

# Notre Expertise

Les Fabriques  
Lot 5C2 à MARSEILLE (13)  
Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires



**ENVISOL**  
Conseil & Ingénierie

Sites et Sols Pollués

**Rapport**

RESOLVE – Les Fabriques Lot 5C2

Affaire : A-2006-341

Rapport : R-VL-2008-3b

Date : 15.09.2020

[www.envisol.fr](http://www.envisol.fr)





## FICHE ADMINISTRATIVE DU DOSSIER



Siège social	Rapport établi par l'agence
2-4 rue Hector Berlioz 38 110 LA TOUR DU PIN Tel : 04 74 83 62 16 Fax : 04 74 33 97 83 SIRET : 512 308 321 00052 / APE :7112 B	Agence Sud Est 190 rue Topaze 13 510 EGUILLES Tel : 06 64 23 79 66 SIRET : 512 308 321 00078 / APE :7112 B



### Suivi :

Version	Date	Suivi des modifications ou observations
Version a	09/09/2020	Sans objet
Version b	15/09/2020	Intégration de précisions



### L'équipe projet :

Ingénieur d'études	Chef de projet	Superviseur
Véronique LAGERON Mail : v.lageron@envisol.fr Tel : 06 70 18 84 57	Emmanuelle DEVAUX Mail : e.devaux@envisol.fr Tel : 06 64 23 79 66	Aurélie MALVOISIN Mail : a.malvoisin@envisol.fr Tel : 02 32 10 73 31
		



### Référentiels encadrant le dossier :



Certification de service des prestataires  
dans le domaine des sites et sols  
pollués – Domaines A et B - [www.lne.fr](http://www.lne.fr)

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>SOURCES D'INFORMATIONS</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>LOCALISATION DU SITE</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>AMENAGEMENT FUTUR</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES</b> .....	<b>9</b>
6.1	PASSIF HISTORIQUE DES ALENTOURS DE LA ZONE D'ETUDE .....	9
6.2	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	10
6.3	ETUDES ENVIRONNEMENTALES ANTERIEURES .....	11
<b>7</b>	<b>SCHEMA CONCEPTUEL</b> .....	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES</b> .....	<b>18</b>
8.1	METHODOLOGIE – UTILISATION DU LOGICIEL ENVIRISK® .....	18
8.2	AMENAGEMENT ET MAILLAGE DU SITE D'ETUDE.....	18
8.2.1	<i>Aménagements envisagés</i> .....	18
8.2.2	<i>Maillage via le logiciel ENVIRISK</i> .....	19
8.3	COMPOSES ET CONCENTRATIONS RETENUES POUR LES CALCULS DE RISQUES SANITAIRES.....	19
8.4	MODELISATION ET EVALUATION DES RISQUES.....	21
8.4.1	<i>Outils de modélisation utilisés</i> .....	21
8.4.2	<i>Evaluation des expositions et quantification des risques</i> .....	22
8.5	VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE.....	23
8.6	PARAMETRES D'EXPOSITION .....	25
8.7	PARAMETRES RETENUS POUR LA MODELISATION DES TRANSFERTS .....	25
8.8	RESULTATS DE L'ETUDE DE RISQUES SANITAIRES.....	28
8.8.1	<i>Concentrations modélisées dans l'air intérieur</i> .....	28
8.8.2	<i>Quantification des risques sanitaires</i> .....	31
8.9	INCERTITUDES ET SENSIBILITE .....	33
8.9.1	<i>Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond</i> .....	34
8.9.2	<i>Choix des substances et concentrations</i> .....	34
8.9.3	<i>Toxicité des composés</i> .....	34
8.9.4	<i>Paramètres d'exposition</i> .....	35
8.9.5	<i>Paramètres du bâtiment</i> .....	35
8.9.6	<i>Caractéristiques des sols</i> .....	36
8.9.7	<i>Choix du logiciel en source de type fini ou infini</i> .....	36
8.9.8	<i>Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité</i> .....	36
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>36</b>



## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Localisation du site (source : Geoportail) .....	8
Figure 2 : Usages projetés par Marseille XXL au droit du lot 5C2 (Source : Marseille XXL, 2020)	9
Figure 3 : Localisation des sondages et des ouvrages réalisés au droit du lot 5C2 .....	14
Figure 4. Schéma conceptuel (usage sensible – logements collectifs + 1 à 2 niveaux de sous-sol) .....	17
Figure 5 : Maillage du site – usage de type logements en RdC sur un niveau de parking au droit du lot 5C2 .....	19
Figure 6 : Quotients de danger maximaux liés au système neurologique .....	32
Figure 7 : Excès de risques individuels maximaux .....	33

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Liste des exploitants et des activités exercées aux alentours du site classement ICPE .....	9
Tableau 2 : Principales caractéristiques et conclusions des diagnostics de pollution .....	12
Tableau 3 : Principaux impacts identifiés au droit du lot 5C2 .....	15
Tableau 4. Scénarii retenus .....	19
Tableau 5 : Caractéristiques des investigations de caractérisation des gaz du sol .....	20
Tableau 6 : Caractéristiques des piézaires implantés au droit du lot 5C2 .....	20
Tableau 7 : Concentrations maximales détectées dans les gaz du sol du lot 5C2 .....	21
Tableau 8. Valeurs toxicologiques retenues .....	24
Tableau 9. Scénarii retenus .....	25
Tableau 10 : Budget espace-temps retenu – lot 5C2 .....	25
Tableau 11. Paramètres d'entrée pour les sols .....	26
Tableau 12 : Paramètres d'entrée pour les fondations et les bâtiments .....	27
Tableau 13 : Concentrations modélisées dans l'air (mg/m <sup>3</sup> ) – Lot 5C2 .....	29
Tableau 14. Valeurs repères d'aide à la décision pour l'air ambiant intérieur .....	30
Tableau 15 : Quotients de danger obtenus - lot 5C2 .....	31
Tableau 16 : Sommes des quotients de danger par organes cibles .....	31
Tableau 17 : Excès de risques individuels - lot 5C2 .....	32
Tableau 18 : Sommes des excès de risques individuels .....	32

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1. Plan cadastral de la zone d'étude .....	8
Annexe 2. Propriétés physico chimiques et relations doses-effets des substances retenues ..	23



## RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE (1/2)

<b>Contexte</b>	<p>Préalablement à l'aménagement de l'Ecoquartier Les Fabriques consistant en la reconversion d'une vaste emprise anciennement industrielle aux abords du marché aux puces, XXL Marseille souhaite affiner l'état des lieux existant relatif à la qualité du sous-sol.</p> <p>Dans ce cadre, XXL Marseille, assisté de la société RESOLVE, Assistant à Maitrise d'Ouvrage Sites et Sols Pollués de XXL Marseille, a ainsi mandaté ENVISOL pour la réalisation de cet état des lieux.</p> <p>La présente mission concerne le lot 5C2 localisé en bordure Sud- Est de l'ensemble de l'opération Les Fabriques.</p>
<b>Site</b>	<p>Adresse : rue André ALLAR, MARSEILLE (13)          Surface : 4 450 m<sup>2</sup>          Description/usages : site désaffecté          Description/usages :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• au Sud, rue André Allar puis, des logements collectifs récemment édifiés,</li> <li>• à l'Est, lot 5C3 puis les emprises de l'ancienne société La Casincaise (transport frigorifique) et d'une ancienne concession automobile PEUGEOT, la rue de Lyon et au-delà des logements (partiellement abandonnés), commerces et une société de vente de pièces automobiles,</li> <li>• au Nord, bâtiment (1/4 Nord) de la société Ciffreo Bona (vente de matériaux de construction – actuellement désaffecté) et la société Resotainer (entreprise de location de containers),</li> <li>• à l'Ouest, l'ancien bâtiment de la société Loxam (location de matériel de chantier) et la société Resotainer (entreprise de location de containers).</li> </ul>
<b>Environnement du site</b>	<p>Lithologie rencontrée lors des sondages : remblais sablo-graveleux beige à noir jusqu'à 3,4 m au maximum puis argile ponctuellement sableuses et marnes ocre à noires.          Hydrogéologie : présence d'eaux souterraines à faible profondeur.</p>
<b>Contexte administratif</b>	<p>Le site est n'est pas référencé en tant qu'ICPE.</p>
<b>Investigations de terrain (2020) (1/2)</b>	<p><b>Sols :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Investigations</u> : réalisation de 8 sondages de sols jusqu'à une profondeur maximale de 6,2 m, à proximité de sondages antérieurs ayant présenté des impacts (dimensionnement) et au droit de secteurs non investigués jusqu'alors.</li> <li>• <u>Observations</u> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des constats organoleptiques suspects : constats d'odeurs d'hydrocarbures d'intensité légère à forte identifiées sur la majorité des sondages réalisés à partir de 0,45 m de profondeur environ et jusqu'à au moins 6,2 m (au-delà de l'atteinte de la zone saturée)</li> <li>○ Venue d'eaux souterraines à environ 2,3 m de profondeur au droit des sondages.</li> </ul> </li> <li>• <u>Résultats</u> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ impact en hydrocarbures dans les sols présents au niveau de l'emprise Loxam en partie Sud-Ouest du site entre 1,5 et 4,0 m de profondeur,</li> </ul> </li> </ul>



## RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE (2/2)

<p><b>Investigations de terrain (2020) (2/2)</b></p>	<p><b>Sols :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Résultats :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ présence de concentrations en métaux de l'ordre des anomalies modérées voire des fortes anomalies naturelles pour le cuivre, le mercure, le plomb, et le zinc à des localisations et profondeurs aléatoires comprises entre 0,05 et 4,0 m de profondeur,</li> <li>○ unique impact très ponctuel en HAP (naphtalène) au droit de l'emprise Loxam entre 1,5 et 4,0 m de profondeur,</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Gaz du sol :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Investigations :</b> pose de 2 piézaires jusqu'à une profondeur maximale entre 1,5 et 2,5 m Prélèvement de 4 piézaires (2 posés et 2 existants)</li> <li>• <b>Observations :</b> campagne de prélèvement par temps chaud et humide (température de 26°C et humidité moyenne de 88%) ;</li> <li>• <b>Résultats :</b> fort impact en hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol au Sud du site</li> </ul> <p><b>Eaux souterraines :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Investigations :</b> prélèvement de 1 piézomètres (Pz3)</li> <li>• <b>Observations :</b> eaux souterraines troubles avec de fortes odeurs d'hydrocarbures ;</li> <li>• <b>Résultats :</b> faible impact en arsenic et traces de composés organiques.</li> </ul>
<p><b>Evaluation Quantitative de Risques Sanitaires</b></p>	<p><b>Hypothèses retenues :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voie d'exposition : inhalation de substances volatiles</li> <li>• Usages : logements sur un niveau de parking</li> <li>• Polluants et concentrations : concentrations maximales détectées dans le milieu gaz du sol entre les deux campagnes réalisées (ERG 2017 et ENVISOL 2020)</li> </ul> <p><b>Résultats :</b></p> <p>Le site est compatible avec l'usage projeté sous réserve du respect des hypothèses constructives retenues (épaisseur dalle béton, dimension des pièces, taux de renouvellement de l'air, ...).</p>
<p><b>Conclusions et Recommandations</b></p>	<p>Dans le cadre de l'aménagement du Lot 5C2 en logements collectifs sur un niveau de parking souterrain (usage sensible), le site est compatible avec l'usage projeté sous réserve du respect des hypothèses constructives retenues (épaisseur dalle béton, taux de renouvellement de l'air). Il est toutefois recommandé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de procéder au retrait des matériaux fortement impactés en hydrocarbures,</li> <li>• en cas d'évacuation de matériaux hors site, de gérer les matériaux vers un centre de stockage agréé (après acceptation officielle du centre de stockage),</li> <li>• de procéder à une caractérisation de la qualité des eaux souterraines à l'échelle du quartier et notamment au droit du lot 5C2 via la mise en place de piézomètres complémentaires,</li> <li>• de mettre en place d'éventuels jardins potagers et/ou buissons fruitiers au sein de terres saines de 1 m d'épaisseur au minimum et d'envisager des espèces non comestibles pour les arbres fruitiers.</li> </ul>



