

CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS LOGISTIQUES ZA NICOPOLIS BRIGNOLES [VAR - 83]



VOLET AIR & SANTÉ
ANALYSE DES IMPACTS

Réf N : 201 902 035a
V1b

02 mars 2021

TechniSim
Consultants

Suivi des modifications - Nom du fichier	Version	Date	Contenu	Objet des modification	Rédacteur	Relecteur
Rapport_étude_Ingea_Brignoles_ZA_Nicopolis-Air_Santé-Analyse_impacts_N1.doc	1	08/02/2021	Analyse des impacts	Première version	BA	RG
Rapport_étude_Ingea_Brignoles_ZA_Nicopolis-Air_Santé-Analyse_impacts_N1a.doc	1a	23/02/2021	Analyse des impacts	Prise en compte des chaufferies	BA	RG
Rapport_étude_Ingea_Brignoles_ZA_Nicopolis-Air_Santé-Analyse_impacts_N1b.doc	1b	02/03/2021	Analyse des impacts	Ajout sur les émissions des bâtiments	BA	RG



276 avenue de l'Europe
44240 Sucé-sur-Erdre
Tél : 02.49.10.51.20
www.ingea-ingenierie.fr

Construction de bâtiments logistiques - ZA NICOPOLIS BRIGNOLES [83]

Volet Air & Santé ANALYSE des IMPACTS

TECHNISIM Consultants

316 Rue Paul Bert
69003 LYON
Fixe : 04 37 69 92 80
Mél. : technisim@wanadoo.fr

SOMMAIRE

PREAMBULE	
1. Contexte général	7
2. Contexte législatif	7
3. Présentation du projet	8
4. Volet Air et santé	8
4.1. Définition de la zone d'étude	8
4.2. Définition du niveau de l'étude	10
ANALYSE DES IMPACTS	
5. Impacts du projet sur la qualité de l'air en phase chantier	12
5.1. Quantification des émissions liées aux activités du chantier	12
5.2. Mesures de réduction des émissions liées aux activités du chantier	13
6. Impact du projet sur la qualité de l'air en phase exploitation	15
6.1. Sources d'émissions considérées	15
6.1.1. Bâtiments du projet	15
6.1.2. Trafic routier	16
6.2. Emissions atmosphériques liées aux bâtiments du projet	17
6.3. Emissions atmosphériques liées au trafic routier	18
6.3.1. Méthodologie.....	18
6.3.2. Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques	18
6.3.3. Résultats du calcul des émissions de gaz à effet de serre lié au trafic routier	20
6.4. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique	21
6.4.1. Méthodologie.....	21
6.4.2. Résultats de la dispersion atmosphérique	22
6.4.3. Résultats des substances réglementées	23
6.5. Conclusion de l'impact du projet sur la qualité de l'air	28
7. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé	28
7.1. Effets généraux	28
7.2. Indice Pollution Population [IPP]	30
7.2.1. Méthodologie.....	30
7.2.2. Résultats.....	31
7.3. Évaluation quantitative des risques sanitaires [EQRS]	31
7.3.1. Hypothèses de travail retenues	32
7.3.2. Contenu et démarche de l'EQRS.....	32
7.3.3. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuils : Quotient de danger	38

7.3.4. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuil : calcul de l'Excès de Risque Individuel (ERI)	39
7.3.5. Incertitudes relatives à l'EQRS.....	40
7.4. Synthèse – Impacts du projet sur la santé	41
8. Evaluation des consommations énergétiques	42
9. Coûts collectifs de l'impact sanitaire	42
9.1. Coûts liés aux émissions de polluants atmosphériques du trafic routier	42
9.2. Coûts liés aux émissions de gaz à effet de serre	43
CONCLUSION	
10. Conclusion	45
Annexe n°1 : Glossaire	46
Annexe n°2 : Effets sanitaires redoutés.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet (source : INGEA).....	8
Figure 2 : Zone d'étude (bande d'étude de 400 m centrée sur la voirie étudiée) définie pour l'analyse des impacts du volet Air et Santé.....	9
Figure 3 : Tronçons routiers étudiés	16
Figure 4 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK.....	17
Figure 5 : Emissions journalières – Dioxyde d'azote	19
Figure 6 : Emissions journalières – Particules PM10.....	19
Figure 7 : Emissions journalières – Particules PM2,5.....	20
Figure 8 : Emissions journalières – Composés Organiques Volatils Non Méthaniques	20
Figure 9 : Evolution des émissions de GES (échelle logarithmique).....	21
Figure 10 : Modélisation gaussienne d'un panache.....	22
Figure 11 : Modèle Numérique de Terrain.....	22
Figure 12 : Horizon 2020 Actuel – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	24
Figure 13 : Horizon 2022 Fil de l'eau – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	25
Figure 14 : Horizon 2022 Projet – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	25
Figure 15 : Horizon 2020 Actuel – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	26
Figure 16 : Horizon 2022 Fil de l'eau – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	26
Figure 17 : Horizon 2022 Projet – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10	27
Figure 18 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP	30
Figure 19 : Carreaux Insee de la bande d'étude.....	31
Figure 20 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration	31
Figure 21 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS	32
Figure 22 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	33
Figure 23 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident de la zone d'étude ».....	38
Figure 24 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Travailleur de la ZA Nicopolis »	38
Figure 25 : Consommation moyenne annuelle en combustibles fossiles	42
Figure 26 : Coût annuel de la pollution atmosphérique.....	43
Figure 27 : Coût annuel du coût des émissions de GES.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic.....	9
Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti.....	10
Tableau 3 : Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction	12
Tableau 4 : Caractéristiques des procédés de chauffage	15
Tableau 5 : Caractéristiques des brins routiers étudiés.....	16
Tableau 6 : Emissions liées au chauffage des bâtiments	17
Tableau 7 : Emissions globales du trafic routier	19
Tableau 8 : Quantité de GES produite par le trafic routier en kgeqCO_2 / jour	21
Tableau 9 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude.....	22
Tableau 10 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude pour les polluants spécifiques à l'évaluation des risques sanitaires	23
Tableau 11 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle	24
Tableau 12 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire	24
Tableau 13 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle.....	25
Tableau 14 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière	25
Tableau 15 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle.....	26
Tableau 16 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française.....	27
Tableau 17 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuil – Exposition Chronique par inhalation	34
Tableau 18 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuil par inhalation	35
Tableau 19 : Scénarios d'exposition	36
Tableau 20 : Quotients de danger - Inhalation.....	38
Tableau 21 : Hypothèses d'exposition pour le calcul de l'ERI.....	39
Tableau 22 : Excès de risque individuel	40
Tableau 23 : Etapes de l'EQRS et incertitudes associées.....	40
Tableau 24 : Consommation en combustibles fossiles [Gj / an].....	42
Tableau 25 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010 (en $\text{€}_{2010} / 100$ véhicules x km)	42
Tableau 26 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier	43
Tableau 27 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier et le chauffage des bâtiments du projet.....	43
Tableau 28 : Effets sanitaires redoutés avec seuil – Voie inhalation.....	48
Tableau 29 : Effets sanitaires redoutés sans seuil – Voie inhalation	49

PRÉAMBULE

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Cette étude Air et Santé s'inscrit dans le cadre du projet de construction de deux bâtiments logistiques au sein de la Zone d'Activités Nicopolis, sur le territoire de la commune de BRIGNOLES, dans le département du Var [83].

La réalisation du projet va induire des modifications de trafic dont les conséquences sur la qualité de l'air et la santé doivent être analysées.

Ce document traite de l'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air et sur la santé.

L'étude est menée conformément aux préconisations de la **Note technique NOR : TRET1833075N** 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.

Il est bien entendu intégré le fait qu'il s'agit d'un projet d'aménagement de bâtiments logistiques et non d'infrastructures routières. En effet, la méthodologie de la note précitée est adaptable afin de répondre à une problématique d'aménagement étant donné que l'activité induite par le projet va modifier les flux de trafic de la zone.

En outre, cette approche satisfait les services de l'État sur une thématique qui prend de plus en plus d'ampleur avec notamment le renforcement du sujet de la qualité de l'air dans les plans et programmes locaux.

2. CONTEXTE LÉGISLATIF

En France, la législation qui encadre la réalisation de l'étude Air et Santé pour les projets d'aménagements s'appuie sur les textes suivants :

- La *Loi n°76/629 du 10/07/1976* relative à la protection de la nature et au contenu des études d'impact ;
- La *Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie*, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/02/1996 ;
- Le *Décret 93-245 du 25 février 1993* relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- La *Circulaire n°87-88 du 25 octobre 1987* relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées, modifié par la circulaire 2002-63 du 22 octobre 2002 ;
- La *Circulaire Mate n°98/36 du 17/02/98* relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant les études d'impact des projets d'aménagements ;
- La *Circulaire DGS n°185/2001 du 11/04/2001* relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;
- La *Circulaire du ministère de l'environnement n°93-73 du 27 septembre 1993* prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatifs aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe au décret n°85-453 du 23 avril 1985 ;

- La **Note technique NOR : TRET1833075N** du **ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère des solidarités et de la santé** du **22 février 2019** relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;
- *Articles R221-1 à R221-3* du Code de l'environnement définissant les critères nationaux de la qualité de l'air ;
- *Arrêté du 13/03/18* modifiant l'arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé, pris en application de l'article R. 221-4 du code de l'environnement ;
- *Décret n° 2016-849 du 28/06/16* relatif au Plan Climat-Air-Énergie Territorial ;
- *Décret n° 2016-753 du 07/06/16* relatif aux évaluations des émissions de Gaz à Effet de Serre et de polluants atmosphériques à réaliser dans le cadre des plans de déplacements urbains ;
- *Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010* relatif à la qualité de l'air, transposant la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 et décrivant les critères de qualité de l'air et réduction des émissions de polluants dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et de protéger la santé humaine.

Le présent dossier est réalisé selon les textes précités, et repose également sur les documents ci-après :

- Méthodologie définie dans l'instruction de l'Équipement de mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans la conception et la réalisation des projets routier ;
- Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières de février 2019 (annexe de 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'impacts des infrastructures routières*) ;
- « *Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts & outils* », Guide EHESP/DGS, 2014.

3. PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet consiste en la construction de deux bâtiments logistiques (6 et 13 hectares, environ) au sein de la ZA Nicopolis. En résumé, ces éléments seront implantés sur une parcelle forestière au nord du pôle d'activités Nicopolis, entre les routes départementales RD79 et RDN7 (cf. planche suivante).

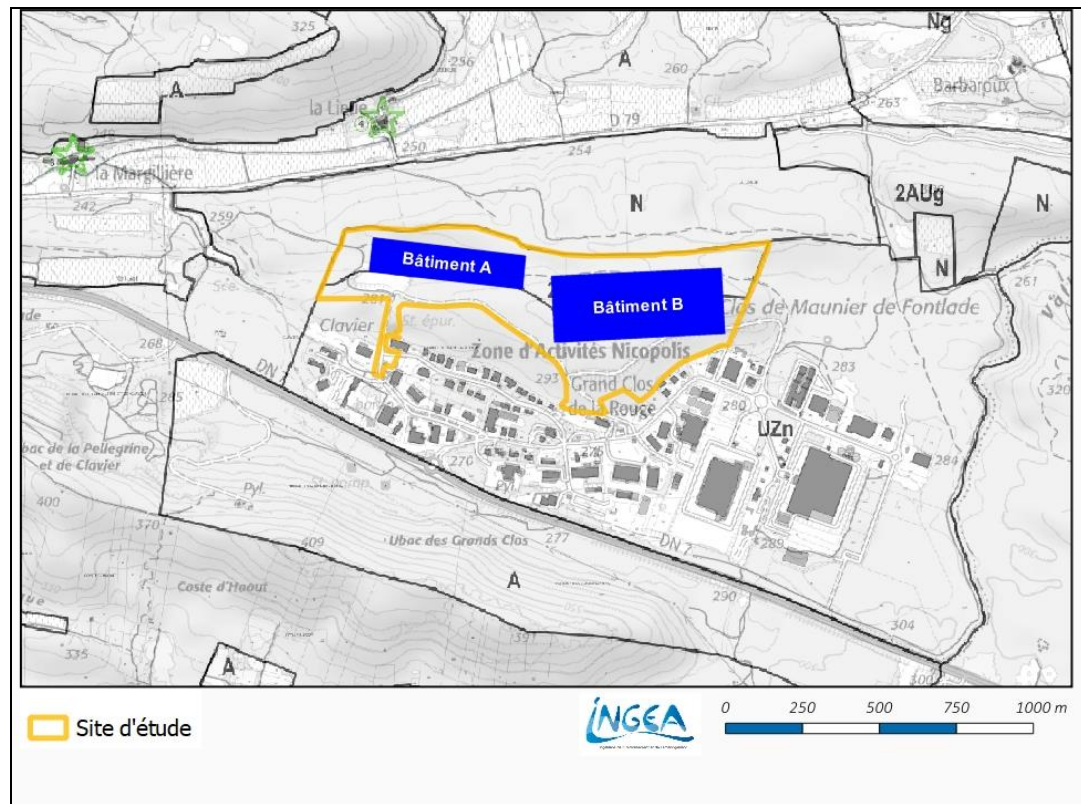


Figure 1 : Localisation du projet (source : INGEA)

4. VOLET AIR ET SANTE

4.1. DÉFINITION DE LA ZONE D'ÉTUDE

❖ Définition du réseau d'étude

Selon la *Note technique du 22 février 2019*, le réseau d'étude est un objet linéique composé d'un ensemble de voies, à savoir :

- **Le projet routier étudié** (y compris les différentes variantes de tracé) ;
- **L'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet.**

Deux cas de figure sont distingués pour les trafics :

- Supérieurs à 5 000 véhicules / jour : la modification du trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation relative de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 10 %, en positif ou bien en négatif
- Inférieurs à 5 000 véhicules / jour : la modification de trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation absolue de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 500 véhicules / jour, en positif ou en négatif
- L'ensemble des projets d'infrastructures routières « existants ou approuvés » tels que définis dans l'article R 122-5 paragraphe II.5 e) du Code de l'Environnement, à savoir les projets qui lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet :
 - d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;
 - d'une évaluation environnementale au titre du Code précité et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caducs, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le Maître d'Ouvrage.

En milieu interurbain, la variation de trafic est évaluée à partir du **Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)**.

En milieu urbain, en fonction des données de trafic disponibles et du projet, la variation de trafic est examinée à l'**Heure de Pointe (HP)** la plus chargée (du soir ou du matin) ou à partir du **Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)**.

Pour cette étude, le réseau routier considéré a été élaboré à partir des données de trafic fournies par le BE Cositrex.

❖ **Définition de la bande d'étude**

Une bande d'étude est une zone située autour d'un axe routier (objet linéique) dont la largeur est adaptée en fonction de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique locale. Elle complète le réseau d'étude en lui apportant une dimension surfacique et est donc définie autour de chaque axe du réseau d'étude (*Note technique du 22 février 2019*).

La largeur de la bande d'étude varie en fonction du type de composés étudiés (gazeux ou particulaire) et du trafic circulant sur la voie (dans les deux sens de circulation) :

- Pour l'évaluation des polluants présents dans les retombées particulaires, la largeur de la bande d'étude est de 200 m centrée sur l'axe de la voie, quel que soit le trafic ;
- Concernant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude dépend du trafic à l'horizon d'étude le plus lointain sur la voie considérée, et, est définie selon les données du tableau immédiatement suivant.

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic

TMJA (véh/j) à l'horizon d'étude le plus lointain	Largeur minimale de la bande d'étude, centrée sur l'axe de la voie
> 50 000	600 mètres
25 000 < TMJA ≤ 50 000	400 mètres
10 000 < TMJA ≤ 25 000	300 mètres
≤ 10 000	200 mètres

❖ **Définition de la zone d'étude**

L'ensemble des bandes d'études définies autour de chaque voie du réseau d'étude permet de circonscrire les calculs de dispersion et les populations à prendre en compte dans le volet Air et Santé (*Note technique du 22 février 2019*).

Concernant la définition de la zone d'étude, il a été retenu par excès la largeur de bande d'étude correspondant à la voirie connaissant le trafic le plus important. Ainsi, l'étude circulation établit que le trafic maximal sur la RDN7 est identifié à 12 000 véhicules /Jour à l'horizon futur (cf. Paragraphe « Flux de trafic »).

Au vu du trafic considéré, la zone d'étude de l'ensemble du réseau routier est définie selon une largeur de 300 mètres, centrée sur la voirie étudiée.

La planche ci-après illustre la zone d'étude considérée pour l'analyse des impacts du volet Air et Santé.



Figure 2 : Zone d'étude (bande d'étude de 400 m centrée sur la voirie étudiée) définie pour l'analyse des impacts du volet Air et Santé

4.2. DÉFINITION DU NIVEAU DE L'ÉTUDE

Le niveau d'étude est défini à l'horizon d'étude le plus lointain, c'est-à-dire celui pour lequel les trafics seront les plus élevés. Cela à l'aide de trois critères qui sont les suivants :

- la charge prévisionnelle de trafic en véhicules / jour ;
- la densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet ;
- la longueur du projet.

Le niveau d'étude permet de déterminer les polluants à prendre en compte en fonction du degré de précision de l'étude.

Le tableau ci-dessous présente les quatre niveaux d'étude déterminés, le niveau I étant le plus exigeant en termes de précision et d'investigation.

Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti

Densité dans la zone la plus peuplée de la zone d'étude [hab/km ²]	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	≤ 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Densité ≥ 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
Densité ≤ 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

A l'horizon futur, la charge de trafic sera inférieure à 25 000 véhicules par jour sur les voies routières les plus importantes.

Par ailleurs, la densité de population s'élève à moins de 2 000 habitants / km² au sein de la zone d'étude.

❖ Adaptation du niveau de l'étude

Le niveau d'étude se doit d'être adapté en fonction de plusieurs paramètres. Il s'agit de :

- **La présence de lieux dits 'vulnérables'** : une étude de niveau II est remontée au niveau I au droit des lieux vulnérables (et non sur la totalité de la bande d'étude) ;
- **Les milieux mixtes (urbains et interurbains)** : l'absence totale de population sur certains tronçons supérieurs à 1 km autorise l'application d'un niveau d'étude moins exigeant sur ces sections ;

- **L'importance de la population** : si la population dans la bande d'étude dépasse 100 000 habitants, une étude de niveau II est remontée au niveau I. Une étude de niveau III est remontée au niveau II. *Remarque* : Il n'y a pas lieu de remonter les études de niveau IV ;
- **L'existence d'un Plan de Protection de l'Atmosphère ou son projet de mise en place** : si un PPA est approuvé ou doit être réalisé sur un périmètre qui englobe la zone d'étude, le niveau d'étude est remonté d'un niveau, quel que soit le niveau d'étude initial.

Compte tenu de la nature du projet, du trafic routier sur les voies aux abords du projet et de la faible densité de population dans la zone d'étude, il est réalisé une étude inspirée et adaptée des études d'infrastructures routières de **niveau II**.

Par ailleurs, il est nécessaire de garder à l'esprit que, en fonction du niveau de l'étude, les exigences réglementaires diffèrent.

Ainsi, d'après la *Note technique du 22 février 2019*, les études de niveau II requièrent :

- Caractérisation de l'état actuel avec un niveau de détail adapté à une étude niveau II
- Campagne de mesures *in situ*
- Estimation des émissions de polluants sur l'ensemble du réseau d'étude
- Estimation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)
- Estimation des concentrations modélisées sur la zone d'étude
- Calcul de l'Indice Pollution-Population (IPP) pour le NO₂
- Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) au droit des établissements vulnérables
- Présentation bibliographique des effets sanitaires de la pollution automobile sur la population
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances
- Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments

ANALYSE DES IMPACTS

L'objet de ce chapitre est l'étude de l'impact sur la qualité de l'air à l'échelle locale, et sur la santé des populations, relativement au projet de construction de deux bâtiments logistiques au sein de la ZA Nicopolis à BRIGNOLES, dans le département du Var [83].

