

Plan de gestion : identification des différentes options de gestion possibles (A330)

Projet de création de parc paysager

Ancienne carrière remblayée par des déchets ZAC de Beau Soleil - Saint-Avé (56)




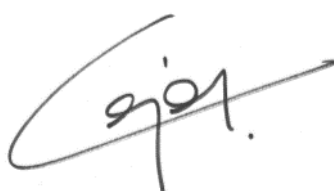
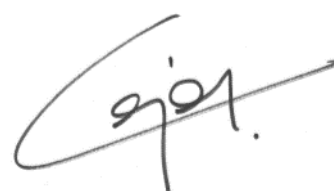
CLIENT

NOM	Mairie de Saint-Avé
ADRESSE	Place de l'Hôtel de Ville 56 891 SAINT AVE Cedex
INTERLOCUTEUR	Mme Capitaine – Directrice Transitions/Mobilités

ECR ENVIRONNEMENT

CHARGE D'AFFAIRES	Damien LEJAS
CHARGE D'AFFAIRES	Pierre LÊ DUY

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
28/04/2022	01		P. LÊ DUY	D. LEJAS
12/05/2022	02	Prise en compte des remarques du MO	P. LÊ DUY	D. LEJAS
30-06-2022	03	Prise en compte des remarques du MO	P. LÊ DUY D. LEJAS	D. LEJAS

Rédacteur	Vérificateur	Superviseur
 Pierre LÊ DUY Chargé d'affaires Environnement Superviseur	 Damien LEJAS Chargé d'affaires Environnement Superviseur	 Damien LEJAS Chargé d'affaires Environnement Superviseur



RESUME TECHNIQUE

GENERALITES	
Nom du client	Mairie de Saint-Avé
Adresse	Place de l'Hôtel de Ville 56 891 SAINT AVE Cedex
Types de prestations	Missions A330 Norme NFX31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » (Décembre 2018)
CARACTERISTIQUES DU SITE A L'ETUDE	
Adresse	ZAC Beau Soleil – Saint-Avé (56)
Parcelles	Parcelles n°192, 751, 825 AZ - 1,2 ha
Projet	Création d'un parc paysager
SYNTHESE DES INVESTIGATIONS	
Etudes antérieures	<p>8 études de qualité des sols et de gestion de la pollution entre 2011 et 2021 (cf partie 1.3, Rapport n°3508488)</p> <p style="text-align: center;"><u>Synthèse des investigations</u></p> <p>Sondages réalisés : 170 à la tarière et pelle mécanique (2011-2021) Profondeur maximale : 6 m Prélèvements : 299 packs analytiques sur des échantillons de sol</p> <p>Piézomètres réalisés : 6 (2016-2021) Profondeur maximale : 10 m Prélèvements : 4 packs analytiques sur des échantillons d'eaux</p> <p>Point de prélèvement « eaux de surface » : 2 (2021) Prélèvements : 2 packs analytiques sur des échantillons d'eaux</p> <p>Piézaires réalisés : 12 (2014-2021) Profondeur maximale : 2 m Prélèvements : 12 packs analytiques sur les gaz des sols</p> <p>Point de prélèvement « air ambiant » : 1 (2021) Prélèvements : 1 pack analytique sur l'air ambiant</p> <p>Point de prélèvement « poussières » : 12 (2021) Profondeur : à la surface du sol Prélèvements : 12 pack analytique sur les poussières</p> <p style="text-align: center;"><u>Synthèse des investigations</u></p> <p style="text-align: center;"><u>Les sols</u></p> <p><u>Principaux résultats analytiques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Présence diffuse de métaux lourds, impacts remarquables en arsenic, plomb, cuivre, zinc, mercure, antimoine, cadmium et chrome ⇒ Présence d'hydrocarbure totaux C10-C40, avec des teneurs remarquables sur 12 échantillons (> à 500 mg/kg MS) ⇒ Présence ponctuelle de BTEX, avec des teneurs au-dessus de la limite de quantification du laboratoire sur 3 échantillons ([C]max de 3,51 mg/kg MS sur l'échantillon « PA3 (1-2) ») ⇒ Présence diffuse de HAP, où les [C] restent toutefois peu élevées (< à 10 mg/kg MS) ⇒ Présence diffuse de PCB, où les [C] restent toutefois peu élevées (< à 0,1 mg/kg MS) exceptées sur 2 échantillons ([C]max de 6,2 mg/kg MS sur l'échantillon « CR9 (2-3) »)



⇒ Pas de fibre d'amiante

	HCT C10-C40 (mg/kg MS)	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
[Maximum]	10100	207	479	7543	26529	4,4	9
	Hg (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Somme 16 HAP (mg/kg)	Naphtalene (mg/kg)	PCB (mg/kg)	Somme des BTEX (mg/kg)
[Maximum]	1,02	140	47	8,66	0,67	6,2	2,4

Interprétations :

- ⇒ Horizon le plus impacté : entre 1 et 3 mètres
- ⇒ Les impacts révélés en 2021 sont globalement moins élevés que lors des études précédentes, notamment pour les hydrocarbures C10-C40 et les métaux lourds
- ⇒ Aucun matériau amianté n'a été mis en évidence (constat visuel et résultats d'analyse laboratoire), il ne semble pas y avoir de dépôt diffus de déchets anthropiques contenant de l'amianté. Pour rappel, seule la zone ayant été excavée lors des essais de criblage en 2017 présentait des déchets amiantés
- ⇒ La prospection au géoradar permettant de délimiter l'emprise de l'ancienne carrière doit être suivie de sondage à la tarière mécanique pour confirmer les premières observations

Le merlon

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence diffuse de métaux lourds : impacts remarquables en plomb, cuivre, zinc et mercure comparables aux anomalies naturelles modérées. Cette valeur seuil est dépassée pour le cuivre sur l'échantillon composite M2
- ⇒ Présence d'hydrocarbure totaux C10-C40, HAP, BTEX et PCB avec des teneurs modérées
- ⇒ Dépassement du seuil ISDI en sulfate sur l'échantillon M2 (composite)

Interprétations :

- ⇒ Présence de déchets (35 à 45 %) non négligeables sur chaque sondage : réutilisation sur site du merlon inenvisageable en l'état. Evacuation en centre ISDND ou plateforme de revalorisation à envisager
- ⇒ Constat visuel : pas de déchets amiantés type fibro ciment
- ⇒ Compatibilité des terres analysées avec une évacuation en ISDI (au regard de l'annexe II de l'arrêté préfectoral du 14/12/14)
- ⇒ Le merlon pourrait rester en place sous servitude (interdit d'accès au public aux abords du merlon), cependant son évacuation est préconisée pour optimiser l'aménagement paysager de l'entrée de ville et la gestion des déchets du merlon visibles malgré un couvert végétal dense

Délimitation de la carrière (nord)

Investigations :

- ⇒ 4 sondages à la tarière mécanique jusqu'à 6 mètres de profondeur maximale sont réalisés sur la rue des alizées et sur la partie enherbée, de part et d'autre de l'affaissement constaté sur l'enrobé

Interprétations :

- ⇒ Aucun constat visuel n'a décelé la présence de déchet, en surface et en profondeur



- ⇒ L'affaissement, d'une longueur de 15 mètres environ se situe au droit de plusieurs réseaux (gaz, fibre, éclairage public, EU/EP), une influence de l'un de ces réseaux est suspectée (fuite ponctuelle, sablon de canalisation non compacté etc...)
- ⇒ Le passage régulier de véhicules lourds peut accentuer le phénomène de tassement, qui semble être récurrent

Délimitation de la carrière (sud)

Investigations :

- ⇒ 42 sondages à la tarière mécanique sont effectués jusqu'à 3 mètres de profondeur maximale pour confirmer/affiner la délimitation de l'ancienne carrière avec un repérage visuel des déchets et terres impactées

Interprétations :

- ⇒ La délimitation corrobore avec l'emprise issue des études précédentes sur certains secteurs sud-ouest du terrain de basket ;
- ⇒ La délimitation actualisée accroît l'emprise de l'ancienne carrière avec une extension vers le sud de 8 à 10 mètres localement (sud-est du terrain de basket et deux pointes au sud-ouest du projet de parc)
- ⇒ Sur ce même secteur, la délimitation actualisée réduit l'emprise de déchets enfouis très localement de 4 à 5 mètres (retrait en pointe au sud-ouest du projet de parc)
- ⇒ L'emprise de déchets enfouis à des faibles profondeurs remet en cause le projet d'aménagement (CRAC 2017), en particulier pour les îlots C21 et C22 et les voiries menant à ces îlots vis-à-vis des problématiques de gestion des pollutions, de réalisation des fondations, de pose de réseaux souterrains et de compacité des terrains

Poussières

Investigations :

- ⇒ 2 prélèvements (P1 et P2) de poussières sont effectués entre les terrains de jeux et au pied du merlon longeant la rue Pierre Le Nouail
- ⇒ 10 prélèvements de poussières sont effectués autour du prélèvement P2. 4 prélèvements de poussières sont effectués à 2 mètres de P2, 4 autres prélèvements sont effectués à 5 mètres de P2. 1 prélèvement est effectué à 12 mètres au sud-est (haie de peuplier) et le dernier prélèvement est réalisé au droit du merlon à 20 mètres au nord-ouest de P2

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées près des terrains de jeux
- ⇒ Présence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées au pied du merlon
- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées sur tous les autres échantillons

Interprétations :

- ⇒ L'origine des fibres d'amiantes détectées dans les poussières au pied du merlon est difficilement identifiable (déchets contenus dans le merlon ? résidus du crible effectué en 2017 ? Dépôts sauvage postérieurs à 2017 ?)
- ⇒ Une emprise d'environ 8 m² au droit du prélèvement P2 où la présence potentielle d'amiante peut être suspectée est retenue

Eaux superficielles

Investigations :

- ⇒ 2 prélèvements d'eaux superficielles sont effectués à 300 mètres au sud-ouest (et en contre bas) de l'emprise de l'ancienne carrière



Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les échantillons
- ⇒ Présence modérée de métaux lourds (cuivre, zinc, cadmium), d'hydrocarbures et de toluène très en-dessous des seuils de comparaison

Interprétations :

- ⇒ Les impacts très modérés relevés dans les eaux superficielles ne peuvent être mis directement en relation avec les impacts relevés au droit de l'ancienne carrière
- ⇒ L'absence de fibre d'amiante confirme que l'impact relevé dans les poussières est à priori très localisé

Eaux « souterraines » ou eaux « d'accumulation »

Investigations :

- ⇒ 3 prélèvements d'eaux souterraines (ou d'accumulation) sont effectués sur P308, Pz2 et E2 en 2021

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence modérée de métaux lourds (nickel, cuivre, zinc, plomb, cadmium) sur les 3 ouvrages
- ⇒ Présence modérée d'hydrocarbures C10-C40 et de COHV sur Pz308 et E2
- ⇒ Présence modérée d'HAP sur Pz2 et E2

Interprétations :

- ⇒ Les impacts relevés sur les 3 ouvrages sont modérés et très en-deçà des constats relevés sur la matrice sol des horizons les plus impactés
- ⇒ Les ouvrages P308 et E2 sont très rapidement dénoyés lors de la purge. Il ne semble pas y avoir d'arrivée d'eaux souterraines sur ces ouvrages (à confirmer dans le temps)
- ⇒ L'ouvrage Pz2 a également été dénoyé à plusieurs reprises pendant le pompage, les arrivées d'eaux souterraines sont extrêmement limitées et s'apparente à des eaux d'accumulation des horizons supérieures
- ⇒ Aucun flux de polluant significatif depuis la matrice « sols » vers la matrice « eaux » n'a été mis en évidence

Gaz des sols

Investigations :

- ⇒ 3 prélèvements de gaz des sols sont effectués sur PA1, PA2 et PA3 en 2021

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence d'hydrocarbures C5-C10 sur les 3 ouvrages. L'ouvrage PA3 est le plus impacté avec [hydrocarbures aliphatiques]_{max} = 7,06 mg/m³ et [Xylènes] = 1,77 mg/m³.
- ⇒ Présence de BTEX sur les 3 ouvrages. L'ouvrage PA3 est le plus impacté.

Interprétations :

- ⇒ Les impacts sont globalement moins élevés que lors des études précédentes ([hydrocarbures aliphatiques]_{max} = 26,7 mg/m³ sur Pza9 en 2014)
- ⇒ La plupart des polluants retrouvés dans les sols ne sont pas volatils (métaux lourds, hydrocarbures lourds, PCB)

Air ambiant

Investigation :

- ⇒ 1 prélèvement d'air ambiant a été effectué au droit du skate-park

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Eléments volatils non détectés

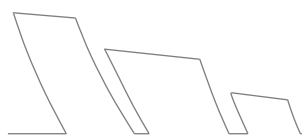


	<p>Interprétations :</p> <p>⇒ Les paramètres analysés sont les mêmes que ceux recherchés dans les gaz du sol. L'absence d'éléments volatils (C5-C16, BTEX) démontre que l'air ambiant du terrain de jeux ne semble pas impacté par les teneurs relevés dans les gaz du sol</p> <p>Cartographie des teneurs supérieures aux valeurs de référence : Cf. Rapport n°3508488 (Annexe 3 à 8)</p>
--	---

SYNTHESE IDENTIFICATION DES SOLUTION DE GESTION (A330)

<p>A330 : Identification des solutions de gestion</p>	<p>Définition des zones de pollution concentrée sur la base des critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Présence de macrodéchets, terres noirâtres et odorantes ; ▪ Concentration en HCT C10-C40 supérieure à 1400 mg/kg MS. <p>La présence de déchets et le projet d'aménagement conduit à écarter les techniques des traitement <i>in situ</i> et de traitement sur site.</p> <p>Les mesures de gestion retenues vont viser à supprimer les sources de pollution par excavation des terres impactées pour leur évacuation en centre de traitement. Le merlon de déchet localisé le long de la rue Pierre Le Nouail sera également évacuer en filière agréée. Les zones présentant des risques sanitaires en surface seront gérées par recouvrement localisés.</p> <p>Le montant global de l'opération est estimé entre 692 et 969 k€ HT (pour la partie gestion des terres impactées). Considérant les essais et études antérieures et l'hétérogénéité des déchets rencontrés sur le secteur, l'apparition de déchets amiantés ne peut être exclue et engendrerait des surcoûts liés aux conditions spécifiques sur chantier (protection des travailleurs, conditionnement) et en évacuation pour un montant global de 1 266 k€ HT. La recomposition du parc avec les travaux de génie écologique est évaluée entre 160 et 185 k€ HT.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> </div> <p>Cette étude ne constitue pas un devis pour des travaux de dépollution, ni une étude de conception ou de dimensionnement des futurs travaux. Il ne correspond également pas à un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dépollution.</p>
--	---

Recommandation	<p>L'ensemble des opérations de réhabilitation et de gestion de déblais devront être suivi par un bureau d'études spécialisé en sites et sols pollués. Certaines préconisations sont à prendre en compte dans le cadre des travaux de terrassement :</p>
-----------------------	--



	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Des EPI adaptés pour les travailleurs en fonction de leur poste et des phases de terrassement ; ▪ La conservation de la mémoire des opérations effectuées, par la mise en place d'un géotextile séparateur de couche sur les zones réhabilitées ; ▪ En cas de découverte de matériaux pollués hors emprise des zones précédemment identifiées, une gestion spécifique devra être mise en œuvre, sous contrôle du bureau d'études spécialisé en sites et sols pollués (stockage temporaire sur aire étanche, caractérisation et définition de l'exutoire, etc.). <p>Un contrôle de la qualité des sols devra être réalisé après les travaux de terrassement, ainsi qu'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) à partir des analyses afin de valider l'absence de risque sanitaire pour les futurs usagers.</p> <p>En application des mesures de gestion citées précédemment et de la qualité résiduelle attendue sur les milieux à la fin des travaux, il conviendra d'établir un dossier de restrictions d'usage.</p> <p>En cas de changement ultérieur d'usage, il conviendra de vérifier la compatibilité de la qualité des milieux avec le projet envisagé par le biais d'une nouvelle étude.</p>
--	--


SYNTHESE DES INVESTIGATIONS BIODIVERSITE

Données antérieures	<p>2006-2007 : Dossier de création 2006 / Dossier de réalisation 2007 / DLE 2007 (LBI)</p> <p>2016 : Bretagne Vivante SEPNB : Diagnostic du patrimoine naturel Site de l'ancienne carrière/décharge du quartier de Beau Soleil à Saint-Avé. Inventaires écologiques : passereaux et papillons</p> <p>Atlas de biodiversité (http://biodiversite.parc-golfe-morbihan.bzh/atlas/)</p>
Investigations ECR 2021	<p>Inventaire lombrics/faune édaphique sur 3 placettes</p> <p>Inventaire flore et caractérisation des habitats</p> <p>Inventaires reptiles</p> <p>Actualisation des données ornithologiques et rhopalocères (odonates, amphibiens, mammifères)</p> <p>Inventaire préliminaire des orthoptères</p> <p>Diagnostic et caractérisation de l'état de conservation et fonctionnel des habitats faune et flore</p>

SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS BIODIVERSITE

Recommandations réglementaires	<p><u>Ce volet de recommandations est directement associé aux enjeux réglementaires de protection de la biodiversité réglementée</u> : La prise en compte des enjeux réglementaires relatifs à la biodiversité impose un certain nombre de prescriptions qui feront l'objet d'un dossier réglementaire et d'une instruction <i>ad hoc</i> (DDEP : Demande de Dérogation au titre des Espèces Protégées / articles R. 411-1 à 16 du code de l'environnement développant les conditions dans lesquelles peuvent être délivrées des dérogations sur l'emprise du parc paysager projeté). Dans ce sens, les prescriptions proposées sont à la suite directement associée à l'analyse des incidences du projet sur les groupes faune et flore protégées :</p> <p><u>Incidences évaluées</u></p> <p>La mise en œuvre du chantier de dépollution du site (sur le secteur de la carrière) avec la nouvelle assiette foncière des aménagements de bâtiments résidentiels conduit à des incidences de destruction d'habitats et potentiellement d'individus de la faune et de la flore :</p> <p>Impact temporaire en phase chantier de dépollution et construction des bâtiments résidentiels sur le groupe des reptiles (lézard des murailles, lézard vert, et orvet fragile) mais également sur le groupe des oiseaux par le dérangement occasionné</p> <p>Impact permanent Suppression d'une haie de sapin douglas et suppression partielle de landes à Ajonc d'Europe et Genêt impactant un habitat d'alimentation (et potentiellement de reproduction) pour le Roitelet triple bandeau, le Verdier la Linotte mélodieuse, l'Hypolaïs polyglotte et le Tarier pâtre</p> <p><u>Définition de la phase « Evitement »</u></p> <p>La conception de la ZAC sur ce secteur de la carrière a été revisitée en réduisant le parc de logement (acté par le dossier de création puis réalisation de la ZAC validé en 2006-2007). La nouvelle esquisse prévoit sur le site de la carrière un parc paysager. Des adaptations ont ainsi été proposées sur l'assiette foncière des aménagements de l'habitat pour satisfaire les enjeux sanitaires (site de l'ancienne carrière), les enjeux de biodiversité (plus de parc naturel) et les enjeux de la faisabilité économique du projet (viabilité économique des équipements).</p>
---------------------------------------	---

