NGF. Le niveau de terrassement sera d'environ -0,5 m sous cette côte finie afin de pouvoir apposer une couche de forme et une dalle béton de 0,2 m (soit 117,73 m).

**Tableau 5: Tonnage de terre à évacuer**

Maille	Echantillon	Volume à excaver (m3)	Tonnage
M1	S12-1 (0-0,9)	127	229
M2	S13-1 (0-1)	528	950
M3	S14-1 (0-1)	972	1750
M4	S21-1 (0-1)	1000	1800
M5	S15-1 (0-1)	-215	-387
M6	S16-1 (0-1,2)	225	405
M7	S17-1 (0-1)	780	1404
M8	S22-1 (0-1)	1018	1832
TOTAL des terres à évacuer		4435	7983

-133	En rouge, terre en remblais
389	En jaune, terre en déblais

Pour des raisons de terrassements du projet, environ 4 435 m<sup>3</sup> de terre doivent être évacués. Pour une densité de 1.8 tonne/m<sup>3</sup> cela correspond à 7 983 tonnes.

## 5.5. Coût de gestion des terres de terrassements

### 5.5.1. Prix de consultation

Nous avons consulté plusieurs installations pour la réalisation de cette étude afin d'obtenir des prix d'évacuation par filière. Néanmoins, compte tenu du nombre de réponses limitées des installations dues au COVID, certains prix ne seront basés que sur une seule installation et non une moyenne. Le prix des ISDD est celui couramment utilisé.

**Les prix indiqués ci-après ne comprennent pas le transport et le chargement exceptée la filière biocentre qui inclut le transport.**

Le tableau ci-après présente l'ensemble des centres contactés dans le cadre de cette étude.



**Tableau 6: Centres contactés**

Centre	Réponse obtenue	Coûts des filières obtenus	Remarques
Plateforme Colas de Chécy	Non	-	Fermé
PAPREC ORLEANS	Oui	-	Terres non acceptées
CEMEX GRANULATS		ISDI : 6,5 €HT/T	-
SETRAD BUCY SAINT LIPHARD	Non	-	Pas de contact possible
Déchetterie Suez de Chanteau	Non	-	Mail envoyé mais pas de réponse obtenue
Ligérienne Granulats	Non	-	Mail envoyé mais pas de réponse obtenue
ETS Jean Martin	Oui	-	Quantité trop importante, non accepté
ETS Carrière MOREAU	Non	-	Pas de contact possible
BSTP	Non	-	Mail envoyé mais pas de réponse obtenue
SOCCOIM CHAINGY	Non	-	Fermé
SETRAD MEZIERES LEZ CLERY	Non	-	Fermé
ECOVALIS	Non	ISDI : 10 €/t sans TGAP (prix pour lot de 5 000 tonnes) ISDI seuils augmentés : 14 €/t sans TGAP (prix pour lot de 5 000 tonnes) ISDND : 57,5 €/t + 42 €/t TGAP = 99,5 €/t (prix pour lot de 2 000 tonnes)	-
ISDI de Chateaufort sur Loire	Non	-	Fermé
SITREVA ANGERSVILLE	Non	-	Fermé
Carrières de Bray en Val	Non	-	Fermé
SCBV		ISDI : 7 €HT/T	-
SEPCHAT	Non	-	N° non attribué
CAP RECYCLAGE 41		ISDI : 8,5 €HT/T	8,5 €/tonne (ISDI)
Carrières de Prasville		ISDI seuils augmentés: 16 €HT/T	-
ORTEC	Oui	ISDI : 7-8 €HT/T suivant les régions ; Pollution HCT-HAP en biocentre (hors dépassement sur éluat) : 50 € HT / T ISDND (seuil éluat / 2000 ppm HCT – 150 ppm HAP) : 95 € HT / T	-
BIOGENIE	Oui	Biocentre: 65 €/T (18€ TGAP inclus)	Augmentation de 12 € de TGAP prévue en 2021

**Tableau 7: Prix des différentes filières (€ HT/T)**

	ISDI	ISDI à seuils augmentés	biocentre	ISDND	ISDD
<b>Prix €HT/filière</b>	7,90	15	65	92,25	120

\*La TGAP est comprise dans le prix à la tonne des biocentres, ISDND et des ISDD

### 5.5.2. Coût d'évacuation hors contamination

Le coût d'évacuation des terres au droit du projet hors contamination (filière ISDI) est présenté dans le tableau suivant.

**Tableau 8: Coûts de gestion des terres hors contamination**

Tonnage	Coût €HT/T	Coût d'évacuation € HT
7 983	7,90	63 066
Total terrassement		63 066

Il est à noter qu'il a été considéré une densité de 1,8 tonne par m<sup>3</sup>.

**Le coût de gestion des terres du projet est d'environ 63 k€ HT.**

### 5.5.3. Coût lié à l'évacuation des terres contaminées

Certains des échantillons présents au droit du projet présentent des contaminations. Ces terres ne pourront donc pas toutes être évacuées en ISDI.

Le tableau ci-dessous présente les filières d'évacuation en fonction des résultats analytiques. Seuls les paramètres présentant un dépassement sont présentés. A noter que l'ensemble des échantillons n'a



pas fait l'objet d'une analyse complète de type pack ISDI et que certaines installations peuvent demandées des analyses de vérification à l'avancement des terrassements.

**Tableau 9: Tableaux des filières d'évacuation**

Paramètre	Valeurs de référence		Date	BURGEAP avril 2018									
			Sondage	S12-1	S12-2	S13-1	S13-2	S14-1	S14-2	S15-1	S15-2	S16-1	S16-2
			Prof. (m)	0-0,9	0,9-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1,2	1,2-2
Indices hydrocarbures (mg/kg MS)													
HC C10-C40	/	500		844	<20	<20	<20	<20	<20	923	<20	940	38
HAP (mg/kg MS)													
Naphtalène	/	/		0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	NA	0,6	<0,05
Benzo(a)pyrène	/	/		7,8	<0,05	0,076	<0,05	<0,05	<0,05	1,5	NA	0,29	<0,05
Somme des HAP	/	50		60	<0,8	1,1	<0,8	<0,8	<0,8	15	NA	17	0,34
Métaux sur éluat													
Antimoine	/	0,06		<0,05	NA	NA	NA	<0,05	NA	0,7	NA	<0,05	NA
Filière			Filière	Biocentre	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI	ISDND	ISDI	Biocentre	ISDI

Paramètre	Valeurs de référence		Date	BURGEAP avril 2018							
			Sondage	\$17-1	\$17-2	\$20-1	\$20-2	\$21-1	\$21-2	\$22-1	\$22-2
			Prof. (m)	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2
Indices hydrocarbures (mg/kg MS)											
HC C10-C40	/	500		623	<20	<20	<20	34	<20	<20	<20
HAP (mg/kg MS)											
Naphtalène	/	/		<0,05	NA	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA
Benzo(a)pyrène	/	/		<0,05	NA	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA
Somme des HAP	/	50		0,55	NA	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	NA
Métaux sur éluat											
Antimoine	/	0,06		NA	NA	<0,05	NA	<0,05	NA	NA	NA
Filière				Biocentre	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI	ISDI

L'analyse des coûts implique la détermination des volumes de terre pour chaque filière d'élimination. En raison de l'hétérogénéité du terrain, cette démarche est réalisée sur la base des résultats d'analyses disponibles. On prend l'hypothèse que, dans chacune de ces zones :

- les résultats des analyses réalisées sur l'échantillon de la zone sont représentatifs de la qualité environnementale de l'ensemble des terres de la zone ;
- l'épaisseur des couches lithologiques identifiées lors des investigations est représentative de l'ensemble de la zone

Le tableau ci-après présente le tonnage estimé par échantillon et par filière au droit du site. La surface a été estimée avec la densité du maillage.

**Tableau 10: Volume de terre à évacuer par échantillon**

Maille	Echantillon	Volume à excaver (m3)	Filière				
			ISDI	ISDI seuils augmentés	Biocentre	ISDND	ISDD
M1	S12-1 (0-0,9)	127			127		
M2	S13-1 (0-1)	528	528				
M3	S14-1 (0-1)	972	972				
M4	S21-1 (0-1)	1000	1000				
M5	S15-1 (0-1)	-215				-215	
M6	S16-1 (0-1,2)	225			225		
M7	S17-1 (0-1)	780			780		
M8	S22-1 (0-1)	1018	1018				
TOTAL des terres à évacuer (m3)			3518	0	1132	-215	0
TOTAL des terres à évacuer (tonnes)			6332,4	0	2037,6	-387	0

-133	En rouge, terre en remblais
389	En jaune, terre en déblais

La maille M5 devant être remblayée, elle n'est pas prise en compte dans le calcul des terrassements.



#### 5.5.4. Surcoût dû à la pollution

Le tableau ci-dessous présente le coût des évacuations des terres saines et polluées au droit du projet.

