



RAPPORT

ENEDIS – BRIPS OUEST

**Futur poste de transformation électrique
Site COOPER STANDARD France
194, route de Lorient
Lot n°7
RENNES (35)**

**Plan de gestion de la pollution
Evaluation quantitative des risques sanitaires
(EQRS)**

Document	Version	Rédacteur	Date
E2016-246	V1	A. METIVIER	13 janvier 2017

Sommaire

1.	INTRODUCTION.....	4
2.	GLOSSAIRE TECHNIQUE	6
3.	PRÉSENTATION DU SITE	7
3.1.	Localisation géographique	7
3.2.	Description du site CSF actuel	11
3.2.1.	Présentation des activités	11
3.2.2.	Description du site et des bâtiments.....	12
3.2.3.	Description du lot n 7	14
4.	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE	14
4.1.	Contexte géologique	14
4.2.	Contexte hydrogéologique	15
4.3.	Contexte hydrologique	15
4.4.	Vulnérabilité environnementale	15
4.4.1.	Vulnérabilité des eaux souterraines	15
4.4.2.	Vulnérabilité des eaux superficielles	16
4.4.3.	Zones naturelles remarquables	16
5.	SYNTHESE DES ZONES POTENTIELLEMENT A RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT.....	20
6.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	23
6.1.	Investigations ECR Environnement	23
6.1.1.	Observations géologiques et hydrogéologiques	23
6.1.1.1.	Géologie sur le lot 7	23
6.1.1.2.	Hydrogéologie sur le lot 7.....	23
6.1.2.	Résultats des mesures in situ par PID.....	23
6.1.3.	Indices organiques	23
6.1.4.	Résultats d'analyses sur les sols.....	25
6.2.	Résultats d'analyses sur les gaz du sol.....	28
6.3.	Synthèse des résultats sur les eaux souterraines.....	29
7.	EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)	43
7.1.	Objectifs de l'EQRS	43
7.2.	Paramètres de l'EQRS	43
7.2.1.	Nature du projet d'aménagement du lot n°7	43
7.2.2.	Sources de pollution identifiées.....	47
7.2.3.	Cibles et budgets espace-temps	47
7.2.4.	Modes de transfert de la source vers les autres milieux	49

7.2.5.	Milieux d'exposition	49
7.2.6.	Schéma conceptuel du site et de la pollution.....	49
7.2.7.	Sélection des substances.....	51
7.2.8.	Concentrations retenues dans les milieux d'exposition	55
7.3.	Calculs des risques sanitaires	57
7.3.1.	Détermination des valeurs toxicologiques de relation dose-effets	57
7.3.2.	Calculs des concentrations de vapeurs dans l'air intérieur et extérieur.....	60
7.3.2.1.	Air extérieur.....	60
7.3.2.2.	Air intérieur des futurs aménagements ENEDIS.....	60
7.3.3.	Evaluation des expositions – Etat des lieux actuel	61
8.	INCERTITUDES ET SENSIBILITÉ	64
8.1.	Non prise en compte du bruit de fond.....	64
8.2.	Choix des composés	64
8.3.	Concentrations dans les gaz du sol.....	64
8.4.	Choix des concentrations maximales	64
8.5.	Additivité des risques	65
8.6.	Caractéristiques du projet et des bâtiments.....	65
8.6.1.	Caractéristiques générales retenues pour la modélisation	65
8.6.2.	Taux de ventilation des bâtiments	66
8.6.3.	Débit de gaz entrant dans le bâtiment.....	66
9.	PLAN DE GESTION DE LA POLLUTION	70
9.1.	Mesures de gestion envisageables	70
9.2.	Mesures de gestion générales de la pollution.....	70
9.2.1.	Gestion des sols pollués	70
9.2.1.1.	Maintien des sols pollués en place.....	70
9.2.2.	Gestion des eaux souterraines.....	71
9.2.3.	Métérologie sur les sols pollués	71
9.2.4.	Métérologie des gaz du sol en phase travaux	71
9.2.5.	Métérologie des eaux souterraines en phase travaux	71
9.2.6.	Métérologie de l'air ambiant dans les futurs bâtiments	71
9.2.7.	Gestion générale des futurs aménagements.....	71
9.3.	Mesures de gestion des terrassements.....	72
9.4.	Hygiène et sécurité sur le site en phase travaux	72
9.5.	Conservation de la mémoire du site	72
9.5.1.	Objectifs.....	72
9.5.2.	Mise en place des restrictions d'usage sur le site.....	73
10.	CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS	75
ANNEXE 1	Modèles, équations de l'EQRS	
ANNEXE 2	Feuilles de calculs des risques	
ANNEXE 3	Feuilles de calculs – sensibilité de l'EQRS	

1. INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) ainsi que le plan de gestion de la pollution des sols, réalisés par GEOREM pour le compte de la société ENEDIS, au droit du site accueillant son futur poste de transformation électrique, sis sur le lot n°7 défini dans le cadre du futur réaménagement du site industriel COOPER STANDARD FRANCE au 194 de la route de Lorient, sur la commune de Rennes (35).

Cette étude a été demandée par ENEDIS dans le cadre de la construction du futur poste de transformation électrique.

Pour rappel, GEOREM a déjà réalisé une étude similaire pour le compte de COOPER STANDARD FRANCE (Rapport GEOREM n° E2016-224-R1 du 29 février 2016), sur la base des résultats d'un diagnostic de pollution des sols effectué par la société ECR Environnement (Rapport ECR Environnement n°5603680 de juillet 2015) et des investigations GEOREM mises en œuvre sur le reste du site COOPER STANDARD FRANCE entre 2013 et 2015.

Le plan de gestion et l'EQRS effectués en 2016 ne prenaient pas en compte la réalisation de bâtiment avec sous-sol. Le projet d'ENEDIS nécessitant impérativement un sous-sol pour créer un cuvelage étanche sous le poste de transformation, il est nécessaire désormais de modifier le plan de gestion ainsi que l'EQRS afin de vérifier la compatibilité du projet avec l'état des lieux. A ce titre, ECR Environnement a été de nouveau mandatée par ENEDIS en octobre 2016, afin de pouvoir caractériser la qualité chimique des gaz du sol à l'aplomb du projet (Rapport ECR Environnement n° 5605392 – Octobre 2016).

La présente étude doit donc permettre, de définir la compatibilité sanitaire et les modalités d'aménagement du lot n°7 avec le projet de construction d'ENEDIS. A ce jour, le lot n°7 est constitué de terrains remblayés enherbés, issus des terrassements du chantier de construction du bâtiment 30 (COOPER STANDARD FRANCE) en 1992.

L'objectif de l'Etude Quantitative de Risques Sanitaires (EQRS) est de pouvoir quantifier le risque encouru par les populations humaines amenées à fréquenter le terrain étudié, vis-à-vis des milieux d'exposition et des substances polluantes recensées.

L'EQRS est alors un outil d'aide à la décision pour la gestion du site pollué étudié. Elle a pour but de définir et de caractériser le risque associé à(aux) l'usage(s) actuel(s) ou futur(s) sur ce dernier.

Dans le cas où ce risque n'est pas acceptable, l'EQRS permet, en testant différentes hypothèses, de conclure :

- A la nécessité de réaliser des adaptations organisationnelles et infrastructurelles du site,
- A la nécessité de mise en place de suivis environnementaux,
- Sur les objectifs de dépollution à atteindre.

Le plan de gestion a quant à lui pour objectif de déterminer les modalités de gestion de la pollution permettant d'atteindre la compatibilité sanitaire entre l'état du site et ses usages actuels ou futurs.

Cette étude a été réalisée sur la base des éléments suivants :

- Méthodologie nationale sur les diagnostics de pollution (guides et outils méthodologiques du MEDAD¹, V0 de février 2007),
- Norme AFNOR NF X 31-620-2 de juin 2011 « Qualité du sol – Prestations de service relatives aux sites et sols pollués »,
- Rapport de diagnostic de pollution des sols ECR Environnement n°5603680 de juillet 2015,
- Rapport de diagnostic de pollution des gaz du sol ECR Environnement n°5605392 d'octobre 2016,
- Informations obtenues auprès d'ENEDIS concernant le projet de construction du futur poste de transformation électrique,
- Conclusions et remarques formulées par l'ARS et la DREAL lors de la réunion de travail du 04 février 2016 (relative au site CSF dans son ensemble).

¹ Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables

2. GLOSSAIRE TECHNIQUE

ARR : Analyse des Risques Résiduels
ARS : Agence Régionale de Santé
AOX : Composés Organo-halogénés Adsorbables
BASOL : Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
BASIAS : Base de données sur les anciens sites industriels et activités de services
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer
CAV : Composés Aromatiques Volatils
CN : Cyanures
COFRAC : Comité Français d'Accréditation
COHV : Composés Organo-halogénés Volatils
DJA : Dose Journalière Admissible
DJE : Dose Journalière d'Exposition
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERU : Excès de Risques Unitaires
ETM : Eléments Traces Métalliques (métaux lourds et métalloïdes)
FNADE : Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
FOD : fioul Domestique
GO : Gazole
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT : Hydrocarbures Totaux
IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux
IGN : Institut Géographique National
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IR : Indice de Risque
ISDI : Installation de stockage de déchets inertes (classe 3)
ISDD : Installation de stockage de déchets dangereux (classe 1)
ISDND : Installation de stockage de déchets non dangereux (classe 2)
LD : Limite de Détection
LQI : Limite de Quantification Inférieure
MS : Matière Sèche
MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCB : Polychlorobiphényles
SCA : Supercarburant
SP95 / SP98 : Supercarburant sans plomb 95 / 98
VTR : Valeur Toxique de Référence

3. PRÉSENTATION DU SITE

3.1. Localisation géographique

Le site COOPER STANDARD FRANCE de Rennes est localisé à environ 3 kilomètres à l'Ouest du centre-ville de Rennes, au sein de la zone d'activités de la route de Lorient. Il est implanté au 194 de la route de Lorient.

Le terrain audité correspond aux parcelles EN 49 et EN 50 d'une surface totale de 238 929 m². La parcelle EN 49 est insignifiante car sa surface est de 1 m². Cette dernière est la résultante d'un découpage cadastral lié à la vente en 2012, par COOPER STANDARD FRANCE, d'anciennes parcelles à l'Ouest du site industriel actuel.

Le lot n°7, objet du présent rapport, a une superficie de 8 230 m². Il correspond à l'extrémité Nord-est du site COOPER STANDARD France et n'est constitué que de terrains enherbés dont une partie remblayée, issue des travaux de construction du bâtiment 30 en 1992.

La topographie globale de l'emprise est régulière et présente une pente du Nord vers le Sud, avec une cote variant de 30 à 27 m NGF (Nivellement Général de la France).

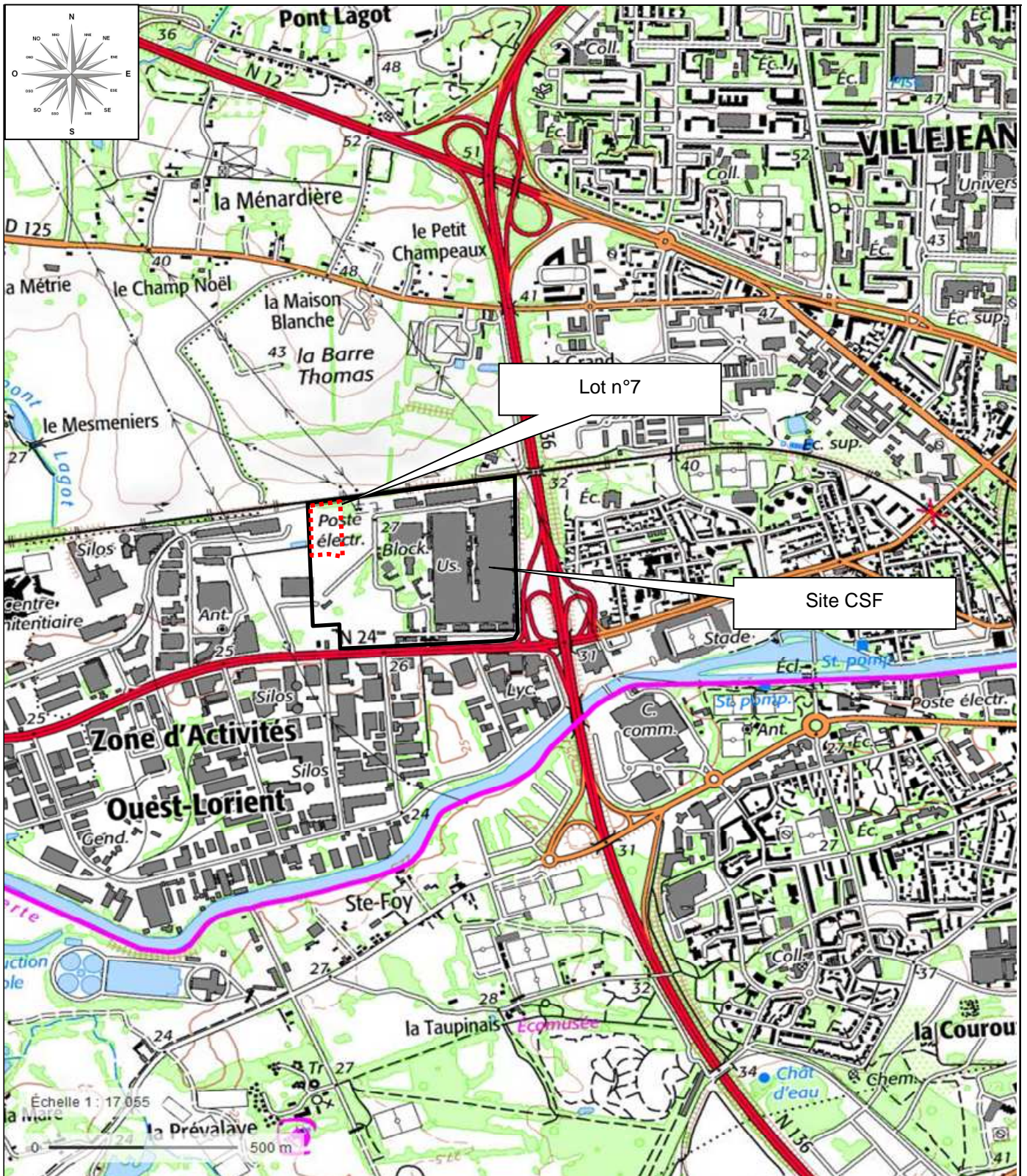
L'environnement immédiat du site est le suivant :

- Au Nord : la ligne ferroviaire SNCF « Rennes – Brest » puis une activité de maraîchage,
- À l'Ouest : le centre de tri et de transfert VEOLIA – La Barre Thomas (ICPE) et l'ancien entrepôt GEFECO acquis par le Groupe Mazureau (ancien site du dépôt du Service des Essences des Armées),
- Au Sud : la RN24 puis la zone d'activités (activités commerciales, bureaux etc.).
- Au Sud-ouest : une station-service TOTAL, dont le foncier était anciennement la propriété de COOPER STANDARD FRANCE mais qui a été vendu au Groupe MAZUREAU en 2012.
- A l'Est : le périphérique Ouest de Rennes puis des habitations et des commerces.

L'habitation la plus proche est située à environ 50 m au Nord du site. Il s'agit de la maison d'habitation du maraîcher.

La Vilaine s'écoule à environ 250 m au Sud-est de la zone d'étude.

[Un extrait de la carte topographique IGN au 1/25 000 est présenté en page suivante. Le plan masse du site industriel fourni par COOPER STANDARD FRANCE est présenté en page 8. Le plan masse du réaménagement en lot est présenté en page 9.](#)



Extrait de la carte IGN n° 1218 Ouest - Rennes (depuis le 1/25 000)

Figure 1	CARTE IGN	Source : IGN
----------	-----------	--------------

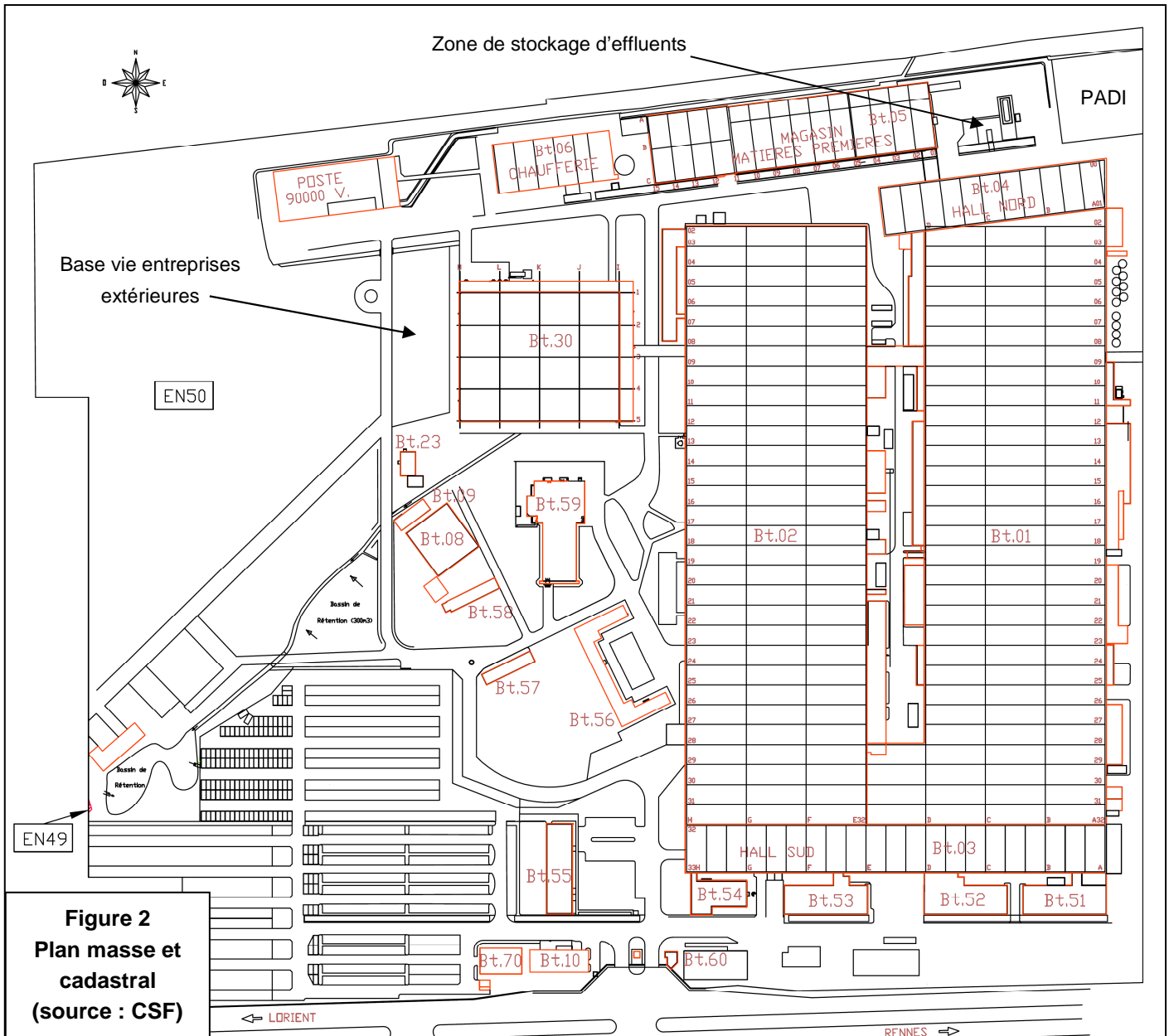
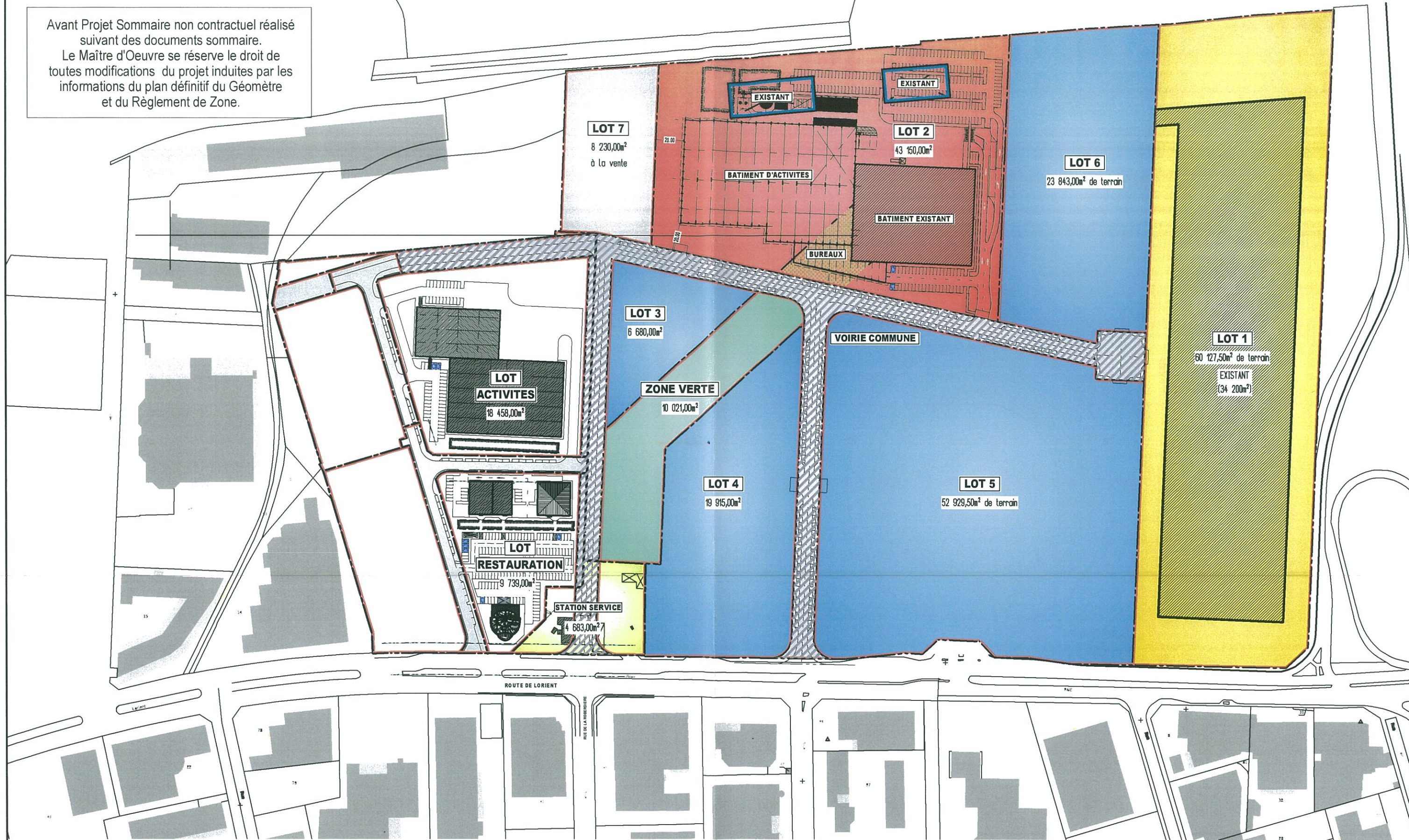


Figure 2
Plan masse et
cadastral
(source : CSF)

- | | |
|---|---|
| Bt 01 : Bâtiment 1 (production) | Bt 02 : Bâtiment 2 (production) |
| Bt 03 : Hall Sud – GEFCO (logistique) | Bt 04 : Hall Nord (logistique) |
| Bt 05 : Magasin matières premières dont matières dangereuses à l'Ouest | |
| Bt 06 : Chaufferie (avec anciens réservoirs de stockage de fioul lourd) | |
| Bt 08 : Ancien blockhaus – stockage matériel jardinage | |
| Bt 09 : Stockage matériel jardinage | Bt 10 : Station pompage Vilaine |
| Bt 23 : Equipements incendie ESI | Bt 30 : Bâtiment 30 : Plasturgie, travaux neufs |
| Bt 51 à Bt 52 : Vestiaires | Bt 53 : Archives |
| Bt 54 : Vestiaires | Bt 55 : Infirmerie / CE |
| Bt 56 : Bureaux - Direction | Bt 57 : Bureaux |
| Bt 60 : hangar à vélos | |
| Bt 59 : Restaurant | |
| Bt 70 : Station pompage incendie | |

Avant Projet Sommaire non contractuel réalisé
suivant des documents sommaire.
Le Maître d'Oeuvre se réserve le droit de
toutes modifications du projet induites par les
informations du plan définitif du Géomètre
et du Règlement de Zone.



MAITRE D'OUVRAGE

SOREPRIM

11 rue de la Santé -- CS 93914
35 039 RENNES Cedex

PROJET

Site Cooper Standard

208 route de Lorient
35 000 RENNES

PLAN

Aps -2- Plan de Masse des Constructions

NICOT
ARCHITECTE
14, rue de Lorient - 35006 RENNES
Tel : 02 99 31 04 43 - Fax : 02 99 31 04 45
www.nicot.com

Echelle: 1/2500e

Dossier REF.11108 bis
A RENNES - Le 15 octobre 2013

3.2. Description du site CSF actuel

Les informations présentées ci-après sont reprises du rapport ERM de 1999, actualisées par le biais des visites détaillées du site effectuées les 24 juin et 03 juillet 2013, dans le cadre du diagnostic complémentaire de pollution.

3.2.1. Présentation des activités

L'usine COOPER STANDARD FRANCE est spécialisée dans la fabrication de pièces en élastomères et thermoplastiques pour l'industrie automobile. Elle réalise également la conception et la fabrication d'une partie des moules, outils et machines-outils nécessaires à sa production.

Les principales activités du site sont les suivantes :

- Mélange des divers composants pour la fabrication de caoutchoucs : élastomères, charges noires (noir de carbone), charges blanches (charges minérales : kaolin), huiles paraffiniques, additifs et agents de vulcanisation (soufre). Le site comprend à ce jour trois lignes de mélanges implantées sur le tiers Nord du bâtiment 1, entre les poteaux 7 à 15.
- Extrusion des caoutchoucs et des plastiques (bâtiment 1 et 30).
- Vulcanisation par différents procédés (bâtiment 1) : bains de sels nitrites/nitrates en fusion, vulcanisation en continu (fours à air chaud et fours ultra haute fréquence). La vulcanisation par autoclave décrite en 1999 est désormais arrêtée et les infrastructures ont été démantelées.
- Moulage des caoutchoucs et du plastique par injection et soufflage (bâtiments 1, 2 et 30).
- Application de colle, de flock, de vernis et de peintures sur certains produits. Cette activité implique l'utilisation de solvants non chlorés.
- Finitions telles que surmoulage par injection, découpage, etc.
- Dégraissage par bains de solvants chlorés (dichlorométhane), grenailage des pièces métalliques insérées dans certains produits (actuellement dans le bâtiment 2 (poteaux 2 à 4)).
- Préparation de produits chimiques par mélange dans une broierie (bâtiment 1 – poteaux 1 à 3).
- Stockage de matières premières et des produits finis. Les matières premières sont stockées dans le bâtiment 05, avec à son extrémité Ouest un local dédié aux matières dangereuses.
Les produits finis sont stockés dans le hall Sud (bâtiment 03).
- Nettoyage des moules utilisés pour la fabrication (bains alcalins).
- Travaux neufs (conception des moules, usinage) dans la partie Sud du bâtiment 30.

Les activités annexes sont les suivantes :

- Exploitation d'une station de pompage et de traitement des eaux de la Vilaine utilisée pour l'alimentation du site. La station est implantée à environ 450 m au Sud du site étudié.
- Exploitation d'un pompage dans la Vilaine sur le site (bâtiment 10).
- Exploitation d'une chaufferie fonctionnant au gaz (ancien fonctionnement au fioul lourd puis au fioul) (bâtiment 06).
- Exploitation de groupes de réfrigération pour la production d'eau de refroidissement.
- Exploitation de compresseurs d'air,
- Exploitation d'un atelier de charges d'accumulateurs pour chariots élévateurs,
- Exploitation de 28 transformateurs n'exploitant plus de PCB. Trois de ces ouvrages transforment de la haute tension (Poste 90 KV au Nord-ouest).
- Laboratoire d'analyses physiques et chimiques.
- Laboratoire de recherche et développement (nouvelle formulation d'élastomères).
- Exploitation d'une aire de stockage des DIB dénommée PADI au Nord-est du site (parc à déchets industriels solides).
- Exploitation d'une aire de stockage des effluents (à proximité immédiate du PADI).
- Exploitation de 7 points de collecte des déchets implantés sur le pourtour ou au sein des zones de production.
- Exploitation d'un local de motopompes et d'une réserve incendie associés de 1 500 m³.

3.2.2. Description du site et des bâtiments

L'usine occupe une surface actuelle de 238 929 m² dont environ 9 ha sont bâtis.

