

DOSSIER D'ENQUÊTE PRÉALABLE :

- À LA DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE DU PROJET,
- À LA MISE EN COMPATIBILITÉ DES PLANS LOCAUX D'URBANISME,
- AU CLASSEMENT DES VOIES.

Mai 2026

PIÈCE K.8

Annexe 8 : Étude air et santé

A31 Bis

Au cœur du sillon lorrain

SECTEUR NORD

RICHEMONT – FRONTIÈRE
LUXEMBOURGEOISE

Révision du document

Indice du document	Date du document	Modifications apportées
A	Avril 2025	Consultations interservices
B	Juillet 2025	Saisine de l'Autorité environnementale et des collectivités locales
C	Mars 2026	Compléments suivant les recommandations de l'Autorité environnementale

Sommaire du dossier DUP :

- Préambule
- Notice de présentation non-technique du projet
- Guide de lecture du dossier
- PIÈCE A – Objet de l'enquête, informations juridiques et administratives
- PIÈCE B – Notice explicative du projet soumis à l'enquête publique
- PIÈCE C – Plans
- PIÈCE D – Estimation sommaire des dépenses et des acquisitions à réaliser
- PIÈCE E – Étude d'impact
 - Chapitres 1 et 2 – Préambule et résumé non-technique
 - Chapitre 3 – Description du projet
 - Chapitres 4 et 5 – État initial de l'environnement et évolution en absence de mise en œuvre du projet
 - Chapitres 6 à 9 – Impacts, mesures et vulnérabilité du projet
- PIÈCE F – Évaluation socio-économique
- PIÈCE G – Mise en compatibilité des documents d'urbanisme
- PIÈCE H – Bilans des étapes de dialogues et de concertations publiques
- PIÈCE I – Classement des voies
- PIÈCE J – Avis sur le dossier
- **PIÈCE K – Annexes**

Table des matières

1. CONTEXTE, OBJECTIFS ET AIRE D'ETUDE	4
1.1. Objectif de l'étude et méthodologie	4
1.2. Généralités et réglementation sur la qualité de l'air	4
1.3. Inventaire des émissions à l'échelle de la région Grand Est	7
1.4. Définition de la zone d'étude :	9
1.5. Définition du niveau de l'étude et son contenu	12
2. DONNEES D'ENTREE	13
2.1. Description générale	13
2.2. Le trafic	13
2.3. Le parc automobile	13
2.4. Répartition de la population	14
2.5. Les sites vulnérables	15
2.6. La météorologie	17
2.7. La topographie	17
2.8. Les sources d'émission polluantes	18
2.9. Les concentrations de fond des polluants	37
3. CALCUL DES EMISSIONS	38
3.1. Scénarios modélisés	38
3.2. Méthodologie de calcul des émissions	38
4. BILAN DES EMISSIONS	39
4.1. Bilan énergétique	39
4.2. Bilan des émissions de polluants	39
5. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE	40
5.1. Présentation générale du modèle utilisé	40
5.2. Mise en œuvre des simulations	40
5.3. Résultats	40
6. ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION A LA POLLUTION	63
6.1. Objectif de l'IPP	63
6.2. Méthodologie de calcul de l'IPP	63
6.3. Calcul de l'IPP pour le NO ₂	63
6.4. Calcul de l'IPP pour les PM ₁₀	64
6.5. Calcul de l'IPP pour les PM _{2,5}	65
7. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES	66

7.1. Méthodologie	66
7.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition	66
7.3. Polluants retenus pour l'évaluation.....	66
7.4. Identification des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (étapes 1 et 2)	67
8. IMPACTS CHANTIERS, MESURES ERC ET MODALITES DE SUIVI	76
8.1. Impact du projet en phase chantier	76
8.2. Mesures d'évitement et de réduction des impacts du projet	76
8.3. Modalités de suivi	76
9. CONCLUSION.....	77
10. ANNEXES.....	78
10.1. Valeurs toxicologiques de référence	78
10.2. Localisation des sites vulnérables présentant un risque aigu pour le dioxyde d'azote	85
10.3. Localisation des points récepteurs présentant un risque aigu pour le dioxyde d'azote	88

1. Contexte, objectifs et aire d'étude

1.1. Objectif de l'étude et méthodologie

Dans le cadre du secteur Nord du projet A31bis, consistant en la mise à 2x3 voies des infrastructures existantes (A30 sur sa section entre l'échangeur de Richemont et celui 2b de Saint-Agathe à Fameck et A31 entre le nord de Thionville et la frontière luxembourgeoise) et en la réalisation de nouveaux tronçons autoroutiers (2x2 voies), une étude air et santé est menée. L'objectif de l'étude est d'identifier les sensibilités du secteur et d'évaluer l'impact du projet sous l'angle de la qualité de l'air et de la santé des riverains.

La méthodologie générale utilisée pour réaliser l'étude air et santé s'appuie sur la note technique **TRET1833075N** du 22 février 2019. Le contenu de l'étude est défini en fonction :

- Du trafic attendu sur les axes routiers étudiés à l'horizon d'étude retenu (trafic maximal du projet à l'horizon le plus lointain),
- De la densité de la population à ses abords, c'est-à-dire dans la bande d'étude du projet,
- De la longueur du projet,
- De la sensibilité des lieux de vie aux abords du réseau routier.

Les critères énoncés ci-avant permettent de déterminer le niveau d'étude « Air et Santé », ce niveau s'échelonnant de I à IV, respectivement du plus au moins exigeant (tableau 1).

Tableau 1 : Définition de la zone d'étude

Trafic à l'horizon d'étude et densité (hab/km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j	25 000 véh/j à 50 000 véh/j	≤ 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 hab/km ² et < 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km III si L projet ≤ 50 km
G III Pas de bâti	III	III	IV	IV

En complément, le niveau d'étude peut être relevé d'un niveau dans les cas suivants :

- Présence d'un PPA
- Population à l'intérieur de la bande d'étude supérieure à 100 000.

De plus, la nouvelle note méthodologique apporte un critère supplémentaire permettant de réduire le niveau d'étude. Dans le cas où le projet ne crée pas de nouvelle voirie mais s'insère dans de l'existant, il est possible d'abaisser le niveau d'étude de 1 ou 2 en fonction de certains paramètres :

- Impact sur le trafic : si le trafic augmente ou induit de la congestion pas de diminution possible, si le trafic augmente de 0 à 10% diminution d'un niveau, si le trafic baisse diminution de deux niveaux ;
- Modification de la géométrie : si le projet rapproche le trafic de la population aucune modification n'est possible dans le cas contraire, diminution d'un niveau ;
- Sensibilité de la zone : si la qualité de l'air est dégradée (dépassement de la réglementation) sur le secteur abaissement maximal d'un niveau, sinon de deux.

1.2. Généralités et réglementation sur la qualité de l'air

Polluants étudiés : origine et effets sur la santé

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis pour leur représentativité de certains types de pollution (industrielle ou automobile) et/ou pour leurs effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé. Pour ces derniers, différentes directives de l'Union européenne, retranscrites pour la plupart en droit national, s'appliquent et définissent des valeurs seuils de concentration à respecter.

Les principaux indicateurs de pollution atmosphérique sont présentés dans le tableau ci-après, la sélection s'appuyant sur la note technique de 2019, pour une étude de niveau I.

Polluant	Origine	Effet sur la santé
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Le dioxyde d'azote (NO ₂) est un polluant majeur de l'atmosphère qui se présente sous forme d'un gaz brun-rouge à l'odeur âcre et piquante caractéristique. La principale source du dioxyde d'azote est la combustion des combustibles fossiles (trafic routier, centrales thermiques...). Il peut également se former dans l'atmosphère à partir de l'oxydation du monoxyde d'azote (NO) par l'ozone (O ₃).	Le NO ₂ est un gaz toxique et irritant pour les bronches pouvant entraîner, à fortes doses, des inflammations des voies respiratoires et une diminution de la fonction pulmonaire.

Polluant	Origine	Effet sur la santé
Particules PM ₁₀ et PM _{2,5}	Les particules sont de différentes tailles et de composition chimique très diverse. Leurs sources sont multiples: elles peuvent être d'origine naturelle (érosion des sols, volcans, sels...) ou humaine. Dans ce cas, elles proviennent du secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), du trafic routier, des chantiers et carrières, ainsi que de l'agriculture, mais aussi de processus de transformation chimiques dans l'atmosphère à partir de polluants gazeux.	Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire, avec un temps de séjour plus ou moins long. Les plus dangereuses sont les particules les plus fines. Elles peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.
Monoxyde de carbone (CO)	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel).	Prend la place de l'oxygène, provoque des maux de tête, il est létal à concentration élevée.
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Le SO ₂ est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les installations de combustion, le trafic maritime et routier, et les unités de chauffage individuel et collectif.	Le SO ₂ est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire).
Métaux lourds	Les métaux proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels. Seuls 4 d'entre eux sont réglementés dans l'air ambiant: l'arsenic, le cadmium, le plomb et le nickel.	Les métaux lourds s'accumulent dans l'organisme provoquant des effets toxiques. Selon l'élément, les cibles pouvant être affectées sont le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, ...
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Les HAP se forment lors de combustions incomplètes, en particulier celle de la biomasse. Ils sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel. Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment le benzo(a)pyrène, entre donc dans la composition des particules PM ₁₀ . Il s'agit du seul HAP réglementé en air ambiant.	Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est cancérigène pour l'homme.
Ozone (O ₃)	L'ozone n'est pas directement rejeté par les activités humaines C'est un polluant secondaire formé à partir des NOx et des COV.	L'ozone est un gaz agressif qui pénètre jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altérations pulmonaires et irritations oculaires.
Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)	Les composés organiques volatils sont libérés lors de l'évaporation des carburants, ou dans les gaz d'échappement. Ils sont émis majoritairement par le trafic automobile, le reste des émissions provenant de processus industriels de combustion.	Benzène: En exposition chronique, le benzène peut induire des cancers. Il est classé comme cancérigène par le CIRC (Centre International de Recherche contre le Cancer).

Polluant	Origine	Effet sur la santé
	Cette famille comprend de nombreux composés regroupés dans les sous-familles des alcanes, des alcènes et alcynes, des aldéhydes et cétones, des hydrocarbures aromatiques monocycliques et des hydrocarbures halogénés. En termes de qualité de l'air on évoque le plus souvent la sous-famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes sont les composés les plus caractéristiques.	<p>Toluène : Il a été démontré que l'exposition au toluène provoquait une irritation des yeux, du nez et de la gorge, des maux de tête, des étourdissements et une sensation d'ivresse. Elle a également été associée à des effets neurologiques, y compris une baisse de la performance dans les tests de mémoire à court terme, d'attention et de concentration, de balayage visuel et perceptivo-moteurs, et de dextérité digitale lors de l'accomplissement d'activités physiques ainsi qu'à des effets négatifs sur la vision des couleurs et la capacité auditive.</p> <p>Éthylbenzène : Les effets de ce polluant sur la santé humaine sont mal connus. En raison des effets nocifs constatés chez les animaux lors de tests, ce dernier a été classé comme peut-être cancérigène par le Centre International de Recherche sur le Cancer (groupe 2 B).</p> <p>Xylènes : Pour les trois formes de xylènes, les scientifiques ont constaté des effets similaires. A des concentrations de fond et pour une exposition quotidienne, aucun effet n'a été observé sur la santé. Pour une exposition de courte durée à des concentrations élevées les effets possibles sont une irritation de la peau, des yeux, du nez, de la gorge, des difficultés à respirer, une altération de la fonction pulmonaire, une réponse tardive à un stimulus visuel, des troubles de la mémoire ; des malaises à l'estomac, et des changements dans le foie et les reins. Une exposition à court ou à long terme à de fortes concentrations peut entraîner des troubles sur le système nerveux.</p> <p>1,3-butadiène (C₄H₆) : Classé cancérigène certain.</p>

Figure 1: Origine et effets sur la santé des polluants étudiés

Cadre réglementaire

La directive européenne n° 96/62/CE du 27 septembre 1996 a été transcrite en droit français par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996, aujourd'hui codifiée (L.221-1 à L.223-2 et R.221-1 à R.223-4). Cette loi a notamment institué le « droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé », ainsi que « le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets ».

De plus, la stratégie communautaire de surveillance de la qualité de l'air et les valeurs réglementaires (valeurs limites, valeurs cibles, objectifs de qualité sur le long terme) sont indiquées dans la directive européenne (2008/50/CE) du 21 mai 2008 et dans la directive n°2004/107/CE du 15 décembre 2004.

Ces textes ont été transposés par la France par le décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air. Ce décret définit les différentes typologies de seuil (articles R221-1 à R221-3 du Code de l'environnement) :

« 5° Objectif de qualité, un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, 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 ;

« 6° Valeur cible, un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;

« 7° Valeur limite, un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;

« 10° Seuil d'information et de recommandation, un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;

« 11° Seuil d'alerte, un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence... ».

Le tableau ci-après présente les valeurs réglementaires pour une ensemble de polluants, dont ceux de la note technique TRET1833075N du 22 février 2019.

Par ailleurs, la réglementation évolue en droit européen (nouvelle directive 2024/2881 du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe) et la retranscription au droit français est attendue pour 2026.

Ainsi, le tableau inclut également les valeurs indicatives de la directive.

Les résultats des campagnes de mesures de la qualité de l'air seront comparés dans la suite du rapport aux valeurs limites et objectifs de qualité présentés dans le tableau ci-après, où figurent également les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Polluants	Seuil	Paramètre	Valeur réglementaire en vigueur	Valeur indicative de la directive 2024/2881
Dioxyde d'azote	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	-
	Valeur limite	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	20 µg/m ³
	Seuil d'information	Moyenne horaire	200 µg/m ³	-
	Seuil d'alerte	Moyenne horaire Moyenne horaire si le dépassement a été enregistré pendant 2 jours consécutifs et qu'il est prévu pour le lendemain	400 µg/m ³ 200 µg/m ³	-
Dioxyde de soufre	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	50 µg/m ³	-
	Valeur limite	Moyenne journalière	125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j/an	-
		Moyenne horaire	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 h/an	-
	Seuil d'information	Moyenne horaire	300 µg/m ³	-
	Seuil d'alerte	Moyenne sur 3h	500 µg/m ³	-
PM ₁₀	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30 µg/m ³	-
	Valeur limite	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	20 µg/m ³
		Moyenne journalière	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 j/an	
	Seuil d'information	Moyenne journalière	50 µg/m ³	-
Seuil d'alerte	Moyenne journalière	80 µg/m ³	-	
PM _{2,5}	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	10 µg/m ³	-
	Valeur cible	Moyenne annuelle	20 µg/m ³	-
	Valeur limite	Moyenne annuelle	25 µg/m ³	10 µg/m ³
Ozone	Objectif de qualité	Moyenne glissante sur 8 h	120 µg/m ³	-
	Objectif de qualité pour la protection de la végétation	AOT40 de mai à juillet de 8h à 20h	6 000 µg/m ³ .h	-
	Seuil d'information	Moyenne horaire	180 µg/m ³	-
	Seuil d'alerte	Moyenne horaire sur 3 heures	240 µg/m ³ 360 µg/m ³	-
Benzène	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	2 µg/m ³	1,7 µg/m ³
	Valeur limite	Moyenne annuelle	5 µg/m ³	-
Monoxyde de carbone	Valeur limite	Moyenne sur 8h	10 000 µg/m ³	-
Plomb	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	0,25 µg/m ³	-
	Valeur limite	Moyenne annuelle	0,50 µg/m ³	-
Arsenic	Valeur cible	Moyenne annuelle	6 ng/m ³	-
Cadmium	Valeur cible	Moyenne annuelle	5 ng/m ³	-
Nickel	Valeur cible	Moyenne annuelle	20 ng/m ³	-
Benzo(a)pyrène	Valeur cible	Moyenne annuelle	1 ng/m ³	-

Figure 2 : Réglementation sur la qualité de l'air

1.3. Inventaire des émissions à l'échelle de la région Grand Est

Source : Chiffres clés 2018 – Consommations et productions d'énergie, Émissions de GES et de polluants, Vulnérabilité (Edition 2020, ATMO Grand Est) ; Site internet : <http://www.atmo-grandest.eu/>

En 2018, les principaux émetteurs anthropiques de polluants atmosphériques sont le transport, l'industrie, le secteur résidentiel (chauffage) et l'agriculture.

Le transport, tous secteurs confondus, contribue pour 50 % des émissions de Nox, pour 11 % des COVNM et pour 9 % des émissions de PM₁₀ et PM_{2,5}.

Depuis les années 2000, les émissions sont en baisse avec des réductions comprises entre 5 et 11 % en fonction des polluants.

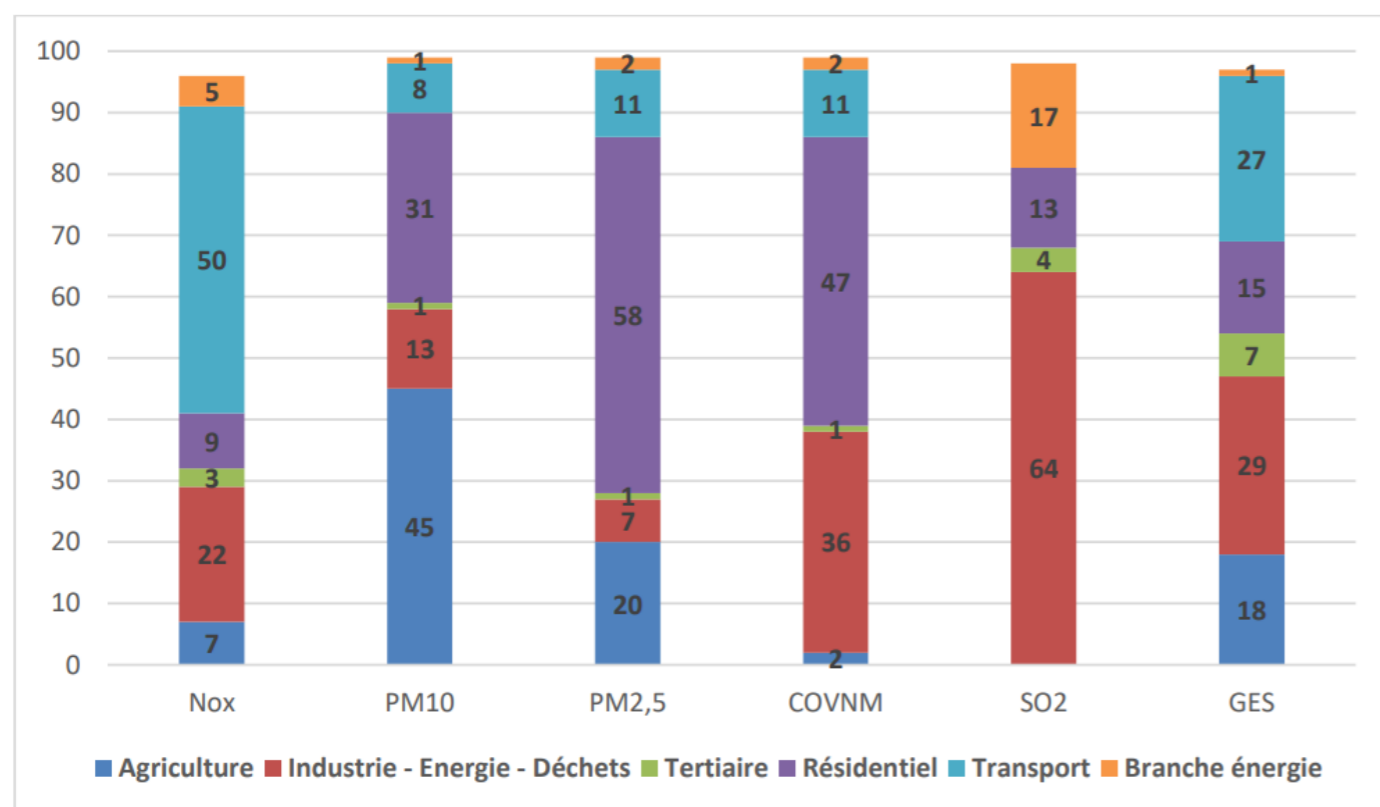


Figure 3 : Contribution (en %) des émissions polluantes par secteur d'activité, en 2018 ; en région Grand Est
(Source : ATMO Grand Est)

Qualité de l'air en région Grand Est

Source : Chiffres clés 2018 – Consommations et productions d'énergie, Émissions de GES et de polluants, Vulnérabilité (Edition 2020, ATMO Grand Est) ; Site internet : <http://www.atmo-grandest.eu/>

Depuis 2005, une nette diminution des concentrations en SO₂, COVNM et NO_x est observée. Concernant les PM₁₀ et PM_{2,5}, les baisses sont plus modérées mais restent significatives.

Pour les polluants primaires (directement émis par des sources de pollution) réglementés, les niveaux continuent de montrer une baisse entre 2005 et 2018 :

- - 57 % pour le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- - 31% les particules PM₁₀ ;
- - 42 % pour les PM_{2,5}.
- - 27 % pour le benzo(a)pyrène ;
- - 87 % pour le dioxyde de soufre (SO₂) et - 51 % pour le benzène (C₆H₆). Ces deux polluants ne présentent plus de véritables enjeux réglementaire ou sanitaire.

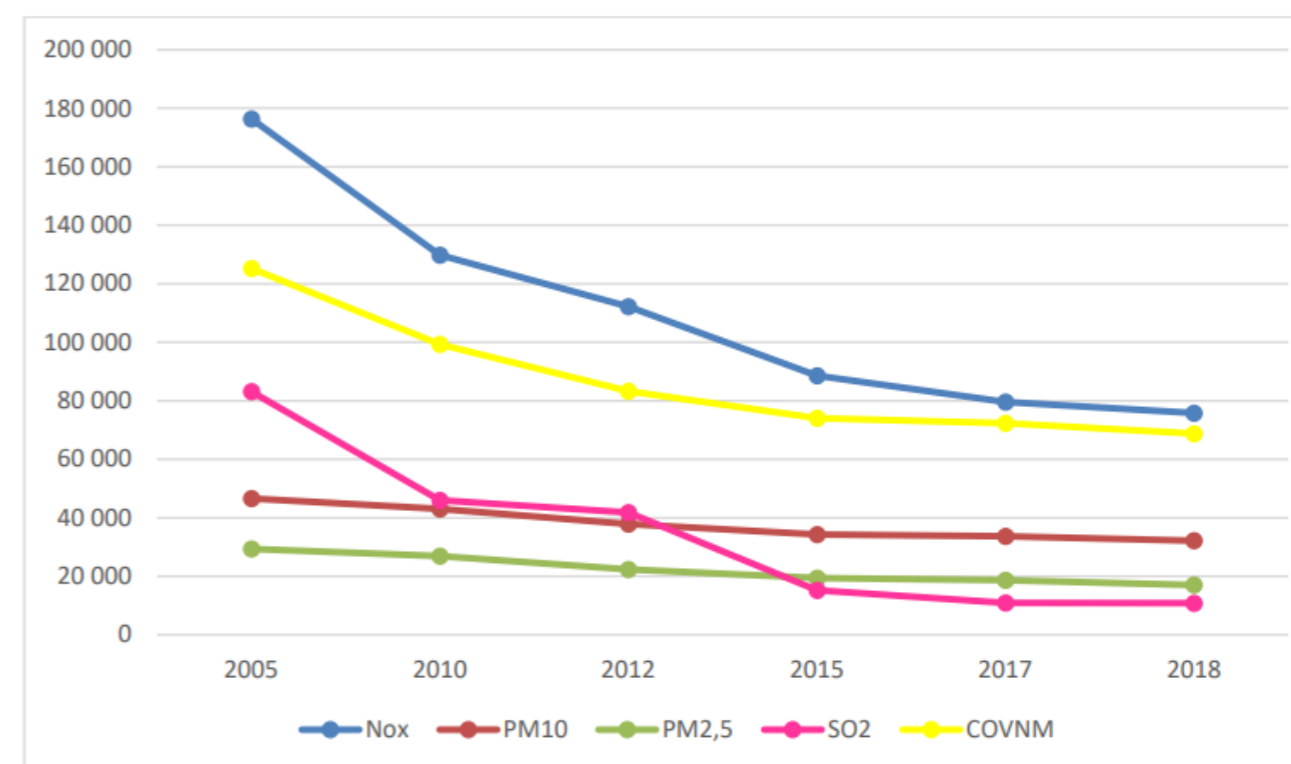


Figure 4 : Évolution des concentrations des principaux polluants (en tonnes) entre 2010 et 2018
(Source : ATMO Grand Est)

En 2019, les normes ne sont pas toujours respectées en région Grand Est. Il apparaît que :

- La valeur limite pour le NO₂ est dépassée en situation de trafic près des grands axes ;
- La valeur préconisée pour les PM₁₀ par l'OMS est dépassée avec près de 500 000 habitants exposés ;
- La valeur préconisée pour les PM_{2,5} par l'OMS est largement dépassée avec 9 habitants sur 10 exposés ;

- Les valeurs cibles pour la protection de la santé et de la végétation pour l'ozone sont également dépassées.

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) en région Grand Est

Deux types d'émissions de gaz à effet de serre (GES) peuvent être distingués. Il s'agit :

- Des émissions de GES liées à la consommation d'énergie. On parle alors de GES « liées à l'énergie »,
- Des émissions non liées à l'énergie. Les trois sources sont, par ordre décroissant :
 - ♦ la fertilisation des cultures,
 - ♦ les cokeries
 - ♦ la fermentation entérique des vaches laitières.

Selon le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET), l'utilisation de l'énergie est la principale source d'émission de GES en région Grand Est : en 2016, 70 % des émissions de GES sont liées à l'énergie.

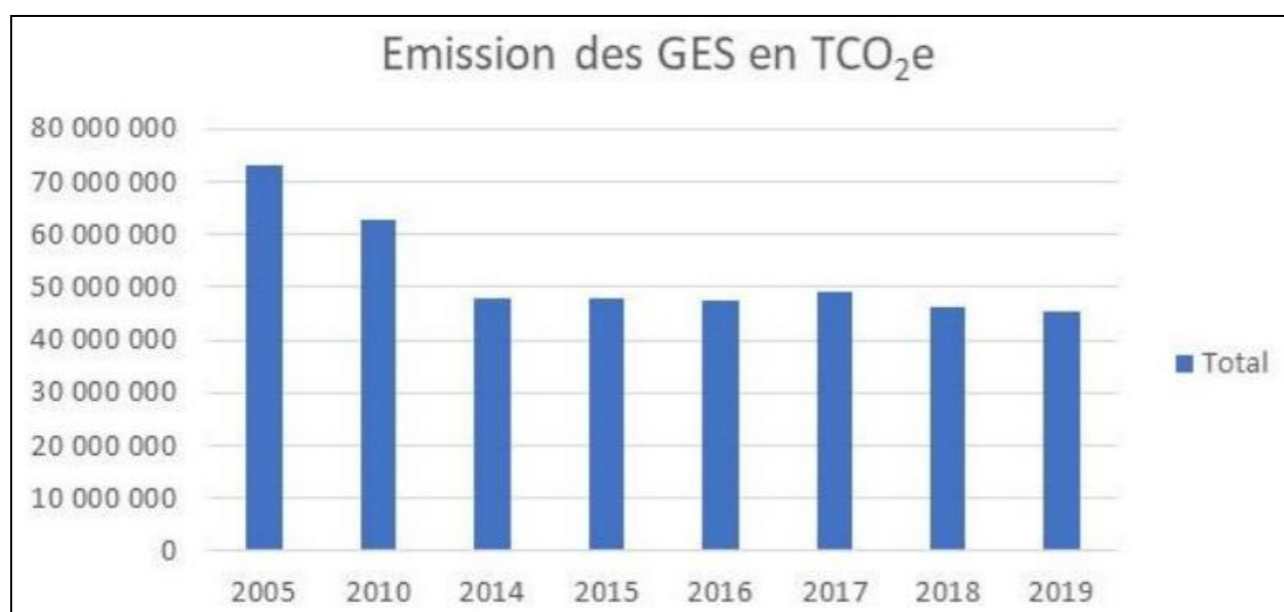


Figure 5 : Évolution des émissions par type de GES en Grand Est

Le CO₂ constitue le principal GES émis dans la région Grand Est (78 % des GES). Viennent ensuite le dioxyde d'azote avec 10 % des émissions, le méthane (9 %) et les gaz fluorés (3 %).

Les émissions de GES ont diminué de 32 % entre 2005 et 2016, principalement du fait de la baisse des émissions de CO₂ (- 35 %). Les actions en faveur de la réduction des GES sont généralement ciblées sur le CO₂.

Les émissions de N₂O ont également baissé de façon significative (- 29 %), alors que les émissions de CH₄ affichent un recul de 7 % seulement et celles de gaz fluorés une hausse de 10 %. La hausse des émissions de gaz fluorés est une tendance qui se retrouve à l'échelle nationale et qui découle de la hausse du recours aux systèmes de climatisation fortement consommateurs d'hydrofluorocarbures (HFC).

En 2019, le secteur des transports routiers représente le principal secteur émetteur de GES en Grand Est (25,7 % des émissions totales). Il est suivi par l'industrie (25,5 %), l'agriculture (17 %), le résidentiel - tertiaire (17,5 %) et la branche énergie de l'industrie (10,3 %).

La prédominance des émissions des secteurs de la branche énergie et de l'industrie dans la région (seulement le deuxième émetteur en France) est due à la présence de nombreuses industries lourdes métallurgiques et chimiques majoritairement en Moselle et Meurthe-et-Moselle. Ce secteur affiche néanmoins une très forte diminution de ses

émissions entre 2005 et 2019 avec une division par deux pour les deux secteurs. En revanche, la baisse est quasi inexistante pour le secteur agricole (-2 %) et pour celui du transport routier (-5 %).

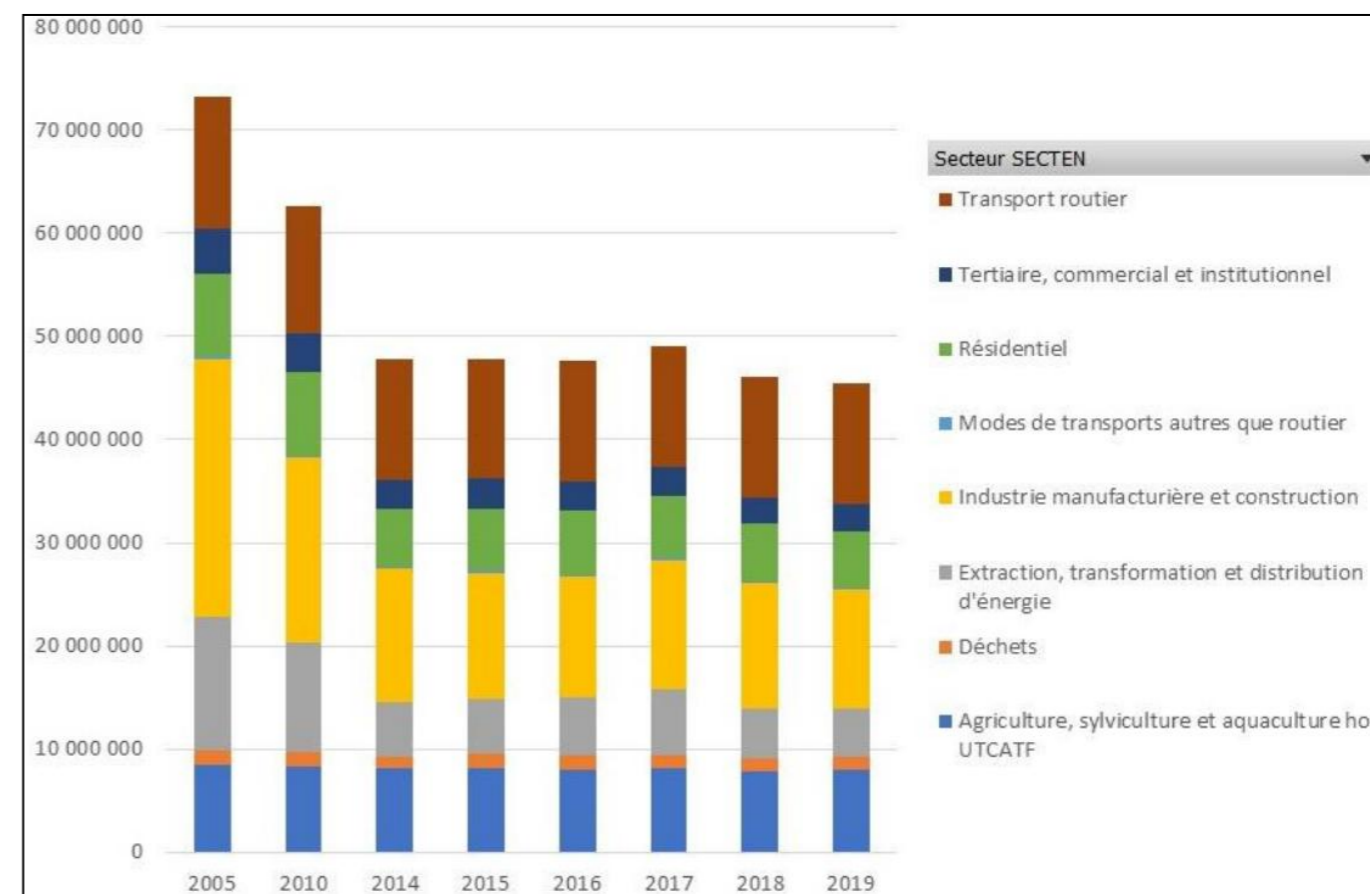


Figure 6 : Évolution des émissions de GES par secteur en tCO₂e

1.4. Définition de la zone d'étude :

La méthodologie de la note technique TRET1833075N du 22 février 2019 permet de définir les axes routiers à intégrer dans l'aire d'étude. Pour se faire, la situation du scénario de projet est comparée à la situation au fil de l'eau de 2050. Les axes qui vont déterminer la zone d'étude sont ceux modifiés ou créés et ceux dont le trafic varie de plus ou moins 10%. Pour les axes dont le trafic est inférieur à 5 000 véh/jour, le trafic doit augmenter ou diminuer de 500 véh/jour pour être intégré. Une fois les axes routiers sélectionnés, la zone d'étude est définie selon le trafic de chaque axe. La largeur de la bande d'étude centrée sur l'axe de la voirie est définie comme suit :

- Trafic inférieur à 10 000 véh/jour : 200 m ;
- Trafic compris entre 10 000 et 25 000 véh/jour : 300 m ;
- Trafic compris entre 25 000 et 50 000 véh/jour : 400 m ;
- Trafic supérieur à 50 000 véh/jour : 600 m.

Les cartes suivantes illustrent respectivement l'aire d'étude retenue ainsi que le schéma des aménagements de l'A31bis.

La largeur des bandes d'étude varie également en fonction du type de polluants étudiés. La largeur utilisée pour l'évaluation des retombées particulaires est de 200 mètres, centrée sur l'axe de la voirie.

À noter que la localisation de l'échangeur de Richemont présentée dans le développement suivant est légèrement différente de la solution retenue par le maître d'ouvrage qui va dans le sens d'une réutilisation maximum des infrastructures existantes avec l'absence de création d'un nouveau viaduc qui était préalablement étudiée. Cela ne modifie pas les conclusions ni les impacts du projet sur la qualité de l'air et la santé humaine.

Figure 7 : Zone d'étude

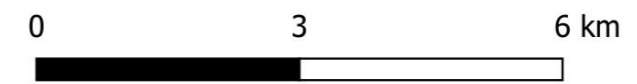
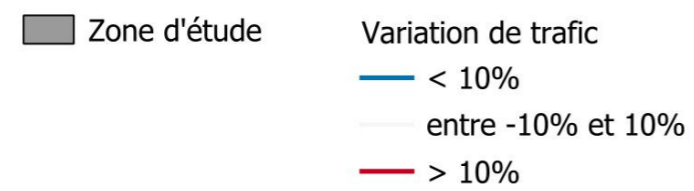
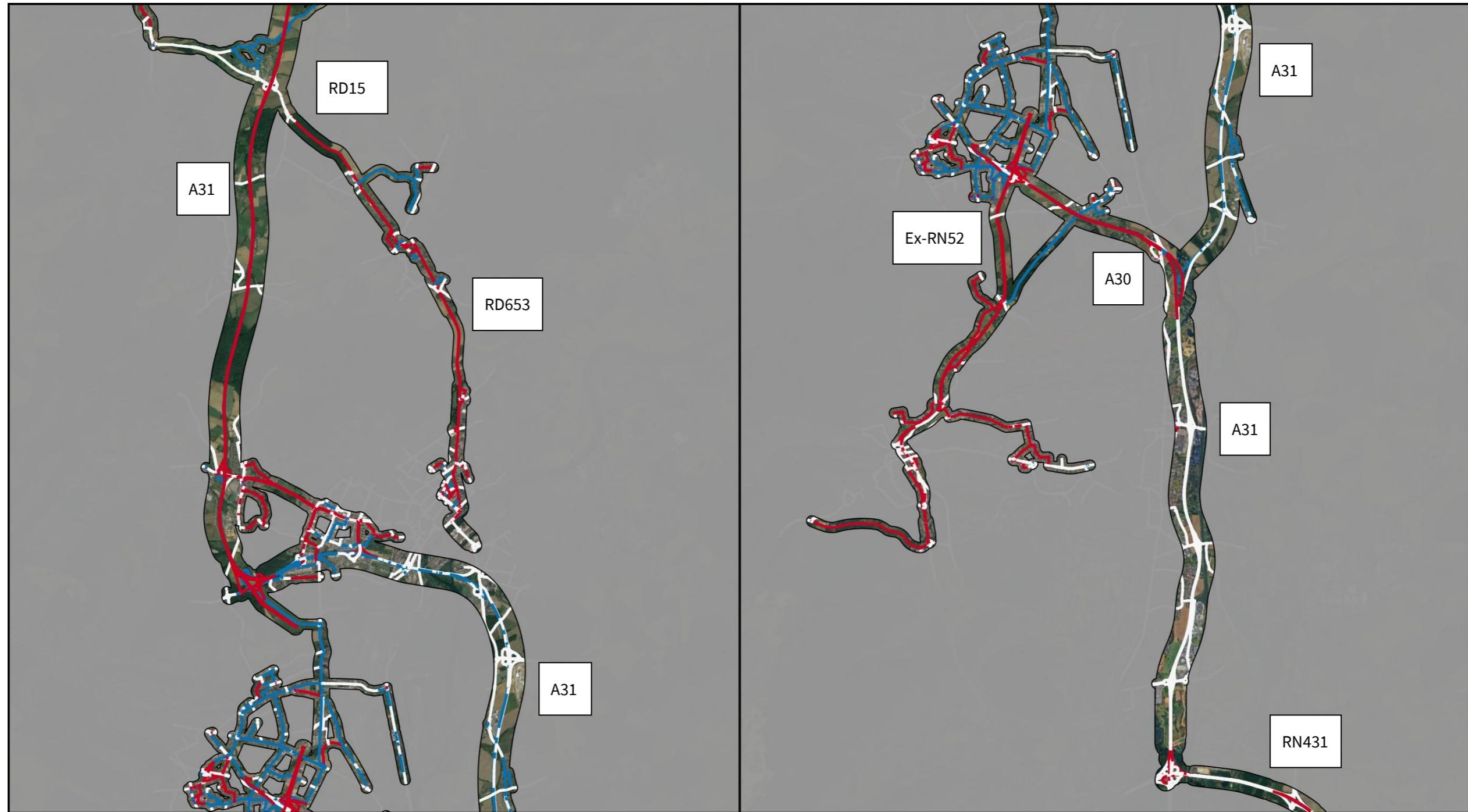


Figure 8 : Schéma général des aménagements du secteur Nord

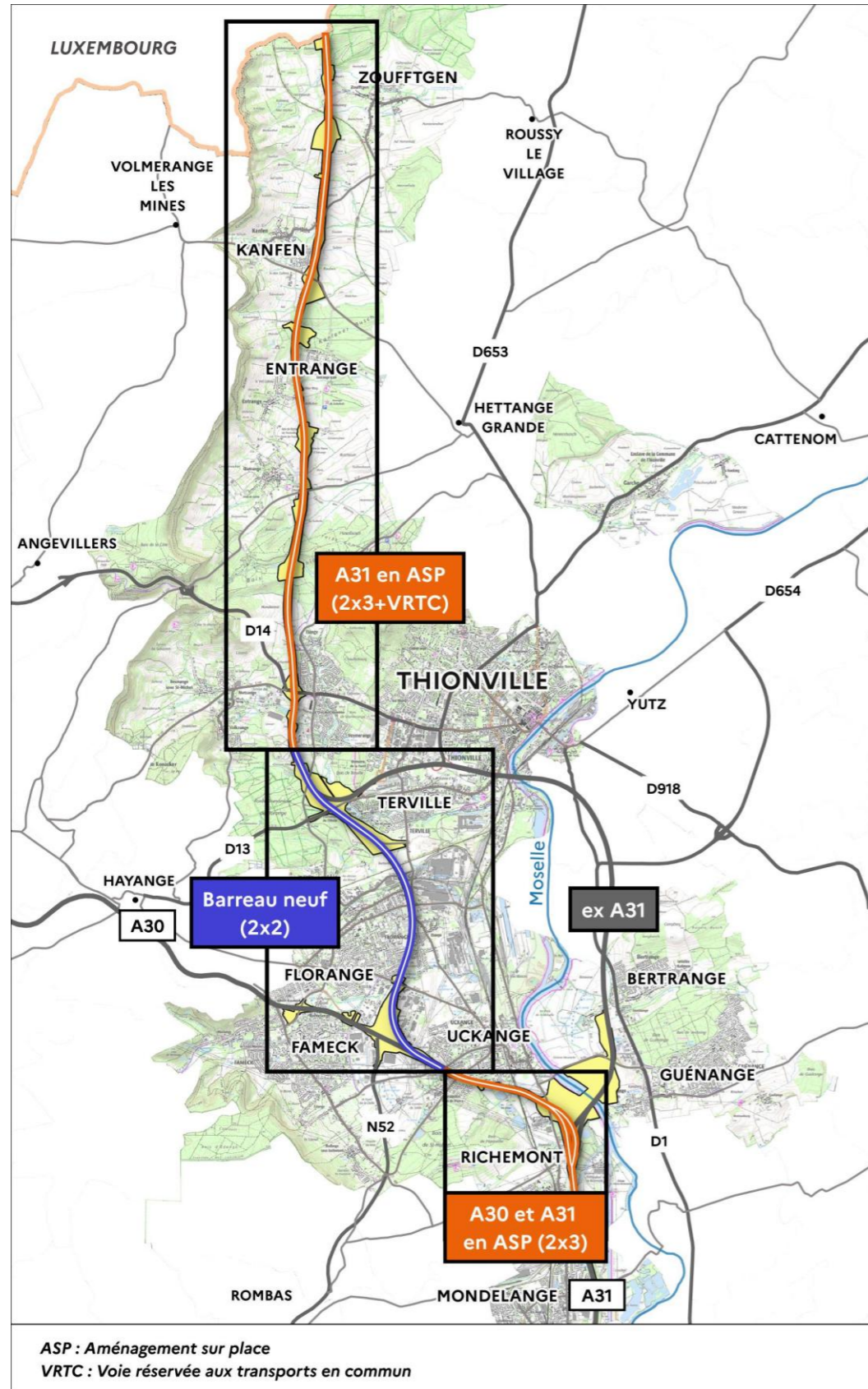


Figure 9 : Tronçon nord en aménagement sur place de l'A31

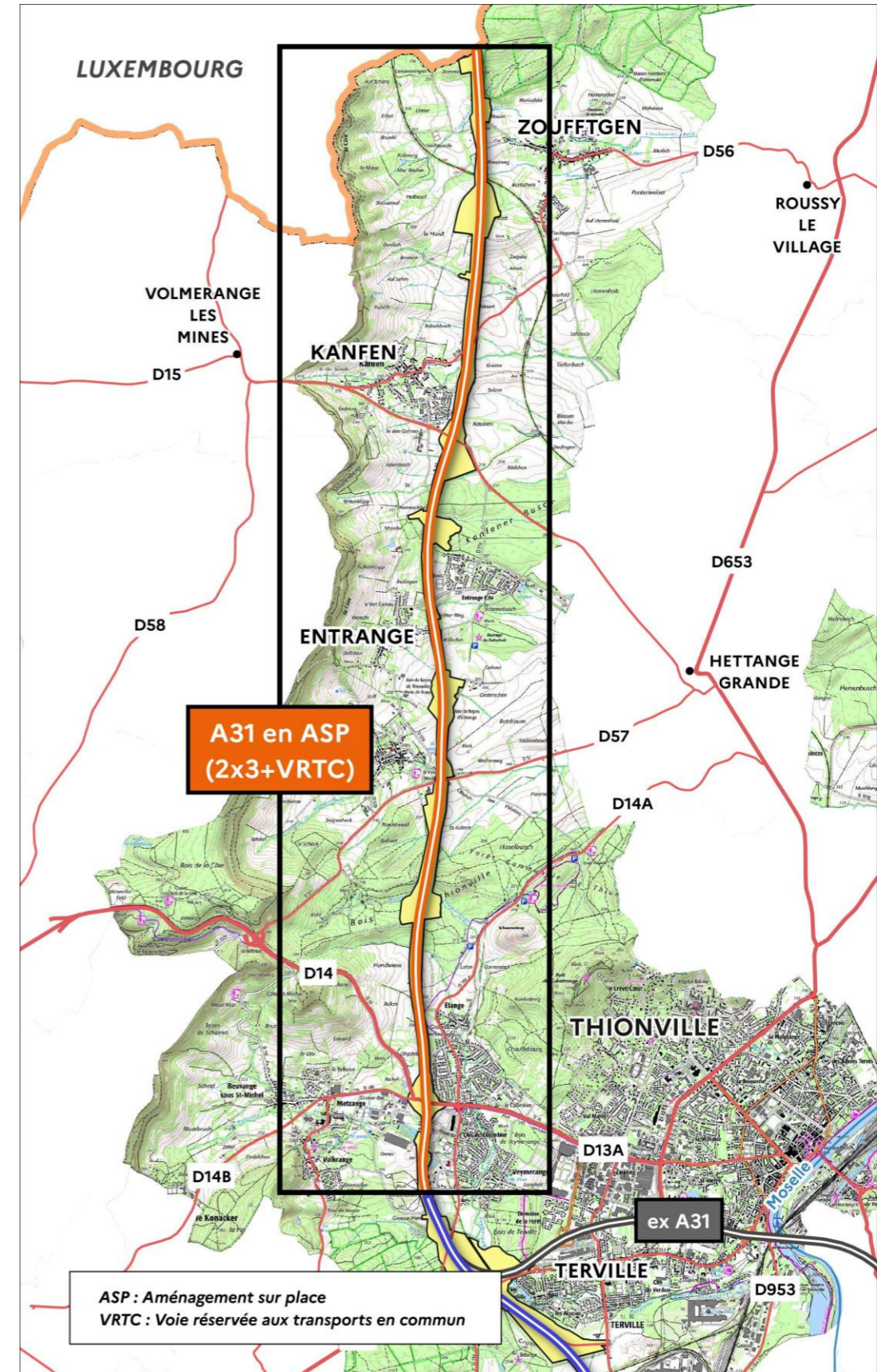
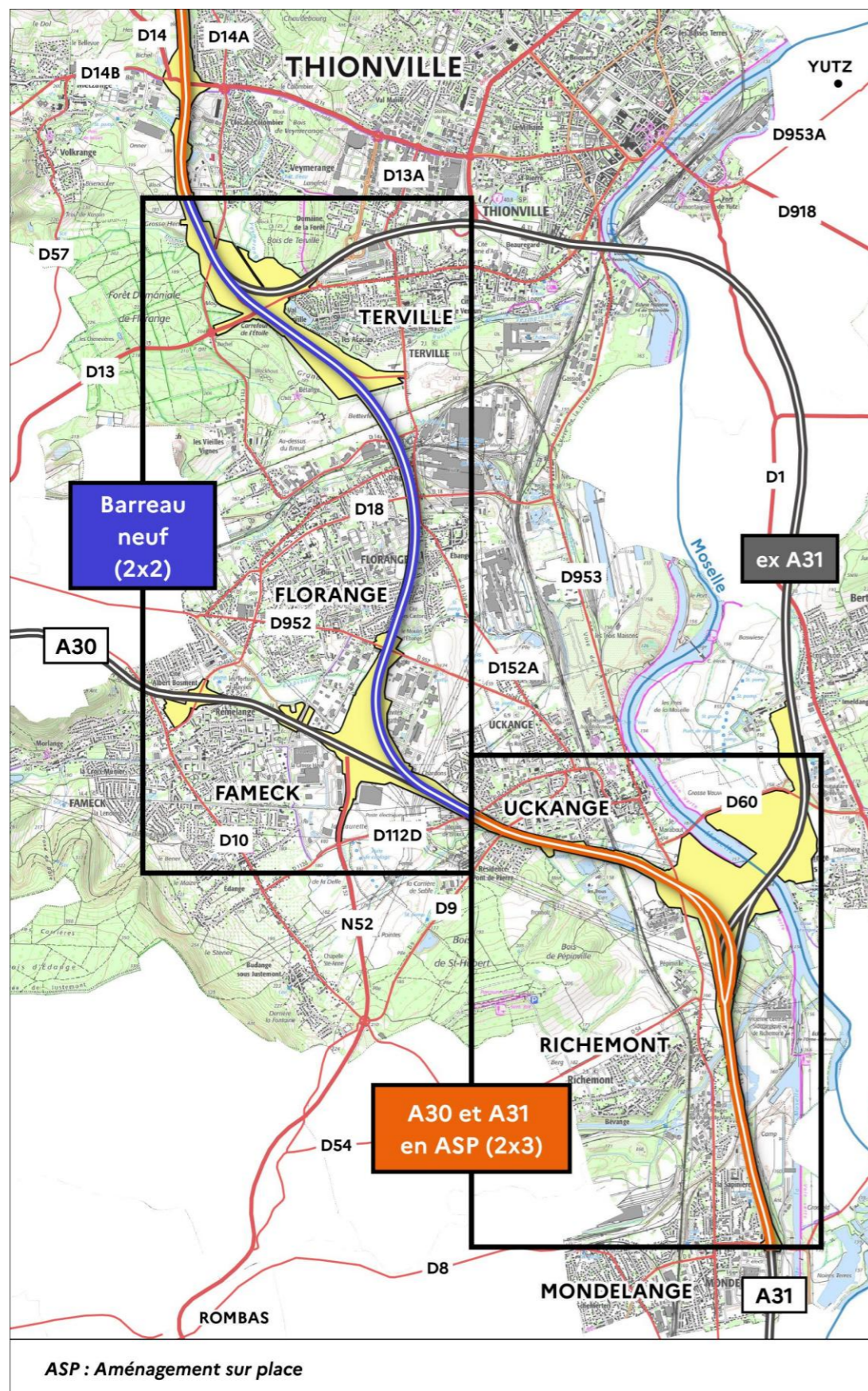


Figure 10 : Tronçon central en tracé neuf et tronçon sud en aménagement sur place de l'A30 et de l'A31



1.5. Définition du niveau de l'étude et son contenu

Le niveau d'étude dépend du trafic maximum du projet à l'horizon d'étude le plus lointain et de la densité de population dans la zone la plus densément peuplée traversée par le projet. Le projet A31bis correspond à un secteur dont la densité, dans la bande d'étude du projet, est supérieure à 10 000 hab/km².

L'étude qui a été réalisée est de niveau I, du fait du niveau de sensibilité, du trafic supérieur à 50 000 véh/j et de la présence de bâti dans la bande d'étude du projet, ainsi que de la présence d'un plan de protection de l'atmosphère (PPA).

Elle abordera les points suivants :

- Les problématiques de la qualité de l'air,
- Les cadres réglementaires européen, national et régional,
- Les effets sur la santé des principaux polluants,
- Les contextes national, régional et départemental des émissions polluantes,
- La qualification locale des émissions polluantes, sites sensibles et météorologique,
- Réalisation de mesures in-situ,
- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude,
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances induits pour la collectivité (partie traitée dans le cadre de l'évaluation socio-économique).
- Estimation des concentrations dans l'aire d'étude,
- Analyse de l'impact selon un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution – population, croisant émissions de dioxyde d'azote ou concentrations simplifiées et population),
- Évaluation quantitative des risques sanitaires sur l'ensemble de la bande d'étude: identification des dangers et Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), évaluation de l'exposition des populations et caractérisation des risques.
- Les impacts en phase chantier, les mesures ERC et les modalités de suivi.

2. Données d'entrée

2.1. Description générale

L'évaluation de l'impact d'un projet passe par une série d'étapes nécessitant pour certaines des données d'entrée particulières.

Première étape : Calcul des émissions polluantes du trafic routiers.

Intrants : trafic en TMJA avec le % de PL et les vitesses moyennes de circulation.

Deuxième étape : Modélisation de la dispersion des polluants.

Intrants : Météorologie, altimétrie et concentration de fond des polluants.

Troisième étape : Évaluation de l'exposition de la population à la pollution.

Intrants : Répartition de la population avec et sans projet.

Quatrième étape : Évaluation de l'exposition des sites vulnérables.

Intrants : Localisation des sites vulnérables.

2.2. Le trafic

Les données de trafic sont directement issues de la modélisation statique sur l'ensemble du périmètre. Les trafics en Trafic moyen journalier annualisé (TMJA), vitesses et pourcentages de poids-lourd (PL) ont été extraits afin d'estimer les émissions polluantes sur le secteur.

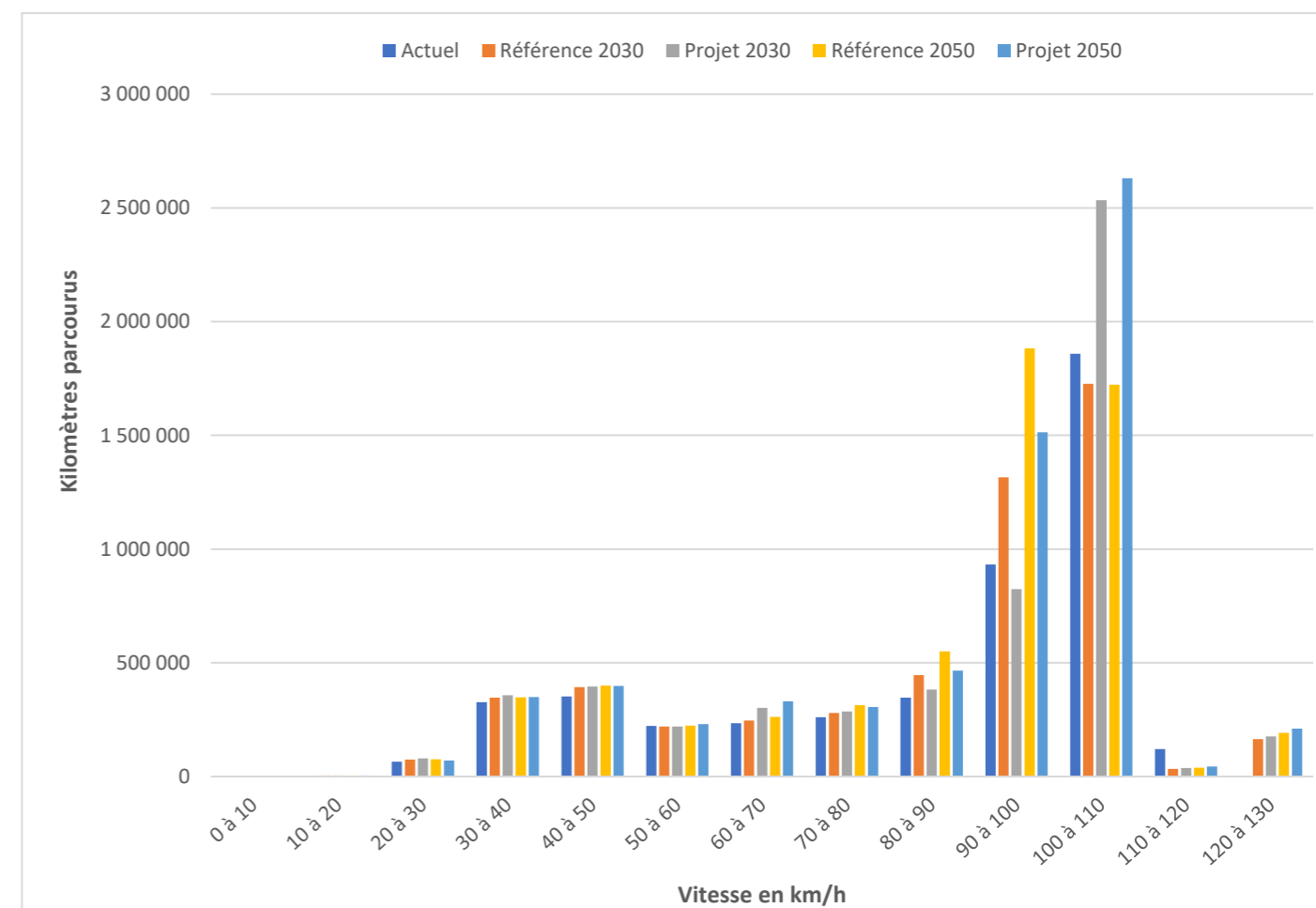
Le nombre de kilomètres parcourus sur les axes de la zone d'étude Air définie précédemment augmente de 27,40 % entre la situation actuelle et la situation au fil de l'eau 2050, notamment du fait du choix d'itinéraire en privilégiant l'autoroute plutôt que les routes départementales (aspect évoqué dans l'évaluation socio-économique). Le projet, consistant à mettre l'A31 et l'A30, sur certaines sections, en 2x3 voies et à créer un nouvel axe routier, les variantes entraînent une augmentation des kilomètres parcourus. Ces augmentations en fonction de chaque scénario sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Kilomètres parcourus

	Kilomètres parcourus	Impact
Actuel	4 720 906 km	-
Référence 2030	5 248 329 km	11,7 % / Actuel
Projet 2030	5 597 849 km	6,66 % / Référence
Référence 2050	6 014 256 km	27,40 % / Actuel
Projet 2050	6 556 288 km	9,01 % / Référence

Le graphique suivant montre une augmentation des kilomètres parcourus en situation de projet (2030 et 2050) pour les classes de vitesses supérieures (entre 100 et 110 km/h). En revanche, le nombre de kilomètres parcourus pour les classes de vitesses entre 80 et 100 km/h diminue en situation de projet par rapport au scénario de référence.