**Tableau 11: Coût d'évacuation des terres du projet**

	Filières				
	ISDI	ISDI seuils augmentés	Biocentre	ISDND	ISDD
Tonnage (T)	6 332	0	2 038	0*	0
Coût/ T	7,90	15,00	65,00	92,25	120,00
Coût par filière € HT	50 026	0	132 444	0*	0
Coût total des évacuations de terre €	182 470				

\*Il est à noter que les terres de la maille 5 prévues de rester sur site (maille devant être remblayée), elles n'ont pas été prises en compte dans le coût d'évacuation des terres du projet.

**Le coût de l'évacuation des terres du projet s'élève à environ 182 k€ HT.**

**Le surcoût lié à la pollution est donc d'environ 119 k€ HT.**

#### 5.5.5. Optimisation de la gestion des terres

Un remblaiement sera nécessaire au droit de la M5 afin que le niveau du terrain atteigne la cote voulue (117,73 mNGF). Par conséquent, une partie des terres excavées au droit des autres mailles peuvent être réutilisées afin de remblayer celle-ci.

Par ailleurs, en l'absence de risques pour les usagers, les terres de la filière biocentre pourront être laissées sur site en procédant à une sur-excavation des terres des mailles destinées à la filière ISDI.

Le tableau de répartition des mouvements des terres suivant les mailles et les types d'ouvrages est présenté en **annexe 5**.

Néanmoins, il est à noter que l'optimisation des terres devra prioritairement être réalisée au droit du futur bâtiment car déjà concerné au 4/5<sup>ème</sup> par la présence d'hydrocarbures. Le risque de gestion ultérieur des matériaux concerné s'en trouvera également simplifié car inexistant sous dalle (pas de risque d'intervention en tranchée). Par ailleurs, les terres destinées à l'envoi en biocentre optimisées devront faire l'objet d'un recouvrement minimal de 0,3 m d'épaisseur de terres saines ou d'un revêtement minéral (dalle, voirie, etc).

Le tableau suivant présente donc les coûts par filière après optimisation de la gestion des terres.



**Tableau 12: Coûts de gestion des terres de terrassement du site après optimisation**

	Filières				
	ISDI	ISDI seuils augmentés	Biocentre	ISDND	ISDD
Tonnage (T)	7 983	0	0	0	0
Coût/ T	7,90	15,00	65,00	92,25	120,00
Coût par filière € HT	63 066	0	0	0	0
Coût total des évacuations de terre €	63 066				

Le coût après optimisation de gestion des terres s'élève à **environ 63 k€ HT** soit **aucun surcoût lié à la pollution**.

## 5.6. Coût de recouvrement des espaces verts par de la terre saine

La solution présentée ci-dessus est applicable avec la mise en place d'un recouvrement de terres saines au niveau des espaces verts d'agrément. On considère donc une évacuation de 30 cm de terre au droit de l'ensemble des espaces verts d'environ 1 500 m<sup>2</sup>. Il faudra donc évacuer 450 m<sup>3</sup> soit 810 tonnes.

L'apport de terre saine avec remise en place s'élève entre 10 à 15 €/m<sup>3</sup> soit un coup d'environ 4,5 k€.

## 5.7. Synthèse de la gestion des terres

Le coût total de la gestion des terres avec confinement des terres impactées par 0,3 m d'épaisseur de terres saines au droit des futurs espaces verts s'élève à **68 k€ HT**.





## 6. ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES – A320

### 6.1. Schéma conceptuel à l'état futur

Le schéma conceptuel est établi pour la situation future du site. On considère que le site sera aménagé de la manière suivante :

- Le bâtiment est construit sans vide sanitaire, nous estimons l'épaisseur de la dalle à 20 cm ;
- Les réseaux sont protégés des vapeurs de polluants (conduite métallique étanche aux produits organiques) et posés dans des remblais sains ;
- Les espaces extérieurs font l'objet d'un recouvrement de 0,3 m d'épaisseur de terres saines,
- Aucun usage des eaux souterraines n'est prévu sur site.

Sur la base de ces hypothèses et de la situation environnementale établie lors du diagnostic, on établit le schéma conceptuel présenté à la Figure 8. Il met en évidence les voies de transferts suivantes :

- La volatilisation des polluants du sol et de la nappe vers l'air intérieur et extérieur,
- La diffusion dans les sols et la nappe.

Suite à ces voies de transfert, les voies d'exposition pertinentes sont :

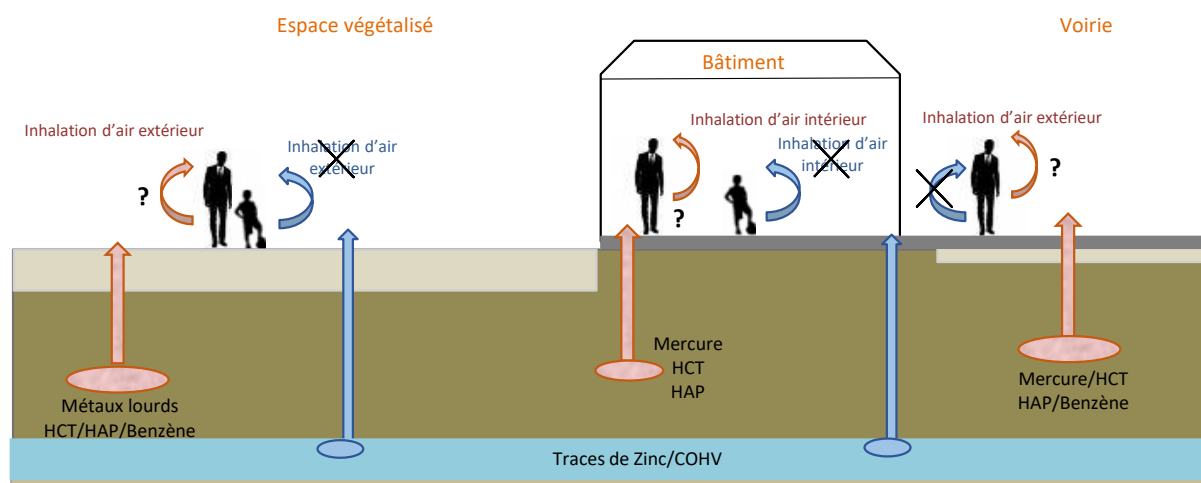
- L'inhalation d'air intérieur et extérieur. Il est à noter qu'au vu des teneurs observées dans les eaux souterraines (traces de métaux lourds et de COHV proches des limites de quantification du laboratoire), le risque d'inhalation de composés ayant dégazé des eaux souterraines est considéré comme négligeable. Seul le milieu sol est donc considéré comme potentiellement à risque.

Les substances polluantes concernées sont les substances observées dans le sol lors des diagnostics antérieurs à des concentrations significatives et dont les propriétés physico-chimiques les rendent pertinentes pour une ou plusieurs voies d'exposition envisagées, à savoir :

- Les métaux lourds,
- Les HCT C10-C40,
- Les HAP dont le naphthalène.

La Figure 8 présente le schéma conceptuel pour le personnel et les visiteurs. Ce document est sans échelle et ne présente que les principes de transfert et d'exposition.





**Légende :**

- Remblais
- Matériaux sains rapportés
- Argiles
- Enrobé ou béton

- Anomalie locale en polluants
- ↑ Transfert potentiel de polluants
- ↪ Voie d'exposition potentielle aux substances polluantes
- X Voie d'exposition négligeable au vu des teneurs

**Figure 8 : Schéma conceptuel**

## 6.2. Sélection du modèle et des paramètres initiaux

### 6.2.1. Sélection du modèle

Afin de quantifier le risque sanitaire que génèrent les pollutions résiduelles au droit du site en fonction de son futur usage, nous avons utilisé le logiciel RISC5 pour réaliser ces calculs. Il s'agit d'un logiciel développé par BP pour faire les analyses de risque.

Deux scénarii seront étudiés dans ce rapport :

- L'exposition des occupants du site (personnel et visiteurs) à l'intérieur du bâtiment en RDC,
- L'exposition des occupants du site (personnel et visiteurs) à l'extérieur au droit des espaces verts avec recouvrement.

L'INSEE fournit les caractéristiques des cibles afin de modéliser leur exposition. Ces données sont regroupées dans le tableau 3 ci-après.



**Tableau 13 : Caractéristiques des cibles**

Scénarii	Cibles	Volume d'air respiré	Période maximale d'exposition	Temps passé par jour dedans	Temps passé par jour dehors	Fréquence d'exposition	Poids moyen (kg)	Quantité de sol ingérée (mg/j)
Scénarii intérieur et extérieur	Visiteur adulte	0,625 m³/h	40 ans	2h/j	2 h/j	12 j /an	70	50
	Visiteur enfant	0,35 m³/h	10 ans	2h/j	2 h/j	12 j /an	19	100
	Personnel	0,625 m³/h	42 ans	8 h/j	2 h/j	220 j /an	70	50

Les caractéristiques du personnel étant plus contraignantes (temps passés/jour et fréquence d'exposition) que celles des visiteurs adultes, nous privilégierons cette cible. En revanche, si le scénario avec le personnel présente un risque inacceptable, un second scénario sera présenté pour les visiteurs.

