

Commune de Saint-Pierre (974)

Affouillements de sol et évacuation des matériaux issus de travaux d'aménagement foncier agricoles

Évaluation des risques sanitaires



Fiche Signalétique

Affouillements de sol et évacuation des matériaux issus de travaux d'aménagement agricoles - Affouillements de sol et évacuation des matériaux issus de travaux d'aménagement foncier agricoles
Évaluation des risques sanitaires

CLIENT

Raison sociale	Groupement GTOI – SBTPC - VINCI
Coordonnées	CS 81206 97 829 LE PORT
Contact / Destinataire	Juliette CHARLES TEL : +262 692 40 93 92 MAIL : juliette.charles@gtoi.fr

SITE D'INTERVENTION

Raison sociale	Groupement GTOI – SBTPC - VINCI
Coordonnées	Ravine planche Saint-Pierre (974)
Famille d'activité	Affouillements de sol
Domaine Antea Group	Environnement

DOCUMENT

Date de remise	Février 2020
Nombre d'exemplaire remis	Version informatique
Pièces jointes	-
Responsable Commercial	Éric ANTEMI

N° Rapport/ N° Projet A96455A/REUP18-0042

Révision /

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	PIERRU N.	Chef de projets	Février 2020	
Vérification	PRIMAULT V.	Ingénieur de projets	Février 2020	



Sommaire

1	Contexte de l'étude	6
2	Référentiel et objectif	7
3	Méthodologie	8
4	Identification des dangers.....	10
4.1	Présentation des installations et des activités	10
4.1.1	Localisation du projet.....	11
4.1.2	Description des travaux.....	12
4.1.3	Durée des travaux	14
4.2	Inventaire des sources de dangers chroniques.....	14
4.2.1	Les émissions atmosphériques liées aux activités du site	14
4.2.2	Les rejets aqueux.....	17
4.2.3	Le sol.....	17
4.2.4	Trafic routier sur les axes locaux.....	17
4.2.5	Le bruit	18
4.2.6	Bilan des rejets et des flux associés retenus.....	18
4.3	Les vecteurs de transfert	19
4.3.1	L'air.....	19
4.3.2	Les eaux superficielles.....	19
4.3.3	Le sol du site.....	19
4.3.4	Le sol hors site	20
4.3.5	Les eaux souterraines.....	20
4.4	Les cibles.....	21
4.4.1	La population générale.....	21
4.4.2	Les populations sensibles.....	22
4.4.3	Les cibles retenues	22
4.5	Les scénarii d'exposition.....	24
5	Relations doses-effets	26
5.1	Généralités.....	26



5.2	Choix des valeurs toxicologiques de référence	27
5.2.1	Méthodologie	27
5.2.2	Les valeurs retenues	28
5.3	Substances ne présentant pas de VTR	29
6	Évaluation de l'exposition	30
6.1	Modèle de dispersion atmosphérique utilisé.....	30
6.1.1	Présentation générale	30
6.1.2	Zone d'étude	30
6.1.3	Conditions météorologiques.....	30
6.1.4	Phénomènes spécifiques.....	31
6.2	Émissions atmosphériques	32
6.3	Estimation des expositions	33
7	Caractérisation des risques sanitaires	35
7.1	Généralités.....	35
7.2	Calcul des expositions.....	35
7.3	Caractérisation du risque	37
7.4	Résultats de la modélisation	37
7.5	Calculs des risques	38
7.5.1	Effets à seuil	38
7.5.2	Effets sans seuil	39
7.6	Cas particulier des poussières, du CO et des NO _x	41
8	Discussion des incertitudes	42
8.1	Incertitudes liées à l'identification des dangers.....	42
8.1.1	Quantification des flux	42
8.1.2	Sources retenues.....	42
8.1.3	Choix des scénarii étudiés	42
8.2	Incertitudes liées à la relation dose-effet.....	43
8.3	Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition	43
8.3.1	Incertitudes liées à la modélisation de la dispersion	43
8.3.2	Paramètres d'exposition	44
8.4	Bilan des incertitudes	44
9	Conclusion	45



Table des illustrations

FIGURES

Figure 1 : Illustration du concept « Source – Vecteur – Cibles »	8
Figure 2 : Synoptique de la démarche mise en œuvre	9
Figure 3 : Localisation du projet	10
Figure 4 : Parcelles concernées par le projet d'épierrage.....	11
Figure 5 : Détail des parcelles concernées par le projet d'épierrage	12
Figure 6 : Découpage zones d'intervention successives	13
Figure 7 : Trajet emprunté par les camions pour l'évacuation des matériaux.....	17
Figure 8 : Périmètres de protection des captages les plus proches du projet.....	21
Figure 9 : Cartographie des cibles retenues (1/2).....	23
Figure 10 : Cartographie des cibles retenues (2/2).....	23
Figure 11 : Schéma conceptuel	25
Figure 12 : Méthodologie de choix des VTR.....	27
Figure 13 : Rose des vents établie par ADMS au niveau de la station de Saint-Pierre	31
Figure 14 : Extrait : Guide INERIS IEM 2007 : « La Démarche d'interprétation des milieux...	36

TABLEAUX

Tableau 1 : Parcelles de l'exploitation de M. CANTALIA REGALI.....	11
Tableau 2 : Bilan des émissions de PM10 et PM2,5 relatives aux différentes phases.....	15
Tableau 3 : Estimations des gaz d'échappements liés à l'évacuation des matériaux.....	17
Tableau 4 : Bilan des flux retenus.....	19
Tableau 5 : Cibles retenues dans le cadre du projet	22
Tableau 6 : Scénarii potentiels d'exposition.....	24
Tableau 7 : Valeurs toxicologiques de référence pour les COVNM	28
Tableau 8 : Valeurs toxicologiques de référence pour les poussières diesel (PM diesel).....	29
Tableau 9 : Valeurs retenues pour les substances ne disposant pas de VTR (mg/m ³)	29
Tableau 10 : Prise en compte de phénomènes spécifiques	32
Tableau 11 : Flux émis pour les sources surfaciques.....	32
Tableau 12 : Synthèse des flux modélisés pour les sources linéiques	33
Tableau 13 : Paramètres utilisés pour le calcul de la Concentration moyenne Inhalée (CI)...	36
Tableau 14 : Calcul des indicateurs de risque	37
Tableau 15 : Concentrations modélisées (1/2).....	37
Tableau 16 : Concentrations modélisées (2/2).....	38
Tableau 17 : Quotients de Danger	38
Tableau 18 : Excès de Risque Individuel	40
Tableau 19 : Concentrations d'exposition en PM10, PM2,5, CO et NO _x au niveau des cibles retenues	41



1 Contexte de l'étude

Le groupement GTOI – SBTPC – VINCI souhaite déposer une demande d'autorisation pour la réalisation de travaux d'épierrage, puis pour l'évacuation des matériaux issus de ces travaux.

Cette demande est soumise à autorisation au titre de la rubrique 2510-3 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Ces opérations d'épierrage agricole permettront à terme d'augmenter de façon significative la surface cultivable sur la parcelle concernée, et de répondre aux standards cultureux de mécanisation.

Les matériaux issus de l'épierrage seront évacués puis revalorisés dans le cadre du chantier de la Nouvelle Route du Littoral (appelée NRL dans le reste du document).

Le présent document présente l'Évaluation des Risques Sanitaires relative au projet d'épierrage sur la commune de Saint-Pierre.



2 Référentiel et objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer, si possible quantitativement, les impacts sanitaires potentiels sur la population locale ? induits par les travaux d'épierrage situés sur la commune de Saint-Pierre (974), en prenant en compte les connaissances scientifiques et techniques du moment.

L'exploitation concernée par le projet est composée de 4 parcelles cadastrales référencées sous les numéros :

- DK 252 d'une contenance de 1ha 50a 25ca, appartenant à Monsieur LUSINIER Gérard Pascal,
- DK 253, DK 254 et DK 255, d'une contenance respectivement de 1ha 33a 02ca, 1ha 01a 03ca, et 1ha 00a 97ca, appartenant à Monsieur BOTO Jean Paul Maurice.

Les travaux d'épierrage concerneront toutes les parcelles citées sur une surface d'environ 4 ha (surface du projet agricole).

Cette évaluation des risques porte sur les populations exposées de façon chronique aux émissions dans les différents milieux (air, eau, sol, etc.) physiques (comme le bruit), chimiques (comme les émissions gazeuses et particulaires), conformément aux recommandations des guides INERIS mis à jour en 2003 et InVS de 2000 relatifs aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Sont donc exclus du champ de l'étude les travailleurs du site.



3 Méthodologie

Le présent rapport développe les quatre étapes préconisées pour le chapitre concernant l'Évaluation des Risques Sanitaires :

- L'identification des dangers,
- La présentation des relations dose-effet pour les substances à effet potentiel,
- L'évaluation de l'exposition,
- La caractérisation du risque sanitaire.

Ces quatre étapes sont suivies d'une discussion sur les incertitudes.

Le modèle d'évaluation des risques pour la santé repose sur le concept « sources-vecteurs-cibles » illustré par le schéma ci-dessous.

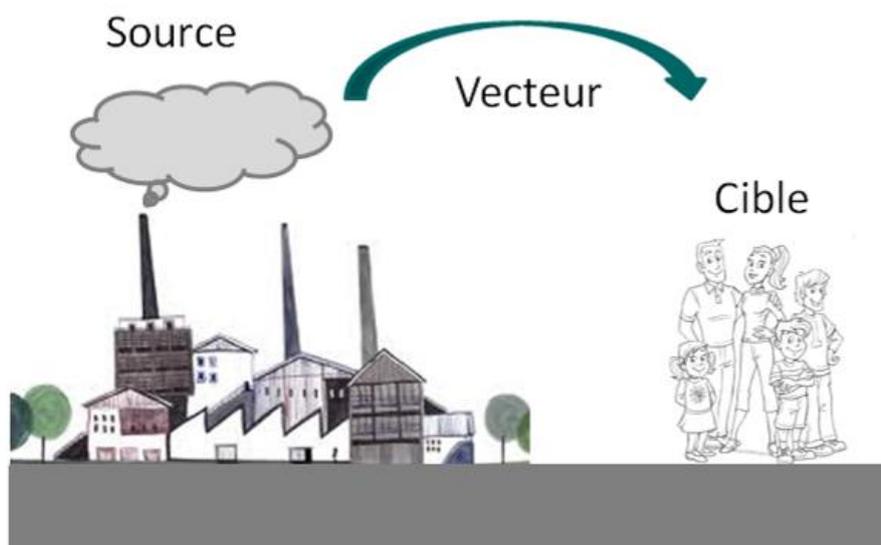


Figure 1: Illustration du concept « Source – Vecteur – Cibles »

Pour les émissions atmosphériques de substances issues de l'ensemble des émissaires du site, la concentration au point d'exposition a été évaluée par un modèle de dispersion atmosphérique.

Les quantités de substances auxquelles sont exposées les populations (doses absorbées) ont été estimées par des modèles de transfert à partir des concentrations évaluées au point d'exposition des populations.

Le schéma suivant est un synoptique détaillé de la méthodologie générale mise en œuvre dans les évaluations de risque sanitaire.



