

PIÈCE B.10

ANNEXE 02 : ÉTUDE AIR ET SANTÉ

SOMMAIRE

I. CONTEXTE, OBJECTIFS ET AIRE D'ÉTUDE	5	VII. CAMPAGNE DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AU DROIT DE LA ZONE D'ÉTUDE	30
I.1. Objet de l'étude et méthodologie	5	VII.1. Méthodologie de la campagne de mesure	30
I.2. Définition de la zone d'étude	5	VII.1.1. Métrologie	30
I.3. Définition du niveau de l'étude et de son contenu	6	VII.1.2. Période de campagne de mesure	30
II. NOTIONS GÉNÉRALES ET CADRE RÉGLEMENTAIRE	7	VII.1.3. Typologie et localisation des points de mesure	30
II.1. Généralités sur la pollution atmosphérique	7	VII.2. Analyse des conditions météorologiques	32
II.2. Principes d'action de la pollution atmosphérique sur la santé	7	VII.2.1. Direction et vitesse de vent	32
II.3. Principaux polluants atmosphériques et effets sur la santé	8	VII.2.2. Températures et précipitations	32
II.4. Cadre réglementaire	9	VII.3. Synthèse des résultats des campagnes de mesure de NO ₂	33
II.4.1. Cadre européen	9	VII.3.1. NO ₂	33
II.4.2. Réglementation française	9	VIII. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL	34
III. POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET CIRCULATION ROUTIÈRE	11	IX. ÉVALUATION DES IMPACTS DU PROJET	35
III.1. Vitesse des véhicules	11	IX.1. Données d'entrée	35
III.2. Carburants	11	IX.1.1. Description générale	35
III.3. Effet de la pente et de la charge sur les poids lourds	11	IX.1.2. Trafic	35
III.4. Émissions unitaires des véhicules	11	IX.1.3. Parc automobile	35
IV. CONTEXTE RÉGIONAL DE PROTECTION ET DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR	13	IX.1.4. Répartition de la population	36
IV.1. Surveillance de la qualité de l'air	13	IX.1.5. Sites vulnérables	36
IV.2. Plans et schémas régionaux et locaux	13	IX.1.6. Météorologie	38
IV.2.1. Structure des outils de planification	13	IX.1.7. Topographie	38
IV.2.2. Plan régional de la qualité de l'air et schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie	14	IX.1.8. Concentrations de fond des polluants	38
IV.3. Qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes	14	IX.2. Calcul des émissions	39
IV.4. Émissions régionales des principaux polluants par secteur en Auvergne-Rhône-Alpes	15	IX.2.1. Scénarios modélisés	39
IV.5. Qualité de l'air dans le Rhône	16	IX.2.2. Méthodologie du calcul des émissions	39
V. SITE DANS SON ENVIRONNEMENT	17	IX.3. Résultats	40
V.1. Facteurs influençant la concentration des polluants	17	IX.3.1. Bilan énergétique	40
V.1.1. Facteurs météorologiques	17	IX.3.2. Bilan des émissions de polluants	40
V.1.2. Facteurs urbains	18	IX.4. Modélisation de la dispersion atmosphérique	41
V.2. Sources d'émissions polluantes	19	IX.4.1. Présentation générale du modèle utilisé	41
V.2.1. Émissions de polluants du Rhône	19	IX.4.2. Mise en œuvre des simulations	41
V.2.2. Sources d'émission sur la zone et à proximité	19	IX.4.3. Résultats sur l'ensemble de la zone d'étude	41
V.2.3. Sites vulnérables	20	IX.5. Évaluation de l'exposition de la population à la pollution	48
V.3. État de santé des habitants de la Métropole de Lyon	23	IX.5.1. Objectif de l'IPP	48
V.3.1. Plan National Santé Environnement (PNSE) et Plan Régional Santé Environnement (PRSE)	23	IX.5.2. Méthodologie de calcul de l'IPP	48
V.3.2. Diagnostic santé-environnement de la Métropole de Lyon	23	IX.5.3. Calcul de l'IPP	48
VI. BILAN DES CONCENTRATIONS	24	IX.6. Évaluation des risques sanitaires	49
VI.1. Dioxyde d'azote	24	IX.6.1. Méthodologie	49
VI.1.1. Concentration et réglementation	24	IX.6.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition	49
VI.1.2. Évolution des concentrations	25	IX.6.3. Polluants retenus pour l'évaluation	49
VI.2. Particules PM ₁₀ et PM _{2,5}	26	IX.6.4. Identification des dangers par inhalation et choix des valeurs toxicologiques de référence (étapes 1 et 2)	50
VI.2.1. Concentrations et réglementation	26	X. CONCLUSION	54
VI.2.2. Évolution des concentrations	27	XI. ANNEXES	55
VI.3. Ozone	27	XI.1. Fiches de mesure	55
VI.3.1. Concentrations et réglementation	27	XI.2. Évaluation des risques pour les sites vulnérables	56
VI.3.2. Évolution des concentrations	28	XI.2.1. Risques aigus	56
VI.4. Benzène	28	XI.2.2. Risques chroniques non cancérogènes et polluants sans VTR	62
VI.5. Benzo(a)pyrène	28	XI.2.3. Risques chroniques cancérogènes	68
VI.6. Dioxyde de soufre (SO ₂) et monoxyde de carbone (CO)	29	XI.3. Valeurs toxicologiques de référence	74
VI.7. Métaux	29		

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude du projet.....	5	Figure 40 : Rose des vents de la campagne du 16/01/2023 au 16/02/2023	32
Figure 2 : Gain d'espérance de vie pour les personnes de 30 ans et plus dans 25 villes européennes.....	7	Figure 41 : Températures moyennes et précipitations lors de la campagne du 16/01/2023 au 16/02/2023	32
Figure 3 : Pyramide des effets de la pollution atmosphérique	8	Figure 42 : Comparaison des conditions météorologiques aux normales	32
Figure 4 : Émissions de NOx en fonction de la vitesse et du parc automobile pour les VL et les PL	11	Figure 43 : Concentrations des différents sites en NO ₂ en fonction de la typologie des sites de mesures	33
Figure 5 : Effet de la pente sur les émissions de NO ₂ pour les PL	11	Figure 44 : Concentration en NO ₂ sur chaque site	33
Figure 6 : Évolution des normes d'émissions des voitures particulières diesel en Europe pour un véhicule moyen	12	Figure 45 : Concentration moyenne, écart-type, minimales et maximales par typologie de site	33
Figure 7 : Évolution des normes d'émissions des voitures particulières essence en Europe pour un véhicule moyen	12	Figure 46 : Décroissance des concentrations (NO ₂) en fonction de l'éloignement de la D29	33
Figure 8 : Renouvellement du parc de voitures particulières.....	12	Figure 47 : Répartition du nombre de kilomètres parcourus par classe de vitesse	35
Figure 9 : Articulations des différents programmes	13	Figure 48 : Répartition thermique-électrique des véhicules particuliers du parc urbain	36
Figure 10 : Tendance d'évolution des moyennes annuelles par rapport à 2001 – région Auvergne-Rhône-Alpes	14	Figure 49 : Répartition thermique-électrique des poids-lourds du parc urbain	36
Figure 11 : Bilan des épisodes de pollution (2011 à 2021) – région Auvergne-Rhône-Alpes.....	15	Figure 50 : Répartition de la population.....	36
Figure 12 : Polluants responsables des vigilances polluants en Auvergne-Rhône-Alpes.....	15	Figure 51 : Localisation des sites vulnérables.....	37
Figure 13 : Inventaire des émissions de polluants par secteur	15	Figure 52 : Rose des vents de Lyon-Bron – 2001 – 2020	38
Figure 14 : Rose des vents de 2001 à 2020 à Lyon-Bron	17	Figure 53 : Altimétrie	38
Figure 15 : Températures moyennes de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020).....	17	Figure 54 : Concentrations de fond	38
Figure 16 : Ensoleillement moyen de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020)	17	Figure 55 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier	39
Figure 17 : Pluviométrie moyenne de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020).....	18	Figure 56 : Facteurs de surémissions liées à l'entretien de la voirie	39
Figure 18 : Les régimes d'écoulement dans une rue canyon (source : Air Pays de la Loire).....	18	Figure 57 : Facteurs d'émissions liées aux usures.....	39
Figure 19 : Répartition des émissions de polluants dans le Rhône en 2020	19	Figure 58 : Variation de la consommation énergétique	40
Figure 20 : Répartition des émissions de la Métropole de Lyon par rapport aux émissions du département du Rhône	19	Figure 59 : Schéma du principe de la modélisation.....	41
Figure 21 : Carte des comptages de 2021 du réseau routier du Rhône	20	Figure 60 : IPP cumulé.....	48
Figure 22 : Densité de population en 2017	20	Figure 61 : Histogramme de l'indice pollution-population (IPP).....	48
Figure 23 : Sites vulnérables de l'aire d'étude	21	Figure 62 : Schéma conceptuel d'exposition	49
Figure 24 : Localisation des stations de fond Atmo AURA les plus proches de la zone d'étude	24	Figure 63 : Voies et types d'exposition étudiés par polluant	49
Figure 25 : Concentration annuelle 2021 en NO ₂ (en µg/m ³) dans les communes du secteur d'étude.....	24	Figure 64 : HAP traités et FET associés	49
Figure 26 : Concentrations moyennes annuelles 2021 en NO ₂ (en µg/m ³) sur les stations retenues	24	Figure 65 : Évaluation du danger d'un polluant.....	50
Figure 27 : Concentrations moyennes annuelles de NO ₂ sur les stations retenues	25	Figure 66 : VTR aiguës des substances par inhalation	50
Figure 28 : Variations saisonnières de la concentration en NO ₂ à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010 – 2021	25	Figure 67 : VTR chroniques des substances non cancérigènes pour une exposition par inhalation.....	51
Figure 29 : Variations journalières de la concentration en NO ₂ à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010 – 2021	25	Figure 68 : VTR chroniques des substances cancérigènes pour une exposition par inhalation.....	51
Figure 30 : Concentration annuelle 2021 en PM ₁₀ (en µg/m ³) dans les communes du secteur d'étude	26	Figure 69 : Durée d'exposition par typologie de site vulnérable.....	52
Figure 31 : Concentration annuelle 2021 en PM _{2,5} (en µg/m ³) dans les communes du secteur d'étude	26	Figure 70 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances – risques inhalation	74
Figure 32 : Moyenne annuelle 2021 en PM ₁₀ et PM _{2,5}	27	Figure 71 : Nature et dénomination des VTR à seuil selon les différentes instances – risques par ingestion.....	74
Figure 33 : Concentrations moyennes annuelles de PM ₁₀ sur les stations retenues	27	Figure 72 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances – risque par ingestion	74
Figure 34 : Concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} sur les stations retenues	27		
Figure 35 : Nombre de jours supérieurs à 120 µg/m ³ d'ozone pour 8 heures moyenné sur 2019-2021	28		
Figure 36 : Variations saisonnières d'ozone à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010-2021.....	28		
Figure 37 : Variations horaires d'ozone à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010-2021.....	28		
Figure 38 : Exemple d'installation des tubes pour le dioxyde d'azote.....	30		
Figure 39 : Sites de mesures.....	31		

GLOSSAIRE

AASQA : Association Agréée de surveillance de la qualité de l'air

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

As : Arsenic

CA : Concentration Admissible par inhalation (Santé Canada)

Cd : Cadmium

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

CIRC : Centre International de la Recherche contre le Cancer

CO₂ : Dioxyde de carbone

CRI : Concentration pour laquelle un excès de risque d'apparition de cancer de 10⁻⁴ existe (lifetime excess cancer risk inhalation – RIVM)

CT_{0,05} : Concentration qui causerait une augmentation de 5% du taux de cancer. L'ERUi peut être calculé de la formule dérivée suivante

ERUi = 0,05/ CT_{0,05} (santé canada)

CO : Monoxyde de carbone

COV : Composés organiques volatiles

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DGS : Direction générale de la santé

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

INVS : Institut de Veille Sanitaire

IPP : Indice Pollution / Population

iREP : Registre Français des Emissions Polluantes

LAURE : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

MRL : Niveau de risque minimum (minimum risk level, ATSDR).

NAAQS : Concentration réglementaire en air ambiant (National Ambient Air Quality Standards – US EPA).

Ni : Nickel

NOx : Oxyde d'azote.

NO₂ : Dioxyde d'azote.

O₃ : Ozone.

ORS : Observatoire Régional de Santé.

PDU : Plan de déplacement urbain.

PDUIF : Plan de déplacement urbain en Île-de-France.

Pb : Plomb.

PM10 : Particule dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (particle meter 10).

PM2.5 : Particule dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2.5 µm (particle meter 2.5).

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère.

PRQA : Plan Régional de la Qualité de l'Air.

SRCAE : Schéma Régional du Climat, l'Air et l'Energie.

Sétra : Service d'étude sur les transports, les routes et leur aménagement.

SO₂ : Dioxyde de soufre.

RfC : Concentration de référence (reference concentration, US EPA).

TCA : Concentration acceptable dans l'air (Tolerable Concentration in Air – RIVM).

TMJA : Trafic moyen journalier annuelle.

UIOM : Unité d'incinération des ordures ménagères

Uvp : Unité véhicule particulier.

I. CONTEXTE, OBJECTIFS ET AIRE D'ÉTUDE

I.1. Objet de l'étude et méthodologique

Dans le cadre du projet de création d'une nouvelle ligne de bus à haut niveau de service (BHNS) reliant liant Lyon Part Dieu aux Sept Chemins, un volet « air et santé » est nécessaire pour la concertation publique. 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 du Ministère de la Transition écologique **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,
- De la densité de la population à ses abords,
- La longueur du projet,
- 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 : Définition des niveaux d'étude).

Tableau 1 : Définition des niveaux 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 ou III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab./ km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou 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 ou III si L projet ≤ 50 km
G IV 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 Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) ;
- Population à l'intérieur de la bande d'étude supérieure à 100 000.

De plus, la nouvelle note méthodologique intègre 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.

I.2. Définition de la zone d'étude

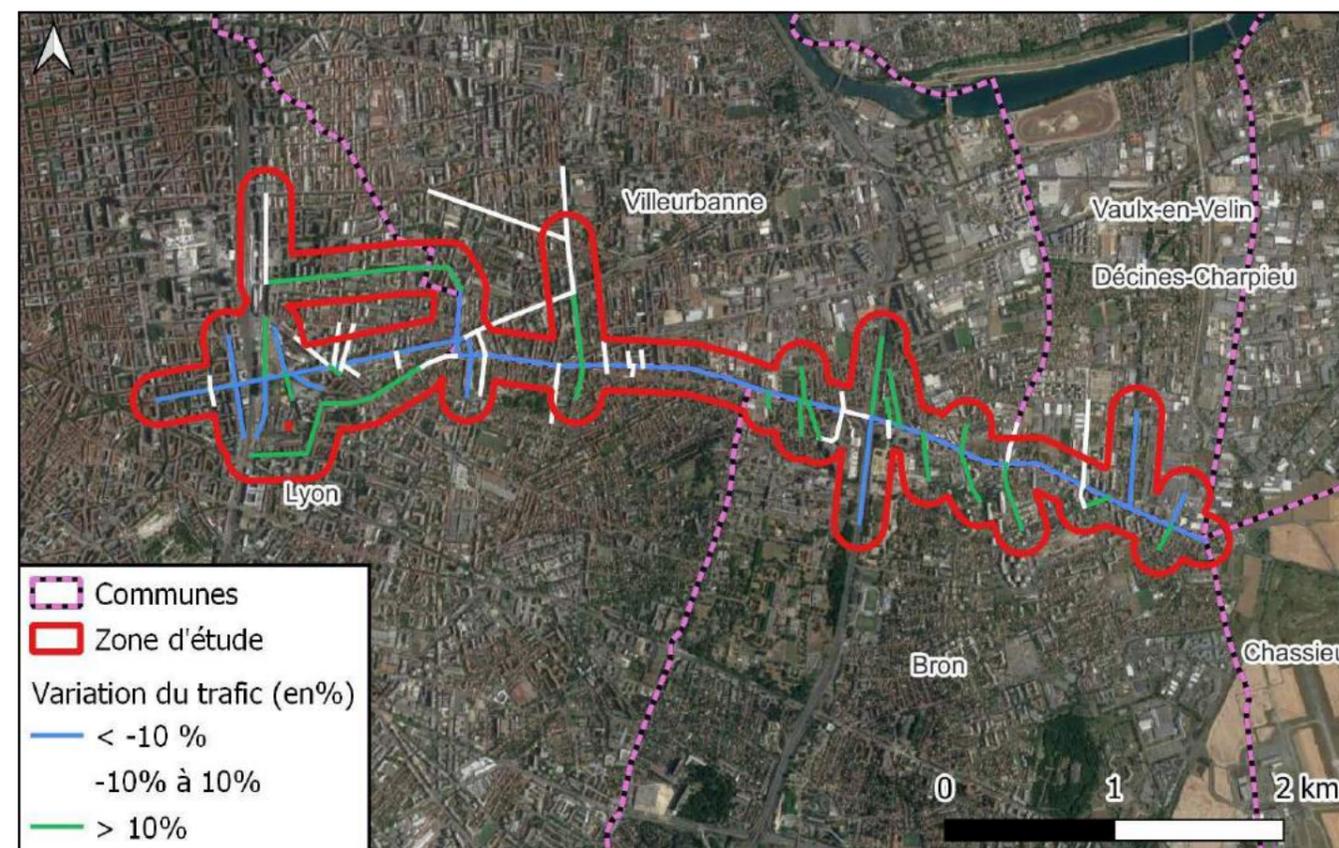
La méthodologie de février 2019 permet de définir les axes routiers à intégrer dans l'aire d'étude et ceux permettant de fixer le niveau de l'étude air et santé. Pour ce faire, la situation avec projet est comparée avec la situation au fil de l'eau. Les axes qui vont déterminer le niveau d'étude sont ceux modifiés ou créés et ceux dont le trafic augmente ou diminue de 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 : 400m,
- Trafic supérieur à 50 000 véh/jour : 600 m.

La carte suivante localise le projet qui est situé dans la Métropole de Lyon.

La Métropole de Lyon est composée de 59 communes, dont les communes où est localisé le projet : Lyon, Villeurbanne, Bron, Vaux-en-Velin, Chassieu et Décines-Charpieu.

Figure 1 : Zone d'étude du projet



I.3. Définition du niveau de l'étude et de son contenu

Le niveau d'étude dépend du trafic routier impacté et de la densité de population dans le périmètre de la zone d'étude. Le projet du BHNS de Lyon traverse un secteur dont la densité est supérieure à 10 000 hab/km². Compte tenu du niveau de sensibilité, l'étude sera de niveau I du fait de la présence d'un PPA.

Elle abordera les points suivants :

- Les problématiques de 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 ;
- La réalisation de mesures in-situ ;
- L'estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- L'analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances induites pour la collectivité ;
- L'estimation des concentrations dans l'aire d'étude ;
- L'analyse de l'impact selon un indicateur sanitaire (IPP indice pollution – population, croisant émissions de benzène ou concentrations et population) ;
- L'évaluation quantitative des risques sanitaires au droit des sites vulnérables : identification des dangers et Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), évaluation de l'exposition des populations et caractérisation des risques.

II. NOTIONS GÉNÉRALES ET CADRE RÉGLEMENTAIRE

II.1. Généralités sur la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est définie selon la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi 96-1236 du 30 décembre 1996 intégrée au Code de l'Environnement – LAURE) de la façon suivante :

« Constitue une pollution atmosphérique [...] l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les échanges climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

Les effets de la pollution atmosphérique se décomposent selon trois échelles spatiales qui dépendent de la capacité des polluants à migrer et de leur impact sur l'environnement :

- L'échelle locale (ville) concerne les polluants ayant un effet direct sur la santé des personnes et les matériaux. Cette pollution est couramment mesurée par les associations agréées de la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ;
- L'échelle régionale (environ 100 km) impactée par des phénomènes de transformations physico-chimiques complexes tels que les pluies acides ou la formation d'ozone troposphérique ;
- L'échelle globale (environ 1 000 km) dépend des polluants ayant un impact au niveau planétaire comme la réduction de la couche d'ozone ou le changement climatique (gaz à effet de serre).

Les polluants atmosphériques peuvent être classés selon plusieurs groupes ou familles en fonction de leur origine, de leur nature ou de leur action (effets sanitaires ou réchauffement climatique). Ces différents classements permettent de hiérarchiser les polluants selon différentes problématiques environnementales.

- Les polluants primaires et secondaires : les polluants primaires sont émis directement dans l'air ambiant. *A contrario* les polluants secondaires sont produits lors de réactions chimiques à partir de polluants primaires (exemple : l'ozone troposphérique) ;
- Les polluants gazeux, semi-volatils et particulaires : les composés semi-volatils ont la propriété d'être à la fois sous forme gazeuse et particulaire (par exemple les hydrocarbures aromatiques polycycliques). Les composés particulaires sont étudiés en prenant en compte leur nature chimique mais également en fonction de leur taille. Il existe ainsi différentes catégories chimiques, telles que les métaux lourds, et différentes tailles de particules définies selon leur diamètre : les PM₁₀, les PM_{2,5} et les PM₁ qui correspondent respectivement aux particules de tailles inférieures à 10, 2.5 et 1 micron ;
- Les polluants organiques persistants qui possèdent une grande stabilité chimique contaminent la chaîne alimentaire par un transfert du sol vers les végétaux puis vers le bétail ;
- Les métaux lourds ;
- Les composés organiques volatils (COV) regroupent un panel très large de composés (benzène, aldéhydes, composés chlorés...);
- Les gaz à effet de serre sont des composés ayant un forçage radiatif important (comme le dioxyde de carbone ou encore le méthane). Le forçage radiatif d'une molécule correspond à sa capacité à absorber le rayonnement solaire dans l'infrarouge.

II.2. Principes d'action de la pollution atmosphérique sur la santé

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont les conséquences d'interactions complexes entre une multitude de composés. Ces effets sont quantifiables lors d'études épidémiologiques qui mettent en parallèle des indicateurs de la pollution atmosphérique aux nombre d'hospitalisations ou au taux de morbidité.

On recense deux types d'effets :

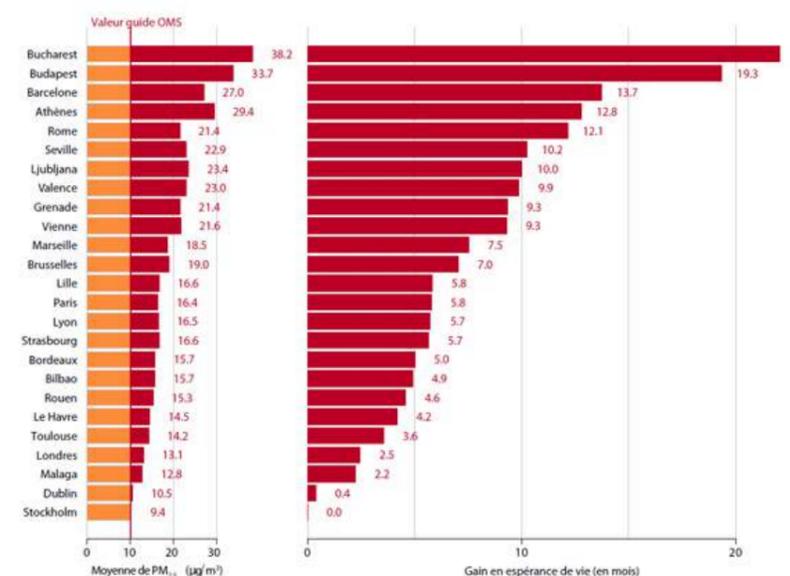
- Les effets aigus qui résultent de l'exposition d'individus sur une durée courte. Ils s'observent immédiatement ou dans les jours qui suivent l'exposition ;
- Les effets chroniques qui découlent d'une exposition sur le long terme (une vie entière). Ils sont plus difficiles à évaluer car l'association entre les niveaux de pollution et l'exposition n'est pas immédiate.

Les effets ont été évalués au travers de nombreuses études :

- Le programme ERPURS (Évaluation des Risques de la Pollution URbaine pour la Santé) piloté par l'Observatoire Régional de la Santé (ORS) d'Île-de-France montre un excès de risque relatif de 0,9 % pour une augmentation de 10 µg/m³ des concentrations en composés gazeux ou particulaires ;
- Le programme PSAS-9 (Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain) coordonné par l'INVS met en évidence des résultats similaires avec un excès de risque relatif de 0,5 à 1,3 % pour 1 journée d'exposition mais qui atteint 5,1 % pour 5 jours d'exposition consécutifs ;
- Concernant les effets chroniques, l'étude Aphekom a récemment montré que si les niveaux de particules fines PM_{2,5} étaient conformes aux objectifs de qualité de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle, les habitants de Paris et de la proche couronne gagneraient six mois d'espérance de vie. La pollution atmosphérique, en plus d'augmenter la mortalité, génère d'autres effets sanitaires de sévérité croissante qui touchent une plus large part de la population.

Figure 2 : Gain d'espérance de vie pour les personnes de 30 ans et plus dans 25 villes européennes

si les niveaux annuels moyens en PM_{2,5} étaient ramenés à la valeur guide OMS de 10 µg/m³



Source : Direction de la santé publique de Montréal 2003

Figure 3 : Pyramide des effets de la pollution atmosphérique

plus la gravité des effets diminue, plus le nombre de gens touchés augmente



Source : Direction de la santé publique de Montréal 2003

II.3. Principaux polluants atmosphériques 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 les paragraphes suivants.

■ Dioxyde de soufre : SO₂

Origine : Le dioxyde de soufre est principalement émis par les secteurs de la production d'énergie (raffinage du pétrole, production d'électricité) et de l'industrie manufacturière (entreprises chimiques). C'est un polluant indicateur de pollution d'origine industrielle.

Effet sur la santé : Il peut entraîner des inflammations chroniques, une altération de la fonction respiratoire et des symptômes de toux.

■ Particules fines PM10 et les PM2,5

Origine : Les particules fines peuvent être distinguées selon leur diamètre, en PM10 (diamètre inférieur à 10 µm) et PM2,5 (diamètre inférieur à 2,5 µm). Les combustions industrielles, le transport, le chauffage domestique et l'incinération des déchets sont des émetteurs de particules en suspension.

Les particules peuvent être transportées sur de longues distances et faire l'objet de phénomènes de réémission une fois déposées.

Effets sur la santé : Les particules, composées de polluants organiques et chimiques, se fixent à l'intérieur des poumons, en particulier les plus fines (PM2,5) qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires. Elles sont ainsi la cause de nombreux décès prématurés et de l'aggravation de maladies cardio-vasculaires et respiratoires (asthme).

■ Oxydes d'azote : NOx

Origine : Les oxydes d'azote comprennent principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils sont essentiellement émis lors des phénomènes de combustion. En contexte urbain, la principale source de NOx est le trafic routier. Le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappement est oxydé par l'ozone et se transforme en dioxyde d'azote (NO₂).

Il est à noter que les installations de combustion ou encore les pratiques agricoles et industrielles sont, dans une moindre mesure, sources d'émissions en NOx.

Effets sur la santé : Le dioxyde d'azote est un gaz irritant pour les bronches.

■ Monoxyde de carbone : CO

Origine : Il provient de la combustion incomplète des combustibles et des carburants. Des taux importants de CO peuvent provenir d'un moteur qui tourne dans un espace clos, d'une concentration de véhicules qui roulent au ralenti dans des espaces couverts ou du mauvais fonctionnement d'un appareil de chauffage.

Effets sur la santé : Le monoxyde de carbone se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang et peut être à l'origine d'intoxications aiguës. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychologiques.

■ Composés Organiques Volatils : COV

Origine : 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. 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.

Effets sur la santé :

- Benzène : Parmi les composés organiques volatils, qui comprennent un grand nombre de substances, le benzène est un composé majeur en termes d'impact sanitaire. C'est un cancérigène notoire (classé cancérigène de catégorie A pour l'homme par l'Union Européenne) ;
- 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 ;
- Ethylbenzène : 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) ;
- 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.

■ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques : HAP

Origine : Les HAP sont formés lors de combustions incomplètes (bois, charbon, fioul, essence, goudrons de houille, cigarettes...) puis rejetés dans l'atmosphère. Cette famille comprend des composés tels que l'anthracène, le chrysène, le naphthalène, le benzo(a) pyrène.

Effets sur la santé : Les HAP ont principalement des effets cancérigènes (pour le naphthalène cela n'a pas été clairement démontré), toxiques pour la reproduction (uniquement pour le benzo (a)pyrène), mutagènes (benzo (a)pyrène et autres HAP à plusieurs cycles).

■ Ozone : O₃

Origine : L'ozone est un polluant secondaire (pas de source directe, formation à partir de réactions chimiques dans l'atmosphère) dont la production dépend des conditions climatiques (favorables lors de fort ensoleillement, températures élevées et absence de vent) et de la présence de précurseurs (oxydes d'azote et composés organiques volatils).

Effets sur la santé : L'ozone est un puissant oxydant pouvant agir essentiellement au niveau pulmonaire selon différents mécanismes à l'origine d'une réaction inflammatoire.

Précisions sur la photochimie/formation de l'ozone

L'ozone est formé lors de réactions photochimiques atmosphériques sous l'action du rayonnement solaire (principalement lors des journées chaudes de l'été). Ces réactions sont complexes et nécessitent, pour être initiées, de la présence de plusieurs espèces de polluants appelés les « précurseurs » de l'ozone à des gammes de concentrations précises : les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatiles (COV).

Les concentrations en ozone dans la couche atmosphérique la plus basse, la troposphère, dépendent dans un premier temps d'un équilibre photochimique. Une réaction à l'équilibre signifie qu'elle s'effectue dans les deux sens. Dans le cas de l'ozone, le NO₂, sous l'action du rayonnement UV, se photolyse en NO et un radical qui réagit avec l'oxygène de l'air pour devenir une molécule d'ozone. L'ozone réagit alors avec la molécule de NO précédemment formée pour redevenir du NO₂. Il y a donc quasiment simultanément formation et destruction de l'ozone. Le cycle recommence jusqu'à ce que le rayonnement solaire ne soit plus suffisant.



Ce cycle n'entraîne donc pas d'augmentation des concentrations en ozone. En revanche la présence de COV perturbe cet équilibre. En effet, le rayonnement solaire va générer des radicaux qui vont oxyder les COV, devenant eux même des espèces radicalaires très réactives. Ces nouveaux composés vont modifier le précédent cycle en prenant la place de l'ozone. L'ozone n'est alors plus détruit par le NO qui va réagir préférentiellement avec les COV oxydés radicalaires. L'ozone va par conséquent s'accumuler dans l'atmosphère. Le cycle se répète jusqu'à ce que le rayonnement solaire baisse ou que les concentrations en COV ne soient plus suffisantes.

Hors conditions atmosphériques particulières, forte inversion thermique ou période anticyclonique durable, les concentrations en ozone sont plus importantes en périphérie des grandes agglomérations. En ville, l'ozone est consommé pour une part par le NO émis par les véhicules ce qui tend à limiter l'impact de la production d'ozone en période estivale et détruit complètement l'ozone en période hivernale. En revanche en zone périurbaine sous le panache d'une grande agglomération, l'apport des précurseurs (NOx et COV) dans un environnement où la production de NO est faible, va générer une augmentation des concentrations d'ozone.

II.4. Cadre réglementaire

II.4.1. Cadre européen

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes. Ces dernières ont été conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui déterminent des seuils à ne pas dépasser pour une vingtaine de polluants en fonction de leur impact sur la santé humaine.

La directive n° 2008/50/CE du 21 mai 2008 de la Communauté Européenne, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, fournit le cadre à la législation communautaire sur la qualité de l'air.

Cette directive « Qualité de l'air » fait suite à l'établissement du sixième programme d'action communautaire pour l'environnement, le 22 juillet 2002 par le Parlement et le Conseil européens qui, en matière de pollution atmosphérique, vise à atteindre des niveaux de qualité de l'air n'entraînant pas d'incidences ou de risques inacceptables pour la santé et l'environnement.

Les principaux objectifs de cette directive sont les suivants :

- Définir et fixer des objectifs concernant la qualité de l'air ambiant, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble ;
- Évaluer la qualité de l'air ambiant dans les États membres sur la base de méthodes et de critères communs ;
- Obtenir des informations sur la qualité de l'air ambiant afin de contribuer à lutter contre la pollution de l'air et les nuisances et de surveiller les tendances à long terme et les améliorations obtenues grâce aux mesures nationales et communautaires ;
- Faire en sorte que ces informations sur la qualité de l'air ambiant soient mises à la disposition du public ;
- Préserver la qualité de l'air ambiant, lorsqu'elle est bonne, et l'améliorer dans les autres cas ;
- Promouvoir une coopération accrue entre les États membres en vue de réduire la pollution atmosphérique.

Cette directive vise à simplifier et homogénéiser les textes précédemment en vigueur en regroupant la directive n° 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant avec les « directives filles » (1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE et 2004/107/CE). Elle a été transcrite en droit français par le Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air et l'arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public.

II.4.2. Règlementation française

■ Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE)

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 ».

Les mesures définies au travers de cette loi sont :

- La surveillance de la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement :
 - Par la définition d'objectifs de qualité de l'air, de seuils d'alerte et de valeurs limites ; ces paramètres étant régulièrement réévalués pour prendre en compte les résultats des études médicales et épidémiologiques ;
 - Par la mise en place d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air, couvrant l'ensemble du territoire national et confié à des organismes agréés.
- Le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement :
 - Par une publication périodique par les organismes agréés des résultats d'études épidémiologiques et sur l'environnement, liée à la pollution atmosphérique ainsi que les informations et prévisions concernant la qualité de l'air, les émissions et les consommations d'énergie ;
 - Par la publication annuelle d'un inventaire des émissions par polluant et des consommations d'énergie ;
 - Par la publication d'un rapport sur la qualité de l'air, son évolution possible et ses effets sur la santé et l'environnement ;
 - Par une information immédiate du public en cas de dépassement des valeurs réglementaires, portant également sur les valeurs mesurées, les conseils à la population et les dispositions réglementaires arrêtées ;
 - Par l'élaboration d'un Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) fixant les orientations pour prévenir ou réduire la pollution atmosphérique ou en atténuer les effets.
- La rédaction d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants ou dans des zones où les valeurs réglementaires sont dépassées ou risquent de l'être, en concordance avec le PRQA ;
- Des mesures d'urgence prises par le préfet en cas de dépassement ou risque de dépassement des seuils d'alerte ;
- L'élaboration d'un Plan de Déplacement Urbain qui définit les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement ;
- La mise en place de diverses mesures techniques de prévention concernant les transports et les bâtiments.

■ Définition des valeurs réglementaires

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis car ils sont représentatifs de certains types de pollution (industrielle ou automobile) et/ou parce que leurs effets nuisibles pour l'environnement et/ou la santé sont avérés. Les principaux indicateurs de pollution atmosphérique dont la liste est fixée par le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- Les particules en suspension (PM10 et PM2.5) ;
- Le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- L'ozone ;
- Le monoxyde de carbone (CO) ;
- Les composés organiques volatils (COV) ;
- Le benzène ;
- Les métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium, nickel) ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (le traceur du risque cancérigène utilisé est le Benzo(a)pyrène).

Le décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air définit différentes typologies de seuil :

"...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 reprend les principaux seuils réglementaires.

Tableau 2 : Règlementation sur la qualité de l'air

Polluants	Seuil	Paramètre	Valeur en µg/m ³
Dioxyde d'azote	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40
	Valeur limite	Moyenne annuelle	40
	Seuil d'information	Moyenne horaire	200
		Moyenne horaire	400
	Seuil d'alerte	Moyenne horaire si le dépassement a été enregistré pendant 2 jours consécutifs et qu'il est prévu pour le lendemain	200
Dioxyde de soufre	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	50
	Valeur limite	Moyenne journalière	125 à ne pas dépasser plus de 3 jr/an
		Moyenne horaire	350 à ne pas dépasser plus de 24 h/an
	Seuil d'information	Moyenne horaire	300
	Seuil d'alerte	Moyenne sur 3 h	500
PM ₁₀	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30
	Valeur limite	Moyenne annuelle	40
		Moyenne journalière	50 à ne pas dépasser plus de 35 jr/an
	Seuil d'information	Moyenne journalière	50
Seuil d'alerte	Moyenne journalière	80	
PM _{2.5}	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	10
	Valeur cible	Moyenne annuelle	20
	Valeur limite	Moyenne annuelle	25
Ozone	Objectif de qualité	Moyenne glissante sur 8 h	120
	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
	Seuil d'alerte	Moyenne horaire sur 3 heures	240
Moyenne horaire		360	
Benzène	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	2
	Valeur limite	Moyenne annuelle	6
Monoxyde de carbone	Valeur limite	Moyenne sur 8h	10 000
Plomb	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	0,25
	Valeur limite	Moyenne annuelle	0,50
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

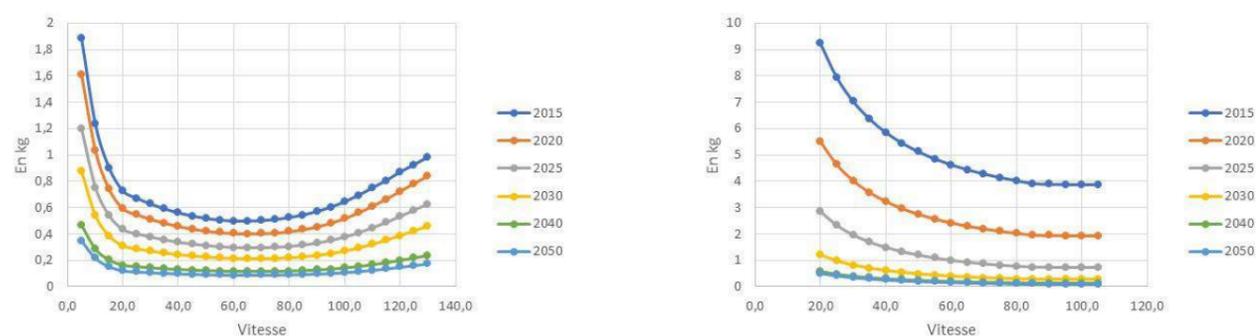
III. POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET CIRCULATION ROUTIÈRE

Les émissions des véhicules sont très variables et de nombreux facteurs sont à considérer pour les évaluer. Elles varient notamment suivant la vitesse de circulation, la catégorie du véhicule (poids lourds/véhicules légers), les modèles de véhicule, la pente (surtout pour les poids lourds), le type de carburant utilisé, l'ancienneté du véhicule, le type de conduite (agressif ou écoconduite), etc.