Cet aménagement est susceptible d'entraîner des modifications de trafic et des rejets dans l'air dont les conséquences sur la qualité de l'air doivent être analysées.

Les scénarios et horizons retenus dans l'analyse des impacts afférente à l'opération sont les suivants :

- La situation existante du trafic pour l'année 2020 ;
- L'horizon 2022 pour la situation sans projet (« Fil de l'Eau »)
- L'horizon 2022 avec la réalisation du projet.

Rappel : l'analyse des impacts du volet Air et Santé est conduite en prenant pour cadre la **Note technique NOR : TRET1833075N 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.**

5. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER

Les travaux de construction peuvent polluer l'environnement.

Selon le type et la taille du chantier, les effets sont très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s'avérer importants.

Il importe en premier lieu de faire la distinction entre les différentes catégories d'émissions atmosphériques rencontrées sur un chantier :

- **Les gaz d'échappement des machines et engins** : les moteurs à combustion des machines et engins rejettent des polluants tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils et les poussières fines ;
- **Les émissions de poussières** : les poussières sont générées lors des travaux d'excavation et d'aménagement, mais également lors du transport, de l'entreposage et du transbordement de matériaux sur le chantier. L'utilisation de machines et de véhicules soulève en permanence des tourbillons de poussière. Le traitement mécanique d'objets et les opérations de soudage libèrent également de la poussière ;
- **Les émissions des solvants** : l'emploi de solvants, ou de produits en contenant, engendre des émissions de composés organiques volatils [COV] ;
- **Les émissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques [HAP]** : le bitume utilisé pour le revêtement des voies de circulation, les aires de stationnement et les trottoirs, émet des HAP dont certains sont cancérigènes.

5.1. QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ACTIVITÉS DU CHANTIER

La quantification des émissions d'un chantier est assez malaisée. A ce stade de l'étude, l'évaluation des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible de quantifier les émissions atmosphériques du chantier.

C'est pourquoi les émissions liées aux activités du chantier ne seront abordées que de manière qualitative.

Les données présentées dans ce paragraphe proviennent en majorité du document de l'ADEME « *Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP - Etat des connaissances et mesures d'atténuation dans le bâtiment et les travaux publics en faveur de la qualité de l'air* » (mars 2017).

Le tableau ci-après répertorie les principaux polluants émis par type d'activité et reprend les données de la Directive suisse « *Protection de l'air sur les chantiers* » qui énumère les activités liées aux travaux du BTP générant des émissions polluantes, ainsi que leur importance relative. Il s'appuie sur des expériences et des estimations effectuées lors de la rédaction de cette Directive.

Tableau 3 : Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction

Opérations générant des émissions dans les travaux du bâtiment et du génie civil	Emissions non issues des moteurs		Emissions des moteurs
	Poussières	COV, gaz (solvants, etc.)	NOx, CO, CO ₂ , particules, COV, HC, etc.
Installations de chantier, en particulier voies de circulation	+++	+	++
Défrichage	++	+	++
Démolition, démantèlement et démontage	+++	+	++
Protection des constructions : en particulier travaux de forage, béton projeté	++	+	++
Etanchéités des ouvrages en sous-sol et des ponts	++	+++	+
Terrassements (aménagement extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	+++	+	+++
Fouilles en pleine masse	+++	+	+++
Corrections de cours d'eau	+++	+	+++
Couches de fondation et exploitation de matériaux	+++	+	+++
Travaux de revêtement	++	+++	+++
Voies ferrées	++	+	+++
Béton coulé sur place	+	+	++
Excavations	+++	++	+++
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	+	+++	+
Béton, béton armé, béton coulé sur place (travaux de génie civil)	+	+	++
Travaux d'entretien et de protection du béton, forages et coupes dans le béton et la maçonnerie	+++	+	+

Pierre naturelle et pierre artificielle	++	+	+
Couvertures : étanchéités, revêtements	+	+++	+
Etanchéités et isolations spéciales	+	+++	+
Crépissages de façade : crépis et enduits de façade, plâtrerie	++	++	+
Peinture (extérieure et intérieure)	++	+++	+
Revêtements de sol, de paroi et de plafond en bois, pierre artificielle ou naturelle, plastique, textile et fibre minérales (fibres projetées)	++	++	+
Nettoyage du bâtiment	++	++	+

+ Faible ++ Moyenne +++Forte

Différentes études montrent que les opérations de terrassement participent de manière significative aux émissions de polluants, notamment de particules. Il se vérifie également que les émissions de polluants des travaux de terrassement sont plus importantes durant les périodes sèches suivies de périodes de vents forts.

Il ressort que les principales activités génératrices de poussières lors du terrassement sont l'excavation à l'aide de bulldozers, l'extraction, le transport et le déchargement de terre à l'aide d'une pelleuse, le chargement des matériaux excavés dans les camions, le déversement de matériel de comblement des camions, le compactage, et le nivellement.

Par ailleurs, si les activités d'excavation concernent des sols pollués comportant des métaux lourds, en particulier arsenic et plomb, l'activité peut provoquer la mise en suspension dans l'air d'une fraction des métaux présents dans les sols.

En outre, les chantiers de Travaux Publics traitent souvent les sols lors des travaux de terrassement, classiquement à la chaux ou aux liants hydrauliques. Ces opérations induisent la formation de poussières.

Toutefois, chaque chantier étant différent, il demeure complexe d'évaluer la nature et la quantité de particules émises durant la phase de terrassement en général car elles sont fortement liées à la :

- Nature du sol (sable, limon, argile, etc.) ;
- Taille du chantier (quantité de sol à déplacer) ;
- Logistique mise en place (nombre et types de véhicules actifs).

Lors de la construction de routes, la pose d'enrobés est propice à la formation de composés gazeux. Les principales substances émises sont : le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le sulfure d'hydrogène, les oxydes d'azote et les COV (dont HAP, BTEX, PCB). Ces opérations sont aussi sources d'aérosols organiques, de particules PM10 et PM2.5 et de métaux. Par exemple, l'épandage d'enrobés bitumineux peut dégager entre 1 et 23 µg/m³ de HAP selon le type et la composition du matériau utilisé (granulométrie des granulats, type et teneur en liant, etc.).

Toutefois, ces émissions sont de courte durée et les polluants semblent rapidement se disperser (diminution des concentrations d'un facteur 10 au bout d'une heure après la pose).

L'utilisation des engins de chantiers est l'une des principales sources d'émissions de poussières et particules sur un chantier, que ce soit lors de leur circulation qui provoque la mise en suspension des poussières déposées au sol, ou encore lors du fonctionnement de leur moteur. Les moteurs diesel des engins de chantier émettent - en sus des particules grossières et fines - du dioxyde de carbone, des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone, du dioxyde de soufre, ainsi que des COV et HAP (adsorbées sur les particules fines). Les émissions de particules ont alors lieu principalement durant les phases de fonctionnement transitoire du moteur (utilisation pleine charge, démarrage à froid).

5.2. MESURES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ACTIVITÉS DU CHANTIER

Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures.

❖ Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins

Deux types de mesure existent. Il s'agit de mesures :

- Techniques ;
- Comportementales.

Les moteurs diesel, s'ils ne sont pas équipés de systèmes de filtres à particules efficaces, occasionnent des émissions de poussières fines particulièrement nocives pour la santé, dont des suies de diesel cancérigènes. L'utilisation d'un filtre à particules sur ces engins permet de réduire de 95 % la teneur en particules des gaz d'échappement.

L'entretien des machines peut également agir sur les émissions, car des machines mal entretenues génèrent davantage d'émissions atmosphériques.

Enfin, dans son document « Quelques bonnes pratiques sur chantier », l'APESA¹ propose d'utiliser des carburants dits 'propres' en remplacement du diesel : le gaz de pétrole liquéfié [GPL], le gaz naturel pour véhicules [GNV], les carburants TBTS [Très Basse Teneurs en Soufre] ou encore l'Emulsion Eau dans Gazole [EEG]. L'EEG est un mélange de diesel, d'eau, et d'agents émulsifiants. Le principal avantage de l'EEG est de permettre la réduction de 15 à 30 % des rejets de NOx et de 30 à 80 % des émissions de particules carbonées.

Les autres axes de réduction sont relatifs au comportement des opérateurs.

Un bon entretien et un réglage approprié des engins selon les spécifications du constructeur permettent d'assurer leur fonctionnement optimal et donc de limiter leurs émissions. Un moteur diesel consomme environ 4 litres/heure pour un ralenti à 1 000 tours/minute. Les changements de comportement des opérateurs sur chantier en vue de limiter les ralentis sont des moyens reconnus de réduction des émissions.

¹ L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine (Pau, Lescar, Bidart, Bordeaux)

❖ Mesures de réduction des émissions de poussières

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses.

Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis² en a ainsi identifié cinq, c'est-à-dire :

- Les opérations de démolition
- La circulation des différents engins de chantiers
- Les travaux de terrassement et de remblaiement

Et, dans une moindre mesure :

- La découpe de matériaux divers (exemple tuyaux)
- Les travaux de soudure

Pour réduire ces émissions de poussières, certaines actions ciblées peuvent être réalisées :

- L'humidification du terrain, qui permet d'empêcher l'envol des poussières par temps sec en phase de terrassement ;
- L'utilisation de goulottes, pour le transfert des gravats ;
- Le bâchage systématique des camions ;
- La mise en place de dispositifs d'arrosage lors de toute phase ou travaux générateurs de poussières.

❖ Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP

Les émissions de composés organiques volatils (COV) peuvent notamment être réduites en :

- Utilisant, si possible, des produits contenant peu ou pas de solvants ;
- Refermant bien les tubes, pots et autres récipients immédiatement après usage pour que la quantité de solvant qui s'en échappe soit aussi minime que possible ;
- Utilisant les vernis, colles et autres substances le plus parcimonieusement possible selon les indications du fabricant.

A propos des opérations de préparation du bitume, de revêtement et d'étanchéité, les mesures de réduction des émissions possibles sont les suivantes :

- Bannir les préparations thermiques des revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;
- Employer des bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;
- Employer des *émulsions* bitumineuses plutôt que des solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;
- Abaisser au maximum la température de traitement par un choix approprié des liants ;
- Utiliser des asphaltes coulés et des bitumes à chaud et à faibles émanations de fumées ;
- Employer des chaudières fermées munies de régulateurs de température ;
- Eviter la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;
- Aménager les postes de soudage de manière à ce que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.

❖ Charte Chantiers Verts

La charte « Chantiers Verts » définit les bonnes pratiques et les règles environnementales de fonctionnement du chantier. Elle fédère l'ensemble des intervenants (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises) autour des mêmes objectifs environnementaux, par exemple :

- Limiter les risques sur la santé des salariés ;
- Circonscrire les nuisances et risques causés aux riverains ;
- Réduire les pollutions de proximité lors du chantier et limiter ses impacts sur l'environnement ;
- Gérer les déchets et limiter les pollutions sur le site.

Cette charte fait partie des pièces contractuelles du marché de travaux. Elle doit être remise à chaque intervenant sur le chantier et signée par chacun.

En pratique, la garantie d'un « chantier vert » passe par différentes étapes :

- En amont de l'opération, il s'agit de réaliser des études préalables et des actions de concertation afin d'évaluer l'impact du chantier sur l'environnement puis d'élaborer son programme. Le maître d'ouvrage fixe alors les objectifs environnementaux qui y sont liés.
- L'insertion par le maître d'œuvre d'un projet répondant au programme et tenant compte des études préalables. Il définit les processus, les choix techniques et les matériaux permettant de tenir les objectifs définis, qu'il retranscrit dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP).

² Institut Pasteur, Département Hygiène, Sécurité et protection de l'Environnement - "Etude des impacts environnementaux liés à la construction de la nouvelle parcelle" - 2004

6. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION

6.1. SOURCES D'EMISSIONS CONSIDEREES

6.1.1. Bâtiments du projet

De manière générale, les bâtiments (résidentiels et tertiaires) produisent des émissions polluantes majoritairement via les systèmes de :

- Chauffage (combustion d'énergie fossile) ;
- Ventilation.

Les deux bâtiments du projet seront équipés chacun d'une chaufferie gaz fonctionnant deux mois durant l'hiver pour le maintien hors gel des locaux. Les caractéristiques des procédés de chauffage sont données dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Caractéristiques des procédés de chauffage

Site	Type de chauffage	Quantité d'énergie annuelle consommée	Emission des gaz de combustion à l'air ambiant
Bâtiment A	Chaufferie gaz 3 MW	4 320 000 kWh pendant 2 mois d'hiver	Rejet à l'air : oui Diamètre du point de rejet : 450 mm Hauteur du rejet par rapport au sol : 16,5 m Vitesse du rejet : 5 m/s Température du rejet : 60°C
Bâtiment B	Chaufferie gaz 3 MW	8 640 000 kWh pendant 2 mois d'hiver	Rejet à l'air : oui Diamètre du point de rejet : 600 mm Hauteur du rejet par rapport au sol : 16,5 m Vitesse du rejet : 5 m/s Température du rejet : 60°C

Les systèmes de ventilation rejettent à l'extérieur l'air « pollué » issu de l'intérieur des bâtiments.

Les sources de pollution de l'air intérieur sont multiples. Il est distingué trois catégories principales de pollution :

- Les composés chimiques, en majorité des COV (toluène, formaldéhyde par exemple) ;
- Les facteurs physiques (particules, fibres minérales, radon) ;
- Les agents biologiques (champignons/moisissures, bactéries et virus).

Les émissions provenant de la ventilation dépendent :

- Des usages des locaux ;
- Du nombre de personnes fréquentant le bâtiment ;
- Des matériaux de constructions ;
- Des conditions environnantes ;
- Des systèmes de ventilations/d'aération ;
- De la température au sein des locaux et du taux d'humidité.

Tous ces facteurs induisent qu'il est malaisé de se prononcer sur la composition-type d'un rejet issu des ventilations. Seules des mesures spécifiques sont susceptibles de permettre de caractériser un tel rejet. Néanmoins, des mesures techniques et réglementaires sont progressivement mises en place en vue de réduire à la fois la pollution à l'intérieur des bâtiments (comme par exemple, celle limitant le taux de solvants présent dans les peintures) et les rejets des systèmes de chauffage.

6.1.2. Trafic routier

❖ Flux de trafic

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

Pour chaque scénario, les éléments en liste ci-dessous 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 :

- le trafic pour chaque tronçon exprimé en Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- la vitesse de circulation ;
- la longueur des brins routiers.

Les données de trafic proviennent de l'étude circulation (29/01/2021) réalisée dans le cadre de ce projet par le bureau d'études *Cositrex*.

Les vitesses considérées sont les vitesses maximales autorisées sur chaque brin.

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques considérées pour les brins routiers étudiés.

Tableau 5 : Caractéristiques des brins routiers étudiés

N° brin	Nom de la voie	Vitesse (km/h)	Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)		
			2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
1	RDN7	VL : 110 PL : 90	VL : 9 036 PL : 2 070	VL : 9 036 PL : 2 070	VL : 9 552 PL : 2 358
2	RDN7	90	VL : 9 036 PL : 2 070	VL : 9 036 PL : 2 070	VL : 10 167 PL : 2 242
3	Avenue des Chênes Verts	50	VL : 6 018 PL : 1 848	VL : 6 018 PL : 1 848	VL : 7 062 PL : 2 004
4	RDN7	90	VL : 7 229 PL : 1 699	VL : 7 229 PL : 1 699	VL : 7 553 PL : 1 771
5	Accès PL	50	VL : 0 PL : 0	VL : 0 PL : 0	VL : 0 PL : 204

La planche ci-dessous repère les emplacements de ces brins.

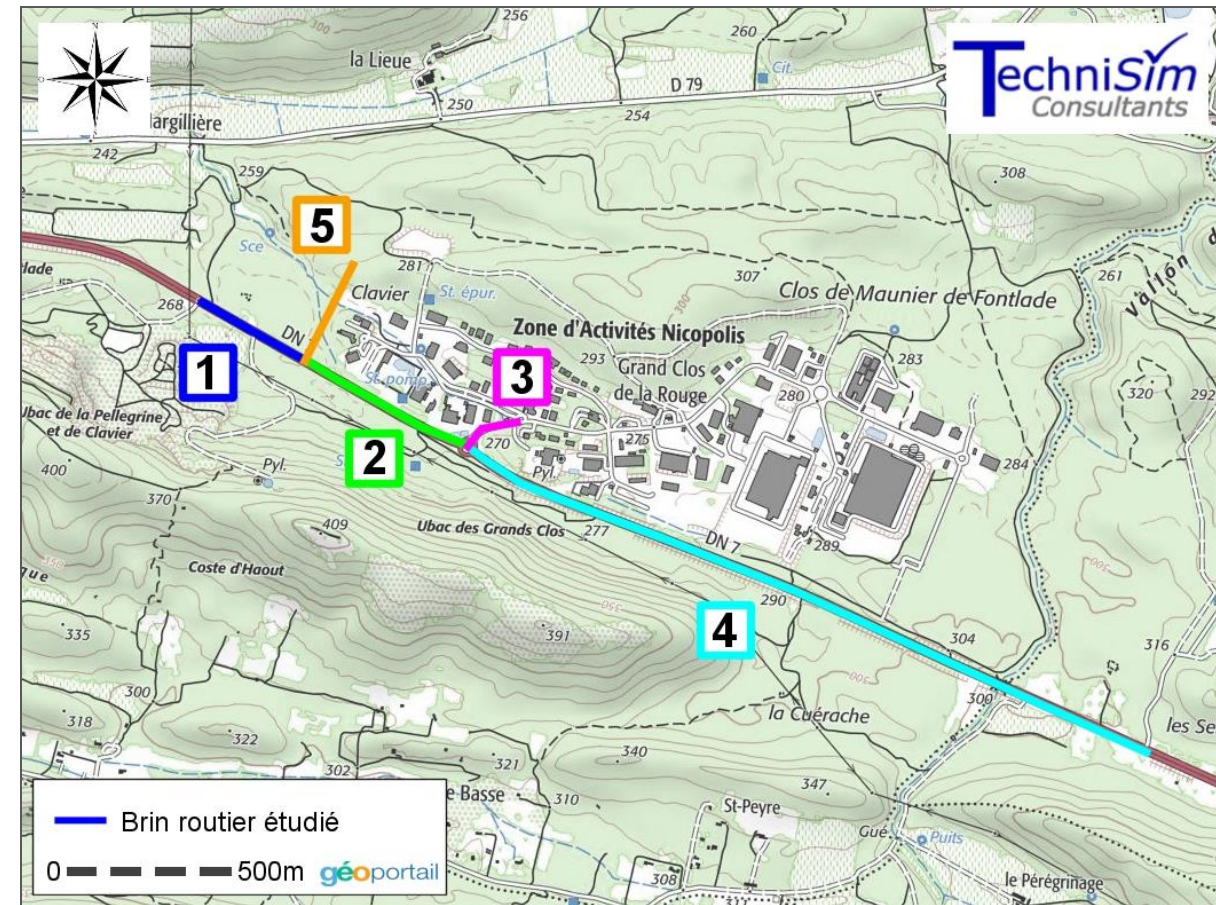


Figure 3 : Tronçons routiers étudiés

❖ 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 les scénarios analysés 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] ;
 Vi = Nombre de véhicules sur le tronçon i [véhicules] ;
 Li = 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.