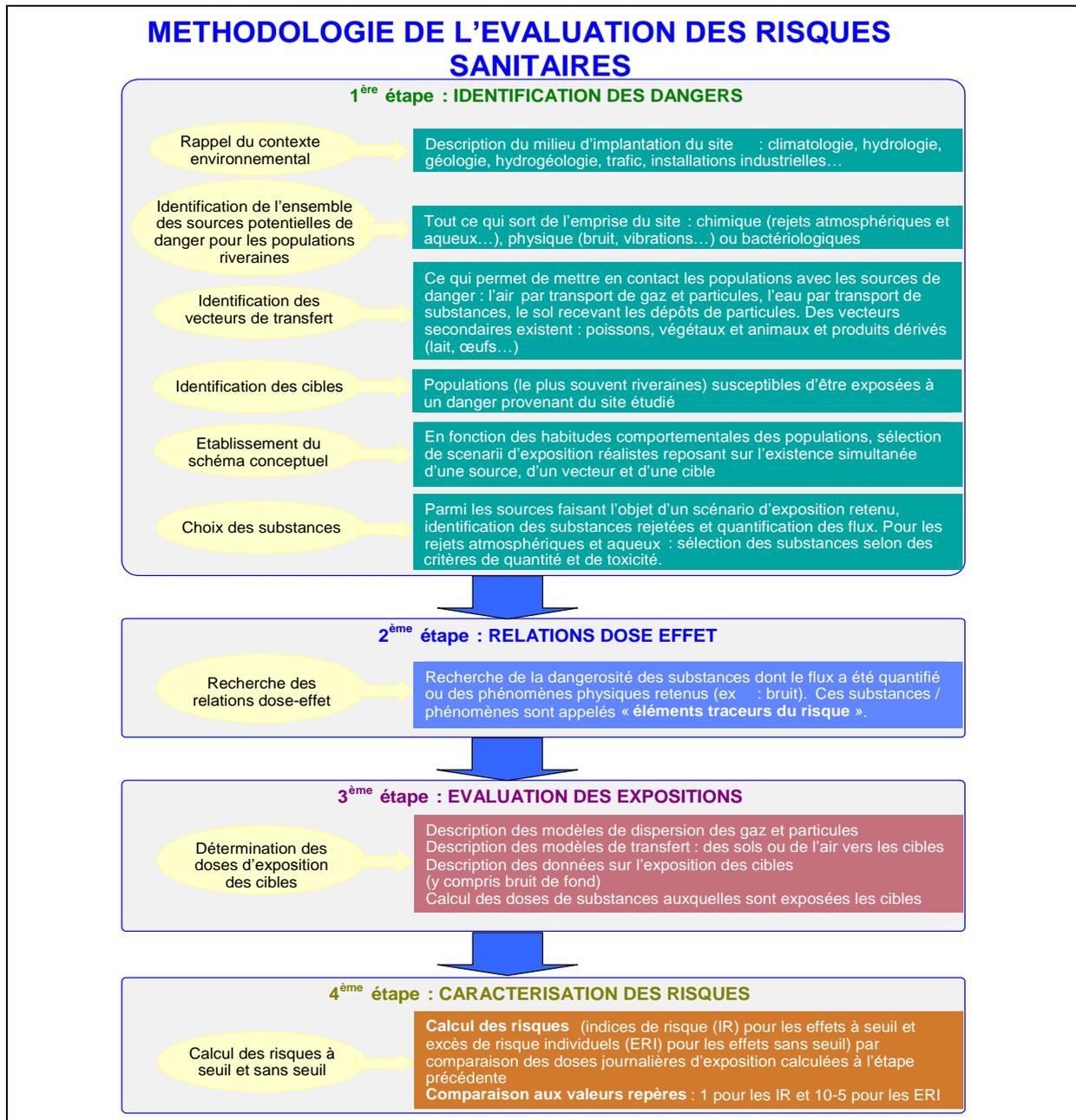


Figure 2 : Synoptique de la démarche mise en œuvre



4 Identification des dangers

4.1 Présentation des installations et des activités

Le projet a pour objet l'élimination de grosses roches et d'affleurements rocheux sur des parcelles agricoles situées sur la commune de Saint-Pierre.



Figure 3 : Localisation du projet



4.1.1 Localisation du projet

La superficie de réaménagement concerne les parcelles suivantes.

Cadastre	Commune	Superficie (ha)	Superficie totale (ha) concernée par l'épierreage	Concernée par les travaux d'épierreage
DK 252	Saint-Pierre	1ha 50a 25ca	4	Oui partiellement
DK 253		1ha 33a 02ca		Oui partiellement
DK 254		1ha 01a 03ca		Oui partiellement
DK 255		1ha 00a 97ca		Oui partiellement

Tableau 1 : Parcelles de l'exploitation de M. CANTALIA REGALI

L'ensemble des parcelles de l'exploitation est représenté à la figure suivante.



Figure 4 : Parcelles concernées par le projet d'épierreage

Le détail des parcelles concernées par les travaux d'épierreage est présenté à la figure suivante.



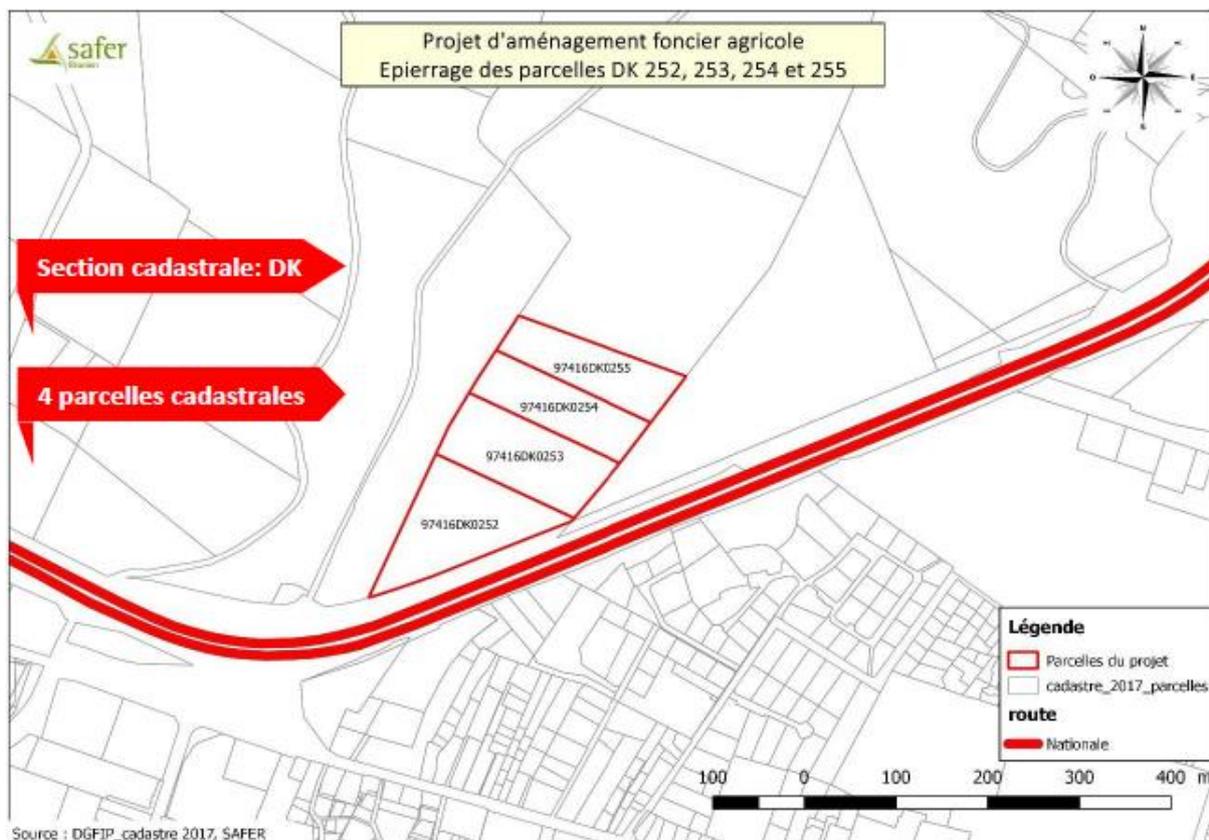


Figure 5 : Détail des parcelles concernées par le projet d'épierrage

4.1.2 Description des travaux

Pour la réalisation des travaux d'épierrage, la parcelle sera découpée en 4 zones, correspondant globalement aux 4 parcelles cadastrales, comme présentées à la figure suivante.



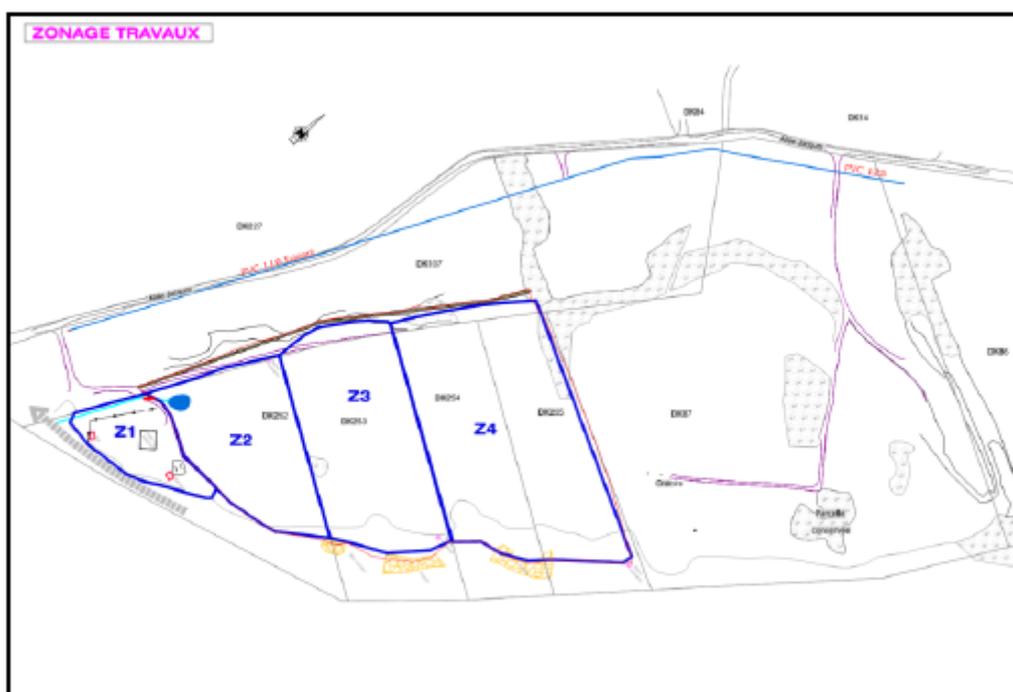


Figure 6 : Découpage zones d'intervention successives

Les travaux consisteront sur chaque zone à exécuter l'ensemble des tâches nécessaires à la remise en culture des parcelles pour une plantation et une récolte totalement mécanisée de la canne à sucre, suivant un phasage bien précis :

1. Mise en place des installations de chantier sur la parcelle DK 252 comprenant :
 - Les baraquements (personnel, sanitaires, bureau, etc.),
 - Les zones de stationnement (véhicules personnels et engins de chantier),
 - Les ouvrages de tri et de traitements des déchets,
 - La protection de la zone d'installation par des merlons de terres issus des travaux de terrassement de cette zone,
 - La gestion des eaux pluviales avec création d'ouvrages de réception des hydrocarbures, aménagement d'un fossé d'évacuation des eaux vers le point de rejet (fossé existant le long de la RN 2),
 - La signalisation de chantier réglementaire : Panneau de chantier, affichage des autorisations administratives, circulation sur le site et rappel de l'usage des EPI, etc.,
 - Préparation et mise hors d'eau de la zone de transit des matériaux et d'installation du pont bascule,
2. Arrachage, de la végétation existante et décapage de la terre végétale (couche supérieure, fertile) et mise en stock, sous forme de cordons de protection tout autour de la zone de travaux,



3. Épierrage de la couche affleurante superficielle, et mise en stock des roches fractionnées et de petits calibres non valorisables sur le chantier de la NRL, chargement des autres blocs sur camions, pesage et évacuation vers le chantier de la NRL,
4. Épierrage d'une couche plus profonde, et mise en stock des roches fractionnées et de petits calibres non valorisables sur le chantier de la NRL, devant les cordons de terres ci-avant. Les autres blocs, acceptables pour le chantier, seront directement chargés dans les camions, pesés et évacués vers le chantier de la NRL,
5. Nivellement de la plateforme : rapatriement des fines, matériaux stériles non valorisés à l'étape précédente, mise au profil,
6. Empierrement des chemins et constitution des mesures compensatoires hydrauliques définitives (bassin en zone 2, merlons, tranchées drainantes),
7. Décompactage et régilage final de la couche de terre provenant des stocks faits en première étape, passage final du bull et/ou pelle avec godet squelette pour ramasser les dernières roches de surface.

Les tâches et opérations décrites ci-dessus sont reconduites sur les quatre zones Z1 à Z4 l'une après l'autre, de sorte que l'agriculteur puisse procéder aux travaux préparatoires et à la plantation dans la continuité des travaux.

4.1.3 Durée des travaux

Les travaux dureront au maximum un an.

Le volume excédentaire généré par l'épierrage est estimé à 120 000 m³ soit environ 220 000 tonnes.

Il est prévu de procéder à l'évacuation des roches en flux tendu à raison de 1 050 t/jour, soit 14 camions de 26 tonnes de charge en rotation sur 3 tours/jour du lundi au vendredi sauf jours fériés et jours d'intempéries. L'évacuation des roches vers la NRL nécessitera environ 8 500 camions.

Cette prévision sera bien évidemment adaptée quotidiennement en fonction des besoins journaliers du chantier.