Figure 11 : Répartition du nombre de kilomètres parcourus par classe de vitesse



2.3. Le parc automobile

Les émissions d'un véhicule dépendent entre autres :

- De la classe du véhicule (véhicule léger, utilitaire, poids-lourds, bus, deux-roues...),
- De la motorisation,
- Du poids,
- Du carburant,
- De la norme d'émission (norme Euro du véhicule),
- Du procédé de traitement des émissions.

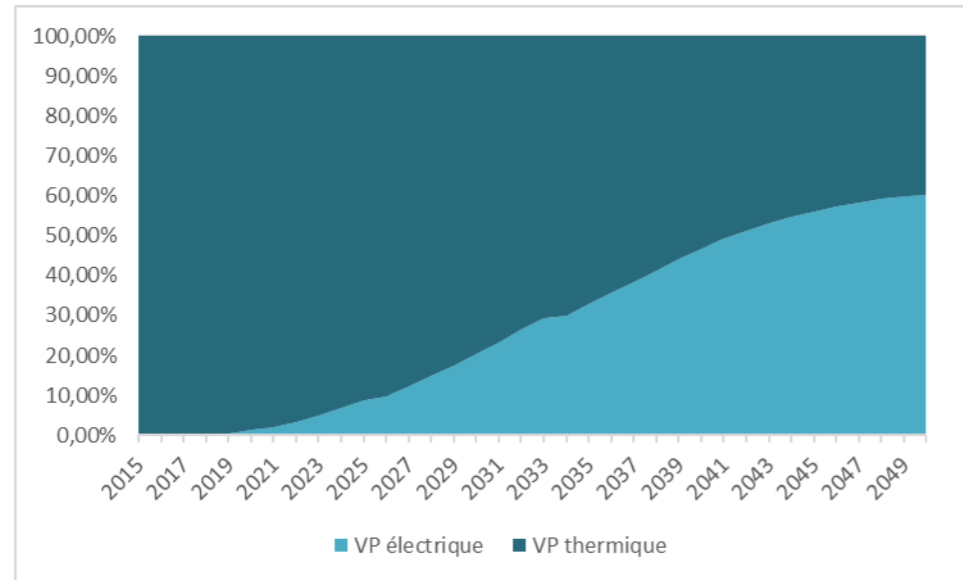
Ainsi les facteurs d'émissions issus de la méthodologie COPERT V sont proposés pour chaque type de véhicule discrétisé selon les paramètres précédemment cités.

Par conséquent pour déterminer les émissions d'un flux de véhicules, il est primordial de connaître sa composition par type de véhicule (parc automobile). La construction d'un parc automobile est une démarche complexe qui nécessite des hypothèses sur la dynamique de son renouvellement dans le temps (lois de survie). Cette démarche a

été réalisée par l'IFFSTAR à la demande de la Direction Générale des Infrastructures de Transports et de la Mobilité [DGITM].

La figure suivante présente l'évolution de la composition du trafic

Figure 12 : Répartition thermique-électrique des véhicules particuliers du parc autoroutier



Pour la répartition des véhicules utilitaires légers, il a été fait le choix de considérer un pourcentage moyen national de 20% de véhicules légers.

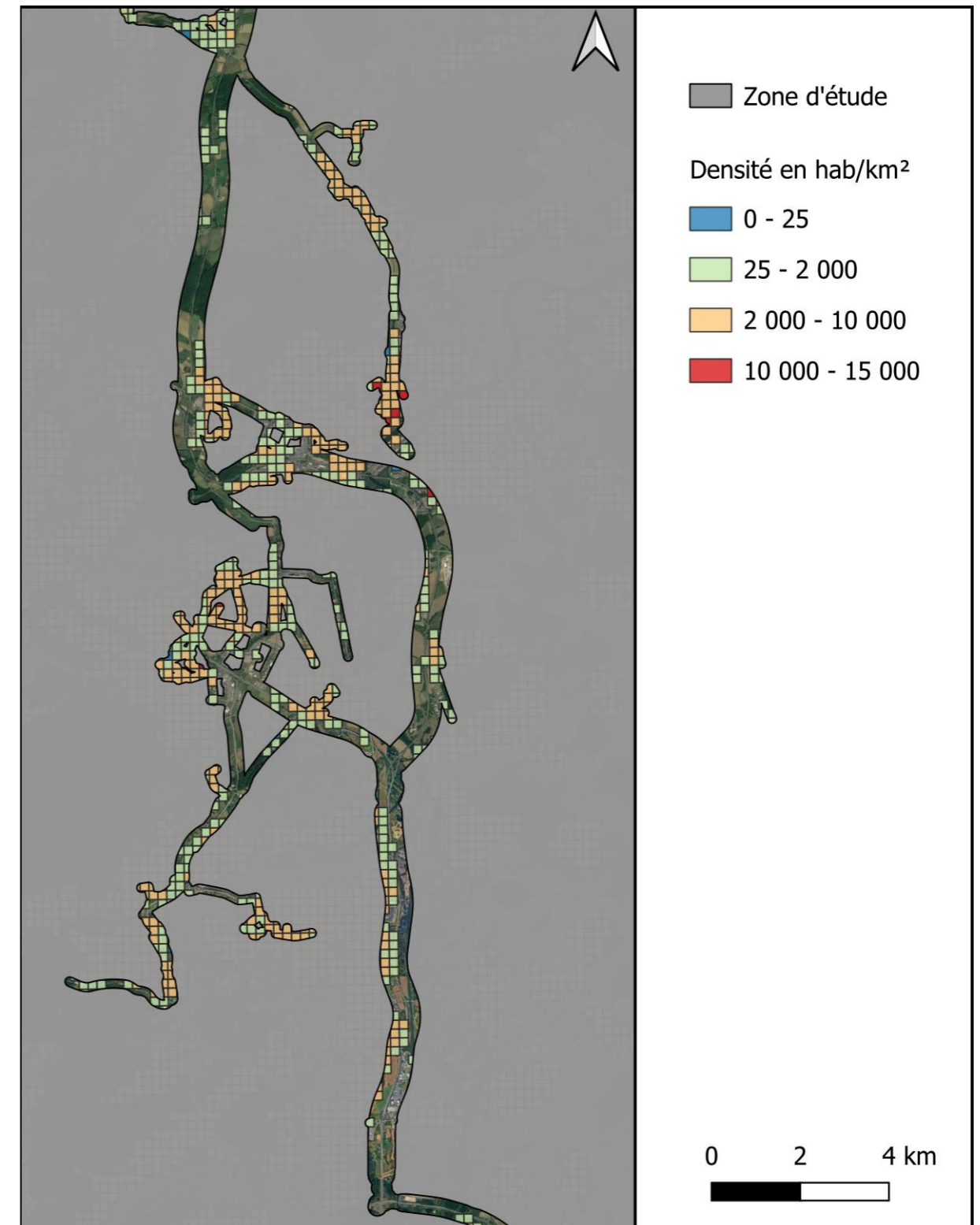
2.4. Répartition de la population

La répartition actuelle de la population est basée sur les données INSEE de 2017 (maillage de 200 par 200 mètres). Elle est ensuite affinée en exploitant la localisation des bâtiments issus des données BD Topo de l'IGN. Pour chaque bâtiment un nombre de personnes est estimé en fonction du volume du bâtiment et de la densité volumétrique de population de la maille dans lequel se trouve le bâtiment. Une répartition de la population identique pour chaque horizon est choisie.

La carte ci-contre présente la répartition de la population dans l'aire d'étude.

La population présente dans la bande d'étude est de 37 590 habitants.

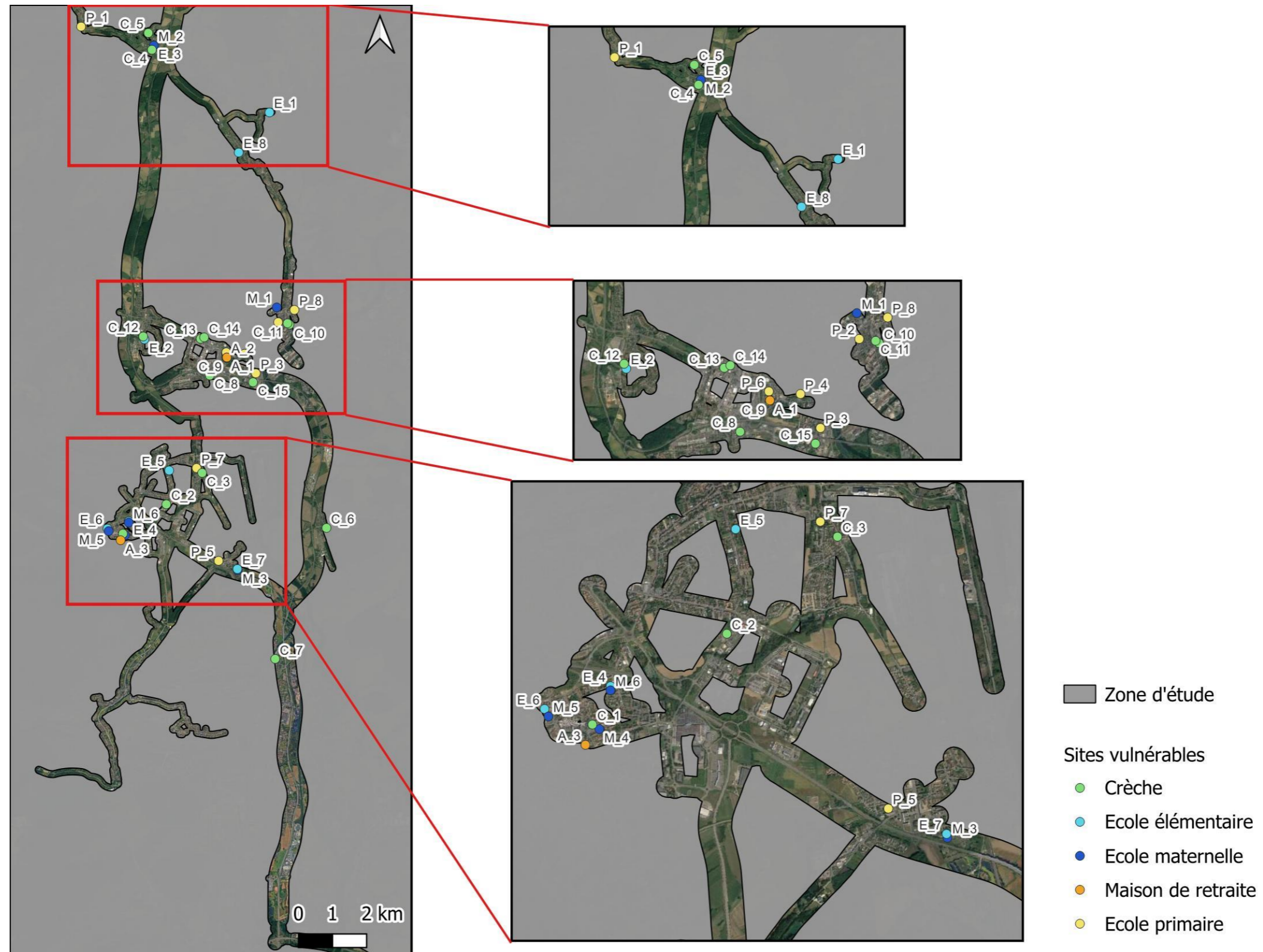
Figure 13 : Répartition de la population



2.5. Les sites vulnérables

Les sites vulnérables présents dans la zone d'étude sont présentés ci-après.

Figure 14 : Localisation des sites vulnérables



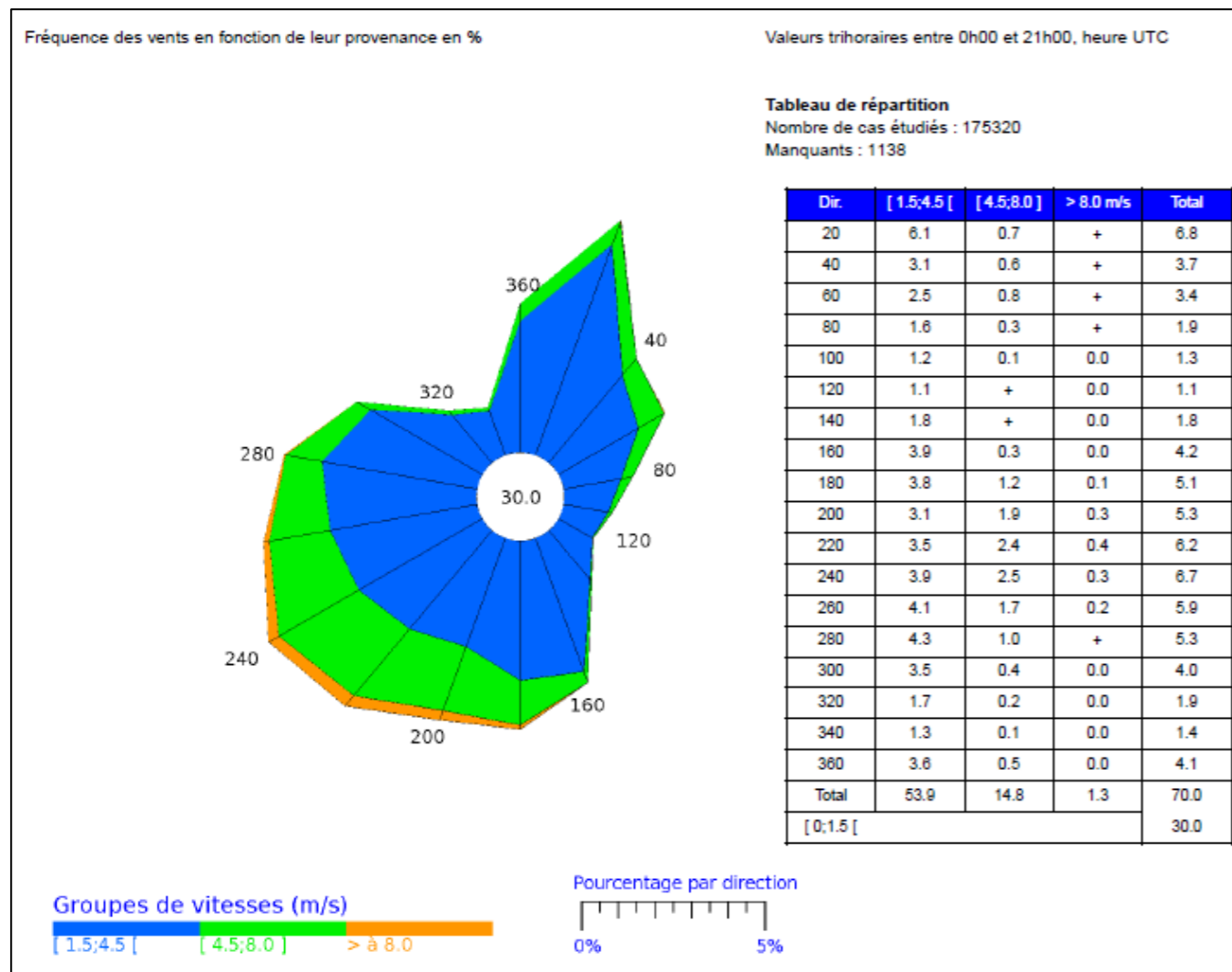
Typologie et numéro des sites (A: Maisons de retraite, C: Petite enfance, E: Ecole élémentaire, P: Ecole primaire, M: Ecole maternelle, S: Santé)

A1	EHPAD Des Pres De Saint Pierre
A2	Foyer Logement Les Bleuets
A3	EHPAD Le Clos Fleuri
C1	Centre Multi-accueil Le Rêve Bleu
C2	Micro-crèche Les Petits Explorateurs
C3	Micro-crèche Bidibul
C4	Micro-crèche Les p'tits French'y
C5	Maison des Assistant Maternels Grimaces et Galipettes
C6	Micro-crèche Les enfants
C7	Micro-crèche Les petits loups
C8	Micro-crèche Hola Baby
C9	Centre Multi-accueil Petit pas
C10	Centre Multi-accueil Basses-Terres - Les Coccinelles
C11	Centre Multi-accueil Brin d'Eveil
C12	Centre Multi-accueil Veymerange - Nougatine
C13	Crèche Youpi Way
C14	Crèche Bee Baby & Baby Bulle
C15	Micro-crèche Les Petits Phénomènes
E1	Ecole élémentaire Soetrich
E2	Ecole élémentaire Veymerange Desnos
E3	Ecole élémentaire Jean de Raville
E4	Ecole élémentaire Branly
E5	Ecole élémentaire Trait d'Union
E6	Ecole élémentaire Schlesser
E7	Ecole élémentaire Verlaine
E8	Ecole élémentaire Michelet
M1	Ecole maternelle Petite Lor
M2	Ecole maternelle Jeanne d'Autel
M3	Ecole maternelle Verlaine
M4	Ecole maternelle Victor Hugo
M5	Ecole maternelle Schlesser
M6	Ecole maternelle Edouard Branly
P1	Ecole primaire Arc-en-Ciel
P2	Ecole primaire Victor Hugo
P3	Ecole primaire Beauregard
P4	Ecole primaire biculturelle Saint-Pierre
P5	Ecole primaire Jules Ferry
P6	Ecole primaire Jacques Prévert
P7	Ecole primaire Victor Hugo
P8	Ecole primaire des Basses Terres

2.6. La météorologie

La rose des vents normales de Metz-Frescaty est utilisée pour réaliser la modélisation.

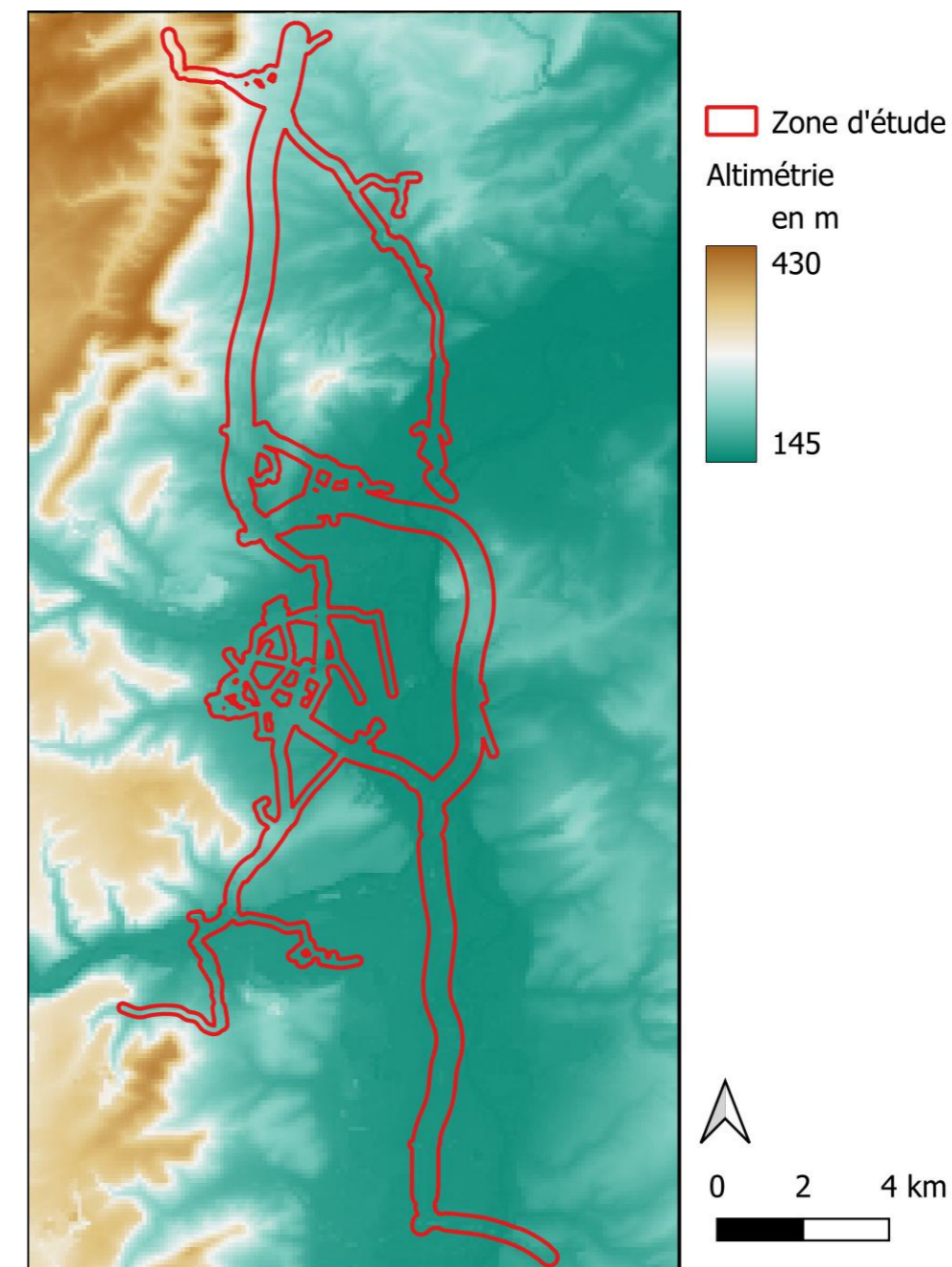
Figure 15 : Rose des vents de Metz-Frescaty – 1991 – 2020 (source Météo France)



2.7. La topographie

La topographie du secteur de la zone d'étude est utilisée dans le modèle de dispersion avec un carroyage de 100 m.

Figure 16 : Altimétrie



Une modélisation plus précise de la dispersion atmosphérique du dioxyde d'azote et des PM₁₀ est également réalisée avec un maillage de 25 m au niveau de la tête de tunnel sud. Cela permet de pour prendre en compte la problématique de l'exposition de la population à proximité de la tête de tunnel.

2.8. Les sources d'émission polluantes

2.8.1. Secteurs d'émissions

La figure ci-après présente les contributions des principales activités aux émissions de polluants atmosphériques sur les EPCI traversés par le projet :

- CC de Cattenom et Environs
- CA Portes de France-Thionville
- CA du Val de Fensch
- CC de l'arc Mosellan
- CC Rives de Moselle

Le secteur de la branche énergie est le principal émetteur de dioxyde de soufre (SO₂) (53 %) suivi par l'industrie (43 %). En ce qui concerne les composés organiques volatils (COVNM), ils sont principalement émis par le secteur résidentiel – tertiaire (50 %) et le secteur industriel (22 %). Les PM₁₀ et PM_{2,5} sont, quant à elles, principalement émises par le secteur résidentiel et le secteur de l'énergie.

Le secteur des transports est la principale source d'émissions d'oxydes d'azote (NOx).

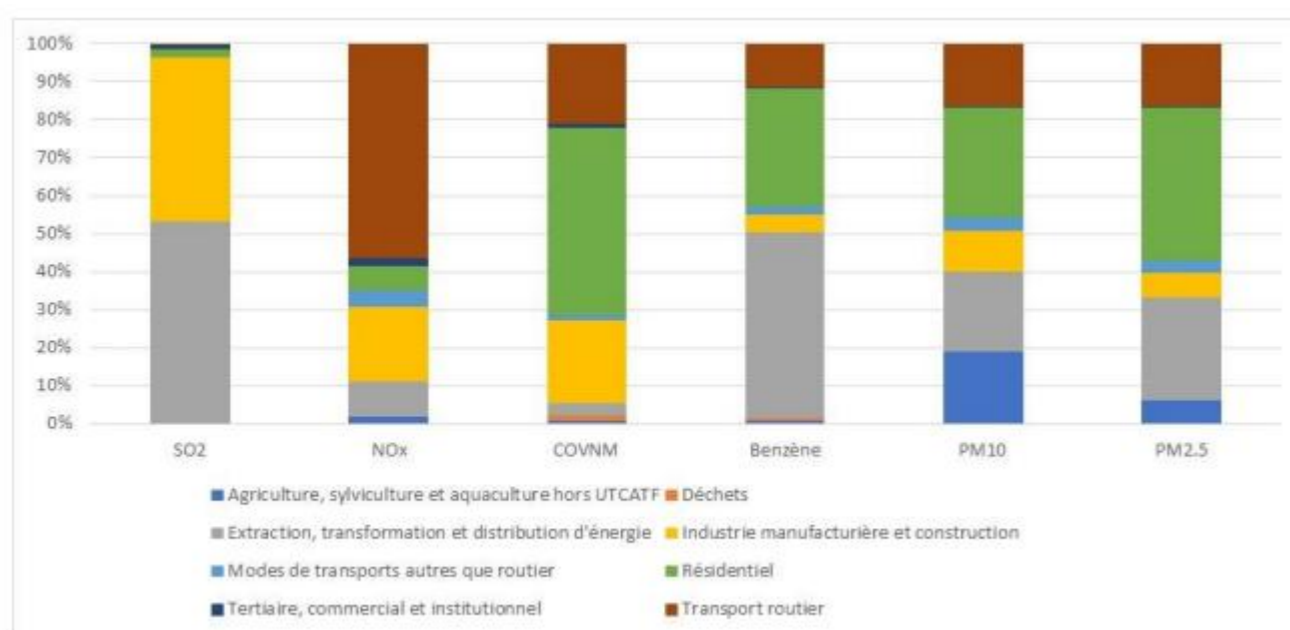


Figure 17 : Répartition des émissions de polluants sur les EPCI traversés par le projet

(Source : ATMO Grand Est, 2019)

2.8.2. Sources d'émission sur la zone et à proximité

➤ TRAFIC ROUTIER

Le trafic routier est un émetteur important de polluants atmosphériques à l'échelle du secteur couvert par le PPA des Trois Vallées (environ 35 % des NOx).

Les données de la Direction Départementale de la Moselle et de la DREAL Grand Est indiquent que les axes les plus importants à proximité du projet sont :

- L'autoroute A31, avec entre 60 000 et 100 000 véhicules par jour dont 11 à 13 % de PL en fonction du tronçon,
- La RD653 avec environ 24 598 véhicules par jour dont 2,81 % de PL,
- La RD1 avec 20 527 véhicules par jour dont 1,86 % de PL,
- La RD13 avec 20 366 véhicules par jour dont 6,64 % de PL,
- La RD60 avec 19 562 véhicules par jour dont 4,23 % de PL.

➤ SOURCE PONCTUELLE

Le registre français des émissions polluantes recense les entités polluantes soumises à déclaration. Au sein des communes recoupées par l'aire d'étude, 4 établissements sont recensés comme émettant des polluants dans l'air :

- « British Steel France Rail », à Hayange : émissions de CO₂ ;
- « DALKIA EBANGE », à Florange : émissions de CO₂ ;
- « SOVITEC FRANCE SAS », à Florange : émissions de CO₂ ;
- « ARCELORMITTAL FRANCE », à Florange : émissions de benzène, émissions d'oxydes d'azote (NOx/NO₂), émissions d'oxydes de soufre (SOx/SO₂), émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), émissions d'Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), etc.

➤ SOURCES DIFFUSES

Une décroissance nette de population est observable entre la partie nord et sud de l'aire d'étude. Il apparaît que la partie centrale (au droit de Thionville) est la plus densément peuplée avec une densité maximale observée de près de 5 971 hab/km². Le nord de l'aire d'étude est, quant à lui, représenté par des densités nettement plus faibles avec une moyenne de 315 hab/km².

Le projet s'inscrit dans un secteur où la densité de population est moyenne, avec une densité moyenne de près de 829 hab/km² et une densité maximale de 5 971 hab/km².

Cette urbanisation se traduit par des sources d'émissions diffuses provenant principalement du chauffage urbain, des déplacements routiers sur les axes résidentiels et du secteur industriel (implanté historiquement dans la région). Ces secteurs sont émetteurs de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de soufre (SO₂), de Composés Organiques Volatils (COV), d'oxydes d'azote (NOx), de particules (PM₁₀ et PM_{2,5} notamment), de plomb, de zinc et de cadmium.

2.8.3. Les sites vulnérables

Les sites vulnérables sont définis à partir de la note méthodologique pour l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières et concernent :

- Les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies, etc.,
- Les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires,
- Les structures d'accueil des personnes âgées : maisons de retraite, foyers pour personnes âgées,
- Les établissements de santé : hôpitaux, cliniques, ...

Les sites vulnérables situés dans l'aire d'étude ou à proximité sont localisés sur la carte présentée ci-après.

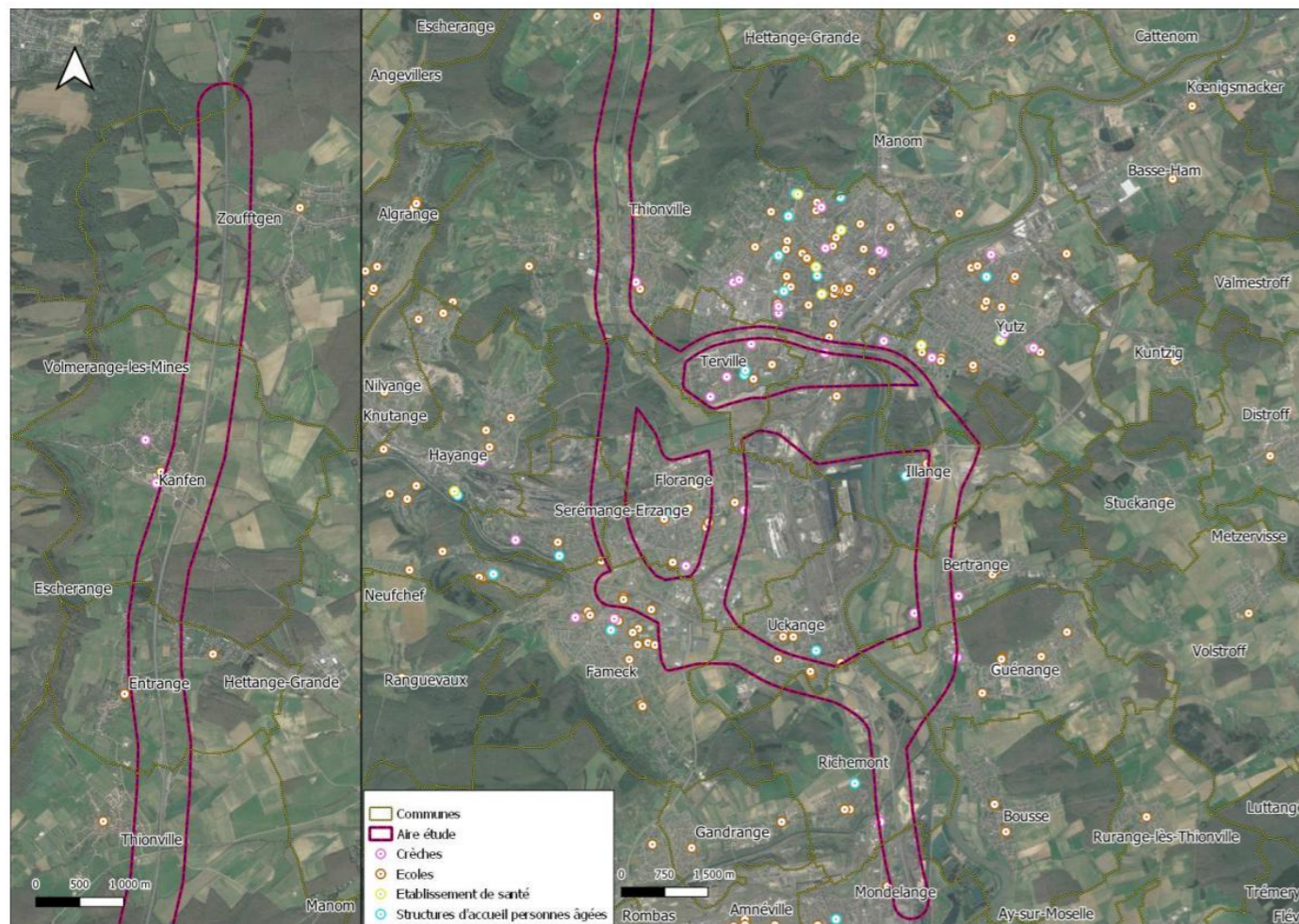


Figure 18 : Sites vulnérables de l'aire d'étude

Source des bilans des concentrations

Le bilan des concentrations de fond ci-après est basé sur le bilan 2019 de la qualité de l'air en région Grand Est publié en 2019 par Atmo Grand Est. Les résultats des stations automatiques d'Atmo Grand Est ont également été utilisés pour les stations les plus proches du site d'étude.

Nom	Typologie	Influence	Polluants mesurés	Distance par rapport à l'aire d'étude
Agglomération de Thionville - Centre	Urbaine	Fond	NO, NOx, NO ₂ , O ₃ , PM10, PM _{2,5}	1 km
Vallée de la Fensch (Marspich)	Périurbaine	Industrielle	PM10	1,5 km
Agglomération de Thionville - Nord (La Malgrange)	Urbaine	Fond	NO, NOx, NO ₂ , PM10	2,1 km
Agglomération de Thionville - Nord (Garche)	Périurbaine	Fond	O ₃ ,	5,5 km

Figure 19 : Stations de mesures du réseau Atmo Grand Est localisées à proximité de l'aire d'étude

2.8.3.1. Le dioxyde d'azote

➤ CONCENTRATION ET REGLEMENTATION

Le dioxyde d'azote est un polluant essentiellement issu du trafic routier. Les concentrations sont par conséquent plus importantes sur et à proximité immédiate des axes routiers. Les teneurs décroissent ensuite rapidement à l'exception des centres urbains maillés par de nombreux axes secondaires.

La cartographie des concentrations en dioxyde d'azote ne montre pas de dépassement de la valeur limite. Les niveaux de fond urbain sont plus importants au centre de l'agglomération en lien avec la forte activité humaine et l'importance du trafic routier.

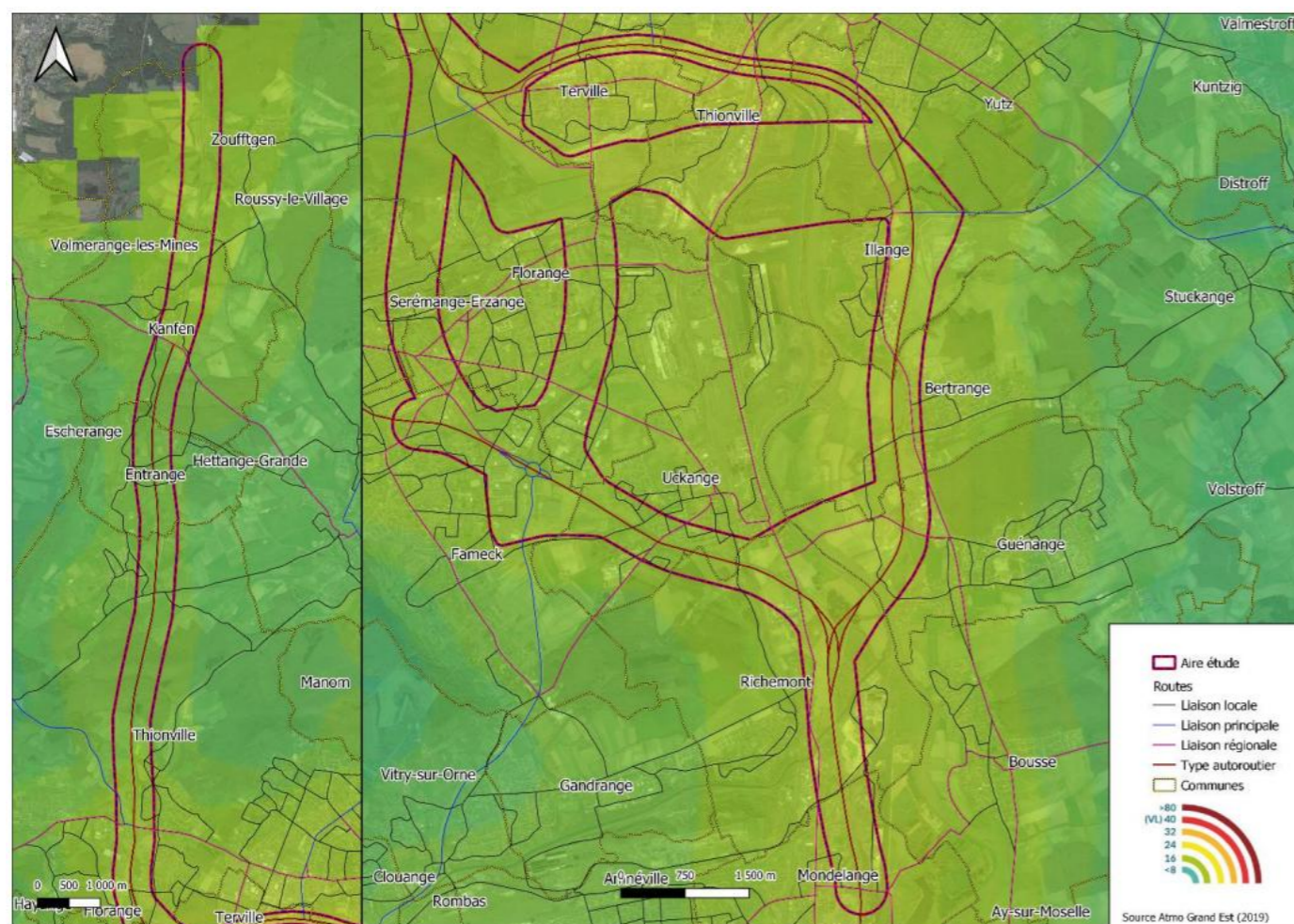


Figure 20 : Concentration en dioxyde d'azote (NO₂) en moyenne annuelle au droit du projet pour l'année 2019
(Source : Base de données Atmo Grand Est)

➤ ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS

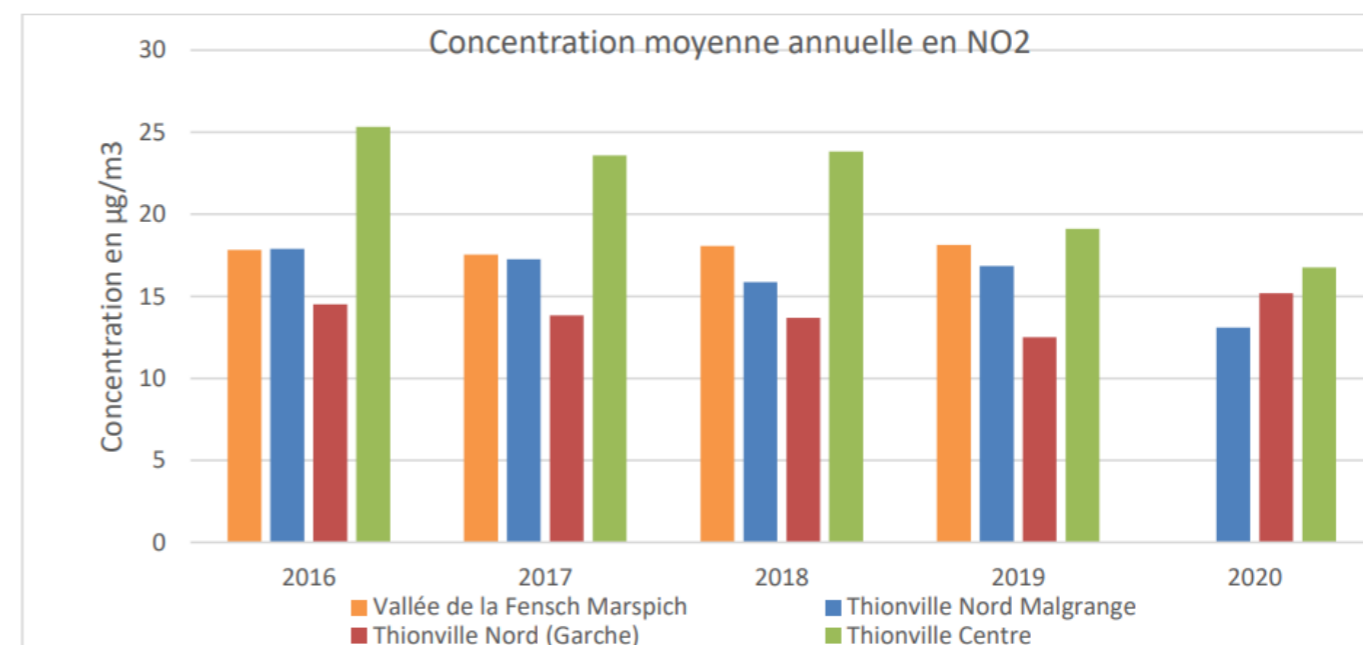
La station de mesure « Thionville Centre » est la station la plus proche de la zone d'étude. Entre 2016 et 2020, les teneurs mesurées ont diminuée de près de 34 % passant de 25,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016 à près de 16,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2020.

Les variations interannuelles, dépendent d'une part des émissions mais également des conditions climatiques changeantes entre les années. Ainsi depuis 2015, on observe globalement une décroissance des niveaux de pollution annuels.

Les concentrations mesurées sur la station de mesure « Thionville Centre » sont supérieures à celles mesurées sur l'ensemble des autres stations du fait de l'urbanisation différente. À noter également qu'on observe une tendance à la hausse des concentrations en dioxyde d'azote sur la station de Thionville Nord (Garche) là où les concentrations diminuent sur les autres stations.

Année	Concentration moyenne annuelle en NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Thionville Centre	Vallée de la Fensch Marspich	Thionville Nord Malgrange	Thionville Nord (Garche)
2016	25,3	17,8	17,9	14,5
2017	23,6	17,5	17,3	13,8
2018	23,8	18,0	15,9	13,7
2019	19,1	18,1	16,8	12,5
2020	16,8	Non mesuré	13,1	15,2
Objectif de qualité	40			

Figure 21 : Concentrations moyennes annuelles de NO₂ ces 56 dernières années dans les stations proches de l'aire d'étude (2016 à 2020)



Les fluctuations des concentrations en NO₂ sont marquées saisonnièrement et journalièrement car elles dépendent des émissions et de la dispersion atmosphérique. Ainsi à l'échelle d'une année ces deux facteurs concomitants engendrent des teneurs plus élevées en saison froide par rapport à la saison chaude, liées d'une part aux émissions plus élevées (chauffage urbain) et à une stabilité atmosphérique plus importante.

Les concentrations les plus importantes sont rencontrées au mois de décembre et février (supérieures de 35 % à la moyenne annuelle) et les plus faibles au mois de juin (inférieures de 33 % à la moyenne annuelle).

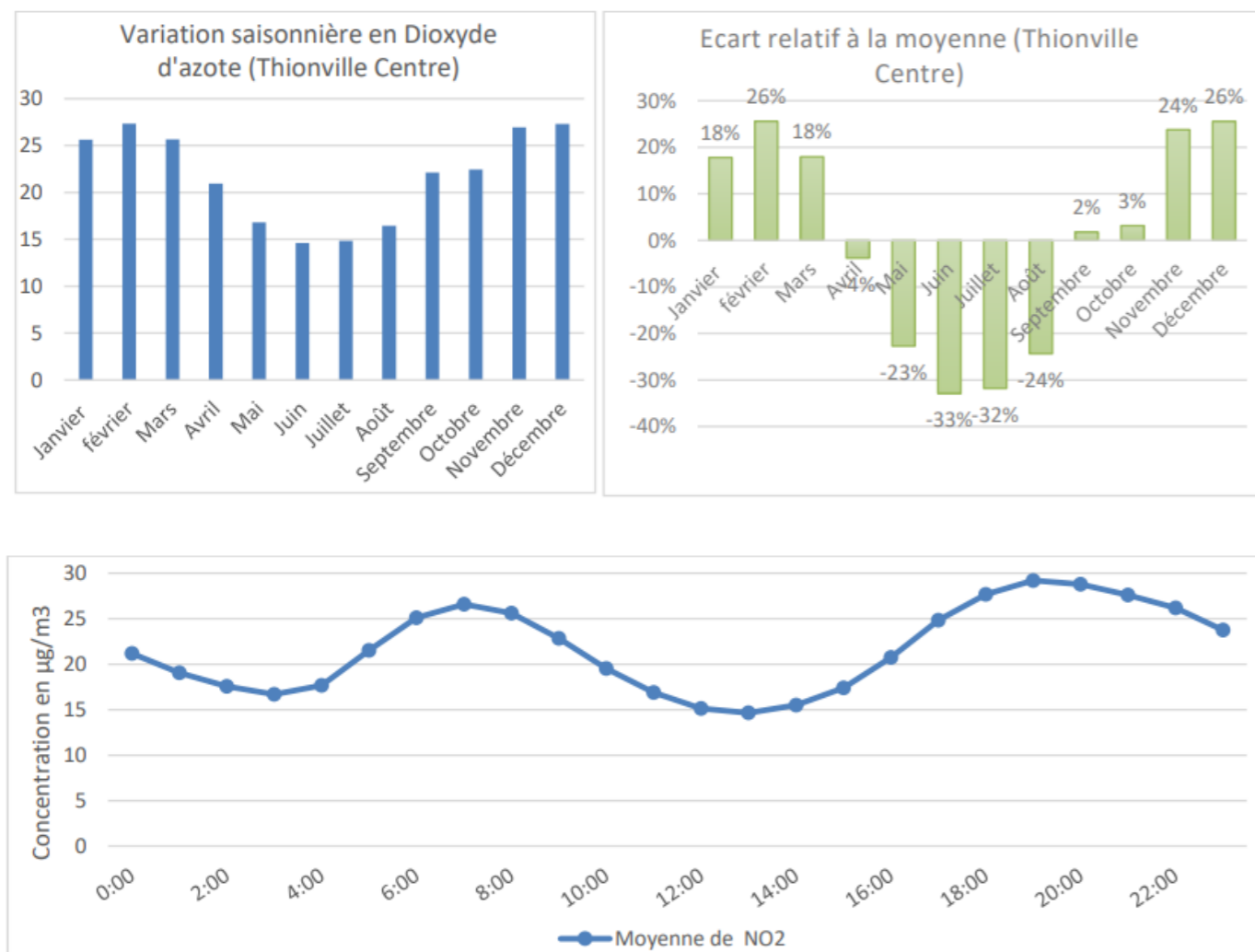


Figure 22 : Variation saisonnière et journalière de la concentration en NO2 à proximité de l'aire d'étude

Sur une journée, les émissions du NOx (trafic automobile), plus fortes aux heures de pointes de trafic, associées à une dispersion atmosphérique plus importante aux heures creuses, entraînent des pics de concentrations le matin et le soir. Les concentrations aux heures de pointes du trafic routier sont deux fois plus importantes à celles des heures creuses.

2.8.3.2. Les particules PM10 et PM2,5

➤ CONCENTRATION ET REGLEMENTATION

Les particules atmosphériques se distinguent par leur morphologie, leur taille et leur composition chimique. Dans le cadre de la réglementation de la loi sur l'air, on distingue les PM10 et les PM2.5 avec des diamètres respectifs de 10 et 2,5 microns. Ces deux classes de particules ont essentiellement les mêmes origines (trafic urbain, résidentiel / tertiaire et industrie manufacturière). Comme pour les NOx, les concentrations sont plus importantes en bordure de voirie mais avec toutefois des écarts moins importants avec celles de fond.

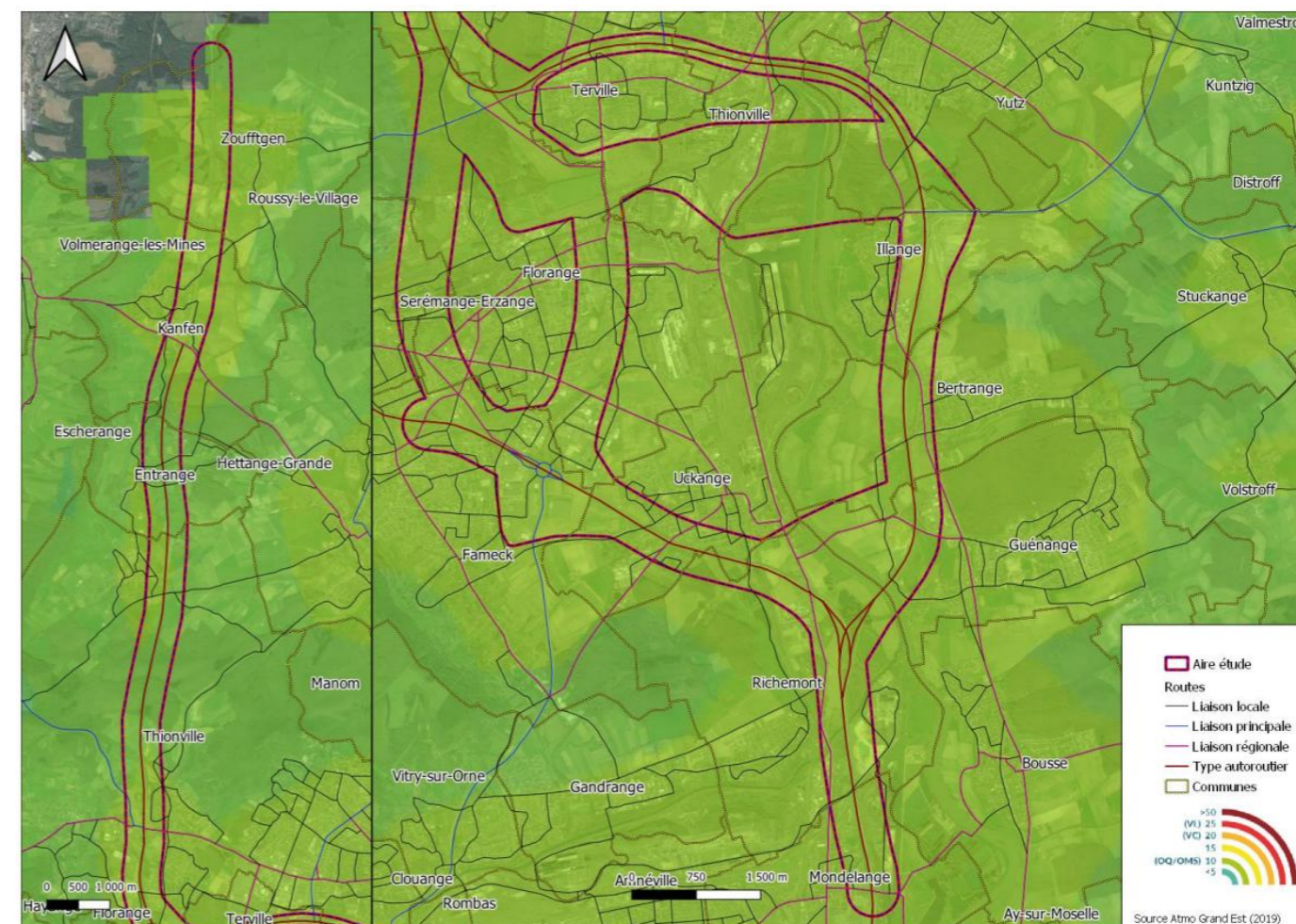


Figure 23 : Concentrations moyennes annuelles en PM10 au droit du projet pour l'année 2019
(Source : Base de données Atmo Grand Est)

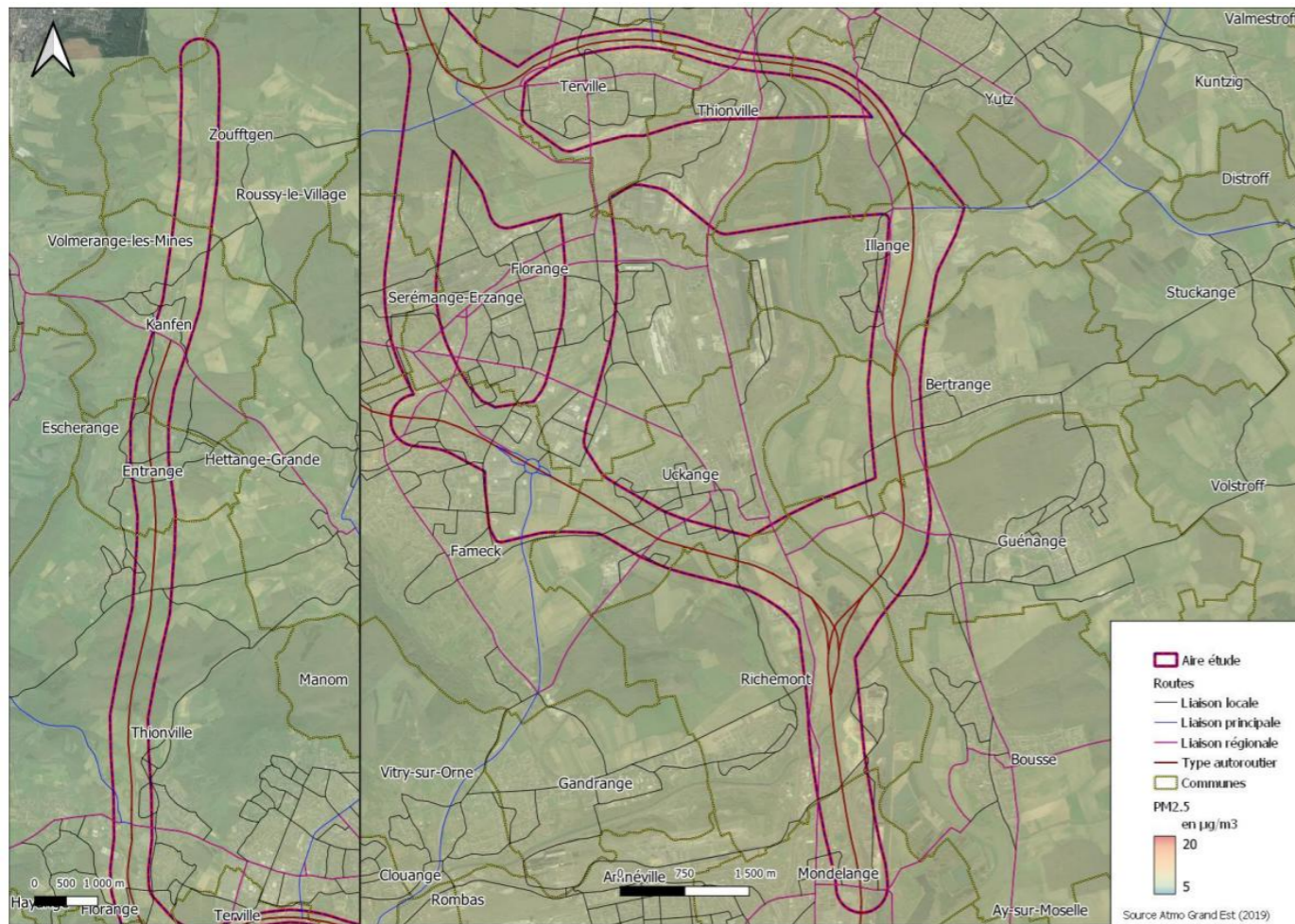


Figure 24 : Concentrations moyennes annuelles en PM2,5 au droit du projet pour l'année 2019

➤ ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS

Les concentrations observées en PM10 pour l'ensemble des stations proches de l'aire d'étude respectent la valeur cible et l'objectif de qualité. Les concentrations mesurées en PM2,5 sur la station de Thionville Centre apparaissent comme supérieures à l'objectif de qualité de 10 µg/m3 jusqu'à 2019. On note toutefois une nette diminution des concentrations mesurées en PM10 et PM2,5 depuis 2016 : entre 2016 et 2020, les concentrations mesurées ont respectivement diminuées d'environ 20% et 54%.

