



PROJET URBAIN DU SITE DES BATIGNOLLES A NANTES
Avis de la MRAE et mémoire en réponse du maître d'ouvrage

Juin 2025

BATIGNOLLES 2025 / EIGO-BATIGNOLLES 2025



Sommaire

1. Préambule	2
2. Mission régionale d'autorité environnementale (MRAE).....	3
2.1. Avis de la MRAE	3
2.2. Réponse du Maitre d'ouvrage	12

1. Préambule

Le projet urbain du site des Batignolles à Nantes a fait l'objet de l'avis de la Mission régionale d'autorité environnementale (MRAE)

Cet avis est présenté dans le présent document avec la réponse du Maitre d'ouvrage à la suite.

2. Mission régionale d'autorité environnementale (MRAE)

2.1. Avis de la MRAE



Mission régionale d'autorité environnementale
PAYS DE LA LOIRE

Avis délibéré
sur le projet urbain du site des Batignolles
porté par Eigo, Batignolles 2025, Kelvion et ACB
sur la commune de Nantes (Loire-Atlantique)

N° MRAe PDL 001393 / A P – 001396 / A P – 001407 / A P

Introduction sur le contexte réglementaire

En application de l'article R.122-6 du code de l'environnement, la MRAe Pays de la Loire a été saisie du projet urbain du site des Batignolles en Loire-Atlantique.

L'avis qui suit a été établi en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement. Il porte sur la qualité de l'étude d'impact et sur la prise en compte de l'environnement par ce projet, dans le cadre de la procédure de permis de construire et de permis d'aménager pour lesquelles le dossier a été établi.

Conformément au règlement intérieur de la MRAe adopté le 10 septembre 2020, chacun des membres délibérants atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis. Ont ainsi délibéré sur cet avis en séance collégiale du 11 avril 2025 : Bernard Abrial, Mireille Amat, Vincent Degrotte, Paul Fattal, Daniel Fauvre et Olivier Robinet.

Destiné à l'information du public, le présent avis de l'autorité environnementale doit être porté à sa connaissance, notamment dans le cadre de la procédure de consultation du public. Il ne préjuge ni de la décision finale, ni des éventuelles prescriptions environnementales associées à une autorisation, qui seront apportées ultérieurement.

Conformément aux articles L.122-1 V et VI du code de l'environnement, cet avis devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L.123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L.123-19.

1. Présentation du projet et de son contexte

Le projet de renouvellement urbain du site des Batignolles s'inscrit dans le contexte d'un ensemble de projets de renouvellement urbain, identifiés par le plan local d'urbanisme de Nantes métropole approuvé le 5 avril 2019, dans le secteur Halvêque – Beaujoire – Ranzay. Situé au nord-est de la ville de Nantes, il est entouré par le boulevard Jules Verne, la rue de Ranzay et la rue de Koufra.

Le site des Batignolles a vu se succéder, depuis le début du vingtième siècle, différentes activités industrielles. L'entreprise ACB va demeurer sur son site actuel. L'entreprise Kelvion, propriétaire du reste du site, va resserrer son activité sur une partie de l'espace qu'elle occupe et libérer un espace qui pourra faire l'objet d'opérations successives de renouvellement urbain. On distingue ainsi quatre secteurs opérationnels relevant de quatre maîtres d'ouvrage différents :

- au sud, le secteur Eigo sous maîtrise d'ouvrage de la SAS Eigo-Batignolles 2025, avec une programmation d'habitat ainsi qu'un jardin public ;
- à l'est, le secteur Batignolles sous maîtrise d'ouvrage de Batignolles 2025, avec une programmation d'activités, de commerces et de bureaux ;
- au nord-ouest, le secteur Kelvion sous maîtrise d'ouvrage Eiffage avec une programmation d'activités et de bureaux ;
- au nord-est, le secteur de l'entreprise ACB, qui n'a pas vocation à muter dans l'immédiat et doit rester à vocation industrielle.

Au total, environ 700 habitants et 3 300 emplois nouveaux sont attendus.

Le site des Batignolles est situé à proximité immédiate du pôle d'échanges Haluchère-Batignolles, qui permet d'accéder à la ligne 1 du tramway, au tram-train Nantes – Châteaubriant ainsi qu'à six lignes de bus, dont la ligne C1 à haut niveau de service. Il est aussi très proche de la ligne C6 à haut niveau de service qui passe à 150 m à l'ouest. Le site est donc très bien connecté au réseau de transports collectifs de l'agglomération nantaise.



secteurs du site des Batignolles
(source : étude d'impact tome 1 page 12)

Le projet prévoit la création de deux voies publiques, l'une entre la rue de Koufra et la rue de Ranzay à travers le secteur Kelvion, l'autre entre la rue de Koufra et le boulevard Jules Verne à travers les secteurs Eigo et Batignolles. Une armature de modes doux permettra aussi de relier par de multiples itinéraires la rue de Koufra à la rue de Ranzay ainsi qu'au boulevard Jules Verne.

Des diagnostics de la pollution des sols ont conclu à la nécessité d'évacuer environ 6 900 m³ de terres polluées sur l'ensemble des secteurs 1, 2 et 3, sous réserve du choix définitif du plan de gestion pour le secteur Batignolles 2025. En outre, il est prévu l'évacuation de près de 20 000 t de déchets de démolition (superstructures et sols béton) et de dépose d'enrobés.

1.1 Étude d'impact initiale de janvier 2023

L'aménagement des différents secteurs du projet n'est pas concomitant. Le secteur Kelvion a fait l'objet d'un permis d'aménager pour lequel une première version de l'étude d'impact a été élaborée en janvier 2023. La MRAe Pays de la Loire a émis un premier avis le 27 mars 2023¹.

Dans le cadre de la préparation des dossiers de permis d'aménager sur les secteurs Eigo-Batignolles 2025 et Batignolles 2025, l'étude d'impact a été actualisée. Elle fait ainsi l'objet d'une deuxième version datée de septembre 2024 qui permet de préciser les éléments de projet et les incidences sur ces deux secteurs.

1.2 Secteur 1 – Eigo-Batignolles 2025

Ce secteur comprend un potentiel paysager riche car il est marqué par la présence d'un boisement classé le long de la rue de Koufra, d'alignements d'arbre face à la nef A et d'une prairie mésophile centrale (à l'emplacement d'un ancien terrain de football).



Plan masse du secteur 1 (source : étude d'impact tome 1 baee 54)

Sur le secteur Eigo-Batignolles 2025, il est prévu :

- la construction de quatre îlots soit environ 30 000 m² de surface de plancher, à vocation principale d'habitat mais aussi pour environ 500 m² d'activités en socle du bâtiment d'entrée de quartier ; l'offre de logements sera diversifiée avec 65 % de logements libres, 25 % de logements locatifs sociaux et 10 % de logements abordables ;
- une placette de quartier centrale, en limite du secteur voisin, autour du pavillon Bechmann réhabilité, à l'intersection entre le parvis des nefs du secteur Batignolles 2025 (prolongé au

¹ cf. [avis MRAe 2023APPDL29 du 27 mars 2023](#) sur le projet urbain du site des Batignolles à Nantes (dossier PDL-2023-6740).

sud sur le secteur Eigo) et de l'axe nord-est / sud-ouest, qui relie la rue de Koufra au boulevard Jules Verne et s'inscrit dans l'arc vert de L'Erdre à la Loire ;

- l'aménagement d'un square de quartier au nord, dans le prolongement du boisement le long de la rue de Koufra.

Les boisements et le talus existants le long de la rue de Koufra seront préservés. Les nouveaux bâtiments seront des logements collectifs (R+5) côté boulevard et des logements intermédiaires (R+2) côté rue de Koufra, dans l'esprit de la cité-jardin du Grand-Clos située de l'autre côté de la rue.

Les espaces de pleine terre plantés, publics comme privés, sont largement dédiés à la gestion des eaux pluviales sous forme de noues (gestion courante) et de prairies inondables (événements exceptionnels).

1.3 Secteur 2 – Batignolles 2025

Le secteur est marqué par la présence forte des nefs industrielles classées monuments historiques.



plan masse du secteur Batignolles 2025
(source : étude d'impact tome 1 page 41)

Le projet urbain comprend, sur le secteur Batignolles :

- la réhabilitation des nefs patrimoniales A, B et C, soit 11 000 m² de surfaces d'activités ;
- la construction de quatre bâtiments en R+5+combles le long du boulevard Jules Verne, A1 et A2 en avant de la nef A ainsi que C1 et C2 en avant de la nef C, pour 20 000 m² à vocation principalement de bureaux mais aussi de commerces (1 500 à 2 000 m²) ; les bâtiments comprendront entre 450 et 480 places de stationnement en sous-sol ;

- la réalisation d'un grand parvis arboré en avant de la nef B, entre les bâtiments A2 et C1, ainsi que d'une esplanade entre les nefs existantes et les nouveaux bâtiments.

Les espaces plantés deviennent des espaces qui régulent les eaux pluviales.

1.4 Secteur 3 – Kelvion

Pour mémoire, l'entreprise Kelvion qui fabrique des équipements aérauliques et frigorifiques industriels, va se concentrer sur une partie du secteur et libérer le reste des terrains. Dans le détail, l'aménagement du secteur Kelvion comprend :

- la conservation de 17 600 m² de locaux d'activités, exploités par Kelvion pour la poursuite de son activité propre, autour de trois halles ;
- la réhabilitation d'une nef d'activités (dite nef B) d'environ 3 900 m² ainsi que la création de 6 000 m² en mezzanines ;



- la démolition des autres locaux existants en frange ouest de la parcelle, le long de la rue de Koufra, permettant la création de 8 800 m² de nouveaux locaux d'activités, de 37 500 m² de bureaux ainsi que d'un parking silo mutualisé, répartis en six opérations ;

- l'aménagement d'une voirie principale qui sera rétrocédée à la collectivité et d'espaces communs : voiries privées, espaces verts, ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Sur le secteur non conservé par l'entreprise Kelvion pour son activité propre, les surfaces imperméables passeront de 58 % à 32 %, alors que les surfaces de pleine terre passeront de 7 % à 31 %. Le projet prévoit ainsi l'aménagement d'un bosquet linéaire et de quatre bassins d'infiltration paysagers sous forme de jardins de pluie. Il prévoit en outre, « d'épaissir » la végétation présente le long de la rue Koufra. De plus, les toitures des nouveaux bâtiments seront végétalisées.

Les opérations nouvelles OP3-4, OP5 et OP6 sont conçues sur la base du volume d'une nef duquel des volumes sont localement enlevés pour alléger ponctuellement le bâtiment en hauteur et/ou en largeur. Les allègements des différents bâtiments sont prévues en quinconce afin d'ouvrir des perspectives, de dégager des vues et de faire pénétrer la lumière du soleil à l'intérieur des îlots.

1.5 Secteur 4 – ACB

Ce secteur industriel dédié aux solutions de formage pour l'aéronautique n'a pas vocation à muter dans l'immédiat.

Dans l'hypothèse où un projet d'aménagement émergerait sur ce secteur, l'étude d'impact aurait alors vocation à être à nouveau actualisée pour tenir compte des incidences détaillées de celui-ci sur l'environnement et la santé humaine.

2. Les principaux enjeux au titre de l'évaluation environnementale

Au regard des effets attendus du fait de la mise en œuvre du projet d'une part, et des sensibilités environnementales du secteur d'implantation d'autre part, les principaux enjeux environnementaux identifiés par la MRAe sont :

- la préservation du patrimoine ;
- la désartificialisation des sols ;
- la gestion de l'eau et la prise en compte de la biodiversité ;
- les nuisances potentielles pour les futurs usagers et riverains, au regard notamment de la pollution des sols et des nuisances sonores ;
- la sobriété énergétique et l'adaptation au changement climatique.

3. Qualité de l'étude d'impact et du résumé non technique

Le présent avis porte sur le dossier d'évaluation environnementale composé notamment de l'étude d'impact actualisée de l'ensemble du site des Batignolles, datée de septembre 2024, ainsi que des dossiers de permis d'aménager des secteurs Batignolles 2025, Eigo-Batignolles 2025 et du permis de construire pour la réhabilitation de trois nefs et la construction des deux immeubles de bureaux sur le secteur 2 (Batignolles 2025), datés de novembre 2024.

L'étude d'impact actualisée affiche très clairement toutes les modifications apportées à la version initiale, que ce soit au niveau du sommaire (par un surlignage gris apparent) ou dans le texte du dossier (les parties ajoutées ou modifiées sont écrites en bleu).

3.1 Périmètre du projet

Une légère modification de la délimitation entre les secteurs 1 (Eigo-Batignolles 2025) et 2 (Batignolles 2025) a été réalisée afin de garantir une cohérence de conception et un traitement homogène des cheminements pour les modes actifs. Cette évolution, utile au plan opérationnel, est sans conséquence sur la nature du projet et sur ses incidences.

3.2 Étude d'impact

3.2.1 L'analyse de l'état initial de l'environnement

L'analyse de l'état initial de l'environnement est bien structurée. Les enjeux identifiés sont clairement synthétisés tout au long de l'exposé. Un tableau final récapitule l'analyse de l'état initial de l'environnement avec mention du niveau d'enjeu pour chacune des thématiques étudiées.

Pour ce qui concerne la faune et ses habitats, une carte présente la synthèse des enjeux identifiés qui, dans un contexte très artificialisé, restent globalement modérés : des chauves-souris (Pipistrelle commune) utilisent des bâtiments peu occupés comme gîtes ; les haies multi-strates périphériques et les bâtiments peu entretenus accueillent quelques espèces d'oiseaux à enjeu de conservation (Martinet noir et Chardonneret élégant) ou protégées (Mésange bleue, Mésange charbonnière, Moineau domestique, Rougequeue noir, etc.) ; un Lucane cerf-volant et des Lézard des murailles ont été repérés. Une forte présence d'espèces floristiques exotiques envahissantes a été repérée dans les secteurs 1 et 2.

Concernant la pollution des sols, des diagnostics ont été réalisés uniquement sur les secteurs 1 (Eigo-Batignolles 2025), 2 (Batignolles 2025) et sur la partie du secteur 3 (Kelvion) faisant l'objet d'un projet d'aménagement. L'écoulement des eaux souterraines est globalement dirigé vers le nord. Les secteurs non investigués sont ainsi situés à l'aval hydraulique des secteurs à aménager.

Les enjeux forts identifiés par l'étude d'impact dans son tableau synthétique concernent la gestion de l'eau au regard des dispositions du SDAGE Loire Bretagne, du SAGE estuaire de la Loire et du PLUi de Nantes métropole, la prise en compte des chauves-souris (qui viennent s'alimenter sur le site mais aussi qui gîtent dans certains bâtiments), la gestion des déplacements (saturation et caractère accidentogène des axes), l'effet d'îlot de chaleur urbain sur un site très artificialisé, la pollution des sols, les restrictions que pose le règlement du PLUi en matière de destination des constructions possibles. On retrouve ainsi, parfois formulés différemment, les enjeux essentiels identifiés par la MRAE.