III.1. Vitesse des véhicules

La vitesse moyenne apparaît comme le paramètre déterminant des émissions polluantes et de la consommation de carburant. Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des émissions d'oxydes d'azote NOx en fonction de la vitesse, du parc VL et du parc PL (de 2015 à 2050). Concernant les émissions des VL, quel que soit le polluant considéré, des émissions importantes sont enregistrées pour les plus basses vitesses. Les émissions minimales se situent aux alentours de 70-80 km/h puis augmentent pour les vitesses les plus élevées. Pour les PL, les émissions décroissent avec la vitesse. Les améliorations technologiques entraînent une diminution des émissions au fil du temps, ainsi un parc automobile à 2050 est moins émissif qu'un parc de 2015.

Figure 4 : Émissions de NOx en fonction de la vitesse et du parc automobile pour les VL et les PL



Variation des émissions pour les VL

Variation des émissions pour les PL

Précision : Emissions calculées selon la méthodologie Copert V pour les parcs automobiles définis par l'IFSTTAR (2019) pour 1000 véhicules sur un tronçon de 1 km en situation urbaine

III.2. Carburants

Pour les oxydes d'azote et particules, l'émission des véhicules diesel est largement prépondérante, en particulier pour les particules pour lesquelles on peut considérer que la totalité des émissions provient du diesel. Pour ces deux polluants, des améliorations sont attendues durant les années 2020 du fait du durcissement des normes mais le diesel reste le plus gros émetteur.

Pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils, les émissions sont surtout imputables à la motorisation essence. Des améliorations importantes sont attendues dans les années à venir avec la pénétration progressive des nouvelles technologies.

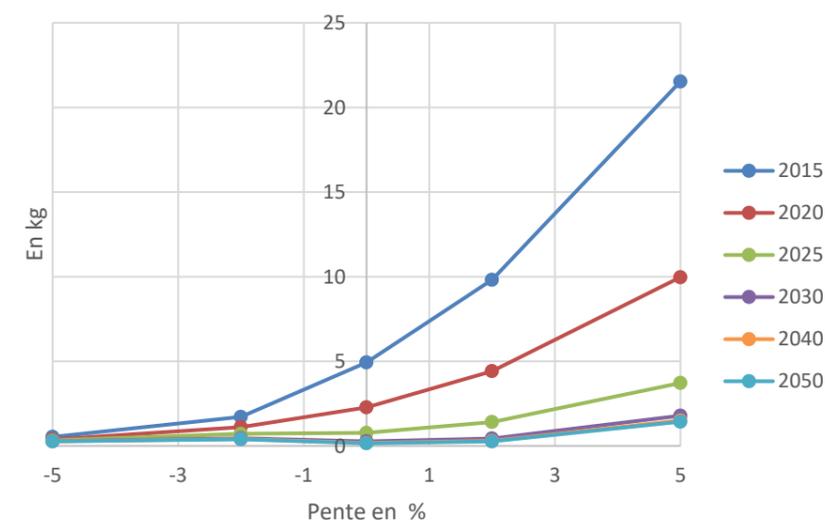
Le parc roulant français est constitué de 62 % de véhicules diesel en 2013, cette part décline depuis plusieurs années pour atteindre un peu moins de 59 % en 2020 et tendre vers 30% en 2050.

Par ailleurs, l'Union Européenne (UE) a introduit des spécifications environnementales applicables aux carburants pour réduire les émissions polluantes des voitures : interdiction de la commercialisation de l'essence plombée (1999) et obligation de disponibilité de carburants sans soufre dans le territoire de l'Union (1998). La réglementation influe donc directement sur les émissions de certains polluants primaires et indirectement sur celles de certains polluants secondaires (ceux qui se forment à partir de réactions complexes dans l'atmosphère et qui ne sont pas émis directement).

III.3. Effet de la pente et de la charge sur les poids lourds

La pente a un effet sensible pour tous les polluants et particulièrement sur le dioxyde de carbone et les oxydes. Elle impacte également directement la consommation de carburant et par conséquent les émissions de gaz à effet de serre.

Figure 5 : Effet de la pente sur les émissions de NO₂ pour les PL



Précision : Emissions calculées selon la méthodologie Copert V pour les parcs automobiles définis par l'IFSTTAR (2019) pour 1000 véhicules sur un tronçon de 1 km en situation urbaine.

III.4. Émissions unitaires des véhicules

Les normes européennes d'émission, dites normes Euro sont des règlements de l'Union Européenne qui fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants. Il s'agit d'un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules neufs. Leur objectif est de réduire la pollution atmosphérique due au transport routier. Les premières normes Euro sont entrées en vigueur en 1990.

Pour les automobiles particulières, les dates d'entrée en vigueur sont les suivantes :

- Euro 1 : automobiles mises en service après 1993 (nouveaux types dès juillet 1992) ;
- Euro 2 : automobiles mises en service après 1997 (nouveaux types dès janvier 1996) ;
- Euro 3 : automobiles mises en service après 2001 (nouveaux types dès janvier 2000) ;
- Euro 4 : automobiles mises en service après 2006 (nouveaux types dès janvier 2005) ;
- Euro 5 : automobiles mises en service après 2011 (nouveaux types dès septembre 2009) ;
- Euro 6b : automobiles mises en service après septembre 2015 (nouveaux types dès septembre 2014) ;
- Euro 6c : automobiles mises en service après septembre 2018 (nouveaux types dès septembre 2017) ;
- Euro 6d-TEMP : automobiles mises en service après septembre 2019 (nouveaux types dès septembre 2017) ;
- Euro 6d : automobiles mises en service après 2021 (nouveaux types dès janvier 2020).

L'évolution de la réglementation européenne (Règlement (CE) n° 715/2007 du Parlement européen et du Conseil pour les normes 5 et 6) induit une obligation de concevoir et de fabriquer des véhicules émettant des concentrations de polluants – mesurées directement en sortie de pot d'échappement – de plus en plus faibles comme l'indique l'histogramme suivant :

Figure 6 : Évolution des normes d'émissions des voitures particulières diesel en Europe pour un véhicule moyen

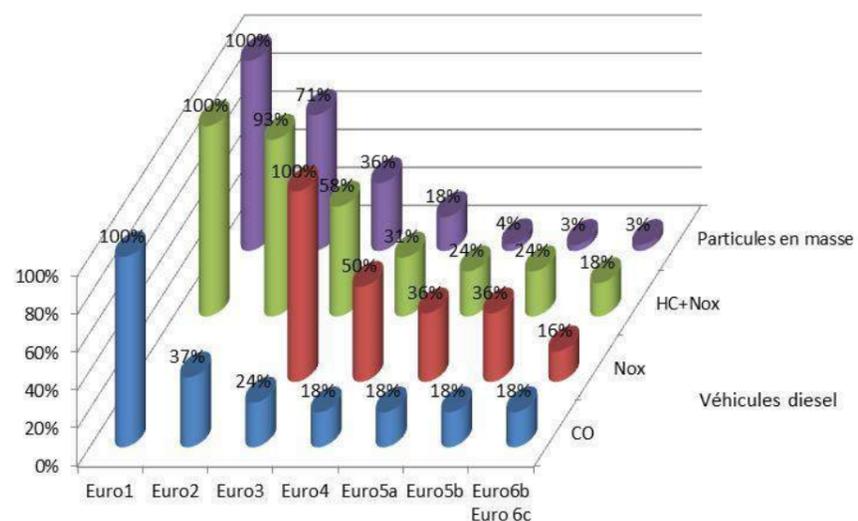
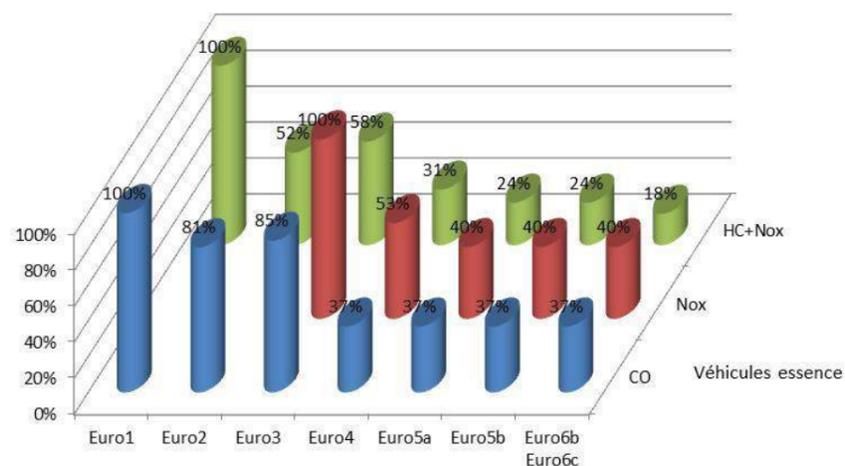


Figure 7 : Évolution des normes d'émissions des voitures particulières essence en Europe pour un véhicule moyen



Au 1er janvier 2017, une nouvelle procédure d'homologation en conditions réelles (RDE) sur un nouveau cycle de conduite (WLTC : Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures), entrera en vigueur au sein de l'Union Européenne. Cette nouvelle procédure modifie le cycle de conduite actuellement utilisé (NEDC : nouveau cycle européen de conduite) réalisé uniquement en laboratoire. Cette procédure de validation actuellement utilisée sous-estime les émissions des véhicules par rapport à une utilisation réelle.

Afin d'intégrer cette nouvelle procédure d'homologation qui entrainera une hausse des émissions mesurées, un assouplissement de la réglementation a été acté en accordant plusieurs années aux constructeurs pour se mettre en conformité avec ces nouveaux tests. Aux plafonds fixés par l'euro 6 un facteur de 2,1 est appliqué entre 2017 et 2019 (soit pour les NOx 168 mg/km au lieu de 80 mg/km concernant les véhicules diesel). En 2020 le facteur passe à 1,5 fois le plafond (soit 120 mg/km).

Ces gains sont obtenus par action directe sur les aspects moteur et post traitement par :

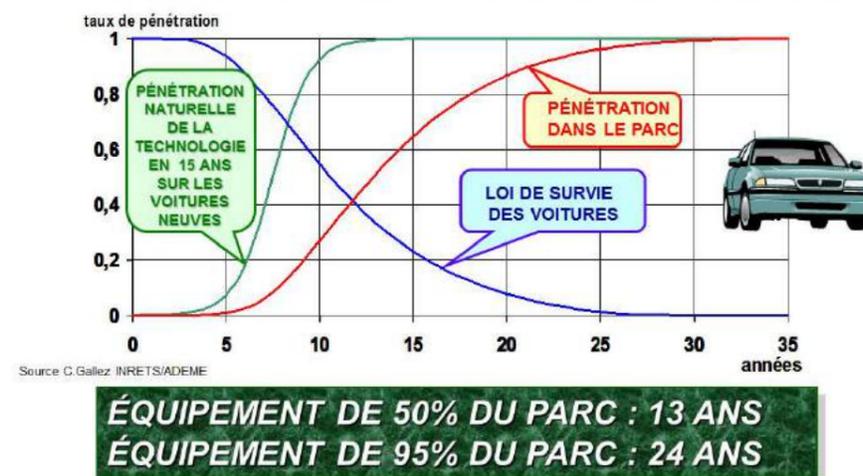
- Pilotage électronique des grands paramètres du contrôle moteur, amélioration des systèmes d'injection et de la combustion ;
- Systématisation en Europe des pots catalytiques pour les véhicules à essence en 1993 ;
- Introduction des pots d'oxydation sur les véhicules diesel ;
- Apparition des filtres à particules sur les véhicules particuliers diesel neufs et sur les flottes captives (bus, autocars et camions) en "rétrofit" (non équipées au départ) ;
- Pour les normes euro 6 l'utilisation :
 - Technologie SCR (réduction catalytique sélective) qui réduit les NOx via un additif ;
 - Piège à NOx (technologie LNT : Lean NOx Trap) qui permet via deux couches de catalyseur de produire un réducteur qui est ensuite utilisé pour réduire les NOx.

Le temps de pénétration des nouvelles technologies conditionne le gain attendu en termes d'émissions.

Ces gains obtenus sur le terrain ne sont visibles qu'à long terme à cause de l'inertie importante de renouvellement du parc (plus de 25 ans) comme le montre la figure suivante.

Figure 8 : Renouvellement du parc de voitures particulières

PÉNÉTRATION NATURELLE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE



Source : ADEME – INRETS

Le dioxyde de carbone n'est pas concerné par les normes euro. Les émissions de CO₂ dépendent d'autres réglementations et accords. En 2013, la commission européenne a fixé un objectif de 95 g/km à 95% des nouvelles voitures pour l'année 2020 contre 130 g/km en 2015.

IV. CONTEXTE RÉGIONAL DE PROTECTION ET DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

IV.1. Surveillance de la qualité de l'air

Le projet de BHNS est localisé sur le département du Rhône. La surveillance réglementaire de la qualité de l'air est confiée à Atmo Auvergne Rhône Alpes, association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air. Leurs missions sont multiples, les principales visent à :

- Caractériser l'état de la qualité de l'air et mettre en œuvre les moyens de mesure, d'observation, et de prévision ;
- Cartographier la pollution, notamment sur les territoires concernés par un risque de dépassement des normes ;
- Évaluer l'exposition potentielle des populations ;
- Participer à la construction des outils de planification en matière de qualité de l'air et évaluer les actions inscrites dans ces plans ;
- Informers tous les publics sur la qualité de l'air constatée et prévisible ainsi que sur les moyens de prévention de la pollution et de ses effets.

Différentes stations de mesure sont déployées sur le territoire de façon précise. La différenciation entre les typologies de station permet de distinguer différentes situations d'exposition de la population et de hiérarchiser les zones du projet. Les différentes typologies de stations sont présentées ci-dessous :

- Les stations dites « de fond »**, correspondant aux stations « urbaines » et « péri-urbaines », qui rendent compte de la pollution de fond observée au niveau de la région sans présumer du lien avec une source en particulier. L'implantation des points de fond doit respecter des critères d'éloignement aux voies de circulation. Le tableau ci-après est extrait du guide « Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air » édité par le LCSQA (Laboratoire Central de la Surveillance de la Qualité de l'Air) en 2017. Il présente les distances minimales à respecter en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA) pour que le point soit considéré de fond ;

Tableau 3 : Critères de distance à la voie pour qualifier un site de fond

Débit (TMJA) en nombre de véhicules par jour	Distance minimale à la voie en mètres
< 1 000	-
1 000 à 3 000	10
3 000 à 6 000	20
6 000 à 15 000	30
15 000 à 40 000	40
40 000 à 70 000	100
> 70 000	200

- Les stations dites « de proximité »** visent à mesurer les concentrations de polluants à proximité des sources industrielles et celles liées au trafic automobile. Les stations "de proximité trafic" permettent d'observer les effets du trafic automobile sur la concentration en polluants dans l'environnement immédiat des infrastructures alors que les stations "de proximité industrielle" permettent d'observer les effets de sites, ou groupements de sites industriels sur la concentration en polluants dans l'environnement proche de ces derniers ;
- Les stations rurales régionales** qui permettent de suivre les évolutions hors contexte urbain et d'évaluer l'impact de l'agglomération notamment sur les composés photochimiques (ozone) ;
- Les stations industrielles** misent en place pour évaluer l'impact de pollution particulière.

Les stations de mesure du réseau Atmo Auvergne Rhône Alpes les plus pertinentes pour le secteur d'étude sont celles :

- De Lyon Centre**, de typologie urbaine de fond située dans la zone d'étude du projet. Cette station mesure le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone, les PM₁₀ et les PM_{2,5} ;
- De Lyon Gerland**, de typologie urbaine de fond située à 2,5 km au sud-ouest du projet. Cette station mesure le dioxyde d'azote, l'ozone, les PM₁₀ et les PM_{2,5}.

IV.2. Plans et schémas régionaux et locaux

IV.2.1. Structure des outils de planification

Les plans et schémas sont issus d'une volonté nationale de satisfaire la réglementation ou les accords européens et internationaux sur des problématiques environnementales et énergétiques. Leur articulation est présentée ci-dessous.

Ces outils se déclinent à des échelles nationale, régionale puis locale. Certains plans ont évolué depuis leur création afin de renforcer leurs champs d'action en regroupant des thématiques jusqu'alors prises individuellement alors qu'il existe de nombreuses interactions entre elles. C'est le cas des PRQA (Plan Régional de la Qualité de l'Air) qui avaient pour vocation de donner des orientations en matière de qualité de l'air. Ces plans ont ensuite été revus pour intégrer les problématiques sur le climat et l'énergie via les SCRAE (Schéma Régional du Climat Air Energie). Un autre plan, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) issu de la loi NOTRe remplace les SRCAE afin d'être plus prescriptif et intégrer des prérogatives sur l'aménagement du territoire. Concernant la région Auvergne-Rhône-Alpes, le SRADDET a été approuvé par arrêté du préfet de région le 10 avril 2020.

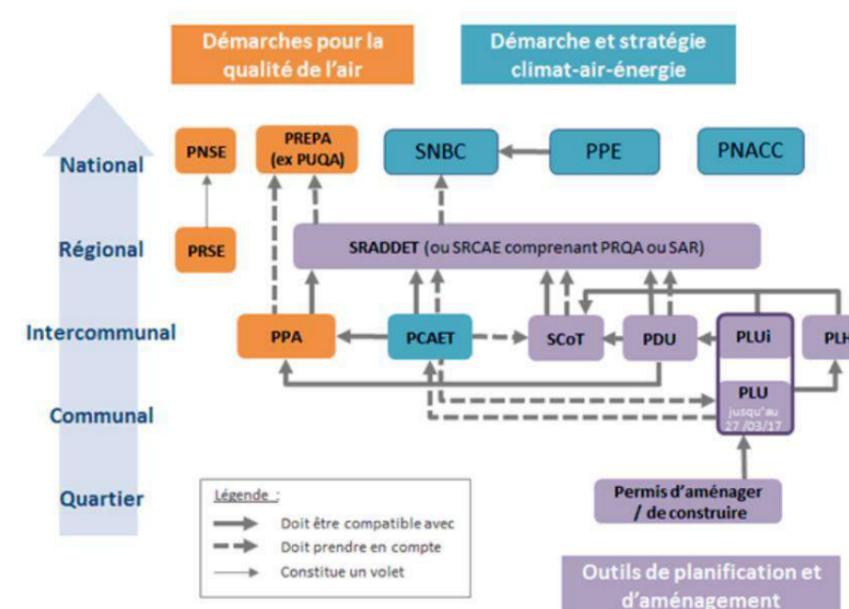
Les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET) ont été initiés à la suite de la mise en place du Plan Climat à l'échelle nationale. Ils doivent être compatibles avec les SRCAE (inclus dans les SRADDET). L'objectif est de fixer des directives régionales pour ensuite laisser agir les collectivités en fonction de leurs problématiques locales d'énergie, de qualité de l'air, d'urbanisme et de transport. Le PCAET de la métropole de Lyon a été voté en 2019.

Spécifiquement à la qualité de l'air, les PPA prévus pour les agglomérations ou communautés d'agglomération de plus de 250 000 habitants et pour les zones où les valeurs limites sont dépassées ou risquent de l'être, fixent les moyens à mettre en œuvre pour préserver la qualité de l'air.

En parallèle, d'autres plans traitant spécifiquement d'une problématique ont été créés et leurs champs d'action peuvent recouper ceux des plans précédemment cités :

- Les Plans de Surveillance de la qualité de l'air traitent directement des choix stratégiques et moyens de surveillance de la qualité de l'air ;
- Les Plans régionaux Santé Environnement abordent également les problématiques de pollution de l'air sous un angle sanitaire.

Figure 9 : Articulations des différents programmes



IV.2.2. Plan régional de la qualité de l'air et schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie

Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'égalité des Territoires (SRADDET) de la région Auvergne-Rhône-Alpes, adopté par le Conseil régional, a été approuvé par arrêté du préfet de région le 10 avril 2020. Il se substitue à plusieurs schémas régionaux thématiques préexistants et notamment le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE).

Le SRADDET fixe des objectifs de moyen et long terme sur le territoire de la région pour 11 thématiques différentes :

- Équilibrer et égalité des territoires ;
- Implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional ;
- Désenclavement des territoires ruraux ;
- Habitat ;
- Gestion économe de l'espace ;
- Intermodalité et développement des transports ;
- Maîtrise et valorisation de l'énergie ;
- Lutte contre le changement climatique ;
- Pollution de l'air ;
- Protection et restauration de la biodiversité ;
- Prévention et gestion des déchets.

Différents objectifs environnementaux sont mis en place :

- Réduction des consommations d'énergie ;
- Développement de la production d'énergie renouvelables ;
- Diminution des polluants de l'air ;
- Diminution des émissions des gaz à effets de serre.

Tableau 4 : Objectifs de diminution des gaz à effet de serre

Secteur	Part des émissions	Objectifs nationaux 2028	Objectifs nationaux 2050
Transport	27%	- 29%	- 70%
Résidentiel-tertiaire	20%	- 54%	- 87%
Agriculture	19%	- 12%	- 50%
Industrie	18%	- 24%	- 75%
Production d'énergie	12%		
Traitement des déchets	4%	- 33%	- 80%

L'objectif de diminution des polluants est également quantifié :

- Une diminution de 44% des émissions globales de NO₂ ;
- Une diminution de 38% des émissions globales de particules fines PM₁₀ ;
- Une diminution de 41 % des émissions globales de particules très fines PM_{2,5} ;
- Une diminution de 35% des émissions globales de COV (composés organiques volatils, précurseurs de l'ozone).

IV.3. Qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes

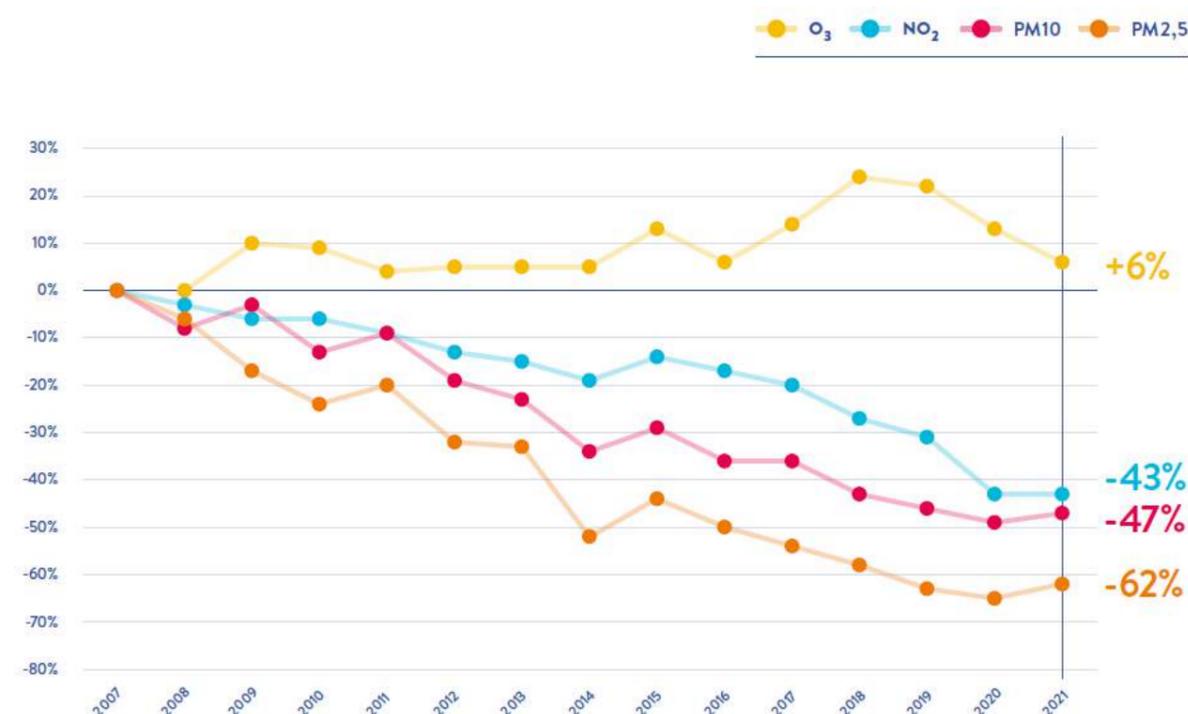
L'année 2021 est globalement caractérisée par une amélioration de la qualité de l'air par rapport à 2020 (et les années antérieures), année particulière avec la crise sanitaire du Covid-19 et ses effets sur les activités humaines et donc sur les émissions de polluants. Cette amélioration de la qualité de l'air est liée aux baisses d'émissions de polluants et aux conditions météorologiques favorables (hiver doux donc une moindre utilisation du chauffage et un été frais). De plus l'année 2021 a connu plus de précipitations que la normale.

Le niveau de dioxyde d'azote a été le plus impacté en 2020 avec la crise sanitaire puisqu'il est lié aux émissions routières. La tendance de la concentration en dioxyde d'azote est en diminution constante depuis 10 ans mais l'agglomération lyonnaise reste touchée par des dépassements réglementaires à proximité des axes routiers majeurs.

Comme pour le NO₂, les niveaux d'ozone sont en nette diminution du fait des conditions météorologiques de 2021. En effet la formation de l'ozone a été contrariée par une période estivale quasi entièrement fraîche et pluvieuse (ensoleillement entre avril et septembre en dessous des normales, épisodes pluvieux fréquents). Toutefois certains territoires sensibles observent encore des dépassements de la réglementation faisant référence à une moyenne sur 3 années (2019-2021).

A l'inverse, même si les émissions de particules liées aux chauffages sont restées limitées et la météorologie a été dispersive donc limitant les phénomènes d'accumulation de la pollution, les concentrations de particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) sont en légère augmentation en 2021 (en partie dû aux épisodes d'importation de sables sahariens). De plus, le risque sanitaire des particules touche la quasi-totalité de la population.

Figure 10 : Tendence d'évolution des moyennes annuelles par rapport à 2001 – région Auvergne-Rhône-Alpes



Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

Avec 25 jours de vigilances pollution recensés en 2021, la tendance à la baisse observée depuis des années se confirme. Cette baisse s'explique par une diminution continue des émissions de polluants et par des conditions météorologiques hivernales et estivales moins favorables à la survenance d'épisode de pollution. Le phénomène marquant de 2021 restera le passage sur la région de masses d'air chargées en particules désertiques (février-juin 2021).

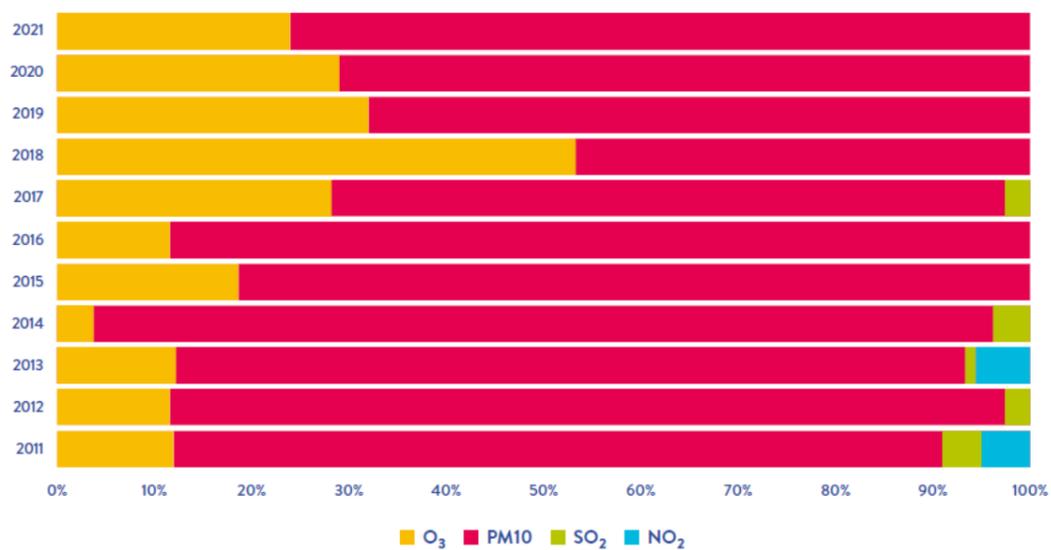
Figure 11 : Bilan des épisodes de pollution (2011 à 2021) – région Auvergne-Rhône-Alpes



Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

Les particules PM₁₀ sont les principaux polluants responsables des vigilances pollution en Auvergne-Rhône-Alpes de 2011 à 2021.

Figure 12 : Polluants responsables des vigilances polluants en Auvergne-Rhône-Alpes



Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

IV.4. Émissions régionales des principaux polluants par secteur en Auvergne-Rhône-Alpes

La figure ci-après présente les contributions des principales activités aux émissions de polluants atmosphériques en Auvergne-Rhône-Alpes pour l'année 2019 (source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes).

Le transport routier apparaît comme le secteur prépondérant dans les émissions de la région en oxydes d'azote et la deuxième source d'émission de particules fines (PM2.5).

Les principaux émetteurs d'oxydes d'azote sont le trafic routier, qui contribue à hauteur de 61,5% aux émissions régionales et le secteur industriel pour 16,7%.

Les particules recensées dans l'inventaire sont celles de diamètre inférieur à 10 microns (PM10) et celles de diamètre inférieur à 2,5 microns (PM2.5) directement rejetées dans l'atmosphère (particules primaires). Le secteur résidentiel est le premier contributeur aux émissions de PM10 (53,8%) et de PM2.5 (70,4%), notamment en raison du chauffage au bois.

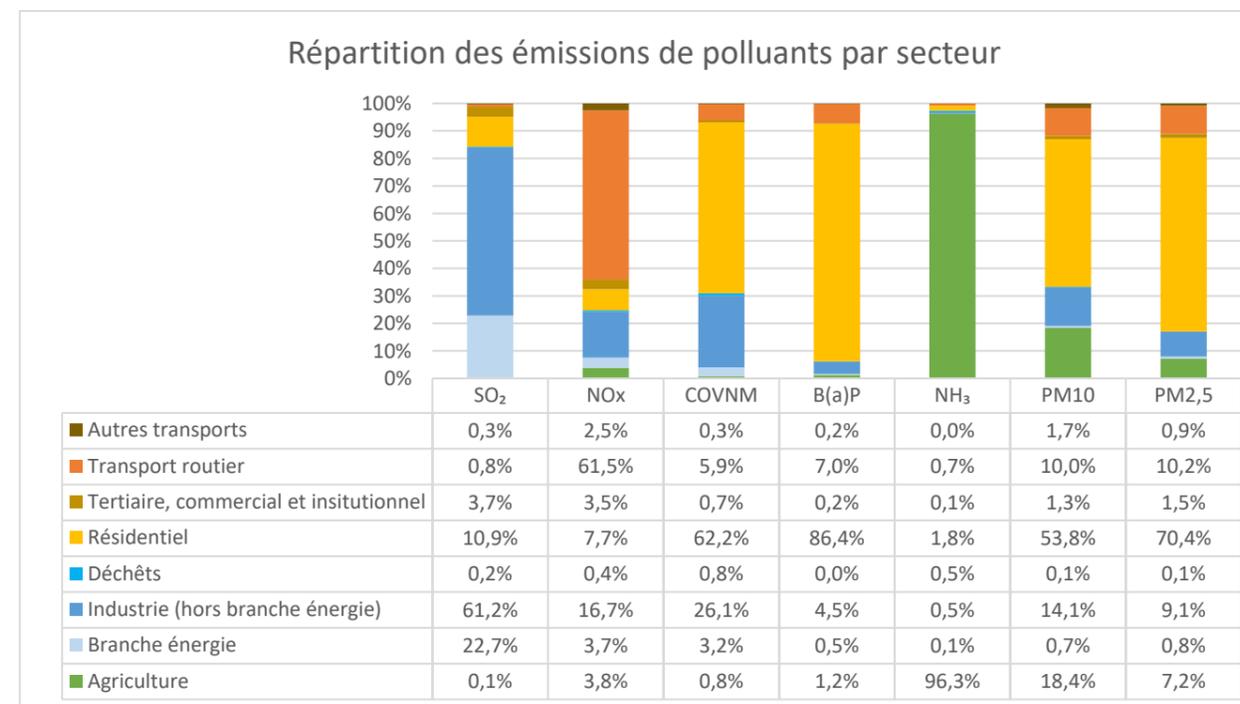
Les autres secteurs qui contribuent le plus aux émissions de PM10 sont le secteur agricole (18,4%) et le secteur industriel (14,1%). Pour les PM2.5 le second secteur contributeur correspond au transport routier (10,2%) suivi du secteur industriel (9,1%) et de l'agriculture (7,2%).

Les principaux secteurs émetteurs d'hydrocarbures anthropiques (composés organique volatils non méthaniques, COVNM) à l'échelle régionale sont le secteur résidentiel (62,2%) et le secteur industriel (26,1%).

Les principaux secteurs émetteurs de dioxyde de soufre sont le secteur industriel (61,2%) puis le secteur énergétique (22,7%) et enfin le secteur résidentiel (10,9%).

Les émissions d'ammoniac sont issues à la majorité du secteur agricole (96,3%).

Figure 13 : Inventaire des émissions de polluants par secteur



Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

IV.5. Qualité de l'air dans le Rhône

L'année 2020 est une année particulière du fait de la crise sanitaire et des mesures prises par l'Etat pour lutter contre le Covid-19. Une diminution des activités humaines pendant les confinements a mené à une baisse des émissions de polluants et donc une diminution des niveaux de concentration. Bien que les niveaux de concentrations de 2021 soient légèrement supérieurs à ceux de 2020, ils restent inférieurs à ceux des années précédentes.

Le département du Rhône est le seul département d'Auvergne-Rhône-Alpes qui garde un dépassement réglementaire relatif à la valeur limite annuelle de NO₂. En effet, les concentrations moyennes annuelles en 2021 de NO₂ sont supérieures à 40 µg/m³ sur les stations Lyon périphérique et Lyon tunnel Croix-Rousse sortir Rhône. Les populations exposées sont situées sur les grands axes de circulation. 91% de la population de la région est concernée par un risque sanitaire en NO₂. En 2021, la concentration moyenne annuelle du Rhône est de 25,33 µg/m³, ce qui dépasse la recommandation de l'OMS (10 µg/m³).

Pour les particules en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5}), les concentrations moyennes annuelles de 2021 dans la région du Rhône sont de 18 µg/m³ pour les PM₁₀ et de 10,56 µg/m³ pour les PM_{2,5}. Ces valeurs respectent les valeurs limites et les objectifs de qualité. Les recommandations de l'OMS sont dépassées (15 µg/m³ pour les PM₁₀ et 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}). Cependant, la totalité de la population du Rhône est concernée par un risque sanitaire en PM_{2,5}.

Concernant l'ozone, malgré la diminution des concentrations, le département du Rhône est toujours sensible en 2021. Il reste sensible à un dépassement réglementaire et expose 4% de la population à des niveaux trop élevés. En effet, la valeur cible santé de 25 jours avec une concentration moyenne sur 8h dépassant 120 µg/m³ sur 3 ans n'est pas respectée sur deux sites de mesures (sud lyonnais Ternay et Haut-Beaujolais) du Rhône. De plus, 1% du territoire du Rhône est soumis à des niveaux d'ozone impactant la végétation.

V. SITE DANS SON ENVIRONNEMENT

V.1. Facteurs influençant la concentration des polluants

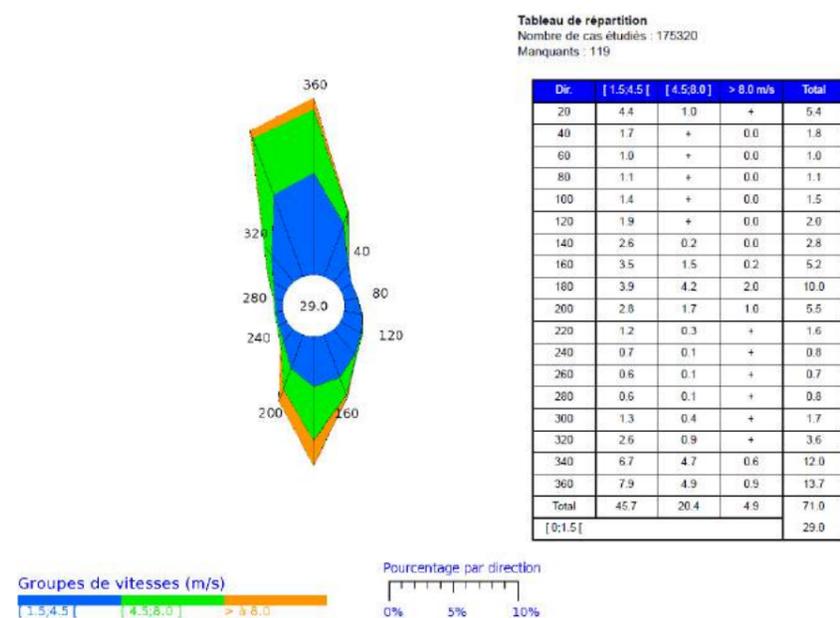
V.1.1. Facteurs météorologiques

Les concentrations en polluants sont étroitement liées aux conditions météorologiques. Il est donc nécessaire avant toute étude de la qualité de l'air de situer le contexte météorologique local en termes de moyennes annuelles. Les résultats de concentrations peuvent alors être discutés si nécessaire par rapport aux conditions météorologiques représentatives de la zone d'étude.