Le lot 1 occupe une superficie de 60 127,5 m², avec le bâtiment 1 et les halls Sud et Nord occupant actuellement 34 200 m².

La quasi-totalité de la surface actuelle est recouverte par les bâtiments et la voirie existante bitumée, à l'exception d'espaces enherbés à l'extrême Sud du lot, sur environ 200 m².

L'usine se compose de deux ateliers principaux de production de caoutchoucs parallèles, situés sur la façade Est du site. Il s'agit des bâtiments 1 et 2. Ces derniers sont reliés par deux halls, dénommés hall Nord (logistique matières premières) et hall Sud (logistique GEFECO – produits finis).

La production a une cinétique dirigée du hall Nord vers le hall Sud.

Le secteur des mélanges dispose de deux étages permettant le pesage et l'introduction des matières premières dans les mélangeurs.

Ces bâtiments disposent sur leur totalité d'une dalle en béton. Il existe plusieurs zones ayant historiquement accueilli des presses à emboutir, des autoclaves, des fosses de récupération des huiles de coupes, etc. Ces zones disposaient de fosses enterrées, avec un cuvelage en béton. Elles ont toutes été remblayées et recouvertes d'une dalle en béton.

Deux cuvettes de rétention sont implantées sur la façade Est du bâtiment 1. Ces cuvettes servent au stockage de produits utilisés par l'unité des mélanges (production des caoutchoucs). La plus au Sud, qui est la plus ancienne, abrite quatre cuves d'huiles paraffiniques dénommées H1A, H1B, H2A et H2B. Elles ont chacune une capacité de stockage de 50 m³.

La rétention la plus au Nord accueille 8 cuves dont 1 cuve de 30 m³ de glycol et 7 cuves d'huiles paraffiniques dénommées H3 à H9. Quatre cuves ont une capacité de 15 m³ et les trois restantes une capacité de 30 m³.

Les deux rétentions sont équipées de poste de dépotage sur aire bétonnée, avec récupération des effluents. Un séparateur à hydrocarbures est installé au niveau de la cuvette Sud.

Les rétentions présentent des traces d'huiles noires et les deux postes de dépotage également.

Au Nord de ces ateliers de production et en limite Nord du site, on trouve le magasin des matières premières (bâtiment 5). Ce bâtiment est composé de plusieurs cellules dont deux situées à l'extrémité Ouest du bâtiment et servant au stockage des matières dangereuses inflammables.

On notera que les deux cellules des produits dangereux et inflammables sont construites comme des rétentions (cellules construites en 2002). La cellule la plus à l'Ouest présente toutefois un défaut de construction car des infiltrations d'eau sont clairement observables au sein d'un caniveau central servant à la récupération des produits, en cas de fuite.

Au Nord-est des ateliers se trouve la chaufferie (bâtiment 6). Cette chaufferie fonctionne actuellement au gaz mais elle a fonctionné au fioul lourd et au fioul. Deux anciens réservoirs ayant servi au stockage de fioul lourd sont encore présents au pignon Est de la chaufferie. Ces réservoirs verticaux sont installés au sein d'une rétention en béton.

Deux anciennes cuves enterrées ayant servi respectivement au stockage de fioul lourd et des huiles et condensats de compresseurs sont implantées pour la première à l'angle Nord-ouest de la chaufferie et pour la seconde à l'extérieur et au Sud-est du bâtiment. Ces deux cuves sont encore en place mais inertées.

Le bâtiment 30, construit en 1991-1992 est scindé en deux parties : au Nord la zone plasturgie et au Sud la zone travaux neufs (fabrication des moules).

La zone de stockage des effluents est entièrement bétonnée et comprend les infrastructures suivantes :

- 3 bacs verticaux, double enveloppe, de 24 m³ chacun, servant respectivement au stockage d'huiles solubles en provenance des ateliers, au stockage des effluents de lavage caoutchouc et au stockage des huiles noires (hydrauliques) avec une alimentation manuelle depuis des fûts de 200 litres provenant des ateliers.
- 2 bacs non utilisés servant anciennement au stockage de solvants non chlorés (hydroseal).
- 1 cuve aérienne horizontale sur rétention en béton, appelée cuve « gaz ». Cette cuve était utilisée avant la mise en service des bacs de stockage des huiles noires.
- 1 zone de stockage de fûts vides sur rétention en béton. On y observe notamment des fûts vides de Mecthène (dichlorométhane).

Le parc à déchets industriels (PADI) est entièrement bétonné depuis 1992. Avant cette date, les déchets, les fûts ou les bennes de stockage étaient stockés à même le sol.

Le PADI comprend une zone de stockage de DIB en bennes, des zones de stockages de fûts vides et des armoires de stockages de déchets dangereux (installées à partir de 1996).

Une ancienne cuve de gazole est encore en place sur l'angle Sud-est du PADI. Cette cuve desservait une station de distribution pour les chariots élévateurs installée contigüe.

La cuve est en place et inertée. L'emplacement de l'ancien volucompteur GO reste visible.

L'usine comprend également des locaux indépendants à usage de bureaux, des vestiaires, un restaurant d'entreprise (disposant d'une cuve de fioul domestique enterrée), des bâtiments médico-sociaux.

Le quart Sud-ouest du site est principalement utilisé comme parking pour les collaborateurs et les visiteurs.

3.2.3. Description du lot n 7

Le lot n°7 n'est pas bâti. Il s'agit d'une zone en friche, enherbée et ayant uniquement servi au stockage des déblais issus de la construction du bâtiment n°30 de COOPER STANDARD France en 1992. L'apport des remblais a créé les reliefs visibles sur la parcelle.

On note également l'usage ponctuel de cette zone pour le stockage de racks de rangement dans les années 1990.

4. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE

4.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM (n° 365, Rennes, échelle : 1/50 000), le site est implanté dans la plaine alluviale de la Vilaine. Au droit de ce dernier, affleurent des alluvions modernes (notées Fz), peu importantes et généralement argileuses, dont l'épaisseur avoisine 4 à 6 m. L'angle Nord-est du site repose en revanche sur des schistes altérés du Briovérien. Le socle est constitué de schistes tendres du Briovérien (notés i : altérites).

Les investigations réalisées sur le site mettent en évidence la présence des terrains alluviaux sur la majeure partie du site. Ces derniers sont constitués de limons très fins beiges, marron à gris, à passages argileux ou sableux. Des passages de sables limoneux ou de sables plus grossiers sont observés entre 1,5 et 3 m de profondeur.

Le socle schisteux est généralement observé vers 5 m de profondeur. Il est constitué de schistes altérés grisâtres.

Des schistes altérés sont observés dès la surface sur l'angle Nord-est du site, notamment au niveau du PADI et de l'aire de stockage des effluents.

De façon générale, les terrains rencontrés présentent des variations de faciès latéraux et verticaux très fréquents ainsi qu'une perméabilité très contrastée. Les terrains schisteux et les limons fins, argileux sont peu perméables alors que les passages plus sableux présentent une humidité et des arrivées d'eaux plus significatives (présence de chenaux d'écoulement préférentiels). Les premières traces d'humidité apparaissent généralement entre 1,5 et 2,5 m de profondeur.

Le lot n°7 est implanté au droit de terrains alluviaux en surface.

[Un extrait de la carte géologique est présenté en page 17 \(figure 4\).](#)

4.2. Contexte hydrogéologique

Le réseau piézométrique mis en place sur le site depuis 1999 met en évidence la présence de la nappe alluviale avec un niveau piézométrique statique moyen avoisinant 1 à 2,5 m de profondeur sous la surface du site, entre hautes et basses eaux.

Cette nappe alluviale, en lien hydraulique avec la Vilaine, s'écoule globalement du Nord vers le Sud, avec une faible composante Sud-ouest.

Les mesures piézométriques complètes, réalisées le 30 mars 2015, en fin de période de hautes eaux, mettent en évidence un sens local d'écoulement des eaux souterraines toujours dirigé vers le Sud, avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0.005 (0,005 en février et septembre 2014, 0,006 en mars 2013).

Le sens local d'écoulement semble logique au regard de la position du site vis-à-vis de la Vilaine. Il est identique à celui observé depuis mars 2013. La Vilaine joue donc bien un rôle drainant vis-à-vis de sa nappe alluviale.

Localement un dôme piézométrique est observé depuis septembre 2014 au niveau de la partie centrale du bâtiment 2 et de l'ouvrage PZM. Ce dôme n'avait pas été observé auparavant. Il reste inexplicé en l'état (géologie locale, fuite de réseau, infrastructures souterraines ?).

Comme à l'accoutumée, le fait que certains piézomètres soient peu ou très peu productifs en eau montrent que la nappe alluviale emprunte très probablement des zones d'écoulement préférentielles sous forme de chenaux à comblements sableux ou sablo-graveleux.

On notera que le lot 7 ne dispose pas de piézomètres. Toutefois, les ouvrages existants sur le site CSF à l'Est ainsi que sur l'ancien Hall Ouest à l'Ouest (Ancien entrepôt logistique GEFCO) montrent clairement un écoulement local vers le Sud-Sud-Ouest.

[La carte piézométrique établie sur le site CSF le 29 juillet 2016 est présentée en page 18 \(figure 5\).](#)

4.3. Contexte hydrologique

La rivière la Vilaine, s'écoule à environ 300 m au Sud-ouest puis au Sud du site. Ce cours d'eau draine la nappe alluviale présente sous l'usine. L'écoulement de la rivière se fait localement de l'Est vers l'Ouest.

4.4. Vulnérabilité environnementale

4.4.1. Vulnérabilité des eaux souterraines

Les informations disponibles sur la base de données Infoterre du BRGM montrent que l'aquifère s'écoulant au droit du site est utilisé pour la production d'eau potable. Les captages AEP les plus proches se situent à 3,5 km au Sud-ouest au lieu-dit « Lillion », en aval hydraulique. Ces puits présentent une profondeur de 15 mètres et captent les eaux de la nappe alluviale de la Vilaine dont la puissance est plus importante à proximité du cours d'eau. Le niveau d'eau a été mesuré à une profondeur de 2,4 mètres par rapport au sol.

Il est précisé que ces puits sont implantés sur la rive opposée de La Vilaine qui peut donc jouer un rôle de barrière hydraulique.

Environ dix autres puits sont recensés sur cette base de données. Ces puits présentent des profondeurs comprises entre 35 et 72 mètres et permettent donc de prélever les eaux de l'aquifère de fracturation des schistes. Ces puits, pour certains desquels les usages sont spécifiés, captent les eaux pour des usages industriels, agricoles, collectifs ou individuels. L'usage de certains puits individuels ou collectifs à des fins d'alimentation en eau potable ne peut pas être exclu. Sur la base du sens d'écoulement présumé des premières eaux souterraines, ces différents puits se situent toutefois en position latérale ou amont hydraulique par rapport au site.

Les premières eaux souterraines sont considérées comme étant particulièrement vulnérables aux pollutions de surface compte tenu de leur faible profondeur. En revanche, leur sensibilité sera considérée comme modérée puisque les captages AEP captant les eaux de l'aquifère alluvial, même s'ils sont implantés en aval hydraulique, sont assez éloignés (3,5 km) et se situent sur la rive opposée de La Vilaine qui joue un rôle de barrière hydraulique, limitant les possibilités de migration d'une éventuelle contamination.

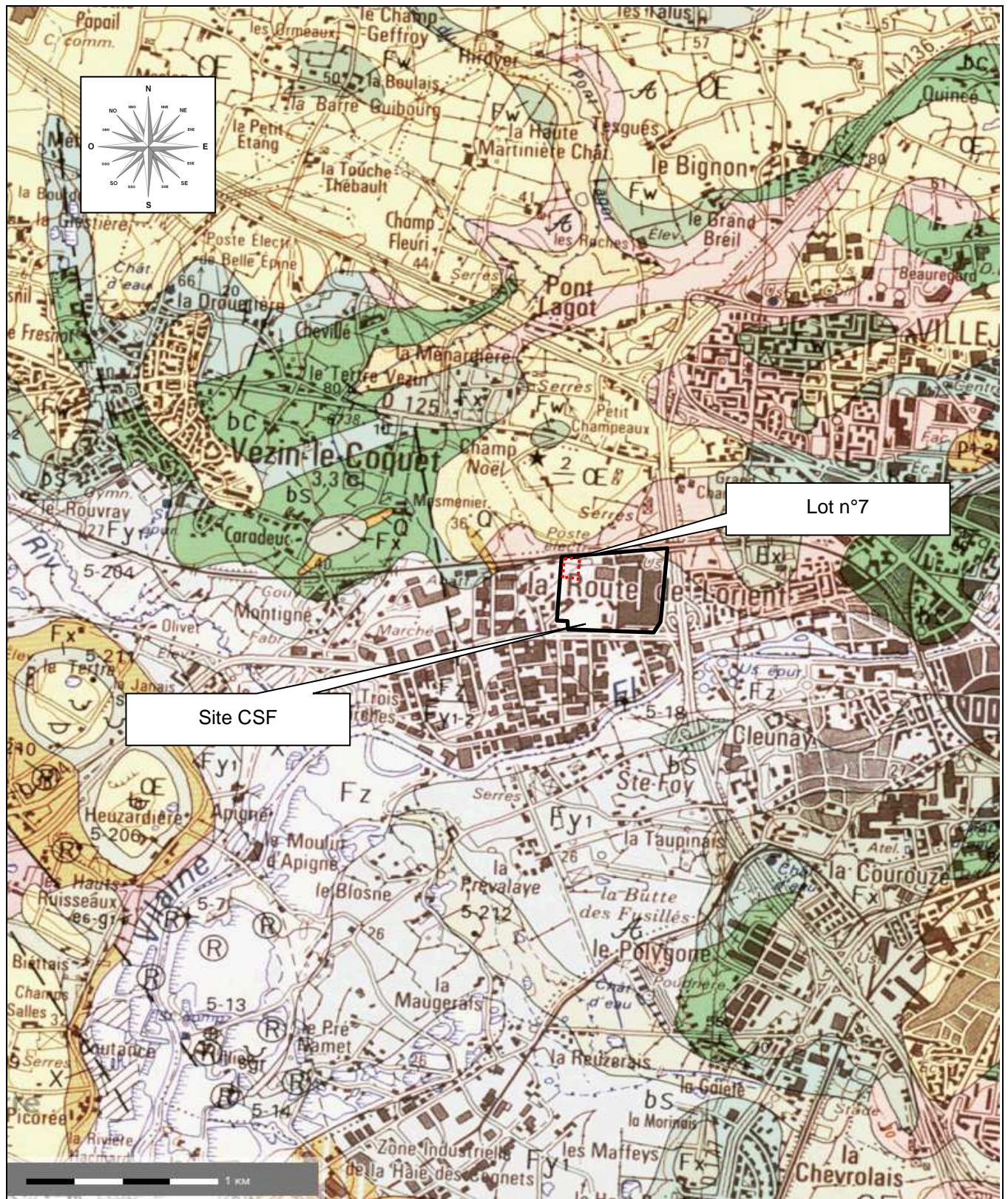
[La carte des points d'usage des eaux souterraines référencés à proximité de l'usine est présentée en page 19 \(fig. 6\).](#)

4.4.2. Vulnérabilité des eaux superficielles

Compte tenu de la faible distance séparant le site des cours d'eau voisins et de l'interrelation entre l'aquifère alluvial et la rivière La Vilaine, la sensibilité des eaux superficielles sera considérée comme modérée à élevée.

4.4.3. Zones naturelles remarquables

D'après les informations recueillies sur la base de données C@RMEN (Préfecture de la région Bretagne), les zones naturelles sensibles les plus proches sont des ZNIEFF de type I situées au Sud-ouest du site, à 1,1 km pour le « Marais d'Apigné » (rive droite de la Vilaine) et à 1,4 km pour les « Gravières du Sud de Rennes » (rive gauche de la vilaine).



Extrait de la carte géologique de Rennes (n° 317) depuis le 1/50 000

Figure 4	CARTE GEOLOGIQUE	Source : BRGM
----------	------------------	---------------

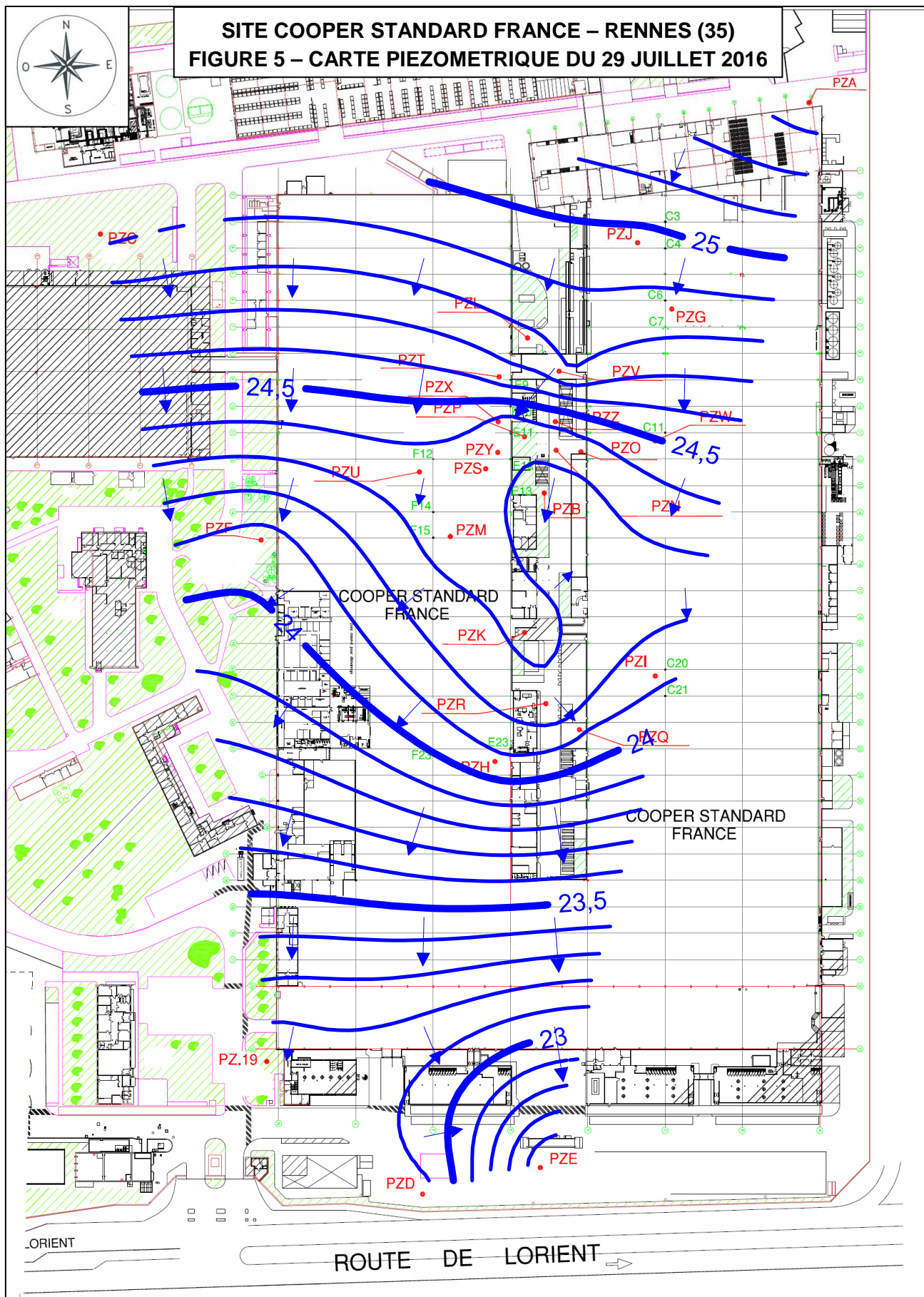
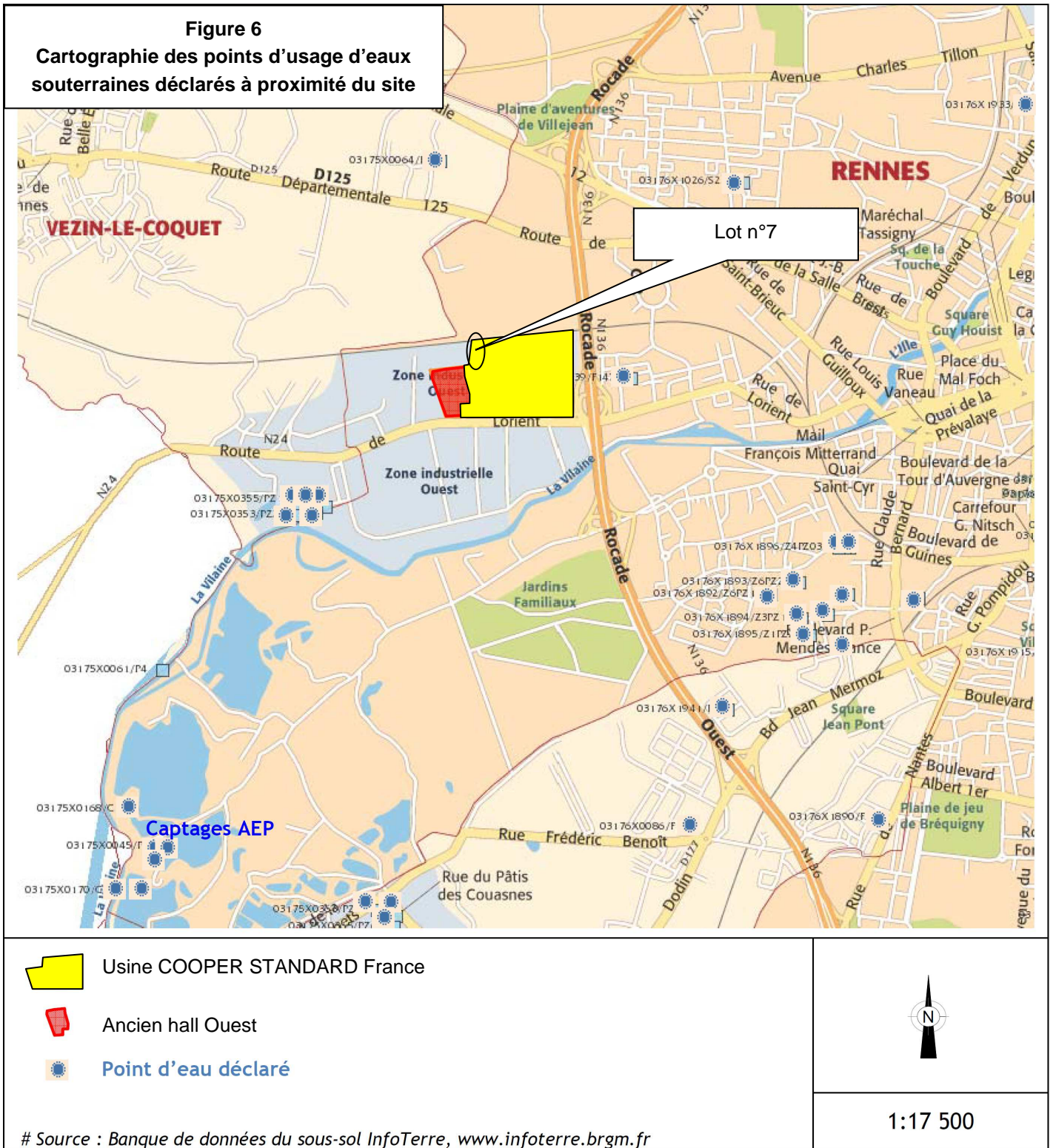


Figure 6
Cartographie des points d'usage d'eaux souterraines déclarés à proximité du site



Source : Banque de données du sous-sol InfoTerre, www.infoterre.brgm.fr

5. SYNTHÈSE DES ZONES POTENTIELLEMENT A RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT

Sur la base des études antérieures réalisées entre 1999 et 2014 (Cf. rapport GEOREM - E2013-33B-R2 du 09 janvier 2014), les zones du site potentiellement à risques pour l'environnement sont les suivantes :

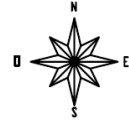
Tableau 1 – Synthèse des zones à risques du site / Polluants associés

Item	Zones potentiellement à risques	Polluants associés
1	Ancienne cuve enterrée inertée - Stockage d'huiles et de condensats (inertée en 2001)	Hydrocarbures
2	Chaudière (Ancien dépôtage fioul lourd + cuve enterrée 25 m ³ FOD + Bacs Fioul lourd)	Hydrocarbures
3	Bâtiment de stockage de produits dangereux et	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
4	Aire de stockage des effluents + aire de stockage des fûts	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
5	PADI	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
6	Merlon de remblais issus du terrassement de l'ancien Hall Ouest en 2000 + Terres traitées anciennement polluées par des sels cyanurés issues de l'ancien zone de traitement thermique du bâtiment 1 (CITROEN)	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds, cyanures
7	Ancienne base vie des entreprises extérieures	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
8	Activités d'usinage du bâtiment 30 - TXN	Hydrocarbures, métaux lourds
9	Activités de dégraissage (FISA) (Usage de DCM) + Peinture - Bâtiment 2	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
10	Ancienne zone d'usinage pour la fabrication des roulements à billes (CITROEN : 1957 - 1970)	Hydrocarbures, métaux lourds, solvants chlorés
11	Ancienne activité de dégraissage - Ancienne FISA (Usage	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
12	Ancienne activité de dégraissage - Ancienne TDV3 (Usage de TCE)	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
13	Broierie - Anciennes activités de dégraissage	Hydrocarbures, solvants chlorés, métaux lourds
14	Mélange - Cuves aériennes de stockage des huiles	Hydrocarbures
15	Cuve enterrée FOD du restaurant (ancienne cuve simple enveloppe fuyarde, changée en 1999)	Hydrocarbures
16	Secteur Mélange - Ancienne zone de traitement thermique pour la fabrication des roulements à billes	Hydrocarbures, métaux lourds, cyanures
17	Secteur Mélange - Zone de stockage des huiles noires	Hydrocarbures
18	Ancienne zone d'usinage / rectification pour la fabrication des roulements à billes (CITROEN : 1957 - 1970)	Hydrocarbures, métaux lourds, solvants chlorés
19	Ancienne fosse à huiles - Fabrication de roulements (CITROEN : 1957 - 1970)	Hydrocarbures, métaux lourds
20	Zone des anciens autoclaves	Hydrocarbures
21	Zone des anciennes presses	Hydrocarbures
22	Zone des anciennes presses d'emboutissage pour la formation CITROEN	Hydrocarbures

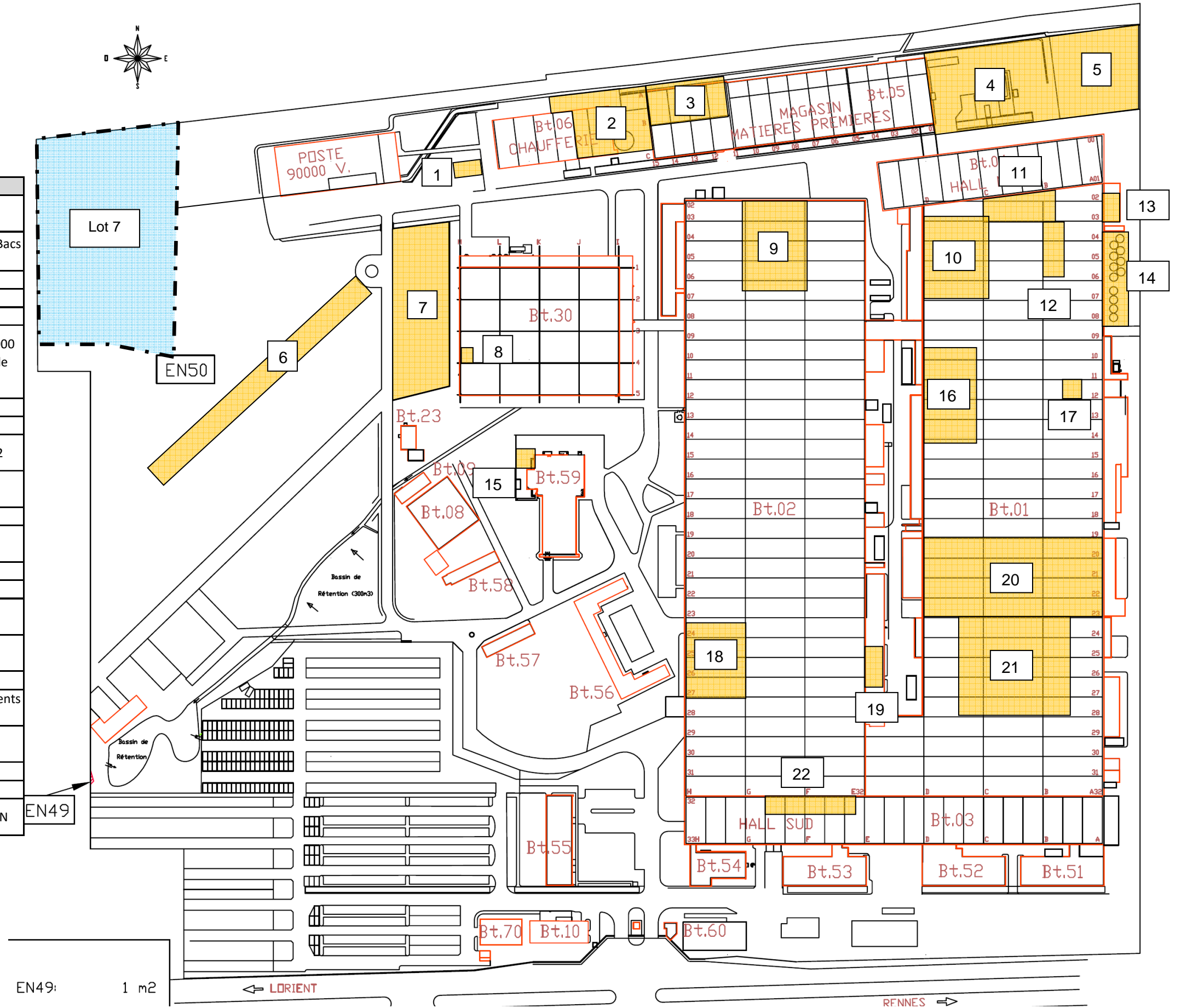
Le lot 7 ne comprend aucune zone à risques potentielle. Il a en revanche fait l'objet d'un remblaiement lié aux mouvements de terres lors de la construction du bâtiment 30 en 1992. Il a également ponctuellement servi au dépôt provisoire de racks métalliques de stockage.