3.2.2 L'articulation du projet avec les documents de planification

Concernant le plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) de Nantes Métropole, le périmètre du projet est classé en zone urbaine : le secteur Eigo-Batignolles 2025 est en zone UMb (quartier de grands ensembles ou de projet urbain), le secteur Batignolles 2025 et le sud du secteur Kelvion sont en zone UEm (activités économiques mixtes), le nord du secteur Kelvion et le secteur ACB sont en zone UEi (activités économiques industrielles, logistiques et de commerce de gros).

L'étude d'impact examine la compatibilité du projet au regard du schéma de cohérence territoriale (SCoT) Nantes – Saint-Nazaire de 2016, du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) Pays de la Loire approuvé le 7 février 2022, du plan climat air énergie (PCAET) de Nantes métropole de 2018, du programme local de l'habitat (PLH) 2019-2025 et du plan de déplacements urbains (PDU) de 2018. Le document fait par ailleurs référence au schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE) Loire-Bretagne 2022-2027. Le

dossier resitue aussi le projet au regard du plan de protection de l'atmosphère (PPA) Nantes – Saint-Nazaire de 2015. Ces analyses n'appellent pas d'observation de la MRAE.

Enfin, l'étude d'impact fait référence au schéma régional de cohérence écologique (SRCE) de 2015. Il convient désormais de faire référence au SRADDET qui intègre et se substitue au SRCE en matière de trame verte et bleue. Elle fait aussi référence au schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) de l'estuaire de la Loire dans sa version validée par la commission locale de l'eau en février 2020 (en cours d'approbation). Le SAGE estuaire de la Loire est désormais approuvé depuis le 31 décembre 2024.

3.2.3 Le suivi du projet, de ses incidences, des mesures ERC et de leurs effets

Un suivi est envisagé, principalement en phase chantier. Le dispositif n'est pas vraiment détaillé, sauf pour ce qui concerne le suivi par un expert écologue des mesures portant sur les milieux naturels : adaptation de la période des travaux, sécurisation des gîtes à chauves-souris avant démolition, pose de gîtes et nichoirs artificiels puis suivis des oiseaux nicheurs et des chauves-souris au printemps des années n+1, n+3 et n+5.

La MRAE recommande d'enrichir le dispositif de suivi proposé en couvrant les principaux enjeux, afin de permettre la mise en place d'actions correctives en cas de non respect des ambitions prévues.

3.2.4 Les méthodes

Les méthodes sont utilement précisées dans le corps de l'étude d'impact ou bien dans la partie dédiée en fin de document.

3.3 Résumé non technique

Le résumé non technique reprend de manière synthétique le contenu de l'étude d'impact.

Il présente, pour chaque thématique, un résumé de l'analyse de l'état initial de l'environnement, les incidences potentielles du projet et les mesures ERC² correspondantes. Toutefois, le niveau d'enjeu ou d'impact n'est pas repris, ce qui ne permet pas de repérer facilement les thématiques essentielles.

4. Analyse des variantes et justification des choix effectués

L'étude d'impact présente une analyse des solutions de substitution et une justification rapide des choix effectués.

Pour le secteur 1 (Eigo-Batignolles 2025), le choix s'est porté sur un aménagement qui préserve les arbres existants, crée un parc au nord du secteur, diversifie l'offre de logements (côté rue de Koufra et côté boulevard Jules Verne) et mutualise les stationnements avec le secteur 2 (ce qui permet d'exclure les voitures de l'îlot 4, d'y réduire la superficie de voirie et de proposer un espace vert central plus généreux).

Pour le secteur 2 (Batignolles 2025), le scénario retenu vise à libérer des espaces de pleine terre afin d'assurer une gestion des eaux pluviales en surface, de favoriser le développement de la biodiversité sur ce secteur actuellement très minéral et de minimiser l'effet d'îlot de chaleur urbain.

² La séquence éviter, réduire, compenser (ERC) est décrite à l'article R. 122-5 du code de l'environnement qui prévoit : « l'étude d'impact comporte [...] 8° les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités, compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité. »

Pour la partie à aménager du secteur 3 (Kelvion), le scénario retenu est présenté comme un compromis entre l'optimisation des parkings, la gestion des déblais et remblais (en particulier en cas de parkings souterrains) et l'insertion urbaine depuis la rue de Koufra (qui a conduit à réduire la hauteur et la proximité des bâtiments le long de cet axe).

5. Prise en compte de l'environnement par le projet

5.1 La préservation du patrimoine, l'artificialisation des sols, la densification des espaces construits et la mixité fonctionnelle

Le projet consiste en une opération de renouvellement urbain d'un site artificialisé (30 % des sols sont construits et 40 % sont imperméabilisés sans être construits). Il ne générera donc pas de consommation d'espace naturel, agricole ou forestier. Le projet prévoit au contraire de désimpermeabiliser les sols puisque les surfaces perméables passeront de 25 % à 32 % de la superficie du site. Le détail du calcul du coefficient de biotope par surface, utilisé en application du PLUi de Nantes Métropole, est donné par secteur ou par lot. Il varie de 0,38 (partie nord-ouest du secteur 2) à 0,62 (lots 2 et 3 dans le secteur 1).

Au regard de la taille importante du site, le projet présente l'intérêt de l'apport d'une mixité des fonctions (activités industrielles mais aussi bureaux, logements et commerces).

Une dizaine de nefs, grands bâtiments industriels, sont présentes sur le site des Batignolles. Elles sont les témoins de l'usage industriel du site et présentent une valeur patrimoniale. Elles font à ce titre l'objet d'un périmètre patrimonial repéré au PLUi de Nantes métropole. Parmi cet ensemble, trois nefs (secteur Batignolles 2025) sont inscrites en totalité comme monuments historiques depuis 2022. D'autres sont inscrites partiellement : les trois nefs du secteur ACB, les trois nefs parallèles du secteur Kelvion et la grande nef du secteur Kelvion. Sont aussi inscrits les portiques extérieurs des ponts roulants aériens, les façades et toiture du centre de documentation (bâtiment Bechemann dans le secteur Eigo-Batignolles 2025) ainsi que le monument aux morts dédié aux ouvriers du site.

Les quatre nefs du secteur Kelvion et les trois nefs du secteur ACB sont conservées pour les usages industriels qui y perdurent. Les trois nefs du secteur Batignolles 2025 seront réhabilitées afin d'assurer leur pérennité et dans le respect des motivations de l'inscription comme monuments historiques.

Sur le secteur 3 (Kelvion), les nouveaux bâtiments s'inscrivent dans le prolongement de la trame des nefs historiques. Ce choix est parfaitement lisible en plan. Au regard de la forte densité que cette trame génère, des « extrusions » sont prévues dans les volumes. In fine, les simulations visuelles des nouveaux bâtiments révèlent une perte de la notion de prolongement de la trame des nefs existantes.

Sur le secteur 2 (Batignolles 2025), les nouveaux bâtiments s'implantent dans le prolongement des nefs A et C, libérant un grand parvis ouvert sur le boulevard Jules Verne dans le prolongement de la nef B.

Sur le secteur 1 (Eigo-Batignolles 2025), les lots 1 à 3 proposeront des logements collectifs en R+5 à l'échelle des logements existant sur le boulevard et des nouveaux bâtiments de bureaux du secteur 2 voisin. En arrière, côté rue de Koufra, le lot 4 proposera des logements intermédiaires en bande en R+2 dont la volumétrie fait écho à la cité du Grand Clos de l'autre côté de la rue.

Sur l'ensemble des trois secteurs, les espaces extérieurs seront mis en valeur par la végétalisation et la gestion de l'eau.

L'étude d'impact qualifie l'incidence sur le paysage du projet d'aménagement de positive avec un niveau fort et comme nulle³ l'incidence sur le patrimoine. L'incidence paysagère peut difficilement être qualifiée de positive (ou de négative) car cela dépend de critères d'appréciation qui en outre ne sont pas explicités dans le dossier. L'incidence sur le patrimoine peut difficilement être qualifiée de nulle ; il revient au dossier de qualifier cette incidence, si possible en évitant les termes positif ou négatif qui sont généralement réducteurs dans ce domaine.

Au regard de l'analyse ci-dessus, la MRAE recommande d'explicitier les critères d'analyse des incidences sur le paysage et sur le patrimoine du projet d'aménagement, sur le secteur Kelvion et à l'échelle globale du site des Batignolles, afin de mieux qualifier ces incidences.

5.2 La gestion de l'eau et la prise en compte de la biodiversité

5.2.1 Biodiversité

Le site du projet se trouve en zone urbanisée, à l'écart de tout périmètre environnemental d'inventaire ou de protection réglementaire. Il est très fortement artificialisé et imperméabilisé. La biodiversité s'exprime donc principalement sur les marges (haies multi-strates notamment) mais aussi dans les bâtiments inoccupés ou peu occupés (présence de chauves-souris) et dans la friche au sud du site (secteur 1).

La trame végétale sera enrichie. 57 arbres seront abattus (soit un quart des arbres existants), principalement des arbres morts ou en état dégradé, et 150 m de haies détruits. Après aménagements, 378 arbres seront plantés et 1 970 m² d'arbustes implantés.

Les habitats naturels de plus fort enjeu seront préservés : le boisement côté rue de Koufra et au nord-ouest, une partie des haies. La préservation par le projet d'aménagement des arbres susceptibles d'abriter le Lucane cerf-volant permet d'éviter toute incidence sur cet insecte protégé.

L'étude d'impact prévoit une mesure de réduction des incidences en adaptant la période des travaux de démolition des bâtiments, d'abattage des arbres et de défrichage, à réaliser entre septembre et février (oiseaux) ou en septembre / octobre (reptiles et chauves-souris).

Concernant le Lézard des murailles, le projet d'aménagement prévoit d'intégrer des habitats minéraux favorables à l'espèce : gabions, parterres minéraux, etc.

Pour réduire les incidences en phase travaux sur les chauves-souris, espèces protégées, l'étude d'impact prévoit plusieurs mesures. Concernant les gîtes dans les bâtiments à démolir, l'obstruction des cavités est organisée sous la surveillance d'un écologue. Dans la mesure où le projet prévoit *in fine* la destruction des gîtes à chauves-souris, vides ou ayant été occupés, les deux sont en réalité une seule et même mesure de réduction car il n'y a pas de réel évitement. En outre, la nef du secteur « Batignolles 2025 » la plus utilisée par les chauves-souris sera aménagée de façon à préserver un espace de vol à leur destination. Concernant les arbres, aucun gîte n'a été détecté lors des prospections. Il est cependant prévu de conserver les habitats multistrates des secteurs arborés, favorables à l'alimentation des chauves-souris, et d'en éloigner les éclairages artificiels (50 m au moins).

Concernant les oiseaux, l'analyse de l'état initial sur l'ensemble du site avait identifié deux espèces protégées à enjeu de conservation : le Chardonneret élégant et le Martinet noir.

Pour les oiseaux comme pour les chauves-souris, le dossier prévoit une mesure, dite d'accompagnement, consistant en la pose de nichoirs et de gîtes artificiels.

La MRAE rappelle que le code de l'environnement interdit notamment toute destruction d'espèces protégées ou de leurs habitats. Le porteur de projet doit donc conduire et expliciter dans l'étude

³ cf. étude d'impact actualisée tome 2 page 74

d'impact une démarche d'évitement et de réduction des impacts sur l'habitat des chauves-souris et des oiseaux protégés, afin de concevoir un projet qui respecte cette interdiction. Un projet qui, après l'application rigoureuse des démarches d'évitement, puis de réduction, ne pourrait pas respecter cette interdiction, peut, s'il relève de raisons impératives d'intérêt public majeur, s'il préserve l'état de conservation favorable des populations et des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle et s'il démontre l'absence de solution de substitution raisonnable, solliciter une dérogation, moyennant la proposition de mesures de compensation.

Dans le cas présent, le dossier n'envisage pas de demande de dérogation alors qu'il va détruire des habitats. Le dossier doit être complété sur la démonstration de l'absence de solution de substitution raisonnable (renforcement si possible des mesures d'évitement et de réduction) et de la raison impérative d'intérêt public majeur. Sur cette base, le dossier pourra alors présenter des mesures de compensation adaptées, qui pourront comprendre la pose de nichoirs et de gîtes artificiels.

La MRAe recommande de renforcer la démarche d'évitement et de réduction concernant les oiseaux et les chauves-souris puis de démontrer que les conditions sont remplies pour une demande de dérogation espèces protégées avant de prévoir des mesures de compensation adaptées.

En conclusion, le dossier ne peut prétendre, en l'état, que les incidences résiduelles sur les oiseaux et les chauves-souris sont nulles.

Incidences Natura 2000

Compte tenu de l'absence sur le site du projet des habitats et des espèces d'intérêt communautaire ayant justifié les sites Natura 2000 proches, d'une part, et de la distance séparant le projet des sites Natura 2000 (supérieure à 2 km), d'autre part, l'étude d'impact conclut à l'absence d'incidence du projet sur le réseau Natura 2000. Cette conclusion n'appelle pas d'observation de la MRAe.

5.2.2 Gestion de l'eau

Le projet se trouve sur une légère ligne de crête, entre l'Erdre et la Loire, orientée sud-ouest / nord-est. La moitié ouest du site du projet est localisée en secteur non prioritaire du plan de gestion des eaux pluviales du PLUi de Nantes métropole : une pluie décennale doit être stockée sur l'unité foncière du projet. La moitié est, par contre, est située en secteur prioritaire secondaire : une pluie trentennale doit y être stockée sur site. Le site étant très majoritairement imperméabilisé, il génère un fort ruissellement ; la gestion des eaux pluviales représente donc un enjeu fort. L'exutoire final du site du projet est la masse d'eau de l'Erdre, dont l'état est qualifié de moyen (état écologique) à mauvais (état physico-chimique).

La présence d'une nappe haute est peu favorable à l'infiltration des eaux pluviales. Seules les eaux pluviales de faible intensité (période de retour inférieure à deux ans) seront infiltrées. Les éventuelles terres polluées situées au droit des ouvrages d'infiltration seront préalablement excavées pour limiter la percolation des polluants vers les eaux souterraines.