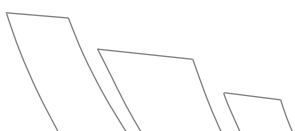


	<p>L'évitement permet alors de développer un parc paysager dont la définition reste à programmer mais dont les fondamentaux sont axés sur le principe de la naturalité (habitats naturels et « ordinaires » des milieux environnants) et de développer des connexions Nord/Sud initialement absentes ou de moindre épaisseur (donc de fonctionnalité réduites)</p>  <p>Les incidences susmentionnées ne peuvent être évitées en lien avec l'intérêt majeur de dépollution du site, qui conduit à générer des impacts temporaires et des incidences permanentes en lien avec les travaux préparatoires et la suppression d'habitats faune et flore. Malgré la suppression d'une partie des aménagements, des incidences permanentes et temporaires subsistent.</p> <p>Réduction Compensation et orientation du plan de gestion biodiversité</p> <p>Les enjeux de réduction et de compensation concernent différentes entrées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La mise en place d'un calendrier des travaux calé sur le moindre impact sur les phases du cycle de vie le plus sensible de chaque espèce considérée (évitement de la période de reproduction pour les oiseaux, évitement de la période d'hivernage pour les reptiles) • Recréation d'habitats favorables aux espèces impactées <ul style="list-style-type: none"> ○ Landes, haies et ourlets associés pour les oiseaux ○ Habitat de type hirbernacula et places de thermorégulation pour les reptiles ○ Restauration de milieux ouverts et piquetés et gestion conservatoire (landes)
<p>Recommandations « vertueuses » pour la nature dite « ordinaire »</p>	<p>En lien avec le plan de gestion de la dépollution du site et le « recyclage » des installations du chantier de dépollution, et dans un objectif vertueux de biodiversification du site, différentes actions sont préconisées pour optimiser l'accueil des espèces réglementées (voir supra), mais également pour les enjeux de la nature dite « ordinaire » et constatés sur le secteur d'études, dont le fondement correspond au développement d'un parc paysager sur la thématique des landes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réutilisation des pistes d'accès du chantier de dépollution comme barrière physique durable sur le plan sanitaire et comme base pour des habitats, à dominante minérale, favorables au développement de la lande. • Transfert de landes (gyrobroyât) et de prairies (foins) pour l'ensemencement • Végétalisation (hors sol) des terrains artificialisés imperméabilisés • Mise en défens de massifs originels de landes • Conservation et diversification de la pinède (au nord de la rue Pierre Le Nouail) • Traitement des massifs de plantes exogènes (Renouées et Buddleia) • Equipements de gîtes pour l'accueil des oiseaux et des chiroptères • Equipements de gîtes pour l'accueil de la petite faune (y.c. reptiles) • Plan de gestion différencié (à définir avec l'évolution du parc).



GLOSSAIRE

AEP : Alimentation en Eau Potable
ARIA : Retour d'expérience sur les accidents technologiques
ARS : Agence Régionale de Santé
As : Arsenic
Ba : Baryum
BASIAS : Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL : Sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
BDLISA : Base de données des Limites des Systèmes Aquifères
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS : Banque de données du Sous-Sol
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
Cd : Cadmium
COT : Carbone Organique Total
COHV : Composés Organo Halogénés Volatils
Cr : Chrome
Cu : Cuivre
DICT : Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux
DDTM : Direction Départementale des territoires et de la Mer
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ETM : Eléments traces métalliques
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT : Hydrocarbures totaux
Hg : Mercure
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN : Institut national de l'information Géographique et forestière
ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux
ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes
ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
Mo : Molybdène
MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
Ni : Nickel
PCB : Polychlorobiphényle
Pb : Plomb
Sb : Antimoine
Se : Sélénium
ZICO : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux
Zn : Zinc
ZNIEFF : Zones d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique



DOCUMENTS CONSULTÉS

Organisme/Personne contactée	Informations recherchées
Ministère des Finances et comptes Publics (https://www.cadastre.gouv.fr)	Plan cadastral
Institut national de l'information Géographique et forestière (IGN)	Cartographie IGN du secteur d'étude
Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (Infoterre.brgm.fr)	Contexte géologique, hydrogéologique, recensements des captages hydrauliques, espaces naturels remarquables, bases de données BASIAS et BASOL
Geoportail.gouv.fr	Contexte géologique, topographique, hydrologique, étude des photographies aériennes historiques

Textes et outils utilisés	Informations recherchées
Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'Avril 2017	Eléments nécessaires à la démarche du plan de gestion
Guide méthodologique pour l'élaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués de Mars 2017 de l'ADEME	
Norme NF X 31-620-2 prestation élémentaire A330 (identification des options de gestion)	
Rapport de l'ADEME d'octobre 2014 : « <i>Taux d'utilisation et coûts des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines pollués en France - Synthèse des données 2012</i> »	
Rapport du BRGM de juin 2010 : « <i>Quelles techniques pour quels traitements - Analyses coûts bénéfiques</i> »	
Guide du BRGM RP-64350-FR de 2016 intitulé « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution »	
Rapport de l'UPDS d'avril 2016 : « <i>Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués</i> »	
<i>SelecDEPOL</i> , outil de pré-sélection des techniques de dépollution élaboré par le BRGM et l'ADEME	

DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

Nom du document	Auteur	Format
ESQ – Plan d'aménagement	ID-UP	pdf

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



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	14
2. PRESENTATION DU SITE.....	15
2.1. LOCALISATION.....	15
2.2. DESCRIPTION DU SITE.....	17
2.3. ELEMENTS HISTORIQUES ET OCCUPATION ACTUELLE.....	19
2.4. SITUATION ADMINISTRATIVE.....	19
3. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS PRECEDENTES.....	20
3.1. INVESTIGATIONS SSP.....	20
3.2. INVESTIGATIONS / RESULTATS BIODIVERSITE.....	28
3.2.1. Flore habitats.....	28
3.2.2. Faune.....	30
3.2.3. Bilan fonctionnalités.....	31
4. DESCRIPTION DU PROJET D'AMENAGEMENT.....	32
5. SCHEMA CONCEPTUEL.....	34
5.1. POLLUTION.....	34
5.2. CARACTERISATION DES CIBLES.....	34
5.3. VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION.....	35
6. IDENTIFICATIONS DES OPTIONS DE GESTION – A330.....	37
6.1. ZONES DE POLLUTION CONCENTREE.....	37
6.1.1. <i>Interprétation des constats de terrain</i>	38
6.1.2. <i>Analyse statistique</i>	38
6.1.3. <i>Bilan massique</i>	40
6.1.4. <i>Définition de la zone de pollution concentrée</i>	42
6.2. GESTION DES POLLUTIONS EN SURFACE (RISQUES SANITAIRES).....	44
6.3. GESTION DU MERLON DE DECHET.....	44
6.4. MAITRISE DES IMPACTS.....	45
6.4.1. <i>Sélection des techniques de réhabilitation pour les zones concentrées</i>	45
6.4.2. <i>Travaux préparatoire et travaux de terrassement</i>	46
6.4.3. <i>Gestion des pollutions en surface</i>	47
6.4.4. <i>Evacuation du merlon</i>	48
6.4.5. <i>Suivi des travaux de réhabilitation</i>	49
6.4.6. <i>Calcul des risques sanitaires après travaux</i>	50
6.5. RESTRICTIONS D'USAGE.....	50
6.6. SYNTHESE DU BILAN COUTS/AVANTAGES SSP.....	50
6.7. PLAN DE GESTION/RESTAURATION RELATIF A LA BIODIVERSITE.....	52
6.7.1. <i>Travaux de génie écologique à des fins de compatibilité réglementaire volet biodiversité</i>	53
6.7.2. <i>Travaux recommandés à des fins de compatibilité réglementaire volet sanitaire</i>	56
6.7.3. <i>Autres Recommandations pour la biodiversification</i>	56



6.7.4.	Chiffrage estimatif des travaux de génie écologique.....	58
7.	CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE	59
8.	RECOMMANDATIONS	61
9.	EVALUATION DES INCERTITUDES.....	62
9.1.	LIEES AUX INVESTIGATIONS DE TERRAIN	62
9.2.	LIEES A L'ÉCHANTILLONNAGE	62
9.3.	LIEES AU PROGRAMME ANALYTIQUE	62
9.4.	LIEES AUX ANALYSES EN LABORATOIRE	63
9.5.	LIEES AUX MESURES DE GESTION.....	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Situation géographique du site d'étude (source : Géoportail, 2019)	15
Figure 2 :	Emprise cadastrale de la zone d'étude.....	16
Figure 3 :	Description du site.....	18
Figure 4 :	Localisation des résultats analytiques pour les BTEX, HAP, PCB et teneurs sur éluât des investigations sur les sols (ECR Environnement, 2021).....	25
Figure 5 :	Localisation des secteurs retenus pour le calcul des risques sanitaires	27
Figure 6 :	Lande à Ajonc de Le Gall / Callune et affleurements rocheux.....	28
Figure 7 :	Lande rase à Erica cinerea et Lande à Molinie	28
Figure 8 :	Lande en cours de boisement : Ptéridaie -Boulaie	28
Figure 9 :	Cartographie des habitats (ECR Environnement, 2022)	29
Figure 10 :	Lézard à eux raies – Orvet et Lézard des murailles (ECR Env. sur site).....	30
Figure 11 :	Tarier pâtre – Linotte mélodieuse et Fauvette grisette (ECR Env. / Lejas - Hors site).....	30
Figure 12 :	Carte de synthèse des enjeux de biodiversité identifiée.....	31
Figure 13 :	Esquisse du programme en 2006-2007 / Esquisse du programme avec séquence ERC en 2022.....	32
Figure 14 :	Projet d'aménagement – Scénario 4	33
Figure 15 :	Schéma conceptuel	36
Figure 16 :	Fréquence cumulée des teneurs en hydrocarbures C10-C40	39
Figure 17 :	Répartition des concentrations en HCT C10-C40 toute profondeur	40
Figure 18 :	Localisation des zones concentrées (impact en HCT C10-C40)	43
Figure 19 :	Localisation des zones sources et des anomalies en surface	47
Figure 20 :	localisation du merlon et des filières de gestion retenues.....	49
Figure 21 :	Bilan des actions préconisées pour la biodiversité du site	52
Figure 22 :	les alignements supprimés pour les travaux de dépollution et de viabilisation	53
Figure 23 :	Schéma d'aménagement 2006 / Schéma d'aménagement intégrant le parc : version 2022	54
Figure 24 :	Hirbernacula naturel /habitats semi-ouvert à restaurer (prise de vue ECR in situ)	54
Figure 25 :	restauration d'habitats favorables aux reptiles (ERC Env. D. LEJAS)	55
Figure 26 :	Recolonisation végétale suite à décapage (sur site)	56
Figure 27 :	Bilan des actions préconisées pour la biodiversité du site	57



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : répartition des fractions de l'essai de crible.....	20
Tableau 2 : Synthèse des valeurs maximales retrouvés dans les sols dans les études antérieures.....	21
Tableau 3 : Voies de transfert et d'exposition	35
Tableau 4 : Distribution des concentrations en HCT C10-C40.....	38
Tableau 5 : Bilan massique	41
Tableau 6 : Caractéristiques des sources de pollution	42
Tableau 7 : Zones impactées en surface	44
Tableau 8 : Estimation des coûts d'élimination des matériaux pollués	46
Tableau 9 : les zones impactées en surface	47
Tableau 10 : Synthèse des coûts liés à la réhabilitation du site	51



1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'aménagement de la pointe nord est de la ZAC de Beau Soleil sur la commune de Saint-Avé intégrant un parc paysager, la Mairie de Saint-Avé a mandaté ECR Environnement en janvier 2021 pour la réalisation d'études complémentaires pour affiner les études déjà menées et déterminer l'emprise du secteur pollué dont la zone d'expansion des hydrocarbures et des métaux lourds. Entre mars et septembre 2021, une batterie de prélèvements et analyses sur les différents milieux a été réalisé conduisant au diagnostic environnemental complet du site et une évaluation de l'impact environnemental sur les milieux eaux, sols et gaz du sol du site de l'ancienne carrière ainsi que dans son environnement proche. En septembre 2021, une évaluation des enjeux et des risques sanitaires liés à la présence d'amiante, de métaux et de polluants organiques et la compatibilité des sols en place avec l'usage futur du site a été menée suite à ces diagnostics complémentaires.

En parallèle, une évaluation des services écosystémiques et de la biodiversité et la continuité du futur parc avec la nature proche est menée, sur la base de la bibliographie existante et sur des compléments d'inventaires. L'enjeu est de rendre compte des éventuelles fonctionnalités des milieux quant à la biodiversité et d'aborder de manière protocolaire ou pas différents groupes faune et flore.

Entre octobre 2021 et avril 2022, une concertation sur l'aménagement du projet a été réalisé avec tous les acteurs concernés et en particulier la mairie de Saint-Avé et Bretagne Sud Habitat (BSH).

Le présent rapport, sous forme de plan de gestion, reprend donc les éléments évoqués lors de ces échanges et présente une estimation des coûts liés à la gestion des terres impactées par la présence de déchets solides, de composés organiques et inorganiques.

Ainsi, l'objectif de ce plan de gestion est de réaliser un bilan coût/avantages permettant de définir des solutions de gestion appropriées au regard des impacts identifiés, et de fournir les coûts associés.

La finalité des études « biodiversité et sites et sols pollués » menée par ECR Environnement est de proposer un programme de restauration et d'aménagement du site qui conjugue développement urbain et intégration de la biodiversité, tout en considérant un risque sanitaire négligeable à travers la mise en place des mesures de gestion des terres impactées.

L'ensemble des prestations est conforme aux préconisations de la circulaire (et de ses annexes) du 8 février 2007 et à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du Ministère de la transition écologique et solidaire en date d'avril 2017, adaptée de la norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » révisée en décembre 2018 pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

La prestation élémentaire réalisée est codifiée **A330** : « Identification des différents scénarios de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages ».



2. PRESENTATION DU SITE

2.1. Localisation

La zone d'étude est localisée au sein d'une zone urbaine. Les parcelles concernées par le projet d'aménagement sont référencées 743, 751 et 825 (section AZ) et 192 (section CC).

La zone d'étude est localisée au nord de Vannes sur la commune de Saint-Avé (56). Le site étudié est délimité :

- Au Nord, par la rue Pierre Le Nouail ;
- À l'Ouest, par la rue de la Voie Lactée ;
- Au Sud, par des habitations ;
- À l'est, par un terrain privé et des habitations.

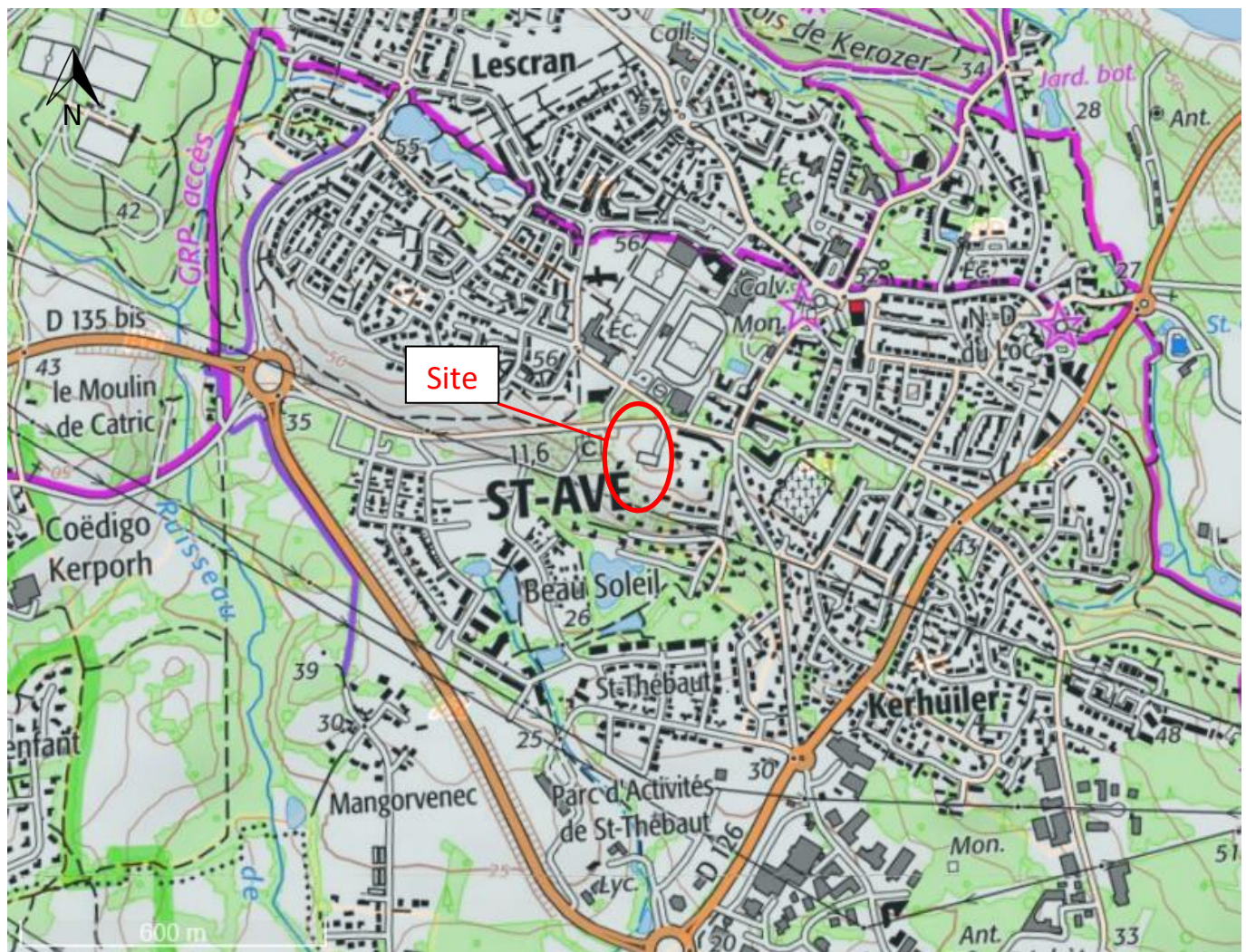


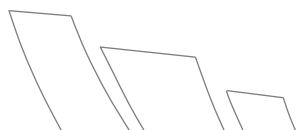
Figure 1 : Situation géographique du site d'étude (source : Géoportail, 2019)

Le futur parc paysager aura une emprise d'environ 12 000 m² (voir figure 2), répartie sur les parcelles 751 et 825 (section AZ) et 192 (section CC). Actuellement, une partie du site est accessible au public (terrain de sport et cheminement piéton) et l'autre est en friche.





