

10^{EME} PARTIE

METHODES D'EVALUATION DES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT

1. GENERALITES SUR LES METHODES D'EVALUATION
2. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA QUALITE DE L'AIR
3. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA SANTE
4. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES LA BIODIVERSITE
5. METHODOLOGIE D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LE BRUIT ET LES VIBRATIONS

Conformément à l'article R.122-5 II 10° du Code de l'environnement, cette partie présente une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement.

SOMMAIRE DE LA 10^{ÈME} PARTIE

1. GENERALITES SUR LES METHODES D'EVALUATION 287

+ 1.1 CADRE GENERAL	287
1.1.1 Les principes généraux	287
1.1.2 L'adaptation des méthodologies aux thématiques évaluées	287
+ 1.2 CONSEQUENCE DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA SEQUENCE ERC	288

2. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA QUALITE DE L'AIR 289

+ 2.1 DEFINITION DU DOMAINE D'ETUDE ET DE LA BANDE D'ETUDE	289
2.1.1 Le domaine d'étude	289
2.1.2 La définition de la bande d'étude	289
+ 2.2 DEFINITION DU NIVEAU DE L'ETUDE	290
+ 2.2. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR	290
2.2.1 En phase chantier	290
2.2.2 Prise en compte de l'évolution des flux de trafic	290
2.2.3 Les émissions atmosphériques	293
2.2.4 Simulation numérique de la dispersion atmosphérique	293

3. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA SANTE 295

+ 3.1 INDICE POLLUTION POPULATION [IPP]	295
+ 3.2 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]	295
3.2.1 Étape n° 1 : L'identification des dangers	295
3.2.2 Étape n° 2 : L'estimation de la dose-réponse	296
3.2.3 Étape n°3 : Évaluation des expositions	299
3.2.4 Étape n°4 : Caractérisation des risques	299

4. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA BIODIVERSITE 302

+ 4.1 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE	302
+ 4.2 DEFINITION DES IMPACTS	302

5. METHODOLOGIES DE L'ETUDE POUR LE BRUIT ET LES VIBRATIONS 303

+ 5.1 METHODOLOGIES POUR LE BRUIT	303
5.1.1 Etat initial sonore pour le routier	303
5.1.2 Analyse des points soumis au trafic routier	304
5.1.3 Etat initial sonore pour le ferroviaire	304
5.1.4 Modélisation acoustique	304
+ 5.2 METHODOLOGIES POUR LES VIBRATIONS	305
5.2.1 Etat vibratoire initial	305
5.2.2 Impact Vibratoire	306

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Illustration 2 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK	292
Illustration 3 : Modélisation gaussienne d'un panache	293
Illustration 4 : Rose des vents utilisée pour les simulations	294
Illustration 5 : Terrain numérique utilisé pour les modélisations	294
Illustration 6 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP	295
Illustration 7 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS	295
Illustration 8 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	296
Illustration 9 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition Chronique	297
Illustration 10 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuils	298
Illustration 11 : Modèle acoustique créé	305

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Bande d'étude (300 m) définie pour le volet air et santé	289
Carte 2 : Nombre d'habitants dans la bande d'étude	289
Carte 3 : Tronçons routiers étudiés	292
Carte 4 : Localisation des points de mesure des vibrations	306

TABLEAUX

Tableau 1 : Types de méthodologies utilisées	287
Tableau 2 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic	289
Tableau 3 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti	290
Tableau 4 : Caractéristiques des brins routiers étudié	291
Tableau 5 : Scénario d'exposition « Résident »	299
Tableau 6 : Liste des appareils de mesure utilisés	303
Tableau 7 : conditions météorologiques lors des mesures de bruit	303
Tableau 8 : Liste des appareils de mesure utilisés	305

1. GENERALITES SUR LES METHODES D'EVALUATION

→ Ce chapitre présente les principes généraux qui ont guidé l'évaluation des incidences sur l'environnement.

1.1 CADRE GENERAL

1.1.1 Les principes généraux

Comme pour tout projet d'infrastructure, la mise au point du projet a fait l'objet d'un processus progressif et continu d'études qui a permis d'intégrer les préoccupations d'environnement à chacune des étapes de conception et de validation du projet.

Dans ce cadre, l'étude d'impact constitue un document de synthèse présentant le résultat des études et réflexions qui ont accompagné l'élaboration du projet.

Comme l'indique l'article R.122-5 du Code de l'environnement, le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages, ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine.

La méthodologie générale est celle de l'analyse par critères multiples. Elle est complétée par la méthode des bilans comparatifs qui permet de faire ressortir les éléments pertinents de différenciation d'incidences ou d'impacts.

1.1.2 L'adaptation des méthodologies aux thématiques évaluées

L'évaluation des incidences est fondée sur l'appréciation des risques liés aux enjeux et à la sensibilité de chacun des éléments, en phase travaux et en phase exploitation.

Dans la mesure du possible, les incidences sont quantifiées lorsque des techniques de simulations le permettent (acoustique, qualité de l'air). Les incidences sur les autres thématiques sont analysées d'un point de vue qualitatif, en tenant compte de l'expérience acquise lors de travaux similaires.

Ainsi, les deux types d'approche utilisés sont :

- Les méthodologies non spécifiques, permettant le plus souvent une évaluation qualitative
- Les méthodologies spécifiques, encadrées par des protocoles validés

Les méthodologies spécifiques sont détaillées dans les chapitres qui suivent (biodiversité, qualité de l'air, santé, bruit et vibration).

Tableau 1 : Types de méthodologies utilisées

Thématiques	Types de méthodologies utilisées
Sols	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet (mouvement de matériaux, profil de long, ...)
Qualité de l'air	- Méthodologies spécifiques
Climat	- Méthodologie qualitative utilisant les études prospectives sur le changement climatique au niveau régional
Ressources en eau	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet (système d'assainissement, ...)
Contraintes	- Méthodologie qualitative utilisant les données du PPRi
Habitats et espèces	- Méthodologies spécifiques
Fonctionnalités	- Méthodologies spécifiques
Urbanisme	- Méthodologie qualitative utilisant le PLU et les documents d'aménagement
Habitat	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet (emprises)
Activités	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet (emprises)
Infrastructures	- Méthodologie qualitative utilisant les études de trafic et les données techniques du projet (fonctionnalités) - Etude de trafic dynamique
Bruit	- Méthodologies spécifiques
Vibration	- Méthodologies spécifiques
Santé publique	- Méthodologies spécifiques
Paysage	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet
Patrimoine	- Méthodologie qualitative utilisant les données techniques du projet
Vulnérabilité/Risques	- Méthodologie qualitative utilisant les études prospectives sur le changement climatique au niveau régional

1.2 CONSEQUENCE DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA SEQUENCE ERC

Conformément à l'article L.110-1 2°) du Code de l'environnement, l'étude d'impact a appliqué le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable.

Ce principe implique d'éviter les atteintes, à défaut, d'en réduire la portée, et, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites.

La séquence « *éviter, réduire, compenser* », dite ERC, a constitué le guide directeur pour réfléchir aux conditions d'insertion environnementale du projet.

Comme déjà indiqué au chapitre 1.1 de la 6^{ème} partie de l'étude d'impact consacrée à l'évaluation des incidences notables sur l'environnement et aux mesures d'insertion proposées, cette séquence repose sur trois principes :

- L'**évitemen**t le plus possible des secteurs à enjeux forts,
- La recherche d'une **réductibilité** des incidences négatives par la mise en œuvre de mesures adaptées,
- La définition de **compensations** pour les impacts résiduels non réductibles.

L'application de cette démarche conduit à proposer une évaluation des incidences négatives sur l'environnement en plusieurs temps :

- Dans un 1^{er} temps, il s'agit d'évaluer les incidences brutes du projet, avant mise en œuvre de mesures,
- Dans un 2^{ème} temps, il s'agit d'évaluer les incidences ou impacts résiduels du projet, une fois les mesures de réductibilité définies,
- Dans un 3^{ème} temps, si des impacts résiduels significatifs subsistent, il s'agit alors de définir des mesures de compensation afin d'obtenir une neutralité du projet entre les « pertes » et les « gains » escomptés du fait des compensations.

Cette démarche progressive de l'évaluation des incidences a été mise en œuvre pour ce dossier.

2. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA QUALITE DE L'AIR

→ Les méthodologies sont issues de l'étude spécifique réalisée par le bureau d'études TECHNISIM Consultants.

L'étude est conforme à la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières (NOR : TRET1833075N) qui complète la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n° 2005-273 du 25 février 2005.

2.1 DEFINITION DU DOMAINE D'ETUDE ET DE LA BANDE D'ETUDE

2.1.1 Le domaine d'étude

Le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet. Il a été retenu ici l'ensemble des brins mentionnés dans l'étude trafic.

2.1.2 La définition de la bande d'étude

« La bande d'étude est définie autour de chaque voie subissant, du fait de la réalisation du projet, une hausse ou une baisse significative de trafic (variation de 10 %, identiquement au domaine d'étude). Elle est adaptée à l'étude de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique à l'échelle locale résultant des polluants primaires. Dans le domaine d'étude, il peut donc y avoir plusieurs bandes d'études » (Circulaire DGS/SD 7 B du 25 février 2005).

Concernant la pollution particulaire, la largeur de la bande d'étude est de 100 mètres, quel que soit le trafic.