La gestion des eaux pluviales repose sur des noues et des goulottes (canalisations aériennes) s'élargissant parfois en jardins de pluie à vocation de petits bassins temporaires de rétention et d'infiltration, répartis sur l'ensemble du secteur. Le projet, comprenant aussi la végétalisation des toitures des bâtiments (bureaux et logements collectifs) nouveaux, va ainsi améliorer la situation collective sur ce secteur avec une désimpermeabilisation partielle et une gestion des eaux pluviales à l'échelle de l'unité foncière. La MRAe constate que le dossier n'apporte pas la pleine démonstration de la réponse aux exigences du PLUi de Nantes métropole pour une pluie décennale.

5.3 Nuisances potentielles (futurs usagers et riverains)

En matière d'incidences sur la santé des futurs occupants, liées notamment à la pollution des sols, l'étude d'impact n'apporte pas de vision globale à l'échelle du site des Batignolles. Seule une analyse secteur par secteur est proposée.

Sur le secteur 1, les études ont mis en évidence une zone ponctuelle de sol pollué aux hydrocarbures, la présence de déblais non inertes pour 4 des 40 sondages réalisés et quelques dépassements modérés des valeurs de référence en hydrocarbures totaux et métaux avec notamment des pics en arsenic et en plomb. Sur ce secteur, aucun verger ou potager ne sera aménagé sans réalisation d'une étude sanitaire pour confirmer l'absence de risque pour un tel usage. Selon l'étude d'impact, « *compte tenu de l'usage du site (usage industriel et tertiaire) et des mesures de gestion qui seront mises en place, l'enjeu sanitaire peut être jugé faible* »⁴. Il s'agit manifestement d'une erreur car le secteur 1 est celui destiné à accueillir des logements.

Sur le secteur 2 a été identifié des contaminations : métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), hydrocarbures totaux (HCT), composés organiques halogénés volatils (COHV), polychlorobiphényle (PCB), benzène-toluène-éthylbenzène et xylène (BTEX) et trichloréthylène. Selon le dossier, « *Toutefois compte tenu de l'usage du site (usage industriel et tertiaire) et des mesures de gestion qui seront mises en place, l'enjeu sanitaire peut être jugé faible. Cependant, une analyse des enjeux sanitaires permettra de s'assurer de la compatibilité sanitaire entre l'état des milieux et les usages futurs envisagés au droit du terrain d'étude* ».

Sur le secteur Kelvion, sept zones de pollution concentrée ont été identifiées, principalement dues à la présence d'hydrocarbures (dont l'une avec une teneur très élevée). Quelques anomalies ponctuelles liées à des concentrations élevées en cuivre, zinc, arsenic ou plomb ont aussi été repérées. Une mesure d'évitement prévoit, sur ce secteur, l'absence de niveau souterrain sous les bâtiments (hormis sous le parking silo) afin de limiter les excavations et retraitement de terres potentiellement polluées. Une mesure de réduction prévoit aussi l'excavation et l'élimination hors site de l'ensemble des pollutions concentrées. Ce choix résulte, selon le dossier, d'une comparaison entre différents scénarios de réhabilitation (qui ne sont pas présentés) au regard de l'acceptabilité du risque pour les futurs usagers estimée dans le cadre d'une évaluation quantitative des risques sanitaires.

La différence de traitement entre les différents secteurs n'apparaît pas justifiée dans l'étude d'impact. Le dossier ne justifie pas pourquoi les secteurs 1 et 2, contrairement au secteur 3, n'ont pas fait l'objet d'une évaluation quantitative des risques sanitaires. De même, l'analyse des enjeux sanitaires annoncée sur le secteur 2 n'est pas réalisée préalablement à la finalisation du projet d'aménagement.

La MRAe recommande de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les secteurs 1 et 2 comme cela a été fait sur le secteur 3 ; à défaut, une justification de la différence de traitement est attendue.

Une étude de trafic a été réalisée intégrant l'ensemble des aménagements prévus dans tous les secteurs opérationnels. Les trafics générés pourront être importants (+1 300 véhicules par jour sur le boulevard Jules Verne, par exemple, soit un peu moins de 10 % du trafic actuel). Ils ne devraient toutefois pas entraîner de saturation des giratoires proches selon le dossier. L'étude d'impact actualisée précise en outre que l'évolution du projet d'aménagement⁵ depuis la réalisation de l'étude de trafic devrait entraîner une réduction de 20 % du trafic généré à l'échelle du projet (-10 % à l'échelle du périmètre d'étude).

⁴ cf. étude d'impact tome 2 page 123

⁵ La programmation prévoit désormais environ 2 800 m² de surface de bureaux en moins, 1 300 m² de surface d'activités artisanales et industrielles en plus et 1 600 m² de surfaces de commerce en moins. De plus, le nombre de déplacements générés pour une même surface de plancher pour du tertiaire et du commerce est plus élevé que pour des activités artisanales ou industrielles.

L'étude d'impact identifie de potentiels effets cumulés avec d'autres projets connus proches, notamment en phase travaux au titre des perturbations de la circulation. Elle évoque une coordination qui serait souhaitable entre ces différents projets, en reportant sur Nantes Métropole, gestionnaire de la voirie publique, cette mission de supervision et de coordination. En outre, l'impact cumulé en phase exploitation au niveau du trafic aurait pu être abordé. Chaque projet examine ses effets propres et estime qu'individuellement les incidences sont acceptables, sans apporter de vision globale.

La MRAe recommande de compléter l'analyse des effets cumulés à l'échelle du quartier concernant la circulation automobile et plus globalement les mobilités.

Une simulation acoustique a été menée, tenant compte du trafic induit par le projet global. Aucun dépassement de seuils au droit des habitations existantes n'est attendu. Une isolation acoustique est prévue pour les façades des nouveaux bâtiments les plus exposés au bruit, notamment ceux donnant directement sur le boulevard Jules Verne.

Une étude de dispersion des polluants atmosphériques générés par la circulation automobile a aussi été réalisée. Si le projet conduit à augmenter les émissions futures d'environ 10 % par rapport à la situation future sans le projet, les émissions restent attendues globalement en baisse, grâce aux évolutions technologiques et réglementaires. Le dossier conclut à une incidence faible du projet, puisqu'il ne modifie pas l'exposition des riverains à la pollution atmosphérique.

5.4 Sobriété énergétique et adaptation au changement climatique

Afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux phases travaux, l'étude d'impact prévoit, à l'échelle du secteur Kelvion, une mesure de réduction visant à optimiser les interventions des entreprises et le nombre de livraisons par camions via le phasage des travaux, à optimiser les déblais et remblais par le réemploi au maximum des matériaux sur place et à mettre en place une consigne d'arrêt des moteurs pour les camions en attente. Toutefois, le dossier n'explique pas pourquoi une telle mesure générique de bon sens n'est pas généralisée à tous les périmètres opérationnels.

Une gestion adaptée des déchets en phase travaux est prévue pour limiter les quantités destinées à l'enfouissement. L'objectif est de valoriser au moins 70 % des déchets de démolition dont au moins 50 % en valorisation matière.

Le site des Batignolles est intégré au périmètre de développement du réseau de chaleur urbain nantais. L'étude d'impact affiche que les bâtiments du secteur Kelvion seront donc raccordés au réseau de chaleur urbain. Pour le secteur Batignolles 2025, le choix du scénario énergétique est laissé à l'appréciation des constructeurs, malgré la réalisation d'une étude de potentiel d'énergie renouvelable qui conclut à la meilleure pertinence des deux scénarios proposant un raccordement au réseau de chaleur. Pour le secteur Eigo-Batignolles 2025, le raccordement au réseau de chaleur pour les besoins de chauffage fait partie de tous les scénarios, des alternatives étant proposées pour l'eau chaude sanitaire.

Au-delà des bâtiments nouveaux, il est aussi attendu de l'étude d'impact qu'elle précise le mode de chauffage des bâtiments existants ainsi que leur évolution potentielle.

En termes de mode de déplacements, le site du projet est idéalement localisé à proximité immédiate d'un pôle d'échanges multimodal. Les aménagements prévus intègrent largement les mobilités douces, au profit desquels plusieurs itinéraires traversant l'îlot aujourd'hui infranchissable sont

prévus. Des stationnements pour véhicules motorisés sont aussi prévus et précisément détaillés par secteur. Le stationnement pour les vélos n'est quant à lui pas réellement abordé⁶.

La MRAe recommande de détailler les stationnements pour les vélos qui seront mis en place : localisation et hypothèse de dimensionnement, dans les bâtiments privés et sur l'espace public.

Enfin, une estimation quantitative des émissions de gaz à effet de serre est attendue, qui couvrirait à la fois la phase de chantier et le fonctionnement du quartier à l'échelle de sa durée de vie⁷.

La MRAe recommande d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre générées par l'ensemble du site sur sa durée de vie prévisible.

En termes d'adaptation au changement climatique, l'étude d'impact met en avant la réponse positive que constitue le projet vis-à-vis de l'enjeu de création d'îlots de chaleur urbains. En effet, les secteurs Kelvion et Batignolles 2025 seront partiellement désimperméabilisés et végétalisés. Le secteur Eigo-Batignolles 2025 sera partiellement imperméabilisé mais respectera la règle imposée par le PLUi de Nantes métropole d'un coefficient de biotope par surface de 30 % au minimum.

6. Conclusion

Le projet urbain du site des Batignolles à Nantes vise à maintenir les activités industrielles sur une partie du site, à réemployer les bâtiments patrimoniaux pour de nouvelles activités, à démolir quelques bâtiments et à en construire de nouveaux permettant d'apporter de la mixité fonctionnelle (bureaux, logements, commerces). Le projet comprend trois secteurs opérationnels portés par trois maîtres d'ouvrage distincts.

Les incidences du projet sont établies de façon claire sauf pour ce qui concerne la biodiversité ainsi que la pollution des sols qui sera essentiellement laissée en place. La destruction d'habitats de chauves-souris et d'oiseaux protégés nécessite de renforcer la démarche d'évitement et de réduction les concernant puis de démontrer que les conditions sont remplies pour une demande de dérogation espèces protégées avant de prévoir des mesures de compensation adaptées. À défaut d'une justification de la différence de traitement de la pollution des sols selon les secteurs, une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les secteurs 1 et 2 est attendue, comme cela a été fait sur le secteur 3 et avant que les partis d'aménagement ne soient définitivement enterrinés.

Les incidences sur les paysages et le patrimoine doivent aussi faire l'objet d'une évaluation plus qualitative.

6 cf. étude d'impact tome 2 page 95 :
- des attaches vélos seront mises en place sur l'espace public du secteur 1 mais « leur nombre et leur positionnement ne sont pas définis » ; rien n'est précisé pour les emplacements vélos dans les logements ;
- 20 places pour les véhicules à deux roues sont prévues en sous-sol du secteur 2 (mais s'agit-il d'emplacements pour deux roues motorisés? Car cela semble peu pour 20 000 m² de bureaux) ;
- pour le secteur 3, chaque opération immobilière comprendra son local vélo.

7 cf. article R. 122-5 du code de l'environnement : l'étude d'impact comporte « 4° une description des facteurs [...] susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : [...] le climat, [...] » et « 5° une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres, : a) de la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition [...] f) des incidences du projet sur le climat [...] »
cf. [guide méthodologique « prise en compte des gaz à effet de serre dans les études d'impact »](#) - ministère de la transition écologique 2022

Le détail de la prise en compte des enjeux de stationnement des cycles est à présenter, comme cela est fait pour le stationnement automobile.

Au titre des effets cumulés, les incidences cumulées sur la circulation et les mobilités doivent être également abordées.

Enfin, une évaluation sommaire des émissions de gaz à effet de serre sur la durée de vie prévisible du projet est attendue.

Nantes, le 11 avril 2025

Pour la MRAe Pays de la Loire, le président

Signé

Daniel FAUVRE

2.2. Réponse du Maître d'ouvrage

“ Au regard de l'analyse ci-dessus, la MRAe recommande d'explicitier les critères d'analyse des incidences sur le paysage et sur le patrimoine du projet d'aménagement, sur le secteur Kelvion et à l'échelle globale du site des Batignolles, afin de mieux qualifier ces incidences.”

Réponse du maître d'ouvrage

Le projet d'aménagement des Batignolles (secteur 1 et 2) permet la réhabilitation, la restauration et la mise en valeur d'un patrimoine bâti et arboré, aujourd'hui à l'abandon.

En effet, la vaste plateforme minérale sur laquelle reposent les nefs industrielles des Halles Batignolles (inscrites aux Monuments Historiques) ainsi que le pavillon Bechmann, s'est fortement dégradée depuis la cessation des activités industrielles et, est aujourd'hui en très mauvais état de conservation, sans relation avec le contexte urbain environnant.



Etat actuel du patrimoine bâti

Le site présente aujourd'hui un boisement classé le long de la rue Koufra, ce dernier offre une dimension écologique intéressante et les diagnostics effectués en 2018, en 2022 et en 2024 permettent de conclure qu'il s'agit d'un potentiel végétal riche pour le secteur.

Il convient donc d'en faire un élément fort du renouvellement urbain de ce secteur en intégrant dès l'origine la mise en valeur des espaces boisés classés en lien avec les grandes continuités de paysage du réseau vert à l'échelle du territoire (l'arc vert connectant l'Erdre à la Loire).

Le site du secteur Batignolles 2025 est un espace majoritairement imperméable, occupé par une dalle, support des activités industrielles passées. La stratégie environnementale portée par le projet urbain (secteur Batignolles 2025 + secteur EIGO Batignolles 2025) tend à remédier de cette anthropisation. Pour cela, une très large part de paysage est créée au sein de ce projet urbain (secteur Batignolles 2025 + EIGO-Batignolles 2025) favorisant dès que possible les espaces de pleine terre (les espaces de pleine terre représentent plus de 50% de la surface du site dans sa globalité).

Les objectifs sont multiples, renaturation d'un site industriel, protéger et nourrir les sols, recharger les nappes phréatiques, désimpermeabiliser les sols, recréer des conditions de fertilité, favoriser la création de milieux et d'écosystèmes riches pour la faune et la flore.

Les espaces plantés deviennent des espaces qui régulent la gestion de l'eau de pluie, à ciel ouvert et de manière gravitaire.

De larges prairies inondables sont mises en œuvre pour les événements exceptionnels et des noues généreusement plantées assurent la gestion des eaux pluviales du site.

Cette démarche permet de mettre en place un véritable projet paysager et écologique, afin de générer au cœur de ce futur morceau de ville une plus-value environnementale réelle et une qualité de vie augmentée pour les habitants. Le choix des végétaux, le système de plantation, l'entretien... sont également pris en compte afin de planter durablement. Le projet fait le choix de travailler toutes les strates de végétation afin de renforcer la création de nouveaux écosystèmes.