# 1 CONTEXTE

Préalablement à l'aménagement de l'Ecoquartier Les Fabriques consistant en la reconversion d'une vaste emprise anciennement industrielle aux abords du marché aux puces, XXL Marseille souhaite affiner l'état des lieux existant relatif à la qualité du sous-sol.

Dans ce cadre, XXL Marseille, assisté de la société RESOLVE, Assistant à Maitrise d'Ouvrage Sites et Sols Pollués de XXL Marseille, a ainsi mandaté ENVISOL en juin 2020 pour la réalisation de cet état des lieux complémentaire.

Le présent rapport concerne le lot 5C2 localisé en bordure Sud-Sud-Est de l'ensemble de l'opération Les Fabriques. Les diagnostics de pollution ayant mis en évidence des impacts en hydrocarbures C10-C40 et en HAP en profondeur dans les sols, en arsenic dans les eaux souterraines, et en hydrocarbures aliphatiques volatiles dans les gaz du sol, ENVISOL a été sollicitée pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires afin de vérifier la compatibilité sanitaire entre l'état environnemental du site et le futur aménagement envisagé par Marseille XXL au droit du lot 5C2.

L'étude a été menée conformément à la méthodologie nationale relative à la gestion des Sites et Sols Pollués (textes d'avril 2017) et correspond à une prestation globale de type DIAG et aux prestations élémentaires A320 de la norme NFX 31-620-2 (décembre 2018).

**Ce rapport présente l'étude quantitative de risques sanitaires réalisée sur le lot 5C2 de l'opération Les Fabriques à MARSEILLE (13).**

## 2 OBJECTIFS

Les objectifs relatifs à la réalisation de la mission sont les suivants :

- établir le schéma conceptuel sur la base des investigations antérieures menées au droit du site ;
- définir les voies de transferts et les milieux d'exposition ainsi que les cibles potentielles ;
- évaluer la compatibilité sanitaire de la qualité du sous-sol du site avec les futurs usages envisagés.

## 3 SOURCES D'INFORMATIONS

Les documents consultés sont ceux communiqués à ENVISOL pour la réalisation de cette prestation :

- Diagnostic et Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) - document ERG Environnement (16MES227DaENV/NS/BT du 25/04/2017),
- Plan d'aménagement PPX Architectes du 09/03/2020
- Plan d'analyse des réseaux existant - document INGEROP du 02/06/2020 ;
- Diagnostic de pollution R-ED-2007-3b\_Resolve\_Marseille 5C2 du 28/07/2020.

Certains paramètres d'entrée retenus pour les calculs de risques sanitaires ont été fixés lors d'échanges de courriels entre le maître d'ouvrage Marseille XXL, l'assistant à la maîtrise d'ouvrage RESOLVE et la société ENVISOL.





## 4 LOCALISATION DU SITE

Le site est localisé sur la commune de Marseille (13).

L'adresse exacte est la suivante :

Rue André Allar  
13 015 MARSEILLE

Le lot 5C2 se trouve à la cote approximative comprise de + 14 m NGF (Nivellement Général de la France). Il ne présente pas de dénivelé.

Le terrain correspond aux parcelles cadastrales n°44, 46 et 47, (partielles) de la section 0K de la commune de Marseille. La superficie totale du terrain est de 4 450 m<sup>2</sup>.

### Annexe 1. Plan cadastral de la zone d'étude

Le Lot 5C2 est bordé par :

- Au Sud, par la rue André Allar puis, des logements collectifs récemment édifiés,
- A l'Est, le lot 5C3 puis les emprises de l'ancienne société La Casincaise (transport frigorifique) et d'une ancienne concession automobile PEUGEOT, la rue de Lyon et au-delà des logements (partiellement abandonnés), commerces et une société de vente de pièces automobiles,
- Au Nord, le bâtiment (1/4 Nord) de la société Ciffreo Bona (vente de matériaux de construction – actuellement désaffecté) et la société Resotainer (entreprise de location de containers),
- A l'Ouest, l'ancien bâtiment de la société Loxam (location de matériel de chantier) et la société Resotainer (entreprise de location de containers).

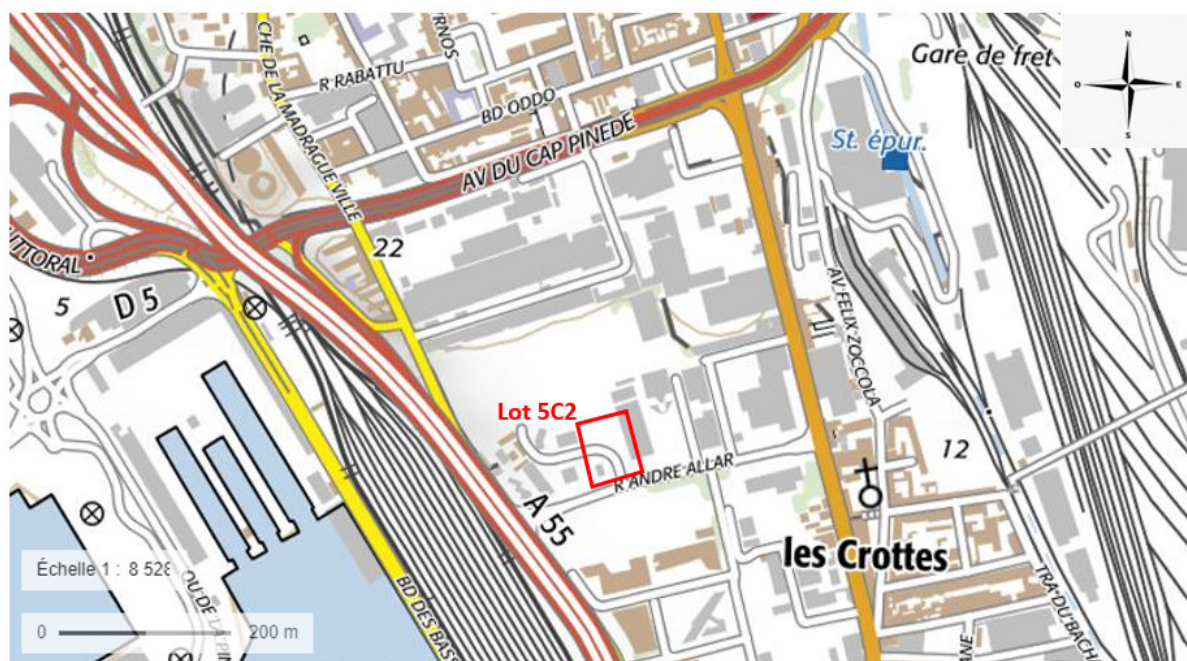


Figure 1. Localisation du site (source : Geoportail)



## 5 AMENAGEMENT FUTUR

Le Lot 5C2 est voué à être aménagé en logements collectifs comportant 1 à 2 niveaux de sous-sol (cf. figure suivante).

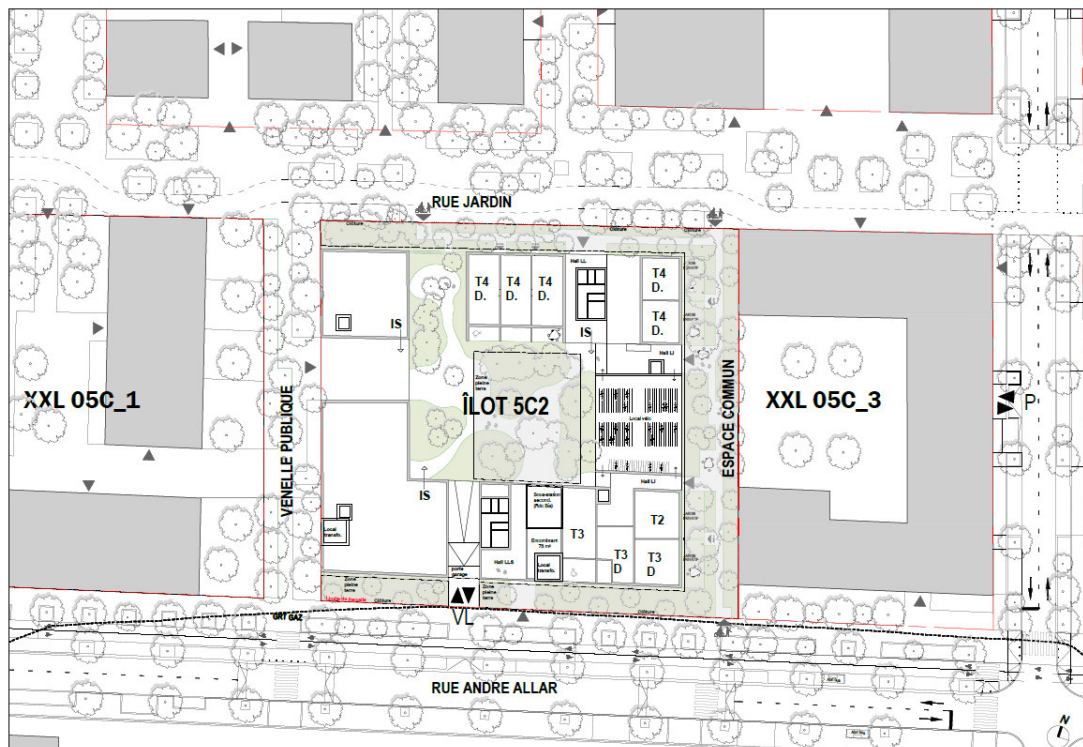


Figure 2 : Usages projetés par Marseille XXL au droit du lot 5C2 (Source : Marseille XXL, 2020)

## 6 SYNTHÈSE DES ETUDES ANTERIEURES

### 6.1 Passif historique des alentours de la zone d'étude

Une synthèse historique succincte a été élaborée par ERG Environnement en 2017 (Rapport 16MES227DaENV/NS/BT du 25/04/2017 « Diagnostic et Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) »).