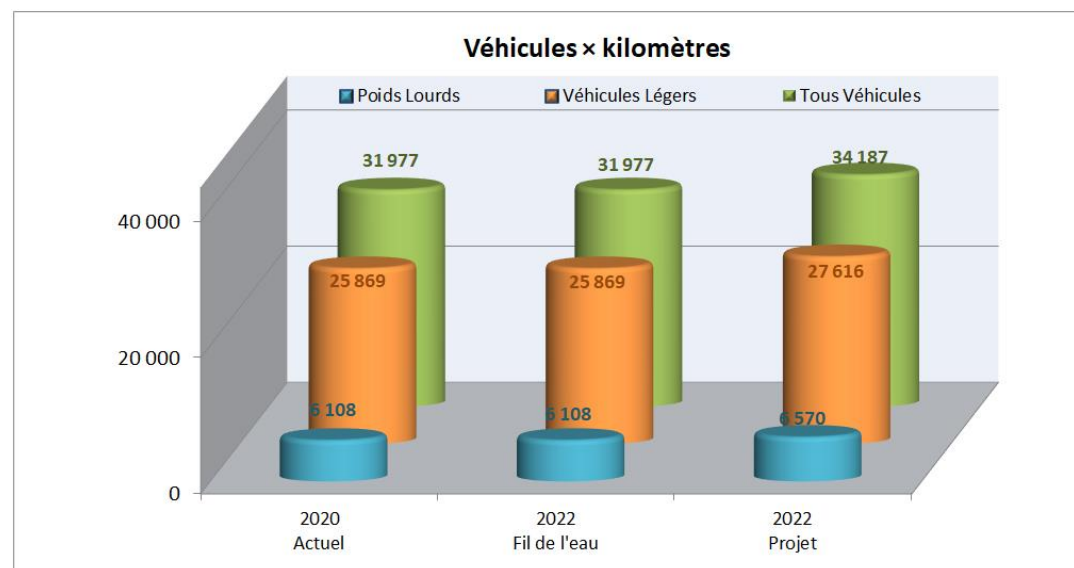


Figure 4 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK

La réalisation du projet entraînera un afflux de véhicules (poids lourds et véhicules des employés) se traduisant par une augmentation de 6,9 % de l'indice Véhicules-Kilomètre sur les brins étudiés.

6.2. EMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES LIÉES AUX BATIMENTS DU PROJET

Les bâtiments créés devront respecter les prescriptions de la Réglementation Thermique 2012 (RT 2012), mais peuvent d'ores et déjà s'inspirer de la future Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020) dont le principal objectif est de ramener la performance énergétique de tous les bâtiments à un niveau passif. Les textes officiels relatifs à la RE 2020 seront publiés d'ici l'été 2021, et s'appliqueront à partir de 2022.

Cela implique que les bâtiments construits devront être fortement isolés avec une réduction drastique des ponts thermiques, et être équipés de chauffage à haute efficacité énergétique ainsi que d'équipements produisant eux-mêmes l'énergie (panneaux photovoltaïques, micro ou mini-cogénérateurs).

Concernant chauffage des bâtiments du projet, les émissions ont été calculées d'après les facteurs d'émissions donnés par le Citepa³ (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

Les émissions calculées sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Emissions liées au chauffage des bâtiments

Polluants	Scénario « 2022 Projet »
Oxydes d'azote (NOx)	1 680 kg/an
Monoxyde de carbone (CO)	933 kg/an
Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)	117 kg/an
Particules PM2,5	42 kg/an
Dioxyde de soufre (SO ₂)	23 kg/an
Dioxyde de carbone (CO ₂)	2 659 t/an

Par ailleurs, compte tenu des réglementations mises en œuvre en vue de réduire les émissions de COV issus des meubles, des peintures et des produits ménagers, les émissions des ventilations seront modérées.

Par conséquent, les émissions polluantes liées aux bâtis seront restreintes et leurs impacts seront minimes en comparaison aux autres sources d'émissions déjà présentes, en particulier la circulation automobile.

³ Citepa - « Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs » - Mars 2013

6.3. EMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES LIEES AU TRAFIC ROUTIER

6.3.1. Méthodologie

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 (MEET⁴, 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 2019 par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) pour l'intervalle 2019-2050.

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.

Les composés à prendre en compte dans les études Air et Santé de type II sont les suivants :

- Oxydes d'azote (NOx)
- Particules PM10 et PM2,5
- Monoxyde de carbone (CO)
- Benzène
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Arsenic
- Nickel
- Benzo[a]pyrène
- Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Pour l'Évaluation des Risques Sanitaires, le calcul des émissions est également nécessaire pour les polluants rappelés ci-dessous :

- 1,3 Butadiène
- Chrome VI
- Acénaphène
- Acénaphthylène
- Anthracène
- Benzo[a]anthracène
- Benzo[a]pyrène
- Benzo[b]fluoranthène
- Benzo[k]fluoranthène
- Chrysène
- Dibenzo[a,h]anthracène
- Fluorène
- Fluoranthène
- Indéno[1,2,3-cd]pyrène
- Phénanthrène
- Pyrène
- Benzo[j]fluoranthène
- Benzo[ghi]pérylène

6.3.2. Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques

Le tableau immédiatement suivant dresse la liste des émissions journalières sur la voirie prise en compte dans le réseau d'étude sur la base du parc routier moyen rural français de l'IFSTTAR [Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux].

Par rapport à la situation actuelle de 2020, la hausse du trafic générée par le projet sera compensée en raison des évolutions du parc routier, c'est-à-dire : apparition et généralisation des améliorations technologiques concernant les moteurs et les systèmes épuratifs des véhicules, et développement des véhicules hybrides et électriques, etc.

Ainsi, les émissions de tous les polluants étudiés pour le scénario « 2022 Projet » vont en moyenne très peu varier par rapport à 2020 (-0,4 %).

En comparaison avec la situation au Fil de l'Eau, le supplément de trafic lié au projet entraînera une augmentation de +7,2 % des émissions.

⁴ MEET: Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption - DG Transport, Commission Européenne - 1999

Tableau 7 : Emissions globales du trafic routier

Composés	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
<i>Monoxyde de carbone [kg / jour]</i>	10,24	8,44	9,04
<i>Dioxyde d'azote [kg / jour]</i>	5,70	4,68	5,01
<i>Particules PM10 [kg / jour]</i>	1,51	1,36	1,46
<i>Particules PM2,5 [kg / jour]</i>	1,08	0,94	1,01
<i>Dioxyde de soufre [kg / jour]</i>	0,21	0,21	0,23
<i>COVNM [kg/jour]</i>	0,61	0,45	0,48
<i>Arsenic [mg / jour]</i>	0,80	0,80	0,86
<i>Nickel [mg / jour]</i>	6,14	6,10	6,55
<i>Chrome [mg / jour]</i>	17,0	17,0	18,2
<i>Benzène [g / jour]</i>	9,93	7,44	7,95
<i>Benzo[a]pyrène [g / jour]</i>	0,04	0,04	0,04
<i>1,3 Butadiène [g / jour]</i>	13,6	10,2	11,0
<i>Acénaphène [g / jour]</i>	0,56	0,51	0,54
<i>Acénaphylène [g / jour]</i>	0,42	0,38	0,41
<i>Anthracène [g / jour]</i>	0,11	0,11	0,12
<i>Benzo[a]anthracène [g / jour]</i>	0,07	0,06	0,07
<i>Benzo[b]fluoranthène [g / jour]</i>	0,07	0,07	0,07
<i>Benzo[ghi]pérylène [g / jour]</i>	0,07	0,07	0,07
<i>Benzo[j]fluoranthène [g / jour]</i>	0,09	0,09	0,10
<i>Benzo[k]fluoranthène [g / jour]</i>	0,06	0,06	0,07
<i>Chrysène [g / jour]</i>	0,18	0,18	0,19
<i>Dibenzo[a,h]anthracène [g / jour]</i>	8,82	8,26	8,83
<i>Fluoranthène [g / jour]</i>	0,63	0,61	0,65
<i>Fluorène [g / jour]</i>	0,24	0,24	0,26
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène [g / jour]</i>	0,04	0,04	0,04
<i>Phénanthrène [g / jour]</i>	1,17	1,15	1,23
<i>Pyrène [g / jour]</i>	0,63	0,60	0,64

Les histogrammes suivants représentent graphiquement les émissions des principaux composés caractéristiques de la pollution routière.

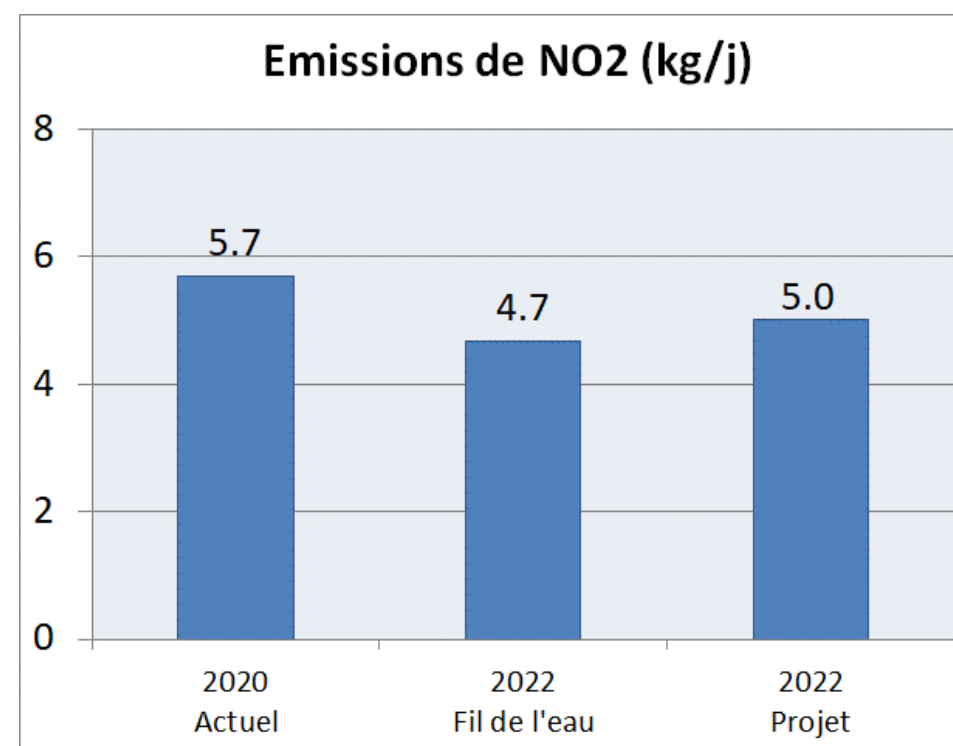


Figure 5 : Emissions journalières – Dioxyde d'azote

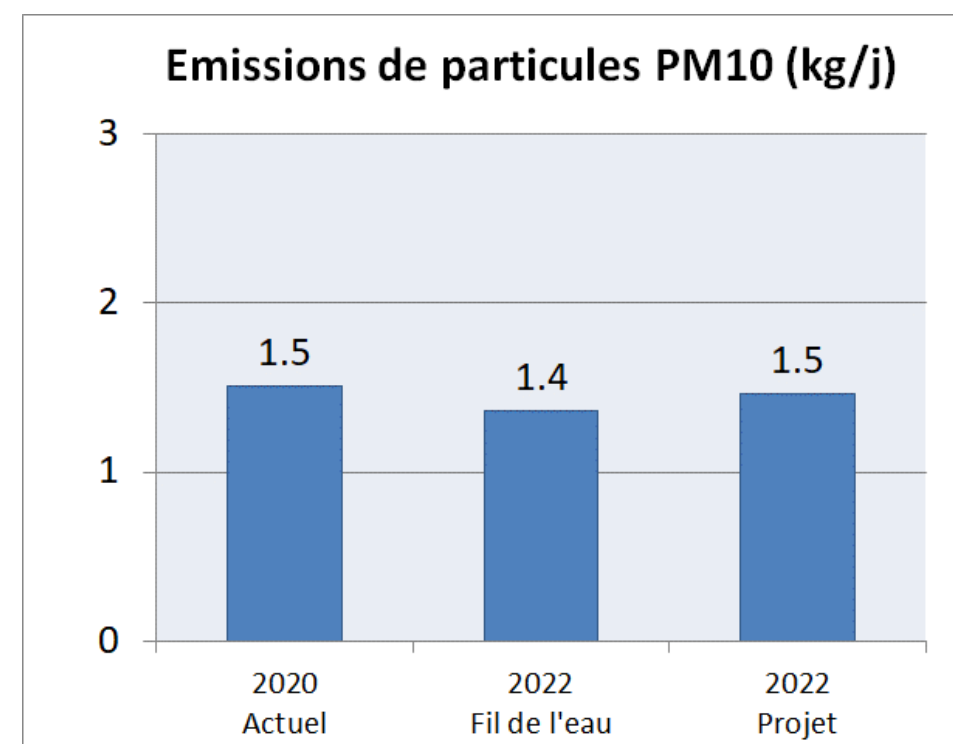


Figure 6 : Emissions journalières – Particules PM10

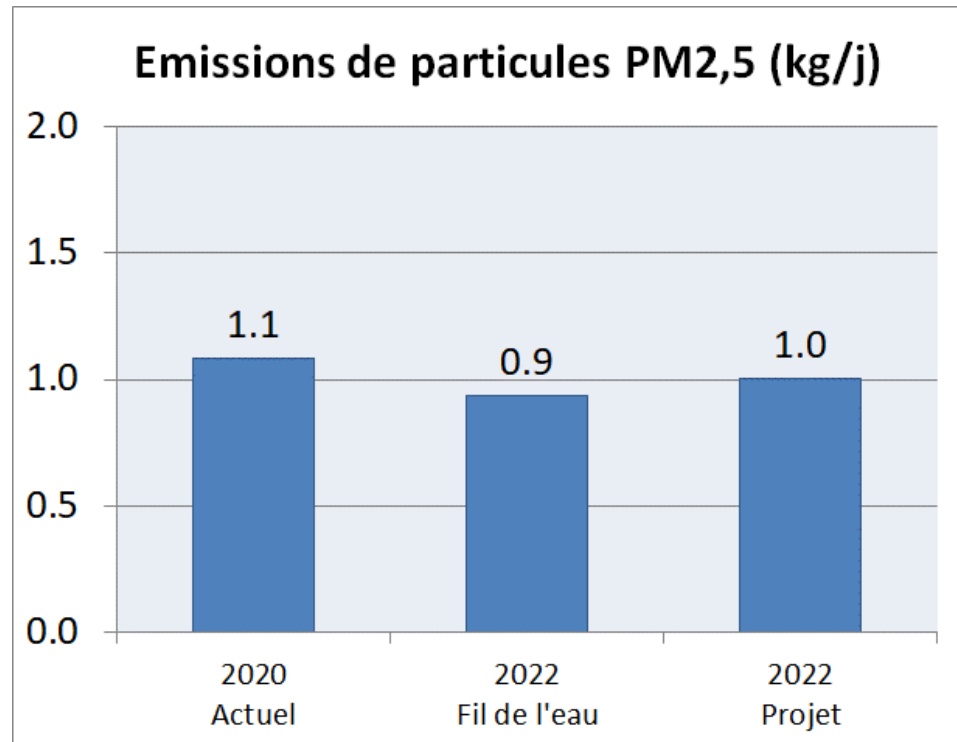


Figure 7 : Emissions journalières – Particules PM2,5

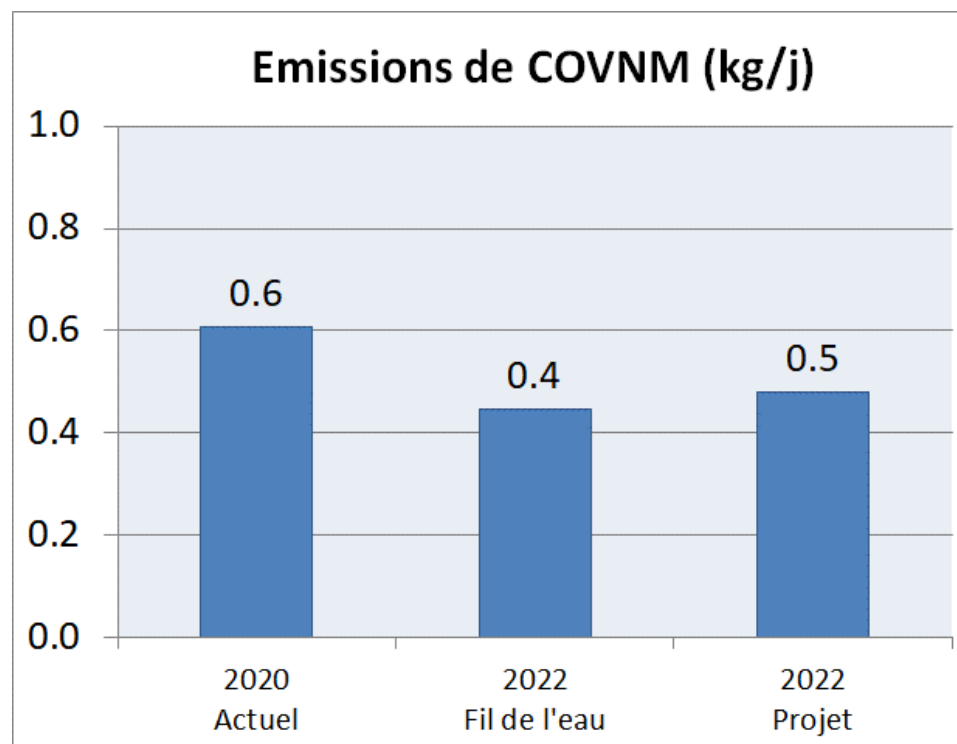


Figure 8 : Emissions journalières – Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

6.3.3. Résultats du calcul des émissions de gaz à effet de serre lié au trafic routier

❖ Présentation

Les Gaz à Effet de Serre (GES) participent au phénomène d'effet de serre, qui permet à une partie du rayonnement solaire d'être absorbée, puis réémise, cela provoquant le réchauffement de la surface de la terre et de l'atmosphère. Leurs émissions doivent de ce fait être maîtrisées, de manière à ne pas assister à une augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre, ce qui pourrait avoir des répercussions néfastes sur l'environnement et les écosystèmes.

Le domaine des transports contribue à hauteur d'environ 25 % des émissions de GES, avec notamment les transports routiers dont la combustion des carburants dans les moteurs produit des GES, le plus important étant le dioxyde de carbone (CO₂).

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère. Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO₂) a été choisi comme étalon. Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes d'équivalent CO₂, quel que soit le GES considéré.

Les trois gaz à effet de serre dont les émissions ont été calculées sont les suivants :

- Le dioxyde de carbone, ou gaz carbonique (CO₂) ;
- Le méthane (CH₄) ;
- L'oxyde nitreux, ou protoxyde d'azote (N₂O).

❖ Emissions en GES dues au trafic sur la voirie considérée

Ici, la quantification en GES a été effectuée au moyen du logiciel COPERT V pour les émissions engendrées par le trafic de la voirie prise en compte dans le réseau d'étude.

La quantité moyenne de GES produite quotidiennement – principalement du dioxyde de carbone – est reportée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Quantité de GES produite par le trafic routier en kgeqCO₂ / jour

	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
Dioxyde de carbone [CO ₂]	8 516	8 499	9 120
Méthane [CH ₄]	1,2	1,0	1,1
Protoxyde d'azote [N ₂ O]	15	15	16
Total des GES	8 533	8 515	9 137

Les émissions de gaz à effet de serre pour la situation avec projet subissent une variation de +7,1 % par rapport à 2020 et de +7,3% par rapport scénario « Fil de l'eau ».