Plan masse du projet d'aménagement et localisation des éléments patrimoniaux bâtis en bleu et arboré en vert, en orange les zones où les arbres existants sont conservés par le projet – crédit image PDAA Architectes et urbanistes

“ La MRAe recommande de renforcer la démarche d'évitement et de réduction concernant les oiseaux et les chauves-souris puis de démontrer que les conditions sont remplies pour une demande de dérogation espèces protégées avant de prévoir des mesures de compensation adaptées.”

Réponse du maître d'ouvrage

Concernant les oiseaux, deux espèces à enjeu ont été recensé sur les sites :

- Chardonneret élégant : l'espèce a été contactée sur le site en 2021 et 2024. Lors des inventaires complets menés en 2021, l'espèce n'était présente qu'en alimentation sur le site (groupe familial) et donc ne nichait pas sur le site. En 2024, un seul individu non chanteur a été observé. Le statut de l'espèce reste donc inchangé et il est considéré comme non nicheur sur le site. L'impact du projet sera négligeable pour l'espèce avec la conservation d'habitats favorables notamment.
- Martinet noir : l'espèce n'a été contacté qu'en 2021. Il s'avère que les bâtiments présents au sein de l'aire d'étude ne sont pas favorables à sa nidification (les nefs ne présentent pas de cavités favorables et l'ancien bâtiment de bureaux est trop bas pour cette espèce). Il est donc considéré comme non nicheur sur site.

Le dossier ne nécessite donc pas de dossier de dérogation pour les oiseaux.

Concernant les chauves-souris : La présence de gîtes de Pipistrelle commune dans les bâtiments (et notamment les nefs) est probable. Le maître d'ouvrage s'engage à maintenir la capacité de gîtes dans les nefs (identification des gîtes, aménagement assurant l'accès à ces gîtes pendant et après travaux). Il n'y a donc pas de destruction d'habitats, ni d'impact sur les populations de chauves-souris sur ce bâtiment. Un dossier de dérogation espèces protégées n'est donc pas nécessaire.

Concernant le second bâtiment (bureaux) les potentialités d'accueil sont très limitées et la présence de gîte paraît peu probable. Les mesures de réduction proposées visent donc à réduire drastiquement tout risque d'impact sur des individus de chauves-souris. Premièrement en limitant les travaux de destruction à la période septembre-octobre (période la moins sensible et à laquelle le risque de présence est le plus limité), et en prévoyant un contrôle préalable pour s'assurer de l'absence d'individus au moment des travaux. Ce sont donc bien deux mesures de réduction de l'impact potentiel des travaux sur ce bâtiment où la présence de chauves-souris paraît peu probable (principe de précaution).

Ainsi, la destruction de gîte paraît peu probable et les mesures de réduction permettront d'éviter tout impact direct sur les populations. Le dossier de dérogation n'est donc pas nécessaire.

“ La MRAe recommande de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les secteurs 1 et 2 comme cela a été fait sur le secteur 3 ; à défaut, une justification de la différence de traitement est attendue.”

Réponse du maître d'ouvrage

Pour le secteur 1 :

Sous réserve de la mise en œuvre des mesures présentées dans le rapport du 22/07/2024 , Diagnostic complémentaire – Secteur 1, rappelée ci-dessous, il n'apparaît pas nécessaire à ce jour de réaliser une EQRS (Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires)

- Retrait de la contamination hydrocarbonées centrée sur le sondage C23.
- N'aménager aucun jardin potager ou verger au droit des futurs secteurs d'espaces verts du site (Restrictions d'usage)
- Prévoir un recouvrement superficiel de 20 à 30 cm de terres végétales saines au droit des futurs espaces verts du projet.

Pour le secteur 2 :

Une EQRS a été réalisée dans le cadre de la réalisation du Plan de gestion (affaire 2109E14Q5000015) qui a fait l'objet du rapport E14Q5/23/802 du 19 juillet 2024.

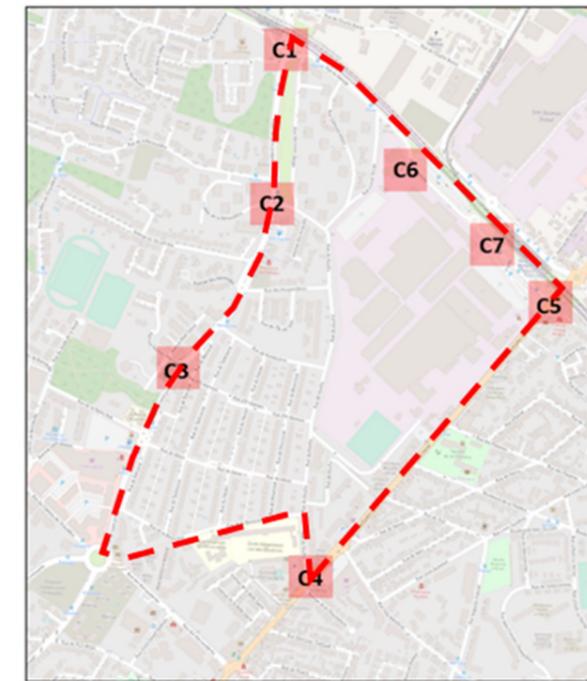
“ La MRAe recommande de compléter l'analyse des effets cumulés à l'échelle du quartier concernant la circulation automobile et plus globalement les mobilités.”

Réponse du maître d'ouvrage

L'étude de trafic a été réalisée à l'échelle de l'îlot urbain délimité par :

- Au Nord-est : la rue de Ransay,
- Au sud -est le boulevard de Jules Verne
- Au Sud, la rue de Bertinière
- A l'Ouest la route de Saint-Joseph

Cette aire d'étude est plus large que le périmètre d'étude du projet. C'est à cette échelle qu'ont été réalisés des comptages et l'étude de capacité des carrefours.



Aire d'étude en pointillé rouge et carrefours étudiés

A l'horizon où le projet sera construit, il a été pris comme hypothèse que le trafic global n'évoluera pas car l'augmentation générale de la demande en déplacement devrait être compensée par la baisse de la part modale de la voiture.

**“ La MRAe recommande de détailler les stationnements pour les vélos qui seront mis en place :
localisation et hypothèse de dimensionnement, dans les bâtiments privés et sur l’espace public.”**

Réponse du maître d’ouvrage

Le projet d’aménagement des Batignolles (secteur 1 et 2) prévoit au sein des espaces publics la mise en place de 105 arceaux vélos sur l’ensemble des espaces publics (cf. plan de localisation). Ces derniers sont majoritairement situés le long de la future voie verte de l’axe Erdre-Loire et sur le parvis des nouveaux bureaux le long du boulevard Jules verne.

Par ailleurs, les lots à bâtir répondront des recommandations et préconisations concernant dimensionnement des locaux vélos privés, de l’arrêté vélo 2022. Les locaux seront en rez-de-chaussée des constructions et accessibles depuis les espaces publics.



Plan de localisation des arceaux vélos sur l’espace public– crédit image PDAA Architectes et urbanistes

“La MRAe recommande d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre générées par l'ensemble du site sur sa durée de vie prévisible.”

Réponse du maître d'ouvrage

Le projet en secteur 1 de logements Eigo-Batignolles 2025

Un projet à faible empreinte carbone respectant les exigences de la RE2020 seuil 2028.

Avec un Indice Carbone lié à la Construction inférieur (IC construction) à 580 kg équivalent CO2/m², en effet l'utilisation de produits de construction comprenant des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) permettront d'atteindre des seuils très faibles de CO2/m² (utilisation de brique ou de bois).

Avec un Indice Carbone lié aux système énergétiques inférieur (IC construction) à 260 kg équivalent CO2/m², en effet nous raccorderons nos bâtiments au Réseau de Chaleur Urbain (RCU) de Malakoff qui est un des meilleurs réseaux de chaleur de France.



Le projet en secteur 2 de bureaux Batignolles 2025

Un projet à faible empreinte carbone respectant les exigences de la RE2020 seuil 2025.

Avec un Indice Carbone lié à la Construction inférieure (IC construction) à 810 kg équivalent CO2/m², en effet l'utilisation de produits de construction comprenant des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) permettront d'atteindre des seuils très faibles de CO2/m² (utilisation de béton décarboné < 50kg CO2/m3).

Avec un Indice Carbone lié aux système énergétiques inférieure (IC construction) à 200 kg équivalent CO2/m², en effet nous raccorderons nos bâtiments au Réseau de Chaleur Urbain (RCU) de Malakoff qui est un des meilleurs réseaux de chaleur de France.

3. Annexes : EQRS du secteur 2

ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320)

L'objectif de la validation sanitaire est de s'assurer de la compatibilité sanitaire entre l'état des milieux et l'usage futur envisagé au droit du terrain d'étude.

L'évaluation quantitative des risques pour la santé humaine vise à quantifier les risques pour la santé liés à l'exposition chronique des personnes à des substances présentes actuellement, ou potentiellement présentes ultérieurement, dans les sols, gaz du sol et eaux souterraines au droit du site.

1. METHODOLOGIE

1.1 ETAPES DE LA DEMARCHE

La démarche suivie pour réaliser l'évaluation des risques se déroule selon les étapes chronologiques suivantes :

- Elaboration du schéma conceptuel,
- Evaluation des dangers et des relations dose-effets,
- Evaluation des expositions,
- Evaluation des risques,
- Evaluation des incertitudes,
- Conclusions et recommandations.

1.2 ELABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL

Afin de déterminer les risques présentés par les différentes pollutions en fonction de l'usage envisagé du site, l'élaboration d'un schéma conceptuel vise à mettre en évidence :

- Les sources,
- Les milieux d'exposition,
- Les voies de transfert et d'exposition pour les futurs usagers,
- Les cibles.

1.3 EVALUATION DES DANGERS ET DES RELATIONS DOSE-EFFETS

Cette étape consiste à collecter et analyser des données afin de recenser de manière exhaustive :

- Les substances présentes sur le site,
- Les voies de transferts potentielles de ces substances vers les cibles,
- Les dangers liés à ces substances.

Une sélection des substances à prendre en compte est effectuée en fonction :

- De leur présence constatée sur le site et dans son environnement ou de leur présence potentielle (éventuels produits de dégradation),
- De leurs effets similaires sur la santé,
- Des relations doses-effets qui leur sont attribuables,
- De leur comportement dans l'environnement (mobilité, volatilité, dégradabilité...).

Par ailleurs, toutes les caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques de ces substances seront recherchées afin de pouvoir quantifier les risques sanitaires.

1.4 EVALUATION DES EXPOSITIONS

Cette phase consiste à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition.

ANNEXE 3 : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

1.5 EVALUATION DES RISQUES

Cette phase est l'étape finale de l'évaluation détaillée des risques. Les informations issues des étapes précédentes sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression qualitative et quantitative du risque.

1.6 EVALUATION DES INCERTITUDES

Les expressions quantitatives du risque obtenues doivent être discutées en fonction des incertitudes, liées d'une part à l'évaluation de l'exposition et d'autre part à l'évaluation de la toxicité des substances. L'évaluation des incertitudes peut être qualitative ou quantitative suivant les éléments concernés.

2. SCHEMA CONCEPTUEL CONSIDERE

Le schéma conceptuel du site, détaillé ci-après, permet d'évaluer les impacts potentiels des contaminations en présence vis-à-vis des futurs usagers en considérant son aménagement futur.

2.1 HYPOTHESES CONSIDEREES

Il a été considéré :

- > Un recouvrement superficiel des sols du site (dalle béton, enrobé bitumineux, terres végétales saines) bloquant tout transfert direct entre les sols en place et les futurs usagers du site ;
- > Un usage de type industriel / artisanal, au droit des nefs ;
- > Un usage de logement pour jeunes travailleurs au droit des inter-nefs ;
- > Un usage de type tertiaire (bureaux) en bordure sud des nefs ;
- > Une absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site.

2.2 IDENTIFICATION DES SOURCES DE CONTAMINATION

Sur la base des constats d'investigations réalisées lors des différentes études menées sur site, les sources de contamination identifiées au droit du site sont :

- > les sols contaminés par des composés hydrocarbonés, solvants chlorés et des éléments traces métalliques ;
- > les eaux souterraines, impactées en métaux et solvants chlorés ;
- > Les gaz des sols impactés par des hydrocarbures, solvants aromatiques et solvants chlorés.

2.3 IDENTIFICATION DES CIBLES HUMAINES

L'usage considéré est l'usage futur qui pourra être de trois types :

- > Artisanal / Industriel : au droit des nefs, pour des **travailleurs adultes** ;
- > Logement : au droit des inter-nefs, envisagé dans le cadre de l'installation de structures type « Les Compagnons du Devoir », destinés donc à un **public de jeunes travailleurs** ;
- > Tertiaire (immeubles de bureaux sur sous-sol) : via la construction de nouveaux bâtiments en bordure sud du site, pour des **travailleurs adultes**.

2.4 IDENTIFICATION DES VOIES DE TRANSFERT / D'EXPOSITION

Sur la base des éléments à notre disposition, seul le transfert des polluants par volatilisation dans l'air ambiant sera considéré. La voie d'exposition sera donc l'inhalation de polluants dans l'air intérieur ; l'inhalation dans l'air extérieur pourra être négligée, celle-ci étant nettement mineure au regard des faibles temps de présence et du niveau de dilution lié à la ventilation naturelle.

Bien que des transferts soient envisagés via le milieu eaux souterraines, les transferts hors site et les voies d'exposition associées ne seront ici pas considérés.