Quatre sites BASIAS et un site BASOL sont recensés dans les alentours proches de la zone d'étude. Les principales caractéristiques de ces activités ayant pu impacter la qualité du sous-sol sont détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 1. Liste des exploitants et des activités exercées aux alentours du site classement ICPE

N° BASIAS (1/2)	Raison sociale et activités exercées	Situation	Information divers	Polluants potentiels
PAC1317426	Syndicat Mixte Equipement de Marseille Transformateur (PCB, pyralène)		-	HCT, HAP, PCB



N° BASIAS (2/2)	Raison sociale et activités exercées	Situation	Information divers	Polluants potentiels
PAC1302185	Jules PONCHON Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques) Activité soumise à autorisation	Activité terminée	1911- ? Stockage d'engrais	HCT, HAP, BTEX, COHV, ETM, cyanures
PAC1317494	Compagnie Générale des Pétroles, raffinerie et stockage d'hydrocarbures Stockage d'hydrocarbures et raffinage du pétrole	Activité terminée	1863 -1979	HCT, HAP, BTEX, COHV, ETM, cyanures, phénol, ETBE, MTBE, éthanol
PAC1317461	La Casincaise (site à l'étude) Transport routier et dépôt de liquide inflammable Stationnement et entretien de poids lourds	Activité terminée	-	HCT, BTEX, HAP, COHV, ETM
-	Ciffreo Bona Commerce de matériaux de construction	Activité terminée	Stockage de matériel divers	HCT, BTEX, ETM
PAC1302310	Dussard Stockage de produits chimiques Activité soumise à autorisation	Activité terminée	1971 - ?	HCT, HAP, BTEX, ETM, COHV
13.0104	Site ALLAR et divers services ERDF/GDF Usine de fabrication de gaz de houille Activité soumise à autorisation	Activité terminée	1855-1979	HCT, HAP, BTEX, ETM, COHV, cyanures, phénols

L'ancienne concession Peugeot localisée l'Est du site (au-delà du lot 4C1) et la société de vente de pièces automobiles détachées localisée à l'Est au niveau de la rue de Lyon sont également à considérées.

## 6.2 Contexte environnemental

Les données suivantes sont extraites du document Diagnostic et Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) - document ERG Environnement (16MES227HaENV/NS/BT du 25/04/2017).

Contexte environnemental (1/2)	
<b>Géologie</b>	- Remblais anthropiques limono-sableux - Matrice argileuse dans laquelle s'intercale de façon lenticulaire des grès, marnes, conglomérats ou poudingues
<b>Hydrogéologie</b>	Nappe du Stampien située à environ 2,5 m de profondeur et dont l'écoulement supposé s'effectue vers l'ouest-sud-ouest. La nappe du Stampien est jugée vulnérable aux pollutions de surface.  Le site est localisé en dehors de tout périmètre de protection de captages d'eaux. Aucun usage des eaux souterraines connu sur le site.



<b>Contexte environnemental (2/2)</b>	
<b>Hydrologie</b>	<p>Le ruisseau des Ayalades est localisé environ 800 m à l'est du site, avec un sens d'écoulement vers le Sud. De par sa distance et sa position par rapport au site d'étude, ce cours d'eau n'est pas considéré comme vulnérable vis-à-vis d'une pollution issue du site.</p> <p>La mer Méditerranée est localisée à environ 300 m à l'ouest du site étudié, en aval topographique supposé, et peut être potentiellement vulnérable vis-à-vis d'une pollution par des écoulements superficiels en cas de fortes pluies.</p>

## 6.3 Etudes environnementales antérieures

Plusieurs études environnementales ont été menées au droit du site d'étude :

- Diagnostic de pollution et plan de gestion, mené en 2017 par ERG Environnement pour le compte de BOUYGUES IMMOBILIER dans le cadre de la reconversion d'un ensemble d'îlots urbains (projet XXL) ;
- Diagnostic de pollution, mené en 2020 par ENVISOL pour le compte de Marseille XXL dans le cadre de la reconversion d'une ancienne zone industrielle.





**Tableau 2 : Principales caractéristiques et conclusions des diagnostics de pollution**

Bureau d'études (1/2)	Année	Mandataire	Type de mission	Zone concernée	Contexte	Investigations réalisées	Conclusions / Résultats obtenus
<b>ERG Environnement</b>	2019	BOUYGUES Immobilier	DIAG PG	LOT 05C	Reconversion d'une vaste emprise anciennement industrielle	<p><b>Sol</b> : 4 sondages de sol à la tarière mécanique à une profondeur maximale comprise entre 4,0 et 4,5 m</p> <p><b>Gaz du sol</b> : pose et prélèvement de 2 piézaires D5 et D13 (entre 1,7 et 1,9 m de profondeur)</p> <p><b>EQRS</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voie d'exposition retenue : inhalation de composés volatils à l'intérieur</li> <li>- Budget espace-temps le plus contraignant : usage résidentiel</li> <li>- Substances retenues : valeurs maximales détectées dans les gaz du sol au droit de l'ensemble du lot 05C</li> </ul>	<p><b>Observations de terrain :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remblais limoneux à sableux d'épaisseur variable (0,4 et 4 m)</li> <li>- Odeurs d'hydrocarbures au droit du sondage D12 entre 2 et 3 m</li> <li>- Refus sur marnes calcaires au droit du sondage D13 à 4,0 m</li> </ul> <p><b>Résultats d'analyse :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faible impact en hydrocarbures C10-C40 dans les sols en profondeur du site</li> <li>- impact en HAP dans les sols en profondeur au Nord</li> <li>- impact en hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol au centre du site</li> </ul> <p><b>Conclusions des calculs de risques sanitaires:</b></p> <p>Absence d'effets à risques pour les effets à seuil et sans seuil</p> <p><b>Recommandations :</b> en raison de la saturation des supports de prélèvement et de la variabilité des concentrations détectés dans les gaz du sol, une nouvelle campagne de caractérisation des gaz du sol est nécessaire.</p>



Bureau d'études (2/2)	Année	Mandataire	Type de mission	Zone concernée	Contexte	Investigations réalisées	Conclusions / Résultats obtenus
ENVISOL	2020	MARSEILLE XXL	DIAG	LOT 05C2	Affiner l'état des milieux connus	<p><b>Sol</b> : 8 sondages de sol à la tarière mécanique à une profondeur maximale comprise entre 1,0 et 6,2 m</p> <p><b>Eaux souterraines</b> : prélèvement au sein d'un piézomètre existant Pz3 (8,5 m de profondeur environ)</p> <p><b>Gaz du sol</b> : pose de 2 piézaires R21 et R25 (entre 1,7 et 1,9 m de profondeur) Prélèvement de 4 piézaires (R21, R25, D5 et D13)</p>	<p><b>Observations de terrain :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enrobé de 5 cm ou remblais sur tous les sondages, recouvrant des argiles et des marnes ;</li> <li>- Odeurs d'hydrocarbures d'intensité légère à forte sur la majorité des sondages ;</li> <li>- Venue d'eaux souterraines dans les trous de forage vers 2,3 m ;</li> <li>- Eaux souterraines troubles avec de fortes odeurs d'hydrocarbures.</li> </ul> <p><b>Résultats d'analyse :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- impact en hydrocarbures C10-C40 dans les sols en profondeur au Sud du site</li> <li>- impact en arsenic dans les eaux souterraines,</li> <li>- impact en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques dans les gaz du sol au Sud du site</li> </ul>

La figure suivante présente la localisation des sondages et des ouvrages réalisés par ERG Environnement en 2017 et par ENVISOL en 2020.

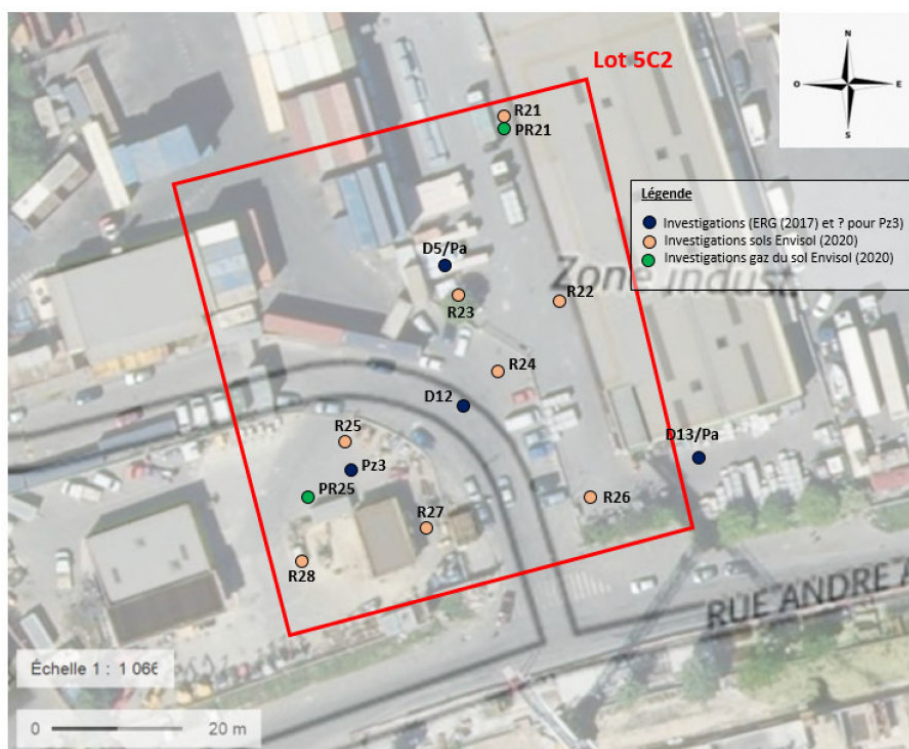


Figure 3 : Localisation des sondages et des ouvrages réalisés au droit du lot 5C2





**Tableau 3 : Principaux impacts identifiés au droit du lot 5C2**

		Métaux - mercure	Hydrocarbures C10-C40	Hydrocarbures C5-C10	BTEX	HAP	Solvants chlorés	PCB
Nord	Milieu SOL	Faible impact de 0 à 4 m (D4)	Faible impact de 2 à 4 m (1 070 mg/kg D4(2-3))	Non analysé	Traces	Impact en profondeur avec traces de naphtalène (260 mg/kg D4(2-3))	Non analysé	n.d
	Milieu GDS	n.d	Non analysé	Faible impact en HC aliphatiques (PR21)	Traces	n.d	n.d	n.d
Centre	Milieu SOL	Faible impact de 0 à 4 m (D5 et D12)	Faible impact en superficie et en profondeur (1 640 mg/kg D5(2-3)) (1 500 mg/kg R25(1,5-4)) (1 070 mg/kg D12(0-1))	Non analysé	Traces	Faible impact en profondeur avec traces de naphtalène (55 mg/kg D12(3-4,5))	Non analysé	n.d
	Milieu ESO	Impact en arsenic (20 µg/l Pz3)	Traces	Traces	n.d	Traces	Traces	n.d
	Milieu GDS	n.d	Non analysé	Impact en HC aliphatiques (D5)	Faible impact en benzène (D5)	Faible impact en HAP sans détection naphtalène (D5)	n.d	n.d
Sud	Milieu SOL	Faible impact de 1 à 3 m (D13, R28)	Impact modéré en profondeur (2 200 mg/kg R27 (2,1-3,6))	Non analysé	Traces	Traces	Non analysé	n.d
	Milieu GDS	n.d	Non analysé	Fort impact en HC aliphatiques (PR25)	Faible impact en benzène (D13) et en BTEX (PR25)	Faible impact en HAP sans détection naphtalène (D13)	n.d	n.d



## 7 SCHÉMA CONCEPTUEL

Sur la base des éléments obtenus lors des investigations, le tableau ci-dessous reprend les composantes du schéma conceptuel présenté en figure 6.