#### 6.2.2. Sélection des paramètres de modélisation

Le modèle comporte plusieurs niveaux de paramètres :

- Paramètres liés au sous-sol,
- Paramètres liés à la configuration de la pollution,
- Paramètres liés aux bâtiments et aux aménagements du site (enrobés, pelouses, ...),
- Paramètres liés aux occupants du site.

Dans le cas où certaines données ne sont pas connues, les valeurs préconisées par défaut par le modèle ou les données utilisées par le groupe de travail « réutilisation des terres » (INERIS/BRGM, 2012) sont retenues.



➤ Scénario intérieur :

Pour ce scénario, nous nous basons sur une pièce de 10 m<sup>2</sup> (surface minimale d'un bureau) afin de simuler le plus petit espace où peut stationner le personnel. En effet, plus la surface de la pièce est petite, plus les concentrations sont importantes et donc plus le risque est majoré.

Le modèle de dégazage des sols est basé sur les équations de Johnson & Ettinger. Il combine un modèle de transport par diffusion et advection à travers les sols avec un modèle simple de transport à travers les fondations du bâtiment.

Les paramètres retenus pour le scénario intérieur sont présentés en Tableau 14 ci-après.

**Tableau 14 : Paramètres de modélisation pour le scénario intérieur**

Caractéristiques	Donnée	Source
Surface de zone polluée	280 m <sup>2</sup>	ECR Environnement
Epaisseur de la zone polluée	1,0 m	ECR Environnement
Surface pièce	10 m <sup>2</sup> *	ECR Environnement
Hauteur de l'espace où a lieu la respiration	2,5 m	ECR Environnement
Taux de renouvellement de l'air	2 h <sup>-1</sup>	Donnée client 2 à 3 vol/h pour les magasins*
Epaisseur de la dalle	20 cm	Donnée client
Pourcentage de fissuration du béton	0,002	Valeur par défaut de Johnson & Ettinger
Type de matériaux du sol	Sables	ECR Environnement
Porosité	0,375	RISC 5
Distance entre la source de pollution et bâtiment	0,4 m	ECR Environnement (épaisseur dalle et couche de forme)

La surface de la zone polluée est définie par la densité de maillage au droit de la zone d'étude. L'épaisseur de 1 m par l'épaisseur moyenne des échantillons contaminés.

\* Le taux de renouvellement est bien plus important au niveau de la zone ERP, cependant nous priorisons les hypothèses majorantes. Les visiteurs enfants sont uniquement présents dans des pièces de plus de 100 m<sup>2</sup>, cette valeur est donc majorante.

➤ Scénarii extérieurs :

La concentration en substance dans l'atmosphère extérieure est estimée en considérant la dilution qui intervient dans une « boîte virtuelle » au sein de laquelle le récepteur évolue.

Le modèle fait intervenir les dimensions de la zone de circulation « boîte » et la vitesse du vent.

Les paramètres retenus sont présentés dans le Tableau 15 ci-après.

**Tableau 15 : Paramètres de modélisation pour les scénarii extérieurs**

Caractéristiques	Donnée	Source
Surface de zone polluée	280 m <sup>2</sup>	ECR Environnement
Epaisseur de la zone polluée	1,0 m	ECR Environnement
Surface de la boîte	10 m <sup>2</sup>	ECR Environnement
Hauteur de l'espace où a lieu la respiration	2 m	ECR Environnement
Vitesse du vent	2,25 m/s	RISC5
Type de matériaux du sol	Sables	ECR Environnement
Porosité	0,375	RISC 5
Distance entre la source de pollution et la boîte	30 cm (avec recouvrement)	ECR Environnement



### 6.2.3. Sélection des substances à étudier

L'élaboration du schéma conceptuel a mis en évidence les substances présentant un risque potentiel pour le scénario étudié. Pour chacune des substances, on considère dans un premier temps la concentration maximale mesurée sur le site. Cette approche se veut sécuritaire et majorante.

Le Tableau 16 ci-après présente la liste des composés sélectionnés pour l'évaluation des risques sanitaires, leur concentration maximale et l'échantillon dans lequel cette concentration a été mesurée.

**Tableau 16 : Echantillons retenus pour le calcul des risques**

Composés	Paramètres	Concentration	Echantillon	Milieu
HCT	Hydrocarbures totaux	2 890	F12	Sols
HAP	Somme des HAP	60	S12-1	
	Naphtalène	0,6	S16-1	
Métaux Lourds	Antimoine	5,9	S15-1	
	Cuivre	220		
	Mercur	0,14	S16-1	
	Plomb	190	S15-1	
	Zinc	360	F12	

Les hydrocarbures C5-C40 sont des mélanges complexes de différentes substances aux propriétés physico-chimiques et toxicologiques diverses. A l'initiative de l'US EPA, le groupe de travail TPH-CWG1 a étudié ces mélanges d'hydrocarbures en les décomposant en différents groupes de substances. Le TPH-CWG a déterminé les propriétés physico-chimiques et toxicologiques de ces groupes de substances.

Dans le cas de l'inhalation d'air intérieur et/ou extérieur, étant donné que la voie de transfert envisagée est le transfert de vapeurs, on considère uniquement la fraction volatile des hydrocarbures C5-C40, soit les hydrocarbures C5-C16.

Les tableaux 7, 8 et 9 ci-dessous présentent les concentrations utilisées dans le modèle en vue de la sélection des valeurs définitives.

**Tableau 17 : Concentrations retenues pour les HCT**

Fractions	Concentration mg/kg MS	Voie concernée
C10-C12	23	inhalation et ingestion
C12-C16	94	inhalation et ingestion
C16-C22	522	ingestion
C22-C35	2252	ingestion
HCT totaux C10-C40	2890	inhalation et ingestion

Ne disposant pas des résultats d'analyses complets d'Irepolia, la répartition des différentes fractions est réalisée suivant la même répartition que les sondages S12-1, S15-1 et S16-1. Les concentrations seront ensuite affectées aux fractions aliphatiques ou aromatiques qui présentent le plus de risques.



Tableau 18 : Concentrations retenues pour les HAP

	Composés	Concentration mg/kg MS	Voie concernée
<b>HAP</b>	Naphtalène	0,6	Inhalation et ingestion
	Acénaphthylène	0,12	Ingestion
	Acénaphtène	0,12	Ingestion
	Fluorène	0,31	Inhalation et ingestion
	Phénanthrène	3,3	Ingestion
	Anthracène	0,55	Inhalation et ingestion
	Fluoranthène	6,9	Ingestion
	Pyrène	9,7	Ingestion
	Benzo(a)anthracène	3,8	Inhalation et ingestion
	Chrysène	3,3	Inhalation et ingestion
	Benzo(b)fluoranthène	7	Inhalation et ingestion
	Benzo(k)fluoranthène	3,2	Inhalation et ingestion
	Benzo(a)pyrène	7,8	Inhalation et ingestion
	Dibenzo(ah)anthracène	1,1	Inhalation et ingestion
	Benzo(ghi)pérylène	5,7	Inhalation et ingestion
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	7,3	Inhalation et ingestion

Tableau 19 : Concentrations retenues pour les métaux lourds

Composés	Concentration mg/kg MS	Voie concernée
Antimoine	5,9	Ingestion
Cuivre	220	Ingestion
Mercure	0,14	Inhalation et ingestion
Plomb	190	Ingestion
Zinc	360	Ingestion

#### 6.2.4.Choix des VTR utilisées

On utilise les valeurs toxicologiques de référence recommandées (VTR) par l'INERIS pour la réalisation des analyses des risques résiduels. Les résultats de calcul fournissent des valeurs d'exposition des utilisateurs du site aux substances polluantes présentes dans le sol. Ces valeurs se traduisent sous forme de quantité de produit absorbé par unité de poids corporel d'individu ou sous forme de concentration moyenne inhalée. Ces valeurs sont comparées aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) afin d'évaluer le risque sanitaire.

Le choix des VTR s'est fait selon la circulaire de la DGS 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.

Les VTR sont issues d'études menées par divers organismes : ANSES, OMS, US EPA, ATSDR, OEHA, RIVM, Santé Canada.



### Principales sources concernant les VTR :

ANSES : Agence nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail.

USEPA : United-States Environmental Protection Agency, base de données des Etats-Unis

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, base de données des Etats-Unis

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, base de données des Pays-Bas

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, base de données de l'état de Californie

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Le choix des VTR a été réalisé à partir du site [www.substances.ineris.fr](http://www.substances.ineris.fr), consulté en septembre 2019. Nous avons d'abord sélectionné les VTR retenues par l'INERIS puis celles retenues par l'ANSES. Lorsque celles-ci ne sont pas disponibles et que plusieurs valeurs toxicologiques sont présentées, nous avons d'abord choisi celles de l'US EPA, l'OMS et l'ATSDR puis enfin celles de Santé Canada, RIVM, OEHHA et EFSA.