Figure 2 : Emprise cadastrale de la zone d'étude



2.2. Description du site

La zone d'étude repose sur une ancienne carrière utilisée pour l'extraction de matériaux granitiques puis partiellement remblayée par des déchets. Les déchets sont localement très proches de la surface actuelle (<0,5m), et sur certains secteurs, des déchets sont retrouvés en surface (secteur du merlon, et au sud-est du futur parc paysager). Les sols de la zone d'étude sont composés de haut en bas par :

- ⇒ Au niveau de l'ancienne carrière :
 - un recouvrement végétal en surface de faible épaisseur (10 à 20 cm) ;
 - des remblais orduriers industriels pouvant contenir : amiante, bois, PVC, métal, caoutchouc, tissus, brique, parpaings, etc. liés au comblement de la carrière sur 2 à 6 m d'épaisseur ;
 - Le substratum granitique sous-jacent dans un état fragmenté à fracturé.
- ⇒ En dehors de l'ancienne carrière :
 - de terre végétale (environ 10 à 20 cm) ;
 - le substratum granitique sous-jacent, légèrement altéré en tête et dans un état fragmenté à fracturé.



Terrain de basket



Skate parc



Zone en friche, haie de peuplier



Merlon longeant la rue Pierre Le Nouail



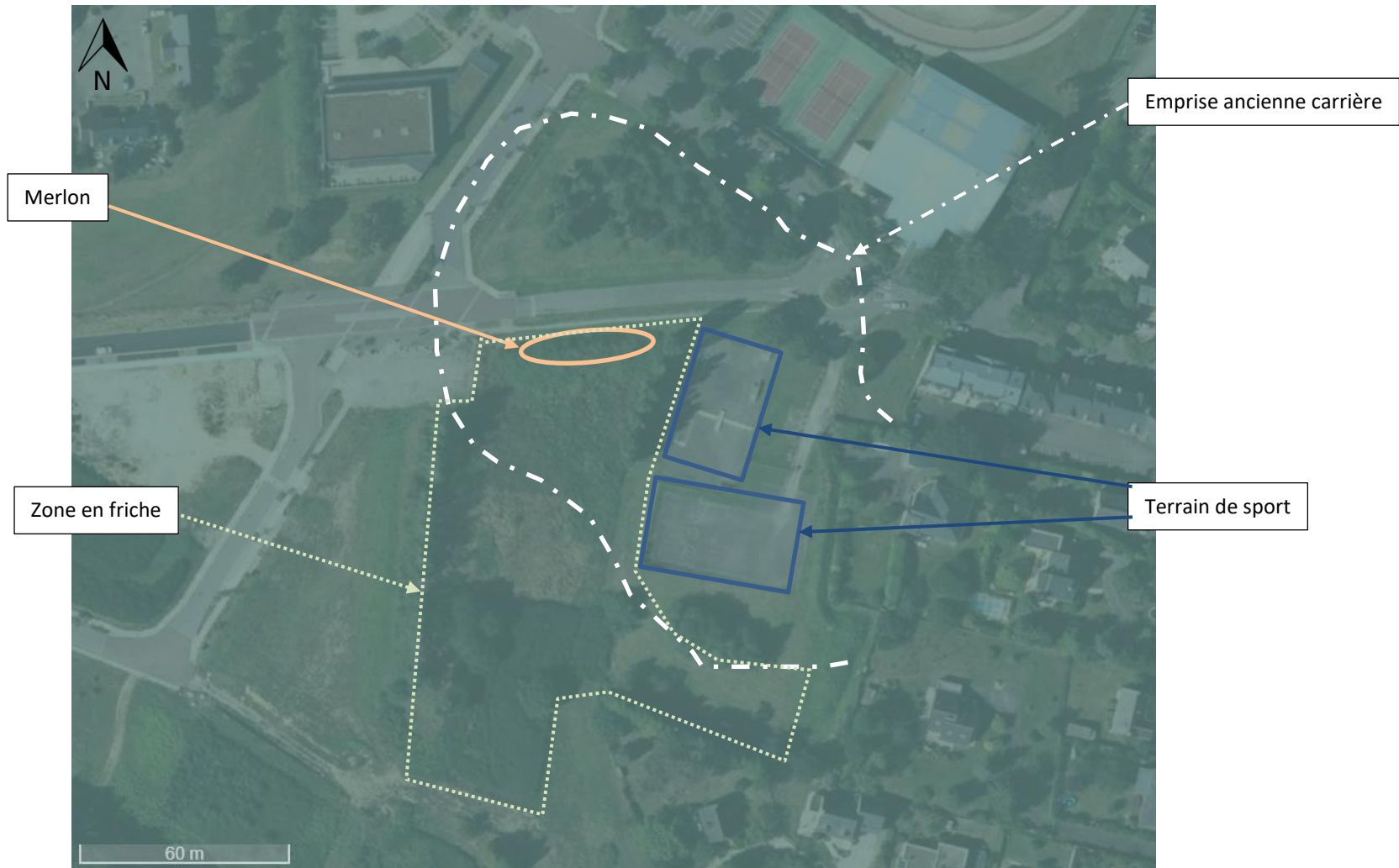
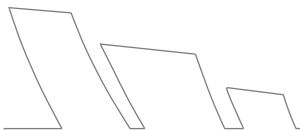


Figure 3 : Description du site



2.3. Éléments historiques et occupation actuelle

Actuellement, le zone est partiellement utilisée par les riverains (skate-park et terrain de basket). Le reste du site, en friche, ne dispose pas d'équipement permettant de recevoir du public. Des massifs de ronces et broussailles ne permettent pas la traversé de la zone d'étude. Auparavant, plusieurs phases d'exploitation successives de la carrière ont été identifiées. Ces phases sont liées aux activités d'exploitation minérale jusqu'en 1952, puis l'installation par l'armée de dépôt de munitions jusqu'en 1965. Dès la fin de l'activité militaire en 1987, la carrière a été progressivement remblayée, et ce jusqu'en 1991.

2.4. Situation administrative

Le site n'est pas répertorié dans la base de données BASIAS (Base de données sur les anciens sites industriels et activités de services) du BRGM.

Le site n'est pas répertorié dans la base de données BASOL (Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif).

Le site n'est pas répertorié dans la base de données des ICPE (Installation Classée pour le Protection de l'Environnement).

Le site n'est pas répertorié en Secteur d'information sur les sols (SIS).



3. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS PRÉCÉDENTES

3.1. Investigations SSP

Les études antérieures ont mis en évidence des déchets hétérogènes correspondant à des activités artisanales et industrielles. Aucune matière fermentescible n'a été décelé, l'absence de biogaz ayant été révélé lors de chaque campagne de mesure. Les métaux lourds sont quantifiés à des teneurs anormales sur la moitié des échantillons, avec une importante variabilité verticale et latérale. Elles sont plus importantes au droit de l'ancienne carrière à une profondeur moyenne supérieure à 2 mètres. Les anomalies principales concernent les éléments plomb, zinc, et plus ponctuellement le cuivre et l'arsenic. Un impact significatif en hydrocarbures est également identifié de façon plus ponctuelle. Par ailleurs, la zone périphérique de la carrière où le terrain granitique est quasi affleurant ne présente pas d'anomalie notable, hormis en bordure Est immédiate de la zone de remblaiement avec la présence de quelques métaux lourds.

Un essai de criblage en 2018 a été réalisé sur 200 m³. La présence de casseaux d'amiante y est détectée lors de cet essai (les BSDA de cette étude cumulent 62 kg de débris fibro ciment). Cet essai précise que le foisonnement des déchets est relativement faible (de l'ordre de 10 %), ce qui suggère des déchets peu compactés lors de leur enfouissement. La densité moyenne des déchets en place est estimée à 1,4 (terre et gravats de recouvrement non pris en compte). La répartition des fractions et déchets est la suivante :

Tableau 1 : répartition des fractions de l'essai de crible

Fraction	Proportion massique (%)
Ferraille/métaux	0,7
Gravats béton	3,5
DIB	18,5
Pneus	0,15
Bois	0,15
Fraction fine 0-20 mm	31
Fraction intermédiaire 20-75 mm	31
Fraction grossière >75 mm	31

Les résultats analytiques significatifs sont synthétisés dans le paragraphe suivant.

Les sols

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence diffuse de métaux lourds, impacts remarquables en arsenic, plomb, cuivre, zinc, mercure, antimoine, cadmium et chrome
- ⇒ Présence d'hydrocarbure totaux C10-C40, avec des teneurs remarquables sur 12 échantillons (> à 500 mg/kg MS)

- ⇒ Présence ponctuelle de BTEX, avec des teneurs au-dessus de la limite de quantification du laboratoire sur 3 échantillons ([C]max de 3,51 mg/kg MS sur l'échantillon « PA3 (1-2) »)
- ⇒ Présence diffuse de HAP, où les [C] restent toutefois peu élevées (< à 10 mg/kg MS)
- ⇒ Présence diffuse de PCB, où les [C] restent toutefois peu élevées (< à 0,1 mg/kg MS) exceptées sur 2 échantillons ([C]max de 6,2 mg/kg MS sur l'échantillon « CR9 (2-3) »)
- ⇒ Pas de fibre d'amiante

Tableau 2 : Synthèse des valeurs maximales retrouvés dans les sols dans les études antérieures

	HCT C10-C40 (mg/kg MS)	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
[Maximum]	10100	207	479	7543	26529	4,4	9
	Hg (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Somme 16 HAP (mg/kg)	Naphtalene (mg/kg)	PCB (mg/kg)	Somme des BTEX (mg/kg)
[Maximum]	1,02	140	47	8,66	0,67	6,2	2,4

Interprétations :

- ⇒ Horizon le plus impacté : entre 1 et 3 mètres
- ⇒ Les impacts révélés en 2021 sont globalement moins élevés que lors des études précédentes, notamment pour les hydrocarbures C10-C40 et les métaux lourds
- ⇒ Aucun matériau amianté n'a été mis en évidence (constat visuel et résultats d'analyse laboratoire), il ne semble pas y avoir de dépôt diffus de déchets anthropiques contenant de l'amiante. Pour rappel, seule la zone ayant été excavée lors des essais de criblage en 2017 présentait des déchets amiantés
- ⇒ La prospection au géoradar permettant de délimiter l'emprise de l'ancienne carrière doit être suivie de sondage à la tarière mécanique pour confirmer les premières observations

Le merlon

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence diffuse de métaux lourds : impacts remarquables en plomb, cuivre, zinc et mercure comparables aux anomalies naturelles modérées. Cette valeur seuil est dépassée pour le cuivre sur l'échantillon composite M2
- ⇒ Présence d'hydrocarbure totaux C10-C40, HAP, BTEX et PCB avec des teneurs modérées
- ⇒ Dépassement du seuil ISDI en sulfate sur l'échantillon M2 (composite)

Interprétations :

- ⇒ Présence de déchets (35 à 45 %) non négligeables sur chaque sondage : réutilisation sur site du merlon inenvisageable en l'état. Evacuation en centre ISDND ou plateforme de revalorisation à envisager
- ⇒ Constat visuel : pas de déchets amiantés type fibro ciment
- ⇒ Compatibilité des terres analysées avec une évacuation en ISDI (au regard de l'annexe II de l'arrêté préfectoral du 14/12/14)
- ⇒ Le merlon pourrait rester en place sous servitude (interdit d'accès au public aux abords du merlon), cependant son évacuation est préconisée pour optimiser l'aménagement paysager de l'entrée de ville et la gestion des déchets du merlon visibles malgré un couvert végétal dense



Délimitation de la carrière (nord)

Investigations :

- ⇒ 4 sondages à la tarière mécanique jusqu'à 6 mètres de profondeur maximale sont réalisés sur la rue des alizées et sur la partie enherbée, de part et d'autre de l'affaissement constaté sur l'enrobé

Interprétations :

- ⇒ Aucun constat visuel n'a décelé la présence de déchet, en surface et en profondeur
- ⇒ L'affaissement, d'une longueur de 15 mètres environ se situe au droit de plusieurs réseaux (gaz, fibre, éclairage public, EU/EP), une influence de l'un de ces réseaux est suspectée (fuite ponctuelle, sablon de canalisation non compacté etc...)
- ⇒ Le passage régulier de véhicules lourds peut accentuer le phénomène de tassement, qui semble être récurrent

Délimitation de la carrière (sud)

Investigations :

- ⇒ 42 sondages à la tarière mécanique sont effectués jusqu'à 3 mètres de profondeur maximale pour confirmer/affiner la délimitation de l'ancienne carrière avec un repérage visuel des déchets et terres impactées

Interprétations :

- ⇒ La délimitation corrobore avec l'emprise issue des études précédentes sur certains secteurs sud-ouest du terrain de basket ;
- ⇒ La délimitation actualisée accroît l'emprise de l'ancienne carrière avec une extension vers le sud de 8 à 10 mètres localement (sud-est du terrain de basket et deux pointes au sud-ouest du projet de parc)
- ⇒ Sur ce même secteur, la délimitation actualisée réduit l'emprise de déchets enfouis très localement de 4 à 5 mètres (retrait en pointe au sud-ouest du projet de parc)
- ⇒ L'emprise de déchets enfouis à des faibles profondeurs remet en cause le projet d'aménagement (CRAC 2017), en particulier pour les ilots C21 et C22 et les voiries menant à ces ilots vis-à-vis des problématiques de gestion des pollutions, de réalisation des fondations, de pose de réseaux souterrains et de compacité des terrains

Poussières

Investigations :

- ⇒ 2 prélèvements (P1 et P2) de poussières sont effectués entre les terrains de jeux et au pied du merlon longeant la rue Pierre Le Nouail
- ⇒ 10 prélèvements de poussières sont effectués autour du prélèvement P2. 4 prélèvements de poussières sont effectués à 2 mètres de P2, 4 autres prélèvements sont effectués à 5 mètres de P2. 1 prélèvement est effectué à 12 mètres au sud-est (haie de peuplier) et le dernier prélèvement est réalisé au droit du merlon à 20 mètres au nord-ouest de P2

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées près des terrains de jeux
- ⇒ Présence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées au pied du merlon
- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les poussières prélevées sur tous les autres échantillons



Interprétations :

- ⇒ L'origine des fibres d'amiantes détectées dans les poussières au pied du merlon est difficilement identifiable (déchets contenus dans le merlon ? résidus du crible effectué en 2017 ? Dépôts sauvage postérieurs à 2017 ?)
- ⇒ Une emprise d'environ 8 m² au droit du prélèvement P2 où la présence potentielle d'amiante peut être suspectée est retenue

Eaux superficielles

Investigations :

- ⇒ 2 prélèvements d'eaux superficielles sont effectués à 300 mètres au sud-ouest (et en contre bas) de l'emprise de l'ancienne carrière

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Absence de fibre d'amiante dans les échantillons
- ⇒ Présence modérée de métaux lourds (cuivre, zinc, cadmium), d'hydrocarbures et de toluène très en-dessous des seuils de comparaison

Interprétations :

- ⇒ Les impacts très modérés relevés dans les eaux superficielles ne peuvent être mis directement en relation avec les impacts relevés au droit de l'ancienne carrière
- ⇒ L'absence de fibre d'amiante confirme que l'impact relevé dans les poussières est à priori très localisé

Eaux « souterraines » ou eaux « d'accumulation »

Investigations :

- ⇒ 3 prélèvements d'eaux souterraines (ou d'accumulation) sont effectués sur P308, Pz2 et E2 en 2021

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence modérée de métaux lourds (nickel, cuivre, zinc, plomb, cadmium) sur les 3 ouvrages
- ⇒ Présence modérée d'hydrocarbures C10-C40 et de COHV sur Pz308 et E2
- ⇒ Présence modérée d'HAP sur Pz2 et E2

Interprétations :

- ⇒ Les impacts relevés sur les 3 ouvrages sont modérés et très en-deçà des constats relevés sur la matrice sol des horizons les plus impactés
- ⇒ Les ouvrages P308 et E2 sont très rapidement dénoyés lors de la purge. Il ne semble pas y avoir d'arrivée d'eaux souterraines sur ces ouvrages (à confirmer dans le temps)
- ⇒ L'ouvrage Pz2 a également été dénoyé à plusieurs reprises pendant le pompage, les arrivées d'eaux souterraines sont extrêmement limitées et s'apparente à des eaux d'accumulation des horizons supérieures
- ⇒ Aucun flux de polluant significatif depuis la matrice « sols » vers la matrice « eaux » n'a été mis en évidence

Gaz des sols

Investigations :

- ⇒ 3 prélèvements de gaz des sols sont effectués sur PA1, PA2 et PA3 en 2021

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Présence d'hydrocarbures C5-C10 sur les 3 ouvrages. L'ouvrage PA3 est le plus impacté avec [hydrocarbures aliphatiques]max = 7,06 mg/m³ et [Xylènes] = 1,77 mg/m³.
- ⇒ Présence de BTEX sur les 3 ouvrages. L'ouvrage PA3 est le plus impacté.



Interprétations :

- ⇒ Les impacts sont globalement moins élevés que lors des études précédentes ([hydrocarbures aliphatiques]max = 26,7 mg/m³ sur Pza9 en 2014)
- ⇒ La plupart des polluants retrouvés dans les sols ne sont pas volatils (métaux lourds, hydrocarbures lourds, PCB)

Air ambiant**Investigation :**

- ⇒ 1 prélèvement d'air ambiant a été effectué au droit du skate-park

Principaux résultats analytiques :

- ⇒ Eléments volatils non détectés

Interprétations :

- ⇒ Les paramètres analysés sont les mêmes que ceux recherchés dans les gaz du sol. L'absence d'éléments volatils (C5-C16, BTEX) démontre que l'air ambiant du terrain de jeux ne semble pas impacté par les teneurs relevés dans les gaz du sol

Pour la campagne effectuée par ECR Environnement en mai 2021, les résultats analytiques pour les BTEX, HAP, PCB et teneurs sur éluât sont présentés en figure suivante. Pour l'ensemble des résultats analytiques, les cartographies des teneurs supérieures aux valeurs de référence sont disponibles dans le rapport n°3508488 en Annexe 3 à 8.