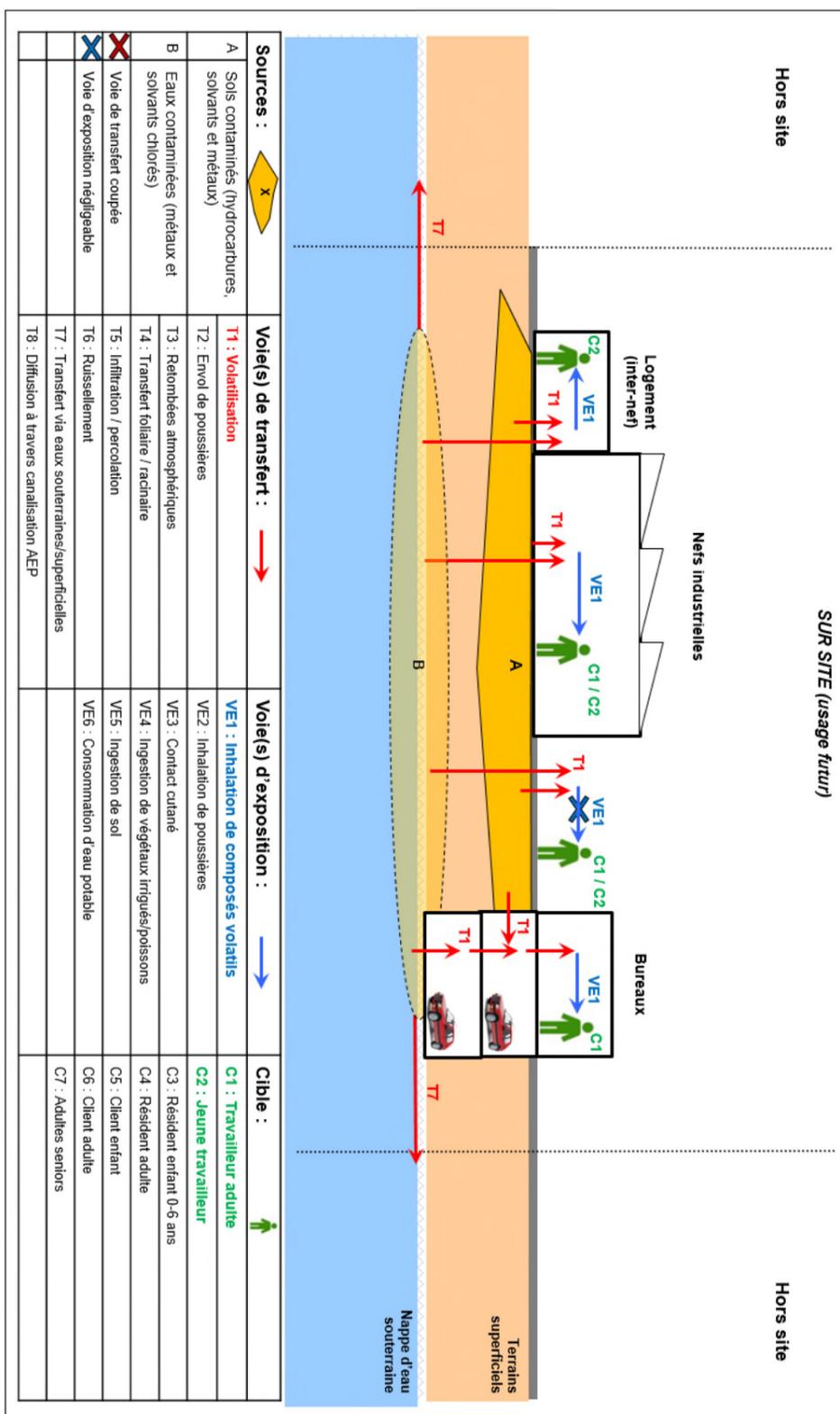


FIGURE 1 : SCHEMA CONCEPTUEL

4. EVALUATION DES RELATIONS DOSES ET EFFETS ET REPONSE DES SUBSTANCES CHOISIES

4.1 RELATIONS DOSE-EFFETS ET VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Les risques liés aux polluants présents s'apprécient en comparant les doses journalières moyennes ingérées ou absorbées et les concentrations moyennes inhalées aux doses de référence définies dans la littérature.

Conformément aux recommandations de la note 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 bases de données suivantes ont été consultées :

- ANSES
- Portail substances chimiques de l'INERIS (expertise nationale collective)
- IRIS (US EPA)
- MRL de l'Agence des Substances Toxiques et d'Enregistrement des Maladies (ATSDR)
- OMS/IPCS
- Santé Canada
- RIVM (Agence environnementale des Pays-Bas)
- OEHHA (Agence environnementale de la Californie)
- EFSA

Deux types de substances sont pris en compte :

- les substances à seuil, non cancérigènes
- les substances sans seuil, cancérigènes

Les concentrations de référence sont :

- pour les composés non cancérigènes :
 - o les concentrations maximales tolérables (RfC), exprimées en mg/m³ pour la voie par inhalation,
 - o les doses journalières admissibles (RfD), exprimées en mg/kg/j, pour la voie orale.
- pour les composés cancérigènes :
 - o les excès de risques unitaires par inhalation (ERUi), exprimés en (mg/m³)⁻¹,
 - o les excès de risques unitaires par voie orale (ERUo), exprimés en (mg/kg/j)⁻¹.

4.2 CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Recommandations de la note DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 :

La note 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 (VTR) pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, définit des règles concernant l'utilisation des valeurs toxicologiques de référence.

Cette note préconise la méthodologie de choix des valeurs toxicologiques de référence suivante :

(1) Si aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans l'une des 8 bases de données (ANSES, US EPA, OMS/IPCS, ATSDR, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA), une quantification des risques pour cette substance n'est pas envisageable.

Dans ce cadre, la valeur mesurée de l'exposition est à comparer à des valeurs guides (OMS) et à des valeurs réglementaires, en tenant compte des valeurs de bruit de fond, et il convient de proposer des mesures de surveillance ainsi que des mesures techniques de réduction des émissions.

3. EVALUATION DES DANGERS DES SUBSTANCES

3.1 IDENTIFICATION DES SUBSTANCES PRESENTES

Sur la base du schéma conceptuel défini précédemment, les substances susceptibles d'être retenues pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'inhalation, correspondent à l'ensemble des éléments volatils, détectés à des teneurs supérieures à la limite de quantification de la méthode analytique du laboratoire. Les données les plus robustes sont celles mesurées sur le milieu gaz des sols, représentatives des volatilisations potentiellement issues des milieux sols et eaux souterraines.

Les investigations réalisées dans le cadre des études antérieures, ont mis en évidence la présence, dans les gaz du sol, des substances polluantes suivantes :

- ✓ Des fractions hydrocarbonées volatiles aliphatiques (C6-C8, C8-C10, C10-C12 et C12-C16) et aromatiques (C10-C12 et C12-C16) ;
- ✓ Des solvants mono-aromatiques (benzène, toluène, ethylbenzène et xylènes) ;
- ✓ Des composés organo-halogénés volatils (COHV) : 1,1,1-trichloroéthane, trichloroéthylène et tetrachloroéthylène.

3.2 EVALUATION DES DANGERS DES SUBSTANCES RETENUES

L'évaluation du potentiel danger des substances consiste à identifier les effets néfastes qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Pour évaluer ces dangers, il est nécessaire de connaître, pour chaque substance :

- ses caractéristiques physico-chimiques, qui permettent de déterminer son comportement dans l'environnement (mobilité, volatilité, solubilité...) ;
- ses effets sur la santé (dangers associés, relations dose/effets, organes-cibles, voies d'exposition...) : effets systémiques, cancérigènes, tératogènes, mutagènes, effets sur la reproduction et le développement ;
- ses produits de dégradation, leur potentiel de formation et leurs caractéristiques.

Les effets des substances sont quantifiés selon deux approches :

- ❖ l'approche déterministe ou toxicologique, qui considère des effets à seuil : effets pour lesquels on peut définir une dose journalière tolérable ou admissible (DJT ou DJA), ou une concentration maximale tolérable ou admissible (CMT ou CMA), correspondant aux niveaux maximum d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme. Cette approche est appliquée pour les effets systémiques des substances.
- ❖ l'approche stochastique, qui considère des effets sans seuil : effets susceptibles de survenir quel que soit le niveau d'exposition (aucun niveau d'exposition sans risque). On définit alors des excès de risques unitaire correspondant à la probabilité d'occurrence supplémentaire de l'effet pour un individu exposé par rapport à un individu non exposé. Les méthodes utilisées pour déterminer ces excès de risques unitaires visent à protéger les populations, y compris les plus sensibles. Les effets cancérigènes doivent être traités dans l'évaluation des risques sanitaires comme des effets sans seuil.

Les dangers associés à ces polluants ont été recherchés et intégrés dans le cadre de la présente étude. Cette recherche a été essentiellement basée sur les classements des substances dangereuses du règlement n°1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (CLP), de la directive CE n°67/548/CE (abrogée), les classements du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), les « Risk Assessment Guidelines » de l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (US EPA) et les fiches toxicologiques de l'INERIS et de l'INRS.

Les données collectées sur les substances sont synthétisées en **Annexe A**.

5. EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHOISIES

5.1 SCENARIO PRIS EN COMPTE

Le scénario pris en compte dans le cadre de la présente analyse de risque est le scénario d'un usage de type industriel et/ou artisanal au sein des nefs, et tertiaire au droit des futurs bâtiments à construire, au sud du site.

Un usage de logement a également été considéré, sur la base du projet d'accueil d'une structure des Compagnons du Devoir, avec l'aménagement de lieux de vie dans les inter-nefs.

5.2 VOIES D'EXPOSITION RETENUES

Au regard du schéma conceptuel et du projet d'aménagement, la voie d'exposition retenue est « l'inhalation d'air ambiant intérieur ». L'inhalation d'air ambiant extérieur est jugée négligeable, compte tenu du fort taux de dilution (ventilation naturelle) et des temps de présence faible vis-à-vis des temps de présence en intérieur. Ce point sera néanmoins discuté dans l'analyse des incertitudes.

5.3 MILIEUX D'EXPOSITION PRIS EN COMPTE

Les milieux d'exposition correspondent à l'air intérieur des futurs bâtiments. En l'absence de plan d'aménagement définitif, les hypothèses d'aménagement suivantes ont été considérées :

❖ Milieu industriel / commercial :

Nous considérerons un découpage des nefs existantes en cellules d'activité. Il sera envisagé une surface au sol de 750 m² (25*30 m) sous une hauteur sous plafond moyenne de 5 m, soit un volume de 3 750 m³. Le taux de ventilation considéré sera de 0,24 vol/h (60 m³/h/occupant, conformément au code du travail, pour une hypothèse de 15 occupants).

❖ Logement :

Les logements des Compagnons du Devoir, envisagés à l'heure actuelle, seraient des logements comparables à ceux d'une cité universitaire : il sera considéré des chambres de 15 m² (3*5), sur 2,5 m de hauteur, avec un taux de renouvellement de 0,2.

❖ Milieu tertiaire :

L'aménagement des bureaux est actuellement envisagé au rez-de-chaussée, sur deux niveaux de sous-sol. Au regard des éléments à notre disposition, **le niveau d'exposition des futurs travailleurs tertiaire est jugé largement négligeable**, compte tenu des éléments suivants :

- Les sols superficiels, impactés en divers polluants, seront majoritairement excavés et évacués du site pour la mise en œuvre des niveaux de sous-sol ;
- Les valeurs maximales de contaminations susceptibles de dégazer vers les milieux intérieurs (dans les gaz des sols et les eaux souterraines) sont localisées sur la partie nord et est du site des Batignolles, et non au droit des futurs bâtiments tertiaires ;
- Compte tenu de la profondeur des eaux souterraines, et du projet de double sous-sol, le niveau bas du bâtiment sera certainement en contact avec la nappe, limitant ainsi le risque de dégazage vers le milieu intérieur. De plus, cette contrainte technique lors de l'aménagement engendrera vraisemblablement la nécessité d'un cuvelage étanche du bâtiment, ce qui limitera encore le risque de transfert gazeux entre les milieux extérieurs et l'intérieur du bâtiment.
- Les dégazages éventuels depuis les milieux souterrains vers l'air intérieur du bâtiment se réalisent prioritairement sur le niveau inférieur du bâtiment (deuxième sous-sol). Un facteur de dilution des concentrations en polluants dans l'air ambiant de l'ordre de 1/10 est ensuite habituellement considéré entre deux niveaux successifs. Ainsi, une dilution d'un facteur 100 serait à attendre entre le niveau de dégazage éventuel des milieux, et le premier niveau d'exposition (rez-de-chaussée).

(2) Dans le cas où une seule valeur existe parmi ces 8 bases de données, elle doit correspondre aux conditions d'exposition (durée, voies...) auxquelles la population est confrontée. En tout état de cause, il ne pourra pas :

- être utilisé une valeur toxicologique aiguë pour une exposition chronique et vice versa ;
- en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, être transposé à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ;
- être procéder à une transposition de la VTR par voie orale en une VTR par voie respiratoire (ou vice versa).

De façon exceptionnelle, une transposition voie à voie ou une transposition d'une durée d'exposition à une autre pourra être proposée. Cette démarche de transposition devra nécessairement être transmise à la DGS qui jugera si une saisine de l'Anses doit être faite.

(3) Si plusieurs VTR existent dans les bases de données pour une même voie et une même durée d'exposition, il est recommandé d'effectuer le choix selon la hiérarchisation suivante :

- en premier lieu la VTR de l'ANSES ;
- à défaut, si une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, la VTR correspondante, si cette expertise a été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente ;
- à défaut, la VTR la plus récente parmi les 3 bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf si l'organisme de référence indique que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
- et enfin, la VTR la plus récente parmi les 4 bases de données : Santé Canada, RIVM, l'OEHA ou l'EFSA.

VTR considérées dans cette étude :

Les valeurs prises en considération dans l'étude sont répertoriées dans le tableau ci-après, en tenant compte des recommandations de la note du 31 octobre 2014.

TABLEAU 1 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE PRISES EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES				
Composés	Effet à seuil		Effet sans seuil	
	VTR retenues (µg/m ³)	Sources	VTR retenues (µg/m ³)-1	Sources
Hydrocarbures volatils				
Aliphatiques C6-C8	18400	TPHCWG (1999)	Absence de VTR pour les effets sans seuil	
Aliphatiques C8-C10	1000			
Aliphatiques C10-C12	1000			
Aliphatiques C12-C16	1000			
Aromatiques C10-C12	200			
Aromatiques C12-C16	200			
Solvants aromatiques				
Benzène	10	ANSES (2008)	2,6.10-5	ANSES (2014)
Toluène	19000	ANSES (2017)	Absence de VTR pour les effets sans seuil	
Ethylbenzène	1500	ANSES (2016)	2,5.10-6	OEHA (2007)
Xylènes	100	ANSES (2020)	Absence de VTR pour les effets sans seuil	
Solvants chlorés				
1,1,1-trichloroéthane	1000	OEHA (2008)	Absence de VTR pour les effets sans seuil	
Trichloroéthylène	3200	ANSES (2018)	1,00.10-6	ANSES (2018)
Tétrachloroéthylène	400	ANSES (2018)	2,6.10-07	ANSES (2018)

TABLEAU 3 : PARAMETRES D'EXPOSITION		
Cible	Travailleur adulte - Usine	Jeune travailleur « Compagnon du Devoir »
Hauteur moyenne des voies respiratoires	1,60 m	1,60 m
Poids corporel	70 kg	70 kg
Volume d'air inhalé en activité sur la durée d'exposition	60 m ³ /j	60 m ³ /j (usine) 32 m ³ /j (logement)
Durée de vie TM	70 ans	70 ans
Durée d'exposition T	42 ans	1 an
Nombre annuel de jours d'exposition*	78,33 j/an	78,33 j/an (usine) 250,67 j/an (logement)

5.6 DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION

La modélisation des flux de transfert de substances volatiles au droit des bâtiments provenant des gaz des sols a été réalisée à partir du modèle JOHNSON et ETTINGER (SG-ADV version 3.1). En **Annexe B** sont précisés les paramètres utilisés pour le modèle. Le modèle permet ainsi de calculer des concentrations en contaminants dans les milieux d'exposition, soit $C_{m_{int}}$.