[Une carte des zones potentiellement à risques est présentée en page suivante \(Figure 7\).](#)

CARTOGRAPHIE DES ZONES POTENTIELLEMENT A RISQUES



Item	Zones potentiellement à risques
1	Ancienne cuve enterrée inertée - Stockage d'huiles et de condensats (inertée en 2001)
2	Chaufferie (Ancien dépôtage fioul lourd + cuve enterrée 25 m ³ FOD + Bacs Fioul lourd)
3	Bâtiment de stockage de produits dangereux et inflammables
4	Aire de stockage des effluents + aire de stockage des fûts vides
5	PADI
6	Merlon de remblais issus du terrassement de l'ancien Hall Ouest en 2000 + Terres traitées anciennement polluées par des sels cyanurés issues de l'ancienne zone de traitement thermique du bâtiment 1 (CITROEN)
7	Ancienne base vie des entreprises extérieures
8	Activités d'usinage du bâtiment 30 - TXN
9	Activités de dégraissage (FISA) (Usage de DCM) + Peinture - Bâtiment 2
10	Ancienne zone d'usinage pour la fabrication des roulements à billes (CITROEN : 1957 - 1970)
11	Ancienne activité de dégraissage - Ancienne FISA (Usage de TCE)
12	Ancienne activité de dégraissage - Ancienne TDV3 (Usage de TCE)
13	Broierie - Anciennes activités de dégraissage
14	Mélange - Cuves aériennes de stockage des huiles paraffiniques
15	Cuve enterrée FOD du restaurant (ancienne cuve simple enveloppe fuyarde, changée en 1999)
16	Secteur Mélange - Ancienne zone de traitement thermique pour la fabrication des roulements à billes (CITROEN : 1957 - 1970)
17	Secteur Mélange - Zone de stockage des huiles noires
18	Ancienne zone d'usinage / rectification pour la fabrication des roulements à billes (CITROEN : 1957 - 1970)
19	Ancienne fosse à huiles - Fabrication de roulements (CITROEN : 1957 - 1970)
20	Zone des anciens autoclaves
21	Zone des anciennes presses
22	Zone des anciennes presses d'emboutissage pour la formation CITROEN



6. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

6.1. Investigations ECR Environnement

A la demande d'ENEDIS (Anciennement ERDF), ECR Environnement a réalisé un diagnostic de pollution des sols en juillet 2015 sur le lot n°7. Ce diagnostic a été basé sur la foration de 5 sondages de 6 m au maximum.

En complément, deux piézaires ont été installés en octobre 2016, respectivement à 2 et 7,4 m de profondeur, afin d'échantillonner les gaz du sol au droit du futur projet de poste de transformation. L'ouvrage PR1 a été positionné au droit du futur bâtiment HTA et l'ouvrage PR2 au droit du futur bâtiment PIM.

Le plan d'implantation de ces sondages et des piézaires est présenté en page suivante.

6.1.1. Observations géologiques et hydrogéologiques

6.1.1.1. Géologie sur le lot 7

Le rapport ECR Environnement fait état de la présence des terrains suivants :

- De 0 à 2,3 ou 3,5 m de profondeur : remblais majoritairement limoneux,
- De 2,3 à 3,5 m jusqu'à 6 m de profondeur : schistes plus ou moins altérés.

6.1.1.2. Hydrogéologie sur le lot 7

Les coupes de terrain d'ECR Environnement font état de la présence de traces d'humidité sur les sondages S1, S2 et S5 à partir d'environ 3,5 m de profondeur.

Le niveau statique de la nappe alluviale n'a pas pu être mesuré compte tenu de la nature de l'intervention et de l'absence de piézomètre sur ce secteur. Les valeurs piézométriques présentées au chapitre 4.1.1 restent valables et extrapolables au lot n°7.

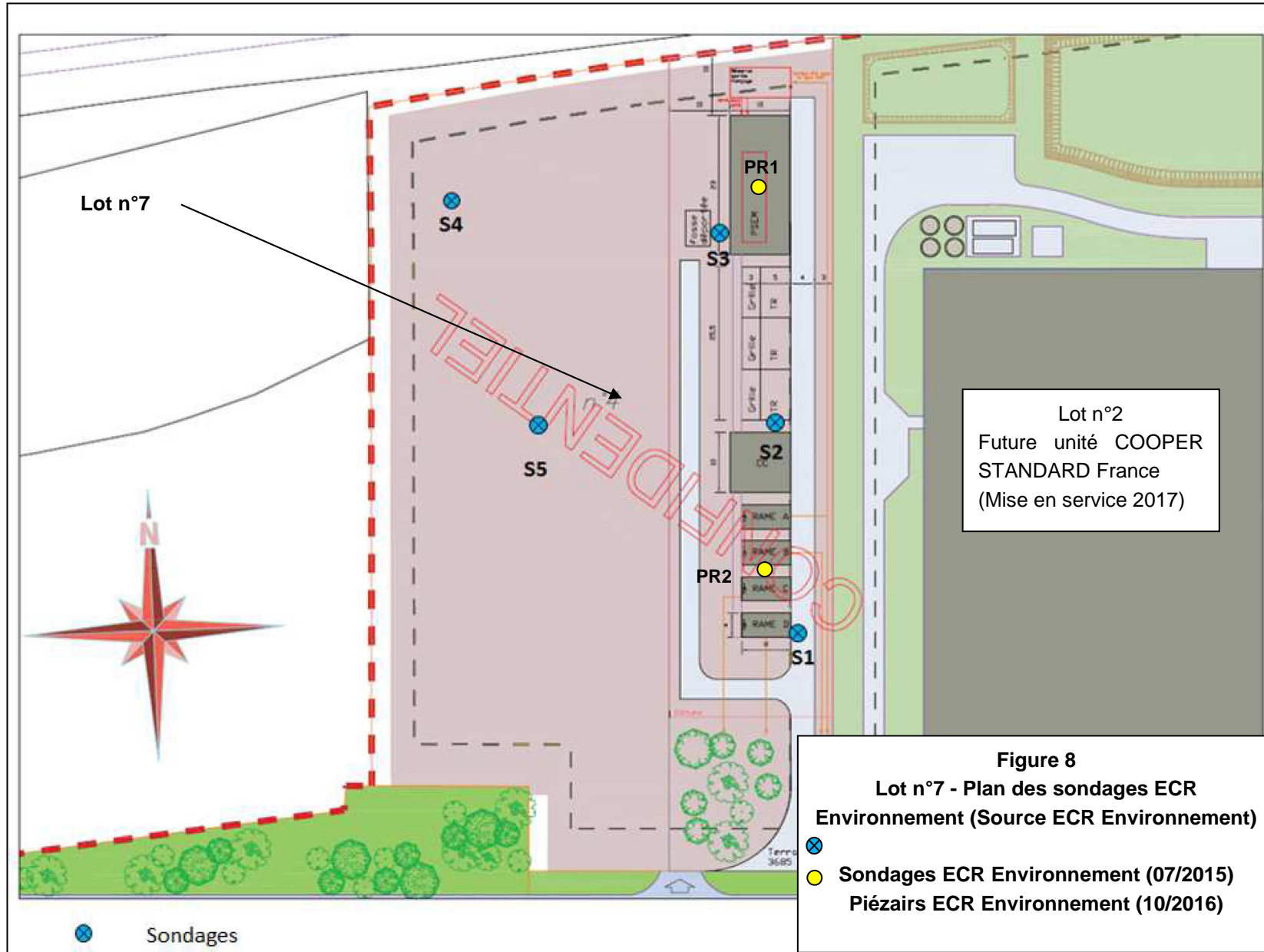
6.1.2. Résultats des mesures in situ par PID

Aucune mesure de la qualité des gaz du sol n'a été réalisée par ECR Environnement lors de son intervention.

6.1.3. Indices organiques

Le rapport ECR Environnement fait mention de la présence de faibles odeurs, non décrites, sur les sondages suivants :

- S2 de 0 à 1 m puis de 3,5 à 3,8 m,
- S3 de 1 à 2,8 m,
- S4 de 2,3 à 3 m.



6.1.4. Résultats d'analyses sur les sols

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux à la page 27.

La synthèse des résultats analytiques obtenus sur le lot 7 met en évidence les éléments suivants :

- L'absence des composés organiques de type CAV dont les BTEX ainsi que des COHV, et des PCB (Teneurs inférieures aux seuils de quantification du laboratoire).
- La détection des hydrocarbures totaux en C10-C40 sur 9 des 12 échantillons analysés, avec des teneurs variant de 15,6 à 487 mg/kg-MS, inférieures à la limite d'acceptation en ISDI, fixée à 500 mg/kg-MS. On note toutefois la teneur de 487 mg/kg-MS mesurée sur l'échantillon S4 (2.3 – 3 m), proche du seuil de 500 mg/kg-MS.
La fraction carbonée majoritaire est de type C22-C30, ce qui semble correspondre à des traces d'huiles minérales, voire à un gazole/fioul domestique dégradé car des traces de fractions en C16-C22 restent visibles.
Les teneurs mesurées marquent des impacts ponctuels limités correspondant à une pollution non significative des sols concernés, à l'exception de l'échantillon S4 (2.3 – 3 m). Pour ce dernier, l'impact est significatif mais compte tenu des fractions lourdes mesurées (plus de 62 % pour les fractions C22-C30 et C30-C40) et de la profondeur de l'échantillon, les risques sanitaires sont inexistantes en l'état.
- La présence en traces de certains composés de type HAP sur 5 des 7 échantillons analysés, avec des teneurs n'excédant pas 2,45 mg/kg-MS en HAP totaux. Ces concentrations sont très inférieures au seuil d'acceptation en ISDI fixé à 50 mg/kg-MS. Concernant le naphthalène, seul HAP potentiellement volatil, ce dernier n'est pas détecté. Le benzo(a)pyrène, HAP le plus toxique, est détecté en traces sur 4 échantillons avec des teneurs variant de 0,061 à 0.23 mg/kg-MS.
Comme pour les HCT en C10-C40, les concentrations obtenues marquent un impact ponctuel très limité correspondant à une pollution non significative des sols concernés.
- La présence ponctuelle de teneurs anormales en zinc et en plomb puis dans une moindre mesure en mercure et en cadmium au sein des remblais superficiels. Les teneurs mesurées sont significativement supérieures aux teneurs mesurées sur le restant du site industriel COOPER STANDARD (Valeurs moyennes et médianes basées sur l'analyse de 106 échantillons en 2013).
Les teneurs en plomb sont les plus significatives avec des concentrations variant de 72.6 à 198 mg/kg-MS pour les 5 échantillons présentant des valeurs anormales. A titre de comparaison, les teneurs moyennes et médianes du site sont respectivement de 14,46 et 13 mg/kg-MS.
- L'arsenic, le chrome et le nickel sont détectés avec des concentrations comprises dans la gamme des teneurs correspondant à des sols « ordinaires » au sens du programme de recherche INRA-ASPITET.
Les teneurs mesurées sont également du même ordre de grandeur que les concentrations moyennes et médianes obtenues sur le site en 2013.
Pour ces éléments, les concentrations fournies correspondent au bruit de fond géochimique local.

- Tous les résultats obtenus sont compatibles avec les critères d'acceptation en installation de stockage de déchets inertes (ISDI – Classe 3), définis par l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

Au regard des connaissances actuelles, les teneurs mesurées en métaux lourds sont potentiellement problématiques sur le plan sanitaire, en cas de contact direct ou indirect prolongé avec les sols.

Ce constat nécessite donc une prise en compte dans le plan de gestion proposé ci-après.

Tableau 2 – Résultats d’analyses sur les sols – Juillet 2015 (Source ECR Environnement)

Paramètres	Seuils Déchets Inertes	Valeurs guides ASPITET	Autres seuils VTB/ATDSR	S1 (0,0-1,0)	S1 (1,0-1,8)	S2 (0,0-1,0)	S2 (1,0-1,8)	S3 (0,0-1,0)	S3 (1,0-1,7)	S3 (1,7-2,8)	S4 (0,0-1,0)	S4 (1,8-2,3)	S4 (2,3-3,0)	S5 (0,0-1,0)	S5 (1,0-1,8)
Résultats des analyses réalisées sur matière brute (mg/kg MS)															
COT	30 000	-	-	-	-	2 440	-	-	6 440	-	-	-	-	-	-
Arsenic	-	25	-	12,9	12,8	-	16,4	11,2	-	11,2	8,96	-	-	9,85	9,85
Cadmium	-	0,45	-	<0,40	<0,40	-	<0,40	1,22	-	<0,40	0,46	-	-	0,43	<0,40
Chrome	-	90	-	25,2	21,5	-	24,5	28	-	22,7	18	-	-	18,8	19,9
Cuivre	-	20	-	28,9	25,3	-	38,5	30,8	-	26,1	22,6	-	-	55,2	25,4
Nickel	-	60	-	24,4	25,7	-	28,1	24,4	-	26,2	15,6	-	-	17,5	18,1
Plomb	-	50	-	45,1	167	-	92,7	109	-	47,2	72,6	-	-	198	52,6
Zinc	-	100	-	158	144	-	235	256	-	120	155	-	-	240	101
Mercuré	-	0,1	-	0,2	0,14	-	0,15	<0,10	-	0,17	<0,1	-	-	0,48	<0,10
Hydrocarbures tot	500	-	85	67,6	23,1	<15,0	52,4	75,6	<15	101	15,6	53,9	487	28,4	<15,0
Somme des 16 HAP	50	-	24	0,813<x<1,263	-	<0,8	0,168<x<0,818	2,111<x<2,361	<0,8	0,682<x<1,132	-	-	-	2,198<x<2,448	-
Somme des BTEX	6	-	-	-	-	<0,25	-	-	<0,25	-	-	<0,25	<0,25	-	-
Somme 19 COHV	-	-	-	-	-	-	-	-	<2,17	-	-	-	-	-	-
Somme des 7 PCB	1	-	-	-	-	<0,07	-	-	<0,07	-	-	-	-	-	-
Résultats des analyses réalisées sur lixiviat (mg/kg MS)															
COT	500	-	-	-	-	57	-	-	52	-	-	-	-	-	-
Fraction soluble	4 000	-	-	-	-	<2 000	-	-	2 970	-	-	-	-	-	-
Indice Phénols	1	-	-	-	-	<0,50	-	-	<0,50	-	-	-	-	-	-
Chlorures	800	-	-	-	-	20,8	-	-	32,4	-	-	-	-	-	-
Fluorures	10	-	-	-	-	5,13	-	-	<5,00	-	-	-	-	-	-
Sulfates	1 000	-	-	-	-	108	-	-	175	-	-	-	-	-	-
Arsenic	0,5	-	-	-	-	<0,20	-	-	<0,20	-	-	-	-	-	-
Baryum	20	-	-	-	-	0,14	-	-	0,31	-	-	-	-	-	-
Chrome	0,5	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	-	-	-	-	-	-
Cuivre	2	-	-	-	-	<0,20	-	-	<0,20	-	-	-	-	-	-
Molybdène	0,5	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	-	-	-	-	-	-
Nickel	0,4	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	-	-	-	-	-	-
Plomb	0,5	-	-	-	-	<0,10	-	-	<0,10	-	-	-	-	-	-
Zinc	4	-	-	-	-	<0,20	-	-	<0,20	-	-	-	-	-	-
Mercuré	0,01	-	-	-	-	<0,001	-	-	<0,001	-	-	-	-	-	-
Antimoine	0,06	-	-	-	-	0,009	-	-	0,007	-	-	-	-	-	-
Cadmium	0,04	-	-	-	-	<0,002	-	-	<0,002	-	-	-	-	-	-
Sélénium	0,1	-	-	-	-	<0,01	-	-	<0,01	-	-	-	-	-	-

6.2. Résultats d'analyses sur les gaz du sol

Les résultats analytiques obtenus par ECR Environnement sur les deux piézaires posés en octobre 2016 (Analyses par le laboratoire EUROFINs) sont présentés dans le tableau ci-dessous, issu directement du rapport concerné.

Tableau 3 – Résultats d'analyses sur les gaz du sol – Octobre 2016 (Source ECR Environnement)

Paramètres/Echantillons	PR1		PR2		Blanc de transport
	µg/tube	µg/m ³	µg/tube	µg/m ³	
TPH					
Aliphatiques >MeC5 - C6	5,43	65,34	<5,00	-	<5,00
Aliphatiques >C6 - C8	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Aliphatiques >C8 - C10	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Aliphatiques >C10 - C12	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Aliphatiques >C12 - C16	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Total Aliphatiques	5,43<x<25,43	-	<25,0	-	<25,0
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	1,01	12,15	0,67	8,32	<0,10
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	2,86	34,42	0,4	4,97	<0,10
Aromatiques >C8 - C10	6,32	76,05	<5,00	-	<5,00
Aromatiques >C10 - C12	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Aromatiques >C12 - C16	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
Total Aromatiques	10,19<x<20,19	-	1,07<x<16,07	-	<15,2
BTEX					
Benzène	1,01	12,15	0,67	8,32	<0,10
Toluène	2,86	34,42	0,4	4,97	<0,10
Ethylbenzène	3,13	37,67	0,29	3,60	<0,10
m+p-Xylène	1,37	16,48	<0,10	-	<0,10
o-Xylène	0,66	7,94	<0,10	-	<0,10
MTBE					
MTBE	<5,00	-	<5,00	-	<5,00
COHV					
Dichlorométhane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Chlorure de vinyle	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
1,1-Dichloroéthène	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
trans 1,2-Dichloroéthène	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
cis 1,2-dichloroéthène	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Chloroforme	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Tétrachlorométhane	<0,10	-	<0,10	-	<0,10
1,1-Dichloroéthane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
1,2-Dichloroéthane	<0,10	-	<0,10	-	<0,10
1,1,1-Trichloroéthane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
1,1,2-Trichloroéthane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Trichloroéthylène	0,18	2,17	0,16	1,99	<0,10
Tétrachloroéthylène	<0,10	-	<0,10	-	<0,10
Bromochlorométhane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Dibromométhane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
1,2-Dibromoéthane	<0,10	-	<0,10	-	<0,10
Bromoforme (tribromométhane)	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Bromodichlorométhane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100
Dibromochlorométhane	<0,100	-	<0,100	-	<0,100

Les analyses des gaz du sol mettent donc en évidence la détection des composés volatils suivants :

- PR1 : aliphatiques en >C5-C6, benzène, toluène, aromatiques >C8-C10, éthylbenzène, xylènes, trichloroéthylène.
- PR2 : benzène, toluène, éthylbenzène, trichloroéthylène.

Ces teneurs sont potentiellement problématiques sur le plan sanitaire et doivent être prises en compte dans le cadre du plan de gestion et de l'EQRS.

6.3. Synthèse des résultats sur les eaux souterraines

La synthèse présentée est basée sur un réseau de 27 piézomètres disposés sur le site. Aucun ouvrage n'est installé sur le lot 7, situé à plus de 250 m au Nord-ouest, en latéral hydraulique des zones problématiques.

Les analyses mettent en évidence les éléments suivants :

- L'absence des composés de type HCT C10-C40, à l'exception de PZG qui présente toujours une phase organique flottante d'huile supérieure à 1 m. Cette phase traduit la saturation locale de l'eau de la nappe et engendrait une teneur de 5 000 mg/l en février 2014 (échantillon non analysé depuis cette date). La fraction carbonée en C21-C35 était très majoritaire sur ce dernier.
- Une pollution des eaux souterraines par les composés organo-halogénés volatils (COHV) et majoritairement par le trichloroéthylène (TCE).

Pour rappel, jusqu'en février 2014, les ouvrages PZB et PZH présentaient les plus fortes concentrations en COHV sur le site, avec des teneurs moyennes respectives de l'ordre de 6 000 et 2 500 µg/l. Tous les piézomètres installés en périphérie, présentaient quant à eux des concentrations de l'ordre de quelques µg/l à quelques centaines de µg/l. Deux zones de pollution distinctes se dessinaient donc, avec pour centres supposés les ouvrages PZB et PZH.

En août 2014, les travaux d'installation des aiguilles de traitement de ces deux zones (biodégradation anaérobie) ont montré que les sources de pollution étaient en réalité situées plus en amont que les sources initialement suspectées.

Concernant la zone de PZB, les aiguilles de traitement Ai1 à Ai9 ont fourni des teneurs à l'état initial, avant injection de mélasse, variant de 3 000 à 350 000 µg/l. Pour la zone de PZH, les aiguilles Ai10 à Ai19 ont présenté des teneurs variant de 460 à 47 000 µg/l.

A la demande de COOPER STANDARD France, une contre analyse des aiguilles Ai1, Ai2, Ai3 et Ai13 avait été réalisée le 09 octobre 2014 afin de vérifier les teneurs mesurées par SOLEO SERVICES en août 2014. Il convient de noter que ces contre analyses ont donc été réalisées après la première injection de mélasse dans le réseau de traitement (septembre 2014).

Sur la zone de PZB, les résultats étaient plus faibles que lors de la campagne d'août 2014 de SOLEO SERVICES, puisque les teneurs obtenues étaient 3 à 50 fois inférieures :

- Ai1 : 6 100 µg/l au lieu de 140 000 µg/l
- Ai2 : 1 800 µg/l au lieu de 100 000 µg/l

- Ai3 : 96 000 µg/l au lieu de 350 000 µg/l
- Sur la zone de PZH, le résultat était du même ordre de grandeur qu'en août 2014 :
- Ai13 : 49 000 µg/l au lieu de 47 000 µg/l.

Compte tenu de la forte variation des résultats sur les aiguilles Ai1 à Ai3, une seconde vérification avait été effectuée le 27 octobre 2014. Les résultats obtenus étaient en légère hausse par rapport au début octobre mais ces derniers restaient du même ordre de grandeur.

- Ai1 : 10 000 µg/l au lieu de 6 100 µg/l
- Ai2 : 4 000 µg/l au lieu de 1 800 µg/l
- Ai3 : 140 000 µg/l au lieu de 96 000 µg/l.

Dans le même temps et afin de préciser les deux zones impactées, les nouveaux ouvrages installés en octobre 2014 et décembre 2014 avaient fait état des résultats suivants.

En octobre 2014, les ouvrages PZN, PZO, PZP et PZS avaient montré que le centre de la zone de pollution, initialement supposé sur l'ouvrage PZB, était en réalité situé dans la zone de l'ouvrage PZP qui présentait une teneur en COHV totaux de 490 000 µg/l (98% de trichloroéthylène). Cette teneur est la plus élevée jamais mesurée sur le site.

Les ouvrages périphériques PZN, PZO et PZS présentaient quant à eux des teneurs en COHV totaux variant de 13 000 µg/l (PZN et PZO) à 18 000 µg/l (PZS), toujours avec une présence prépondérante du trichloroéthylène (92 à 88 %).

Au sein de la seconde zone de pollution, les ouvrages PZQ et PZR avaient fourni des teneurs en COHV totaux respectives de 1 500 et 2 400 µg/l, marquant ainsi nettement la limite Nord de cette zone finalement centrée sur les aiguilles Ai12 et Ai13 (32 000 à 49 000 µg/l).

Au terme des investigations d'octobre 2014, des incertitudes demeuraient quant aux limites Ouest et Nord de la poche de pollution observée sur la zone PZP (pic de concentration à 490 000 µg/l).

En effet, l'ouvrage PZS, installé le plus à l'Est de PZP, au sein du bâtiment 2, présentait une teneur en COHV totaux de 18 000 µg/l.

De plus, l'ouvrage PZP était situé à environ 35 m au Sud de PZL, ouvrage exempt de teneurs significatives en COHV. Cette distance étant importante, il était judicieux de vérifier cet intervalle afin de restreindre si possible la zone à traiter.

Dans ce but, quatre nouveaux ouvrages (PZT à PZW) avaient été installés sur la zone de PZP pour préciser les limites de la zone impactée.

Ces quatre piézomètres ont permis d'atteindre les objectifs, en présentant les teneurs en COHV totaux suivantes :

- PZT : 210 µg/l
- PZU : 3 000 µg/l
- PZV : 88 µg/l
- PZW : <5,5 µg/l.

Suite à une réunion de travail interne en février 2015, il a été décidé de réaliser une dernière série de 3 piézomètres, forés en mars 2015, afin de pouvoir, si possible, mieux préciser les limites Nord et Ouest de la zone de pollution, compte tenu des coûts potentiellement élevés du traitement envisagé avec les teneurs mesurées en COHV totaux.

Les ouvrages PZX et PZY ont été installés à environ 10 m à l'Ouest de PZP, dans l'allée interne du bâtiment 2. L'ouvrage PZZ a été foré dans l'allée centrale entre les bâtiments 1 et 2, à 10 m au Nord de PZN.

Au 11 avril 2016, les teneurs en COHV obtenues étaient globalement supérieures à celles obtenues en mars et mai 2016 ; notamment pour le trichloroéthylène qui constitue le marqueur principal de la pollution.

Sur le site, les périodes de hautes eaux semblent montrer des baisses générales des teneurs en COHV, compte tenu probablement d'une dilution plus importante des polluants. Cela reste valable pour cette campagne d'avril 2016. L'augmentation des teneurs sur la fin de l'hiver 2016 par rapport à la fin de l'hiver 2015, peut être liée à une pluviométrie un peu plus faible en 2015-2016 (378 mm entre octobre et mars 2016 au lieu de 395 mm en 2014-2015).

On notera que l'échantillonnage est toujours effectué de la même manière avec la mise en place des pompes au point bas des ouvrages piézométriques, compte tenu de la densité élevée des COHV). De même, le laboratoire est identique depuis 2013.

Seuls les ouvrages PZA, PZL et PZV présentent des teneurs en trichloroéthylène plus faibles que lors de la précédente campagne de hautes eaux de mars 2015.

Les hausses de concentrations les plus significatives en TCE concernent les ouvrages PZM (1 200 µg/l au lieu de 230 µg/l), PZP (310 000 µg/l au lieu de 240 000 µg/l), PZS (26 000 µg/l au lieu de 12 000 µg/l) et PZY (76 000 µg/l au lieu de 36 000 µg/l).

On note également une augmentation importante de la teneur en Cis-1,2-Dichloroéthylène sur PZP (22 000 µg/l au lieu de 2100 µg/l en mars 2015). Ce composé est ordinairement produit lors de la déchloration du trichloroéthylène.

L'ouvrage PZP est toujours le plus impacté avec 310 000 µg/l de trichloroéthylène. Le piézomètre PZI qui présentait habituellement la plus forte teneur en chlorures de vinyle affiche une teneur de 360 µg/l. PZP fournit désormais une teneur plus élevée de 610 µg/l.

Tous les ouvrages présents en aval hydraulique du site sont quasiment exempts de pollution (traces de COHV de l'ordre de la dizaine de µg/l). Les sources identifiées sont donc toujours circonscrites au site industriel, sans impact notable en aval hydraulique.

Depuis l'installation des premiers ouvrages PZA à PZC en 2010, le trichloroéthylène est le composé majoritairement mesuré au sein des COHV, dans les eaux souterraines.

Sa présence dans la nappe peut expliquer pour tout ou partie la présence des autres COHV détectés, par le biais de la biodégradation des COHV par déchloration (en milieu réducteur). Le chlorure de vinyle, retrouvés fréquemment sur les ouvrages, constitue le résidu ultime de déchloration. Il est également le plus toxique des COHV.