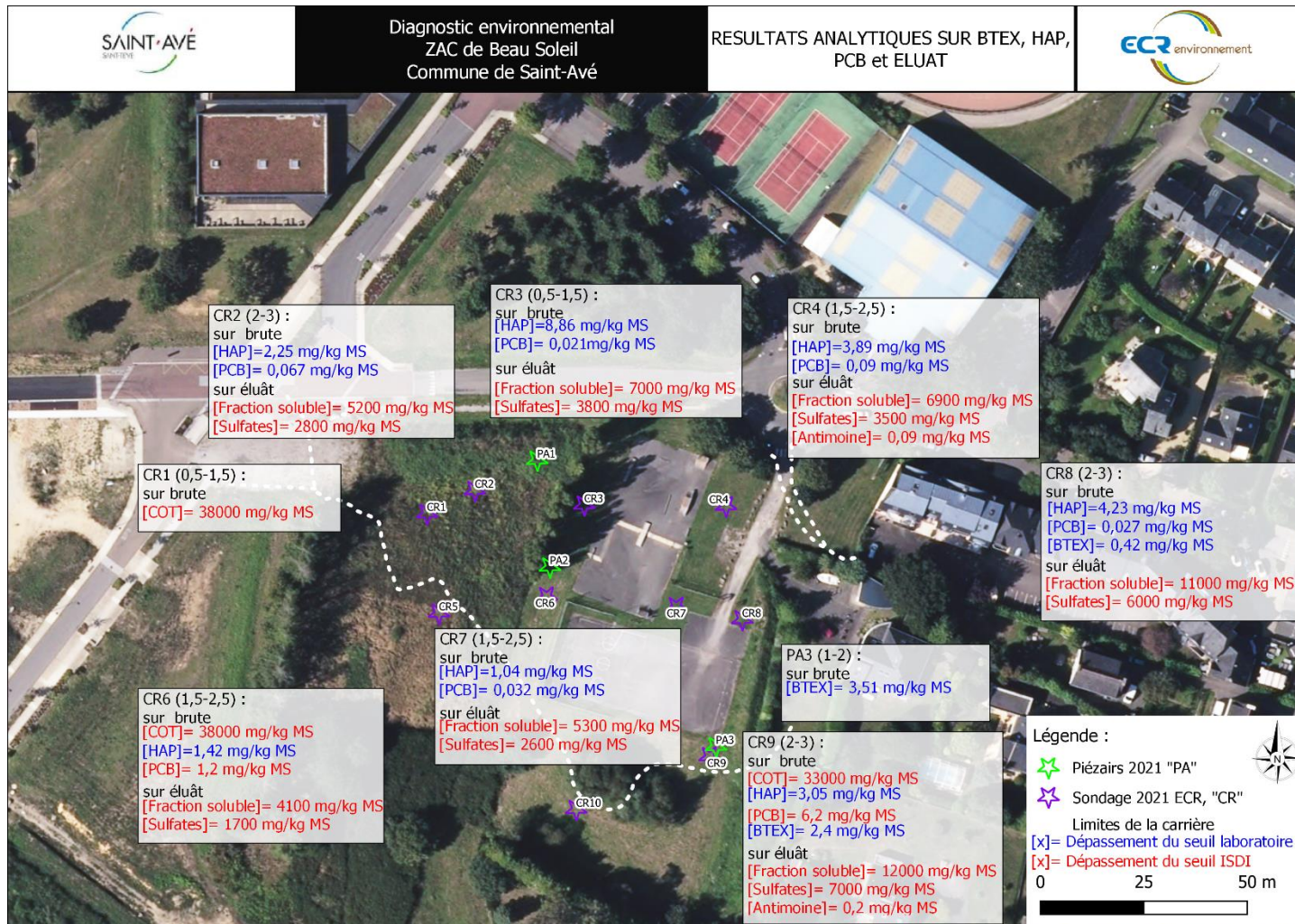


Figure 4 : Localisation des résultats analytiques pour les BTEX, HAP, PCB et teneurs sur éluât des investigations sur les sols (ECR Environnement, 2021)

Calcul des risques sanitaires :

En fonction des résultats analytiques de l'ensemble des études et du projet d'aménagement, plusieurs secteurs (voir figure en page suivante) ont été définis au droit de la zone d'étude en fonction de leur position et de leur futur usage :

- Nord,
- Est enrobé (terrain de sport),
- Est prairie,
- Ouest,
- Extérieur.

Sur cette base, les calculs de risques sanitaires sont établis pour chaque secteur, en fonction des scénarios envisagés (projet de parc, logement intérieur/extérieur, voirie/stationnement).

Résultats des calculs des risques sanitaires, à partir des concentrations dans les sols

Sur chaque secteur, le modèle du calcul de risque est réalisé pour chaque scénario envisagé (espaces verts, jardin potagers, habitation intérieure et extérieure et voirie).

Calcul à partir des concentrations maximales dans les sols (toute profondeur confondue)

Les **scénarios espace verts** présentent un **risque inacceptable** pour l'ensemble des zones définies

Le **scénario jardin privatif** présente un **risque inacceptable**

Les **scénarios voirie** (qui correspondent au recouvrement des espaces verts) présentent tous un **risque acceptable**

Le **scénario intérieur** présente un **risque acceptable** pour les logements

Calcul à partir des concentrations maximales dans les sols superficiels (0-1 mètre)

Les **scénarios espace verts** présentent un **risque inacceptable** pour l'ensemble des zones définies

Le **scénario jardin privatif** présente un **risque inacceptable**

Les **scénarios voirie** (qui correspondent au recouvrement des espaces verts) présentent tous un **risque acceptable**

Le **scénario intérieur** présente un **risque acceptable** pour les logements

Calcul à partir des concentrations dans les sols superficiels (0-1 mètre) en retirant les concentrations maximales

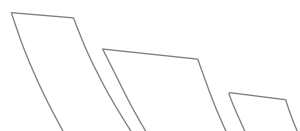
Pour le scénario espaces verts, le risque est acceptable pour :

- La zone Nord sous réserve de dépolluer les terres de surface au niveau du sondage S118
- La zone Ouest en l'état
- La zone Est Prairie sous réserve de dépolluer les terres de surface au niveau du sondage PM11*
- La zone Est Enrobé sous réserve de dépolluer les terres de surface au niveau du sondage S7
- La zone Extérieur sous réserve de dépolluer les terres de surface au niveau du sondage S101

Résultats des calculs des risques sanitaires, à partir des concentrations dans les gaz des sols

Les **risques calculés sont acceptables pour l'ensemble des zones.**

Les résultats de ces calculs de risques sanitaires sont pris en compte pour la réalisation des mesures de gestion du présent plan de gestion.



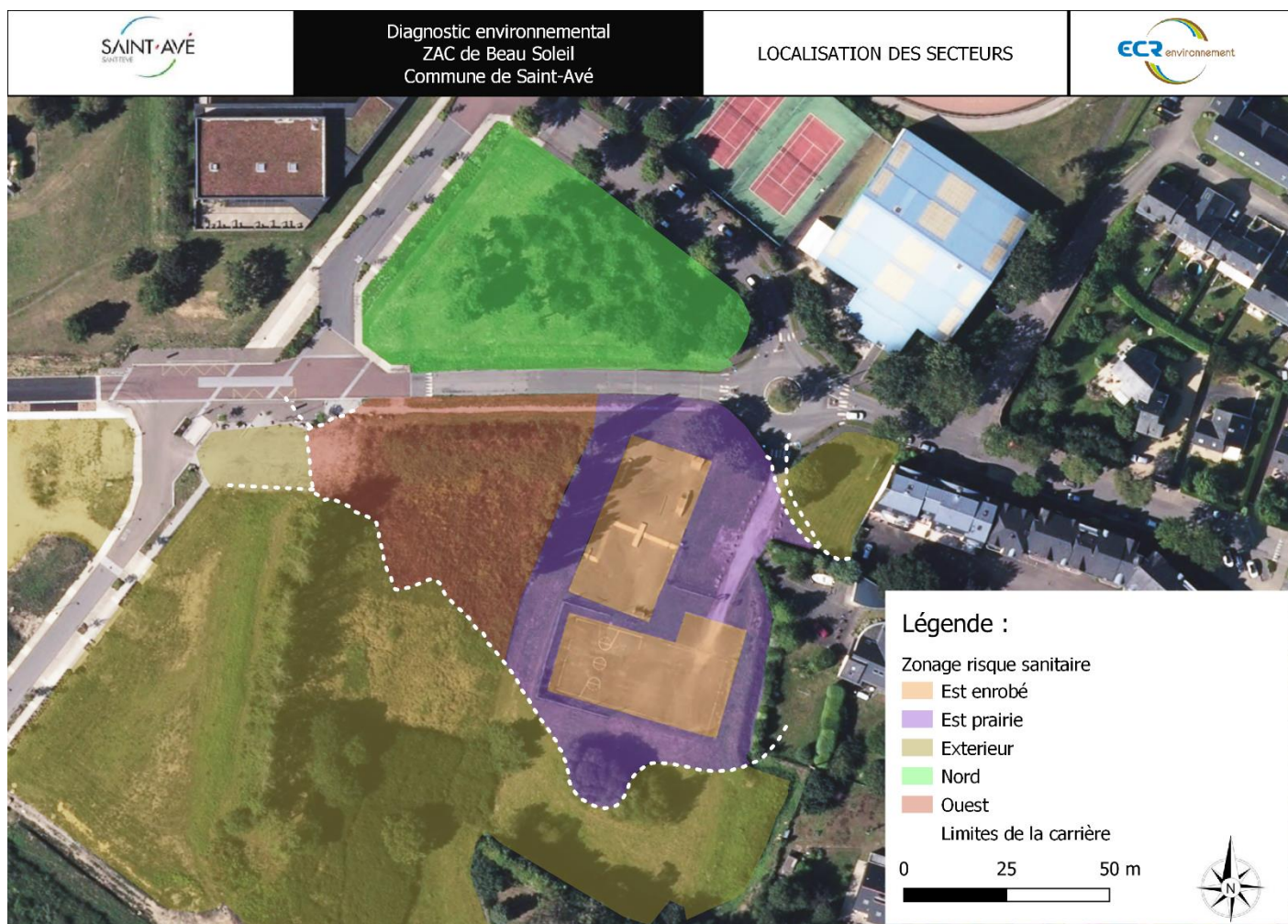


Figure 5 : Localisation des secteurs retenus pour le calcul des risques sanitaires



3.2. Investigations / Résultats Biodiversité

Le présent paragraphe fait état du bilan développé dans le précédent rapport concernant les investigations. En premier lieu, il est utile de rappeler que le secteur d'études se fonde dans un projet d'urbanisation en cours de réalisation. Des secteurs sont aménagés et d'autres verront le jour très prochainement. En second lieu, le périmètre rapproché des études faune et flore s'inscrit principalement sur une ancienne carrière remblayée et des équipements de voirie et de loisirs (skate-park – terrain de basket en enrobé). C'est un secteur qui doit être considéré sur sa majeure partie comme largement remanié.

3.2.1. Flore habitats

La nature a pu reprendre ses droits sur ces secteurs végétalisés dont l'antériorité n'excède pas trente ans, entre lande secondaire à Ajonc d'Europe, friche rudérale herbacée, bosquet et haie de résineux. Le contexte historique, avec un sol de faible voire de très faible profondeur et des affleurements rocheux, s'illustre par un paysage de lande sèche. Ce paysage avec tout l'intérêt qu'il représente dans ses variations et ses usages passés correspond à un axe stratégique dans la recomposition paysagère de cet espace voué à la biodiversité.



Figure 6 : Lande à Ajonc de Le Gall / Callune et affleurements rocheux



Figure 7 : Lande rase à Erica cinerea et Lande à Molinie



Figure 8 : Lande en cours de boisement : Ptéridaie -Boulaie



Figure 9 : Cartographie des habitats (ECR Environnement, 2022)

3.2.2. Faune

Sur ces espaces, une chaîne alimentaire et une complémentarité faune et flore a pu se réinstaller, production primaire en lien avec la flore et les habitats floristiques, faune édaphique, faune invertébrée épigée (fourmis, mollusques, araignées, papillons/chenilles, lombrics, orthoptères) qui intègrent directement le régime des reptiles contactés (orvet, lézard des murailles et lézard vert) et ce jusqu'à la faune des oiseaux et des mammifères (taupes, musaraignes, campagnol, lapins).

En termes de fonctionnalités, le périmètre rapproché abrite l'ensemble des attributs pour assurer le cycle de vie de certains reptiles (lézard à deux raies, lézard des murailles, Orvet), mais également de certains oiseaux, et notamment les nicheurs contactés (Linotte mélodieuse, Tarier pâtre ou encore Roitelet triple bandeaux), et bien évidemment les bases faunistiques de la chaîne alimentaire, les invertébrés.



Figure 10 : Lézard à eux raies – Orvet et Lézard des murailles (ECR Env. sur site)

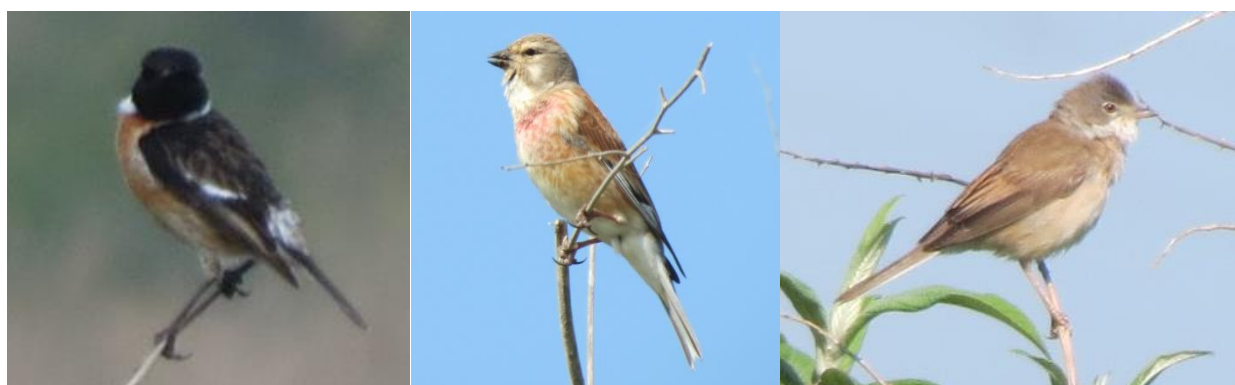


Figure 11 : Tarier pâtre – Linotte mélodieuse et Fauvette grisette (ECR Env. / Lejas - Hors site)



3.2.3. Bilan fonctionnalités

Comme indiqué, le site présente une large anthropisation depuis plusieurs décennies en lien notamment avec l'usage historique de la carrière. Les enjeux restent donc limités, néanmoins il est important de signifier les enjeux suivants :

- Forte présence de l'orvet
- Présence ponctuelle du lézard des murailles et lézard à deux raies (espèces protégées au niveau national / Espèces classée en « préoccupation mineure » sur la Liste Rouge Régionale 2015)
- Diversité des oiseaux en lien avec les habitats de landes, des résineux et des friches
- Nicheurs avérés sur le secteur : Roitelet triple bandeau, Verdier, Linotte mélodieuse, Hypolaïs polyglotte, Tarier pâtre, Espèces classée en « préoccupation mineure » sur la Liste Rouge Régionale 2015

La carte suivante illustre les principaux intérêts considérés au terme des inventaires en considérant les enjeux patrimoniaux (qui peuvent intégrer la nature ordinaire) mais également les enjeux réglementaires (faune protégée)

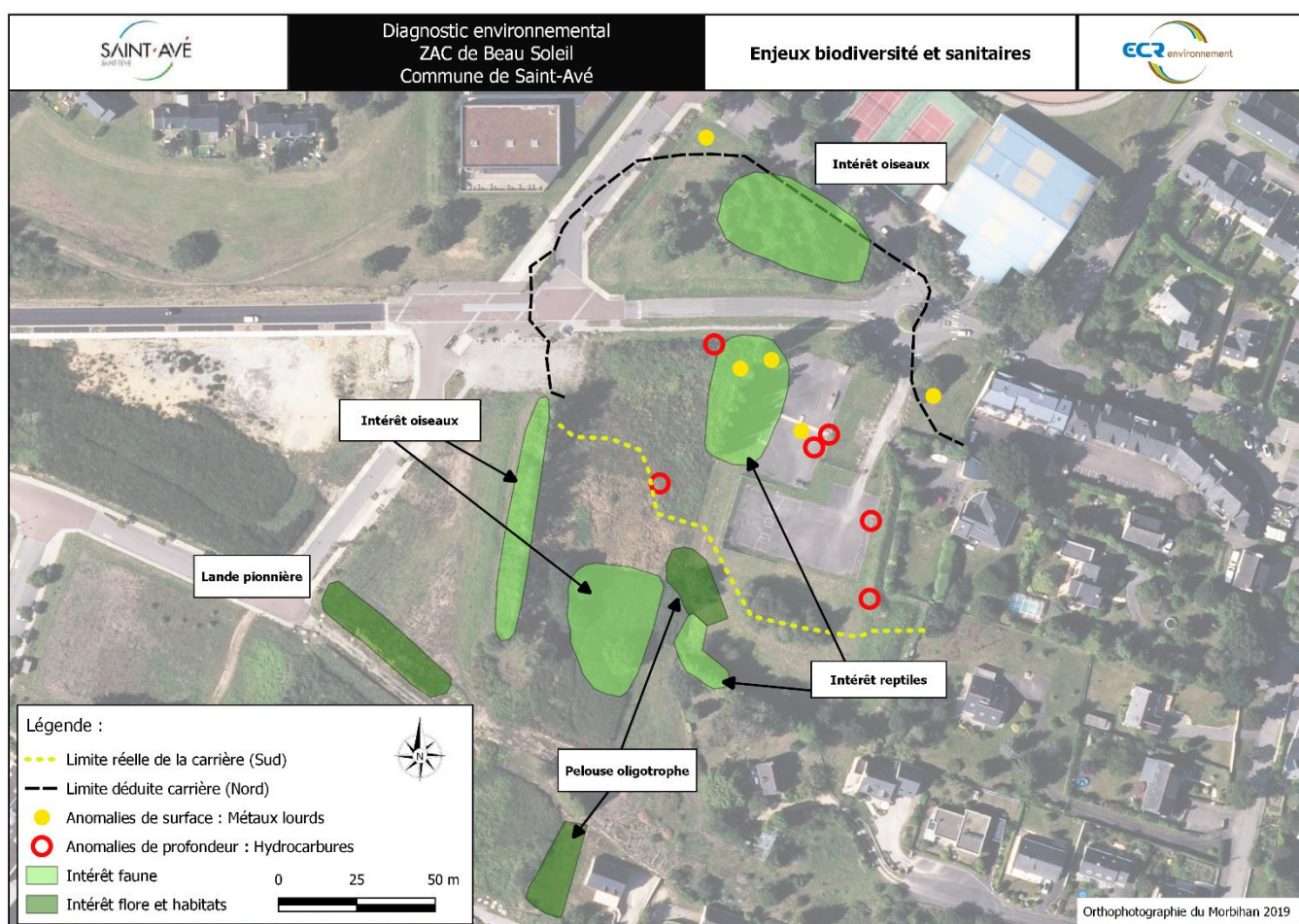


Figure 12 : Carte de synthèse des enjeux de biodiversité identifiée

4. DESCRIPTION DU PROJET D'AMENAGEMENT

A ce stade, le projet d'aménagement prévoit désormais l'aménagement d'un parc paysager de 12 000 m² au droit de l'ancienne décharge. En limite de l'emprise de l'ancienne carrière, et longeant le futur parc paysager des habitations collectives sont projetés. Des voiries, espaces de stationnement aérien public et des lots individuels ont été supprimés par rapport aux propositions initiales d'aménagement.