Les concentrations de la station étudiée sont inférieures à la valeur de recommandation de l'OMS (respectivement pour les PM10 et PM2.5 : 20 µg/m3 et 10 µg/m3).

Concentration moyenne annuelle en PM2,5 (µg/m³)	
Année	Thionville Centre
2016	13,9
2017	11,89
2018	10,4
2019	7,6
2020	6,2
Objectifs de qualité	10

Figure 25 : Concentration moyenne annuelle en PM2,5 à proximité de l'aire d'étude

Concentration moyenne annuelle en PM10 (µg/m³)		
Année	Thionville Centre	Vallée de la Fensch Marspich
2016	18,6	17,2
2017	17,7	11,0
2018	17,9	11,1
2019	16,3	11,1
2020	14,8	12,4
Valeurs limites	40	
Objectifs de qualité	30	
Recommandation de l'OMS	10	

Figure 26 : Concentration moyenne annuelle en PM10 à proximité de l'aire d'étude

(Source : Base de données Atmo Grand Est)

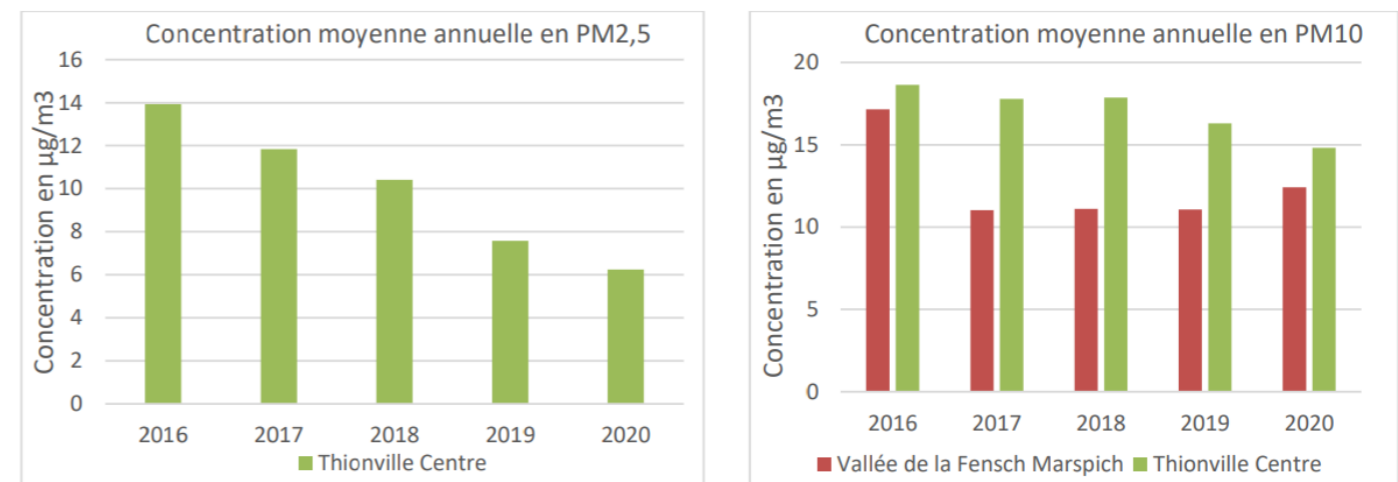


Figure 27 : Concentrations moyennes annuelles de PM10 et PM2,5 ces 5 dernières années dans les stations proches de l'aire d'étude

(Source : Base de données Atmo Grand Est)

Les figures ci-après présentent les variations journalières et saisonnières des concentrations en PM10 et en PM2.5. Tout comme pour le NO2, les concentrations varient autour de deux maximums journaliers qui résultent des variations du trafic routier. Toutefois, les amplitudes journalières de concentrations sont plus faibles. En effet le

trafic routier n'est pas le premier contributeur en émission particulaire. La présence d'autres sources d'émission sur la zone d'étude associée à la pollution transfrontalière tendent à réduire les amplitudes journalières liées aux variations du trafic. Le vent a également un effet de remise en suspension des particules qui contribue à diminuer l'amplitude des concentrations en augmentant les concentrations au période où les vents sont les plus importants, soit en milieu de journée.

Des concentrations plus importantes sont observées en décembre et les teneurs les plus faibles de mai à septembre. La corrélation entre période de froid et chaud est moins marquée que pour le NO2. La pluviométrie et le lessivage de l'atmosphère atténuent l'écart entre les saisons.



Figure 28 : Variation saisonnière et journalière de la concentration en particules à proximité de l'aire d'étude

2.8.3.3. L'ozone

➤ CONCENTRATION ET REGLEMENTATION

L'ozone, qui est un polluant secondaire, résulte de réactions photochimiques dans l'atmosphère. Contrairement aux polluants primaires plus concentrés à proximité des sources d'émission, les concentrations d'ozone y sont faibles à cause de sa consommation par le monoxyde d'azote. Ainsi, les teneurs les plus importantes d'ozone sont relevées en zones périurbaine ou rurale sous les vents des agglomérations.

Autre différence significative, la réglementation n'est pas fixée en moyenne annuelle mais par rapport au nombre de dépassements journaliers de la moyenne des concentrations sur huit heures du seuil de 120 µg/m³. L'objectif de qualité n'autorise aucun dépassement tandis que la valeur cible permet 25 jours en moyenne sur 5 ans.

Pour l'ozone (O₃), polluant secondaire (issus de la transformation de polluants primaires), après une situation globalement stable sur plusieurs années, les concentrations moyennes ont tendance à augmenter depuis ces deux dernières années.

➤ ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS

Les concentrations annuelles en ozone fluctuent principalement du fait des variations d'ensoleillement et des concentrations en oxyde d'azote. En revanche au global les concentrations stagnent ou ne montrent pas de tendance marquée.

Année	Concentration moyenne annuelle en Ozone (µg/m ³)	
	Thionville Centre	Thionville Nord (Garche)
2016	37,3	45,5
2017	40,9	49,2
2018	46,5	51,3
2019	44,6	50,6
2020	45,9	52,1

Figure 29 : Concentrations moyennes annuelles d'ozone dans les stations proches de la zone d'étude

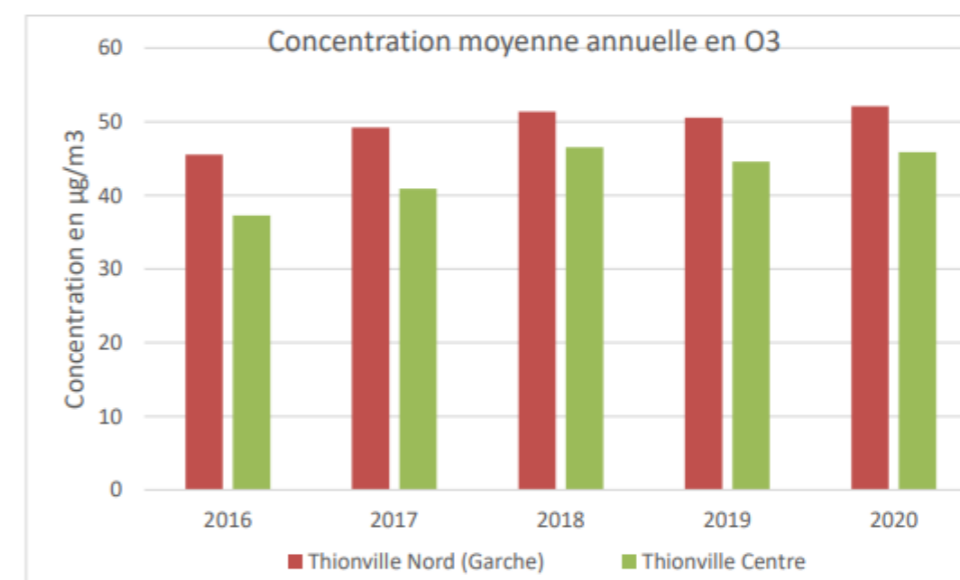


Figure 30 : Concentrations moyennes annuelles en zone ces 5 dernières années dans les stations proches de l'aire d'étude

Les fluctuations des concentrations en ozone sont marquées saisonnièrement et journalièrement car elles dépendent de réactions photochimiques plus propices en période chaude et des concentrations d'autres composés soumis également aux conditions météorologiques. Ainsi à l'échelle d'une année, les concentrations en ozone sont plus importantes en été. Sur cette période, les émissions plus faibles de NO_x et les températures plus importantes génèrent les niveaux d'ozone les plus élevées.

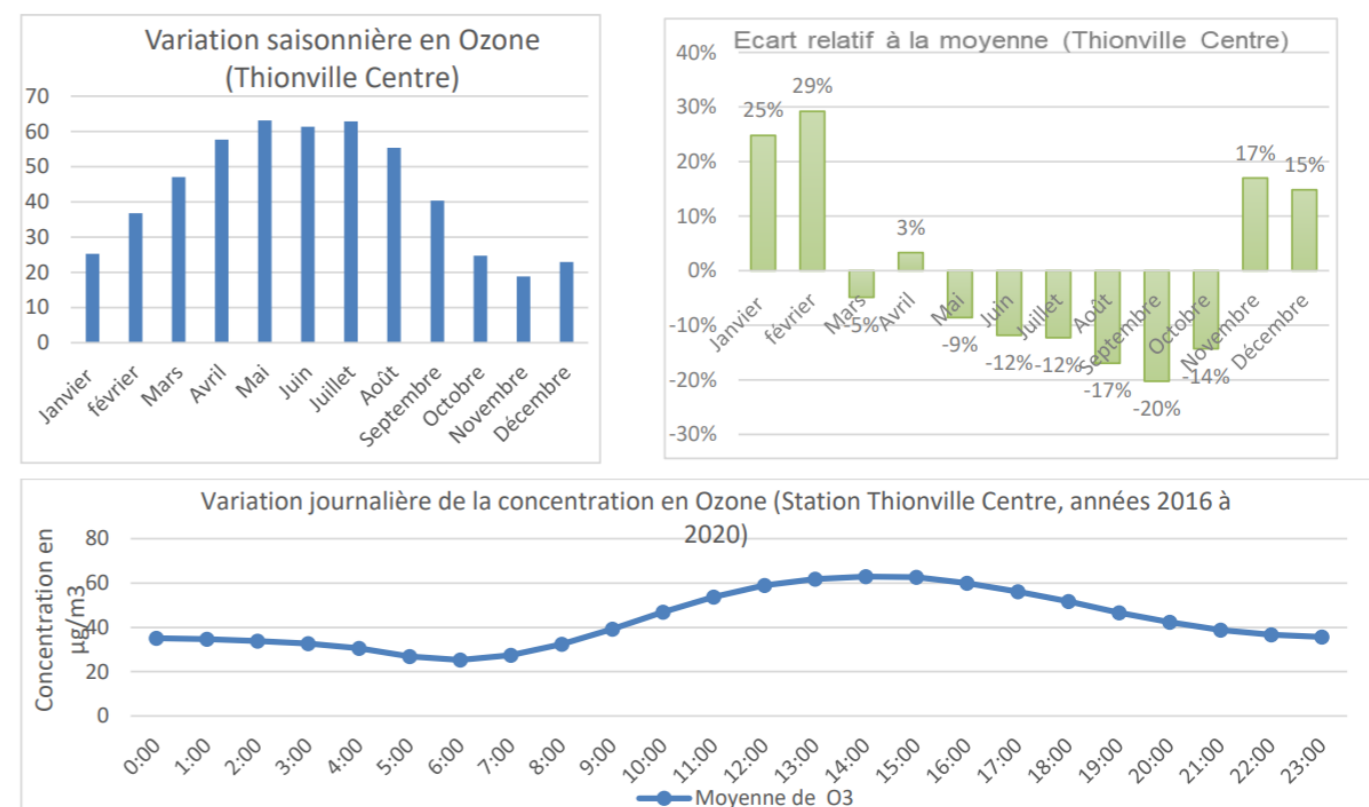


Figure 31 : Variations saisonnières et journalières de la concentration en ozone à proximité de l'aire d'étude

La figure ci-dessous présente le nombre de maxima journaliers supérieurs à 120µg/m³ en ozone entre 2017 et 2019. Il apparaît que le département de la Moselle présente une concentration en ozone proche de la Valeur cible. La zone d'étude reste toutefois moins concernée par des concentrations élevées en ozone. La cartographie de l'AOT40 est également présentée. Il s'agit d'un indicateur exprimé en µg/(m³ .h) permettant d'évaluer l'impact de l'ozone sur la végétation. Il est calculé de mai à juillet sur la tranche horaire 8h-20h. La valeur limite est fixée à 18 000 µg(m³ .h.) et l'objectif de qualité à 6 000 µg(m³ .h.). L'objectif de qualité est systématiquement dépassé et la valeur limite sur une large partie du territoire.

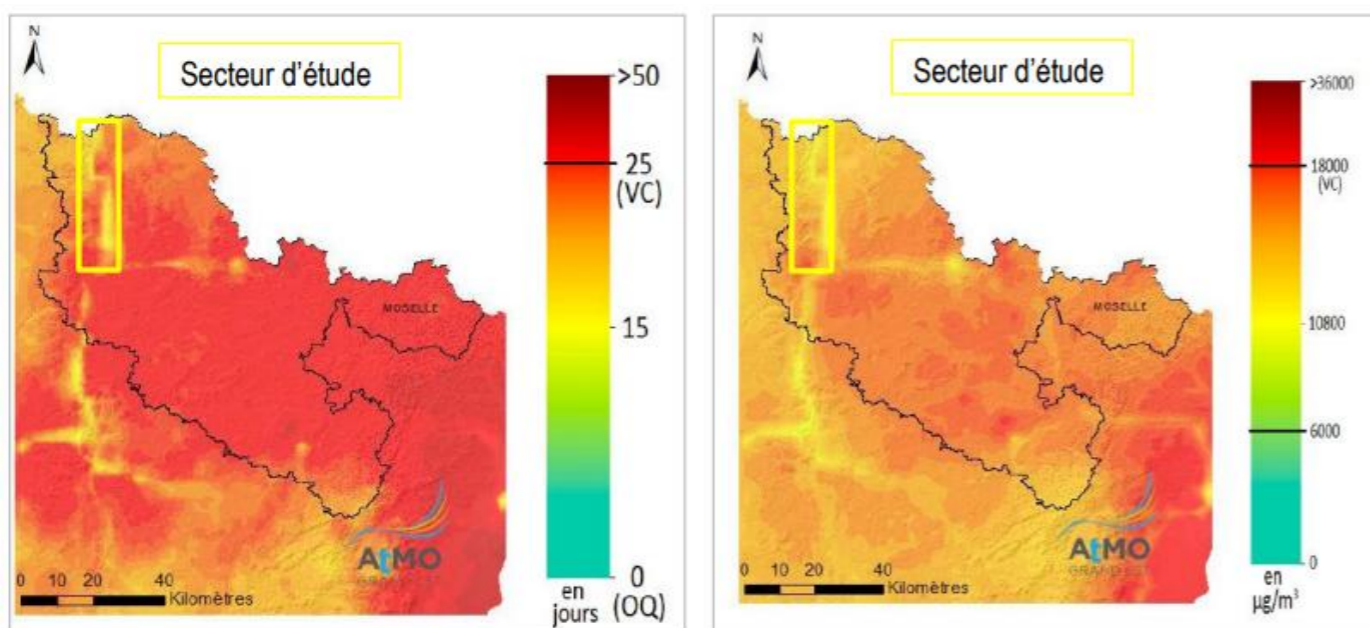


Figure 32 : Nombre de maxima journaliers supérieurs à 120 µg/m³ en ozone en moyenne sur 3 ans (2017-2019) à gauche et l'AOT40 en moyenne sur 4 ans (2016-2019) à droite

2.8.3.4. Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre n'est plus une problématique en milieu urbain (hors site industriel). Les concentrations sont très faibles et respectent très largement les réglementations les plus strictes (Valeur cible à 50 µg/m³). Il apparaît que les concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre sont en baisse sur toutes les stations et quelle que soit la typologie.

À proximité de l'aire d'étude, la concentration moyenne est estimée à 1,9 µg/m³ (station de Vallée de la Fensch Marspich en 2019).

Année	Concentration moyenne annuelle en SO ₂ (µg/m ³)	
	Vallée de la Fensch Marspich	
2016	2,2	
2017	1,6	
2018	2,3	
2019	1,4	

Figure 33 : Concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre ces 5 dernières années dans les stations proches des de l'aire

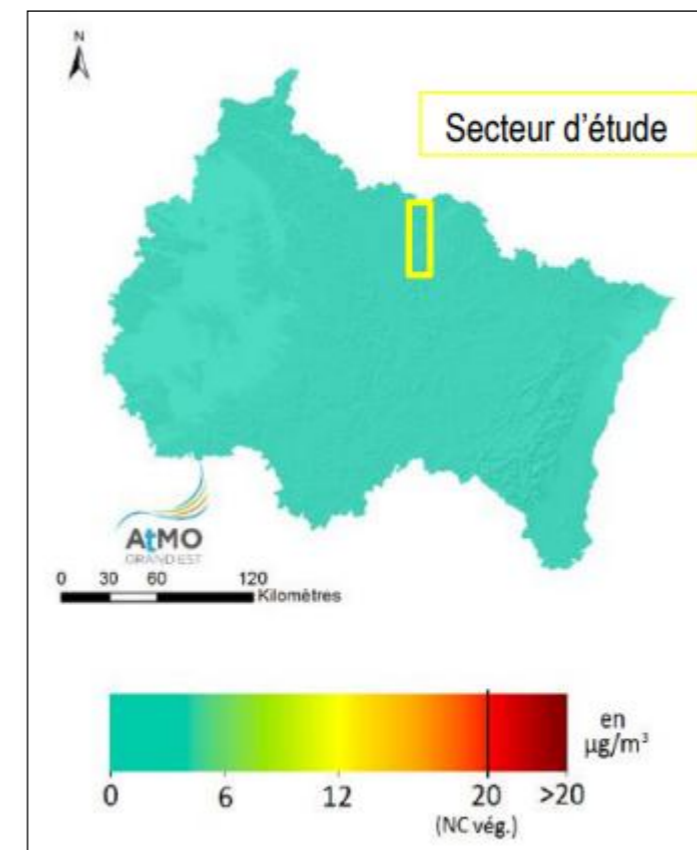


Figure 34 : Moyenne hivernale en dioxyde de soufre

2.8.3.5. Le benzène

Le benzène est suivi à proximité de l'ancien site métallurgique de Sérémange-Erzange au niveau du centre socio-culturel de Sérémange-Erzange et plus éloigné du site jusqu'en 2020 sur les ateliers municipaux de Fameck. Les teneurs à proximité de la zone métallurgique sont plus importantes que celles généralement rencontrées en zone urbaine. Lorsque le site était en activité les concentrations étaient cinq fois supérieures à celles d'une zone plus éloignée pourtant toujours sous influence des émissions de l'usine. Les concentrations baissent ces dernières années avec les réductions d'activité successives et tendront vers le niveau de fond urbain de l'agglomération.

Année	Concentration moyenne annuelle en benzène (µg/m ³)	
	Centre socio-culturel de Sérémange-Erzange	Ateliers municipaux (Fameck)
2019	5	1
2020	4	0,9
2021	0,9	-

Figure 35 : Concentrations moyennes annuelles en benzène ces 3 dernières années

Les teneurs sont soumises à une forte variabilité temporelle comme le montre le graphique suivant.

Evolution des concentrations moyennes hebdomadaires en benzène des 12 derniers mois sur le site de Serémange-Erzange

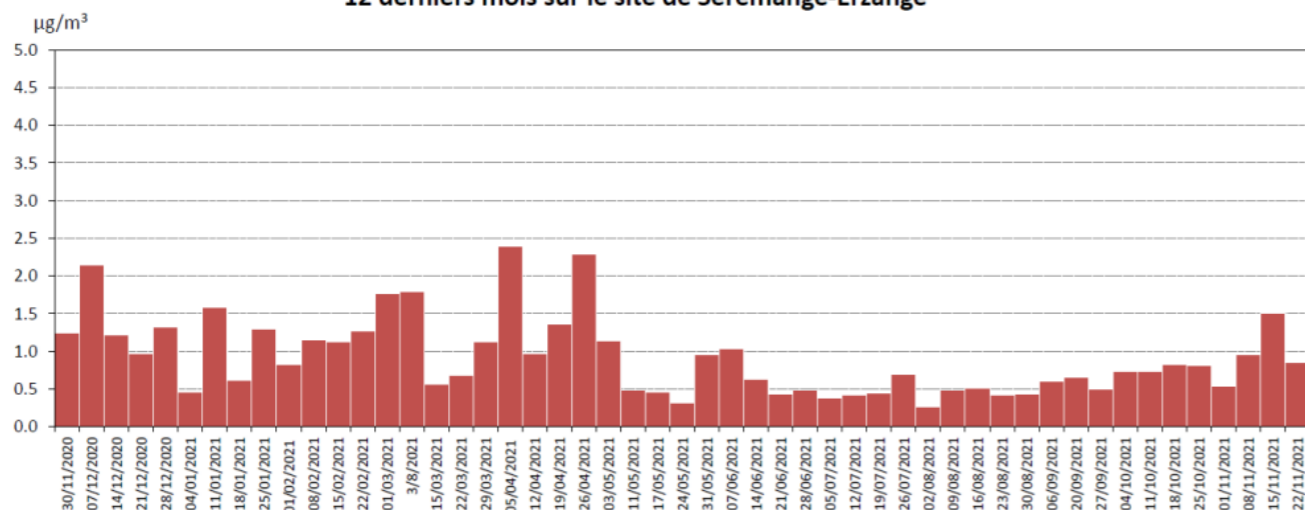


Figure 36 : Concentration en benzène en 2020-2021

2.8.3.6. Synthèse

Depuis plusieurs années, les niveaux de NO₂ sont globalement en baisse, la valeur limite annuelle réglementaire de 40 µg/m³ est toujours respectée dans le département de la Moselle. Cette conclusion est issue de l'état initial, élaboré en 2022. Pour information, la directive européenne 2024/2881 fixe la valeur limite à 20 µg/m³.

Les concentrations observées en PM₁₀ au droit de la zone d'étude respectent la valeur cible et l'objectif de qualité. Les concentrations mesurées en PM_{2,5} apparaissent comme supérieures à l'objectif de qualité de 10 µg/m³ jusqu'à 2019. Le département de la Moselle est concerné par une nette diminution des concentrations mesurées en PM₁₀ et PM_{2,5} depuis 2016 (respectivement diminuées d'environ 20 % et 54 %).

Seul l'ozone n'est pas concerné par la tendance à la baisse observée sur les autres polluants. En effet, les concentrations mesurées en Moselle restent stables depuis 2016.

Campagne de mesure de la qualité de l'air

Les campagnes de mesure de la qualité de l'air au droit de l'aire d'étude ont été réalisées par le bureau d'étude LECES du groupe Ginger, de septembre à octobre 2020 et en mars 2021, puis de manière complémentaire en avril et en juin 2021.

En chaque point de mesure en fonction des polluants mesurés, la durée des prélèvements fut la suivante :

- 1 mois pour les mesures des polluants gazeux,
- 1 mois pour les poussières en suspension PM₁₀ et PM_{2,5},
- 15 jours pour les métaux dans les PM₁₀,
- 15 jours pour les HAP dans les PM₁₀.

Les périodes de prélèvements ont été adaptées et complétées dans le contexte des variations de circulation du fait de la crise sanitaire afin de disposer des périodes les plus représentatives possibles. Une comparaison entre le trafic observé et le trafic habituel était systématiquement réalisée pour s'en assurer.

2.8.3.7. Méthodologie

Le plan d'échantillonnage a été construit afin :

- d'échantillonner le long du projet de manière homogène,
- de mesurer les concentrations de trafic et de fond urbain,
- d'analyser les concentrations auprès des sites sensibles,
- de correspondre aux précédentes campagnes du CEREMA afin de réaliser un suivi des concentrations sur le secteur.

Il comprend 41 sites de mesures permettant de mesurer l'ensemble des polluants identifiés pour une étude de type I au sens de la note technique TRET1833075N du 22 février 2019 : notamment, l'ensemble des sites sont équipés de capteurs pour mesurer le NO₂, 11 d'entre eux pour le benzène et 4 pour le 1,3 butadiène.

Le tableau suivant liste les points de mesure identifiés, leur adresse, les mesures réalisées et leur typologie.

Point	Ville	Adresse	Polluants	Typologie
1	Mondelange	17 impasse Jean Baptiste Lully	NO ₂	Influencé
2	Richemont	Rue de l'Orme	NO ₂ ; Benzène ; 1,3-Butadiène	Influencé
3	Richemont	10 Rue de l'Orme	NO ₂	Influencé
4	Guénange	26 Rue d'Uckange	NO ₂	Urbain
5	Uckange	22 Résidence du Pont de Pierre	NO ₂	Influencé
6	Uckange	44 Résidence du pont de Pierre	NO ₂ ; Benzène	Influencé
7	Uckange	Rue des Dahlias	NO ₂ ; Benzène	Trafic
8	Uckange	Impasse du Dauphiné	NO ₂ ; Benzène	Influencé
9	Uckange	7 Rue de Touraine	NO ₂	Urbain
10	Fameck	En face Leclerc jardinage	NO ₂	Trafic
11	Bertrange	39 Rue de la see	NO ₂	influencé
12	Illange	20 Route de Metz	NO ₂	influencé
13	Florange	7 Rue des écoles	NO ₂ ; Benzène ; 1,3-Butadiène	Urbain
14	Terville	4 Rue Emile Zola	NO ₂	Influencé
15	Thionville	Rue de Layendecker	NO ₂	Influencé
16	Thionville	Rue des frères (Parking bord autoroute)	NO ₂	Influencé
17	Thionville	24 Rue des jardins fleuris	NO ₂ ; Benzène	Urbain
18	Thionville	18 Boucle du Breuil	NO ₂	Influencé
19	Entringe	28 Rue de la Forêt	NO ₂	Influencé
20	Entringe	8 Rue de la Forêt	NO ₂	Urbain
21	Entringe	7 Rue de la Mairie	NO ₂	Urbain
22	Entringe	Rue du Tennis	NO ₂ ; Benzène	Urbain
23	Kanfen	Rue de Chantevanne	NO ₂	Influencé
24	Kanfen	7 Rue de l'école	NO ₂	Urbain
25	Zouftgen	137 Rue Principale	NO ₂	Urbain
26	Florange	1 Impasse de la Ruhe	NO ₂	Urbain

Point	Ville	Adresse	Polluants	Typologie
27	Thionville	Avenue Merlin	NO ₂	Urbain
28	Hettange-Grande	D15	NO ₂	Trafic
29	Hettange-Grande	D15	NO ₂ ; Benzène	Trafic
30	Thionville	D14	NO ₂	Trafic
31	Vitry sur Orne	2 Rue des fleurs	NO ₂	Urbain
32	Volstroff	7 route de Stuckange	NO ₂ ; Benzène ; 1,3-Butadiène	Rural
33	Thionville	6 Allée du château de Gassion	NO ₂ ; Benzène	Urbain
34	Uckange	4 rue de Metz (après station totale)	NO ₂	Urbain
35	Thionville	12 Rue des terres rouges	NO ₂	Urbain
36	Florange	Parking covoiturage, Proximité rond-point D13 et rue de l'étoile	NO ₂	Influencé
37	Florange	Rue du Mézin	NO ₂ ; Benzène ; 1,3-Butadiène	Urbain
38	Seremange-Erzange	Rue du Grand Chemin	NO ₂ ; Benzène	Urbain
39	Florange	Rue Jean Jaurès	NO ₂	Urbain
40	Fameck	Rue de la centrale	NO ₂	Influencé
41	Fameck	Rue de Strasbourg	NO ₂	Urbain
SI-1	Uckange	Rue Mozart (école maternelle Verlaine)	1,3-Butadiène PM ₁₀ , PM _{2,5} HAP contenus dans les PM ₁₀ Métaux contenus dans les PM ₁₀	Influencé
SI-5	Entrange	Rue du tennis (tennis club d'Entrange)	1,3-Butadiène ; PM ₁₀ , PM _{2,5} HAP contenus dans les PM ₁₀ Métaux contenus dans les PM ₁₀	Urbain
SI-7	Entrange	Société TESI à FLORANGE, Boucle de la Chiffonnerie	1,3-Butadiène ; PM ₁₀ , PM _{2,5} HAP contenus dans les PM ₁₀ Métaux contenus dans les PM ₁₀	Urbain

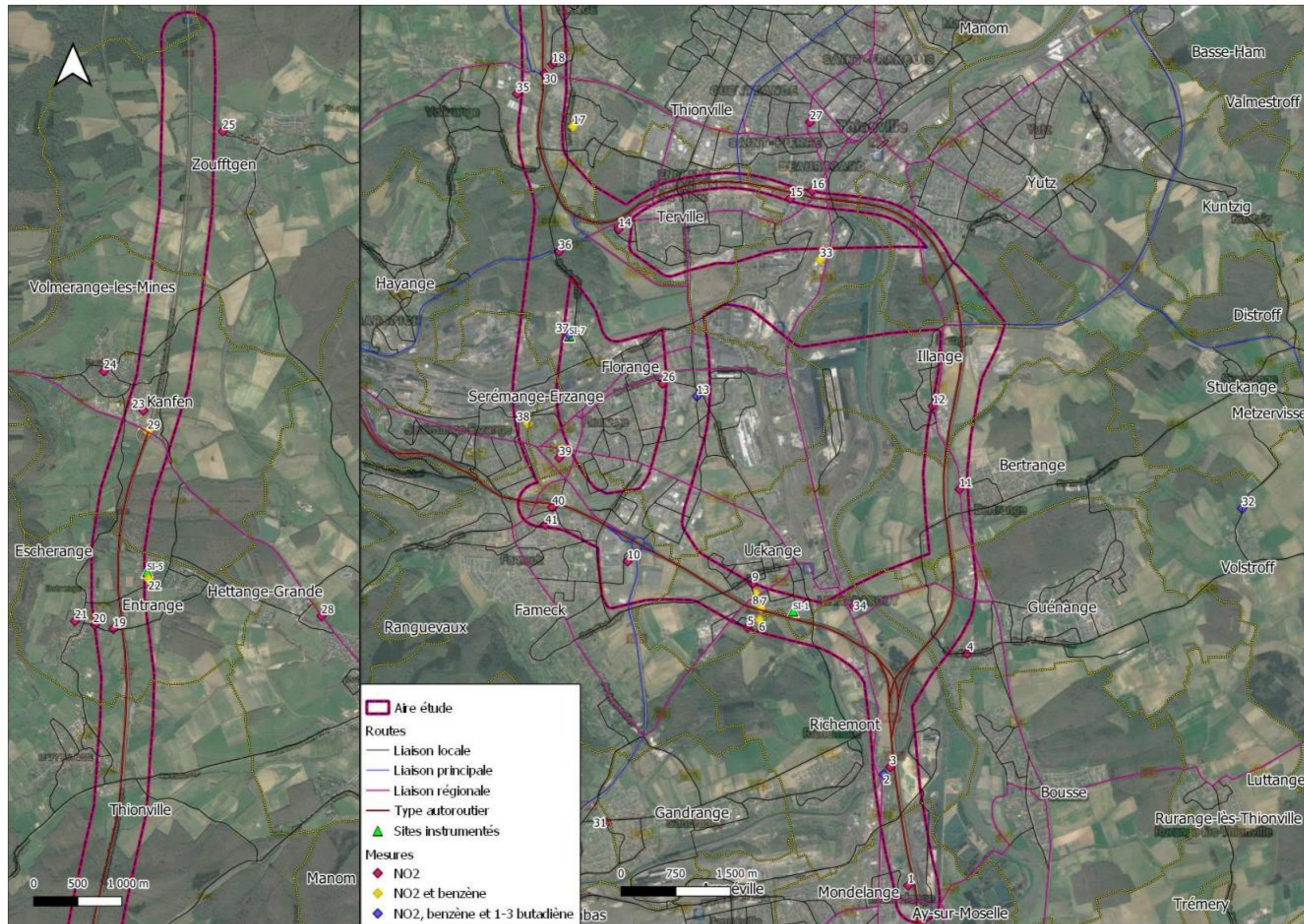


Figure 37 : Localisation des points de mesure

2.8.3.8. Résultats pour les composés gazeux

Le graphique ci-après présente les concentrations en NO₂ sur les différents points de mesure. Les sites 4 et 35 en situation estivale ont fait l'objet d'une estimation des concentrations respectivement pour la première et la deuxième quinzaine en raison de la disparition d'un capteur et d'une teneur anormalement basse sur l'autre. La concentration est estimée sur la base du ratio de concentration entre les deux saisons pour la même typologie de site.

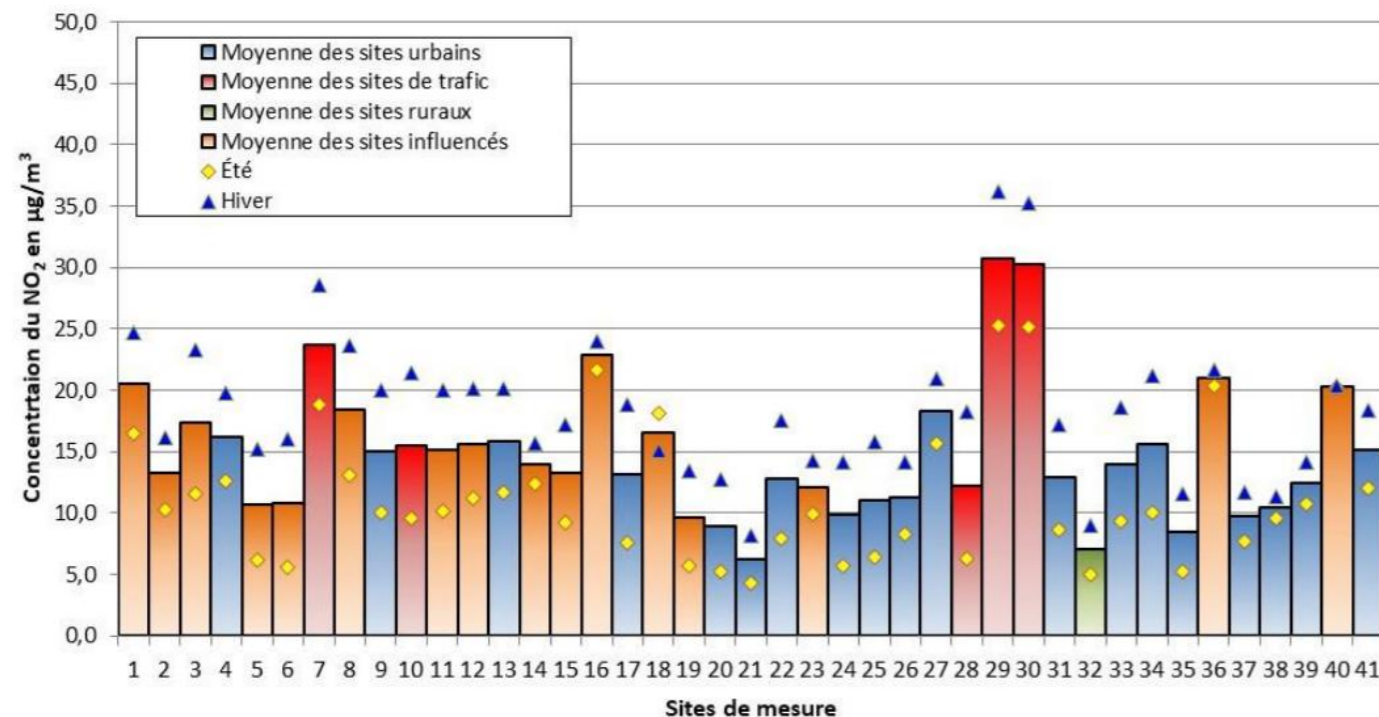


Figure 38 : Concentrations en NO₂ (2020-2021)

Les concentrations sont marquées saisonnièrement avec des teneurs globalement plus élevées en hiver qu'en été du fait de l'impact du chauffage urbain.

En situation de trafic, la concentration moyenne est de 22,5 µg/m³. L'écart entre les sites est directement lié au volume de trafic routier qui y circule. Au droit des autoroutes, les concentrations sont en moyenne de 28,2 µg/m³ alors que sur des axes secondaires les concentrations peuvent être nettement plus faibles (entre 18 et 29 µg/m³).

En situation de fond urbain, la concentration moyenne est de 12,5 µg/m³. En sélectionnant les sites les plus éloignés des axes routiers, la concentration moyenne tombe à 8,2 µg/m³, soit proche des concentrations observées pour un fond rural (site 32).

	Trafic	Urbain	Rural	Influencé
Moyenne (µg/m ³)	22,5	12,5	7,0	15,7
Ecart type (µg/m ³)	8,4	3,1	-	4,1
Max (µg/m ³)	30,7	18,3	7,0	22,9
Min (µg/m ³)	12,2	6,3	7,0	9,6

Figure 39 : Statistiques pour le NO₂ par typologie de site (2020-2021)

Les sites dits influencés sont très variables car les concentrations dépendent directement de leur distance aux axes routiers. Le graphique suivant présente les variations des teneurs en fonction de la distance à l'A30 au niveau de

Uckange. À une quinzaine de mètres de l'A30, la concentration est de 28,6 µg/m³ pour décroître à 300 m au sud à 15 µg/m³ et au nord à 20 µg/m³.

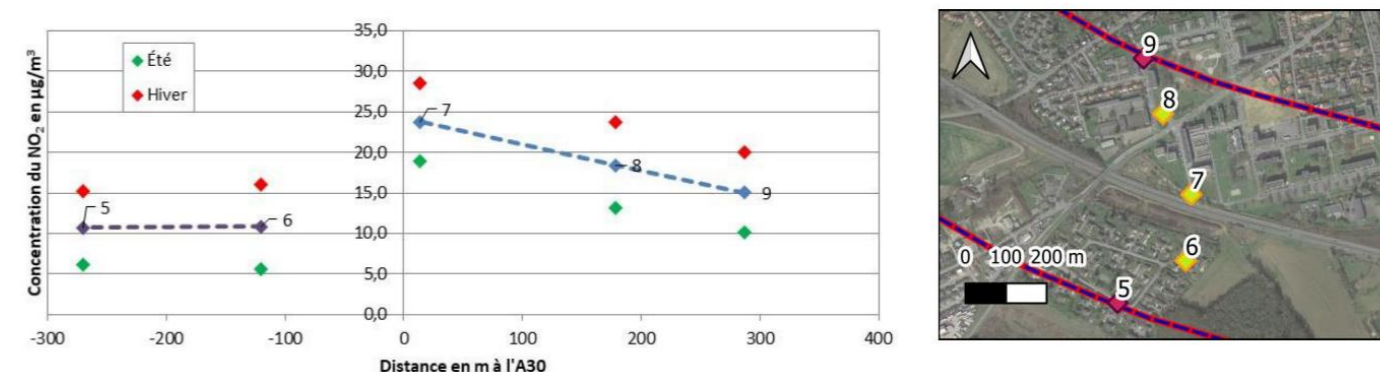


Figure 40 : Transect en NO₂ au niveau de l'A30

Le graphique suivant reprend également les concentrations mesurées en fonction de l'éloignement à l'A31 ou l'A30 sur l'ensemble du linéaire. Les distances négatives sont situées à gauche de l'A31 en direction du Luxembourg et à gauche de l'A30 en direction de l'ouest. Les concentrations sont comprises entre 35 et 15 µg/m³ dans une bande de 300 m de part et d'autre des autoroutes.

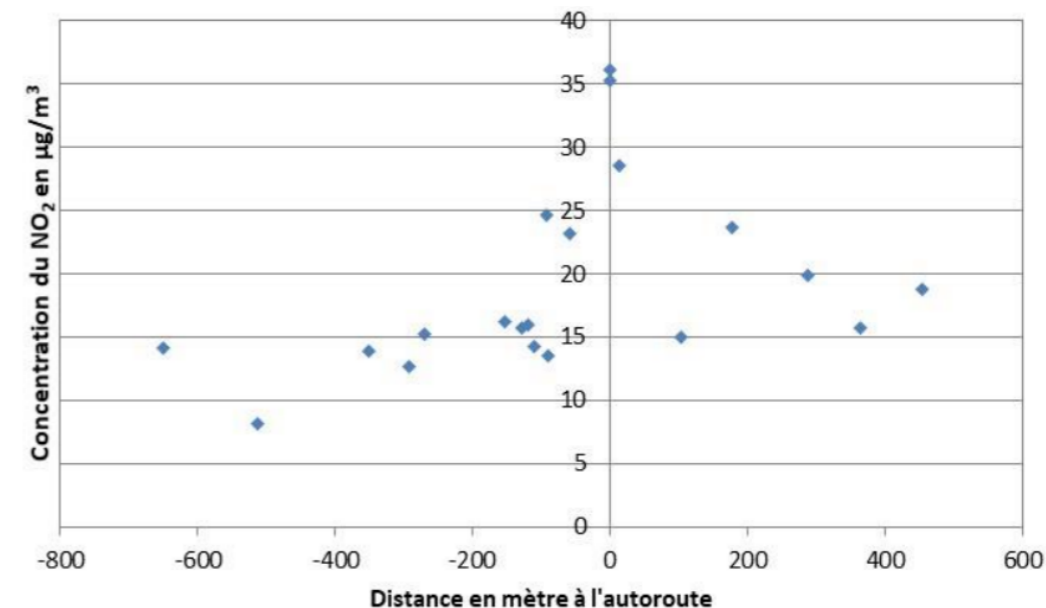


Figure 41 : Concentrations en fonction de la distance à une autoroute (A30 ou A31)

Au niveau réglementaire, les teneurs en NO₂ respectent la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne par an. Pour information, la directive européenne 2024/2881 fixe la valeur limite à 20 µg/m³.

Contrairement au NO₂, et à l'exception de deux sites (37 et 38), les concentrations en benzène sont homogènes sur l'ensemble du territoire avec des variations spatiales et par typologie de site faibles.

Les teneurs sont comprises entre 0,7 et 1,0 µg/m³ avec une moyenne à 0,9 µg/m³. La concentration la plus faible de 0,7 µg/m³ est observée pour un site de fond rural.

Les mesures à proximité du site métallurgique de Serémange-Erzange (37 et 38) présentent des teneurs supérieures à celles rencontrées sur le territoire. Sur le point 38, à 200 mètres sud de l'usine, les concentrations sont les plus

élevées avec $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette concentration est supérieure à ce que l'AASQA enregistre en 2021 au niveau du centre socio-culturelle de Serémange-Erzange, mais la forte variabilité temporelle explique cette différence (de $0,2$ à $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne par mois).

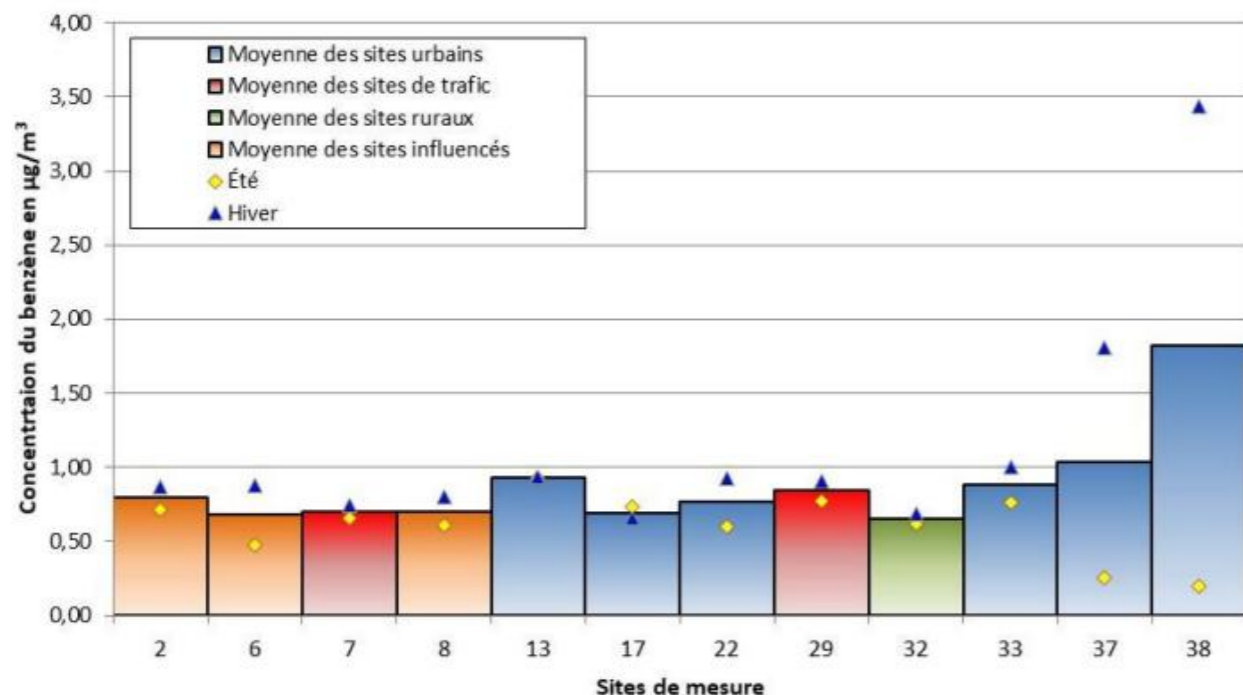


Figure 42 : Concentrations en benzène (2021-2021)

	Trafic	Urbain	Rural	Influencé
Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,8	0,9	0,7	0,7
Ecart type ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,1	0,1	-	0,0
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,8	1,0	0,7	0,8
Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,7	0,7	0,7	0,8

Figure 43 : Statistiques pour le benzène par typologie de site (2020-2021)

L'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est respecté sur l'ensemble de la zone d'étude.

De façon analogue au benzène les teneurs en 1,3-butadiène sont homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude, et les concentrations sont comprises entre $0,08$ et $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

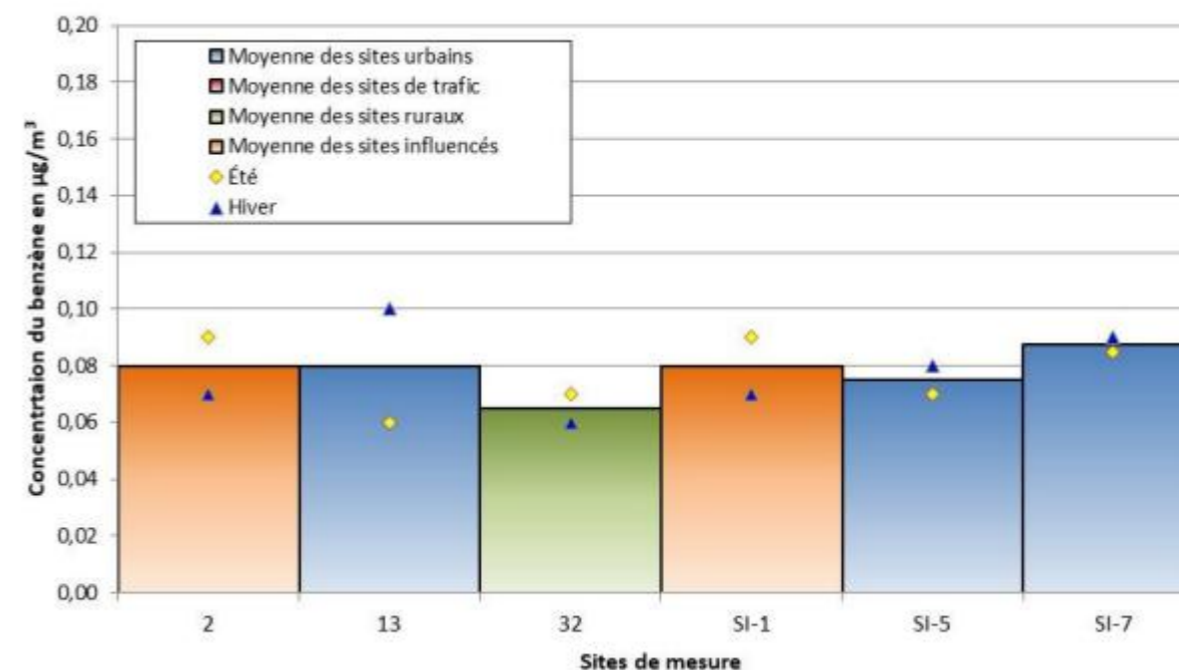


Figure 44 : Concentration en 1,3-butadiène (2020-2021)

	Urbain	Rural	Influencé
Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,08	0,07	0,08
Ecart type ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,01	-	0,00
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,09	0,07	0,08
Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,08	0,07	0,08

Figure 45 : Statistiques pour le 1,3-butadiène par typologie de site (2020-2021)

Aucune réglementation ne s'applique au 1,3 butadiène.

En comparant les résultats de ces dernières campagnes de mesures à ceux des précédentes réalisées sur le secteur, une nette décroissance des concentrations est observée quelle que soit la typologie du site de mesure.

Cette décroissance s'observe également sur les sites de mesures en continu de l'ATMO, avec des teneurs en NO_2 à Thionville centre de $25,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016 et $19,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2019.

Site	NO_2 2005	NO_2 2014	NO_2 2020-21	Benzène 2014	Benzène 2020-21	Typologie
26	-	26,1	11,3	2,2	-	Urbain
27	-	33,1	18,3	1,3	-	Urbain
28	33,7	-	18,2	-	-	Trafic
29	72,9	74,1	30,7	1,2	0,8	Trafic
30	65,4	69,6	30,3	-	-	Trafic
31	24,7	24,8	12,9	-	-	Urbain

Figure 46 : Comparaison des concentrations en NO_2 et benzène aux précédentes campagnes de mesure

Validation des données

Le site 27 est situé à proximité d'une station de mesure de l'AASQA (Thionville centre).

Sur la période du 29 septembre au 29 octobre 2020, la station a enregistré une teneur moyenne de 17,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 15,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par tube passif. Sur la période du 1er mars au 31 mars 2021, la station a enregistré 18,6 contre 20,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par tube passif.

Des doublons ont été réalisés pour le NO_2 , le benzène et le 1,3 butadiène.

Les écarts moyens pour le NO_2 sont compris entre -9 et 33 % ce qui correspond en relatif à des écart de 0 à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pour le benzène, les écarts moyens sont compris entre -2 et 20 %, soit des écarts relatifs de 0 à 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les écarts moyens pour le 1,3 butadiène sont plus importants, compris entre 0 et -70 %, mais correspondent également aux écarts relatifs les plus faibles de 0 à 0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La carte ci-après localise les teneurs moyennes (moyennes des 4 campagnes de mesure) pour le dioxyde d'azote, le benzène et le 1,3-butadiène.

Notons une nouvelle fois que les périodes de prélèvements ont été adaptées et complétées dans le contexte des variations de circulation du fait de la crise sanitaire afin de disposer de périodes les plus représentatives possibles.

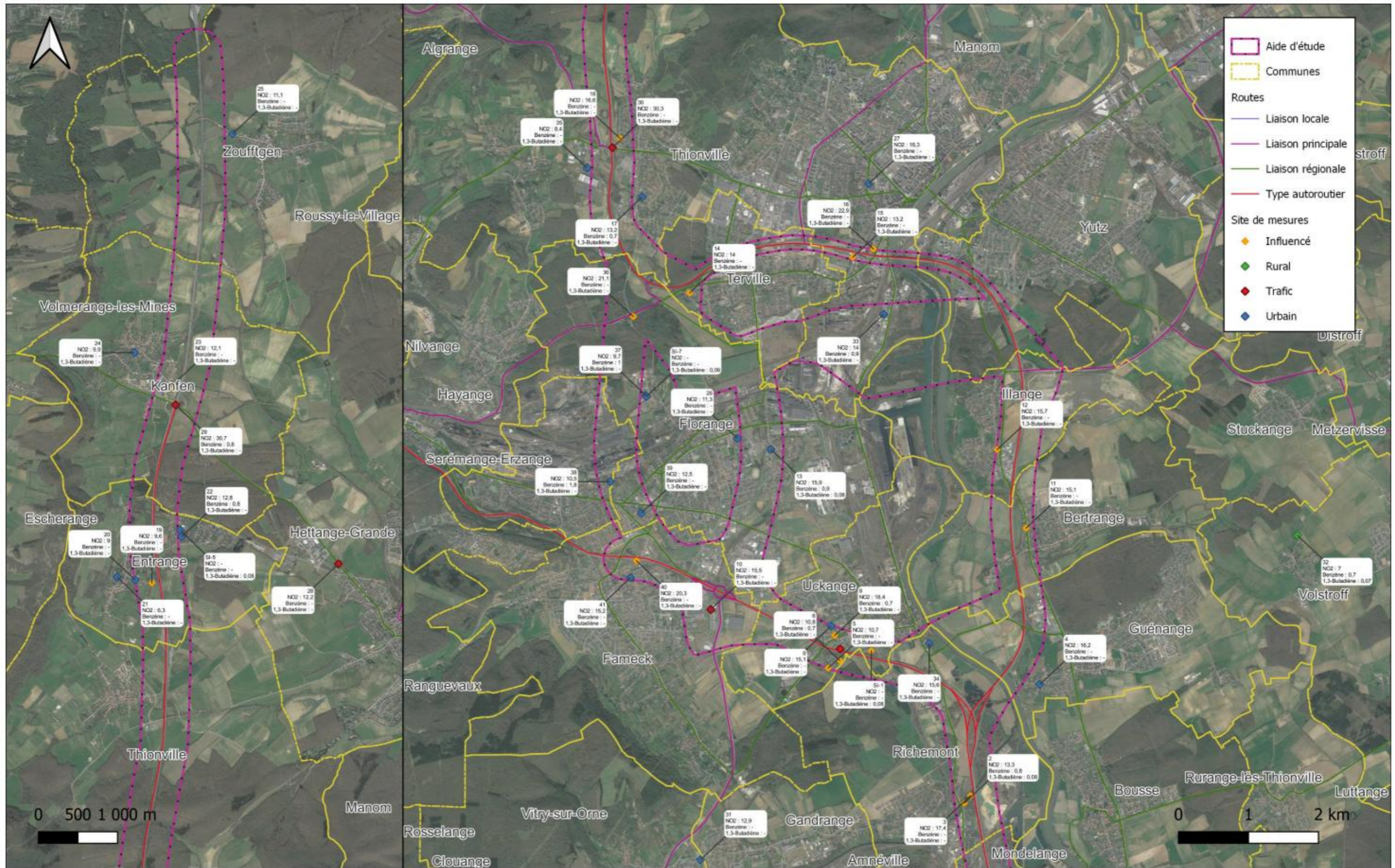


Figure 47 : Concentrations moyennées en NO₂, benzène et 1,3-butadiène

2.8.3.9. Résultats pour les éléments particuliers

Les graphiques suivants présentent les variations journalières sur les sites de mesures sur le période de campagne indiquées dans la partie précédente et sur le site de mesure de l'ATMO présent dans la zone d'étude.

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} sont corrélées entre les deux sites avec des variations globales similaires.

A la journée, des différences sont observées du fait de la distance entre les deux sites et de leur typologies différentes (SI-1 en situation de trafic et SI-5 en situation de fond).

Les mesures sur le site de l'ATMO suivent les mêmes variations générales avec des teneurs similaires. La valeur de 50 µg/m³ pour les PM₁₀, qui contribue à la construction de la valeur réglementaire du percentile 90,4, n'est jamais dépassée (réglementation qui autorise 35 dépassements annuels de 50 µg/m³).