4.2 Inventaire des sources de dangers chroniques

4.2.1 Les émissions atmosphériques liées aux activités du site

L'ensemble des calculs d'émission et leur justification sont présentés en Annexe I.



a. Les émissions de poussières

Les sources principales d'émission de poussières sont, pour l'ensemble des zones :

- Le décapage de la terre végétale,
- L'extraction des matériaux (épierrage),
- La manutention des matériaux (chargement depuis la zone d'extraction puis déchargement au droit des zones de stockage temporaires et chargement pour enlèvement),
- Les effets du vent sur les zones d'extraction et les stockages temporaires,
- La circulation des engins de chantier.

À noter que la phase d'épierrage de la couche affleurante superficielle est susceptible de générer des poussières. Néanmoins, les flux de poussières seront très inférieurs à ceux générés lors de la phase d'épierrage de la couche, compte tenu des différences de volumes de terres remuées. Par conséquent, les flux de poussières générés lors de la phase d'épierrage de la couche affleurante superficielle ne sont pas retenus.

Le tableau suivant synthétise les flux massiques modélisés pour chacune de ces sources. Les modèles, équations et hypothèses utilisées sont issues du document AP42 (US EPA) et présentées en détail en Annexe I.

Les substances tracées sont les poussières PM10 (diamètre 10 µm) et PM2,5 (diamètre 2,5 µm).

Activité	Envol de poussières lié aux activités	
	PM10 (kg)	PM2,5 (kg)
Travaux d'épierrage	123,2	18,6
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire	123,2	18,6
Stockage temporaire matériaux avant enlèvement	123,2	18,6
Chargement des matériaux pour enlèvement	221,0	33,2
TOTAL	590,5	89,1

Tableau 2 : Bilan des émissions de PM10 et PM2,5 relatives aux différentes phases

Dans le cas des carrières extractives (ce qui n'est pas le cas ici), les poussières émises peuvent contenir du dioxyde de silicium ou silice. Cet élément est un composant majeur de la croûte terrestre. La silice peut se trouver sous forme amorphe ou sous forme cristalline qui représente sa forme la plus dangereuse, puisqu'elle est à l'origine de la silicose.

Le basalte, composant la zone d'étude, est une roche volcanique dans laquelle la cristallisation reste très faible (présence d'olivine, de feldspaths, etc.). La silice sous sa forme cristalline (quartz, cristobalite et tridymite) n'est pas présente dans ce type de matériau¹ ou alors en

¹ BRGM – Les gisements de matériaux à la Réunion – Août 1995



quantité infime. Par conséquent, les risques sanitaires liés à la présence de silice sous une forme cristalline sont nuls.

b. Les gaz d'échappement

Les moteurs diesel des engins du site constituent une source diffuse de plusieurs polluants gazeux et particulaires via les gaz d'échappement. Compte tenu du faible nombre d'engins sur la parcelle, ces sources ne sont pas retenues.

Il est prévu de procéder à l'évacuation des roches en flux tendu à raison de 1 050 t/jour, soit 14 camions de 26 tonnes de charge en rotation sur 3 tours/jour du lundi au vendredi sauf jours fériés et jours d'intempéries (soit 220 000 tonnes évacuées pour 210 jours par an).

L'évacuation des matériaux excédentaires depuis les parcelles s'effectuera par camion jusqu'à la zone d'utilisation pour la NRL. Les camions emprunteront ensuite la RN2 pour rejoindre le chantier de la NRL.

Seul le tronçon entre la zone d'extraction et la RN2 est pris en compte dans la présente étude. En effet, une fois sur la RN2, le trafic routier engendré par le transport des matériaux est jugé faible au regard de la fréquentation (voir paragraphe 4.2.4). Ce tronçon a un linéaire d'environ 1 km.

Ce trajet est illustré à la figure suivante.



Figure 7 : Trajet emprunté par les camions pour l'évacuation des matériaux

Les camions emprunteront cet itinéraire à vide comme en charge. Ce trajet étant effectué sur des routes bitumées ou des chemins bétonnés (l'allée Jacquot est constituée d'une bande de roulement en béton), il ne sera pas générateur de poussières de façon significative.

Les gaz d'échappement émis par ce trafic ont été estimés grâce au modèle de calcul COPERT III développé par l'European Environment Agency, sur la base des hypothèses présentée en détail en Annexe I. Les flux ainsi obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Émissions de polluants liées à l'évacuation des matériaux (kg)			
	CO	NO _x	COVNM	PM diesel
Transport des matériaux (trajet aller - retour)	59,4	232	34	16

Tableau 3 : Estimations des gaz d'échappements liés à l'évacuation des matériaux

CO : Monoxyde de carbone

NO_x : Oxydes d'azote

COVNM : Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques

PM diesel : Particules diesel

Cette source est retenue comme source potentielle de risque sanitaire pour les populations avoisinantes.

4.2.2 Les rejets aqueux

Le site ne rejettera pas d'eaux usées industrielles (ou de process).

Seules les eaux pluviales entraîneront un ruissellement. À la vue des produits et procédés mis en œuvre, il est considéré que l'ensemble des eaux ruisselant sur la parcelle ne sera pas susceptible d'être pollué par d'autres substances que des matières minérales.

Cette source n'est pas retenue comme source potentielle de danger pour les populations avoisinantes.

4.2.3 Le sol

Il n'y aura aucun stockage de produits dangereux sur la parcelle.

4.2.4 Trafic routier sur les axes locaux

Le trafic engendré par le transport des matériaux sur les axes routiers locaux, et notamment la RN 2, est estimé à 84² rotations par jour.

² 1 050 tonnes de matériaux évacuées quotidiennement par des camions de 26 tonnes (soit 42 camions et 84 rotations).



D'après les informations disponibles (Conseil Général de la Réunion), le trafic moyen journalier annuel en 2012³ sur la RN 1 au niveau de Saint-Pierre, est de l'ordre de 60 000 véhicules. Ainsi, la part du trafic lié au transport de matériaux sur le trafic global est faible, d'autant plus que ce transport reste limité dans le temps (estimé à 12 mois).

Le trafic routier engendré par le transport des matériaux est jugé faible au regard de la fréquentation des axes routiers voisins (RN 2), il n'est donc pas considéré comme une source potentielle de danger pour les populations avoisinantes.

Comme précisé ci-avant, seul le tronçon entre la zone de stockage temporaire et la RN2 est pris en compte dans la présente étude.

4.2.5 Le bruit

Les sources sonores prépondérantes inhérentes aux travaux sont les suivantes :

- Les opérations d'extraction et chargement qui présentent un impact sonore continu,
- Le transport des matériaux,
- Les opérations de remise en état.

Les travaux d'épierrage seront effectués entre 7 h et 16 h, tout comme le transport des matériaux. Le mode opératoire d'extraction n'engendre de ce fait pas une gêne acoustique continue sur l'échelle de la journée, mais seulement durant 9 heures environ. Or, les premiers seuils de gêne définis par l'OMS (voir « Bibliographie des relations dose-effet liées à une exposition aux nuisances sonores » en Annexe II) sont estimés sur une base de 16 heures d'exposition en continu.

Par ailleurs, l'impact acoustique du site sera limité : les véhicules de transport et les engins d'exploitation respecteront les réglementations en vigueur définissant leurs puissances acoustiques maximales autorisées.

Cette source n'est pas retenue comme source potentielle de danger pour les populations avoisinantes.

4.2.6 Bilan des rejets et des flux associés retenus

Les rejets et les flux associés retenus dans le cadre de la présente étude sont listés dans le tableau ci-après.

Type de travaux	Émissions liées aux différentes phases des travaux d'épierrage (kg)					
	PM10	PM2,5	CO	NO _x	COVNM	PM diesel
Travaux d'épierrage	123,2	18,6	-	-	-	-

³ Donnée la plus récente disponible en novembre 2018



Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire	123,2	18,6	-	-	-	-
Chargement des matériaux pour enlèvement	123,2	18,6	-	-	-	-
Stockage temporaire de matériaux avant enlèvement	221,0	33,2	-	-	-	-
Transport matériaux sur route	-	-	59,4	232	34	16
TOTAL	590,5	89,1	59	232	34	16

Tableau 4 : Bilan des flux retenus

Dans une démarche pénalisante, les hypothèses suivantes seront retenues :

- Les COVNM seront associés à des substances traceurs possédant des valeurs toxicologiques de référence contraignantes, soit le 1,3 butadiène pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil,
- Les NO_x seront assimilés à du NO₂ possédant un objectif de qualité de l'air.

4.3 Les vecteurs de transfert

Les vecteurs de transfert sont les milieux permettant de mettre en contact les sources potentielles de danger identifiées au paragraphe précédent avec les populations riveraines, appelées « cibles » par la suite.

4.3.1 L'air

L'air peut être considéré comme la principale voie de transfert des substances retenues. Il permet le transfert des émissions de substances et sonores depuis la parcelle à épierrer et les voies de circulation vers les populations.

L'air constitue le principal vecteur de transfert.

4.3.2 Les eaux superficielles

En cas de fuite accidentelle d'hydrocarbures, un kit anti-pollution sera mis à disposition et utilisé afin d'éviter un entrainement des résidus dans les eaux de ruissellement lors de précipitations.

Compte tenu de ces mesures pour protéger les eaux superficielles, ce vecteur n'est pas pris en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

4.3.3 Le sol du site

Le sol est un milieu récepteur de dépôt des particules issues de l'exploitation du site. Il peut devenir un vecteur d'exposition des populations avoisinantes.



Les sols étant entièrement agricoles, ils ne sont pas directement absorbables par les populations avoisinantes.

Le sol du site ne constitue donc pas un vecteur de transfert dans la présente étude.

4.3.4 Le sol hors site

Le sol hors site constitue un milieu récepteur des particules émises à l'atmosphère. Les populations alentours y sont directement exposées.

Le sol hors site peut donc devenir vecteur de transfert par mobilisation de particules par le vent ou en tant que milieu de croissance de végétaux consommés (après dépôt au sol des particules, celles-ci sont susceptibles de se bio-accumuler au sein de végétaux) par les populations alentours.

Certains composés, comme les métaux et les HAP, peuvent être transférés au travers de la chaîne alimentaire (légumes et fruits autoproduits).

Ces composés ne sont pas susceptibles d'être émis par les activités du site. La prise en compte de la déposition particulaire et de l'ingestion de végétaux contaminés par la déposition particulaire de ces poussières n'est donc pas jugée pertinente.

Compte tenu de la nature des substances rejetées par l'exploitation du site, le sol hors site ne sera donc pas pris en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

4.3.5 Les eaux souterraines

Aucun rejet d'eau contaminée n'est réalisé sur le site et le projet ne se situe dans aucun périmètre de protection de captage d'eau potable, selon le recensement de novembre 2018. La partie haute du projet, se situe à plus de 1 km en aval du forage F5 de la SALETTE et 1,4 Km du forage Frédeline II.

La figure suivante présente les périmètres de protection des captages les plus proches du projet.