Le projet de la Mairie de Saint-Avé est de céder les lots d'habitations collectives et de garder la gestion et l'entretien du parc paysager, et différents corridors et voies vertes, après traitement des zones polluées les plus significatives.

Il est donc convenu la prise en compte des éléments suivants pour l'aménagement au droit de la zone d'étude :

- Absence de bâtiment à usage d'habitations au droit de l'emprise de l'ancienne carrière avec buffer de 5 mètres pour les constructions et stationnement en RDC aérien ;
- Absence de jardin potager ;
- Absence d'arbres fruitiers ;
- Les surfaces non bâties seront recouvertes d'enrobé, de béton ou de zones vertes aménagées sur les terres en place (minimum 30 cm de terre végétale) sur les lots collectifs ;
- Absence d'usage des eaux souterraines et superficielles au droit de l'emprise de l'ancienne carrière ;
- Réseaux considérés comme repris à neufs dans des tranchées spécifiques et avec des canalisations adaptées, hors emprise de l'ancienne carrière.

En page suivante, la figure présentée illustre le projet d'aménagement définitif.

Ce projet d'aménagement est issu de nombreuses concertations avec l'équipe projet, le comité de pilotage et tous les acteurs de l'étude. Plusieurs scénarii ont été développés et présentés. C'est finalement le scénario 4 qui représente le compromis le plus adapté aux enjeux de gestion des pollutions, de la biodiversité et de l'aménagement global du site dans la continuité de l'écoquartier de Beau Soleil.

Pour information la figure ci-dessous illustre le premier programme tel que défini à l'origine dans le dossier de création de la ZAC Beausoleil (2006) en comparaison du dernier scénario validé en 2022, illustrant l'emprise du parc paysager :



Figure 13 : Esquisse du programme en 2006-2007 / Esquisse du programme avec séquence ERC en 2022

5. SCHEMA CONCEPTUEL

Selon la méthodologie de gestion des sites et sols pollués en application de la Note Ministérielle du 19 avril 2017, le schéma conceptuel est réalisé pour établir un bilan factuel de l'état d'un site ou d'un milieu.

Cet état des lieux permet d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les voies d'exposition aux pollutions au regard des activités constatées ou prévues.

Le schéma conceptuel présente :

- la (ou les) source(s) de pollution ;
- les voies de transferts possibles ;
- les cibles potentielles ;
- les milieux d'exposition.

Il traduit le concept de « Source-Vecteur-Cible ».

Le but du schéma conceptuel est de représenter de façon synthétique tous les scénarii d'exposition directe ou indirecte, susceptibles d'intervenir. Il identifie les enjeux sanitaires et environnementaux à considérer dans la gestion du site.

5.1. Pollution

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

- Les HCT totaux,
- Les HAP,
- Les PCB,
- Les BTEX,
- Les métaux lourds.

5.2. Caractérisation des cibles

La cible principale considérée est l'homme, qu'il soit atteint de manière directe (par contact ou ingestion), ou indirecte (par inhalation ou ingestion d'eau potable via la perméation à travers les canalisations).

Ici, les cibles potentielles sont les futurs habitants et usagers du site.



5.3. Voies de transfert et d'exposition

Les voies de transfert possibles de la source vers les autres milieux, et les voies d'exposition associées, sont listées dans le tableau suivant (sous réserve de la représentativité des investigations réalisées).

Les mesures de gestion présentées dans le paragraphe précédent ont été prises en compte.

Tableau 3 : Voies de transfert et d'exposition

Voie de transfert	Voie d'exposition	Voie retenue	Justification
Contact direct avec les sols et poussières contaminées	Ingestion et contact cutané	Oui	Mise en place d'un recouvrement de surface (enrobé, béton ou terre végétale)
Dispersion atmosphérique de poussières	Inhalation de particules	Oui	Mise en place d'un recouvrement de surface (enrobé, béton ou terre végétale)
Volatilisation vers la surface depuis les sols ou la nappe	Inhalation de vapeurs	Oui	Hydrocarbures potentiellement volatils
Percolation vers la nappe	Utilisation de la ressource en eau souterraine	Non	Profondeur des eaux souterraines estimée supérieure à 10 m de profondeur
Perméation via les canalisations d'eau potable	Ingestion d'eau potable	Non	Réseaux considérés comme repris à neuf et adaptés
Bioaccumulation dans les végétaux	Consommation des végétaux autoproduits	Non	Absence de jardins potagers / arbres fruitiers

Le schéma conceptuel présenté en page suivante est établi pour un usage futur conforme au projet d'aménagement. On considère que le site sera aménagé de la manière suivante :

- Un parc paysager avec des voiries et des places de stationnements aériens ;
- Des logements individuels sont en cours de réflexion, il pourra donc y avoir des jardins potagers au droit du site ;
- La zone d'étude n'est pas systématiquement recouverte par un revêtement de type béton ou enrobé ;
- Aucune mesure de dépollution ou de gestion des effets potentiels de la pollution n'a été prise ;
- Pas d'usage des eaux souterraines (pas de puits sur site).



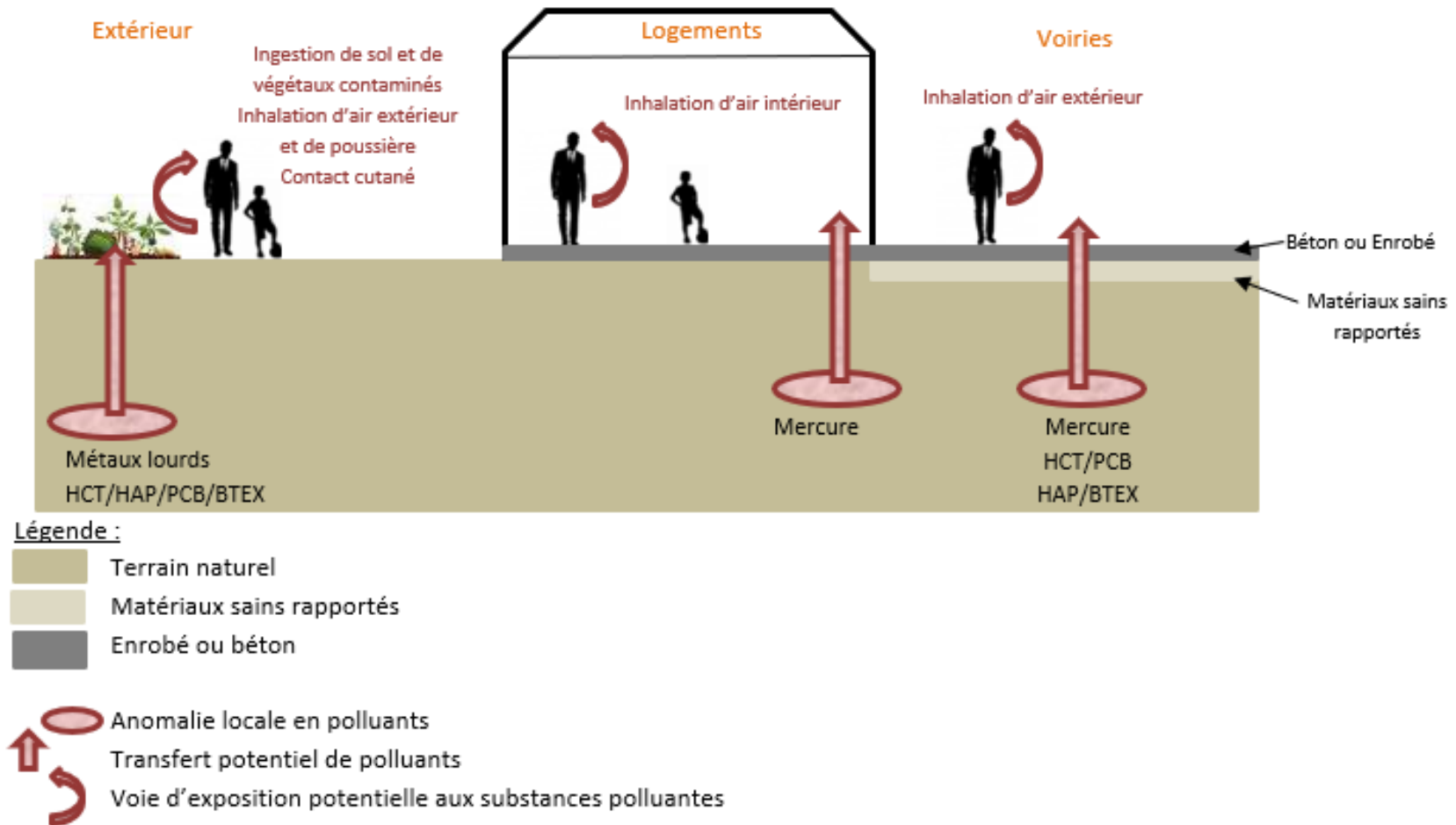


Figure 15 : Schéma conceptuel



6. IDENTIFICATIONS DES OPTIONS DE GESTION – A330

L'objectif du plan de gestion est d'identifier les solutions de gestion permettant d'atteindre une compatibilité entre la qualité du site avec ses usages futurs envisagés. Cette démarche prend en compte les caractéristiques du site, de son environnement et du projet, mais également les différentes options de remédiation potentielles.

Dans un premier temps, il convient d'étudier la possibilité d'éliminer les sources de pollution concentrée.

Lorsque cette solution ne peut être retenue pour des raisons économiques, techniques ou en l'absence de pollution concentrée, les impacts liés à la pollution résiduelle doivent être maîtrisés. Dans ce but, les différentes mesures de remédiation envisageables doivent être étudiées et comparées selon leurs coûts et leurs avantages.

Les scénarios de gestion doivent être conformes à la réglementation, et présenter des risques résiduels acceptables.

Des restrictions d'usages du site peuvent être appliquées.

6.1. Zones de pollution concentrée

Une zone de pollution concentrée correspond à un impact limité dans l'espace et caractérisé par des teneurs en polluants significativement supérieures à celles mesurées à proximité immédiate.

Dans le cas présent, les zones de pollution sont identifiées et délimitées dans l'emprise du site, au regard :

- Des teneurs en hydrocarbures C10-C40 dans les sols ;

La zone de pollution concentrée a été définie sur la base de seuils de coupure. Les méthodes suivantes ont été employées :

- Interprétation des constats de terrain ;
- Analyse statistique.

Concernant les autres milieux :

- Les eaux souterraines sont considérées non impactées au regard de la délimitation horizontale de la pollution dans les sols et de la profondeur supposée des eaux souterraines (les eaux retrouvées et prélevées dans les piézomètres étant considérées comme des eaux d'accumulation, aucune arrivée d'eaux souterraines n'a été constatée sur les ouvrages au droit du site) ;
- Les gaz du sol présentent des risques sanitaires acceptables au regard du projet d'aménagement (cf calcul de risques sanitaires).



6.1.1. Interprétation des constats de terrain

Compte tenu de la nature de la pollution (remblaiement constitué de déchets solides, disséminés sur l'ensemble de l'ancienne carrière), les constats de terrain apportent des éléments importants pour la définition des zones de pollution concentrées.

Les éléments suivants ont été pris en compte :

- Présence de déchets solides ;
- Présence d'un matériau de remblaiement très odorant, noirâtres ;
- Concentration significative en HCT C10-C40.

6.1.2. Analyse statistique

L'objectif de l'analyse statistique est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, *in fine*, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée.

Dans le cas présent, la pollution se caractérise par des teneurs significatives en hydrocarbures C10-C40. L'analyse statistique porte donc sur ce paramètre.

▪ Distribution de concentrations HCT C10-C40

La première étape consiste en la réalisation de calculs statistiques à partir des concentrations en hydrocarbures C10-C40 dans les sols mesurés sur 57 échantillons de sols.

Tableau 4 : Distribution des concentrations en HCT C10-C40

	Hydrocarbures C10-C40 (mg/kg MS)
Concentration maximale	10 100
Concentration moyenne	918
Médiane	195
Ecart type	1983
Percentile 25	25
Percentile 75	593
Percentile 80	1 040
Percentile 85	1 488
Percentile 90	1 879
Percentile 95	4 595

Il apparaît que :

- 75% des teneurs sont inférieures à 593 mg/kg MS ;
- 85% des teneurs sont inférieures à 1 488 mg/kg MS.



▪ Représentation graphique HCT C10-C40

Afin de déterminer des seuils de coupure, il convient ensuite de représenter graphiquement la distribution des concentrations en terme d'échantillons unitaires et de fréquence.

Dans le cas présent, pour l'étude des fréquences des teneurs en hydrocarbures C10-C40, des intervalles de 250 mg/kg MS ont été prises en compte.

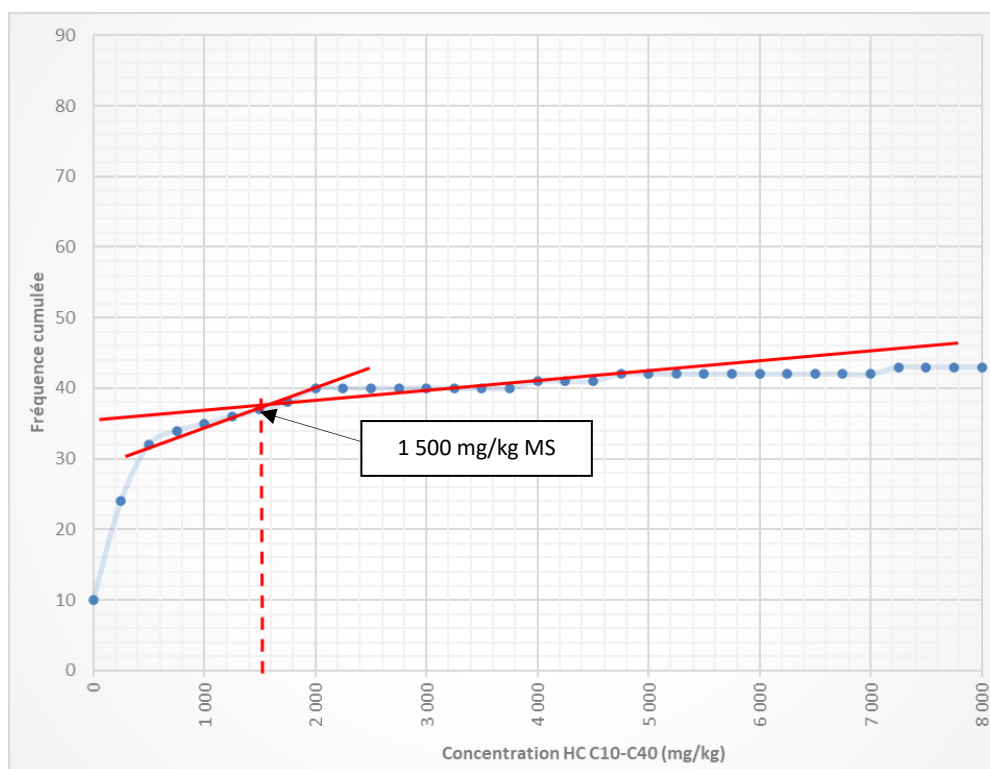


Figure 16 : Fréquence cumulée des teneurs en hydrocarbures C10-C40

Le graphique fait apparaître un seuil pour les hydrocarbures C10-C40 vers 1 500 mg/kg MS et un plateau vers 2 250 mg/kg MS.

Sur le graphique suivant, où la répartition des concentrations HCT C10-C40 toute profondeur confondues est illustrée, les teneurs au-dessus de 1400 mg/kg MS représentent les zones où les impacts sont les plus significatifs et mettent en exergue les zones de pollution concentrée.



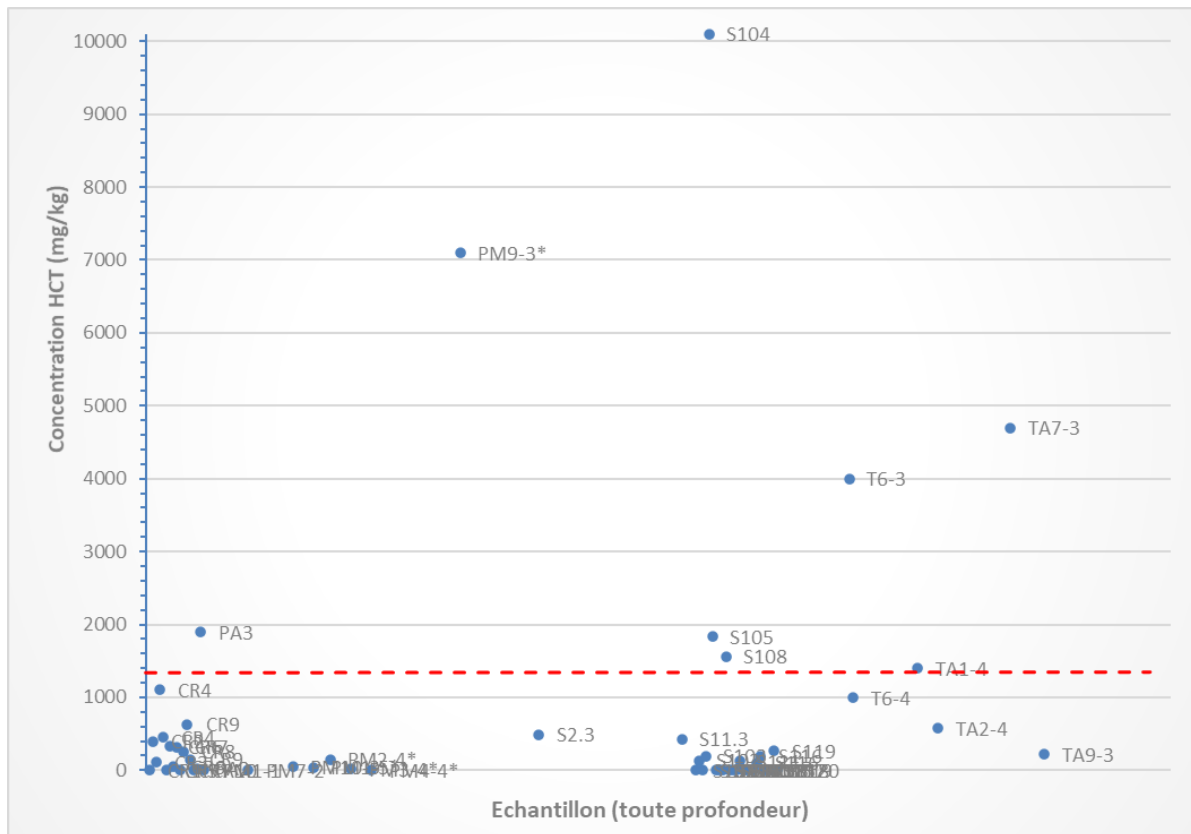


Figure 17 : Répartition des concentrations en HCT C10-C40 toute profondeur

6.1.3. Bilan massique

Le bilan massique des impacts est développé dans les tableaux en page suivante. La masse en HCT C10-C40 des zones sources représente plus de 80 % des impacts en HCT C10-C40 du site.

