

MAÎTRE D'OUVRAGE :



MANDATAIRE DU MAÎTRE D'OUVRAGE :



## MAÎTRISE D'ŒUVRE GÉNÉRALE

Aménagement de Chronolignes sur le réseau urbain de transport public de **Le Mans Métropole**

## ETUDE AIR & SANTE

Groupement de maîtrise d'œuvre



### Codification du document

Projet	Phase	Emetteur	Type	Repère	Numéro	Indice
3CL	AVP	MOEG	NT	GL	XXXXX	B

Contrôle du document			
	ETABLI PAR	VERIFIE PAR	APPROUVE PAR
<b>PRENOM, NOM</b>	Anh-Huy LE	Ramzi SANGARANE	Céline BARUTHIO Olivier THEVENOT
<b>FONCTION</b>	Chargé d'études	Chef de projet air & santé	Responsable des procédures administratives Directeur de projet
<b>DATE</b>	27/06/2022	06/07/2022	
<b>VISA</b>			

<b>DIFF. EXTERNE</b>	
<b>DIFF. INTERNE</b>	

Suivi des modifications			
INDICE	ETABLI PAR	DATE	OBJET DE LA MODIFICATION
<b>A</b>	Ramzi SANGARANE Anh-Huy LE	27/06/2022	Document initial

# SOMMAIRE

<b>1. Présentation du projet</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Définition du domaine d'étude et de la bande d'étude</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Domaine d'étude</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. Bande d'étude</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3. Définition du niveau d'étude</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Partie 1 : Etat initial</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Documents cadres</b> .....	<b>10</b>
3.1.1. Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE).....	10
3.1.2. Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA).....	10
3.1.3. Plan National Santé Environnement (PNSE).....	10
3.1.4. Plan Régional Santé Environnement (PRSE).....	11
<b>3.2. Réglementation française</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Identification des principales sources d'émissions atmosphériques</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1. Inventaire des émissions</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2. Inventaires des axes routiers</b> .....	<b>13</b>
<b>4.3. Inventaire des industries</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Analyse des données sanitaires</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1. Rappel des effets de la pollution sur la santé</b> .....	<b>15</b>
<b>5.2. Données sanitaires</b> .....	<b>15</b>
5.2.1. Définition.....	15
5.2.2. Chiffres clés.....	15
5.2.3. Principales causes de mortalité.....	16
<b>6. Analyse du domaine d'étude</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1. Identification des sites sensibles</b> .....	<b>17</b>
<b>6.2. Analyse de la population – données INSEE</b> .....	<b>22</b>
6.2.1. Evolution et structure de la population.....	22
6.2.2. Emploi et population active.....	22
6.2.3. Logements.....	23
<b>6.3. Synthèse</b> .....	<b>23</b>
<b>7. Données existantes sur la qualité de l'air</b> .....	<b>24</b>
<b>7.1. Mesures des stations permanentes d'Air Pays de la Loire</b> .....	<b>24</b>
<b>7.2. Réseau de surveillance</b> .....	<b>24</b>
<b>7.3. Résultats des mesures Air Pays de la Loire</b> .....	<b>25</b>
7.3.1. Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ).....	25
7.3.2. Particules fines PM10 et PM2,5.....	27
7.3.3. Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ).....	31
7.3.4. L'ozone (O <sub>3</sub> ).....	31
7.3.5. Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	33
7.3.6. Benzo(a)pyrène (BaP).....	33
7.3.7. Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel.....	33
7.3.8. Monoxyde de carbone (CO).....	34
<b>7.4. Synthèse</b> .....	<b>34</b>
<b>7.5. Indice de qualité de l'air</b> .....	<b>35</b>
<b>7.6. Conclusions</b> .....	<b>35</b>
<b>8. Diagnostic de la qualité de l'air – Campagne de mesures</b> .....	<b>36</b>
<b>8.1. Matériels et méthodes</b> .....	<b>36</b>
8.1.1. Les tubes passifs à dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ).....	36
8.1.2. Capteurs PM10.....	36
<b>8.2. Conditions météorologiques</b> .....	<b>37</b>
<b>8.3. Résultats des mesures de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b> .....	<b>37</b>
<b>8.4. Résultats des mesures de PM10</b> .....	<b>39</b>
<b>8.5. Comparaison des résultats des mesures avec les données Air Pays de la Loire</b>	<b>41</b>
<b>9. Modélisation des impacts de la pollution de l'air</b> .....	<b>42</b>
<b>9.1. Domaine d'étude</b> .....	<b>42</b>
<b>9.2. Réseau routier</b> .....	<b>42</b>
<b>9.3. Relief</b> .....	<b>42</b>
<b>9.4. Description des conditions météorologiques</b> .....	<b>43</b>
<b>9.5. Détermination du trafic</b> .....	<b>43</b>
<b>9.6. Répartition du parc automobile</b> .....	<b>44</b>