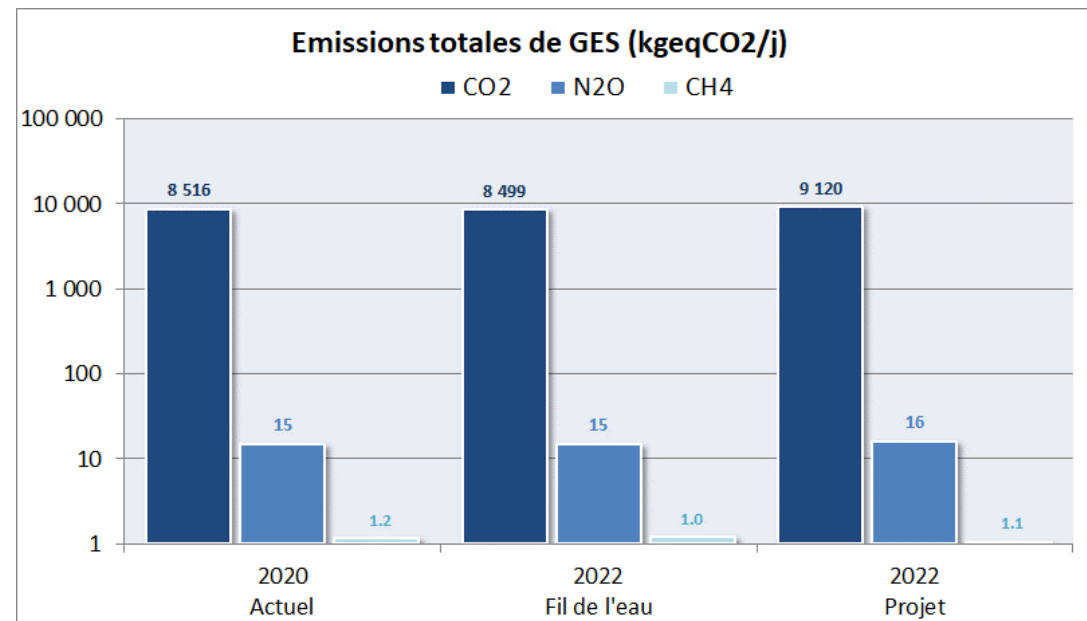


Figure 9 : Evolution des émissions de GES (échelle logarithmique)

6.4. SIMULATION NUMÉRIQUE DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

L'objectif de la simulation numérique est d'estimer les concentrations en polluants au niveau de la zone d'étude du projet à partir des émissions calculées pour les chaufferies et le trafic routier.

Dans le cas étudié ici, le modèle de dispersion atmosphérique utilisé est le logiciel AERMOD (US EPA).

Les calculs de dispersion se basent sur des taux d'émissions prévisionnels, les données météorologiques et la topographie.

6.4.1. Méthodologie

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 :

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

- Avec C Concentration de polluants au point x,y,z (M/L³)
- Q Débit de la source de polluants en (M/T)
- U₁₀ Vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
- σ_y Ecart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
- σ_z Ecart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
- h Hauteur effective de la source de polluants (L)

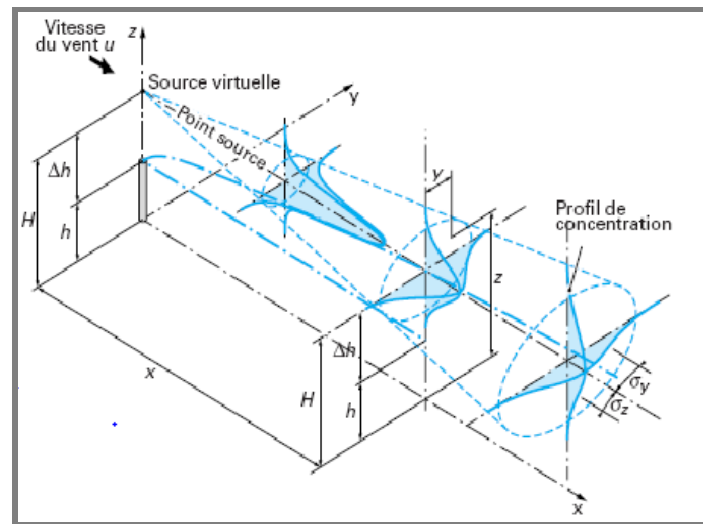


Figure 10 : Modélisation gaussienne d'un panache

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

Les simulations ont été réalisées avec une année complète de données horaires afin d'assurer une bonne représentativité de l'évolution des paramètres.

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'entrée nécessaires.

Les données topographiques ont été acquises auprès de l'IGN (résolution de 250 mètres). Le modèle numérique de terrain utilisé est présenté dans la figure ci-dessous.

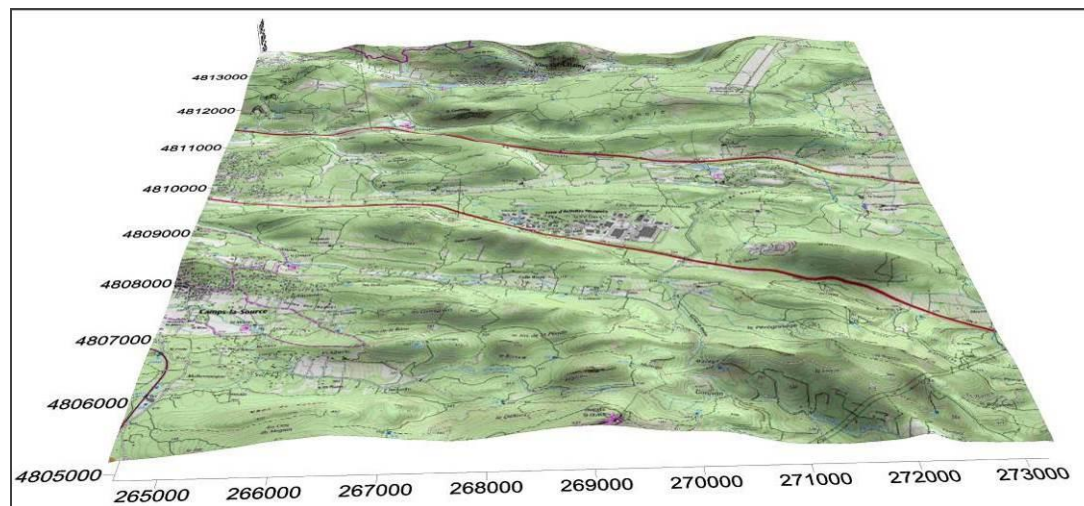


Figure 11 : Modèle Numérique de Terrain

6.4.2. Résultats de la dispersion atmosphérique

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à hauteur d'homme. Ils sont obtenus pour chaque scénario de modélisation retenu.

Les tableaux qui vont suivre présentent les résultats des **concentrations maximales** obtenues.

Remarque importante : Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Tableau 9 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude

Polluants atmosphériques				
COMPOSÉS	Pas de temps	2020 Actuel	2022 Fil de l'Eau	2022 Projet
Dioxyde d'azote	Année	3,61	2,97	3,16
	Heure	34,69	28,71	30,39
Particules PM10	Année	0,95	0,85	0,91
	Jour	3,56	3,22	3,53
Particules PM2,5	Année	0,68	0,59	0,63
Dioxyde de soufre	Année	0,14	0,13	0,14
	Jour	0,50	0,50	0,55
	Heure	1,27	1,26	1,35
Monoxyde de carbone	Année	6,47	5,33	5,66
	Heure	63,08	51,94	54,37
Benzène	Année	6,31E-03	4,73E-03	5,00E-03
B[a]P	Année	2,37E-05	2,24E-05	2,39E-05
Arsenic	Année	5,09E-07	5,07E-07	5,40E-07
Nickel	Année	3,89E-06	3,87E-06	4,13E-06

Tableau 10 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude pour les polluants spécifiques à l'évaluation des risques sanitaires

Polluants atmosphériques spécifiques à l'évaluation des risques sanitaires				
COMPOSÉS	Pas de temps	2020 Actuel	2022 Fil de l'Eau	2022 Projet
1,3 Butadiène	Année	8,70E-03	6,52E-03	7,06E-03
Chrome	Année	1,08E-05	1,08E-05	1,15E-05
Acénaphène	Année	3,60E-04	3,28E-04	3,48E-04
Acénaphylène	Année	2,70E-04	2,45E-04	2,61E-04
Anthracène	Année	6,88E-05	7,16E-05	7,61E-05
Benzo[a]anthracène	Année	4,35E-05	4,14E-05	4,40E-05
Benzo[a]pyrène	Année	2,37E-05	2,24E-05	2,39E-05
Benzo[b]fluoranthène	Année	4,42E-05	4,30E-05	4,57E-05
Benzo[ghi]pérylène	Année	4,44E-05	4,31E-05	4,58E-05
Benzo[j]fluoranthène	Année	5,60E-05	5,76E-05	6,13E-05
Benzo[k]fluoranthène	Année	4,13E-05	4,01E-05	4,27E-05
Chrysène	Année	1,18E-04	1,14E-04	1,21E-04
Dibenzo[a,h]anthracène	Année	5,66E-06	5,29E-06	5,63E-06
Fluoranthène	Année	4,06E-04	3,91E-04	4,16E-04
Fluorène	Année	1,56E-04	1,56E-04	1,66E-04
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	Année	2,52E-05	2,44E-05	2,60E-05
Phénanthrène	Année	7,51E-04	7,38E-04	7,85E-04
Pyrène	Année	4,04E-04	3,84E-04	4,08E-04

6.4.3. Résultats des substances réglementées

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3).

Les normes à respecter en matière de qualité de l'air sont définies dans le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 :

- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'information et de recommandations** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates ;
- **Seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- **Valeur-cible** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;
- **Valeur-limite** : seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Niveau critique** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

Parmi les polluants nécessaires à une étude de niveau II, ceux faisant l'objet d'une réglementation sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote
- Les particules PM10
- Les particules PM2,5
- Le benzène
- Le dioxyde de soufre
- Le monoxyde de carbone
- Le benzo[a]pyrène
- L'arsenic
- Le nickel

Les polluants rejetés en quantité par le trafic routier (polluants « traceurs ») sont le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5.

L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air se portera essentiellement sur les polluants précités.

❖ **Dioxyde d'azote [NO₂]**

Les tableaux ci-dessous explicitent les valeurs réglementaires relatives au dioxyde d'azote, ainsi que les résultats des modélisations au niveau de la zone d'étude.

Tableau 11 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 µg/m ³ pour la moyenne annuelle	
	Recommandation OMS	40 µg/m ³ pour la moyenne annuelle	
	2020 Actuel	2022 Fil de l'Eau	2022 Projet
MAXIMUM	3,61	2,97	3,16
MOYENNE	0,40	0,33	0,37
CENTILE 90	0,96	0,78	0,88
CENTILE 80	0,55	0,45	0,52
Nota Bene	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>		

Tableau 12 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne horaire	Valeur limite	200 µg/m ³ pour la moyenne horaire (18 dépassements autorisés)	
	Recommandation OMS	200 µg/m ³ pour la moyenne horaire	
	2020 Actuel	2022 Fil de l'Eau	2022 Projet
MAXIMUM	34,69	28,71	30,39
MOYENNE	4,38	3,60	4,05
CENTILE 90	11,03	9,09	10,05
CENTILE 80	6,50	5,36	6,30
Nota Bene	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>		

Les modélisations effectuées pour le dioxyde d'azote font ressortir que la zone d'étude n'est pas soumise à des dépassements des valeurs limites réglementaires ou des recommandations de l'OMS.

D'autre part, la mise en place du projet n'entraîne pas de différence significative des concentrations calculées au niveau de la zone d'étude.

Les cartographies suivantes représentent les isocontours des concentrations des différents scénarios étudiés pour le dioxyde d'azote.

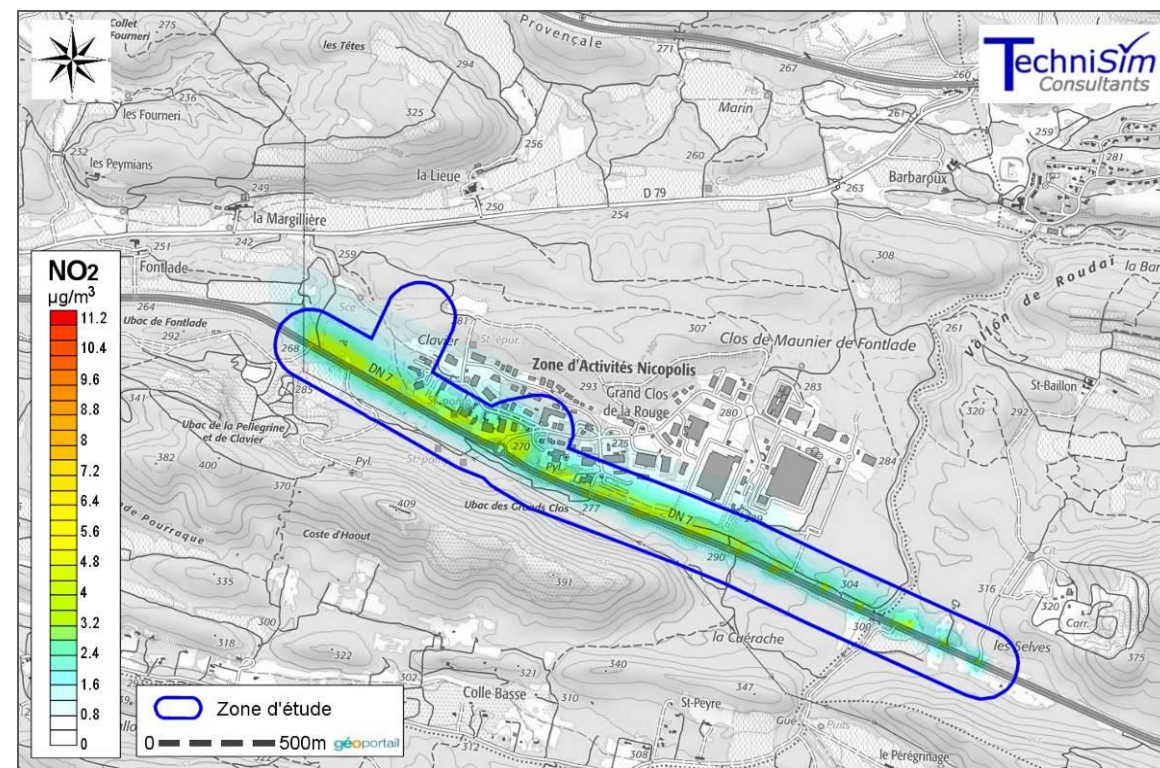


Figure 12 : Horizon 2020 Actuel – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en NO₂

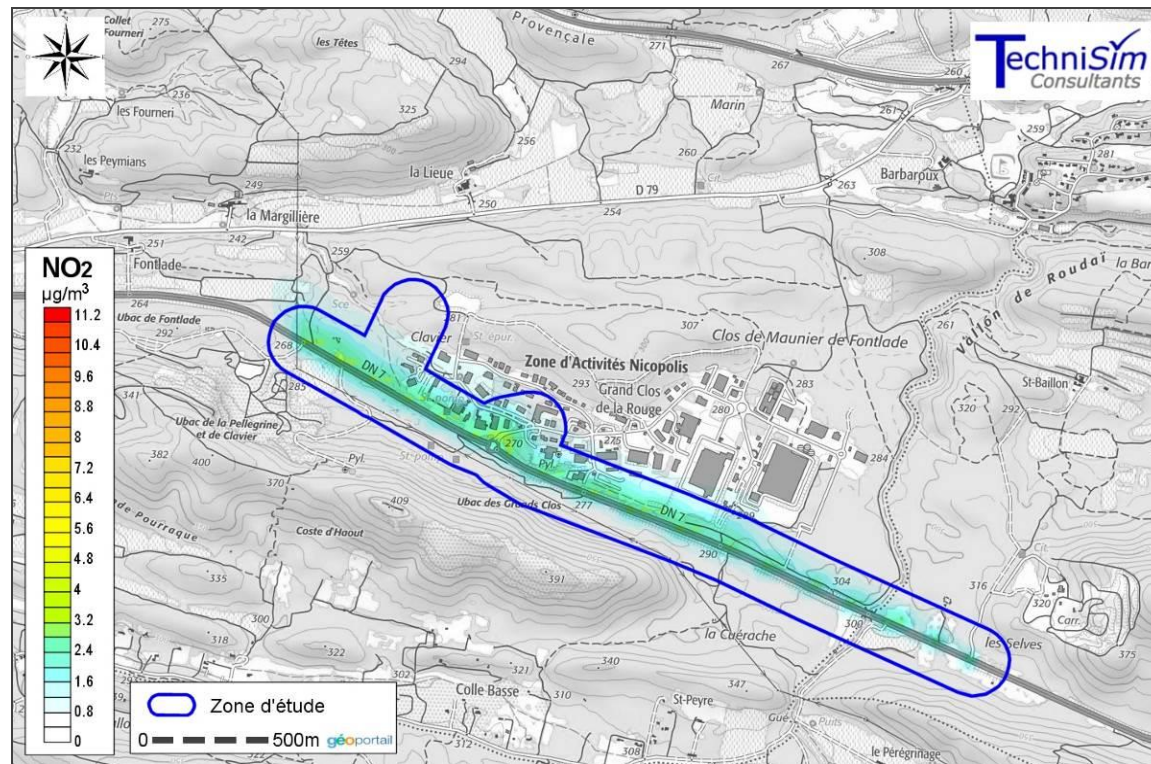


Figure 13 : Horizon 2022 Fil de l'eau – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en NO₂

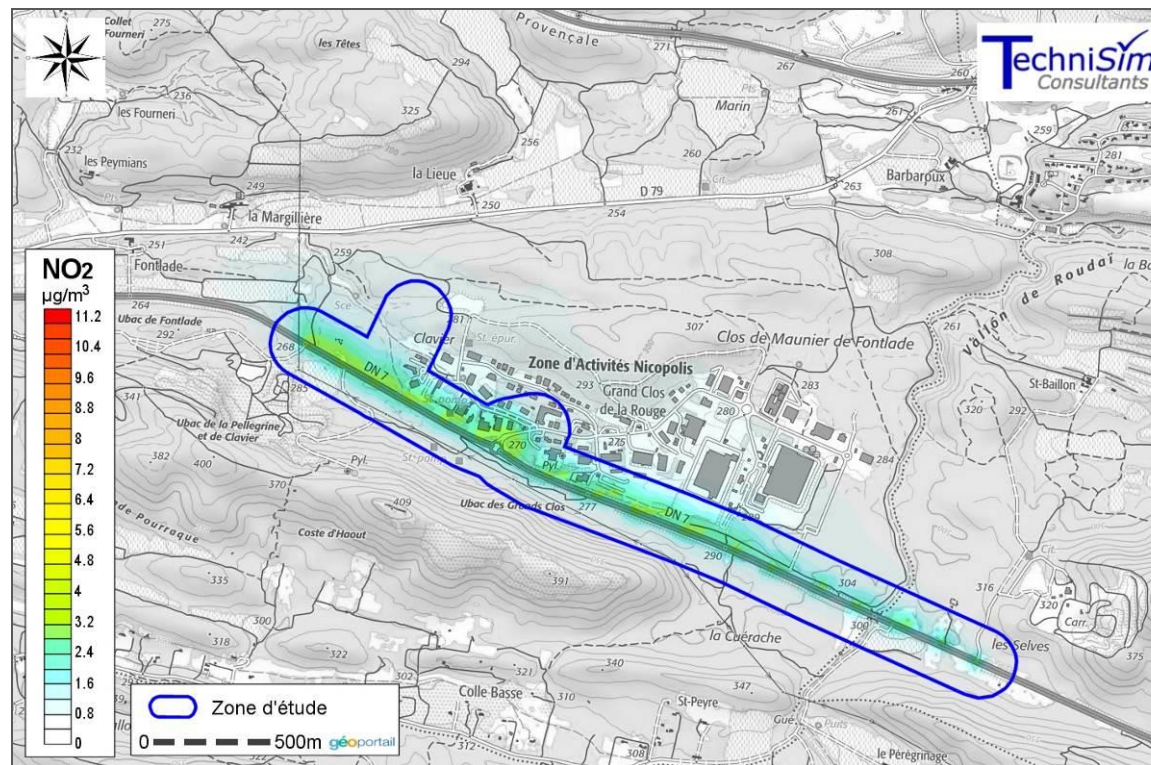


Figure 14 : Horizon 2022 Projet – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en NO₂

❖ Particules PM10 et PM2,5

Les résultats des modélisations pour les particules PM10 et PM2,5 au niveau de l'ensemble de la zone d'étude sont indiqués ci-après.