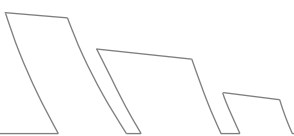


Tableau 5 : Bilan massique

Les données d'entrée du site

Superficie du site ≈ (m²)	12000
Epaisseur des sols destinés à rester en place et impactés en HCT C10-C40	3 mètres
Densité	1,8

Les zones sources

Zones	Couche concernée (m)	Emprise (m ²)	Volume (m ³)	Concentration moyenne en HCT C10-C40 (mg/kg)
S104-TA7	0-3	200	600	7400
PM9*	0-3	80	240	7100
T6	0-3	60	180	4000
S108-PA-3	0-3	180	540	1730
TA1	0-3	90	270	1400

Comparaison des masses en HCT C10-C40 des zones sources et du reste du site

	Volume (m ³)	Tonnage (t)	[C]moyenne HCT C10-C40 mg/kg	Masse de HCT C10-C40 (kg)
Zone de pollution concentrée	1830	3294	4326	14250
Le reste du site	34170	61506	261	16053



6.1.4. Définition de la zone de pollution concentrée

Sur la base des méthodes présentées précédemment, les critères suivants sont retenus pour la définition de la zone de pollution concentrée :

- **Concentration en hydrocarbures C10-C40 supérieure à 1 400 mg/kg MS entre 0 et 3 mètres de profondeur.**

L'emplacement des zones impactées identifiées est présenté en Figure 10.

Les caractéristiques des sources de pollution sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Caractéristiques des sources de pollution

	Surface (m ²)	Epaisseur pollution (m)	Sols pollués	
			Volume (m ³)	Tonnage (d=1,8)
Zone « S104 – TA7 »	200	3	600	1080
Zone « PM9* »	80	3	240	432
Zone « T6 »	60	3	180	324
Zone « S108 -PA3 »	180	3	540	972
Zone "TA1"	90	3	270	486
		TOTAL	1830	3294

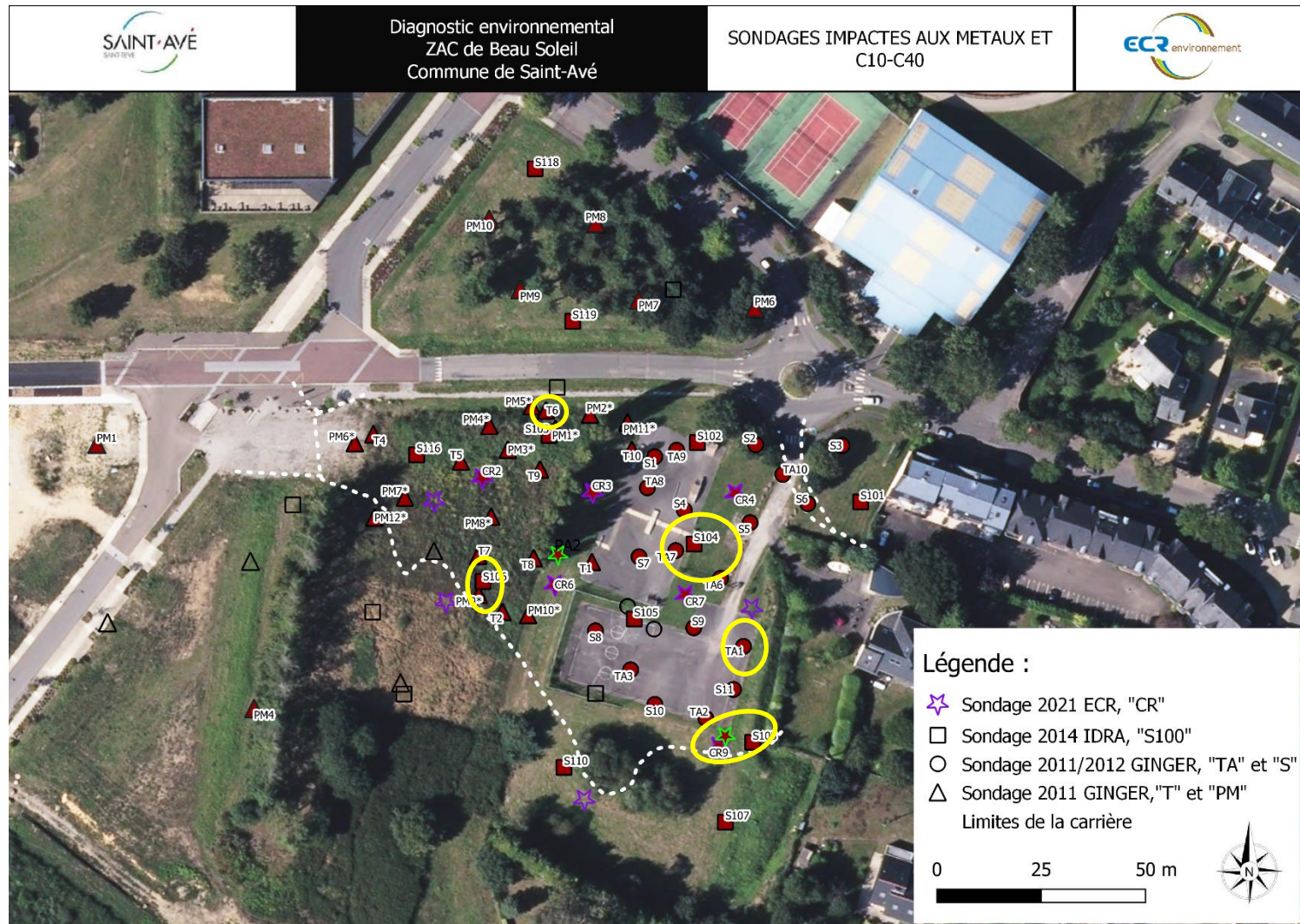


Figure 18 : Localisation des zones concentrées (impact en HCT C10-C40)



6.2. Gestion des pollutions en surface (risques sanitaires)

Les impacts principaux du secteur à l'étude sont les hydrocarbures C10-C40 et les métaux lourds. La présence diffuse et homogène sur l'ensemble de l'ancienne carrière ne permet pas d'identifier des sous-secteurs géographiques pour les métaux lourds. La mise en évidence de zone de pollution concentrée est donc moins pertinente. De plus, la deuxième partie de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (rapport n°6903790) à partir des concentrations dans les sols en surface (risque engendré par l'ingestion de sol, l'inhalation d'air et de poussière et contact cutanée) a mis en évidence 4 zones où les risques sanitaires sont inacceptables. En complément, les campagnes de prélèvement de poussière ont mis en évidence une zone circonscrite présentant des risques sanitaires inacceptables par ingestion de sol (voir parti 3 « synthèse des investigations précédentes »). Toutefois, considérant l'aménagement actuelle (zone enrobée) et un recouvrement en surface avec un apport de matériaux sain sur 30 cm minimum sur les zones concernées, l'EQRS précise que ces solutions de gestion sont acceptables pour maîtriser les risques sanitaires associés. Le détail de ces zones est repris dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Zones impactées en surface

Zones	Couche concernée (m)	Emprise (m2)	Volume de terres à apporter (m3)	Tonne de terres à apporter (t)	Coût (€/m3)
S118	Parc Paysager	25	10	18	160
P2	Parc Paysager	25	10	18	160
S101	Aménagement	/	/	/	/
S7	Zone enrobée	/	/	/	/
PM11*	Parc Paysager	25	10	18	160

6.3. Gestion du merlon de déchet

Le merlon de « déchet » est répertorié dans les études antérieures (cf Avant-projet relatif à la gestion des déchets pour l'aménagement des ilots C15 et C16, Réf : CDMCLB162560 / RDMCLB01275-02 en 2017, Annexe 1) mais n'avait pas été caractérisé avant 2021. Ce merlon de terre a donc fait l'objet d'investigation (cf : rapport 3508488, complément de la partie I) à travers la réalisation de 6 sondages à la pelle mécanique et 2 échantillons composites. Des déchets (plastiques, tissus, bois...) ont été remarqués sur toute la hauteur investiguée. La proportion de déchet est estimée de 35 à 40 %, le reste étant constitué de remblais sablo-limoneux de 35 à 45 % et de bloc granite et béton de 20 à 25 %. Bien qu'aucun constat visuel n'ait mis en évidence la présence de débris amiantés, il ne faut pas exclure la probabilité qu'il y en ait dans ce merlon, considérant notamment les aléas survenus en cours des études précédentes (cf criblage sur site en 2017).

L'évacuation de merlon estimé à 860 m³ est préconisée pour optimiser l'aménagement paysager de l'entrée de ville et la gestion des déchets du merlon visibles malgré un couvert végétal dense.

6.4. Maitrise des impacts

Le plan de gestion vise à maîtriser les sources de pollution afin que les risques potentiels attribués aux teneurs résiduelles soient acceptables tant pour la population que pour l'environnement.

Considérant le scénario d'aménagement du site, la voie d'exposition potentielle liée aux pollutions recensées sur le site est l'inhalation d'air, l'ingestion de sol et de poussière et le contact cutané).

6.4.1. Sélection des techniques de réhabilitation pour les zones concentrées

Plusieurs types de traitement existent pour les sols :

- In-situ : traitement des sols en place, sans excavation ;
- Sur site : excavation des sols et mise en place d'un système de traitement sur site ;
- Hors site : excavation des sols et évacuation en centre de traitement.

Les techniques de réhabilitation les plus adaptées au contexte du site ont été recherchées parmi la liste des techniques existantes (source guide BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts-bénéfices » datant de juin 2010), sans considérer dans un premier temps l'aspect financier.

Il convient de rappeler que le bilan coûts-avantages des solutions de gestion doit respecter le principe de proportionnalité : l'ampleur du plan de gestion doit en effet rester proportionnée aux pollutions et à leurs étendues. Aussi, lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, le bon sens conduit à excaver les terres et à les évacuer vers les filières de gestion appropriées, et non à s'engager vers des études lourdes et coûteuses qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion.

Dans la présente étude, le projet d'aménagement conduit à écarter les techniques des traitement *in situ*. De même, le traitement sur site semble inenvisageable par la présence des macrodéchets, de la nature des impacts et du projet d'aménagement. Les mesures de gestion retenues vont viser à supprimer les sources de pollution par excavation des terres impactées pour leur évacuation en centre de traitement.

Pour l'estimation des coûts, nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- Evacuation et élimination des terres impactées en incinération (TGAP et transport inclus) : **530 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination des terres avec déchets amiantés (TGAP et transport inclus) : **210 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination des terres impactées en ISDD (TGAP et transport inclus) : **138 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination des terres impactées en ISDND (TGAP et transport inclus) : **127 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination en plate-forme de valorisation (transport inclus) : **108 € HT/t** ;
- Bioterre hors site (biocentre) (transport inclus) : **75 à 90 € HT/t** ;
- Filière retenue :
 - o Zone « S104-TA7 » et « PM9* » : ISDD ;
 - o Zone « T6 », « S108-PA3 » et « TA1 » : ISDND.



Sur la base de ces hypothèses, les coûts pour le traitement des zones de pollution sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Estimation des coûts d'élimination des matériaux pollués

	Quantité (t)	Coût d'élimination (/tonne)	TOTAL
Zone « S104 – TA7 »	1080	138	149 040 €
Zone « PM9* »	432	138	59 616 €
Zone « T6 »	324	127	41 148 €
Zone « S108 -PA3 »	972	127	123 444 €
Zone "TA1"	486	127	61 722 €

Ainsi, avec un aléa de +/- 15%, le coût d'élimination des matériaux pollués est estimé **entre 370 et 500 k€ HT**.

Considérant les essais et études antérieures et l'hétérogénéité des déchets rencontrés sur le secteur, l'apparition de déchet amiantés engendrerait des surcoûts liés aux conditions spécifiques sur chantier (protection des travailleurs, conditionnement) et en évacuation pour un montant global de **692 k€ HT**.

6.4.2. Travaux préparatoire et travaux de terrassement

Des opérations de terrassement sont inhérents à la technique de réhabilitation retenue.

Considérant le projet d'aménagement, le coût des opérations comprenant le terrassement des zones impactées doit intégrer l'ensemble des opérations inhérents à ce type de réhabilitation. Ainsi, le coût estimé prend en compte :

- La préparation du chantier (démarches administratives, A/R matériel et personnel, signalisation, barriérage)
- Les travaux préparatoires (débroussaillage, arrêté de voirie...)
- Relevé géomètre avant et après travaux, calcul des cubatures ;
- Les soutènements pour les fouilles avec maintien des parois ;
- Les engins TP ;
- Les opérations de remblaiement (fourniture de matériaux et terrassement) ;
- Les prélèvements et le suivi des travaux par l'Entreprise travaux ;
- Le rapport de fin de travaux.

Ce coût ne prend pas en compte :

- Les coûts de concassage des bétons ;
- Le tri des matériaux sur site ;
- Le stockage temporaire sur site ;
- La découverte de matériaux amiantés.

Au bilan, les travaux préparatoires et l'ensemble des travaux de terrassement sont estimés entre 96 et 117 k€ HT. Avec un aléa de +/- 15%, le coût d'élimination des matériaux pollués est estimé **entre 91 et 123 k€ HT**.



6.4.3. Gestion des pollutions en surface

Considérant les résultats du calcul de risques sanitaires, les zones impactées en surface pour lesquelles des mesures de gestion doivent être appliquées sont détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : les zones impactées en surface

Zones	Couche concernée (m)	Emprise (m2)	Volume de terres à apporter (m3)	Tonne de terres à apporter (t)	Coût (€/m3)
S118	Parc Paysager	25	10	18	160
P2	Parc Paysager	25	10	18	160
S101	Aménagement	/	/	/	/
S7	Zone enrobée	/	/	/	/
PM11*	Parc Paysager	25	10	18	160

La localisation de ces zones est représentée dans la figure ci-dessous :

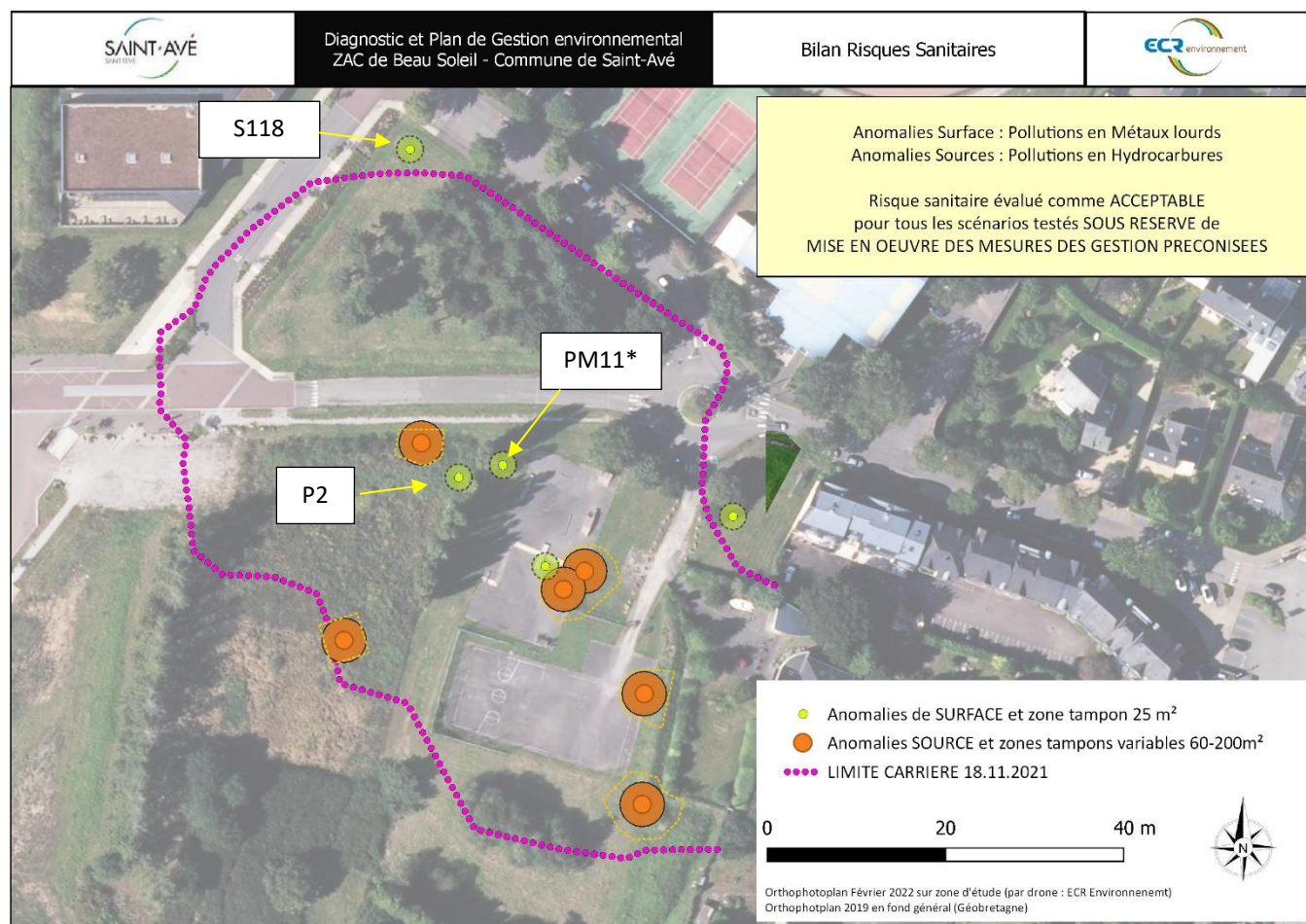


Figure 19 : Localisation des zones sources et des anomalies en surface

Considérant les projets d'aménagement, seul les secteurs S118, PM11* et P2 devront faire l'objet de mesure de gestion. La mise en place d'un géotextile et l'apport de matériaux sain sur 30 centimètres minimum devront permettre de couper les voies de transfert sur ces zones présentant des risques inacceptables.