Les concentrations en polluants volatils calculées à partir des modélisations sont reprises dans le tableau suivant.

TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS EN POLLUANT DANS L'AIR INTERIEUR DU BATIMENT		
Paramètres	Concentrations moyennes en polluant dans l'air ambiant intérieur $C_{m_{int}}$ (µg/m ³)	
	Usine	Logement
Aliphatiques C6-C8	1,65E+00	1,11E+01
Aliphatiques C8-C10	7,61E+00	5,11E+01
Aliphatiques C10-C12	3,74E+00	2,51E+01
Aliphatiques C12-C16	1,37E+00	9,21E+00
Aromatiques C10-C12	1,78E-01	1,19E+00
Aromatiques C12-C16	7,99E-01	5,37E+00
Benzène	4,32E-03	2,82E-02
Toluène	3,21E-02	2,09E-01
Ethylbenzène	1,20E-02	7,53E-02
Xylènes	6,51E-02	4,05E-01
Trichloroéthylène	1,44E-01	9,16E-01
Tétrachloroéthylène	9,95E-02	6,21E-01
1,1,1-trichloroéthane	5,77E-02	3,67E-01

Le niveau d'exposition du futur travailleur tertiaire du site sera donc ici négligé. Une approche majorante pourra néanmoins être envisagée dans le paragraphe traitant des incertitudes.

5.4 CONCENTRATIONS PRISES EN CONSIDERATION

Dans une démarche conservatrice, les teneurs maximales mesurées dans les gaz des sols lors des campagnes de suivi menées sur site seront retenues et considérées constantes au droit du site. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant.

TABLEAU 2 : CONCENTRATIONS PRISES EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES		
Composés	Teneurs (µg/m ³)	Echantillon considéré
Aliphatiques C6-C8	596	PA1 - 2021
Aliphatiques C8-C10	2743	PA1 - 2021
Aliphatiques C10-C12	1348	PA1 - 2021
Aliphatiques C12-C16	494	PA1 - 2020
Aromatiques C10-C12	64	PA1 - 2020
Aromatiques C12-C16	288	PA1 - 2020
Benzène	1,58	PA5 - 2020
Toluène	11,78	PA5 - 2020
Ethylbenzène	4,47	PA5 - 2020
M+p-xylènes	17,43	PA5 - 2020
o-xylène	6,71	PA5 - 2020
1,1,1-trichloroéthane	21,46	PA4 - 2021
Trichloroéthylène	53,36	PA4 - 2021
Tétrachloroéthylène	37,45	PA4 - 2021

5.5 PARAMETRES D'EXPOSITION

Les cibles humaines prises en considération dans le cadre de la présente étude sont les futurs usagers du site, à savoir, les travailleurs adultes et les jeunes travailleurs du site (Compagnons du Devoir). Les clients et passants éventuels ne seront pas considérés, leur temps de présence étant largement inférieur à celui des travailleurs, et donc considéré négligeable.

Les valeurs des différents paramètres pris en considération pour établir les scénarii d'exposition, détaillées dans le tableau ci-après, sont issues de :

- « Typologies d'usages dans le contexte des sites et sols pollués », INERIS -201082-2199664-V2.0 du 27/07/2020 ;
- « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS », INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017 ;
- Doc INVS ;
- « Exposure Factors Handbook » publié par Office of Research and Development – National Center for Environmental Assessment – U.S. EPA – Washington, DC 20460 (document n°EPA/600/P-65/002Fa, Août 1997) ;
- Nos hypothèses sur les temps / durées d'exposition des jeunes travailleurs résidents sur site.

Le nombre de jours d'exposition a été estimé comme suit :

- Pour les travailleurs adultes, comme pour les jeunes travailleurs, il est considéré une présence hebdomadaire de 40 heures (8 heures par jour sur une semaine de 5 jours), 47 semaines par an.
- En ce qui concerne le jeune travailleur, il est considéré qu'en parallèle de son temps de présence dans l'atelier / l'usine, il demeure sur site le reste de la journée, dans le logement, 7 jours par semaine, soit une présence de 128 heures/semaine.

La durée d'exposition est considérée à 42 ans pour les travailleurs (soit une carrière entière) et à 1 an pour les jeunes Compagnons du Devoir (leur parcours de formation les amenant à se déplacer sur différents sites durant leur cursus).

TABLEAU 5 : SYNTHÈSE DES RISQUES BRUTS CALCULÉS				
Cible	Voies d'exposition	Milieu d'exposition	QD	ERI
Travailleur adulte	Inhalation	Atelier	7,70E-03	7,54E-08
Jeune travailleur (Compagnon du Devoir)		Logement	8,79E-02	1,96E-08
		Atelier	7,70E-03	1,79E-09

En bleu : risques acceptables (quotients de danger cumulés inférieurs à 1 et excès de risques individuels inférieurs à 10^{-5})

En rouge : risques inacceptables (quotients de danger cumulés supérieurs à 1 et excès de risques individuels supérieurs à 10^{-5})

Il a ainsi été mesuré des niveaux de risque nettement inférieurs aux seuils : de l'ordre de 10 à 100 fois inférieurs pour les quotients de danger et de 100 à 5000 pour les excès de risque individuel.

Notons qu'en additionnant les niveaux de risque pour les expositions dans les différents milieux (logement et atelier) pour le jeune travailleur, les conclusions demeurent inchangées.

6.3 INTERPRÉTATION DES RESULTATS DES CALCULS DE RISQUES BRUTS

Au regard des recommandations du MEDAD, **les résultats des calculs de risques sanitaires liés aux effets à seuil et sans seuils calculés à partir des gaz des sols ont mis en évidence l'absence de niveaux de risques inacceptables** pour les cibles et les lieux d'exposition retenus.

Compte-tenu de ces résultats, les concentrations actuelles mises en évidence dans les gaz des sols sont compatibles avec un usage futur industriel et/ou artisanal, avec la création de logements pour jeunes travailleurs, dans la configuration supposée du projet.

7. EVALUATION DES INCERTITUDES

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

7.1 INCERTITUDES LIEES AUX PARAMETRES D'ENTREE

7.1.1 Concentrations des polluants

❖ Incertitudes liées à l'échantillonnage

Les concentrations en polluants ont été déterminées à partir des résultats d'analyses des échantillons prélevés dans les gaz des sols par SOCOTEC Environnement. L'emplacement et la profondeur des investigations ont été déterminés en fonction :

- ✓ Des anomalies déjà observées au droit du site,
- ✓ De l'absence de réseaux actifs ou passifs enterrés,
- ✓ Des conditions d'accessibilité aux zones,
- ✓ Des conditions de sécurité,
- ✓ Des niveaux d'eau mesurés par rapport au sol au droit des zones concernées.

Ces investigations ne permettent pas de lever la totalité des aléas qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel.

6. CALCULS DES RISQUES LIES AUX SUBSTANCES CHOISIES POUR LE SITE

6.1 MODALITE DE CALCUL DES RISQUES

6.1.1 Risques liés aux effets à seuil (non cancérigènes)

Afin d'évaluer le risque lié à la toxicité non cancérigène d'une substance, on calcule un quotient de danger QD.

$$\text{Pour les risques liés à l'inhalation : } \mathbf{QD = CI (mg/m^3) / RfC (mg/m^3)}$$

Avec : CI : concentration moyenne inhalée

RfC : concentration maximale tolérable par inhalation

Conformément aux textes et guides du MEDAD en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si le quotient de danger est inférieur à 1.

6.1.2 Risques liés aux effets sans seuil (cancérigènes)

Afin d'évaluer le risque lié aux effets cancérigènes des substances, on calcule un excès de risques individuel ERI.

$$\text{Pour les risques liés à l'inhalation : } \mathbf{ERI = CI (\mu g/m^3) \times ERUi (\mu g/m^3)^{-1}}$$

Avec : CI : concentration moyenne inhalée

ERUi : excès de risques unitaires par inhalation

L'ERI représente la probabilité d'occurrence que la cible a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

Conformément aux textes et guides du MEDAD en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si l'ERI est inférieur à 10^{-5} .

6.1.3 Somme des niveaux de risque

Les niveaux de risques obtenus pour chaque substance et pour chaque voie d'exposition sont cumulés. Cette méthodologie, habituellement majorante, est ici représentative de l'état des milieux, les teneurs en polluants pour les paramètres considérés ayant été mesurées sur un même échantillon.

6.2 RESULTATS DES CALCULS DE RISQUES

Une simulation a été effectuée afin de déterminer les quotients de danger (QD) et les excès de risques individuels (ERI) pour chaque substance retenue. Les résultats détaillés des calculs de risque sont présentés en **Annexe C**.

Les résultats des quotients de dangers et d'excès de risque individuel liés à la voie d'exposition retenue dans les lieux d'exposition retenus sont présentés ci-après.

Pour les substances dont les caractéristiques étaient disponibles dans la base de données du modèle de Johnson et Ettinger, ce sont ces caractéristiques qui ont été considérées. Elles ont été toutefois recoupées avec les données disponibles dans les différentes bases de données consultées (fiches toxicologiques de l'INERIS, HSDB, US EPA, Chemfinder, NIST). Les valeurs utilisées sont globalement cohérentes pour l'ensemble des bases.

Pour les différentes fractions d'hydrocarbures, les valeurs sont issues de « Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series – Volume 3 – Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Considerations » (J.B. Gustafson, J. Griffith Tell, D. Orem, 1997, Amherst Scientific Publishers, disponible sur internet : <http://www.aehs.com/publications/catalog/tph.htm>).

De nombreuses études sanitaires réalisées sur la base des circulaires du 8 février 2007 n'utilisent que les données issues de l'INERIS et ne prennent pas en compte le contaminant lorsqu'il y a une absence de donnée dans cette base. L'étude ici réalisée par SOCOTEC est donc de ce fait majorante.

7.1.4 Caractéristiques des milieux d'expositions

La voie « inhalation d'air extérieur » a été négligée, celle-ci étant largement minoritaire en comparaison à la voie par inhalation d'air intérieur, pour des raisons évidentes de dilution des polluants dans un milieu non confiné, et de temps de présence plus faible qu'en intérieur.

A titre informatif, la prise en compte de ce milieu d'exposition ne changerait pas les conclusions de ce rapport (niveau de risque lié à ce milieu d'exposition < 1% du niveau de risque global).

En ce qui concerne les caractéristiques des milieux d'expositions, des hypothèses ont été prises concernant la taille des locaux, leur hauteur sous plafond et leur taux de ventilation.

Les données choisies sont jugées globalement majorantes, un cloisonnement relativement dense ayant été considéré, avec des taux de renouvellement d'air moyens à faibles.

Il a néanmoins été considéré des variations de + ou – 50% des surfaces et taux de ventilation prédéfinies. Les impacts sur les niveaux de risque sont présentés dans le calcul d'incertitudes présenté en **Annexe D**. Les résultats des calculs confirment des niveaux de risque (QD et ERI) toujours bien inférieurs aux seuils.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire

Le milieu d'exposition dans les bureaux des futurs bâtiments sur deux niveaux de sous-sol ont initialement été négligés (cf paragraphe 5.3.). Cette prise de position est confortée par les résultats de l'étude sur l'atelier de l'usine : en considérant une volatilisation de polluants dans l'air ambiant du deuxième niveau de sous-sol égale à celle mesurée dans l'atelier (bien que cela soit jugé peu probable), il est possible d'envisager le niveau de risque des futurs travailleurs tertiaires en appliquant un facteur de division de 200 par rapport à celui des travailleurs de l'atelier :

- Division par un facteur 100 du fait des deux niveaux de dilution entre le R-2 et le RDC ;
- Division par un facteur 2 du fait du niveau de ventilation de travailleur tertiaire, considéré deux fois inférieur à celui des travailleurs en atelier.

Les niveaux de risque seraient donc bien inférieurs aux seuils de référence, déjà considérés acceptables pour les travailleurs de l'atelier.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire

7.2 INCERTITUDES LIEES A L'UTILISATION DE MODELES : JOHNSON-ETTINGER

Le modèle de Johnson et Ettinger utilisé permet de déterminer des concentrations dans l'air ambiant à partir des concentrations dans les gaz des sols (feuille SG-ADV). Ce modèle prend en compte les phénomènes de diffusion et de convection. Les principales hypothèses sur lesquelles est basé ce modèle sont les suivantes :

- le polluant est réparti de manière homogène au niveau de la zone de contamination ;
- au niveau de la source de pollution, le polluant est réparti à l'équilibre entre les différentes phases. *Cet équilibre n'est valable que pour de faibles concentrations et n'est pas applicable pour un produit*

Les prélèvements réalisés sont des prélèvements ponctuels, effectués à un moment donné en un point donné, dépendants des conditions météorologiques. Ils présentent donc une incertitude quant à leur représentativité.

Les modalités de conditionnement et conservation des échantillons sont susceptibles d'induire une incertitude liée à la perte de composé par volatilisation ou transformation. Afin de réduire ces pertes, les échantillons ont été conditionnés en flaconnage adapté et conservés à température optimale (en glacière) avant transmission aux laboratoires d'analyses, dans les plus brefs délais.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire à majorant

❖ Incertitudes liées à l'analyse par le laboratoire

Tout résultat d'analyse présente une incertitude liée aux conditions de mise en œuvre de cette analyse par le laboratoire. Les variations des niveaux de risques sont proportionnelles aux variations des concentrations.

Pour diminuer les incertitudes sur les méthodes analytiques, qui sont effectuées selon des méthodes normalisées par un laboratoire accrédité, il aurait été possible d'effectuer plusieurs mesures sur le même sous-échantillon de laboratoire et d'en déterminer la moyenne et l'écart-type. En tout état de cause, le nombre d'analyses réalisé est nécessairement limité par les coûts correspondants, et les études de diagnostic de sols potentiellement pollués doivent être conduites selon un principe de proportion entre le site, son contexte, son usage futur, les risques potentiels de pollution des sols, et les coûts.

Néanmoins, les gammes de valeurs rencontrées sur les différents ouvrages analysés demeurent relativement homogènes, d'une campagne à l'autre.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire

❖ Concentrations utilisées dans les calculs et extension des pollutions

L'ensemble des composés quantifiés dans les gaz des sols lors des investigations menées par nos soins a été pris en compte.

Les concentrations considérées dans le cadre de la présente étude correspondent aux teneurs maximales mesurées dans les gaz des sols. Celles-ci ont été extrapolées à l'ensemble des milieux d'exposition pris en compte.