Tableau 13 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle

PM10 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	Recommandation OMS	20 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
MAXIMUM	0,95	0,85	0,91
MOYENNE	0,10	0,09	0,10
CENTILE 90	0,26	0,23	0,25
CENTILE 80	0,15	0,13	0,14
Nota Bene	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>		

Tableau 14 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière

PM10 (µg/m³) Moyenne journalière	Valeur limite	50 µg/m³ pour la moyenne journalière (35 dépassements autorisés)	
	Recommandation OMS	50 µg/m³ pour la moyenne journalière (3 dépassements autorisés)	
	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
MAXIMUM	3,56	3,22	3,53
MOYENNE	0,44	0,40	0,43
CENTILE 90	1,06	0,96	1,03
CENTILE 80	0,62	0,56	0,61
Nota Bene	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>		

Tableau 15 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite		
	25 µg/m³ pour la moyenne annuelle		
	Recommandation OMS		
	10 µg/m³ pour la moyenne annuelle		
	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
MAXIMUM	0,68	0,59	0,63
MOYENNE	0,08	0,07	0,07
CENTILE 90	0,19	0,16	0,18
CENTILE 80	0,10	0,09	0,10
Nota Bene	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions du chauffage du projet et des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.		

Comme pour le dioxyde d'azote, les concentrations en particules PM10 et PM2,5 respectent les valeurs limites réglementaires, ainsi que les recommandations OMS sur l'ensemble de la zone d'étude.

Sous les hypothèses considérées, il n'existe pas de différences significatives entre les scénarios 'avec' et 'sans' projet au niveau des concentrations en particules PM10 et PM2,5.

Les cartographies suivantes représentent les isocontours des concentrations moyennes en particules PM10 pour les différents horizons étudiés.

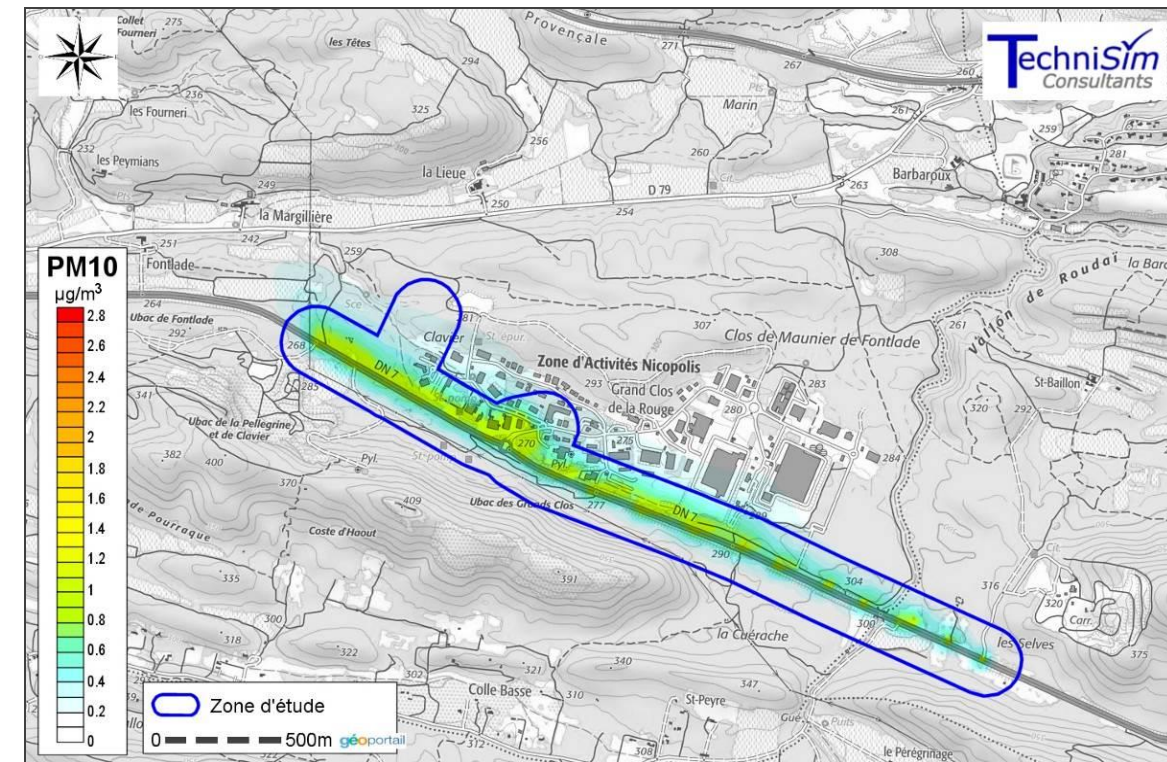


Figure 15 : Horizon 2020 Actuel – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

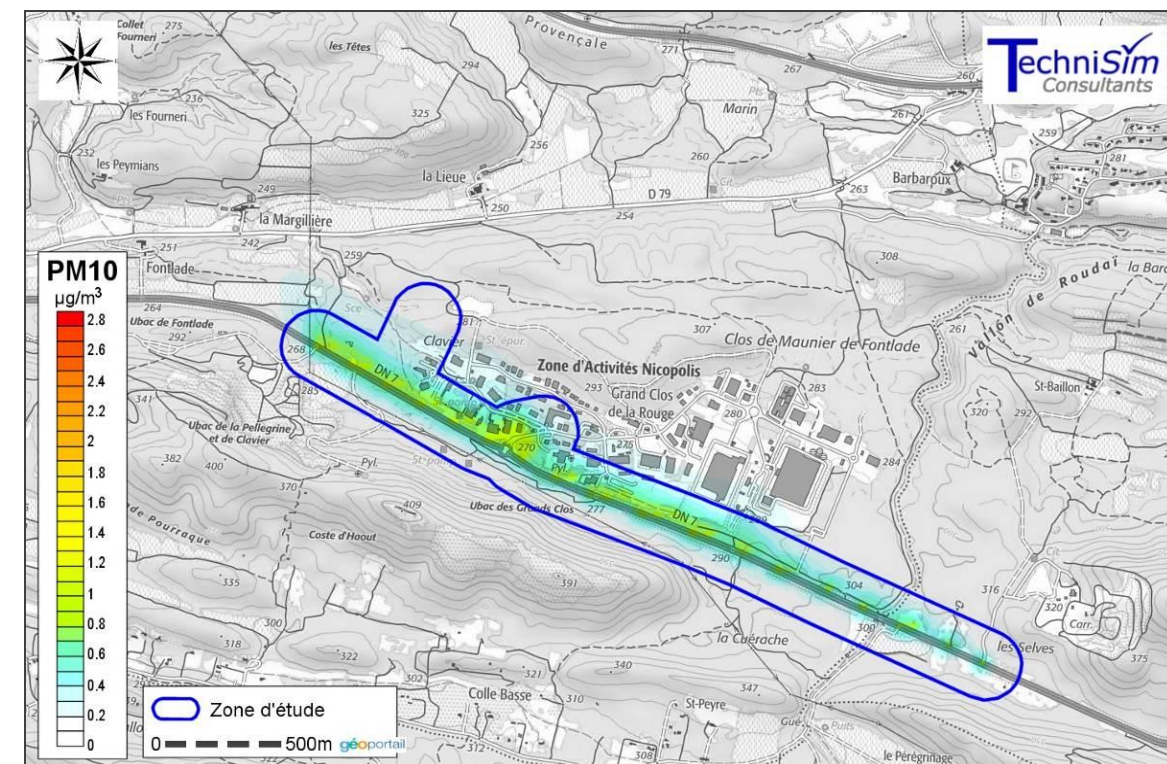


Figure 16 : Horizon 2022 Fil de l'eau – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

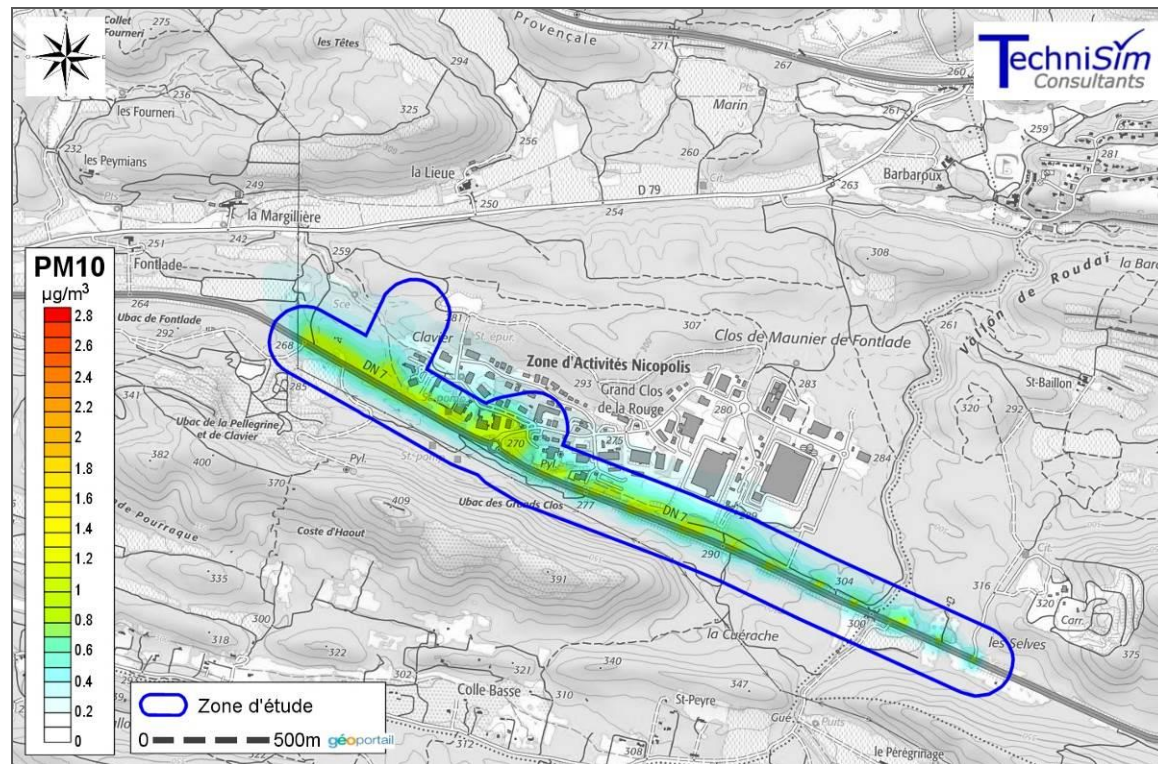


Figure 17 : Horizon 2022 Projet – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10

❖ **Autres polluants réglementés**

Pour chacun de ces composés, les concentrations obtenues au niveau des secteurs étudiés sont inférieures aux valeurs réglementaires de la qualité de l'air, et cela, pour tous les scénarios considérés.

Les modifications de trafic liées au projet ne provoquent pas de variation significative de la qualité de l'air par rapport à la situation au Fil de l'Eau.

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française

POLLUANTS	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil d'information et de recommandations	Seuil d'alerte	Niveau critique	Valeur cible
Dioxyde de soufre	Moyenne journalière : $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 dépassements autorisés)	Moyenne annuelle : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire : $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire sur 3 heures consécutives : $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle et hivernale : $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	Moyenne horaire : $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 dépassements autorisés)	-	-	-	-	-
Monoxyde de carbone	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-
Arsenic	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzène	Moyenne annuelle : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-
Nickel	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : $0,020 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzo-(a)-pyrène	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$

6.5. CONCLUSION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

La réalisation du projet entraînera des émissions liées au chauffage des bâtiments, ainsi qu'un afflux de véhicules (poids lourds et véhicules des employés) induisant une augmentation de 6,9 % de l'indice Véhicules-Kilomètre sur les brins étudiés.

Par rapport à la situation actuelle de 2020, la hausse du trafic générée par le projet sera compensée au niveau des émissions en raison des évolutions du parc routier, c'est-à-dire : apparition et généralisation des améliorations technologiques concernant les moteurs et les systèmes épuratifs des véhicules, et développement des véhicules hybrides et électriques, etc. Ainsi, les émissions moyennes de tous les polluants étudiés pour le scénario « 2022 Projet » subiront très peu de variation par rapport à 2020 (-0,4 %).

En comparaison avec la situation au Fil de l'Eau, le supplément de trafic lié au projet entraînera une augmentation de +7,2 % des émissions.

Au niveau de la zone d'étude, les concentrations pour tous les scénarios respectent les valeurs réglementaires, et ce, quels que soient les composés.

7. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA SANTÉ

7.1. EFFETS GÉNÉRAUX

De nombreuses études épidémiologiques, dont celles pilotées par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), mettent en évidence une relation entre pollution de l'air et santé dans les grandes agglomérations. Le risque existe à partir de faibles niveaux de pollution.

Par ailleurs, il existe de fortes présomptions d'existence de relation synergique entre les allergènes, en particulier les pollens et les polluants atmosphériques.

Également, les effets sanitaires de la pollution de l'air varient selon les individus.

Les sujets les plus sensibles sont ainsi :

- Les enfants, dont le système respiratoire en pleine évolution est davantage sensible aux agressions ;
- Les personnes âgées qui présentent des défenses immunitaires plus faibles et souvent des fragilités du système respiratoire et cardiovasculaire ;
- Les sujets atteints de troubles cardiovasculaires ou respiratoires (asthme, rhinite allergique, bronchite chronique) ;
- Les sujets en activité physique intense (sport ou travaux) qui respirent 5 à 15 fois plus qu'un individu au repos et s'exposent ainsi à des quantités supérieures de polluants.

Les gaz et particules émis lors de la combustion du carburant présentent individuellement pour l'Homme un risque toxicologique qui est relativement connu pour la plupart d'entre eux.

Cependant, afin de définir le risque toxicologique des émissions automobiles à l'égard de la santé humaine, il faut considérer un ensemble, c'est à dire étudier la composition chimique d'un mélange gaz/particules et analyser la toxicité, l'interaction et les synergies des éléments qui le composent. Les connaissances dans ce domaine sont moins développées.

Les paragraphes ci-dessous présentent les effets sanitaires des principaux polluants de l'air, c'est-à-dire : les oxydes d'azote [NOx], les particules [PM], le monoxyde de carbone [CO], les composés organiques volatils [COV], le benzène, le dioxyde de soufre [SO₂] et les métaux lourds.

❖ Les oxydes d'azotes (NOx)

Les principaux effets des oxydes d'azote sur la santé humaine se manifestent par une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.

Les oxydes d'azote sont des gaz très irritants. Ils pénètrent profondément dans l'arbre bronchique entraînant toux, irritations, étouffements, sensibilisation des bronches aux infections microbiennes, changements fonctionnels (baisse de l'oxygénation)...

La relation entre les NOx et les descripteurs sanitaires (mortalité, morbidité...) est complexe à établir et mettre en évidence car leur teneur est fortement corrélée avec celle des autres polluants.

❖ Les particules (PM)

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (surtout chez l'enfant et les personnes sensibles).

Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons mais sont retenues par les voies aériennes supérieures, tandis que les particules de taille inférieure à 2,5 µm pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les particules dites « ultra fines » (diamètre particulaire inférieur à 0,1 µm) sont suspectées de provoquer des effets néfastes sur le système cardiovasculaire.

La taille des particules et la profondeur de leur pénétration dans les poumons déterminent la vitesse d'élimination des particules. Sur un même laps de temps (24 heures), plus de 90 % des particules supérieures à 6 µm sont éliminées, alors que seulement moins de 30 % des particules inférieures à 1 µm le sont.

L'une des propriétés les plus dangereuses des poussières est de fixer des molécules gazeuses irritantes ou toxiques présentes dans l'atmosphère (par exemple, des sulfates, des métaux lourds, des hydrocarbures). Ainsi, les particules peuvent avoir des conséquences importantes sur la santé humaine et être responsables de maladies pulmonaires chroniques de type asthme, bronchite, emphysèmes (les alvéoles pulmonaires perdent de leur élasticité et se rompent) et pleurésies (inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe chacun de nos poumons).

Ces effets (irritations des voies respiratoires et/ou altérations de la fonction respiratoire) s'observent même à des concentrations relativement basses.

Certaines particules ont aussi des propriétés mutagènes et cancérigènes (particules diesel).

En octobre 2013, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules issues des moteurs diesel comme étant cancérigènes pour l'homme (Groupe 1), sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets aigus des particules :

Les particules plus grandes que les PM10 n'ont, pour ainsi dire, aucun effet.

Les particules grossières (différence massique estimée entre les PM10 et les PM2,5 ou entre les PM10 et les PM1), tout comme les particules fines (dont la masse estimée se situe à PM2,5 ou PM1) ou encore les particules ultrafines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.

La fraction grossière des PM10 est plus fortement corrélée avec la toux, les crises d'asthme et la mortalité respiratoire, alors que les fractions fines ont une incidence plus forte sur les dysfonctionnements du rythme cardiaque ou sur l'augmentation de la mortalité cardio-vasculaire. Mais les effets des particules fines ne s'expliquent pas uniquement par ceux des particules ultrafines, pas plus que les effets des particules grossières ne s'expliquent par ceux des particules fines.

Compte tenu des concentrations et des variations que l'on rencontre habituellement aujourd'hui, les fractions grossières, fines et ultrafines ont des effets de même importance.

Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio-vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement ou très rapidement après l'exposition et que celui des particules fines et ultrafines l'est de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge). Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire fait davantage de victimes.

Les personnes atteintes d'affection des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.

Les effets ont été démontrés par des études épidémiologiques, toxicologiques et cliniques.

En conclusion à ce jour, les études publiées font ressortir les effets chroniques suivants des particules sur la santé :

- Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus ;
- Diverses études épidémiologiques ont révélé la corrélation entre de fortes charges en PM10, en PM2,5 ou en sulfates, et une mortalité ou une morbidité accrue ;
- Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérigène ;
- Il n'existe pas (encore) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.

❖ Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provoque des hypoxies (baisse de l'oxygénation du sang) car il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine. Il provoque également des céphalées, des troubles du comportement, des vomissements (c'est un neurotoxique), des troubles sensoriels (vertiges). C'est également un myocardiotoxique.

En se fixant sur l'hémoglobine du sang, le monoxyde de carbone forme une molécule stable, la carboxyhémoglobine, entraînant une diminution de l'oxygénation cellulaire qui est nocive pour le système nerveux central, le cœur et les vaisseaux sanguins.

❖ Les composés organiques volatils (COV)

Ces composés proviennent d'une mauvaise combustion des produits pétroliers (carburants) et de l'évaporation des carburants.

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des yeux (aldéhydes), voire une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérigènes (comme le benzène).

❖ Le benzène (C₆H₆)

Deux cas d'intoxication peuvent être observés : intoxication par ingestion et intoxication par inhalation.

L'intoxication par ingestion se caractérise par des troubles digestifs, des troubles neurologiques pouvant aller jusqu'au coma et une pneumopathie d'inhalation.

Notons qu'en application cutanée, le benzène est irritant.

Lors d'une intoxication par inhalation, on observe des symptômes neurologiques tels que des troubles de conscience, de l'ivresse, puis de la somnolence pouvant mener à un coma, des convulsions à très hautes doses.

Ces symptômes apparaissent à des concentrations variables selon les individus :

- A 25 ppm, pas d'effet ;
- De 50 à 100 ppm, apparaissent céphalées et asthénie ;
- A 500 ppm, les symptômes sont plus accentués ;
- A 3 000 ppm, la tolérance est seulement pendant 30 à 60 minutes ;
- A 20 000 ppm, la mort survient en 5 à 15 minutes.