Figure 50 : Variations journalières des concentrations en PM₁₀ du 02/06 au 01/07/2021

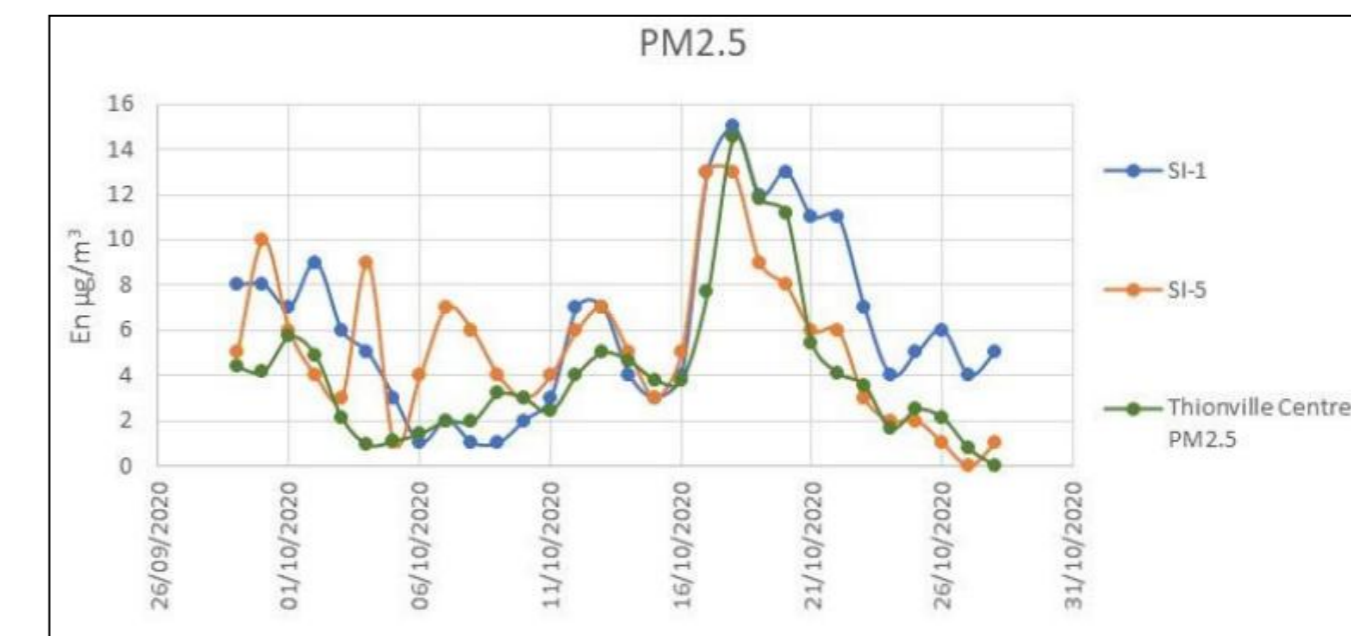


Figure 51 : Variations journalières des concentrations en PM_{2.5} du 29/09 au 28/10/2020

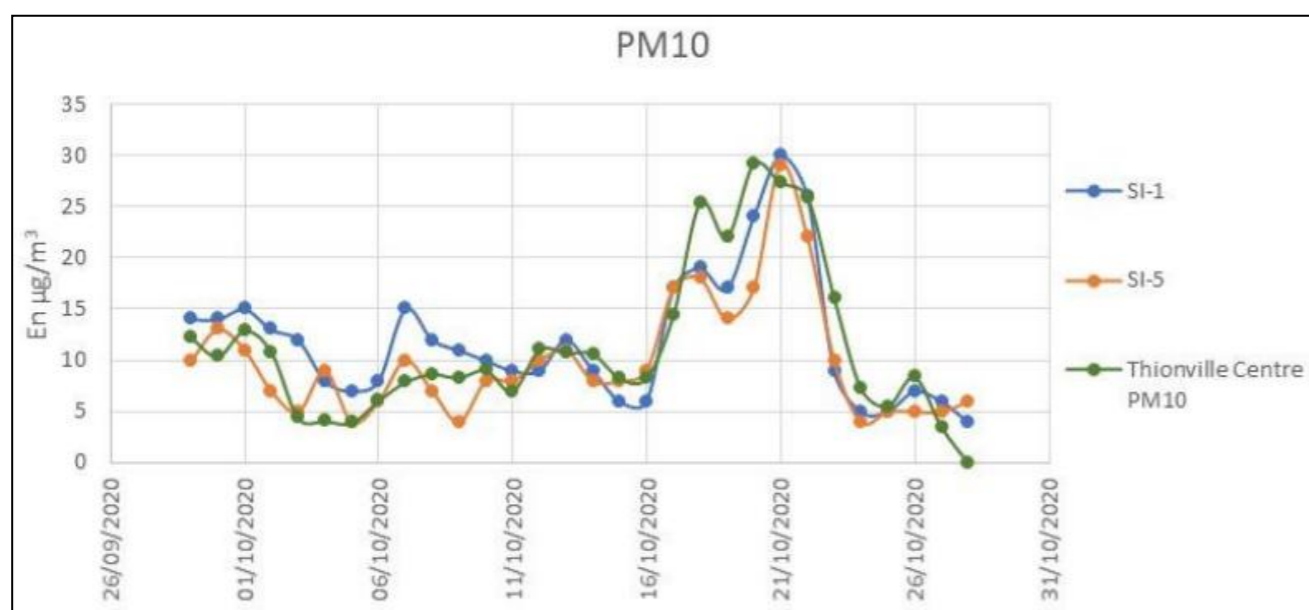


Figure 48 : Variations journalières des concentrations en PM₁₀ du 29/09 au 28/10/2020

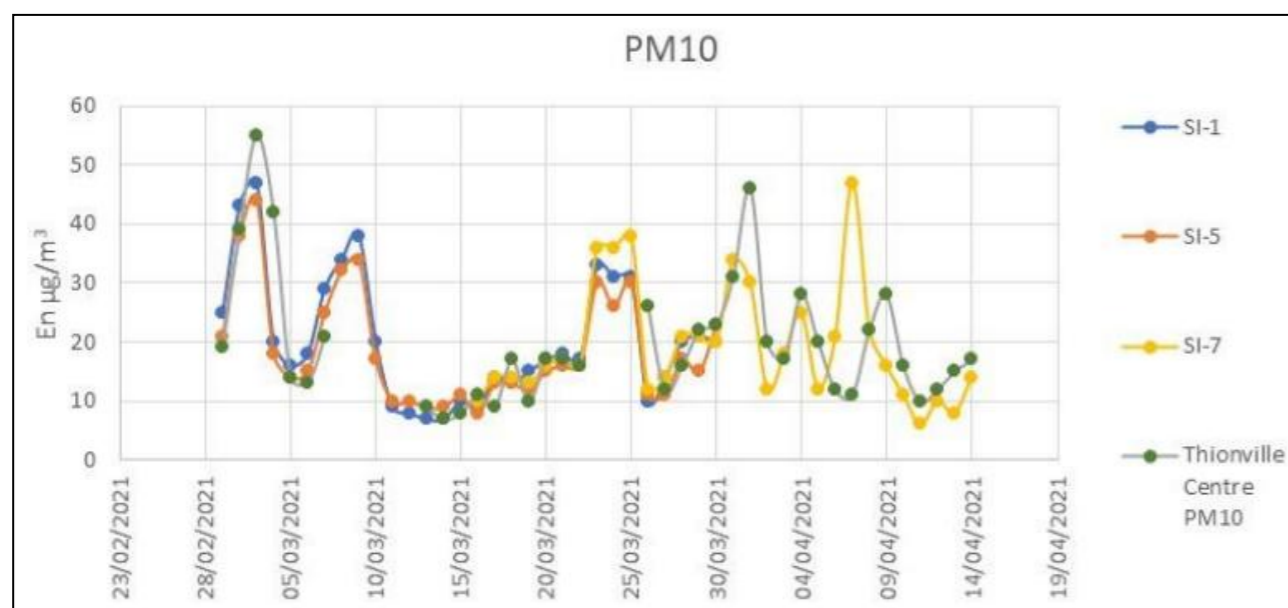


Figure 49 : Variations journalières des concentrations en PM₁₀ du 01/03 au 14/04/2021

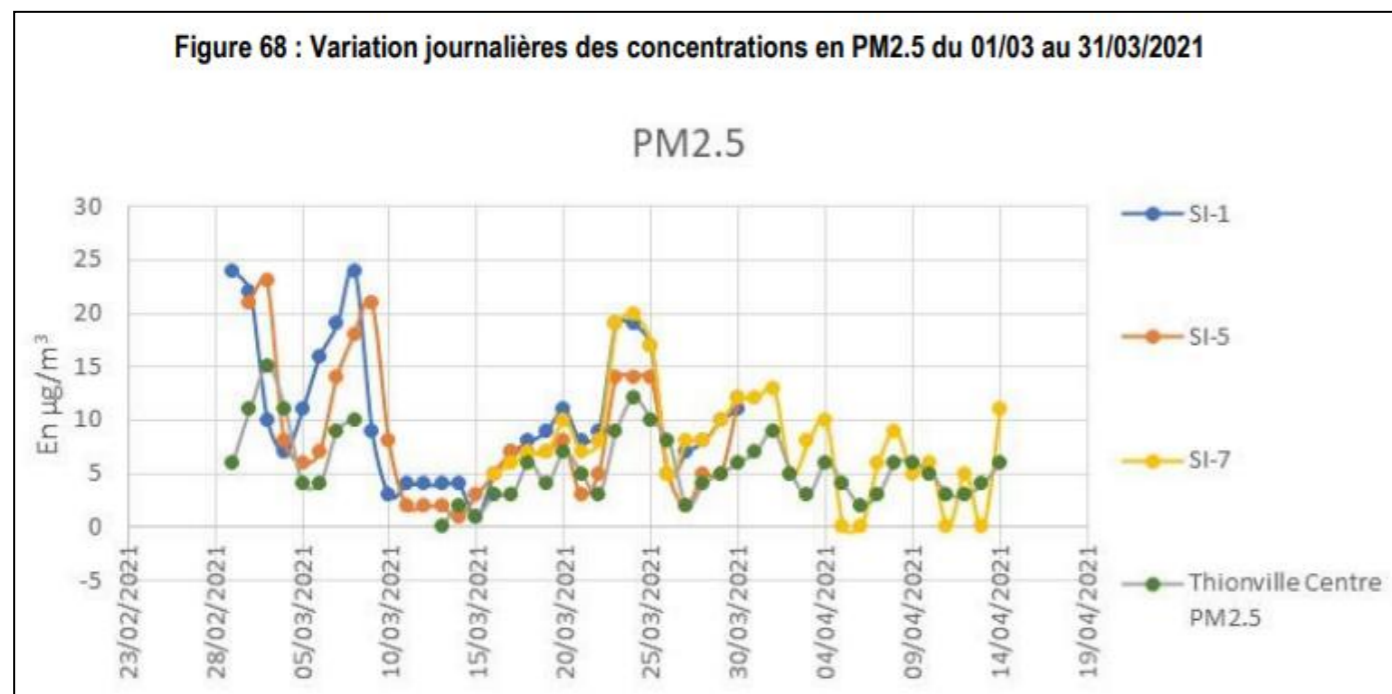


Figure 52 : Variations journalières des concentrations en PM_{2,5} du 01/03 au 31/03/2021

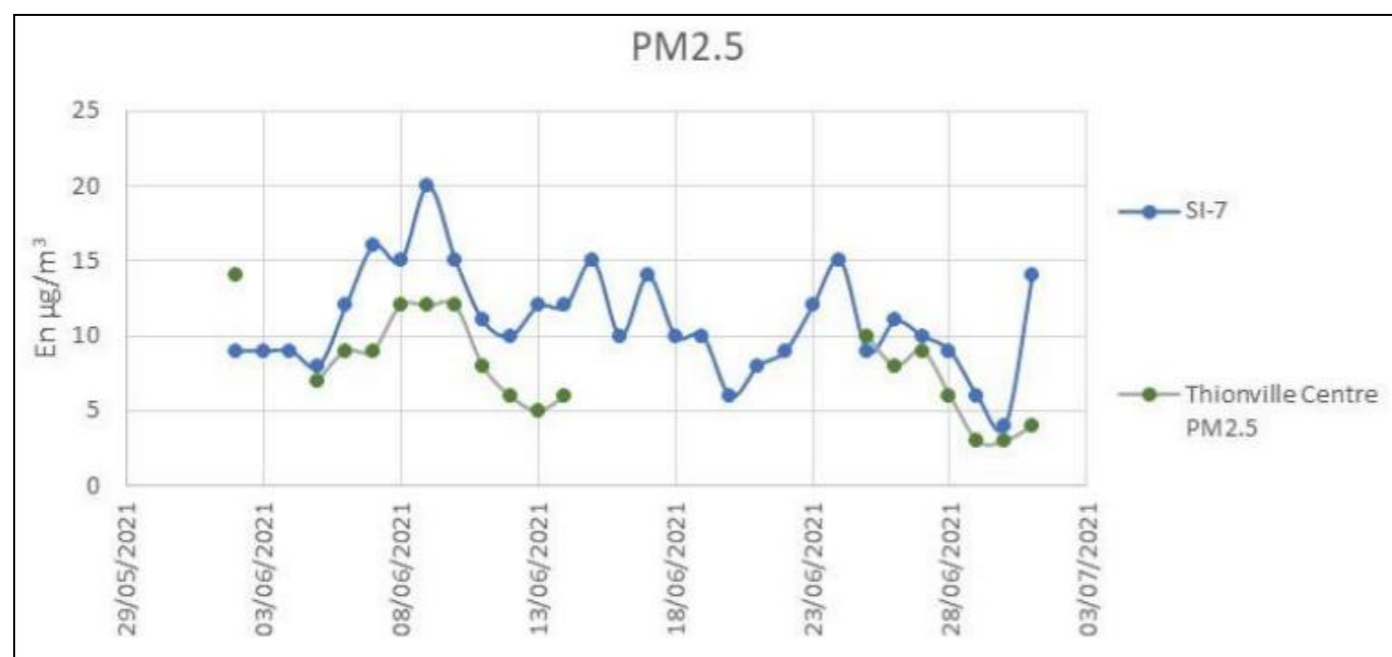


Figure 53 : Variations journalières des concentrations en PM_{2,5} du 02/06 au 01/07/2021

Les teneurs sur le site SI-1 en situation de trafic sont légèrement supérieures à SI-5 en situation de fond urbain. En effet le trafic routier n'est pas le premier contributeur en émissions particulaires, ce qui réduit l'influence du trafic sur la variabilité spatiale des concentrations.

Les valeurs limites prescrites par la réglementation et les objectifs de qualité sont respectés pour les PM₁₀ et PM_{2,5}, à l'exception du point de mesure dans Thionville-centre pour une seule période de relevés pour les PM₁₀.

		Point SI-1 Uckange	Point SI-5 Entrange	Point SI-7 Florange	Thionville centre	Valeur limite	Objectif de qualité
29/09 au 13/10/2020	Minimum	7	4		3,9	-	-
	Maximum	15	13		12,9	50	-
	Moyenne	11,3	8,2		8,5	40	30
14/10 au 28/10/2020	Minimum	4	4		0,0	-	-
	Maximum	30	29		29,2	50	-
	Moyenne	12,7	11,8		14,2	40	30
01/03 au 15/03/2021	Minimum	7	9		7	-	-
	Maximum	47	44		55	50	-
	Moyenne	22,1	20,5		22,7	40	30
16/03 au 30/03/2021	Minimum	9	8	10	9	-	-
	Maximum	33	30	38	26	50	-
	Moyenne	18,9	17,1	19,9	16,3	40	30
31/03 au 14/04/2021	Minimum			6	10	-	-
	Maximum			47	46	50	-
	Moyenne			19,1	18,7	40	30
02/06 au 16/06/2021	Minimum			14	16	-	-
	Maximum			26	30	50	-
	Moyenne			18,8	21	40	30
17/06 au 01/07/2021	Minimum			12	N.D.	-	-
	Maximum			25	N.D.	50	-
	Moyenne			19,1	N.D.	40	30
Global	Minimum	4	4	6	0,0	-	-
	Maximum	47	44	47	55,0	50	-
	Moyenne	16,2	14,4	19,2	16,8	40	30

* N.D. : non disponible, donnée insuffisante pour calculer une moyenne

Figure 54 : Concentrations minimales, maximales et moyennes en PM₁₀

		Point SI-1 Uckange	Point SI-5 Entrange	Point SI-7 Florange	Thionville centre	Valeur limite	Objectif de qualité
29/09 au 13/10/2020	Minimum	1	1		0,9	-	-
	Maximum	9	10		5,7	-	-
	Moyenne	4,7	5,3		3,1	25	10
14/10 au 28/10/2020	Minimum	3	0		0,0	-	-
	Maximum	15	13		14,5	-	-
	Moyenne	7,8	5,1		5,2	25	10
01/03 au 15/03/2021	Minimum	1	1		0	-	-
	Maximum	24	23		15	-	-
	Moyenne	10,8	9,7		6,6	25	10
16/03 au 30/03/2021	Minimum	5	2	5	2	-	-
	Maximum	19	14	20	12	-	-
	Moyenne	10,2	7,5	9,9	5,8	25	10
31/03 au 14/04/2021	Minimum			1	2	-	-
	Maximum			13	9	-	-
	Moyenne			6,6	4,8	25	10
02/06 au 16/06/2021	Minimum			8	5	-	-
	Maximum			20	14	-	-
	Moyenne			12,2	9,1	25	10
17/06 au 01/07/2021	Minimum			4	N.D.	-	-
	Maximum			15	N.D.	-	-
	Moyenne			9,8	N.D.	25	10
Global	Minimum	1	0	1		-	-
	Maximum	24	23	20		-	-
	Moyenne	8,4	6,9	9,6	5,3	25	10

* N.D. : non disponible, donnée insuffisante pour calculer une moyenne

Figure 55 : Concentrations minimales, maximales et moyennes en PM_{2,5}

Concernant les **concentrations en métaux**, les valeurs limites annuelles prescrites par la réglementation sont respectées.

Les teneurs en chrome sont similaires sur les deux typologies de sites. Les teneurs en nickel et arsenic sont légèrement supérieures à proximité du trafic routier. Les concentrations mesurées sont faibles.

En ng/m ³		Point SI-1	Point SI-5	Point SI-5	Valeurs de référence
		Uckange	Entrange	Florange	
29/09 au 14/10/2020	Chrome	2,3	1,99		-
	Nickel	0,79	0,76		20
	Arsenic	0,2	0,14		6
01/03 au 15/03/2021	Chrome	6,57	6,87		-
	Nickel	1,23	1,01		20
	Arsenic	0,23	0,16		6
16/03 au 30/03/2021	Chrome			1,87	-
	Nickel			0,72	20
	Arsenic			0,27	6
2/06 au 17/06/2021	Chrome			3,68	-
	Nickel			1,69	20
	Arsenic			0,3	6
Global	Chrome	4,44	4,43	2,78	-
	Nickel	1,01	0,89	1,21	20
	Arsenic	0,22	0,15	0,29	6

Figure 56 : Concentrations en métaux

Sur les **dix-huit HAP** mesurés, seul le benzo(a)pyrène fait l'objet de valeurs limites prescrites par la réglementation.

La valeur cible de 1ng/m³ est largement respectée sur les trois sites, avec un maximum de 0,17 ng/m³ sur SI-1 (proximité routière). Les concentrations sont faibles.

En ng/m ³	15/10 au 28/10/2020		16/03 au 30/03/2021		31/03 au 15/04/2021	17/06 au 02/07/2021	Global		
	Point SI-1	Point SI-5	Point SI-1	Point SI-5	Point SI-7	Point SI-7	Point SI-1	Point SI-5	Point SI-7
	Uckange	Entrange	Uckange	Entrange	Florange	Florange	Uckange	Entrange	Florange
Naphtalène	< 0,03	< 0,03	0,057	0,035	0,061	0,06	0,044	0,033	0,061
Acénaphthène	0,007	0,007	< 0,001	< 0,001	0,007	0,01	0,004	0,004	0,009
Chrysène	0,241	0,229	0,194	0,181	0,207	0,12	0,218	0,205	0,164
Benzo(a)Pérylène	0,182	0,143	0,246	0,207	0,155	0,04	0,214	0,175	0,098
Acénaphthylène	< 0,03	< 0,03	0,061	0,08	< 0,013	< 0,03	0,046	0,055	< 0,03
Benzo(e)pyrène	0,116	0,149	0,22	0,194	0,181	0,05	0,168	0,172	0,116
Fluorène	0,014	0,013	< 0,001	< 0,001	0,016	0,04	0,008	0,007	0,028
Phénanthrène	0,357	0,298	0,067	0,047	0,142	0,51	0,212	0,173	0,326
Anthracène	0,013	0,004	< 0,001	0,06	< 0,001	0,01	0,007	0,032	0,006
Fluoranthène	0,744	0,595	0,101	0,083	0,414	0,98	0,423	0,339	0,697
Pyrène	0,506	0,446	0,075	0,036	0,285	0,45	0,291	0,241	0,368
Benzo(a)anthracène *	0,122	0,122	0,101	0,066	0,142	0,03	0,112	0,094	0,086
Benzo(j)fluoranthène*	0,104	0,086	0,453	0,259	0,123	0,02	0,279	0,173	0,072
Benzo(k)fluoranthène*	0,098	0,086	0,126	0,098	0,107	0,04	0,112	0,092	0,074
Benzo(a)pyrène*	0,158	0,134	0,181	0,122	0,142	0,03	0,170	0,128	0,086
Dibenzo(ah)anthracène*	0,016	0,013	0,017	0,013	0,014	0	0,017	0,013	0,007
Indeno(123cd)pyrène*	0,015	< 0,003	0,113	0,126	0,027	0,03	0,064	0,065	0,029
Benzo(b)fluoranthène*	0,185	0,199	0,272	0,233	0,207	0,09	0,229	0,216	0,149
Σ 7 HAP max	0,698	0,643	1,263	0,917	0,762	0,24	0,981	0,780	0,880
Ratio B(a)P/Σ 7 HAP max	0,226	0,208	0,143	0,133	0,186	0,125	0,218	0,224	0,111

Figure 57 : Concentrations en HAP

2.8.3.10. Synthèse

L'état initial de la qualité de l'air a permis de mettre en avant la sensibilité du territoire vis-à-vis de la pollution routière et des enjeux locaux.

Les mesures in-situ et la revue bibliographique caractérisent les pollutions de fond rencontrées sur la zone d'étude. Cette étape importante permettra de traiter par la suite l'impact du projet sur une base contextualisée.

Ainsi, le tableau ci-après regroupe les concentrations de fond retenues des différents polluants, ainsi que les seuils limites réglementaires qui leur sont associés.

La réglementation évolue en droit européen (nouvelle directive 2024/2881 du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe) et la retranscription au droit français est attendu pour 2026. Le tableau présente donc également les valeurs limites issues de cette directive, pour le NO₂ et les PM_{2,5} et PM₁₀.

Polluants	Concentrations de fond	Paramètre	Seuils limites réglementaires	Réglementation de la directive 2024/2881	Recommandation 2021 de l'OMS
NO ₂	12,5 µg/m ³ (6,3 – 18,3 µg/m ³)	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	20 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	14,8 µg/m ³	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2,5}	6,2 µg/m ³	Moyenne annuelle	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³
Benzène	0,9 µg/m ³	Moyenne annuelle	5 µg/m ³	/	/
Arsenic	0,22 ng/m ³	Moyenne annuelle	6 ng/m ³	/	/
Chrome	3,9 ng/m ³	Moyenne annuelle	/	/	/
Nickel	1,04 ng/m ³	Moyenne annuelle	20 ng/m ³	/	/
Dioxyde de soufre	1,4 µg/m ³	Moyenne annuelle	50 µg/m ³	/	/
16 HAP :					
Benzo(a)pyrene	0,17 ng/m ³	Moyenne annuelle	1 ng/m ³	/	/
1,3 butadiène	0,08 µg/m ³	/	/	/	/
Acénaphthène	0,006 ng/m ³	/	/	/	/
Acénaphthylène	0,044 ng/m ³	/	/	/	/
Anthracène	0,015 ng/m ³	/	/	/	/
Benzo(a)anthracène	0,097 ng/m ³	/	/	/	/
Benzo(ghi)pérylène	0,162 ng/m ³	/	/	/	/
Chrysène	0,196 ng/m ³	/	/	/	/
Dibenzo(a,h)anthracène	0,012 ng/m ³	/	/	/	/
Fluorène	0,014 ng/m ³	/	/	/	/

Fluoranthène	0,486 ng/m ³	/	/	/	/
Indéno(1,2,3-cd)pyrene	0,053 ng/m ³	/	/	/	/
Phénanthrène	0,237 ng/m ³	/	/	/	/
Pyrène	0,3 ng/m ³	/	/	/	/
Benzo(j)fluoranthène	0,175 ng/m ³	/	/	/	/

Figure 58 : Concentrations de fond des polluants

La valeur limite réglementaire pour le NO₂ n'est pas dépassée. La future valeur limite issue de la directive 2024/2881 n'est pas dépassée non plus.

De même pour les PM_{2,5} et PM₁₀, les valeurs limites de la réglementation actuelle et future ne sont pas dépassées.

À noter que pour le NO₂, la teneur moyenne des fonds urbains a été sélectionnée. Cette concentration permet de caractériser l'ensemble de l'aire d'étude en majorant les teneurs hors zone urbaine.

Il en est de même pour les autres polluants.

Par ailleurs, parmi les HAP, seul le benzo(a)pyrène est réglementé.

A noter que les concentrations de fond du NO₂ et des PM_{2,5} dépassent les recommandations de l'OMS. Pour les PM₁₀, la concentration de fond est inférieure de 0,2 µg/m³ à la recommandation de l'OMS.

Synthèse de la qualité de l'air

Dans l'ensemble, dans le secteur Nord, les niveaux de NO₂ sont en baisse et la valeur limite réglementaire n'est pas dépassée.

La réglementation et les objectifs de qualité pour les PM₁₀ et PM_{2,5} sont respectés. Il en est de même pour le benzène et les teneurs particulières.

Par ailleurs, les seuils limites issues de la directive 2024/2881, dont la retranscription au droit français est prévue pour 2026, ne sont pas dépassés pour le NO₂ et les PM₁₀ et PM_{2,5}, à l'exception du point de mesure dans Thionville-centre pour les PM10 pour une seule période.

Les concentrations de fond sont retenues à partir des résultats moyennes des campagnes de mesures et des concentrations moyennes relevées par les stations ATMO. Cette étape importante permettra de traiter par la suite l'impact du projet sur une base contextualisée.

Toutefois, le contexte autoroutier implique que le territoire est sensible à la pollution routière et aux enjeux locaux.

L'enjeu de la qualité de l'air est qualifié de fort.

2.9. Les concentrations de fond des polluants

La pollution de fond à laquelle est exposée la population est ajoutée aux concentrations modélisées afin de caractériser l'exposition réelle des riverains. La pollution de fond est déterminée à partir des campagnes de mesures réalisées et de l'état initial décrits dans la partie précédente.

Tableau 3 : Concentrations de fond

Polluants	Concentrations
Dioxyde d'azote	12,5 µg/m ³
Monoxyde de carbone	360 µg/m ³
PM₁₀	14,8 µg/m ³
PM_{2,5}	6,2 µg/m ³
Benzène	0,9 µg/m ³
Dioxyde de soufre	1,4 µg/m ³
Arsenic	0,22 ng/m ³
Nickel	1,04 ng/m ³
Chrome	3,9 ng/m ³
<u>16 HAP:</u>	
Benzo(a)pyrene	0,17 ng/m ³
1,3 butadiène	0,08 µg/m ³
Acénaphène	0,006 ng/m ³
Acénaphylène	0,044 ng/m ³
Anthracène	0,015 ng/m ³
Benzo(a)anthracène	0,097 ng/m ³
Benzo(ghi)pérylène	0,162 ng/m ³
Chrysène	0,196 ng/m ³
Dibenzo(a,h)anthracène	0,012 ng/m ³
Fluorène	0,014 ng/m ³
Fluoranthène	0,486 ng/m ³
Indéno(1,2,3-cd)pyrene	0,053 ng/m ³
Phénanthrène	0,237 ng/m ³
Pyrène	0,3 ng/m ³
Benzo(j)fluoranthène	0,175 ng/m ³

3. Calcul des émissions

3.1. Scénarios modélisés

Cinq scénarios sont modélisés :

- La situation actuelle,
- Les situations au fil de l'eau (sans projet) en 2030 et en 2050,
- Les situations avec projet en 2030 et en 2050.

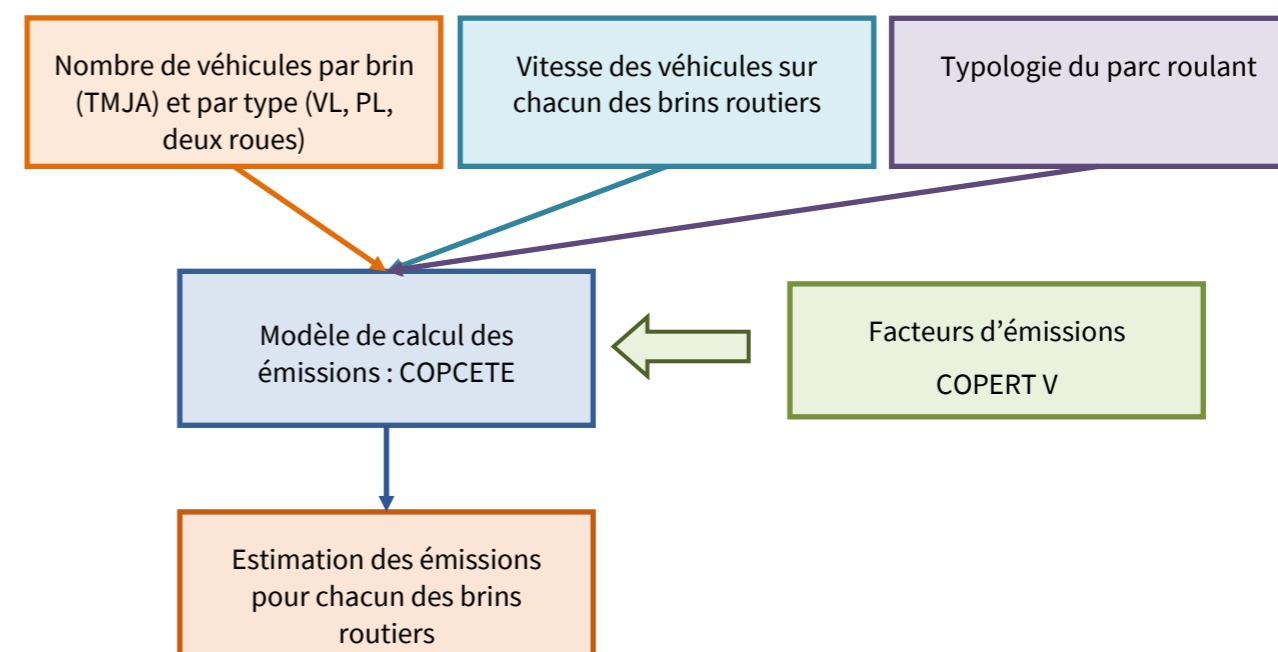
3.2. Méthodologie de calcul des émissions

Le calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique est réalisé à partir du logiciel **COPCETE** conçu par le CEREMA. Cet outil de calcul intègre la méthodologie **COPERT V** issue de la recherche européenne (European Environment Agency). La méthodologie COPERT est basée sur l'utilisation de facteurs d'émission qui traduisent en émissions et consommation de carburant l'activité automobile à partir de données qualitatives (vitesse de circulation, type de véhicule, durée de parcours...).

La méthode intègre plusieurs types d'émissions :

- Les émissions à chaud produites lorsque les « organes » du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement. Elles dépendent directement de la vitesse du véhicule ;
- Les émissions à froid produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les « organes » du véhicule (moteur et dispositif de traitement des gaz d'échappement), sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. Elles sont calculées comme des surémissions par rapport aux émissions « attendues » si tous les organes du véhicule avaient atteint leur température de fonctionnement (les émissions à chaud) ;
- Les surémissions liées à l'usure des équipements ;
- Les surémissions liées à la pente, pour les poids-lourds ;
- Les surémissions liées à la charge des poids-lourds.

Figure 59 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier



Pour la modélisation avec un maillage de 25 m, autour de la tête de tunnel sud qui est une zone à enjeu, les émissions de dioxyde d'azote et de PM₁₀ sont calculées avec la dernière version de CopCerema (outil développé par le CEREMA).

4. Bilan des émissions

Résumé

Les émissions polluantes croissent avec la mise en place du projet. Ce constat découle directement de l'augmentation du trafic du fait de l'attractivité du projet. Cette hausse est de l'ordre de 10 %.

4.1. Bilan énergétique

La consommation énergétique diminue entre la situation actuelle et la situation de référence du fait de l'augmentation de la proportion de véhicules électriques en 2030 et 2050. Cependant, le projet entraîne une augmentation de la consommation énergétique de 8,1% en 2030 et de 10,2% en 2050. Cette augmentation est due à l'augmentation du nombre de kilomètres parcourus en situation de projet (2030 et 2050).

Tableau 4 : Variation de la consommation énergétique

		Consommation TEP/jour	Impact	
2022	Actuel	335,3	-	
2030	Référence	321,7	-4,1%	/ Actuel
	Projet	347,7	8,1%	/ Référence
2050	Référence	272,0	-18,9%	/ Actuel
	Projet	299,8	10,2%	/ Référence

4.2. Bilan des émissions de polluants

Le tableau suivant présente les émissions de polluants par scénario.

Pour obtenir les émissions de PM_{2,5}, un ratio de 0,5 est appliqué aux émissions de PM₁₀. Ce ratio est calculé à partir des résultats de mesures in-situ.

De manière générale, les émissions de polluants augmentent dans la zone d'étude, en situation de projet, par rapport aux situations de référence 2030 et 2050, mais diminuent par rapport à la situation actuelle.

Ces variations diffèrent selon les polluants.

L'augmentation globale des émissions par rapport aux situations de référence s'explique par :

- La hausse du nombre de kilomètres parcourus en situation de projet,
- le choix d'itinéraire réalisé par les usagers, qui empruntent le réseau autoroutier, plutôt que le réseau secondaire, en situation de projet.

Tableau 5 : Émissions de polluants par scénario

Polluants	Unité	Actuel	Référence 2030	Projet 2030	Impact 2030	Référence 2050	Projet 2050	Impact 2050
CO₂	tonne	1050,31	1003,93	1085,14	8,09%	841,83	927,56	10,18%
CO	tonne	5,20	4,28	4,72	10,38%	2,36	2,70	14,64%
NOx	tonne	2,89	1,48	1,61	8,10%	0,82	0,91	11,68%
COV	kg	504,41	439,50	480,75	9,38%	476,91	525,32	10,15%
Benzène	kg	6,23	5,96	6,44	8,09%	4,97	5,48	10,19%
PM₁₀	kg	0,22	0,24	0,26	7,62%	0,24	0,27	10,09%
PM_{2,5}	kg	0,11	0,12	0,13	8,3%	0,12	0,14	16,6%
SO₂	kg	3,36	3,50	3,76	7,47%	3,10	3,40	9,84%
Pb	g	0,22	0,24	0,26	7,62%	0,24	0,27	10,09%
Cd	g	3,36	3,50	3,76	7,47%	3,10	3,40	9,84%
CH₄	kg	25,67	26,41	28,28	7,07%	23,17	25,50	10,03%
COVNM	kg	219,14	158,00	171,45	8,51%	75,71	85,11	12,42%
NH₃	kg	41,04	56,65	61,19	8,01%	118,21	132,32	11,94%
HAP	g	25,79	21,31	23,00	7,93%	12,54	13,80	9,99%
Chrome	g	26,39	27,49	29,56	7,54%	26,79	29,37	9,64%
Nickel	g	23,31	24,27	26,08	7,44%	21,38	23,48	9,84%
Zinc	g	245,23	253,57	271,97	7,26%	201,21	221,29	9,98%
Arsenic	g	0,29	0,31	0,33	7,89%	0,34	0,38	9,59%
1,3-butadiène	kg	2,43	1,77	1,92	8,54%	0,85	0,95	11,49%
Benzo(a)pyrène	g	6,64	6,06	6,46	6,66%	4,21	4,60	9,09%

5. Modélisation de la dispersion atmosphérique

5.1. Présentation générale du modèle utilisé

Le logiciel utilisé pour réaliser la modélisation sur l'ensemble de la zone d'étude est ARIA Impact 1.8 distribué par ARIA Technologies. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéaires ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. ARIA Impact ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants tels que l'ozone.

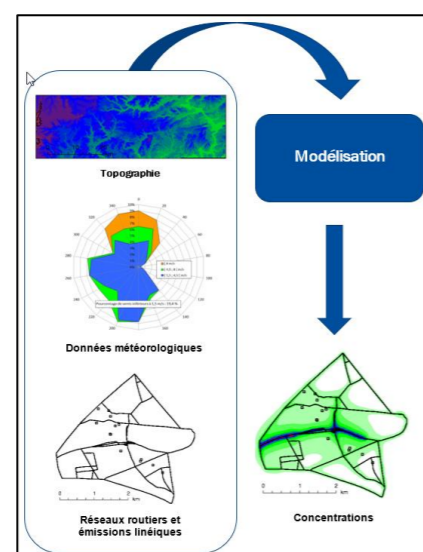
5.2. Mise en œuvre des simulations

Les simulations sur l'ensemble de la zone mises en œuvre ont considéré :

- Les vents calmes,
- Un modèle de dispersion de Pasquill (modèle standard),
- La topographie de la zone d'étude,
- Un dépôt sec sur le sol et une vitesse de chute due à la gravité des polluants pouvant s'assimiler à des particules (poussières), conduisant à un appauvrissement du panache de particules. La vitesse de chute est calculée avec pour hypothèse un diamètre de particules de 10 microns pour les poussières (PM10). Cette hypothèse a tendance à sous-estimer très légèrement les concentrations des particules dans l'air, notamment dans le cas de particules émises par le trafic automobile (particules de diamètre inférieur à 2,5 microns).

A partir de la rose des vents annuelle, le logiciel fournit les concentrations en moyennes annuelles représentatives de l'exposition à long terme, ainsi que les concentrations en percentile 100 représentatives de l'exposition aiguë de la population.

Figure 60 : Schéma du principe de modélisation



5.3. Résultats

5.3.1. Concentrations modélisées

Le tableau ci-après présente les résultats modélisés des concentrations des principaux polluants sur l'ensemble de l'aire d'étude en concentrations maximales et médianes.

Il en ressort que :

- Les concentrations de polluants respectent la réglementation en vigueur, à l'exception des concentrations maximales de NO₂ et de PM₁₀ en situation de projet 2030 et 2050 qui dépassent la valeur limite de 40 µg/m³ au niveau de la tête sud du tunnel, mais en dehors des zones d'habitations
- Seules les concentrations maximales des polluants augmentent avec la situation de projet 2050. Les valeurs médianes restent en effet constantes.
- Les concentrations maximales de NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5} dépassent les valeurs limites de la nouvelle réglementation européenne. Ces valeurs maximales sont localisées au niveau des têtes de tunnel.

En effet, en situation de projet 2030 et 2050, les valeurs limites des NO₂ sont dépassées au niveau de la tête de tunnel sud (en dehors des zones d'habitation). Pour évaluer l'exposition de la population localisée à proximité de la tête de tunnel sud, une modélisation de la dispersion du dioxyde d'azote et des PM₁₀ avec un maillage à 25 m est réalisée sur une zone de 500 m autour de la tête de tunnel sud (voir partie suivante). Il a été démontré que la population à proximité immédiate de la tête de tunnel sud est exposée à des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ largement en-dessous des valeurs limites de concentrations.

La réglementation évolue en droit européen (nouvelle directive 2024/2881 du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe) et la retranscription au droit français est attendue pour 2026. Toutefois, le maître d'ouvrage souhaite d'ores et déjà considérer les effets de cette nouvelle directive.

Tableau 6 : Synthèse des concentrations maximales des polluants par scénario

	Type de valeur	Situation actuelle	Référence 2030	Projet 2030	Référence 2050	Projet 2050	Réglementation	Réglementation de la directive 2024/2881
Benzène (µg/m³)	Maximale	1,1	1,1	1,3	1,0	1,1	Objectif de qualité : 2	Objectif de qualité : 1,7
	Médiane	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
SO ₂ (µg/m³)	Maximale	1,5	1,5	1,7	1,5	1,7	Objectif de qualité (moyenne annuelle) : 50	-
	Médiane	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		
CO (µg/m³)	Maximale	480,9	386,6	565,6	439,9	501,9	Valeur limite : 10 000	-
	Médiane	361,4	360,4	361,2	360,6	360,7		
Nickel (ng/m³)	Maximale	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Valeur cible : 20	-
	Médiane	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
NO ₂ (µg/m³)	Maximale	38,9	28,2	117,1	22,7	86,6	Valeur limite : 40	Valeur limite : 20
	Médiane	13,1	12,8	12,8	12,7	12,7		
PM ₁₀ (µg/m³)	Maximale	23,7	22,2	52,2	22,9	49,5	Valeur limite : 40	Valeur limite : 20
	Médiane	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	Objectif de qualité : 30	
PM _{2,5} (µg/m³)	Maximale	11,9	11,1	24,9	11,5	23,6	Valeur limite : 25	Valeur limite : 10
	Médiane	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	Objectif de qualité : 10	
NMCOV (µg/m³)	Maximale	4,3	8,4	7,1	1,7	4,4	-	-
	Médiane	0,06	0,12	0,05	0,02	0,02		
Naphtalène (ng/m³)	Maximale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
	Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Benzo(a)pyrène (ng/m³)	Maximale	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	Valeur limite : 1	-
	Médiane	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17		
1,3-butadiène (µg/m³)	Maximale	0,05	0,03	0,09	0,02	0,05	-	-
	Médiane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Arsenic (ng/m³)	Maximale	0,23	0,23	0,24	0,23	0,24	Valeur cible : 6	-
	Médiane	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22		

5.3.3. Cartographies des concentrations

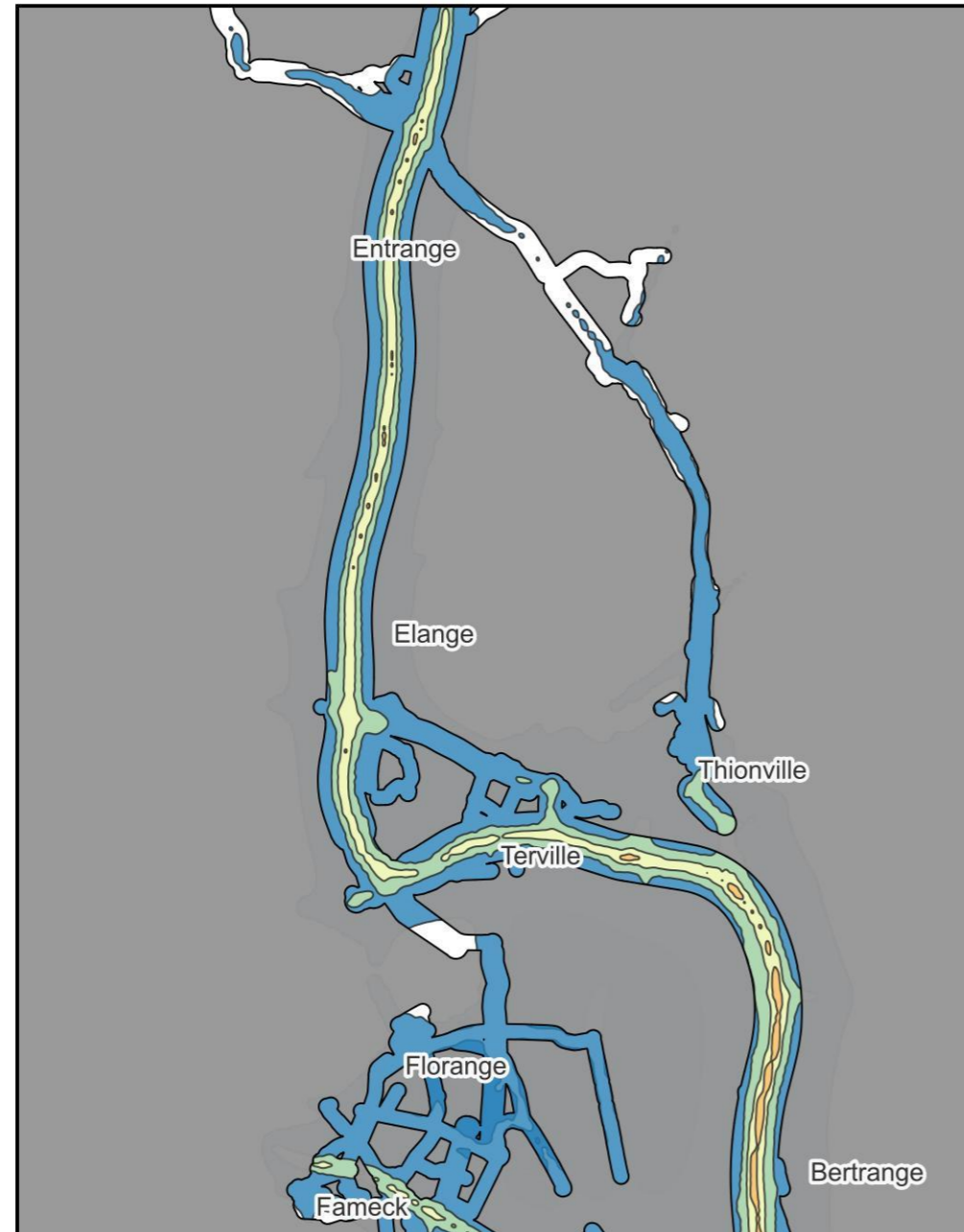
Les cartes suivantes présentent les répartitions spatiales des teneurs en NO₂ et en PM₁₀ pour la situation actuelle, les situations de référence 2030 et 2050 et les situations avec projet 2030 et 2050. Des cartes de variations entre les situations avec et sans projet sont présentées en vis-à-vis pour observer les impacts du projet.

A noter que la recommandation de l’OMS pour le NO₂ (10 µg/m³) est dépassée sur l’ensemble de la zone d’étude. En effet la concentration de fond prise pour l’étude (12,5 µg/m³) contribue à elle seule au dépassement de la recommandation de l’OMS.

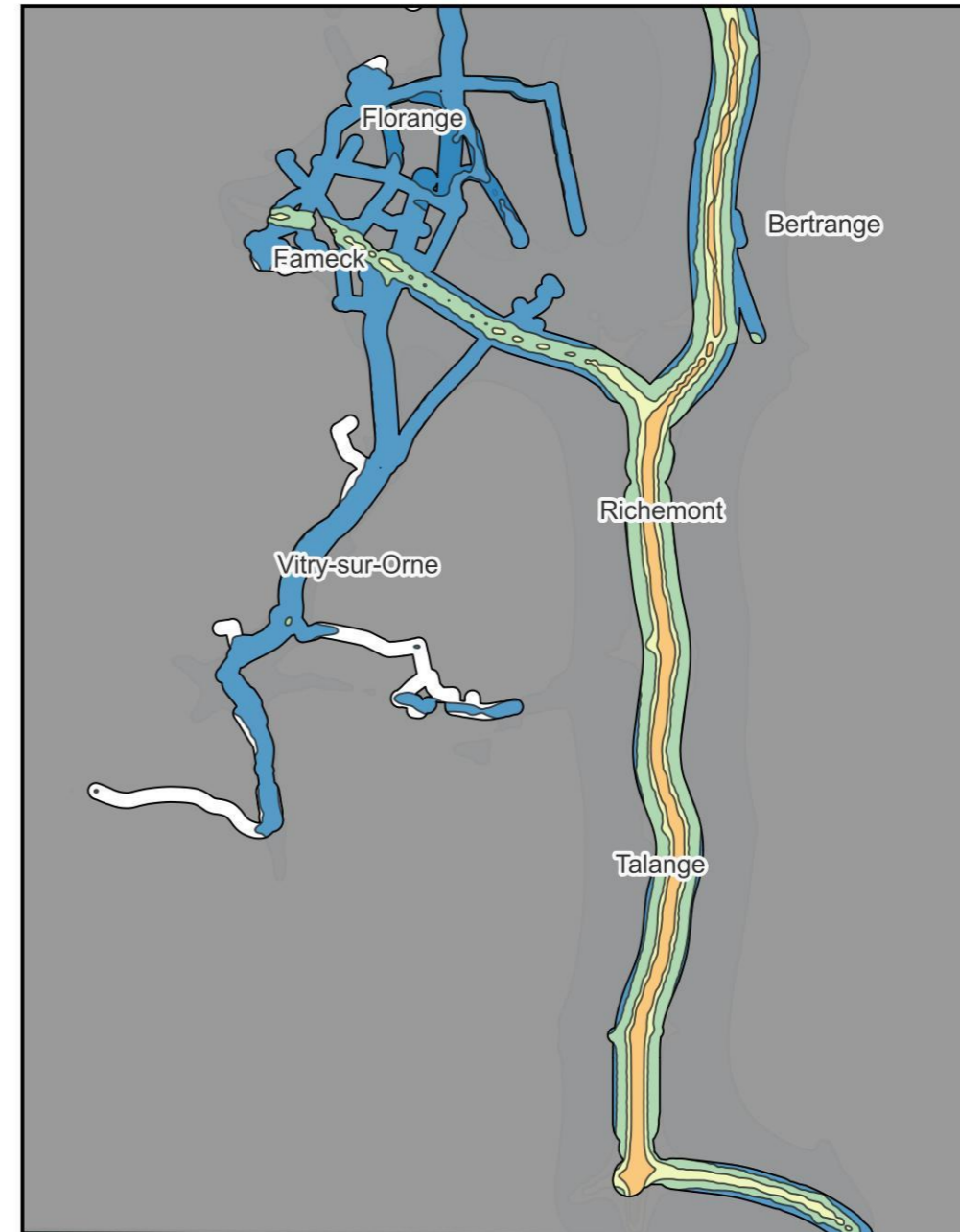
Pour les PM₁₀, la concentration de fond prise en compte pour l’étude (14,8 µg/m³) est déjà très proche de la recommandation de l’OMS (15 µg/m³). De ce fait, les concentrations de PM₁₀ de la quasi-totalité de la zone d’étude dépassent la recommandation de l’OMS.