Le Tableau 20 ci-après présente les VTR disponibles pour les substances étudiées qui présentent des effets à seuil ou sans seuil pour la voie respiratoire.

**Tableau 20 : VTR pour voie respiratoire**

Composés	N° CAS	Organe Cible	Avec seuil ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Source	Organe Cible	Sans seuil ( $\mu\text{g.m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$ )	Source
<b>HYDROCARBURES</b>							
TPH aromatic C10-C12			200	TPH CWG 1997			
TPH aromatic C12-C16			200	TPH CWG 1997			
TPH aromatic C16-C20							
TPH aromatic C21-C40							
TPH aliphatic C10-C12			1000	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C12-C16			1000	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C16-C35							
<b>HAP</b>							
Naphtalène	91-20-3	Poumon/Nez	37	ANSES 2013/INERIS	Poumon/Nez	0,0000056	ANSES 2013/INERIS
Acénaphthylène	208-96-8						
Acénaphthène	83-32-9					$6.10^{-7}$	INERIS 2018
Fluorène	86-73-7						
Anthracène	120-12-7					$6.10^{-6}$	INERIS 2018
Benzo(a)anthracène	56-55-3					0,00011	OEHHA 1999
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Fœtus	0,002	US EPA 2017	Poumon	0,0006	US EPA 2017
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2					0,00011	OEHHA 1999
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2					11	INERIS 2003
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9					0,00011	OEHHA 1999
Chrysène	218-01-9					0,000011	INERIS 2003/OEHHA 2009
Di benzo(a,h)anthracène	53-70-3					0,0012	OEHHA 1999
Fluoranthène	206-44-0						
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5					0,00011	OEHHA 1999
Phénanthrène	85-01-8						
Pyrène	129-00-0						
<b>METEAUX LOURDS</b>							
Antimoine	7440-36-0	Poumons	0,3	ATSDR 2019			
Cuivre	7440-50-8		1	RIVM 2001			
Mercuré	7439-97-6	Cerveau	0,03	OEHHA 2008			
Plomb	7439-92-1		0,5	OMS 2000	Reins	0,000012	OEHHA 2011
Zinc	7440-66-6						



Le Tableau 21 présente les VTR disponibles pour les substances étudiées qui présentent des effets à seuil ou sans seuil pour la voie Orale.

**Tableau 21 : VTR pour voie orale**

Composés	N° CAS	Organe Cible	Avec seuil (mg/kg/j)	Source	Organe Cible	Sans seuil (mg/kg/j) <sup>-1</sup>	Source
<b>HYDROCARBURES</b>							
TPH aromatic C10-C12			0,04	TPH CWG 1997			
TPH aromatic C12-C16			0,04	TPH CWG 1997			
TPH aromatic C16-C20			0,03	TPH CWG 1997			
TPH aromatic C21-C40			0,03	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C10-C12			0,1	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C12-C16			0,1	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C16-C21			2	TPH CWG 1997			
TPH aliphatic C21-C35			2	TPH CWG 1997			
<b>HAP</b>							
Naphtalène	91-20-3	Masse corporelle	0,02	US EPA 1998	Poumon/Nez	0,12	OEHHA 2011
Acénaphthylène	208-96-8					0,05	RIVM, 2001
Acénaphthène	83-32-9	Foie	0,06	US EPA 1990		0,001	INERIS 2018
Fluorène	86-73-7	Sang	0,04	US EPA 1990			
Anthracène	120-12-7		0,3	US EPA 1990		0,01	INERIS 2018
Benzo(a)anthracène	56-55-3					5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Cerveau	0,0003	US EPA 2017	Foie/Estomac	1	US EPA 2017
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2					5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2		0,03	RIVM 2001		0,002	INERIS 2003
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9					5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Chrysène	218-01-9					0,05	INERIS 2003/RIVM 2001
Di benzo(a,h)anthracène	53-70-3					5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Fluoranthène	206-44-0	Foie	0,04	US EPA 1990		5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5					5.10 <sup>-6</sup>	RIVM, 2003
Phénanthrène	85-01-8		0,04	RIVM 2001			
Pyrène	129-00-0	Rein	0,03	US EPA, 1990		0,5	RIVM 2001
<b>METALLS LOURDS</b>							
Antimoine	7440-36-0	Sang	0,006	OMS 2003			
Cuivre	7440-50-8	Digestive	0,141	Santé Canada 2010			
Mercur	7439-97-6	Reins	0,00066	INERIS 2013			
Plomb	7439-92-1		0,0036	RIVM 2001	Reins	0,0085	OEHHA 2011
Zinc	7440-66-6		0,3	US EPA 2005			

On observe que certaines substances considérées dans les données de départ ne possèdent pas de VTR pour une ou plusieurs voies d'exposition retenues et pour l'un ou l'autre type d'effet. Dans ce cas, on ne les prend pas en considération pour le calcul des risques pour les voies d'exposition et le type d'effet concernés.





## 6.3. Calcul des risques sanitaires

### 6.3.1. Scénario intérieur

#### Quotient de Danger (QD)

Travailleur			Enfant		
Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL	Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Acenaphthene	ND	ND	Acenaphthene	ND	ND
Acenaphthylene	ND	ND	Acenaphthylene	ND	ND
Anthracene	ND	ND	Anthracene	ND	ND
Antimony	0,0E+00	ND	Antimony	0,0E+00	ND
Benz(a)anthracene	ND	ND	Benz(a)anthracene	ND	ND
Benzo(a)pyrene	3,6E-05	3,6E-05	Benzo(a)pyrene	4,9E-07	4,9E-07
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	Benzo(b)fluoranthene	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND	Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	Benzo(k)fluoranthene	ND	ND
Chrysene	ND	ND	Chrysene	ND	ND
Copper	0,0E+00	ND	Copper	0,0E+00	ND
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND
Fluoranthene	ND	ND	Fluoranthene	ND	ND
Fluorene	ND	ND	Fluorene	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND
Lead	0,0E+00	ND	Lead	0,0E+00	ND
Mercury (inorganic)	2,9E-02	2,9E-02	Mercury (inorganic)	3,9E-04	3,9E-04
Naphthalene	1,1E-04	1,1E-04	Naphthalene	1,4E-06	1,4E-06
Phenanthrene	ND	ND	Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	ND	ND	Pyrene	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	9,9E-03	9,9E-03	TPH Aliphatic C10-12	1,4E-04	1,4E-04
TPH Aliphatic C12-16	9,2E-04	9,2E-04	TPH Aliphatic C12-16	1,3E-05	1,3E-05
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	ND	TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	ND	TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	TPH Aromatic C21-35	ND	ND
Zinc	ND	ND	Zinc	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>4,0E-02</b>	<b>4,0E-02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5,4E-04</b>	<b>5,4E-04</b>

#### Excès de Risque Individuel (ERI)

Travailleur			Enfant		
Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL	Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Acenaphthene	1,9E-11	1,9E-11	Acenaphthene	6,0E-14	6,0E-14
Acenaphthylene	ND	ND	Acenaphthylene	ND	ND
Anthracene	6,6E-11	6,6E-11	Anthracene	2,1E-13	2,1E-13
Antimony	ND	ND	Antimony	ND	ND
Benz(a)anthracene	5,0E-11	5,0E-11	Benz(a)anthracene	1,6E-13	1,6E-13
Benzo(a)pyrene	2,6E-11	2,6E-11	Benzo(a)pyrene	8,5E-14	8,5E-14
Benzo(b)fluoranthene	2,3E-10	2,3E-10	Benzo(b)fluoranthene	7,4E-13	7,4E-13
Benzo(g,h,i)perylene	1,3E-07	1,3E-07	Benzo(g,h,i)perylene	4,0E-10	4,0E-10
Benzo(k)fluoranthene	9,2E-13	9,2E-13	Benzo(k)fluoranthene	3,0E-15	3,0E-15
Chrysene	2,3E-11	2,3E-11	Chrysene	7,4E-14	7,4E-14
Copper	ND	ND	Copper	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	2,9E-14	2,9E-14	Dibenz(a,h)anthracene	9,3E-17	9,3E-17
Fluoranthene	ND	ND	Fluoranthene	ND	ND
Fluorene	ND	ND	Fluorene	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	4,1E-14	4,1E-14	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,3E-16	1,3E-16
Lead	0,0E+00	ND	Lead	0,0E+00	ND
Mercury (inorganic)	ND	ND	Mercury (inorganic)	ND	ND
Naphthalene	1,3E-08	1,3E-08	Naphthalene	4,3E-11	4,3E-11
Phenanthrene	ND	ND	Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	ND	ND	Pyrene	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	TPH Aliphatic C10-12	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	TPH Aromatic C21-35	ND	ND
Zinc	ND	ND	Zinc	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>1,4E-07</b>	<b>1,4E-07</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4,5E-10</b>	<b>4,5E-10</b>