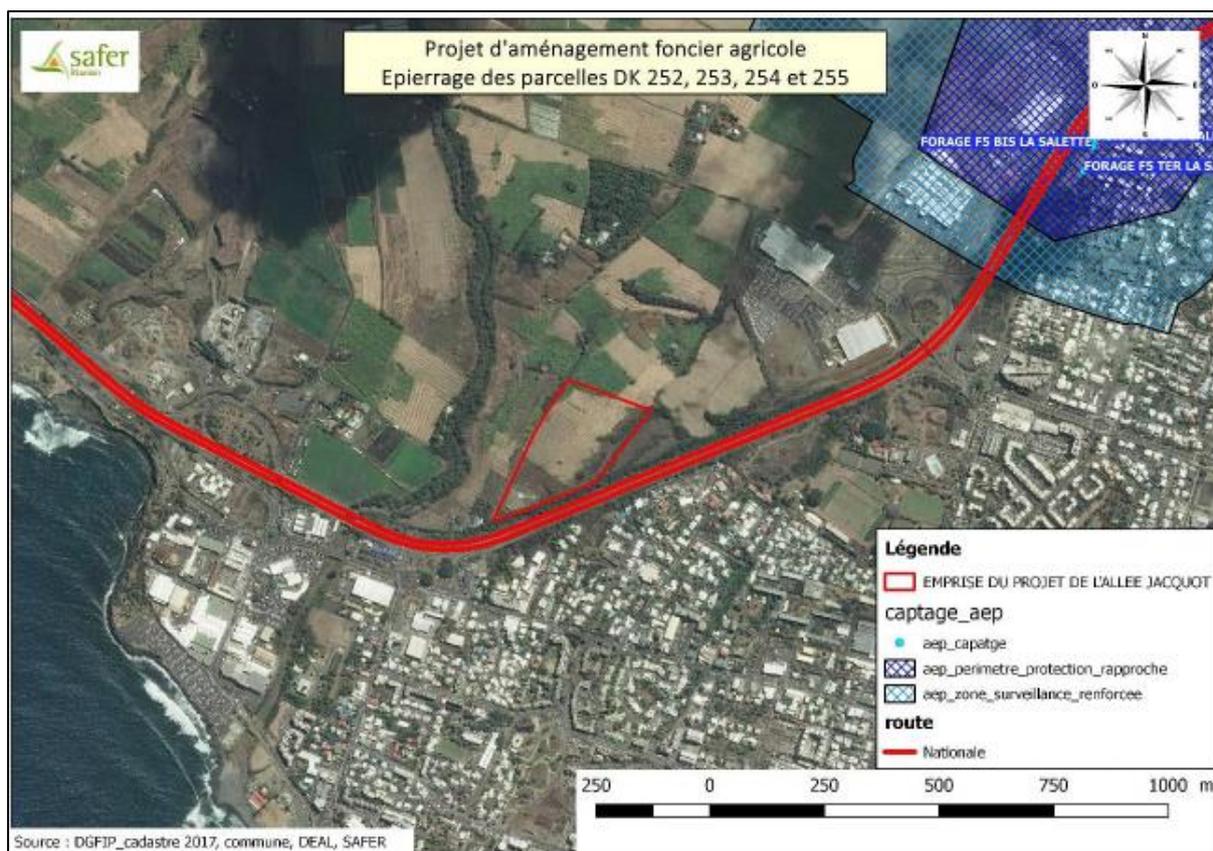


Figure 8 : Périmètres de protection des captages les plus proches du projet

Les eaux souterraines ne seront pas prises en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

4.4 Les cibles

4.4.1 La population générale

Les habitations les plus proches du projet sont les suivantes :

- Deux habitations à proximité Sud-Ouest,
- Un centre équestre à environ 350 m à l'Ouest,
- Une habitation à environ 200 m à l'Ouest,
- Des habitations à environ 250 m au Nord,
- Les autres habitations se trouvent de l'autre côté de la RN2, à moins de 100 m au Sud.



4.4.2 Les populations sensibles

Les populations sensibles sont constituées des enfants, des personnes âgées ainsi que des personnes dont l'immunité est déficiente. Ces personnes sont susceptibles de développer plus facilement des pathologies.

L'Etablissement Recevant du Public (ERP) le plus proche du projet est le centre équestre cité ci-avant.

4.4.3 Les cibles retenues

Les cibles ont été sélectionnées en fonction :

- De leur proximité par rapport à la parcelle étudiée,
- De leur localisation en fonction des vents dominants, soufflant majoritairement depuis l'Est-Sud-Est et l'Est-Nord-Est (voir détails au paragraphe 6.1.3).

Les cibles retenues sont présentées au tableau et à la figure suivante.

Cible	Caractéristique	Distance minimale par rapport au projet
Cible 1	Habitation	50 m au Sud
Cible 2	Habitation	30 m à l'Ouest
Cible 3	Habitation	80 m à l'Ouest
Cible 4	Centre équestre	350 m à l'Ouest
Cible 5	Habitation	200 m à l'Ouest
Cible 6	Habitation	250 m au Nord
Cible 7	Industriel	700 m à l'Ouest
Cible 8	Industriel	650 m à l'Ouest

Tableau 5 : Cibles retenues dans le cadre du projet



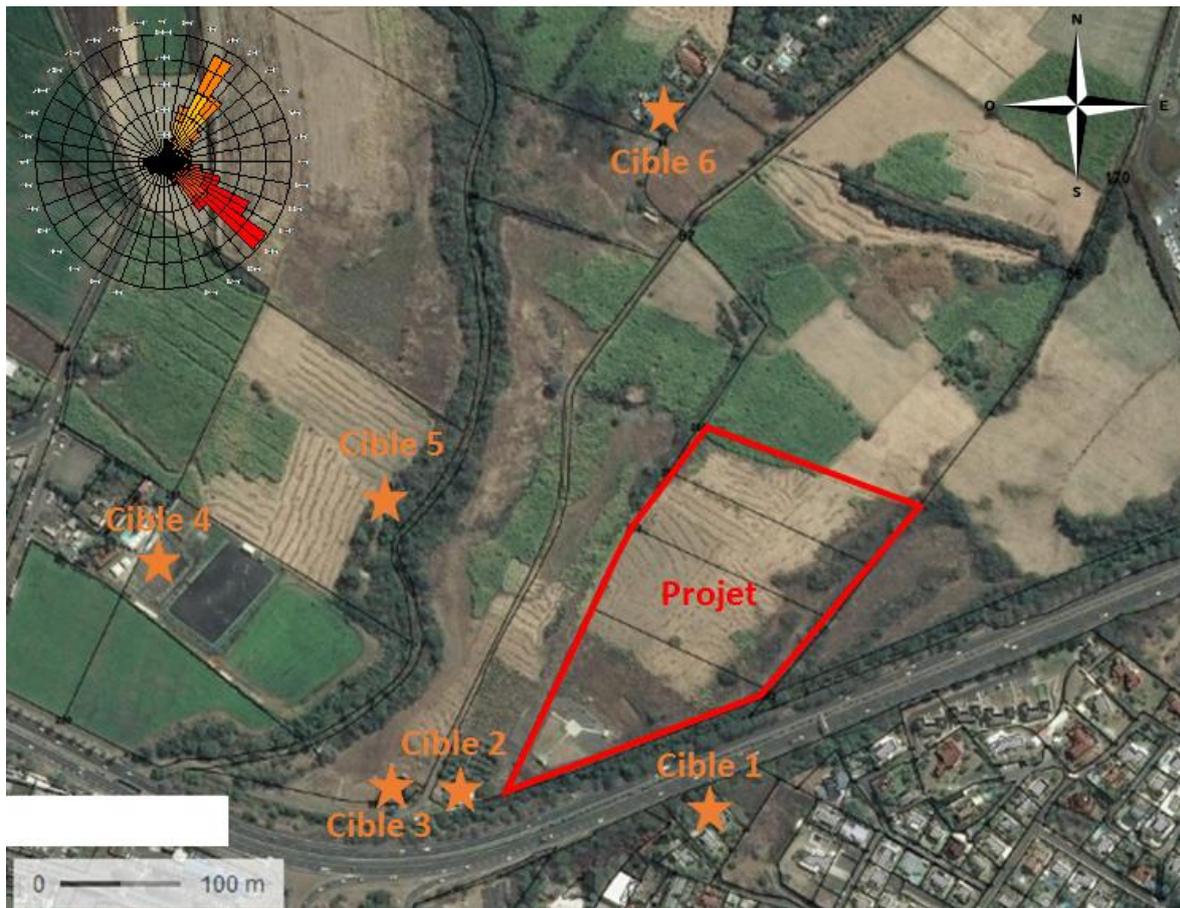


Figure 9 : Cartographie des cibles retenues (1/2)

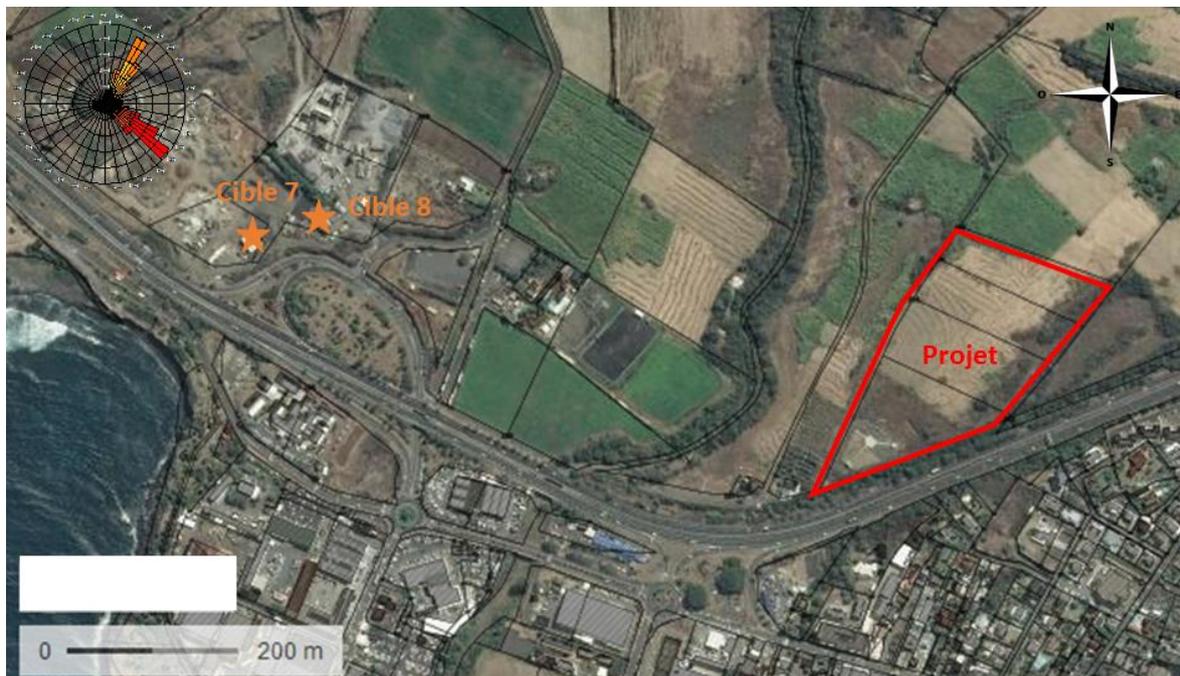


Figure 10 : Cartographie des cibles retenues (2/2)



4.5 Les scénarii d'exposition

Les scénarii d'exposition envisageables découlent de l'approche en termes de « sources », de « vecteurs » et de « cibles » présentée ci-avant. Le tableau suivant présente un récapitulatif des scénarii retenus ainsi que leur justification.

Sources	Vecteurs	Scenarios d'exposition	Choix justifié
Travaux d'épierrage	Air	Inhalation de particules	Retenu
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire			
Chargement des matériaux pour enlèvement			
Stockage matériaux avant enlèvement			
Enlèvement matériaux			
Gaz d'échappement liés au transport des matériaux	Air	Inhalation de gaz	Retenu
	Sol	Après dépôt des particules au sol : Ingestion de sol et ingestion de végétaux	Non retenu : compte tenu de la nature des substances rejetées par les activités projetées, la prise en compte de la déposition particulaire et de l'ingestion de sols / végétaux contaminés par la déposition particulaire n'est pas jugée pertinente.
Eaux pluviales	Sol Nappe	Ingestion d'eau	Non retenu : - aucun produit dangereux n'est stocké sur les parcelles, - le projet n'est pas situé dans un périmètre de protection de captage d'alimentation en eau potable.
Bruit	Air	Audition	Non retenu : horaires de fonctionnement limités