Les **conditions de vent** jouent un rôle essentiel dans les phénomènes de pollution atmosphérique car ils conditionnent l'impact des sources d'émissions locales et régionales (sous/hors panache de pollution) et influencent la dispersion des polluants. La vitesse du vent permet en effet d'apprécier le caractère dispersif de l'atmosphère. Des vitesses faibles auront tendance à laisser accumuler les polluants à proximité des sources et au contraire des vitesses fortes disperseront les polluants ce qui entrainera une diminution des concentrations.

La rose des vents ci-dessous représente la fréquence d'apparition des vents en fonction de leur direction et de leur vitesse en moyenne sur une période de 20 ans, de 2001 à 2020, sur la station Météo France de Lyon-Bron.

Figure 14 : Rose des vents de 2001 à 2020 à Lyon-Bron



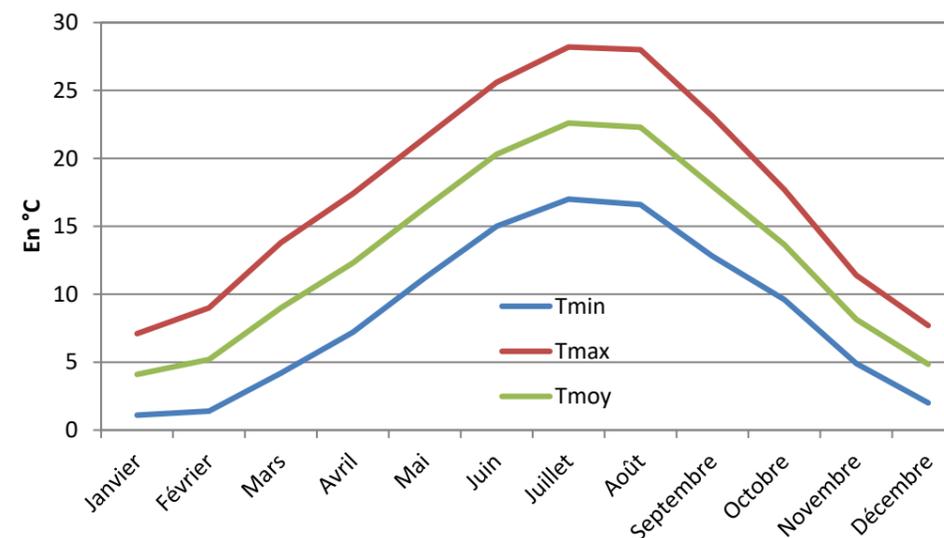
Globalement, les vents dominants sont de secteur nord-nord-ouest (25,7%) et de secteur sud (20,7%). Les vents faibles (entre 1,5 m/s et 4,5 m/s) et moyens (entre 4,5 m/s et 8 m/s) sont les plus représentés avec respectivement 45,7 % et 20,4% des vents. Les vents faibles représentent 29% des vents.

La **température** a également un impact sur les teneurs en polluants par différents biais :

- Les émissions du chauffage urbain en périodes hivernales sont conditionnées par la température extérieure ;
- Le fonctionnement à froid des moteurs thermiques entraîne des surémissions ;
- Les inversions de température, fréquemment rencontrées en hivers lors d'amplitudes thermiques importantes entre le jour et la nuit, entraînent des accumulations de polluants à proximité du sol ;
- Les pics de pollution d'ozone sont favorisés lors des températures importantes.

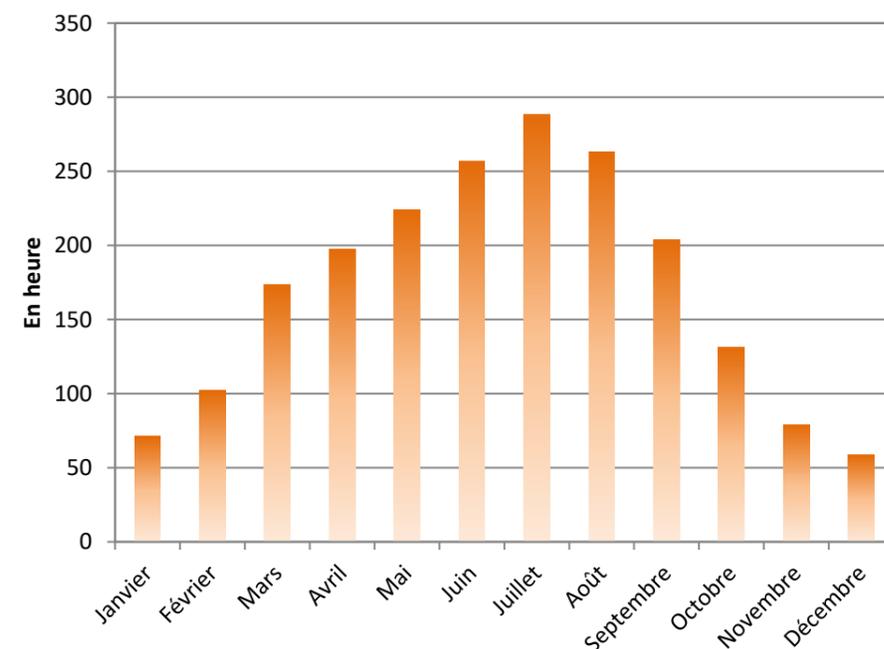
Le graphique ci-après présente les températures mensuelles moyennes minimales et maximales sur la station de Lyon-Bron. La température moyenne annuelle est de 13°C.

Figure 15 : Températures moyennes de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020)



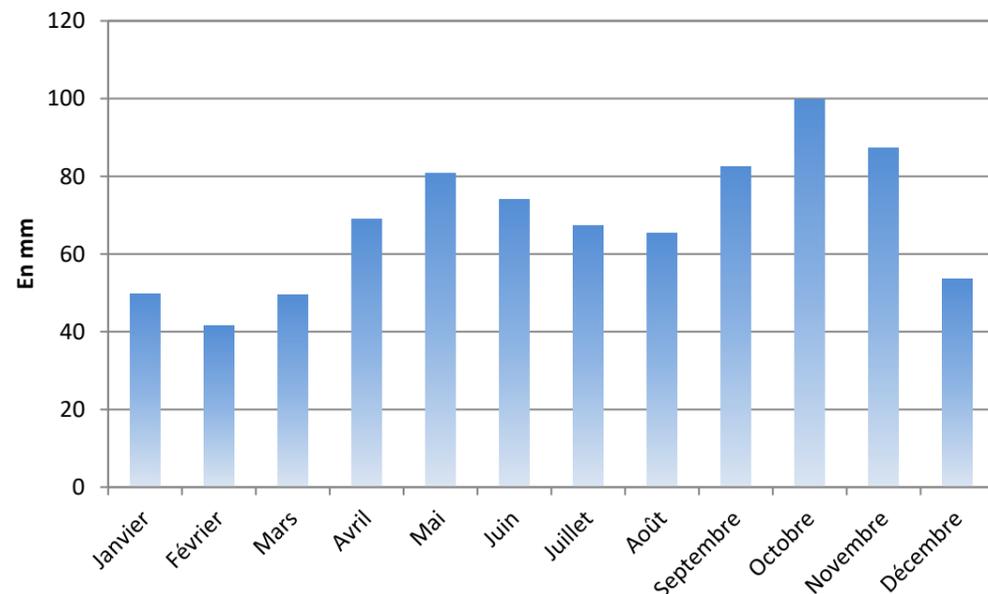
L'**ensoleillement** influence aussi les concentrations en entrainant des phénomènes de convection thermique à l'origine des mouvements de masses d'air dans l'atmosphère. Un fort ensoleillement participe également aux pics de pollution de composés secondaires (tel que l'ozone). L'ensoleillement annuel de la région est de 2 049,5 heures. Le graphique suivant présente les variations moyennes mensuelles de l'ensoleillement sur la station de Lyon-Bron de 1991 à 2020.

Figure 16 : Ensoleillement moyen de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020)



Les précipitations sont généralement associées à une atmosphère instable. Elles rabattent les polluants les plus lourds au sol et en solubilisent certains (lessivage de l'atmosphère). Les concentrations en polluants dans l'atmosphère peuvent par temps de pluie, associé à des vitesses de vents souvent plus importantes, diminuer les concentrations. Le graphique ci-après présente le cumul mensuel normal des précipitations de 1991 à 2020. La pluviométrie annuelle est de 820,8 mm répartie sur 102,7 jours.

Figure 17 : Pluviométrie moyenne de la station Météo France de Lyon-Bron (1991 – 2020)



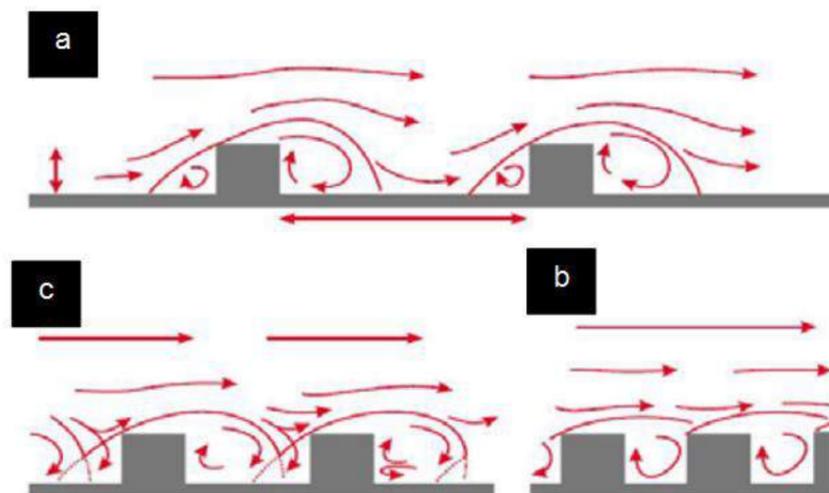
V.1.2. Facteurs urbains

En milieu urbain, le trafic urbain automobile constitue la principale source de pollution. Divers facteurs urbains influent sur la dispersion de cette pollution.

➤ Configuration des rues :

Les rues de type « canyon » sont des rues bordées de hauts bâtiments de part et d'autre de la chaussée, configuration la plus fréquente en ville. C'est aussi la configuration la plus défavorable à la dispersion des polluants par le vent. Une rue « canyon » est caractérisée par son rapport H/L supérieur à 0,7, H étant la hauteur moyenne des bâtiments et L étant la largeur entre les deux rangées de bâtiments. La direction du vent au-dessus des toits et la forme de « canyon » conditionnent le développement d'un ou plusieurs tourbillons à l'intérieur de la rue, qui seront à l'origine de niveaux élevés de pollution en des points précis. Les régimes d'écoulement dans ces rues dépendent du rapport H/L comme l'illustre le schéma suivant.

Figure 18 : Les régimes d'écoulement dans une rue canyon (source : Air Pays de la Loire)



- (a) « Isolated roughness flow » : quand deux vortex indépendants se développent de part et d'autre de la rue, celle-ci étant suffisamment large pour qu'il n'y ait pas d'interactions entre les structures ($H/L < 0.2$),
 (b) « Skimming flow » : quand un seul vortex se développe, la rue étant très étroite. Dans ce cas le tourbillon agit à l'intérieur de la rue et il y a peu d'échanges avec l'extérieur ($H/L > 0.65$),
 (c) « Wake interference flow » : état intermédiaire entre les deux précédemment décrits. L'écoulement est alors très complexe puisque plusieurs structures tourbillonnaires peuvent interagir ($0.2 < H/L < 0.65$).

➤ La densité du bâti et la continuité du bâti :

Plus le bâti est dense et laisse peu d'espace à l'air pour circuler et moins la dispersion des polluants est bonne.

➤ L'orientation de la rue :

L'orientation idéale pour les voies de circulation est celle qui suit le sens des vents dominants de la région concernée. Lorsque les vents viennent majoritairement du sud, il faut privilégier des voies de circulation orientée nord-sud.

➤ L'état de la circulation :

En fonction de la nature des véhicules, de la vitesse et du mode (accélération/freinage) de circulation, les émissions sont différentes.

➤ Présence d'un écran de végétation :

La végétation peut agir de manière passive en protégeant les bâtiments. Le feuillage capte une partie de la pollution notamment les poussières.

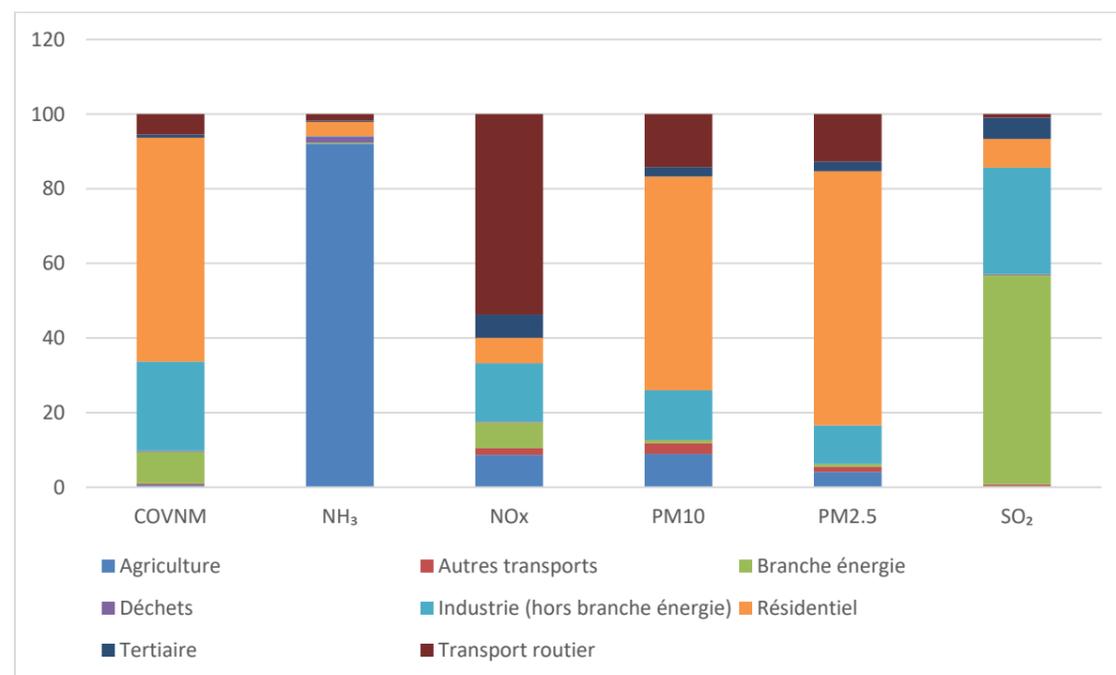
V.2. Sources d'émissions polluantes

V.2.1. Émissions de polluants du Rhône

La figure ci-après présente les contributions des principales activités aux émissions de polluants dans le Rhône en 2019 publié par Atmo Auvergne Rhône Alpes. Il y apparaît que :

- Les oxydes d'azote (NOx) ont pour principales sources le trafic routier (53,7%) et le secteur industriel (15,6%). Puis viennent les secteurs agricole (8,7%), énergétique (6,9%), résidentiel (6,8%) et tertiaire (6,2%) ;
- Les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM) sont essentiellement issus des secteurs résidentiel (60%) et industriel (23,9%) et énergétique (8,5%) ;
- Les particules fines en suspension (PM10) proviennent majoritairement du secteur résidentiel (57,3%), suivi du transport routier (14,2%) et du secteur industriel (13,3%) ;
- Les particules très fines en suspension (PM2,5) ont pour principales sources le secteur résidentiel (68,1%). Viennent ensuite le transport routier (12,7%) et le secteur industriel (10,3%) ;
- Les dioxydes de soufre sont principalement émis par le secteur énergétique (56,1%), suivi des secteurs industriel (28,5%), résidentiel (7,7%) et tertiaire (5,7%).

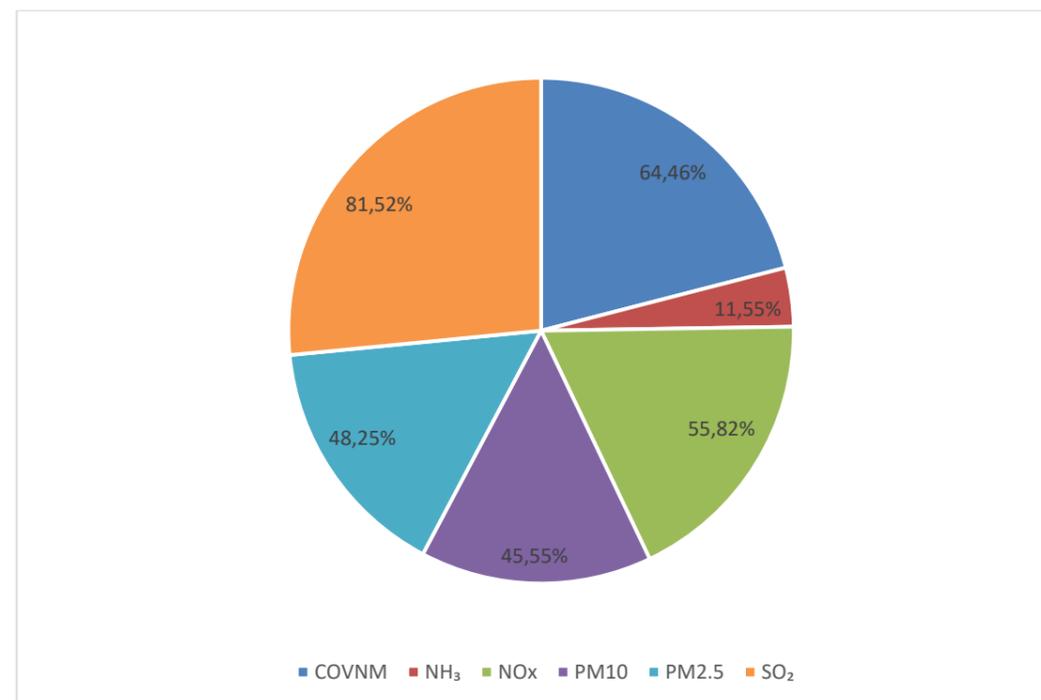
Figure 19 : Répartition des émissions de polluants dans le Rhône en 2020



Source : Atmo Auvergne Rhône Alpes

En 2020, la Métropole de Lyon a émis 37986,4 tonnes de polluants, ce qui représente 53,5% des émissions du département du Rhône.

Figure 20 : Répartition des émissions de la Métropole de Lyon par rapport aux émissions du département du Rhône



Source : Atmo Auvergne Rhône Alpes

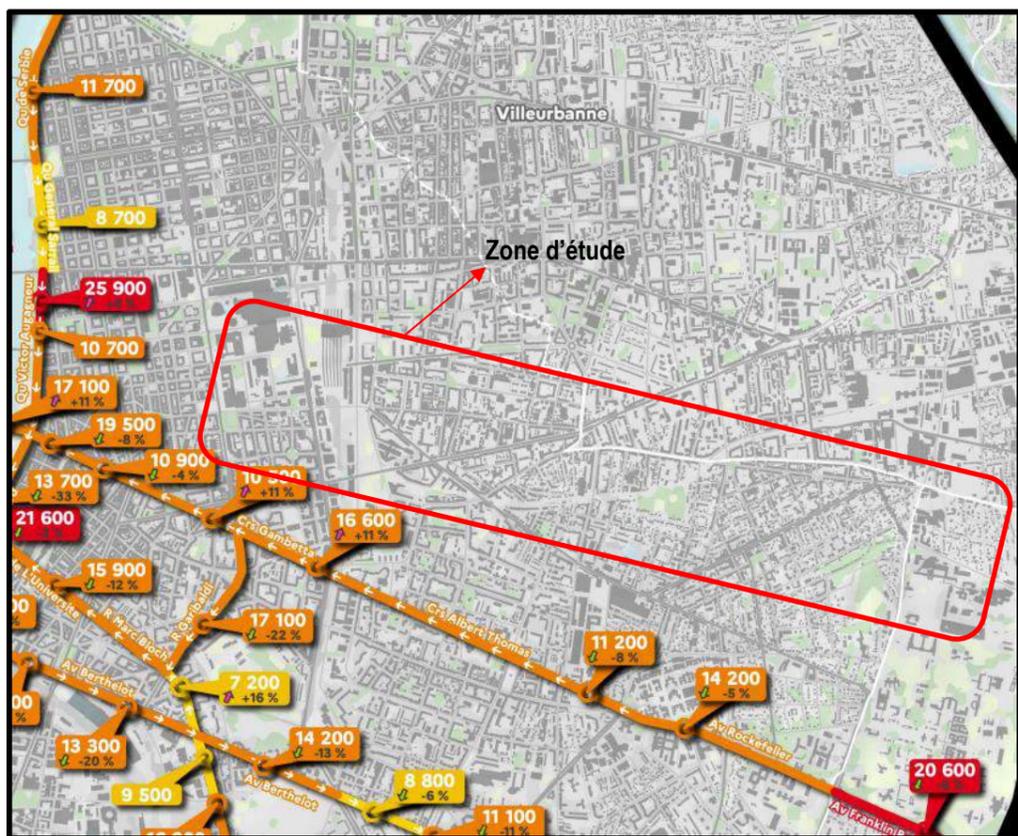
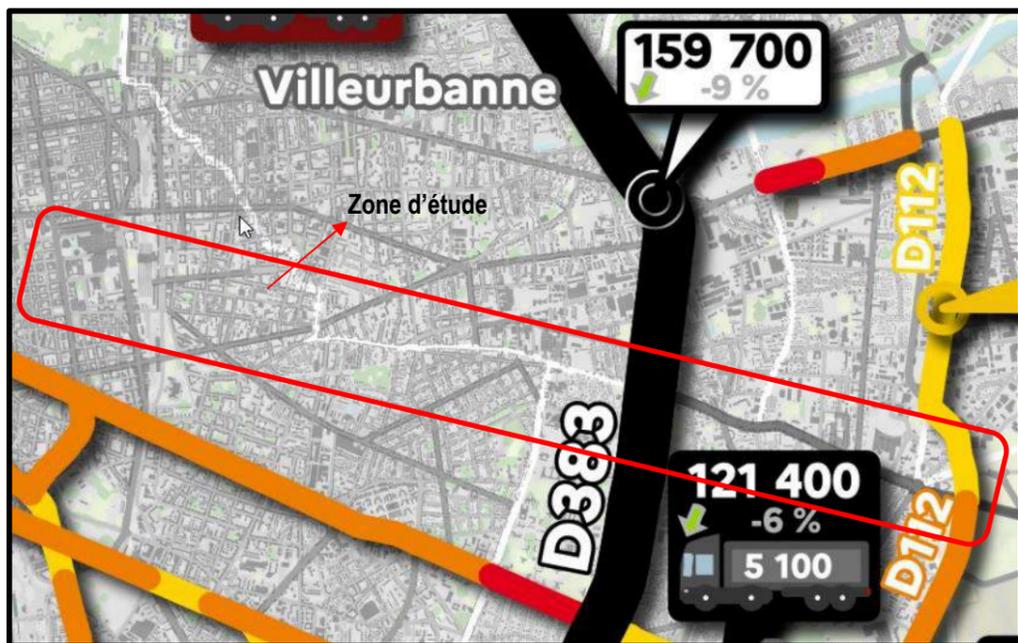
V.2.2. Sources d'émission sur la zone et à proximité

A. Trafic routier

Le trafic routier est un émetteur important de polluants atmosphériques à l'échelle de la région Auvergne-Rhône-Alpes (environ 46% des NOx) et du département du Rhône (environ 54% des NOx).

Les données de recensement de circulation du département du Rhône indiquent que l'axe le plus important à proximité de la zone d'étude est la route départementale D383 avec une valeur de TMJA (trafic moyen journalier) de 159 700 véhicules. La cours Albert Thomas a également un trafic important avec une valeur de TMJA de plus de 10 000 véhicules.

Figure 21 : Carte des comptages de 2021 du réseau routier du Rhône

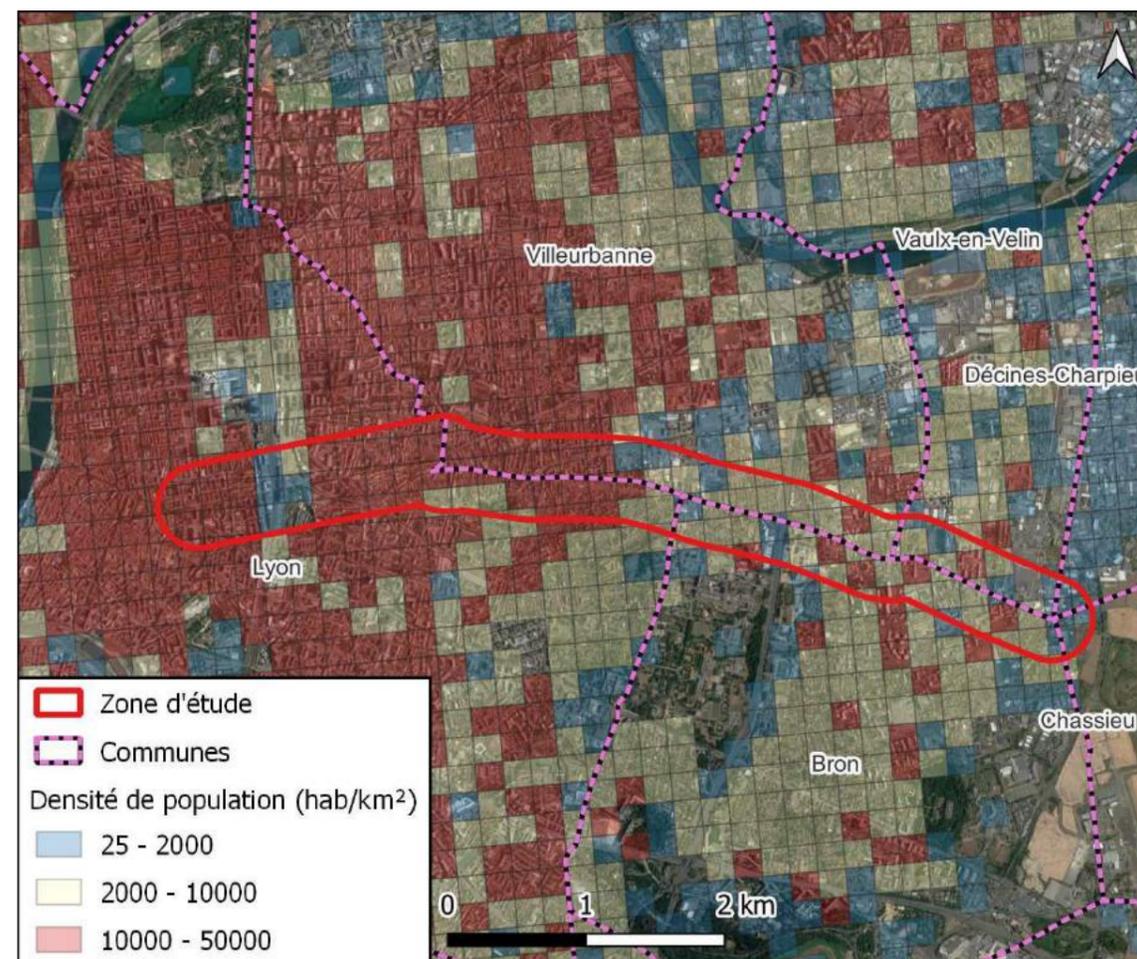


B. Sources diffuses

Le projet s'inscrit dans un secteur où la densité de population est très élevée à l'Ouest, et une densité moins élevée à l'Est. La densité de la moitié Ouest de la zone d'étude est majoritairement supérieure à 10 000 hab/km². La moitié Est de la zone d'étude a une densité globalement comprise entre 2 000 et 10 000 hab/km².

Cette urbanisation à forte densité se traduit par des sources d'émissions diffuses provenant principalement du chauffage urbain et des déplacements routiers sur les axes résidentiels et autoroutiers. Ce secteur est émetteur de monoxyde de carbone, de dioxyde de soufre, de composés organiques volatils, d'oxyde d'azote, de particules (PM₁₀ et PM_{2,5}), de plomb, de zinc et de cadmium.

Figure 22 : Densité de population en 2017



Source : INSEE

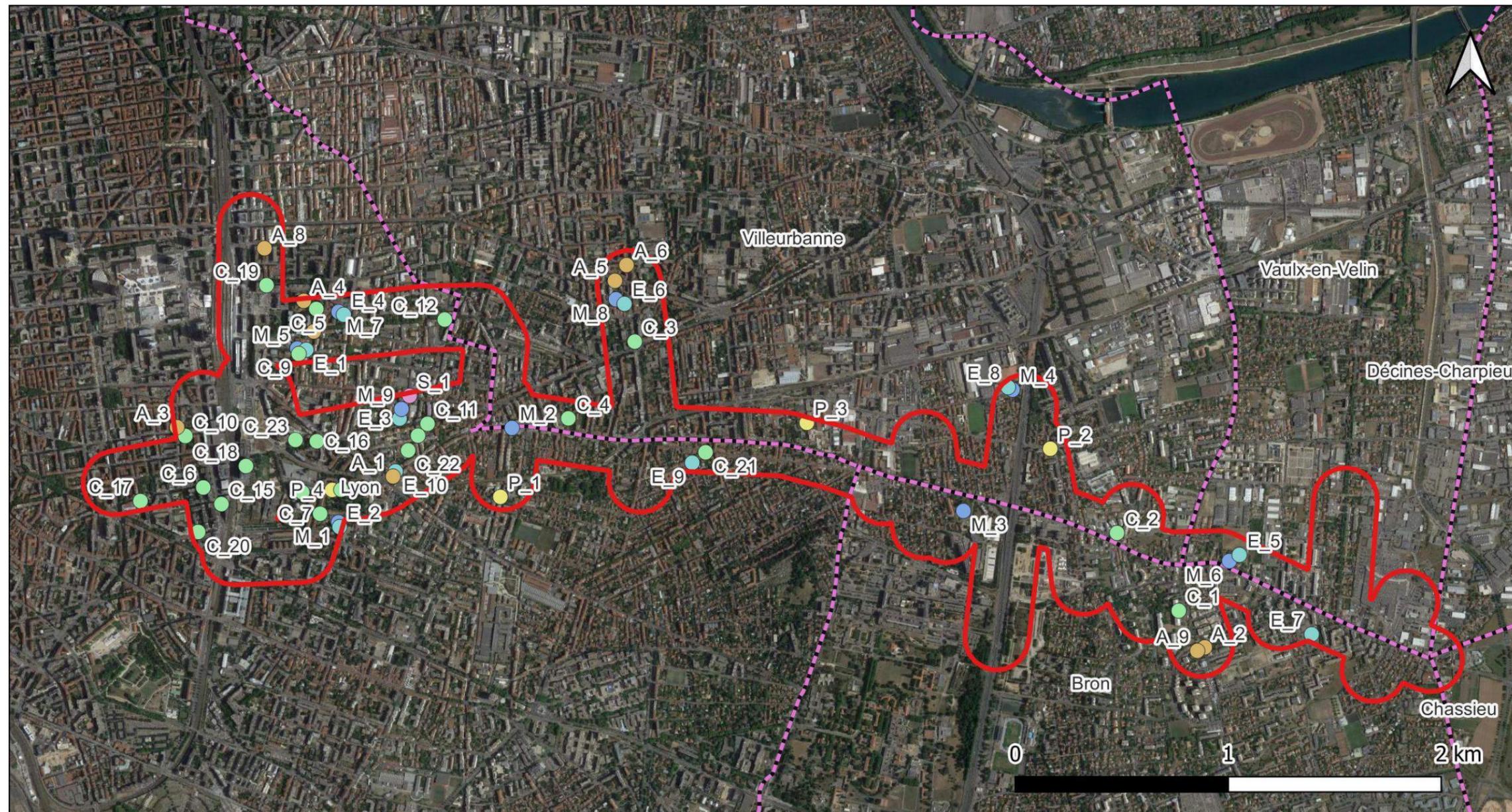
V.2.3. Sites vulnérables

Les sites vulnérables sont définis à partir de la note méthodologique de février 2019 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... ;
- Les établissements scolaires : écoles maternelles et élémentaires ;
- 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 sont localisés sur la carte présentée ci-après.

Figure 23 : Sites vulnérables de l'aire d'étude



- | | |
|--|--|
|  Communes | Sites vulnérables |
|  Zone d'étude |  Crèche |
| |  Ecole élémentaire |
| |  Ecole maternelle |
| |  Ecole primaire |
| |  Hopital |
| |  Maison de retraite |

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

A1	Résidence Services Seniors Les Jardins d'Arcadie Lyon	E7	Ecole élémentaire Pierre Cot
A2	RESIDENCE D'ACCUEIL POUR PERSONNES AGEES LES 4 SAISONS	E8	Ecole élémentaire Jules Guesde
A3	Résidence autonomie seniors Danton	E9	Ecole élémentaire Anatole France
A4	Maison de retraite Petites Soeurs des Pauvres	E10	Ecole élémentaire privée Nikola Tesla
A5	Maison de retraite Maison Tolstoi	M1	Ecole maternelle Nové Josserand
A6	EHPAD Blanqui	M2	école maternelle privée Grandir et Rire
A7	EHPAD La Villette d'Or	M3	Ecole maternelle Les Genêts
A8	EHPAD Ma Demeure	M4	Ecole maternelle Jules Guesde
A9	Foyer Soleil Les Colibris	M5	Ecole maternelle Antoine Charial
C1	Les Diablerets	M6	Ecole maternelle Pierre et Marie Curie
C2	La Maison De Pilou Villeurbanne Voilot	M7	Ecole maternelle Laurent Mourguet
C3	Micro Crèche Les Marsupiaux	M8	Ecole maternelle Antonin Perrin
C4	Victor Hugo	M9	Ecole maternelle Meynis
C5	Babilou Lyon Les Petites Soeurs	P1	Ecole primaire privée Charles de Foucauld
C6	Babilou Lyon Magnin	P2	Ecole primaire privée Aile
C7	Bréchan	P3	Ecole primaire privée Hatikva
C8	Coccicrèche1	P4	Ecole primaire privée les 7 Colombes
C9	Crèche Attitude Lyon 3	S1	Clinique Emilie de Vialar
C10	Danton Reve		
C11	Des Couleurs Sur L'avenue		
C12	François Gillet		
C13	Jean Renoir		
C14	Les Carillons		
C15	Les Jeunes Pousses		
C16	Les Marsupiaux Félix Faure		
C17	Les P'tits Lyons		
C18	Lyon Sky 56		
C19	Mirabilis Villette		
C20	Montchat Bada		
C21	Myrtille		
C22	Pain D'épices		
C23	Une Souris Verte		
E1	Ecole élémentaire Antoine Charial		
E2	Ecole élémentaire Nové Josserand		
E3	Ecole élémentaire Meynis		
E4	Ecole élémentaire Pompidou		
E5	Ecole élémentaire Pierre et Marie Curie		
E6	Ecole élémentaire Antonin Perrin		

V.3. État de santé des habitants de la Métropole de Lyon

V.3.1. Plan National Santé Environnement (PNSE) et Plan Régional Santé Environnement (PRSE)

L'Etat a élaboré un Plan National Santé Environnement (PNSE), qui vise à répondre aux préoccupations et interrogations de la société sur les conséquences sanitaires, à court et moyen terme, de l'exposition à certaines pollutions de notre environnement. Ce document se décline régionalement en Plan Régional Santé Environnement (PRSE).

La région Auvergne-Rhône-Alpes réalise actuellement son 4^{ème} PRSE. Le PRSE3 a été approuvé en 2017 pour une durée de 5 ans. Les actions de ce PRSE3 s'articulent autour de 3 axes :

- Développer les compétences en matière de santé-environnement ;
- Contribuer à réduire les surexpositions reconnues ;
- Améliorer la prise en compte des enjeux de santé dans les politiques territoriales à vocation économique, sociale ou environnementale.

V.3.2. Diagnostic santé-environnement de la Métropole de Lyon

Un diagnostic santé-environnement de la Métropole de Lyon a été réalisé en 2017. Ce diagnostic présente la situation en santé-environnement du territoire de la Métropole de Lyon.

Afin d'appréhender l'état de santé global des Métropolitains, 5 indicateurs ont été utilisés :

- L'espérance de vie ;
- La mortalité générale ;
- La mortalité prématurée ;
- La mortalité tous cancers ;
- Le nombre de nouvelles admissions en affections longues durées toutes causes confondues.

La Métropole de Lyon présente une espérance de vie à la naissance plutôt favorable. En effet, elle est de 80 ans pour les hommes (contre 78,5 ans en France) et de 85,9 ans pour les femmes (contre 84,8 ans en France).

En termes de décès, la Métropole de Lyon se situe également mieux par rapport à l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Le taux de mortalité toutes causes est de 770,7 pour 100 000 habitants contre 801,1 en France. Le taux de mortalité prématurée avant 65 ans est de 165,7 pour 100 000 habitants contre 194,2 en France). Concernant la mortalité due au cancer, il est également moins important que celui observé à l'échelle nationale (214,7 pour 100 000 habitants contre 229,1 en France).