Cette étape vise à sélectionner les voies d'expositions possibles, sur la base du contexte environnemental et de la configuration future du site, celle-ci ne devant pas être modifiée.

L'usage du site est considéré comme sensible.

SCHEMA CONCEPTUEL			
Aménagement		Usage	Etat actuel
Aménagement		Usage	Cibles
Sur site	Lot 5C2 - Logements collectifs + 1 à 2 niveaux de sous-sol	Sensible	Adultes et enfants usagers
Hors site	Sensible (urbain)	-	-
SOURCES DE POLLUTION			
Sols	Présence de métaux lourds, PCB BTEX, HAP et Hydrocarbures C10-C40 sur sols bruts		
Eaux souterraines	Présence d'arsenic / Absence d'autre impact significatif		
Gaz du sol	Présence d'hydrocarbures volatils et BTEX		
VOIES DE TRANSFERT			
Modes de transfert	Retenue	Justifications	
La volatilisation	Oui	Présence de composés volatils dans les gaz du sol	
Le contact direct	Non	Présence d'un recouvrement minéral	
L'usage des eaux souterraines sur site	Oui	Présence des eaux à faible profondeur	
Bioaccumulation dans les végétaux	Non	Absence d'utilisation des végétaux sur site	
La perméation	Non	Au travers de conduites d'amenée d'eau potable enterrées. Les conduites d'eau potable sont supposées métalliques ou en PEHD et mises en œuvre dans des matériaux sains.	
La migration hors site via les eaux souterraines :	Oui	Présence des eaux à faible profondeur	
VOIES D'EXPOSITION			
Voies d'expositions	Retenue	Justification	
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Présence d'impact dans les gaz du sol	
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Présence d'un recouvrement minéral	
Inhalation de vapeur d'eau polluée	Non	Conduites d'eau potable métalliques ou en PEHD supposées mises en œuvre dans des matériaux sains.	
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Présence d'un recouvrement minéral	
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Non	Absence de culture au droit du site	
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux pêchés à proximité du site	Non	Absence d'élevage sur site .	
Ingestion d'eau contaminée	Non	Mise en place de réseaux conformément aux règles de l'art	
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Présence d'un recouvrement minéral	
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Mise en place de réseaux conformément aux règles de l'art	
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Elle est de plus classiquement négligée dans les études de ce type.	

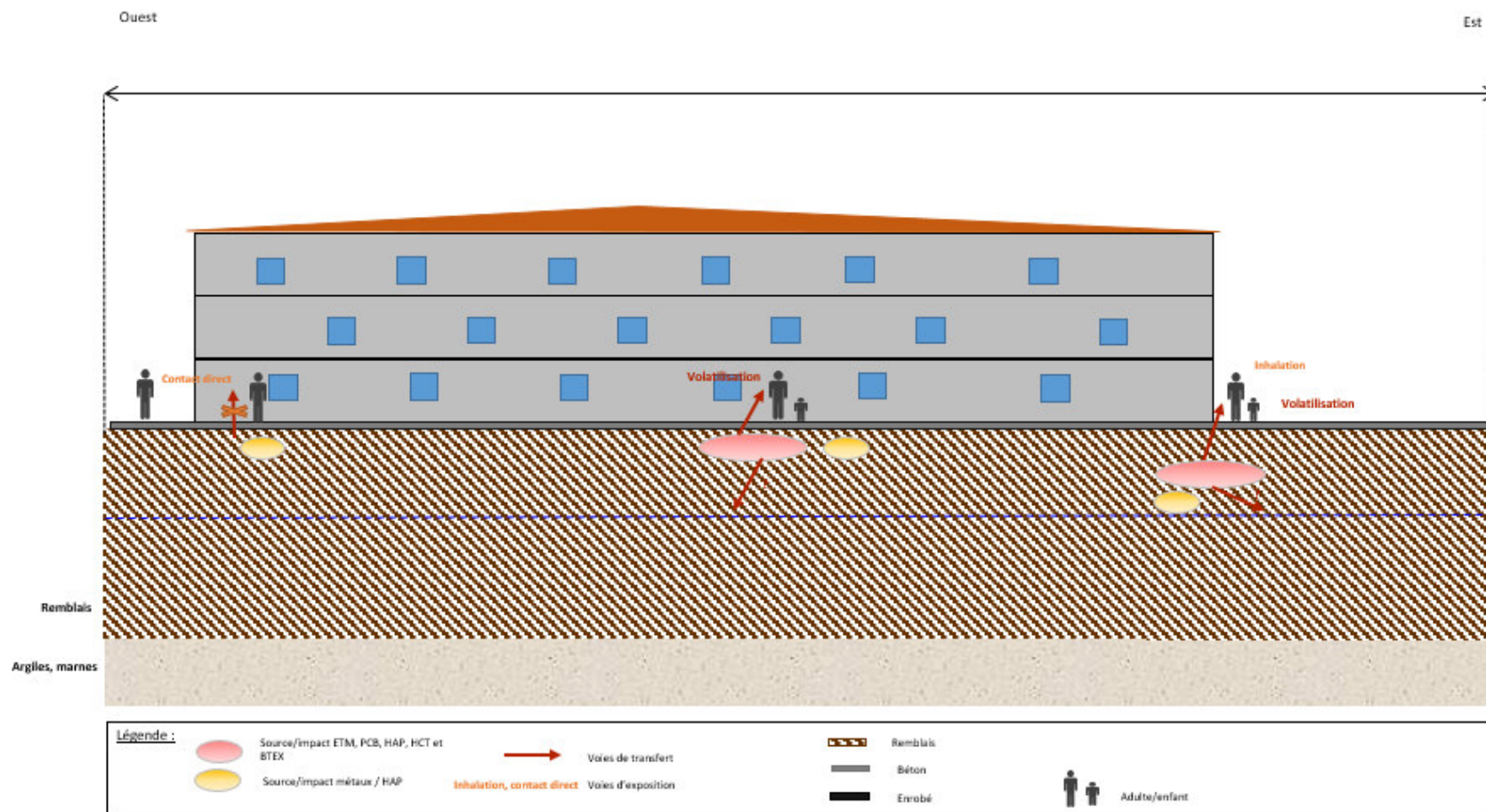


Figure 4. Schéma conceptuel (usage sensible – logements collectifs + 1 à 2 niveaux de sous-sol)





## 8 EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

La quantification de composés volatils ayant été mis en évidence dans les gaz du sol au droit du lot 5C2, une étude de risques sanitaires a été menée sur la base de l'ensemble des données environnementales disponibles au droit du lot. Aussi, cette évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) a pour objectif de vérifier la compatibilité sanitaire de l'état environnemental actuel du site avec les futurs usages envisagés (notamment logements).

### 8.1 METHODOLOGIE – Utilisation du logiciel ENVIRISK®

L'évaluation des risques sanitaires constitue une partie intégrante de la méthodologie des sites et sols pollués avec un domaine d'application qui s'est largement étendu : élaboration de valeurs seuils, objectif de dépollution, outil d'aide à la décision sur des projets de réhabilitation et réponse aux interrogations des populations. Mais les pratiques actuelles de réalisation ne permettent pas de prendre en compte toute la complexité des projets de réhabilitation : les calculs de risques sont pour la plupart du temps basés sur une approche déterministe avec les concentrations maximales observées en polluants que l'on applique au site entier. Les résultats sont alors peu représentatifs de la réalité et limitent ainsi les réflexions sur les solutions possibles de réaménagement.

Le logiciel ENVIRISK® permet de réaliser des études de risques sanitaires (EQRS et ARR) en intégrant leur spatialisation.

ENVIRISK® intègre la variabilité spatiale et l'incertitude d'estimation de la pollution issues de modélisation géostatistique ainsi que celles des paramètres régissant son transfert vers l'air ambiant dans les calculs de risques sanitaires.

Les niveaux de risques sont alors cartographiés sur l'ensemble du site en fonction de l'aménagement spécifique de chacune des mailles définies sur le site.

**L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des connaissances environnementales du site d'étude et sur la base des données scientifiques actuelles tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique.**

### 8.2 Aménagement et maillage du site d'étude

#### 8.2.1 Aménagements envisagés

Des hypothèses de restrictions d'usage ont été retenues, avec notamment :

- un recouvrement total des surfaces du site (dalle béton, enrobé ou a minima 40 cm de terres saines) ;
- la non-utilisation des eaux souterraines ;
- l'absence de création de jardins potagers et de plantation d'arbres fruitiers ;
- la mise en place de techniques constructives protectrices du réseau de canalisations d'eau potable, au sein de sablons sains, conformément aux règles de l'art.

Ainsi, ces hypothèses de travail permettent de limiter les voies d'exposition potentielles des futurs usagers du site (absence de voie par ingestion et par contact cutané). Seule la voie d'exposition par inhalation de substances volatiles est retenue.