Concernant le lot 7, aucun piézomètre n'a été posé dans cette zone compte tenu de son historique. L'ouvrage le plus proche est le piézomètre PZC, implanté au centre Est du lot 2, à environ 180 m à l'Ouest du lot 7. En septembre 2014, ce piézomètre présentait des traces de COHV (6,6 µg/l) dont le TCE (2,6 µg/l), le T111 (1 µg/l), le 1,1-DCA (1 µg/l) et le Cis-1,2-DCE (2 µg/l).

Le lot 7 est situé en latéral hydraulique du lot 2, à une distance de plus de 250 m au Nord-ouest de la zone de pollution observée sur les lots 1, 5 et 6. L'impact potentiel sur la nappe alluviale au droit du lot 7 est donc inexistant ou négligeable compte tenu du contexte hydrogéologique local et du sens d'écoulement de la nappe alluviale.

Les cartes d'isoconcentrations sont présentées aux pages 41 et 42.

Tableau 4 – Résultats d'analyses sur les eaux souterraines en août 2103 – Comparaison aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZA	PZB	PZC	PZD	PZE	PZF	PZG	PZH	PZ19
			Amont Bât.1 / Aval PADI	Entre les bât. 1 et 2	Amont Bât.30 / Aval chaufferie	Aval Bât. 1 et 2 / Limite du site et de la route de Lorient	Aval bât. 2	Bât. 1 / Aval ancienne FISA	Bât. 2 / Aval PZB	Aval bât. 2	
Hydrocarbures totaux (HCT)											
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	5000	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<500	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<500	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<500	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	4000	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<500	<0,05	<0,1
Composés Aromatiques Volatiles dont les BTEX											
Benzène	µg/l	1**	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Toluène	µg/l	-	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	0,7	<0,5
Ethylbenzène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
o-Xylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
m-, p-Xylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	11	<0,5	<0,5
o-Ethyltoluène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
m-, p-Ethyltoluène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Mésitylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Cumène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Pseudocumène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Somme des CAV	µg/l	-	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	11	0,7	<0,5
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)											
Naphtalène	µg/l	-	<0,02	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Acénaphthylène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Acénaphthène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Fluorène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Phénanthrène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	3,8	<0,02	<0,03
Anthracène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Fluoranthène (2)	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Pyrène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	3,7	<0,02	<0,03
Benzo(a)anthracène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Chrysène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Benzo(b)fluoranthène (1/2)	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Benzo(k)fluoranthène (1/2)	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Benzo(a)pyrène (2)	µg/l	0,01**	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Indéno(123-cd)pyrène (1/2)	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Benzo(ghi)perylene (1/2)	µg/l	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<3,1	<0,02	<0,03
Somme des HAP	µg/l	-	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	7,5	<0,32	<0,48
Somme des 4 HAP (1)	µg/l	0,1**	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<12,4	<0,08	<0,12
Somme des 6 HAP (2)	µg/l	1*	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<18,6	<0,12	<0,18
Composés organo-halogénés volatils (COHV)											
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	10	110	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	3,8	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	24	0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	170	780	3	14	2,1	4,5	<5	230	0,6
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,1	3,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	1,7	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	4,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	4,3	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	18	3,6	<0,5	<0,5	3,1	<5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	2,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	280	6100	4,8	15	13	14	24	1400	1,6
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	11	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	1,4	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	1,7	18	1,7	0,7	<0,5	0,8	<5	5,3	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	1	29	0,9	1	<0,5	5,5	<5	3,5	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	280	6111	4,8	15	13	14	24	1401,4	1,6
Somme des COHV	µg/l	-	460	7100	14	31	15	28	48	1700	2,2
Métaux lourds et métalloïdes											
Arsenic (As)	µg/l	100* / 10**	4	<3	<3	<3	<3	<3	3	<3	<3
Cadmium (Cd)	µg/l	5 */**	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	5,4	<1,5	<1,5
Chrome (Cr) total	µg/l	50 */**	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cuivre (Cu)	µg/l	2 000**	14	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	18
Mercure (Hg)	µg/l	1 */**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nickel (Ni)	µg/l	20**	69	<10	20	<10	<10	13	340	<10	<10
Plomb (Pb)	µg/l	50* / 10**	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zinc (Zn)	µg/l	5 000*	<50	<50	<50	<50	<50	<50	130	<50	<50
Cyanures totaux											
Cyanures totaux	mg/l	0,05 */**	0,03	0,03	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Indice phénol											
Indice phénol	mg/l	0,1 *	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,4	<0,01	<0,01

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité de eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

 Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007

 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

Tableau 5 – Résultats d'analyses sur les eaux souterraines en février 2014 – Comparaison aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZA	PZB	PZC	PZD	PZE	PZF	PZG
			Amont Bât.1 / Aval PADI	Entre les bât. 1 et 2	Amont Bât.30 / Aval chaufferie	Aval Bât. 1 et 2 / Limite du site et de la route de Lorient	Aval bât. 2	Bât. 1 / Aval ancienne FISA	
Hydrocarbures totaux (HCT)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<0,8	46	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	150	340	4,5	3,2	<0,5	1,1	na
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,1	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	7,4	9,7	<0,5	<0,5	<0,7	na
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	230	3300	3,2	3,6	9,5	6,8	na
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	6,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	1,6	9,6	5,8	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,1	14	0,6	<0,5	<0,5	1,3	na
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	230	3306,1	3,2	3,6	9,5	6,8	na
Somme des COHV	µg/l	-	380	3700	24	6,8	9,5	9,2	na

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZH	PZI	PZJ	PZK	PZL	PZM	PZ19
			Bât. 2 / Aval PZB	Bât.1 / Aval - Latéral PZB	Bât.1 / MIP13c	Aval PZB (contre-allée)	Amont PZB (contre-allée)	Bât.2 / Aval - Latéral PZB	Aval bât. 2
Hydrocarbures totaux (HCT)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Composés Aromatiques Volatiles dont les BTEX									
Benzène	µg/l	1**	na	na	<0,5	na	na	na	na
Toluène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
Ethylbenzène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
o-Xylène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
m-, p-Xylène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
o-Ethyltoluène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
m-, p-Ethyltoluène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
Mésitylène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
Cumène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
Pseudocumène	µg/l	-	na	na	<0,5	na	na	na	na
Somme des BTEX	µg/l	-	na	na	<2,5	na	na	na	na
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<5	390	1,5	2,5	0,7	1,8	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	250	220	15	3,3	87	92	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<5	3	<0,5	2,6	0,7	1	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	6,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	1900	180	33	2,8	36	260	0,6
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	7,6	1,8	3,6	<0,5	1,2	2,8	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	<8,4	1,4	1,2	<0,5	0,8	6,1	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	1900	180,6	33	2,8	36	260,5	0,6
Somme des COHV	µg/l	-	2200	800	54	11	130	370	0,6

Tableau 6 – Résultats d’analyses sur les eaux souterraines en septembre 2014 – Comparaison aux valeurs limites de l’arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZA	PZC	PZD	PZE	PZF	PZJ	PZL	PZ19
Hydrocarbures totaux (HCT)										
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Composés organo-halogénés volatils (COHV)										
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	17	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	1,5	1	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	140	2	6,7	1,1	8,4	11	59	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	1	<0,5	<0,5	11	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	290	2,6	7,8	8,7	34	22	73	<0,5
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	1,7	1	<0,5	<0,5	1,4	3	1	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,3	<0,5	0,9	<0,5	17	1,1	1	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	290	2,6	7,8	8,7	34	22	73	<1
Somme des COHV	µg/l	-	450	6,6	15	9,8	73	39	140	<5,5

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.



Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007





Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

Tableau 7 – Résultats d’analyses sur les eaux souterraines en octobre et décembre 2014 – Comparaison aux valeurs limites de l’arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZN	PZO	PZP	PZQ	PZR
Composés organo-halogénés volatils (COHV)							
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	110	100	120	<5	26
Dichlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<5	<5	<5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	360	270	3000	53	280
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<5	<5	280	<5	<5
Trichlorométhane	µg/l	-	<5	<5	370	<5	<5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	480	470	410	<5	8
Tétrachlorométhane	µg/l	-	16	15	310	<5	<5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	12000	12000	480000	1400	2100
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	77	74	480	<6	11
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	<5	<5	330	<5	7
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	220	160	190	<5	13
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	12077	12074	480480	1400	2111
Somme des COHV	µg/l	-	13000	13000	490000	1500	2400

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

 Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZS	PZT	PZU	PZV	PZW
Composés organo-halogénés volatils (COHV)							
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	72	<5	14	<5	<5
Dichlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<5	<5	<5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1800	45	510	7	<5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	23	<5	<5	<5	<5
Trichlorométhane	µg/l	-	9	<5	<5	<5	<5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<5	<5	16	<5	<5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<5	<5	<5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	16000	160	2400	81	<5
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	17	<5	<5	<5	<5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	8	<5	11	<5	<5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	47	<5	57	<5	<5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	160	160	2400	81	<10
Somme des COHV	µg/l	-	18000	210	3000	88	-/-

Tableau 8 – Résultats d’analyses sur les eaux souterraines des aiguilles le 09 octobre 2014 – Comparaison aux valeurs limites de l’arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	Ai1	Ai2	Ai3	Ai13
Composés organo-halogénés volatils (COHV)						
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	8	8	13	5
Dichlorométhane	µg/l	-	6	<5	9	<5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	3100	1800	27000	8400
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	8	<5	<5	13
Trichlorométhane	µg/l	-	9	<5	30	18
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	7	<5	90	<5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<5	<5	17	<5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	2900	<5	69000	41000
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	11	<5	81	15
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	10	<5	8	21
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	15	14	36	25
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	2911	<10	69081	41015
Somme des COHV	µg/l	-	6100	1800	96000	49000

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.



 Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

Tableau 9 – Résultats d’analyses sur les eaux souterraines en Mars 2015 – Comparaison aux valeurs limites de l’arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZA	PZB	PZC	PZD	PZE	PZF	PZG
			Mont Bât.1 / Aval PADI	Entre les bât. 1 et 2	Mont Bât.30 / Aval chaufferie	Aval Bât. 1 et 2 / Limite du site et de la route de Lorient	Aval bât. 2	Bât. 1 / Aval ancienne FISA	
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<0,5	51	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	74	2500	na	4	<0,6	0,7	na
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	0,6	<6	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	<5	na	<0,5	<0,5	0,6	na
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	<5	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	140	1900	na	4,7	4,1	2,5	na
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	<5	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	1	<5	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	0,7	18	na	<0,6	<0,5	1,2	na
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	140	1900	na	4,7	4,1	2,5	na
Somme des COHV	µg/l	-	220	4500	na	8,7	4,1	5	na

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007



ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZH	PZI	PZJ	PZK	PZL	PZM	PZN
			Bât. 2 / Aval PZB	Bâ.1 / Aval - Latéral PZB	Bât.1 / MIP13c	Aval PZB (contre-allée)	Mont PZB (contre-allée)	Bât.2 / Aval - Latéral PZB	Allée centrale
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<5	530	0,9	<0,5	<0,5	2,2	<5
Dichlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	7,6	<5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	56	200	8,9	0,6	54	81	97
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<5	<6	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	<5
Trichlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	2,6	<5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	560	320	26	1,4	95	230	270
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<5	<5	<0,5	<0,5	1,3	<0,5	<5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	<5	<5	2,4	<0,5	0,8	5,7	<5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	<5	<5	0,8	<0,5	0,6	9,9	<5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	560	320	26	1,4	96,3	230	270
Somme des COHV	µg/l	-	620	1100	39	2	150	340	370

Tableau 10 – Résultats d'analyses sur les eaux souterraines en Mars et Mai 2015 – Comparaison aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZO	PZP	PZQ	PZR	PZS	PZT	PZU
			Allée centrale	Espace vert allée centrale	Bâtiment 1	Allée centrale	Bâtiment 2	Bâtiment 2	Bâtiment 2
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	100	83	<5	<5	65	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<5	<50	<5	<5	<5	0,7	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	360	2100	45	21	1500	17	0,9
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<5	220	<5	<5	25	<0,5	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	<5	220	<5	<5	8	<0,5	8,6
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	350	250	<5	<5	<5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	15	170	<5	<5	<5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	7200	240000	120	61	12000	55	2,6
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	66	240	<5	<5	19	<0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	<5	190	<5	<5	8	0,6	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	130	130	<5	<5	40	<0,5	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	7266	240240	120	61	12019	55	2,6
Somme des COHV	µg/l	-	8200	240000	170	82	14000	73	12

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

 Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
 Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZV	PZW	PZX***	PZY***	PZZ***	PZ19
			SAS Bât. 1 et 2	Bâtiment 1	Bâtiment 2	Bâtiment 2	Allée centrale	Aval bât. 2
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)								
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Composés organo-halogénés volatils (COHV)								
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<0,5	<0,5	<0,5	150	95	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<50	<50	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	6,6	<0,5	15	3100	2300	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<50	<50	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	13	<0,5	58	<50	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<50	<50	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	<50	<50	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	600	<0,5	600	36000	4900	1
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	0,7	<0,5	3	120	<50	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	0,9	<0,5	<0,5	<50	<50	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	<0,5	69	<50	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	600,7	<0,5	603	36120	4900	1
Somme des COHV	µg/l	-	610	13	620	39000	7300	1



*** Analyses de Mai 2015

Tableau 11 – Résultats d'analyses sur les eaux souterraines en avril 2016 – Comparaison aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZA	PZB	PZC	PZD	PZE	PZF	PZG
			Mont Bât.1 / Aval PADI	Entre les bât. 1 et 2	Mont Bât.30 / Aval chaufferie	Aval Bât. 1 et 2 / Limite du site et de la route de Lorient	Aval bât. 2	Bât. 1 / Aval ancienne FISA	
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	na
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	110	na	na	5,2	1,5	2,3	na
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	3,9	na
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	63	na	na	7,3	4,4	9,7	na
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	na	na	<0,5	<0,5	<0,5	na
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	1,8	na	na	<0,5	<0,5	0,5	na
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	<0,5	na	na	0,6	<0,5	4,1	na
Somme des COHV	µg/l	-	180	na	na	13	5,9	21	na
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	63,0	na	na	7,3	4,4	9,7	na

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

-  Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007
-  Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZH	PZI	PZJ	PZK	PZL	PZM	PZN
			Bât. 2 / Aval PZB	Bât.1 / Aval - Latéral PZB	Bât.1 / MIP13c	Aval PZB (contre-allée)	Mont PZB (contre-allée)	Bât.2 / Aval - Latéral PZB	Allée centrale
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	2,8	360	1,2	<0,5	<0,5	1,1	9
Dichlorométhane	µg/l	-	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	100	240	17	2,6	57	74	230
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	1,9	5,9	<0,5	<0,5	0,5	1,3	2,4
Trichlorométhane	µg/l	-	3,1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	1
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	2,2	66
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<12
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	790	530	90	50	19	1200	1500
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	3,1	1,9	<0,5	<0,5	<0,5	6,8	13
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	4	4,2	3,7	<0,5	1	4,4	14
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	2	2,8	1,3	<0,5	<0,5	5,7	26
Somme des COHV	µg/l	-	910	1100	110	53	78	1300	1900
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	793,1	531,9	90	50	19	1206,8	1513

Tableau 12 – Résultats d'analyses sur les eaux souterraines en avril 2016 – Comparaison aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZO	PZP	PZQ	PZR	PZS	PZT	PZU
			Allée centrale	Espace vert allée centrale	Bâtiment 1	Allée centrale	Bâtiment 2	Bâtiment 2	Bâtiment 2
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)									
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Composés organo-halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<50	610	1,1	1	<60	<0,7	2,8
Dichlorométhane	µg/l	-	<50	<50	<0,5	<0,5	<50	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	300	22000	150	80	1700	80	280
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<50	230	1,3	1,7	<50	1,1	5,2
Trichlorométhane	µg/l	-	<50	240	<0,5	<0,5	<50	<0,5	0,6
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	350	280	<0,5	0,8	<50	<0,5	14
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<50	<120	<0,5	<0,5	<50	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	7800	310000	290	440	26000	190	1000
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	63	270	1,2	2,2	<50	<0,5	3,4
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	<50	240	2	1,7	<50	0,9	14
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	97	170	2	1,6	53	1,4	42
Somme des COHV	µg/l	-	8600	330000	450	530	28000	270	1400
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	7863	310270	291,2	442	26000	190	1003

* Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine (à l'exclusion des eaux de source conditionnées).

** Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

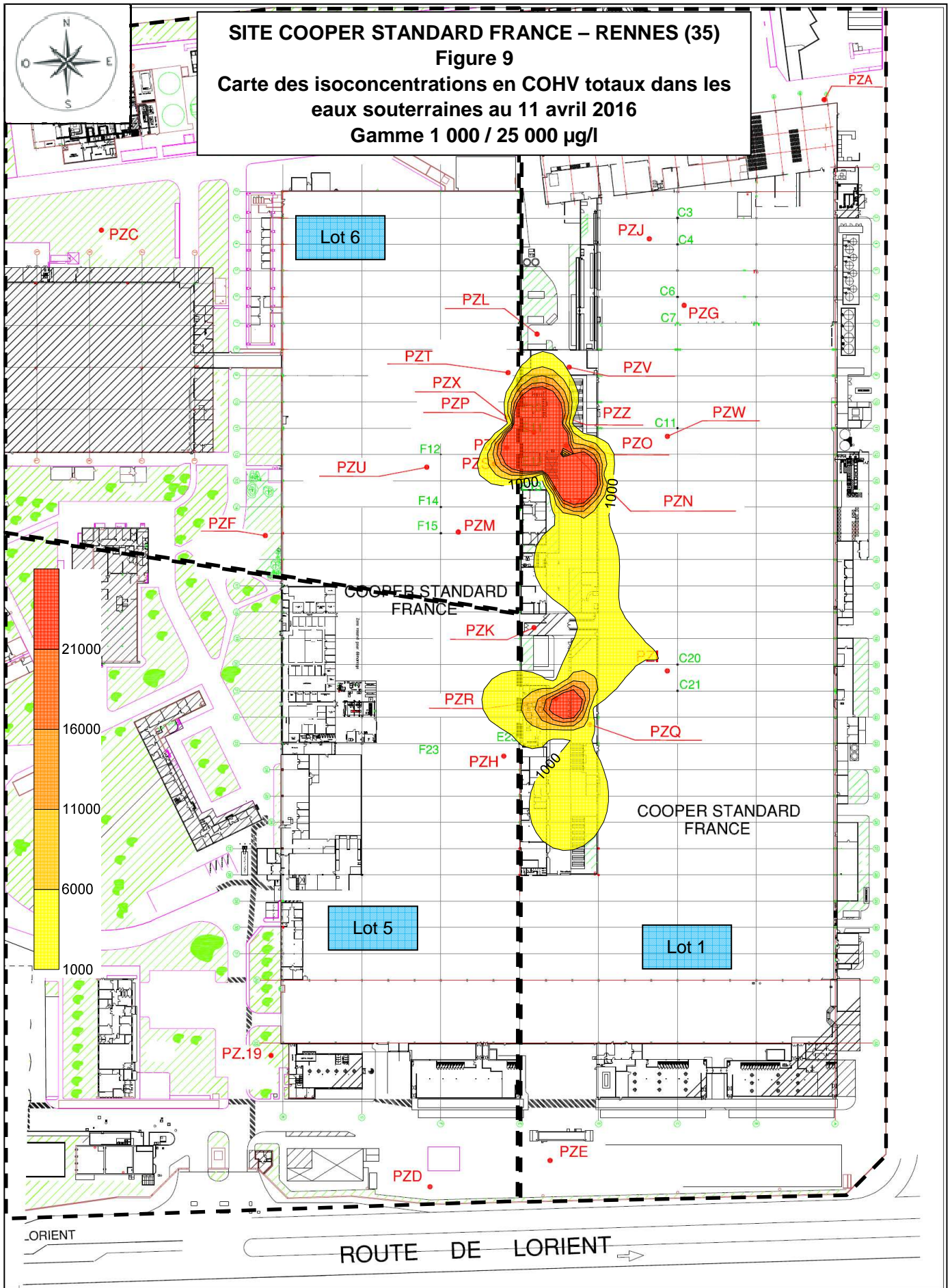


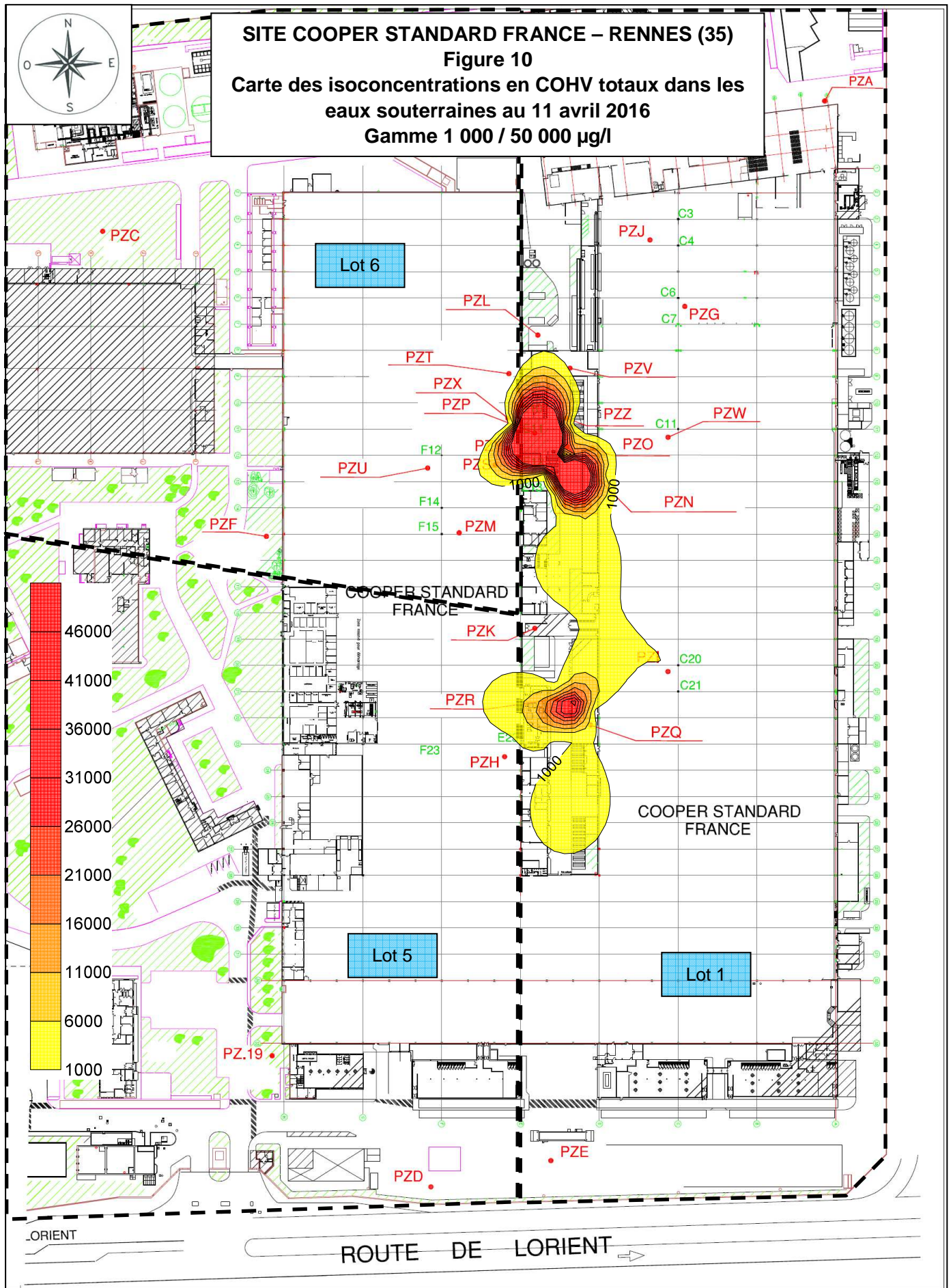
Teneurs anormales mais sans valeur limite disponible dans l'arrêté du 11 janvier 2007



Teneurs supérieures aux valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007

ANALYSES	Unité de mesure	Valeurs limite de référence	PZV	PZW	PZX	PZY	PZZ	PZ19
			SAS Bât. 1 et 2	Bâtiment 1	Bâtiment 2	Bâtiment 2	Allée centrale	Aval bât. 2
Hydrocarbures totaux en C10-C40 (HCT C10-C40)								
Indice hydrocarbures	mg/l	1*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Composés organo-halogénés volatils (COHV)								
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5**	<0,5	<0,5	na	83	59	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	3,4	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	15	<0,5	na	3400	2200	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	82	13	<0,5
Trichlorométhane	µg/l	-	<0,5	21	na	88	14	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	120	0,9	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	<71	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène (TCE)	µg/l	-	50	<0,5	na	76000	11000	1,3
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	200	11	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	85	32	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	-	<0,5	<0,5	na	120	11	<0,5
Somme des COHV	µg/l	-	65	21	na	80000	13000	1,3
Somme TCE + PCE	µg/l	10**	50	<1	na	76200	11011	1,3





7. Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

7.1. Objectifs de l'EQRS

Cette phase de l'étude repose sur l'utilisation de l'outil EQRS (Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires) dont les hypothèses de calculs ont été établies conjointement avec ENEDIS.

L'objectif de l'Etude Quantitative de Risques Sanitaires (EQRS) sur le lot étudié est de pouvoir quantifier le risque encouru par les populations humaines amenées à le fréquenter, vis-à-vis des milieux d'exposition et des substances polluantes recensées.

L'EQRS est alors un outil d'aide à la décision pour la gestion du site pollué étudié. Elle a pour but de définir et de caractériser le risque associé à(aux) l'usage(s) actuel(s) ou futur(s) sur ce dernier.

Dans le cas où ce risque n'est pas acceptable, l'EQRS permet, en testant différentes hypothèses, de conclure :

- A la nécessité de réaliser des adaptations organisationnelles et infrastructurelles du site,
- A la nécessité de mise en place de suivis environnementaux,
- Sur les objectifs de dépollution à atteindre.

[Les différentes équations et les modèles utilisés sont présentés en détails en annexe 1.](#)

7.2. Paramètres de l'EQRS

7.2.1. Nature du projet d'aménagement du lot n°7

ENEDIS prévoit la construction d'un poste de transformation électrique sur le lot n°7. Ce poste, dont la construction doit démarrer en septembre 2017 et se terminer en juillet 2019 (soit théoriquement 22 mois de chantier), comprendra les unités suivantes :

- Bâtiment PIM : bâtiment situé au Nord du terrain et regroupant la HTB (90 kV), le contrôle commande et les vestiaires. Ce bâtiment comprend un sous-sol partiel.
- Bâtiment HTA : bâtiment situé au Sud du terrain et contenant les départs HTA (20kV).
- Trois postes de transformations en position centrale.
- La voirie d'accès et des parkings.
- Des espaces verts.