Enfin, entre 2007 et 2014, 26 475 personnes de la Métropole de Lyon ont été admises en affection longue durée (ALD) quelle que soit la cause en moyenne chaque année. Ce taux est significativement supérieur aux valeurs régionale et nationale.

VI. BILAN DES CONCENTRATIONS

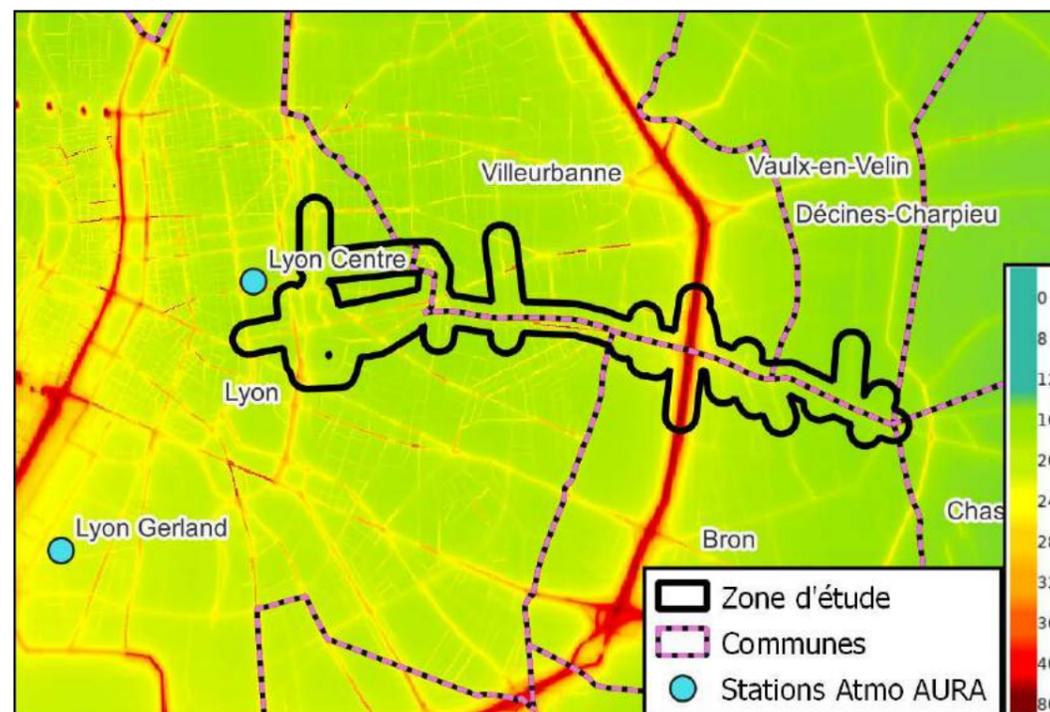
Le bilan des concentrations de fond ci-après est basé sur le bilan 2021 de la qualité de l'air du Rhône publié par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Atmo AURA). Les résultats des stations les plus proches de la zone d'étude ont également été utilisés :

- La station de Lyon Centre, de typologie urbaine de fond située dans la zone d'étude du projet. Cette station mesure le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone, les PM₁₀ et les PM_{2,5} ;
- La station de Lyon Gerland, de typologie urbaine de fond située à 2,5 km au sud-ouest du projet. Cette station mesure le dioxyde d'azote, l'ozone, les PM₁₀ et les PM_{2,5}.

Figure 24 : Localisation des stations de fond Atmo AURA les plus proches de la zone d'étude

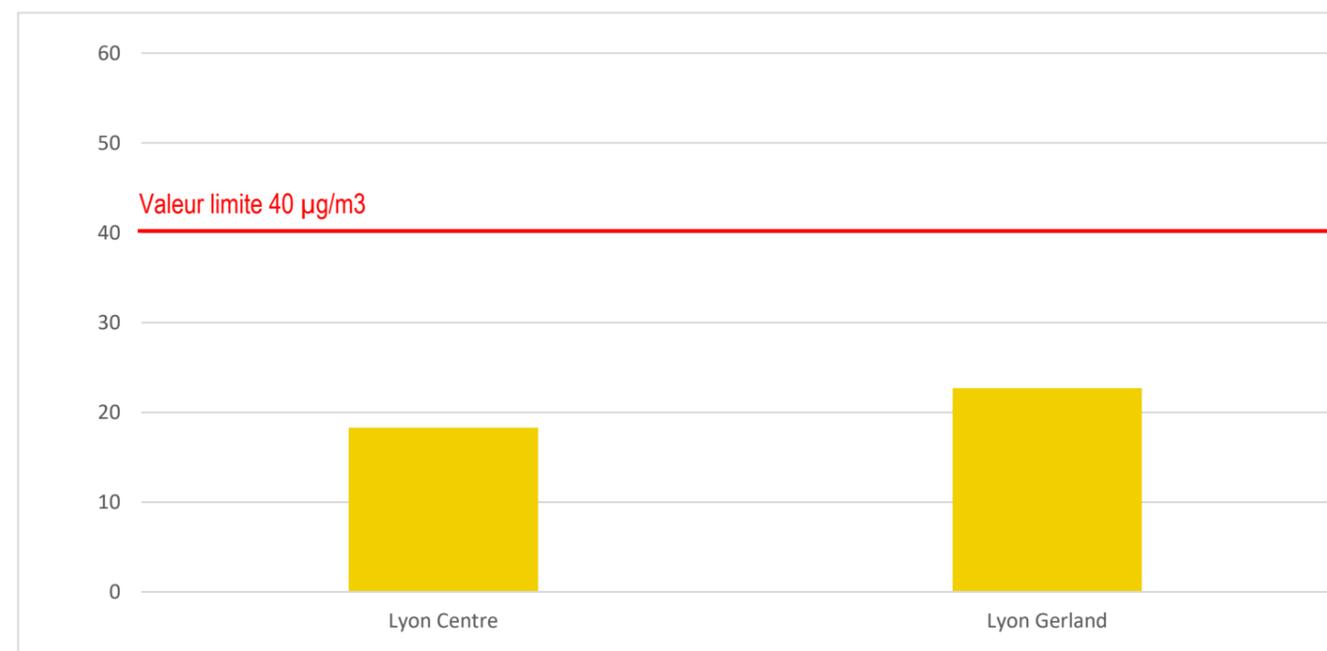


Figure 25 : Concentration annuelle 2021 en NO₂ (en µg/m³) dans les communes du secteur d'étude



Source : Atmo AURA

Figure 26 : Concentrations moyennes annuelles 2021 en NO₂ (en µg/m³) sur les stations retenues



Source : Atmo AURA

VI.1. Dioxyde d'azote

VI.1.1. Concentration et réglementation

Le dioxyde d'azote est un polluant issu du trafic routier et de l'industrie. Les concentrations sont par conséquent plus importantes à proximité immédiate des voiries.

Les concentrations moyennes annuelles de 2021 des stations retenues sont les suivantes :

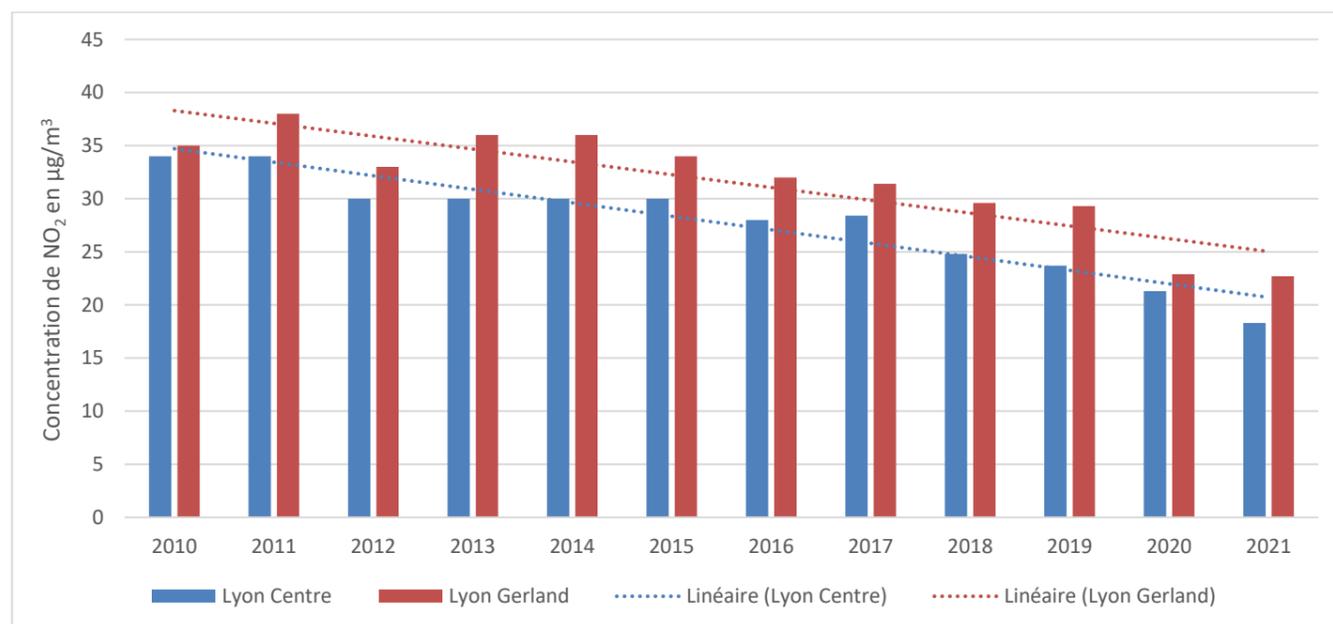
- 18,3 µg/m³ pour Lyon Centre ;
- 22,7 µg/m³ pour Lyon Gerland.

Les concentrations respectent la valeur limite de 40 µg/m³ mais dépassent la recommandation de l'OMS de 10 µg/m³.

VI.1.2. Évolution des concentrations

Les variations interannuelles dépendent d'une part, des émissions mais également des conditions climatiques changeantes entre les années. La tendance globale est à la baisse de 2010 à 2021, comme l'illustrent les courbes de tendance linéaire. Néanmoins, les variations sont contrastées. On observe une stagnation des concentrations annuelles entre 2012 et 2015 sur la station de Lyon Centre. Pour la station de Lyon Gerland, les concentrations sont à la baisse chaque année de 2013 à 2021.

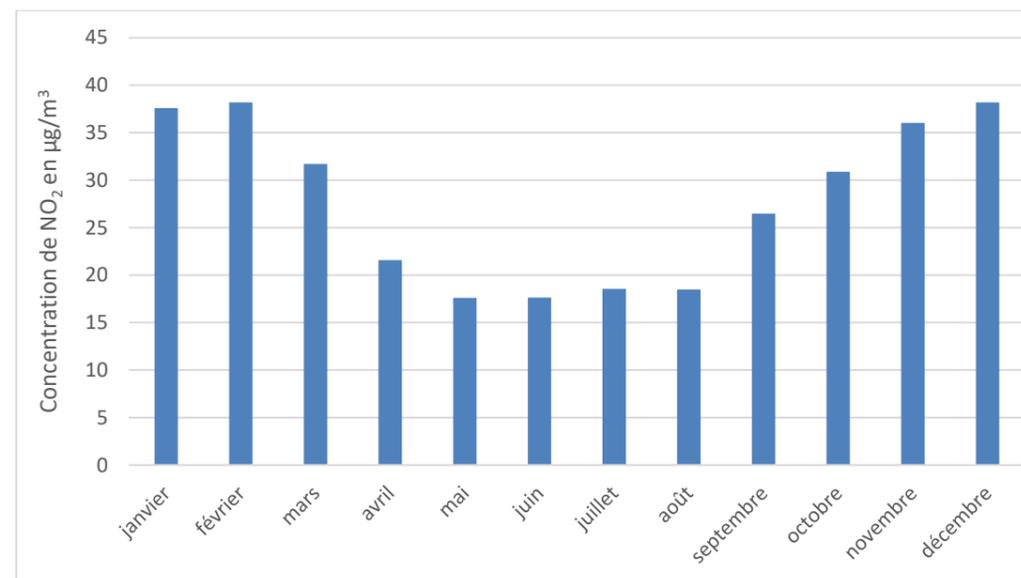
Figure 27 : Concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur les stations retenues



Source : Atmo AURA

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 les plus faibles au mois de juin.

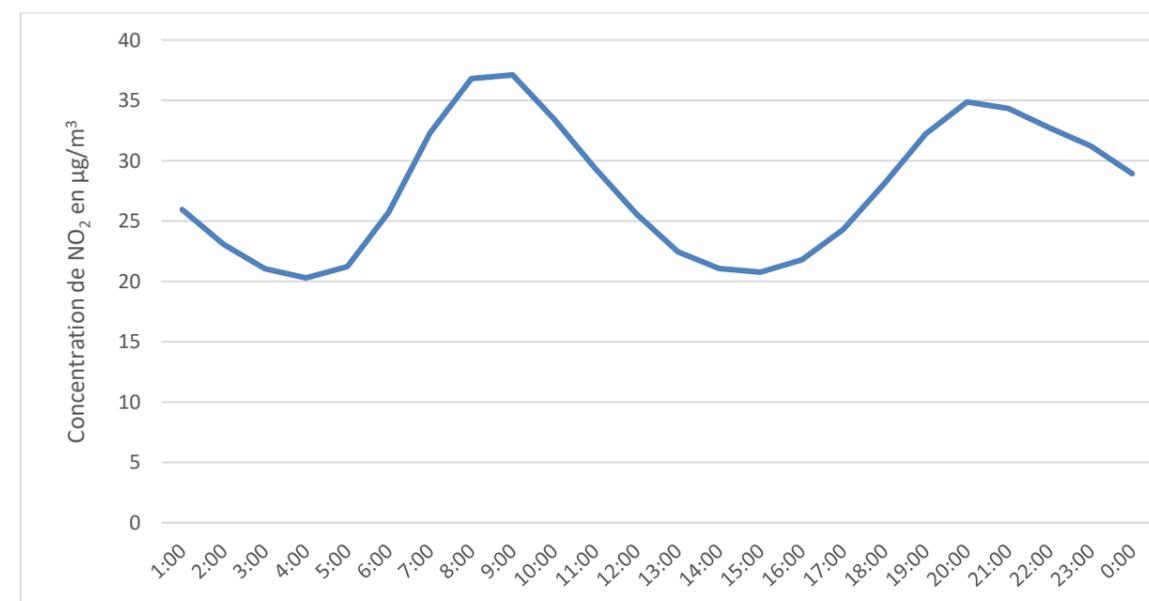
Figure 28 : Variations saisonnières de la concentration en NO₂ à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010 – 2021



Source : Atmo AURA

Sur une journée, les émissions de NO_x (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.

Figure 29 : Variations journalières de la concentration en NO₂ à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010 – 2021



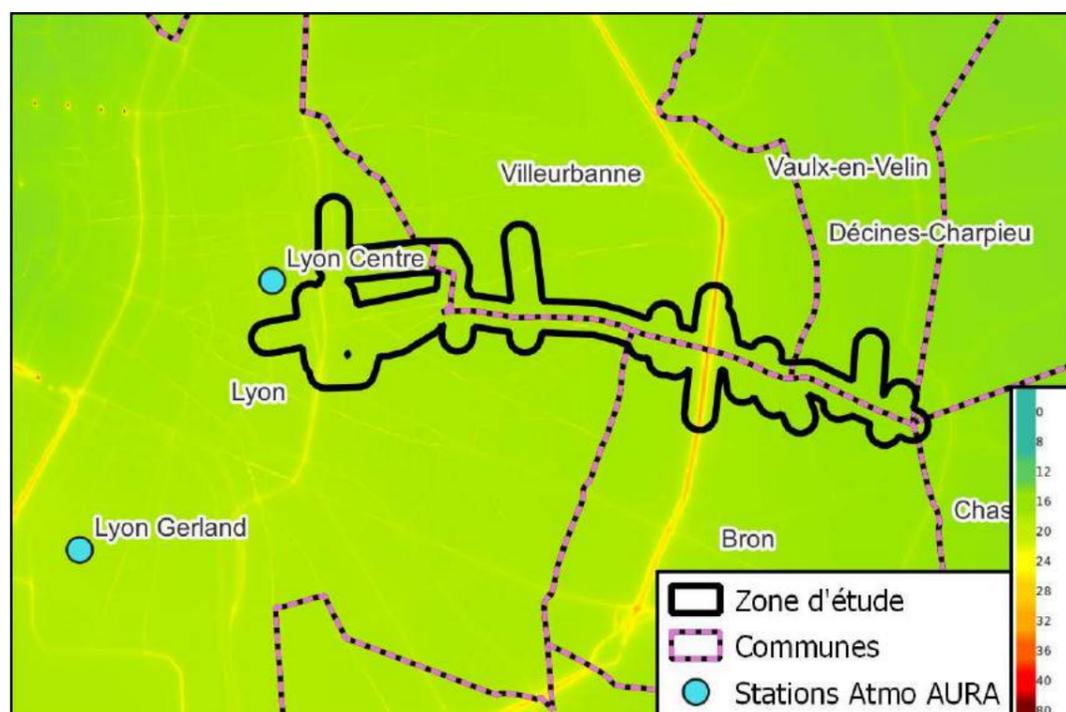
Source : Atmo AURA

VI.2. Particules PM₁₀ et PM_{2,5}

VI.2.1. Concentrations et réglementation

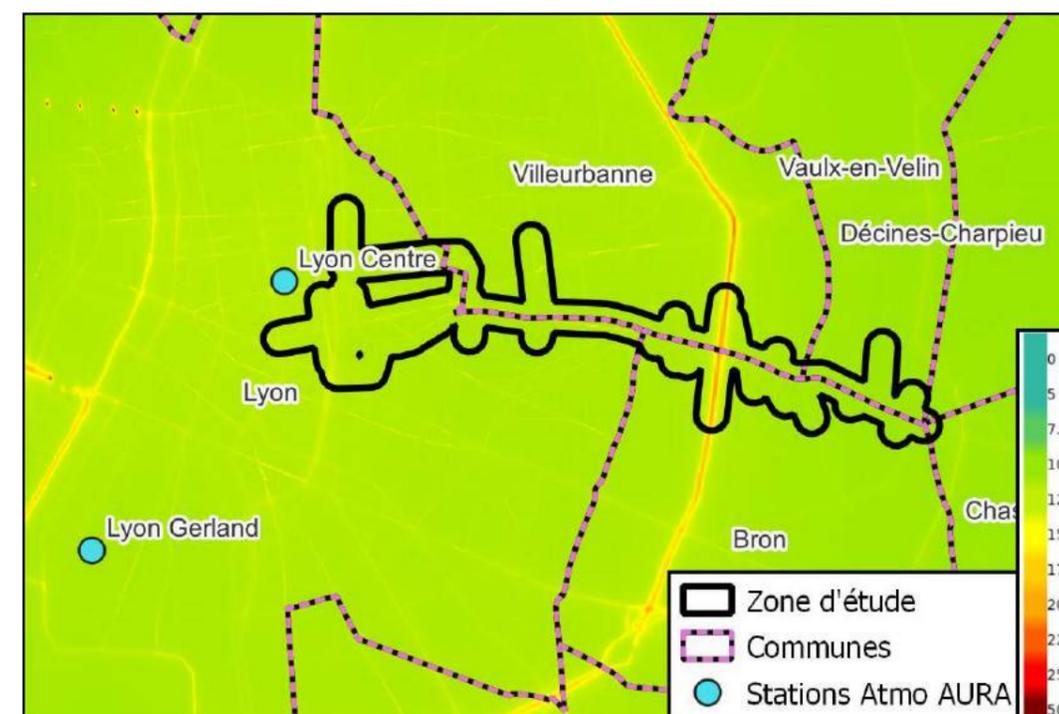
Les particules atmosphériques se distinguent par leur morphologie, leur taille et leur composition chimique. Dans le cadre de la réglementation sur la loi sur l'air, on distingue les PM₁₀ et les PM_{2,5} avec des diamètres respectifs de 10 et 2,5 microns. Ces deux classes de particules ont essentiellement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

Figure 30 : Concentration annuelle 2021 en PM₁₀ (en µg/m³) dans les communes du secteur d'étude



Source : Atmo AURA

Figure 31 : Concentration annuelle 2021 en PM_{2,5} (en µg/m³) dans les communes du secteur d'étude



Source : Atmo AURA

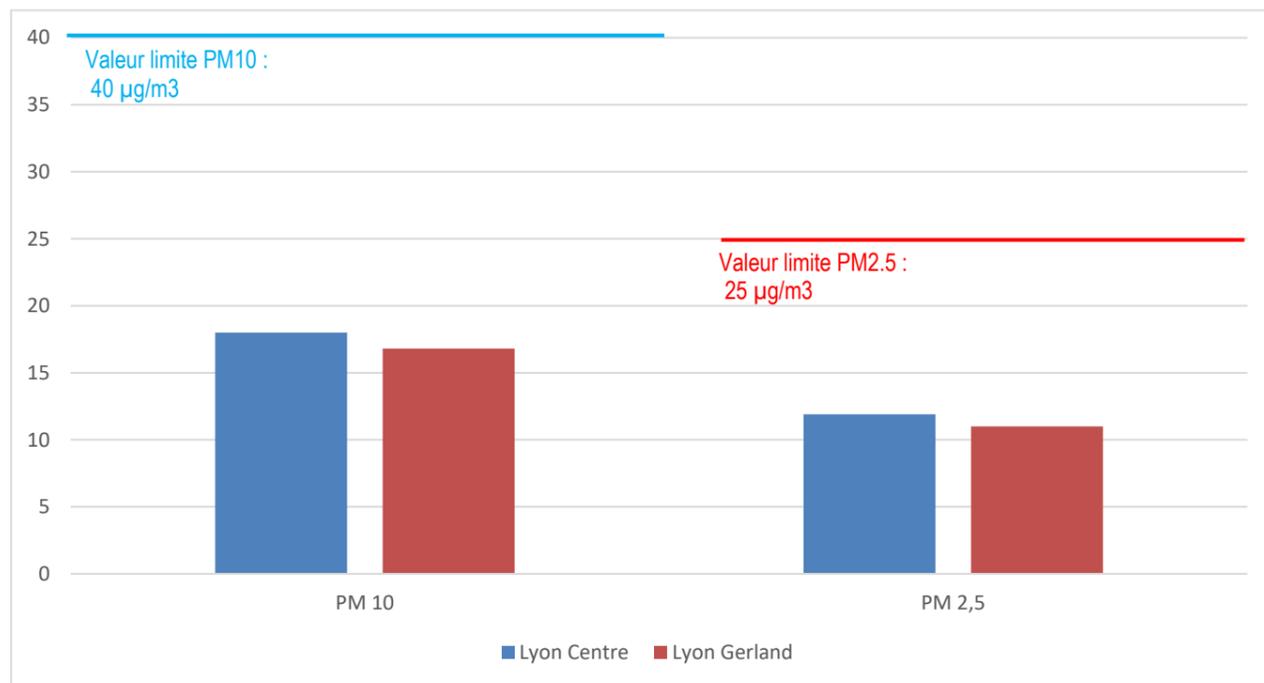
En 2021, les valeurs limites relatives aux particules en suspension PM₁₀ sont respectées sur les stations de mesure fixe de référence :

- La concentration moyenne annuelle mesurée s'élève à 18 µg/m³ à la station de Lyon Centre et 16,8 µg/m³ à la station de Lyon Gerland (valeur limite de la moyenne annuelle : 40 µg/m³) ;
- De même, l'objectif de qualité de 30 µg/m³ en moyenne annuelle est respecté. Cependant la recommandation de l'OMS (15 µg/m³ en moyenne annuelle) n'est pas respectée.

En 2021, la valeur limite relative aux particules fines PM_{2,5} (25 µg/m³ en moyenne annuelle) est respectée :

- La moyenne annuelle mesurée au niveau de Lyon Centre s'élève à 11,9 µg/m³ et celle de Lyon Gerland à 11 µg/m³ ;
- La valeur recommandée par l'OMS de 5 µg/m³ n'est pas respectée.

Figure 32 : Moyenne annuelle 2021 en PM₁₀ et PM_{2,5}

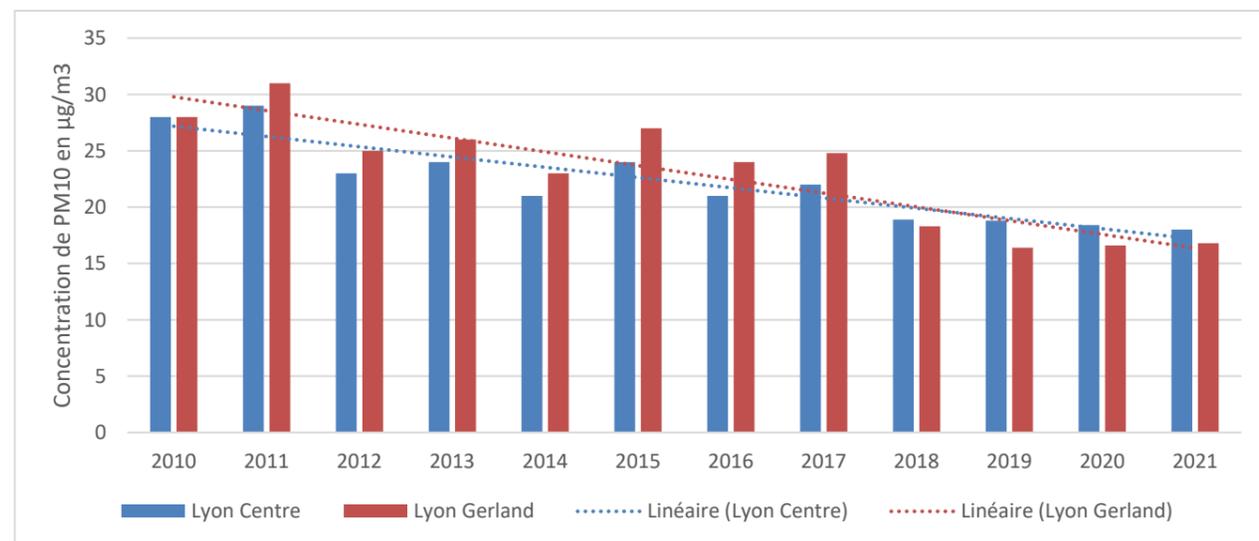


Source : Atmo AURA

VI.2.2. Évolution des concentrations

Les concentrations observées en PM₁₀ de 2010 à 2021 pour les stations de Lyon Centre et Lyon Gerland respectent la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ ainsi que l'objectif de qualité de 30 µg/m³ (exceptée en 2011 à Lyon Gerland). La recommandation de l'OMS de 15 µg/m³ est quant à elle dépassée sur toutes les années depuis 2010.

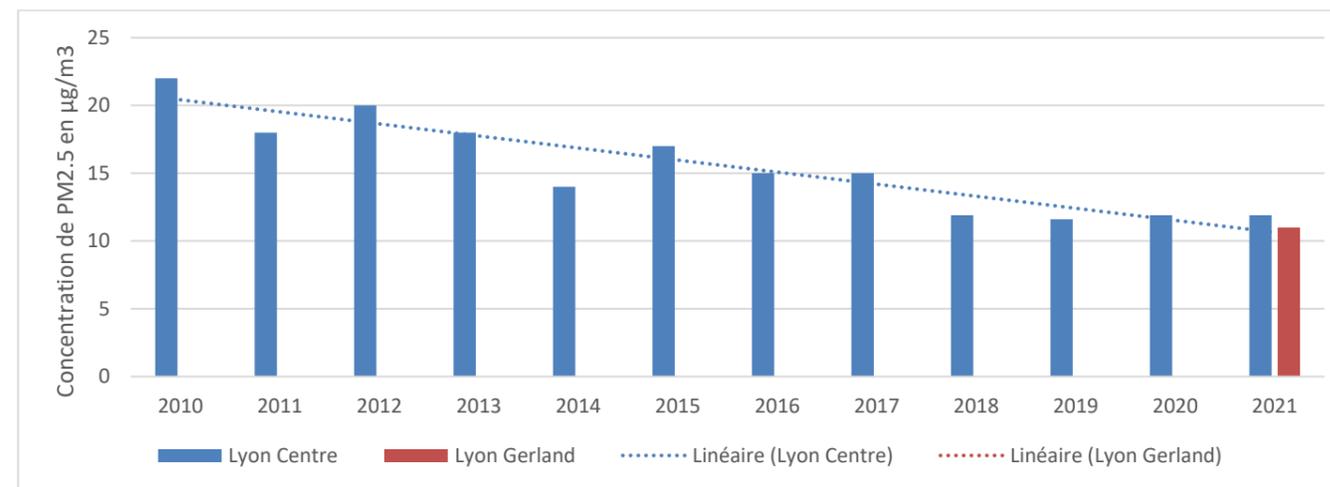
Figure 33 : Concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ sur les stations retenues



Source : Atmo AURA

Les concentrations en PM_{2,5} de la station de Lyon Centre respectent la valeur limite (25 µg/m³) et la valeur cible (20 µg/m³) depuis 2011. Cependant le seuil recommandé par l'OMS (5 µg/m³) n'est pas respecté depuis 2010.

Figure 34 : Concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} sur les stations retenues



Source : Atmo AURA

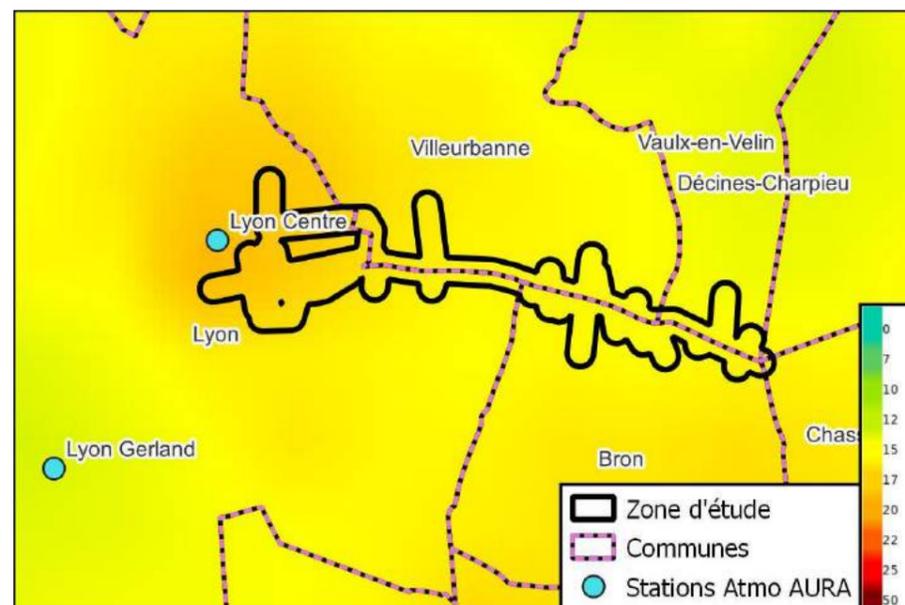
VI.3. Ozone

VI.3.1. Concentrations et réglementation

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 régionale sous les vents des agglomérations.

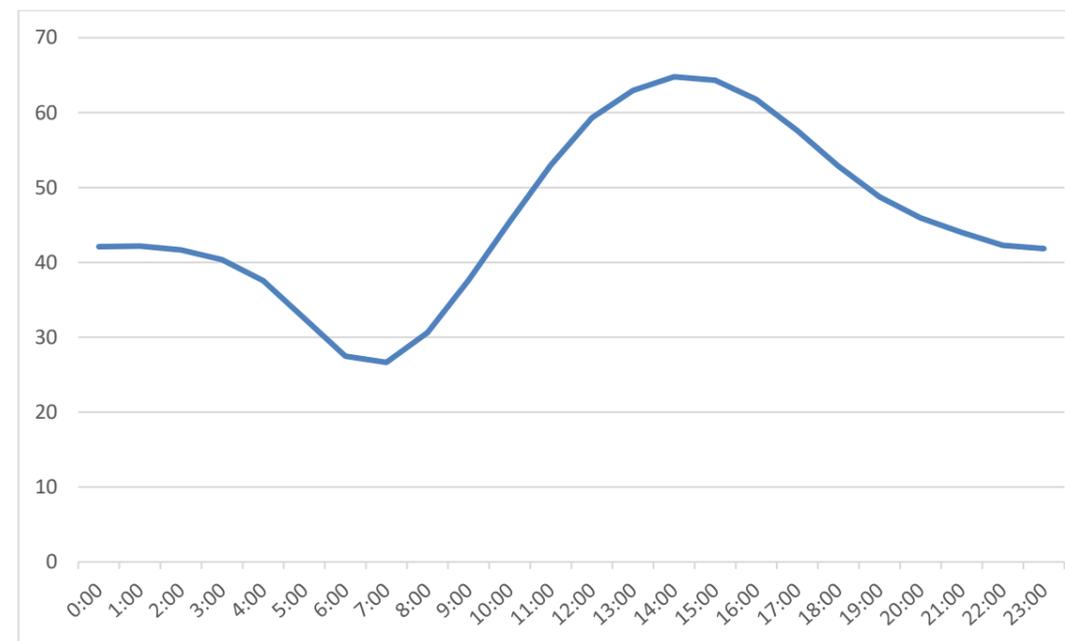
Autre différence significative, la réglementation n'est pas fixée en moyenne annuelle mais par rapport au nombre de dépassements journaliers de la moyenne des concentrations sur huit heures du seuil de 120 µg/m³. L'objectif de qualité n'autorise aucun dépassement tandis que la valeur cible permet 25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

En 2021 la valeur cible pour la protection de la santé humaine n'est pas dépassée dans la zone d'étude.

Figure 35 : Nombre de jours supérieurs à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'ozone pour 8 heures moyenné sur 2019-2021

Source : Atmo AURA

Figure 37 : Variations horaires d'ozone à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010-2021

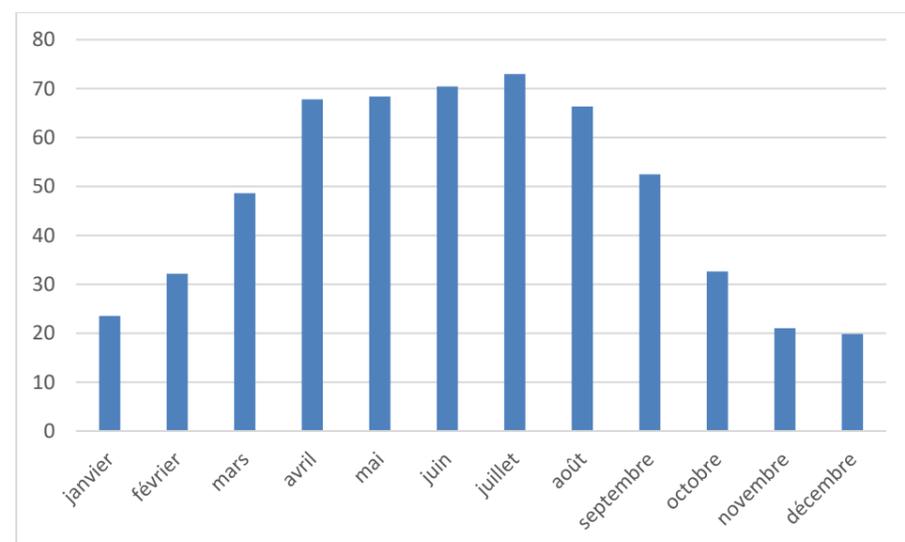


Source : Atmo AURA

VI.3.2. Évolution des concentrations

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 au printemps et en été. Sur cette période, les émissions plus faibles de NOx et les températures plus importantes génèrent les niveaux d'ozone les plus élevés.

Figure 36 : Variations saisonnières d'ozone à Lyon Centre – moyenne lissée sur 2010-2021



Source : Atmo AURA

Les concentrations moyennes horaires sur la station de Lyon Centre pour la période de 2010-2021 font apparaître une concentration croissante entre 7h et 14h où elles culminent, puis une décroissance progressive jusqu'à 22h où la courbe stagne avant de continuer sa descente jusqu'à 7h.

VI.4. Benzène

Le benzène est un traceur de la pollution atmosphérique lié aux carburants routiers et à la combustion. Les concentrations sont donc plus importantes en proximité de voirie sans autres sources de pollution à proximité. L'objectif de qualité du benzène est fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la valeur limite à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il est à noter que 2 stations mesurent le benzène dans le Rhône : la station sud lyonnais Feyzin et la station de Vernaison.

En 2021, la concentration moyenne annuelle de benzène est de $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le Rhône. L'objectif de qualité est la valeur limite ne sont pas dépassés.

VI.5. Benzo(a)pyrène

Le benzo(a)pyrène est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP). En 2021, la concentration moyenne annuelle mesurée à la station de Lyon est de $0,08 \text{ ng}/\text{m}^3$ et respecte largement la limite de $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

VI.6. Dioxyde de soufre (SO₂) et monoxyde de carbone (CO)

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. Il est à noter que seule la station sud lyonnais Feyzin mesure le dioxyde de soufre. En 2021, la concentration moyenne annuelle de SO₂ est de 3 µg/m³ dans le Rhône.

Les concentrations en monoxyde de carbone sont très faibles et sont dorénavant en dessous des seuils d'évaluation fixés par la directrice européenne. La surveillance en site fixe a donc fortement diminué au profit d'autres polluants plus problématiques.

En 2021, la concentration moyenne annuelle de CO mesurée à la station de Lyon périphérique est de 0,27 mg/m³.