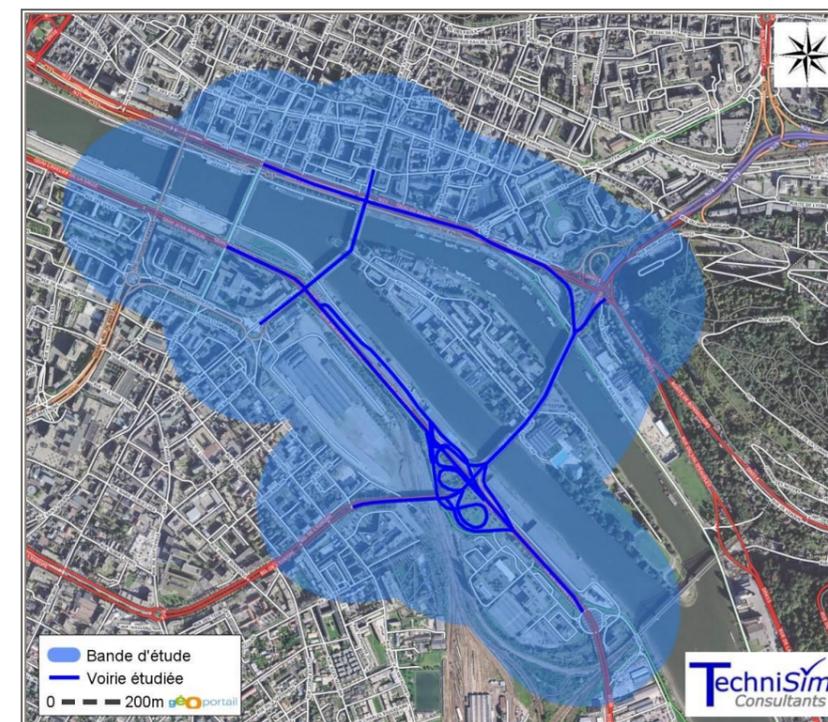
Se rapportant à la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet est définie dans le tableau suivant par :

- Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) prévu à terme ;
- Le trafic à l'Heure de Pointe la plus chargée.

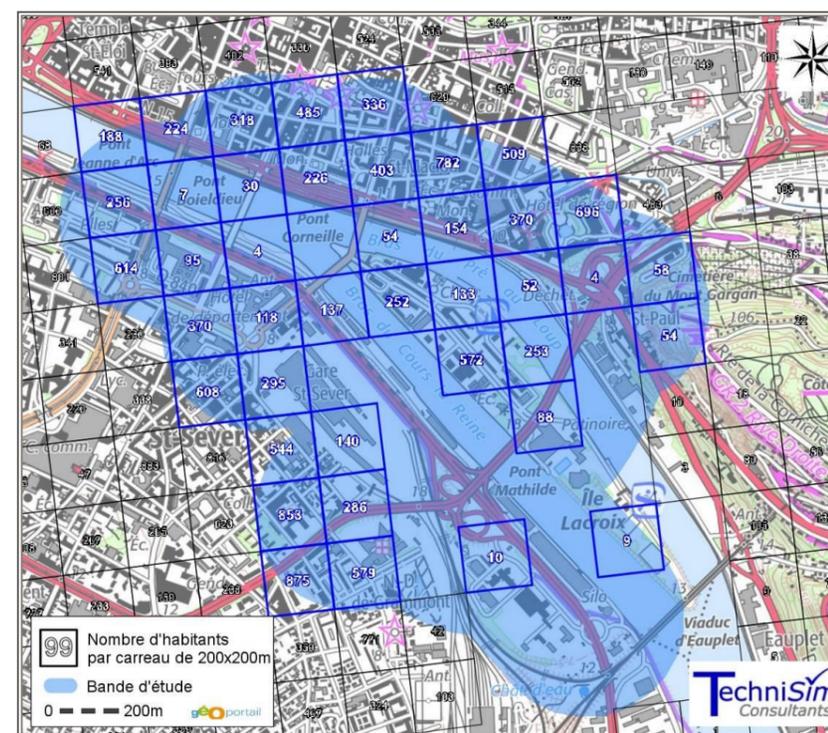
Selon l'étude de trafic, la circulation maximale sur la bande d'étude sera de l'ordre de 65 000 véhicules quotidiens.

Tableau 2 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic

Trafic à l'Heure de Pointe (uvp/h)	TMJA à l'horizon d'étude (véh/j)	Largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe
> 10 000	> 100 000	300 mètres
5 000 < trafic ≤ 10 000	50 000 < TMJA ≤ 100 000	300 mètres
2 500 < trafic ≤ 5 000	25 000 < TMJA ≤ 50 000	200 mètres
1 000 < trafic ≤ 2 500	10 000 < TMJA ≤ 25 000	150 mètres
≤ 1 000	≤ 10 000	100 mètres



Carte 1 : Bande d'étude (300 m) définie pour le volet air et santé



Carte 2 : Nombre d'habitants dans la bande d'étude

La bande d'étude retenue a donc une largeur de 300 mètres de part et d'autre de la voirie étudiée.

2.2 DEFINITION DU NIVEAU DE L'ETUDE

L'importance de l'étude à mener varie en fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui devra être supportée par le projet.

Quatre niveaux d'études sont distingués, selon deux paramètres principaux :

- La charge prévisionnelle de trafic ;
- Le nombre de personnes concernées par le projet.

La définition du niveau d'étude est basée sur la charge de trafic maximale, en l'occurrence plus de 50 000 véhicules par jour sur les voies routières les plus importantes à l'horizon de mise en service du projet.

La densité de population s'élève à environ 5 100 habitants / km² au sein de la bande d'étude et des carreaux considérés [Données INSEE].

Tableau 3 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti

Densité dans la bande d'étude [hab/km ²]	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 à 50 000 véh/j ou 2 500 à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
> 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si Lprojet > 5 km ou III si Lprojet ≤ 5 km
2 000 hab/km ² < densité < 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si Lprojet > 25 km ou III si Lprojet ≤ 25 km
< 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si Lprojet > 50 km ou III si Lprojet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

En fonction du niveau de l'étude, les exigences réglementaires diffèrent. Ainsi, d'après la *Circulaire interministérielle du 25 février 2005*, les études de type I requièrent :

- > Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine géographique d'étude ;
- > Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- > Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié ;
- > Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- > Evaluation des Risques Sanitaires.

Visant une étude de niveau I, les polluants à prendre en compte - définis selon une base réglementaire - sont les suivants :

- L'acroléine ;
- Le dioxyde de soufre SO₂ ;
- Les particules ;
- Le butadiène ;
- L'acétaldéhyde ;
- Le cadmium Cd ;
- L'arsenic As ;
- Le mercure Hg ;
- Le dioxyde d'azote NO₂ ;
- Le benzène C₆H₆ ;
- Le chrome Cr ;
- Le formaldéhyde ;
- Le nickel Ni ;
- Le benzo(a)pyrène ;
- Le plomb Pb ;
- Le baryum Ba.

Compte tenu de la densité de population dans la bande d'étude, du trafic prévisible à l'horizon de mise en service, il a été réalisé une **étude de niveau I**.

2.2. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

2.2.1 En phase chantier

Les travaux de construction peuvent polluer l'environnement.

Selon le type et la taille du chantier, les travaux peuvent générer des émissions plus ou moins importantes de polluants (gaz d'échappement des machines et engins, solvants, ...).

Toutefois, il apparaît assez malaisé de quantifier les émissions d'un chantier.

La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'a pas été possible, au niveau actuel de l'étude, de quantifier les émissions atmosphériques du chantier.

Seules, des mesures de précautions ont été rappelées.

2.2.2 Prise en compte de l'évolution des flux de trafic

Les horizons et scénarios examinés sont rappelés ci-dessous :

- > Horizon 2018 : « Actuel » ;
- > Horizon 2020 « Fil de l'eau » : scénario futur sans projet à l'horizon de mise en service ;
- > Horizon 2020 « Projet » : scénario futur avec réalisation du projet.

+ Les brins routiers :

Plusieurs brins ont été déterminés afin de discriminer les émissions générées dans la zone d'étude (cf. figure page suivante).

Pour chaque scénario, les éléments suivants sont utilisés comme données d'entrée par le modèle COPERT V pour la quantification de la consommation énergétique et des polluants générés au niveau des routes de l'aire d'étude :

Tableau 4 : Caractéristiques des brins routiers étudié

N° brin	Nom de la voie	Longueur (m)	Vitesse (km/h)	Trafic (TMJA)					
				2018 Etat actuel		2020 Fil de l'eau		2020 Projet	
				VL	PL	VL	PL	VL	PL
1	Avenue du Grand Cours RD18e	355	70	35 106	4 697	35 106	4 697	35 106	4 697
2	Accès au Pont Mathilde	215	50	12 717	2 792	12 717	2 792	12 717	2 792
3	Avenue du Grand Cours RD18e	90	70	18 498	2 451	18 498	2 451	6 405	98
4	Accès à l'Avenue du Grand Cours	260	50	3 404	198	3 404	198	3 404	198
5	Accès au Pont Mathilde	490	50	6 780	110	6 780	110	6 780	110
6	Avenue du Grand Cours RD18e	100	70	18 498	2 451	18 498	2 451	-	-
7	Accès au Quai Jacques Anquetil	190	50	3 202	49	3 202	49	12 106	2 497
8	Quai Jacques Anquetil RD18e	155	70	9 298	151	9 298	151	-	-
9	Nouvelle voie	290	50	-	-	-	-	9 298	151
10	Nouvelle voie	105	50	-	-	-	-	3 202	49
11	Accès à l'Avenue du Grand Cours	155	50	9 200	2 300	9 200	2 300	-	-
12	Boulevard de l'Europe	340	50	30 357	746	30 357	746	30 357	746
13	Nouvelle voie	260	50	-	-	-	-	9 200	2 300
14	Nouvelle voie	130	50	-	-	-	-	6 780	110
15	Accès au Pont Mathilde	60	50	6 780	110	6 780	110	-	-
16	Quai Jacques Anquetil RD18e	510	70	19 120	390	19 120	390	-	-
17	Quai du Cours La Reine	485	30 (actuel et fil de l'eau) / 50 (projet)	1 399	51	1 399	51	20 685	358
18	Quai Jacques Anquetil RD18e	65	50	10 997	202	10 997	202	10 997	202
19	Avenue Champlain RD840	160	50	11 005	248	11 005	248	11 005	248
20	Quai Jean Moulin	270	50	15 455	348	15 455	348	15 455	348
21	Pont Pierre Corneille RD840	180	50	13 659	495	13 659	495	13 659	495
22	Pont Pierre Corneille RD840	160	50	8 993	554	8 993	554	8 993	554
23	Quai Pierre Corneille RN15	330	50	10 246	952	10 246	952	10 246	952
24	Place de la République	95	30	6 382	259	6 382	259	6 382	259
25	Quai de Paris RN15	355	50	10 307	646	10 307	646	10 307	646
26	Quai de Paris RN15	225	50	42 192	1 804	42 192	1 804	42 192	1 804
27	Accès au Pont Mathilde	235	50	5 507	447	5 507	447	5 507	447
28	Accès à la Place Saint-Paul	160	50	9 264	218	9 264	218	9 264	218
29	Pont Mathilde RD6028	455	70	58 858	5 821	58 858	5 821	58 858	5 821
30	Pont Mathilde RD6028	120	50	39 713	2 943	39 713	2 943	39 713	2 943