Il demeure néanmoins des incertitudes liées aux hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire

7.1.2 Caractéristiques des sols

Les caractéristiques des sols prises en considération par les modèles correspondent aux caractéristiques proposées par défaut par le modèle de Johnson et Ettinger pour le type de sol se rapprochant le plus de celui observé sur site lors de la réalisation des investigations : sols sableux (S).

Il s'agit d'un choix majorant (les sols rencontrés étant d'avantage limono-sableux), correspondant à un milieu plus favorable au transfert des polluants (milieu plus poreux).

Il est à noter que, de par leurs caractéristiques physico-chimiques, les substances peuvent avoir des comportements différents dans un même milieu. De ce fait, les caractéristiques des sols n'influent pas de la même manière selon les composés testés.

Impacts sur les résultats de l'EQRS : conservatoire à majorant

7.1.3 Caractéristiques intrinsèques des substances

Les transferts des polluants d'un compartiment de l'environnement à l'autre dépendent des caractéristiques intrinsèques des polluants. Celles-ci sont susceptibles de varier d'une base de données à l'autre, d'une étude à l'autre. La cohérence des valeurs utilisées avec celles disponibles dans l'ensemble des bases de données consultées a cependant été vérifiée.

sur site lors de ces horaires de travail (40 heures par semaine, 47 semaines par an), durant toute sa carrière (42 ans). Ces temps d'exposition sont considérés très majorants

Compte tenu de la typologie d'activité considérée dans l'atelier (industriel/artisanal), le volume d'air inhalé du travailleur a été fixé à 60 m³/jour (équivalent à une activité physique soutenue). Ce volume a été considéré moyen sur toute la durée d'exposition.

En ce qui concerne la durée d'exposition du jeune travailleur, celui-ci a été considéré sur site de manière quasi-permanente (à temps plein, 7 jours sur 7, 47 semaines par an), ce qui est jugé extrêmement pénalisant mais induit par la typologie particulière de l'activité (Compagnons du Devoir). Considérant le format en question, une présence sur une durée d'un an a été considérée sur site : bien que plutôt majorant (les Compagnons du Devoir étant amenés à se déplacer sur différents sites durant leur cursus de formation), cette durée a été multipliée par deux dans le cadre de l'analyse des incertitudes. Comme le montre l'**Annexe D**, cette modification n'induit qu'une modification du niveau de risque à seuil (ERI), multiplié proportionnellement par 2. Les niveaux de risque demeurent néanmoins nettement acceptables.

Impacts sur les résultats de l'ARR : majorant

7.4 BIODISPONIBILITE DES POLLUANTS

La biodisponibilité pour l'homme des polluants ingérés, inhalés ou absorbés par contact cutané à partir d'une matrice sol, végétale ou animale constitue une incertitude majeure de l'évaluation des risques sanitaires.

Il a été considéré, de façon sécuritaire, que la totalité des substances présentes dans le milieu d'exposition et ingérée/inhalée par un individu atteindra ses organes cibles et générera un effet toxique. Or, seule une fraction de la quantité ingérée atteint réellement la circulation sanguine (notion de biodisponibilité) et les organes cibles.

7.5 ENVIRONNEMENT TEMOIN

L'étude n'incorpore pas l'exposition liée au bruit de fond dans l'air ambiant (notion d'environnement témoin mentionnée dans le guide « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels »).

7.6 INCERTITUDES LIEES AUX VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

L'évaluation de la toxicité des substances a été généralement réalisée à partir des valeurs toxicologiques de référence disponibles dans les 8 bases de données dont l'utilisation est préconisée par la note 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 (VTR) pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

7.7 INCERTITUDES LIEES AUX CALCULS DES RISQUES

Les valeurs seuils définissant les risques acceptables, définies dans les textes et guides du MEDD en date du 08 février 2007, sont à considérer pour un même effet pour la santé et un même organe cible.

Dans le cadre de la présente étude, les risques ont été cumulés quel que soit l'effet et l'organe cible correspondants.

Cette approche, menée sur la base du principe de précaution, est conservatrice pour les quotients de danger par rapport à celle définie au niveau national, qui préconise de n'additionner les quotients de danger que pour les substances ayant le même mécanisme d'action et le même organe cible.

7.8 CONCLUSION CONCERNANT L'EVALUATION DES INCERTITUDES

Notre approche a été une approche basée sur des hypothèses réalistes ou sécuritaires. La situation la plus pénalisante a été prise en considération chaque fois que c'était possible. L'étude réalisée est donc globalement conservatrice et majorante.

pur ou une phase résiduelle du produit (qui nécessite alors l'utilisation de la feuille de calcul NAPL). Cette démarche exclut l'influence de polluants multiples sur les concentrations de saturation et les solubilités de chaque polluant, puisque chaque polluant est considéré l'un après l'autre. Les valeurs ainsi obtenues sont surestimées du fait de la possibilité d'avoir une phase résiduelle à de faibles concentrations.

- la zone de contamination est supérieure à la surface du bâtiment en contact avec le sol ;
- le modèle ne prend pas en compte les processus de transformation chimique ou biologique des polluants (biodégradation, hydrolyse, oxydoréduction) ;
- sur un plan horizontal, le sol et ses propriétés sont homogènes (les variations verticales des propriétés du sol sont prises en compte au moyen d'une superposition de couches de propriétés horizontales homogènes) ;
- la couche de sol en contact avec le bâtiment est considérée comme isotropique (notamment en terme de perméabilité) et possède un taux d'humidité constant ;
- la ventilation du bâtiment et le différentiel de pression entre l'intérieur du bâtiment et le sol sont considérés comme constants ;
- le transport des volatils est considéré comme unidimensionnel (le modèle ne tient pas compte des déviations du mouvement ascendant strictement vertical éventuellement liées à des couches géologiques particulières, à la présence de fissures dans les sols ou à la présence de racines de végétaux) ;
- seul le transport en phase vapeur est pris en compte : la diffusion à travers l'humidité du sol est considérée comme insignifiante et le transport convectif est réalisé en l'absence de mouvement d'eau au sein du sol (évaporation, infiltration et remontée d'eau de la nappe) et en l'absence de dispersion mécanique ;
- la vitesse de pénétration des volatils diminue rapidement lorsque la distance entre la contamination et le bâtiment augmente ;
- le flux de vapeur est décrit par la loi de Darcy (milieu poreux) ;
- les phénomènes de diffusion et de convection sont censés se dérouler à l'état constant (le flux de volatil n'est pas affecté par des infiltrations ou des fluctuations de la pression atmosphérique) ;
- concernant la remontée et la diffusion à travers la zone capillaire, le modèle assimile les interstices entre les particules à un tube capillaire de diamètre constant. Il considère les conditions de drainage du sol comme constantes et ne tient pas compte des variations du niveau de la nappe. La diffusion à travers la zone capillaire est évaluée à partir d'un coefficient de diffusion effective calculé par le modèle, qui prend en considération la diffusion en phase aqueuse et en phase vapeur. Ce coefficient de diffusion effective est surestimé par le modèle puisqu'il considère que l'ensemble des pores est connecté pour permettre la diffusion.
- toutes les vapeurs émises sous le bâtiment vont entrer à l'intérieur du bâtiment à moins que les sols et les murs ne soient complètement étanches à la vapeur ;
- les polluants sous forme vapeur pénètrent dans le bâtiment principalement à travers les fissures et ouvertures des murs et des fondations ;
- le transport convectif des polluants se fait principalement dans la zone d'influence du bâtiment (et devient rapidement nul dès qu'on s'éloigne du bâtiment) ;
- le transport entre la source de contamination et la zone d'influence du bâtiment est essentiellement diffusif.

Les études expérimentales réalisées indiquent que le modèle de Johnson et Ettinger est conservateur pour les composés non chlorés mais peut sous-estimer les concentrations intérieures des composés chlorés. Ce modèle a cependant été utilisé comme faisant partie des meilleurs outils disponibles actuellement pour ce type de modélisation. La surestimation est principalement liée à l'existence d'une biodégradation significative des composés.

7.3 INCERTITUDES LIEES A L'EXPOSITION DES CIBLES

Les expositions des cibles sont évaluées à partir de caractéristiques moyennes. Les durées d'exposition ont été définies sur les bases de données statistiques disponibles dans la littérature, ou d'hypothèses a priori pénalisantes établies par SOCOTEC. Il a ici été considéré un travailleur adulte présent en permanence

Néanmoins, de nombreuses hypothèses ayant été prises concernant les modalités d'aménagement du site, une mise à jour de la présente étude sera nécessaire afin d'affiner les résultats selon la configuration réelle du futur site. Aussi, la prise de données d'entrée au plus près des futurs aménagements (prélèvements au droit des futurs lieux de vie) permettra d'affiner et de sécuriser la certitude de l'étude.

Annexe B :

Données d'entrée du modèle Johnson & Ettinger

CARACTERISTIQUES ET COMPORTEMENT DES SUBSTANCES

Substances	Forme	Solubilité	Volatilité	Comportement		Dans les sols	Biodegradation / Sous-produits
				Dans l'air	Dans l'eau		
Hydrocarbures aliphatiques C10-C16	-	Solubilité très faible	Volatils	Sous forme gazeuse	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments	Mobilité très faible (adsorption forte)	Biodegradation minoritaire
Hydrocarbures aromatiques C10-C16	-	Faible solubilité (C10-C12 : 25 mg/l)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Adsorption sur les matières en suspension et les sédiments	Mobilité faible (adsorption importante)	Biodegradation minoritaire
Hydrocarbures aliphatiques C<16	-	Solubilité très faible	Très peu volatils	Essentiellement sous forme particulaire	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments	Volatilisation peu importante à nulle	Faible biodegradabilité
Hydrocarbures aromatiques C>16	-	Solubilité très faible	Très peu volatils	Essentiellement sous forme particulaire	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments	Volatilisation peu importante à nulle	Faible biodegradabilité
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)							
Benzène	C6H6	Solubilité élevée (environ 1 800 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Principalement sous forme gazeuse	Sous forme soluble	Mobilité	Facilement biodegradable en conditions aérobies : ½ vie dans l'eau = 15 jours (CE:1996)
Toluène	C6H5-CH3	Faible solubilité (environ 500 mg/l à 20°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Adsorption sur la phase particulaire	Moyennement mobile à mobile	Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques
Ethylbenzène	C6H5-C2H5	Faible solubilité (environ 150 à 200 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Adsorption sur la phase particulaire	Mobilité modérée	Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques
Xylènes (m-, o-, p-)	C6H4-(CH3)2	Faible solubilité (environ 150 à 200 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Volatilisation importante	Volatilisation importante	Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques
Composés organo-halogénés volatils (COHV)							
1,1,1-trichloroéthane	C2H3Cl3	Très faible solubilité	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	/	/	Produits de dégradation : trichloroéthylène, dichloroéthylène, chlorure de vinyle, tri-, di- et mono-chlorométhane
Trichloroéthylène	CCl2=CHCl	Solubilité moyenne (environ 1 à 1,4 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Volatilisation importante	Assez mobile	Absence ou très faible biodegradation en conditions aérobies
Tétrachloroéthylène	Cl2C=CCl2	Faible solubilité (150 à 200 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Volatilisation importante	Accumulation dans la partie souterraine du sol	Biodegradation possible en conditions anaérobies

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES VOLATILS CONSIDERES POUR LA MODELISATION

Substances	Masse molaire	Solubilité	Constante de Henry à la température de référence	Température de référence pour la constante de Henry	Constante de Henry	Coefficient de diffusion dans l'air	Coefficient de diffusion dans l'eau	Coefficient de partage carbone organique	Point d'ébullition (à pression normale)	Température critique	Enthalpie de vaporisation au point d'ébullition	Temps de demi-vie		Pression de vapeurs	Température de référence pour la pression de vapeurs
												t _{1/2,aer}	t _{1/2,mar}		
Hydrocarbures aliphatiques C<10	130,00	4,30E-01	1,96E+00	25	8,00E+01	1,00E-01	1,00E-05	3,16E+04	423,00	594,60	100E+06	-	0,699	20	
Hydrocarbures aliphatiques C<10-C12	160,00	3,40E-02	2,96E+00	25	1,20E+02	1,00E-01	1,00E-05	2,51E+05	473,00	639,00	100E+06	-	0,664	20	
Hydrocarbures aliphatiques C<10-C16	200,00	7,60E-04	1,27E+01	25	5,20E+02	1,00E-01	1,00E-05	5,01E+06	533,00	693,00	1,00E+06	-	0,0049	20	
Hydrocarbures aromatiques C<10-C16	120,00	6,50E+01	1,17E-02	25	4,80E-01	1,00E-01	1,00E-05	1,58E+03	423,00	617,00	1,00E+06	-	0,608	20	
Hydrocarbures aromatiques C<10-C16	130,00	2,50E+01	3,43E-03	25	1,40E-01	1,00E-01	1,00E-05	2,51E+03	473,00	748,40	10,400	-	0,095	20	
Hydrocarbures aromatiques C<10-C16	150,00	5,80E+00	1,30E-03	25	5,30E-02	1,00E-01	1,00E-05	5,01E+03	533,00	869,00	14,200	-	0,0061	20	
Benzène	78,11	1,79E+03	5,54E-03	25	2,27E-01	8,80E-02	9,80E-06	5,89E+01	353,24	562,16	73,42	-	7,30	20	
Toluène	92,14	5,26E+02	6,62E-03	25	2,72E-01	8,70E-02	8,60E-06	1,82E+02	383,78	591,79	79,30	-	3	20	
Ethylbenzène	106,16	1,69E+02	7,86E-03	25	3,22E-01	7,50E-02	7,80E-06	3,63E+02	409,34	617,20	85,01	-	0,944	20	
m-Xylène	106,16	1,61E+02	7,32E-03	25	3,00E-01	7,00E-02	7,80E-06	4,07E+02	412,27	617,05	85,23	-	0,79	20	
p-Xylène	106,16	1,85E+02	7,64E-03	25	3,13E-01	7,69E-02	8,44E-06	3,89E+02	411,52	616,20	85,25	-	0,663	20	
o-Xylène	106,16	1,78E+02	5,18E-03	25	2,12E-01	8,70E-02	1,00E-05	3,63E+02	417,60	630,30	86,61	-	0,663	20	
1,1,1-Trichloroéthane	133,4	1,33E+03	1,72E+02	25	7,03E-01	7,80E-02	8,80E-06	1,10E+02	353,24	562,16	7,342	-	13,3	20	
Trichloroéthylène	131,4	1,47E+03	1,03E+02	25	4,21E-01	7,90E-02	9,10E-06	1,66E+02	360,36	544,20	7,505	-	7,8	20	
Tétrachloroéthylène	165,83	2,00E+02	1,84E-02	25	7,53E-01	7,20E-02	8,20E-06	1,55E+02	394,40	620,20	82,88	-	1,9	20	