Concentration de NO2 en situation actuelle

Partie nord

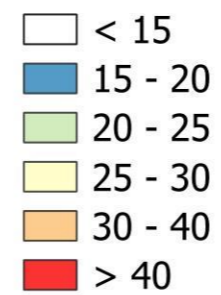


Partie sud



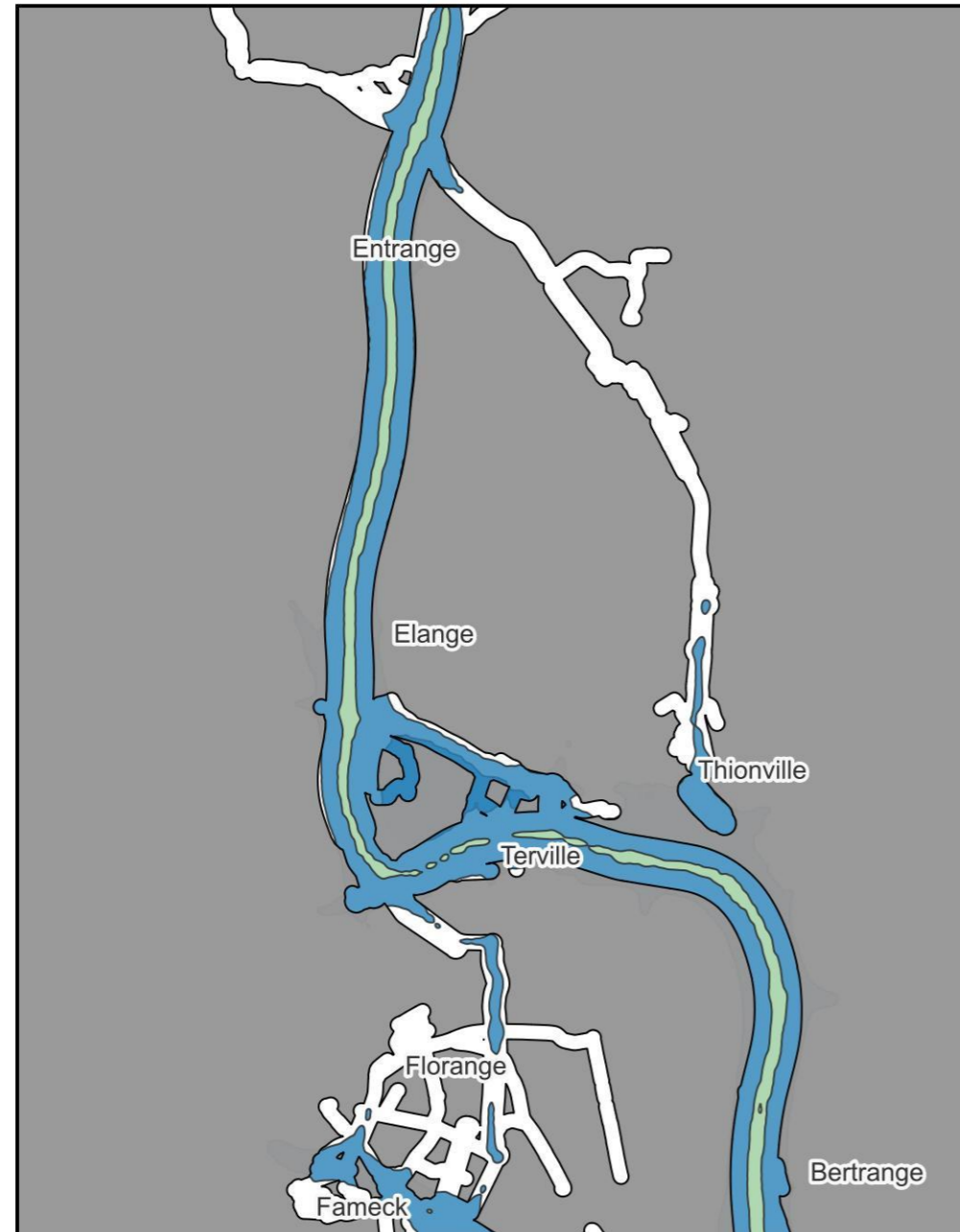
□ Zone d'étude

Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

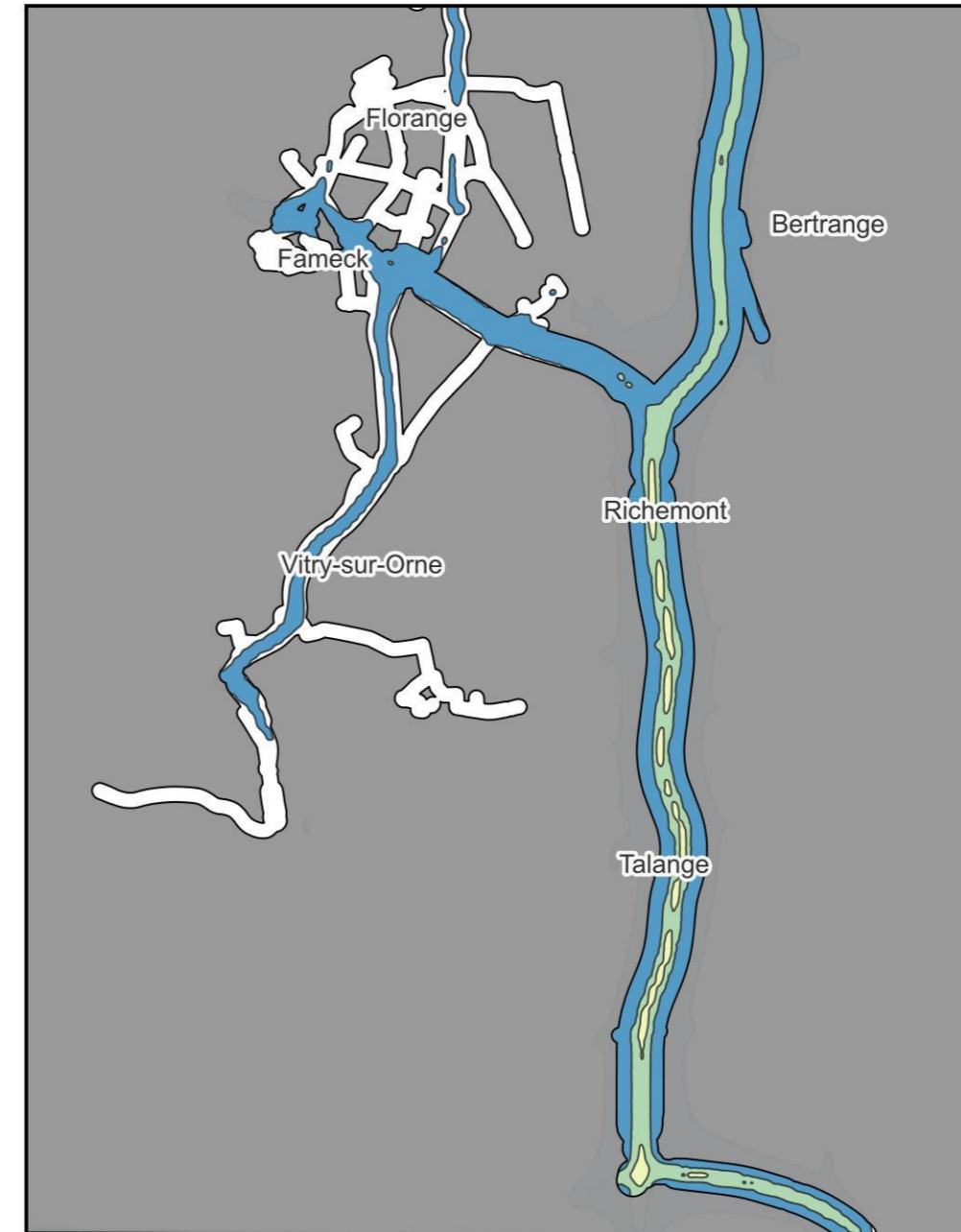


Concentration de NO2 en situation sans projet 2030

Partie nord

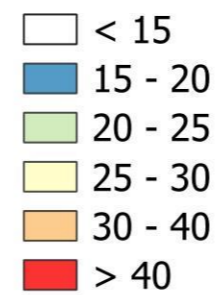


Partie sud



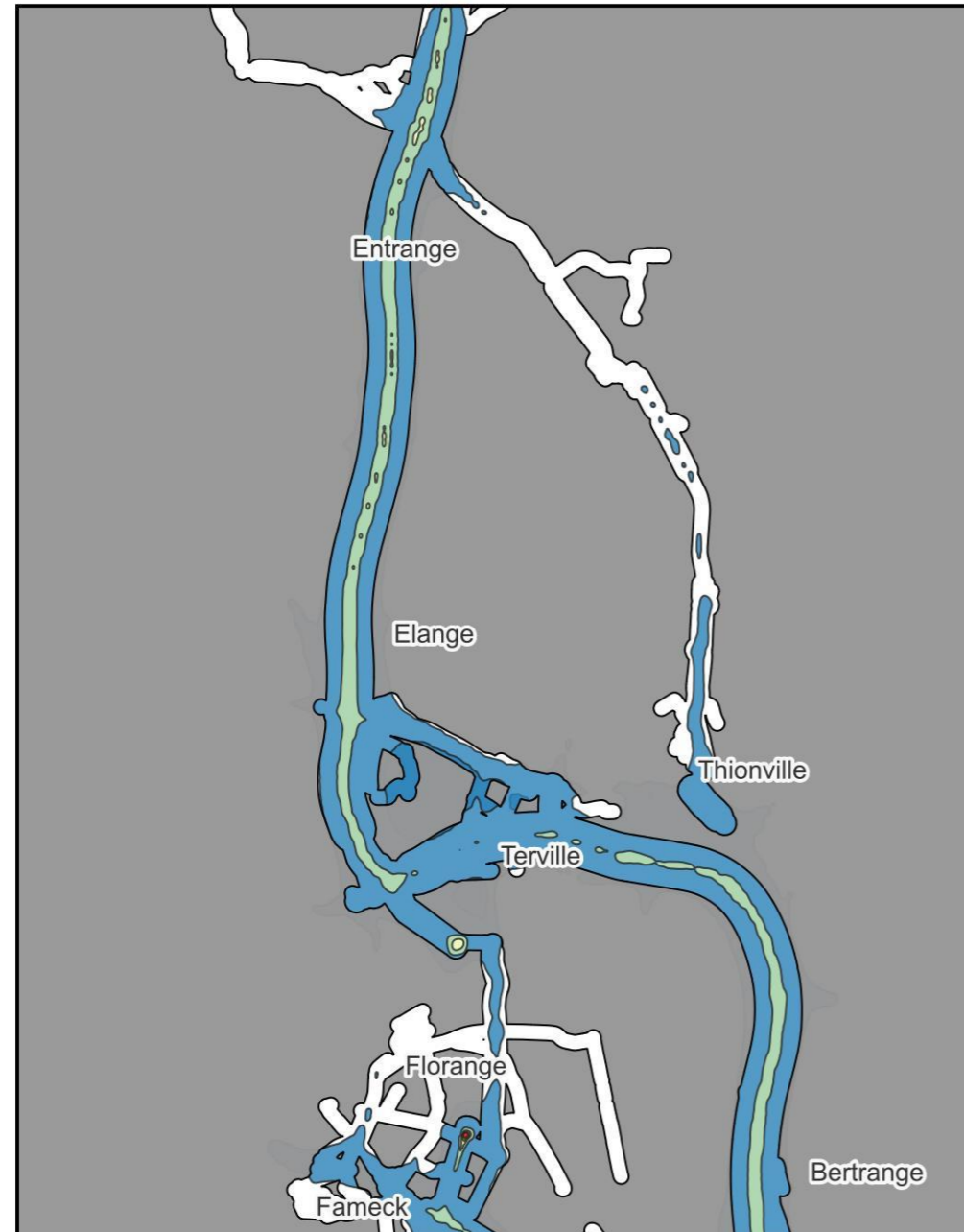
□ Zone d'étude

Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

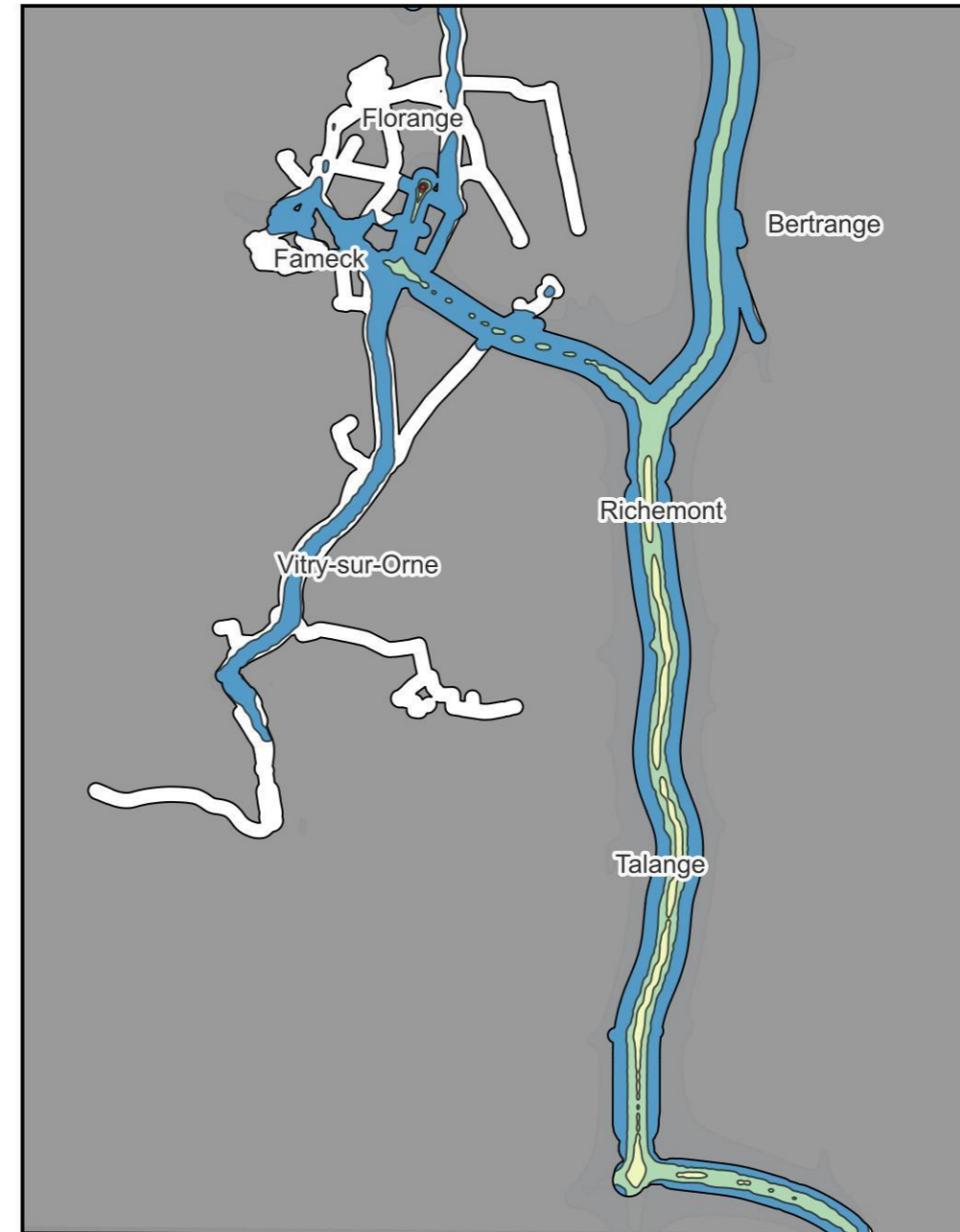


Concentration de NO2 en situation avec projet 2030

Partie nord

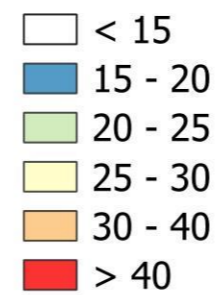


Partie sud



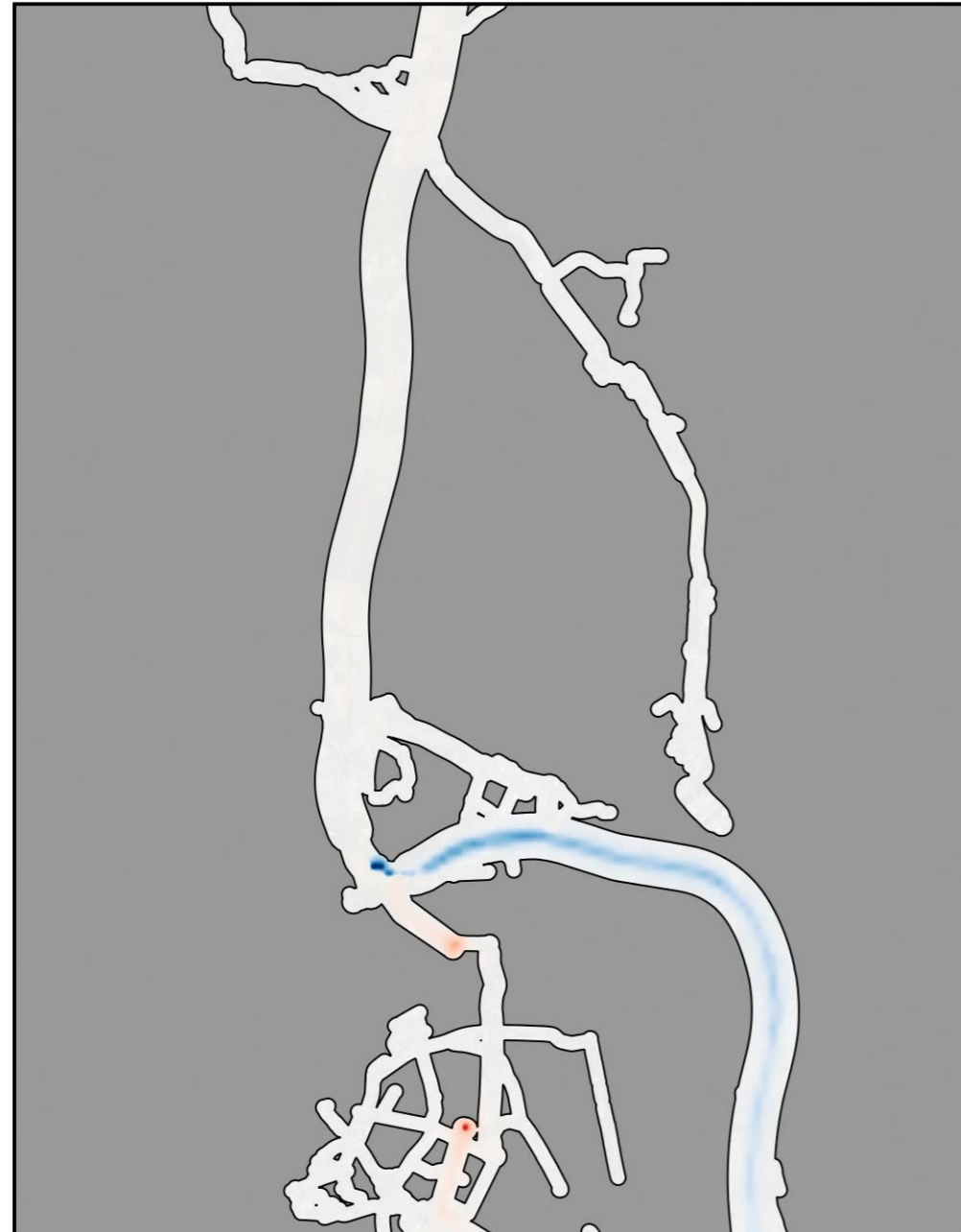
□ Zone d'étude

Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Variation de concentration de NO₂ entre les situations avec et sans projet 2030

Partie nord

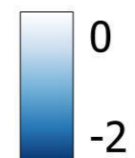


Partie sud

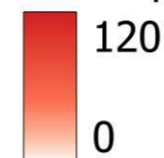


□ Zone d'étude

Variation de concentration
de NO₂
en µg/m³



Variation de concentration
de NO₂
en µg/m³

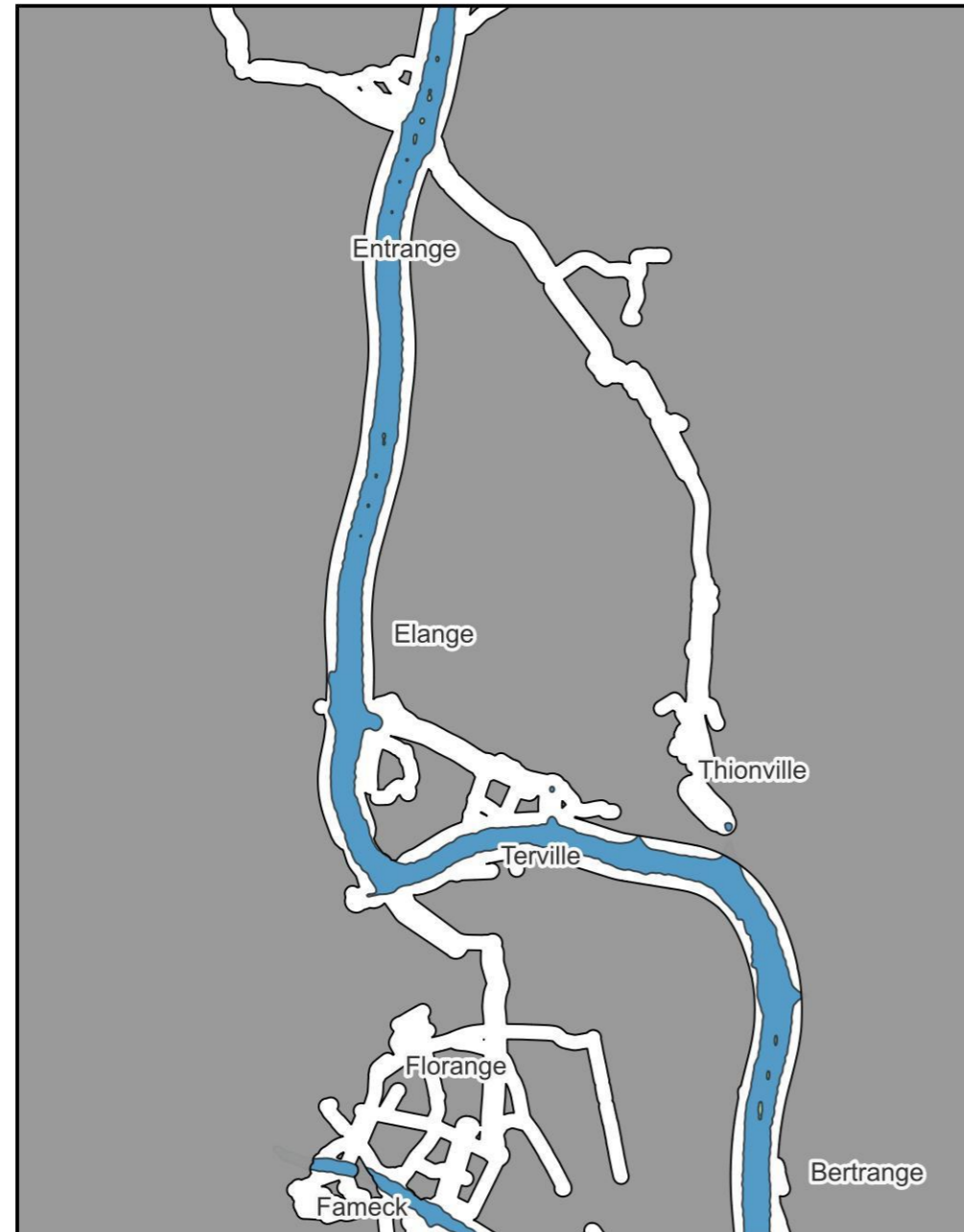


0 3 6 km

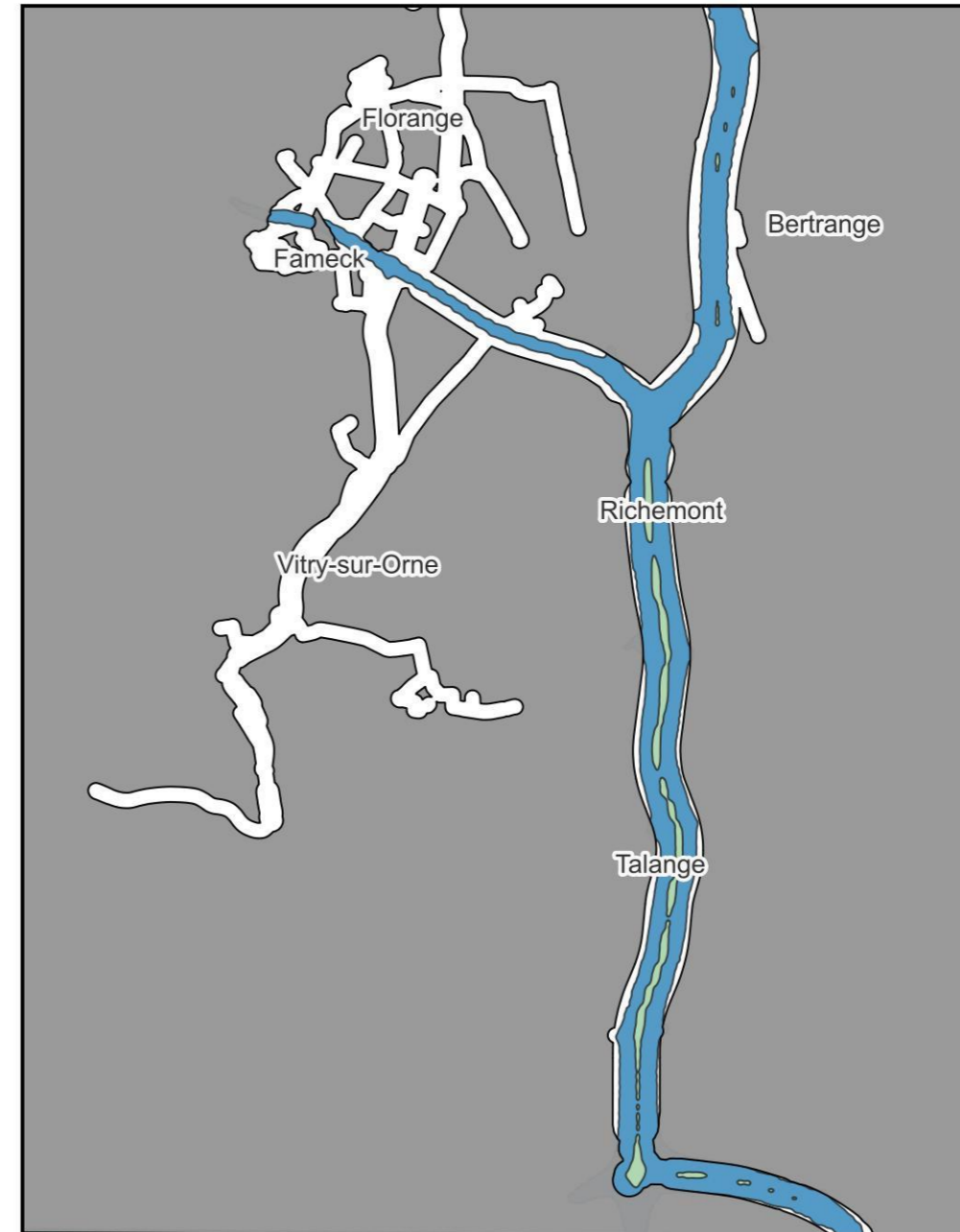


Concentration de NO2 en situation sans projet 2050

Partie nord

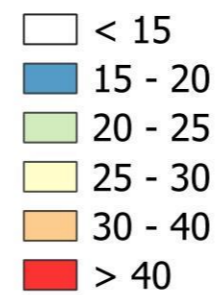


Partie sud



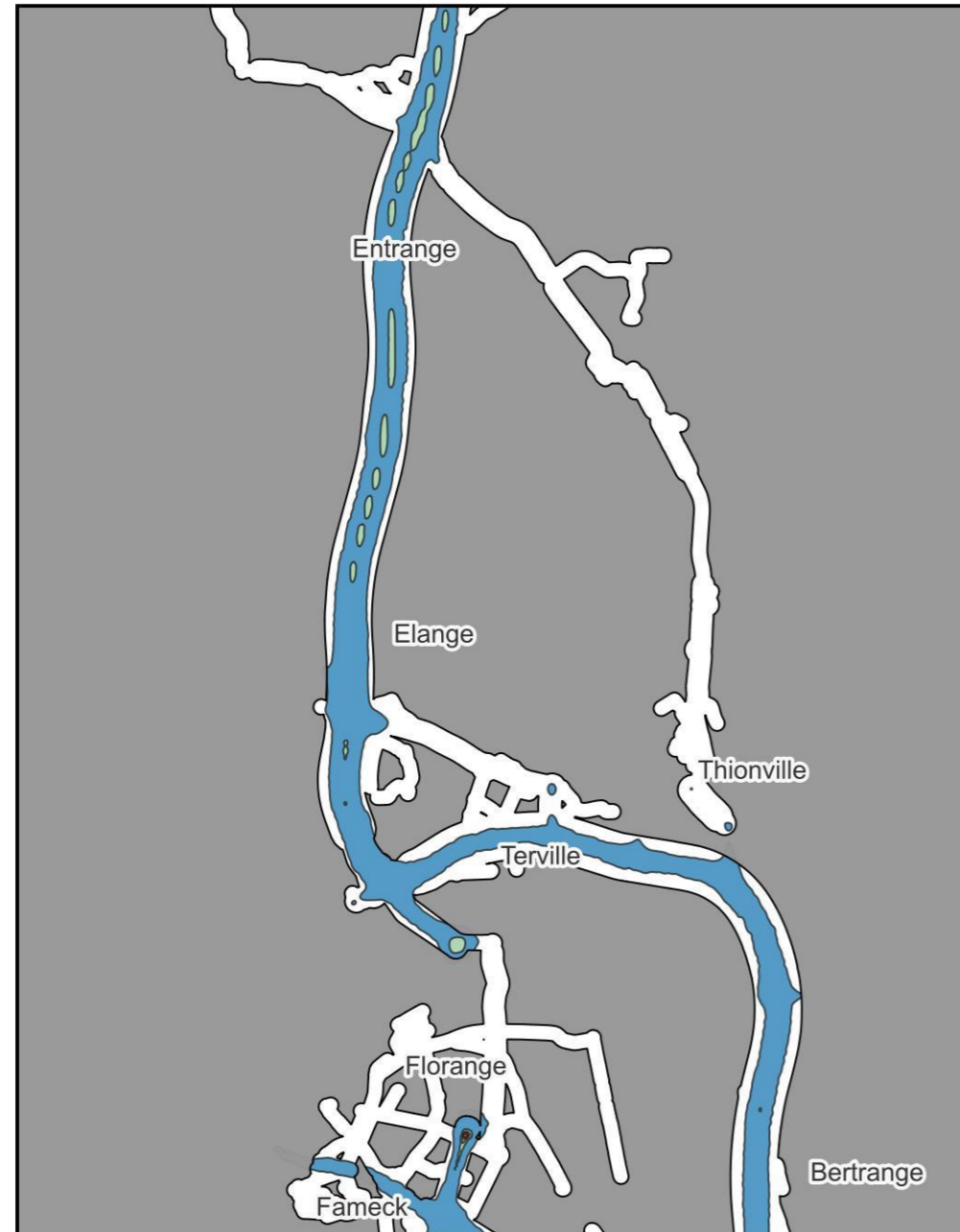
□ Zone d'étude

Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

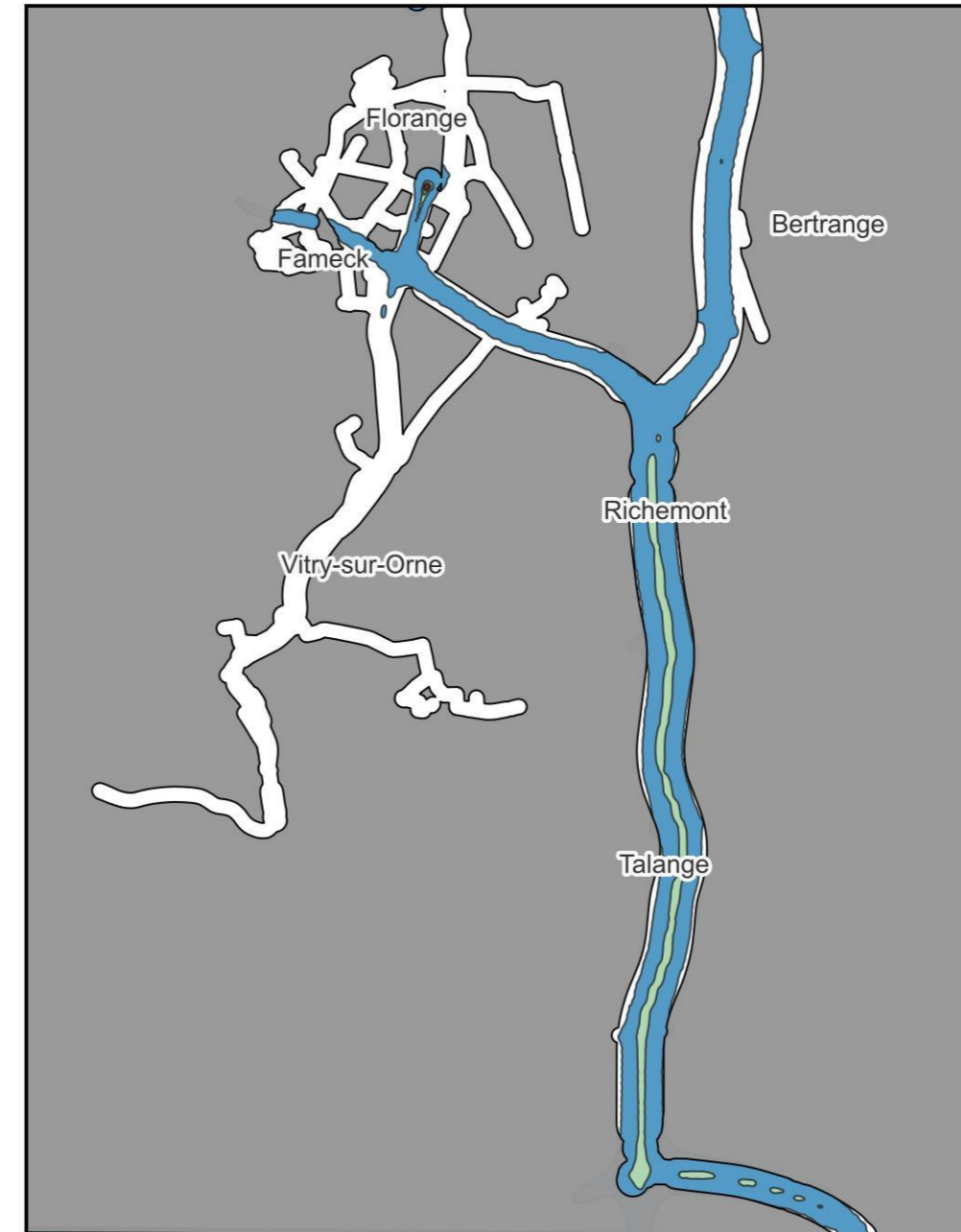


Concentration de NO2 en situation avec projet 2050

Partie nord

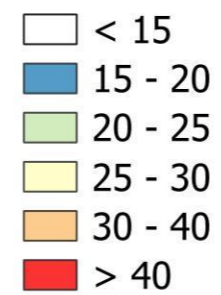


Partie sud



□ Zone d'étude

Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Variation de concentration de NO₂ entre les situations avec et sans projet 2050

Partie nord



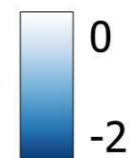
Partie sud



□ Zone d'étude

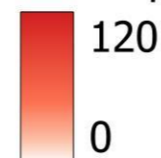
Variation de concentration
de NO₂

en µg/m³



Variation de concentration
de NO₂

en µg/m³

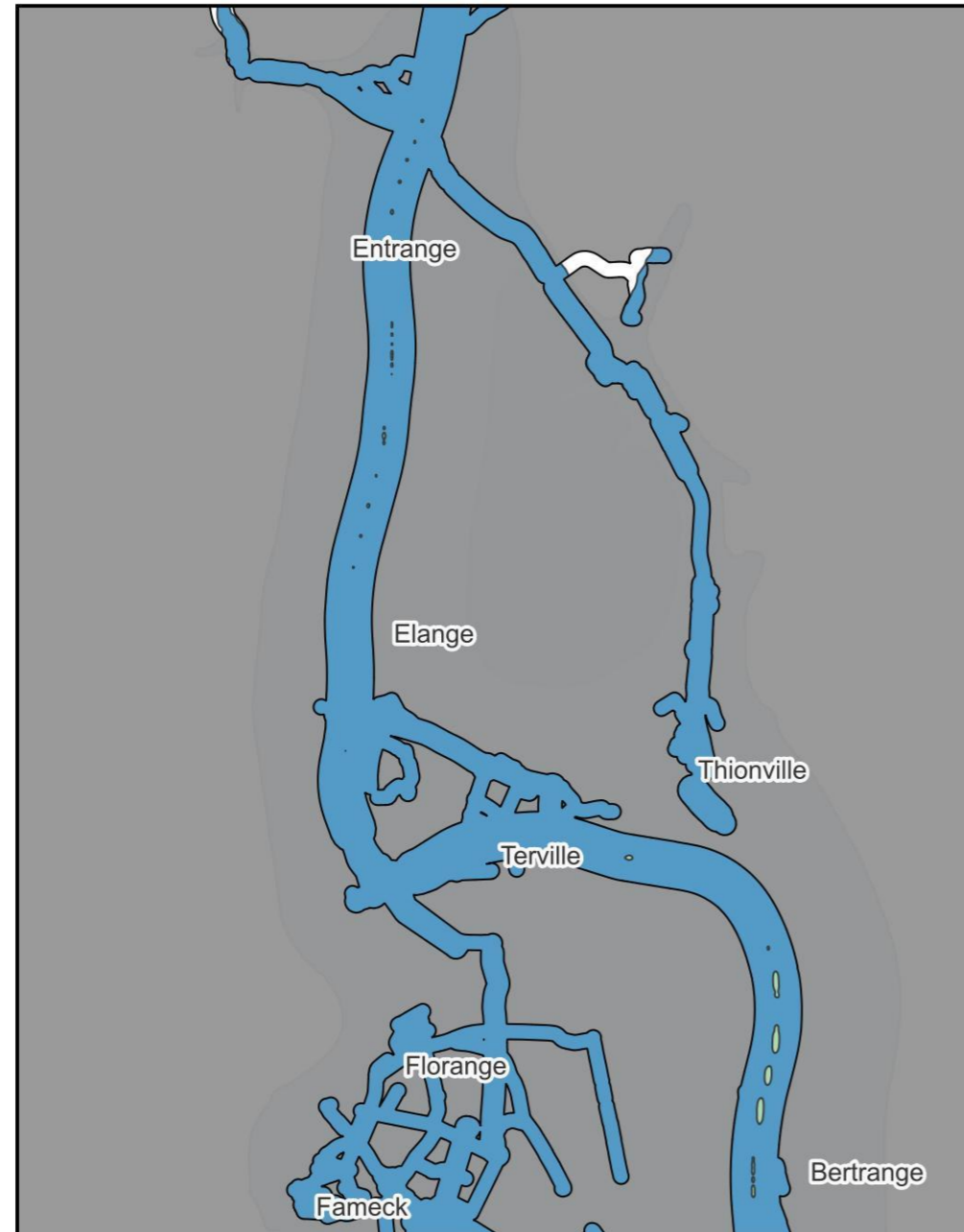


0 3 6 km

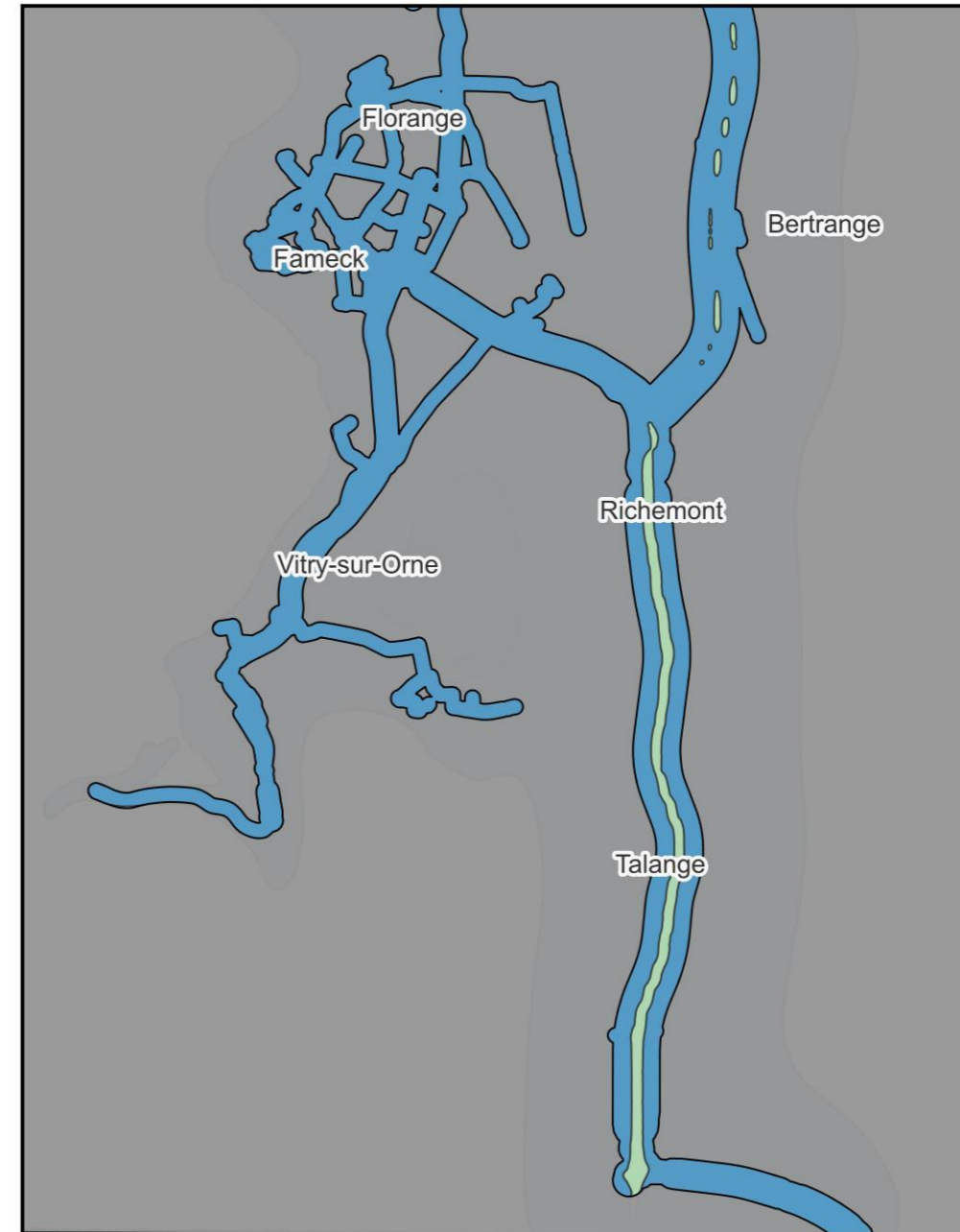


Concentration de PM10 en situation actuelle

Partie nord

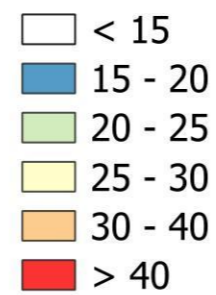


Partie sud



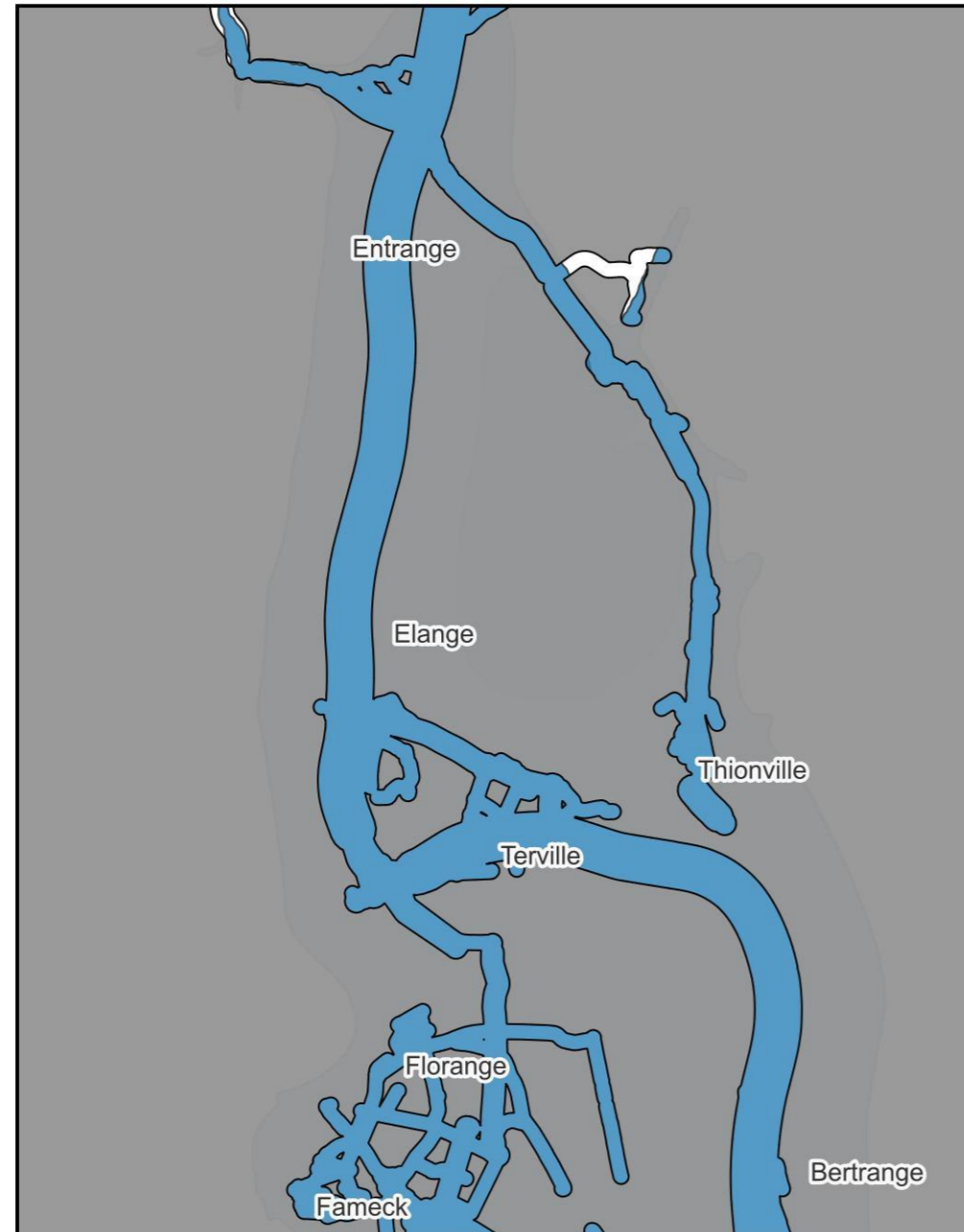
□ Zone d'étude

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

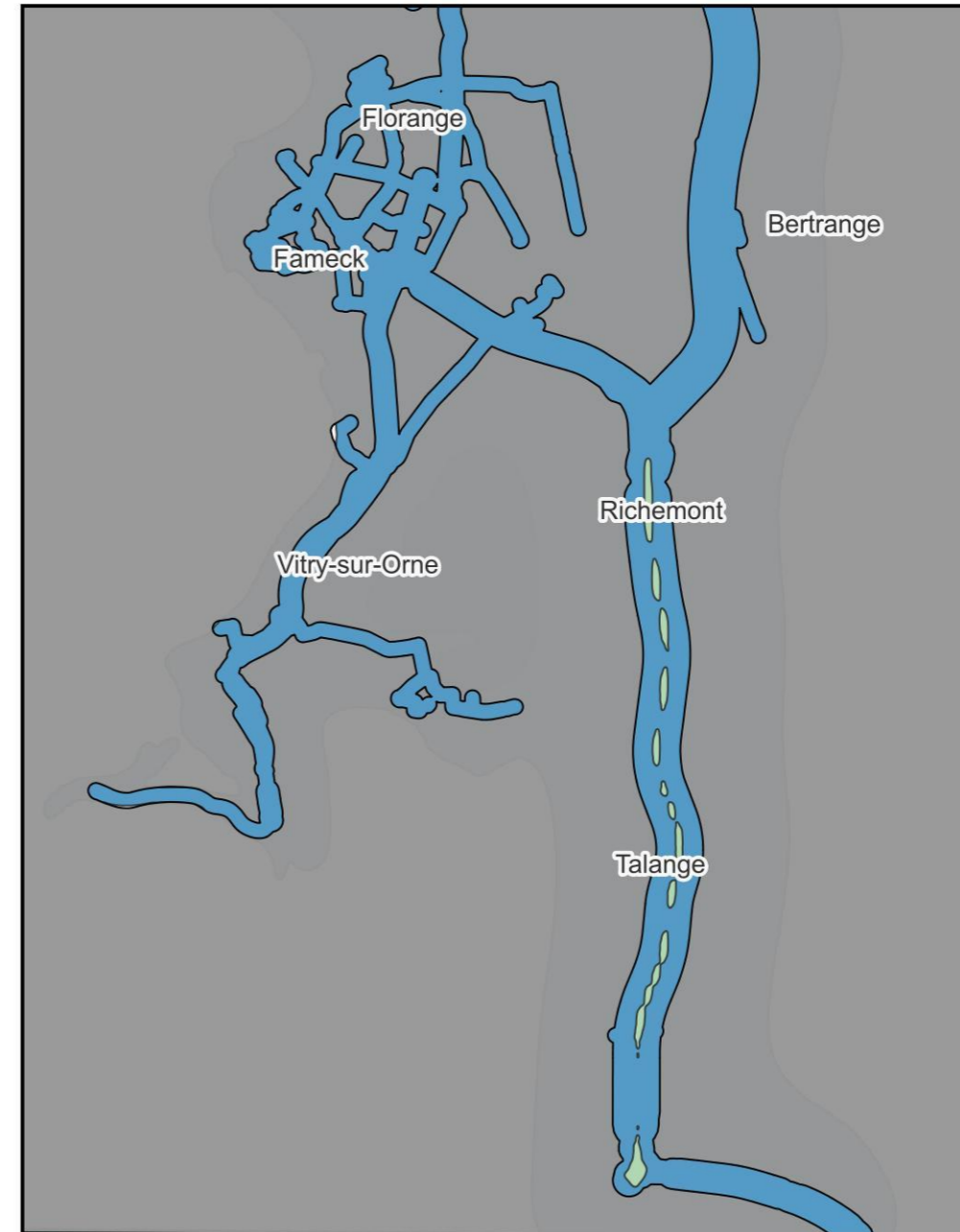


Concentration de PM10 en situation sans projet 2030

Partie nord

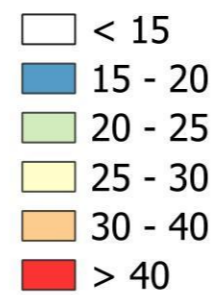


Partie sud



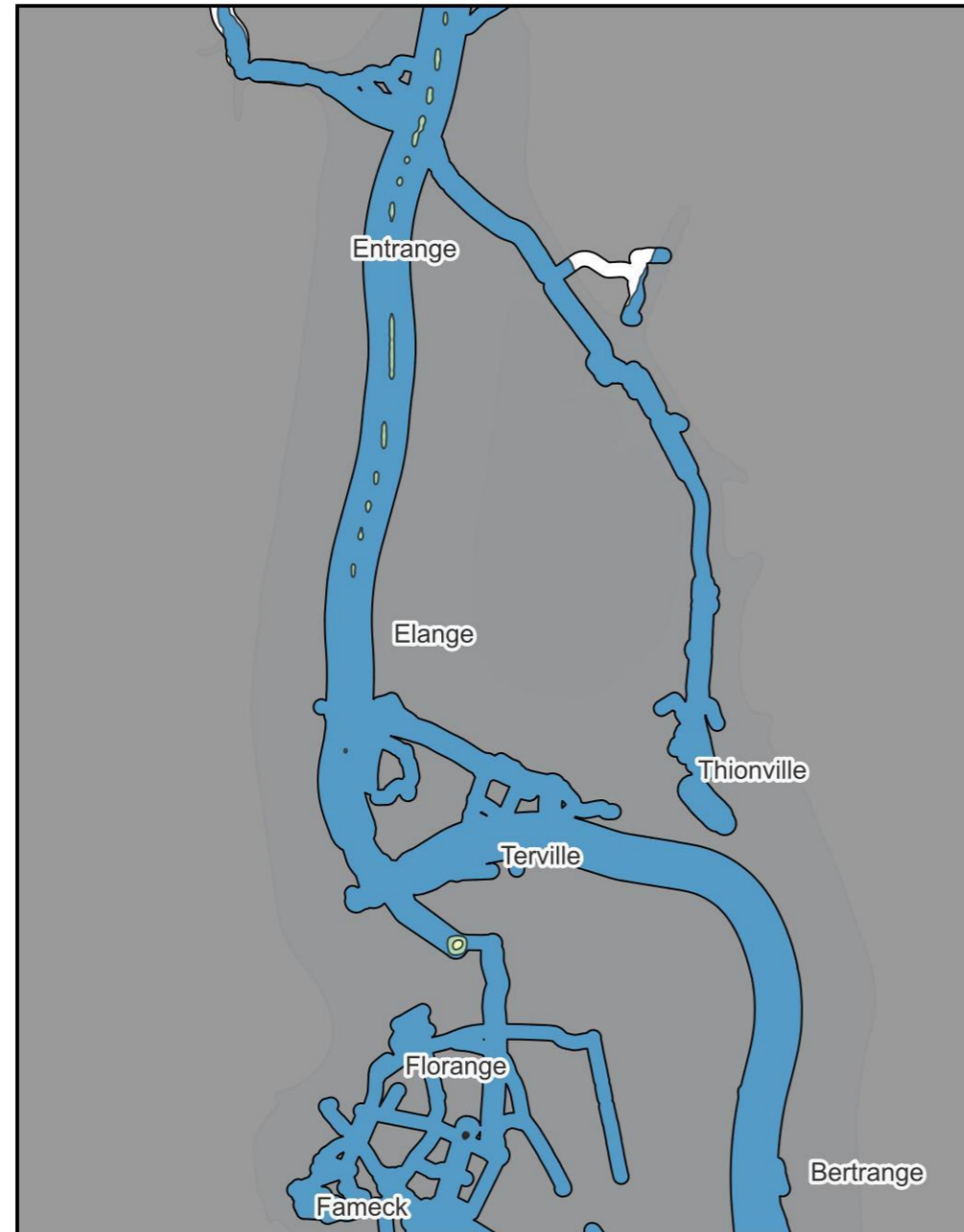
□ Zone d'étude

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

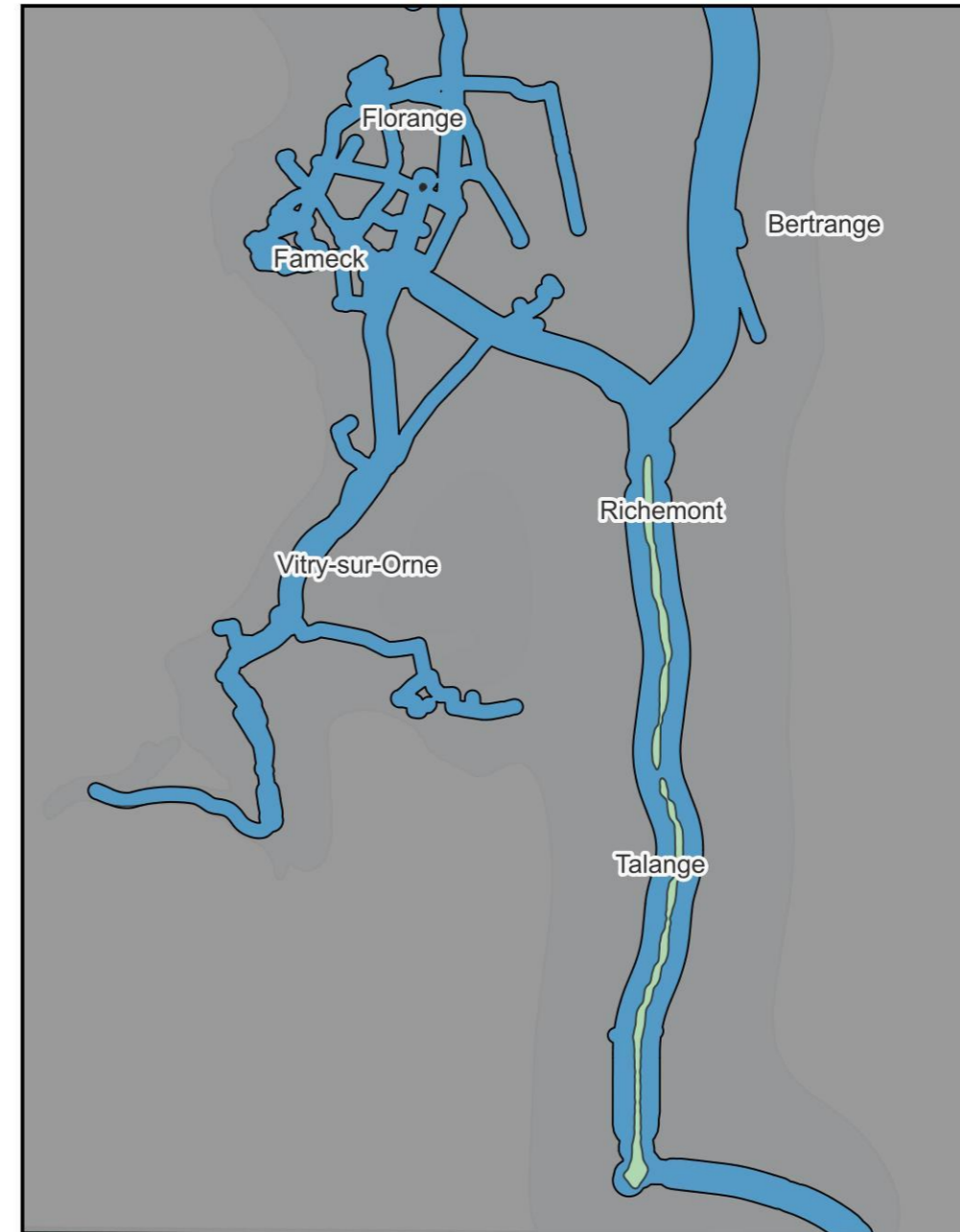


Concentration de PM10 en situation avec projet 2030

Partie nord

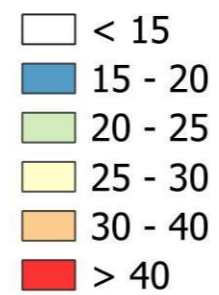


Partie sud



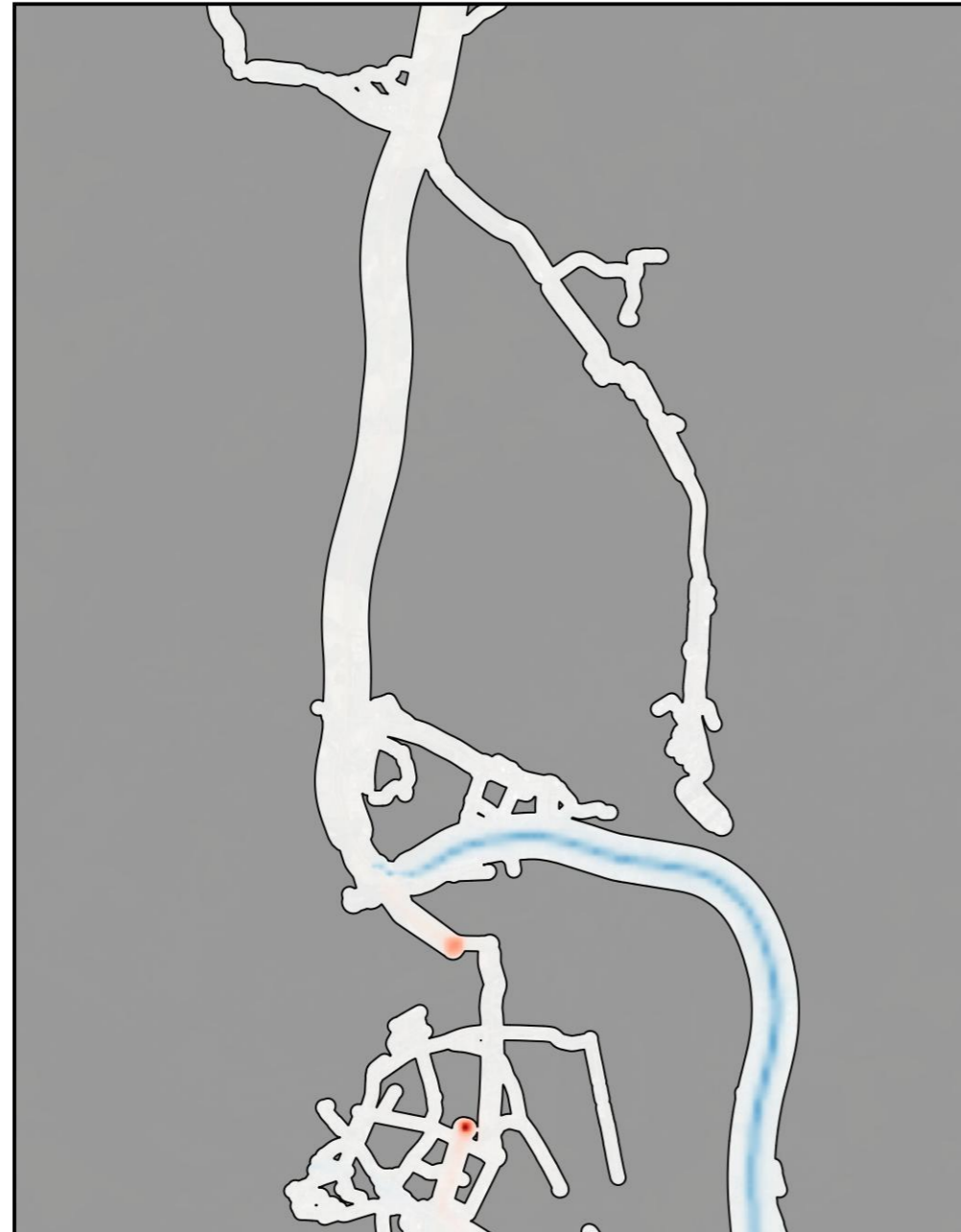
□ Zone d'étude

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Variation de concentration de PM10 entre les situations avec et sans projet 2030