VI.7. Métaux

Les métaux proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères et de certains procédés industriels. Le plomb (Pb) est principalement émis lors de la combustion du bois et du fioul, certaines industries spécifiques ainsi que le trafic routier (abrasion des freins). L'arsenic (As) provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières (production de verre, de métaux non ferreux, métallurgie des ferreux). Le cadmium (Cd) est essentiellement émis par l'incinération de déchets ainsi que la combustion de combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse. Le nickel (Ni) est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.

La station de Lyon Centre présente des concentrations moyennes annuelles :

- De plomb à 0,003 µg/m³ pour un objectif de qualité de 0,25 µg/m³ ;
- D'arsenic à 0,27 ng/m³ pour une valeur cible de 6 ng/m³ ;
- De cadmium à 0,07 ng/m³ pour une valeur cible de 5 ng/m³ ;
- De nickel à 3,22 ng/m³ pour une valeur cible de 20 ng/m³.

VII. CAMPAGNE DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AU DROIT DE LA ZONE D'ÉTUDE

VII.1. Méthodologie de la campagne de mesure

VII.1.1. Métrologie

Le dioxyde d'azote est échantillonné par prélèvement passif (NF En 14412). Cette méthode repose sur la diffusion passive du polluant à travers une cartouche remplie d'un adsorbant (c'est-à-dire une substance fixant un gaz superficiellement) qui est ensuite analysé en laboratoire. La concentration moyenne mesurée est représentative de la durée d'exposition de la cartouche dans l'air ambiant. En fonction des composés, les adsorbants et les méthodes analytiques sont différents.

Tableau 5 : Adsorbants et méthodes analytiques des tubes à diffusion passive

NO ₂	
Adsorbant	Support imbibé de triéthanolamine
Analyse	Spectrométrie UV après réaction de Saltzman

Les tubes sont placés à l'intérieur de boîtes afin de les protéger de la pluie et du vent (ce qui a tendance à provoquer une surestimation des concentrations). Les boîtes sont ensuite fixées en hauteur sur des supports existants de type candélabre, poteau, grillage... pour limiter le vandalisme.

Figure 38 : Exemple d'installation des tubes pour le dioxyde d'azote



Les analyses sont réalisées par le laboratoire PASSAM, situé en Suisse, qui a également en charge la fourniture des tubes passifs. Ce laboratoire est accrédité par « The Swiss Federal Office of Metrology and Accreditation » selon la norme ISO/IEC 17025. Les spécificités en termes de gammes d'utilisation, limites de détection et incertitudes sur la mesure sont présentés dans le tableau ci-après pour chaque composé.

Tableau 6 : Limites d'utilisation des tubes à diffusion passive

NO ₂	
Gamme de mesure	1 à 200 µg/m ³
Limite de détection	0,7 µg/m ³
Incertitude sur la mesure	18,4% entre 20 et 40 µg/m ³

L'analyse de cartouches non exposées (ou « blancs ») ayant été transportées dans les mêmes conditions que l'ensemble des supports ne montre aucune contamination résultant de leur manipulation.

VII.1.2. Période de campagne de mesure

Une première campagne de mesure est réalisée du 16/01/2023 au 16/02/2023.

Une seconde campagne est prévue pour juin 2023 pour couvrir la période estivale.

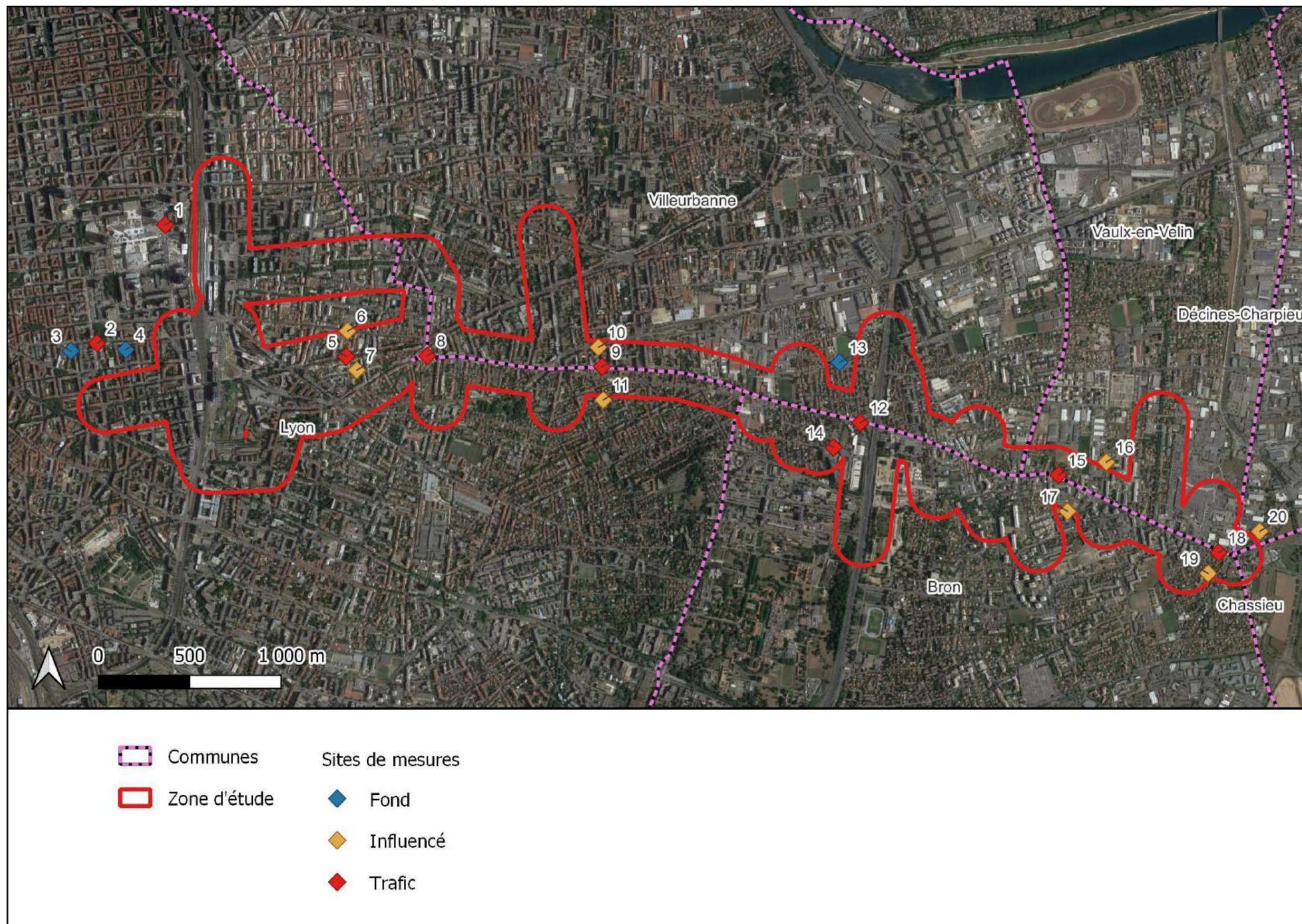
VII.1.3. Typologie et localisation des points de mesure

20 sites sont répartis aux abords de la zone d'étude.

La carte ci-après présente le plan d'échantillonnage qui a été mis en œuvre lors de la campagne et le tableau ci-après les polluants mesurés par chaque site.

Site	Typologie	NO ₂
1	Trafic	✓
2	Trafic	✓
3	Fond	✓
4	Fond	✓
5	Trafic	✓
6	Influencé	✓
7	Influencé	✓
8	Trafic	✓
9	Trafic	✓
10	Influencé	✓
11	Influencé	✓
12	Trafic	✓
13	Fond	✓
14	Trafic	✓
15	Trafic	✓
16	Influencé	✓
17	Influencé	✓
18	Trafic	✓
19	Influencé	✓
20	Influencé	✓

Figure 39 : Sites de mesures



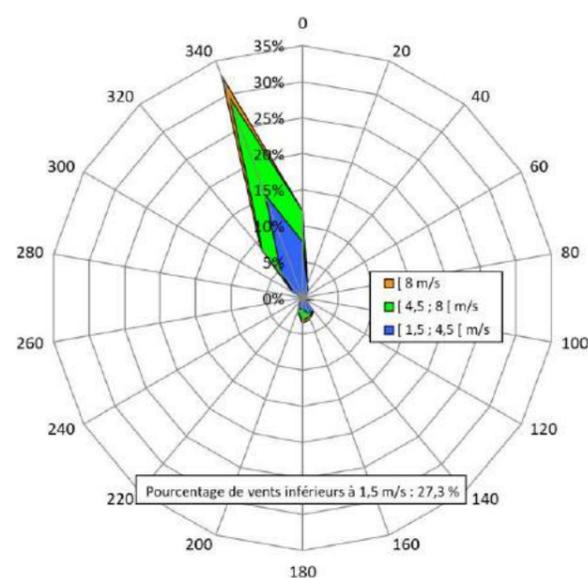
VII.2. Analyse des conditions météorologiques

Les données météorologiques horaires et les normales saisonnières sont issues de la station Météo France de Lyon-Bron.

VII.2.1. Direction et vitesse de vent

Durant la campagne de mesures du 16/01/2023 au 16/02/2023, les vents ont majoritairement été de secteur nord-nord-est (53,9 %). Les vents compris entre 1,5 et 4,5 m/s sont les plus importants avec 43,4 % de récurrence (avec également 27,3 % des vents inférieurs à 1,5 m.). Les vents moyens (4,5 à 8 m/s) apparaissent 25% du temps et les vents forts (supérieurs à 8 m/s) n'apparaissent que pendant 4,3 % du temps.

Figure 40 : Rose des vents de la campagne du 16/01/2023 au 16/02/2023

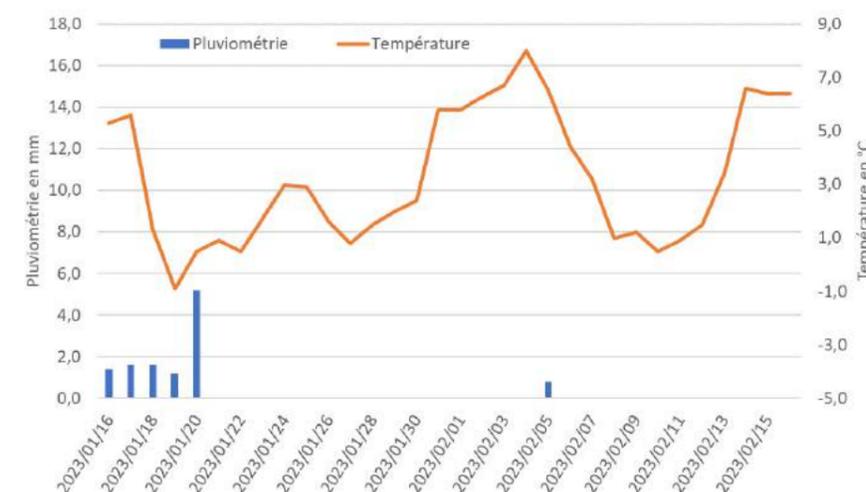


Source : Base de données Météo France pour la station de Lyon-Bron

VII.2.2. Températures et précipitations

Les températures de la campagne de janvier sont légèrement supérieures aux normales saisonnières. Il en est de même pour les températures de la campagne de juin. Concernant la pluviométrie, les campagnes sont dans les normes de normales saisonnières.

Figure 41 : Températures moyennes et précipitations lors de la campagne du 16/01/2023 au 16/02/2023



Source : Base de données Météo France pour la station de Lyon-Bron

Figure 42 : Comparaison des conditions météorologiques aux normales

	Campagne	Période hivernale	
		Normales Saisonnières	
		Janvier	Février
Température moyenne (°C)	3,2	4,2	4,7
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	8	39,6	26,2
Hauteur des précipitations (mm)	11,8	58	46
Nombre moyen de jours de pluie (> 1 mm)	5	11,2	9,6

VII.3. Synthèse des résultats des campagnes de mesure de NO₂

VII.3.1. NO₂

Le graphique et le tableau ci-dessous présentent les concentrations sur les différents points de mesure et la carte ci-après la répartition des concentrations. Le tableau ci-après reprend les concentrations moyennes, minimales et maximales ainsi que les écarts-types par typologie de site.

Figure 43 : Concentrations des différents sites en NO₂ en fonction de la typologie des sites de mesures

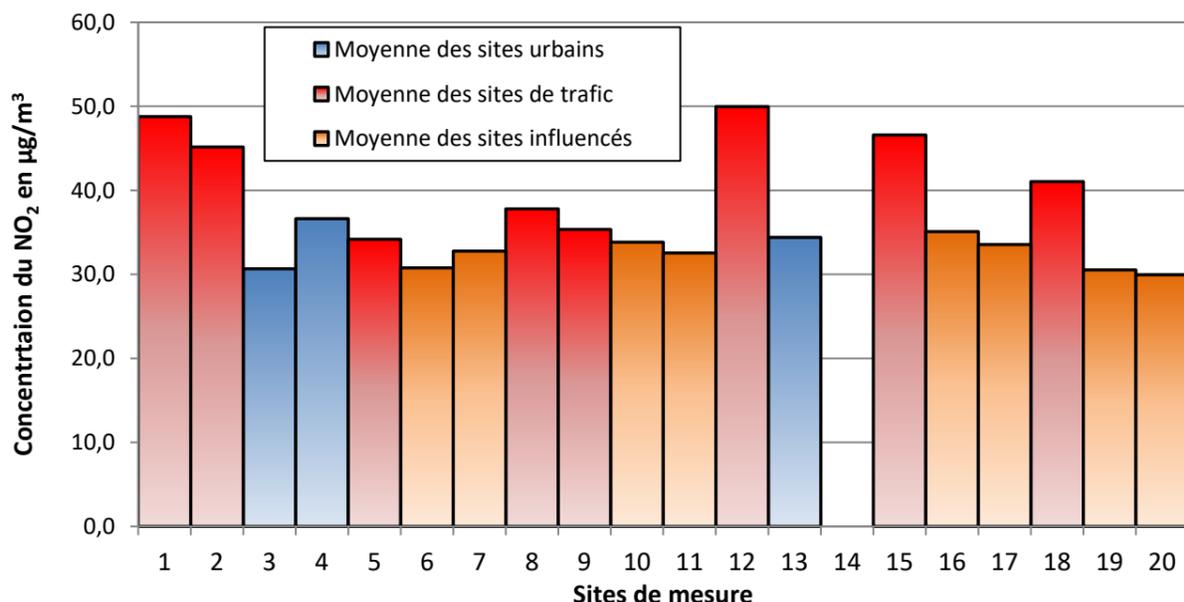


Figure 44 : Concentration en NO₂ sur chaque site

Site	Hiver
1	48,8
2	45,2
3	30,7
4	36,6
5	34,2
6	30,8
7	32,8
8	37,8
9	35,3
10	33,8
11	32,5
12	50,0
13	34,4
14	-
15	46,6
16	35,1
17	33,5
18	41,0
19	30,5
20	30,0

Les concentrations de fond urbain sont en moyenne de 33,6 µg/m³ avec un minima de 30,7 µg/m³ et un maxima de 36,6 µg/m³. Les concentrations de trafic sont en moyenne de 42,4 µg/m³ avec un minima de 34,2 µg/m³ et un maxima de 50,0 µg/m³. Les concentrations de sites influencés sont en moyenne de 32,4 µg/m³ avec un minima de 30,0 µg/m³ et un maxima de 35,1 µg/m³.

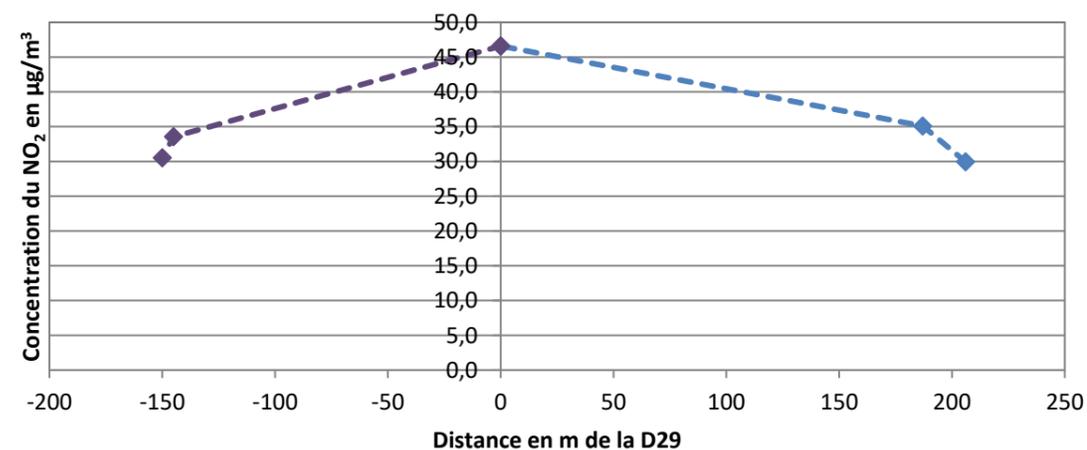
Figure 45 : Concentration moyenne, écart-type, minimales et maximales par typologie de site

	Trafic	Fond urbain	Influencé
Moyenne (µg/m ³)	42,4	33,9	32,4
Ecart type (µg/m ³)	6,1	3,0	1,8
Max (µg/m ³)	50,0	36,6	35,1
Min (µg/m ³)	34,2	30,7	30,0

Les sites influencés permettent d'évaluer la décroissance des concentrations en fonction de l'éloignement aux axes routiers.

Le graphique suivant présente la décroissance de la concentration en NO₂ à mesure que l'on s'éloigne de la route D29. La décroissance des concentrations en NO₂ est la même en s'éloignant de part et d'autre de cet axe routier par lequel passera le BHNS.

Figure 46 : Décroissance des concentrations (NO₂) en fonction de l'éloignement de la D29



La valeur limite de 40 µg/m³ est dépassée sur certains sites de trafic. La recommandation de l'OMS (10 µg/m³) est dépassée sur tous les sites de mesures.

VIII. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL

L'objet de l'état initial d'un volet air et santé est d'évaluer la sensibilité de l'environnement du projet en perspective des problématiques de pollution atmosphérique. Trois points essentiels sont abordés : les principaux pollueurs, la population et l'état de la qualité de l'air.

Les principaux pollueurs diffèrent en fonction des polluants étudiés. Toutefois, le secteur résidentiel et le transport constituent les principaux émetteurs pour une majorité de polluants. En dehors des émissions liées au transport routier (objet du projet), la zone d'étude est également soumise aux pollutions du secteur industriel.

La zone d'étude est contrastée avec une partie moyennement dense du côté est de la zone. A mesure qu'on se rapproche de Lyon, la zone se densifie fortement. Les sites où la population est dite vulnérable sont majoritairement localisés du côté ouest de la zone d'étude.

Les niveaux de pollution sur le secteur ont été établis à partir des données de l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air et à l'aide de mesures in-situ. Il en ressort que les concentrations respectent la réglementation, exceptées pour les concentrations de NO₂ des sites de trafic des mesures in-situ qui dépassent les 40 µg/m³ réglementaires. Toutefois, les concentrations de NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5} ne respectent pas les recommandations de l'OMS.

Le tableau suivant récapitule les concentrations de fond qui caractérise la zone d'étude.

Polluants	Concentrations	Source de la donnée	Paramètre	Valeur limite
NO ₂	18,3 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	40 µg/m ³
PM ₁₀	18 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	40 µg/m ³
PM _{2,5}	11,9 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	25 µg/m ³
Ozone	48,1 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	/
Benzène	1,2 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – sud lyonnais Feyzin	Moyenne annuelle	5 µg/m ³
Monoxyde de carbone	270 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Périphérique	Moyenne sur 8h	10 000 µg/m ³
Arsenic	0,27 ng/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	6 ng/m ³
Cadmium	0,07 ng/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	5 ng/m ³
Nickel	3,22 ng/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	20 ng/m ³
benzo(a)pyrène	0,08 ng/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	1 ng/m ³
Dioxyde de soufre	3 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – sud lyonnais Feyzin	Moyenne annuelle	50 µg/m ³
Plomb	0,003 µg/m ³	ATMO Auvergne-Rhône-Alpes – Lyon Centre	Moyenne annuelle	0,25 µg/m ³
Formaldéhyde	ND	Pas d'informations	Pas de valeur réglementaire	-
1,3-butadiène	ND	Pas d'informations	Pas de valeur réglementaire	-

IX. ÉVALUATION DES IMPACTS DU PROJET

IX.1. Données d'entrée

IX.1.1. Description générale

Les évaluations des impacts du projet passent par une série d'étapes nécessitant pour certaines des données d'entrée particulières.

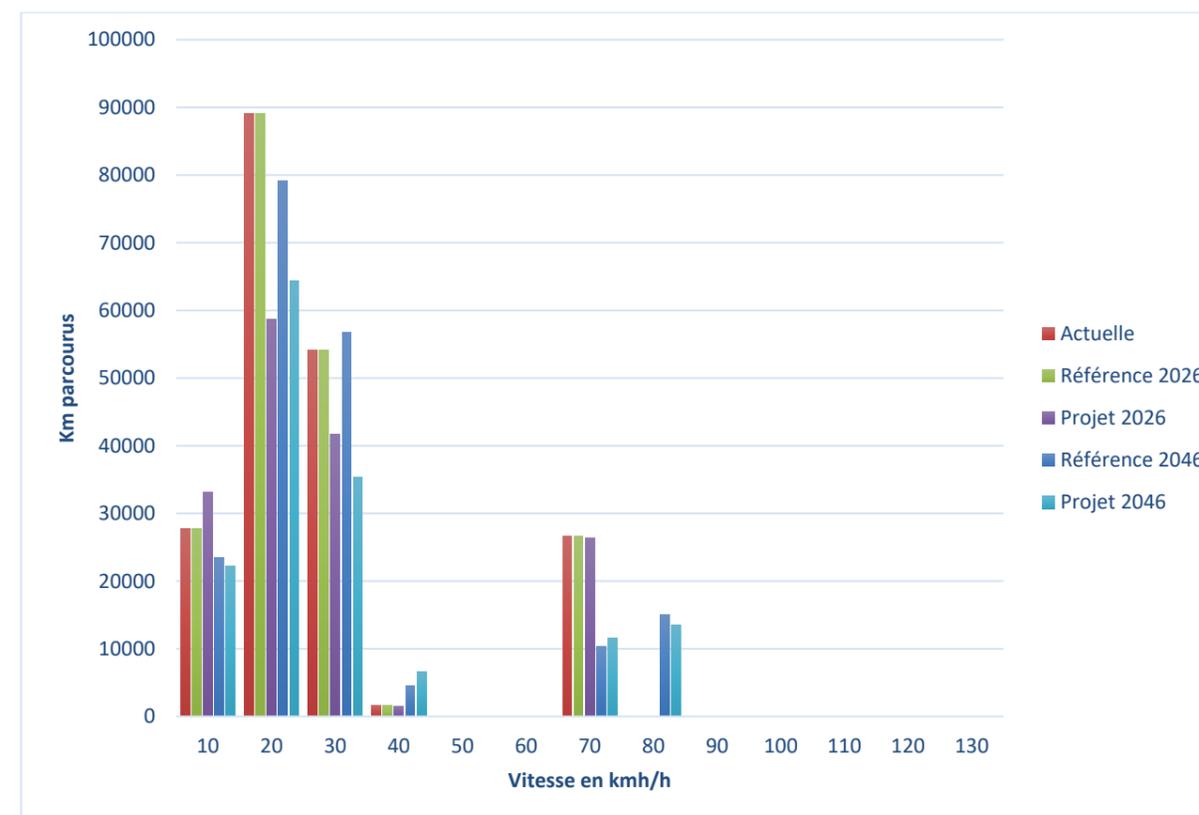
- Première étape : Calcul des émissions polluants du trafic routier
Intrants : trafic en TMJA et les vitesses moyennes de circulation
- Deuxième étape : Modélisation de la dispersion des polluants
Intrants : Météorologie, altimétrie et concentration de fond des polluants
- Troisième étape : Evaluation de l'exposition de la population à la pollution
Intrants : Répartition de la population avec et sans projet
- Quatrième étape : Evaluation des risques sanitaires
Intrants : Localisation des sites vulnérables
- Cinquième étape : Monétarisation des coûts collectifs
Intrants : Répartition spatiale de la population et données de trafic routier en TMJA

IX.1.2. Trafic

Le mise en place d'une ligne d'un bus à haut niveau de service entraine la diminution des kilomètres parcourus. Le nombre de kilomètres parcourus baisse de -19,0% sur les situations avec projet 2026 et 2046 comparées aux situations de référence.

		Km parcourus	Impact
2021	Actuel	199 331	-
2026	Référence	199 331	0,0% / Actuel
	Projet	161 473	-19,0% / Référence
2046	Référence	189 366	-5,0% / Actuel
	Projet	153 403	-19,0% / Référence

Figure 47 : Répartition du nombre de kilomètres parcourus par classe de vitesse



IX.1.3. Parc automobile

Les émissions d'un véhicule dépendent entre autres :

- De la classe du véhicule ;
- 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 ou encore son 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 survies). Cette démarche a été réalisée par l'IFSTTAR dans le cadre de la participation de la France au projet HBEFA. Le parc automobile retenu pour l'étude est le parc établi par l'IFSTTAR.

Les répartitions des véhicules thermiques-électriques est présentée dans les figures suivantes.

Figure 48 : Répartition thermique-électrique des véhicules particuliers du parc urbain

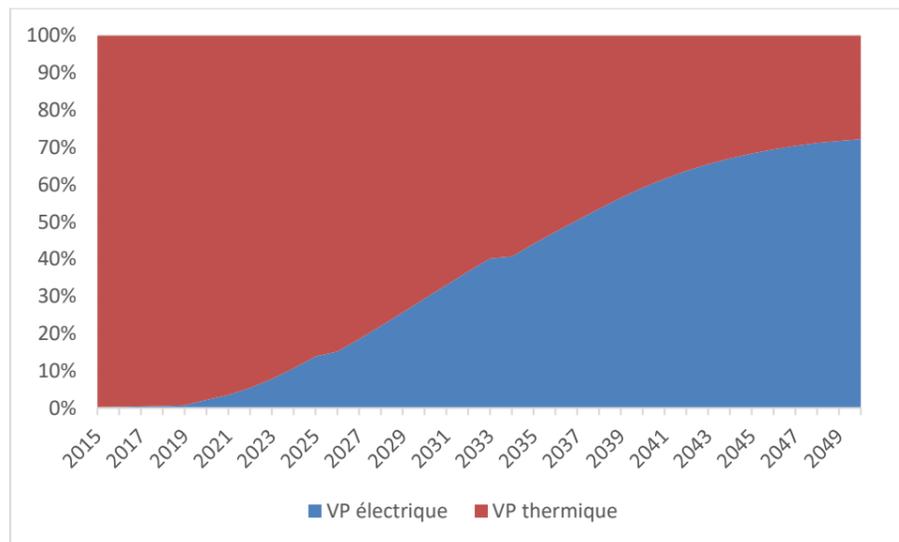
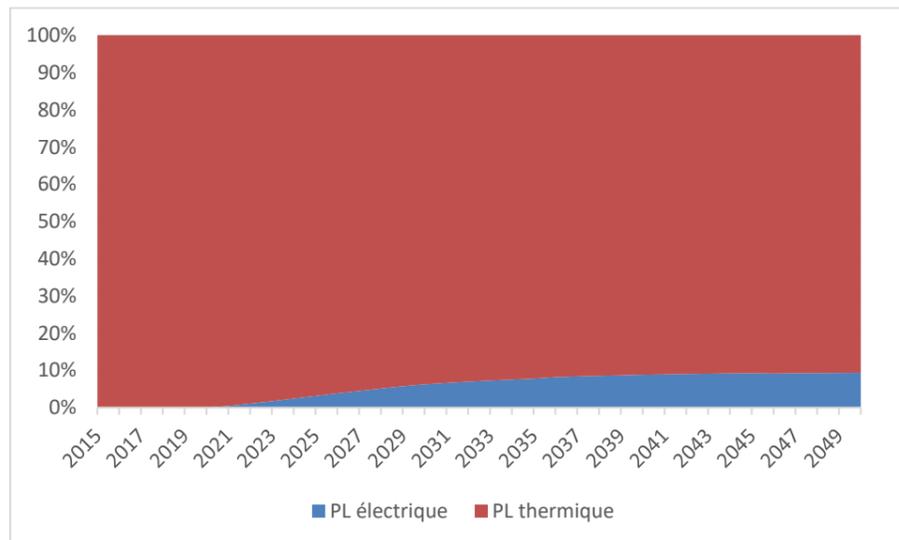


Figure 49 : Répartition thermique-électrique des poids-lourds du parc urbain

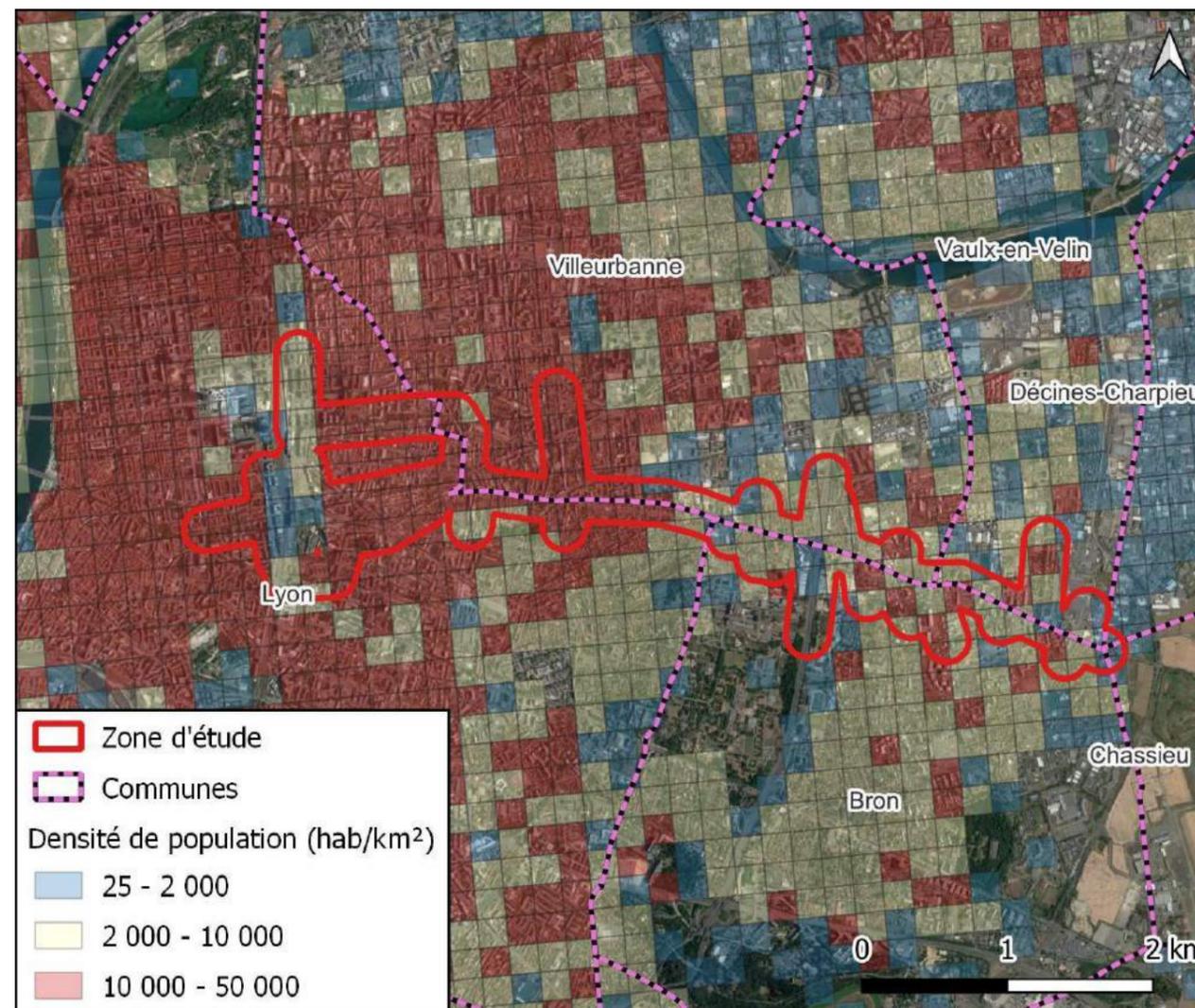


Pour la répartition des véhicules utilitaires légers, il a été fait le choix de considérer un pourcentage moyen national de 16% de véhicules légers.

IX.1.4. 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 la population de la maille dans lequel se trouve le bâtiment. Une répartition identique de la population pour chaque horizon est choisie.

Figure 50 : Répartition de la population



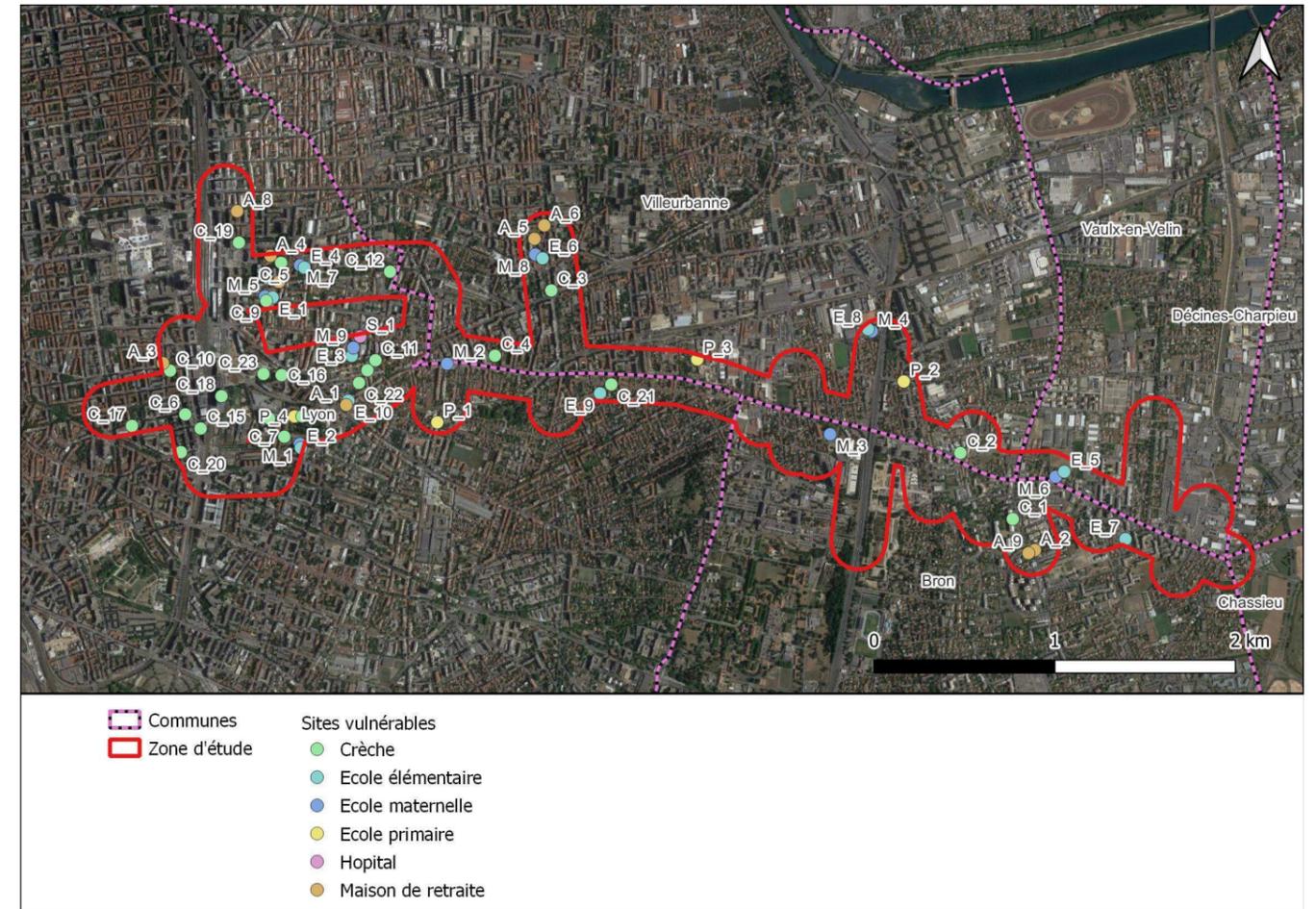
IX.1.5. Sites vulnérables

L'étude d'impact présente une liste de sites vulnérables. Ceux qui sont présents dans notre zone d'étude sont présents ci-après.