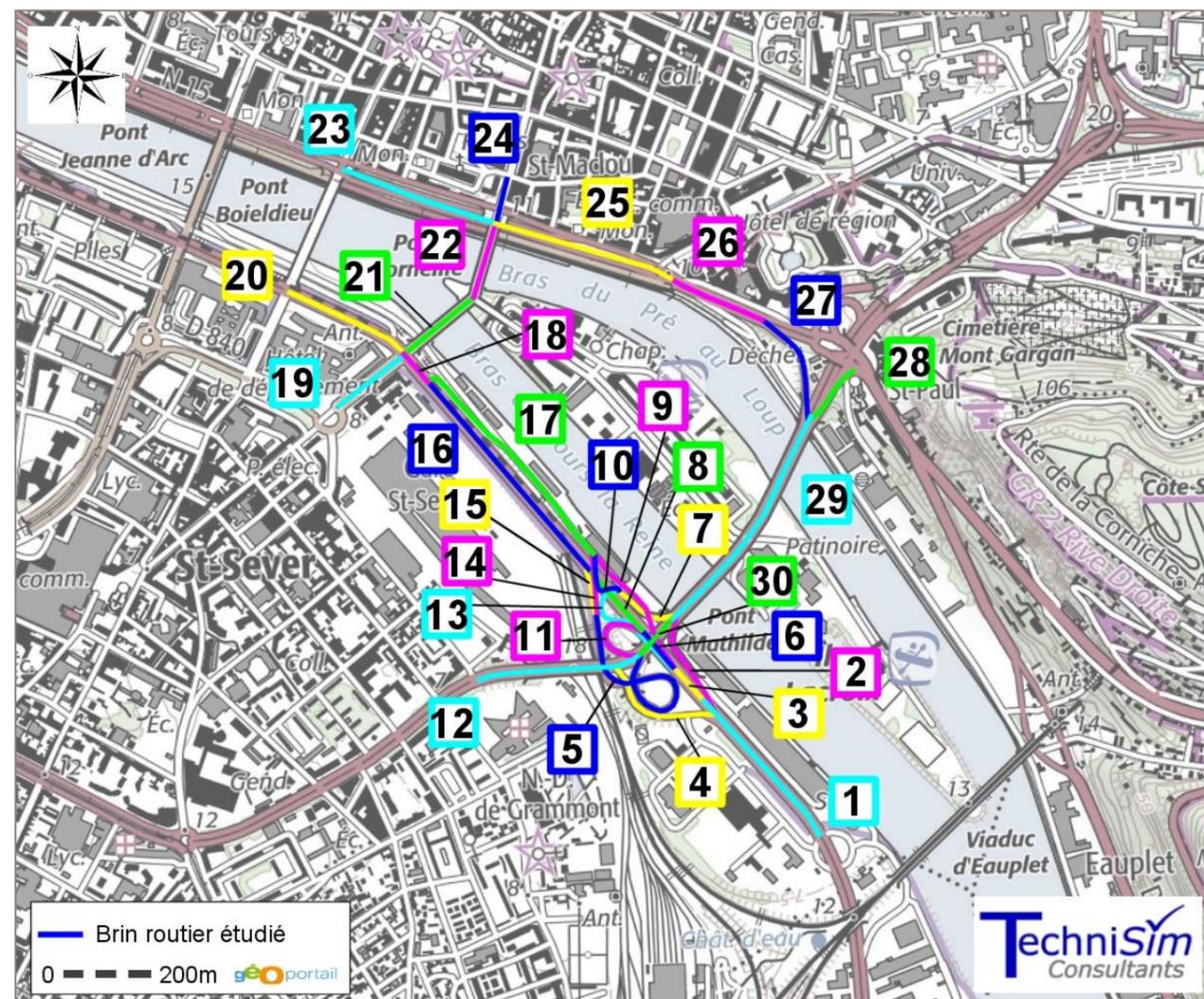
- Le trafic pour chaque tronçon exprimé en Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA), considéré comme étant égal à dix fois le trafic de l'Heure de Pointe la plus chargée (en l'occurrence l'Heure de Pointe du Soir/ HPS) ;
- La vitesse de circulation ;
- La longueur des brins routiers.

Les données sont issues d'une étude trafic de la Métropole Rouen Normandie, en date du 30 novembre 2018, réalisée dans le cadre de ce projet et complétée par les informations fournies dans un mël émanant de la Métropole le 14/12/2018.

Les vitesses utilisées ont été considérées égales aux limites de vitesse pour chacune des voies étudiées.

Pour les nouvelles voies, les vitesses ont été prises comme étant égales à 50 km/h.

Le tableau ci-après résume les caractéristiques considérées pour les brins routiers étudiés.



Carte 3 : Tronçons routiers étudiés

+ L'indicateur VK :

L'estimation des flux de trafic est réalisable avec l'indicateur « Véhicules-Kilomètres ».

Cet indice prend en considération non seulement le nombre de véhicules (trafic), mais également le trajet réalisé par ces mêmes véhicules.

Pour le scénario analysé (état initial) et si l'on considère N tronçons routiers, l'indicateur VK est calculé selon la formule suivante :

$$VK = \sum_{i=1}^{i=N} (V_i \times L_i)$$

- Où :
- VK = Nombre de « véhicules-kilomètres » [véhicules × km] ;
 - V_i = Nombre de véhicules sur le tronçon i [véhicules] ;
 - L_i = Longueur du tronçon i [km].

Le nombre VK permet ainsi l'estimation d'un flux de véhicules le long de leur parcours et des émissions potentielles consécutives à ce flux.

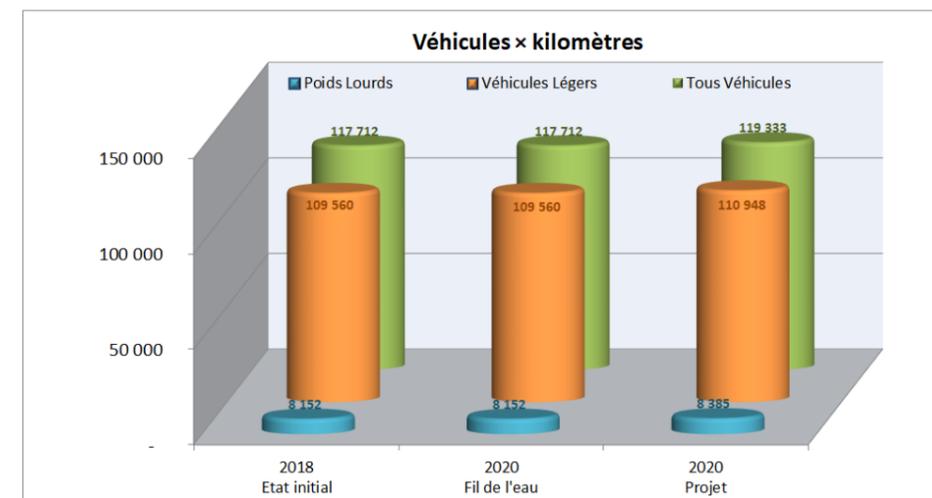


Illustration 1 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK

D'après les hypothèses considérées, la circulation avec la mise en place du projet induit sur les voies considérées une augmentation minimale de l'indice Véhicules-Kilomètres (+1,4 %), par comparaison avec la situation au fil de l'eau.

2.2.3 Les émissions atmosphériques

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques est réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émissions du logiciel COPERT V.

COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un modèle élaboré au niveau européen (MEET, CORINAIR, etc.) par différents laboratoires ou instituts de recherche sur les transports (INRETS, LAT, TUV, TRL, TNO, etc.).

Diffusé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), cet outil permet d'estimer les émissions atmosphériques liées au trafic routier des différents pays européens.

Bien que s'agissant d'une estimation à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT s'applique, dans certaines limites, à des résolutions spatio-temporelles plus fines (1 heure ; 1 km²) et permet ainsi d'élaborer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier, dénommé « brin », ou du réseau routier d'une zone ou d'une agglomération.

Ce modèle COPERT V, développé sous l'égide de l'Agence Européenne de l'Environnement afin de permettre aux états membres d'effectuer des inventaires homogènes de polluants liés au transport routier, intègre l'ensemble des données disponibles aujourd'hui, et permet en outre le calcul de facteurs d'émission moyens sur une voie donnée ou un ensemble de voies, pour peu que les véhicules circulant sur cette voie constituent un échantillon représentatif du parc national.

COPERT V est capable d'utiliser le flux de véhicules sur chaque tronçon donné, soit par des comptages, soit par un modèle de trafic.

Le flux total par tronçons est alors décomposé par type de véhicules selon la classification européenne PRE ECE, ECE et Euro. Cette ventilation utilise les données du parc automobile standard français déterminé en 2013 par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) pour l'intervalle 1990-2030.

Le modèle d'émissions du système européen COPERT V calcule les quantités de polluants rejetées par le trafic sur les différentes voies de circulation introduites dans le modèle.

Les émissions sont ainsi évaluées d'après les facteurs d'émission de méthodologies reconnues, principalement à partir du nombre de véhicules et de la vitesse de circulation ainsi que de la longueur des trajets.

La liste des composés considérés comprend tous les polluants de la circulaire du 25 février 2005.

2.2.4 Simulation numérique de la dispersion atmosphérique

Le modèle AERMOD est présenté par l'AERMIC (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) comme l'état de l'art parmi les modèles de dispersion de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce modèle a, par ailleurs, été imposé comme modèle de dispersion de l'air obligatoire aux Etats-Unis pour toutes les études réglementaires.

C'est un modèle de type gaussien de dernière génération qui est basé sur la structure turbulente de la couche limite planétaire et des concepts d'échelles, incluant les terrains plats et complexes. Il détermine la vitesse du vent et la classe de stabilité qui donnent lieu aux concentrations maximales.

Ce modèle suppose qu'il n'y a ni déposition lors du transport, ni réaction des polluants.

Ce type de modèle permet de prédire des concentrations au sol de rejets gazeux non réactifs, ou de particules solides.

Par ailleurs, les avantages et les limites de ce type de logiciel sont connus et publiés.