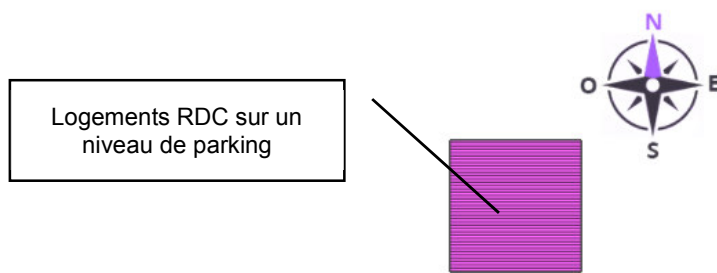
Les futurs usages projetés au droit du lot 5C2 comprennent des logements collectifs sur 1 à 2 niveaux de sous-sol. Dans une démarche sécuritaire, un seul niveau de sous-sol a été retenu pour les calculs de risques sanitaires. Les aménagements pris en compte pour l'évaluation des risques sanitaires sont les suivants :

**Tableau 4. Scénarii retenus**

Scénarii	Aménagement	Cibles
Scénario 1	Parking souterrain	Enfants et adultes résidant dans les logements
Scénario 2	Logements RDC	Enfants et adultes résidant dans les logements

### 8.2.2 Maillage via le logiciel ENVIRISK

Un maillage a été appliqué au site d'étude via le logiciel ENVIRISK. Pour cette étude, le site a été découpé en une maille unique à laquelle il a été associé un type d'usage distinct (scénarii listés dans le tableau précédent).



**Figure 5 : Maillage du site – usage de type logements en RdC sur un niveau de parking au droit du lot 5C2**

Dans une démarche sécuritaire, les concentrations en polluants maximales détectées sur l'ensemble du site ont été appliquées au droit du même logement.

## 8.3 Composés et concentrations retenues pour les calculs de risques sanitaires

### Sélection des composés

Critères de sélection	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>les polluants pris en compte pour les calculs de risque sanitaire sont fonction des voies d'exposition considérées ;</li> <li>les principales propriétés physico-chimiques des composés : constante de Henry, solubilité, coefficient d'absorption ;</li> <li>présence des substances dans les sources et concentrations mesurées dans les différents milieux (sols et gaz du sol). Les composés retenus sont ceux détectés en concentration supérieure à la valeur de référence dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol ainsi que ceux détectés et qui ne disposent pas de valeurs de référence ;</li> <li>les valeurs guides et valeurs réglementaires pour les sols et les eaux souterraines ;</li> <li>les concentrations du bruit de fond géochimique si elles sont disponibles ;</li> <li>la toxicité et la cancérogénicité des produits (classement par l'Union Européenne, le CIRC ou l'US-EPA et éventuellement les valeurs toxicologiques de référence).</li> </ul>



<b>Valeurs de référence Gaz du sol</b>	Il n'existe pas de valeurs de référence pour le milieu gaz du sol.
--	--

### Milieu retenu

Au regard des dispositions d'aménagement envisagées au droit du site, la seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de substances volatiles.

Les polluants retenus pour les calculs de risques sanitaires sont l'ensemble des polluants volatils détectés dans les gaz de sol, milieu intégrateur des sols et des eaux souterraines. En effet, la modélisation à partir des gaz de sols est plus représentative de l'état réel que les modélisations menées à partir des valeurs détectées dans les sols ou les eaux souterraines.

Le milieu gaz du sol, retenu pour les calculs de risques sanitaires, a fait l'objet de la pose de 5 piézaires et de la réalisation de deux campagnes de caractérisation (cf. tableaux ci-après).

**Tableau 5 : Caractéristiques des investigations de caractérisation des gaz du sol**

Bureau d'études	Campagne	Piézair investigué	Analyse
ERG	Septembre 2016	D5 et D13	HC C5-C16, BTEXN, COHV, 15HAP, mercure
ENVISOL	Juin 2020	PR21 et PR25	HC C5-C16, BTEXN, COHV, mercure

Le tableau ci-dessous détaille les caractéristiques des piézaires implantés et prélevés au droit du lot 5C2.

**Tableau 6 : Caractéristiques des piézaires implantés au droit du lot 5C2**

	Piézair	Bureau d'études	Profondeur (m/sol)	Hauteur crépine (m/sol)	Lithologie crépine	Lithologie sus-jacente
<b>Nord</b>	PR21	ENVISOL	1,9	1,4 - 1,9	Remblais sableux à graves	Graviers ?
<b>Centre</b>	D5	ERG	1,5	0,5 - 1,5	Remblais limono-sableux	Remblais limono-sableux
<b>Sud-Est</b>	D13	ERG	1,5	1 - 1,5	Remblais limono-sableux à graves	Remblais limono-sableux Eaux souterraines à 2,3 m
<b>Sud-Ouest</b>	PR25	ENVISOL	1,7	1,2 - 1,7	Remblais sableux à graves et argiles sableuses	Argiles sableuses

### Composés retenus

Les composés retenus sont l'ensemble des polluants détectés dans les gaz du sol, à savoir :

- Les BTEX ;
- Les hydrocarbures aliphatiques volatils à semi-volatils C5-C16 ;
- Les hydrocarbures aromatiques semi-volatils C12-C16 (les fractions C5-C6 correspondant au benzène, et C7-C8 au toluène, les hydrocarbures aromatiques C8-C12 n'ont pas été détectés) ;
- Les HAP : l'acénaphthylène, l'acénaphthène, le fluorène et le phénanthrène (les autres HAP n'ayant pas été détecté dans les gaz du sol du lot 5C2).





## Concentrations retenues

Le lot 5C2 va faire l'objet de travaux de terrassement. L'emprise et la profondeur des zones de terrassement n'étant pas actuellement connues avec précision, et dans une démarche sécuritaire, les concentrations maximales détectées lors des deux campagnes ont été retenues sans regard sur leurs localisations.

Le tableau ci-après récapitule les concentrations maximales détectées dans les gaz du sol entre les deux campagnes ERG Environnement et ENVISOL. Les concentrations surlignées en vert correspondent aux valeurs maximales retenues pour les calculs de risques sanitaires.

**Tableau 7 : Concentrations maximales détectées dans les gaz du sol du lot 5C2**

Paramètres	ERG 2017		ENVISOL 2020	
	Concentrations max (mg/m <sup>3</sup> )	Ref piézair	Concentrations max (mg/m <sup>3</sup> )	Ref piézair
<b>HAP</b>				
Naphthalène	n.d	-	n.d	-
Acenaphtylene	3,70E-04	D5	n.a	-
Acénaphène	3,40E-04	D5	n.a	-
Fluroène	2,90E-04	D5	n.a	-
Phénanthrène	1,40E-04	D5	n.a	-
<b>BTEX</b>				
Benzène	6,19E-03	D5	n.d	-
Toluène	9,08E-03	D5	2,22E-01	PR25
Ethylbenzène	n.d	-	8,67E-02	PR25
m,p-Xylènes	8,67E-03	D5	9,33E-01	PR25
o-Xylène	n.d	-	n.d	-
<b>Hydrocarbures volatils</b>				
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	n.d	-	4,22E+01	PR25
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	4,45E-01	D5	4,00E+01	PR25
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	1,06E+00	D5	1,82E+01	PR25
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	5,58E-01	D5	5,56E-01	PR25
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	3,69E-01	D5	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	n.d	-	n.d	-
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	n.d	-	n.d	-
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	2,09E-01	D5	-	-

## 8.4 Modélisation et évaluation des risques

### 8.4.1 Outils de modélisation utilisés

<b>Air intérieur du bâtiment sans vide sanitaire</b>	<p>La modélisation des expositions aux vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson &amp; Ettinger (1991 mise à jour en 2005 par l'US-EPA) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).</p> <p>Le modèle utilisé des transferts des gaz du sol vers l'air intérieur d'un bâtiment sur terre-plein est celui de Johnson and Ettinger qui prend en compte une fissuration périphérique du dallage et un écoulement de type DARCY à travers ces fissures.</p>
--	---



## 8.4.2 Evaluation des expositions et quantification des risques

Inhalation de gaz	
<b>Exposition</b>	<p>La dose journalière d'exposition s'exprime par la concentration moyenne inhalée, CI, par jour. Le calcul de la concentration inhalée moyenne a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du MEDD/BRGM/INERIS, version 2000) :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <math display="block">CI_j = CI_j = [C_j \times T \times F / T_m]_{\text{intérieur}} + [C_j \times T \times F / T_m]_{\text{extérieur}}</math> </div> <p>avec : <math>CI_j</math> : concentration moyenne inhalée du composé i (en mg/m<sup>3</sup>).  <math>C_j</math> : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m<sup>3</sup>).  T : durée d'exposition (années)  F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).  <math>T_m</math> : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).</p>
<b>Calcul du risque pour les effets toxiques à seuil</b>  <b>QD</b>	<p>Pour les substances non cancérogènes, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez l'homme est représentée par un Quotient de Danger (QD), calculé comme suit :</p> <p>Pour la voie d'exposition par inhalation :</p> $QD = CI / RfC$ <p>Afin de calculer le risque global, il est nécessaire de procéder à l'additivité des quotients de danger. La pratique la plus courante (INERIS, 2003) consiste à additionner les quotients de danger se rapportant aux mêmes effets toxiques et concernant le même organe.</p> <p><b>La somme des QD par organe cible doit être inférieure à 1, valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.</b></p>
<b>Calcul du risque pour les effets toxiques sans seuil (cancérogènes)</b>  <b>ERI</b>	<p>L'effet cancérogène implique que, quelle que soit le niveau d'exposition, la substance est susceptible d'induire un effet. Il y a donc un risque dès la première dose d'exposition – on parle dans ce cas d'effet sans seuil.</p> <p>L'ERU (Excès de Risque Unitaire) représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose toxique.</p> <p>Pour la voie d'exposition par inhalation :</p> $ERI = CI \times ERU_i$ <p><b>La somme des ERI doit être inférieure à 10<sup>-5</sup>, valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.</b></p>



## 8.5 Valeurs Toxicologiques de référence

Le choix des VTR<sup>1</sup> est réalisé conformément à 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 ».

<b>Critères de sélection des VTR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La notoriété de l'organisme producteur et la validité des hypothèses retenues</li><li>• Les études menées sur une substance donnée sont privilégiées aux études réalisées sur un mélange de substances (sauf cas particulier).</li><li>• Les études menées pour une exposition chronique sont privilégiées par rapport aux expositions subchroniques ou ponctuelles aiguës.</li></ul>
<b>Substances non cancérigènes (substances à seuil, QD)</b>	Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation). Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.
<b>Substances cancérigènes (substances sans seuil, ERI)</b>	Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition. Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérigène.

Les valeurs toxicologiques retenues sont synthétisées dans le tableau page suivante. Les effets qualitatifs et quantitatifs des substances retenues sont décrits en **annexe 2**.