[Un plan masse du projet est présenté en page suivante. Des coupes du bâtiment PIM sont présentées aux pages 45 et 46.](#)

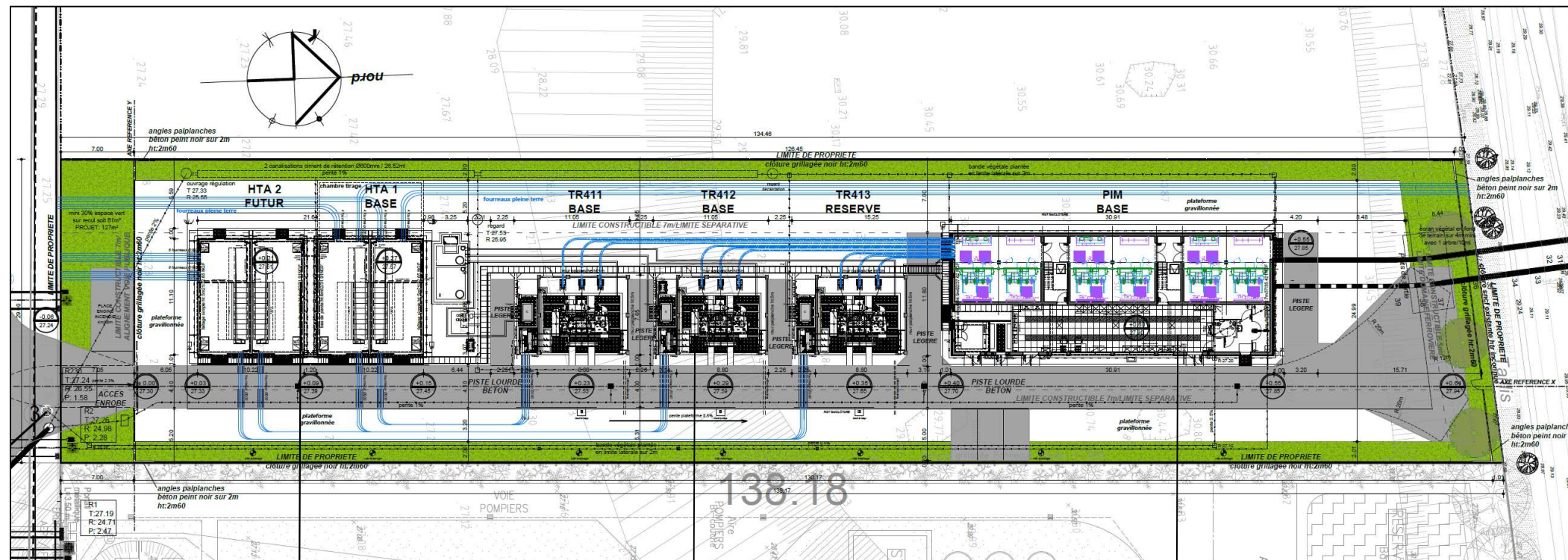


Figure 11
Plan masse du poste de transformation ENEDIS
(Source : Plan ENEDIS référencé 2604-DA35-APD-MA-1A)

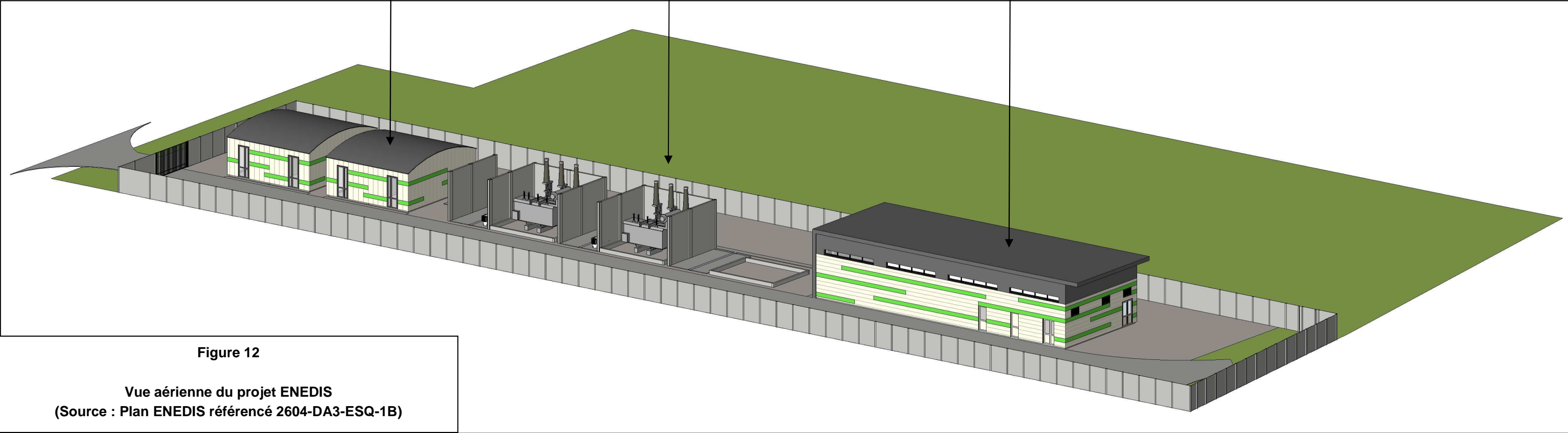


Figure 12
Vue aérienne du projet ENEDIS
(Source : Plan ENEDIS référencé 2604-DA3-ESQ-1B)

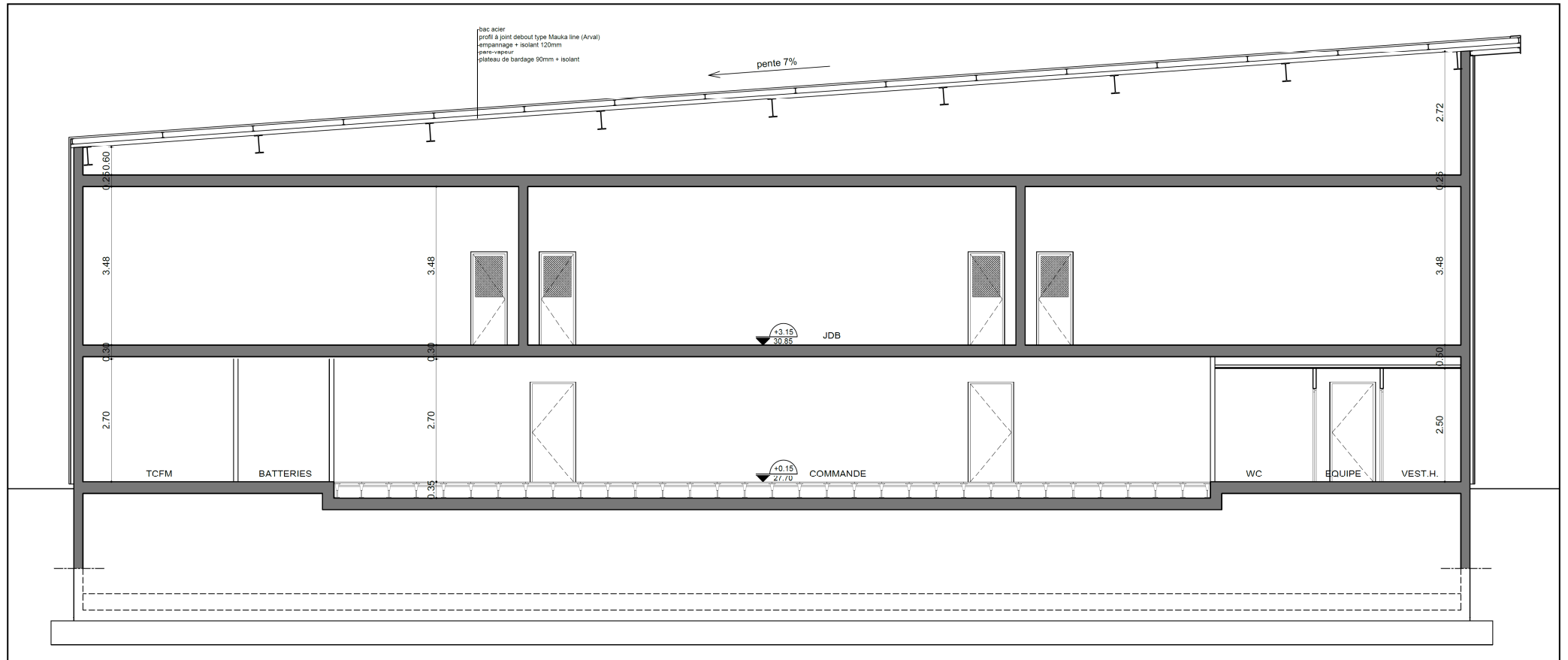


Figure 13
Coupe longitudinale du bâtiment PIM
(Source : Plan ENEDIS référencé 2604-DA35-APD-BAT-2-COFA PIM-3)

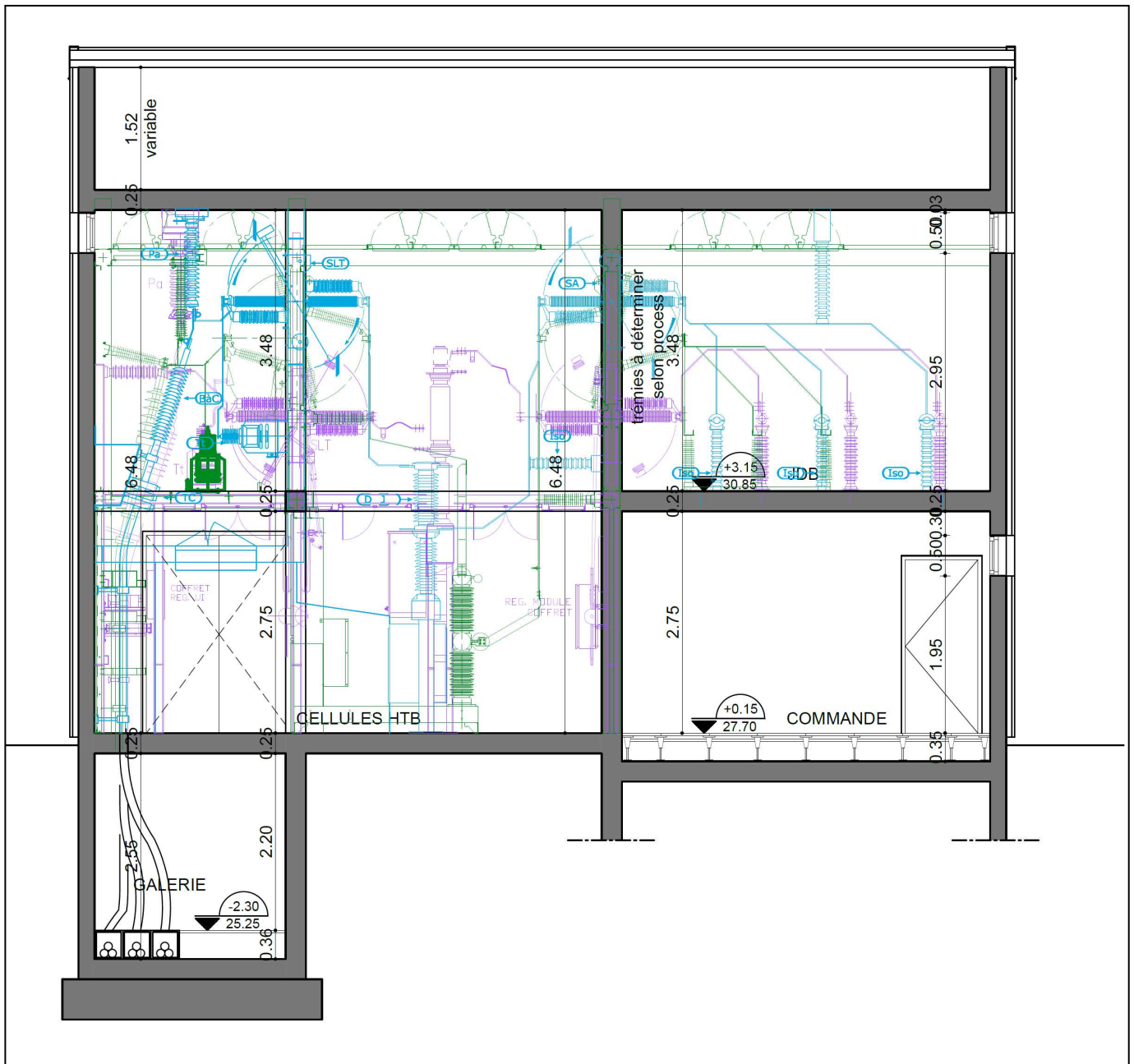


Figure 14

Coupe transversale du bâtiment PIM
(Source : Plan ENEDIS référencé 2604-DA35-APD-BAT-2-COFA PIM-3)

7.2.2. Sources de pollution identifiées

Les sources de pollution mises en évidence sur le lot 7 sont les suivantes :

- Des sols, ponctuellement impactés par les composés suivants :
 - Hydrocarbures aliphatiques en C10-C40,
 - HAP (absence de naphthalène),
 - Métaux lourds (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn).

Remarque : le plan de gestion prévoit un confinement complet des sols actuels sous les futurs bâtiments ou sous une couche de remblais sains d'origine extérieure pour les espaces non bâtis. Les sols ne constitueront donc un milieu d'exposition que pendant la phase des travaux de construction.

- Gaz du sol : aliphatiques en >C5-C6, benzène, toluène, aromatiques >C8-C10, éthylbenzène, xylènes, trichloroéthylène.

Concernant les eaux souterraines (Nappe alluviale), ces dernières sont impactées par des COHV sur les lots 1, 5 et 6, à plus de 250 m au Sud-est du lot 7. Les eaux souterraines du lot 7 sont considérées comme très faiblement impactées par les COHV. L'ouvrage le plus proche, PZC, implanté sur le lot 2, fournit des teneurs en COHV de quelques µg/l.

7.2.3. Cibles et budgets espace-temps

Le lot n°7 n'est actuellement pas bâti et aucune personne ne travaille de façon postée ou à temps plein sur ce secteur. Il est uniquement utilisé comme espaces verts.

ENEDIS projette la construction et l'exploitation d'un poste de transformation électrique sur ce lot.

Les cibles et les budgets espaces-temps ont donc été définis sur les bases suivantes :

- Usages futurs envisagés :
 - Phase de construction du poste de transformation,
 - Phase d'exploitation du poste de transformation,
 - Entretien des espaces verts.

➤ Travaux de construction du poste de transformation

Les cibles considérées sont les travailleurs adultes.

La construction du poste prendra théoriquement 22 mois (de septembre 2017 à juillet 2019), d'après ENEDIS.

Nous retiendrons toutefois une durée de construction de 24 mois par principe de précaution.

Pour les intervenants non cadres, on retiendra une fréquentation liée au travail de 8 heures par jour, 220 jours par an, pendant 24 mois.

Pour les intervenants cadres du site, on retiendra une fréquentation liée au travail de 10 heures par jour, 220 jours par an, pendant 24 mois.

➤ **Exploitation du futur poste de transformation électrique ENEDIS**

Les cibles considérées sont les travailleurs adultes.

D'après les informations transmises par ENEDIS, le temps de présence sur le site sera faible, voire quasi nul au sein du sous-sol du bâtiment PIM (1 intervention annuelle pour un agent et une présence d'1 h pour cette intervention). Par précaution, nous choisissons de doubler ce budget espace-temps).

Lors de la création de nouvelle ligne HTA, 2 agents interviendront simultanément dans le sous-sol lors d'une unique journée.

Concernant les parties aériennes des bâtiments (RDC, 1^e étage du bâtiment PIM), la présence estimée des agents est de 70 heures par an (Visites annuelle, maintenance, dépannages).

En dehors des heures de présence du personnel ENEDIS, le poste asservi sera téléconduit à distance par l'agence de conduite régionale.

➤ **Entretien des espaces verts futurs**

Les cibles à considérer sont les travailleurs adultes.

D'après ENEDIS, l'entretien des espaces verts sera réalisé avec une prestation externe comprenant 8h de travail annuel, soit globalement 8 intervention d'une heure chacune.

Tableau 13 – Budget espace-temps des cibles considérées – Usages futurs envisagés

		Durée d'exposition (T)	Fréquence d'exposition annuelle	Fréquence d'exposition journalière en intérieur	Fréquence d'exposition journalière en extérieur
Travaux de construction du poste de transformation	Intervenants non cadres	2 ans	220 jours / an	-	8 h / jour
		2 ans	220 jours / an	8 h / jour-	-
	Intervenants cadres	2 ans	220 jours / an	-	10 h / jour
		2 ans	220 jours / an	10 h / jour	-
Exploitation du poste de transformation (hors sous-sol)	Intervenants	40 ans	9 jours / an	8 h / jour	0,5 h / jour
Exploitation du poste de transformation (Sous-sol)	Intervenants	40 ans	2 jours / an	1 h / jour	0,5 h / jour
Entretien des espaces verts	Intervenants	40 ans	8 jours / an	1 h / jour	0,5 h / jour

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée,
- T (correspondant à la durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérogènes quelle que soit la cible considérée.

7.2.4. Modes de transfert de la source vers les autres milieux

De manière générale, les modes de transfert de la source de pollution vers les autres milieux pour les cibles sont les suivants :

- La volatilisation depuis la nappe d'eau souterraines et les sols (via la zone non saturée du sol) puis une dispersion atmosphérique. Le milieu d'exposition est l'air atmosphérique et l'air en intérieur,
- La migration via les eaux souterraines,
- La perméation au travers de conduites d'amenée d'eau potable enterrées dans les sols pollués, en l'absence d'information sur le type de canalisation et leur implantation.

7.2.5. Milieux d'exposition

Les voies d'administration des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané.

Tableau 14 – Voies d'exposition potentielles

Cibles	Mode d'exposition	Sélection pour l'EQRS	Raison de la sélection ou de la non sélection
Intervenants	Inhalation de polluant sous forme gazeuse en extérieur	Oui	Présence de COV dans les gaz du sol
	Inhalation de polluant sous forme gazeuse en intérieur	Oui	
	Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Oui	Uniquement en phase travaux tant que les sols ne sont pas totalement confinés
	Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Oui	
	Inhalation de vapeur d'eau polluée	Non	Les futures canalisations ne seront pas en contact avec des sols pollués
	Ingestion d'eau contaminée	Non	
	Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur le site	Non	Usages non prévus (Zone d'activités industrielles et commerciales)
	Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés, chassés ou pêchés sur le site	Non	
	Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Uniquement en phase travaux tant que les sols ne sont pas totalement confinés – Pas de VTR disponible
	Absorption cutanée d'eau contaminée	Non	Pas d'usage d'eaux souterraines sur le site dans la zone polluée- VTR non disponible
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Non significative par rapport à l'inhalation de vapeurs – VTR non disponible	

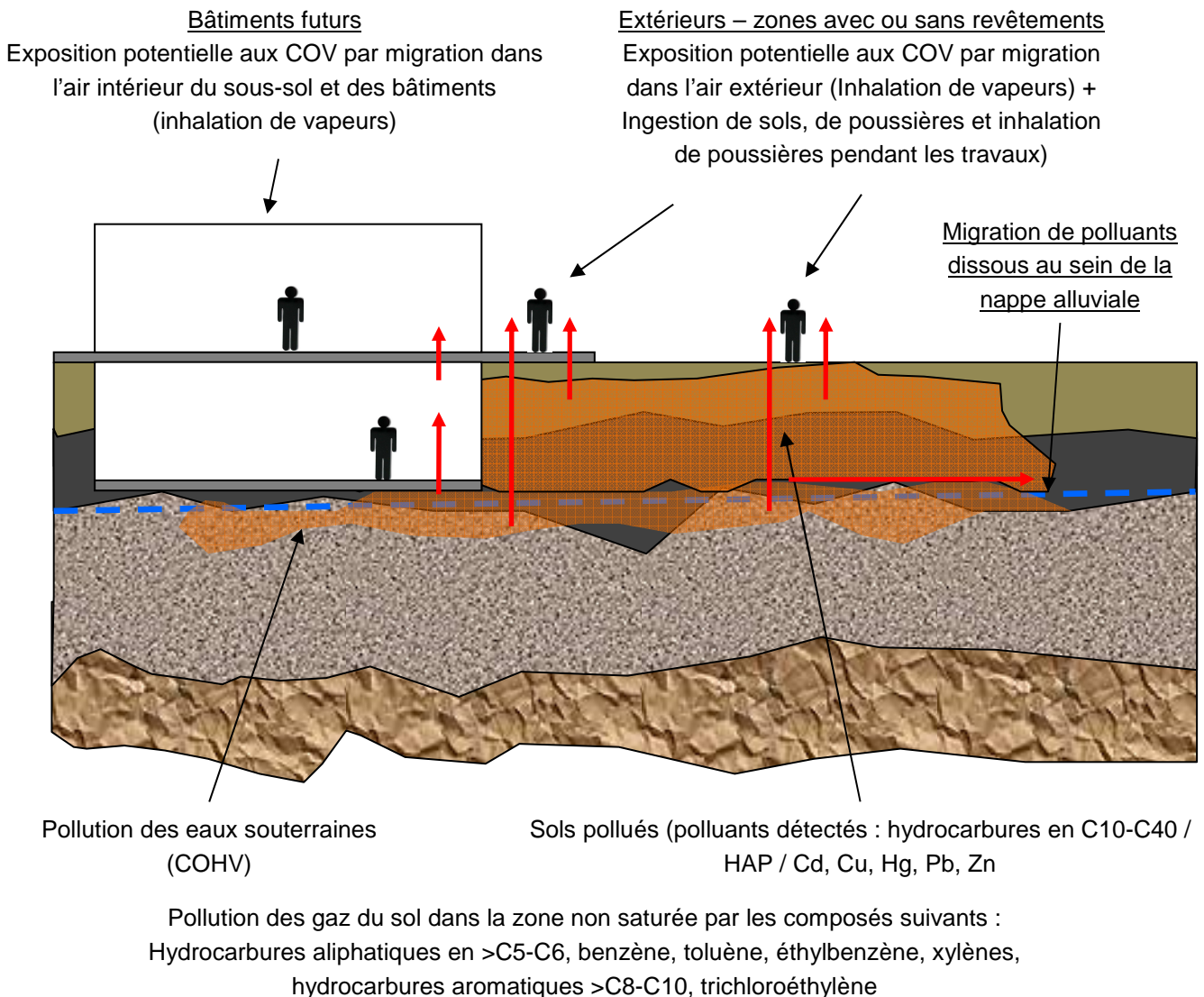
7.2.6. Schéma conceptuel du site et de la pollution

Le schéma conceptuel de la pollution sur le site a pour objectif de présenter de façon claire, synthétique et facilement compréhensible, les facteurs contribuant à l'existence de risques sanitaires, à savoir :

- Les sources de pollutions,
- Les cibles potentiellement vulnérables vis-à-vis de la pollution,

- Les vecteurs de transfert entre les sources et les cibles.

FIGURE 15 – SCHEMA CONCEPTUEL DU SITE ACTUEL



Les sources de pollution sols (sols et poussières) seront confinées au terme des travaux d'aménagement (Dalles béton des futurs bâtiments, enrobés des voiries, confinement complet des sols industriels demandé dans le plan de gestion).

Les sols et les poussières restent des milieux d'exposition pendant les travaux, tant qu'ils ne sont pas confinés sous les bâtiments et les remblais de surface sains.

Les voies de transferts prises en compte sont la volatilisation des COV depuis la zone non saturée vers l'atmosphère (Volatilisation depuis la nappe et les sols de la ZNS), la migration des polluants sous forme dissoute au sein de la nappe alluviale, l'envol de poussières.

Les voies d'exposition existantes sont donc l'inhalation de COV dans l'air intérieur des bâtiments et dans l'air extérieur. L'ingestion de sols et de poussières, l'inhalation de poussières sont prises en compte uniquement lors des travaux d'aménagement

7.2.7. Sélection des substances

La synthèse des investigations sur le site, combinée aux scénarios d'expositions choisis, nous permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés. La sélection des composés à prendre en compte est basée sur les éléments suivants :

- Circulaire ministérielle 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,
- Les concentrations mesurées dans les différents milieux (gaz du sol, sols, eaux souterraines),
- Les voies de transferts et les milieux d'exposition retenus,
- Les concentrations du bruit de fond géochimique si elles sont disponibles,
- Les principales propriétés physico-chimiques des composés : volatilité et solubilité,
- La toxicité et la cancérogénicité des produits (classement par l'Union Européenne, le CIRC ou l'US-EPA et les valeurs toxicologiques de référence).

Tableau 15 – Sélection des substances

Substances	Prise en compte pour l'EQRS	Justifications
HAP	Oui	Certains HAP sont détectés dans les sols. Exposition potentielle via les sols et les poussières lors des travaux / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
Hydrocarbures de type C10-C40	Oui	Composés détectés dans les sols. Exposition potentielle via les sols et les poussières lors des travaux / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
Hydrocarbures aliphatiques >C5 – C6	Oui	Composés détectés dans les gaz du sol / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
Hydrocarbures aromatiques >C8 – C10	Oui	Composés détectés dans les gaz du sol / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
BTEX	Oui	Composés détectés dans les gaz du sol / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
Métaux lourds (cadmium, cuivre, mercure, plomb, zinc)	Oui	Eléments détectés dans les sols en teneurs anormales. Exposition potentielle via les sols et les poussières lors des travaux / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS
Trichloroéthylène (TCE)	Oui	Composé absent dans les sols mais détecté dans les gaz du sol / Toxicité justifiant la prise en compte dans l'EQRS

Tableau 16 – Identification des dangers potentiels des substances sélectionnées

Substance sélectionnée	CAS N°R	Risque cancérigène / Non cancérigène	Valeur toxicologique chronique	Organes cibles
			Voie d'exposition	
Hydrocarbures				
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>5- nC8	-	NC	Inhalation	Systèmes neuronal
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>8- nC10	-	NC	Inhalation	Systèmes hépatique et circulatoire
			Ingestion	
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>10-nC12	-	NC	Inhalation	Systèmes hépatique et circulatoire
			Ingestion	
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>12-nC17	-	NC	Inhalation	Systèmes hépatique et circulatoire
			Ingestion	
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>16-nC35	-	NC	Inhalation	-
			Ingestion	Système hépatique
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>35	-	NC	Inhalation	-
			Ingestion	Système hépatique
Hydrocarbures aromatiques en nC>5- nC7	Fraction correspondant au benzène			
Hydrocarbures aromatiques en nC>7- nC8	Fraction correspondant au toluène			
Hydrocarbures aromatiques en nC>8- nC10	-	NC	Inhalation	Diminution du poids corporel
			Ingestion	
Hydrocarbures aromatiques en nC>10-Nc12	-	NC	Inhalation	Diminution du poids corporel
			Ingestion	
Hydrocarbures aromatiques en nC>12-nC16	-	NC	Inhalation	Diminution du poids corporel
			Ingestion	
Hydrocarbures aromatiques en nC>16-nC21	-	NC	Inhalation	-
			Ingestion	Système rénal
Hydrocarbures aromatiques en nC>21-Nc35	-	NC	Inhalation	-
			Ingestion	-
BTEX				
Benzène	71-43-2	NC	Inhalation	Systèmes circulatoire, immunitaire, neuronal et mutagène
			Ingestion	
		C - M	Inhalation	
			Ingestion	
Toluène	108-88-3	NC	Inhalation	Système neuronal
			Ingestion	Systèmes neuronal et développement foetal
Ethylbenzène	100-41-4	NC	Inhalation	Systèmes hépatique, rénal et développement foetal
			Ingestion	Systèmes hépatique et rénal
		C	Inhalation	Développement foetal et système rénal
			Ingestion	
Xylènes	1330-20-7	NC	Inhalation	Développement foetal, systèmes neuronal et respiratoire
			Ingestion	Système hépatique
Composés organo-halogénés volatils (COHV)				
Trichloroéthylène	79-01-6	NC	Inhalation	Systèmes hépatique, neuronal, immunitaire, rénal et développement foetal
			Ingestion	Systèmes hépatique, neuronal, immunitaire, rénal, développement foetal et diminution du poids corporel
		C - M	Inhalation	Systèmes hépatique, rénal, lymphatique et mutagène
			Ingestion	

NC : non cancérogène / C : Cancérigène / M : Mutagène

Tableau 17 – Identification des dangers potentiels des substances sélectionnées

Substance sélectionnée	CAS N°R	Risque cancérigène / Non cancérigène	Valeur toxicologique chronique	Organes cibles
			Voie d'exposition	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Benzo(a)pyrène	50-32-8	C - M	Inhalation	Système respiratoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Benzo(a)anthracène	56-55-3	C - M	Inhalation	Système respiratoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	C	Inhalation	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	NC	Ingestion	Système rénal
		C	Inhalation	
			Ingestion	
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	C - M	Inhalation	Système respiratoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Chrysène	218-01-9	C - M	Inhalation	Système respiratoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	C - M	Inhalation	Système respiratoire
			Ingestion	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire
Fluoranthène	206-44-0	NC	Ingestion	Systèmes neuronal, hépatique, rénal, circulatoire et poids corporel
		C	Inhalation	
			Ingestion	
Phénanthrène	206-44-0	NC	Ingestion	Diminution du poids corporel
		C	Inhalation	
			Ingestion	
Pyrène	129-00-0	NC	Ingestion	Systèmes hépatique et circulatoire
		C	Inhalation	
			Ingestion	
Métaux lourds et métalloïdes				
Cadmium	7440-43-9	NC	Inhalation	Système rénal
		C	Ingestion	
			Inhalation	
Cuivre	7440-50-8	NC	Inhalation	Système respiratoire et immunitaire
			Ingestion	Système digestif
Mercure métallique / Mercure élémentaire	7439-97-6	NC	Inhalation	Systèmes rénal, neuronal et développement foetal
			Ingestion	Systèmes rénal, neuronal, immunitaire et développement foetal
Plomb	7439-92-1	NC	Ingestion	Système nerveux central, système rénal, sanguin, reproduction et développement
		C	Inhalation	Système rénal
			Ingestion	
Zinc	7440-66-6	NC	Inhalation	-
			Ingestion	Système sanguin

NC : non cancérigène / C : Cancérigène / M : Mutagène

Tableau 18 – Classification du pouvoir cancérigène des substances sélectionnées

Substances sélectionnées	CAS N°R	Organismes		
		Union européenne	CIRC - IARC	US EPA
BTEX				
Benzène	71-43-2	Catégorie 1A	Groupe 1	Catégorie A
Toluène	108-88-3	-	Groupe 3	-
Ethylbenzène	100-41-4	-	Groupe 2B	Catégorie D
Xylènes	1330-20-7	-	Groupe 3	-
Composés organo-halogénés volatils (COHV)				
Trichloroéthylène	79-01-6	Catégorie 1B	Groupe 1	Catégorie A
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Catégorie 1B	Groupe 1	Catégorie B
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Catégorie 1B	Groupe 2B	Catégorie B
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Catégorie 1B	Groupe 2B	Catégorie B
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	Groupe 3	Catégorie D
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Catégorie 1B	Groupe 2B	Catégorie B
Chrysène	218-01-9	Catégorie 1B	Groupe 2B	Catégorie B
Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	Catégorie 1B	Groupe 2A	Catégorie B
Fluoranthène	206-44-0	-	Groupe 3	Catégorie D
Pyrène	129-00-0	-	Groupe 3	Catégorie D
Phénanthrène	85-01-8	-	Groupe 3	Catégorie D
Métaux lourds et métalloïdes				
Cadmium	7440-43-9	Catégorie 1B	Groupe 1	Catégorie B
Cuivre	7440-50-8	-	-	Catégorie D
Mercurure métallique / Mercure élémentaire	7439-97-6	-	Groupe 3	Catégorie D
Plomb	7439-92-1	-	Groupe 2B	Catégorie B
Zinc	7440-66-6	-	-	Catégorie D

Union Européenne :

- Catégorie 1A : substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré
- Catégorie 1B : substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé
- Catégorie 2 : substances suspectées d'être cancérigènes pour l'homme.