Figure 51 : 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	Résidence Services Seniors Les Jardins d'Arcadie Lyon	E7	Ecole élémentaire Pierre Cot
A2	RESIDENCE D'ACCUEIL POUR PERSONNES AGEES LES 4 SAISONS	E8	Ecole élémentaire Jules Guesde
A3	Résidence autonomie seniors Danton	E9	Ecole élémentaire Anatole France
A4	Maison de retraite Petites Soeurs des Pauvres	E10	Ecole élémentaire privée Nikola Tesla
A5	Maison de retraite Maison Tolstoi	M1	Ecole maternelle Nové Jossierand
A6	EHPAD Blanqui	M2	école maternelle privée Grandir et Rire
A7	EHPAD La Villette d'Or	M3	Ecole maternelle Les Genêts
A8	EHPAD Ma Demeure	M4	Ecole maternelle Jules Guesde
A9	Foyer Soleil Les Colibris	M5	Ecole maternelle Antoine Charial
C1	Les Diablerets	M6	Ecole maternelle Pierre et Marie Curie
C2	La Maison De Pilou Villeurbanne Voilot	M7	Ecole maternelle Laurent Mourguet
C3	Micro Crèche Les Marsupiaux	M8	Ecole maternelle Antonin Perrin
C4	Victor Hugo	M9	Ecole maternelle Meynis
C5	Babilou Lyon Les Petites Soeurs	P1	Ecole primaire privée Charles de Foucauld
C6	Babilou Lyon Magnin	P2	Ecole primaire privée Aile
C7	Bréchan	P3	Ecole primaire privée Hatikva
C8	Coccicrèche1	P4	Ecole primaire privée les 7 Colombes
C9	Crèche Attitude Lyon 3	S1	Clinique Emilie de Vialar
C10	Danton Reve		
C11	Des Couleurs Sur L'avenue		
C12	François Gillet		
C13	Jean Renoir		
C14	Les Carillons		
C15	Les Jeunes Pousses		
C16	Les Marsupiaux Félix Faure		
C17	Les P'tits Lyons		
C18	Lyon Sky 56		
C19	Mirabilis Villette		
C20	Montchat Bada		
C21	Myrtille		
C22	Pain D'épices		
C23	Une Souris Verte		
E1	Ecole élémentaire Antoine Charial		
E2	Ecole élémentaire Nové Jossierand		
E3	Ecole élémentaire Meynis		
E4	Ecole élémentaire Pompidou		
E5	Ecole élémentaire Pierre et Marie Curie		
E6	Ecole élémentaire Antonin Perrin		

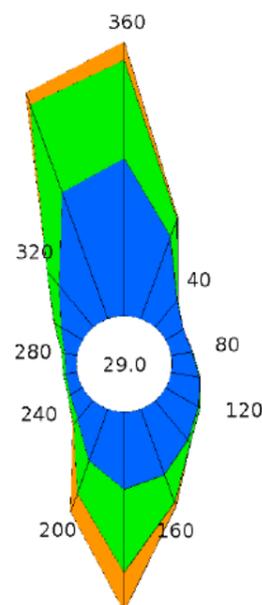


IX.1.6. Météorologie

La rose des vents normales de Lyon-Bron est utilisée pour la modélisation.

Figure 52 : Rose des vents de Lyon-Bron – 2001 – 2020

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %



Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition

Nombre de cas étudiés : 175320

Manquants : 119

Dir.	[1.5;4.5 [[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	4.4	1.0	+	5.4
40	1.7	+	0.0	1.8
60	1.0	+	0.0	1.0
80	1.1	+	0.0	1.1
100	1.4	+	0.0	1.5
120	1.9	+	0.0	2.0
140	2.6	0.2	0.0	2.8
160	3.5	1.5	0.2	5.2
180	3.9	4.2	2.0	10.0
200	2.8	1.7	1.0	5.5
220	1.2	0.3	+	1.6
240	0.7	0.1	+	0.8
260	0.6	0.1	+	0.7
280	0.6	0.1	+	0.8
300	1.3	0.4	+	1.7
320	2.6	0.9	+	3.6
340	6.7	4.7	0.6	12.0
360	7.9	4.9	0.9	13.7
Total	45.7	20.4	4.9	71.0
[0;1.5 [29.0

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction

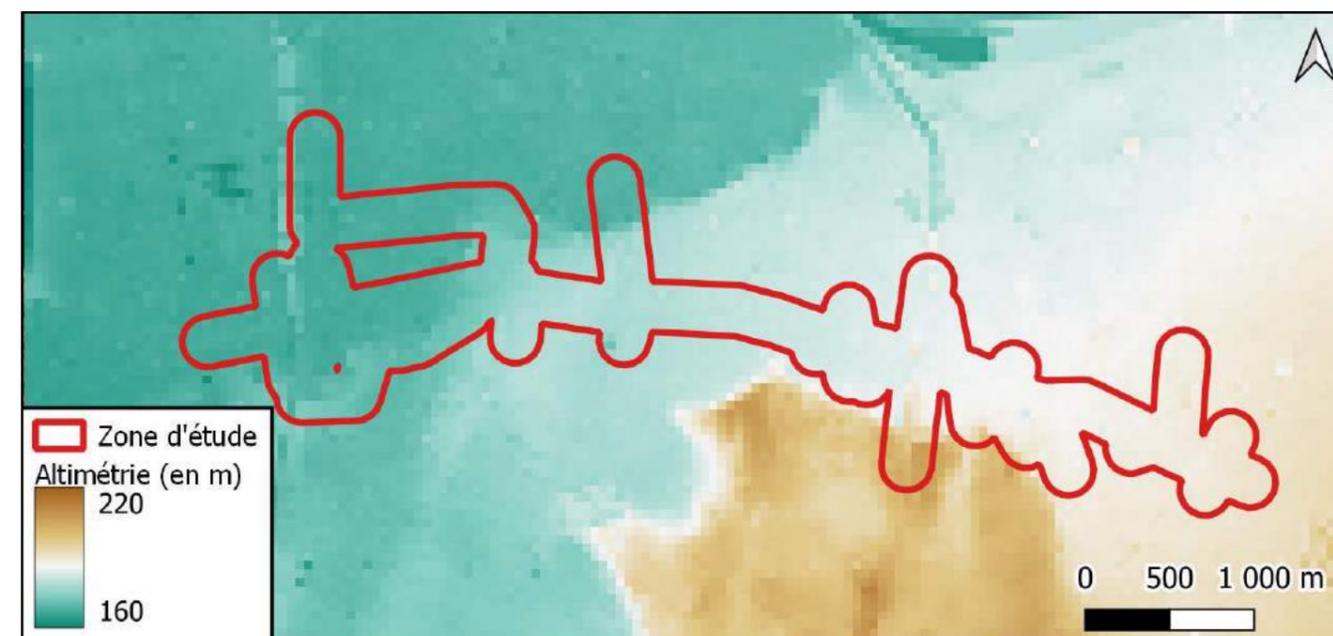


Source : Météo France

IX.1.7. Topographie

La topographie du secteur est utilisée dans le modèle de dispersion avec un carroyage de 50m.

Figure 53 : Altimétrie



IX.1.8. 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 et des bilans de concentrations présentés dans l'état initial.

Figure 54 : Concentrations de fond

Polluants	Concentrations
Dioxyde d'azote	18,3 µg/m ³
PM ₁₀	18 µg/m ³
PM _{2.5}	11,9 µg/m ³
Monoxyde de carbone	270 µg/m ³
Benzène	1,2 µg/m ³
Arsenic	0,27 ng/m ³
Nickel	3,22 ng/m ³
Benzo(a)pyrène	0,08 ng/m ³

IX.2. Calcul des émissions

IX.2.1. Scénarios modélisés

Pour évaluer les impacts du projet, cinq scénarios sont modélisés :

- Situation actuelle ;
- Situation de référence (situation sans projet) et avec projet en 2026 ;
- Situation de référence et avec projet en 2046.

IX.2.2. Méthodologie du calcul des émissions

Les calculs des émissions polluantes et de la consommation énergétique est réalisé à partir du logiciel **TREFIC™** distribué par Aria Technologies. 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 méthodologie 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 de gaz d'échappement) sont encore froid 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 surémissions liées à l'usure de l'équipement ;
- Les surémissions liées à la charge des poids-lourds ;
- Les surémissions liées à la pente, pour les poids-lourds.

Elle intègre aussi :

- Les concentrations pour traduire les surémissions pour des véhicules anciens et/ou ayant un kilométrage important, et ce pour les véhicules essences catalysés ;
- Les corrections liées aux améliorations des carburants.

Le logiciel TREFIC™ intègre également la remise en suspension des particules sur la base d'équations provenant de l'EPA en y associant le nombre de jours de pluie annuel.

Les vitesses très faibles (inférieures à 10 km/h) sont en dehors de la gamme de validité des facteurs d'émissions de la méthode COPERT (gamme de validité de 10 à 30 km/h). TREFIC™ associe un coefficient multiplicatif aux facteurs d'émissions déterminés à 10 km/h selon la méthode COPERT pour redéfinir les facteurs d'émissions des vitesses inférieures. Ce coefficient correspond au ratio entre la vitesse basse de validité, soit 10 km/h) et la vitesse de circulation pour laquelle le facteur est estimé (par exemple pour une vitesse de circulation de 5 km/h) le coefficient appliqué est de 2). Toutefois, pour des vitesses inférieures à 3km/h les incertitudes sont trop importantes et les facteurs d'émissions ne peuvent être recalculés.

Des facteurs de surémissions sont également intégrés afin de prendre en compte les émissions liées à l'entretien de la voirie (données issues d'un rapport de 2004 sur la « Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières ») et des équipements automobiles (données issues du rapport de l'EEA de 2019 sur « L'usure de la route, des pneus et des freins »).

Figure 55 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier

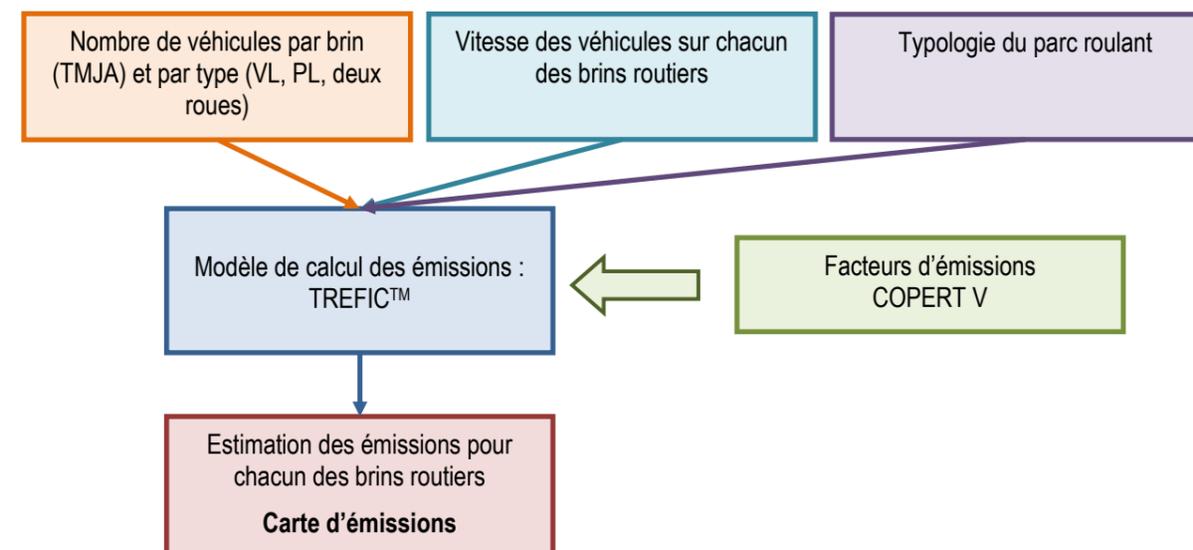


Figure 56 : Facteurs de surémissions liées à l'entretien de la voirie

Substance	Equipement source	Urbain (g/km.an)	Autoroute (g/km.an)	Remarques
Nickel	Fondant routiers	93	210	Hiver moyen
Mercure	Fondant routiers	3,88	8,75	Hiver moyen
Arsenic	Fondant routiers	19,4	43,8	Hiver moyen
Chrome	Fondant routiers	36,43	82,25	Hiver moyen
PM1	Usure des routes	25,82	25,71	Hiver moyen
Ferrocyanure ferrique	Fondant routiers	1,55	3,5	Hiver moyen

Figure 57 : Facteurs d'émissions liées aux usures

	Usure des pneus (g/km)	Usure des freins (g/km)	Usure de la route (g/km)
Véhicule léger	0,0107	0,0075	0,015
Véhicule utilitaire léger	0,0169	0,0117	0,015
Poids-lourds	0,0337	0,0327	0,076
Deux-roues	0,0046	0,0037	0,006

IX.3. Résultats

IX.3.1. Bilan énergétique

La consommation énergétique du trafic (tonne équivalent pétrole par jour - TEP) diminue entre la situation actuelle et les situations de référence du fait de l'augmentation de la proportion de véhicules électriques en 2026 et 2046 et de l'amélioration des motorisations thermiques.

Le projet entraîne sur la zone d'étude une baisse de -13,4% de la consommation énergétique en 2026 et de -24,6% en 2046 par rapport aux situations de référence.

Figure 58 : Variation de la consommation énergétique du trafic

		Consommation TEP/jour	Impact
2021	Actuel	19,69	-
2026	Référence	17,63	-10,5% / Actuel
	Projet	15,26	-13,4% / Référence
2046	Référence	6,73	- 65,8% / Actuel
	Projet	5,07	-24,6% / Référence

IX.3.2. Bilan des émissions de polluants

Le tableau suivant présente les émissions de polluants par scénario.

Polluants	Unité	Actuel 2021	2026				2046			
			Référence	Impact / Actuel	Projet	Impact / Référence	Référence	Impact / Actuel	Projet	Impact / Référence
CO	kg/j	99,118	55,563	-43,9%	48,476	-12,8%	20,549	-79,3%	15,733	-23,4%
NOx	kg/j	154,650	101,456	-34,4%	92,420	-8,9%	24,411	-84,2%	15,498	-36,5%
NMVOOC	kg/j	7,992	3,167	-60,4%	2,977	-6,0%	1,741	-78,2%	0,962	-44,7%
NH ₃	kg/j	2,165	1,556	-28,1%	1,299	-16,6%	0,637	-70,6%	0,493	-22,6%
N ₂ O	kg/j	2,274	2,038	-10,4%	1,799	-11,7%	0,790	-65,2%	0,554	-29,9%
CO ₂	T/j	62,371	55,848	-10,5%	48,349	-13,4%	21,291	-65,9%	16,060	-24,6%
SO ₂	kg/j	0,748	0,693	-7,4%	0,578	-16,5%	0,289	-61,4%	0,236	-18,3%
NO	kg/j	72,844	48,653	-33,2%	45,516	-6,4%	14,640	-79,9%	9,106	-37,8%
NO ₂	kg/j	42,979	26,871	-37,5%	22,644	-15,7%	1,967	-95,4%	1,539	-21,8%
PM	kg/j	3,239	1,723	-46,8%	1,557	-9,6%	0,587	-81,9%	0,345	-41,3%
PM ₁₀	kg/j	17,963	15,591	-13,2%	14,186	-9,0%	9,313	-48,2%	7,803	-16,2%
PM _{2.5}	kg/j	11,516	9,164	-20,4%	8,127	-11,3%	3,449	-70,0%	2,652	-23,1%
VOC	kg/j	9,007	3,827	-57,5%	3,569	-6,7%	2,096	-76,7%	1,193	-43,1%
CH ₄	kg/j	0,984	0,649	-34,1%	0,586	-9,7%	0,368	-62,6%	0,237	-35,5%
1-3 butadiène	g/j	101,198	52,657	-48,0%	55,061	4,6%	50,902	-49,7%	26,318	-48,3%
Benzène	g/j	303,221	86,093	-71,6%	72,091	-16,3%	11,801	-96,1%	9,226	-21,8%
Chrome	g/j	2,655	3,241	22,1%	3,528	8,8%	6,015	126,5%	5,713	-5,0%
Nickel	g/j	6,003	6,092	1,5%	6,133	0,7%	6,511	8,5%	6,466	-0,7%
Arsenic	g/j	1,246	1,246	0,0%	1,246	0,0%	1,244	-0,2%	1,244	0,0%

IX.4. Modélisation de la dispersion atmosphérique

IX.4.1. 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, linéiques 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 tel que l'ozone.

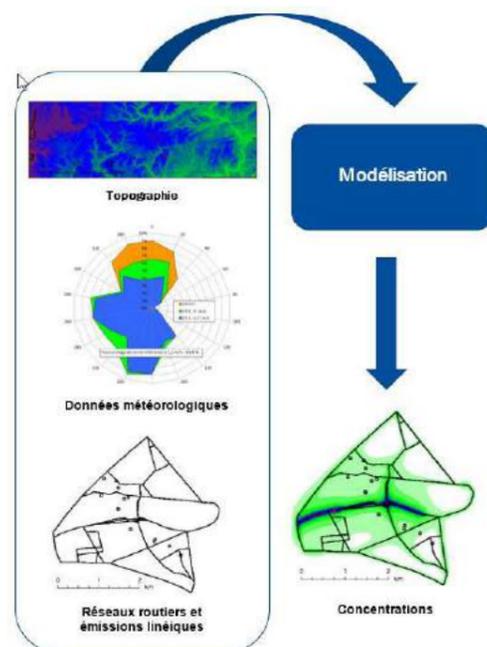
IX.4.2. Mise en œuvre des simulations

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 particule de 10 microns pour les poussières (PM10). Cette hypothèse a tendance à sous-estimer très légèrement les concentrations de 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 aigüe de la population. Les concentrations en percentile 100 correspondent aux conditions météorologiques les plus défavorables et à l'origine des pics de pollution. Elles serviront dans le cadre de l'évaluation détaillée des risques sanitaires.

Figure 59 : Schéma du principe de la modélisation



IX.4.3. Résultats sur l'ensemble de la zone d'étude

A. Concentrations modélisées

Le tableau ci-après présente les résultats modélisés des principaux polluants sur l'ensemble de l'aire d'étude en concentrations maximales et médianes. L'ensemble des concentrations modélisées respectent la réglementation. Les objectifs de l'OMS sont également respectés à l'exception des PM₁₀ dont les teneurs dépassent la recommandation de 15µg/m³.

	Type de valeur	Situation actuelle	Référence 2026	Projet 2026	Référence 2046	Projet 2046	Réglementation
Benzène (µg/m ³)	Maximale	1,258	1,216	1,222	1,202	1,202	Objectif de qualité : 2
	Médiane	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	
SO ₂ (µg/m ³)	Maximale	0,141	0,131	0,147	0,054	0,062	Objectif de qualité (moyenne annuelle) : 50
	Médiane	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	
CO (µg/m ³)	Maximale	289,96	281,25	281,61	273,66	273,76	Valeur limite : 10 000
	Médiane	270,13	270,07	270,06	270,03	270,02	
Nickel (ng/m ³)	Maximale	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	Valeur cible : 20
	Médiane	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	
NO ₂ (µg/m ³)	Maximale	35,7	30,6	32,8	22,8	22,0	Valeur limite : 40
	Médiane	18,4	18,4	18,4	18,3	18,3	
PM _{2.5} (µg/m ³)	Maximale	14,1	13,6	14,1	12,5	12,7	Valeur limite : 25
	Médiane	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	Objectif de qualité : 10
PM ₁₀ (µg/m ³)	Maximale	21,4	20,9	21,6	19,6	19,6	Valeur limite : 40
	Médiane	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	Objectif de qualité : 30
NMCOV (µg/m ³)	Maximale	1,56	0,60	0,84	0,37	0,24	-
	Médiane	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
Naphtalène (ng/m ³)	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/m ³)	Maximale	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	Valeur limite : 1
	Médiane	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
1,3-butadiène (µg/m ³)	Maximale	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	-
	Médiane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

B. Cartographie des concentrations

Les cartes suivantes présentent les répartitions spatiales des teneurs en NO₂ et PM₁₀ pour les situations actuelle, 2026 et 2046 en situation de référence et avec projet. Des cartes de variations entre les situations avec et sans projet sont présentées en vis-à-vis pour observer les impacts du projet.

La création d'une ligne de bus à haut niveau de service reliant Lyon Part-Dieu au Sept Chemins entraîne globalement une baisse des concentrations de NO₂ (allant jusqu'à -30% en 2026 et -20% en 2046) le long de la ligne du projet de bus. Une augmentation des concentrations est observée au niveau de la route de Genas et de la RD29 du fait de l'augmentation du trafic sur les routes perpendiculaires à ce niveau de l'axe du BHNS. De part et d'autre de la nouvelle ligne de bus les niveaux de concentrations sont variables. Les augmentations de concentrations de NO₂ vont jusqu'à 30% en 2026 et 10% en 2046.

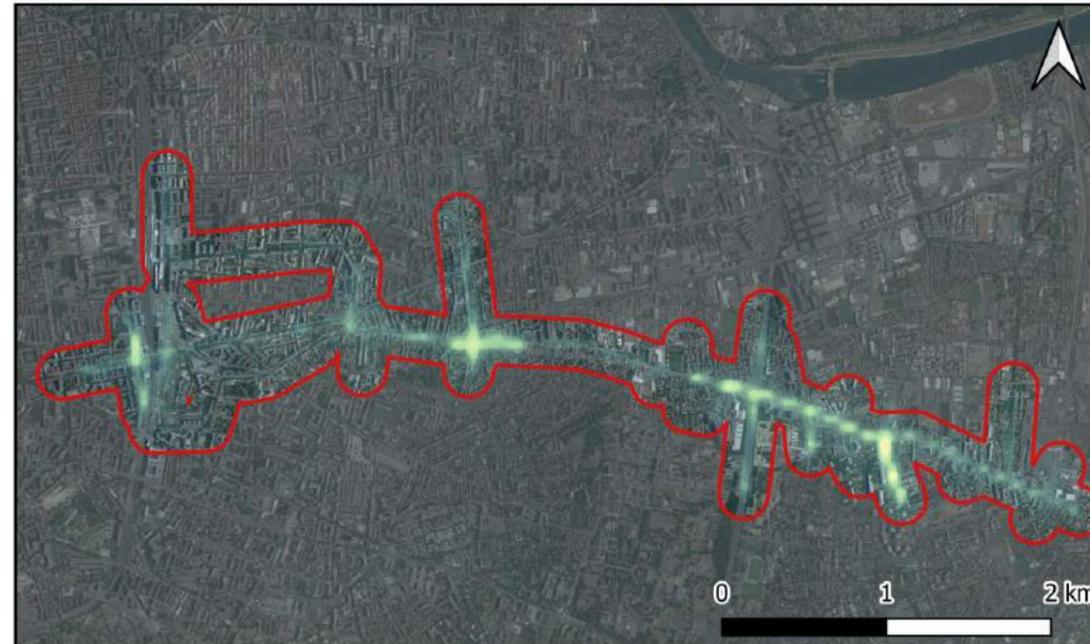
Ces variations sont également observées pour les concentrations de PM₁₀ mais sont moins importantes (baisse de -12% en 2026 et de -7% en 2046, augmentation de 10% en 2026 et de 4% en 2046).

Concentration en NO2 pour les scénarios actuel, de référence 2026 et de référence 2046

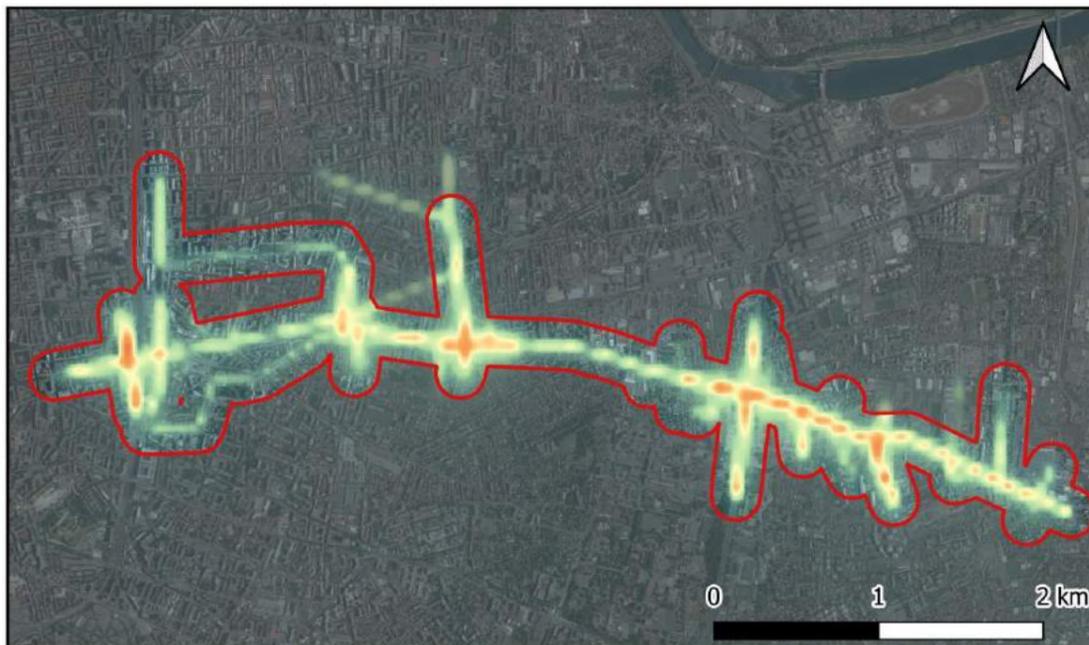
Actuel



Référence 2046

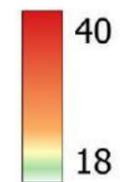


Référence 2026



Zone d'étude

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

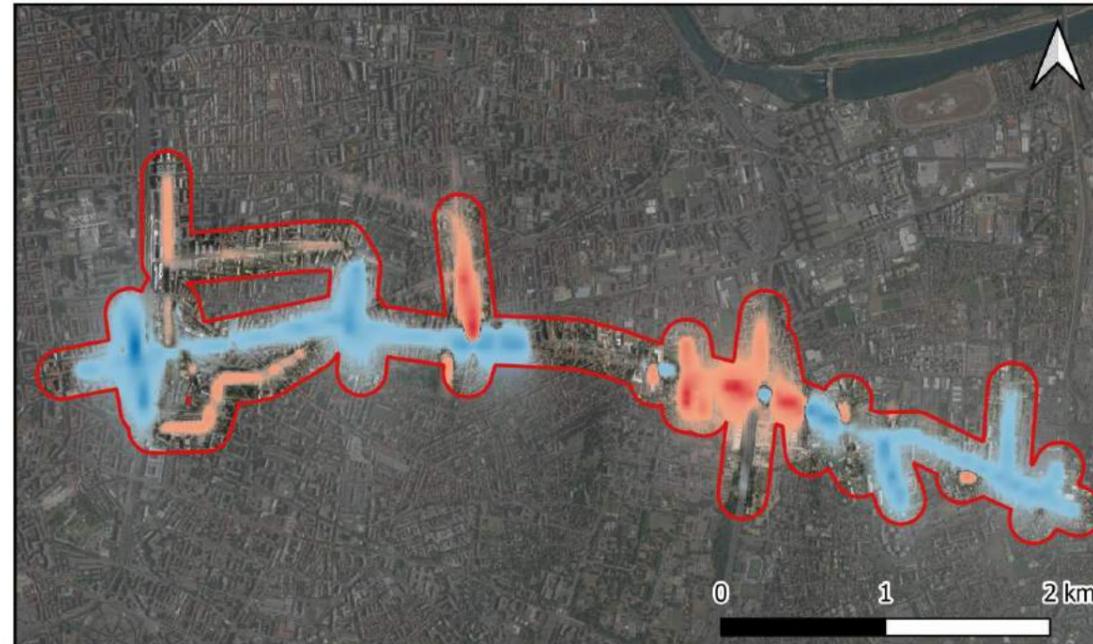


Concentration en NO2 pour les scénarios de référence et de projet 2026

Référence 2026



Variation entre les scénarios de référence et de projet 2026

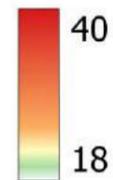


Projet 2026

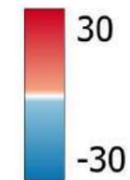


Zone d'étude

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

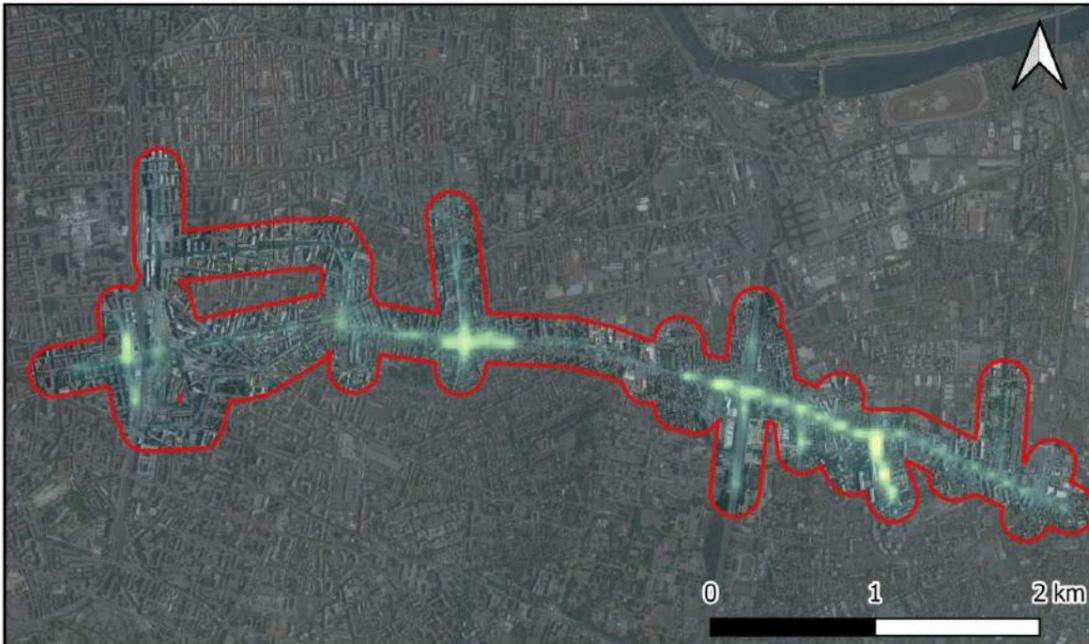


Variation de concentration
de NO2 (en %)

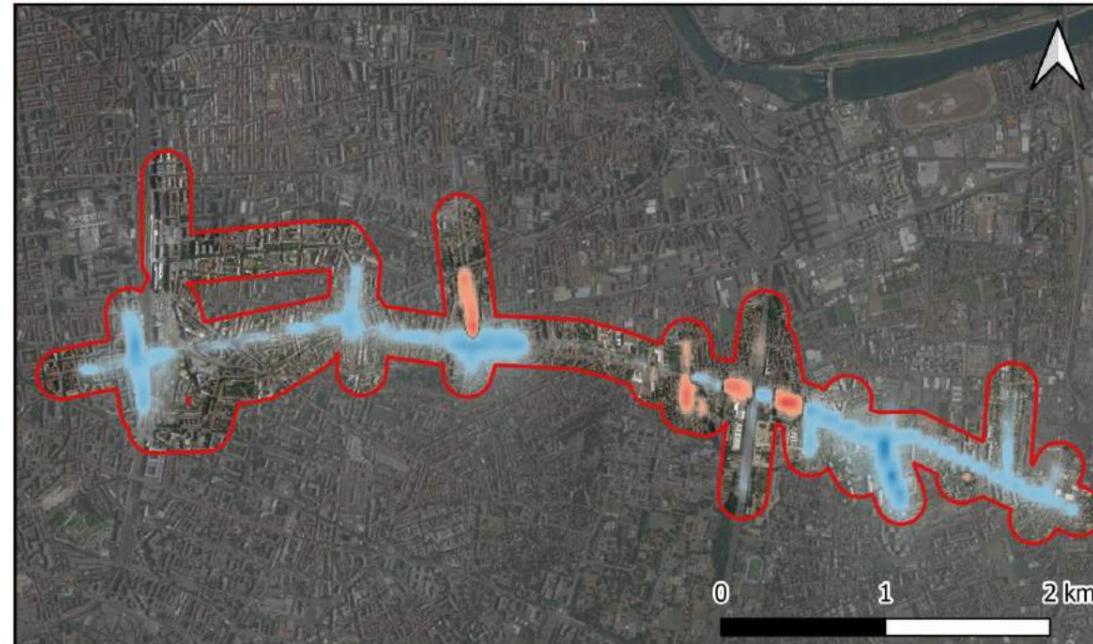


Concentration en NO2 pour les scénarios de référence et de projet 2046

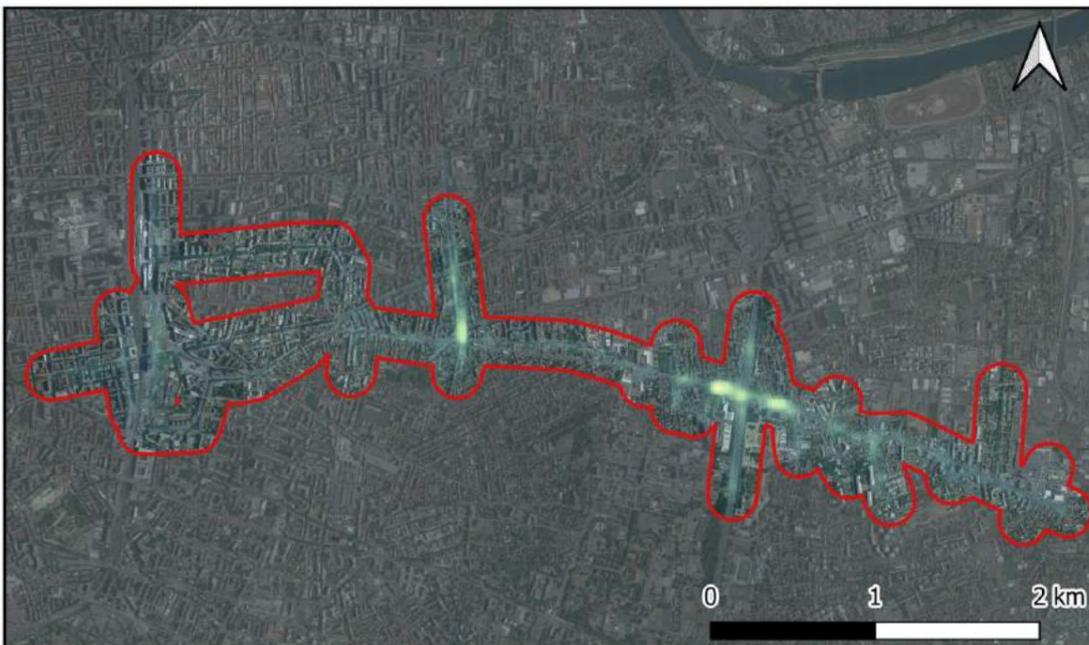
Référence 2046



Variation entre les scénarios de référence et de projet 2046

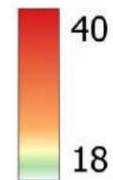


Projet 2046

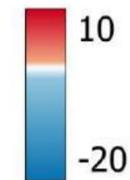


Zone d'étude

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

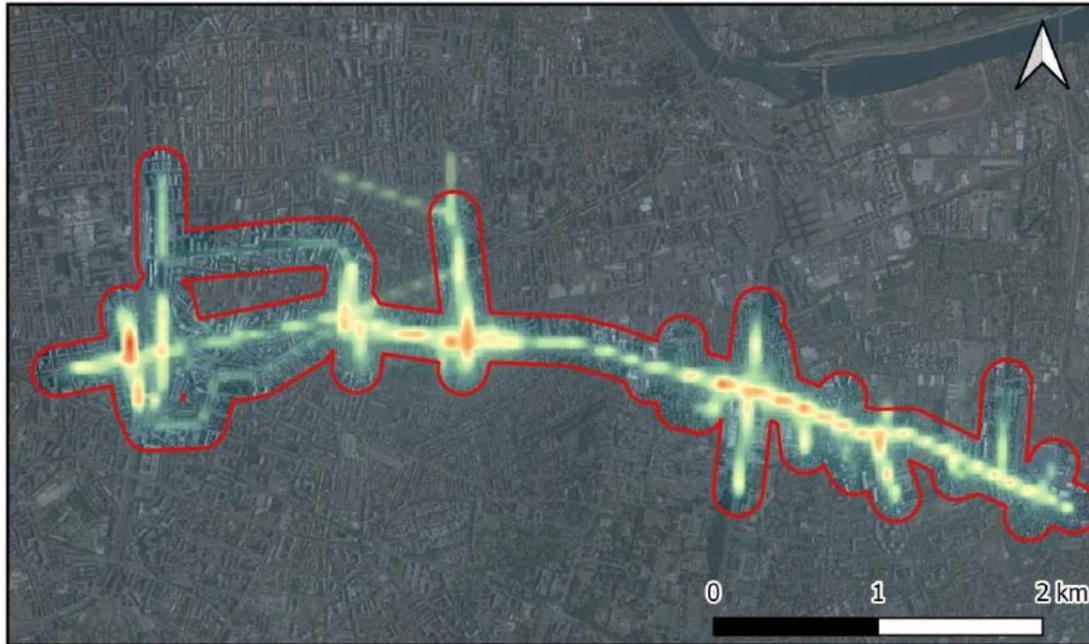


Variation de concentration
de NO2 (en %)

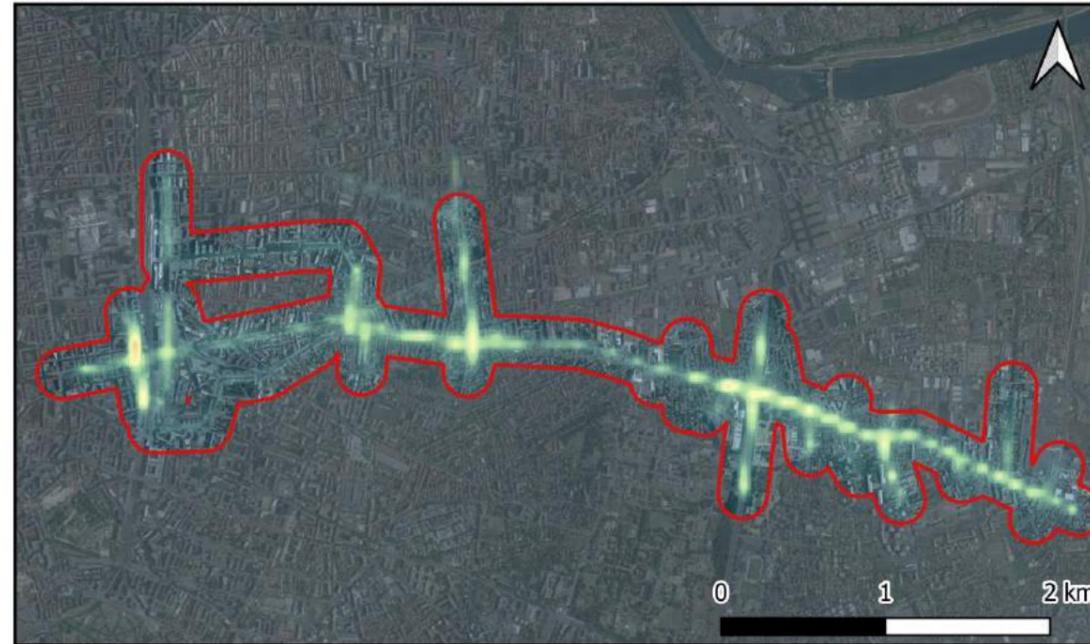


Concentration en PM10 pour les scénarios actuel, de référence 2026 et de référence 2046