AERMOD contient deux préprocesseurs pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques : AERMET et AERMAP.

L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations, est la suivante :

$$C(x, y, z) = \frac{Q_m}{2 \cdot \pi \cdot u_{10} \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2(x)}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) \right]$$

Avec	C	concentration de polluants au point x,y,z (M/L ³)
	Q	débit de la source de polluants en (M/T)
	U ₁₀	vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
	σ _y	écart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
	σ _z	écart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
	h	hauteur effective de la source de polluants (L)

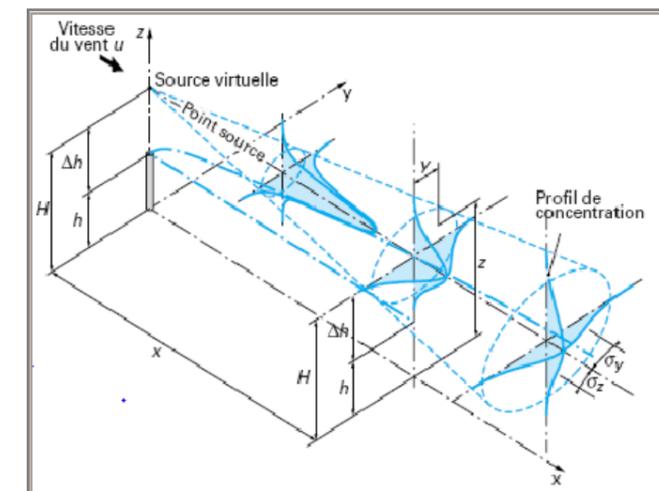


Illustration 2 : Modélisation gaussienne d'un panache

La dispersion atmosphérique des polluants est directement influencée par les conditions météorologiques.

Les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis pour une année complète (2017) au niveau de la station météorologique de l'aéroport de ROUEN Vallée-de-Seine. L'utilisation de données horaires permet d'assurer une bonne représentativité de l'évolution des paramètres.

La figure qui suit illustre la rose des vents utilisée pour les simulations.

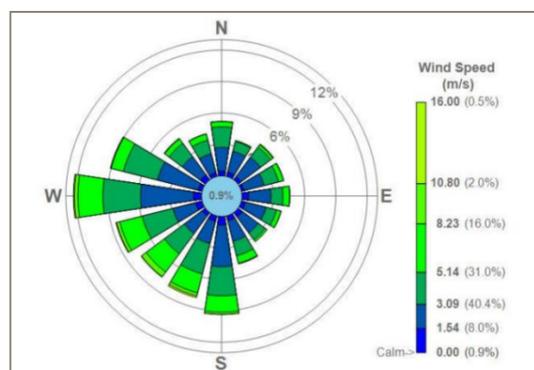


Illustration 3 : Rose des vents utilisée pour les simulations

La topographie du terrain est intégrée au modèle à l'aide du préprocesseur AERMAP.

Les hauteurs de terrain des nœuds du réseau de récepteurs constituent les données d'entrées nécessaires. Les données topographiques ont été acquises auprès de l'IGN (résolution de 250 mètres jugée suffisante au regard de l'homogénéité du relief de la zone d'étude).

Le terrain numérique obtenu est représenté sur la figure ci-après.

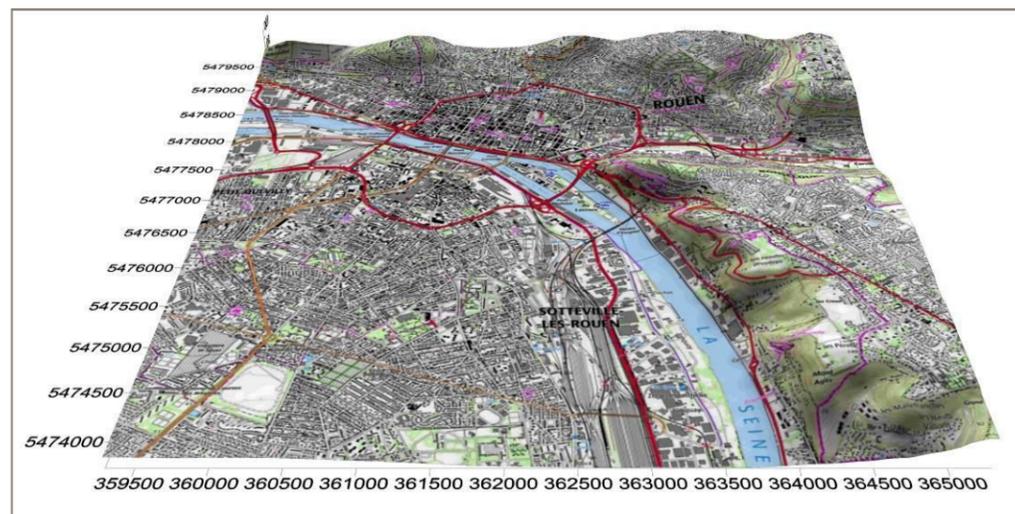


Illustration 4 : Terrain numérique utilisé pour les modélisations

3. METHODOLOGIES D'ÉVALUATION DES INCIDENCES SUR LA SANTE

→ Les méthodologies sont issues de l'étude spécifique réalisée par le bureau d'études TECHNISM Consultants.

3.1 INDICE POLLUTION POPULATION [IPP]

L'Indice Pollution Population [IPP] est un indicateur permettant d'apprécier l'exposition relative de la population à la pollution afin de comparer les scénarios étudiés.

L'Indice Pollution Population [IPP] repose sur le croisement des densités de population avec les concentrations en polluants.

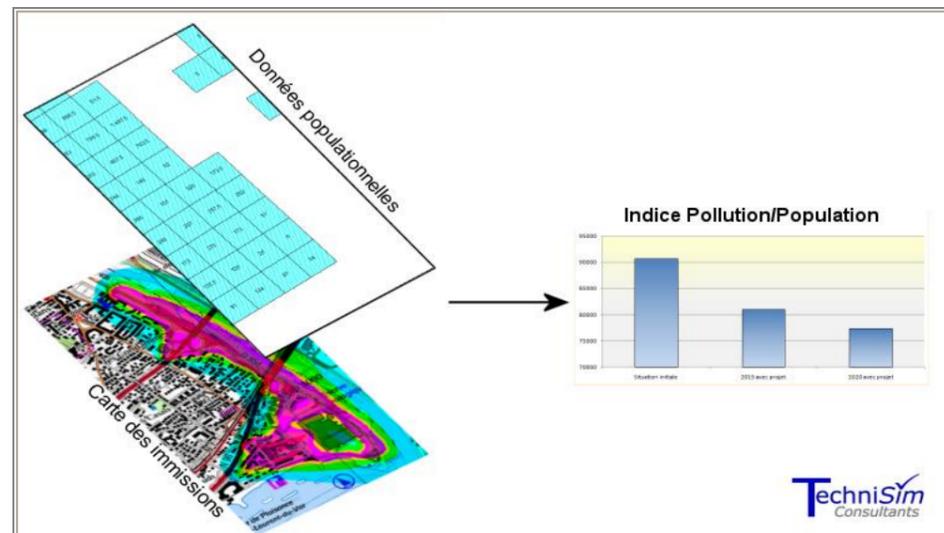


Illustration 5 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP

Les polluants « traceurs » utilisés pour calculer cet indice sont les suivants :

- > Le dioxyde d'azote [NO₂] — Puisqu'il s'agit d'un composé rejeté principalement par le trafic routier ;
- > Le benzène [C₆H₆] — Pour ses critères de toxicité de santé publique ;
- > Les particules PM₁₀ — Polluant majeur du trafic routier aux effets sanitaires importants.

L'IPP est calculé au niveau des zones d'habitation à partir des données de l'INSEE (données carroyées – mailles de 200 mètres).

3.2 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

Conformément à la Circulaire interministérielle DGS/SD 7B n°2005-273 du 25 février 2005 pour les études de niveau I, la réalisation des EQRS s'effectue uniquement sur le tracé retenu.

La démarche d'EQRS a été proposée pour la première fois en 1983 par l'Académie des Sciences (National Research Council) aux États-Unis. La définition classiquement énoncée souligne qu'elle repose sur « l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ».

L'objectif de la démarche est l'identification et l'estimation des risques pour la santé de populations vivant des situations environnementales dégradées (que cela provienne du fait des activités anthropiques ou bien du fait des activités naturelles).

L'EQRS permet de calculer soit un pourcentage de population susceptible d'être touchée par une pathologie, soit un nombre de cas attendus de maladie. L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé.

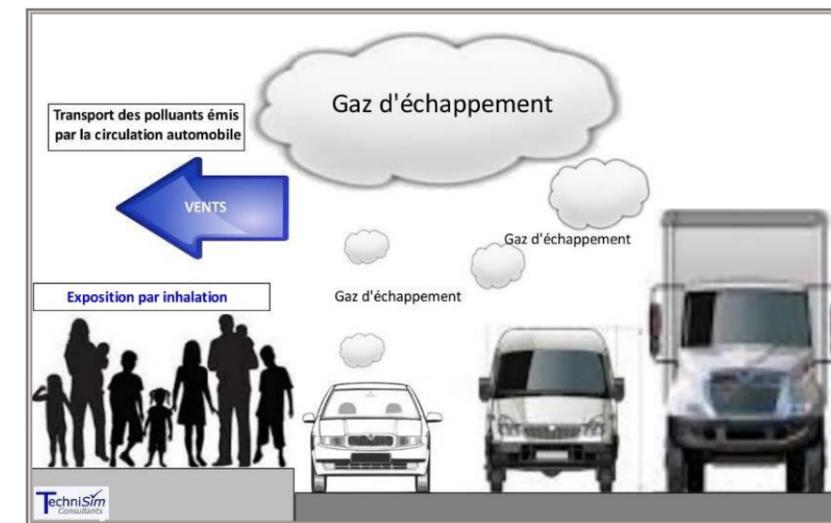


Illustration 6 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

3.2.1 Étape n° 1 : L'identification des dangers

L'étape d'identification des dangers consiste à connaître les dangers ou le potentiel dangereux des agents chimiques considérés, associés aux voies d'exposition retenues [InVS, 2000]. Cela consiste en une synthèse des connaissances scientifiques disponibles à l'instant de l'étude débouchant sur un bilan de ce que l'on sait, de ce que l'on ignore et de ce qui est incertain.