❖ Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre altère la fonction respiratoire de l'enfant et exacerbe les gênes respiratoires. De même, il trouble l'immunité du système respiratoire, abaisse le seuil de déclenchement chez le sujet asthmatique. C'est un cofacteur de la bronchite chronique.

Le dioxyde de soufre est un gaz très soluble. Il est ainsi absorbé à 85-99 % par les muqueuses du nez et du tractus respiratoire supérieur. Une faible fraction se fixe sur les particules carbonées et atteint donc les voies respiratoires inférieures. Il accentue l'intensité du bronchospasme chez les sujets asthmatiques.

❖ Le plomb (Pb)

De manière générale, les métaux lourds ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme ce qui implique dans le long terme d'éventuelles propriétés cancérogènes.

Le plomb est un toxique neurologique, rénal et sanguin.

On distingue deux types d'intoxication au plomb : intoxication après inhalation (poussières ou fumées) ou intoxication par ingestion (régurgitation ou problème d'hygiène cutanée).

❖ Le cadmium (Cd)

Le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain. Les deux principales voies d'absorption sont l'inhalation et l'ingestion. Il peut provoquer des lésions des voies respiratoires et du rein. Les composés de cadmium sont également cancérogènes.

7.2. 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.

Cet indicateur ne reflète effectivement pas l'exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique. Il ne considère que le lieu de résidence, et non pas le quotidien de chaque individu.

Néanmoins, cet indice permet d'analyser les différences entre les scénarios étudiés.

7.2.1. Méthodologie

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

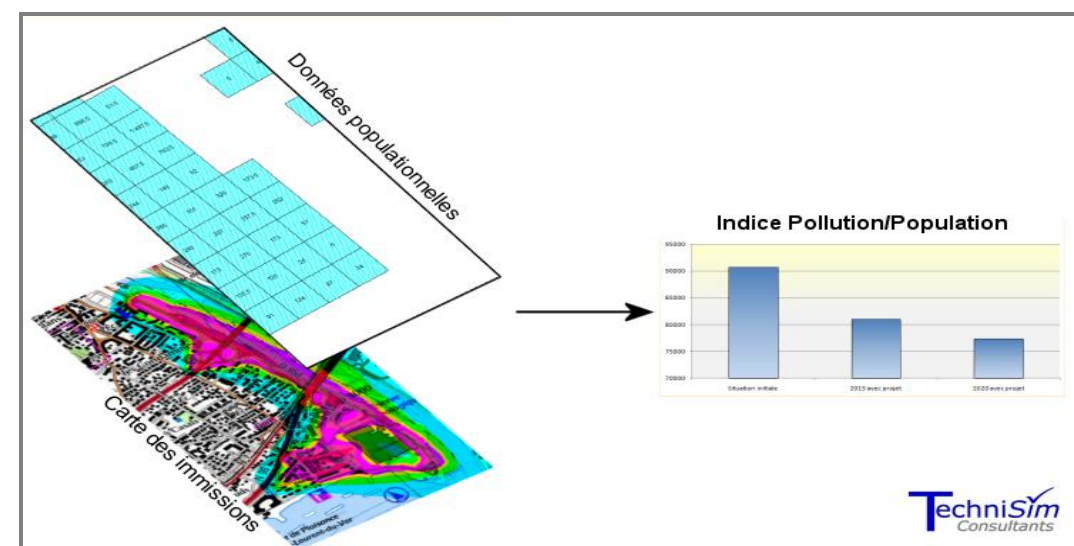


Figure 18 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP

Note : Le polluant « traceur » utilisés pour calculer cet indice est le dioxyde d'azote [NO₂], puisqu'il s'agit d'un composé rejeté principalement par le trafic routier.

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

La cartographie suivante précise les carreaux de la bande d'étude utilisés dans le calcul de l'IPP.

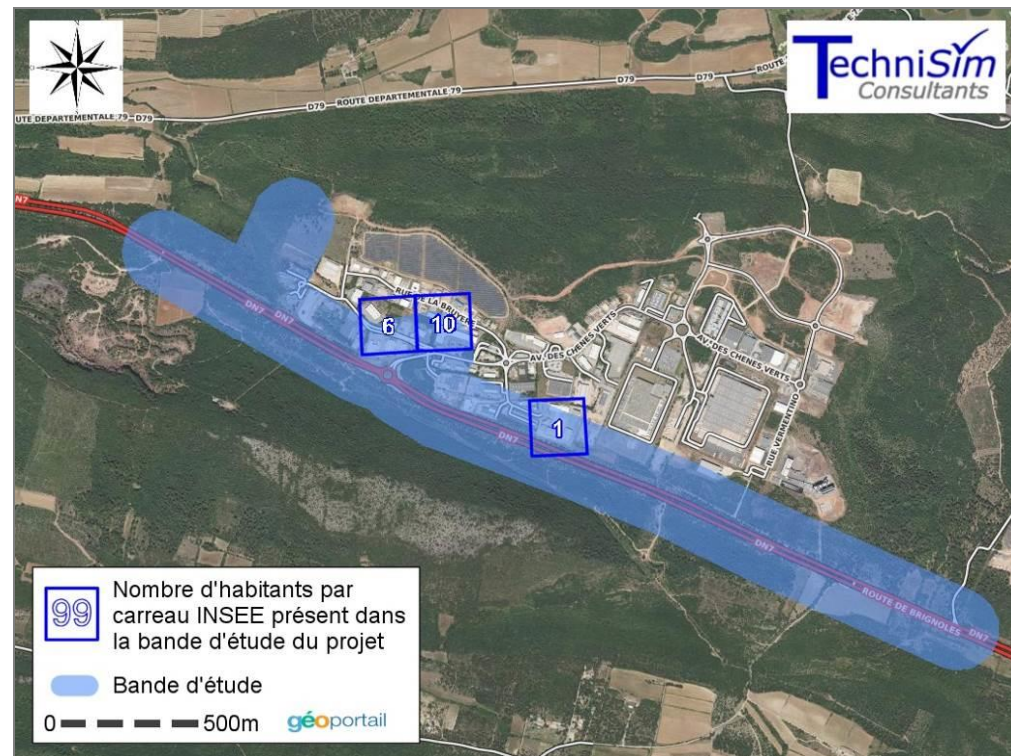


Figure 19 : Carreaux Insee de la bande d'étude

7.2.2. Résultats

L'histogramme ci-dessous représente schématiquement la répartition de la population de la zone d'étude selon les classes de concentration en dioxyde d'azote (NO₂).

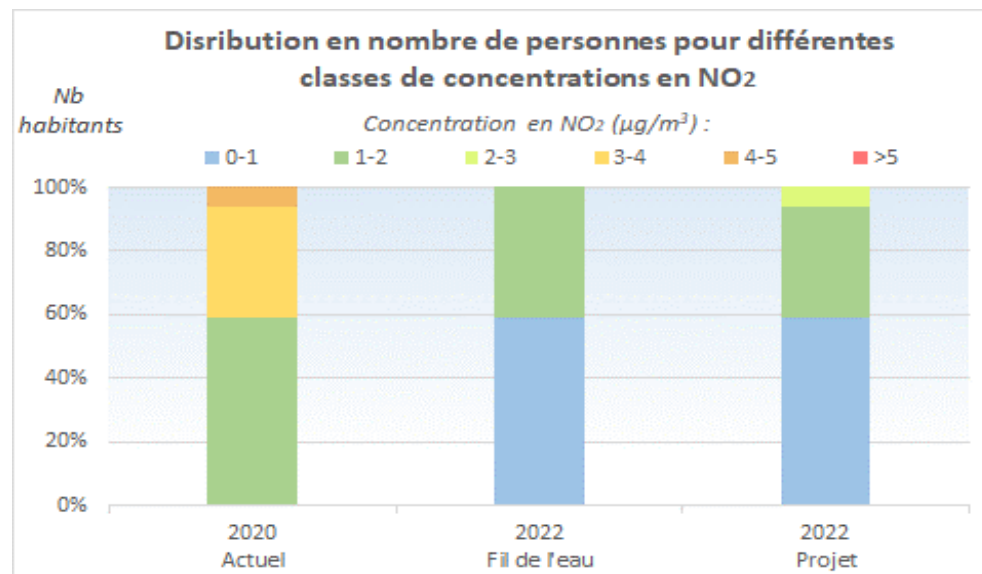


Figure 20 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration

La diminution des émissions de dioxyde d'azote pour les scénarios futurs permettra une exposition moindre des populations à ce polluant. Nonobstant, peu de différences existent entre les situations avec et sans projet.

7.3. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

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.

L'EQRS est menée selon :

- Le guide de l'InVS de 2007 « Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires » ;
- Le guide de l'Ineris 2013 « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » ;
- Le guide de l'Ineris 2011 « Guide pour la conduite d'une étude de zone » ;
- Le guide de l'Ineris 2016 « Choix de valeurs toxicologiques de référence – Méthodologie Ineris » ;
- La note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- L'avis de l'Anses de juillet 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières ;
- la Note technique NOR : TRET1833075N 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.

La planche suivante schématise conceptuellement l'EQRS réalisée dans ce document.

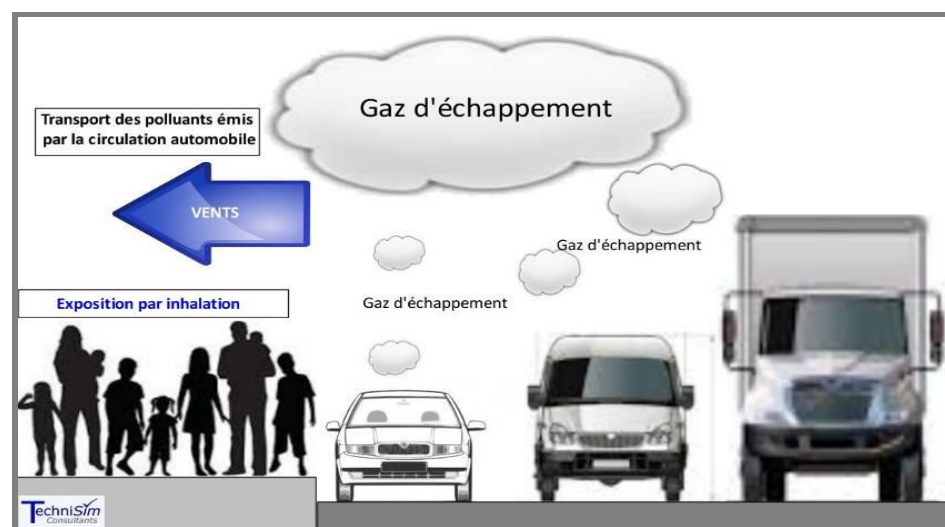


Figure 21 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

7.3.1. Hypothèses de travail retenues

Les données utilisées proviennent de la simulation numérique de la dispersion atmosphérique des émissions générées par le trafic.

La voie d'exposition privilégiée dans l'étude est la voie inhalation.

Il a été pris comme hypothèse que la totalité du chrome émis est du chrome VI (hypothèse majorante) alors que, en réalité, il s'agit d'un mélange de chrome VI (cancérogène) et de chrome III (non cancérogène).

7.3.2. Contenu et démarche de l'EQRS

Par convention, une EQRS est constituée de quatre étapes :

- l'identification des dangers (sélection des substances selon les connaissances disponibles) ;
- la définition des relations doses-réponses (sélection des valeurs toxiques de référence pour chaque polluant considéré) ;
- l'évaluation des expositions des populations aux agents dangereux identifiés selon les voies, niveaux et durées d'exposition correspondants ;
- la caractérisation des risques sanitaires via le calcul des indices sanitaires.

Actuellement, dans le vocabulaire européen, les deux premières étapes sont souvent rassemblées en une phase unique appelée « caractérisation des dangers ».

Remarque importante : il convient de bien distinguer le 'danger' du 'risque'.

Le danger d'un agent physique, chimique ou biologique correspond à l'effet sanitaire néfaste ou indésirable qu'il peut engendrer sur un individu lorsqu'il est mis en contact avec celui-ci, alors que le risque correspond à la probabilité de survenue d'un effet néfaste indépendamment de sa gravité.

❖ 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.

Dans le cadre de cette opération, les polluants retenus sont ceux issus de la Note technique du 22/02/2019.

❖ 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 **V**aleurs **T**oxicologiques de **R**éférence (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.

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 $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute son existence.

La sélection des VTR pour chaque substance d'effectue selon le logigramme ci-après.

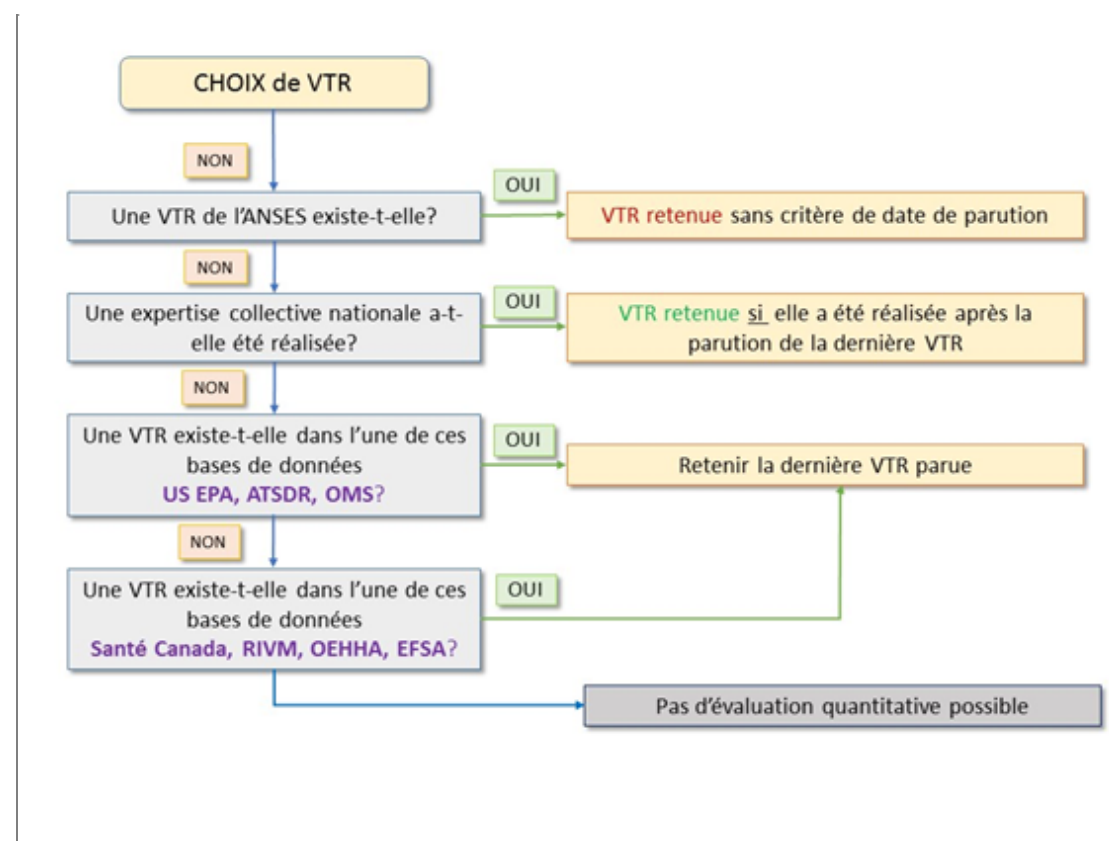


Figure 22 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

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

Tableau 17 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuil – Exposition Chronique par inhalation

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
<i>Benzène</i>	71-43-2	Inhalation (chronique)	Diminution du nombre des lymphocytes	10	[µg/m ³]	-	Anses	2008	VTR de l'Anses
<i>1,3-Butadiène</i>	106-99-0	Inhalation (chronique)	Atrophie ovarienne	2,0	[µg/m ³]	1 000	US EPA	2002 b	VTR retenue par l'Ineris
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation (chronique)	Effets sur la survie du fœtus	2,0E-03	[µg/m ³]	-	US EPA	2017	Seule VTR disponible
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation (chronique)	Effets neurologiques et troubles du comportement	0,015	[µg/m ³]	Extrapolation	OEHHA	2008	VTR retenue par l'Ineris
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation (chronique)	Chrome IV sous forme particulaire - Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage bronchiolo-alvéolaire	3,0E-02	[µg/m ³]	300	OMS CICAD	2013	VTR retenue par l'Ineris
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation (chronique)	Lésions pulmonaires	0,23	[µg/m ³]	-	TCEQ	2011	VTR retenue par l'Anses
<i>Particules diesel</i>	-	Inhalation (chronique)	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	5,0	[µg/m ³]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
<i>Particules PM10</i>	-	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Particules PM2,5</i>	-	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Acénaphène</i>	83-32-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Acénaphylène</i>	208-96-8	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Anthracène</i>	120-12-7	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[a]anthracène</i>	56-55-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[b]fluoranthène</i>	205-99-2	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[k]fluoranthène</i>	207-08-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Chrysène</i>	218-01-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dibenzo[a,h]anthracène</i>	53-70-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Fluorène</i>	86-73-7	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Fluoranthène</i>	206-44-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène</i>	193-39-5	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Phénanthrène</i>	85-01-8	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Pyrène</i>	129-00-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[j]fluoranthène</i>	205-82-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[ghi]pérylène</i>	191-24-2	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						

Tableau 18 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuil par inhalation

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
<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	Leucémies	3,00E-05	[µg/m ³] ⁻¹	US EPA	2002	VTR retenue par l'Ineris
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	1,50E-04	[µg/m ³] ⁻¹	TCEQ	2012	VTR retenue par l'Anses
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	4,00E-02	[µg/m ³] ⁻¹	OMS	2000	VTR retenue par l'Ineris
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	2,60E-04	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2011	VTR retenue par l'Ineris
<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>Particules PM10</i>	-	Inhalation		<i>Aucune VTR disponible</i>				
<i>Particules PM2,5</i>	-	Inhalation		<i>Aucune VTR disponible</i>				
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation		<i>Aucune VTR disponible</i>				
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation		<i>Aucune VTR disponible</i>				
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation		<i>Aucune VTR disponible</i>				
HAP – VTR basées sur les Facteurs d'Equivalence Toxique (FET) à partir de la VTR du Benzo[a]pyrène								
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée) Facteur d'Equivalence Toxique = 1 (référence)	1,10E-03	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
<i>Acénaphthylène</i>	208-96-8	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Acénaphthène</i>	83-32-9	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Anthracène</i>	120-12-7	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Benzo[a]anthracène</i>	56-55-3	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Benzo[b]fluoranthène</i>	205-99-2	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Benzo[g,h,i]pérylène</i>	191-24-2	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Benzo[j]fluoranthène</i>	205-82-3	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Benzo[k]fluoranthène</i>	207-08-9	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Chrysène</i>	218-01-9	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Fluoranthène</i>	206-44-0	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Fluorène</i>	86-73-7	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène</i>	193-39-5	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Phénanthrène</i>	85-01-8	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
<i>Pyrène</i>	129-00-0	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m ³] ⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		

❖ **Étape n°3 : Évaluation des expositions**

L'exposition d'une population à une substance toxique est dépendante 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.

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.

Au niveau de la zone d'étude, différents scénarios d'exposition sont considérés pour l'évaluation des risques sanitaires :

- Résident de la zone d'étude : ce scénario considère les habitants de la zone d'étude
- Travailleur de la ZA Nicopolis : ce scénario considère les personnes travaillant dans la zone d'étude

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 quotidiennement.

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	[Sans dimension]
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	
T	Nombre d'années d'exposition	[année]
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.