Partie nord



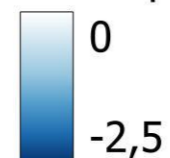
Partie sud



□ Zone d'étude

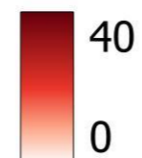
Variation de concentration
de PM10

en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Variation de concentration
de PM10

en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

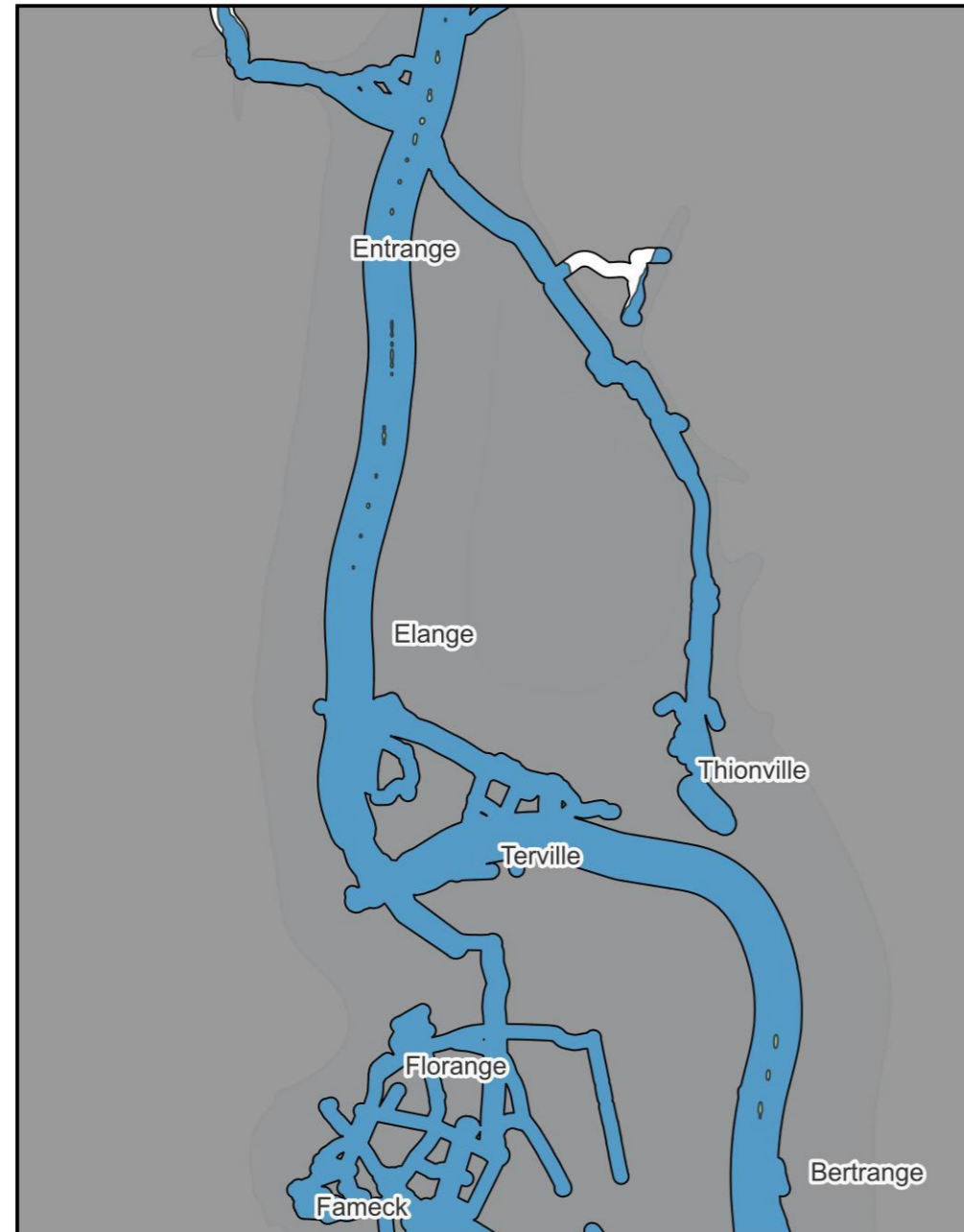


0 3 6 km

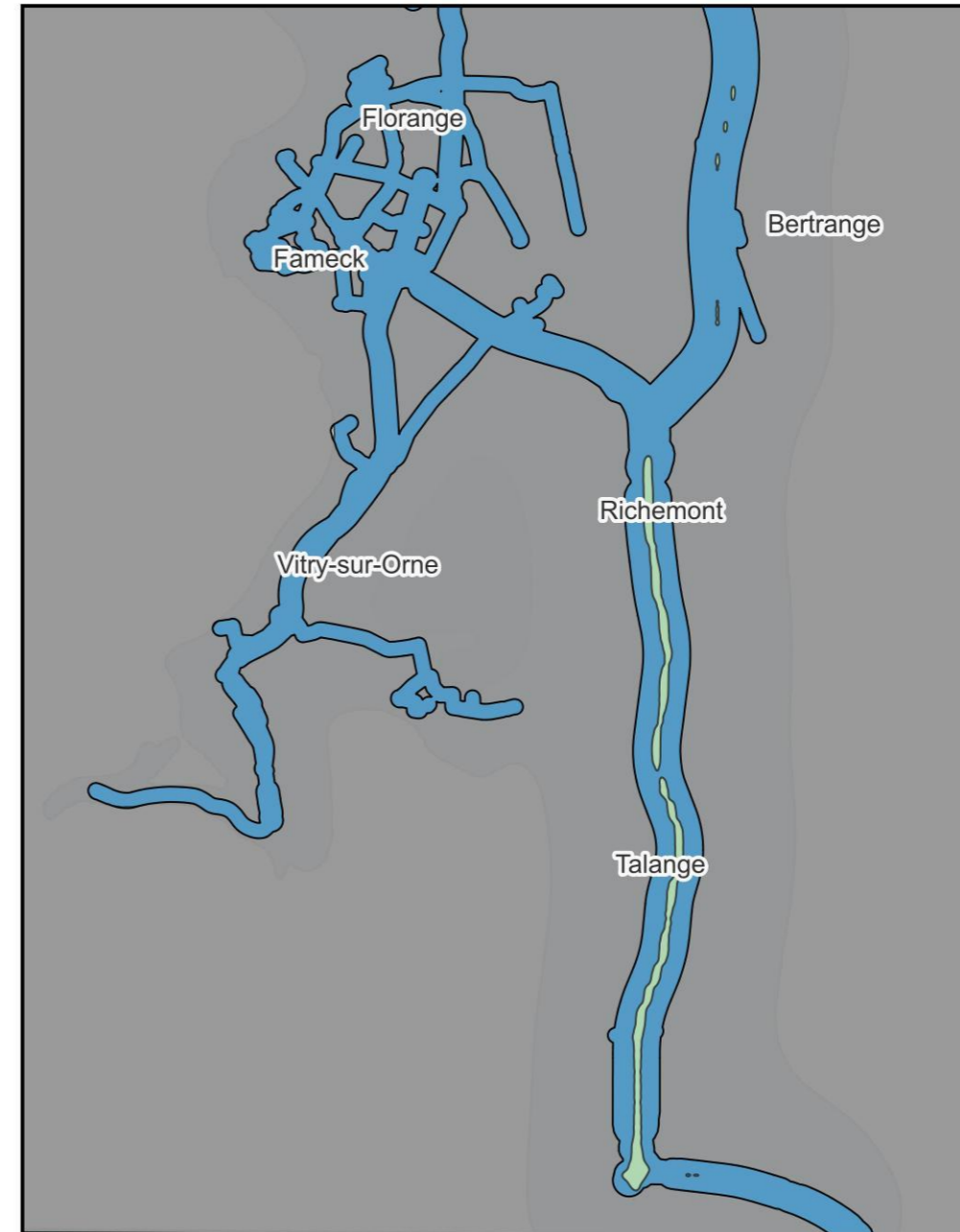


Concentration de PM10 en situation sans projet 2050

Partie nord

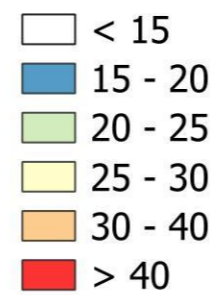


Partie sud



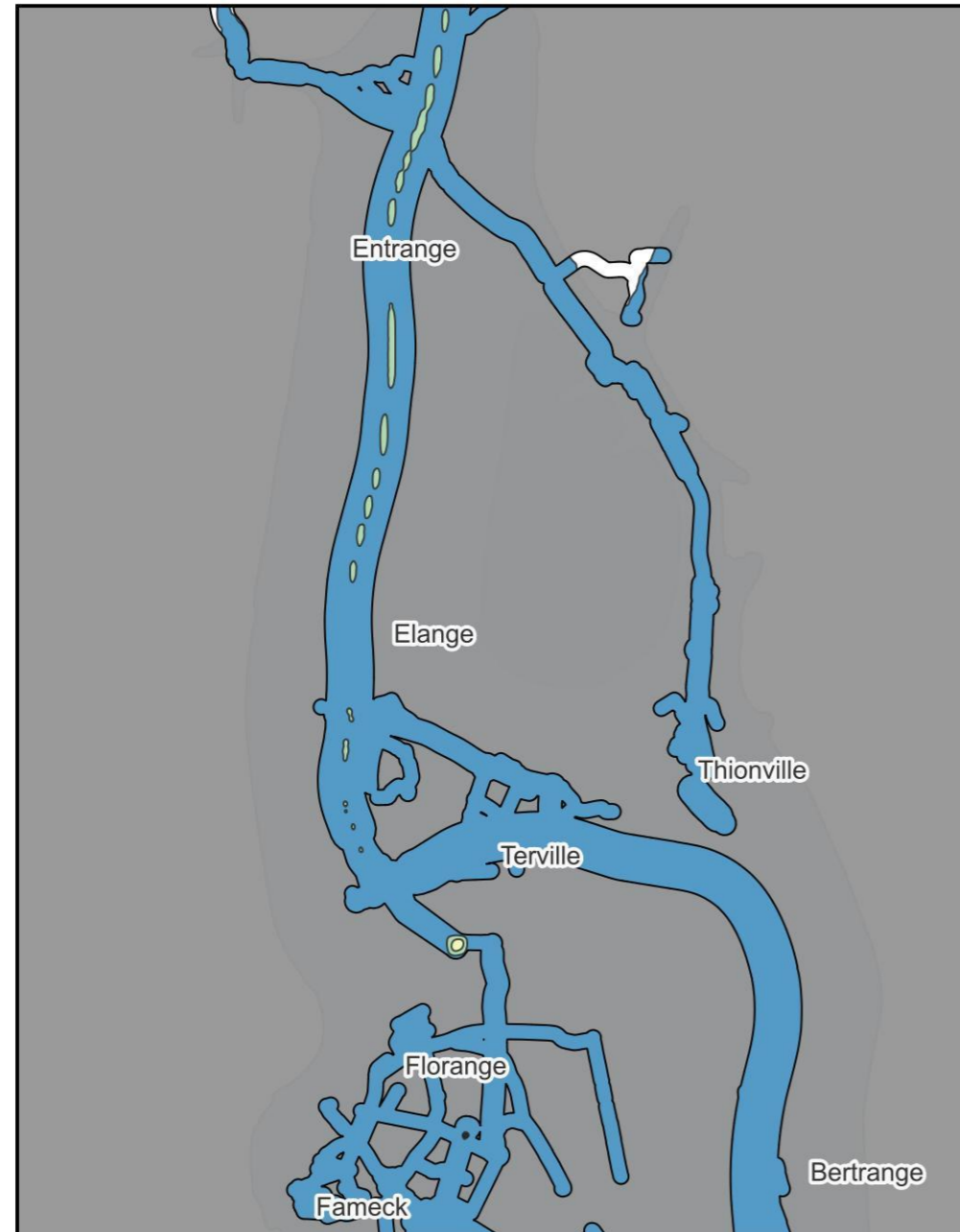
□ Zone d'étude

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

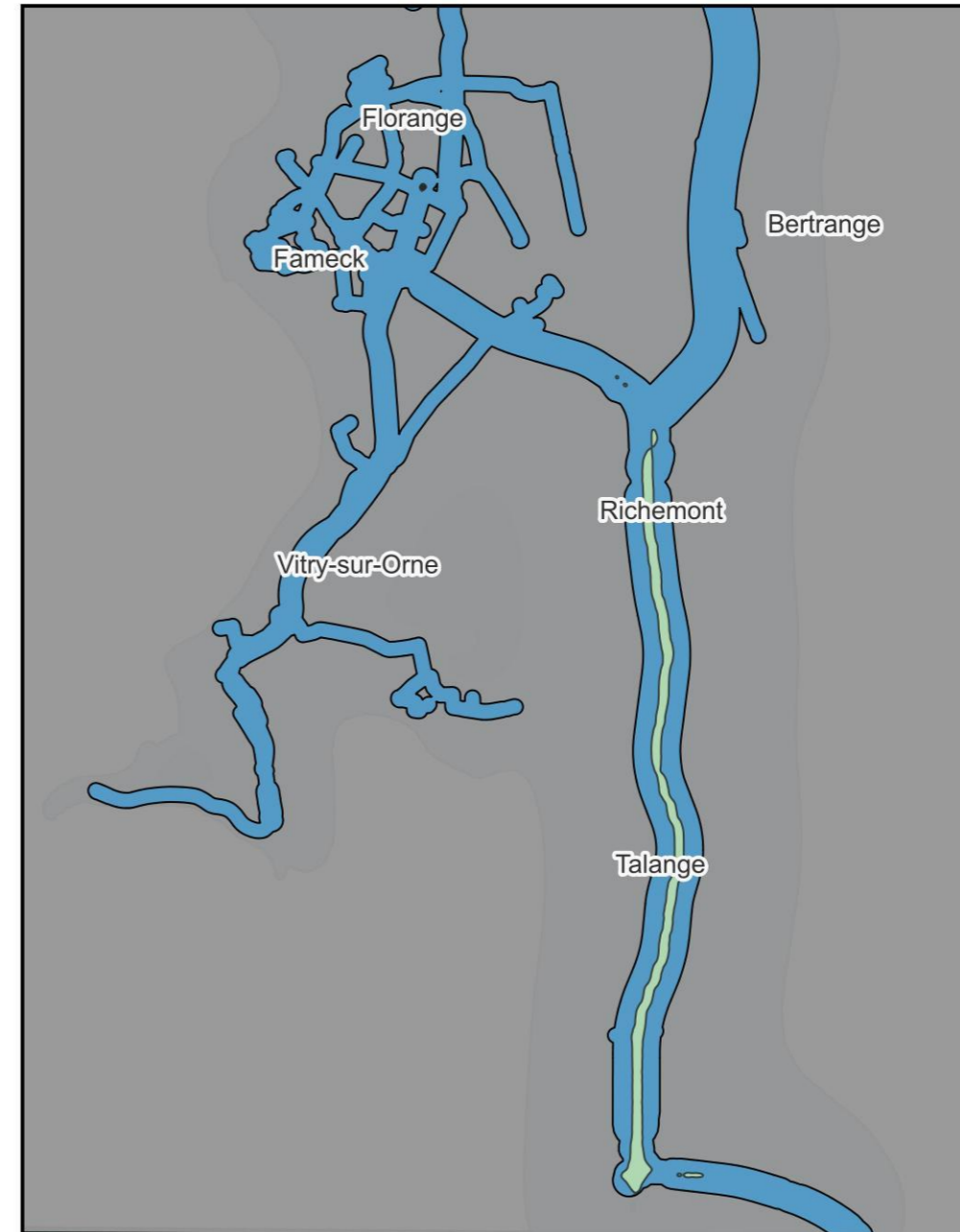


Concentration de PM10 en situation avec projet 2050

Partie nord

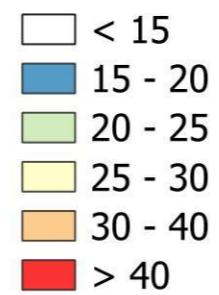


Partie sud



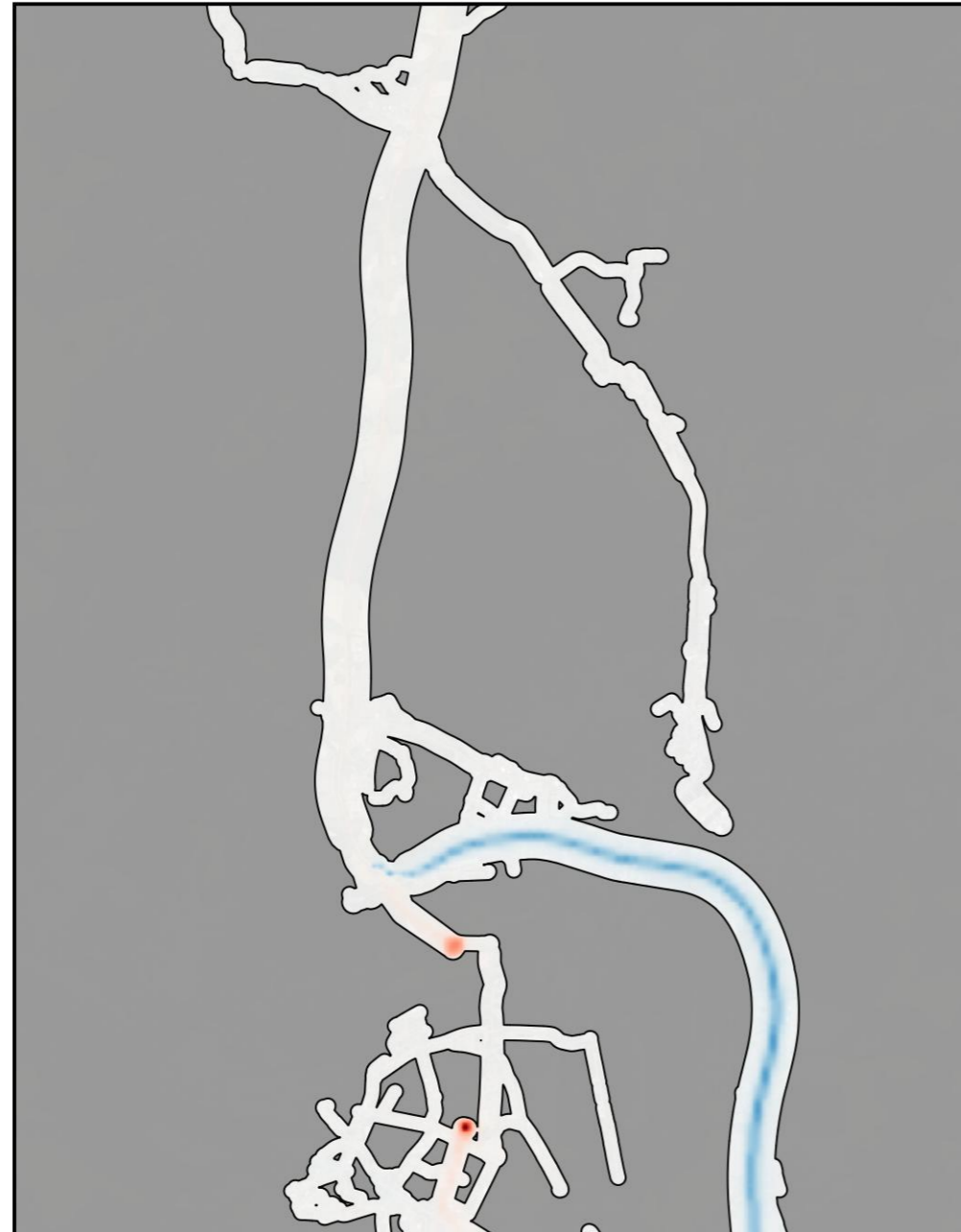
□ Zone d'étude

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Variation de concentration de PM10 entre les situations avec et sans projet 2050

Partie nord

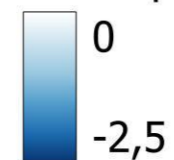


Partie sud

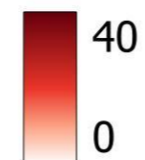


□ Zone d'étude

Variation de concentration
de PM10
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Variation de concentration
de PM10
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Traversée de Thionville

Le projet entraîne une diminution des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ le long de l'actuelle autoroute A31 entre le diffuseur de Bétange à Florange et le nœud autoroutier de Richemont.

Pour le NO₂, les diminutions sont de l'ordre de -2 µg/m³ en situation de projet 2030 et 2050.

Pour les PM₁₀, les diminutions de concentration en situation de projet 2030 et 2050 sont de l'ordre de -2 µg/m³ (proximité de l'A31). La population localisée à proximité de l'A31 actuelle, sur la traversée de Thionville, est exposée à des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ comprises entre 15 et 20 µg/m³ en situation de projet 2030 et 2050.

Ces concentrations respectent les valeurs limites.

La création du tunnel permet donc de réduire les concentrations de polluants à Thionville.

■ Tête de tunnel sud

Au niveau de la tête de tunnel sud, les concentrations de NO₂ et de PM₁₀ augmentent. Il est important de souligner que l'aménagement d'un tunnel n'entraîne pas de hausse des émissions polluantes, mais influe sur les concentrations de polluants, précisément en tête de tunnel où les concentrations les plus fortes sont localisées.

La dispersion des polluants au droit des têtes de tunnel est rapide et se fait dans le sens du courant d'air. Elle n'atteint donc pas les zones situées derrière la tête du tunnel.

En effet, le tunnel, en tant qu'espace confiné, concentre les polluants issus du trafic et les rejette au niveau de la tête de sortie du tunnel. Pour les tunnels de plus de 300 mètres, un système de ventilation sanitaire permet d'assurer une qualité d'air acceptable à l'intérieur du tunnel, et donc de limiter la concentration en polluants du rejet. Le retour d'expérience montre que la dilution des polluants issus du tunnel est, en général, très rapide. Cela signifie qu'il ne reste qu'une quantité négligeable de polluants issus du tunnel à partir de quelques dizaines de mètres de la tête de sortie dans le prolongement du tunnel. La dilution de polluants est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de l'axe du tunnel. En effet, les polluants rejetés par les têtes sont expulsés à une certaine vitesse par l'action du trafic et/ou du système de ventilation sanitaire dans la direction du trafic. Ils se dispersent donc préférentiellement dans le prolongement du tunnel. La qualité d'air derrière la tête de tunnel est donc préservée comme le montre les résultats ci-dessous.

Dans le cas du présent projet, seule la tête sud est localisée à proximité d'habitations. En effet, elles se situent à environ 80 mètres de la tête, et exclusivement derrière l'axe de la tête ce qui est favorable d'un point de vue de la qualité d'air.

Bien que ces habitations soient situées derrière la tête, leur proximité avec le rejet nécessite de vérifier à tous les stades d'études et avec un outil adapté qu'aucune d'elles ne se trouve exposée à des concentrations dépassant les seuils réglementaires. Si tel est le cas, selon l'avancée des études, la géométrie de la tête peut être adaptée afin de prévenir du retournement du rejet sur les habitations.

Une première estimation de la sensibilité de la tête sud est évaluée, ici, à l'aide d'un modèle usuellement utilisé dans les études d'impact des projets routiers. Un modèle de mécanique des fluides numérique (MFN) sera envisagé dans une phase ultérieure du projet, quand toutes les données d'entrée seront connues, afin de vérifier qu'aucune habitation n'est exposée à des concentrations supérieures aux seuils réglementaires et de prendre des mesures pour annihiler le risque le cas échéant.

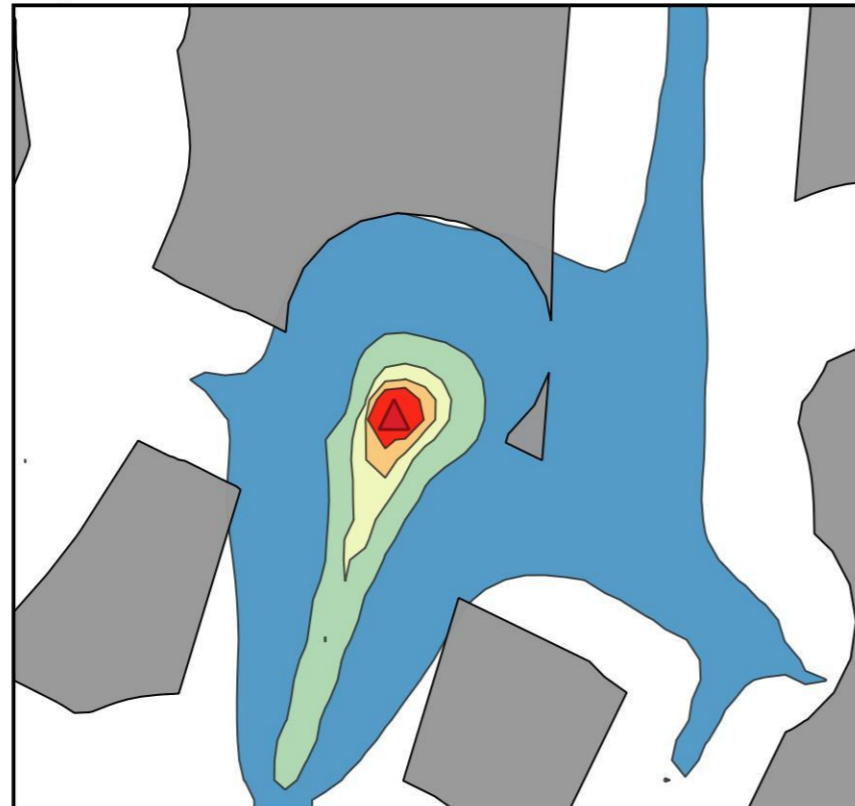
Pour évaluer l'impact de la hausse des teneurs en NO₂ et de PM₁₀ sur la population localisée autour de la tête de tunnel sud, une modélisation de la dispersion du NO₂ et des PM₁₀ avec un maillage de calcul à 25 m est présentée ci-après.

Les cartes suivantes présentent les répartitions spatiales des teneurs en NO₂ et en PM₁₀ en situations de projet 2030 et 2050 autour de la tête de tunnel sud.

Il en ressort que même si les concentrations de NO₂ et de PM₁₀ à la sortie de la tête de tunnel sud sont supérieures à 40 µg/m³, la population à proximité immédiate de la tête de tunnel sud est exposée à des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ largement en-dessous des valeurs limites de concentrations prescrites par la réglementation.

Concentration de NO2 en situation de projet 2030 et 2050 autour de la tête sud

Projet 2030



Projet 2050



▲ Tête de tunnel sud
■ Zone d'étude

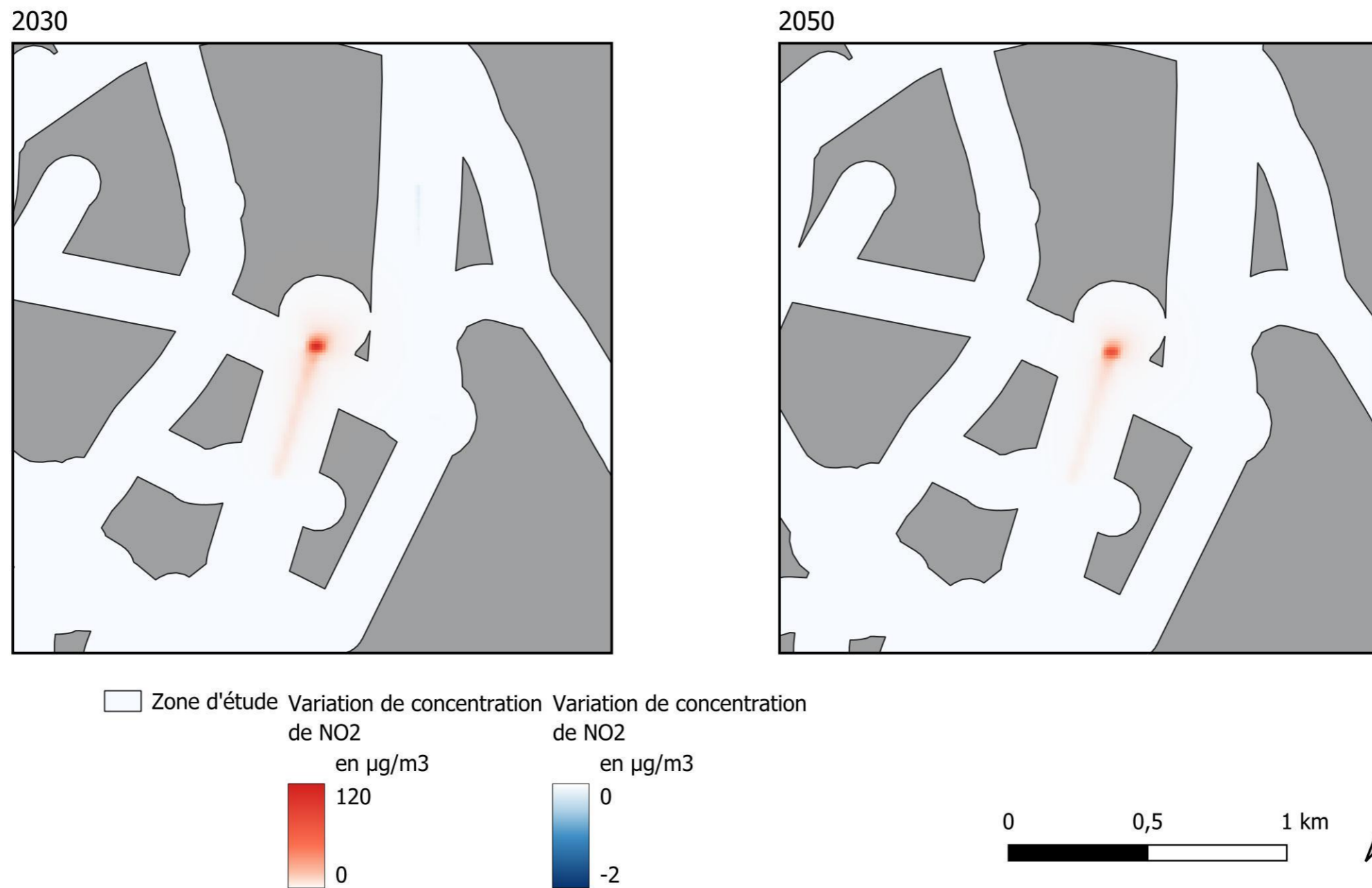
Concentration de NO2 (en µg/m3)

< 15
15 - 20
20 - 25
25 - 30
30 - 40
> 40

0 200 400 m

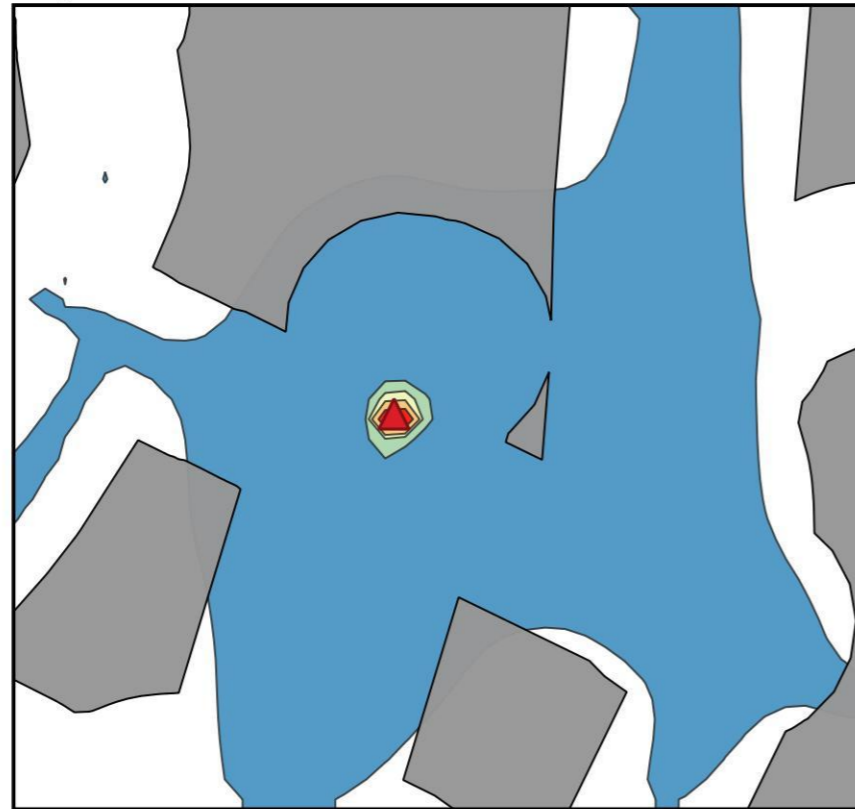


Variation de concentration de NO2 entre les scénarios avec et sans projet

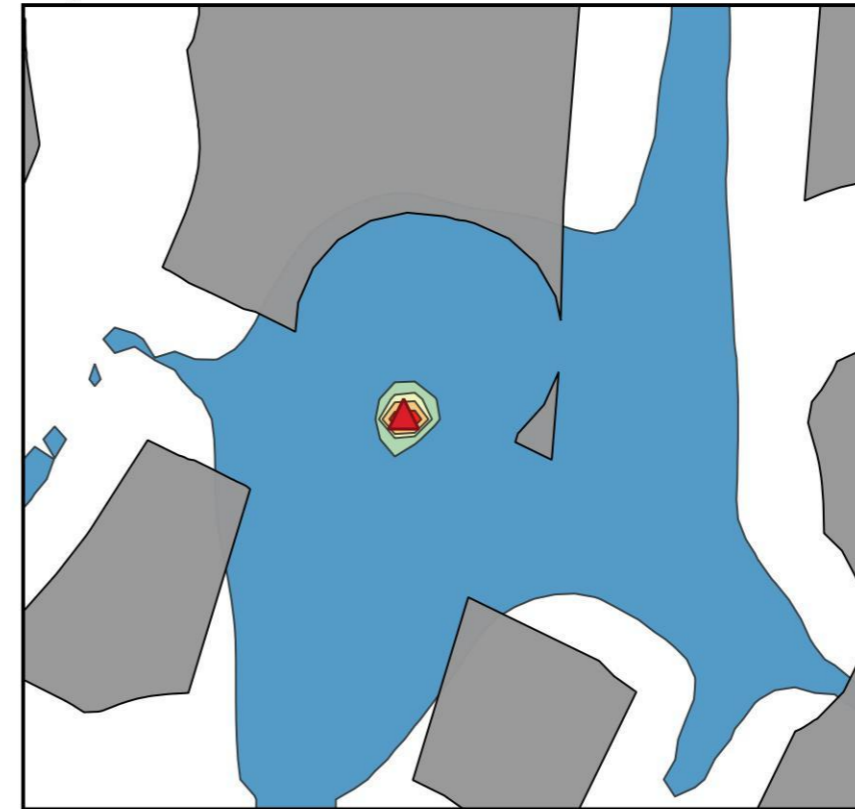


Concentration de PM10 en situation de projet 2030 et 2050 autour de la tête sud

Projet 2030



Projet 2050



▲ Tête de tunnel sud
■ Zone d'étude

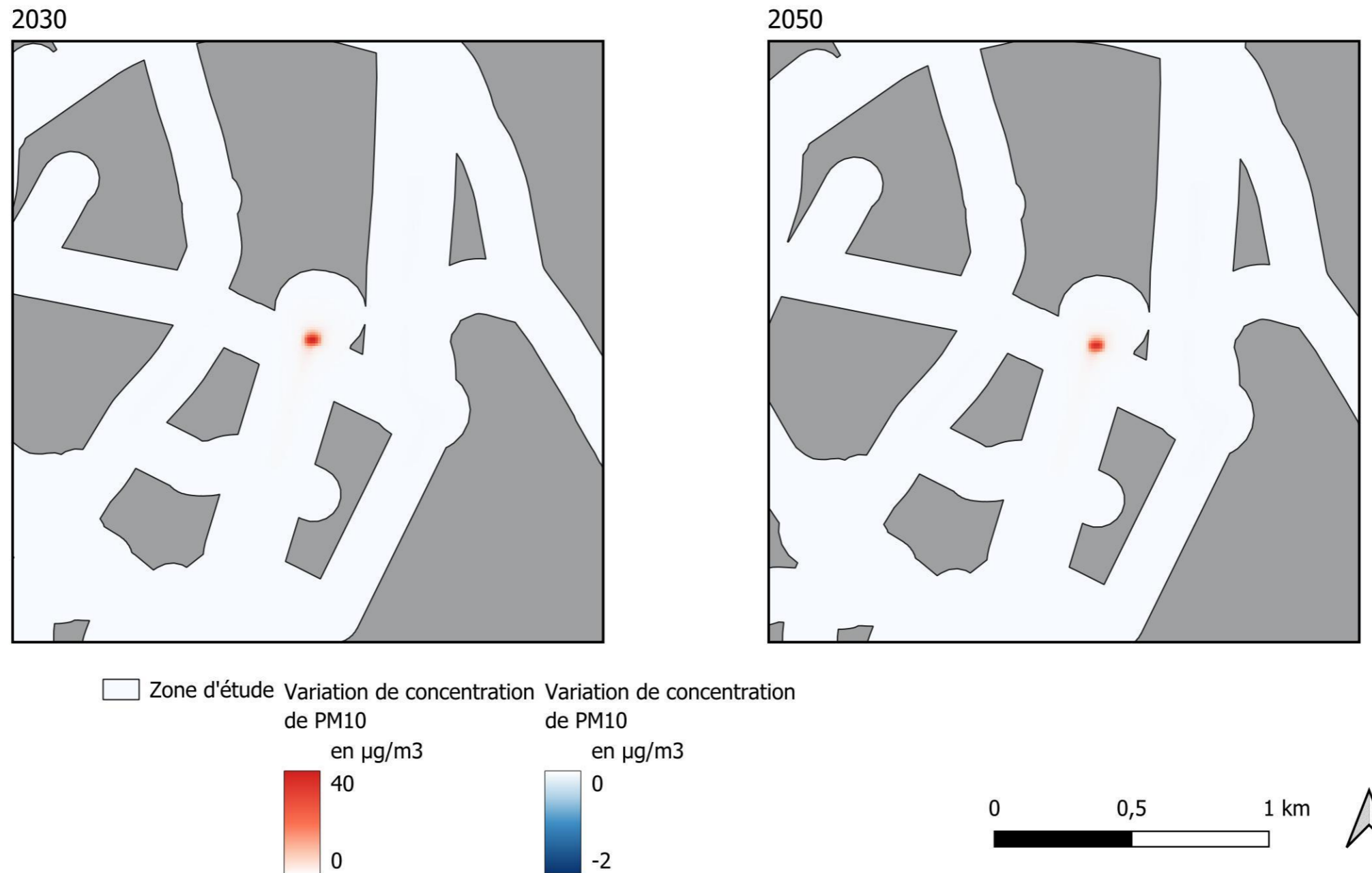
Concentration de NO2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

< 15
15 - 20
20 - 25
25 - 30
30 - 40
> 40

0 200 400 m



Variation de concentration de PM10 entre les scénarios avec et sans projet



Les habitants localisés autour de la tête de tunnel ne sont pas exposés à ces concentrations supérieures à 40 µg/m³.

En effet, en situation de projet 2030 et 2050, la population la plus proche de la tête de tunnel sud est exposée à une concentration de NO₂ et de PM₁₀ comprise entre 15 et 20 µg/m³.

Les concentrations auxquelles la population autour de la tête de tunnel sud est exposée respectent les valeurs limites de concentrations de NO₂ et de PM₁₀, y compris les valeurs limites prescrites par la directive européenne du 23 octobre 2024.

Figure 61 : Concentrations de NO₂ auxquelles sont exposés les habitants autour de la tête de tunnel sud

Concentration de NO₂ pour les habitants autour de la tête de tunnel sud

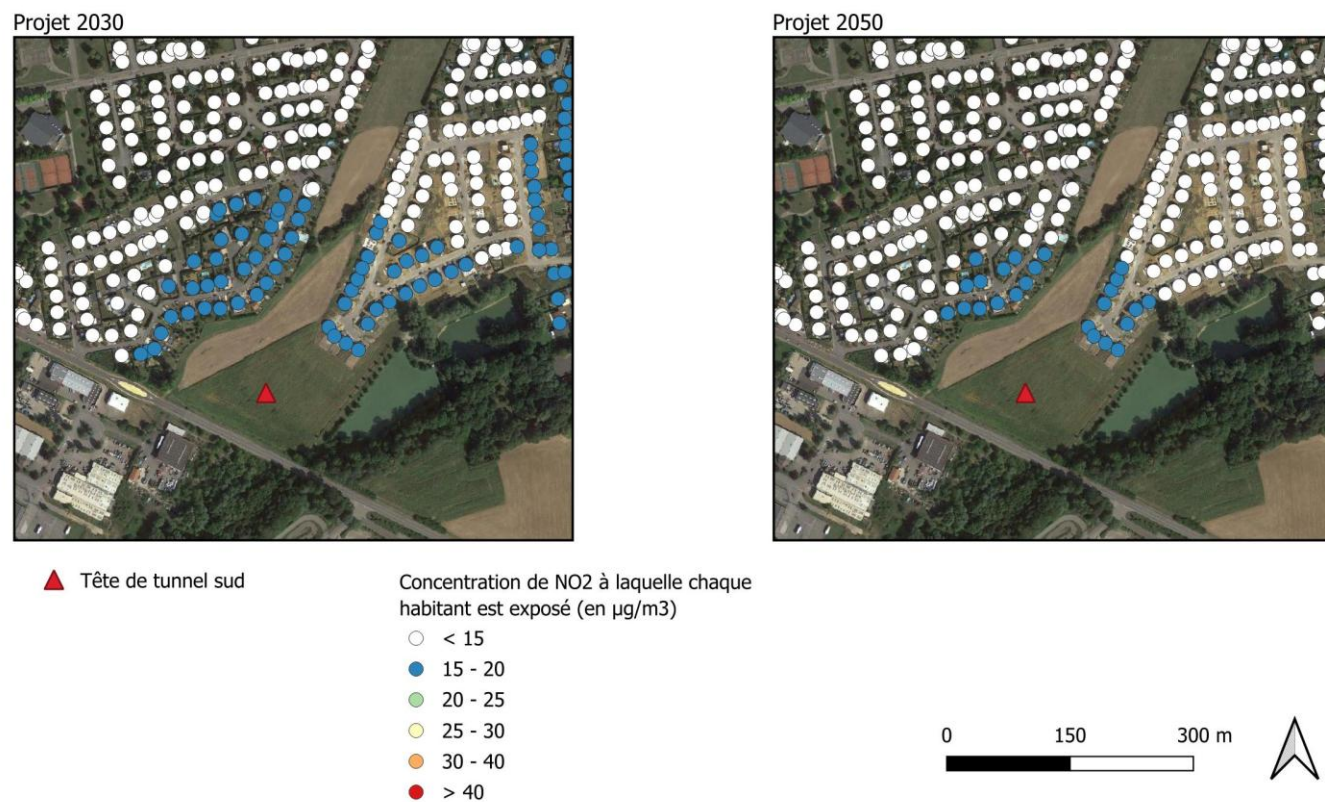
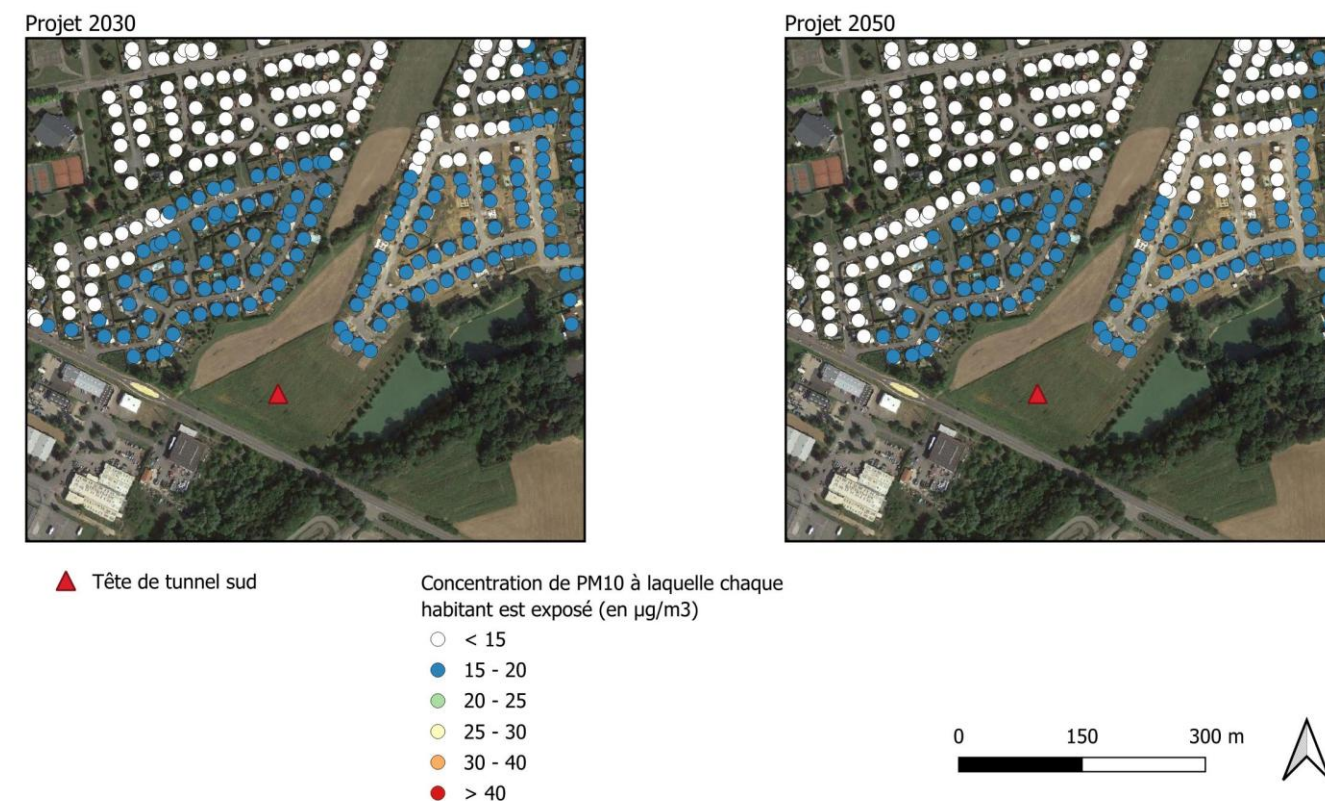


Figure 62 : Concentrations de PM₁₀ auxquelles sont exposés les habitants autour de la tête de tunnel sud

Concentration de PM₁₀ pour les habitants autour de la tête de tunnel sud



6. Évolution de l'exposition de la population à la pollution

Afin d'évaluer l'impact de la pollution sur la population, la méthode de l'IPP (indice d'exposition de la population à la pollution) a été appliquée. Elle consiste à croiser les concentrations calculées en dioxyde d'azote aux données de population. Les IPP calculés avec les concentrations de PM₁₀ et de PM_{2,5} sont également présentés.

6.1. Objectif de l'IPP

L'indicateur IPP permet la comparaison entre le scénario avec projet et l'état de référence par un critère basé non seulement sur les émissions, mais aussi sur la répartition spatiale de la population.

Cet outil est utilisé comme une aide à la comparaison de situations et n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Le NO₂, polluant traceur de la pollution automobile est utilisé pour calculer l'IPP.

6.2. Méthodologie de calcul de l'IPP

Le croisement de données de population et de concentration permet de fournir un indicateur « d'exposition » de la population. En effet, il est important, du point de vue de l'impact de la santé, de connaître les zones critiques caractérisées par des concentrations de polluant élevées et une population dense.

L'indice global d'exposition de la population à la pollution (ou IPP cumulé sur l'ensemble de la zone d'étude), représente la somme des expositions individuelles (ou par maille) des personnes soumises à la pollution d'origine routière :

$$IPP = \sum (\text{Population} \times \text{Concentration})$$

Les IPP par maille les plus forts correspondent :

- Soit aux zones où la densité de population est la plus élevée,
- Soit aux zones où les concentrations calculées sont les plus élevées,
- Soit aux deux.

6.3. Calcul de l'IPP pour le NO₂

Le tableau suivant récapitule les résultats des IPP cumulés du NO₂.

Tableau 7 : IPP cumulés du NO₂ sur la zone d'étude

	Actuel	Référence 2030	Projet 2030	Référence 2050	Projet 2050
IPP	644 385	560 637	569 083	516 619	522 209
Impact		-	1,51%	-	1,08%

L'histogramme pollution-population représente le nombre d'habitants par classe de concentration d'exposition. Il est à rappeler que ces concentrations ne tiennent compte que de la pollution d'origine routière et des concentrations de fond mesurées sur la zone d'étude.

Figure 63 : Histogramme pollution-population pour le NO₂

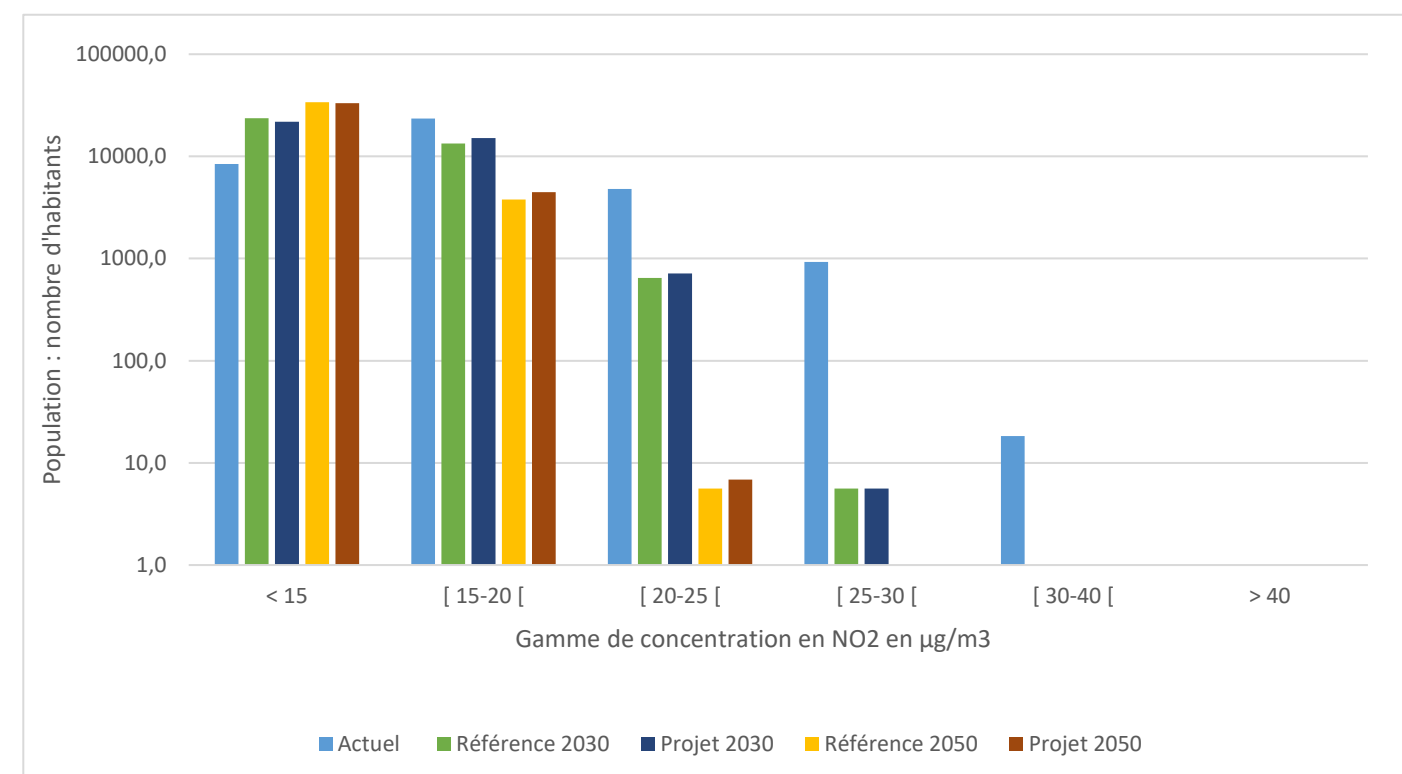


Tableau 8 : Répartition de la population par classe de concentration de NO₂

Classe de concentration (en µg/m ³)	Situation actuelle	Situation de référence 2030	Situation de projet 2030	Situation de référence 2050	Situation de projet 2050
< 15	8 422	23 595	21 790	33 812	33 102
[15 - 20[	23 414	13 342	15 078	3 772	4 480
[20 - 25[	4 806	647	716	6	7
[25 - 30[	929	6	6	0	0
[30 - 40[	18	0	0	0	0
> 40	0	0	0	0	0

Le projet n'entraîne pas de variation conséquente sur l'indice d'exposition de la population à la pollution. En situations de projet, l'indice d'exposition globale de la population à la pollution est supérieur à celle des situations de référence. L'augmentation est de 1,51 % en 2030 et de 1,08 % en 2050. Les résultats de calcul des IPP sur le NO₂, les PM₁₀ et les PM_{2,5} démontrent néanmoins que les concentrations maximales auxquelles la population est exposée en situation de projet 2030 et 2050 sont inférieures aux valeurs limites de concentrations de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2,5}.

En situation de projet 2030, la concentration maximale à laquelle la population est exposée est inférieure à 30 µg/m³. En situation de projet 2050, cette concentration d'exposition maximale est de 25 µg/m³. Ces concentrations maximales d'exposition respectent la valeur limite de concentration de NO₂.

A noter que la totalité de la population de la zone d'étude est exposée à des concentrations supérieures à la recommandation de l'OMS (10 µg/m³). En effet, la concentration de fond (12,5 µg/m³) contribue à elle seule à ce dépassement.

6.4. Calcul de l'IPP pour les PM₁₀

Le tableau suivant récapitule les résultats des IPP cumulés sur les PM₁₀. Il en ressort que le projet entraîne une augmentation de l'IPP sur les PM₁₀ de 0,29% en 2030 et de 0,32% 2050.

La concentration en PM augmente donc en 2050 par rapport à 2030 contrairement à d'autres polluants. Les facteurs d'émissions de PM₁₀ dépendent des émissions thermiques des moteurs et des émissions d'usure lors du roulement. Les émissions des moteurs thermiques tendent à diminuer du fait de l'introduction des véhicules électriques alors que les émissions d'usure restent globalement constantes entre 2030 et 2050. Ce fait explique la différence de variation entre les PM₁₀ et le NO₂ (émissions liées uniquement à la combustion des moteurs).

Tableau 9 : IPP cumulés des PM₁₀ sur la zone d'étude

	Actuel	Référence 2030	Projet 2030	Référence 2050	Projet 2050
IPP	588 328	584 273	585 951	585 977	587 850
Impact		-	0,29%	-	0,32%

L'histogramme pollution-population suivant représente le nombre d'habitants par classe de concentration d'exposition aux PM₁₀.