On distingue les effets selon plusieurs critères. La toxicité d'une substance peut être qualifiée de :

- Aiguë : manifestation de l'effet à court terme, de l'administration d'une dose unique de substance ;
- Subchronique : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période de 14 jours à 3 mois ;
- Chronique : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période supérieure à 3 mois.

Par ailleurs, une substance peut avoir des effets distincts selon son mode d'exposition, c'est-à-dire selon qu'elle est inhalée ou ingérée (les organes en contact étant bien sûr différents).

Au niveau des effets, on distingue les effets selon qu'ils sont « à seuils » ou « sans seuils » :

- Les effets toxiques « à seuils » correspondent aux effets aigus et aux effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu'il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La Valeur Toxique de Référence [VTR] correspond alors à cette valeur.
- Pour ce type d'effet, la gravité est proportionnelle à la dose.
- Les effets toxiques « sans seuils » correspondent pour l'essentiel à des effets cancérogènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence - et non la gravité - est proportionnelle à la dose. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

La VTR est alors un Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer.

À la suite de ces recherches, quelques substances seulement sont retenues pour l'EQRS.

Dans le présent cas, les polluants retenus sont issus du rapport du groupe de travail constitué de la Direction des routes (Ministère chargé de l'équipement), la Direction générale de la santé (Ministère chargé de la santé publique), la Direction de la prévention des pollutions et des risques et la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (Ministère chargé de l'environnement).

Il est également considéré les polluants préconisés dans l'avis de l'Anses de 2012, qui vient compléter le rapport précédemment cité.

3.2.2 Étape n° 2 : L'estimation de la dose-réponse

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles).

Or, pour connaître les risques encourus à basses doses, telles qu'elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d'extrapoler les risques observés (c'est-à-dire : des hautes doses vers les basses doses) à partir de l'étude de la relation dose-effet.

Cette relation s'étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier de la modélisation mathématique. Cela permet de définir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l'occurrence ou la sévérité de l'effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR est différent selon le danger considéré. Il s'effectue par une approche :

- Déterministe lorsqu'il s'agit des effets « avec seuils » ;
- Probabiliste lorsqu'il s'agit des effets « sans seuils ».

Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le ou les effets néfastes n'apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus

faible sans effet (dose dite 'NOEL' pour No Observed Effect Level) et d'une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme en particulier les difficultés de transposition de l'animal à l'homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d'exposition, la qualité des données, etc.

La VTR est alors calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.

La VTR prend ainsi la forme d'une Dose Journalière Admissible [DJA] dans le cas de l'ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de la voie cutanée, ou bien d'une Concentration Maximale Admissible [CMA] dans le cas de l'exposition respiratoire (exprimée en µg/m³).

En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

Pour les effets sans seuils, la VTR est alors un Excès de Risque Unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'homme. Cette valeur est le résultat des extrapolations des hautes doses aux basses doses à travers des modèles mathématiques. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en (µg/m³)-1. Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de 1 µg/m³ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

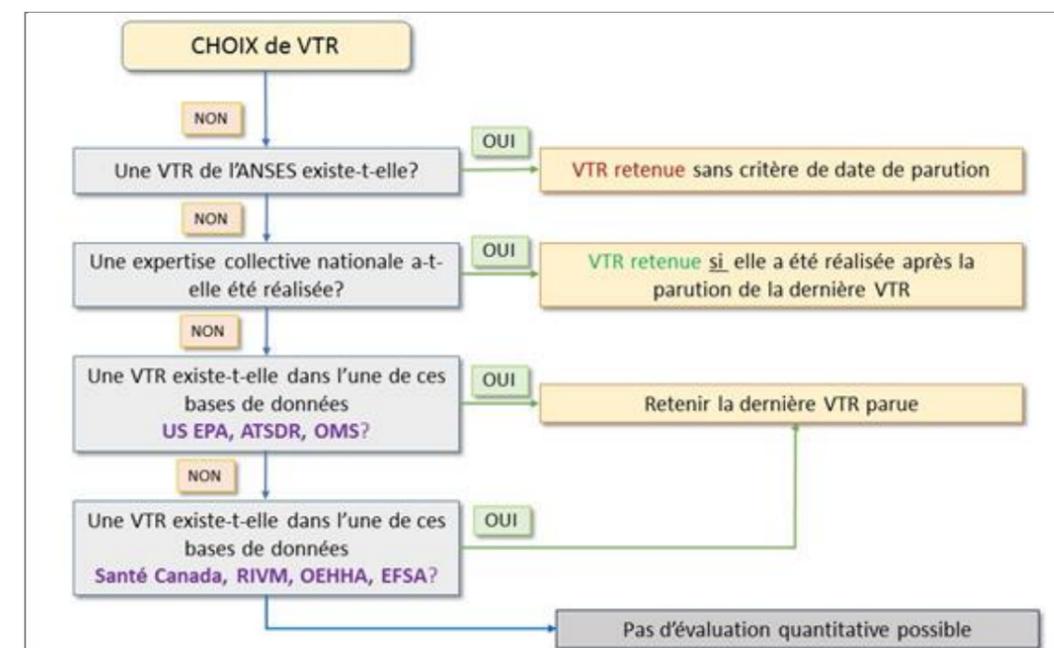


Illustration 7 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont présentées dans les tableaux suivants.

Illustration 8 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition Chronique

Substances	N°CAS	Voie d'exposition (durée)	Effet(s) critique(s)	VTR	Unité		Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
Composés organiques volatils et HAP										
Acétaldéhyde	75-07-0	Inhalation (chronique)	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	160,0	[µg/m³]		75	Anses	2014	VTR de l'Anses
Acroléine	107-02-8	Inhalation (chronique)	Lésions de l'épithélium respiratoire	0,8	[µg/m³]		75	Anses	2013	VTR de l'Anses
Benzène	71-43-2	Inhalation (chronique)	Diminution du nombre des lymphocytes	10	[µg/m³]		-	Anses	2008	VTR de l'Anses
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation (chronique)	Atrophie ovarienne	2,0	[µg/m³]		1 000	US EPA	2002 b	VTR recommandée par l'Ineris
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation (chronique)	Irritations oculaires ; effet cancérigène au niveau du nasopharynx (considéré comme effet à seuil)	123	[µg/m³]		3	Anses	2018	VTR de l'Anses
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation (chronique)	Effets sur la survie du fœtus	2,0E-03	[µg/m³]		-	US EPA	2017	Seule VTR disponible
Métaux										
Arsenic	7440-38-2	Inhalation (chronique)	Effets neurologiques et troubles du comportement	0,015	[µg/m³]		Extrapolation	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'Ineris
Baryum	7440-39-3	Inhalation (chronique)	Non précisé	1,0	[µg/m³]		Non précisé	RIVM	2007	VTR recommandée par l'Ineris
Cadmium	7440-43-9	Inhalation (chronique)	Augmentation de 5 % atteinte tubulaire dans la population générale	0,45	[µg/m³]		Non précisé	Anses	2012	VTR de l'Anses
			Effets cancérigènes	0,30	[µg/m³]					
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation (chronique)	Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage bronchioloalvéolaire	8,0E-03	[µg/m³]		90	US EPA	1998	VTR recommandée par l'Ineris
Mercur	7439-97-6	Inhalation (chronique)	Troubles de la mémoire et de la motricité	0,03	[µg/m³]		300	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'Ineris
Nickel	7440-02-0	Inhalation (chronique)	Lésions pulmonaires	0,09	[µg/m³]		30	ATSDR	2005	VTR recommandée par l'Ineris
Plomb	7439-92-1	Inhalation (chronique)	Effets systémiques neurologiques ou hématologiques	0,9	[µg/m³]		-	Anses	2013	VTR de l'Anses
Autres polluants										
Particules diesel	-	Inhalation (chronique)	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	5,0	[µg/m³]		30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
Ammoniac	7664-41-7	Inhalation (chronique)	Diminution de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires	500	[µg/m³]		-	Anses	2018	VTR de l'Anses
Ethylbenzène	100-41-4	Inhalation (chronique)	Effets ototoxique : perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti	1 500	[µg/m³]		-	Anses	2016	VTR de l'Anses
Naphtalène	91-20-3	Inhalation (chronique)	Anémies hémolytiques et cataractes	37	[µg/m³]		-	Anses	2013	VTR de l'Anses
Propionaldéhyde	123-38-6	Inhalation (chronique)	Effets hépatotoxiques, néphrotoxiques et hématotoxiques	8	[µg/m³]		-	US EPA	2008	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation (chronique)								Aucune VTR disponible
Particules PM2,5	-	Inhalation (chronique)								Aucune VTR disponible
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation (chronique)								Aucune VTR disponible
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation (chronique)								Aucune VTR disponible
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation (chronique)								Aucune VTR disponible

Illustration 9 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuils

Substances	N°CAS	Voie d'exposition	Organe(s) cible(s)/Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
Composés organiques volatils et HAP								
<i>Acétaldéhyde</i>	75-07-0	Inhalation	Augmentation de l'incidence des adénocarcinomes et des carcinomes des cellules squameuses de la cloison nasale	2,20E-06	[µg/m ³] ⁻¹	US EPA	1991	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Acroléine</i>	107-02-8	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Benzène</i>	71-43-2	Inhalation	Leucémies aiguës	2,60E-05	[µg/m ³] ⁻¹	Anses	2013	VTR de l'Anses
<i>1,3-Butadiène</i>	106-99-0	Inhalation	Tumeurs pulmonaires (bronchiolaires et alvéolaires)	1,70E-04	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Formaldéhyde</i>	50-00-0	Inhalation	Carcinomes au niveau des cavités nasales	6,00E-06	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée)	1,10E-03	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
Métaux								
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	4,30E-03	[µg/m ³] ⁻¹	US EPA	1998	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Baryum</i>	7440-39-3	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Cadmium</i>	7440-43-9	Inhalation	Cancers de l'appareil respiratoire	4,20E-03	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	4,00E-02	[µg/m ³] ⁻¹	OMS	2000	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Mercure</i>	7439-97-6	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	2,60E-04	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2011	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Plomb</i>	7439-92-1	Inhalation	Tumeurs rénales	1,20E-05	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	Seule VTR disponible
Autres polluants								
<i>Particules diesel</i>	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	3,40E-05	[µg/m ³] ⁻¹	OMS	1996	Seule VTR disponible
<i>Dibenzo[a,h]-anthracène</i>	53-70-3	Inhalation	Effets sur le foie, la peau, le système immunologique	1,20E-03	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2009	Seule VTR disponible
<i>Ethylbenzène</i>	100-41-4	Inhalation	Tumeurs rénales	5,20E-06	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2009	Seule VTR disponible
<i>Naphtalène</i>	91-20-3	Inhalation	Tumeurs nasales	5,60E-06	[µg/m ³] ⁻¹	Anses	2013	VTR de l'Anses
<i>Particules PM10</i>	-	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Particules PM2,5</i>	-	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation	Aucune VTR disponible					
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation	Aucune VTR disponible					

3.2.3 Étape n°3 : Évaluation des expositions

L'exposition d'une population à une substance toxique dépend de deux facteurs :

- La concentration de la substance dans les compartiments environnementaux et son comportement physico-chimique ;
- Les voies et conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.