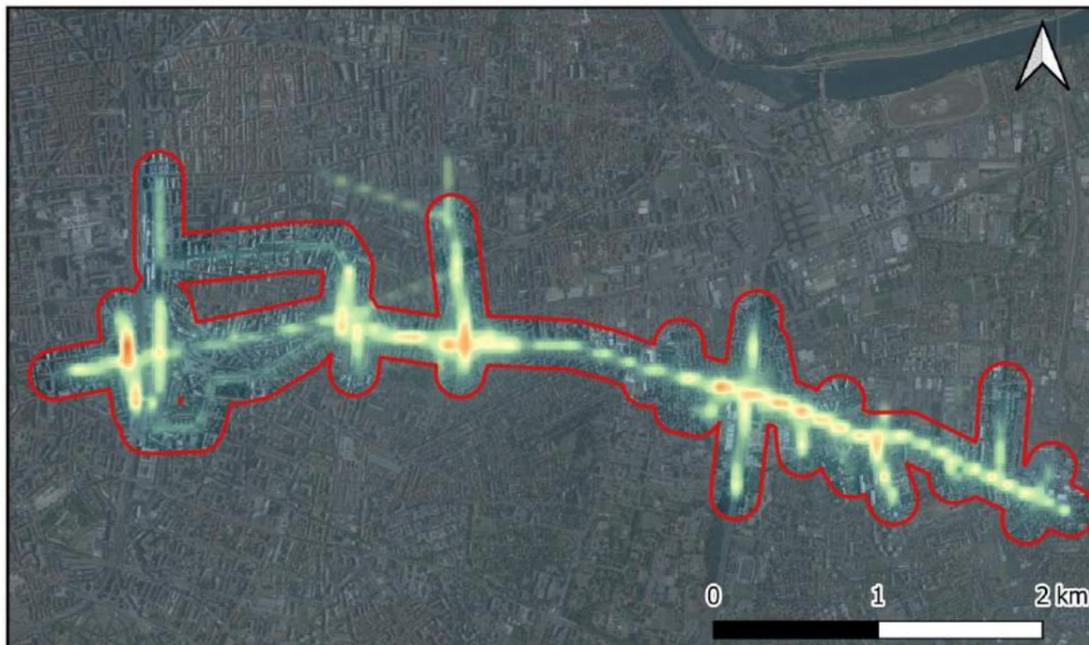
Actuel



Référence 2046

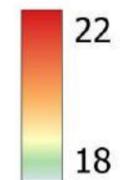


Référence 2026



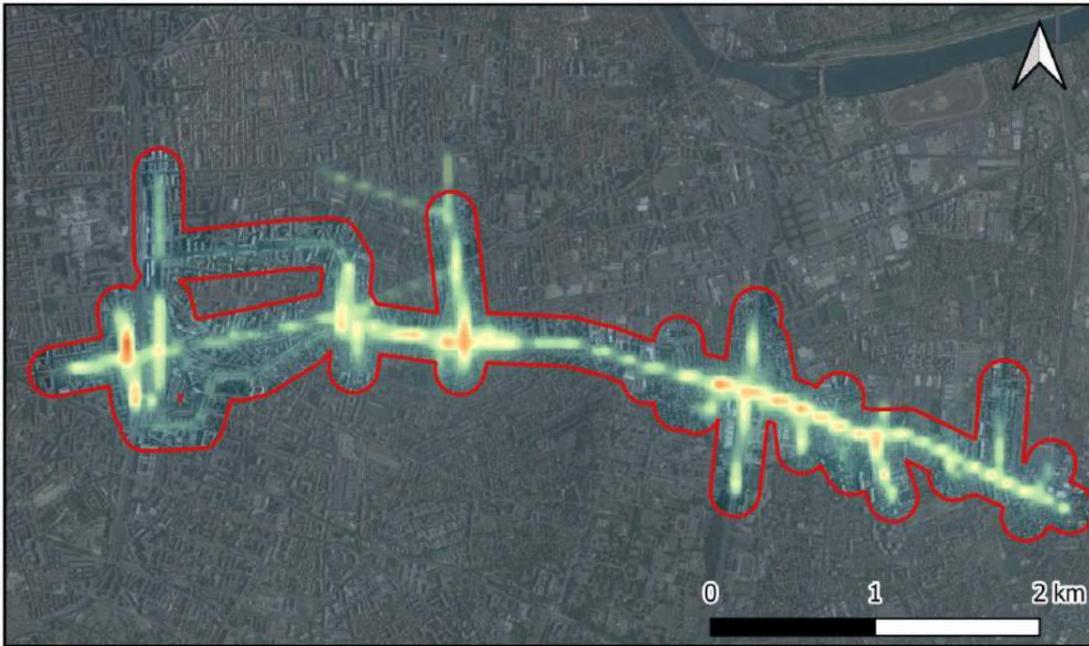
Zone d'étude

Concentration de PM10
(en µg/m³)

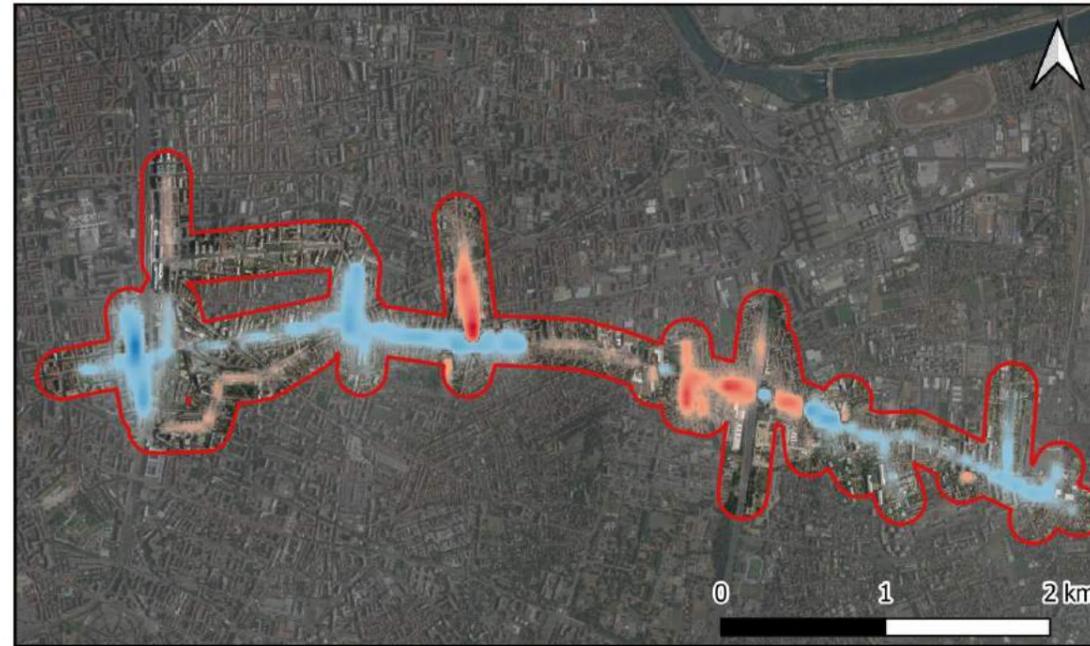


Concentration en PM10 pour les scénarios de référence et de projet 2026

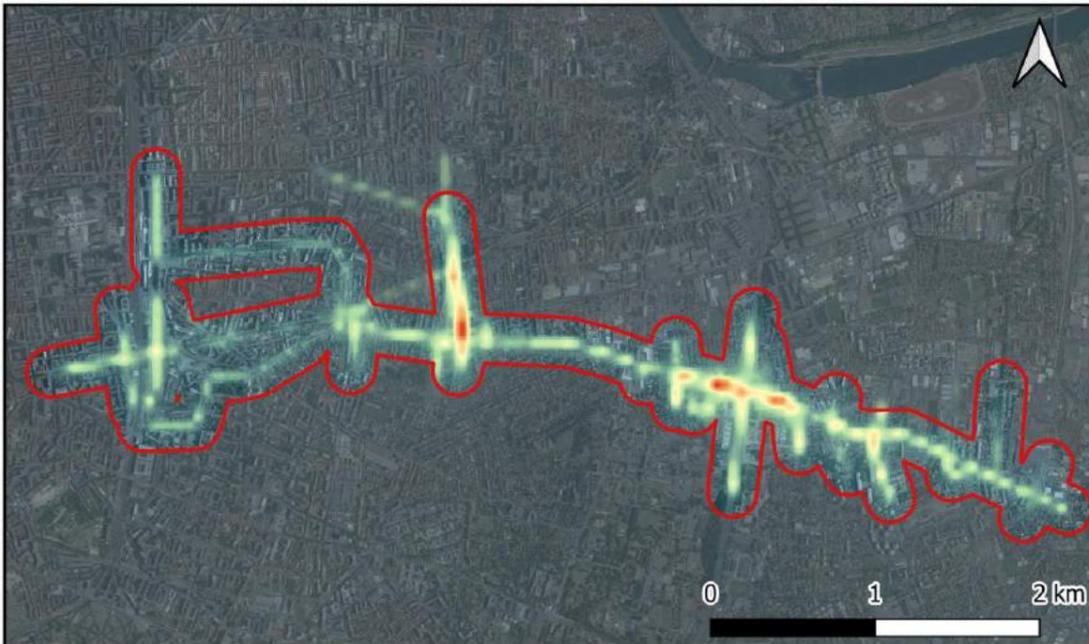
Référence 2026



Variation entre les scénarios de référence et de projet 2026

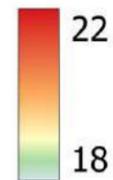


Projet 2026

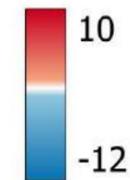


Zone d'étude

Concentration de PM10
(en µg/m³)

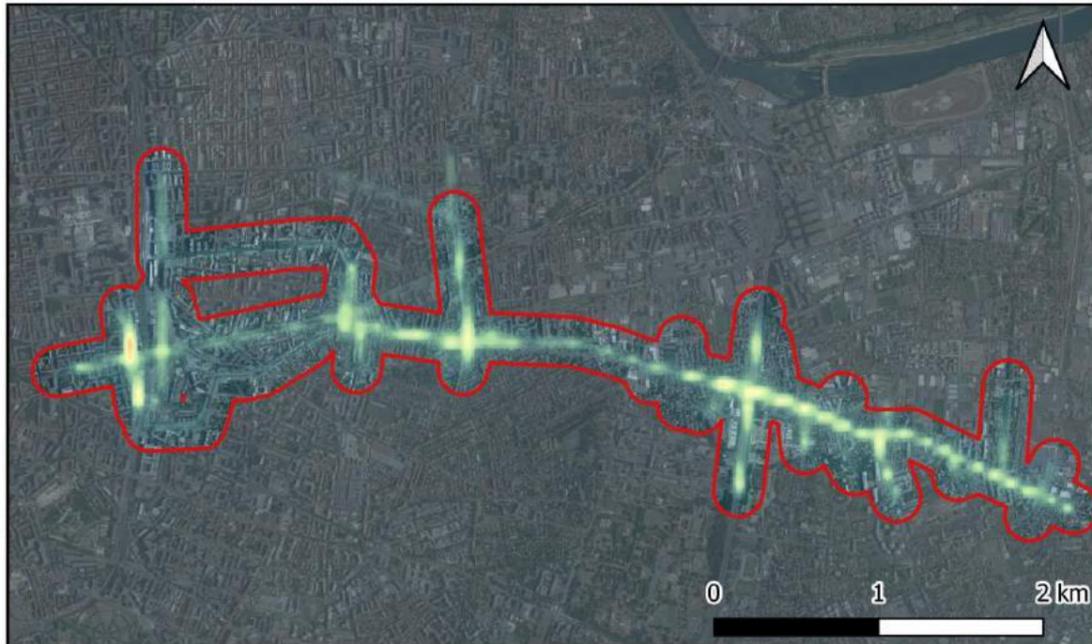


Variation de concentration
de PM10 (en %)

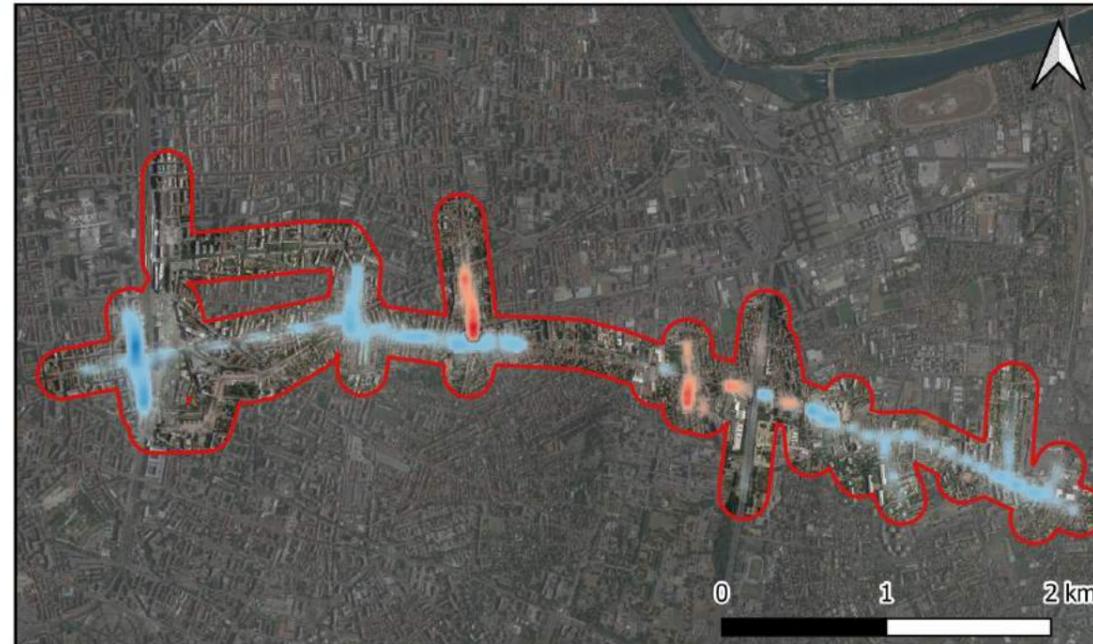


Concentration en PM10 pour les scénarios de référence et de projet 2046

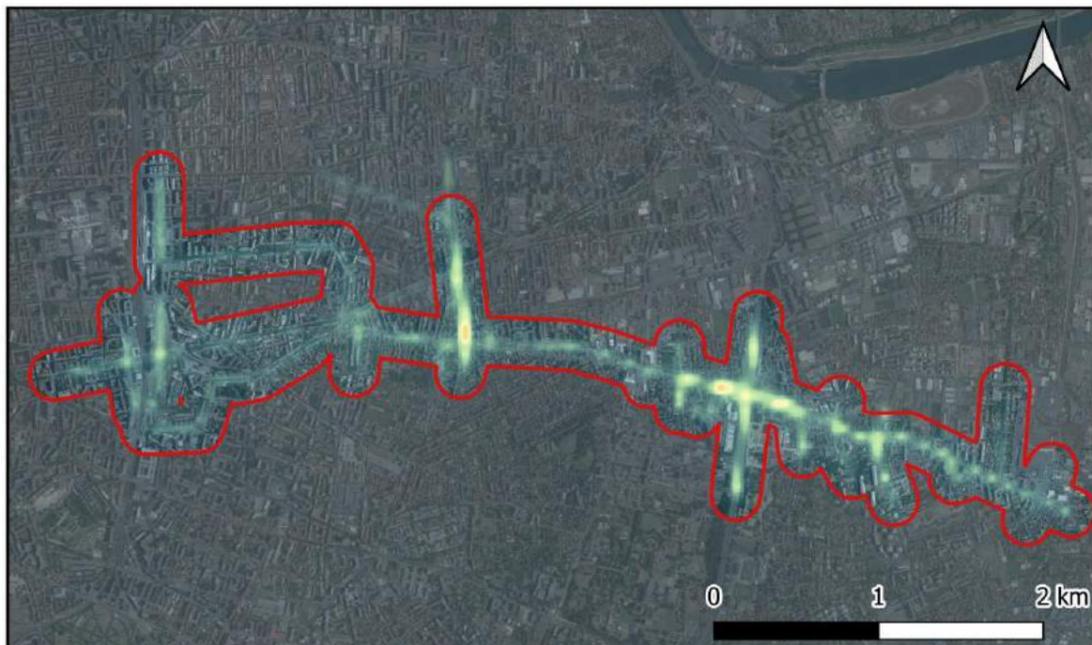
Référence 2046



Variation entre les scénarios de référence et de projet 2046

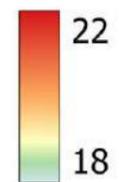


Projet 2046

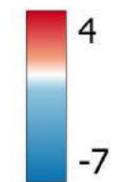


Zone d'étude

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



Variation de concentration
de PM10 (en %)



IX.5. Évaluation 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.

IX.5.1. 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.

IX.5.2. 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 sur 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 :

$$IPP = \sum (Population \times Concentration)$$

Les IPP par maille les plus fortes 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.

IX.5.3. Calcul de l'IPP

Le tableau suivant récapitule les résultats des IPP cumulés du NO₂. Le projet entraîne une légère baisse globale de l'exposition de la population à la pollution.

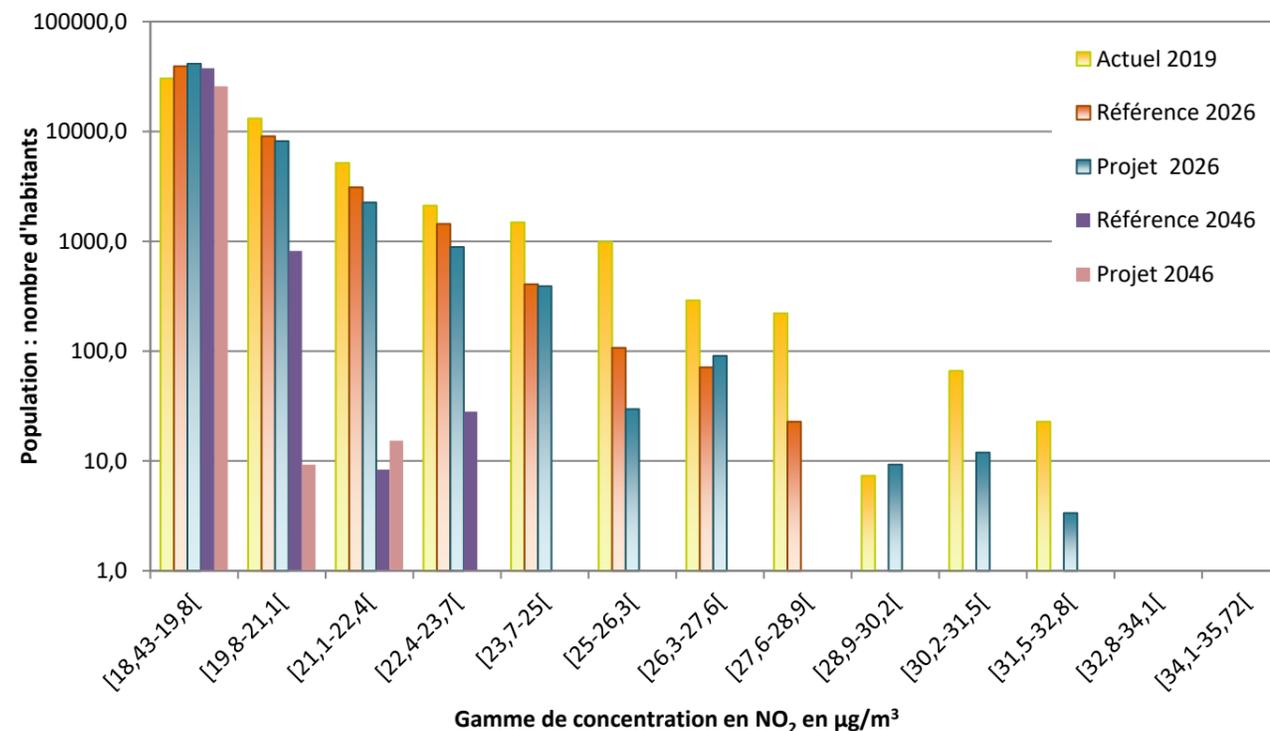
Figure 60 : IPP cumulé

	Actuel	Référence 2026	Projet 2026	Référence 2046	Projet 2046
IPP	1 091 357	1 056 202	1 047 821	1 003 692	997 020
Impact	-	-	-0,79%	-	-0,67%

L'histogramme pollution-population représente le nombre d'habitants par classe de concentrations 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.

Le projet entraîne une légère diminution de l'exposition de la population à la pollution. En effet avec le projet, l'indice IPP baisse de -0,79% en 2026 et de -0,67% en 2046. Bien que les concentrations de NO₂ soient en baisse le long de l'axe de la ligne du BHNS, des augmentations de concentrations de NO₂ sont observées, sur les rues perpendiculaires, de part et d'autre de l'axe du bus.

Figure 61 : Histogramme de l'indice pollution-population (IPP)



IX.6. Évaluation des risques sanitaires

Conformément à la note méthodologique du Ministère de la Transition écologique TRET1833075N de février 2019, une évaluation quantitative des risques sanitaires a été réalisée sur les sites vulnérables.

IX.6.1. Méthodologie

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est basée sur la méthodologie définie en 1983 par l'académie de sciences américaine, retranscrite depuis par l'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. Evaluation 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.

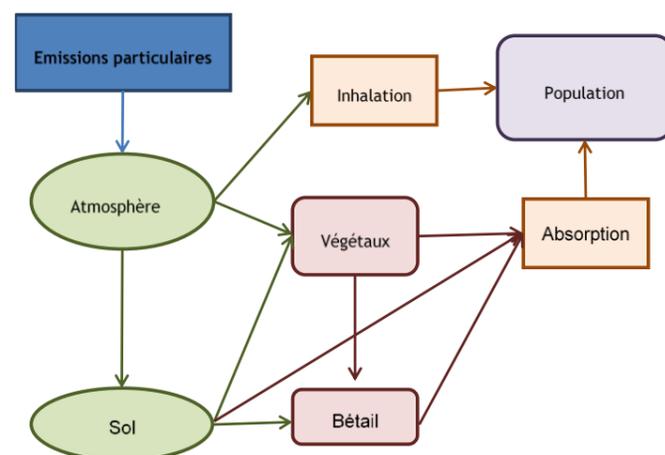
IX.6.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition

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 62 : Schéma conceptuel d'exposition



Compte tenu du secteur seule la voie d'absorption par inhalation est prise en compte.

51 sites vulnérables font l'objet d'une évaluation des risques.

IX.6.3. 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.

Figure 63 : Voies et types d'exposition étudiés par polluant

Nature des effets étudiés	Voie d'exposition concernée	Substances
Aiguës	Voie respiratoire	Particules (PM10 et PM2.5) 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 Arsenic
Chroniques	Voie orale	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 les PM₁₀ et les PM_{2,5} 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.

Le naphthalène, qui est un HAP, dispose de valeurs toxicologiques de référence. Il est par conséquent intégré dans l'EQRS et traité de façon identique aux autres polluants de la liste précitée. Les 16 HAP conseillés (tableau suivant) sont traités dans l'EQRS en utilisant les FET (facteurs d'équivalent toxique). Cette approche permet de convertir chaque HAP à la même équivalence toxique que le benzo(a)pyrène pour utiliser ses VTR. La concentration de chaque HAP est multipliée par son FET puis l'ensemble est sommé pour ensuite suivre la méthodologie de l'EQRS.

Figure 64 : HAP traités et FET associés

HAP	FET
Acénaphthylène	0,001
Acénaphthène	0,001
Anthracène	0,01
Benz[a]anthracène	0,1
Benzo[a]pyrène	1
Benzo[g,h,i]pérylène	0,01
Benzo[j]fluoranthène	0,1
Benzo[k]fluoranthène	0,1
Chrysène	0,01
Dibenzo[a,h]anthracène	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0,1
Naphtalène	0,001
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

IX.6.4. Identification des dangers par inhalation et choix des valeurs toxicologiques de référence (étapes 1 et 2)

A. Définitions : 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Les substances « à effets dans 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 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ de l'espèce considérée. Les excès de risque sanitaire sont déterminés pour une exposition de 70 ans (considérée comme une vie entière).

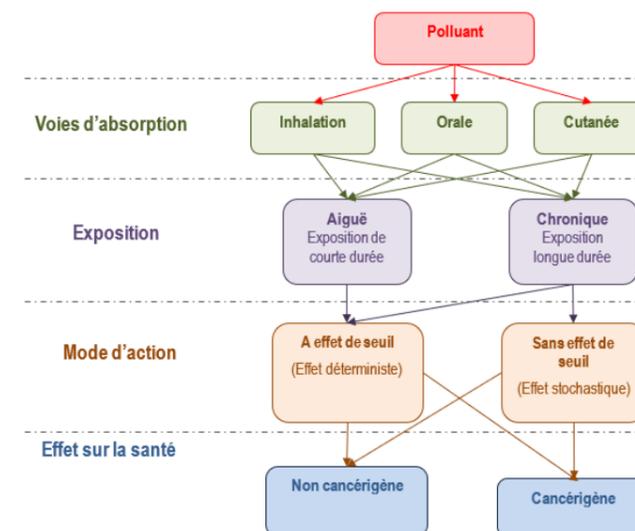
L'évaluation des dangers des substances chimiques (ou identification des dangers) consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets peuvent être de différents types :

- 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.

Figure 65 : Évaluation du danger d'un polluant



B. 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'OEHA, 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 proposés, 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.

C. Synthèse des dangers et des VTR sélectionnés

Les VTR sélectionnées sont reprises dans les tableaux suivant selon les différents effets et voie d'absorption :

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

Figure 66 : VTR aiguës des substances par inhalation

Substance	Source	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Organe cible / Effet critique	Année
NO₂	OMS	200	Poumons	2003
Benzène	ATSDR	29,2	Système immunologique	2008
PM₁₀ (1)	OMS	45	Système cardiovasculaire	2021
PM_{2.5} (1)	OMS	15	Système cardiovasculaire	2021

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

Figure 67 : 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	2002
Arsenic	ANSES	0,015	Appareil respiratoire	2015
Nickel	TCEQ	0,23	Système respiratoire	2011
Chrome	INERIS	0,03	Système respiratoire	2017
Benzo(a)pyrène	INERIS	2.10 ⁻³	Benzo(a)pyrène	2018
Naphtalène	ANSES	37	Appareil respiratoire / Appareil sanguin / yeux	2013
PM₁₀ (1)	OMS	15	Système cardiovasculaire	2021
PM_{2,5} (1)	OMS	5	Système cardiovasculaire	2021

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

Figure 68 : 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	ANSES	4.10 ⁻²	Poumons	2012
1,3-Butadiène	ANSES	2,43.10 ⁻⁷	Sang	2022
Nickel	ANSES	1,7.10 ⁻⁴	Poumons	2011
Benzo(a)pyrène	INERIS	6.10 ⁻⁴	Poumons	2018
Naphtalène	ANSES	5,6.10 ⁻⁶	Epithélium nasal	2011
Arsenic	ANSES	1,5.10 ⁻⁴	Poumons	2012
PM_{2,5}	ANSES	1,28.10 ⁻²	-	2023

D. Évaluation de l'exposition 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 de résidence. Le tableau suivant présente les durées d'exposition considérées en fonction du type de risque. Ces durées permettent de calculer les valeurs paramétriques de l'équation 1.

Figure 69 : Durée d'exposition par typologie de site vulnérable

Scénarios	Risque	Paramètres		
		Heures	Jours	Années
Résidentiel	Aigüe	24		
	Chronique	24	336	
	Chronique sans effet de seuil	24	336	30
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	10 ⁽¹⁾	
	Chronique sans effet de seuil	24	10 ⁽¹⁾	1
Accueil personnes âgées	Aigüe	24		
	Chronique	24	365	
	Chronique sans effet de seuil	24	365	10 ⁽²⁾

(1) Durée moyenne en France d'hospitalisation à l'hôpital, source « Statistique de l'OCDE sur la santé 2017 »

(2) 90 % des séjours en EHPAD sont inférieurs à 10 ans, source : « Drees, enquête EHPA 2011 »

Pour une exposition aigüe, 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) :

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

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

CP100 : Concentration en percentile 100

Pour une exposition chronique à un polluant à seuil

$$CMI_{chronique \text{ (sans seuil)}} = CMA \times \frac{jours}{365} \times \frac{heures}{24} \quad \text{Équation 2}$$

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 :

$$CMI_{chronique(seuil)} = CiMA \times \frac{heures}{24} \times \frac{jours}{365} \times \frac{années}{70} \quad \text{Équation 3}$$

■ 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 aigüe, 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).

E. Caractéristiques des risques par inhalation (étape 4)

■ 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 :

$$RD_{aigu} = \frac{CMI_{aigu\acute{e}}}{VTR_{aigu\acute{e}}} \quad \text{Équation 4}$$

$$RD_{chronique} = \frac{CMI_{chronique (sans seuil)}}{VTR_{chronique}} \quad \text{Équation 5}$$

$RD_{chronique}$: 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 :

$$ERI = CMI_{MA} \times ERU \quad \text{Équation 6}$$

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

Polluants sans VTR

Les particules de PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ et le dioxyde d'azote sont directement comparés à la valeur guide.

■ Évaluation des risques pour les sites vulnérables

Risques aigus

Les tableaux en annexe XI.2.1 présentent les ratios de danger pour le risque sur les sites vulnérables en situation actuelle, situation avec et sans projet 2026 et 2046. Il ressort que les ratios sont inférieurs à 1 et ne présentent pas de risque aigu.

La colonne de tableau « QD – pollution de fond seule » présente le ratio de danger en ne prenant en compte que la pollution de fond.

Risques chroniques non cancérogènes et polluants sans VTR

Les tableaux en annexe XI.2.2 présentent les résultats des calculs des Ratios de Danger (RD) pour les effets non cancérogènes par inhalation en exposition chronique. Il détaille, pour chaque polluant, les ratios de danger obtenus par scénario ainsi que le ratio de danger imputable uniquement à la pollution de fond colonne « QD avec uniquement la concentration de fond ».

Pour le benzène, le naphthalène, le nickel et le 1,3 butadiène l'ensemble des ratios de dangers sont inférieurs à 1.

Pour les polluants ne disposant de VTR (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$), les concentrations modélisées sont directement comparées aux valeurs guides. Pour les PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ les valeurs guides de l'OMS ne sont pas respectées. Ces dépassements sont directement liés aux concentrations de fond qui contribuent à elles seules au dépassement des valeurs guides. Il en est de même pour le NO_2 .

Risques chroniques cancérogènes

Les tableaux en annexe XI.2.3 présentent les résultats des Excès de Risque Individuel (ERI) maximaux calculés pour chaque polluant cancérogène étudié. L'ensemble des ERI sont sommés pour prendre en compte le risque global (sans intégrer le naphthalène et le benzo(a)pyrène déjà pris en compte dans l'ERI des HAP). Les résultats sans prendre en compte les concentrations de fond sont également présentés après les ERI par polluant.

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).

Tous les ERI sont inférieurs à 10^{-5} , le risque chronique cancérogène est considéré comme acceptable. Cependant, l'ERI global des concentrations de fond est supérieur à la valeur de comparaison de 10^{-5} . Ce dépassement est principalement dû au benzène.

X. CONCLUSION

Le projet de mise en place d'une ligne de bus à haut niveau de service reliant Lyon Part-Dieu aux Sept Chemins diminue le nombre de kilomètres parcourus. De ce fait, la consommation énergétique est en baisse (de -13,4% en 2026 et de -24,6% en 2046). Cette baisse entraîne la diminution globale des émissions de polluants. Au niveau des concentrations de polluants, des baisses sont observées le long de la nouvelle ligne de bus, excepté au niveau de la route de Genas et de la RD29. De part et d'autre de l'axe du futur BHNS, les niveaux de concentrations des polluants sont variables. Ces variations de niveaux de concentrations diminuent légèrement l'indice d'exposition de la population à la pollution. En effet, le projet baisse l'IPP de -0,79% en 2026 et de -0,67% en 2046.

L'EQRS ne présente pas de risques sanitaires directement liés à la mise en place de la ligne de BHNS.

Des dépassements des valeurs guides de l'OMS sont constatés pour les PM_{2,5} et les PM₁₀, dépassements directement liés aux concentrations de fond.

XI. ANNEXES

XI.1. Fiches de mesure

Les fiches de mesures seront insérées fin Juin 2023 par suite des résultats de la 2^{ème} campagne de mesure.