### 6.3.2. Scénario extérieur avec recouvrement

#### Quotient de Danger (QD)

Travailleur			
Chemical	Inhalation of Outdoor Air	Inhalation of Particulates	TOTAL
Acenaphthene	ND	ND	ND
Acenaphthylene	ND	ND	ND
Anthracene	ND	ND	ND
Antimony	0,0E+00	5,9E-16	5,9E-16
Benz(a)anthracene	ND	ND	ND
Benzo(a)pyrene	9,7E-07	1,2E-13	9,7E-07
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND
Chrysene	ND	ND	ND
Copper	0,0E+00	6,7E-15	6,7E-15
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND
Fluoranthene	ND	ND	ND
Fluorene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND
Lead	0,0E+00	1,2E-14	1,2E-14
Mercury (inorganic)	5,3E-04	1,2E-16	5,3E-04
Naphthalene	1,7E-06	3,5E-19	1,7E-06
Phenanthrene	ND	ND	ND
Pyrene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	3,6E-05	8,1E-19	3,6E-05
TPH Aromatic C12-16	6,1E-05	1,1E-17	6,1E-05
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>6,3E-04</b>	<b>1,4E-13</b>	<b>6,3E-04</b>

Enfant			
Chemical	Inhalation of Outdoor Air	Inhalation of Particulates	TOTAL
Acenaphthene	ND	ND	ND
Acenaphthylene	ND	ND	ND
Anthracene	ND	ND	ND
Antimony	0,0E+00	3,2E-17	3,2E-17
Benz(a)anthracene	ND	ND	ND
Benzo(a)pyrene	5,3E-08	6,5E-15	5,3E-08
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND
Chrysene	ND	ND	ND
Copper	0,0E+00	3,6E-16	3,6E-16
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND
Fluoranthene	ND	ND	ND
Fluorene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND
Lead	0,0E+00	6,3E-16	6,3E-16
Mercury (inorganic)	2,9E-05	6,3E-18	2,9E-05
Naphthalene	9,2E-08	1,9E-20	9,2E-08
Phenanthrene	ND	ND	ND
Pyrene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	2,0E-06	4,4E-20	2,0E-06
TPH Aromatic C12-16	3,3E-06	5,9E-19	3,3E-06
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>3,5E-05</b>	<b>7,5E-15</b>	<b>3,5E-05</b>



## Excès de Risque Individuel (ERI)

Travailleur			
Chemical	Inhalation of Outdoor Air	Inhalation of Particulates	TOTAL
Acenaphthene	3,1E-13	9,8E-25	3,1E-13
Acenaphthylene	ND	ND	ND
Anthracene	1,4E-12	5,7E-23	1,4E-12
Antimony	ND	ND	ND
Benz(a)anthracene	1,2E-12	7,7E-21	1,2E-12
Benzo(a)pyrene	7,1E-13	8,6E-20	7,1E-13
Benzo(b)fluoranthene	5,3E-12	1,4E-20	5,3E-12
Benzo(g,h,i)perylene	3,1E-09	1,2E-15	3,1E-09
Benzo(k)fluoranthene	2,7E-14	6,5E-21	2,7E-14
Chrysene	5,3E-13	6,7E-22	5,3E-13
Copper	ND	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	1,1E-14	2,4E-20	1,1E-14
Fluoranthene	ND	ND	ND
Fluorene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,1E-15	1,5E-20	1,1E-15
Lead	0,0E+00	4,2E-20	4,2E-20
Mercury (inorganic)	ND	ND	ND
Naphthalene	7,0E-11	1,5E-23	7,0E-11
Phenanthrene	ND	ND	ND
Pyrene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>3,2E-09</b>	<b>1,2E-15</b>	<b>3,2E-09</b>

Enfant			
Chemical	Inhalation of Outdoor Air	Inhalation of Particulates	TOTAL
Acenaphthene	5,0E-15	1,6E-26	5,0E-15
Acenaphthylene	ND	ND	ND
Anthracene	1,9E-14	7,7E-25	1,9E-14
Antimony	ND	ND	ND
Benz(a)anthracene	1,6E-14	9,9E-23	1,6E-14
Benzo(a)pyrene	9,1E-15	1,1E-21	9,1E-15
Benzo(b)fluoranthene	6,8E-14	1,8E-22	6,8E-14
Benzo(g,h,i)perylene	4,0E-11	1,5E-17	4,0E-11
Benzo(k)fluoranthene	3,5E-16	8,4E-23	3,5E-16
Chrysene	6,8E-15	8,6E-24	6,8E-15
Copper	ND	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	1,5E-16	3,1E-22	1,5E-16
Fluoranthene	ND	ND	ND
Fluorene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,4E-17	1,9E-22	1,4E-17
Lead	0,0E+00	5,4E-22	5,4E-22
Mercury (inorganic)	ND	ND	ND
Naphthalene	2,4E-12	5,0E-25	2,4E-12
Phenanthrene	ND	ND	ND
Pyrene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND
<b>TOTAL</b>	<b>4,2E-11</b>	<b>1,5E-17</b>	<b>4,2E-11</b>



### 6.3.3. Interprétation des Quotients de Danger (QD) et des Excès de Risque Individuel (ERI)

#### ➤ Scénario intérieur

L'ERI et le QD des composés respectent leur valeur de  $10^{-6}$  et de 0,2. **Le risque est donc acceptable pour ce scénario pour le personnel et les visiteurs (adulte et enfant).**

#### ➤ Scénario extérieur avec recouvrement

L'ERI et le QD des composés respectent leur valeur de  $10^{-6}$  et de 0,2. **Le risque est donc acceptable pour ce scénario pour le personnel et les visiteurs (adulte et enfant).**

La méthodologie nationale donne les actions à engager lorsque le QD et l'ERI ne respectent pas leur valeur de 0,2 et  $10^{-6}$ , ce qui est le cas pour le personnel à l'extérieur sans recouvrement.

## 6.4. Discussion des incertitudes

Au vu des nombreuses hypothèses nécessairement prises dans le cadre de l'évaluation des risques, des imprécisions et incertitudes existent. Celles-ci doivent également faire l'objet d'une évaluation afin de pouvoir conclure.

L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs de risques majorantes.

### 6.4.1. Incertitudes liées au modèle

La source sol est considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la source des sols en fonction du temps du fait de la volatilisation des composés de la source vers l'extérieur, ce choix est fortement conservatoire pour les composés les plus volatils et majore les résultats obtenus.

La présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par la présence de polluants en concentration supérieure au bruit de fond du site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude.

Nous rappellerons cependant que :

- La présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, ...) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations, non liées au site, n'est pas prise en compte ;
- La présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc) issus des aménagements, non liées au site, n'est pas prise en compte.

### 6.4.2. Incertitudes liées aux substances et aux concentrations retenues

La modélisation a été établie sur la base des résultats des rapports d'Irepolia et de Ginger Burgeap de 2006, 2008, 2018, 2019 et 2020. La réalisation de sondages ponctuels ne permet pas de s'affranchir de



toute anomalie d'extension limitée subsistante, qui n'aurait pas été appréhendée au travers des investigations.

Lors de la sélection des substances, on considère la concentration maximale pour chaque substance étudiée au droit de la zone concernée. Cela revient à prendre l'hypothèse que ces concentrations se rencontrent dans l'ensemble de la zone impactée, ce qui renforce le caractère conservatoire de la modélisation.

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, les valeurs validées par l'INERIS ou l'ANSES sont choisies en priorité. Ensuite, ce sont les valeurs les plus récentes et émanant des organismes internationalement reconnus puis en cas d'absence d'études : les valeurs anciennes ou émanant d'organismes peu reconnus.

En résumé, malgré l'existence d'incertitudes sur les VTR (concernant le degré de confiance accordée aux études, les facteurs de sécurité, les désaccords entre experts toxicologues), l'approche que nous avons retenue rend compte des connaissances scientifiques et techniques du moment et sont sécuritaires.

Il est à noter que les calculs de risque ont été réalisés avec les connaissances scientifiques du moment. Certaines substances, bien que présentes dans les sols, n'ont pas été retenues dans les calculs à défaut de VTR disponibles dans la bibliographie ou parce qu'elles sont considérées comme non pertinentes pour les voies d'exposition considérées.

---

#### 6.4.3. Incertitudes liées aux paramètres de modélisation

Pour le calcul de l'inhalation de l'air, on considère les paramètres standards du modèle.

Des hypothèses ont été prises afin de définir certains paramètres inconnus. Ces hypothèses sont prises de manière à ce que l'évaluation des risques soit conservatoire. La mesure de ces paramètres permettrait d'affiner la modélisation et de la faire tendre davantage vers la situation réelle.

La modélisation est établie pour le scénario envisagé et pour la situation environnementale telle qu'elle a été établie par le diagnostic. Dans le cas où l'aménagement du site diffère, ou dans le cas où la situation environnementale ou sa connaissance est modifiée, une modélisation complémentaire devrait idéalement être réalisée afin d'identifier les risques potentiels pour la santé liés à la présence de concentrations résiduelles dans le sol.