En pratique, à partir des rejets du trafic, il s'agit d'établir un schéma décrivant les voies de passage des polluants depuis les différents compartiments environnementaux jusque vers les populations cibles.

Il est ensuite identifié les voies de pénétration des polluants dans l'organisme. Celles-ci sont de trois types (ingestion, inhalation et contact cutané).

Seule l'inhalation est étudiée dans cette partie.

Les modes de transfert des polluants dans les différents compartiments environnementaux sont également identifiés.

Le devenir d'une substance dépend de ses propriétés physico-chimiques ainsi que des conditions environnementales.

À partir d'un compartiment donné, le composé considéré peut, soit :

- Être dispersé/transporté vers un autre compartiment ;
- Être transformé ;
- S'accumuler.

L'évaluation des expositions se déroule selon plusieurs étapes.

Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer les niveaux d'exposition à l'aide de mesures réalisées sur site ou à l'aide de la modélisation.

Ensuite, il s'agit de définir pour les cibles et/ou les populations identifiées, ainsi que pour les voies d'exposition identifiées, des scénarios d'exposition cohérents visant à considérer essentiellement : soit les expositions de type chronique, soit les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction significative de la durée de vie.

Dans la situation étudiée, le scénario d'exposition retenu est celui d'un résident à vie, c'est-à-dire concernant les personnes résidant dans la bande d'étude au cours de leur vie entière (Par convention : 70 ans).

L'étape suivante consiste à estimer les quantités de substance absorbées par les individus du domaine examiné.

Pour l'inhalation, la dose journalière est en fait une concentration inhalée.

Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour.

Celle-ci se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$CI = \left(\sum_i (Ci \times ti) \right) \times F \times \frac{T}{Tm}$$

CI	Concentration moyenne inhalée	[µg/m³]
ti	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant une journée	
F	Fréquence ou taux d'exposition => nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours	[Sans dimension]
T	Nombre d'années d'exposition	[années]
Tm	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	[année]

Pour les polluants avec effets "à seuils", l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T = Tm.

Alors que pour les effets "sans seuils", Tm sera assimilé à la vie entière prise conventionnellement égale à 70 ans.

Le scénario d'exposition considéré pour cette étude ainsi que les paramètres associés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Scénario d'exposition « Résident »

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentrations utilisées
Résident	La semaine / le weekend		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 50 semaines/an	Concentrations correspondant au centile 90 des concentrations calculées sur le domaine d'étude
	Vacances		
	Lieu de vacances	2 semaines/an	Aucune exposition durant ces 2 semaines

Pour le scénario résident à vie, il est considéré, de manière conservatrice, que la personne vit exclusivement dans la bande d'étude. Il est retenu qu'elle est exposée sans interruption aux teneurs calculées, excepté lors de deux semaines de vacances par an.

3.2.4 Étape n°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques est réalisée à l'aide du calcul des indices de risques. Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuils » ou « sans seuils ».

Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur : la Valeur Toxicologique de Référence [VTR].

On calcule alors un Quotient de Danger [QD], qui correspond au rapport de la dose journalière exposition sur la VTR.

$$QD = CMI/CAA$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée [µg/m³]

CAA Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence [µg/m³]

Lorsque le QD est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger, et ce, même pour les populations sensibles, compte tenu des facteurs de sécurité utilisés.

Si, au contraire, le QD est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'effet toxique peut se déclarer sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Pour les effets toxiques « sans seuils », on calcule l'excès de risque individuel [ERI] par inhalation, en rapportant l'excès de risque unitaire [ERU] vie entière (conventionnellement 70 ans) à la dose journalière d'exposition [DJE] pour la voie orale ou à la concentration atmosphérique inhalée [CI] pour l'inhalation.

$$ERI = ERU_i \times CMI$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 ERU_i Excès de Risque Unitaire par inhalation [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]-1

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas bien entendu de seuil absolu d'acceptabilité, mais la valeur de 10⁻⁶ (soit un cas de cancer supplémentaire sur un million de personnes exposées durant leur vie entière) est considérée aux Etats-Unis comme le seuil de risque négligeable et 10⁻⁴ comme le seuil de l'inacceptable en population générale.

En France, l'InVS utilise la valeur de 10⁻⁵. Ce seuil de 10⁻⁵ est souvent retrouvé dans la définition des valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air par l'OMS.

Cependant, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) précise que cette lecture binaire est réductrice et que, compte tenu des précautions prises avec l'application de facteurs d'incertitude dans leur construction, le dépassement d'une VTR ne signifie aucunement le risque d'apparition d'un effet délétère dans la population, sauf si ce dépassement est conséquent et gomme en partie les facteurs d'incertitude.

Ainsi, en matière de décision publique, pour les études de zones, la notion de « risque acceptable » doit être abandonnée pour utiliser celle « de seuils et d'intervalles de gestion ».

Le HCSP recommande l'utilisation des valeurs repères suivantes, après lecture critique des incertitudes attachées à l'exercice d'ERS :

- Un domaine d'action rapide pour un ERI >10⁻⁴ et/ou un QD > 10 ;
- Un domaine de vigilance active pour un 10⁻⁵ < ERI < 10⁻⁴ et/ou un 1 < QD < 10 ;
- Un domaine de conformité pour un ERI < 10⁻⁵ et/ou un QD < 1.

Les effets conjugués sont pris en considération dans l'EQRS car les individus sont rarement exposés à une seule substance.

Afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

- Pour les effets à seuils : les QD sont additionnés uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- Pour les effets sans seuils : la somme des ERI est effectuée, quel que soit l'organe cible.

+ Identification des dangers :

L'identification des dangers est une démarche qualitative qui est initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire.

A ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d'information et aux controverses scientifiques.

Dans le cas présent, l'EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus.

Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes, ou bien tout simplement car l'information n'existe pas.

Ces substances n'ont pas encore de facteurs d'émission, mais la proximité des valeurs de référence avec les teneurs ambiantes et/ou la sévérité des effets sanitaires conduisent les spécialistes à recommander des recherches sur leurs facteurs d'émission.

+ Évaluation des incertitudes sur l'évaluation de la toxicité :

L'identification exhaustive des dangers potentiels pour l'homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l'évaluation et la possibilité d'interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.

Les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d'études expérimentales chez l'animal, mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'Homme. L'étape qui génère l'incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l'établissement des Valeurs Toxicologiques de Référence [VTR]. Il est rappelé que pour le cas des produits cancérigènes sans effet de seuils, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.

Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l'extrapolation à l'homme se réalise en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d'incertitude ou facteurs d'évaluation) aux seuils sans effets néfastes définis chez l'animal.

Lorsque la VTR est établie à partir d'une étude épidémiologique conduite chez l'homme (par exemple sur une population de travailleurs), l'extrapolation à la population générale se fait également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte notamment de la différence de sensibilité des deux populations.

Ainsi, les facteurs de sécurité ont pour but de tenir compte des incertitudes et de la variabilité liées à la transposition inter-espèces, à l'extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.

Ces facteurs changent d'une substance à une autre.

Pour certaines d'entre elles, il n'existe tout simplement pas de facteur de quantification en l'état actuel des connaissances.

+ Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition :

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition :

- La définition des populations et des usages ;
- Les modèles utilisés ;
- Les paramètres ;
- Les substances émises par les sources de polluants considérées.

Les phénomènes intervenant dans l'exposition des populations à une source de polluants dans l'environnement sont très nombreux. Le manque de connaissances et les incertitudes élevées autour de certains modes de transfert des polluants dans l'atmosphère amènent à utiliser des représentations mathématiques simples pour modéliser la dispersion. À noter que ces représentations mathématiques induisent des incertitudes difficilement quantifiables.

+ Caractérisation du risque :

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une « éventualité » d'apparition d'effets indésirables.

Pour les produits cancérigènes sans effet de seuil, la quantification du risque consiste à mettre en relation - pour les différentes voies d'exposition identifiées- les VTR et les doses d'exposition, afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers parmi une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses pour les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, poids corporel, etc.).

4. METHODOLOGIES D'EVALUATION DES INCIDENCES SUR LA BIODIVERSITE

→ Les méthodologies sont issues de l'étude spécifique réalisée par le bureau d'études NATURAGORA Développement.

A l'issue de la phase de terrain un rapport de synthèse est rédigé comprenant une synthèse du diagnostic écologique ainsi qu'une évaluation des impacts potentiels du projet complétée de propositions d'évitement, de réduction ou de compensation de ces impacts.

4.1 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE

Pour chaque groupe taxonomique, des tableaux de synthèse regroupant les noms latins et vernaculaires ainsi que les statuts des différentes espèces sont établis. Les espèces à enjeux de par leur rareté ou, à l'inverse, la menace qu'elles représentent (espèces exotiques envahissantes) sont identifiées pour chaque groupe taxonomique.

Ces tableaux sont complétés aussi souvent que nécessaire par des cartes de localisation et une analyse commentée.

Pour les espèces à enjeux, une analyse écologique succincte de la dynamique des populations et de l'utilisation du site par les espèces est dressée. Cette analyse est complétée par une recherche bibliographique afin de déterminer quels types d'habitats fréquentent en théorie ces espèces et ainsi évaluer la qualité des habitats de substitution utilisés sur le site.