CIRC-IARC :

- Groupe 1 : substances/mélanges cancérigènes pour l'homme
- Groupe 2A : substances/mélanges probablement cancérigènes pour l'homme
- Groupe 2B : substances/mélanges qui pourraient être cancérigènes pour l'homme
- Groupe 3 : substances/mélanges ne pouvant pas être classés pour sa cancérigénicité pour l'homme.

US EPA :

- Catégorie A : substances cancérigènes pour l'homme
- Catégorie B : substances cancérigènes probables pour l'homme
- Catégorie C : substances cancérigènes possibles pour l'homme
- Catégorie D : substances non classifiables pour leur cancérigénicité pour l'homme.

7.2.8. Concentrations retenues dans les milieux d'exposition

Les concentrations retenues concernent dans un premier temps les concentrations maximales mesurées pour chacune des substances dans les sols et les gaz du sol.

Tableau 19 – Concentrations maximales retenues pour l'EQRS dans les sols

Substance	HCT C10-C40	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	487	nd*	nd	nd	
Substance	Xylènes	Trichloroéthylène	Phénanthrène	Fluoranthène	
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	nd	nd	0,13	0,34	
Substance	Pyrène	B(a)anthracène	Chrysène	B(b)fluoranthène	
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	0,27	0,17	0,18	0,29	
Substance	B(k)fluoranthène	Benzo(a)pyrène	Dibenzo(a,h)anthrac.	Benzo(ghi)pérylène	
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	0,11	0,23	0,061	0,18	
Substance	Cadmium	Cuivre	Mercure	Plomb	Zinc
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	1,22	55,2	0,48	198	256

* non détecté

Tableau 20 – Concentrations maximales retenues pour l'EQRS dans les gaz du sol

Substance	Hyd. aliphatiques >C5-C6	Hyd. aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène
CS - Concentration maximale dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65,34	76,05	12,15	34,42	37,67
Substance	m,p-Xylènes	o-Xylènes	Trichloroéthylène	Phénanthrène	Fluoranthène
CS - Concentration maximale dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16,48	7,94	2,17	nm*	nm
Substance	Pyrène	B(a)anthracène	Chrysène	B(b)fluoranthène	B(k)fluoranthène
CS - Concentration maximale dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	nm	nm	nm	nm	nm
Substance	Benzo(a)pyrène	Dibenzo(a,h)anthrac.	Benzo(ghi)pérylène	Cadmium	Cuivre
CS - Concentration maximale dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	nm	nm	nm	sans objet	sans objet
Substance	Plomb	Zinc	Mercure		
CS - Concentration maximale dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sans objet	sans objet	nm		

*nm : non mesuré

Tableau 21 – Concentrations calculées pour l'EQRS dans les poussières du sol

Substance	HCT C10-C40	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène	Phénanthrène
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	487	nd**	nd	nd	nd	nd	0,13
TSP - Concentration de particules en suspension (kg/m ³)	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08
fr : fraction des poussières présentes dans l'air pouvant être réellement inhalées	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
frs : fraction de sol dans les poussières	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m ³)*	1,28E-02	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	3,41E-06

*Cpart = Cs x TSP x fr x frs x 1000

**nd : non détecté en laboratoire

Substance	Fluoranthène	Pyrène	B(a)anthracène	Chrysène	B(b)fluoranthène	B(k)fluoranthène	Benzo(a)pyrène
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	0,34	0,27	0,17	0,18	0,29	0,11	0,23
TSP - Concentration de particules en suspension (kg/m ³)	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08
fr : fraction des poussières présentes dans l'air pouvant être réellement inhalées	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
frs : fraction de sol dans les poussières	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m ³)*	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06

*Cpart = Cs x TSP x fr x frs x 1000

Substance	Dibenzo(a,h)anthrac.	Benzo(ghi)pérylène	Cadmium	Cuivre	Mercuré	Plomb	Zinc
CS - Concentration maximale dans les sols (mg/kg)	0,061	0,18	1,22	55,2	0,48	198	256
TSP - Concentration de particules en suspension (kg/m ³)	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08	7,E-08
fr : fraction des poussières présentes dans l'air pouvant être réellement inhalées	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
frs : fraction de sol dans les poussières	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m ³)*	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03

*Cpart = Cs x TSP x fr x frs x 1000

7.3. Calculs des risques sanitaires

7.3.1. Détermination des valeurs toxicologiques de relation dose-effets

Ce paragraphe présente les données scientifiques disponibles, relatives à la toxicité des substances sélectionnées dans le cadre de l'EQRS, en distinguant les effets potentiels sans seuil (substances cancérigènes et mutagènes) et/ou systémiques, avec seuils.

Dans le cas des substances présentant des effets systémiques avec seuils (effets non cancérigènes), les niveaux d'exposition dénués de risque pour la santé sont définis par les grandeurs suivantes :

- **La Dose Journalière d'Exposition (DJT)** : applicable à l'homme pour les expositions par ingestion ou contact cutané.
- **La Concentration Tolérable (CT)** : applicable à l'homme pour les expositions par inhalation.

Dans le cas des substances à effets sans seuil (substances cancérigènes notamment), la relation entre le degré d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer de tels effets est exprimée par les grandeurs suivantes :

- **Un Excès de Risque Unitaire (ERU)** : applicable à l'homme pour les expositions par ingestion.
- **Un Excès de Risque Unitaire par Inhalation (ERUI)** : applicable à l'homme pour les expositions par inhalation.

Dans le cadre de cette étude, les valeurs toxicologiques issues de la bibliographie existante, ont été sélectionnées de la façon suivante :

- Choix prioritaire des VTR recommandées ou élaborées par l'ANSES,
- Choix prioritaire des valeurs issues d'études menées sur l'homme, si leur qualité et la caractérisation des expositions sont satisfaisantes,
- Choix préférentiel des bases de données les mieux renseignées et les plus récentes,
- Choix des valeurs toxicologiques les plus sévères en cas de doute entre deux valeurs.

[Les valeurs sélectionnées sont présentées sous forme de tableau en page suivante.](#)

Tableau 22 – Sélection des valeurs toxicologiques de référence

Substance sélectionnée	CAS N°R	Risque cancérigène / Non cancérigène	Valeur toxicologique chronique		Organes cibles	Espèce testée	Critère / Facteur de sécurité	Organisme	
			Voie d'exposition	Valeur					
Hydrocarbures									
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>5-nC8	-	NC	Inhalation	3. 10 ³ µg/m ³	Système neuronal	Rat	BMCL / 75	ANSES - 2014	
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>8-nC10	-	NC	Inhalation	1 000 µg/ m ³	Systèmes hépatique et circulatoire	Rat	NOAEL / 1000	TPHCWG - 1997	
			Ingestion	0,1 mg/kg/j		Rat	NOAEL / 1000		
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>10-nC12	-	NC	Inhalation	1 000 µg/ m ³	Systèmes hépatique et circulatoire	Rat	NOAEL / 1000		
			Ingestion	0,1 mg/kg/j		Rat	NOAEL / 1000		
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>12-nC17	-	NC	Inhalation	1 000 µg/ m ³	Systèmes hépatique et circulatoire	Rat	NOAEL / 1000		
			Ingestion	0,1 mg/kg/j		Rat	NOAEL / 1000		
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>16-nC35	-	NC	Inhalation	nd	-	-	-		
			Ingestion	2 mg/kg/j	Système hépatique	Rat	NOAEL / 100		
Hydrocarbures Aliphatiques en nC>35	-	NC	Inhalation	nd	-	-	-		
			Ingestion	20 mg/kg/j	Système hépatique	Rat	NOAEL / 100		
Hydrocarbures aromatiques en nC>5-nC7	Fraction correspondant au benzène								
Hydrocarbures aromatiques en nC>7-nC8	Fraction correspondant au toluène								
Hydrocarbures aromatiques en nC>8-nC10	-	NC	Inhalation	200 µg/m ³	Diminution du poids corporel	-	Approche TPHCWG - NOAEL / 1000	TPHCWG - 1997	
			Ingestion	0,03 mg/kg/j			Approche MADEP - NOAEL / 3000	MADEP - 2003	
Hydrocarbures aromatiques en nC>10-Nc12	-	NC	Inhalation	200 µg/m ³	Diminution du poids corporel	-	Approche TPHCWG - NOAEL / 1000	TPHCWG - 1997	
			Ingestion	0,03 mg/kg/j			Approche MADEP - NOAEL / 3000	MADEP - 2003	
Hydrocarbures aromatiques en nC>12-nC16	-	NC	Inhalation	200 µg/m ³	Diminution du poids corporel	-	Approche TPHCWG - NOAEL / 1000	TPHCWG - 1997	
			Ingestion	0,03 mg/kg/j			Approche MADEP - NOAEL / 3000	MADEP - 2003	
Hydrocarbures aromatiques en nC>16-nC21	-	NC	Inhalation	nd	-	-	-		
			Ingestion	0,03 mg/kg/j	Système rénal	Approche MADEP + TPHCWG - NOAEL / 3000	MADEP - 2003 / TPHCWG - 1997		
Hydrocarbures aromatiques en nC>21-Nc35	-	NC	Inhalation	nd					
			Ingestion						
BTEX									
Benzène	71-43-2	NC	Inhalation	9,57 µg/m ³	Systèmes circulatoire, immunitaire, neuronal et mutagène	-	Homme	BDML / 10	ATSDR - 2005
			Ingestion	0,0005 mg/kg/j			Homme	BMCL / 10	ATSDR - 2007
		C - M	Inhalation	2,6.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹			Homme	1	ANSES - 2013
			Ingestion	0,55 (mg/kg/j) ⁻¹			Homme	1	US-EPA - 2000
Toluène	108-88-3	NC	Inhalation	3.10 ³ µg/m ³	Système neuronal	Homme	NOAEC / 10	ANSES - 2010	
			Ingestion	0,08 mg/kg/j	Systèmes neuronal et développement fœtal	Rat / souris	BMDL / 3000	US-EPA - 2005	
Ethylbenzène	100-41-4	NC	Inhalation	260 µg/m ³	Systèmes hépatique, rénal et développement fœtal	-	Rat / souris	NOAEL / 100	ATSDR - 2010
			Ingestion	0,1 mg/kg/j	Systèmes hépatique et rénal		Rat	NOAEL / 1000	US-EPA - 1987
		C	Inhalation	2,5.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Développement fœtal et système rénal	Rat	1	-	OEHHA - 2007
			Ingestion	0,011 (mg/kg/j) ⁻¹					
Xylènes	1330-20-7	NC	Inhalation	220 µg/m ³	Développement fœtal, systèmes neuronal et respiratoire	Homme	LOAEL / 300	ATSDR - 2007	
			Ingestion	0,2 mg/kg/j	Système hépatique	Rat	NOAEL / 1000	US-EPA - 2003	

CAS : Chemical Abstracts Service
 NC : non cancérigène / C : Cancérigène
 M : mutagène
 NOAEL : Non observed Adverse Effect Level
 TPHCWG : Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group
 nd : non disponible
 LOAEL : Low Observed Adverse Effect Level
 MADEP : Massachusetts Department of Environmental Protection
 BMDC : Benchmark Dose Concentration
 BMDL : Benchmark Dose Level
 NOAEC : Non Observed Adverse Effect Concentration

CICAD : Concise International Chemical Assessment Documents
 (1) Valeur recommandée par l'INERIS en 2015
 (2) Valeur recommandée par l'ANSES et l'INERIS en 2013 et 2014
 REL : Reference Exposure Level
 (3) Valeur recommandée par l'INERIS en 2011
 (4) Valeur recommandée par l'INERIS en 2010
 EFSA : European Food Safety Authority
 (5) Valeur recommandée par l'INERIS en 2014
 ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
 (6) Effet cancérigène à seuil

Tableau 22 – Sélection des valeurs toxicologiques de référence

Substance sélectionnée	CAS N°R	Risque cancérigène / Non cancérigène	Valeur toxicologique chronique		Organes cibles	Espèce testée
			Voie d'exposition	Valeur		
Composés organo-halogénés volatils (COHV)						
Trichloroéthylène	79-01-6	NC	Inhalation	2 µg/m ³	Systèmes hépatique, neuronal, immunitaire, rénal et développement fœtal	Rat
			Ingestion	0,0005 mg/kg/j	Systèmes hépatique, neuronal, immunitaire, rénal, développement fœtal et diminution du poids corporel	Rat / souris
		C - M	Inhalation	4,1.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Systèmes hépatique, rénal, lymphatique et mutagène	Homme
			Ingestion	0,046 (mg/kg/j) ⁻¹		Rat
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)						
Benzo(a)pyrène	50-32-8	C - M	Inhalation	1,1.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	Système respiratoire	Hamsters
			Ingestion	0,2 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Benzo(a)anthracène	56-55-3	C - M	Inhalation	1,1.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	Système respiratoire	Hamster
			Ingestion	0,02 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	C	Inhalation	1,1.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Hamster
			Ingestion	0,02 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Benzo(g,h,i)-pérylène	191-24-2	NC	Ingestion	0,03 mg/kg/j	Système rénal	-
		C	Inhalation	1,1.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹		Hamster
			Ingestion	0,002 (mg/kg/j) ⁻¹		Rat
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	C - M	Inhalation	1,1.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	Système respiratoire	Hamster
			Ingestion	0,02 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Chrysène	218-01-9	C - M	Inhalation	1,1.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹	Système respiratoire	Hamster
			Ingestion	0,002 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	C - M	Inhalation	1,1.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	Système respiratoire	Hamster
			Ingestion	0,2 (mg/kg/j) ⁻¹	Systèmes digestif, respiratoire et circulatoire	Rat
Fluoranthène	206-44-0	NC	Ingestion	0,04 mg/kg/j	Systèmes neuronal, hépatique, rénal, circulatoire et poids corporel	Souris
		C	Inhalation	1,1.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹		Hamster
			Ingestion	0,0002 (mg/kg/j) ⁻¹		Rat
Phénanthrène	206-44-0	NC	Ingestion	0,04 mg/kg/j	Diminution du poids corporel	-
		C	Inhalation	1,1.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹		Hamster
			Ingestion	0,0002 (mg/kg/j) ⁻¹		Rat
Pyrène	129-00-0	NC	Ingestion	0,03 mg/kg/j	Systèmes hépatique et circulatoire	Souris
		C	Inhalation	1,1.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹		Hamster
			Ingestion	0,0002 (mg/kg/j) ⁻¹		Rat

Métaux lourds et métalloïdes

7.3.2. Calculs des concentrations de vapeurs dans l'air intérieur et extérieur

La modélisation des expositions aux vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991), 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 Quirk et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. La source de pollution est considérée comme infinie.

Les équations et l'ensemble des paramètres de calcul utilisés sont présentés en annexe 1. Pour les sols, nous avons retenu les caractéristiques de limons sableux.

Les concentrations dans l'air ainsi calculées sont présentées en annexe 2 et synthétisées dans les tableaux ci-après.

7.3.2.1. Air extérieur

Tableau 23 – Concentrations calculées dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Substances	Air extérieur (Espaces verts et parkings)
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	$2,94.10^{-2}$
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	$1,72.10^{-2}$
Benzène	$2,42.10^{-3}$
Toluène	$6,77.10^{-3}$
Ethylbenzène	$6,38.10^{-3}$
Xylènes	$4,15.10^{-3}$
Trichloroéthylène	$3,87.10^{-4}$

7.3.2.2. Air intérieur des futurs aménagements ENEDIS

Les concentrations dans l'air ainsi calculées sont présentées en annexe 2 et synthétisées dans le tableau en page suivante.

Tableau 24 – Aménagement futur – Concentrations calculées dans l’air intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Substances	Air intérieur PIM	
	Sous-sol PIM	RDC PIM
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	$5,56.10^{-3}$	$2,55.10^{-4}$
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	$6,47.10^{-3}$	$2,97.10^{-4}$
Benzène	$1,03.10^{-3}$	$4,75.10^{-5}$
Toluène	$2,93.10^{-3}$	$1,34.10^{-4}$
Ethylbenzène	$3,20.10^{-3}$	$1,47.10^{-4}$
Xylènes	$2,08.10^{-3}$	$9,54.10^{-5}$
Trichloroéthylène	$1,85.10^{-4}$	$8,48.10^{-6}$

7.3.3. Evaluation des expositions – Etat des lieux actuel

Les équations génériques utilisées dans l’EQRS sont les suivantes :

- **Le risque non cancérigène (appelé le Quotient de Danger : QD)** : est défini par le rapport de la dose journalière d’exposition (DJE) sur la dose journalière tolérable (DJT) ou la concentration tolérable (CT).

Le QD est comparé au seuil de risque considéré comme acceptable, à savoir : 1.
 Ce seuil est celui défini par la circulaire ministérielle du 08 février 2007.

$$\text{QD} = \text{DJE (mg/kg/j)} / \text{DJT (mg/kg/j)} \text{ (exposition par ingestion et contact cutané)}$$

$$\text{QD} = \text{DJE (mg/m}^3\text{)} / \text{CT (mg/ m}^3\text{)} \text{ (exposition par inhalation)}$$

Si $\text{QD} \leq 1$: risque considéré comme acceptable
Si $\text{QD} > 1$: risque considéré comme inacceptable

- **Le risque cancérigène (appelé également l’Excès de Risque Individuel ou ERI)** : est calculé, pour chaque substance concernée, par la multiplication de la dose journalière d’exposition (DJE) par l’excès de risque unitaire (ERU ou l’ERUI).

L’ERI est comparé au seuil de risque considéré comme acceptable, à savoir : 10^{-5} .
 Ce seuil est celui défini par la circulaire ministérielle du 08 février 2007.

$$\text{ERI} = \text{DJE (mg/kg/j)} / \text{ERU (mg/kg/j)}^{-1} \text{ (exposition par ingestion et contact cutané)}$$

$$\text{ERI} = \text{DJE (mg/m}^3\text{)} / \text{ERUI (mg/ m}^3\text{)}^{-1} \text{ (exposition par inhalation)}$$

Si $\text{ERI} \leq 10^{-5}$: risque considéré comme acceptable
Si $\text{ERI} > 10^{-5}$: risque considéré comme inacceptable

L'**additivité des risques sanitaires**, liés à la présence de plusieurs substances est prise en compte de la façon suivante :

- **Pour les substances à effets cancérigènes : addition des ERI**
 - **Pour les substances à effets non cancérigènes : addition des QD pour les substances ayant le même organe cible.**
- **Evaluation des expositions par inhalation de gaz**

Le calcul de la concentration inhalée moyenne a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du MEDD/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times T \times F / Tm]_{\text{intérieur}} + [C_j \times T \times F / Tm]_{\text{extérieur}}$$

avec : CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m^3)

C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m^3)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)

Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

[Les résultats de l'EQRS sont présentés dans le tableau de synthèse en page suivante.](#)

Dans tous les cas de figure, toujours avec une approche maximaliste du risque, tous les scénarii envisagés sont compatibles sur le plan sanitaire (QD max = 0,034 et ERI max = $9,69.10^{-8}$).

Les risques les plus élevés sont obtenus lors de la phase des travaux de construction du poste. Les niveaux de risques calculés restent largement inférieurs aux seuils fixés comme objectifs en France.

Tableau 25 – Quantification des risques sanitaires pour les usagers du site ENEDIS

USAGES FUTURS SCENARISES - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EQRS		
INTERVENANTS ADULTES NON CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 8h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	4,03E-04	5,57E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,20E-04	4,62E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	5,16E-05	4,08E-09
Niveau de risque global pour un intervenant non cadre en phase travaux	3,39E-02	8,18E-08
INTERVENANTS ADULTES CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 10h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	5,03E-04	6,96E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,50E-04	5,77E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	6,46E-05	5,10E-09
Niveau de risque global pour un intervenant cadre en phase travaux	3,40E-02	9,69E-08
INTERVENANTS ADULTES - EXPLOITATION DU POSTE (9 jours/an - 1h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur - Parkings (9 jours)	3,07E-07	2,36E-11
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du sous-sol (2 jours/an - 1h /jour - 40 ans)	5,87E-08	4,64E-12
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du RDC	9,71E-08	7,69E-12
Niveau de risque global pour un intervenant lors de la phase d'exploitation du poste	4,62E-07	3,59E-11
INTERVENANTS ADULTES - ENTRETIEN DES ESPACES VERTS (8 jours/an - 1,5h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	8,18E-07	6,30E-11
Niveau de risque global pour un intervenant pour l'entretien des espaces verts	8,18E-07	6,30E-11

8. INCERTITUDES ET SENSIBILITÉ

8.1. Non prise en compte du bruit de fond

Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, 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).

Nous rappellerons cependant que la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, 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.

8.2. Choix des composés

Les composés ont été retenus en fonction de leurs concentrations dans les différents milieux d'exposition et leur dangerosité.

Les composés volatils présents dans les sols et les gaz du sol ont été retenus dès qu'ils présentaient des concentrations supérieures aux valeurs de référence.

Nous rappelons que les concentrations retenues pour les gaz du sol sont issues des deux piézaires implantés sur le site en octobre 2016, au droit des futurs bâtiments.

8.3. Concentrations dans les gaz du sol

Toutes les concentrations utilisées pour la modélisation sont issues des mesures directes sur les gaz du sol, effectuées par le biais des deux piézaires installés sur le site, au droit des futurs bâtiments ENEDIS. Ces piézaires sont représentatifs de ce milieu d'exposition.

La modélisation des concentrations en polluants dans les gaz du sol à partir des teneurs obtenues dans les sols et la nappe d'eau souterraine conduit de façon générale à une surestimation des concentrations, par rapport aux teneurs réellement mesurées dans les piézaires. Par conséquent, un calcul avec la prise en compte du seul milieu « gaz du sol », considéré comme le milieu intégrateur du dégazage des sols et de la nappe, permet de réduire ces incertitudes.

8.4. Choix des concentrations maximales

Les teneurs maximales dans les sols et les gaz du sol ont été retenues et appliquées à l'ensemble des scénarii déclinés. Ces choix sont donc majorants.

Dans ce cadre, aucune étude de sensibilité ne sera menée sur les concentrations retenues.

8.5. Additivité des risques

Nous avons procédé à l'additivité des risques générés par toutes les substances retenues et en sans prise en compte des différents organes cibles.

L'approche est donc très sécuritaire en termes d'évaluation de risques.

Nous avons également procédé à l'additivité des risques pour les scénarii envisagés, avec le cumul des expositions à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur.

L'approche est donc également sécuritaire en termes d'évaluation de risques.

8.6. Caractéristiques du projet et des bâtiments

8.6.1. Caractéristiques générales retenues pour la modélisation

Une partie des paramètres liés aux bâtiments est directement issue des plans et données techniques fournis par ENEDIS.

D'autres paramètres sont issus des modèles utilisés ou des résultats analytiques obtenus.

Tableau 26 – Paramètres généraux retenus pour la modélisation

Principaux paramètres SOL et PROJET	Abréviation	Valeur	Données
Profondeur de la source gaz du sol (m)	Lt	1,00E-02	projet
Profondeur de la source sol (m)		1,00E-02	projet
Profondeur de la source nappe (m)		1,00E-02	projet
Porosité	εt	4,10E-01	projet
Teneur en eau du sol	θw	9,79E-02	projet
Teneur en air du sol	θa	3,53E-01	projet
Surface du Plancher (m ²)	Ab	1,10E+01	Calcul
Hauteur du sous sol (m)	H	2,56E+00	projet
Débit de gaz du sol entrant dans le bâtiment (l/min)	Qsoil	2,00E-02	modèles
Taux de ventilation du bâtiment (volume / heure)	Qbuild	5,00E-01	projet
Épaisseur de la dalle entre le sol et le sous-sol (m)	Lcrack	2,50E-01	projet
Surface de fissures du béton (m ²)	Acrack	1,44E-02	Calcul
Température du sol (°C)	T	1,00E+01	projet
Fraction de carbone organique (kgCo / kgMS)	foc	4,44E-03	projet
Densité du sol (kgMS/m ³)	rho	1,80E+03	projet
Rayon équivalent des fissures (m)	r crack	1,00E-03	modèles
Longueur d'une pièce (m) (équivalente pour le sous-sol, RDC et étage)	Long	2,20E+00	projet
Largeur d'une pièce (m)	Larg	5,00E+00	projet
Viscosité de l'air (g/cm,s)	μ	1,75E-04	modèles
Perméabilité du sol au flux de vapeur (m ²)	Kv_int	1,00E-13	projet
Différence de pression sol / sous sol (g/cm-s ²)	Diff P sol_ss	4,00E+01	modèles
Teneur en eau béton	Oebét	7,00E-02	modèles
Teneur en air béton	Oabét	5,00E-02	modèles
Hauteur RDC (m)	H_rdc_ss	2,75E+00	projet
Différence de pression sous-sol / RDC (g/cm-s ²)	Diff P ss_rdc	4,00E+01	modèles
Densité des fissures	Dens_fiss_ss	2,00E-01	modèles
Rayon équivalent des fissures (tubes tortueux) (m ²) Volasoil	req_ss	4,00E-03	modèles
Tortuosité	Tau ss	1,00E+00	modèles
Flux de gaz du sol pénétrant au rez de chaussée	Qss-sol	2,02E-04	Calcul
Épaisseur dalle sous-sol / rdc (m)	Ep_dal_ss_rdc	2,50E-01	projet
Fraction d'ouverture dans la dalle	fof	1,00E-05	modèles
Surface totale des fissures (m ²)	Acrack2	6,40E-03	modèles

8.6.2. Taux de ventilation des bâtiments

Les caractéristiques présentées et utilisées pour la modélisation des risques sont issues des données couramment utilisées par l'INERIS ainsi que les textes législatifs en vigueur (notamment pour le taux de ventilation des bâtiments).

Le taux de ventilation des bureaux (usage tertiaire) doit être normalement de 1 h^{-1} ou encore 24 j^{-1} . Cette valeur est issue de l'article R232-5-3 du décret n°84-1093 qui donne pour les bureaux ou locaux sans travail physique une aération de $25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{occupant}$ (soit pour un bureau de 25 m^3 et par travailleur, un taux de ventilation serait de 1 h^{-1} ou encore 24 j^{-1}). Ramené à un bureau de 12 m^2 et de $2,5 \text{ m}$ de hauteur, soit un volume de 30 m^3 , le taux de ventilation devrait être au minimum de $0,8 \text{ h}^{-1}$.

Toujours dans une approche maximaliste du risque, nous avons conservé une valeur du taux de ventilation de $0,5 \text{ h}^{-1}$, soit quasiment deux fois inférieure à celle du décret n°84-1093.

Le taux de ventilation retenu dans le sous-sol est également de $0,5 \text{ h}^{-1}$ ou encore 12 j^{-1} .

Pour rappel, le guide d'utilisation du modèle de Johnson et Ettinger propose une plage de valeurs comprises entre $0,2$ et $1,3$ volume/heure pour le taux de renouvellement d'air d'un bâtiment. Le choix d'une valeur de $0,5$ volume/heure reste précautionneux. Son augmentation conduit évidemment à une diminution du risque sanitaire.

Le passage de $0,5 \text{ vol/h}$ à 1 vol/h permet de diviser par deux les niveaux de concentrations dans le bâtiment. A contrario, le choix d'une valeur minimale de renouvellement de l'air à $0,2 \text{ vol/h}$ augmente les teneurs de l'air intérieur de $2,5$ fois.

Concernant le taux de renouvellement le plus faible, soit $0,2 \text{ vol/h}$, les risques sanitaires obtenus restent compatibles avec seuils imposés en France. Le QD maximal est de $3,41 \cdot 10^{-2}$ et l'ERI maximal est de $1,05 \cdot 10^{-7}$.