---

#### 6.4.4. Incertitudes liées aux données de base

- Les sols : Nous avons pris le type de sols rencontré lors des sondages. Les caractéristiques sont celles usuellement prises pour les sables, dans les catégories de sol proposées dans le logiciel.
- Les cibles : Pour les durées d'exposition, nous avons pris les cas les plus défavorables pour chaque cible identifiée.
- Les volumes : Pour la modélisation de la migration des vapeurs, nous avons pris en compte des dimensions de boîte les plus restrictives pour les scénarii extérieurs : boîte plus petite que l'étendue totale de la pollution d'une hauteur de 2 m ; pour le scénario intérieur pièce de 10 m<sup>2</sup> pour un bureau.



- La distance source/cible : a été adaptée au scénario (épaisseur de béton,) afin de majorer les risques.
- Surface de la pollution et étendue : nous avons pris la densité des sondages ramenés à la surface du terrain. L'épaisseur est celle correspondant aux échantillons les plus impactés soit 1,0 m.
- Les concentrations choisies : nous avons choisi les concentrations les plus importantes obtenues lors des constats réalisés en 2006, 2008, 2018, 2019 et 2020 au droit du bâtiment et des espaces extérieurs.
- La source de pollution est fortement majorée puisqu'elle intègre toutes les contaminations les plus importantes (HCT, HAP, COHV et métaux lourds) et appliquées à l'ensemble de la zone polluée.

#### 6.4.5. Incertitudes liées au calcul de l'exposition

Conformément à ce qui est préconisé pour la mission A320 (analyse des enjeux sanitaires) de la norme AFNOR NF X 31-620, on ne procède pas à l'additivité des risques liés aux différentes substances d'une même voie d'exposition ni à l'additivité des risques entre les différentes voies d'exposition.

Cependant la méthodologie nationale des sites et sols pollués prend en compte cette additivité en cas d'intervalle de gestion des risques.

#### 6.4.6. Conclusion sur les incertitudes

On constate que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués car basés sur des hypothèses. Pour certains d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes. La démarche générale adoptée va dans le sens d'une surestimation probable des risques. Cette approche est donc conservatoire.

### **6.5. Synthèse de l'analyse des enjeux sanitaires**

Nous avons effectué une ARR prédictive du site et avons calculé les risques pour deux scénarii :

- Exposition du personnel et des visiteurs (adultes et enfants) en intérieur,
- Exposition des futurs résidents /personnel (adultes et enfants) en extérieur avec recouvrement.

Nous avons utilisé les hypothèses les plus pénalisantes pour s'assurer de l'innocuité de la pollution du site vis-à-vis des populations qui le fréquenteront (personnel et visiteur). Si les aménagements du site ou son utilisation doivent être différents des hypothèses envisagées dans cette étude, les résultats de celle-ci ne seront plus valables, notamment en cas de changement d'usage.

D'après les hypothèses prises en compte, **les risques calculés sont acceptables pour les 2 scénarii** en prenant en compte les seuils d'intervalle de risque de  $QD = 1$  et  $ERI = 10^{-5}$ .



Il est à rappeler que compte tenu de la présence d'un ERP au droit du site, pour une approche sécuritaire, nous préconisons un recouvrement des sols par de la terre végétale saine, de l'enrobé ou du béton.





## 7. CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE

A la demande de la société Bouygues Construction, un plan de gestion simplifié a été réalisé au droit du site localisé boulevard Marie Stuart à Orléans (45) afin de définir les actions à réaliser et le coût associé pour rendre compatible le site avec son futur usage d'archives départementales.

Plusieurs diagnostics ont été réalisés par les sociétés Irepolia et Ginger Burgeap en 2006, 2008, 2018, 2019 et 2020. Ces études ont mis en évidence des contaminations en HCT, HAP et métaux lourds au droit du site, ainsi que la présence de traces de métaux lourds et de COHV dans les eaux souterraines.

Une ARR prédictive a donc été réalisée pour deux scénarii :

- Exposition du personnel et des visiteurs (adultes et enfants) en intérieur,
- Exposition des futurs résidents /personnel (adultes et enfants) en extérieur avec recouvrement.

D'après les hypothèses prises en compte, **les risques calculés sont acceptables pour les 2 scénarii** en prenant en compte les seuils d'intervalle de risque de QD = 1 et ERI =  $10^{-5}$ .

Il est à rappeler que l'ARR a été réalisée avec l'hypothèse d'un recouvrement au droit des futurs espaces verts. Compte tenu de la présence d'un ERP au droit du site, pour une approche sécuritaire, il a été préconisé de réaliser un recouvrement des espaces extérieurs par de la terre végétale saine, de l'enrobé ou du béton.

Le plan de gestion simplifié a conclu à l'absence de surcoût d'évacuation des terres de terrassement lié à la pollution et 4,5 k€ HT de recouvrement des sols **en réalisant une optimisation des terres évacuées**.

En cas d'optimisation de la gestion des terres, les principales restrictions d'usage à mettre en œuvre seront :

- Conservation de la mémoire des mouvements de terre ainsi que de l'ensemble des restrictions mises en place au droit du site dans les actes notariaux,
- Installation de réseaux protégés des vapeurs de polluants (conduite métallique étanche aux produits organiques de type canalisation aluminium ou triple couche) et pose de ceux-ci dans des remblais non pollués,
- Conservation du piézomètre existant après les travaux ou remplacement de celui-ci à l'identique dans le cas où il serait détruit,
- Absence d'usage des eaux souterraines au droit du site.

Par ailleurs, une réception de travaux avec prélèvements composites des bords et fonds de fouille sera à réaliser après mise en œuvre de la plateforme afin de vérifier l'état de la qualité des sols et la conformité des travaux. Dans le cas où les teneurs seraient supérieures à celles utilisées pour les calculs de risque du présent rapport, une mise à jour de l'ARR sera à réaliser.



### Conditions particulières

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne peut prétendre traduire de manière continue la nature et l'état de l'ensemble de la zone d'étude.

La réalisation de sondages ponctuels ne permet pas de s'affranchir de toute anomalie d'extension limitée subsistante, qui n'aurait pas été appréhendée au travers des investigations.

La mise en évidence de remblai n'exclue pas la présence de produits amiantés qui n'ont pas fait l'objet d'investigations particulières dans le cadre de ce diagnostic.

Le présent rapport, ainsi que tous les documents annexés, constituent un ensemble indissociable.

En conséquence, la société ECR Environnement se dégage de toute responsabilité dans le cas d'une communication ou reproduction partielle de cette étude et de ses annexes. Il en est de même pour toute interprétation au-delà des termes employés par ECR Environnement.



## ANNEXES

Annexe 1 : Maillage du bilan coûts/avantages (1 page)

Annexe 2 : Plan de terrassements phase 1 – Déblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)

Annexe 3 : Plan de terrassements phase 2 – Remblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)

Annexe 4 : Coupes longitudinales (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)

Annexe 5 : Tableau de répartition des mouvements des terres suivant les mailles (document communiqué par Bouygues Construction) (1 page)