Le volet cartographique permet d'identifier des secteurs à enjeux ainsi que les espèces et habitats potentiellement présents qui pourront nécessiter une demande de dérogation au titre des articles L. 411-1 et suivants du code de l'environnement.

Cette hiérarchisation des enjeux se fait au moyen de l'analyse de différents critères biologiques et écologiques tels que :

- Le type de population identifiée (nicheuse, hivernante, migratrice),
- L'état de conservation (différents niveaux, nationaux, régionaux, locaux),
- La responsabilité locale pour la conservation de telle ou telle espèce.

	Intérêt écologique*	Niveau de conservation*	Enjeu local
Espèce	Fort	Population importante	Faible
Habitat	Moyen	Surface faible	Fort
Corridor écologique	Fort	Dégradation importante	Moyen
...			

Exemple de matrice permettant de définir les enjeux du territoire (* définis lors de l'étape précédente -bibliographie et terrain-).

4.2 DÉFINITION DES IMPACTS

Les enjeux identifiés lors de la phase de diagnostic sont mis en relation avec les détails de la réalisation concrète des travaux afin de déterminer les impacts potentiels.

Ceux-ci doivent être identifiés à différentes échelles d'espace (locale, régionale, globale) et de temps (à court/moyen/long termes, ponctuels, pérennes...). Les effets cumulés de ces impacts sont également pris en compte.

Ainsi, pour chacun des enjeux environnementaux identifiés, des tableaux de synthèse des impacts sont présentés.

Enjeux	Impact	Echelle spatiale	Echelle de temps	Durée de l'impact
Triton crêté	Destruction habitat	locale	Court terme	Pérenne
	Destruction fonctionnalité écologique	globale	Moyen terme	Pérenne

Dans un deuxième temps, pour chaque impact identifié, une réflexion est menée en respectant la séquence « Eviter, Réduire, Compenser ».

Ainsi, dans un premier temps, naturAgora Développement réfléchit à des alternatives afin d'éviter l'impact identifié (décalage des périodes d'intervention, utilisation de matériel adapté, projet alternatif...). Si l'impact ne peut être évité, des mesures de réduction de cet impact sont identifiées (adaptation du projet, calendrier adapté, prise en compte de l'écologie des espèces dans le phasage des travaux, identification de zones refuges durant les travaux, passage à faune,...).

Enfin, en dernier recours, des mesures compensatoires sont proposées si l'impact est tel qu'il ne puisse être ni évité, ni réduit. Dans ce dernier cas, il s'agit bien souvent de recréer à proximité du projet des habitats équivalents à ceux détruits par le projet. Dans ce cadre, naturAgora propose une stratégie de compensation prenant en compte les difficultés techniques de ce genre de réalisation ainsi que les contraintes foncières.

5. METHODOLOGIES DE L'ETUDE POUR LE BRUIT ET LES VIBRATIONS

→ Les méthodologies sont issues de l'étude spécifique réalisée par le bureau d'étude ORFEA Acoustique Normandie

5.1 METHODOLOGIES POUR LE BRUIT

5.1.1 Etat initial sonore pour le routier

Les mesures ont été réalisées conformément aux normes NF S 31-085 relative à la caractérisation et au mesurage du bruit dû au trafic routier et NF S 31-088 relative à la caractérisation et au mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire.

+ Appareillage utilisé :

Les appareils utilisés pour faire les mesures sont :

Appareils	Marque	Type	N° de série de l'appareil	Type et n° de série du microphone	Type et n° de série du préamplificateur	Classe
Sonomètre	ACOEM	Black Solo	65432	MCE 212 134898	PRE 21 S 16003	1
Sonomètre	ACOEM	Blue Solo	60801	MCE 212 181984	PRE 21 S 13328	1
Sonomètre	ACOEM	Blue Solo	61236	MCE 212 96329	PRE 21 S 14400	1
Sonomètre	ACOEM	Blue Solo	61237	MCE 212 96268	PRE 21 S 14394	1

Tableau 6 : Liste des appareils de mesure utilisés

+ Période d'intervention :

Les mesures ont été effectuées du jeudi 14 juin 2018 au vendredi 15 juin 2018 par Cédric COUSTAURY, ingénieur acousticien et Yvan CHEVRIER, acousticien de la société ORFEA Acoustique Normandie.

+ Conditions de mesurages :

Le tableau suivant présente les conditions météorologiques intervenues lors des relevés (issues de la station météorologique de Rouen) :

+ Nombre de points de mesure :

L'établissement de l'état sonore initial sonore consiste en 4 mesures de longue durée (24h) notées LD1 à LD4. Les points ont été placés à une distance de 2 mètres en avant de la façade des bâtiments dans les zones concernées, conformément à la méthode de mesurage du bruit routier et ferroviaire décrite dans les normes NF S 31-085 et NF S 31-088.

Date	Heure	Temperature	Humidité	Direction du	Vitesse du	Pression	Precip.	Ciel
15/06/2018	11:00	16 C	77 %	W	7 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	11:30	17 C	77 %	VAR	4 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	12:00	13 C	88 %	NW	4 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	12:30	18 C	68 %	NW	7 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	13:00	19 C	64 %	WSW	7 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	13:30	19 C	64 %	VAR	4 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	14:00	21 C	56 %	VAR	4 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	14:30	20 C	56 %	VAR	4 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	15:00	21 C	53 %	VAR	9 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	15:30	20 C	60 %	W	9 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	16:00	20 C	56 %	VAR	6 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	16:30	20 C	60 %	WNW	11 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
15/06/2018	17:00	20 C	60 %	W	13 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	17:30	21 C	56 %	WNW	13 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	18:00	20 C	60 %	NW	17 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	18:30	20 C	56 %	WNW	15 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	19:00	20 C	56 %	WNW	17 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	19:30	19 C	60 %	NW	17 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	20:00	18 C	56 %	WNW	15 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	20:30	17 C	59 %	WNW	11 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	21:00	16 C	63 %	NW	11 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	21:30	16 C	63 %	NW	9 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	22:00	15 C	67 %	NNW	9 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	22:30	14 C	72 %	NW	6 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	23:00	13 C	82 %	NNW	9 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
15/06/2018	23:30	13 C	77 %	NNW	7 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	0:00	19 C	56 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	0:30	12 C	82 %	NNW	15 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	1:00	11 C	82 %	NNW	11 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	1:30	11 C	82 %	NNW	9 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	2:00	11 C	82 %	VAR	2 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	2:30	10 C	87 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	3:00	10 C	87 %	NW	4 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	3:30	9 C	93 %	W	6 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	4:00	10 C	94 %	S	4 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	4:30	10 C	94 %	SW	7 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	5:00	10 C	94 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	5:30	10 C	94 %	-	0 km/h	997.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	6:00	10 C	94 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	6:30	9 C	93 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	7:00	11 C	94 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	7:30	11 C	94 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	8:00	12 C	94 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	8:30	13 C	88 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	9:00	13 C	82 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	9:30	15 C	77 %	-	0 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	10:00	16 C	68 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	10:30	16 C	68 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	11:00	17 C	63 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	11:30	17 C	63 %	-	0 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	12:00	12 C	77 %	NNW	11 km/h	999.2 hPa	0.0 mm	Dégagé
16/06/2018	12:30	18 C	56 %	W	15 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	13:00	18 C	59 %	W	15 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	13:30	19 C	60 %	WSW	17 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux
16/06/2018	14:00	19 C	56 %	WSW	17 km/h	998.2 hPa	0.0 mm	Nuageux

Tableau 7 : conditions météorologiques lors des mesures de bruit

5.1.2 Analyse des points soumis au trafic routier

+ Tests de validation :

Conformément à la norme NFS 31-085, les points de mesure soumis au trafic routier doivent vérifier les tests de validation suivants :

Test de validation 1	<input checked="" type="checkbox"/> Vérification de la continuité du signal à partir de l'étude de l'écart de niveau sonore entre 2 instants successifs (1 s), cet écart ne doit pas dépasser certaines valeurs, fonctions de la distance à la voie de l'habitation considérée et de la vitesse.
	<input checked="" type="checkbox"/> Vérification de la nature "gaussienne" du bruit à partir d'un test de cohérence entre les niveaux LAeq,base (résultat de la mesure) et LAeq,gauss (prise en compte des indices statistiques).
	<input checked="" type="checkbox"/> Ces tests permettent de démontrer que le bruit mesuré est représentatif d'un bruit routier.
Test de validation 2	<input checked="" type="checkbox"/> Vérification de la corrélation entre l'indice LAeq,base et le trafic routier du jour des mesures. Si la cohérence est bonne : recalage mesure / trafic.

+ Les hypothèses de trafics :

Les recalages ont été réalisés sur les TMJA fournis par la Métropole Rouen Normandie. Le tableau suivant présente les TMJA retenus pour les deux voies concernées par le recalage routier :

Voies	JOUR (6h-22h) -2017				NUIT (22h-6h) -2017			
	TMJA véh/jour	TV/h	%PL	Vitesse Moyenne	TMJA véh/nuite	TV/h	%PL	Vitesse Moyenne
Quai Jacques Anquetil	17 637	1 102	8,6%	70 km/h	1 100	138	5,5%	90 km/h
Rue Desseaux	3 159	197	5,3%	30 km/h	227	28	2,2	30 km/h

+ Méthode de recalage :

Les données de trafic, relatives aux deux types de véhicules, sont traitées ensemble en pondérant le débit de véhicules lourds, QPL, d'un facteur d'équivalence acoustique entre véhicules lourds et véhicules légers, noté E.

5.1.3 Etat initial sonore pour le ferroviaire

Contrairement à la route, les niveaux sonores bruts ne sont pas obtenus directement à partir de la mesure. Il faut coder les passages et types de trains et les associer à des durées.

Le niveau sonore brut correspond à la moyenne des niveaux sonores dus aux trains (pondérés par leur durée d'apparition) recalée sur la durée de référence associée (jour ou nuit).

Seuls les points LD 2 et LD 3 sont concernés par la perception du trafic ferroviaire FRET sur la tranchée couverte.