Les paramètres associés aux scénarios d'exposition retenus sont indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 19 : Scénarios d'exposition

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentrations utilisées
Résident de la zone d'étude	Domicile	Vie entière : 70 ans 24 h/jour – 7 jours/semaine – 50 semaines/an Pas d'exposition pendant 2 semaines de congés annuels	Concentration correspondant au centile 90 des concentrations calculées sur le domaine d'étude
Travailleur de la ZA Nicopolis	Lieu de travail	Vie professionnelle entière : 43 ans 10 h/jour – 5 jours/semaine – 47 semaines/an Pas d'exposition pendant 5 semaines de congés annuels	Concentration correspondant au centile 90 des concentrations calculées sur le domaine d'étude

❖ 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	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CAA	Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

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] 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 1 cas de cancer supplémentaire sur 1 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)⁵ 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.

Par ailleurs, 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.

⁵ Haut Conseil de la Santé Publique - « *Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone* » - Décembre 2010

7.3.3. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuils : Quotient de danger

Les concentrations inhalées sont calculées sur la base des scénarios d'exposition (durée de vie passée sur le lieu) et des concentrations rencontrées.

A partir des concentrations inhalées, les quotients de dangers sont ensuite déterminés par polluants et par organes-cibles.

Les quotients de dangers pour les scénarios étudiés sont reportés dans le tableau suivant.

Pour tous les scénarios et horizons étudiés, les quotients de danger sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), et cela, même en les additionnant par organe-cible. Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques n'apparaîtront pas *a priori* au sein de la population exposée à la suite de la mise en place du projet à l'horizon futur.

Tableau 20 : Quotients de danger - Inhalation

QUOTIENTS de DANGER- Inhalation						
Seuil d'acceptabilité = 1						
En dessous de 1, il n'existe pas de risque sanitaire						
POLLUANTS	Résident de la zone d'étude			Travailleur de la ZA Nicopolis		
	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
Benzène	1,61E-04	1,20E-04	1,31E-04	4,49E-05	3,36E-05	3,66E-05
1,3-Butadiène	1,13E-03	8,47E-04	9,16E-04	3,15E-04	2,37E-04	2,56E-04
Benzo(a)pyrène	3,03E-03	2,87E-03	3,10E-03	8,47E-04	8,03E-04	8,66E-04
Arsenic	8,75E-06	8,71E-06	9,52E-06	2,45E-06	2,44E-06	2,66E-06
Chrome	9,25E-05	9,25E-05	1,01E-04	2,59E-05	2,59E-05	2,83E-05
Nickel	4,37E-06	4,34E-06	4,75E-06	1,22E-06	1,21E-06	1,33E-06
Particules diesel	3,59E-02	3,10E-02	3,36E-02	1,01E-02	8,68E-03	9,40E-03

Les graphiques ci-dessous précisent les quotients de danger par organes cibles pour les habitants de la zone d'étude ainsi que pour les personnes travaillant dans la ZA Nicopolis.

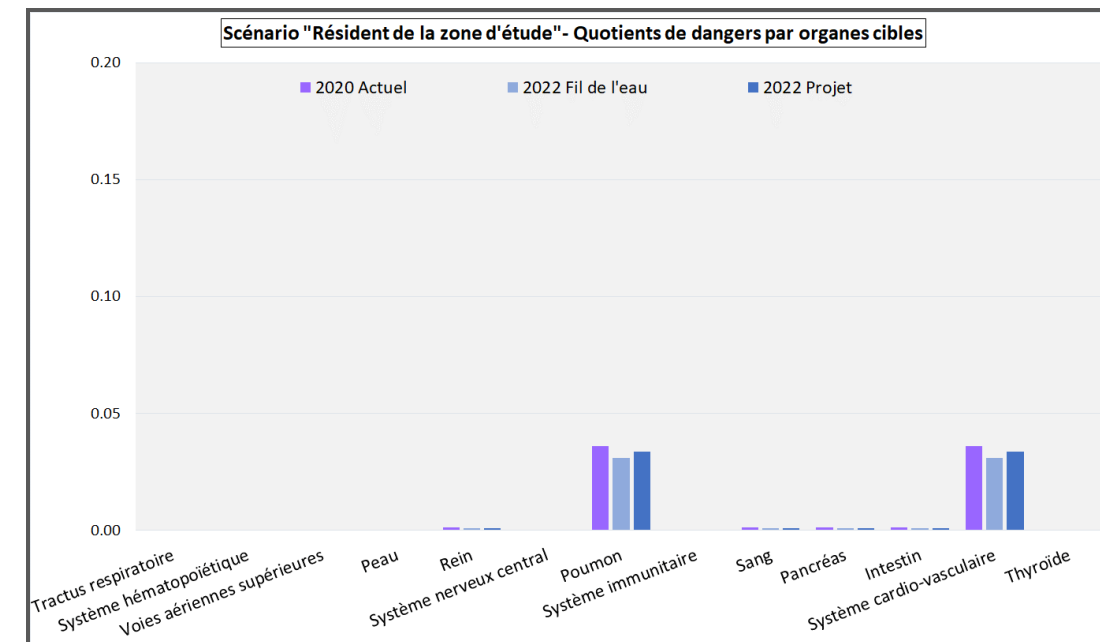


Figure 23 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident de la zone d'étude »

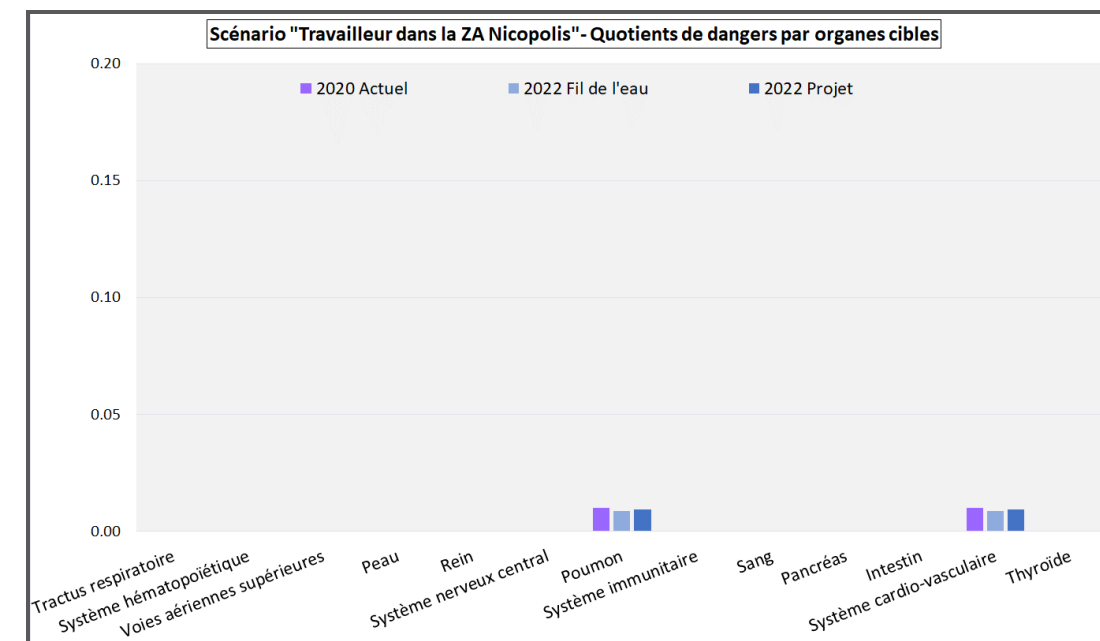


Figure 24 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Travailleur de la ZA Nicopolis »

7.3.4. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuil : calcul de l'Excès de Risque Individuel (ERI)

Cet indicateur représente le nombre de cancers supplémentaires au sein d'une population exposée à un certain niveau de polluants par rapport à une population non exposée. C'est la raison pour laquelle on parle d'**Excès de Risque**.

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables.

En France, l'INVS utilise la valeur de 10^{-5} , cette valeur est reprise dans la Circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations soumises à autorisation. Ce seuil signifie que sur une population de 100 000 habitants exposée à un composé pour un niveau donné, il sera observé 1 cancer supplémentaire par rapport à une population de même effectif non exposée.

Le tableau en page suivante compare les ERI entre les situations 'avec' et 'sans' réalisation du projet pour les habitants de la zone d'étude et les personnes travaillant dans la ZA Nicopolis.

Les hypothèses d'exposition sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Hypothèses d'exposition pour le calcul de l'ERI

Résident de la zone d'étude	Travailleur de la ZA Nicopolis
Durée conventionnelle d'une vie entière : 70 ans	Durée d'une vie professionnelle : 43 ans
2020 à 2022 : Exposition de 2 ans aux concentrations calculées pour le scénario « 2020 Actuel »	2020 à 2022 : Exposition de 2 ans aux concentrations calculées pour le scénario « 2020 Actuel »
2023 à 2090 : Exposition de 68 ans aux concentrations des scénarios « 2022 Fil de l'eau » ou « 2022 Projet »	2023 à 2063 : Exposition de 41 ans aux concentrations des scénarios « 2022 Fil de l'Eau » ou « 2022 Projet »

Les Excès de Risques Individuels les plus élevés sont obtenus pour les particules diesel, qui contribuent à environ 96 % des ERI cumulés.

La dangerosité des particules diesel sur la santé est d'ores et déjà reconnue. C'est pourquoi plusieurs villes françaises prévoient le bannissement progressif des véhicules diesel.

En tout état de cause, il convient de retenir que les résidents de la zone d'étude et les personnes travaillant dans la ZA Nicopolis ne sont pas exposés à des Excès de Risques Individuels supérieurs au seuil d'acceptabilité de 10^{-5} , quelle que soit la situation avec ou sans projet.

Dans le cas présent, selon les hypothèses considérées, les différences avec le scénario au Fil de l'Eau sont minimales. En effet, la mise en place du projet entraînera pour la population la plus exposée (habitant de la zone d'étude) une augmentation non significative de +4 cancers sur 10 millions de personnes.

La fréquentation des habitations et des lieux de travail de la ZA Nicopolis n'est pas de nature à occasionner de risque inacceptable de survenue de cancer au sein des populations exposées.

Tableau 22 : Excès de risque individuel

Seuil d'acceptabilité : 10 ⁻⁵	Excès de risque individuel			
	Résident dans la bande d'étude		Travailleur de la ZA Nicopolis	
	Situation Fil de l'Eau	Situation Projet	Situation Fil de l'Eau	Situation Projet
<i>Benzène</i>	3,16E-08	3,42E-08	5,13E-09	5,58E-09
<i>1,3-Butadiène</i>	5,13E-08	5,53E-08	8,34E-09	9,02E-09
<i>Benzo(a)pyrène</i>	6,32E-09	6,81E-09	1,04E-09	1,12E-09
<i>Arsenic</i>	1,96E-11	2,14E-11	3,21E-12	3,51E-12
<i>Chrome</i>	1,11E-07	1,21E-07	1,82E-08	1,99E-08
<i>Nickel</i>	2,60E-10	2,83E-10	4,26E-11	4,66E-11
<i>Particules diesel</i>	5,30E-06	5,72E-06	8,66E-07	9,37E-07
<i>Dibenzo[a,h]anthracène</i>	1,63E-09	1,75E-09	2,67E-10	2,88E-10
<i>Acénaphthylène</i>	6,91E-11	7,44E-11	1,13E-11	1,22E-11
<i>Acénaphthène</i>	9,23E-11	9,94E-11	1,51E-11	1,63E-11
<i>Anthracène</i>	2,01E-10	2,19E-10	3,31E-11	3,60E-11
<i>Benzo[a]anthracène</i>	1,17E-09	1,25E-09	1,91E-10	2,06E-10
<i>Benzo[b]fluoranthène</i>	1,21E-09	1,32E-09	1,98E-10	2,17E-10
<i>Benzo[g,h,i]pérylène</i>	1,21E-10	1,31E-10	1,99E-11	2,14E-11
<i>Benzo[j]fluoranthène</i>	1,62E-09	1,77E-09	2,66E-10	2,92E-10
<i>Benzo[k]fluoranthène</i>	1,13E-09	1,23E-09	1,85E-10	2,03E-10
<i>Chrysène</i>	3,21E-10	3,50E-10	5,26E-11	5,75E-11
<i>Fluoranthène</i>	1,10E-10	1,19E-10	1,81E-11	1,95E-11
<i>Fluorène</i>	4,41E-11	4,81E-11	7,23E-12	7,91E-12
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène</i>	6,88E-10	7,41E-10	1,13E-10	1,22E-10
<i>Phénanthrène</i>	2,07E-10	2,24E-10	3,40E-11	3,67E-11
<i>Pyrène</i>	1,08E-10	1,17E-10	1,77E-11	1,92E-11
En Cumul	5,51E-06	5,95E-06	9,00E-07	9,74E-07

7.3.5. Incertitudes relatives à l'EQRS

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont chacune en ce qui les concerne sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].

Le tableau qui va suivre résume de façon schématique les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

Tableau 23 : Etapes de l'EQRS et incertitudes associées

Étape 1 : Identification du danger <i>Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interaction de mélanges de polluants • Produits de dégradation des molécules mal connus • Données pas toujours disponibles pour l'homme ou même l'animal
Étape 2 : Choix de la VTR <i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations • Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'être humain) • Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
Étape 3 : Estimation de l'Exposition <i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation) • Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace • Difficulté pour définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population
Étape 4 : Caractérisation du risque <i>Quelle est la probabilité de survenue du danger pour un individu dans une population donnée ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Méconnaissance de l'action de certains polluants (VTR non validées) • Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat • Calcul de l'impact sanitaire qui rajoute un niveau d'incertitude

❖ 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 seuil, 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 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.).

7.4. SYNTHÈSE – IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTÉ

La diminution des émissions de dioxyde d'azote pour les scénarios futurs permettra une exposition moindre des populations à ce polluant. Peu de différences existent entre les situations avec et sans projet.

Les quotients de danger de tous les scénarios étudiés sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), et cela, même en les additionnant par organe-cible.

La fréquentation des habitations et des lieux de travail de la ZA Nicopolis n'est pas de nature à occasionner de risque inacceptable de survenue de cancer au sein des populations exposées.

8. EVALUATION DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Le tableau suivant présente les consommations énergétiques moyennes, calculées à partir des trafics routiers et des consommations des chaufferies gaz du projet :

Tableau 24 : Consommation en combustibles fossiles [Gj / an]

	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
Trafic routier	41 064	40 985	43 980
Chaufferie gaz	-	-	46 656
TOTAL	41 064	40 985	90 636

L'histogramme suivant illustre graphiquement les consommations respectives en combustibles fossiles pour chacun des scénarios considérés.

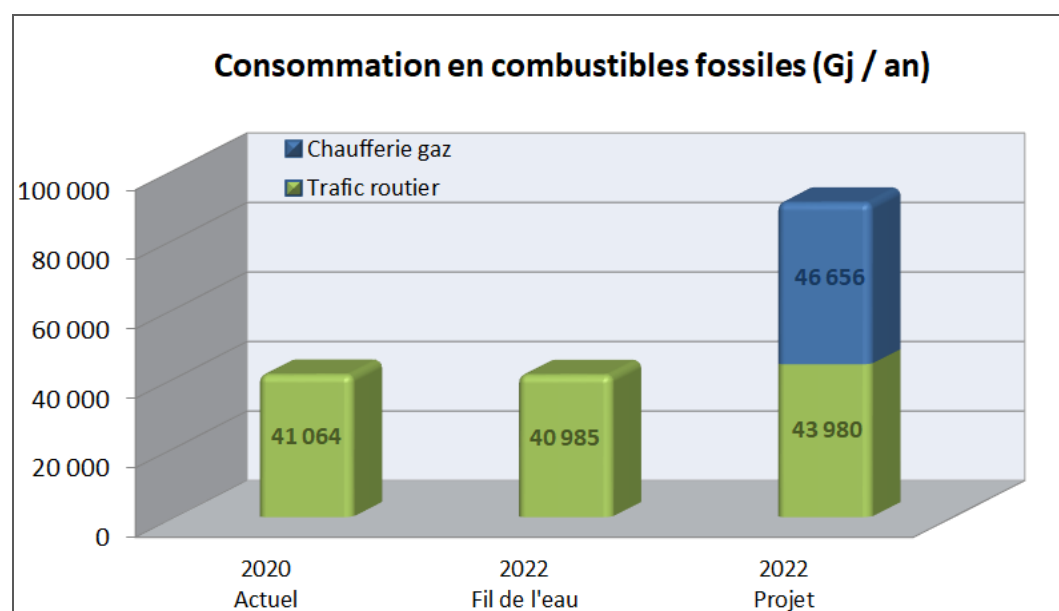


Figure 25 : Consommation moyenne annuelle en combustibles fossiles

Par rapport au Fil de l'Eau, la mise en place du projet génère une hausse de la consommation en carburant du trafic routier de +7,3 % en 2022. A cela s'ajoute la consommation en gaz pour le chauffage des bâtiments du projet, soit une augmentation totale de +121 % de l'utilisation de combustibles fossiles par rapport au scénario sans projet.

9. COÛTS COLLECTIFS DE L'IMPACT SANITAIRE

9.1. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER

Le décret n°2003-767 a introduit, à propos des infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact concernant une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.

La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'Euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet.

Dans une fiche-outils du 03/05/2019 (« Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique »), le Ministère de l'Environnement recommande des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique.

Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes, mais elles concernent néanmoins la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, interurbain, etc.), une valeur de l'impact - principalement sanitaire - de la pollution atmosphérique.

Le tableau ci-dessous explicite les valeurs recommandées.

Tableau 25 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010 (en €₂₀₁₀ / 100 véhicules x km)

Type de véhicules	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
VL	13,5	3,8	1,6	1,3	1,0
PL	133,0	26,2	12,4	6,6	4,4

D'après la densité de population retrouvée dans la zone d'étude, les coûts utilisés sont ceux correspondant à un milieu de type « inter urbain ».

La fiche-outils précise qu'il est nécessaire d'actualiser ces valeurs suivant l'évolution du parc automobile et du PIB par rapport à la population.

Au niveau de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'évolution du PIB par habitant à retenir est de 1,20 % par an.

Sur la dernière décennie, l'inflation a été en moyenne de 1,01 % par an (INSEE). Ce chiffre sera utilisé afin d'extrapoler les coûts aux horizons futurs.

L'application des valeurs recommandées et de leur règle d'évolution pour l'ensemble du trafic considéré conduit aux évaluations présentées dans le tableau immédiatement suivant (valeurs journalière et annuelle).

Tableau 26 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier

Type de véhicules	2020 Actuel (en € ₂₀₂₀)	2022 Fil de l'eau (en € ₂₀₂₂)	2022 Projet (en € ₂₀₂₂)
Sur une journée			
VL	231 €	220 €	235 €
PL	245 €	236 €	253 €
Total	476 €	456 €	488 €
Sur l'ensemble de l'année			
VL	85 k€	80 k€	86 k€
PL	90 k€	86 k€	92 k€
Total	174 k€	166 k€	178 k€

Les coûts de la pollution atmosphérique varient de +7,2 % avec la mise en place du projet par rapport au Fil de l'eau.

Le graphique ci-dessous illustre les résultats obtenus.