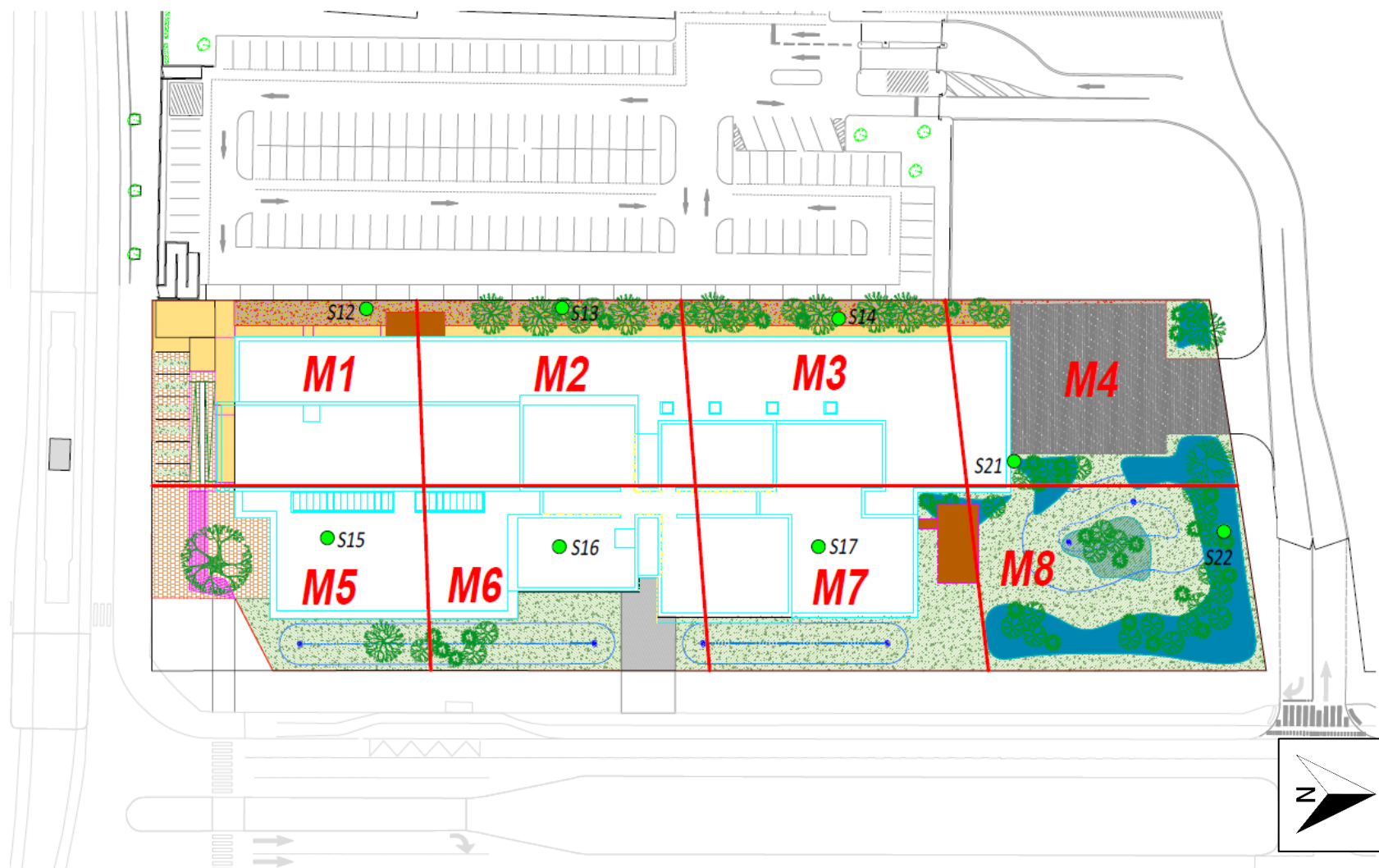


## **Annexe 1**

---

### **Maillage du bilan coûts/avantages**





## **Annexe 2**

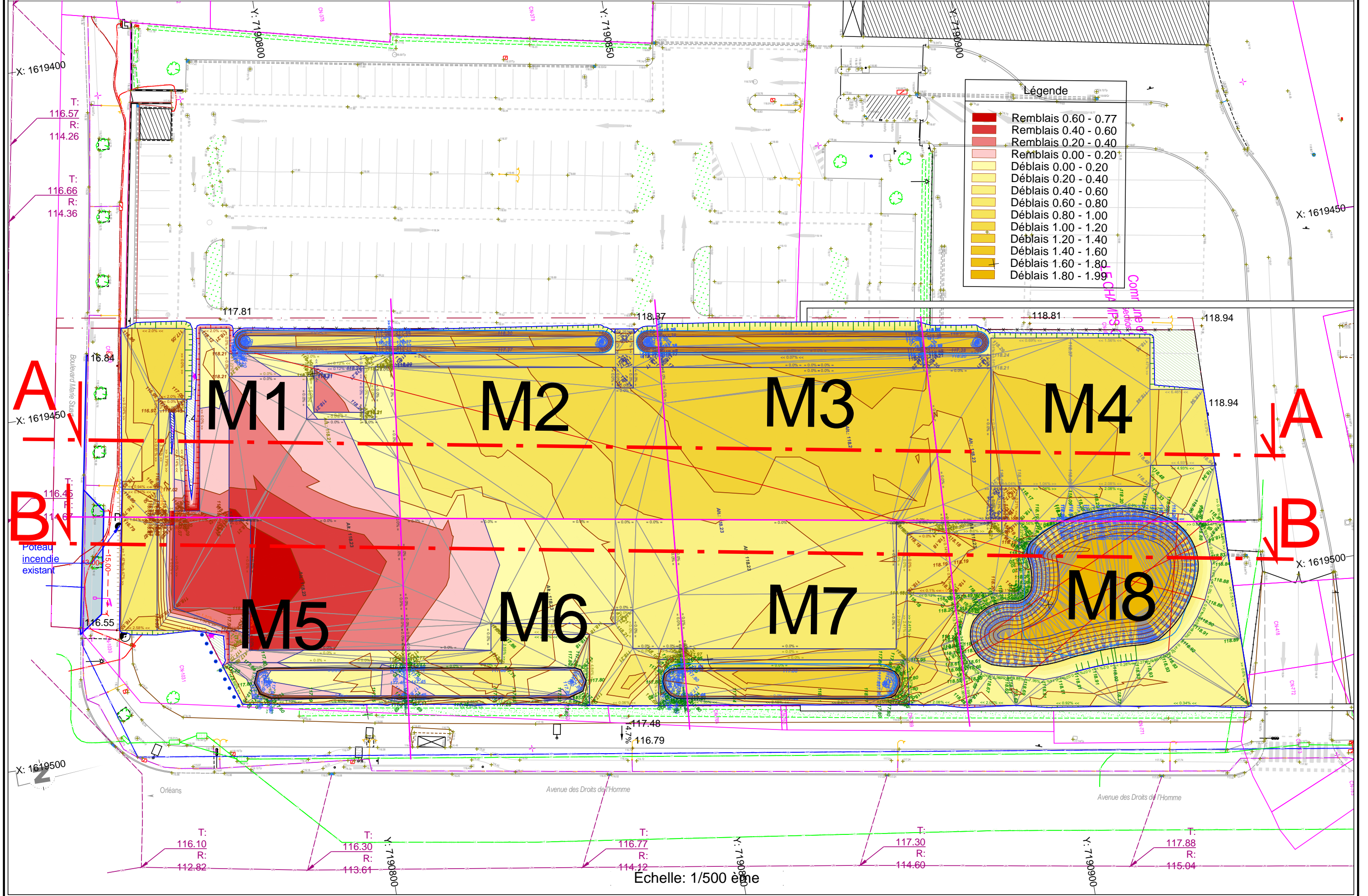
---

### **Plan de terrassements phase 1 – Déblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction)**





# ARCHIVES DEPARTEMENTALES - TERRASSEMENTS PHASE 1 - DEBLAIS 25/08/2020



## **Annexe 3**

---

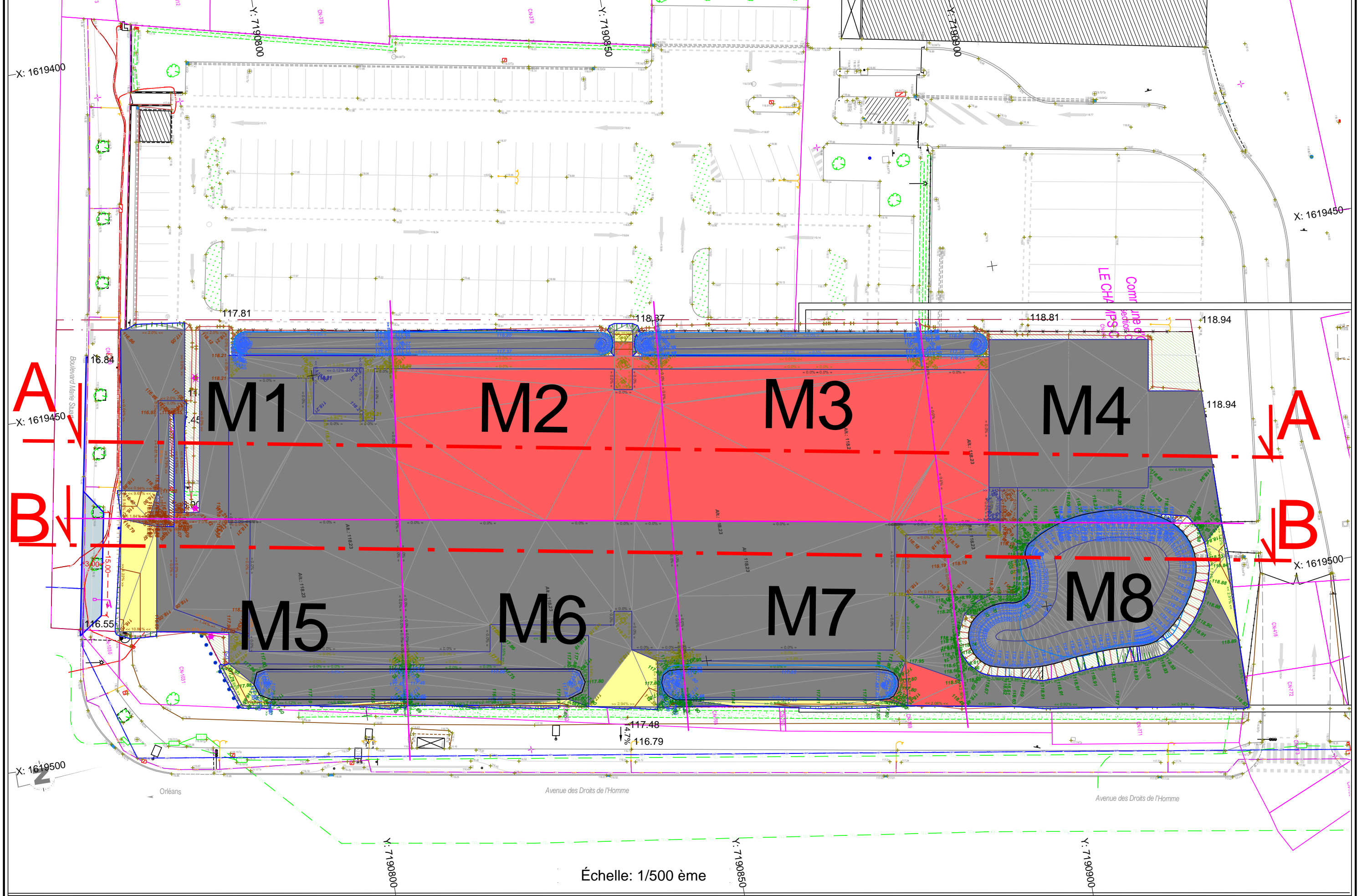
### **Plan de terrassements phase 2 – Remblais 21/08/2020 (document communiqué par Bouygues Construction)**