Le tableau suivant présente trafic ferroviaire du jour des mesures (données fournies par SNCF Réseau) :

Voie	JOUR (6h-22h)		NUIT (22h-6h)	
	Nbre	Vitesse (km/h)	Nbre	Vitesse (km/h)
FRET Tranchée couverte	16	40 km/h environ	0	-

Afin de déterminer le niveau sonore moyen sur une année à partir des résultats des mesures, ORFEA Acoustique Normandie a utilisé le trafic moyen annuel dont les caractéristiques sont reportées dans le tableau ci-dessous (données fournies par SNCF Réseau) :

Voie	JOUR (6h-22h)		NUIT (22h-6h)	
	Nbre	Vitesse (km/h)	Nbre	Vitesse (km/h)
FRET Tranchée couverte	20	40 km/h environ	0	-

L'indicateur utilisé est If (Indicateur Ferroviaire).

Avec If = LAeq – 3 (correction traduisant une gêne différente entre bruits routier et ferroviaires).

5.1.4 Modélisation acoustique

+ Logiciel utilisé :

Afin de pouvoir simuler le niveau sonore moyen sur l'ensemble du périmètre d'étude, une modélisation du secteur dans sa configuration actuelle a été réalisée. Celle-ci a été effectuée avec le logiciel CadnaA de la société Datakustik.

Ce programme 3D permet la simulation numérique de la propagation acoustique en site bâti. Il est particulièrement adapté aux problèmes urbains, car il prend en compte les réflexions multiples sur les parois verticales.

Ce logiciel comprend :

- Un programme de numérisation du site qui permet la prise en compte de la topographie (courbes de niveaux), du bâti, de la voirie, de la nature du sol, des conditions météorologiques

locales, et la mise en place des protections acoustiques éventuelles : écrans, buttes de terre, revêtements absorbants...

- Un programme de propagation de rayons sonores : à partir d'une source quelconque, le programme recherche l'ensemble des trajets acoustiques source-récepteur.
- Un programme de calcul de niveaux de pression acoustique qui permet, soit l'affichage des LAeq(6h-22h) et LAeq(22h-6h) pour différents récepteurs préalablement choisis, soit la visualisation des cartes de bruit.

De manière générale, l'incertitude des résultats issus de la modélisation acoustique est estimée à plus ou moins un décibel(A).

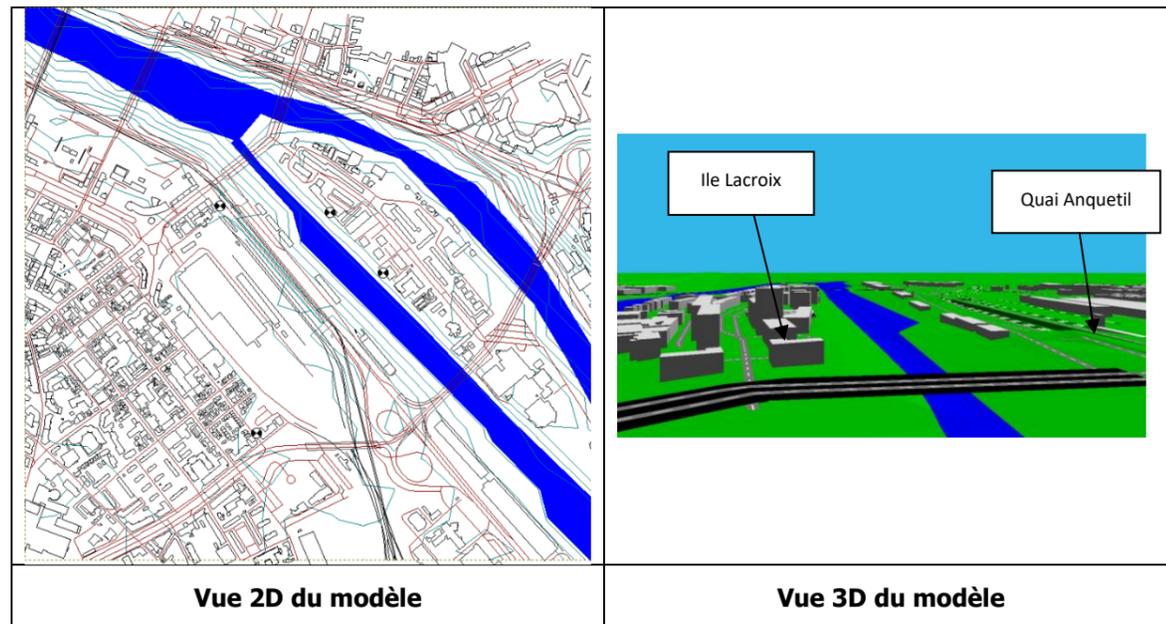


Illustration 10 : Modèle acoustique créé

+ Cartographie du bruit en situation actuelle :

Pour les cartes de bruit, la précision des courbes isophones est liée à la densité des points de calcul utilisée (maillage de 10m x 10m). Elles représentent qualitativement la répartition des niveaux de bruit. Pour le calcul précis servant de référence au dimensionnement des protections, on préfère les calculs sur récepteurs. Les cartes de bruit sont calculées à 4m de hauteur conformément à la normalisation européenne.

Les calculs sont effectués selon la Nouvelle Méthode de Prédiction du Bruit de trafic routier (NMPB 08), méthode conforme à l'arrêté du 5 Mai 1995, et à la norme NF S 31-133 « Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques » homologuée le 5 Février 2007.

5.2 METHODOLOGIES POUR LES VIBRATIONS

5.2.1 Etat vibratoire initial

Les sources vibratoires prépondérantes sont les trains circulant sur les voies de la tranchée couverte. Les vibrations sont générées par le contact roue-rail. Elles sont ensuite transmises à différents éléments (voie, sol, bâtiment). La transmission et la propagation des vibrations sont alors complexes à étudier.

Afin de caractériser l'impact vibratoire actuel du trafic ferroviaire FRET au niveau de la tranchée couverte, une campagne de mesure vibratoire a été réalisée.

+ Appareillage utilisé :

Les appareils utilisés pour faire les mesures sont :

Appareils	Marque	Type	N° de série de l'appareil
Accéléromètres	WILCOXON RESEARCH	799M	SN :14221
			SN :14222
			SN :14223

Tableau 8 : Liste des appareils de mesure utilisés

+ Période d'intervention :

Les mesures ont été effectuées le 14 juin 2018 par Cédric COUSTAURY et Yvan CHEVRIER acousticiens de la société ORFEA Acoustique Normandie.

+ Emplacements des mesures :

Les mesures vibratoires ont été réalisées en quatre endroits conformément à la localisation suivante :



Carte 4 : Localisation des points de mesure des vibrations

- > Le point V1 se situe au pied d'un immeuble d'habitation sur le Quai Jacques Anquetil.
- > Le point V2 est situé au pied d'un immeuble d'habitation au 63d avenue Chastellain sur l'île Lacroix.
- > Les points V3 et V4 sont situés respectivement à 35 et 3 mètres des voies ferrées et permet de connaître le niveau vibratoire émis à proximité des voies de FRET.

Les mesures vibratoires ont été réalisées au sol lors d'un passage d'un convoi de FRET.

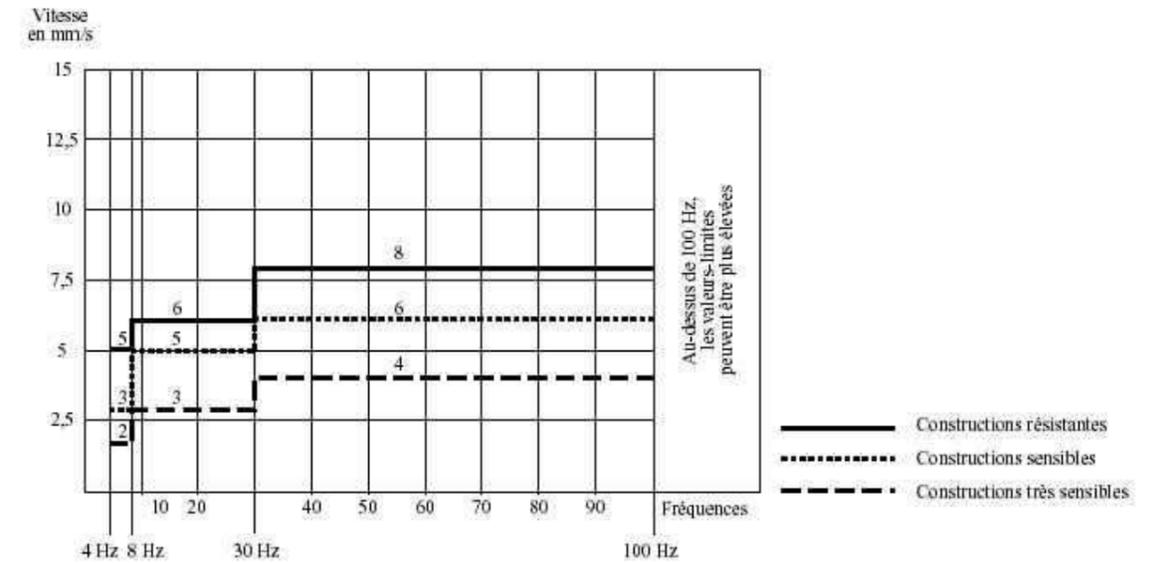
5.2.2 Impact Vibratoire

L'impact vibratoire peut s'analyser selon deux critères :

- Perception vibratoire des riverains : La perception humaine des vibrations mécaniques engendrée par des voies de transports terrestres (ferroviaire/routière) s'échelonne de 1 à 100 Hz environ. Les seuils de gêne de perception tactile utilisés généralement dans ce genre de problématique sont ceux présentés dans la norme ISO 2631-1 de 2003. Cette dernière précise différentes valeurs seuil de « gêne vibratoire », définie selon l'accélération vibratoire :

Moins de 0,315 m/s ² :	pas du tout inconfortable
De 0,315 m/s ² à 0,63 m/s ² :	légèrement inconfortable
De 0,5 m/s ² à 1 m/s ² :	assez inconfortable
De 0,8 m/s ² à 1,6 m/s ² :	inconfortable
De 1,25 m/s ² à 2,5 m/s ² :	très inconfortable
Plus de 2 m/s ² :	extrêmement inconfortable

- Dégâts pour les constructions : cet aspect est défini par la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées. Ce texte fixe différents seuils de vitesse vibratoire pouvant engendrer des dégâts aux constructions.



L'impact vibratoire actuel du passage des trains FRET au niveau de la tranchée couverte a été analysé sous ces deux prismes.