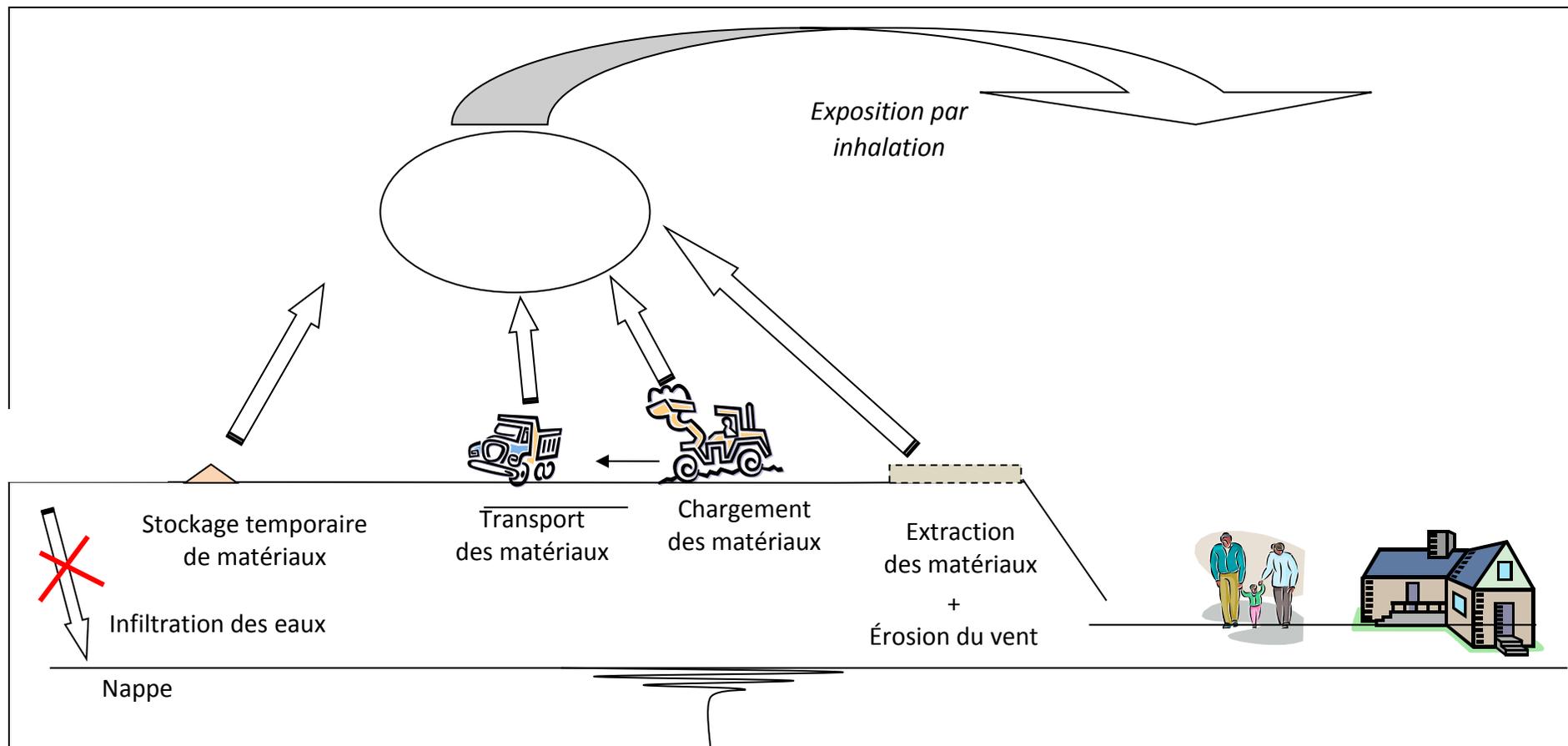
Tableau 6 : Scénarii potentiels d'exposition

La suite de cette étude traitera donc une exposition des populations riveraines aux rejets atmosphériques du site (poussières et gaz d'échappements). Les émissions du projet se font dans l'air, la voie d'exposition retenue est l'inhalation. **Ainsi, le scénario retenu dans la présente étude est l'inhalation de poussières et gaz d'échappements.**

Le schéma conceptuel final d'exposition est présenté en page suivante.



Figure 11 : Schéma conceptuel



5 Relations doses-effets

5.1 Généralités

Cette étape concerne, d'une part, la description des symptômes pouvant être observés suite à une exposition à long terme et, d'autre part, le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Elles seront recherchées dans la littérature scientifique.

On distingue deux types d'effets : les effets à seuil ou systémiques et les effets sans seuil (correspondant globalement aux effets cancérogènes). La terminologie varie selon les organismes produisant ces différentes VTR.

- **Effets à seuil**

La DJT (Dose Journalière Tolérable) est exprimée en milligramme par kilogramme de poids corporel et par jour pour la voie d'ingestion et en milligramme (ou microgramme) par mètre cube pour l'inhalation. C'est une estimation de l'exposition journalière d'une population humaine (y compris les sous-groupes sensibles : enfants, personnes présentant des maladies, personnes âgées, etc.) qui, vraisemblablement, ne présente pas de risque appréciable d'effets néfastes durant une vie entière.

- **Effets sans seuil**

L'ERU (Excès de Risque Unitaire) est la pente de la droite qui relie la probabilité d'effets à la dose toxique pour des valeurs faibles de la dose. Il s'agit d'une hypothèse linéaire permettant de calculer la probabilité au-delà du domaine des doses réellement expérimentées. C'est une estimation haute du risque d'apparition d'un cancer par unité de dose liée à une exposition durant une vie entière, applicable à tous les individus d'une population qu'ils appartiennent ou non à un groupe sensible. Cette valeur est appelée « slope factor » ou « unit risk » par les Anglo-saxons. Un ERU s'exprime en inverse de dose soit en (milligramme par kilogramme de poids corporel et par jour)⁻¹ pour la voie d'ingestion et en (milligramme par mètre cube)⁻¹ pour la voie d'inhalation.

Remarque : Les valeurs toxicologiques de référence utilisées sont calculées notamment à partir de facteur d'incertitude afin de couvrir la variabilité intra-individuelle humaine. Les populations sensibles, décrites au niveau du paragraphe sur les cibles, sont donc incluses dans les résultats de la présente étude.

Les VTR sont fonctions des effets, des voies d'exposition et des traceurs de risque retenus.



5.2 Choix des valeurs toxicologiques de référence

5.2.1 Méthodologie

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, cosignée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

La méthodologie adoptée est schématisée ci-dessous.

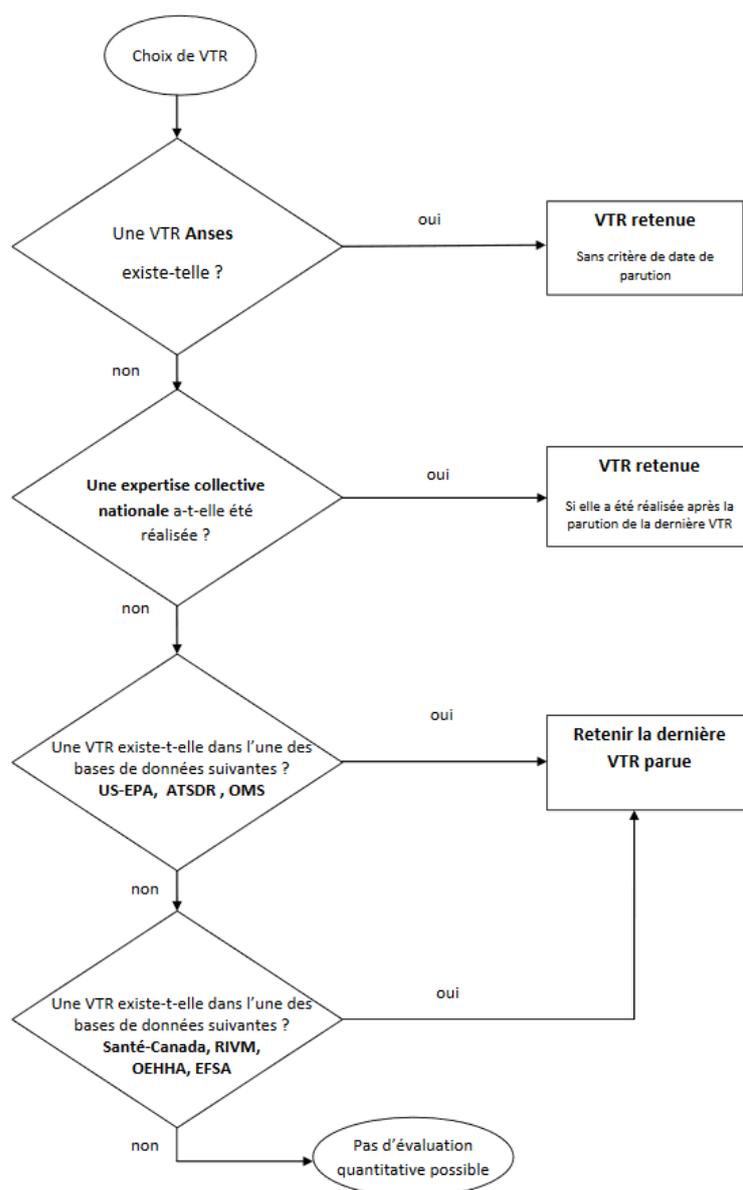


Figure 12 : Méthodologie de choix des VTR



Ainsi, la sélection de la VTR est effectuée en respectant :

- La hiérarchisation suivante :
 - Prise en compte en premier lieu des VTR construites par l'ANSES,
 - À défaut, si une expertise collective nationale a été menée (sélection ANSES et/ou INERIS) a posteriori des dates d'élaboration de l'ensemble des VTR disponibles, la VTR sélectionnée lors de cette expertise est retenue,
 - À défaut, la VTR la plus récente dans les bases de données de l'US EPA, l'ATSDR et l'OMS est sélectionnée dans un premier temps,
 - En l'absence de VTR dans les bases précitées, c'est la VTR la plus récente dans les bases de données de Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA qui est prise en compte,
- Et les critères suivants :
 - Les VTR provisoires ne doivent pas être retenues,
 - Les VTR sélectionnées doivent correspondre à la durée et à la voie d'exposition auxquelles la population est confrontée,
 - Aucune dérivation de voie à voie n'est réalisée,
 - Si des VTR ont été élaborées a posteriori d'une expertise collective nationale (ANSES, INERIS), les recommandations de cette expertise sont suivies et mises en perspective des nouvelles VTR disponibles.

5.2.2 Les valeurs retenues

a. Les COVNM

À défaut de données précises sur la répartition des COVNM, nous avons assimilé les flux de COVNM à des substances traceurs connues pour être présentes dans les gaz d'échappement et contraignantes en termes de toxicité (valeurs toxicologiques les plus pénalisantes).

Ainsi, les COVNM ont été assimilés au 1,3 butadiène pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil. Les VTR retenues sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Substance	VTR à effet seuil (mg/m ³)	Année	Référence	VTR sans effet seuil (mg/m ³) ⁻¹	Année	Référence
1,3 Butadiène	0,002	2002	US EPA (choix INERIS 2011)	0,17	2008	OEHHA (choix INERIS 2011)

Tableau 7 : Valeurs toxicologiques de référence pour les COVNM



b. Les poussières diesel

Les poussières d'échappement sont des poussières issues de la combustion de moteurs diesel. Ces poussières disposent de valeurs toxicologiques de référence, présentées ci-dessous.

Substance	VTR à effet seuil (mg/m ³)	Année	Référence	VTR sans effet seuil (mg/m ³) ⁻¹	Année	Référence
PM diesel	0,0005	2003	US EPA	0,000034	1996	OMS

Tableau 8 : Valeurs toxicologiques de référence pour les poussières diesel (PM diesel)

5.3 Substances ne présentant pas de VTR

Les poussières (PM10 et PM2,5) ainsi que les NOx et le CO ne possèdent pas de VTR. Cependant, afin de poursuivre la démarche d'évaluation du risque et conformément à la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, il a été décidé de ne pas utiliser les objectifs de qualité comme VTR et ainsi de ne pas réaliser de calcul de risques pour ces substances.

Il est proposé :

- Dans un premier temps, de comparer les concentrations modélisées aux valeurs limites moyennes journalières définies à l'article R221-1 du code de l'environnement, ce qui est pénalisant puisque le temps d'exposition de la population est de 9 h par jour et non 100% du temps,
- Dans un deuxième temps, en cas d'absence de valeur limite moyenne journalière, de comparer les concentrations modélisées aux valeurs guide définies par l'OMS⁴ pour un temps d'exposition journalier.

Le tableau suivant présente les valeurs retenues.

Dénomination	Valeur retenue (mg/m ³)	Source
PM10	0,05	Article R221-1 du code de l'environnement
PM2,5	0,025	OMS
NOx	0,2	Article R221-1 du code de l'environnement
CO	10	Article R221-1 du code de l'environnement

Tableau 9 : Valeurs retenues pour les substances ne disposant pas de VTR (mg/m³)

⁴ « WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005 »



6 Évaluation de l'exposition

Conformément au guide méthodologique de l'INERIS, nous nous sommes placés dans le cas d'une évaluation du risque sanitaire de premier niveau d'approche, c'est-à-dire avec des hypothèses majorantes lorsqu'une information restait manquante.

6.1 Modèle de dispersion atmosphérique utilisé

6.1.1 Présentation générale

La modélisation de la dispersion atmosphérique a été menée à l'aide du logiciel ADMS 5.1 (Advanced Air Dispersion Model, version 5), développé par Cambridge Environmental Research Consultants Ltd (CERC).

ADMS est un modèle de type pseudo-Gaussien, adapté au calcul des concentrations atmosphériques pour les composés émis par des installations industrielles. Conçu pour répondre aux nouvelles exigences environnementales (dossiers ICPE, mise en place de SME, etc.), il s'impose comme l'outil Européen de référence pour l'évaluation de risque sanitaire.

Il permet la prise en compte du relief, des bâtiments, des fluctuations météorologiques, d'une grande variété de sources d'émissions (cheminée, volume, surface, etc.), dans un même calcul de plusieurs types de sources d'émissions, etc.

Les paramètres d'entrée retenus pour la dispersion atmosphérique sont présentés dans les paragraphes suivants.