[Le tableau de synthèse des résultats obtenus est présenté en page suivante et les feuilles de calcul en annexe 3.](#)

8.6.3. Débit de gaz entrant dans le bâtiment

La valeur a été calculée à $0,02 \text{ l/min}$. En l'absence de donnée le guide d'utilisation de Johnson et Ettinger propose une valeur standard de $5 \text{ litres / minute}$ pour le débit de gaz entrant dans le bâtiment. Une valeur plus importante à $10 \text{ litres / minute}$ est également envisagé par le guide d'utilisation du modèle.

Ce paramètre constitue donc une incertitude en termes d'évaluation de risques sanitaires : on propose donc de l'intégrer à l'étude de sensibilité.

Le passage à un débit de gaz entrant dans le bâtiment de 5 litres minutes est un facteur majorant pour le modèle utilisé. Avec ce débit, les teneurs calculées dans le bâtiment sont 240 fois supérieures à celles du modèle retenu. Avec un débit de 10 litres , les teneurs obtenues sont cette fois-ci 460 fois supérieures à celles obtenues sur le modèle retenu.

Dans les deux cas, les niveaux de risques obtenus restent compatibles avec les seuils acceptés en France.

Avec un débit entrant de 5 litres , le QD maximal est de $5,01 \cdot 10^{-2}$ et l'ERI de $1,4610^{-6}$.

Avec un débit entrant de 10 litres , le QD maximal est de $6,35 \cdot 10^{-2}$ et l'ERI de $2,43 \cdot 10^{-6}$.

[Les tableaux de synthèse des résultats obtenus sont présentés aux pages 68 et 69 et les feuilles de calcul en annexe 3](#)

Tableau 27 – Quantification des risques sanitaires pour les usagers du site ENEDIS – Taux de renouvellement d'air des bâtiments à 0,2 volume/h

USAGES FUTURS SCENARISES - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EQRS - Taux de renouvellement d'air des bâtiments de 0,2 volume/heure		
INTERVENANTS ADULTES NON CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 8h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	4,03E-04	5,57E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,20E-04	4,62E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	1,30E-04	1,02E-08
Niveau de risque global pour un intervenant non cadre en phase travaux	3,40E-02	8,79E-08
INTERVENANTS ADULTES CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 10h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	5,03E-04	6,96E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,50E-04	5,77E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	1,62E-04	1,28E-08
Niveau de risque global pour un intervenant cadre en phase travaux	3,41E-02	1,05E-07
INTERVENANTS ADULTES - EXPLOITATION DU POSTE (9 jours/an - 1h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur - Parkings (9 jours)	3,07E-07	2,36E-11
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du sous-sol (2 jours/an - 1h /jour - 40 ans)	1,48E-07	1,16E-11
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du RDC	5,68E-07	4,50E-11
Niveau de risque global pour un intervenant lors de la phase d'exploitation du poste	1,02E-06	8,03E-11
INTERVENANTS ADULTES - ENTRETIEN DES ESPACES VERTS (8 jours/an - 1,5h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	8,18E-07	6,30E-11
Niveau de risque global pour un intervenant pour l'entretien des espaces verts	8,18E-07	6,30E-11

Tableau 28 – Quantification des risques sanitaires pour les usagers du site ENEDIS – Débit de gaz du sol entrant dans le bâtiment de 5 litres/minute

USAGES FUTURS SCENARISES - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EQRS - Débit de gaz du sol entrant dans le bâtiment de 5 litres/minutes		
INTERVENANTS ADULTES NON CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 8h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	4,03E-04	5,57E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,20E-04	4,62E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	1,29E-02	1,06E-06
Niveau de risque global pour un intervenant non cadre en phase travaux	4,67E-02	1,13E-06
INTERVENANTS ADULTES CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 10h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	5,03E-04	6,96E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,50E-04	5,77E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	1,61E-02	1,32E-06
Niveau de risque global pour un intervenant cadre en phase travaux	5,01E-02	1,41E-06
INTERVENANTS ADULTES - EXPLOITATION DU POSTE (9 jours/an - 1h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur - Parkings (9 jours)	3,07E-07	2,36E-11
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du sous-sol (2 jours/an - 1h /jour - 40 ans)	1,47E-05	1,20E-09
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du RDC	2,32E-05	1,84E-09
Niveau de risque global pour un intervenant lors de la phase d'exploitation du poste	3,82E-05	3,07E-09
INTERVENANTS ADULTES - ENTRETIEN DES ESPACES VERTS (8 jours/an - 1,5h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	8,18E-07	6,30E-11
Niveau de risque global pour un intervenant pour l'entretien des espaces verts	8,18E-07	6,30E-11

Tableau 29 – Quantification des risques sanitaires pour les usagers du site ENEDIS – Débit de gaz du sol entrant dans le bâtiment de 10 litres/minute

USAGES FUTURS SCENARISES - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EQRS - Débit entrant des gaz du sol dans le bâtiment de 10 litres/minutes		
INTERVENANTS ADULTES NON CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 8h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	4,03E-04	5,57E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,20E-04	4,62E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	2,36E-02	1,87E-06
Niveau de risque global pour un intervenant non cadre en phase travaux	5,75E-02	1,95E-06
INTERVENANTS ADULTES CADRES LORS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT DU POSTE (220 jours/an - Durée des travaux : 24 mois - 10h/jour)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	3,33E-02	2,16E-08
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	5,03E-04	6,96E-08
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	1,50E-04	5,77E-10
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur (sous-sol pris en compte par principe de précaution)	2,95E-02	2,34E-06
Niveau de risque global pour un intervenant cadre en phase travaux	6,35E-02	2,43E-06
INTERVENANTS ADULTES - EXPLOITATION DU POSTE (9 jours/an - 1h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur - Parkings (9 jours)	3,07E-07	2,36E-11
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du sous-sol (2 jours/an - 1h /jour - 40 ans)	2,68E-05	2,13E-09
Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur du RDC	4,44E-05	3,52E-09
Niveau de risque global pour un intervenant lors de la phase d'exploitation du poste	7,16E-05	5,67E-09
INTERVENANTS ADULTES - ENTRETIEN DES ESPACES VERTS (8 jours/an - 1,5h/jour - 40 ans)	QD (Quotient de danger) - Risques non cancérigènes - Limite acceptable : <1	ERI (Excès de risques individuel) - Limite acceptable : <1.10⁻⁵
Ingestion de sols	Sans objet	Sans objet
Inhalation de poussières dans l'air extérieur	Sans objet	Sans objet
Inhalation de vapeurs (gaz du sol) dans l'air extérieur	8,18E-07	6,30E-11
Niveau de risque global pour un intervenant pour l'entretien des espaces verts	8,18E-07	6,30E-11

9. PLAN DE GESTION DE LA POLLUTION

9.1. Mesures de gestion envisageables

Comme évoqué au chapitre 8, les résultats de l'EQRS montrent la compatibilité sanitaire entre l'état des lieux actuel et les usages actuels ou futurs, tels que prévus à ce jour.

Nous rappelons à nouveau que tous les scénarii déclinés dans le cadre de ce plan de gestion prennent en compte uniquement une exposition potentielle à des COV dans l'air intérieur ou extérieur, au terme de l'aménagement du site.

Les teneurs mesurées en métaux lourds, en HCT C10-C40 et en HAP sur les remblais superficiels au niveau du lot 7 nécessitent des mesures de gestion simples, uniquement basées sur le confinement des sols, afin de supprimer les voies d'exposition potentielles entre les sols et les usagers.

Concernant les eaux souterraines, les éventuelles traces de COHV dissous dans la nappe alluviale qui pourraient être détectées au droit du lot (par extrapolation des résultats des autres lots) sont probablement limitées (voire inexistantes) et trop faibles pour être traitées compte tenu des possibilités techniques actuelles.

9.2. Mesures de gestion générales de la pollution

9.2.1. Gestion des sols pollués

9.2.1.1. *Maintien des sols pollués en place*

Le plan de gestion est basé sur le maintien strict et total d'un confinement des sols pollués (même faiblement pollués).

Le confinement sera obtenu de fait sous les futurs bâtiments et sous la voirie. La pose d'un géotextile (à minima 100 mg/m²) sera obligatoire au droit des zones présentant des pollutions résiduelles afin de séparer physiquement les sols pollués « industriels » et les remblais sains (couche de forme sous voirie, terre végétale, etc.).

Les espaces verts ou non bâtis seront systématiquement recouverts de remblais sains (sur au moins 30 cm) ou d'un revêtement induré.

Dans tous les cas de figures, les servitudes et les restrictions d'usage proposées au paragraphe 9.5.2 s'appliqueront.

9.2.1.2. *Élimination de déblais en filière agréée*

Les analyses effectuées sur le site montrent que les sols sont compatibles avec une élimination en installation de stockage de déchets inertes (ISDI – Classe 3).

9.2.2. Gestion des eaux souterraines

Les eaux souterraines ne feront pas l'objet d'une dépollution à l'échelle du lot 7.

Toutefois, compte tenu des traces de COHV détectées, nous recommandons de ne pas utiliser les eaux souterraines de la nappe phréatique dans le cadre du réaménagement du site. Ces restrictions d'usage sont présentées au paragraphe 10.5.2.

Dans le cas contraire, une nouvelle EQRS devrait alors être réalisée afin de vérifier la compatibilité sanitaire de ces nouveaux usages avec l'état du site.

9.2.3. Métrologie sur les sols pollués

L'entreprise en charge des travaux s'assurera du respect des CMA et de la bonne atteinte des objectifs de dépollution en vérifiant, à l'avancement, la qualité des sols en bord de fouilles et en fond de fouilles. Les polluants à analyser sont ceux initialement détectés dans la zone excavée.

La réception des fouilles sera réalisée en présence du maître d'ouvrage et/ou de son représentant (AMO ou MOE).

9.2.4. Métrologie des gaz du sol en phase travaux

Sans objet pour le lot 7.

9.2.5. Métrologie des eaux souterraines en phase travaux

Sans objet pour le lot 7.

9.2.6. Métrologie de l'air ambiant dans les futurs bâtiments

Afin de vérifier la qualité de l'air ambiant, nous préconisons la réalisation de deux campagnes de mesure au sein du sous-sol du bâtiment PIM. Ces campagnes se feront en périodes hivernales et estivales. La durée de l'échantillonnage sera de 8 heures et se fera à 1,5 m de hauteur depuis le sol.

Les paramètres recherchés seront les suivants : hydrocarbures (Analyses TPH en C5-C16), COHV et BTEX.

9.2.7. Gestion générale des futurs aménagements

Dans le cadre des futurs aménagements, nous recommandons les éléments suivants :

- La pose des réseaux de distribution d'eau potable sera obligatoirement accompagnée d'une pose de remblais sains sur le pourtour des canalisations, quel que soit leur matière (fonte, PEHD, etc.). Les remblais sains seront idéalement posés sur une surface minimale de 1 m² autour du réseau (soit 50 cm de part et d'autre de la canalisation), avec un géotextile séparant les remblais sains et les sols pollués.
-
- Confinement des sols : la pose de géotextile est obligatoire sur les zones présentant des pollutions résiduelles.

Le confinement sera automatiquement obtenu à l'aplomb des futurs bâtiments, de la voirie et de tout aménagement prévoyant des revêtements de surface induré.
Les espaces verts ou non bâtis seront systématiquement recouverts d'au moins 30 cm de remblais sains ou d'un revêtement induré.

9.3. Mesures de gestion des terrassements

Les terrassements généraux feront l'objet d'un suivi afin de s'assurer de l'absence de pollution et de définir les filières d'élimination des déblais.
Nous recommandons d'effectuer des tests d'acceptation en ISDI pour chaque lot de 300 tonnes (avec des déblais issus d'un même secteur), soit une analyse pour 10 camions de 30 tonnes. Ces tests seront également nécessaires en cas de découverte fortuite d'une zone non recensée et présentant des indices de pollution.

9.4. Hygiène et sécurité sur le site en phase travaux

Compte tenu des impacts constatés, nous préconisons le strict respect des consignes habituelles d'hygiène et de sécurité du domaine du BTP lors de la réalisation du chantier de gestion des terres impactées, afin de réduire, autant que possible le contact avec les sols et les polluants dispersés dans l'air.

Les recommandations relatives à l'hygiène et à la sécurité sur le site resteront à l'appréciation du coordinateur sécurité retenu dans le cadre des travaux de dépollution.

9.5. Conservation de la mémoire du site

Afin de garantir l'adéquation entre les usages et l'état des milieux, la nécessité de la conservation de la mémoire des pollutions résiduelles, par la mise en œuvre de servitudes ou de restrictions d'usage, devra être examinée après la fin des travaux de dépollution réalisés.

Tout changement d'usage et toute nouvelle construction devra prendre en compte les pollutions résiduelles qui subsisteront sur le site, et, le cas échéant, mettre en œuvre des mesures constructives appropriées.

9.5.1. Objectifs

Les restrictions d'usage ainsi que les servitudes ont pour objectifs de garantir dans le temps le respect des règles et des recommandations faites dans le cadre du présent plan de gestion.

Les objectifs de ces servitudes et de ces restrictions sont les suivants :

- Garantir la protection de la santé humaine et de l'environnement au cours du temps.
- Empêcher la modification de l'usage du site sans conformité avec les prescriptions de gestion de la pollution ou sans études et/ou travaux complémentaires garantissant la conformité sanitaire entre le nouvel usage et l'état du site.
- Protéger le propriétaire du site lors d'éventuels changements d'usage des sols qui ne seraient pas de son fait. Ces éventuels changements d'usage de site pourraient résulter

par exemple de modifications de la politique locale d'urbanisme ou de décisions des propriétaires successifs.

- Maintenir la pérennité de la maintenance ou la surveillance de la qualité des eaux sur site tant qu'elle est requise.

Les restrictions d'usage concernent :

- L'utilisation des sols sur site en définissant les autorisations et interdictions concernant le type d'activité et de construction ou la nécessité de réaliser des études complémentaires.
- L'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas d'affouillements, de plantations, de pose de canalisation (etc.).
- L'utilisation des eaux souterraines sur site (interdiction totale ou partielle).

9.5.2. Mise en place des restrictions d'usage sur le site

Les servitudes et les restrictions proposées ci-dessous sont compatibles avec les différents textes régissant l'urbanisme local, dont le PLU en vigueur.

Afin de garantir cette compatibilité de façon pérenne, les servitudes et restrictions d'usages pourront être reprises dans un arrêté de servitude d'utilité publique.

Le tableau des servitudes proposé est présenté en page suivante.

Tableau 30 – Restrictions d’usage proposées

Restrictions d’usages et servitudes sur les sols	Restrictions d’usages sur le sous-sol	Restrictions d’usages sur les eaux souterraines
<p>Usages autorisés :</p> <p>Bâtiments commerciaux ou industriels avec sous-sol (sous réserve du respect des prescriptions techniques transmises par ENEDIS et utilisés pour l’EQRS).</p> <p>Locaux ventilés selon la réglementation en vigueur ou avec une ventilation améliorée.</p> <p>Espaces verts (sans affleurements de terres présentant des pollutions résiduelles – remblaiement minimal de 0,3 m) Parkings de surface et voirie</p> <p>Usages interdits :</p> <p>Tous bâtiments d’usages et de configuration ne respectant pas les prescriptions définies ci-dessus et non étudiés lors de la présente étude (logements individuels ou collectifs par exemple, établissements liés à l’enfance)</p> <p>Espaces verts privatifs avec ou sans potagers</p> <p>Tout changement d’usage nécessitera l’actualisation de l’EQRS et le cas échéant la mise à jour du plan de gestion.</p>	<p>Usages interdits :</p> <p>Passage des canalisations d’eau potable dans les sols impactés restant sur site, sauf si ces canalisations sont mises en place dans une tranchée d’une section minimale de 1 m² remplie de remblais sains + géotextile.</p> <p>Prescriptions particulières :</p> <p>Mise en place d’un géotextile (100 g/m²) entre tous les remblais sains et les terres impactées restant sur site.</p> <p>Confinement strict des sols « industriels ».</p> <p>Gestion appropriée des déblais en cas de terrassement et traçabilité du devenir des déblais avec maintien du recouvrement des terres impactées (confinement obligatoire et pas d’affleurement).</p> <p>Information des entreprises dans le cadre des travaux actuels et futurs.</p>	<p>Usages interdits :</p> <p>Utilisation des eaux de la nappe quel que soit l’usage sur la totalité du site.</p>

10. CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS

L'EQRS et le plan de gestion réalisés par GEOREM pour le compte de la société ENEDIS, au droit du site accueillant son futur poste de transformation électrique, sis sur le lot n°7 défini dans le cadre du futur réaménagement du site industriel COOPER STANDARD FRANCE au 194 de la route de Lorient, sur la commune de Rennes (35)., mettent en évidence les éléments suivants :

- L'étude a été conduite pour étudier les niveaux de risques sanitaires entre l'état actuel du site et les usages suivants, avec le maintien permanent d'un confinement des sols « industriels » :
 - Usages industriels ENEDIS (Construction et exploitation d'un poste de transformation électrique),
 - Espaces verts,
 - Voiries de surface (parkings, voies de circulation).

- L'étude ne prend pas en compte les usages ou cas de figures suivants :
 - Terrains industriels à l'affleurement,
 - Usages des eaux souterraines sur le site,
 - Habitats individuels ou collectifs,
 - ERP de type école, crèche, garderie,
 - Espaces verts privés (jardins, potagers, vergers).

- La compatibilité sanitaire entre l'état environnemental actuel du site et les usages prévus par ENEDIS, tant lors de la construction que de l'exploitation de son poste de transformation électrique.

- Le respect des préconisations du présent plan de gestion.

- La nécessité de prévoir une mesure de surveillance de la qualité de l'air ambiant lors de deux campagnes de mesure estivale puis hivernale, au sein du sous-sol du futur bâtiment PIM.

Fait à Surzur, le 13 janvier 2017,



ANNEXES

ANNEXE 1	Modèles, équations de l'EQRS
ANNEXE 2	Feuilles de calcul des risques
ANNEXE 3	Feuilles de calcul – Sensibilité des paramètres de l'EQRS

ANNEXE 1

Equations, modèles, paramètres de l'EQRS

Modélisation de l'inhalation de vapeur dans l'air intérieur

Choix de l'outil de modélisation

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL¹ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »² (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

VOLASOIL qui prend en compte un écoulement à travers les fissures des bétons de type POISSEUILLE, est utilisable pour des bâtiments avec vide sanitaire, il n'est pas en l'état adapté à la modélisation des transferts vers un bâtiment de plain pied. Johnson and Ettinger qui prend en compte une fissuration périphérique du dallage et un écoulement de type DARCY à travers ces fissures, est utilisable pour des bâtiments de plain pied.

Compte tenu du projet étudié (bâtiment de plain pied et/ou avec niveaux de sous-sol), le modèle de Johnson et Ettinger a été retenu.

Description du modèle utilisé

La modélisation des expositions aux vapeurs est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991), dont la description est donnée ci-dessous. Les équations présentées dans la norme ASTM E 1739-95 et dans le logiciel intégré RISC v 4.0 (octobre 2001, Distribué par Waterloo hydrogeologic, développé par Lynn R.Spence et BP oil International) ont été réécrites par nos soins sous excel, les phénomènes considérés sont synthétisés ci-après.

La diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) entraîne les polluants à travers le sol jusqu'à la zone d'influence du bâtiment où le phénomène convectif intervient. Le mouvement convectif, dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur des bâtiments (occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation), transporte les vapeurs par les fissures des fondations et de la dalle béton.

La concentration dans l'air intérieur en régime permanent (source infinie) est calculée à partir de la concentration dans l'air des sols à la source comme suit:

$$C_{\text{int}} = \alpha \cdot C_{\text{vs}} \quad (1)$$

avec

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_{\text{sol}} \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{ceack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) - 1 \right] \right]} \quad (2)$$

¹ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

² Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25. p 1445-1452

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (cm^2/s) calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des différents horizons de sols entre la source de pollution et le dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après
 C_{vs} : concentration de vapeur dans la source (g/cm^3)
 Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm^3/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage
 D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm^2/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après
 A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (cm^2), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage
 L_{crack} : épaisseur de la dalle (cm)
 A_B : surface des bâtiments (cm^2)
 L_T : distance de la source au dallage (cm)
 Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m^3/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

Le débit Q_{sol} est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times (\Delta P) \times k_v \times X_{crack}}{\mu \ln[2 \times Z_{crack} / r_{crack}]} \quad (3)$$

avec ΔP : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur ($g/cm^2 \cdot s^2$)
 k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)
 μ : viscosité des vapeurs ($g/cm \cdot s$)
 X_{crack} : longueur du cylindre représentant la fissure, correspondant au périmètre du bâtiment considéré
 r_{crack} : rayon équivalent de la fissure, calculé par le rapport entre (fraction des fissures dans le dallage x surface du dallage) et le périmètre du bâtiment considéré
 Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol, correspondant à l'épaisseur du dallage considéré
 π : 3.14159

Le terme en exponentiel dans l'équation (2) suivant :

$$\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}} \right)$$

représente le nombre de Péclet Equivalent pour le transport à travers les fondations du dallage, quand ce terme tend vers l'infini, la résolution de l'équation (2) approche :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right]}{\left[\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] + 1 \right]}$$

Calcul des coefficients de diffusion

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirk (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \tau_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \tau_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante : dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H constante de Henry adimensionnelle,
 θ porosité totale,
 θ_{eau} teneur en eau du sol,
 θ_{eau} teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol est calculée correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc})$$

Equation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective concentration ds l'eau à l'équilibre}$

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm³)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/g)
 K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
 θ_a : teneur en air dans les sols (cm³ d'air/ cm³ de sol)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \text{ et } C_{\text{eaudusol}} = \frac{C_{\text{airdusol}}}{H}$$

Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),
H : constante de Henry (-)
X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)
S : solubilité de la substance i (mg/l)

Modélisation de l'inhalation de vapeur dans l'air extérieur

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirck et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Le calcul des concentrations diluées par le vent est effectué à l'aide de l'équation générique suivante (modèle boîte) :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F}{v} \cdot \frac{L}{H}$$

avec $C_{i, air-ext}$: concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)
F : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)
v : vitesse moyenne du vent (m/s).
H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

Le flux vers l'air extérieur est calculé à partir de l'équation de FICK (flux diffusif seul) suivante :

$$\phi(g / m^2 - j) = D_{eff} * \frac{\partial C}{\partial z}$$

où :

- dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3\text{-m}$) entre la concentration à la source (la concentration dans les gaz à l'équilibre avec les sols pollués ou les eaux de la nappe polluée).
- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse¹ est donné ci-après.

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirck (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \tau_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau}/H) \times \theta_{eau} \times \tau_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents. Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H : constante de Henry adimensionnelle,
 θ : porosité totale,
 θ_{eau} : teneur en eau du sol,
 θ_{air} : teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol à la source est calculée à l'aide des équations génériques

¹ Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu' zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glotfely & Schomburg,1991).

Modélisation de l'inhalation de substances adsorbées sur des poussières

L'équation utilisée est issue du modèle intégré HESP (ou VOLASOIL) :

$$\mathbf{C_{part} = C_s \times TSP \times fr \times frs}$$

Avec C_{part} : concentration de polluant sous forme particulaire (mg/m³)
C_s : concentration dans les sols de surface (mg/kg)
TSP : concentration de particules en suspension (kg/m³)
fr : fraction des poussières présentes dans l'air pouvant être réellement inhalées
frs : fraction de sol dans les poussières (-)

Cette équation a été appliquée pour le calcul de la concentration de poussières dans l'air atmosphérique.

Les paramètres suivants ont été utilisés :

- les concentrations dans les sols de surface ;
- fraction du sol dans les poussières : dans l'air extérieur de 0,5 et dans l'air intérieur de 0.8 (valeurs par défaut du logiciel HESP) ;
- quantités de particules en suspension dans l'air extérieur (TSP_e) : 0,07 mg/m³ et dans l'air intérieure TPSi de 0,0525 mg/ m³ (valeurs par défaut du logiciel HESP) ;
- par ailleurs, la quantité de poussières réellement inhalée dépend de la taille de ces poussières, par défaut, nous considérerons que 75 % des poussières totales dans l'air sont réellement inhalées (valeur par défaut du logiciel HESP).

Modélisation de l'ingestion de sols et de poussières

Ingestion de sols et poussières

Le calcul de la dose a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR MEDD/BRGM/INERIS, 2000) :

$$DJE_{i,s} = \frac{C_{i,s} * Q_{sol} * T * F}{P * T_m}$$

avec : DJE_{i,s} : dose journalière du composé i liée à l'ingestion de sols (en mg/kg/j)
C_{i,s} : concentration du composé i dans les sols (mg/kg)
Q_{sol} : taux d'ingestion de sols (kg/j)
T : durée d'exposition (années)
F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an),
P : poids corporel de la cible (kg)
T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

Le choix de la valeur des paramètres d'exposition est explicité dans le présent rapport. Les quantités de sols et de poussières ingérées considérés sont argumentés ci-après.

Les taux d'ingestion de sols contaminés (en extérieur) couramment utilisées dans des études françaises et d'autres pays sont de 150 mg/j pour un enfant de 3 ans et de 50 mg/j pour un adulte. Ces données sont par ailleurs dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude, la valeur de 250 mg/jour pour les enfants correspond à une valeur élevée surconservatoire donc non retenue.

Les valeurs retenues pour l'ingestion de sols et de poussières en extérieur sont donc de 150 mg/j pour un enfant en bas age et 50 mg/j pour un adulte. Ces valeurs sont représentatives d'une journée d'activité en extérieur sans prise en compte d'un temps de présence sur la journée.

Ainsi, à ces taux d'ingestion de sols seront associées les fréquences d'exposition F1 (j/an) et non à des facteurs F2 (h/j) pour les adultes et enfants dans leurs jardins.

Concernant le taux d'ingestion de poussières (en intérieur), à partir d'hypothèses sur la surface corporelle et les fréquences de contact avec le sol et les poussières, Hawley (Hawley 1985) estime qu'un adulte ingère une quantité de sols et de poussières de :

- 0,5 mg par jour dans sa pièce de séjour,
- 110 mg par jour, s'il fréquente une zone empoussiérée comme un grenier ou un sous-sol.

La valeur retenue pour l'ingestion de sols et de poussières en intérieur est de 0,5 mg/j pour un enfant et un adulte.