Les valeurs prises en considération sont issues des sources suivantes :

- 1) modèle de Johnson et Eltinger
- 2) fiches toxicologiques de INERIS
- 3) base de données HSDB (Hazardous Substances Database)
- 4) US EPA
- 5) Chemfinder (http://chemfinder.cambridge.sit.ac
- 6) NIST (http://webbook.nist.gov)
- 7) TPHCMG (Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group)
- 8) Handbook of chemicals and physics (83rd edition 2002/2003)

TOXICITE DES SUBSTANCES

Substances	Voies d'exposition		Organe(s) cible(s)	Effets sur l'homme - toxicité chronique	Mentions de dangers réglementaires CE/1272/2008	Classification CIRC	Cancérogénicité Classification UE	Classification US-EPA	Reprotoxicité	Mutagénicité
	Principale	Secondaire								
Hydrocarbures aliphatiques - C10-C12			JP-4 et JP-7 : Peau (par voie cutanée), foie et système nerveux	Absence de données spécifiques disponibles pour ce composé dans les bases consultées.	H226 H315 H317 H400 H410 (4-(1-méthyléthényl)-1-méthylcyclohexène) H350 H340 H304 (hydrocarbures aromatiques C10-C12)	-	-	-	-	-
Hydrocarbures aliphatiques - C12-C16			JP-5 et JP-8 : Peau (par voie cutanée), foie, système immunitaire, système nerveux, système urinaire/reins, système respiratoire	Absence de données spécifiques disponibles pour ce composé dans les bases consultées.	H226 H315 H317 H400 H410 (4-(1-méthyléthényl)-1-méthylcyclohexène) H350 H340 H304 (hydrocarbures aromatiques C10-C12)	-	-	-	-	-
Hydrocarbures aromatiques - C10-C12					H226 H335 H411 (1,3,5-triméthylbenzène) H351 H302 H400 H410 (huile naphthalénique)	-	-	-	-	-
Hydrocarbures aromatiques - C12-C16					H350 (huile méthylnaphthalénique) H350 acénaphthénique)	-	-	-	-	-

Mention de danger -Règlement CE/1272/2008

H200 – Explosif instable.
H201 – Explosif; danger d'explosion en masse.
H202 – Explosif; danger sérieux de projection.
H203 – Explosif; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection.
H204 – Danger d'incendie ou de projection.
H205 – Danger d'explosion en masse en cas d'incendie.
H220 – Gaz extrêmement inflammable.
H221 – Gaz inflammable.
H222 – Aérosol extrêmement inflammable.
H223 – Aérosol inflammable.
H224 – Liquide et vapeurs extrêmement inflammables.
H225 – Liquide et vapeurs très inflammables.
H226 – Liquide et vapeurs inflammables.
H228 – Matière solide inflammable.
H240 – Peut exploser sous l'effet de la chaleur.
H241 – Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur.
H242 – Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur.
H250 – S'enflamme spontanément au contact de l'air.
H251 – Matière auto-échauffante; peut s'enflammer.
H252 – Matière auto-échauffante en grandes quantités; peut s'enflammer.
H260 – Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément.
H261 – Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables.
H270 – Peut provoquer ou aggraver un incendie; comburant.
H271 – Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant.
H272 – Peut aggraver un incendie; comburant.
H280 – Contient un gaz sous pression; peut exploser sous l'effet de la chaleur.
H281 – Contient un gaz réfrigéré; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques.
H290 – Peut être corrosif pour les métaux.
H300 – Mortel en cas d'ingestion.
H301 – Toxique en cas d'ingestion.
H302 – Nocif en cas d'ingestion.
H304 – Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.
H310 – Mortel par contact cutané.
H311 – Toxique par contact cutané.
H312 – Nocif par contact cutané.
H314 – Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.
H315 – Provoque une irritation cutanée.
H317 – Peut provoquer une allergie cutanée.
H318 – Provoque des lésions oculaires graves.
H319 – Provoque une sévère irritation des yeux.
H330 – Mortel par inhalation.
H331 – Toxique par inhalation.
H332 – Nocif par inhalation.
H334 – Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation.
H335 – Peut irriter les voies respiratoires.
H336 – Peut provoquer somnolence ou vertiges.
H340 – Peut induire des anomalies génétiques
H341 – Susceptible d'induire des anomalies génétiques.
H350 – Peut provoquer le cancer
H351 – Susceptible de provoquer le cancer.
H360 – Peut nuire à la fertilité ou au fœtus.
H361 – Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus.
H362 – Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel.
H370 – Risque avéré d'effets graves pour les organes.
H371 – Risque présumé d'effets graves pour les organes.
H372 – Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.

H373 – Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.
H400 – Très toxique pour les organismes aquatiques.
H410 – Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H411 – Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H412 – Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H413 – Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques.

EUH 001 – Explosif à l'état sec.
EUH 006 – Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.
EUH 014 – Réagit violemment au contact de l'eau.
EUH 018 – Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif.
EUH 019 – Peut former des peroxydes explosifs.
EUH 044 – Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée.
EUH 029 – Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.
EUH 031 – Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
EUH 032 – Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
EUH 066 – L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.
EUH 070 – Toxique par contact oculaire.
EUH 071 – Corrosif pour les voies respiratoires.
EUH 059 – Dangereux pour la couche d'ozone.
EUH 201 – Contient du plomb. Ne pas utiliser sur les objets susceptibles d'être mâchés ou sucés par des enfants.
EUH 201A – Attention! Contient du plomb.
EUH 202 – Cyanoacrylate. Danger. Colle à la peau et aux yeux en quelques secondes. À conserver hors de portée des enfants.
EUH 203 – Contient du chrome (VI). Peut produire une réaction allergique.
EUH 204 – Contient des isocyanates. Peut produire une réaction allergique.
EUH 205 – Contient des composés époxydiques. Peut produire une réaction allergique.
EUH 206 – Attention! Ne pas utiliser en combinaison avec d'autres produits. Peut libérer des gaz dangereux (chlore).
EUH 207 – Attention! Contient du cadmium. Des fumées dangereuses se développent pendant l'utilisation. Voir les informations fournies par le fabricant. Respectez les consignes de sécurité.
EUH 208 – Contient du (de la) (nom de la substance sensibilisante). Peut produire une réaction allergique.
EUH 209 – Peut devenir facilement inflammable en cours d'utilisation.
EUH 209A – Peut devenir inflammable en cours d'utilisation.
EUH 210 – Fiche de données de sécurité disponible sur demande.
EUH 401 – Respectez les instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement

Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTX)										
Composés organo-halogénés volatils (COHV)										
Benzène	Inhalation (TA = 50%)	Orale (TA = 97% chez l'animal) Cutanée (TA < 1% chez l'animal)	Système hématopoïétique système nerveux central, système immunitaire)	- effets hématotoxiques et immunotoxiques : atteinte de la moelle épinière (anémie aplasique, myéloprolifération, leucémie) - effets neurologiques (observés chez les rongeurs)	H225 H350 H340 H372 (**) H304 H319 H315	1 (2012)	Catégorie 1 / Catégorie 1A (CLP modifié)	A (2000)	-	Catégorie 2 / Catégorie 1B (CLP modifié)
Toluène	Inhalation (TA = 50%)	Orale (TA = 100%) Cutanée	Système nerveux central (foie, reins, fœtus, lait maternel)	- effets neurologiques : dysfonctionnement cérébraux, pyramidaux et cognitifs (tremblements, ataxie, troubles de la mémoire, atrophie du cerveau) - syndrome psycho-organique : neurasthénie, diminution des réponses aux tests psycho-moteurs - éventuelles atteintes rénales et hépatiques Par inhalation : troubles du système hématopoïétique ; toutefois effets observés sur un mélange d'alkylbenzènes Aucune donnée concernant les effets systémiques induits par une exposition chronique par voie orale ou par voie cutanée à l'éthylbenzène n'est disponible chez l'homme.	H225 H332 H373 (organes de l'ouïe) H304 H225 H361d (***) H304 H373 (***) H315 H336	3 (1999)	-	Données inadéquates (2005)	-	Catégorie 3 / Catégorie 2 (CLP modifié)
Ethylbenzène	Inhalation (TA = 49-64%) Cutanée	Orale	Foie et reins (système hématopoïétique)	Exposition par voies pulmonaires et cutanées : Irritation des yeux, troubles respiratoires, troubles cardio-vasculaires, troubles gastriques, atteintes hématologiques et immunologiques, troubles hépatiques, rénaux et neurologiques (maux de tête, vertiges, malaises, irritabilité, perte de la mémoire et de la concentration) Pas d'étude sur l'exposition par voie orale chez l'homme.	H226 H332 H312 H315 H226 H332 H312 H315	3 (1999)	-	Données inadéquates (2003)	-	-
m-Xylène										
p-Xylène										
o-Xylène	Inhalation (TA = 62-64%)	Cutanée (TA = 50-160 µg/m ³) Orale	Par inhalation : Système nerveux central, foie, sang, poumons (et peau, rate, reins) Par voie cutanée : yeux, système nerveux central, peau, foie Par ingestion : non déterminé							
1,1,1-trichloroéthane	Inhalation		Système nerveux central Foie Reins	• Dépression du système nerveux • Atteinte hépatique • Effets genotoxiques	H332, H420	Groupe 3	Non examiné	Non classé	/	/
Trichloroéthylène	Inhalation (TA = 28-80%) Orale (TA = 80-98%) Cutanée		Système nerveux central Foie Reins Cœur Système immunitaire Peau	• maux de tête, léthargie, somnolence, engourdissement des sens, troubles de l'humeur, diminution des réflexes • troubles gastro-intestinaux : nausées, vertiges, vomissements • troubles cardiaques : tachycardie de repos, palpitations • troubles immunologiques • troubles respiratoires : asthme, bronchite, pneumonie • lésions hépatiques et rénales	R40	Groupe 1	Catégorie 2	Groupe A	/	/
Tétrachloroéthylène	Inhalation (TA = 40-50%) Orale (TA = 82-100%) Cutanée		Système nerveux central Foie Reins	• Irritation des yeux, de la peau et des muqueuses • maux de tête, nausées, vertiges, sensation d'ébriété, fatigue, augmentation des temps de réaction Irritation des yeux, de la peau et des muqueuses	R40	Groupe 2A	Catégorie 2	Groupe B1	/	/

Classements des substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques

Classement du Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) :

- Groupe 1 : L'agent ou le mélange est cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont cancérigènes pour l'homme.
- Groupe 2A : L'agent ou le mélange est probablement cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont probablement cancérigènes pour l'homme.
- Groupe 2B : L'agent ou le mélange est peut-être cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont peut-être cancérigènes pour l'homme.
- Groupe 3 : L'agent, le mélange ou le mode d'exposition est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme.
- Groupe 4 : L'agent, le mélange ou le mode d'exposition n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

Classement de l'Union Européenne (UE) :

- Catégorie 1 : Substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme
- Phrases de risque : R45 : Peut causer le cancer / R49 : Peut causer le cancer par inhalation
- Catégorie 2 : Substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme.
- Phrases de risque : R45 : Peut causer le cancer / R49 : Peut causer le cancer par inhalation
- Catégorie 3 : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles.
- Phrases de risque : R40 : Effet cancérigène suspecté. Preuves insuffisantes.

Classement de l'US EPA (base de données IRIS) :

- Groupe A : cancérigène pour l'homme
- Groupe B (B1/B2) : cancérigène probable pour l'homme
- Groupe C : cancérigène possible pour l'homme
- Groupe D : non classifiable quant à sa cancérigénicité pour l'homme

Substances mutagènes :

- Catégorie 1 : substances que l'on sait être mutagènes pour l'homme
- Catégorie 2 : substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme
- Catégorie 3 : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles

Substances reprotoxiques :

- Catégorie 1 : substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine ou pour provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine
- Catégorie 2 : substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine
- Catégorie 3 : substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement

Annexe C :

Détail des calculs de risques sanitaires

Modèle Johnson et Ettinger « GAZ DES SOLS »

Annexe D :

Calcul des incertitudes – Variation des paramètres d'entrée

Symbole	Paramètres	Valeur	Unité	Source
L_F	Epaisseur entre le niveau 0 du projet et le terrain	1	cm	SOCOTEC Environnement
L_s	Profondeur d'échantillonnage depuis le niveau 0 du projet	20	cm	SOCOTEC Environnement
T_s	Température moyenne du sol	10	°C	SOCOTEC Environnement
h_A	Epaisseur de la strate de sol A	21	cm	SOCOTEC Environnement
ρ_b^A	Densité apparente de la strate A	1,66	g/cm ³	Johnson et Ettinger
n^A	Porosité totale de la strate A	0,375	-	Johnson et Ettinger
σ_w^A	Porosité efficace de la strate A	0,054	-	Johnson et Ettinger
L_B et W_B	Longueur et largeur du local	2500*3000 (750 m ²)	cm	Hypothèse NEF
		300*500 (15 m ²)	cm	Hypothèse Intra-NEF
H_B	Hauteur sous-plafond du local	500	cm	Hypothèse NEF
		250	cm	Hypothèse Intra-NEF
L_{crack}	Epaisseur de la dalle du local	15	cm	SOCOTEC Environnement
w	Largeur des fissures du local	0,2727	cm	SOCOTEC Environnement
		0,0375	cm	SOCOTEC Environnement
ER	Taux de ventilation du local	0,24	Vol.h ⁻¹	SOCOTEC Environnement
		0,2	Vol.h ⁻¹	SOCOTEC Environnement
D_p	Différence de pression sol-building	40	g/cm.s ²	Valeur par défaut de Johnson et Ettinger
C_s	Concentration de la substance dans les gaz de sols	Fonction de la substance	µg/kg ou µg/m ³	SOCOTEC Environnement

EFFET DE LA VARIATION DES PARAMETRES D'ENTREE SUR LES NIVEAUX DE RISQUE MESURES

Paramètre	Unité	Variation du paramètre	Travailleur adulte / atelier				
			Valeur initiale	QD	ERI	Variation QD	Variation ERI
Taux de renouvellement d'air du bâtiment	Vol/h	-37,5%	0,24	1,23E-02	1,20E-07	+60%	+60%
Taille du bâtiment	m ²	-50%	750 m ²	9,20E-03	8,95E-08	+19%	+19%

Paramètre	Unité	Variation du paramètre	Jeune travailleur / logement				
			Valeur initiale	QD	ERI	Variation QD	Variation ERI
Taux de renouvellement d'air du bâtiment	Vol/h	-50%	0,2	1,75E-01	3,92E-08	+100%	+100%
Durée d'exposition	an	x 2	1	8,79E-02	3,92E-08	/	+100%



sce

Aménagement
& environnement

www.sce.fr

GRUPE KERAN