### Annexe 2. Propriétés physico chimiques et relations doses-effets des substances retenues

---

<sup>1</sup> Valeurs Toxicologiques de Référence



Tableau 8. Valeurs toxicologiques retenues

Effets toxiques	A seuil			Cancérogènes	
Voie d'exposition	Inhalation			Inhalation	
Valeurs	RfC (mg/m <sup>3</sup> )	Organes cibles	Organisme et date d'élaboration	ERUi (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Organisme et date d'élaboration
<b>Hydrocarbures totaux</b>					
Aliphatic nC5-nC6	18,4	neurotoxiques, système nerveux	TPHCWG, 1997	-	-
Aliphatic nC6-nC8	18,4			-	-
Aliphatic nC8-nC10	1	système hépatique et neurotoxicité		-	-
Aliphatic nC10-nC12	1			-	-
Aliphatic nC12-nC16	1			-	-
Aromatic nC8-nC10	0,2	diminution du poids		-	-
Aromatic nC10-nC12	0,2			-	-
Aromatic nC12-nC16	0,2			-	-
<b>BTEX</b>					
Benzène	9,70E-03	système immunitaire	ATSDR, 2004 (valeur retenue par l'ANSES pour la VGAI)	2,60E-02	ANSES, 2013
Toluène	1,90E+01	neurologique	ANSES, 2017	-	-
Ethylbenzène	1,50E+00	ototoxicité	ANSES, 2016	2,50E-03	OEHHA, 2007
Xylènes	1,00E-01	système neurologique	USEPA, 2003	-	-
<b>HAP</b>					
Naphtalène	3,70E-02	système respiratoire	ANSES, 2013	5,60E-03	ANSES, 2013
Acénaphtylène	-	-	-	6,00E-04	TEF INERIS, 2009
Acénaphène	-	-	-	6,00E-04	TEF INERIS, 2009
Fluorène	-	-	-	6,00E-04	TEF INERIS, 2009
Phénanthrène	-	-	-	6,00E-04	TEF INERIS, 2009



## 8.6 Paramètres d'exposition

Pour rappel, les aménagements pris en compte pour l'évaluation des risques sanitaires résiduels sont les suivants :

**Tableau 9. Scénarii retenus**

Scénarii	Aménagement	Cibles
Scénario 1	Parking souterrain	Enfants et adultes résidant dans les logements
Scénario 2	Logements RDC	Enfants et adultes résidant dans les logements

Les budgets espace-temps retenus, détaillés dans le tableau ci-dessous, sont majorants et sécuritaires.

**Tableau 10 : Budget espace-temps retenu – lot 5C2**

Scénario		1	2
Usage		Non sensible	Sensible
Aménagement		Parking R-1	Logements RDC
Cibles retenues		Enfants résidents	Adultes résidents
Paramètres	Unité	Enfants résidents	Adultes résidents
Durée de vie considérée (Tm)	ans	70	70
Durée d'exposition (T)	ans	6	40
Fréquence d'exposition (F1)	j/an	365	365
Fréquence en intérieur (F2-int)	h/j	1	21
Fréquence en extérieur (F2-ext)	h/j	-	-

## 8.7 Paramètres retenus pour la modélisation des transferts

De nombreux paramètres, liés aux caractéristiques des sols, de la zone saturée, aux bâtiments interviennent dans la modélisation. Le choix des valeurs retenues pour chacun des paramètres influence la modélisation et donc les concentrations calculées dans les milieux d'exposition. Celles-ci peuvent ainsi soit être sous-estimées, soit surestimées. Il est donc indispensable de se rapprocher, dans la mesure du possible, des caractéristiques propres au site étudié. Les mesures sur site sont donc à privilégier (analyse granulométrique...).

Toutefois, lorsque les données sur site ne sont pas disponibles, le choix des valeurs des paramètres est réalisé à partir des données disponibles dans la littérature. Dans une démarche sécuritaire, les valeurs majorantes, du point de vue sanitaire, ont été retenues (sauf cas extrême). Le choix de ces paramètres est discuté dans le chapitre relatif aux incertitudes.





Le tableau suivant détaille les paramètres d'entrée pour les sols. Pour les calculs de risques sanitaires, des sables ont été retenus afin de modéliser les sols les plus contraignants retrouvés en superficie soit des remblais limoneux à sableux avec graves.

**Tableau 11. Paramètres d'entrée pour les sols**

Paramètres	Unité	Valeur	Sources
<b>Caractéristiques des sols sous le bâti (zone non saturée)</b>			
Porosité totale ( $\theta$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,30	Les sols rencontrés en superficie sont des remblais limoneux à sableux avec des graves. Dans une démarche majorante, des sables ont été retenus.
Teneur en eau ( $\theta_{\text{eau}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,12	
Teneur en air ( $\theta_{\text{air}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>	0,18	Différence entre la porosité totale et la teneur en eau : $\theta_{\text{air}} = \theta - \theta_{\text{eau}}$
Fraction de carbone organique	mg/mg	0,002	Valeurs retenues pour les sables
Densité du sol	g/cm <sup>3</sup>	1,7	Valeur usuellement retenue
Perméabilité intrinsèque des sols sous les fondations	cm <sup>2</sup>	5,00E-07	Valeurs retenues pour les sables

Pour les fondations et les bâtiments, les valeurs fournies par Marseille XXL sont les suivantes :

- Epaisseur de la dalle :
  - Planchers des rez-de-chaussée : 20 cm ;
- Taux de renouvellement de l'air :
  - Parking : taux de renouvellement usuellement retenu.



**Tableau 12 : Paramètres d'entrée pour les fondations et les bâtiments**

Paramètres	Unité	Parking	Logement	Sources
<b>Caractéristiques des fondations</b>				
Epaisseur de la dalle béton	m	0,20	-	Epaisseur minimale et donc majorante fournie par le client
Taux de fissuration dans la dalle	/	0,0038	-	US-EPA pour un plain-pied
Porosité de la dalle	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,12	-	Valeur fréquemment rencontrée
Teneur en eau dans la dalle	cm <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>	0,07	-	Valeur fréquemment rencontrée
Distance de la source sol aux fondations	m	0,21	-	La source est modélisée 1 cm sous les fondations
<b>Modélisation</b>				
Type de modélisation	-	à partir des gaz du sol	dilution de 10	-
<b>Caractéristiques des bâtiments</b>				
Superficie des fondations	m <sup>2</sup>	12,5	-	Parking : aucune donnée fournie par le client Hypothèse d'un box, dimension la plus petite possible : 2,5 x 5 x 2,5 m <sup>3</sup>
Périmètre du bâtiment	m	15	-	
Hauteur du bâtiment	m	2,5	-	
Taux de ventilation	échange / jr	72	-	Logement : scénario d'incertitudes avec 12vol/jour Valeur fréquemment rencontrée pour les autres usages
Différence de pression	g/ cm.s <sup>2</sup>	40	-	Valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger



## 8.8 Résultats de l'étude de risques sanitaires

### *8.8.1 Concentrations modélisées dans l'air intérieur*

Les résultats des concentrations modélisées dans l'air ambiant au droit des potentiels futurs usages au droit du lot 5C2 sont présentés, par composé, dans le tableau ci-après.



Tableau 13 : Concentrations modélisées dans l'air (mg/m<sup>3</sup>) – Lot 5C2

Paramètres	Concentrations modélisées dans l'air (mg/m <sup>3</sup> )			
	S1 - PARKING R-1		S2 - LOGEMENTS RDC	
	Adultes résidents	Enfants résidents	Adultes résidents	Enfants résidents
aliphatic nC5-nC6	2,42E-01	2,42E-01	2,42E-02	2,42E-02
aliphatic nC6-nC8	2,30E-01	2,30E-01	2,30E-02	2,30E-02
aliphatic nC8-nC10	1,04E-01	1,04E-01	1,04E-02	1,04E-02
aliphatic nC10-nC12	3,20E-03	3,20E-03	3,20E-04	3,20E-04
aliphatic nC12-nC16	2,12E-03	2,12E-03	2,12E-04	2,12E-04
aromatic nC12-nC16	1,20E-03	1,20E-03	1,20E-04	1,20E-04
benzène	3,40E-05	3,40E-05	3,40E-06	3,40E-06
toluene	1,20E-03	1,20E-03	1,20E-04	1,20E-04
éthylbenzene	4,49E-04	4,49E-04	4,49E-05	4,49E-05
xylènes	4,70E-03	4,70E-03	4,70E-04	4,70E-04
acénaphthylène	1,50E-06	1,50E-06	1,50E-07	1,50E-07
acénaphène	1,35E-06	1,35E-06	1,35E-07	1,35E-07
fluorène	1,07E-06	1,07E-06	1,07E-07	1,07E-07
phénanthrène	6,35E-07	6,35E-07	6,35E-08	6,35E-08



Tableau 14. Valeurs repères d'aide à la décision pour l'air ambiant intérieur

Unités	Gamme de valeurs guides en air intérieur						
	VGAI ANSES*				Valeurs repères d'aide à la décision HCSP**		
	Courte terme (exposition de 1 à 14 jours)	Intermédiaire (exposition 14 jours à 1 an)	Long terme		Valeur d'action rapide	Valeur repère	Valeur cible
			Effets non cancérogènes (exposition > 1 an)	Effets cancérogènes			
mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	
<b>HAP</b>							
Naphtalène	/	/	1,00E-02	1,00E-2 pour une durée d'exposition de plus d'un an	5,00E-02	1,00E-02	/
Autres 16HAP	/	/	/	/	/	/	/
<b>BTEX</b>							
Benzène	3,00E-02	2,00E-02	1,00E-02	2,00E-03 pour ERI de 10-5 2,00E-04 pour un ERI de 10-6	1,00E-02	5,00E-03	2,00E-03
Toluène	20	20	20	/	/	/	/
Ethylbenzène	22 (24 h)	/	1,5	/	/	/	/
m,p-Xylène	/	/	/	/	/	/	/
o-Xylène	/	/	/	/	/	/	/
<b>Somme Xylènes</b>	/	/	/	/	/	/	/
<b>Hydrocarbures volatils (répartition selon fraction TPH)</b>							
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques</b>	/	/	/	/	/	/	/
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	/	/	/	/	/	/	/
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	/	/	/	/	/	/	/
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	/	/	/	/	/	/	/
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	/	/	/	/	/	/	/
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	/	/	/	/	/	/	/

\*VGAI : Valeur Guide Air Intérieur établi par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) - 2007-2014 de l'alimentation, de l'environnement et du travail

\*\* Valeurs repères d'aide à la décision de Haut Conseil de la Santé Publique

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur des futurs bâtiments et futurs extérieurs sont inférieures aux valeurs guides établies par l'ANSES et aux valeurs repères retenues par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), lorsqu'elles existent.

L'EQR-S est poursuivie pour les substances concernées afin de les intégrer à la notion d'additivité des risques et pour prendre en compte les substances pour lesquelles il n'existe pas de valeur réglementaire.