ANNEXE 2

Feuilles de calcul des risques

ANNEXE 2.1

Feuilles de calcul des risques en extérieur

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (VOLATILISATION DEPUIS LE SOL)									
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)									
Unité	Désignation	Abr	Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques	BTEX				COHV
			Fraction >C5-C6	Fraction >C8-C10	Benzène	Toluène	éthylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
m	Profondeur de la source Pollution	Lt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pa.m ³ /mol.K	Constante des gaz parfaits	R	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314
Kelvin	Température	T	298	298	298	298	298	298	298
Pa.m ³ /mol	Constante de Henry	He	2,04E+04	1,21E+03	5,58E+02	6,73E+02	8,20E+02	6,80E+02	1,04E+03
(mg/lair)/(mg/leau)			8,233867674	0,488381367	0,225220498	0,271636909	0,330969191	0,274462256	0,419765803
Adim	Porosité de la couche de sol	n	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Adim	Fraction volumique d'eau du sol	Vw	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Adim	Fraction volumique d'air du sol	Va	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
µg/m ³	Concentration Air du sol	C1	6,53E+01	7,61E+01	1,22E+01	3,44E+01	3,77E+01	2,44E+01	2,17E+00
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air libre	Da	2,00E-05	1,00E-05	8,80E-06	8,70E-06	7,50E-06	7,52E-06	7,90E-06
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau	Dw	7,77E-10	1,00E-09	9,80E-10	8,60E-10	7,80E-10	8,70E-10	9,10E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air du sol	Dsa	2,59913E-07	1,29956E-07	1,14362E-07	1,13062E-07	9,74673E-08	9,77272E-08	1,02666E-07
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau du sol	Dpw	1,01778E-10	1,30988E-10	1,28368E-10	1,12649E-10	1,0217E-10	1,13959E-10	1,19199E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion équivalent	Ddiff	2,59925E-07	1,30225E-07	1,14932E-07	1,13477E-07	9,7776E-08	9,81424E-08	1,02949E-07
m/s	Vitesse du vent	v	5	5	5	5	5	5	5
m	Hauteur du mélange ou de la cible	h	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
m	Longueur de la zone polluée (le site)	Lzp	130	130	130	130	130	130	130
Adim	Facteur d'atténuation	Faext	0,000450334	0,000225672	0,000199175	0,000196654	0,00016945	0,000170085	0,000178414
µg/m ³	Concentration dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Substances présentant des effets à seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,91E-03	3,45E-03	4,86E-04	1,36E-03	1,28E-03	8,34E-04	7,78E-05	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³	3000	200	9,57	260	260	1000	2	
Niveau de Risque	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	
		1,97E-06	1,72E-05	5,08E-05	5,23E-06	4,93E-06	8,34E-07	3,89E-05	
Substances présentant des effets sans seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,69E-04	9,85E-05	1,39E-05	3,89E-05	3,66E-05	2,38E-05	2,22E-06	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹	Non dispo	Non dispo	2,60E-05	Non dispo	2,50E-06	Non dispo	4,10E-06	
Niveau de Risque	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	
		Sans objet	Sans objet	3,61E-10	Sans objet	9,16E-11	Sans objet	9,11E-12	

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,20E-04 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	4,62E-10 (ERI < 1.10 ⁻⁵)

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (VOLATILISATION DEPUIS LE SOL)									
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)									
Unité	Désignation	Abr	Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques	BTEX				COHV
			Fraction >C5-C6	Fraction >C8-C10	Benzène	Toluène	éthylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
m	Profondeur de la source Pollution	Lt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pa.m3/mol.K	Constante des gaz parfaits	R	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314
Kelvin	Température	T	298	298	298	298	298	298	298
Pa.m ³ /mol	Constante de Henry	He	2,04E+04	1,21E+03	5,58E+02	6,73E+02	8,20E+02	6,80E+02	1,04E+03
(mg/lair)/(mg/leau)			8,233867674	0,488381367	0,225220498	0,271636909	0,330969191	0,274462256	0,419765803
Adim	Porosité de la couche de sol	n	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Adim	Fraction volumique d'eau du sol	Vw	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Adim	Fraction volumique d'air du sol	Va	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
µg/m³	Concentration Air du sol	C1	6,53E+01	7,61E+01	1,22E+01	3,44E+01	3,77E+01	2,44E+01	2,17E+00
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air libre	Da	2,00E-05	1,00E-05	8,80E-06	8,70E-06	7,50E-06	7,52E-06	7,90E-06
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau	Dw	7,77E-10	1,00E-09	9,80E-10	8,60E-10	7,80E-10	8,70E-10	9,10E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air du sol	Dsa	2,59913E-07	1,29956E-07	1,14362E-07	1,13062E-07	9,74673E-08	9,77272E-08	1,02666E-07
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau du sol	Dpw	1,01778E-10	1,30988E-10	1,28368E-10	1,12649E-10	1,0217E-10	1,13959E-10	1,19199E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion équivalent	Ddiff	2,59925E-07	1,30225E-07	1,14932E-07	1,13477E-07	9,7776E-08	9,81424E-08	1,02949E-07
m/s	Vitesse du vent	v	5	5	5	5	5	5	5
m	Hauteur du mélange ou de la cible	h	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
m	Longueur de la zone polluée (le site)	Lzp	130	130	130	130	130	130	130
Adim	Facteur d'atténuation	Faext	0,000450334	0,000225672	0,000199175	0,000196654	0,00016945	0,000170085	0,000178414
µg/m³	Concentration dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Substances présentant des effets à seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm		1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F		0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti		0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2		2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal		7,39E-03	4,31E-03	6,08E-04	1,70E-03	1,60E-03	1,04E-03	9,72E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³		3000	200	9,57	260	260	1000	2
Niveau de Risque	QD		2,46E-06	2,16E-05	6,35E-05	6,54E-06	6,17E-06	1,04E-06	4,86E-05
Substances présentant des effets sans seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm		0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F		0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti		0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2		2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal		2,11E-04	1,23E-04	1,74E-05	4,86E-05	4,58E-05	2,98E-05	2,78E-06
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹		Non dispo	Non dispo	2,60E-05	Non dispo	2,50E-06	Non dispo	4,10E-06
Niveau de Risque	ERI		Sans objet	Sans objet	4,51E-10	Sans objet	1,15E-10	Sans objet	1,14E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,50E-04 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	5,77E-10 (ERI < 1.10 ⁻⁵)

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (VOLATILISATION DEPUIS LE SOL)									
Exposition d'un intervenant pour l'entretien des espaces verts + parkings (1,5h/jour - 8 jours/an - durée d'exposition : 40 ans)									
Unité	Désignation	Abr	Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques	BTEX				COHV
			Fraction >C5-C6	Fraction >C8-C10	Benzène	Toluène	éthylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
m	Profondeur de la source Pollution	Lt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pa.m3/mol.K	Constante des gaz parfaits	R	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314
Kelvin	Température	T	298	298	298	298	298	298	298
Pa.m ³ /mol	Constante de Henry	He	2,04E+04	1,21E+03	5,58E+02	6,73E+02	8,20E+02	6,80E+02	1,04E+03
(mg/lair)/(mg/leau)			8,233867674	0,488381367	0,225220498	0,271636909	0,330969191	0,274462256	0,421380287
Adim	Porosité de la couche de sol	n	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Adim	Fraction volumique d'eau du sol	Vw	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Adim	Fraction volumique d'air du sol	Va	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
µg/m ³	Concentration Air du sol	C1	6,53E+01	7,61E+01	1,22E+01	3,44E+01	3,77E+01	2,44E+01	2,17E+00
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air libre	Da	2,00E-05	1,00E-05	8,80E-06	8,70E-06	7,50E-06	7,52E-06	7,90E-06
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau	Dw	7,77E-10	1,00E-09	9,80E-10	8,60E-10	7,80E-10	8,70E-10	9,10E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air du sol	Dsa	2,59913E-07	1,29956E-07	1,14362E-07	1,13062E-07	9,74673E-08	9,77272E-08	1,02666E-07
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau du sol	Dpw	1,01778E-10	1,30988E-10	1,28368E-10	1,12649E-10	1,0217E-10	1,13959E-10	1,19199E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion équivalent	Ddiff	2,59925E-07	1,30225E-07	1,14932E-07	1,13477E-07	9,7776E-08	9,81424E-08	1,02948E-07
m/s	Vitesse du vent	v	5	5	5	5	5	5	5
m	Hauteur du mélange ou de la cible	h	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
m	Longueur de la zone polluée (le site)	Lzp	130	130	130	130	130	130	130
Adim	Facteur d'atténuation	Faext	0,000450334	0,000225672	0,000199175	0,000196654	0,00016945	0,000170085	0,000178412
µg/m ³	Concentration dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Substances présentant des effets à seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	4,03E-05	2,35E-05	3,32E-06	9,27E-06	8,74E-06	5,69E-06	5,30E-07	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³	3000	200	9,57	260	260	1000	2	
Niveau de Risque	QD	1,34E-08	1,18E-07	3,46E-07	3,57E-08	3,36E-08	5,69E-09	2,65E-07	
Substances présentant des effets sans seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808	0,021917808
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,30E-05	1,34E-05	1,89E-06	5,30E-06	5,00E-06	3,25E-06	3,03E-07	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹	Non dispo	Non dispo	2,60E-05	Non dispo	2,50E-06	Non dispo	4,10E-06	
Niveau de Risque	ERI	Sans objet	Sans objet	4,93E-11	Sans objet	1,25E-11	Sans objet	1,24E-12	

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	8,18E-07 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	6,30E-11 (ERI < 1.10 ⁻⁵)

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (VOLATILISATION DEPUIS LE SOL)									
Exposition d'un intervenant sur un parking (0,5h/jour - 9 jours/an - durée d'exposition : 40 ans)									
Unité	Désignation	Abr	Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques	BTEX				COHV
			Fraction >C5-C6	Fraction >C8-C10	Benzène	Toluène	éthylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
m	Profondeur de la source Pollution	Lt	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pa.m3/mol.K	Constante des gaz parfaits	R	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314	8,314
Kelvin	Température	T	298	298	298	298	298	298	298
Pa.m ³ /mol	Constante de Henry	He	2,04E+04	1,21E+03	5,58E+02	6,73E+02	8,20E+02	6,80E+02	1,04E+03
(mg/lair)/(mg/leau)			8,233867674	0,488381367	0,225220498	0,271636909	0,330969191	0,274462256	0,421380287
Adim	Porosité de la couche de sol	n	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Adim	Fraction volumique d'eau du sol	Vw	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Adim	Fraction volumique d'air du sol	Va	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
µg/m³	Concentration Air du sol	C1	6,53E+01	7,61E+01	1,22E+01	3,44E+01	3,77E+01	2,44E+01	2,17E+00
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air libre	Da	2,00E-05	1,00E-05	8,80E-06	8,70E-06	7,50E-06	7,52E-06	7,90E-06
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau	Dw	7,77E-10	1,00E-09	9,80E-10	8,60E-10	7,80E-10	8,70E-10	9,10E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'air du sol	Dsa	2,59913E-07	1,29956E-07	1,14362E-07	1,13062E-07	9,74673E-08	9,77272E-08	1,02666E-07
m ² /s	Coeff. Diffusion dans l'eau du sol	Dpw	1,01778E-10	1,30988E-10	1,28368E-10	1,12649E-10	1,0217E-10	1,13959E-10	1,19199E-10
m ² /s	Coeff. Diffusion équivalent	Ddiff	2,59925E-07	1,30225E-07	1,14932E-07	1,13477E-07	9,7776E-08	9,81424E-08	1,02948E-07
m/s	Vitesse du vent	v	5	5	5	5	5	5	5
m	Hauteur du mélange ou de la cible	h	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
m	Longueur de la zone polluée (le site)	Lzp	130	130	130	130	130	130	130
Adim	Facteur d'atténuation	Faext	0,000450334	0,000225672	0,000199175	0,000196654	0,00016945	0,000170085	0,000178412
µg/m³	Concentration dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04
Substances présentant des effets à seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,51E-05	8,82E-06	1,24E-06	3,48E-06	3,28E-06	2,13E-06	1,99E-07	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³	3000	200	9,57	260	260	1000	2	
Niveau de Risque	QD	5,04E-09	4,41E-08	1,30E-07	1,34E-08	1,26E-08	2,13E-09	9,94E-08	
Substances présentant des effets sans seuil :									
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333	0,020833333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	2,94E-02	1,72E-02	2,42E-03	6,77E-03	6,38E-03	4,15E-03	3,87E-04	
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	8,64E-06	5,04E-06	7,10E-07	1,99E-06	1,87E-06	1,22E-06	1,14E-07	
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹	Non dispo	Non dispo	2,60E-05	Non dispo	2,50E-06	Non dispo	4,10E-06	
Niveau de Risque	ERI	Sans objet	Sans objet	1,85E-11	Sans objet	4,68E-12	Sans objet	4,66E-13	

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	3,07E-07 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	2,36E-11 (ERI < 1.10 ⁻⁵)

ENEDIS – BRIPS OUEST / Futur poste de transformation électrique – Ancien site COOPER STANDARD FRANCE – Lot n°7 – 194, route de Lorient – Rennes (35)
Plan de gestion de la pollution – Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (INHALATION DE POUSSIÈRES)												
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)												
Désignation	Abr	HCT C10-C40	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène	Phénanthrène	Fluoranthène	Pyrène	B(a)anthracène	Chrysène
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m³)	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Substances présentant des effets à seuil :												
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,57E-03	nd	nd	nd	nd	nd	6,86E-07	1,79E-06	1,42E-06	8,97E-07	9,49E-07
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m³	200	9,57	3000	260	220	2	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,28E-05	nd	nd	nd	nd	nd	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
Substances présentant des effets sans seuil :												
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	7,34E-05	nd	nd	nd	nd	nd	1,96E-08	5,12E-08	4,07E-08	2,56E-08	2,71E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m³) ⁻¹	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-04	1,10E-05
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	nd	Sans objet	nd	Sans objet	nd	2,15E-14	5,64E-14	4,48E-14	2,82E-12	2,98E-13

Désignation	Abr	B(b)fluoranthène	B(k)fluoranthène	Benzo(a)pyrène	Dibenzo(a,h)Anthr.	B(ghi)peryène	Cadmium	Cuivre	Mercuré	Plomb	Zinc
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m³)	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Substances présentant des effets à seuil :											
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,53E-06	5,80E-07	1,21E-06	3,22E-07	9,49E-07	6,43E-06	2,91E-04	2,53E-06	1,04E-03	1,35E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m³	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	0,45	1	0,03	Non disponible	Non disponible
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	1,43E-05	2,91E-04	8,44E-05	Sans objet	Sans objet
Substances présentant des effets sans seuil :											
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	4,37E-08	1,66E-08	3,47E-08	9,19E-09	2,71E-08	1,84E-07	8,32E-06	7,23E-08	2,98E-05	3,86E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m³) ⁻¹	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-03	1,10E-03	1,10E-05	3,00E-01	Non disponible	Non disponible	1,50E-05	Non disponible
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		4,81E-12	1,82E-12	3,81E-11	1,01E-11	2,98E-13	5,52E-08	Sans objet	Sans objet	4,48E-10	Sans objet

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	4,03E-04 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	5,57E-08 (ERI < 1.10 ⁻⁵)

ENEDIS – BRIPS OUEST / Futur poste de transformation électrique – Ancien site COOPER STANDARD FRANCE – Lot n°7 – 194, route de Lorient – Rennes (35)
Plan de gestion de la pollution – Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

MODELISATION PAR VOLASOIL - EXPOSITION DANS L'AIR EXTERIEUR (INHALATION DE POUSSIERES)												
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)												
Désignation	Abr	HCT C10-C40	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène	Phénanthrène	Fluoranthène	Pyrène	B(a)anthracène	Chrysène
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m³)	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Substances présentant des effets à seuil :												
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,21E-03	nd	nd	nd	nd	nd	8,57E-07	2,24E-06	1,78E-06	1,12E-06	1,19E-06
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³	200	9,57	3000	260	220	2	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,61E-05	nd	nd	nd	nd	nd	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
Substances présentant des effets sans seuil :												
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	1,28E-02	nd	nd	nd	nd	nd	3,41E-06	8,93E-06	7,09E-06	4,46E-06	4,73E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	9,17E-05	nd	nd	nd	nd	nd	2,45E-08	6,40E-08	5,09E-08	3,20E-08	3,39E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-06	1,10E-04	1,10E-05
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	nd	Sans objet	nd	Sans objet	nd	2,69E-14	7,04E-14	5,59E-14	3,52E-12	3,73E-13

Désignation	Abr	B(b)fluoranthène	B(k)fluoranthène	Benzo(a)pyrène	Dibenzo(a,h)Anthr.	B(ghi)pérylène	Cadmium	Cuivre	Mercur	Plomb	Zinc
Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (µg/m³)	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Substances présentant des effets à seuil :											
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,91E-06	7,25E-07	1,52E-06	4,02E-07	1,19E-06	8,04E-06	3,64E-04	3,16E-06	1,31E-03	1,69E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	µg/m ³	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	0,45	1	0,03	Non disponible	Non disponible
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	1,79E-05	3,64E-04	1,05E-04	Sans objet	Sans objet
Substances présentant des effets sans seuil :											
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429	0,028571429
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air extérieur	C2	7,61E-06	2,89E-06	6,04E-06	1,60E-06	4,73E-06	3,20E-05	1,45E-03	1,26E-05	5,20E-03	6,72E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,46E-08	2,07E-08	4,33E-08	1,15E-08	3,39E-08	2,30E-07	1,04E-05	9,04E-08	3,73E-05	4,82E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	(µg/m ³) ⁻¹	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-03	1,10E-03	1,10E-05	3,00E-01	Non disponible	Non disponible	1,50E-05	Non disponible
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		6,01E-12	2,28E-12	4,77E-11	1,26E-11	3,73E-13	6,89E-08	Sans objet	Sans objet	5,59E-10	Sans objet

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	5,03E-04
Substances présentant des effets sans seuil :	6,96E-08

(QD < 1)

(ERI < 1.10⁻⁵)

ANNEXE 2.2

Feuille de calcul des risques intérieurs

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,12E-03	1,30E-03	2,07E-04	5,89E-04	6,43E-04	4,18E-04	3,72E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		3,72E-07	6,50E-06	2,16E-05	1,96E-07	2,47E-06	1,90E-06	1,86E-05
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	6,38E-04	7,43E-04	1,18E-04	3,36E-04	3,67E-04	2,39E-04	2,12E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	3,07E-09	Sans objet	9,18E-10	Sans objet	8,71E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	5,16E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	4,08E-09

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux)								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,40E-03	1,62E-03	2,59E-04	7,36E-04	8,04E-04	5,22E-04	4,65E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		4,65E-07	8,12E-06	2,70E-05	2,45E-07	3,09E-06	2,37E-06	2,32E-05
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	7,98E-04	9,29E-04	1,48E-04	4,20E-04	4,59E-04	2,98E-04	2,65E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	3,84E-09	Sans objet	1,15E-09	Sans objet	1,09E-10

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	6,46E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	5,10E-09

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - EXPLOITATION

Exposition d'un intervenant (1h/jour - 2 jours/an - durée d'exposition : 40 ans)

Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,27E-06	1,48E-06	2,35E-07	6,69E-07	7,31E-07	4,75E-07	4,22E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		4,23E-10	7,39E-09	2,46E-08	2,23E-10	2,81E-09	2,16E-09	2,11E-08
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	5,56E-03	6,47E-03	1,03E-03	2,93E-03	3,20E-03	2,08E-03	1,85E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	7,25E-07	8,44E-07	1,34E-07	3,82E-07	4,17E-07	2,71E-07	2,41E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	3,49E-12	Sans objet	1,04E-12	Sans objet	9,90E-14

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	5,87E-08
Substances présentant des effets sans seuil :	4,64E-12

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE RDC DU POSTE DE TRANSFORMATION								
Exposition d'un intervenant (8h/jour - 9 jours/an - durée d'exposition : 40 ans en phase travaux)								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	2,55E-04	2,97E-04	4,75E-05	1,34E-04	1,47E-04	9,54E-05	8,48E-06
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,55E-04	2,97E-04	4,75E-05	1,34E-04	1,47E-04	9,54E-05	8,48E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,10E-06	2,44E-06	3,90E-07	1,10E-06	1,21E-06	7,84E-07	6,97E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		6,99E-10	1,22E-08	4,08E-08	3,67E-10	4,65E-09	3,56E-09	3,48E-08
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,55E-04	2,97E-04	4,75E-05	1,34E-04	1,47E-04	9,54E-05	8,48E-06
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,20E-06	1,39E-06	2,23E-07	6,29E-07	6,90E-07	4,48E-07	3,98E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	5,80E-12	Sans objet	1,73E-12	Sans objet	1,63E-13

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	9,71E-08
Substances présentant des effets sans seuil :	7,69E-12

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

ANNEXE 3

Feuilles de calcul – Incertitudes paramètres EQRS

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Taux de renouvellement d'air dans les bâtiments de 0,2 volume/heure								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,79E-03	3,42E-03	5,18E-04	1,47E-03	1,61E-03	1,04E-03	9,26E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		9,31E-07	1,71E-05	5,42E-05	4,90E-07	6,19E-06	4,74E-06	4,63E-05
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,60E-03	1,95E-03	2,96E-04	8,40E-04	9,20E-04	5,96E-04	5,29E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	7,70E-09	Sans objet	2,30E-09	Sans objet	2,17E-10

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,30E-04 (QD < 1)
Substances présentant des effets sans seuil :	1,02E-08 (ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Taux de renouvellement d'air dans les bâtiments de 0,2 volume/heure								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,49E-03	4,27E-03	6,48E-04	1,84E-03	2,01E-03	1,30E-03	1,16E-04
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,16E-06	2,13E-05	6,77E-05	6,13E-07	7,74E-06	5,92E-06	5,79E-05
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,99E-03	2,44E-03	3,70E-04	1,05E-03	1,15E-03	7,45E-04	6,62E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	9,63E-09	Sans objet	2,87E-09	Sans objet	2,71E-10

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,62E-04
Substances présentant des effets sans seuil :	1,28E-08

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - EXPLOITATION								
Exposition d'un intervenant (1h/jour - 2 jours/an - durée d'exposition : 40 ans) - Taux de renouvellement d'air dans les bâtiments de 0,2 volume/heure								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,17E-06	3,88E-06	5,89E-07	1,67E-06	1,83E-06	1,18E-06	1,05E-07
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,06E-09	1,94E-08	6,16E-08	5,57E-10	7,03E-09	5,39E-09	5,26E-08
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,39E-02	1,70E-02	2,58E-03	7,32E-03	8,01E-03	5,19E-03	4,61E-04
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,81E-06	2,22E-06	3,37E-07	9,55E-07	1,05E-06	6,77E-07	6,01E-08
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	8,75E-12	Sans objet	2,61E-12	Sans objet	2,47E-13

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,48E-07
Substances présentant des effets sans seuil :	1,16E-11

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE RDC DU POSTE DE TRANSFORMATION								
Exposition d'un intervenant (8h/jour - 9 jours/an - durée d'exposition : 40 ans en phase travaux) - Taux de renouvellement d'air dans les bâtiments de 0,2 volume/heure								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,49E-03	1,74E-03	2,78E-04	7,88E-04	8,62E-04	5,59E-04	4,96E-05
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,49E-03	1,74E-03	2,78E-04	7,88E-04	8,62E-04	5,59E-04	4,96E-05
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,22E-05	1,43E-05	2,28E-06	6,48E-06	7,08E-06	4,59E-06	4,08E-07
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		4,08E-09	7,15E-08	2,39E-07	2,16E-09	2,72E-08	2,09E-08	2,04E-07
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,49E-03	1,74E-03	2,78E-04	7,88E-04	8,62E-04	5,59E-04	4,96E-05
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	7,00E-06	8,17E-06	1,31E-06	3,70E-06	4,05E-06	2,63E-06	2,33E-07
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	3,39E-11	Sans objet	1,01E-11	Sans objet	9,55E-13

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	5,68E-07
Substances présentant des effets sans seuil :	4,50E-11

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Débit des gaz du sol entrant de 5 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,69E-01	3,13E-01	5,51E-02	1,41E-01	1,53E-01	9,93E-02	8,84E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		8,97E-05	1,57E-03	5,75E-03	4,69E-05	5,88E-04	4,51E-04	4,42E-03
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,54E-01	1,79E-01	3,15E-02	8,05E-02	8,74E-02	5,67E-02	5,05E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	8,18E-07	Sans objet	2,18E-07	Sans objet	2,07E-08

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,29E-02
Substances présentant des effets sans seuil :	1,06E-06

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Débit des gaz du sol entrant de 5 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,37E-01	3,92E-01	6,88E-02	1,76E-01	1,91E-01	1,24E-01	1,11E-02
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,12E-04	1,96E-03	7,19E-03	5,87E-05	7,35E-04	5,64E-04	5,53E-03
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,92E-01	2,24E-01	3,93E-02	1,01E-01	1,09E-01	7,09E-02	6,31E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	1,02E-06	Sans objet	2,73E-07	Sans objet	2,59E-08

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,61E-02
Substances présentant des effets sans seuil :	1,32E-06

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - EXPLOITATION

Exposition d'un intervenant (1h/jour - 2 jours/an - durée d'exposition : 40 ans) - Débit des gaz du sol entrant de 5 litres/minutes

Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,06E-04	3,56E-04	6,26E-05	1,60E-04	1,74E-04	1,13E-04	1,00E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,02E-07	1,78E-06	6,54E-06	5,33E-08	6,68E-07	5,13E-07	5,02E-06
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,34E+00	1,56E+00	2,74E-01	7,01E-01	7,61E-01	4,94E-01	4,40E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	1,75E-04	2,04E-04	3,57E-05	9,15E-05	9,93E-05	6,44E-05	5,74E-06
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	9,29E-10	Sans objet	2,48E-10	Sans objet	2,35E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	1,47E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	1,20E-09

(QD < 1)
(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE RDC DU POSTE DE TRANSFORMATION								
Exposition d'un intervenant (8h/jour - 9 jours/an - durée d'exposition : 40 ans en phase travaux) - Débit des gaz du sol entrant de 5 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	6,14E-02	7,15E-02	1,14E-02	3,22E-02	3,50E-02	2,27E-02	2,02E-03
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	6,14E-02	7,15E-02	1,14E-02	3,22E-02	3,50E-02	2,27E-02	2,02E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,05E-04	5,88E-04	9,37E-05	2,65E-04	2,88E-04	1,87E-04	1,66E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,68E-07	2,94E-06	9,79E-06	8,82E-08	1,11E-06	8,48E-07	8,30E-06
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	6,14E-02	7,15E-02	1,14E-02	3,22E-02	3,50E-02	2,27E-02	2,02E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,88E-04	3,36E-04	5,35E-05	1,51E-04	1,64E-04	1,07E-04	9,49E-06
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	1,39E-09	Sans objet	4,11E-10	Sans objet	3,89E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	2,32E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	1,84E-09

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETtingER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant non cadre (8h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Débit entrant des gaz du sol dans le bâtiment de 10 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,16E-01	6,03E-01	9,52E-02	2,69E-01	2,91E-01	1,89E-01	1,68E-02
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,72E-04	3,01E-03	9,95E-03	8,97E-05	1,12E-03	8,58E-04	8,42E-03
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	2,95E-01	3,44E-01	5,44E-02	1,54E-01	1,66E-01	1,08E-01	9,62E-03
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	1,41E-06	Sans objet	4,16E-07	Sans objet	3,94E-08

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	2,36E-02
Substances présentant des effets sans seuil :	1,87E-06

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - TRAVAUX								
Exposition d'un intervenant cadre (10h/jour - 220 jours/an - durée d'exposition : 2 ans en phase travaux) - Débit entrant des gaz du sol dans le bâtiment de 10 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	6,45E-01	7,53E-01	1,19E-01	3,37E-01	3,64E-01	2,36E-01	2,10E-02
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		2,15E-04	3,77E-03	1,24E-02	1,12E-04	1,40E-03	1,07E-03	1,05E-02
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726	0,602739726
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667	0,416666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,69E-01	4,31E-01	6,80E-02	1,92E-01	2,08E-01	1,35E-01	1,20E-02
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	1,77E-06	Sans objet	5,20E-07	Sans objet	4,93E-08

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	2,95E-02
Substances présentant des effets sans seuil :	2,34E-06

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE SOUS-SOL DU POSTE DE TRANSFORMATION - EXPLOITATION								
Exposition d'un intervenant (1h/jour - 2 jours/an - durée d'exposition : 40 ans) - Débit entrant des gaz du sol dans le bâtiment de 10 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,87E-04	6,85E-04	1,08E-04	3,06E-04	3,31E-04	2,14E-04	1,91E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		1,96E-07	3,42E-06	1,13E-05	1,02E-07	1,27E-06	9,74E-07	9,57E-06
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452	0,005479452
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667	0,041666667
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	2,57E+00	3,00E+00	4,74E-01	1,34E+00	1,45E+00	9,39E-01	8,38E-02
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	3,35E-04	3,91E-04	6,18E-05	1,75E-04	1,89E-04	1,23E-04	1,09E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	1,61E-09	Sans objet	4,73E-10	Sans objet	4,48E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	2,68E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	2,13E-09

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})

MODELISATION PAR JOHNSON ETTINGER - EXPOSITION A L'AIR INTERIEUR DANS LE RDC DU POSTE DE TRANSFORMATION								
Exposition d'un intervenant (8h/jour - 9 jours/an - durée d'exposition : 40 ans en phase travaux) - Débit entrant des gaz du sol dans le bâtiment de 10 litres/minutes								
Désignation	Abr	Aliphatiques >C5-C6	Aromatiques >C8-C10	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Trichloroéthylène
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2	1,18E-01	1,38E-01	2,18E-02	6,16E-02	6,65E-02	4,31E-02	3,85E-03
Substances présentant des effets à seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,18E-01	1,38E-01	2,18E-02	6,16E-02	6,65E-02	4,31E-02	3,85E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	9,70E-04	1,13E-03	1,79E-04	5,06E-04	5,47E-04	3,54E-04	3,16E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000	200	9,57	3000	260	220	2
Niveau de Risque		QD	QD	QD	QD	QD	QD	QD
		3,23E-07	5,67E-06	1,87E-05	1,69E-07	2,10E-06	1,61E-06	1,58E-05
Substances présentant des effets sans seuil :								
Fraction Période d'exposition	T/Tm	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571	0,571428571
Fréquence d'exposition : Nombre de jours d'expo / 365 jours	F	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534	0,024657534
Fraction du temps d'exposition pendant une journée	ti	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Concentration de la substance dans l'air ambiant du sous-sol	C2	1,18E-01	1,38E-01	2,18E-02	6,16E-02	6,65E-02	4,31E-02	3,85E-03
Concentration moyenne inhalée	C2inhal	5,54E-04	6,48E-04	1,02E-04	2,89E-04	3,12E-04	2,02E-04	1,81E-05
Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Non disponible	Non disponible	2,60E-05	Non disponible	2,50E-06	Non disponible	4,10E-06
Niveau de Risque		ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI	ERI
		Sans objet	Sans objet	2,66E-09	Sans objet	7,81E-10	Sans objet	7,41E-11

Additivité des risques	
Substances présentant des effets à seuil :	4,44E-05
Substances présentant des effets sans seuil :	3,52E-09

(QD < 1)

(ERI < 1.10^{-5})