Figure 64 : Histogramme pollution-population pour les PM₁₀

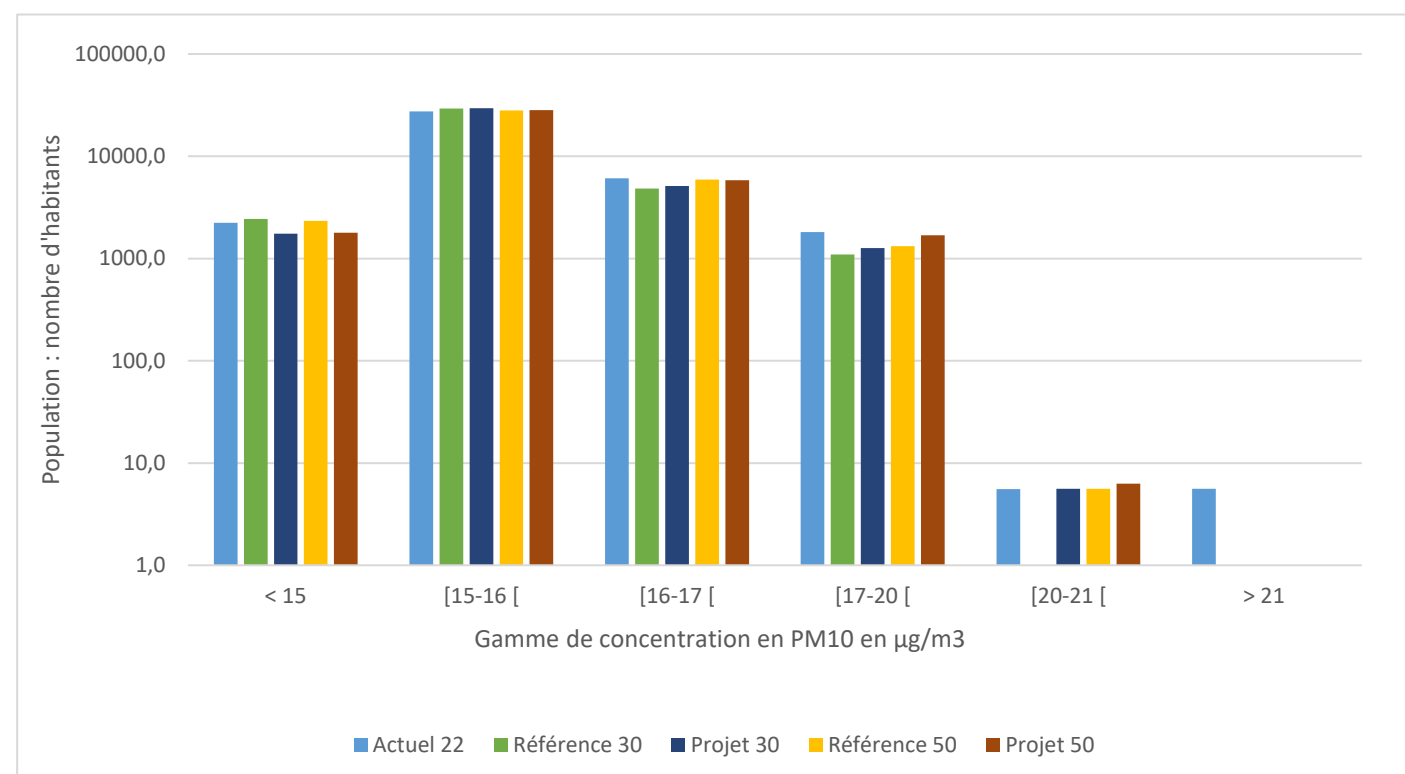


Tableau 10 : Répartition de la population par classe de concentration des PM₁₀

Classe de concentration (en µg/m ³)	Situation actuelle	Situation de référence 2030	Situation de projet 2030	Situation de référence 2050	Situation de projet 2050
< 15	2 241	2 438	1 748	2 333	1 790
[15 - 16[	27 410	29 236	29 465	28 020	28 254
[16 - 17[	6 108	4 818	5 104	5 908	5 848
[17 - 20[	1 819	1 098	1 267	1 324	1 691
> 20	12	0	6	6	6

Les résultats de l'IPP calculé sur les PM₁₀ montrent que la quasi-totalité de la population est exposée à des concentrations de PM₁₀ inférieures à 20 µg/m³ en situation de projet 2030 et 2050 (les seuls dépassements, d'une valeur inférieure à 1 µg/m³, concernent moins d'une dizaine de personnes).

A noter que seule 5% de la population de la zone d'étude est exposée à une concentration de PM₁₀ inférieure à la recommandation de l'OMS (15 µg/m³). En effet, la concentration de fond (14,8 µg/m³) contribue à elle seule à cette exposition.

6.5. Calcul de l'IPP pour les PM_{2,5}

Le tableau suivant récapitule les résultats des IPP cumulés des PM_{2,5}. Le projet entraîne une augmentation de l'IPP sur les PM_{2,5} de 0,31% en 2030 et de 0,35% en 2050.

Tableau 11 : IPP cumulés des PM_{2,5} sur la zone d'étude

	Actuel	Référence 2030	Projet 2030	Référence 2050	Projet 2050
IPP	271 610	269 582	270 422	270 436	271 371
Impact		-	0,31%	-	0,35%

L'histogramme pollution-population suivant représente le nombre d'habitants par classe de concentration d'exposition aux PM_{2,5}.

Figure 65 : Histogramme pollution-population pour les PM_{2,5}

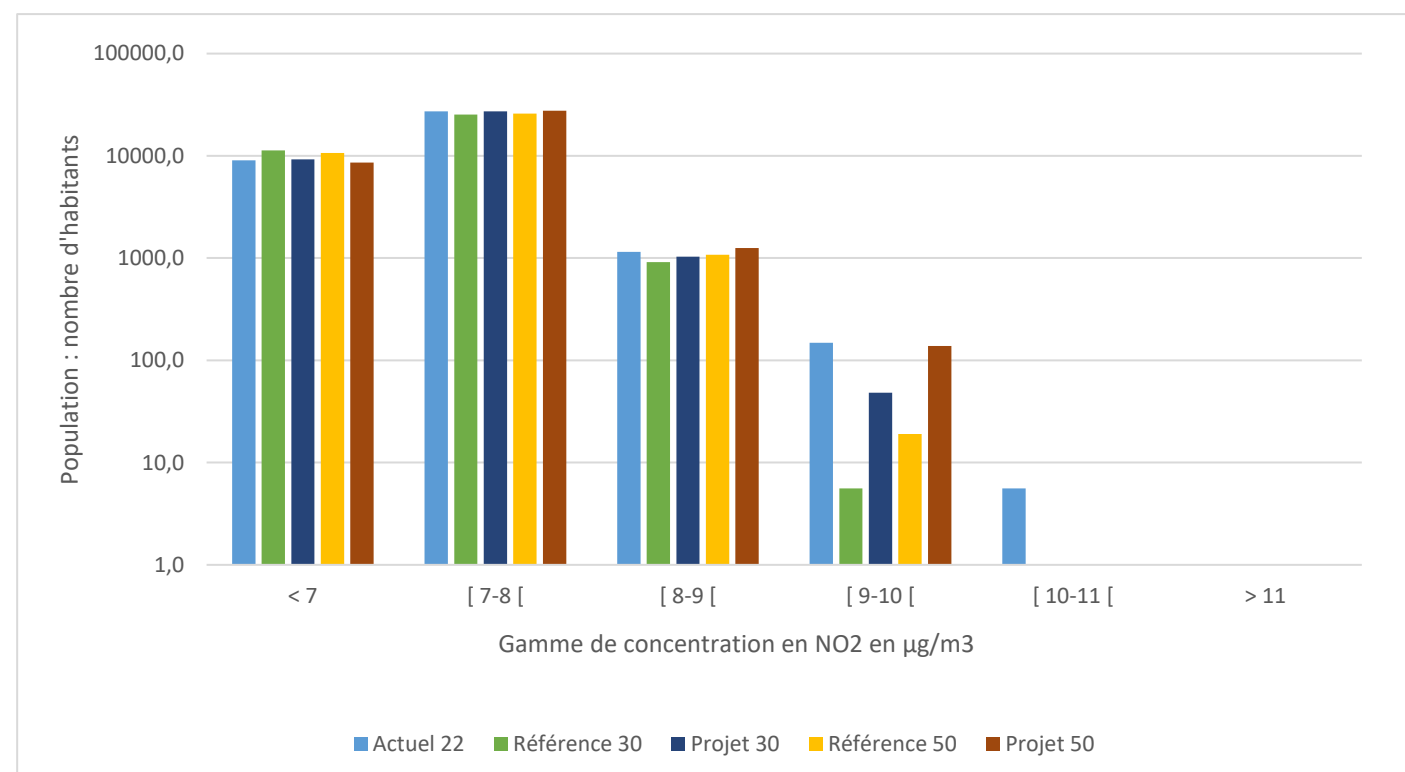


Tableau 12 : Répartition de la population par classe de concentration des PM_{2,5}

Classe de concentration (en µg/m ³)	Situation actuelle	Situation de référence 2030	Situation de projet 2030	Situation de référence 2050	Situation de projet 2050
< 7	9 057	11 314	9 231	10 658	8 571
[7-8 [	27 232	25 359	27 279	25 834	27 628
[8-9 [	1 147	911	1 031	1 079	1 252
[9-10 [	149	6	48	19	139
[10-11 [	6	0	0	0	0
> 11	0	0	0	0	0

Les résultats de l'IPP calculés sur les PM_{2,5} montrent que la totalité de la population est exposée à des concentrations maximales de 10 µg/m³ en situation de projet 2030 et 2050. Ces concentrations respectent la valeur limite de concentration aux PM_{2,5}.

A noter que la totalité de la population de la zone d'étude est exposée à des concentrations de PM_{2,5} supérieures à la recommandation de l'OMS (5 µg/m³). En effet, la concentration de fond (6,2 µg/m³) contribue à elle seule à ce dépassement.

7. Évaluation quantitative des risques sanitaires

Conformément à la note méthodologique de février 2019, une évaluation quantitative des risques sanitaires a été réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude. Elle tient compte des sites vulnérables.

7.1. Méthodologie

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est basée sur la méthodologie définie en 1983 par l'académie des sciences américaine, retranscrite depuis par InVS dans son guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.

La démarche d'évaluation des risques sanitaires se décompose en 4 étapes :

1. Identification des dangers qui consiste en l'identification la plus exhaustive possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable.
2. Définition des relations dose-réponse ou dose-effet qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'apparition d'un effet toxique jugé critique. Cette étape se caractérise par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour chaque toxique étudié.
3. Évaluation de l'exposition des populations qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de définir les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci.
4. Caractérisation des risques qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposée(s). Par ailleurs, cette étape reprend des incertitudes évaluées à chacune des étapes.

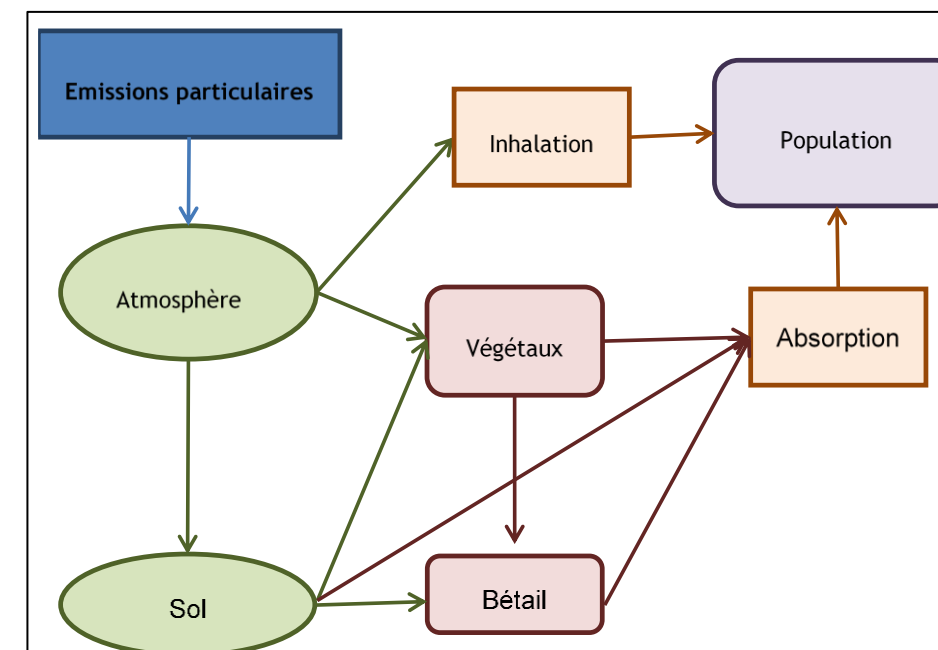
7.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition

Au préalable, il est nécessaire de définir les enjeux sanitaires propres à la zone d'étude. Le schéma global d'exposition (ou schéma conceptuel) permet de mieux appréhender la problématique d'exposition de la population, et notamment d'évaluer les voies d'exposition potentielles de la population à la pollution atmosphérique.

Outre l'exposition directe par inhalation de la population aux polluants en air ambiant, on note que les transferts des polluants dans les autres compartiments environnementaux, que sont les sols et la végétation, constituent autant de voies d'exposition supplémentaires pour la population, notamment à travers son alimentation.

L'absorption cutanée des polluants n'est pas retenue comme voie d'exposition. En effet le transfert par ce biais est d'une part négligeable compte tenu de la surface de contact de la peau par rapport à celle des poumons et d'autre part, l'absence de VTR ne permet pas la construction d'un scénario dose/réponse.

Figure 66 : Schéma conceptuel d'exposition



Du fait du niveau d'étude, dans le développement suivant, les voies d'exposition via l'absorption par inhalation et ingestion sont prises en compte.

L'évaluation des risques sanitaires est réalisée sur la population générale.

De plus, 40 sites vulnérables font l'objet d'une évaluation des risques par inhalation.

De même, 127 jardins potagers sont localisés dans la zone d'étude et font l'objet d'une évaluation des risques par ingestion.

7.3. Polluants retenus pour l'évaluation

Conformément à la méthodologie de février 2019, les polluants à étudier sont présentés dans le tableau ci-après par nature des effets et voie d'exposition.

Tableau 13 : Voies et types d'exposition étudiés par polluant

Nature des effets étudiés	Voie d'exposition concernée	Substances
Aigus	Voie respiratoire	Dioxyde d'azote (NO ₂)
Chroniques	Voie respiratoire	Particules (PM10 et PM2.5)
		Dioxyde d'azote (NO ₂)
		Benzène
		16 HAP dont le benzo(a)pyrène
		1,3 butadiène
		Chrome
		Nickel
Chroniques	Voie orale	Arsenic
		16 HAP dont le benzo(a)pyrène

Le chrome calculé à l'émission a été considéré sous sa forme hexavalente, les valeurs toxicologiques de référence sont plus contraignantes sous cette spéciation.

Les résultats sur le NO₂ sont présentés bien qu'il n'existe pas de valeur toxicologique de référence. En effet, dans l'état actuel des connaissances, **aucun organisme ne s'est prononcé sur la relation « dose-réponse »**. Les calculs qui en découlent ne sont donnés qu'à titre indicatif et n'ont pas de valeur sanitaire.

7.4. Identification des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (étapes 1 et 2)

7.4.1. Définition : toxicité, exposition et effets

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets variables en fonction de la durée d'exposition des organes cibles et/ou des voies d'absorption :

- La toxicité aiguë d'une substance chimique correspond aux effets d'une exposition de courte durée à une dose (concentration) forte, généralement unique ;
- La toxicité chronique correspond aux effets d'une administration répétée à long terme et à faibles doses. Ces doses sont insuffisantes pour provoquer un effet immédiat, mais la répétition de leur absorption sur une longue période de temps a des effets délétères.

Dans le cadre des évaluations des risques, on distingue deux modes d'action des substances :

- Les substances « à effets à seuil de dose » ou « effets déterministes » qui provoquent, au-delà d'une certaine dose absorbée, des dommages dont la gravité augmente avec cette dose. Ce sont essentiellement les substances non cancérigènes, toutefois, certains polluants cancérigènes présentent également un mécanisme d'action à seuil de dose. En dessous de ce seuil de dose, la substance est jugée sans risque notoire pour la santé. Concernant les risques par inhalation, ce seuil de dose est appelé Concentration Admissible dans l'Air (CAA) et s'exprime en µg/m³.
- Les substances « à effets sans seuil de dose » ou « effet stochastique », pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose absorbée avec une probabilité de survenue augmentant avec cette dose. Ce sont principalement les substances cancérigènes génotoxiques. Selon cette approche, le risque ne peut être nul (sauf absence de composé) mais un seuil d'acceptabilité de 1 cas d'apparition des symptômes sur 100 000 personnes exposées est défini (probabilité de 10⁻⁵). Cette probabilité est souvent admise comme seuil d'intervention, notamment dans le cadre de la dépollution des sols, et est également utilisée par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air. Nous utiliserons donc ce seuil d'acceptabilité de 10⁻⁵ pour caractériser l'acceptabilité du risque.

Concernant les risques par inhalation, l'Excès de Risque Unitaire (ERUi) correspond à la probabilité de survenue des symptômes avec une concentration dans l'air pour 1µg/m³ de l'espèce considérée. Les excès de risque sanitaire sont déterminés pour une exposition de 70 ans (considérée comme une vie entière).

L'évaluation des dangers des substances chimiques (ou identification des dangers) consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets peuvent être de différents types :

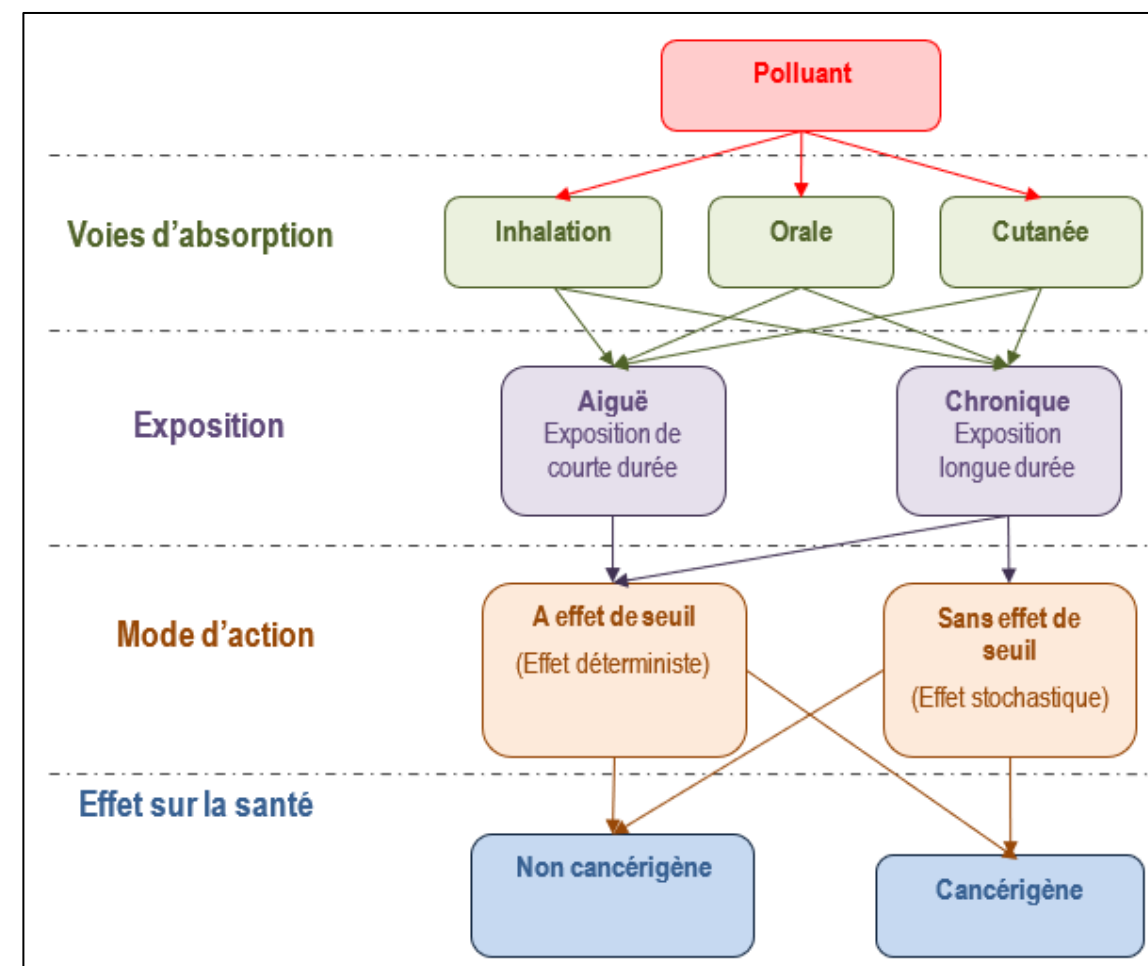
- Non cancérigène : une substance à effet non cancérigène agit potentiellement à la dose reçue. Ses effets sont généralement réversibles et une diminution de sa concentration dans l'organisme entraîne la disparition des symptômes. Le mode d'action est essentiellement à seuil.

- Cancérigène : à l'inverse, une substance à effet cancérigène est susceptible d'entraîner des tumeurs malignes dégénérant en cancer dès l'absorption par l'organisme d'une molécule de cette substance (effets sans seuil). Les effets cancérigènes ne sont pas réversibles (sans médication) et les risques s'expriment en probabilité de survenue d'un cancer. Le mode d'action est essentiellement sans seuil.

Ainsi, il est traité :

- L'exposition aiguë par inhalation,
- L'exposition chronique par inhalation de polluants non cancérigènes,
- L'exposition chronique par inhalation de polluants cancérigènes.
- L'exposition chronique par ingestion.

Figure 67 : Évaluation du danger d'un polluant



7.4.2. Choix des valeurs toxicologiques de référence

L'évaluation des risques sanitaires passe par la sélection des valeurs toxicologiques de référence (CAA, DJA, ERUi et REUo) permettant de définir la présence ou l'absence d'effet d'un composé. Les VTR ont été recherchées parmi les bases de données de l'OMS, l'IPCS, l'US EPA, l'ATSDR, l'OEHHA, Health Canada, le JECFA, l'ANSES, l'EFSA et le RIVM. Lorsqu'aucune VTR n'est proposée, la quantification des risques sanitaires n'est pas envisageable mais une comparaison à des valeurs guides est possible si elles sont disponibles. Les définitions des VTR pour chaque organisme et les correspondances entre elles sont présentées en annexe.

Les différentes classifications des composés cancérigènes y sont également détaillées (hiérarchisation selon l'Union Européenne, l'US EPA et le CIRC).

Lorsque plusieurs VTR sont proposées, le choix s'oriente en fonction des recommandations de l'INERIS, de la notoriété de l'organisme, de la date de parution, de leur cohérence avec les autres VTR et du type d'étude dont elle découle (les études épidémiologiques sont privilégiées par rapport à l'expérimentation animale). L'ensemble des VTR obtenues dans la bibliographie sont présentées en annexe.

7.4.3. Synthèse des dangers et des VTR sélectionnés

Les valeurs Toxiques de Référence [VTR] sélectionnées sont reprises dans les tableaux suivant selon les différents effets et voies d'absorption :

- Exposition aiguë par inhalation,
- Exposition chronique non cancérigène par inhalation,
- Exposition chronique cancérigène par inhalation.
- Exposition chronique par ingestion.

Tableau 14 : VTR aiguës des substances par inhalation

Substance	Source	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Organe cible / Effet critique	Année
NO₂	OMS	25	Poumons	2003
Benzène	ATSDR	29,2	Système immunologique	2008

(1) – composés ne disposant pas de VTR, la valeur indiquée est une valeur guide

Tableau 15 : VTR chroniques des substances non cancérigènes pour une exposition par inhalation

Substance	Source	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Organe cible / Effet critique	Année
NO₂ (1)	OMS	10	Système respiratoire	2021
Benzène	ANSES	10	Système immunologique	2008
1-3 Butadiène	EPA	2	Atrophie ovarienne	2021
Nickel	TCEQ	0,23	Système respiratoire	2011
Naphtalène	ANSES	37	Appareil respiratoire / Appareil sanguin / yeux	2013

(1) – composés ne disposant pas de VTR, la valeur indiquée est une valeur guide

Tableau 16 : VTR chroniques des substances cancérigènes pour une exposition par inhalation

Substance	Source	Valeur en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Organe cible / Effet critique	Année
Benzène	ANSES	$2,6.10^{-5}$	Leucémie	2013
Chrome	OMS/IPCS	4.10^{-2}	Poumons	2012
1,3-Butadiène	OEHHA	$2,4.10^{-7}$	Sang	2022

Substance	Source	Valeur en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Organe cible / Effet critique	Année
Nickel	TCEQ	$1,7.10^{-4}$	Poumons	2011
Benzo(a)pyrène	OEHHA	$1,1.10^{-3}$	Poumons	2008
Naphtalène	ANSES	$5,6.10^{-6}$	Epithélium nasal	2011
Arsenic	TCEQ	$1,5.10^{-4}$	Poumons	2012
PM_{2,5}	ANSES	$1,3.10^{-2}$	Poumons	2023

Tableau 17 : VTR à seuil pour une exposition par ingestion

Substance	Source	Valeur en mg/kg/j	Organe cible / Effet critique	Année
Benzo(a)pyrène	INERIS	3.10^{-4}	Altérations neurocomportementales	2018

Tableau 18 : VTR sans seuil pour une exposition par ingestion

Substance	Source	Valeur en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	Organe cible / Effet critique	Année
Benzo(a)pyrène	INERIS	1	Tumeurs hépatiques et stomacales	2018

7.4.4. Évaluation de l'exposition par inhalation de la population

■ Équation générale

L'exposition par inhalation d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) pour chaque polluant, selon l'équation suivante :

$$CMI = (C_i \times T_i) \times F \times \left(\frac{DE}{T_m}\right) \quad \text{Équation 1}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_i : Concentration de polluant représentative de la période d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

T_i : Taux d'exposition à la concentration C_i pendant une journée (sans unité)

F : Fréquence d'exposition annuelle qui correspond au nombre de jours d'exposition sur une année (sans unité)

DE : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques cancérigènes (années)

T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets cancérigènes où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière standard (T_m est généralement pris égal à 70 ans)

Les paramètres d'exposition T_i , F et DE doivent être renseignés pour tenir compte des conditions d'exposition auxquelles sont confrontées les populations cibles.

Le paramètre C_i (concentration en polluant dans l'air) de l'équation 1 est issu des concentrations modélisées lors de la dispersion des polluants atmosphériques.

■ Scénarios d'exposition retenus

En fonction de la typologie du site vulnérable, le scénario d'exposition est adapté afin de considérer les différents temps d'exposition. Le tableau suivant présente les durées d'exposition considérées en fonction du lieu d'accueil. Ces durées permettent de calculer les valeurs paramétriques de l'équation 1.

En complément à la concentration d'exposition au niveau du site vulnérable (CMI), il est considéré une exposition sur le reste de la période identique à la concentration de fond. Cette approche permet de proposer un scénario plus réaliste d'une exposition moyenne d'une personne fréquentant un site dit vulnérable.

Tableau 19 : Durée d'exposition par typologie au droit des sites vulnérables

Scénarios	Risque	Paramètres		
		Heures	Jours	Années
Résidentiel	Aigüe	24		
	Chronique	24	336	
	Chronique sans effet de seuil	24	336	70
Petite enfance	Aigüe	24		
	Chronique	12	336	
	Chronique sans effet de seuil	12	336	3
Maternelle	Aigüe	24		
	Chronique	12	195	
	Chronique sans effet de seuil	12	195	3
Élémentaire	Aigüe	24		
	Chronique	12	195	
	Chronique sans effet de seuil	12	195	5
Primaire	Aigüe	24		
	Chronique	12	195	
	Chronique sans effet de seuil	12	195	8
Centre de soin	Aigüe	12		
	Chronique	24	9 ⁽¹⁾	
	Chronique sans effet de seuil	24	9 ⁽¹⁾	1
Accueil personnes âgées	Aigüe	24		
	Chronique	24	365	
	Chronique sans effet de seuil	24	365	3 ⁽²⁾

(1) Durée moyenne en France d'hospitalisation à l'hôpital, source « Statistique de l'OCDE sur la santé 2023 »

(2) L'hébergement des personnes âgées en établissement, source : « Drees, enquête EHPA 2023 »

Pour une exposition aiguë, aucun scénario d'exposition n'est défini. La concentration retenue pour la comparaison avec la valeur toxicologique de référence correspond à la valeur maximale modélisée pour une dispersion atmosphérique défavorable (soit le centile 100) :

$$CMI_{aiguë} = C_{P100} \quad \text{Équation 2}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_{P100} : Concentration en percentile 100

Pour une exposition chronique à un polluant à seuil :

$$CMI_{chronique (sans seuil)} = CMA \times \frac{jours}{365} \times \frac{heures}{24} \quad \text{Équation 3}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CMA : Concentration modélisée en moyenne annuelle

Pour une exposition chronique à un polluant sans seuil :

$$CMI_{chronique(seuil)} = CMA \times \frac{heures}{24} \times \frac{jours}{365} \times \frac{années}{70} \quad \text{Équation 4}$$

■ Polluants sans VTR

Les polluants sans VTR sont directement comparés à la valeur guide sans pondération par un scénario d'exposition.

■ Concentrations retenues par polluant

Les concentrations sont calculées en moyenne annuelle sur chaque site par le modèle de dispersion atmosphérique. Pour l'exposition aiguë, l'évaluation est réalisée selon le même principe que pour les risques chroniques. En revanche la concentration maximale modélisée est exploitée (soit le percentile 100).

7.4.5. Caractéristiques des risques par inhalation

■ Méthodologie

Polluant à effet de seuil aigu et chronique

Les polluants à effet de seuil répondent à un seuil de toxicité en dessous duquel on considère qu'il n'y a pas de risque sanitaire. Pour évaluer la présence ou non d'un risque sanitaire, on calcule un Ratio de Danger selon les formules suivantes :

$$RD_{aigu} = \frac{CMI_{aiguë}}{VTR_{aiguë}} \quad \text{Équation 6}$$

$$RD_{chronique} = \frac{CMI_{chronique (sans seuil)}}{VTR_{chronique}} \quad \text{Équation 7}$$

Avec :

RD_{Chronique} : Ratio de Danger chronique par inhalation

CMI : Concentration moyenne inhalée aiguë ou chronique (déterminée en fonction du scénario d'exposition et du type de concentration (percentile ou moyenne annuelle) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

VTR : Valeur toxicologique de référence chronique en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Le ratio de danger (RD) permet d'évaluer la présence d'un risque. Lorsqu'il est supérieur à 1 le risque existe et au contraire lorsqu'il est inférieur à 1, aucun impact sanitaire n'est observable.

Pour les polluants ayant un impact sanitaire sur le même organe cible, il est possible de sommer les ratios de danger pour évaluer l'impact lié à la co-exposition de plusieurs toxiques.

Polluant sans effet de seuil

Pour les polluants sans effet de seuil, l'évaluation des risques sanitaires consiste à évaluer la probabilité pour une personne exposée à la pollution de développer une pathologie. Cette probabilité est appelée Excès de Risque Individuel et se calcule de la façon suivante :

$$ERI = CMI_{MA} \times ERU \quad \text{Équation 8}$$

Avec :

ERI : Excès de risque individuel en nombre de cas de cancer

CMI_{MA} : Concentration moyenne inhalée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ERU : Excès de risque unitaire en nombre de cas de cancer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹

Polluant sans VTR

Le dioxyde d'azote est directement comparé à la valeur guide.

■ Évaluation des risques pour les sites vulnérables

Risques aigus par inhalation

Les risques aigus par inhalation sont calculés pour le NO₂.

Pour le benzène, les ratios de dangers sont inférieurs à 1 sur tous les sites vulnérables pour chaque scénario. Il n'existe donc pas de risque aigu lié au benzène au niveau des sites vulnérables.

Pour le NO₂, des ratios de dangers supérieurs à 1 sont observés. Le tableau suivant présente le pourcentage de sites vulnérables présentant un risque aigu au NO₂ pour chaque scénario.

Tableau 20 : Pourcentage de sites vulnérables présentant un risque aigu

Scénario	Pourcentage de sites présentant un risque aigu
Actuel	82,5 %
Référence 2030	55,0 %
Projet 2030	67,5 %
Référence 2050	10,0 %
Projet 2050	15,0 %

Le pourcentage de sites vulnérables présentant un risque aigu en situation de projet (2030 et 2050) augmente par rapport aux situations de référence. Le projet entraîne donc une augmentation des risques aigus par inhalation du NO₂ au niveau des sites vulnérables par rapport à la situation de référence (mais ce pourcentage diminue très nettement par rapport à la situation actuelle)

Les localisations des sites vulnérables présentant un risque aigu pour chaque scénario sont présentées en annexe 10.2.

Risques chroniques non cancérigènes par inhalation

Pour le benzène, le naphtalène, le nickel et le 1,3-butadiène, l'ensemble des ratios de danger est inférieur à 1. Il n'existe pas de risque chronique non cancérigène pour ces polluants au droit des sites vulnérables.

Pour le NO₂, la valeur guide de l'OMS (12,5 µg/m³) n'est respectée sur aucun site vulnérable. La concentration de fond des NO₂ contribue à elle seule à ces risques chroniques systémiques. La mise en service du projet n'entraîne pas ces dépassements.

Risques chroniques cancérigènes par inhalation

Pour les risques chroniques cancérigènes par inhalation, l'ensemble des ERI sont sommés pour prendre en compte le risque global.

Il en ressort que la totalité des sites sensibles sont exposés à un risque chronique cancérigène par inhalation, principalement des PM_{2,5}. En effet, les ERI pour le PM_{2,5} sont de l'ordre de 10⁻². La concentration de fond des PM_{2,5} (6,2 µg/m³) contribue à elle seule à ces risques chroniques cancérigènes. La mise en service du projet n'entraîne pas ces dépassements.

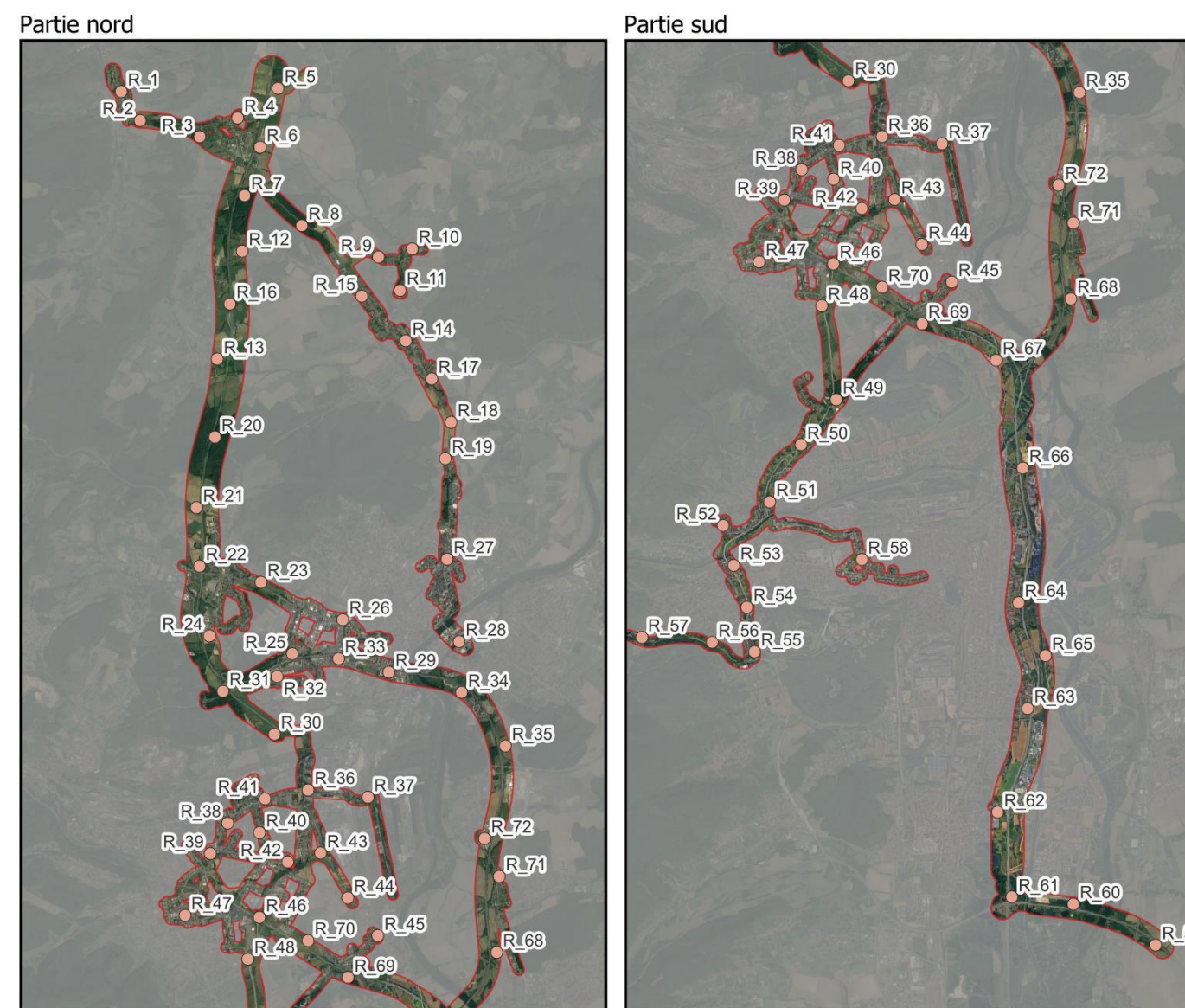
Cependant, d'après l'Avis de l'Anses – Saisine n°2019-SA-0198,

« En l'absence de consensus ou de recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant, et contrairement à de nombreuses substances chimiques pour lesquelles un niveau acceptable de risque de cancer est de 10⁻⁴ à 10⁻⁶ est souvent utilisé dans l'élaboration de valeurs réglementaires, l'Anses n'a pas accompagné sa proposition de VTR par des valeurs de concentrations équivalentes à des niveaux acceptables d'excès de risque individuel (ERI). A titre d'information, les niveaux d'ERI calculés pour une concentration d'exposition aux PM_{2,5} équivalente à la valeur guide de l'OMS s'établissent à 5,7.10⁻² pour les décès anticipés, et à 5,3.10⁻³ pour l'incidence de cancer du poumon. ».

■ Évaluation des risques sanitaires sur l'ensemble de la zone d'étude

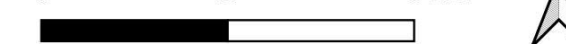
Pour réaliser l'EQRS sur la population générale, une série de points récepteurs positionnés de façon homogène sur l'ensemble de la zone a été rajoutée pour compléter les sites vulnérables. Les risques présentés ci-dessous sont les risques au droit de ces points récepteurs.

Figure 68 : Localisation des points récepteurs



■ Zone d'étude ● Récepteurs

0 3 6 km



Risques aigus par inhalation

Les ratios de dangers sont calculés sur l'ensemble de la zone d'étude.

Pour le NO₂, des ratios de dangers supérieurs à 1 sont observés. Le pourcentage de population exposée à un risque aigu par inhalation du NO₂ dans la zone d'étude est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Pourcentage de population exposée à un risque aigu par le NO₂

Scénario	Pourcentage de population exposée à un risque aigu par inhalation du NO ₂
Actuel	78,52 %
Référence 2030	38,60 %
Projet 2030	46,40 %
Référence 2050	15,47 %
Projet 2050	20,57 %

Le pourcentage de population exposée à un risque aigu par inhalation du NO₂ diminue entre la situation actuelle et 2050, quel que soit le scénario. Toutefois, en situation de projet ce taux diminue de manière moins importante.

Risques chroniques non cancérigènes par inhalation

Les ratios de dangers du benzène, du naphthalène, du nickel et du 1,3-butadiène sont inférieurs à 1. Il n'existe pas de risque chronique non cancérigène pour ces polluants dans la zone d'étude.

Pour le NO₂, la totalité de la population dans la zone d'étude est exposée à un risque chronique non cancérigène par inhalation du NO₂ pour les scénarios avec et sans projet (2030 et 2050). La concentration de fond des NO₂ contribue à elle seule à ces risques chroniques systémiques. La mise en service du projet n'entraîne pas ces dépassements.

Risques chroniques cancérigènes par inhalation

L'analyse des excès de risques par inhalation s'effectue par comparaison avec l'excès de risque « acceptable » pris égal à 10⁻⁵, soit 1 risque sur 100 000 de développer un cancer au cours d'une vie entière à la suite d'une exposition à la pollution par inhalation (10 ans d'exposition pour le scénario choisi dans l'étude).

Comme pour les sites vulnérables, l'ensemble des ERI dans la zone d'étude sont sommés pour prendre en compte le risque global. Il en ressort que la totalité de la population de la zone d'étude est exposée à un risque chronique cancérigène par inhalation principalement des PM_{2,5} pour toutes les situations (avec et sans projet 2030 et 2050).

La concentration de fond des PM_{2,5} (6,2 µg/m³) contribue à elle seule à ces risques chroniques cancérigènes. La mise en service du projet n'entraîne pas ces dépassements.

7.4.6. Évaluation de l'exposition par ingestion de la population

■ Equation générale

L'exposition par ingestion se traduit par l'équation 5 qui s'exprime en dose journalière absorbée par kilogramme de poids corporel.

$$DJE = \sum_i \frac{C_i \times Q_i \times DE_i \times F_i}{P \times T_m} \quad \text{Équation 5}$$

Avec :

DJE : Dose journalière d'exposition (mg/kg/j)

C_i : Concentration de polluant relative au média *i* considéré (mg/kg)

Q_i : taux d'ingestion par voie orale du média *i* considéré (en kg/j)

DE_i : durée d'exposition au média *i* considéré (années)

F_i : Fréquence ou taux d'exposition annuel qui correspond au nombre de jours d'exposition sur une année pour le média *i* considéré (sans unité)

P : Poids corporel de la cible (kg)

T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

I : Type de média (sol, végétaux, viande, légumes, fruit, lait, œuf)

■ Scénario d'exposition retenu

Il a été retenu pour l'évaluation de l'impact sanitaire par ingestion sur la population riveraine un scénario d'exposition de :

- 335 jours de consommation éventuelle de produits alimentaires
- 70 ans de présence en continue (DE_i = T_m = 70 ans)

L'évaluation des risques par ingestion intègre l'analyse de la masse corporelle de la personne cible (les VTR s'expriment en quantité de polluant par masse corporelle). Le scénario d'exposition retenu inclut différentes classes d'âge pour analyser le risque en fonction de la masse corporelle. 5 classes d'âge sont donc définies.

Tableau 22 : Poids par classe d'âge

Classe d'âge	Poids
0-1	7,6
1-10	20,0
11-14	47,2
15-17	60,1
+18	70,1

L'évaluation des doses absorbées passe au préalable par une estimation des concentrations dans les différents médias pouvant être consommés. Les équations de transferts de la pollution atmosphérique aux produits absorbés sont présentées dans les paragraphes suivants.

■ Concentrations dans les sols

Les concentrations dans les sols sont définies selon l'équation suivante :

$$C_{i_sol} = \frac{D_i \times t}{e \times \rho_{sol}} \quad \text{Équation 9}$$

Avec :

C_{i_sol} : Concentration des polluants dans le sol (mg/kg de sol)

D_i : Dépôt en mg/j

t : Temps (jour)

e : épaisseur du sol (m)

ρ_{sol} : Masse volumique du sol ($\rho_{sol} = 1300 \text{ kg/m}^3$)

Cette équation prend comme hypothèse majorante l'absence de perte ou dégradation des éléments liée aux envolées, aux réactions physicochimiques et à l'activité microbiologique.

L'épaisseur du sol où s'accumulent les polluants a été considérée de 20 cm pour l'absorption racinaire des végétaux, 10 cm pour l'ingestion par les animaux et 1 cm pour l'ingestion directe.

■ Concentration dans les végétaux

Les végétaux sont contaminés par trois mécanismes :

- Le dépôt direct de particules (dépôt sec ou humide) ;
- L'absorption foliaire de polluant sous forme gazeuse par la partie aérienne des végétaux ;
- Le transfert racinaire à partir du sol.

La contamination des végétaux est calculée pour six familles permettant de caractériser l'ensemble des produits consommés par les riverains ou les animaux :

- Herbe,
- Légumes-feuilles,
- Légumes-fruit,
- Légumes-racines,
- Fruit,
- Céréales.

Calcul de la concentration du polluant dans la plante liée au dépôt particulaire

L'équation ci-dessous permet de remonter aux concentrations à l'intérieur des végétaux à partir des dépôts sec et humide (D_p). Les dépôts sont issus de la modélisation de la dispersion atmosphérique.

$$C_{dp} = \frac{D_p \times R_p \times (1 - e^{-k_p \times T_p})}{Y_p \times k_p} \quad \text{Équation 10}$$

Avec :

D_p : Dépôt particulaire (mg/m₂/s)

R_p : Fraction interceptée du dépôt (sans unité)

k_p : Coefficient de réduction de la concentration déposée sur les végétaux par augmentation de la biomasse, érosion par le vent et lessivage (an⁻¹)

T_p : Durée d'exposition à la contamination pendant la saison de croissance (an)

Y_p : Rendement de la culture (kg de plante sèche/m²)

Tableau 23 : Paramètres utilisés dans l'absorption par dépôt de particules sur les parties aériennes des végétaux

Type de plantes	Yp	Rp	Kp	Tp
Herbe	0,2	0,5	18	0,12
Légumes-feuilles	2,24	0,39	18	0,164
légumes-fruits	2,24	0,39	18	0,164
légumes-racines	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
fruits	2,24	0,39	18	0,164
Céréale	0,2	n.a.	n.a.	n.a.

Calcul de la concentration du polluant dans la plante liée à l'absorption foliaire

$$C_{gp} = B_v \times C_a \times F_v \times VG \quad \text{Équation 11}$$

Avec :

B_v : Coefficient de biotransfert air-plante (sans unité)

C_a : Concentration de polluant dans l'air (sous forme particulaire et gazeuse) (mg/m³)

F_v : Fraction de polluant sous forme gazeuse

VG : Facteur correctif empirique (pour tenir compte du transfert réduit des polluants vers l'intérieur de la plante à vocation alimentaire et de la réduction de la contamination due aux techniques de préparation)

$VG = 0,01$ pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau supérieur à 10 000

$VG = 1$ pour les polluants pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau inférieur à 10 000

Calcul de la concentration du polluant dans la plante liée au transfert racinaire

Le transfert des polluants du sol vers la plante distingue la partie aérienne de la partie en terre (tubercule).

$$C_{rp} = B_r \times C_s \quad \text{Équation 12}$$

Avec :

B_r : Coefficient de biotransfert sol-plante (sans unité)

C_s : Concentration de polluant dans le sol (mg/kg de sol)

Calcul de la concentration de polluant dans les végétaux « frais »

Les précédents calculs définissent la concentration en polluant en matière sèche de végétaux. Pour remonter à la concentration pour une plante « fraîche » le coefficient de teneur en matière sèche est utilisé.

$$C_p = (C_{dp} + C_{gp} + C_{rp}) \times t_s \quad \text{Équation 13}$$

Avec :

C_{dp} : Concentration de polluant dans la plante liée au dépôt particulaire (mg/kg)

C_{gp} : Concentration de polluant dans la plante liée à l'absorption foliaire (mg/kg)

C_{rp} : Concentration de polluant dans la plante liée au transfert racinaire (mg/kg)

t_s : Teneur en matière sèche de la plante

Tableau 24 : Teneurs en matière sèche par végétaux

Type de plantes	t_s
Herbe	0,2
Légumes-feuilles	0,086
légumes-fruits	0,063
légumes-racines	0,2
fruits	0,15
céréale	0,882

■ Concentration dans les produits d'origine animale

La concentration dans les produits d'origine animale reprend la quantité de polluant ingérée par jour, multiplié par un facteur de bioaccumulation (B_a). La quantité de polluant absorbée correspond à la somme des quantités d'aliments consommés et de sol ingéré.

$$C_i = (Q_{pi} \times C_{pi} + Q_{si} \times C_{si} \times B_s) \times B_a \quad \text{Équation 14}$$

Avec :

Q_{pi} : Quantité de végétaux consommée quotidiennement par l'animal producteur (kg)

C_{pi} : Concentration de polluant dans la plante p consommée par l'animal producteur (mg/kg)

Q_{si} : Quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal producteur (kg)

C_{si} : Concentration de polluant dans le sol (mg/kg)

B_s : Facteur de biodisponibilité relative du polluant dans le sol par rapport à la biodisponibilité du polluant dans les végétaux consommés par l'animal (sans unité, facteur pris égal à 1)

B_a : Facteur de biotransfert du polluant dans le produit i (sans unité)

Les quantités ingérées d'aliments et de sol utilisées dans l'évaluation sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 25 : Consommation animale

Espèce	Type de végétaux	Q_{pi} (kg frais/j)	Q_{si} (kg/j)
Bœuf	Herbe	60	0,5
Vache laitière	Herbe	80	0,4
Volaille	Céréales	0,2	0,022
Cochon	Céréales	5,3	0,37

7.4.7. Caractéristiques des risques par ingestion

■ Méthodologie

Polluant à effet de seuil

Les polluants à effet de seuil répondent à un seuil de toxicité en dessous duquel on considère qu'il n'y a pas de risque sanitaire. Pour évaluer la présence ou non d'un risque sanitaire, on calcule le ratio de danger selon la formule suivante :

$$RD_{ingestion} = \frac{DJE}{DJT} \quad \text{Équation 15}$$

Avec :

$RD_{ingestion}$: Ratio de danger par ingestion

DJE : Dose journalière d'exposition (mg/kg)

DJT : Dose journalière tolérée (mg/kg)

Le ratio de danger (RD) permet d'évaluer la présence d'un risque. Lorsqu'il est supérieur à 1, le risque existe et au contraire lorsqu'il est inférieur à 1, aucun impact sanitaire n'est observable.

Polluant sans effet de seuil

Pour les polluants sans effet de seuil, l'évaluation des risques sanitaires consiste à évaluer la probabilité pour une personne exposée à la pollution de développer une pathologie. Cette probabilité est appelée Excès de risque individuel et se calcule de la façon suivante :

$$ERI = DJE \times ERU \quad \text{Équation 16}$$

Avec :

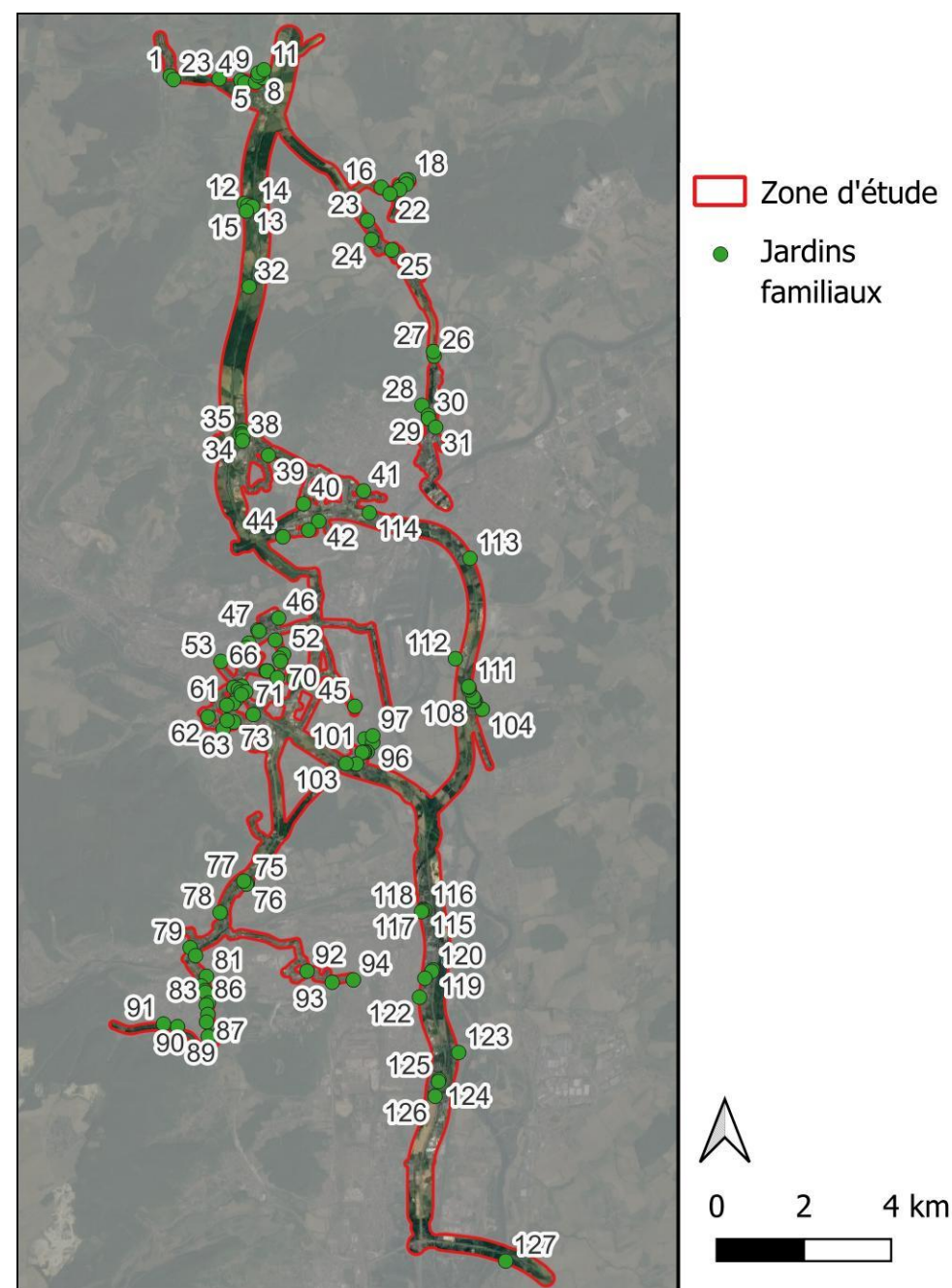
ERI : Excès de risque individuel en nombre de cas de cancer par voie orale

DJE : Dose journalière d'exposition (mg/kg)

ERU : Excès de risque unitaire en nombre de cas de cancer par voie orale (mg/kg)⁻¹

■ **Evaluation des risques pour les jardins familiaux**

127 jardins familiaux sont localisés dans la zone d'étude et sont présentés dans la carte suivante.



L'analyse des excès de risques par ingestion s'effectue par comparaison avec l'excès de risque « acceptable » pris égal à 10^{-5} , soit 1 risque sur 100 000 de développer un cancer au cours d'une vie entière à la suite d'une exposition au benzo(a)pyrène par ingestion (70 ans d'exposition choisi dans l'étude).

Tous les ERI calculés sont inférieurs à 10^{-5} . Le risque chronique cancérigène est donc considéré comme acceptable.

Risque chronique non cancérigène par ingestion

L'ensemble des ratios de dangers (RD) calculés sont inférieurs à 1. Il n'existe donc pas de risque sanitaire lié au benzo(a)pyrène pour l'exposition par ingestion.

Risque chronique cancérigène par ingestion

8. Impacts chantiers, mesures ERC et modalités de suivi

8.1. Impact du projet en phase chantier

Dans le cadre des aménagements routiers de l'A31bis, l'impact de la phase chantier sur la qualité de l'air se décline selon des émissions directes et indirectes.

Les émissions directes concernent :

- L'ensemble des sources polluantes liées aux phases de chantier faisant intervenir des engins à moteurs : terrassement, travaux de voiries, transport de remblais ou déblais. Les émissions polluantes concernent les polluants émis à l'échappement (les principaux polluants sont les NOx, benzène, composés organiques volatiles) ;
- Les envolées de particules dues au passage des engins sur les voies ;
- Les envolées de poussières liées à la fragmentation du sol lors du terrassement.

Les émissions indirectes concernent :

- L'impact du chantier sur la réorganisation du trafic routier local qui peut se retrouver par nécessité dévié ou ralenti. Les modifications du trafic peuvent entraîner une augmentation des émissions soit en raison d'un rallongement des distances parcourues par les usagers pour un même trajet, soit par une congestion du réseau plus importante (les émissions sont nettement plus importantes avec une circulation congestionnée où de nombreuses phases d'accélération et décélération apparaissent). Les émissions polluantes concernent les polluants émis à l'échappement ;
- Les envolées de poussières par abrasion du vent des sols décapés ;
- Les émissions de polluants liées à la découverte d'éventuels sites et sols pollués (dégazage du sol). Les polluants émis sont ceux identifiés dans les sols ayant un potentiel volatil ou de mise en suspension dans l'air sous l'action du vent.

8.2. Mesures d'évitement et de réduction des impacts du projet

Les émissions directes causées par les engins de chantier seront limitées compte-tenu de la restriction du chantier aux engins respectant la réglementation en vigueur.

Les émissions de particules résultant de leur remise en suspension à la suite des passages des véhicules seront réduites en procédant à l'aspersion d'eau des voies de chantiers lors de périodes sèches.

Les émissions indirectes liées à l'abrasion par le vent des sols décapés non exploités seront réduites en phasant les travaux afin de limiter la durée où ces sols ne sont pas retravaillés. Afin de limiter les émissions indirectes liées à la modification du réseau routier, les travaux seront organisés afin de perturber au minimum la circulation en veillant à laisser la circulation libre.

Les sites et sols pollués découverts de manière fortuite sont également susceptibles d'émettre des polluants de façon indirecte à partir du moment où les terres sont retournées. Si de tels sites venaient à être découverts, des

solutions de traitement seront immédiatement prises afin de limiter les émissions diffuses (excavation et envoi en filières spécialisées de traitement).

8.3. Modalités de suivi

Afin de vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre, des campagnes de mesures des poussières peuvent être réalisées le long du projet afin d'avoir un suivi de la qualité de l'air

9. Conclusion

Le projet de la mise en 2x3 voies de sections de l'A30 et de l'A31 et de réalisation d'un nouveau tronçon autoroutiers (2x2 voies) entraîne une augmentation du nombre de kilomètres parcourus. De ce fait, les émissions de polluants augmentent avec la mise en service du projet.