6.1.2 Zone d'étude

Pour cette évaluation, une zone d'étude de 3 km sur 3 km centrée sur le projet a été définie. Elle inclut l'ensemble des cibles retenues.

6.1.3 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques du site ont une grande influence sur la dispersion atmosphérique. La dispersion est conditionnée par des facteurs tels que la vitesse du vent, sa direction et l'intensité des turbulences.

Pour un flux donné, les concentrations dans l'air prédites à hauteur d'homme peuvent varier considérablement selon les conditions météorologiques, parfois de plusieurs ordres de grandeur.

Certains paramètres (tels que la nébulosité, etc.) sont rarement mesurés dans les stations météorologiques locales.



Les données météorologiques utilisées sont celles de la station Météo France de Saint-Pierre.

La rose des vents, établie par le logiciel ADMS et présentée ci-dessous, indique une large prédominance des vents provenant du secteur Est-Sud-Est et Est-Nord-Est.

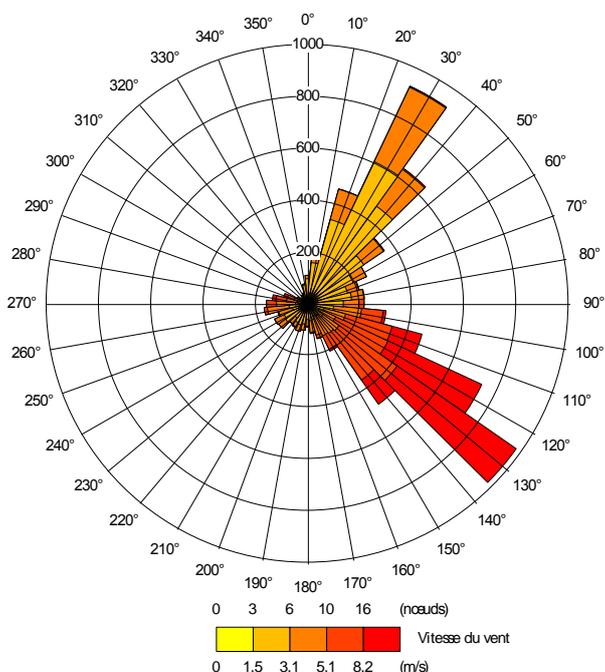


Figure 13 : Rose des vents établie par ADMS au niveau de la station de Saint-Pierre

6.1.4 Phénomènes spécifiques

Le logiciel ADMS 5.1 permet la prise en compte de phénomènes spécifiques, comme le relief, les bâtiments importants, les fluctuations météorologiques, etc.

Le tableau suivant présente ces différents phénomènes et indique s'ils ont été pris en compte ou non dans le cadre de la présente étude (module ADMS activé ou non).



Stabilité de l'atmosphère	La stabilité de l'atmosphère est appréhendée par le modèle à partir des observations de nébulosité (associée à l'heure et au jour). La fourniture de la température au modèle permet également d'améliorer l'estimation de la hauteur de la couche limite.
Topographie	La topographie n'a pas été intégrée au modèle, la pente étant inférieure à 10 % (valeur limite pour intégration de la topographie dans ADMS)
Nature des sols	Le coefficient de rugosité de 0,1 a été utilisé, caractéristique d'une zone de culture. Ce coefficient a été retenu car il correspond à la moyenne des terrains alentours. En effet, il n'est pas possible dans ADMS de définir des occupations de terrain différentes. Le coefficient de rugosité utilisé est identique sur tout le domaine d'étude.
Obstacles	L'effet des bâtiments n'a pas été pris en compte par l'intermédiaire du module « bâtiment ». Aucun bâtiment d grande hauteur ne se trouve à proximité immédiate de la parcelle.
Hauteur des cibles	Par convention, il a été considéré des cibles à 1,5 m par rapport au niveau du sol.

Tableau 10 : Prise en compte de phénomènes spécifiques

6.2 Émissions atmosphériques

La dispersion atmosphérique est réalisée sur la base des substances émises par les activités, qui ont été sélectionnées et leurs flux associés.

Les caractéristiques physiques des sources d'émission ainsi que les flux des substances sélectionnées sont présentés dans le tableau suivant et sont obtenus par le calcul suivant :

$$\text{Flux} = \text{Quantité émise} / (\text{Surface} \times \text{Durée d'émission})$$

Avec :

- Flux en g/m²/s,
- Quantité émise en kg,
- Surface en m²,
- Durée d'émission en s. Dans le cas présent, il est pris une durée d'émission de 9 h par jour (égale à la durée journalière des travaux) et :
 - Pendant 12 mois pour les phases d'épierrage, de chargement/déchargement pour stockage temporaire et phase de stockage temporaire,
 - Pendant 12 mois pour la phase de chargement des matériaux pour enlèvement.

Caractéristiques physiques de la source			Flux modélisés (g/m ² /s)	
Source d'émissions	Type de source	Dimensions (m ²)	PM10	PM2,5
Travaux d'épierrage	Surfacique	40 000	3,96E-07	6,00E-08
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage	Surfacique	15 000	1,06E-06	1,60E-07
Chargement des matériaux pour enlèvement	Surfacique	5 000	3,17E-06	4,80E-07
Stockage matériaux avant enlèvement	Surfacique	5 000	5,68E-06	8,53E-07

Tableau 11 : Flux émis pour les sources surfaciques



Concernant les émissions de poussières et gaz d'échappement liées au trafic sur les routes, les flux ont été modélisés comme des flux diffus linéiques (exprimés en g/m/s), pour le transport entre les zones de stockage temporaire des matériaux et la RN 2 (voir Figure 7).

Les caractéristiques physiques des sources d'émission ainsi que les flux des particules sélectionnées sont présentés dans le tableau suivant et sont obtenus par le calcul suivant :

$$\text{Flux} = \text{Quantité émise} / (\text{Linéaire} \times \text{Durée d'émission})$$

Avec :

- Flux en g/m²/s,
- Quantité émise en kg,
- Linéaire en m,
- Durée d'émission en s. Dans le cas présent, il est pris une durée d'émission de 9 h par jour (égale à la durée journalière des travaux) et pendant 12 mois.

Sources	Flux modélisés (g/m/s)
	Émissions liées aux camions
CO	3,82E-06
NOx	1,49E-05
COVNM	2,19E-06
PM diesel	1,03E-06

Tableau 12 : Synthèse des flux modélisés pour les sources linéiques

6.3 Estimation des expositions

L'évaluation des risques sanitaires prend en compte l'exposition des populations résidant au voisinage du site. Ces populations peuvent comprendre des adultes, mais également des personnes dites « sensibles » (enfants). Nous avons utilisé les paramètres d'exposition suivants :

- L'exposition des cibles a été calculée en affectant 100 % du temps au lieu de résidence. La durée de leur exposition est donc considérée, dans une approche majorante, de 9 heures par jour (horaires de fonctionnement du site), pendant la durée des travaux,
- Le taux de pénétration des polluants à l'intérieur des habitats a été pris comme étant égal à 100 %. En effet, les phénomènes de transfert entre l'air extérieur et l'air intérieur étant complexes et difficiles à caractériser, il est supposé que l'air intérieur des bâtiments présente les mêmes concentrations que l'air extérieur,
- Enfin, il a été retenu un taux d'absorption par l'organisme des substances de 100 %.

La durée d'exposition des populations avoisinantes est donc considérée, selon une approche majorante, comme permanente. La formule permettant de calculer les concentrations inhalées CI, exprimée en mg/m³, est la suivante :

$$CI = \frac{C \times D \times F}{Tm \times 365}$$



où :

- CI est la concentration inhalée (mg/m^3),
- C est la concentration au point d'exposition (mg/m^3) obtenue par modélisation,
- F est la fréquence d'exposition (jours/an). Dans le cas présent, on considère une exposition de 365 jours et pour une durée journalière d'exposition de 9 h,
- D est la durée d'exposition (années). Dans le cas présent, on considère une exposition de 365 jours,
- Tm est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la durée d'exposition D pour les substances à effets à seuil).



7 Caractérisation des risques sanitaires

7.1 Généralités

Selon le référentiel de l'INERIS, la caractérisation des risques se fait de la manière suivante.

- **Effet à seuil**

Un Quotient de Danger (QD) est calculé en faisant le rapport entre la Dose Journalière d'Exposition (DJE) ou la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA) ou la Concentration Inhalée (CI) et la valeur toxicologique de référence (VTR) pour la voie considérée. Selon le référentiel de l'INERIS, un QD inférieur à 1 (seuil préconisé) conduit à ce que la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable, y compris pour les populations sensibles.

- **Effet sans seuil**

Pour les effets cancérogènes, un Excès de Risque Individuel (ERI) est calculé en multipliant la DJE ou la CMA/CI par l'Excès de Risque Unitaire (ERU). Selon la circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués, un ERI inférieur à 10^{-5} est considéré comme un risque acceptable (un excès de risque de 10^{-5} signifie qu'une personne exposée durant la vie entière a une probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de 1 sur 100 000 de développer un cancer lié à la pollution du site).

7.2 Calcul des expositions

Les formules utilisées permettant de détailler les paramètres utilisés pour le calcul des doses journalières sont reprises du guide de l'INERIS 2007 « *La démarche d'interprétation des milieux* ». En effet le guide de l'INERIS 2013 fait référence dans son texte à des formules simplifiées qui arrivent aux mêmes résultats, mais qui ne permettent pas le détail demandé.

Calcul de la Dose Journalière d'Exposition (DJE) :

L'équation utilisée pour évaluer la concentration moyenne inhalée est la suivante :



$$CI = \frac{\sum_i (C_i * T_i) * T * E_f}{24 * T_m * 365}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée théorique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C_i : concentration de la substance testée dans l'air (intérieur / extérieur) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
T_i : durée d'exposition journalière à la substance dans l'air intérieur/extérieur (heures)
T : durée d'exposition théorique (année)
E_f : nombre de jours d'exposition théorique annuel (jour)
T_m : période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (année) (pour une substance à seuil d'effet $T_m = T$; pour une substance sans seuil d'effet, T_m est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)

Figure 14 : Extrait : Guide INERIS IEM 2007 : « La Démarche d'interprétation des milieux »

Les paramètres utilisés dans la présente étude sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

Inhalation	Exposition	Paramètres	Sources / Commentaires
C_i	Concentration dans l'air modélisée sur la cible	Voir dans les tableaux de calculs de risque	ADMS
$T_{penetration}$	Intérieur	100%	Critère majorant Guide Ineris 2013
	Extérieur	NA = 100%	
T_i	Chronique Résident	9h/24	Critère majorant Guide Ineris 2013
	Chronique Travailleur	9h/24	
	Chronique Loisir	9h/24	
T	Chronique Enfants	6 ans	
	Chronique avec seuil Adulte	30 ans	
	Chronique sans seuil Adulte	30 ans	
E_f	Chronique Résident	365 j/an	
	Chronique Travailleur	365 j/an	
	Chronique Loisir	365 j/an	
T_m	Chronique avec seuil	30 ans	
	Chronique sans seuil	70 ans	

Tableau 13 : Paramètres utilisés pour le calcul de la Concentration moyenne Inhalée (CI)

Le taux de pénétration des polluants à l'intérieur des habitats a été pris comme étant égal à 100 %. Cette approche est pénalisante puisque la pénétration dépend de la qualité de l'air extérieur, de la localisation de l'habitat, de l'étage, du nombre et du type d'ouvertures. Il diffère également selon le type de polluants.

Alors que l'ozone est réduit à environ 80% en raison de sa réactivité en présence de tentures et voilages, les particules fines (PM_{2,5}) et les fumées noires subissent une réduction d'environ 25% (Étude expérimentale des conditions de transfert de la pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation – CSTB 2001).

Les cibles concernées par ce scénario sont les riverains. Il est considéré qu'ils sont exposés 9h/24 et 365 j/an. De manière volontairement pénalisante, ce même temps d'exposition est retenu pour le centre équestre.



7.3 Caractérisation du risque

Deux indicateurs de risque sont calculés :

- Des Quotients de Danger (QD) pour les effets à seuil,
- Des Excès de Risque Individuels (ERI) pour les effets sans seuil.

Les formules sont présentées dans le tableau ci-après.

Voie d'exposition	Quotients de Danger	Excès de Risque Individuels
Inhalation	$QD = \frac{CI}{VTR}$ <p>Avec CI : concentration inhalée (mg/m³) VTR : valeur toxicologique de référence, à seuil (mg/m³)</p>	$ERI = \frac{\sum_i CI_i \times Ti}{Tm} \times ERU$ <p>Avec CI : concentration inhalée (mg/m³) ERU : excès de risque unitaire ((mg/m³)⁻¹) Ti : durée de la période d'exposition (an) Tm : durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée (an)</p>

Tableau 14 : Calcul des indicateurs de risque

7.4 Résultats de la modélisation

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la modélisation de la dispersion atmosphérique au droit des cibles sélectionnées.