Considérant l'ensemble du projet d'aménagement, le coût des opérations pour gérer ces zones en surface par recouvrement doivent intégrer :

- La préparation du chantier (démarches administratives, A/R matériel et personnel, signalisation, barriérage)
- Les travaux préparatoires (débroussaillage, arrêté de voirie...);
- Relevé géomètre avant et après travaux ;
- Mise en place d'un géotextile ;
- Les engins TP ;
- Les opérations de remblaiement (fourniture de matériaux et terrassement) ;
- Le suivi des travaux par l'Entreprise travaux ;
- Le rapport de fin de travaux.

Par ailleurs, la gestion des zones sources concentrées et les travaux liés aux enjeux de biodiversité va engendrer la création de pistes revalorisées (cf partie biodiversité). L'ensemble de ces travaux de recouvrement en surface est estimé entre **35 et 45 k€ HT** intégrant un aléa de +/- 15%.

6.4.4. Evacuation du merlon

Pour la gestion de merlon longeant la rue Pierre Le Nouail, le projet d'aménagement et la présence de macrodéchet conduit à écarter les techniques des traitement *in situ* et sur site. Les mesures de gestion retenues vont viser à supprimer les sources de pollution par excavation des terres impactées pour leur évacuation en centre de traitement.

Pour l'estimation des coûts, nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- Evacuation et élimination des terres avec déchets amiantés (TGAP et transport inclus) : **210 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination des terres impactées en ISDND (TGAP et transport inclus) : **127 € HT/t** ;
- Evacuation et élimination en plate-forme de valorisation (transport inclus) : **108 € HT/t** ;
- Bioterre hors site (biocentre) (transport inclus) : **75 à 90 € HT/t** ;

Considérant les essais déjà réalisés sur site et la nature des matériaux identifiés lors des investigations de terrain, les filières retenues sont la plate-forme de valorisation et l'ISDND.

Le coût des opérations pour gérer ce merlon de « déchet » doit intégrer :

- La préparation du chantier (démarches administratives, A/R matériel et personnel, signalisation, barriérage)
- Les travaux préparatoires (débroussaillage, arrêté de voirie...);
- Relevé géomètre avant et après travaux ;
- Mise en place d'un géotextile ;
- Les engins TP ;
- Les opérations de remblaiement de surface (fourniture de matériaux et terrassement) ;



- Le suivi des travaux par l'Entreprise travaux ;
- Le rapport de fin de travaux.

L'ensemble de ces travaux de recouvrement en surface est estimé entre 210 et 240 k€ HT, l'intégration d'un aléa de +/- 15% engendre une estimation comprise entre **178 et 276 k€ HT**.

Considérant les essais et études antérieures et l'hétérogénéité des déchets rencontrés sur le secteur, l'apparition de déchet amiantés engendrerait des surcoûts liés aux conditions spécifiques sur chantier (protection des travailleurs, conditionnement) et en évacuation pour un montant global de **381 k€ HT**.

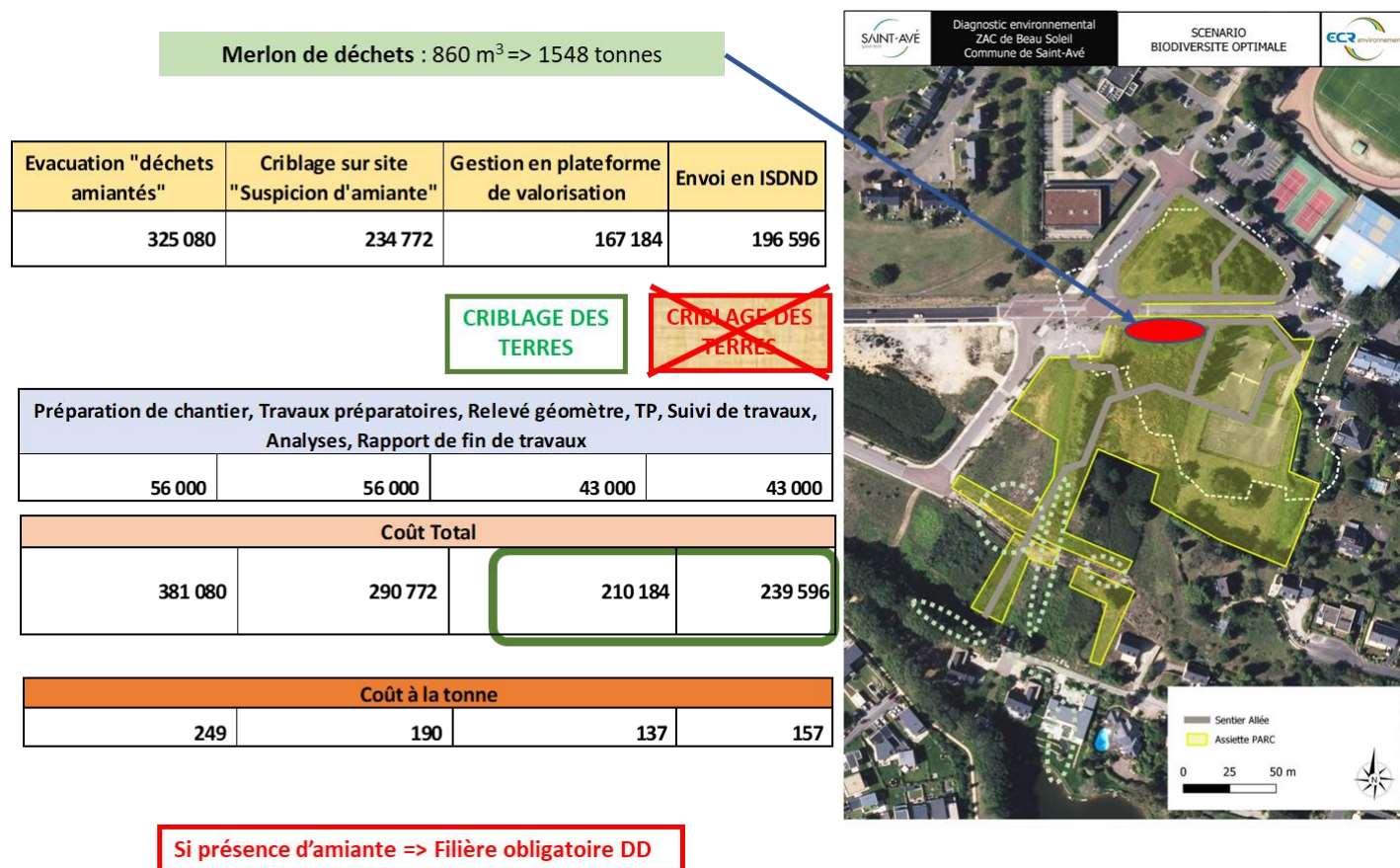


Figure 20 : localisation du merlon et des filières de gestion retenues

6.4.5. Suivi des travaux de réhabilitation

Il est recommandé de faire suivre les travaux de réhabilitation par une société spécialisée dans le domaine des sites et sols pollués afin de s'assurer de la conformité des opérations avec les dispositions prévues.

Les opérations de réhabilitation devront être explicitées dans un rapport de fin de travaux, dans lequel les zones traitées seront cartographiées.

Dans le cas de cette étude et sur la base du scénario de gestion retenu, le coût supplémentaire lié à l'organisation des travaux, au suivi et au rapport de fin de travaux est estimé **entre 10 et 15 k€ HT**.

6.4.6. Calcul des risques sanitaires après travaux

Un contrôle de la qualité des sols devra être réalisé après les travaux de terrassement, ainsi qu'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) à partir des analyses afin de valider l'absence de risque sanitaire pour les futurs usagers.

En cas de changement ultérieur d'usage, il conviendra de vérifier la compatibilité de la qualité des milieux avec le projet envisagé par le biais d'une nouvelle étude.

Le coût d'une ARR est estimé **entre 3 et 5 k€ HT**, pour la modélisation de deux scénarios.

6.5. Restrictions d'usage

Sur la base du mode de gestion proposé, il est recommandé d'instaurer des restrictions d'usage permettant notamment de garder en mémoire la présence d'impacts résiduels dans les sols, d'encadrer des modifications d'usage, d'assurer l'information des tiers.

Ces restrictions d'usage seront rassemblées dans un dossier de restrictions d'usage (mission A400 de la norme NF X 31-620-2). Il aura pour objet de garantir que l'usage futur du site restera compatible avec la solution de gestion retenue et mise en œuvre, en informant les futurs acquéreurs des pollutions résiduelles sur le site, des mesures de gestion mises en œuvre, des mesures d'entretien éventuellement requises pour pérenniser la compatibilité du site avec l'usage, les précautions à prendre et les mesures de surveillance éventuelles.

A ce stade du projet, les principales restrictions d'usage concernent :

- L'utilisation des sols en définissant les autorisations et interdictions concernant le type d'activités et de construction ;
- L'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas d'affouillements, de plantations, de pose de canalisation ;
- L'usage des eaux souterraines : interdiction de tout usage des eaux souterraines (hors suivi) sans une vérification préalable de leur compatibilité avec l'usage envisagé, au droit du site et en aval hydraulique ;
- La culture fruitière et légumière : absence de potager et de verger au droit du site ou le cas échéant, la mise en place d'infrastructures hors sol ;
- Les canalisations AEP : interdiction de toute pose de canalisation au droit de l'emprise de l'ancienne carrière.

Le coût de réalisation du dossier de restrictions d'usage est estimé à environ **5 k€ HT**.

6.6. Synthèse du bilan coûts/avantages SSP

Le bilan coûts-avantages ne constitue pas un devis pour des travaux de dépollution, ni une étude de conception ou de dimensionnement des futurs travaux. Il ne correspond également pas à un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dépollution. Sur la base des hypothèses énoncées précédemment, les coûts des travaux de réhabilitation et des opérations associés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Synthèse des coûts liés à la réhabilitation du site

	Fourchette basse	Fourchette haute	Fourchette haute (risque amiante)
Elimination des matériaux pollués	370 000 €	500 000 €	692 000 €
Travaux préparatoires, terrassment/remblaiement	91 000 €	123 000 €	123 000 €
Gestion des zones impactées en surface	35 000 €	45 000 €	45 000 €
Gestion/évacuation du merlon	178 000 €	276 000 €	381 000 €
Suivi des travaux par une société spécialisée	10 000 €	15 000 €	15 000 €
Calcul des risques sanitaires après travaux	3 000 €	5 000 €	5 000 €
Restriction d'usage	5 000 €	5 000 €	5 000 €
TOTAL	692 000 €	969 000 €	1 266 000 €



6.7. Plan de gestion/restauration relatif à la biodiversité

Deux grands types de recommandations de travaux de génie écologique sont proposées en les distinguant selon l'enjeu réglementaire :

- Le premier volet réglementaire concerne la biodiversité réglementée et le volet réglementaire sanitaire (mise en défens des zones de pollution traitées).
- Le seconde type de préconisations, se veut « vertueux » à des fins de diversification en particulier sur la nature dite « ordinaire ».

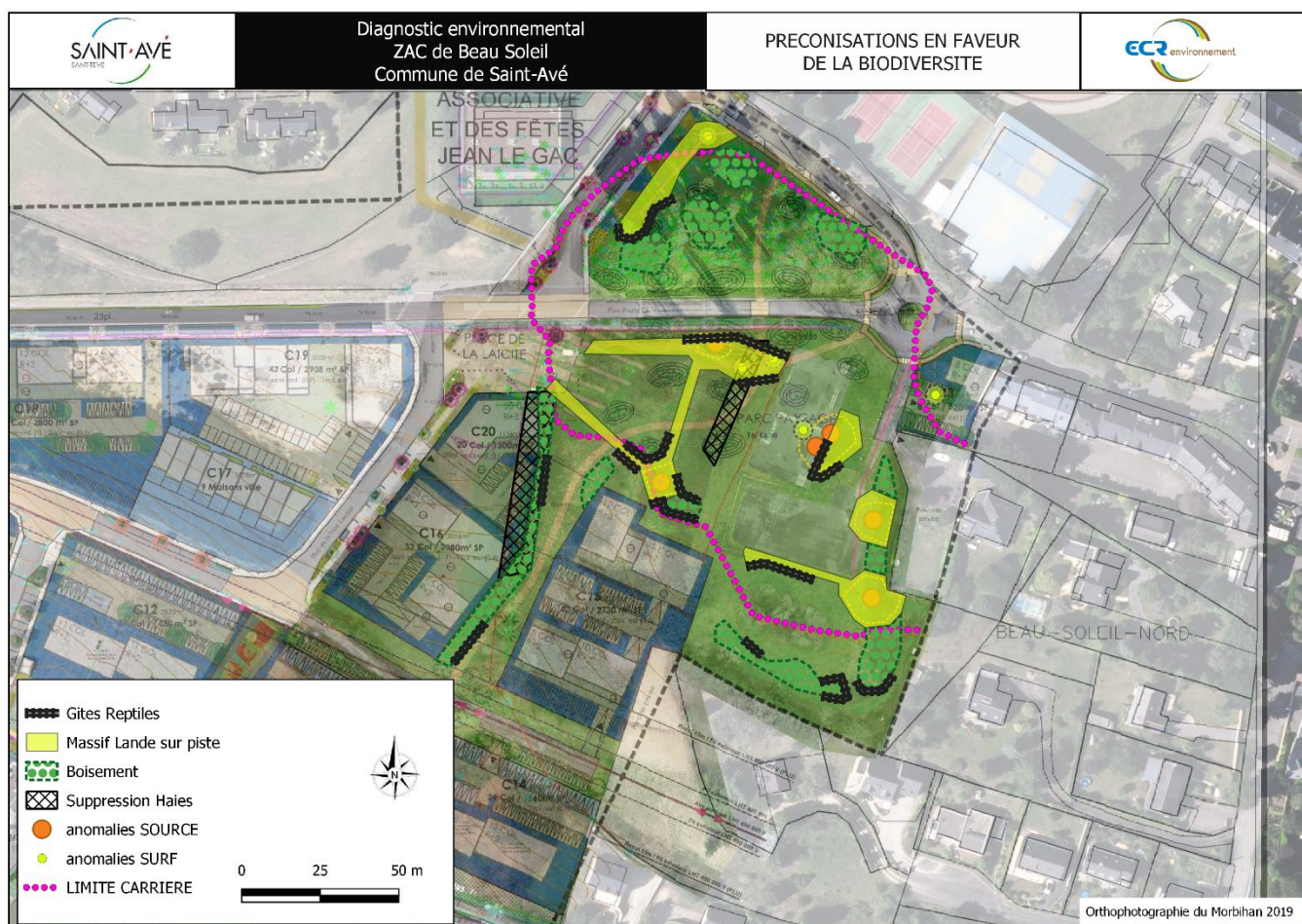


Figure 21 : Bilan des actions préconisées pour la biodiversité du site

6.7.1. Travaux de génie écologique à des fins de compatibilité réglementaire volet biodiversité

Ce volet de recommandations est directement associé aux enjeux réglementaires de protection de la biodiversité réglementée : La prise en compte des enjeux réglementaires relatifs à la biodiversité impose un certain nombre de prescriptions qui feront l'objet d'un dossier réglementaire et d'une instruction ad hoc (DDEP : Demande de Dérogation au titre des Espèces Protégées / articles R. 411-1 à 16 du code de l'environnement développant les conditions dans lesquelles peuvent être délivrées des dérogations sur l'emprise du parc paysager projeté). Dans ce sens, les prescriptions proposées à la suite sont directement associées à l'analyse des incidences du projet sur les groupes faune et flore protégées :

▪ Incidences évaluées

La mise en œuvre du chantier de dépollution du site (sur le secteur de la carrière) avec la nouvelle assiette foncière des aménagements de bâtiments résidentiels conduit à des incidences de destruction d'habitats et potentiellement d'individus de la faune et de la flore :

- Impact temporaire en phase chantier de dépollution et construction des bâtiments résidentiels sur le groupe des reptiles (lézard des murailles, lézard vert, et orvet fragile) mais également sur le groupe des oiseaux par le dérangement occasionné
- Impact permanent via la suppression d'une haie de sapin douglas et suppression partielle de landes à Ajonc d'Europe et Genêt impactant un habitat d'alimentation (et potentiellement de reproduction) pour le Roitelet triple bandeau, le Verdier la Linotte mélodieuse, l'Hypolaïs polyglotte et le Tarier pâtre



Figure 22 : les alignements supprimés pour les travaux de dépollution et de viabilisation

▪ Evitement acté

La conception de la ZAC sur ce secteur de la carrière a été revisitée en réduisant le parc de logement (acté par le dossier de création puis réalisation de la ZAC validé en 2006-2007). La nouvelle esquisse prévoit sur le site de la carrière un parc paysager. Des adaptations ont ainsi été proposées sur l'assiette foncière des aménagements de l'habitat pour satisfaire les enjeux sanitaires (site de l'ancienne carrière), les enjeux de biodiversité (plus de parc naturel) et les enjeux de la faisabilité économique du projet (viabilité économique des équipements).

L'évitement permet alors de développer un parc paysager dont la définition précise reste à programmer, mais dont les fondamentaux sont axés sur le principe de la naturalité (habitats naturels et « ordinaires » des milieux environnants) et de développer des connexions Nord/Sud initialement absentes ou de moindre épaisseur (donc de fonctionnalité réduites). **La thématique des habitats faune et flore de la lande sur cet espace correspond aux orientations pour les habitats à restaurer et créer.**



Les incidences susmentionnées ne peuvent être évitées en lien avec l'intérêt majeur de dépollution du site (suppression des risques sanitaires /vis-à-vis de la population), qui conduit à générer des impacts temporaires et des incidences permanentes en lien avec les travaux préparatoires et la suppression d'habitats faune et flore. Malgré la suppression d'une partie des aménagements, des incidences permanentes et temporaires subsistent.