## 8.8.2 Quantification des risques sanitaires

Les tableaux suivants présentent les quotients de dangers et les excès de risques individuels obtenus pour les différents scénarii de bâti définis sur l'ensemble du site.

Les valeurs indiquées en gras correspondent aux valeurs les plus proches des seuils définis par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

**Tableau 15 : Quotients de danger obtenus - lot 5C2**

	Adultes résidents	Enfants résidents	Adultes résidents	Enfants résidents	Valeur de référence : 1
Organes cibles	S1 - PARKING R-1		S2 - LOGEMENTS RDC		
Système neurologique	<b>6,54E-03</b>	<b>6,54E-03</b>	<b>1,37E-02</b>	<b>1,37E-02</b>	
Système nerveux	1,07E-03	1,07E-03	2,24E-03	2,24E-03	
Système rénal	1,25E-05	1,25E-05	2,62E-05	2,62E-05	
Système hépatique	5,09E-03	5,09E-03	1,07E-02	1,07E-02	
Système immunitaire	1,46E-04	1,46E-04	3,07E-04	3,07E-04	
Perte de poids	2,50E-04	2,50E-04	5,25E-04	5,25E-04	

Dans une démarche sécuritaire, les quotients de danger ont été sommés par organe cible pour les scénarii extrêmes d'enfants et adultes résidant dans les logements en rez-de-chaussée et usagers du parking R-1.

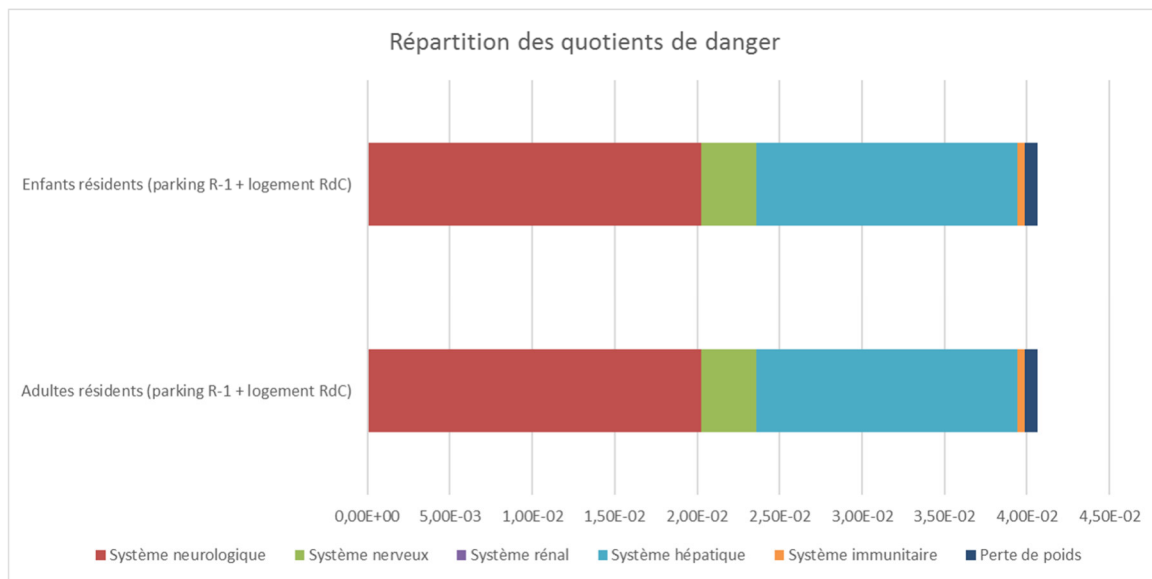
**Tableau 16 : Sommes des quotients de danger par organes cibles**

Organes cibles	Adultes résidents (parking R-1 + logement RdC)	Enfants résidents (parking R-1 + logement RdC)	Valeur de référence : 1
Système neurologique	<b>2,03E-02</b>	<b>2,03E-02</b>	
Système nerveux	3,31E-03	3,31E-03	
Système rénal	3,86E-05	3,86E-05	
Système hépatique	1,58E-02	1,58E-02	
Système immunitaire	4,53E-04	4,53E-04	
Perte de poids	7,75E-04	7,75E-04	

**Les calculs de risques sanitaires ont mis en évidence pour les effets non cancérogènes, des indices de risques inférieurs à la valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (texte d'avril 2017).**

Pour les quotients de danger (effets non cancérogènes), les éléments suivants peuvent être observés :

- la cible la plus sensible est le système neurologique ;
- les traceurs des risques non cancérogènes sont les hydrocarbures aliphatiques C8-C10 ;
- les quotients de danger les plus élevés sont liés à l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des logements,
- les cas maximaux mènent à des quotients de danger inférieurs à 1.



**Figure 6 : Quotients de danger maximaux liés au système neurologique**

**Tableau 17 : Excès de risques individuels - lot 5C2**

Organes cibles	Adultes résidents	Enfants résidents	Adultes résidents	Enfants résidents	Valeur de référence : 10 <sup>-5</sup>
	S1 - PARKING R-1		S2 - LOGEMENTS RDC		
benzene	2,11E-08	3,16E-09	4,42E-08	6,63E-09	
ethylbenzene	2,67E-08	4,01E-09	5,61E-08	8,41E-09	
acenaphtylene	2,15E-11	3,22E-12	4,51E-11	6,77E-12	
acenaphtene	1,93E-11	2,90E-12	4,06E-11	6,08E-12	
fluorene	1,52E-11	2,28E-12	3,20E-11	4,80E-12	
phenanthrene	9,08E-12	1,36E-12	1,91E-11	2,86E-12	
SOMME TOTAL	<b>4,78E-08</b>	<b>7,18E-09</b>	<b>1,00E-07</b>	<b>1,51E-08</b>	

Dans une démarche sécuritaire, les excès de risques individuels ont été sommés pour les scénarii extrêmes d'enfants et adultes fréquentant la crèche et la maison de projet résidant dans les logements et usagers du parking en R-1.

**Tableau 18 : Sommes des excès de risques individuels**

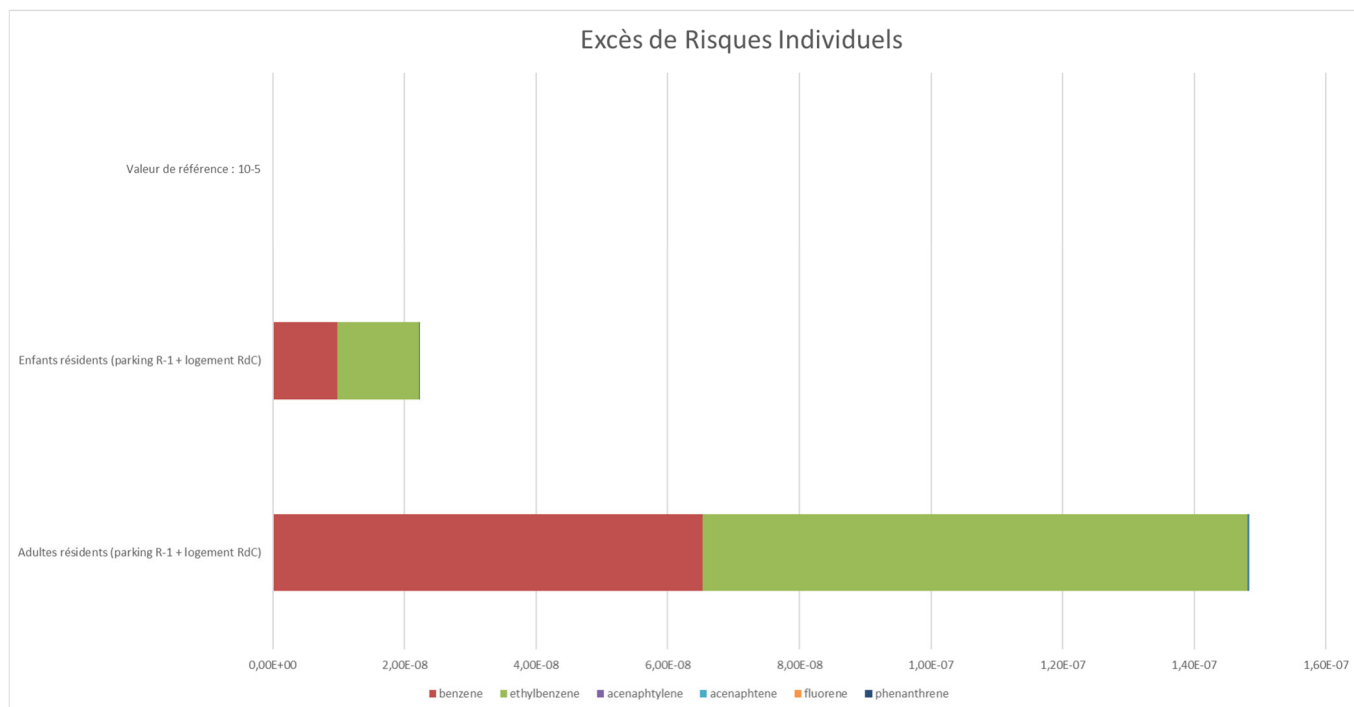
Organes cibles	Adultes résidents	Enfants résidents	Valeur de référence : 10 <sup>-5</sup>
	(parking R-1 + logement RdC)	(parking R-1 + logement RdC)	
benzene	6,53E-08	9,79E-09	
ethylbenzene	<b>8,28E-08</b>	<b>1,24E-08</b>	
acenaphtylene	6,66E-11	1,00E-11	
acenaphtene	5,99E-11	8,98E-12	
fluorene	4,72E-11	7,08E-12	
phenanthrene	2,81E-11	4,22E-12	
SOMME TOTAL	<b>1,48E-07</b>	<b>2,22E-08</b>	



**Les calculs de risques sanitaires ont mis en évidence pour les effets cancérigènes, des indices de risques inférieurs à la valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (texte d'avril 2017).**

Pour les excès de risques individuels (effets cancérigènes), les éléments suivants peuvent être observés :

- les polluants porteurs des risques sanitaires cancérigènes sont l'éthylbenzène et le benzène ;
- les excès de risques individuels les plus élevés sont liés à l'inhalation de substances volatiles au droit des logements et du parking, ils restent toutefois nettement inférieurs à la valeur seuil de  $10^{-5}$  ;
- les cas maximaux mènent à des excès de risques individuels inférieurs à  $10^{-5}$ .



**Figure 7 : Excès de risques individuels maximaux**

## 8.9 Incertitudes et sensibilité

La discussion portant sur les incertitudes qui concernent les paramètres et les hypothèses de calcul est destinée à faciliter l'interprétation des résultats et permettre une gestion optimale des risques.

Les choix qui ont été faits sur les valeurs à attribuer à certains paramètres ou sur le comportement des individus sont entachés d'une incertitude. L'ensemble des paramètres déterminants est discuté dans ce chapitre, et notamment les concentrations de référence et les paramètres descriptifs de l'exposition.