Cibles	Concentrations (mg/m ³)		
	PM10	PM2,5	CO
Cible 1	3,80E-03	5,73E-04	1,29E-05
Cible 2	8,72E-03	1,31E-03	4,40E-04
Cible 3	5,63E-03	8,47E-04	1,25E-03
Cible 4	1,21E-03	1,82E-04	6,72E-05
Cible 5	2,92E-03	4,40E-04	3,26E-05
Cible 6	4,41E-04	6,65E-05	8,93E-06
Cible 7	4,11E-04	6,19E-05	3,03E-04
Cible 8	4,59E-04	6,91E-05	1,75E-04

Tableau 15 : Concentrations modélisées (1/2)



Cibles	Concentrations (mg/m ³)		
	NOx	COVNM	PMdiesel
Cible 1	5,03E-05	7,39E-06	3,48E-06
Cible 2	1,72E-03	2,53E-04	1,19E-04
Cible 3	4,88E-03	7,17E-04	3,37E-04
Cible 4	2,62E-04	3,86E-05	1,81E-05
Cible 5	1,27E-04	1,87E-05	8,78E-06
Cible 6	3,48E-05	5,12E-06	2,41E-06
Cible 7	1,18E-03	1,74E-04	8,17E-05
Cible 8	6,84E-04	1,01E-04	4,73E-05

Tableau 16 : Concentrations modélisées (2/2)

On constate que les concentrations de poussières les plus importantes sont relevées :

- Au niveau des cibles 2, 3 et 1 pour les substances liées aux activités d'épierrage. Ces cibles sont les plus proches de la zone d'épierrage,
- Au niveau des cibles 3, 2 et 7 pour les substances liées au trafic de camions. Ces cibles sont les plus proches du circuit emprunté par les camions pour évacuer les roches vers la RN2.

7.5 Calculs des risques

7.5.1 Effets à seuil

Pour rappel, les substances émises possédant des effets à seuil sont les COVNM, assimilés à du 1,3 butadiène, et les PMdiesel.

Le tableau suivant indique les résultats du calcul des Quotient de Danger.

Cibles	Quotient de Danger - Adulte ou Enfant		
	COVNM	PMdiesel	TOTAL
Cible 1	4,62E-04	8,69E-04	1,33E-03
Cible 2	1,58E-02	2,97E-02	4,55E-02
Cible 3	4,48E-02	8,43E-02	1,29E-01
Cible 4	2,41E-03	4,53E-03	6,94E-03
Cible 5	1,17E-03	2,19E-03	3,36E-03
Cible 6	3,20E-04	6,02E-04	9,22E-04
Cible 7	1,09E-02	2,04E-02	3,13E-02
Cible 8	6,28E-03	1,18E-02	1,81E-02

Tableau 17 : Quotients de Danger

L'ensemble des QD calculés au droit des cibles est inférieur au seuil de 1, y compris lorsque les traceurs sont cumulés. Un risque pour la santé apparaît peu probable.



La substance qui porte le risque est le PMdiesel qui représente 65% du QD total. La source de cette substance est liée aux déplacements des camions qui évacuent les matériaux.

7.5.2 Effets sans seuil

Pour rappel, les substances émises possédant des effets sans seuil sont les COVNM, assimilés à du 1,3 butadiène, et les PMdiesel.

Le tableau suivant indique les résultats du calcul des Excès de Risque Individuel.



Cibles	Excès de Risque Individuel		
	COVNM	PMdiesel	TOTAL
ADULTE			
Cible 1	7,48E-10	7,04E-14	7,48E-10
Cible 2	2,56E-08	2,40E-12	2,56E-08
Cible 3	7,25E-08	6,82E-12	7,25E-08
Cible 4	3,90E-09	3,67E-13	3,90E-09
Cible 5	1,89E-09	1,78E-13	1,89E-09
Cible 6	5,18E-10	4,87E-14	5,18E-10
Cible 7	1,76E-08	1,65E-12	1,76E-08
Cible 8	1,02E-08	9,57E-13	1,02E-08
ENFANT			
Cible 1	2,24E-09	2,11E-13	2,24E-09
Cible 2	7,67E-08	7,21E-12	7,67E-08
Cible 3	2,18E-07	2,05E-11	2,18E-07
Cible 4	1,17E-08	1,10E-12	1,17E-08
Cible 5	5,67E-09	5,33E-13	5,67E-09
Cible 6	1,55E-09	1,46E-13	1,55E-09
Cible 7	5,27E-08	4,96E-12	5,27E-08
Cible 8	3,05E-08	2,87E-12	3,05E-08
ADULTE + ENFANT			
Cible 1	2,99E-09	2,81E-13	2,99E-09
Cible 2	1,02E-07	9,61E-12	1,02E-07
Cible 3	2,90E-07	2,73E-11	2,90E-07
Cible 4	1,56E-08	1,47E-12	1,56E-08
Cible 5	7,55E-09	7,11E-13	7,55E-09
Cible 6	2,07E-09	1,95E-13	2,07E-09
Cible 7	7,03E-08	6,61E-12	7,03E-08
Cible 8	4,07E-08	3,83E-12	4,07E-08

Tableau 18 : Excès de Risque Individuel

L'ensemble des ERI calculés au droit des cibles est inférieur au seuil de 10^{-5} pour les adultes et pour les enfants (ainsi que la somme adulte + enfant). Un risque pour la santé n'est donc attendu ni pour les adultes, ni pour les enfants.

La substance qui porte le risque est le 1,3 butadiène qui représente plus de 99% de l'ERI total. La source de cette substance est liée aux déplacements des camions qui évacuent les matériaux.



7.6 Cas particulier des poussières, du CO et des NO_x

Le tableau ci-dessous présente les concentrations obtenues.

Valeur retenue	Concentration (mg/m ³)			
	PM10	PM2,5	CO	NO _x
	5E-02	2,5E-02	10	2E-01
Cible 1	3,80E-03	5,73E-04	1,29E-05	5,03E-05
Cible 2	8,72E-03	1,31E-03	4,40E-04	1,72E-03
Cible 3	5,63E-03	8,47E-04	1,25E-03	4,88E-03
Cible 4	1,21E-03	1,82E-04	6,72E-05	2,62E-04
Cible 5	2,92E-03	4,40E-04	3,26E-05	1,27E-04
Cible 6	4,41E-04	6,65E-05	8,93E-06	3,48E-05
Cible 7	4,11E-04	6,19E-05	3,03E-04	1,18E-03
Cible 8	4,59E-04	6,91E-05	1,75E-04	6,84E-04

Tableau 19 : Concentrations d'exposition en PM10, PM2,5, CO et NO_x au niveau des cibles retenues

Aucun dépassement des valeurs retenues n'est observé au niveau des cibles.



8 Discussion des incertitudes

Les principales étapes de la caractérisation des risques liés aux rejets atmosphériques du site sont :

- L'identification des dangers, comprenant la quantification des flux,
- Les relations dose-effet,
- L'évaluation de l'exposition, comprenant la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Chacune de ces étapes s'accompagne d'incertitudes qui sont détaillées dans les paragraphes ci-dessous.

8.1 Incertitudes liées à l'identification des dangers

8.1.1 Quantification des flux

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée en considérant les émissions maximales pouvant être émises à l'atmosphère avec la prise en compte des surfaces maximales soumises à l'érosion du vent et aux tonnages maximaux de matériaux manipulés et chargés/déchargés. Les travaux d'épierrage se dérouleront par phase. La quantité de matériaux manipulée et stockée sera donc répartie sur ces différentes phases.

Les quantifications des flux émis sont estimées à l'aide des formules présentées dans le document AP-42 de l'US EPA (*Compilation of Air Pollutant Emission Factors*).

L'approche retenue est considérée comme conservative.

8.1.2 Sources retenues

L'ensemble des sources d'émission de poussières a été retenu. L'étude de l'impact sanitaire des gaz d'échappement liés au transport des matériaux a également été réalisée.

L'approche retenue est considérée comme conservative.

8.1.3 Choix des scénarii étudiés

Le scénario étudié est l'inhalation directe de particules. Ce choix repose sur une étude « sources - vecteurs - cibles » et sur la modélisation de la dispersion dans l'air des substances identifiées comme traceurs du risque.



Cette approche a montré que les autres scénarii envisageables n'étaient pas pertinents à étudier.

8.2 Incertitudes liées à la relation dose-effet

Les calculs de risque ont été réalisés à partir des valeurs toxicologiques de référence fournies par des organismes reconnus internationalement et choisies comme étant les plus pénalisantes conformément aux recommandations établies par la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative « *aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués* ».

Ce choix est basé sur le premier niveau d'approche.

8.3 Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition

8.3.1 Incertitudes liées à la modélisation de la dispersion

Tout modèle est une représentation simplifiée de la réalité, comprenant des éléments d'incertitude qu'il est important de prendre en compte, notamment pour l'analyse des résultats. La qualité de ces résultats dépend d'une part, du modèle et de la modélisation (phénomène modélisé, équations utilisées, ...) et d'autre part, de la qualité des données d'entrée saisies dans le modèle.

Les paramètres d'entrée du modèle (données météorologiques, caractéristiques des sources, etc.) correspondent à des données adaptées, disponibles à ce jour pour le site et son environnement et qui sont conformes au principe de proportionnalité. Il est raisonnable de considérer que les résultats fournis par ce type de modèle sont du même ordre de grandeur que les concentrations qui pourraient être observées.

La modélisation mise en œuvre ne tient pas compte des phénomènes de dégradation advenant après diffusion dans l'environnement ni des phénomènes de complexation de substances.

L'approche retenue est considérée comme conservative.



8.3.2 Paramètres d'exposition

L'inhalation est la voie principale d'exposition.

Les modalités d'exposition varient d'un individu à l'autre (volume respiratoire, poids corporel, etc.).

Les risques ont été calculés en prenant comme hypothèses que les personnes sont exposées 100 % du temps à la concentration obtenue en un point donné. Cette approche est sécuritaire car elle ne prend pas en compte le déplacement des populations.

D'autre part, un taux de pénétration des polluants à l'intérieur des habitats égal à 100 %, a été pris en compte.

Les formules d'exposition sont linéaires. Ainsi, la variation en pourcentage d'un paramètre d'exposition comme par exemple la fréquence d'exposition induit un pourcentage de variation identique sur le résultat.

L'approche retenue est considérée comme conservatrice.

8.4 Bilan des incertitudes

L'approche qui a été suivie pour évaluer l'impact sur la santé publique des rejets atmosphériques du site est basée sur les informations spécifiques au site (caractéristiques physiques des émissaires et flux d'émission), sur des données représentatives (valeurs statistiques pour les paramètres d'exposition) et sur des hypothèses pénalisantes, en particulier pour les scénarii d'exposition (exposition permanente pour les riverains, etc.).

Aux incertitudes évaluées précédemment peuvent s'ajouter également les incertitudes liées aux connaissances techniques du moment, comme la validité des valeurs toxicologiques ainsi que l'interaction éventuelle entre certaines substances. Ces incertitudes ne sont cependant pas quantifiables en l'état.



9 Conclusion

L'évaluation des risques sanitaires vise à apprécier l'impact des travaux d'épierrage prévus sur la commune de Saint-Pierre, sur la santé des populations avoisinantes (apports des émissions atmosphériques), de manière déconnectée du bruit de fond existant (circulation automobile, etc.).

Les sources de danger potentielles pour la santé des populations environnantes retenues sont les émissions de poussières diffuses liées :

- Aux opérations de manipulation, de chargement et de déchargement des matériaux,
- Aux zones soumises à l'érosion du vent (surfaces mises à nu).

La circulation des camions transportant les matériaux extraits, a également été prise en compte depuis la zone d'extraction jusqu'à la RN2. En effet, une fois sur la RN2, le trafic routier engendré par le transport des matériaux est jugé faible au regard de la fréquentation de cet axe.

Les substances sélectionnées pour les rejets atmosphériques sont :

- Les poussières PM10 et PM2,5 pour les activités d'épierrage,
- Les particules diesel, le CO, les NOx et les COVNM liés au trafic de camions.

Il est considéré dans cette étude que la circulation des camions ne génère pas de poussières de manière significative car ils circulent sur des axes bitumés ou bétonnés (et non sur des chemins de terre).

Les résultats de cette étude montrent que les cibles situées autour de la parcelle sont exposées à des concentrations en poussières (PM10 et PM2,5), en NOx et en CO inférieures aux valeurs retenues.