XI.2. Évaluation des risques pour les sites vulnérables

XI.2.1. Risques aigus

	QD pollution de fond seule	Situation	M_1	P_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	E_1	P_2	E_2	
NO2	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
PM10	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										

	QD pollution de fond seule	Situation	E_3	M_7	E_4	M_8	E_5	E_6	E_7	E_8	P_3	P_4	
NO2	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
PM10	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										

	QD pollution de fond seule	Situation	M_9	E_9	E_10	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	
NO2	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
PM10	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										

	QD pollution de fond seule	Situation	C_8	C_9	C_10	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15	C_16	C_17	
NO2	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
PM10	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										

	QD pollution de fond seule	Situation	C_18	C_19	C_20	C_21	C_22	C_23	A_1	A_2	S_1	A_3	
NO2	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
PM10	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect										
		Référence 2026	Respect										
		Projet 2026	Respect										
		Référence 2046	Respect										
		Projet 2046	Respect										

	QD pollution de fond seule	Situation	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
NO2	Respect	Actuelle	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
Benzène	0,04	Actuelle	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		Référence 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		Projet 2026	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		Référence 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
		Projet 2046	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
PM10	Respect	Actuelle	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
PM2.5	Respect	Actuelle	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2026	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Référence 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect
		Projet 2046	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect	Respect

XI.2.2. Risques chroniques non cancérigènes et polluants sans VTR

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	M_1	P_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	E_1	P_2	E_2		
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03		
			Référence 2026	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	
			Projet 2026	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	
			Référence 2046	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	
			Projet 2046	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	E_3	M_7	E_4	M_8	E_5	E_6	E_7	E_8	P_3	P_4		
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement											
			Référence 2026	Dépassement											
			Projet 2026	Dépassement											
			Référence 2046	Dépassement											
			Projet 2046	Dépassement											
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04		
			Référence 2026	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04		
			Projet 2026	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04		
			Référence 2046	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
			Projet 2046	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	M_9	E_9	E_10	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,03	0,04	0,04	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,08	0,06	
			Référence 2026	0,03	0,04	0,04	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	
			Projet 2026	0,03	0,04	0,04	0,07	0,07	0,10	0,06	0,06	0,06	0,07	
			Référence 2046	0,03	0,04	0,03	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	
			Projet 2046	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	C_8	C_9	C_10	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15	C_16	C_17	
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,11	0,07	0,06	
			Référence 2026	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,07	0,10	0,07	0,06	
			Projet 2026	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	
			Référence 2046	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,09	0,07	0,06	
			Projet 2046	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Référence 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Projet 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Référence 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
			Projet 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	C_18	C_19	C_20	C_21	C_22	C_23	A_1	A_2	S_1	A_3	
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement										
			Référence 2026	Dépassement										
			Projet 2026	Dépassement										
			Référence 2046	Dépassement										
			Projet 2046	Dépassement										
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,15	0,16	0,00	0,13	
			Référence 2026	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,14	0,15	0,00	0,13	
			Projet 2026	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,15	0,15	0,00	0,13	
			Référence 2046	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,13	0,14	0,00	0,13	
			Projet 2046	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,14	0,13	0,00	0,12	
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	
			Référence 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
			Projet 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
			Référence 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
			Projet 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Situation	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
NO ₂	Appareil respiratoire	Dépassement	Actuelle	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
PM10	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
PM2.5	Système cardio-vasculaire	Dépassement	Actuelle	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2026	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Référence 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
			Projet 2046	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement	Dépassement
Benzène	Système immunologique	0,11	Actuelle	0,13	0,15	0,17	0,13	0,13	0,15
			Référence 2026	0,12	0,15	0,16	0,13	0,13	0,15
			Projet 2026	0,12	0,15	0,16	0,13	0,13	0,14
			Référence 2046	0,12	0,14	0,15	0,13	0,12	0,14
			Projet 2046	0,12	0,14	0,15	0,13	0,12	0,13
Naphtalène	Appareil respiratoire / Système sanguin / yeux	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel	Appareil respiratoire	0,01	Actuelle	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			Référence 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			Projet 2026	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			Référence 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			Projet 2046	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1,3 butadiène	Ovaires	0,00	Actuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Référence 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Projet 2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Référence 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Projet 2046	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

XI.2.3. Risques chroniques cancérigènes

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	M_1	P_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	E_1	P_2	E_2
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	3,58E-07	9,55E-07	3,62E-07	3,59E-07	3,58E-07	3,58E-07	3,59E-07	5,96E-07	9,54E-07	5,96E-07
			Référence 2026	3,57E-07	9,53E-07	3,59E-07	3,58E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,58E-07	5,96E-07	9,53E-07	5,96E-07
			Projet 2026	3,57E-07	9,53E-07	3,58E-07	3,58E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,58E-07	5,96E-07	9,53E-07	5,95E-07
			Référence 2046	3,57E-07	9,53E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	5,95E-07	9,53E-07	5,95E-07
			Projet 2046	3,57E-07	9,53E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	3,57E-07	5,95E-07	9,53E-07	5,95E-07
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	1,16E-11	3,08E-11	7,42E-11	2,59E-11	5,50E-12	1,28E-11	2,17E-11	2,04E-11	2,47E-11	1,76E-11
			Référence 2026	1,34E-11	3,69E-11	8,93E-11	3,14E-11	7,05E-12	1,49E-11	2,98E-11	2,37E-11	3,00E-11	2,02E-11
			Projet 2026	1,53E-11	3,93E-11	9,30E-11	3,56E-11	7,83E-12	1,73E-11	2,97E-11	2,75E-11	3,35E-11	2,32E-11
			Référence 2046	2,15E-11	6,62E-11	1,62E-10	5,68E-11	1,38E-11	2,50E-11	6,82E-11	3,94E-11	5,41E-11	3,28E-11
			Projet 2046	2,28E-11	5,87E-11	1,33E-10	5,86E-11	1,44E-11	2,73E-11	5,63E-11	4,30E-11	5,52E-11	3,45E-11
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	1,42E-12	6,08E-12	1,29E-11	8,07E-12	1,39E-12	1,52E-12	8,18E-12	2,38E-12	5,39E-12	2,20E-12
			Référence 2026	7,12E-13	2,81E-12	5,45E-12	4,70E-12	7,01E-13	7,62E-13	4,73E-12	1,20E-12	2,73E-12	1,10E-12
			Projet 2026	9,18E-13	3,06E-12	6,76E-12	5,15E-12	9,71E-13	9,63E-13	4,26E-12	1,50E-12	3,72E-12	1,40E-12
			Référence 2046	6,48E-13	2,26E-12	4,42E-12	4,37E-12	6,23E-13	6,93E-13	5,01E-12	1,08E-12	2,69E-12	1,01E-12
			Projet 2046	4,31E-13	1,49E-12	3,25E-12	2,41E-12	4,26E-13	4,59E-13	2,05E-12	7,14E-13	1,65E-12	6,58E-13
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	6,27E-09	1,67E-08	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	1,04E-08	1,67E-08	1,04E-08
			Référence 2026	6,27E-09	1,67E-08	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	1,04E-08	1,67E-08	1,04E-08
			Projet 2026	6,27E-09	1,67E-08	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	1,04E-08	1,67E-08	1,04E-08
			Référence 2046	6,27E-09	1,67E-08	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	1,04E-08	1,67E-08	1,04E-08
			Projet 2046	6,27E-09	1,67E-08	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	6,27E-09	1,04E-08	1,67E-08	1,04E-08
Naphtalène	Epithélium olfactif	0,00E+00	Actuelle	6,90E-14	2,49E-13	5,96E-13	2,38E-13	9,09E-14	8,44E-14	3,14E-13	1,31E-13	2,86E-13	1,06E-13
			Référence 2026	5,24E-14	1,89E-13	4,54E-13	1,82E-13	6,96E-14	6,43E-14	2,40E-13	1,00E-13	2,17E-13	8,08E-14
			Projet 2026	4,76E-14	1,25E-13	2,50E-13	1,68E-13	7,02E-14	6,31E-14	1,66E-13	9,83E-14	2,06E-13	7,24E-14
			Référence 2046	1,30E-14	4,67E-14	1,12E-13	4,51E-14	1,72E-14	1,59E-14	5,96E-14	2,48E-14	5,38E-14	2,00E-14
			Projet 2046	1,20E-14	3,15E-14	6,31E-14	4,23E-14	1,76E-14	1,60E-14	4,17E-14	2,48E-14	5,18E-14	1,82E-14
Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Actuelle	5,50E-10	1,47E-09	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	9,16E-10	1,47E-09	9,16E-10
			Référence 2026	5,50E-10	1,47E-09	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	9,16E-10	1,47E-09	9,16E-10
			Projet 2026	5,50E-10	1,47E-09	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	9,16E-10	1,47E-09	9,16E-10
			Référence 2046	5,50E-10	1,47E-09	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	9,16E-10	1,47E-09	9,16E-10
			Projet 2046	5,50E-10	1,47E-09	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	5,50E-10	9,16E-10	1,47E-09	9,16E-10
Arsenic	Poumons	1,60E-08	Actuelle	4,64E-10	1,24E-09	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	7,73E-10	1,24E-09	7,73E-10
			Référence 2026	4,64E-10	1,24E-09	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	7,73E-10	1,24E-09	7,73E-10
			Projet 2026	4,64E-10	1,24E-09	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	7,73E-10	1,24E-09	7,73E-10
			Référence 2046	4,64E-10	1,24E-09	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	7,73E-10	1,24E-09	7,73E-10
			Projet 2046	4,64E-10	1,24E-09	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	4,64E-10	7,73E-10	1,24E-09	7,73E-10
HAP	Poumons	3,47E-08	Actuelle	1,01E-09	2,69E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,68E-09	2,69E-09	1,68E-09
			Référence 2026	1,01E-09	2,69E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,68E-09	2,69E-09	1,68E-09
			Projet 2026	1,01E-09	2,69E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,68E-09	2,69E-09	1,68E-09
			Référence 2046	1,01E-09	2,69E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,68E-09	2,69E-09	1,68E-09
			Projet 2046	1,01E-09	2,69E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,01E-09	1,68E-09	2,69E-09	1,68E-09
Total		1,26E-05	Actuelle	3,65E-07	9,75E-07	3,70E-07	3,67E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,67E-07	6,09E-07	9,75E-07	6,09E-07
			Référence 2026	3,65E-07	9,74E-07	3,66E-07	3,66E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,66E-07	6,08E-07	9,74E-07	6,08E-07
			Projet 2026	3,65E-07	9,74E-07	3,66E-07	3,66E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	6,08E-07	9,74E-07	6,08E-07
			Référence 2046	3,65E-07	9,73E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	6,08E-07	9,73E-07	6,08E-07
			Projet 2046	3,65E-07	9,73E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	3,65E-07	6,08E-07	9,73E-07	6,08E-07

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	E_3	M_7	E_4	M_8	E_5	E_6	E_7	E_8	P_3	P_4	
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	5,97E-07	3,58E-07	5,96E-07	3,58E-07	5,97E-07	5,98E-07	5,97E-07	5,96E-07	9,54E-07	9,57E-07	
			Référence 2026	5,96E-07	3,57E-07	5,96E-07	3,58E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	9,53E-07	9,54E-07
			Projet 2026	5,96E-07	3,57E-07	5,95E-07	3,58E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	5,96E-07	9,53E-07	9,54E-07
			Référence 2046	5,95E-07	3,57E-07	5,95E-07	3,57E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	9,53E-07	9,53E-07
			Projet 2046	5,95E-07	3,57E-07	5,95E-07	3,57E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	5,95E-07	9,53E-07	9,53E-07
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	3,46E-11	1,02E-11	1,89E-11	1,58E-11	1,76E-11	3,85E-11	2,10E-11	8,40E-12	1,36E-11	1,29E-10	
			Référence 2026	4,18E-11	1,18E-11	2,18E-11	1,92E-11	2,34E-11	4,78E-11	2,70E-11	1,06E-11	1,70E-11	1,47E-10	
			Projet 2026	4,35E-11	1,37E-11	2,55E-11	2,23E-11	2,40E-11	5,56E-11	2,75E-11	1,18E-11	1,80E-11	1,77E-10	
			Référence 2046	7,59E-11	1,95E-11	3,60E-11	3,59E-11	5,08E-11	9,16E-11	5,56E-11	2,08E-11	3,31E-11	2,28E-10	
			Projet 2046	6,25E-11	2,15E-11	4,00E-11	3,97E-11	4,36E-11	1,02E-10	4,56E-11	2,17E-11	2,86E-11	2,72E-10	
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	5,61E-12	1,17E-12	2,12E-12	3,64E-12	5,93E-12	9,04E-12	5,75E-12	2,14E-12	3,49E-12	1,28E-11	
			Référence 2026	2,93E-12	5,90E-13	1,07E-12	1,88E-12	3,43E-12	4,64E-12	3,16E-12	1,09E-12	1,79E-12	6,51E-12	
			Projet 2026	1,94E-12	7,40E-13	1,36E-12	2,57E-12	3,09E-12	6,68E-12	2,77E-12	1,50E-12	2,08E-12	1,15E-11	
			Référence 2046	2,75E-12	5,37E-13	9,74E-13	1,74E-12	3,59E-12	4,27E-12	3,07E-12	9,83E-13	1,61E-12	6,04E-12	
			Projet 2046	9,23E-13	3,53E-13	6,49E-13	1,24E-12	1,49E-12	3,21E-12	1,55E-12	6,58E-13	9,79E-13	5,33E-12	
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,67E-08	1,67E-08	
			Référence 2026	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,67E-08	1,67E-08	
			Projet 2026	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,67E-08	1,67E-08	
			Référence 2046	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,67E-08	1,67E-08	
			Projet 2046	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,04E-08	1,67E-08	1,67E-08	
Naphtalène	Epithélium olfactif	0,00E+00	Actuelle	2,79E-13	6,43E-14	1,18E-13	1,39E-13	2,27E-13	3,64E-13	2,39E-13	1,34E-13	1,41E-13	6,64E-13	
			Référence 2026	2,13E-13	4,90E-14	9,00E-14	1,06E-13	1,73E-13	2,77E-13	1,82E-13	1,02E-13	1,08E-13	5,07E-13	
			Projet 2026	1,20E-13	4,92E-14	9,16E-14	1,10E-13	1,25E-13	2,94E-13	1,17E-13	1,02E-13	7,40E-14	5,90E-13	
			Référence 2046	5,27E-14	1,22E-14	2,22E-14	2,63E-14	4,31E-14	6,87E-14	4,51E-14	2,53E-14	2,66E-14	1,25E-13	
			Projet 2046	3,03E-14	1,24E-14	2,30E-14	2,77E-14	3,16E-14	7,40E-14	2,94E-14	2,58E-14	1,87E-14	1,49E-13	
Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Actuelle	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	1,47E-09	1,47E-09	
			Référence 2026	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	1,47E-09	1,47E-09	
			Projet 2026	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	1,47E-09	1,47E-09	
			Référence 2046	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	1,47E-09	1,47E-09	
			Projet 2046	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,16E-10	1,47E-09	1,47E-09	
Arsenic	Poumons	1,60E-08	Actuelle	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	1,24E-09	1,24E-09	
			Référence 2026	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	1,24E-09	1,24E-09	
			Projet 2026	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	1,24E-09	1,24E-09	
			Référence 2046	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	1,24E-09	1,24E-09	
			Projet 2046	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,73E-10	1,24E-09	1,24E-09	
HAP	Poumons	3,47E-08	Actuelle	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	2,69E-09	2,69E-09	
			Référence 2026	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	2,69E-09	2,69E-09	
			Projet 2026	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	2,69E-09	2,69E-09	
			Référence 2046	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	2,69E-09	2,69E-09	
			Projet 2046	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,68E-09	2,69E-09	2,69E-09	
Total		1,26E-05	Actuelle	6,10E-07	3,65E-07	6,09E-07	3,66E-07	6,10E-07	6,11E-07	6,10E-07	6,09E-07	9,74E-07	9,77E-07	
			Référence 2026	6,09E-07	3,65E-07	6,08E-07	3,65E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,08E-07	9,73E-07	9,74E-07	
			Projet 2026	6,09E-07	3,65E-07	6,08E-07	3,65E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,08E-07	9,73E-07	9,75E-07	
			Référence 2046	6,08E-07	3,65E-07	6,08E-07	3,65E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,08E-07	9,73E-07	9,74E-07	
			Projet 2046	6,08E-07	3,65E-07	6,08E-07	3,65E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,08E-07	9,73E-07	9,74E-07	

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	M_9	E_9	E_10	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	3,58E-07	5,99E-07	5,97E-07	6,19E-07	6,20E-07	6,24E-07	6,18E-07	6,16E-07	6,20E-07	6,17E-07	
			Référence 2026	3,57E-07	5,96E-07	5,96E-07	6,16E-07	6,17E-07	6,18E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,17E-07	6,16E-07
			Projet 2026	3,57E-07	5,96E-07	5,96E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,18E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07
			Référence 2046	3,57E-07	5,95E-07	5,95E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07
			Projet 2046	3,57E-07	5,95E-07	5,95E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	1,22E-11	2,40E-11	4,62E-11	3,11E-11	4,28E-11	1,06E-10	2,66E-11	1,42E-11	3,90E-11	5,09E-11	
			Référence 2026	1,45E-11	2,82E-11	5,28E-11	3,65E-11	5,44E-11	1,33E-10	3,32E-11	1,66E-11	5,30E-11	5,78E-11	
			Projet 2026	1,56E-11	3,01E-11	6,24E-11	4,21E-11	5,82E-11	1,55E-10	3,53E-11	1,91E-11	4,74E-11	6,90E-11	
			Référence 2046	2,54E-11	4,85E-11	8,47E-11	6,19E-11	1,10E-10	2,60E-10	6,52E-11	2,78E-11	1,21E-10	9,07E-11	
			Projet 2046	2,29E-11	4,54E-11	9,62E-11	6,98E-11	1,06E-10	2,95E-10	5,96E-11	3,01E-11	7,65E-11	1,06E-10	
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	1,99E-12	1,08E-11	5,19E-12	1,41E-11	1,58E-11	2,54E-11	8,05E-12	1,77E-12	1,26E-11	5,37E-12	
			Référence 2026	1,04E-12	5,56E-12	2,66E-12	8,96E-12	8,72E-12	1,28E-11	3,97E-12	8,87E-13	6,14E-12	2,70E-12	
			Projet 2026	7,93E-13	3,00E-12	4,04E-12	5,56E-12	5,51E-12	2,12E-11	4,69E-12	1,08E-12	3,06E-12	4,53E-12	
			Référence 2046	9,68E-13	4,87E-12	2,47E-12	1,09E-11	1,01E-11	1,15E-11	3,60E-12	8,05E-13	5,37E-12	2,50E-12	
			Projet 2046	3,78E-13	1,41E-12	1,88E-12	2,65E-12	2,60E-12	1,03E-11	2,31E-12	5,18E-13	1,83E-12	2,11E-12	
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,08E-08							
			Référence 2026	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,08E-08							
			Projet 2026	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,08E-08							
			Référence 2046	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,08E-08							
			Projet 2046	6,27E-09	1,04E-08	1,04E-08	1,08E-08							
Naphtalène	Epithélium olfactif	0,00E+00	Actuelle	9,15E-14	1,74E-13	2,60E-13	2,20E-13	4,64E-13	1,04E-12	2,66E-13	9,46E-14	5,59E-13	2,73E-13	
			Référence 2026	6,96E-14	1,33E-13	1,98E-13	1,68E-13	3,54E-13	7,89E-13	2,03E-13	7,21E-14	4,26E-13	2,08E-13	
			Projet 2026	4,66E-14	9,93E-14	2,10E-13	1,82E-13	3,01E-13	8,57E-13	1,55E-13	6,98E-14	1,84E-13	2,32E-13	
			Référence 2046	1,72E-14	3,30E-14	4,90E-14	4,16E-14	8,76E-14	1,95E-13	5,03E-14	1,78E-14	1,06E-13	5,15E-14	
			Projet 2046	1,17E-14	2,51E-14	5,29E-14	4,59E-14	7,59E-14	2,16E-13	3,88E-14	1,76E-14	4,64E-14	5,84E-14	
Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Actuelle	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,47E-10							
			Référence 2026	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,47E-10							
			Projet 2026	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,47E-10							
			Référence 2046	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,47E-10							
			Projet 2046	5,50E-10	9,16E-10	9,16E-10	9,47E-10							
Arsenic	Poumons	1,60E-08	Actuelle	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,99E-10							
			Référence 2026	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,99E-10							
			Projet 2026	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,99E-10							
			Référence 2046	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,99E-10							
			Projet 2046	4,64E-10	7,73E-10	7,73E-10	7,99E-10							
HAP	Poumons	3,47E-08	Actuelle	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,74E-09							
			Référence 2026	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,74E-09							
			Projet 2026	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,74E-09							
			Référence 2046	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,74E-09							
			Projet 2046	1,01E-09	1,68E-09	1,68E-09	1,74E-09							
Total		1,26E-05	Actuelle	3,66E-07	6,12E-07	6,10E-07	6,32E-07	6,33E-07	6,37E-07	6,32E-07	6,29E-07	6,33E-07	6,31E-07	
			Référence 2026	3,65E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,30E-07	6,30E-07	6,31E-07	6,30E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,29E-07	
			Projet 2026	3,65E-07	6,09E-07	6,09E-07	6,30E-07	6,30E-07	6,32E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	
			Référence 2046	3,65E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,29E-07							
			Projet 2046	3,65E-07	6,08E-07	6,08E-07	6,29E-07							

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	C_8	C_9	C_10	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15	C_16	C_17	
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	6,18E-07	6,16E-07	6,18E-07	6,20E-07	6,18E-07	6,17E-07	6,18E-07	6,26E-07	6,19E-07	6,17E-07	
			Référence 2026	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,17E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,19E-07	6,16E-07	6,16E-07
			Projet 2026	6,16E-07	6,17E-07	6,16E-07	6,16E-07							
			Référence 2046	6,16E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,15E-07							
			Projet 2046	6,16E-07	6,15E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,15E-07
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	8,05E-11	2,06E-11	1,91E-11	7,28E-11	7,09E-11	3,16E-11	5,10E-11	9,94E-11	9,00E-11	1,29E-11	
			Référence 2026	9,07E-11	2,40E-11	2,49E-11	8,92E-11	8,21E-11	3,60E-11	5,82E-11	1,47E-10	1,07E-10	1,58E-11	
			Projet 2026	1,09E-10	2,77E-11	2,32E-11	9,07E-11	9,71E-11	4,10E-11	6,41E-11	1,19E-10	1,14E-10	1,63E-11	
			Référence 2046	1,41E-10	4,02E-11	5,27E-11	1,66E-10	1,35E-10	5,74E-11	9,31E-11	3,73E-10	1,90E-10	2,96E-11	
			Projet 2046	1,68E-10	4,35E-11	3,59E-11	1,33E-10	1,56E-10	5,93E-11	8,76E-11	2,05E-10	1,60E-10	2,51E-11	
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	7,96E-12	2,49E-12	6,33E-12	1,77E-11	7,05E-12	3,59E-12	7,96E-12	3,26E-11	1,08E-11	3,31E-12	
			Référence 2026	4,05E-12	1,25E-12	3,10E-12	1,02E-11	3,54E-12	1,77E-12	4,35E-12	1,60E-11	5,51E-12	1,52E-12	
			Projet 2026	7,09E-12	1,54E-12	1,54E-12	3,83E-12	4,94E-12	2,30E-12	2,67E-12	7,00E-12	4,54E-12	1,31E-12	
			Référence 2046	3,75E-12	1,13E-12	2,69E-12	1,06E-11	3,26E-12	1,58E-12	3,70E-12	1,41E-11	5,03E-12	1,25E-12	
			Projet 2046	3,30E-12	7,38E-13	8,63E-13	1,83E-12	2,36E-12	1,08E-12	1,27E-12	3,32E-12	2,13E-12	6,23E-13	
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	1,08E-08										
			Référence 2026	1,08E-08										
			Projet 2026	1,08E-08										
			Référence 2046	1,08E-08										
			Projet 2046	1,08E-08										
Naphtalène	Epithélium olfactif	0,00E+00	Actuelle	4,11E-13	1,35E-13	2,35E-13	6,22E-13	4,26E-13	1,79E-13	2,86E-13	1,83E-12	6,65E-13	1,18E-13	
			Référence 2026	3,13E-13	1,04E-13	1,79E-13	4,75E-13	3,24E-13	1,36E-13	2,18E-13	1,39E-12	5,07E-13	8,97E-14	
			Projet 2026	3,64E-13	1,00E-13	8,16E-14	2,61E-13	3,61E-13	1,17E-13	1,52E-13	5,27E-13	2,92E-13	5,64E-14	
			Référence 2046	7,74E-14	2,55E-14	4,42E-14	1,18E-13	8,04E-14	3,39E-14	5,41E-14	3,45E-13	1,25E-13	2,22E-14	
			Projet 2046	9,17E-14	2,52E-14	2,05E-14	6,58E-14	9,09E-14	2,95E-14	3,80E-14	1,32E-13	7,34E-14	1,42E-14	
Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Actuelle	9,47E-10										
			Référence 2026	9,47E-10										
			Projet 2026	9,47E-10										
			Référence 2046	9,47E-10										
			Projet 2046	9,47E-10										
Arsenic	Poumons	1,60E-08	Actuelle	7,99E-10										
			Référence 2026	7,99E-10										
			Projet 2026	7,99E-10										
			Référence 2046	7,99E-10										
			Projet 2046	7,99E-10										
HAP	Poumons	3,47E-08	Actuelle	1,74E-09										
			Référence 2026	1,74E-09										
			Projet 2026	1,74E-09										
			Référence 2046	1,74E-09										
			Projet 2046	1,74E-09										
Total		1,26E-05	Actuelle	6,31E-07	6,30E-07	6,31E-07	6,33E-07	6,31E-07	6,30E-07	6,31E-07	6,40E-07	6,32E-07	6,30E-07	
			Référence 2026	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,30E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,32E-07	6,30E-07	6,29E-07	
			Projet 2026	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,30E-07	6,29E-07	
			Référence 2046	6,29E-07	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07							
			Projet 2046	6,29E-07										

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	C_18	C_19	C_20	C_21	C_22	C_23	A_1	A_2	S_1	A_3	
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	6,21E-07	6,16E-07	6,17E-07	6,23E-07	6,17E-07	6,18E-07	4,47E-06	4,48E-06	1,22E-08	4,47E-06	
			Référence 2026	6,17E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,17E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	4,46E-06	4,46E-06	1,22E-08	4,46E-06
			Projet 2026	6,17E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	4,46E-06	4,46E-06	1,22E-08	4,46E-06
			Référence 2046	6,16E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	4,46E-06	4,46E-06	1,22E-08	4,46E-06
			Projet 2046	6,16E-07	6,15E-07	6,15E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	6,16E-07	4,46E-06	4,46E-06	1,22E-08	4,46E-06
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	7,05E-11	1,70E-11	1,48E-11	5,12E-11	3,43E-11	5,43E-11	4,97E-10	2,19E-10	3,35E-13	9,89E-11	
			Référence 2026	8,68E-11	2,11E-11	1,93E-11	5,88E-11	3,97E-11	6,42E-11	5,65E-10	2,53E-10	3,98E-13	1,27E-10	
			Projet 2026	9,15E-11	2,42E-11	1,85E-11	6,28E-11	4,48E-11	6,81E-11	6,74E-10	2,95E-10	4,34E-13	1,22E-10	
			Référence 2046	1,63E-10	4,02E-11	4,04E-11	9,47E-11	6,54E-11	1,12E-10	8,91E-10	4,06E-10	6,92E-13	2,61E-10	
			Projet 2046	1,44E-10	4,36E-11	2,90E-11	8,76E-11	6,62E-11	9,55E-11	1,05E-09	4,78E-10	6,48E-13	1,88E-10	
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	1,79E-11	2,71E-12	4,14E-12	1,98E-11	4,75E-12	6,52E-12	5,21E-11	1,04E-10	5,74E-14	3,05E-11	
			Référence 2026	9,16E-12	1,36E-12	2,02E-12	1,02E-11	2,48E-12	3,28E-12	2,66E-11	6,80E-11	2,99E-14	1,49E-11	
			Projet 2026	7,43E-12	1,81E-12	1,26E-12	4,21E-12	2,49E-12	2,79E-12	4,51E-11	3,58E-11	2,38E-14	8,44E-12	
			Référence 2046	9,97E-12	1,24E-12	1,80E-12	9,01E-12	2,23E-12	2,94E-12	2,48E-11	7,85E-11	2,80E-14	1,30E-11	
			Projet 2046	3,40E-12	8,58E-13	6,57E-13	1,92E-12	1,17E-12	1,32E-12	2,10E-11	1,70E-11	1,13E-14	4,55E-12	
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	7,82E-08	7,82E-08	2,14E-10	7,82E-08	
			Référence 2026	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	7,82E-08	7,82E-08	2,14E-10	7,82E-08	
			Projet 2026	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	7,82E-08	7,82E-08	2,14E-10	7,82E-08	
			Référence 2046	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	7,82E-08	7,82E-08	2,14E-10	7,82E-08	
			Projet 2046	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	1,08E-08	7,82E-08	7,82E-08	2,14E-10	7,82E-08	
Naphtalène	Epithélium olfactif	0,00E+00	Actuelle	6,34E-13	1,59E-13	1,79E-13	3,07E-13	2,14E-13	3,89E-13	2,64E-12	1,33E-12	2,48E-15	1,13E-12	
			Référence 2026	4,83E-13	1,21E-13	1,36E-13	2,34E-13	1,63E-13	2,97E-13	2,02E-12	1,02E-12	1,90E-15	8,69E-13	
			Projet 2026	3,28E-13	1,22E-13	6,83E-14	1,61E-13	1,35E-13	1,72E-13	2,33E-12	1,19E-12	1,38E-15	4,29E-13	
			Référence 2046	1,20E-13	3,00E-14	3,38E-14	5,80E-14	4,04E-14	7,35E-14	4,99E-13	2,53E-13	4,70E-16	2,14E-13	
			Projet 2046	8,26E-14	3,06E-14	1,72E-14	4,05E-14	3,42E-14	4,33E-14	5,86E-13	2,99E-13	3,49E-16	1,08E-13	
Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Actuelle	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	6,86E-09	6,86E-09	1,88E-11	6,86E-09	
			Référence 2026	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	6,86E-09	6,86E-09	1,88E-11	6,86E-09	
			Projet 2026	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	6,86E-09	6,86E-09	1,88E-11	6,86E-09	
			Référence 2046	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	6,86E-09	6,86E-09	1,88E-11	6,86E-09	
			Projet 2046	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	9,47E-10	6,86E-09	6,86E-09	1,88E-11	6,86E-09	
Arsenic	Poumons	1,60E-08	Actuelle	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	5,79E-09	5,79E-09	1,59E-11	5,79E-09	
			Référence 2026	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	5,79E-09	5,79E-09	1,59E-11	5,79E-09	
			Projet 2026	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	5,79E-09	5,79E-09	1,59E-11	5,79E-09	
			Référence 2046	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	5,79E-09	5,79E-09	1,59E-11	5,79E-09	
			Projet 2046	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	7,99E-10	5,79E-09	5,79E-09	1,59E-11	5,79E-09	
HAP	Poumons	3,47E-08	Actuelle	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,26E-08	1,26E-08	3,44E-11	1,26E-08	
			Référence 2026	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,26E-08	1,26E-08	3,44E-11	1,26E-08	
			Projet 2026	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,26E-08	1,26E-08	3,44E-11	1,26E-08	
			Référence 2046	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,26E-08	1,26E-08	3,44E-11	1,26E-08	
			Projet 2046	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,74E-09	1,26E-08	1,26E-08	3,44E-11	1,26E-08	
Total		1,26E-05	Actuelle	6,34E-07	6,30E-07	6,30E-07	6,36E-07	6,30E-07	6,31E-07	4,57E-06	4,58E-06	1,25E-08	4,56E-06	
			Référence 2026	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,31E-07	6,29E-07	6,29E-07	4,56E-06	4,56E-06	1,25E-08	4,56E-06	
			Projet 2026	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,29E-07	6,29E-07	4,56E-06	4,56E-06	1,25E-08	4,56E-06	
			Référence 2046	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	4,56E-06	4,55E-06	1,25E-08	4,55E-06	
			Projet 2046	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,29E-07	4,56E-06	4,55E-06	1,25E-08	4,55E-06	

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Situation	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8		Epithélium olfactif		Référence 2026	4,68E-13	2,17E-12	3,28E-12	1,34E-12	7,24E-13
Benzène	Sang	1,23E-05	Actuelle	4,46E-06	4,48E-06	4,49E-06	4,47E-06	4,46E-06	Benzo(a)pyrène	Poumons	1,89E-08	Projet 2026	4,42E-13	2,27E-12	3,45E-12	1,46E-12	7,26E-13
			Référence 2026	4,46E-06	4,46E-06	4,47E-06	4,46E-06	4,46E-06				Référence 2046	1,16E-13	5,38E-13	8,10E-13	3,31E-13	1,79E-13
			Projet 2026	4,46E-06	4,46E-06	4,47E-06	4,46E-06	4,46E-06				Projet 2046	1,11E-13	5,71E-13	8,69E-13	3,67E-13	1,83E-13
			Référence 2046	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06				Actuelle	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09
			Projet 2046	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06	4,46E-06				Référence 2026	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09
Chrome	Poumons	0,00E+00	Actuelle	8,69E-11	3,47E-10	5,34E-10	2,92E-10	9,83E-11	Arsenic	Poumons	1,60E-08	Projet 2026	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09
			Référence 2026	1,02E-10	4,20E-10	6,46E-10	3,37E-10	1,22E-10				Référence 2046	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09
			Projet 2026	1,17E-10	4,89E-10	7,49E-10	3,99E-10	1,41E-10				Projet 2046	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09	6,86E-09
			Référence 2046	1,74E-10	7,66E-10	1,18E-09	5,53E-10	2,37E-10				Actuelle	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09
			Projet 2046	1,86E-10	8,51E-10	1,31E-09	6,34E-10	2,57E-10				Référence 2026	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09	5,79E-09
1,3 butadiène	Sang	0,00E+00	Actuelle	1,17E-11	7,67E-11	9,20E-11	2,89E-11	1,61E-11	HAP	Poumons	3,47E-08	Projet 2026	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08
			Référence 2026	5,87E-12	4,06E-11	4,69E-11	1,46E-11	8,09E-12				Référence 2046	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08
			Projet 2026	7,01E-12	5,21E-11	5,90E-11	2,02E-11	1,08E-11				Projet 2046	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08
			Référence 2046	5,31E-12	3,85E-11	4,48E-11	1,33E-11	7,39E-12				Actuelle	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08
			Projet 2046	3,35E-12	2,49E-11	2,84E-11	9,65E-12	5,14E-12				Référence 2026	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08	1,26E-08
Nickel	Poumons	2,16E-07	Actuelle	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	Total		1,26E-05	Projet 2026	4,56E-06	4,58E-06	4,58E-06	4,56E-06	4,56E-06
			Référence 2026	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08				Référence 2046	4,55E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,55E-06	4,55E-06
			Projet 2026	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08				Projet 2046	4,55E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,55E-06	4,55E-06
			Référence 2046	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08				Actuelle	4,55E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,56E-06
			Projet 2046	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08	7,82E-08				Référence 2026	4,55E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,56E-06	4,56E-06
Naphtalène		0,00E+00	Actuelle	6,14E-13	2,85E-12	4,31E-12	1,76E-12	9,50E-13	1,19E-12								

XI.3. Valeurs toxicologiques de référence

Chaque instance (EPA, OMS/IPCS, RIVM, OEHHA, Health Canada...) 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).

Figure 70 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances – risques 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

Figure 71 : 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

Figure 72 : 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

Différentes classifications des composés cancérogènes 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 cancérogène (parfois appelé cancérogène avéré ou cancérogène certain),
- Groupe 2A : agent probablement cancérogène,
- Groupe 2B : agent peut être cancérogène (parfois appelé cancérogène possible),
- Groupe 3 : agent inclassable quant à sa cancérogénicité,
- Groupe 4 : agent probablement pas cancérogène.

L'Union Européenne définit 3 groupes :

- Catégorie 1 (ou 1A selon le règlement CLP 1272/2008) : substances que l'on sait être cancérogènes 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 cancérogènes 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 cancérogènes 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 cancérogènes 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 cancérogène, 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 cancérogène, 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 cancérogènes

L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérogène 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	Térogène	REL = 2.10 ⁻⁴ mg/m ³	OEHHA	2008

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
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
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer pulmonaire	EURi = 3,3.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	2009
Arsenic	Ingestion	Chronique	Cancérigène	Cancer cutané	ERUo = 1,5 (mg/(kg.j)) ⁻¹	OEHHA	2009
Arsenic	Inhalation	Chronique	Cancérigène		EURi = 1,5.10 ⁻⁴ (µg/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 hémotoxiques 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 µg/m ³	ATSDR	2008
Benzène	Orale	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	Oral RfD = 4.10 ⁻³ mg/(kg.j)	US EPA	-
Benzène	Orale	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	Oral MRL = 5.10 ⁻⁴ mg/(kg.j)	ATSDR	2007
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	RfC = 3.10 ⁻² mg/m ³	US EPA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes immunologique	MRL = 0,003 ppm soit MRL = 0,01 µg/m ³	ATSDR	2007
Benzène	Inhalation	Subchronique	Seuil	Atteintes immunologique	MRL = 0,006 ppm soit MRL = 0,02 µg/m ³	ATSDR	2007

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Benzène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atteintes hématologique et développement du système nerveux	REL = 3 µg/m ³	OEHHA	-
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	Leucémie	Oral slope factor = 1,5.10 ⁻² (mg/(kg.j)) ⁻¹	US EPA	-
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	-	CR _{oral} =3,3 µg/(kg.j) Soit un ERUi = 3.10 ⁻² (µg/(kg.j)) ⁻¹	RIVM	1999-2000
Benzène	Orale	Chronique	Cancérogène	-	Oral slope factor = 0,1 (mg/(kg.j)) ⁻¹		
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	ERUi = 2,2.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	US EPA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	-	CT _{0,05} = 15 mg/m ³ Soit ERUi = 3,3.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1991
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	-	CR _{inhal} = 20 µg/m ³ Soit un ERUi = 5.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	RIVM	1999-2000
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	-	ERUi = 2,9.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	-
Benzène	Inhalation	Chronique	A seuil	-	10 µg/m ³	ANSES	2008
Benzène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	ERUi = 2,6.10 ⁻⁵ (µg/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 cancérigènes

Bien que les effets cancérigènes 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 cancérigène 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 cancérigène.

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	ERUo = 7,3 (mg/(kg.j)) ⁻¹	US EPA	1994
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Poumons	ERUi = 8,7.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	OMS	2000

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tractus respiratoire	CT _{0,05} = 1,6 mg/m ³ Soit ERUi = 3,1 . 10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1993
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	Nombreux organes	CR _{oral} = 5.10 ⁻⁴ mg/(kg.j) Soit un ERUo = 200 (mg/(kg.j)) ⁻¹	RIVM	2001
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tractus respiratoire	ERUi = 1,1.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA Sélection ANSES)	2008
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	Tumeurs gastriques, pulmonaire et leucémies	ERUo = 12 (mg/(kg.j)) ⁻¹	OEHHA	2002
B(a)P	Absorption	Chronique	Cancérogène	-	ERUo = 1 (mg/(kg.j)) ⁻¹	US EPA (Sélection ANSES)	2017
B(a)P	Absorption	Chronique	A seuil	-	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j	US EPA (Sélection ANSES)	2017
B(a)P	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tumeurs respiratoires	ERUi = 6.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	INERIS	2018
B(a)P	Inhalation	Chronique	A seuil	-	2.10 ⁻³ µg/m ³	INERIS	2018

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 cancérigènes

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 µg/m ³	US EPA	2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	ERUi = 3.10 ⁻⁵	US EPA	2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Seuil	Atrophie ovarienne	REL = 20 µg/m ³	OEHHA	2001
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	CT _{0,01} = 1,7 mg/m ³ Soit ERUi = 5,9.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	2000

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Tumeurs pulmonaires	ERUi = 1,7.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	1992/2002
1-3 butadiène	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Leucémie	ERUi = 2,43.10 ⁻⁴	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 cancérogènes

Le caractère cancérogène 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 cancérogène 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	Cancérogène	Cancer pulmonaire	ERUi=1,2.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	US EPA	1998
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérogène	Cancer pulmonaire	ERUi=4.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹	OMS IPCS (Retenu par l'ANSES)	2000 2012
Chrome VI	Inhalation	Chronique	Cancérogène	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	Cancérogène	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	Cancérogène	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	Cancérogène	Cancer pulmonaire	ERUi=1,5.10 ⁻¹ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	2002
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Cancérogène	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

Espèce	Voie d'exposition	Type d'exposition	Type d'effet	Effet	VTR	Source	Date
Chrome VI	Ingestion	Chronique	Cancérigène		$ERUo = 5.10^{-1} (\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{j}))$	OEHHA (Retenu ANSES)	2011

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	$ERUi = 5,6.10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	ANSES	2013
Naphtalène	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Epithélium nasal	$ERUi = 3,4.10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	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 débilite. 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 1 µg 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	Cancérigène	Cancer du poumon et du larynx	ERUi = 3,8.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	OMS	2000
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer du poumon et du larynx	ERUi=2,6.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA	2002
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérigène	Cancer du poumon et du larynx	CT _{0,05} =0,07 mg/m ³ Soit ERUi=7,1.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada	1993
Nickel	Inhalation	Chronique	Cancérigène		1,7.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹	TCEQ (Sélection ANSES)	2011

Cette page est laissée libre intentionnellement pour la pagination de l'impression.