# ARCHIVES DEPARTEMENTALES - TERRASSEMENTS PHASE 2-REMBLAIS

25/08/2020



Échelle: 1/500 ème

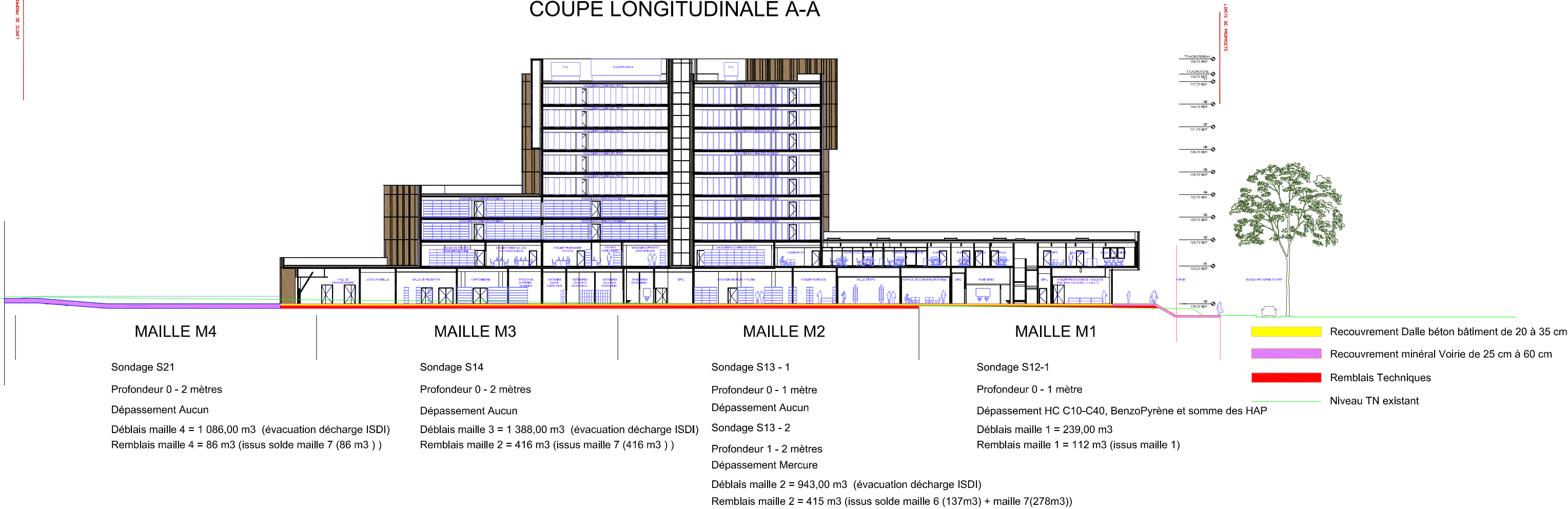
## **Annexe 4**

---

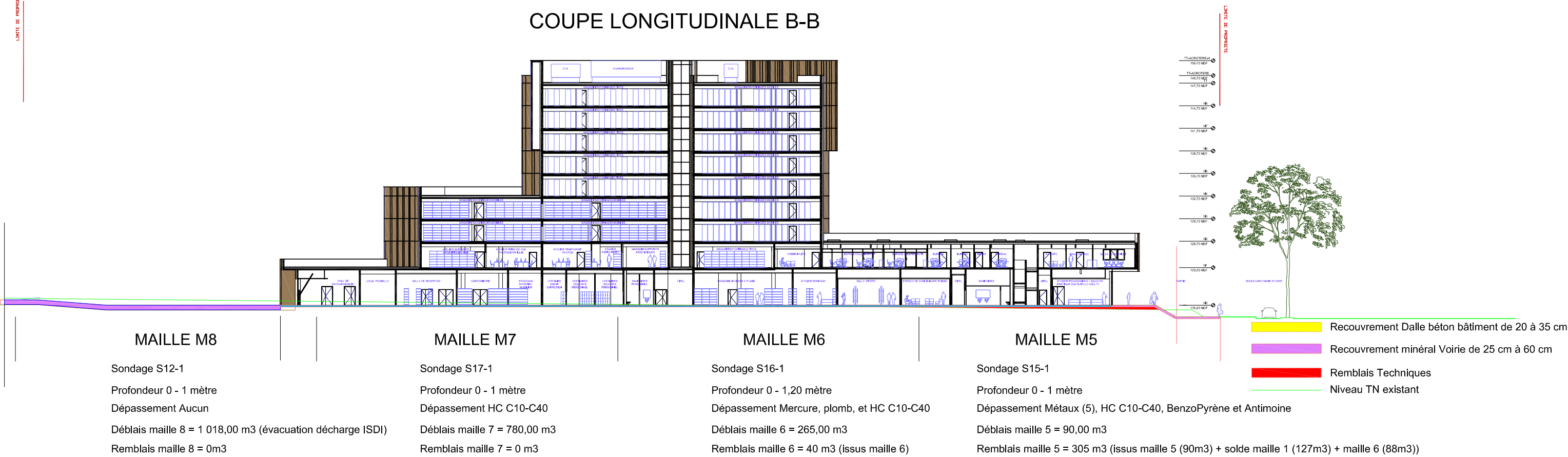
### **Coupes longitudinales (document communiqué par Bouygues Construction)**



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE LONGITUDINALE B-B



## **Annexe 5**

---

### **Tableau de répartition des mouvements des terres suivant les mailles (document communiqué par Bouygues Construction)**



Archives Départementales du Loiret - Tableau de répartition des mouvements des terres suivant mailles

Maille	Déblais	Sous type d'ouvrages définitifs		remblais	sous-detail remblais	Sous type d'ouvrages définitif		Remblais Provenance	Déblais évacués	Filière d'évacuation déblais excédentaires
M1	239,00	bâtiment	7,00	112,00						
		Voirie	200,00		112,00	bâtiment	78,00	M1		
		Espaces verts	32,00			Voirie	34,00			
						Espaces verts	0,00			
M5	90,00	bâtiment	0,00	305,00						
		Voirie	80,00							
		Espaces verts	10,00		90,00	bâtiment	90,00	M5		
						Voirie	0,00			
					127,00	Espaces verts	0,00	M1		
						bâtiment	118,00			
						Voirie	9,00			
					88,00	Espaces verts	0,00	M6		
						bâtiment	0,00			
						Voirie	88,00			
						Espaces verts	0,00			
M6	265,00	bâtiment	133,00	40,00						
		Voirie	78,00							
		Espaces verts	54,00		40,00	bâtiment	40,00	M6		
						Voirie	0,00			
						Espaces verts	0,00			
M7	780,00	bâtiment	355,00							
		Voirie	133,00							
		Espaces verts	292,00							
M8	1 018,00	bâtiment	0,00						1 018,00	ISDI
		Voirie	105,00							
		Espaces verts	913,00							
M2	943,00	bâtiment	739,00	415,00					943,00	ISDI
		Voirie	98,00							
		Espaces verts	106,00		137,00	bâtiment	137,00	M6		
						Voirie	0,00			
						Espaces verts	0,00			
					278,00	bâtiment	278,00	M7		
						Voirie	0,00			
						Espaces verts	0,00			
M3	1 388,00	bâtiment	1 081,00	416,00					1 388,00	ISDI
		Voirie	110,00							
		Espaces verts	197,00		416,00	bâtiment	416,00	M7		
						Voirie	0,00			
						Espaces verts	0,00			
M4	1 086,00	bâtiment	214,00	86,00					1 086,00	ISDI
		Voirie	722,00							
		Espaces verts	150,00		86,00	bâtiment	86,00	M7		
						Voirie				
						Espaces verts				
	5 809,00		5 809,00	1 374,00	1 374,00		1 374,00		4 435,00	