En outre, les calculs de risque menés pour une exposition par inhalation, conduisent pour les cibles situées autour de la parcelle à des valeurs inférieures aux seuils de 1 et de 10^{-5} , respectivement pour les effets à seuil et sans seuil.

Au regard de la réglementation, l'activité projetée par le groupement GTOI-SBTPC-VINCI n'est pas susceptible de générer un risque sanitaire sur les populations riveraines.



Observation sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.





ANNEXES

- Annexe I : Détail du calcul des émissions atmosphériques
Annexe II : Bibliographie des relations dose-effet liées à une exposition aux nuisances sonores



Annexe I : **Détail du calcul des émissions atmosphériques**



a) Hypothèses retenues

De manière conservatrice, les hypothèses suivantes seront prises en compte dans la suite de l'étude.

▪ Poussières

Deux types de poussières sont identifiés dans les études de risques sanitaires :

- Les PM2,5 (poussières de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm),
- Les PM10 (poussières de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm qui intègrent les PM2,5).

▪ Évaluation des émissions maximales

On estime que 220 000 tonnes de matériaux excédentaires seront générées par les travaux d'épierrage. Les émissions atmosphériques maximales liées aux travaux sont calculées avec les hypothèses conservatrices suivantes.

Activité	Quantités maximales mises en jeu
Travaux d'épierrage	220 000 tonnes
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire avant enlèvement	220 000 tonnes
Chargement des matériaux pour enlèvement	220 000 tonnes

b) Chargements / déchargements lors des travaux d'épierrage

Le principe d'exploitation se compose des étapes suivantes :

- Travaux d'épierrage (extraction des matériaux) (220 000 tonnes), sur une durée maximale de 1 an,
- Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire avant enlèvement (220 000 tonnes), sur une durée maximale de 1 an,
- Chargement des matériaux pour enlèvement (220 000 tonnes), sur une durée maximale de 1 an.

Le calcul des émissions liées à la manipulation des matériaux est réalisé à l'aide de la formule établie dans le document AP 42 de l'US-EPA (§ 13.2.4 « Aggregate Handling And Storage Piles »).

La formule est la suivante :

$$E = k \cdot 0,0016 \cdot \left(\frac{U}{2,2} \right)^{1,3} \cdot \left(\frac{M}{2} \right)^{-1,4}$$

Avec :



E : quantité de poussières émises en kg par tonne de matériaux manipulés, chargés ou déchargés,

U : vitesse moyenne du vent (m/s),

M : humidité relative du matériau (%),

k : facteur multiplicatif fonction du diamètre aérodynamique des particules.

Facteur multiplicatif k caractérisant la granulométrie des poussières				
< 30 µm	< 15 µm	< 10 µm	< 5 µm	< 2,5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Les données utilisées sont les suivantes.

Paramètre	Valeur	Source
k	0,053	Valeur par défaut pour les particules de diamètre aérodynamique < 2,5 µm proposée dans le chapitre 13.2.4.3 du document AP-42 de l'US EPA
	0,35	Valeur par défaut pour les particules de diamètre aérodynamique < 10 µm proposée dans le chapitre 13.2.4.3 du document AP-42 de l'US EPA
U	5,9 m/s	Vitesse moyenne du vent à l'aéroport Roland Garros (Météo France)
M	5 %	Humidité moyenne relative des matériaux et agrégats, hypothèse majorante

Les flux calculés sont les suivants.

Activité	Flux de poussières	
	PM10 (kg)	PM2,5 (kg)
Travaux d'épierrage	123,16	18,65
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire	123,16	18,65
Chargement des matériaux pour enlèvement	123,16	18,65

c) Le transport des matériaux

Estimation des émissions de poussières liées à la circulation :

Il est considéré dans cette étude que la circulation des camions ne génère pas de poussières de manière significative car ils circulent sur des axes bitumés ou bétonnés (et non sur des chemins en terre).

Estimation des gaz d'échappements liés à la circulation :

Les gaz d'échappement émis par le site ont été estimés grâce au modèle de calcul COPERT III développé par l'European Environment Agency sur la base des hypothèses suivantes.

L'évacuation des matériaux excédentaires depuis la parcelle jusqu'à la RN2 s'effectuera par des camions, sur un linéaire d'environ 1 km, sur route ou chemin bétonné. Le trafic des camions lié au transport des matériaux est négligeable sur la RN 2 compte tenu de la forte fréquentation sur cet axe.



Véhicules	Charge utile (t)	Nombre de rotations	Longueur d'un trajet chargé (km)	Longueur d'un trajet à vide (km)
Transport matériaux sur route	26	16 923	1	1

Les résultats de flux sont les suivants.

	Émissions de polluants liées au transport de matériaux (kg)			
	CO	NO _x	COVNM	PMdiesel
Transport des matériaux (trajet aller - retour)	3,82E-06	1,49E-05	2,19E-06	1,03E-06

d) Érosion du vent

Les stockages temporaires des matériaux et agrégats soumis à l'érosion du vent peuvent être à l'origine d'envols de poussières.

L'estimation des envols de poussières totales (TSP, < 30 µm), issus des zones de stockages du site exposées à l'érosion du vent est déterminée à partir de facteurs d'émission présentés dans le document AP 42⁵ de l'USEPA (*tableau 11.9.4 « Western Surface Coal Mines »*) :

$$E_{TSP} = 850 \text{ kg/ha/an}$$

Pour l'estimation des PM10 et PM2,5, les ratios suivants sont considérés :

- PM10/ TSP = 0,52 pris en compte, conformément aux valeurs proposées par le document AP-42 de l'USEPA (§ 11.9.4 « Western Surface Coal Mines »),
- PM2,5/ PM10 = 0,15 pris en compte, conformément aux valeurs proposées par le document AP-42 de l'USEPA (§ 13.2.5 : « Industrial Wind Erosion »).

De manière pénalisante, nous considérons que les stockages de matériaux seront présents en permanence durant les 12 mois de travaux. Les hypothèses relatives aux surfaces soumises à l'érosion sont les suivantes.

	Surface (m ²)
Stockage temporaire matériaux avant enlèvement	5 000

Les résultats de flux sont les suivants.

	Émissions de poussières liées à l'érosion	
	PM10 (kg)	PM2,5 (kg)
Stockage temporaire matériaux avant enlèvement	221	33,15

⁵ AP 42, Fifth Edition. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources : Background document for revisions to fine fraction ratios used for AP-42 fugitive dust emission factor.



e) Synthèse des émissions

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des émissions de poussières et polluants liés aux travaux d'épierrage.

Type de travaux	Émissions liées aux travaux d'épierrage (kg)					
	PM10	PM2,5	CO	NO _x	COVNM	PM diesel
Travaux d'épierrage	123,2	18,6	-	-	-	-
Chargement et déchargement des matériaux pour stockage temporaire	123,2	18,6	-	-	-	-
Chargement des matériaux pour enlèvement	123,2	18,6	-	-	-	-
Stockage temporaire de matériaux avant enlèvement	221,0	33,2	-	-	-	-
Transport matériaux sur route	-	-	59,4	232	34	16
TOTAL	590,5	89,1	59	232	34	16



Annexe II : **Bibliographie des relations dose-effet liées à une exposition aux nuisances sonores**



Il n'existe pas actuellement d'informations suffisantes concernant les relations dose-réponse entre le bruit et les effets sur la santé, car il existe une grande variabilité de sensibilité parmi les individus.

Cependant, les études réalisées par l'INRS sur les effets du bruit sur l'homme au travail ont révélé qu'il peut présenter des effets sur le système cardio-respiratoire : élévation de la tension artérielle, troubles du rythme respiratoire et cardiaque. Il a aussi des effets sur le système neuromusculaire.

Outre les effets du bruit sur les systèmes cardio-respiratoire et neuromusculaire, il a également été démontré :

- La possibilité d'une atteinte du champ visuel,
- Une baisse de la perception des couleurs,
- Une détérioration importante de la vision nocturne après cinq minutes d'exposition à plus de 100 db (entre 50 et 5000 Hz).

Le bruit perturbe aussi le sommeil, notamment l'endormissement, et les sécrétions hormonales.

Les réactions psychiques au bruit peuvent aller jusqu'à la violence chez certains sujets plus fragiles ou trop fatigués, mais chez tous on constate une gêne de la concentration, à l'attention, donc à la vigilance au-dessus d'un certain niveau sonore, beaucoup plus bas que le seuil de risque de surdité. Enfin, même quand l'homme s'isole mentalement de son environnement bruyant, c'est au prix d'un effort de concentration, donc d'une fatigue psychique supplémentaire.

D'après l'étude menée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la norme ISO Standard 1990 donne une méthode pour mesurer les effets de tout type de bruit (continu, intermittent, impulsionnel) sur des populations pendant leurs heures de travail. Dans la norme, les relations entre le LAeq et les dommages induits par le bruit sur une période de mesure de 8 heures sont données pour une fréquence comprise entre 500 et 6000 Hz et des durées d'exposition inférieures à 40 ans. L'OMS considère que cette méthode est aussi applicable à la mesure des effets du bruit sur l'environnement, sur une période spécifique de mesure de 24 heures.

On doit souligner qu'il n'existe pas d'études épidémiologiques approfondies pour corroborer cette proposition, cependant il est recommandé de respecter les aspects et valeurs limites suivants :

- Il ne devrait pas exister d'effets sur l'audition pour une exposition à un niveau de pression acoustique inférieur à 70 dBA pour une période de mesure de 24 h,
- Des données tirées d'expérimentations animales ont démontré que les enfants et les personnes âgées étaient plus sensibles aux effets du bruit que les adultes,
- Des niveaux de pression acoustique instantanée élevée endommagent le système auditif. On devra éviter dans l'environnement des pics de niveau de pression acoustique supérieur à 140 dBA pour les adultes et 120 dBA pour les enfants,



- Un niveau de bruit de 80 dBA sur une période de 24 h serait susceptible d'augmenter les risques d'altération de l'audition,
- Les risques de dommages auditifs induits augmentent lorsque l'on est exposé à un bruit associé à des vibrations ou à l'ingestion de drogues. Dans ce cas des expositions à un niveau de LAeq de 70 dBA (24h) pourraient endommager l'audition.

Le tableau suivant présente les valeurs guides pour le bruit dans les environnements spécifiques produit par l'OMS.

Environnement spécifique	Effets critiques pour la santé	LAeq [dB]	Base de temps (heures)	LAmx rapide [dB]
Extérieur d'une zone résidentielle	Gêne sérieuse, en journée et en soirée.	55	16	-
	Gêne modérée, en journée et en soirée.	50	16	-
Intérieur des habitations	Intelligibilité des paroles et désagrément modéré, en journée et en soirée.	35	16	
Intérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, pendant la nuit	30	8	45
Extérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, fenêtres ouvertes (valeurs extérieures)	45	8	60
Intérieur des classes d'écoles primaires et d'écoles maternelles	Intelligibilité des paroles, Perturbation du cours (attention...)	35	Pendant la classe	-
Intérieur des dortoirs des écoles maternelles	Perturbation du sommeil	30	Pendant la sieste	45
Extérieur de l'école, cour de récréation,	Gêne (source externe)		Pendant la pause	-
Intérieur des hôpitaux, chambres des patients	Perturbation du sommeil, pendant la nuit	30	8	40
	Perturbation du sommeil, en journée et en soirée	30	16	-
Intérieur des hôpitaux, salles de traitement	Perturbation du repos et de la récupération	(1)		
Intérieur et extérieur de zones industrielles, zones commerciales et zones de circulation,	Affaiblissement de l'ouïe	70	24	110
Cérémonies, festivals et spectacles	Affaiblissement de l'ouïe (fréquence inférieure à 5 fois par an)	100	4	110
Discours publics, intérieurs et extérieurs	Affaiblissement de l'ouïe	85	1	110
Musique à travers un casque/des écouteurs	Affaiblissement de l'ouïe	85	1	110
Bruits d'impulsion provenant de jouets, de feux d'artifices et d'armes à feu	Affaiblissement de l'ouïe (adultes)			140 (2)
	Affaiblissement de l'ouïe (enfants)			120 (2)
Extérieur dans des zones d'espaces verts et des zones protégées	Rupture de la tranquillité	(3)		

(1) aussi bas que possible

(2) mesuré à 100 mm de l'oreille

(3) les zones extérieures paisibles existantes doivent être préservées et le ratio bruit introduit/ bruit de fond doit rester faible.

Valeurs-guides pour le bruit public dans des environnements spécifiques (OMS)






anteagroup®