Figure 23 : Schéma d'aménagement 2006 / Schéma d'aménagement intégrant le parc : version 2022

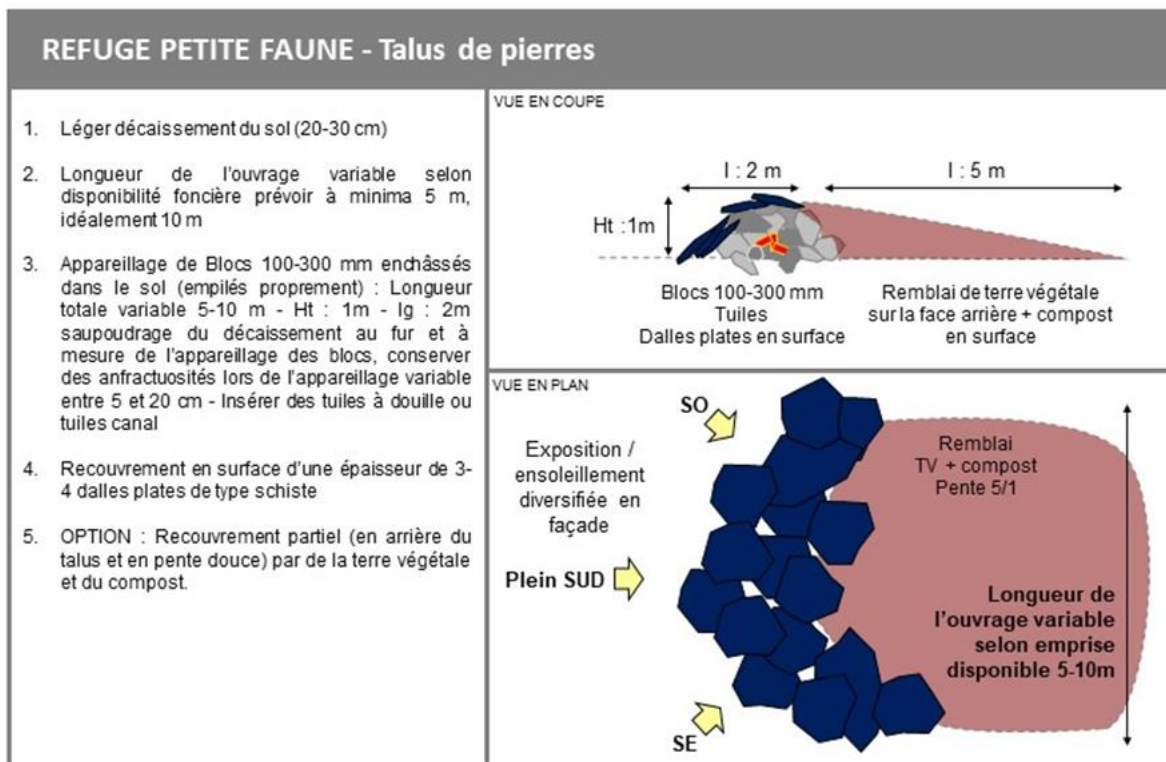
▪ Mesures en vue de compenser les pertes de biodiversité faune (oiseaux et reptiles)

Pour la phase travaux (dépollution) un certain nombre de mesures sont à programmer qui seront développées dans le cadre du dossier de dérogation :

- Calendrier de moindre impact sur les phases du cycle de vie le plus sensible de chaque espèce considérée (évitement de la période de reproduction pour les oiseaux, évitement de la période d'hivernage pour les reptiles)
- Restauration d'habitats favorables aux espèces d'oiseaux impactées : haies et ourlets, landes, des plantations viendront compléter le terrassement de pistes pour créer des talus (là encore les matériaux constituant le modelé de terrains seront issus des terrassements locaux, si nécessaire des compléments de terre végétale le plus local possible sera nécessaire). Les plantations seront toutes labellisées « végétal local ».
- Restauration d'Habitat de type hirbernacula et places de thermorégulation pour les reptiles. La fiche page suivante illustre différentes manières d'aménager des hirbernaculas et des places de thermorégulation pour les reptiles



Figure 24 : Hirbernacula naturel /habitats semi-ouvert à restaurer (prise de vue ECR in situ)



Soutènement Blocs appareillés



Couleuvre vipérine sur blocs 100-200 mm



Récupération de moellons, Mise en tas - Troncs bois mort en arrière

Murs de pierre sèche - Gabions pierre sèche
Equipements favorables aux reptiles en intégrant une zone herbeuse en bordure

Figure 25 : restauration d'habitats favorables aux reptiles (ERC Env. D. LEJAS)



6.7.2. Travaux recommandés à des fins de compatibilité réglementaire volet sanitaire

Ces recommandations concernent l'ensemble des zones sources et des sites de pollution dite de surface, qui feront l'objet de dépollution.

En effet de manière à éviter tous accès sur les zones dépolluées (zones sources et sites de pollution de surface), il est proposé au travers des recouvrements, qui seront mis en œuvre sur ces points de pollution traités et au travers des pistes d'accès, un recouvrement de matériaux minéraux issus des terrassements réalisés sur la ZAC.

La composition des pistes d'accès du chantier de dépollution se fera en blocs 0-200 mm (sur une épaisseur de 30-40 cm), qui seront compactés et tassés, grâce au passages répétés des engins pour l'évacuation des pollutions. Les pistes d'accès sont conservées sur site pour éviter tout affouillement et transfert de pollution au démontage de ces dernières. Le maintien de ces matériaux permet d'assurer le zéro contact entre les zones dépolluées et le public usager du parc à terme.

Ce substrat minéral pourra alors être ensemencé grâce des apports locaux de landes (éventuellement issus des décapages des terres avoisinantes de la ZAC mais également de la lande historique située au Nord-Ouest, via une reprise des broyats de végétation (et régalinge des broyats sur les pistes), et/ou transfert par décapage (dans ce cas l'étrépage de la lande doit être autorisé au préalable / à caler avec SEPNB Bretagne Vivante). Elles présentent un atout en particulier sur l'emprise de la carrière pour recréer une matrice minérale de surface favorable à la lande sèche.

L'objet est de recomposer une composition floristique à la manière de la colonisation constatée sur le chemin au sud du projet (voir figure suivante). Le développement de la lande (Ajonc d'Europe) constituera une barrière naturelle évitant tout accès sur l'ensemble des points de pollution, la végétation pourra être gérée de manière plus ouverte sur les pistes d'accès.



Figure 26 : Recolonisation végétale suite à décapage (sur site)

6.7.3. Autres Recommandations pour la biodiversification

En lien avec le plan de gestion de la dépollution du site (et le « recyclage » des installations du chantier de dépollution), et dans un objectif vertueux de biodiversification du site, différentes actions sont préconisées pour optimiser l'accueil des espèces réglementées (voir supra), mais également pour les enjeux de la nature dite « ordinaire » constatée sur le secteur d'études.

Pour rappel, la thématique du parc à créer sur cet espace se base sur les habitats de la lande sèche. En lien avec cette thématique, différentes entrées peuvent être développées de manière à diversifier les habitats. Les actions suivantes reprennent l'ensemble des préconisations réglementaires et « vertueuses » :



Restauration des habitats à des fins réglementaires (voir supra)

- Réutilisation des pistes d'accès du chantier de dépollution comme barrière physique durable et habitat minéral pauvre favorable au développement de la lande / Transfert de landes (gyrobroyât) et de prairies (foins) pour l'ensemencement
- Hirbernacula et place de thermorégulation pour les reptiles

Restauration et biodiversification du site

- Végétalisation (hors sol) des terrains artificialisés imperméabilisés
- Mise en défens de massifs originels de landes
- Conservation et diversification de la pinède
- Traitement des massifs de plantes exogènes
- Equipements de gîtes pour l'accueil des oiseaux
- Equipements de gîtes pour l'accueil de la petite faune (y.c. compris reptiles)
- Plan de gestion différencié (à définir avec l'évolution du parc)



Figure 27 : Bilan des actions préconisées pour la biodiversité du site

6.7.4. Chiffrage estimatif des travaux de génie écologique

TRAVAUX DE GENIE ECOLOGIQUE ZAC Beausoleil / Parc écopaysager - SAINT AVE
 06/05/2022


Libellé - travaux	Unité	Qté	Cout unitaire € HT	Cout total € HT
Débroussaillage du site pour travaux à suivre	F	1	2000	2 000,00 €
Abattage de la haie de résineux (30 ind.) + abattage sélectif dans le boisement (10 ind.) + abattage de l'alignement de peupliers				
Rémanents gérés sur site (débités en rondins de 1,00 m et fixés sur place) pour moitié - Evacuation autre moitié	unité	50	350	17 500,00 €
Création de pistes en 0-200 de vrac de décaissement des terrains environnants (pris en charge dans le cout de dépollution : entre 35 000 et 45 000 € HT)				
Traitement avec évacuation des secteurs de Renouées et Buddleia (pises intégrées en restauration)	m ²	100	10	1 000,00 €
Transfert et mise en forme de "terres de landes" locales pour constitution du talus pour la haie - Prélèvement /transfert dans un rayon de 750 m	m ³	160	40	6 400,00 €
Transfert de "terres de landes" locales pour régilage sur pistes	m ³	270	25	6 750,00 €
Transfert de "landes" locales pour ensemencement				
Prélèvement minutieux de la "végétale" superficielle et transfert en "dalles" et/ou transfert de broyat ou foins de landes	m ²	800	25	20 000,00 €
Plantation d'une haie pluri strate de jeunes plants forestiers (3 plants au m) - linéaire 200 m environ (comprend protection, tuteurage et paillage)	unité	600	6,5	3 900,00 €
Plantations de 1 baliveau espèces arborescente /10 m de haie (comprend protection, tuteurage et paillage)	unité	20	40	800,00 €
Plantation arbustive pour diversification du boisement Nord (3 plants au m) (comprend protection, tuteurage et paillage)	unité	500	6,5	3 250,00 €
Murets de pierre sèche intégrées dans les talus bocagers				
Pierres naturelles locales taillées dimensions 0,60 x 0,40	m	80	800	64 000,00 €
Murets de gabions double torsion (0,50 x 0,50 x 1,50 m)				
Remplissage en vrac pierres locales naturelles	m	160	200	32 000,00 €
Clôture type haie Benjes (pieux châtaignier 2 pieux de 2,5 m / au m) pour gestion rémanents/diversification	m	100	25	2 500,00 €
COUT ESTIMATIF € HT				160 100,00 €
			Aléas	15%
				24 015,00 €
COUT ESTIMATIF TOTAL € HT				184 115,00 €
Chiffrage estimatif qui ne comprend pas les aménagements paysagers relatifs à : la place de Laïcité et sa transition vers le parc, l'aménagement de la voie Pierre Le Nouail et ses transitions vers le parc, les surfaces enrobées du skate parc et du terrain de basket et leurs transitions vers le parc les cheminements piétons du parc et les éventuels équipements ludiques la signalisation (sensibilisation pédagogie à l'environnement/biodiversité...)				
En surligné jaune, le cout estimatif des travaux de génie écologique considérés inscrits au dossier de dérogation dans le cadre des mesures compensatoires pour suppression de haies et suppression d'habitats reptiles : SOIT ENVIRON 130 000€ HT Linéaire de compensation basé sur un ratio de 2 pour la suppression des boisements : soit 2x100 m environ Linéaire de compensation basé sur un ratio de 1 pour la suppression de lisières (place de thermorégulation et refuge) soit 1x 240 m environ				



7. CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE

Dans le cadre d'un projet de réhabilitation d'une ancienne carrière remblayée avec des déchets sur la ZAC de Beau Soleil à Saint-Avé (56), la Mairie de Saint-Avé a mandaté ECR Environnement pour la réalisation d'une étude permettant d'appréhender les opérations de réhabilitation.

La zone d'étude présente une pollution par des HCT C10-C40 et métaux lourds générée vraisemblablement par des dépotages sauvages dans les années 80-90.

Les objectifs de cette étude sont d'identifier les mesures de gestion des impacts sur la base d'un bilan coûts avantage conformément à la méthodologie nationale des sites et sols pollués.

Les investigations permettant de réaliser le présent plan de gestion ont été réalisées entre 2011 et 2021. Elles ont permis de mettre en évidence des impacts significatifs dans les sols en composés organiques (HCT C10-C40) et inorganiques (métaux lourds).

A ce stade, il est envisagé un usage futur de parc paysager. Sur la base des résultats des investigations précédentes et du projet d'aménagement, un schéma conceptuel a été établi afin d'identifier les risques potentiels pour les futurs usagers. Ce dernier a mis en évidence une exposition potentielle par inhalation d'air, ingestion de sol et de poussière. Des risques inacceptables sur des impacts en surface ont été mis en évidence, et les mesures de gestion détaillées permettent de maîtriser ces risques.

Par ailleurs, en application des textes ministériels de février 2007 et d'avril 2017, l'objectif du plan de gestion est l'élimination ou, à minima, l'atténuation des sources de pollutions identifiées dans les sols.

Sur la base des résultats des investigations, les critères cumulatifs retenus pour la définition des zones de pollution sont :

- La présence de déchet dans les sols, présence de terres noirâtre et odorantes ;
- Les concentrations en hydrocarbures C10-C40 supérieure à 1400 mg/kg MS (teneur définie par analyse statistique).

Au regard des impacts identifiés, une recherche des solutions de gestion a été réalisée. Le projet d'aménagement conduit à écarter les techniques des traitement *in situ* et sur site. Les mesures de gestion retenues visent à supprimer les sources de pollution par excavation des terres impactées pour leur évacuation en centre de traitement.

Le montant global de l'opération est estimé **entre 692 et 969 k€ HT**. Considérant les essais et études antérieures et l'hétérogénéité des déchets rencontrés sur le secteur, l'apparition de déchet amiantés ne peut être exclue et engendrerait des surcoûts liés aux conditions spécifiques sur chantier (protection des travailleurs, conditionnement) et en évacuation pour un montant global de **1 266 k€ HT**. La recomposition du parc avec les travaux de génie écologique est évaluée entre **160 et 185 k€ HT**.

Remarque : Cette étude ne constitue pas un devis pour des travaux de dépollution, ni une étude de conception ou de dimensionnement des futurs travaux. Il ne correspond également pas à un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dépollution.





8. RECOMMANDATIONS

L'ensemble des opérations de réhabilitation et de gestion de déblais devront être suivi par un bureau d'études spécialisé en sites et sols pollués. Certaines préconisations sont à prendre en compte dans le cadre des travaux de terrassement :

- Des EPI adaptés pour les travailleurs en fonction de leur poste et des phases de terrassement ;
- La conservation de la mémoire des opérations effectuées, par la mise en place d'un géotextile séparateur de couche sur les zones réhabilitées ;
- En cas de découverte de matériaux pollués hors emprise des zones précédemment identifiées, une gestion spécifique devra être mise en œuvre, sous contrôle du bureau d'études spécialisé en sites et sols pollués (stockage temporaire sur aire étanche, caractérisation et définition de l'exutoire, etc.).

Un contrôle de la qualité des sols devra être réalisé après les travaux de terrassement, ainsi qu'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) à partir des analyses afin de valider l'absence de risque sanitaire pour les futurs usagers.

En application des mesures de gestion citées précédemment et de la qualité résiduelle attendue sur les milieux à la fin des travaux, il conviendra d'établir un dossier de restrictions d'usage.

En cas de changement ultérieur d'usage, il conviendra de vérifier la compatibilité de la qualité des milieux avec le projet envisagé par le biais d'une nouvelle étude.



9. EVALUATION DES INCERTITUDES

Lors de la réalisation d'un diagnostic de pollution des sols, des incertitudes sont rencontrées tout au long des missions. Elles sont détaillées ci-dessous.

9.1. Liées aux investigations de terrain

Des incertitudes demeurent sur la représentativité des sondages effectués. En effet, les sondages sont positionnés après une étude documentaire et la visite de site, mais ils sont très influencés par les contraintes locales :

- Présence de réseaux ;
- Manque d'accessibilité ;
- Refus de la tanière.

Dans le cadre de notre étude, les investigations ont été positionnées de manière à caractériser la qualité des sols à proximité des sources de pollution. Ces investigations ne permettent pas de lever la totalité des aléas liés aux hétérogénéités du milieu. La présence d'anomalies locales n'est pas à exclure. Seule la réalisation d'un maillage plus précis permettrait de limiter cette incertitude. La présence ponctuelle d'amiante ne peut être exclue, considérant les études antérieures (et notamment l'essai de criblage).

9.2. Liées à l'échantillonnage

En 2021, les prélèvements ont été effectués par la société ECR Environnement en respectant les normes en vigueur et de manière à limiter au maximum l'apport de substance exogène à la matrice.

Les prélèvements sont effectués à partir d'indices organoleptiques (couleurs, odeurs, éléments exogènes, ...) et sont réalisés par couches lithologiques. Ils constituent des prélèvements ponctuels, effectués à un moment donné sur un point précis et pour une épaisseur de sol. Leur représentativité du milieu investigué comprend donc une incertitude.

Malgré les précautions prises lors du conditionnement et le maintien au frais des échantillons, leur conservation suppose des incertitudes quant à la volatilisation de certains polluants (notamment les BTEX), la transformation de composés organiques entre le moment de prélèvement et l'analyse en laboratoire.

9.3. Liées au programme analytique

Le programme analytique mis en œuvre lors de cette étude est établi sur la base des constats organoleptiques de pollution rencontrés lors des investigations de terrain, mais également sur l'étude historique et documentaire et la nature des installations visées.

On ne peut toutefois exclure l'existence d'autres substances polluantes, au droit ou hors des zones investiguées, qui ne nous aurait pas été signalées dans le cadre de cette étude.



9.4. Liées aux analyses en laboratoire

Tous les résultats d'analyses fournis par le laboratoire AGROLAB présentent une incertitude liée aux techniques de préparations et aux analyses même du laboratoire.

Afin de minimiser ces incertitudes, les analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic ont été effectuées par AGROLAB, reconnu par le COFRAC (Comité Français d'Accréditation). La majorité des méthodes utilisées sont des méthodes de laboratoire normées à l'international (ISO et EN).

Suivant chaque substance analysée, l'incertitude est précisée dans le bulletin analytique du laboratoire.

9.5. Liées aux mesures de gestion

Les propositions établies pour la gestion des déblais pollués comprennent les incertitudes suivantes :

- Hypothèse de calcul pour la définition des volumes (coefficient de densité et de foisonnement = 1,8) ;
- Solution de gestion définie sur la base des résultats disponibles à la date d'établissement du présent rapport ;
- Coûts de gestion correspondant à des fourchettes du marché à la date d'établissement du présent rapport. Certains coûts peuvent être amenés à évoluer (TGAP, coût de transport, ...).



Conditions particulières

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

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

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

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

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