**L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des indices de risque majorants (quotient de danger et excès de risque individuel).** Ce chapitre permettra d'apprécier la sensibilité des paramètres et de vérifier l'influence sur le résultat du calcul. Il ne traitera que de la voie d'exposition par inhalation à l'intérieur du bâtiment, car celle-ci reste prépondérante.

### ***8.9.1 Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond***

La présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par la présence de polluants en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude (source INERIS).

Il convient donc de noter que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée 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 et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.

### ***8.9.2 Choix des substances et concentrations***

Les incertitudes liées au choix des substances et de leurs concentrations comprennent le manque de données sur la qualité des gaz du sol (uniquement deux campagnes de caractérisation faites sur des piézaires différents). Les piézaires prélevés présentent également des profondeurs pouvant être inférieures au futur niveau de sous-sol pouvant induire une modification du risque.

Il convient toutefois de noter que les eaux souterraines ont présenté un impact en hydrocarbures C5-C10, en hydrocarbures C10-C40, en HAP et en BTEX lors de la campagne d'ERG Environnement en 2017. ENVISOL recommande à ce titre une évaluation de la qualité des eaux souterraines sur l'ensemble du secteur intégrant le lot 5C2.

### ***8.9.3 Toxicité des composés***

**Cumul des indices de risques des différentes voies d'exposition et des différents composés.**

L'ensemble des QD a été sommé, en tenant compte des organes cibles. L'ensemble des ERI a également été sommé.

La sommation est justifiée pour les composés cancérigènes parce qu'on parle de cancer (en général) quels que soient la cause ou le mécanisme. Elle est également justifiée pour les QD lors de la sommation globale et de la somme par organe cible.

**Incertitude sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)**

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, ces dernières ont été étudiées et les choix réalisés pour chaque substance sont présentés dans l'annexe. La sélection des VTR est inspirée de la circulaire DGS.

Dans l'état actuel des connaissances, l'application de ces VTR implique des estimations majorantes du risque.



D'autre part, nous avons privilégié les VTR issues d'études sur l'homme afin de réduire les incertitudes sur ce paramètre. Nous avons également retenu les VTR proposées par des organismes reconnus pour leur compétence dans ce domaine. Il s'agit notamment de l'USEPA (base de données IRIS) et de l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) aux Etats Unis, du RIVM aux Pays bas et de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

En cas de difficulté à choisir parmi différentes valeurs toxicologiques de référence, la plus pénalisante est retenue en vue de conserver une approche sécuritaire tout en s'inspirant de la circulaire DGS.

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

### ***8.9.4 Paramètres d'exposition***

Pour l'usage d'habitat, une durée d'exposition de 46 ans a été retenue pour les futurs habitants (6 ans en tant qu'enfants et 40 ans en tant qu'adultes), considérant dans une approche maximaliste que l'individu passera une majeure partie de sa vie au même endroit. Cette hypothèse sécuritaire est issue de la littérature.

Une fréquence d'exposition extrême de 365 jours a été sélectionné. D'autre part, dans une approche maximaliste une fraction de temps de 21 heures par jour en intérieur a été retenu.

### ***8.9.5 Paramètres du bâtiment***

#### **Taille du bâtiment considéré**

Plus le volume de la salle considérée est grand, plus la concentration de polluants dans l'air dans ladite salle est faible. Dans une démarche sécuritaire, la configuration du niveau de parking a été considérée comme étant constituée de de 12,5 m<sup>2</sup>.

#### **Dalle de béton**

L'épaisseur de la dalle de béton retenue est de 0,20 m pour les futurs bâtis, valeur fournie par Marseille XXL. Ce paramètre influence de manière inversement proportionnelle les flux vers la pièce. En effet, une épaisseur de dalle plus faible induit un meilleur passage des polluants à travers la dalle et donc des risques sanitaires plus élevés. Le choix effectué de 0,20 m est donc sécuritaire.

#### **Taux de ventilation**

Le taux de ventilation d'air retenu est de 72 vol/jour pour le parking, valeur usuellement retenues pour ce type d'aménagement. Le taux de ventilation d'air influence de manière inversement proportionnelle les concentrations de polluants présents dans l'air intérieur des bâtiments. Ainsi, un taux de ventilation de l'air du parking deux fois plus faibles implique des niveaux de risques deux fois plus élevés.

Les logements présents en rez de chaussée et surmontant un niveau de parking présentent des concentrations dans leur air ambiant selon le facteur de dilution 10 en comparaison des concentrations modélisées dans l'air ambiant du parking R-1, et ce pour des taux de ventilation usuellement appliqués aux logements.





### **8.9.6 Caractéristiques des sols**

Le choix des caractéristiques retenues pour les sols est basé sur les observations de terrain ayant mis en évidence la présence de remblais limoneux à sableux avec des graves en superficie du site. Dans une démarche sécuritaire, une lithologie de type sables, présentant une haute perméabilité, a été retenue pour les calculs de risques sanitaires. Les perméabilités les plus hautes permettent plus facilement le passage des polluants volatils et impliquent donc les risques sanitaires les plus élevés. Cette hypothèse est donc sécuritaire.

### **8.9.7 Choix du logiciel en source de type fini ou infini**

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

### **8.9.8 Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité**

Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques sanitaires évalués. Les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire les incertitudes sur certains de ces facteurs, tels que les valeurs toxicologiques de référence. La démarche générale adoptée va donc dans le sens d'une surestimation probable des risques sanitaires.

Toutefois, certains paramètres retenus (taux de ventilation, perméabilité des sols, hauteur du mélange) ne correspondent pas aux valeurs les plus pénalisantes.

**Néanmoins, d'une manière générale, les niveaux de risques calculés dans la présente étude réalisée à l'échelle macroscopique sont réalistes et raisonnablement majorants.**

## **9 CONCLUSIONS**

Préalablement à l'aménagement de l'Ecoquartier Les Fabriques consistant en la reconversion d'une vaste emprise anciennement industrielle aux abords du marché aux puces, XXL Marseille souhaite affiner l'état des lieux existant relatif à la qualité du sous-sol.

Dans ce cadre, XXL Marseille, assisté de la société RESOLVE, Assistant à Maitrise d'Ouvrage Sites et Sols Pollués de XXL Marseille, a ainsi mandaté ENVISOL pour la réalisation de cet état des lieux.

La présente étude concerne le Lot 5C2 localisé en bordure Sud-Sud-Est de l'ensemble de l'opération Les Fabriques à Marseille (13) et voué à être aménagé en logements collectifs sur un niveau de parking R-1. Elle a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- les terrains au droit du site sont des remblais sablo-graveleux beige à noirs surmontant des argiles pouvant être sableuses et des marnes ocre à noires,
- la présence de venues d'eaux souterraines à partir de 2,3 m environ,
- un impact en hydrocarbures dans les sols présents au niveau de l'ancienne emprise Loxam entre 1,5 et 4,0 m de profondeur,
- la présence de concentrations en métaux de l'ordre des anomalies modérées voire des fortes anomalies naturelles pour le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc au droit de la quasi-totalité des sondages entre 0,05 et 4,0 m de profondeur,



- une léger impact en HAP ponctuel au droit de l'ancienne emprise Loxam entre 1,5 et 4,0 m de profondeur,
- la présence régulière de PCB au sein des remblais du lot,
- l'absence d'impact en BTEX, COHV et cyanures totaux et libres,
- la présence d'un impact en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques dans les gaz du sol,
- la présence d'un impact en arsenic dans les eaux souterraines.

L'étude quantitative des risques sanitaires a été réalisée sur la base des données acquises par ERG Environnement en 2017 et par ENVISOL en 2020. La seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de substances volatiles. Les concentrations maximales détectées dans le milieu gaz du sol entre les deux campagnes ont été appliquées sous un même bâtiment pour chaque usage envisagé distinct (logements et parking en R-1 (box)).

L'étude de risques sanitaires conclut à la compatibilité du site avec les usages projetés. Les hypothèses retenues pour réaliser les calculs de risques sont globalement majorantes.

### **Recommandations / proposition de mesures de gestion :**

Dans le cadre du changement d'usage vers un aménagement plus sensible, et dans une démarche d'amélioration de l'environnement, ENVISOL recommande la caractérisation de la qualité des eaux souterraines à l'échelle du secteur d'aménagement intégrant le lot 5C2, et la mise en place de mesures correctives adaptées en fonction des observations de terrain et les résultats analytiques.

Il est également recommandé les mesures de gestion suivantes :

- Concernant les jardins potagers ou les buissons fruitiers : la mise en place au sein de terres saines de 1 m d'épaisseur au minimum,
- Concernant les arbres fruitiers : la mise en place d'espèces non comestibles.

### **Restrictions d'usage du document**

Les conclusions et recommandations énoncées ci-dessus ne sont valables que pour l'usage du site fixé au démarrage de l'étude. En cas de changement d'usage, il sera nécessaire de mettre à jour ce document.

Ce rapport et ses annexes (corps de texte, cartes, figures, photographies, pièces et documents divers...) constituent un ensemble indissociable. L'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de cet ensemble, ainsi que toute interprétation au-delà des indexations et énonciations d'ENVISOL ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les conditions du site telles qu'observées lors de la visite et sur les informations fournies. Les informations obtenues sont supposées être exactes. Cette étude ne peut prétendre à l'exhaustivité.



# GLOSSAIRE GENERAL

---



ARS	Agence Régionale de Santé
AEP	Alimentation en Eau Potable
AEI	Alimentation en Eau Industrielle
As	Arsenic
Ba	Baryum
BARPI	Bureau d'analyse des Risques et Pollutions Industrielles
BASIAS	Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL	Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
Bo	Bore
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSD	Bordereau de suivi de déchets
BSS	Base de données du sous sol
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes.
Cd	Cadmium
Cr	Chrome
COHV	Composés Organo Halogénés Volatils
Cu	Cuivre
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
FOD	Fioul domestique
Go	Gasoil
HAM	Hydrocarbures aromatiques monocycliques
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.
HCT	Hydrocarbures Totaux
Hg	Mercurure
HU	Huiles usagées
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
ISDI	Installation de Stockage pour Déchets Inertes
Mo	Molybdène
Ni	Nickel
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
PL	Poids lourds
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
SP 95	Essence sans plomb 95
SP 98	Essence sans plomb 98
VL	Véhicules légers
ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
Zn	Zinc
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique



# ANNEXES

---

**Annexe 1. Plan cadastral de la zone d'étude**

**Annexe 2. Propriétés physico chimiques et relations doses-effets des substances retenues**





## *Annexe 1. Plan cadastral de zone d'étude*

---



## *Annexe 2. Propriétés physico-chimiques et relations doses-effets des substances retenues*

---