En situation projet à 2030 et 2050, les concentrations de polluants diminuent le long de l'actuelle A31 entre le diffuseur de Bétange à Florange et le nœud autoroutier de Richemont. **Les diminutions sont de l'ordre de -2 µg/m³ pour les concentrations de NO₂ et de -2,5 µg/m³ pour celles des PM₁₀.**

En revanche, les concentrations de polluants augmentent au droit des têtes de tunnel du projet. Les augmentations de concentrations sont maximales au niveau des entrées et sorties du tunnel. **À noter toutefois que la dispersion des polluants au droit des têtes de tunnel est rapide et se fait dans le sens du courant d'air. Elle n'atteint donc pas les zones situées derrière la tête du tunnel comme le montre les résultats présentés dans cette étude.** En effet, la population la plus proche de la tête de tunnel sud est située derrière l'axe de la tête ce qui est favorable. Il a été démontré que la population à proximité immédiate de la tête de tunnel sud est exposée à des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ largement en-dessous des valeurs limites de concentrations.

Concernant l'indice d'exposition de la population à la pollution, le projet entraîne une augmentation de l'IPP de 1,5% en 2030 et de 1,1% en 2050. Le projet entraîne donc une augmentation de l'exposition de la population aux concentrations de NO₂. Les résultats de calcul des IPP sur le NO₂, les PM₁₀ et les PM_{2,5} démontrent néanmoins que les concentrations maximales auxquelles la population est exposée en situation de projet 2030 et 2050 sont inférieures aux valeurs limites de concentrations de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2,5}.

Concernant l'évaluation des risques sanitaires, des risques aigus par inhalation du NO₂ sont observés au droit de certains sites vulnérables et dans la zone d'étude. Le pourcentage de population exposée à un risque aigu par inhalation du NO₂ diminue entre la situation actuelle et 2050, quel que soit le scénario. Toutefois, en situation de projet ce taux diminue de manière moins importante.

À savoir que le NO₂ ne dispose pas de VTR. Les concentrations sont directement comparées à la valeur guide de 25 µg/m³.

Scénario	Pourcentage de population exposée à un risque aigu par inhalation du NO ₂
Actuel	78,52 %
Référence 2030	38,60 %
Projet 2030	46,40 %
Référence 2050	15,47 %
Projet 2050	20,57 %

Concernant les risques chroniques non cancérogènes par inhalation, il n'existe pas de risque pour le benzène, le naphthalène, le nickel et le 1,3-butadiène. À l'inverse pour le NO₂, la totalité des sites vulnérables et la totalité de la population de la zone d'étude sont exposés à un risque chronique non cancérogène par inhalation, et cela pour tous les scénarios. La concentration de fond en NO₂ contribue à elle seule à ces risques chroniques systémiques.

Pour les risques chroniques cancérogènes, la somme des ERI est de l'ordre de 10⁻² pour tous les scénarios, au droit de tous les sites sensibles et pour la totalité de la population de la zone d'étude. La totalité de la population de la zone d'étude est donc exposée à un risque chronique cancérogène dû aux PM_{2,5}.

10. Annexes

10.1. Valeurs toxicologiques de référence

Chaque instance possède sa propre méthode de caractérisation des VTR et sa propre dénomination de ces dernières. Les tableaux suivants fournissent les dénominations des VTR spécifiques à chaque organisme, ainsi que dans le cas des VTR « sans seuil », le calcul à effectuer pour déduire l'ERU (excès de risque de cancer pour une exposition chronique à une concentration de 1 µg/m³ pour l'inhalation et 1 mg/kg/j pour l'ingestion).

Tableau 26 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances – risques par inhalation

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR	Déduction de l'ERU en (µg/m ³) ⁻¹
EPA	RSC	µg/m ³	Risk Specific Concentration => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 100 000 (10 ⁻⁵)	ERU = 10 ⁻⁵ / RSC
OMS/IPCS	ERU	(µg/m ³) ⁻¹	Excès de Risque Unitaire	-
RIVM	CR	µg/m ³	Cancer Risk => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 10 000 (10 ⁻⁴)	ERU = 10 ⁻⁴ / CR
OEHHA	UR	(µg/m ³) ⁻¹	Unit Risk => Excès de risque de cancer pour une exposition chronique de 1 µg/m ³	ERU = UR
Health Canada	CT _{0,05}	µg/m ³ ou mg/m ³	Concentration tumorigène => concentration correspondant à 5 cas de cancer sur 100 personnes exposées	ERU = CT _{0,05} / 5000

Tableau 27 : Nature et dénomination des VTR à seuil selon les différentes instances – risques par inhalation

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR
EPA	RfD	mg/kg/j	Reference Dose
ATSDR	MRL		Minimal Risk Level
OMS/IPCS	TI		Tolerable Intake
Santé Canada	DJA		Dose Journalière Admissible
RIVM	TDI		Tolerable Daily Intake
EFSA	TDI		Tolerable Daily Intake
OEHHA	REL		Reference Exposure Level

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR
EFSA	DHT		Dose hebdomadaire tolérable

Tableau 28 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances – risque par ingestion

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR	Déduction de l'ERU en (µg/m ³) ⁻¹
EPA	OSF	(mg/kg/j) ⁻¹	Oral Slope Factor	ERU = OSF
OMS/IPCS	ERU	(µg/kg/j) ⁻¹	Excès de Risque Unitaire	-
RIVM	CR _{oral}	(mg/kg/j) ⁻¹	Cancer Risk => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 10 000 (10 ⁻⁴)	ERU = 10 ⁻⁴ / (CR*10 ⁻³)
OEHHA	OSF	(mg/kg/j) ⁻¹	Oral Slope Factor	ERU = OSF
Health Canada	DT _{0,05}	(mg/kg/j) ⁻¹	Dose tumorigène => concentration correspondant à 5 cas de cancer sur 100 personnes exposées	ERU = DT _{0,05} / 5000

Tableau 29 : Nature et dénomination des VTR à seuil selon les différentes instances – risques par ingestion

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR
EPA	RfD	mg/kg/j	Reference Dose
ATSDR	MRL		Minimal Risk Level
OMS/IPCS	TI		Tolerable Intake
Santé Canada	DJA		Dose Journalière Admissible
RIVM	TDI		Tolerable Daily Intake
EFSA	TDI		Tolerable Daily Intake
OEHHA	REL		Reference Exposure Level
EFSA	DHT		Dose hebdomadaire tolérable

Différentes classifications des composés cancérigènes existent et sont présentées ci-dessous.

Le **CIRC (ou IARC)** définit 4 groupes (de 1 à 4) correspondant à des degrés d'indication de cancérogénicité pour l'être humain. Le deuxième est subdivisé en groupe 2A et 2B.

Ces groupes sont les suivants :

- Groupe 1 : agent cancérigène (parfois appelé cancérigène avéré ou cancérigène certain),
- Groupe 2A : agent probablement cancérigène,
- Groupe 2B : agent peut-être cancérigène (parfois appelé cancérigène possible),
- Groupe 3 : agent inclassable quant à sa cancérigénicité,
- Groupe 4 : agent probablement pas cancérigène.

L'Union Européenne définit 3 groupes :

- **Catégorie 1 (ou 1A selon le règlement CLP 1272/2008) :** substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer.
- **Catégorie 2 (ou 1B selon le règlement CLP 1272/2008) :** substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption de causalité entre l'exposition de l'homme à de telles substances et la survenue d'un cancer. Cette présomption est généralement fondée sur des études appropriées à long terme sur l'animal et/ou d'autres informations appropriées. Il faut disposer, soit de résultats positifs sur deux espèces animales, ou d'éléments positifs indiscutables pour une espèce, étayés par des éléments secondaires tels que : des données sur la génotoxicité, des études métaboliques ou biochimiques, l'induction de tumeurs bénignes, des relations structurelles avec d'autres substances cancérigènes connues ou des données tirées d'études épidémiologiques suggérant une association.
- **Catégorie 3 (ou 2 selon le règlement CLP 1272/2008) :** substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles. Cette catégorie comporte 2 sous-catégories :
 - Les substances suffisamment étudiées, mais pour lesquelles il n'existe pas d'effets tumorigènes suffisants pour entraîner le classement dans la catégorie 2. Des expériences complémentaires ne seraient pas susceptibles d'apporter d'autres informations pertinentes pour la classification.
 - Les substances insuffisamment étudiées : les données disponibles sont inadéquates, mais préoccupantes pour l'homme. Cette classification est provisoire et des expériences complémentaires sont nécessaires avant de prendre une décision finale.

L'US EPA définit 5 classes :

- **Groupe A :** cancérigène avéré, utilisé lorsque suffisamment de preuves provenant d'étude épidémiologiques associent les symptômes à l'exposition
- **Groupe B :** probablement cancérigène, utilisé lorsque le nombre de données sur l'exposition humaine sont insuffisantes mais dont les expérimentations animales montrent des risques de cancer. Deux sous-groupes sont définis :
 - **Groupe B1 :** données épidémiologiques sont disponibles mais limitées,
 - **Groupe B2 :** l'expérimentation animale montre des développements de cancer.
- **Groupe C :** cancérigène possible, utilisé lorsqu'un nombre limité d'expérimentation animale montrent un risque de développement de cancer.
- **Groupe D :** non classifiable, utilisé lorsque les études animales et humaines sont contradictoires ou qu'aucune donnée n'est disponibles.
- **Groupe E :** non cancérigène, utilisé lorsque suffisamment d'étude montre l'innocuité de la substance sur l'homme ou sur deux espèces différentes.

Les composés traités dans l'étude sont présentés dans les paragraphes suivants.

L'arsenic (n° CAS : 7440-38-2)

(Source INERIS 2010)

Risque aigu

Les principaux effets aigus, observés suite à l'ingestion d'arsenic inorganique, sont typiquement gastro-intestinaux associant nausées, vomissements, hémorragies gastro-intestinales, douleurs abdominales et diarrhées. Des effets sur le système nerveux et la peau peuvent aussi apparaître dans les jours ou les semaines suivant l'exposition.

Risque Chronique, effets systémiques

Par voie orale, les effets chroniques de l'arsenic sont divers et variés : effets sur la peau, le système respiratoire, cardiovasculaire, neurologique (neuropathies périphériques), gastro-intestinal, sanguin (anémie, leucopénie) et, découvert récemment, un possible impact sur le développement de certains types de diabète. Les effets sur la peau précédemment cités sont les signes les plus précoces traduisant une intoxication par l'arsenic. La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles et rapporte des effets principalement au niveau de l'appareil respiratoire, du système cardiovasculaire et de la peau, mais aussi au niveau du système nerveux.

Risque Chronique, effets cancérigènes

L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérigène par le CIRC (groupe 1), l'US EPA (classe A) et l'Union Européenne (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.

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Arsenic	Ingestion	Aiguë	Seuil	Gastro-intestinaux	MRL = 5.10 ⁻³ mg/(kg.j)	ATSDR	2007
Arsenic	Ingestion	Chronique	Seuil	Gastro-intestinaux	MRL = 3.10 ⁻⁴ mg.(kg.j)	ATSDR	2007
Arsenic	Ingestion	Chronique	Seuil	Peau	RFD = 3.10 ⁻⁴ mg/(kg.j)	US EPA	1993
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène à seuil	Poumon	TCA = 10 ⁻³ mg/m ³	RIVM	2001
Arsenic	Ingestion	Chronique	Cancérigène à seuil	-	TDI = 10 ⁻³ mg/(kg.j)	RIVM	2001
Arsenic	Inhalation	Aiguë	Seuil	Tératogène	REL = 2.10 ⁻⁴ mg/m ³	OEHHA	2008
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène à seuil	-	REL = 1,5.10 ⁻⁵ mg.m ³	OEHHA	2008
Arsenic	Ingestion	Chronique	Seuil	Cerveau	REL = 3,5.10 ⁻⁶ mg/(kg.j)	OEHHA	2008
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	EURi = 4,3.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	US EPA	1998
Arsenic	Ingestion	Chronique	Cancérigène	Cancer cutané	ERUo = 1,5 (mg/(kg.j)) ⁻¹	US EPA	1998
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	EURi = 6.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	2004
Arsenic	Ingestion	Chronique	Cancérigène	Cancer cutané	ERUo = 2,5 (mg/(kg.j)) ⁻¹	Santé Canada	2004

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Cancer pulmonaire	$EURi = 3,3 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)_1$	OEHHA	2009
Arsenic	Ingestion	Chronique	Cancérogène	Cancer cutané	$ERUo = 1,5 (\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j}))^{-1}$	OEHHA	2009
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérogène		$EURi = 1,5 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)_1$	TCEQ (sélection ANSES)	2012

Le benzène (n° CAS : 71-43-2)

Risque aigu

Lors d'une exposition aiguë (courte à de fortes concentrations), le benzène entraîne une dépression du système nerveux central s'accompagnant de convulsions et d'une dépression des fonctions respiratoires. Lors d'exposition à des concentrations plus faibles, les symptômes se traduisent par des céphalées, des vertiges et nausées. La VTR proposée par l'ATSDR concerne la dégradation de certains mécanismes immunologiques. Nous retiendrons cette VTR.

Risque Chronique, effets systémiques

Concernant l'exposition chronique (faibles concentrations répétées dans la durée), les effets systémiques du benzène sont des effets hématotoxiques et immunotoxiques.

Risque chronique, effets cancérogènes

Le benzène est classé selon l'Union Européenne en catégorie 1, l'IARC en groupe 1 et l'USEPA en catégorie A. La leucémie aiguë myéloïde est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas.

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Benzène	Inhalation	Aiguë	Seuil	Atteintes immunologique	MRL = 0,009 ppm Soit 29,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR	2008
Benzène	Orale	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	Oral RfD = $4 \cdot 10^{-3} \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$	US EPA	-
Benzène	Orale	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	Oral MRL = $5 \cdot 10^{-4} \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$	ATSDR	2007
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	RfC = $3 \cdot 10^{-2} \text{ mg}/\text{m}^3$	US EPA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	MRL = 0,003 ppm soit MRL = 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR	2007
Benzène	Inhalation	Subchronique	Seuil	Atteintes immunologique	MRL = 0,006 ppm soit MRL = 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR	2007
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes hématologique et développement	REL = 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA	-

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
				du système nerveux			
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	Leucémie	Oral slope factor = $1,5 \cdot 10^{-2} (\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j}))^{-1}$	US EPA	-
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	-	$CR_{\text{oral}} = 3,3 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{j})$ Soit un $ERU_i = 3 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{j}))^{-1}$	RIVM	1999-2000
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	-	Oral slope factor = 0,1 $(\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j}))^{-1}$		
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	$ERU_i = 2,2 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)_1$	US EPA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	-	$CT_{0,05} = 15 \text{ mg}/\text{m}^3$ Soit $ERU_i = 3,3 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Santé Canada	1991
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	-	$CR_{\text{inhal}} = 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Soit un $ERU_i = 5 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	RIVM	1999-2000
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène		$ERU_i = 2,9 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)_1$	OEHHA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	A seuil		10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ANSES	2008
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	$ERU_i = 2,6 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)_1$	ANSES	2013

Le benzo(a)pyrène (n° CAS : 50-32-8)

Risque aigu

Sans objet

Risque Chronique, effets systémiques

Le contact au benzo(a)pyrène entraîne une allergie de contact pour des concentrations importantes (LOAEL de 120 μg).

L'inhalation d'un aérosol de benzo(a)pyrène chez le rat n'a entraîné aucun effet au niveau pulmonaire et nasal.

L'absorption quotidienne de 50 à 150 mg/kg pendant 4 jours entraîne une diminution de l'activité carboxylestérase de la muqueuse intestinale. Des effets gastriques, hépatiques et rénaux sont observés.

Risque Chronique, effets cancérogènes

Bien que les effets cancérogènes du benzo(a)pyrène chez l'homme n'aient pas été prouvés, les études menées en laboratoire sur des hamsters tendent à montrer qu'il serait à l'origine chez l'animal de tumeurs au niveau du tractus respiratoire lors d'exposition par inhalation. C'est pourquoi, il est classé dans le groupe 2A par le CIRC, et dans la classe B2 par l'US EPA, à savoir cancérogène probable chez l'homme.

L'OMS propose une VTR issue d'études épidémiologiques sur des travailleurs de four à coke. Cette VTR n'est pas spécifique du benzo(a)pyrène mais correspond à un mélange de HAP, ce qui conduit à une surestimation du potentiel cancérogène.

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	trachée, œsophage et estomac	$ERU_o = 7,3 \text{ (mg/(kg.j))}^{-1}$	US EPA	1994
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Poumons	$ERU_i = 8,7.10^{-2} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	OMS	2000
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tractus respiratoire	$CT_{0,05} = 1,6 \text{ mg/m}^3$ Soit $ERU_i = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	Santé Canada	1993
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	Nombreux organes	$CR_{oral} = 5.10^{-4} \text{ mg/(kg.j)}$ Soit un $ERU_o = 200 \text{ (mg/(kg.j))}^{-1}$	RIVM	2001
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tractus respiratoire	$ERU_i = 1,1.10^{-3} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	OEHHA Sélection ANSES)	2008
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	Tumeurs gastriques, pulmonaire et leucémies	$ERU_o = 12 \text{ (mg/(kg.j))}^{-1}$	OEHHA	2002
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène		$ERU_o = 1 \text{ (mg/(kg.j))}^{-1}$	US EPA (Sélection ANSES)	2017
B(a)P	Absorption	Chronique	A seuil		$3.10^{-4} \text{ mg/kg/j}$	US EPA (Sélection ANSES)	2017

Le 1,3-butadiène (n° CAS : 106-99-0)

(Source INERIS 2011)

Risque aigu

Chez l'homme, le 1,3-butadiène entraîne des irritations oculaires et des voies respiratoires supérieures. Par voie cutanée, le 1,3-butadiène semble peu irritant pour la peau. Le 1,3-butadiène a également une action délétère sur le système nerveux.

Risque Chronique, effets systémiques

Chez l'homme, la toxicité s'observe essentiellement par inhalation. Des effets hématologiques minimes sont retrouvés (exposition à 20 ppm de 1,3-butadiène) et potentiellement des effets cardiovasculaires.

Risque Chronique, effets cancérogènes

Chez l'homme, il semble qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène.

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atrophie ovarienne	$RfC = 2 \mu\text{g/m}^3$	US EPA	2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	$ERU_i = 3.10^{-5}$	US EPA	2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atrophie ovarienne	$REL = 20 \mu\text{g/m}^3$	OEHHA	2001
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	$CT_{0,01} = 1,7 \text{ mg/m}^3$ Soit $ERU_i = 5,9.10^{-6} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	Santé Canada	2000
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tumeurs pulmonaires	$ERU_i = 1,7.10^{-4} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	OEHHA	1992/2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	$2,43.10^{-7} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	ANSES	2022

Chrome (n° CAS : 18540-29-9)

(Source INERIS 2006)

L'incidence sur la santé du chrome dépend de sa valence. Les deux formes les plus répandues sont le chrome IV et le chrome III. Le chrome VI est le plus toxique et dispose par conséquent des VTR les plus restrictives.

Risque aigu

L'ingestion de sels de chrome entraîne une inflammation massive du tube digestif suivie d'une nécrose s'étendant de la bouche au jéjunum (douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, hématoméses). Ces manifestations d'apparition rapide, en quelques heures peuvent entraîner la mort par collapsus circulatoire. (OMS IPCS, 1988).

Risque Chronique, effets systémiques

Le tractus respiratoire est l'organe cible des effets lors de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI. Il s'agit alors d'atteintes au site de contact. Lors de l'exposition au chrome VI, les principaux effets observés sont l'épistaxis, une rhinorrhée chronique, une irritation et des démangeaisons nasales, une atrophie de la muqueuse nasale, des ulcérations et des perforations du septum nasal, des bronchites, des pneumoconioses, une diminution des fonctions pulmonaires et des pneumonies.

Des atteintes gastro-intestinales ont été observées lors d'expositions professionnelles par inhalation. Les effets observés sont des douleurs stomacales, des crampes, des ulcères gastroduodénaux et des gastrites (Lucas et Kramkowski, 1975 ; Mancuso et Huepper, 1951 ; Sassi 1956 ; Sterechova et al., 1978).

Les dérivés du chrome ont un effet allergisant. L'effet de sensibilisation du chrome VI est plus important en raison de son absorption plus importante.

Des effets cardiovasculaires ont été décrits lors d'expositions professionnelles au dichromate de potassium (Kleiner et al., 1970). Cependant, d'autres études n'ont pas retrouvé de tels effets lors de l'exposition professionnelle aux chromates (Sassi, 1956).

L'évaluation des effets hématologiques induits par l'exposition au chrome chez les salariés exposés ne permet pas de conclure car les résultats observés sont contradictoires (ATSDR, 1993).

Quelques atteintes hépatiques ont été décrites lors de l'exposition professionnelle au trioxyde de chrome (Pascale, 1952) ou lors de l'exposition aux chromates. Ces effets demeurent mineurs.

Les résultats des études cherchant à identifier les effets rénaux sont contradictoires et ne mettent pas en évidence un effet particulier attribuable au chrome.

Des atteintes oculaires ont également été rapportées lors de l'exposition directe aux dérivés du chrome

Risque chronique, effets cancérigènes

Le caractère cancérigène du chrome est prouvé lorsqu'il est sous sa forme hexavalente (Cr VI). Il induit alors des cancers pulmonaires. Ses effets ont notamment été observés sur des cohortes de travailleurs dans la production de chromates. Le chrome VI serait plus nocif que les autres spéciations du chrome du fait de sa plus grande solubilité. C'est pourquoi, il est classé comme cancérigène avéré pour l'homme sous sa forme hexavalente (groupe 1 - CIRC et groupe A - US EPA) mais non classifiable sous sa forme trivalente (groupe D - US EPA).

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Chrome III	Ingestion	Chronique	Seuil	Foie	RfD=1,5 mg/(kg.j)	US EPA	1998
Chrome III (métal insoluble)	Inhalation	Chronique	Seuil	Foie	TCA=6.10 ⁻² mg/m ³	RIVM	2001
Chrome III (métal insoluble)	Ingestion	Chronique	Seuil	Foie	TDI=5 mg/(kg.j)	RIVM	2001
Chrome III (soluble)	Ingestion	Chronique	Seuil	Foie	TDI=5.10 ⁻³ mg/(kg.j)	RIVM	2001
Oxyde de Chrome (CrO3)	Ingestion	Chronique	Seuil	-	REL=2.10 ⁻⁶ mg/(kg.j)	RIVM	2003
Chrome VI (hors CrO3)	Inhalation	Chronique	Seuil	Bronches poumons	REL=2.10 ⁻⁴ mg/(kg.j)	OEHHA	2003
Chrome VI (hors CrO3)	Ingestion	Chronique	Seuil	-	REL=2.10 ⁻² mg/(kg.j)	OEHHA	2003
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Seuil	Gastro-intestinaux	RfD=3.10 ⁻³ mg/(kg.j)	US EPA	1998
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Seuil	Gastro-intestinaux	pTDI=5.10 ⁻³ mg/(kg.j)	RIVM	2001
Chrome VI (aérosol)	Inhalation	Subchronique	Seuil	poumon, nez	MRL=5.10 ⁻⁶ mg/m ³	ATSDR	2000
Chrome VI (aérosol)	Inhalation	Chronique	Seuil	poumon, nez	RfC=8.10 ⁻⁶ mg/m ³	US EPA	1998
Chrome VI (particulaire)	Inhalation	Subchronique	Seuil	Bronches poumons	MRL=1.10 ⁻³ mg/m ³	ATSDR	2000
Chrome VI (particulaire)	Inhalation	Chronique	Seuil	Bronches poumons	RfC=1.10 ⁻⁴ mg/m ³	US EPA	1998
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	ERUi=1,2.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	US EPA	1998

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	ERUi=4.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	OMS IPCS (Retenu par l'ANSES)	2000 2012
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	CR _{inhal} =2,5.10 ⁻⁶ mg/m ³ Soit un ERUi = 4.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	RIVM	2001
Chrome Total	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	CT _{0,05} =4,6.10 ⁻³ mg/m ³ soit ERUi= 1,1.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1993
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	CT _{0,05} =6,6.10 ⁻⁴ mg/m ³ soit ERUi= 7,5.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1993
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	ERUi=1,5.10 ⁻¹ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	2002
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Cancérigène	Cancer de l'estomac	ERUo=0,42.10 ⁻¹ (mg/(kg.j)) ⁻¹	OEHHA	2002
Chrome VI	Ingestion	Chronique	A seuil		1 µg/kg pc/j	ATSDR (Retenu par l'ANSES)	2008
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Cancérigène		ERUo= 5.10 ⁻¹ (µg/(kg.j)) ⁻¹	OEHHA (Retenu ANSES)	2011
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	0,04 (µg/m ³) ⁻¹	OMS-IPCS	2013

Le dioxyde d'azote – NO₂ (n° CAS : 10102-44-0)

Risque aigu

Chez l'homme, l'exposition aiguë au NO₂ entraîne une diminution de la fonction respiratoire. L'OMS recommande de ne pas dépasser la valeur moyenne horaire de 200 µg/m³ de NO₂. Néanmoins, l'OMS précise dans son document de 2003 que cette valeur guide ne peut être assimilée à un seuil en deçà duquel le risque serait nul. Les autres instances ne fournissent pas de VTR. Nous utiliserons donc celle de l'OMS.

Risque Chronique, effets systémiques

Des études épidémiologiques de cohortes de travailleurs ont démontré un lien entre l'inhalation chronique de NO₂ et le développement de bronchites obstructives chroniques. L'OMS propose une valeur guide de 40 µg/m³. L'EPA a fixé une valeur guide moyenne annuelle de 100 µg/m³. Nous retiendrons la VTR de l'EPA, bien qu'il s'agisse d'une valeur guide pour la qualité de l'air ambiante et non d'une VTR.

Risque Chronique, effets cancérigènes

Sans objet

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
NO ₂	Inhalation	Aiguë	Seuil	Diminution des fonctions pulmonaires chez les asthmatiques	VG = 200 µg/m ³	OMS	2003
NO ₂	Inhalation	Chronique	Seuil	Diminution des fonctions pulmonaires	VG = 100 µg/m ³	EPA	1996
NO ₂	Inhalation	Chronique	Seuil	Diminution des fonctions pulmonaires	VG = 40 µg/m ³	OMS	2003

Naphtalène (n° CAS : 91-20-3)

(Source INERIS 2015)

Risque aigu

Par inhalation, le naphtalène peut être létale notamment pour les personnes étant porteur d'une déficience de l'enzyme G6PD. Par voie orale et cutanée des cas de décès ont été observés à cause d'anémie hémolytique.

Risque Chronique, effets systémiques

Pour les rares cas d'exposition au naphtalène, il a été observé des anémies hémolytiques et des cataractes.

Risque Chronique, effets cancérigènes

Le naphtalène est classé catégorie 2 (préoccupant pour l'homme) selon l'UE, 2B (pourrait être cancérigène) pour l'IARC et C (cancérigène possible) pour l'EPA.

Il n'est pas considéré comme génotoxique et reprotoxique.

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
NO ₂	Inhalation	Aiguë	Seuil	Diminution des fonctions pulmonaires chez les asthmatiques	VG = 200 µg/m ³	OMS	2003
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Seuil	Anémie et poumon	VTR = 37 µg/m ³	ANSES	2013
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Seuil	Anémie et poumon	MRL= 3,5 µg/m ³	ATSDR	2005
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Seuil	Anémie et poumon	RfC= 3 µg/m ³	US EPA	1980
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Seuil	Anémie et poumon	REL= 9 µg/m ³	OEHHA	2003
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Epithélium nasal	ERUi = 5,6.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ₁	ANSES	2013

Naphtalène	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Epithélium nasal	ERUi = 3,4.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ₁	OEHHA	2011
Naphtalène	Orale	Chronique	seuil	baisse du poids du corps	RfD = 0,02 mg/kg/j	US EPA	1998
Naphtalène	Orale	Aiguë	seuil	signes cliniques transitoires (une léthargie et une bradypnée) chez les femelles gestantes (rats)	MRL = 0,6 mg/kg/j	ATSDR	2005
Naphtalène	Orale	Sub-Chronique	seuil		MRL = 0,6 mg/kg/j	ATSDR	2005
Naphtalène	Orale	Chronique	seuil		RfD = 0,02 mg/kg/j	US EPA	1998
Naphtalène	Orale	Chronique	seuil		TDI = 0,04 mg/kg/j	RIVM	2001
Naphtalène	Orale	Chronique	seuil		DJA= 0,02 mg/kg/j	Santé Canada	2010

Nickel (n° CAS : 7440-02-0)

(Source INERIS 2006)

Risque aigu

Dans les cas de concentrations importantes de nickel inhalées, la toxicité se décompose en deux phases : immédiate et retardée. La symptomatologie immédiate se manifeste par des maux de tête, des vertiges, des nausées, des vomissements, de l'insomnie et de l'irritabilité. Il s'ensuit des douleurs constrictives dans la poitrine, une toux sèche, une dyspnée, une cyanose, une tachycardie, des symptômes gastro-intestinaux occasionnels, une sudation, des perturbations visuelles et une débilité. Des cas de décès ont également été observés (exposition à 382 mg/m³).

Par voie orale une exposition de 7,1 à 35,7 mg de nickel par kg a généré des nausées, vomissements, diarrhées, crampes abdominales, maux de tête, sensations d'ébriété, une augmentation transitoire des érythrocytes, de la bilirubine sérique et de l'albumine urinaire. L'absorption d'une dose de 50 µg a entraîné une hémianopsie latérale.

Des dermatites de contact sont observées. Il a été estimé que la plus faible dose pouvant entraîner des effets est de 9 µg par kg. Il a été défini que les alliages libérant plus de 1µg de nickel par cm² et par semaine produisent des dermatites.

Risque Chronique, effets systémiques

Le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation : bronchite chronique, emphysème, diminution de la capacité vitale et asthme. Des dysfonctions tubulaires sont également observées ainsi qu'une stimulation du système immunitaire.

Des dermatites de contact sont observées. L'absorption de nickel par voie orale permet une désensibilisation par voie cutanée et diminue ainsi les risques d'allergie.

Risque Chronique, effets cancérigènes

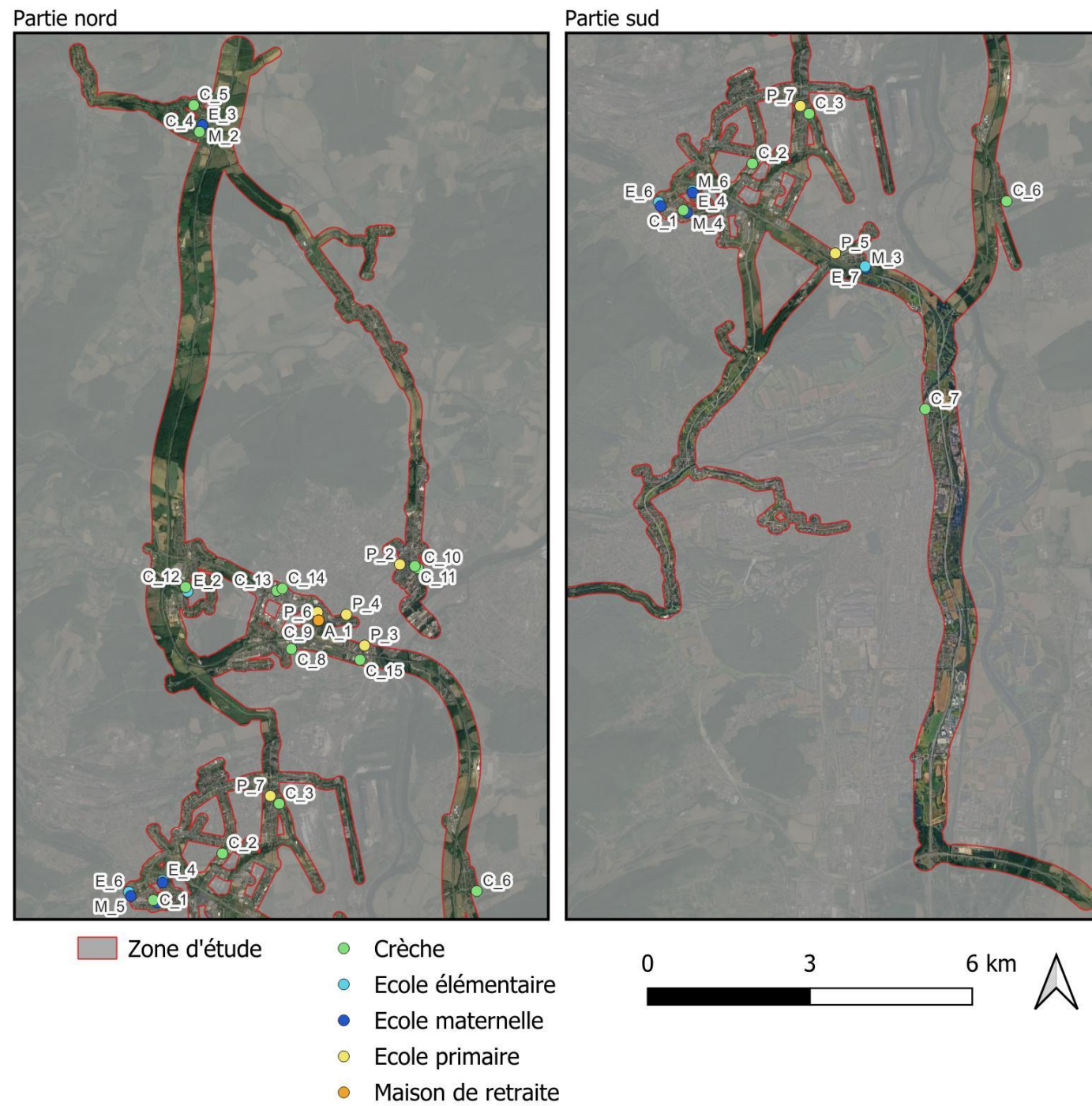
Concernant le caractère cancérigène du nickel, les principales études épidémiologiques ont été basées sur des cohortes de travailleurs de raffineries. Elles ont mis en évidence l'augmentation du risque de cancer du poumon et du nez. L'IARC classe les composés du nickel dans la catégorie 1 (cancérigène pour l'homme). L'Union Européenne différencie les composés du nickel et classe le dioxyde de nickel, le sous sulfure de nickel, le monoxyde de nickel et le trioxyde de di-nickel dans la catégorie 1 (substances que l'on sait cancérigènes pour l'homme). L'US EPA classe le sous sulfure de nickel et les poussières de raffinerie de nickel dans la classe A (substance cancérigène pour l'homme).

Ci-dessous les valeurs toxicologiques de référence disponibles :

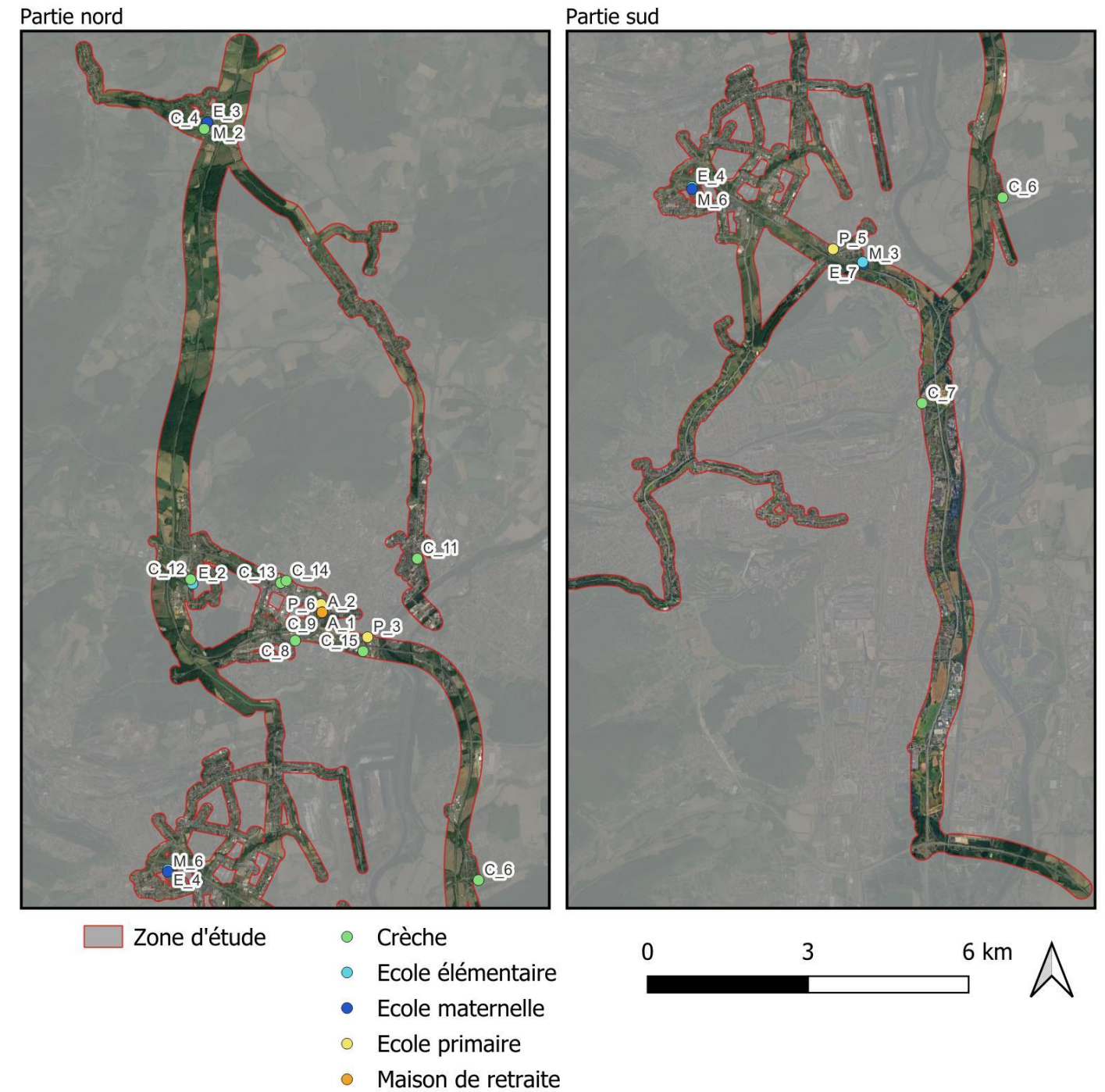
Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Nickel	Inhalation	Subchronique	Seuil	Système respiratoire	MRL=2.10 ⁻⁴ mg/m ³	ATSDR	2005
Nickel	Inhalation	Chronique	Seuil	Système respiratoire	MRL=9.10 ⁻⁵ mg/m ³	ATSDR	2005
Nickel	Inhalation	Chronique	Seuil	Système respiratoire	TC=1,8.10 ⁻⁵ mg/m ³	Santé Canada	1993
Nickel	Inhalation	Chronique	Seuil	Système respiratoire	REL=0,05 µg/m ³	OEHHA	2000
Nickel	Inhalation	Chronique	Seuil	Système respiratoire	CTA=0,05 µg/m ³	RIVM	2001
Nickel	Inhalation	Chronique	Seuil	Système respiratoire	2,3.10 ⁻¹ µg/m ³	TCEQ (Sélection ANSES)	2011
Nickel	ingestion	Chronique	Seuil	Diminution poids organes	RfD=2.10 ⁻² mg/(kg.j)	US EPA	1996
Nickel	ingestion	Chronique	Seuil	Diminution poids organes	TDI=5 µg/(kg.j)	JECFA	2004
Nickel	ingestion	Chronique	Seuil		2,8 µg/kg p.c./j	EFSA (Sélection ANSES)	2015
Nickel	Ingestion	Chronique	Seuil	Diminution poids organes	REL=0,05 mg/(kg.j)	OEHHA	2000
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Cancer du poumon et du larynx	ERU _i = 3,8.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	OMS	2000
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Cancer du poumon et du larynx	ERU _i =2,6.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	2002
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Cancer du poumon et du larynx	CT _{0,05} =0,07 mg/m ³ Soit ERU _i =7,1.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1993
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérogène		1,7.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	TCEQ (Sélection ANSES)	2011

10.2. Localisation des sites vulnérables présentant un risque aigu pour le dioxyde d'azote

Sites sensibles présentant un risque aigu en situation actuelle



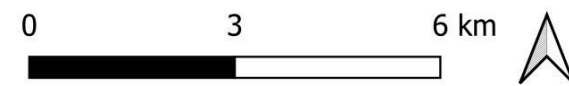
Sites sensibles présentant un risque aigu en situation sans projet 2030



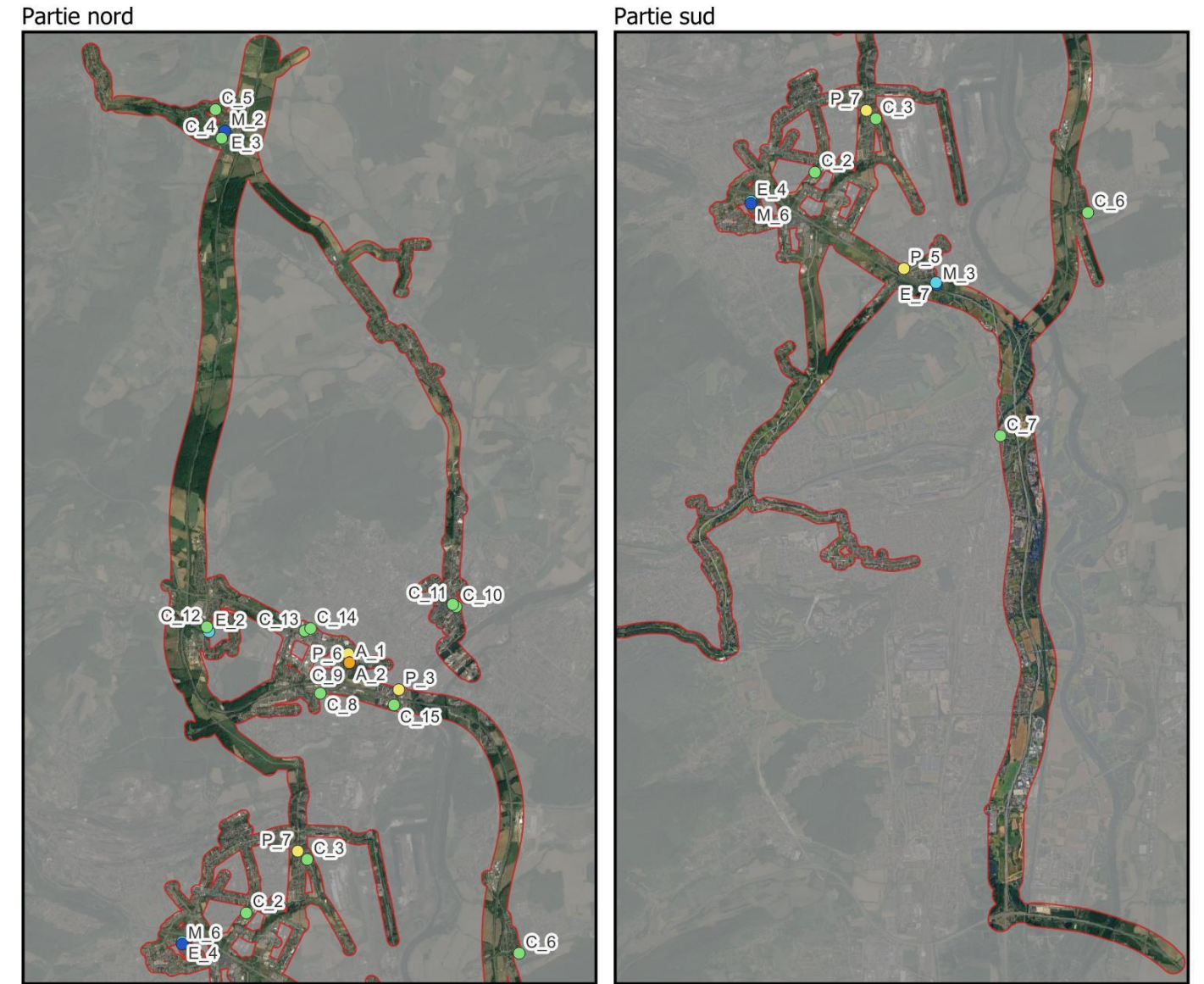
Sites sensibles présentant un risque aigu en situation sans projet 2050



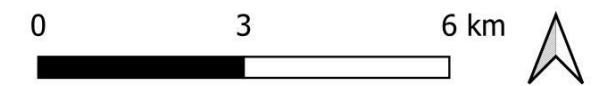
- Zone d'étude
- Crèche
- Ecole élémentaire
- Ecole maternelle
- Ecole primaire
- Maison de retraite



Sites sensibles présentant un risque aigu en situation avec projet 2030



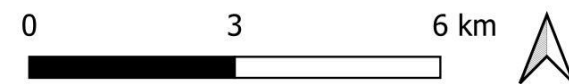
- Zone d'étude
- Crèche
- Ecole élémentaire
- Ecole maternelle
- Ecole primaire
- Maison de retraite



Sites sensibles présentant un risque aigu en situation avec projet 2050

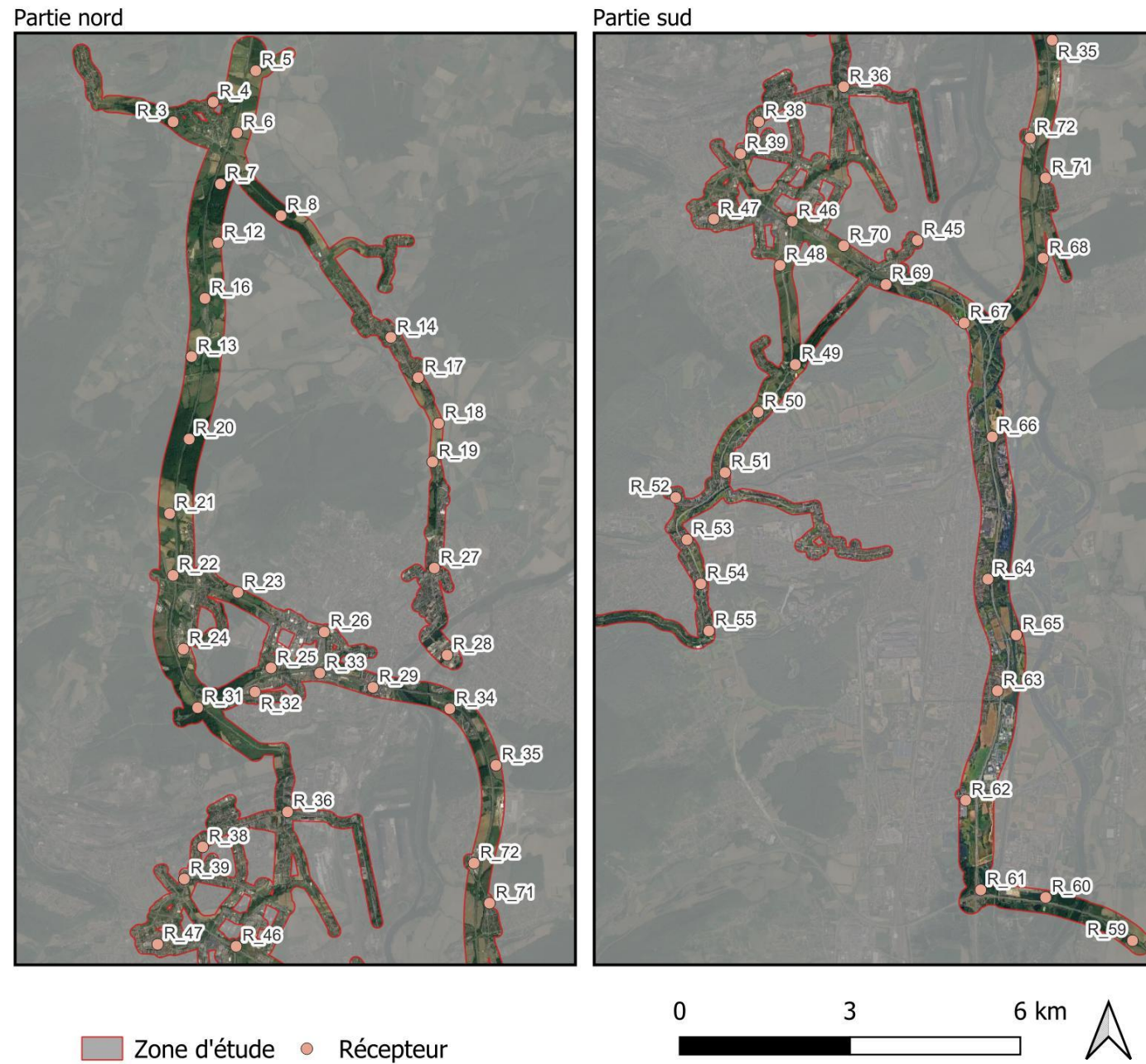


- Zone d'étude
- Crèche
- Ecole élémentaire
- Ecole maternelle
- Ecole primaire
- Maison de retraite

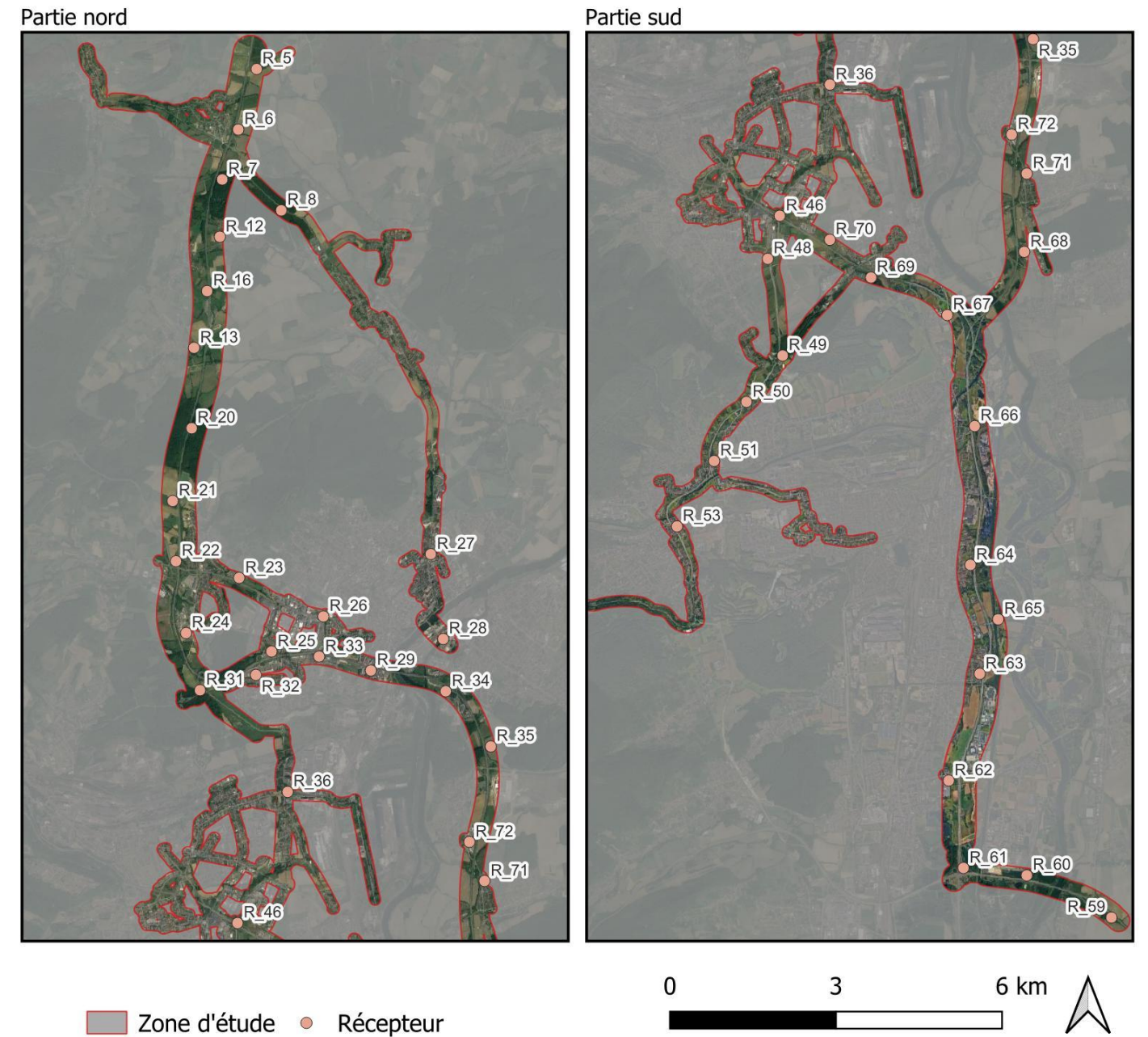


10.3. Localisation des points récepteurs présentant un risque aigu pour le dioxyde d'azote

Récepteurs présentant un risque aigu en situation actuelle



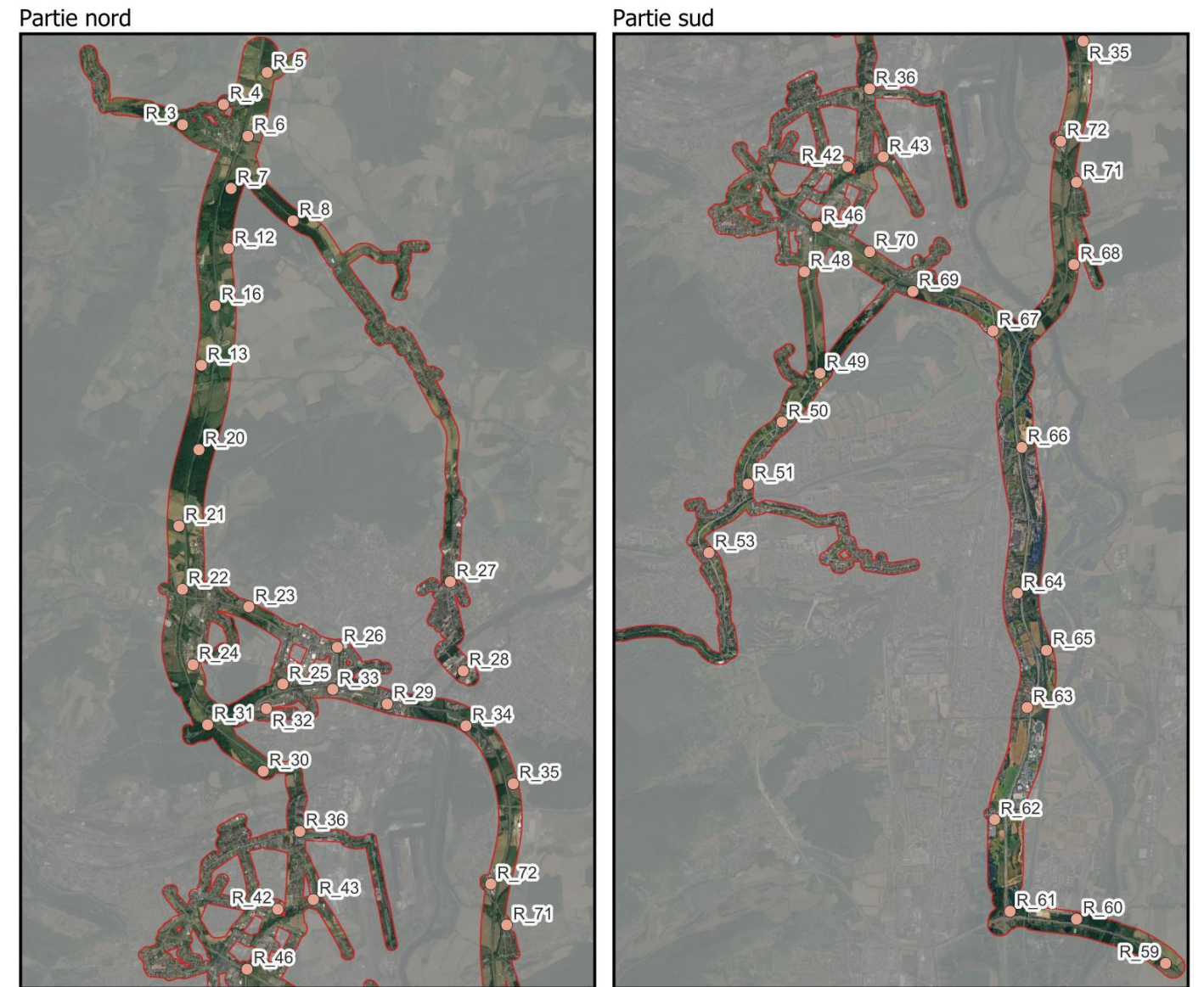
Récepteurs présentant un risque aigu en situation sans projet 2030



Récepteurs présentant un risque aigu en situation sans projet 2050



Récepteurs présentant un risque aigu en situation avec projet 2030



Récepteurs présentant un risque aigu en situation avec projet 2050