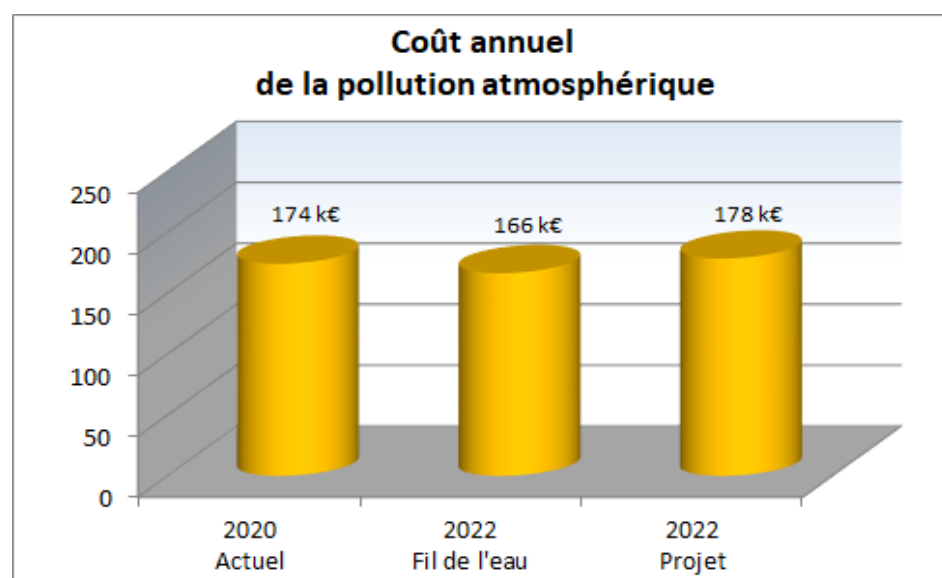


Figure 26 : Coût annuel de la pollution atmosphérique

Remarque importante : il est nécessaire de prendre en compte le fait que, à ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics sans retenir : ni la répartition spatiale de la population, ni les paramètres d'exposition. Il devrait être possible d'affiner l'estimation des coûts sanitaires en s'intéressant à l'exposition de la population, dès lors que l'on se base sur le principe d'un lien de proportionnalité entre le coût sanitaire et l'Indice Pollution Population. Quelques études sont actuellement menées sur ce thème.

9.2. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO₂.

La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.

Selon le document de France Stratégie intitulé « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO₂ émise sont de 54 €₂₀₁₈ en 2018, de 250 €₂₀₁₈ en 2030 et de 500 €₂₀₁₈ en 2040.

Le tableau suivant présente les coûts des rejets de gaz à effet de serre du trafic routier et du chauffage des bâtiments du projet pour tous les scénarios considérés.

Tableau 27 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier et le chauffage des bâtiments du projet

	2020 Actuel	2022 Fil de l'eau	2022 Projet
Trafic routier	275 402 € ₂₀₂₀	386 119 € ₂₀₂₂	414 326 € ₂₀₂₂
Chaufferie gaz	-	-	330 380 € ₂₀₂₂
TOTAL	275 402 €₂₀₂₀	386 119 €₂₀₂₂	744 706 €₂₀₂₂

Par rapport à la situation « Fil de l'eau » en 2022, les coûts des émissions de gaz à effet de serre augmentent de +93 % avec le projet, en raison de la prise en compte des rejets du chauffage des bâtiments.

Ces résultats sont représentés graphiquement ci-après, en valeur annuelle.

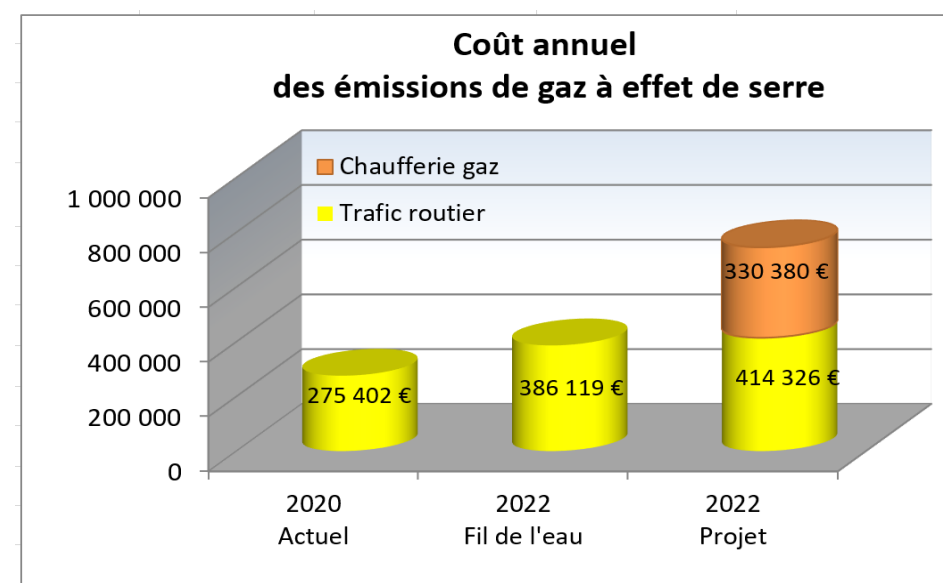


Figure 27 : Coût annuel du coût des émissions de GES

CONCLUSION

10. CONCLUSION

La présente étude Air et Santé s'inscrit dans le cadre du projet de construction de deux bâtiments logistiques sur l'emprise de la ZA Nicopolis, sise sur le territoire de la commune de Brignoles dans le département du Var [83].

L'étude a été menée en prenant pour cadre la *Note technique NOR : TRET1833075N 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.

Concernant l'étude des impacts, plusieurs scénarios ont été examinés :

- La situation *actuelle* pour l'année 2020 ;
- L'horizon 2022 : situation *sans* projet (Fil de l'Eau) ;
- L'horizon 2022 : situation future *avec* réalisation du projet.

D'une manière générale, le projet va entraîner des émissions de polluants atmosphériques liés au chauffage des bâtiments, ainsi qu'une hausse modérée des flux de véhicules sur le domaine d'étude par rapport à la situation au 'Fil de l'Eau'.

Par rapport à la situation actuelle, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi que la mise en application des normes Euro associée au renouvellement du parc roulant vont compenser la hausse du trafic générée par le projet. Ainsi, les émissions de tous les polluants routiers étudiés pour le scénario « 2022 Projet » vont en moyenne très peu varier par rapport à 2020 sur la zone d'étude.

Du point de vue sanitaire, l'Indice Pollution Population pour le dioxyde d'azote révèle une exposition moindre des populations à ce polluant pour les scénarios futurs en raison de la diminution des émissions de ce composé.

Peu de différences existent entre les situations 'avec' et 'sans' projet

Également, une EQRS [Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires] a été réalisée pour les résidents de la zone d'étude et les personnes travaillant au sein de la ZA Nicopolis.

Les Quotients de Danger et les Excès de Risques Individuels calculés pour tous les scénarios étudiés sont inférieurs aux seuils d'acceptabilité.

En conclusion, le projet n'aura pas d'impact significatif, ni sur la qualité de l'air ambiant au niveau de la zone d'étude, ni sur la santé des populations.

THEMES	Avantages / Inconvénients
TRAFIC	D'après les hypothèses considérées, la circulation pour les scénarios futurs avec projet augmente modérément par rapport au scénario 'Fil de l'Eau' (+6,9 %).
ÉMISSIONS POLLUANTES DU TRAFIC ROUTIER	En comparaison avec la situation au fil de l'eau, le supplément de trafic lié au projet entraînera une augmentation de +7,2 % des émissions de polluants atmosphériques.
CHAUFFAGE DES BATIMENTS	Les chaufferies gaz des deux bâtiments du projet fonctionneront durant deux mois l'hiver pour le maintien hors gel des locaux. Les polluants rejetés viennent s'ajouter aux émissions du trafic routier. Il s'agit principalement des oxydes d'azote (NOx), du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO ₂), et dans une moindre mesure, des Composés Organiques Volatils (COVNM), du dioxyde de soufre (SO ₂) et des particules PM _{2,5} .
CONSOMMATION EN COMBUSTIBLES FOSSILES	La hausse du trafic routier et l'installation des chaufferies gaz du projet vont entraîner une hausse de +121 % de l'utilisation de combustibles fossiles par rapport au scénario « Fil de l'eau ».
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU TRAFIC ROUTIER	Par rapport à la situation au Fil de l'Eau, la mise en place du projet occasionne une hausse de +7,3 % des émissions de GES.
CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	Au niveau de la zone d'étude, les concentrations pour tous les scénarios respectent les valeurs réglementaires quels que soient les composés étudiés. La mise en place du projet n'entraîne pas de différence significative des concentrations calculées au niveau de la zone d'étude.
INDICE POLLUTION-POPULATION [IPP]	La diminution des émissions de dioxyde d'azote pour les scénarios futurs permettra une exposition moindre des populations à ce polluant par rapport à 2020. Peu de différences existent entre les situations avec et sans projet.
ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]	La fréquentation des habitations de la zone d'étude et des lieux de travail de la ZA Nicopolis ne devrait pas entraîner de risque inacceptable de survenue de pathologie au sein des populations exposées.
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DU TRAFIC ROUTIER	Les coûts de la pollution atmosphérique du trafic routier varient de +7,2 % en 2022 avec la mise en place du projet.
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	Par rapport à la situation « Fil de l'eau » en 2022, les coûts des émissions de gaz à effet de serre sur la zone d'étude augmentent de +93 % avec le projet en raison de l'installation des chaufferies gaz des bâtiments.
EFFETS CUMULES AVEC D'AUTRES PROJETS	L'étude Air et Santé a considéré l'impact cumulé par rapport aux mêmes projets que ceux retenus dans l'étude trafic.

Annexes

ANNEXE N°1 : GLOSSAIRE

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air	HPM	Heure de pointe du matin
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie	HPS	Heure de pointe du soir
AEE	Agence Européenne de l'Environnement	IFSTTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
As	Arsenic	INRETS	Institut de recherche sur les transports
		INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
Ba	Baryum	InVS	Institut de Veille Sanitaire
B(a)P	Benzo(a)Pyrène	IPP	Indice Pollution Population
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive		
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	Ni	Nickel
		NO₂	Dioxyde d'azote
Cd	Cadmium	NOx	Oxydes d'azote
CERTU	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques	N₂O	Protoxyde d'azote
CH₂O	Formaldéhyde		
CH₄	Méthane	O₃	Ozone
C₂H₄O	Acétaldéhyde	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
C₃H₄O	Acroléine		
C₄H₆	1,3-Butadiène	Pb	Plomb
C₆H₆	Benzène	PDU	Plan de Déplacement Urbain
CITEPA	Centre Interprofessionnel technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique	PL	Poids Lourd
CO	Monoxyde de carbone	PM	Particulate Matter (particules fines en suspension)
CO₂	Dioxyde de carbone	PM10	Particules de taille inférieure à 10 µm
COPERT	COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport	PM2,5	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
CORINAIR	CORe INventories AIR	PNSE	Plan National Santé Environnement
COV	Composé Organique Volatil	PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique	PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l'Air
		PRSE	Plan Régional Santé Environnement
Cr	Chrome	PSQA	Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	QD	Quotient de danger
EIS	Evaluation de l'Impact Sanitaire	SETRA	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
ERI	Excès de Risque Individuel	SO₂	Dioxyde de soufre
ERU	Excès de risque Unitaire	SRCAE	Schéma Régional Climat, Air, Energie
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires		
		TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
FET	Facteur d'équivalence Toxique	TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
GES	Gaz à Effet de Serre		
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	US EPA	United States Environmental Protection Agency
Hg	Mercure	UVP	Unité de Véhicule Particulier
		VK	Véhicules-Kilomètres
		VL	Véhicule Léger
		VTR	Valeur Toxicologique de Référence

ANNEXE N°2 : EFFETS SANITAIRES REDOUTÉS**Tableau 28 : Effets sanitaires redoutés avec seuil – Voie inhalation**

Benzène	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hématotoxiques et immuno-toxiques. La plupart des effets sanguins ont été associés à des expositions par inhalation.
Butadiène (1,3)	Chez l'Homme, la toxicité s'observe essentiellement par inhalation. Des effets hématologiques minimes sont retrouvés et potentiellement des effets cardiovasculaires.
Benzo(a)pyrène	La littérature ne rapporte que des effets par contact cutané.
Arsenic	La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de : - l'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose) - du système cardiovasculaire (maladie de Raynaud) - de la peau (hyperkératose et hyperpigmentation) - du système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse)
Chrome	Les manifestations toxiques du chrome sont généralement attribuées aux dérivés hexavalents. Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique. Il n'y a pas d'étude rapportant les effets du chrome III seul chez l'homme. Cependant, il a été montré que lors d'exposition au chrome sous la forme hexavalente, ce dernier est tout ou partiellement réduit en chrome trivalent. Le tractus respiratoire est l'organe-cible des effets lors de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI.
Nickel	Les études chez l'Homme (et l'animal) indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement au nickel. Les effets respiratoires étaient de type bronchite chronique, emphysème et diminution de la capacité vitale.
Monoxyde de carbone	Les signes d'appel d'une intoxication chronique sont les mêmes que dans le cas d'une intoxication subaiguë débutante : céphalées, vertiges et asthénie, parfois associés à des troubles digestifs. Les études conduites afin d'évaluer l'effet sur le myocarde indiquent que l'oxyde de carbone favorise le développement d'une ischémie myocardique à l'effort chez les sujets ayant une coronaropathie préexistante sans favoriser l'apparition de trouble du rythme. Ces effets ont été observés pour les expositions répétées à faibles doses.

Particules diesel	<p>Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère, ...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles.</p> <p>Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés, HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Bronco-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomo-pathologiques des bronches et des bronchioles, ainsi qu'un épaississement de la paroi artérielle ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
Oxydes d'azote	<p>Chez l'Homme, le monoxyde d'azote a une action toxique au niveau des plaquettes, et induit la formation de nitrosylhémoglobine et de méthémoglobine. Il a également des effets respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.</p>
Dioxyde de soufre	Plusieurs études effectuées chez les humains ont démontré que des expositions répétées à de faibles concentrations de SO ₂ (moins de 5 ppm) causent une insuffisance pulmonaire permanente. Cet effet peut sans doute être attribué à des crises répétées de bronchoconstriction.

Tableau 29 : Effets sanitaires redoutés sans seuil – Voie inhalation

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
Benzène	Plus de 25 études ont rapporté une augmentation des taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. La leucémie aiguë est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens.	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Ependant les effets par inhalation sur la reproduction et le développement ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.
Butadiène (1,3)	Chez l'homme, il semble qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène	Le 1,3-butadiène a été étudié par l'Union Européenne mais n'a pas été classé. Aucune information n'est disponible quant aux effets sur la reproduction et le développement du 1,3-butadiène chez l'homme
Benzo(a) pyrène	Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérogène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'Homme. Les études chez l'animal indiquent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent, une action à la fois locale et systémique.	Il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisantes permettant de conclure à la toxicité du formaldéhyde sur la reproduction et le développement embryofœtal. D'après la bibliographie, aucune étude n'a été effectuée chez l'homme pour rechercher un éventuel effet du benzo[a]pyrène sur la reproduction. Le benzo[a]pyrène est embryotoxique chez la souris.
Arsenic	L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérogène par : - le CIRC (groupe 1) - l'US EPA (classe A) - l'Union Européenne (quatre substances en catégorie 1). Les principaux cancers liés à une exposition à l'arsenic sont les cancers de la peau, de la vessie, des poumons, des reins et du foie.	Ces effets ont été très peu étudiés chez l'homme. Toutefois pour des doses très faibles, avortements spontanés, mortalités fœtale et infantile tardive et faibles poids de naissance ont été mis en évidence ces dernières années. De même, des effets sur le développement intellectuel ont été observés. Chez l'animal, aucun effet sur la reproduction n'est observé ; des

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
		effets sur le développement sont principalement mis en évidence par inhalation, avec des pertes post implantatoires et une diminution du nombre de fœtus viables. Seul l'arséniate de plomb est classé par l'Union Européenne en Catégorie 1 et 3.
Chrome	De nombreuses études épidémiologiques réalisées en Allemagne, en Italie, au Japon, au Royaume Uni ou aux Etats Unis sur des salariés de la production des chromates ont largement mis en évidence un excès de risque pour le cancer du poumon.	Les seules données connues concernant les effets toxiques du chrome sur la fonction de reproduction sont issues d'études réalisées chez la femme exposée professionnellement aux dichromates. Les résultats montrent une augmentation de l'incidence des complications au cours de la grossesse et de la naissance, une toxicose pendant la grossesse ainsi qu'une augmentation des hémorragies post-natales (Shmitova, 1978, 1980). Bien qu'ayant été pratiquées en présence d'un groupe témoin, ces études sont d'une qualité médiocre et ne permettent pas de conclure quant à l'effet du chrome sur la reproduction humaine.
Nickel	Les différentes études épidémiologiques portant sur les effets cancérogènes du nickel ont été basées sur des études de cohorte de travailleurs de raffineries et ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer du poumon et du nez.	Chez les femmes exposées, le taux de malformations était de 16,9 % contre 5,8 % chez les non-exposés. Les auteurs indiquent que la différence observée est statistiquement significative, cependant aucune précision supplémentaire n'est donnée.

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
Particules diesel	Des études épidémiologiques ont montré un risque accru de risque accru de cancers pulmonaires pour des populations professionnellement exposées aux émissions des moteurs à combustion. Ces effets semblent se confirmer également expérimentalement mais certains résultats sont parfois contradictoires comme en témoigne des études de cancérogenèse expérimentales qui ont été menées sur des rats. Ainsi, "il est couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénicité expérimentale des émissions diesel " (SFSP, 1996). De surcroît, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) classe les particules diesel comme étant probablement cancérogènes chez l'Homme.	Certaines études chez l'animal semblent montrer des atteintes possibles au niveau de la spermatogenèse. Ces données sont cependant trop partielles et ne peuvent pas être extrapolées actuellement chez l'homme.
Oxydes d'azote	Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote n'ont pas été classés cancérogènes par l'UE, l'US EPA et l'IARC ; le monoxyde n'a pas été étudié par l'UE. Différentes études ont montré des résultats positifs quant à la génotoxicité du dioxyde d'azote, néanmoins il n'a pas été classé par l'UE. Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié.	Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'UE, et le dioxyde d'azote n'est pas classé reprotoxique. Chez l'animal, le dioxyde d'azote induit des effets neuro-comportementaux, des signes d'embryotoxicité. En revanche, aucun effet tératogène ou sur la spermatogenèse n'est rapporté.

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
Dioxyde de soufre	Plusieurs études épidémiologiques ont évalué la possibilité que le dioxyde de soufre cause des cancers tels un cancer du poumon, un cancer de l'estomac ou des tumeurs cérébrales. Toutes les études comportaient des facteurs de confusion non contrôlés comme une exposition concomitante à d'autres produits chimiques. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a passé en revue ces études et décidé que les données actuelles ne permettent pas d'établir la cancérogénicité chez l'humain. Cependant, il y a quelques signes de cancérogénicité chez les animaux. Évaluation globale faite par le CIRC : Il est impossible de classer le SO ₂ en fonction de sa cancérogénicité chez l'humain (groupe 3).	Un certain nombre d'études épidémiologiques ont indiqué qu'une exposition au SO ₂ peut être reliée à des effets nocifs sur l'appareil reproducteur. Cependant, aucune de ces études n'a fourni des données indiquant clairement que le SO ₂ soit responsable des effets observés. Aucune conclusion ne peut être tirée du peu d'information recueillie chez les animaux.
Monoxyde de carbone	Le monoxyde de carbone n'est pas classé par le CIRC.	L'oxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène, mais il est nettement foetoxique. Lors d'une intoxication grave de la mère dans le coma, il peut y avoir mort du fœtus ou, sinon, de graves séquelles neurologiques. Si l'exposition est prolongée ou l'intoxication aigue moins importante, on peut observer un retard de croissance <i>in utero</i> et une augmentation de la mortalité néonatale. Si l'enfant survit, il ne semble pas y avoir de séquelles à long terme.

Contact

TECHNISIM Consultants

316 Rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél. : technisim@wanadoo.fr

Le contenu de ce rapport est uniquement valable pour le projet faisant l'objet de cette étude.
Toute utilisation à d'autres fins que celles du présent projet doit faire l'objet d'une autorisation d'exploitation.

ADDENDA : L'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation.

Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique.

Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est compris dans la prestation.