9.7. Définition des facteurs d'émissions unitaires.....	44	14.1. Méthodologie.....	67
<b>10. Calcul des émissions polluantes .....</b>	<b>45</b>	14.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition à étudier	67
10.1. Méthodologie.....	45	14.3. Etape 1 : Identification des dangers.....	70
10.2. Bilan des émissions sur le domaine d'étude.....	45	14.4. Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence	71
10.3. Bilan de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde de carbone	47	14.4.1. Méthode .....	71
<b>11. Calcul des coûts collectifs.....</b>	<b>48</b>	14.4.2. Sources de données .....	71
11.1. Méthodologie .....	48	14.4.3. Choix des valeurs toxicologiques de référence .....	72
11.2. Valeurs de référence.....	48	14.5. Etape 3 : Evaluation des expositions.....	73
11.2.1. Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à la pollution de l'air	48	14.5.1. Voies et vecteurs d'exposition.....	73
11.2.2. Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à l'effet de serre additionnel	48	14.5.2. Scénario d'exposition retenu .....	74
11.3. Application au projet .....	49	14.5.3. Synthèse des scénarios sélectionnés par typologies de risque d'exposition	74
11.3.1. Calcul des coûts collectifs liés à la pollution de l'air .....	49	14.5.4. Estimation des concentrations en substances dans l'air .....	74
11.3.2. Calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel .....	49	14.5.5. Prise en compte du bruit de fond local .....	75
<b>12. Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants.....</b>	<b>50</b>	14.5.6. Concentrations retenues pour l'ERS.....	76
12.1. Présentation générale du code utilisé.....	50	14.6. Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires .....	91
12.2. Mise en œuvre des simulations .....	50	14.6.1. Méthode .....	91
12.2.1. La formule des écarts-type (modèle de dispersion).....	50	14.6.2. Estimation des risques cumulés.....	91
12.2.2. Caractéristiques des polluants .....	50	14.6.3. Résultats .....	92
12.2.3. Pollution de fond retenue pour l'étude.....	51	<b>15. Analyses et incertitudes.....</b>	<b>111</b>
12.2.4. Résultats des simulations .....	51	15.1. Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques.....	111
<b>13. Evaluation de l'exposition avec l'Indice Pollution-Population (IPP) .....</b>	<b>65</b>	15.1.1. Inventaire des substances émises et liste des substances étudiées	111
13.1. Définition de la zone prise en compte.....	65	15.1.2. Quantification des émissions en substance des véhicules .....	111
13.2. Choix du polluant indicateur.....	65	15.2. Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques.....	111
13.3. Méthode de calcul .....	65	15.3. Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable)....	111
13.4. Calcul de l'IPP du projet.....	65	<b>16. Conclusions.....</b>	<b>113</b>
13.4.1. IPP cumulé .....	65		
13.4.2. Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentration	66		
<b>14. Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) .....</b>	<b>67</b>		

## 1. Présentation du projet

Le Mans Métropole s'est engagé sur le projet de développement de son réseau de transport urbain, dont l'ambition est de faire évoluer, significativement, les pratiques de mobilité au sein de son territoire.

Face à ce défi, la maîtrise d'ouvrage a souhaité compléter son réseau de transport en commun actuel (2 lignes de tramway et 1 ligne Tempo) par la réalisation de 3 Chronolignes.

Dans le réseau de transport en commun de l'agglomération du Mans, les 3 Chronolignes assurent aujourd'hui 15% de la fréquentation totale du réseau.

Les lignes 4, 5 et 6, dont les tracés reprennent tout ou partie des tracés des Chronolignes, rencontrent des difficultés de maîtrise de leurs temps de parcours, engendrant un niveau de service rendu à l'utilisateur trop faible au regard de leur importance dans le réseau (vitesse commerciale : autour de 17km/h pour les lignes 4 et 6 et de 15km/h pour la ligne 5).

Les études préliminaires ont permis d'identifier les mesures nécessaires pour faire de ces lignes existantes des Chronolignes constituant une offre de transport performante, soit :

- Une fréquence significative et sécurisée : entre 10 et 15 minutes en heure de pointe,
- Amplitude horaire importante : 6h / 23h,
- Continuité de service le samedi et pendant les vacances scolaires,
- Des conditions d'accessibilité à la ligne pour les PMR qui seront améliorées,
- Une visibilité de la ligne accrue, via une signalétique spécifique....

La carte suivante présente le tracé des 3 Chronolignes.

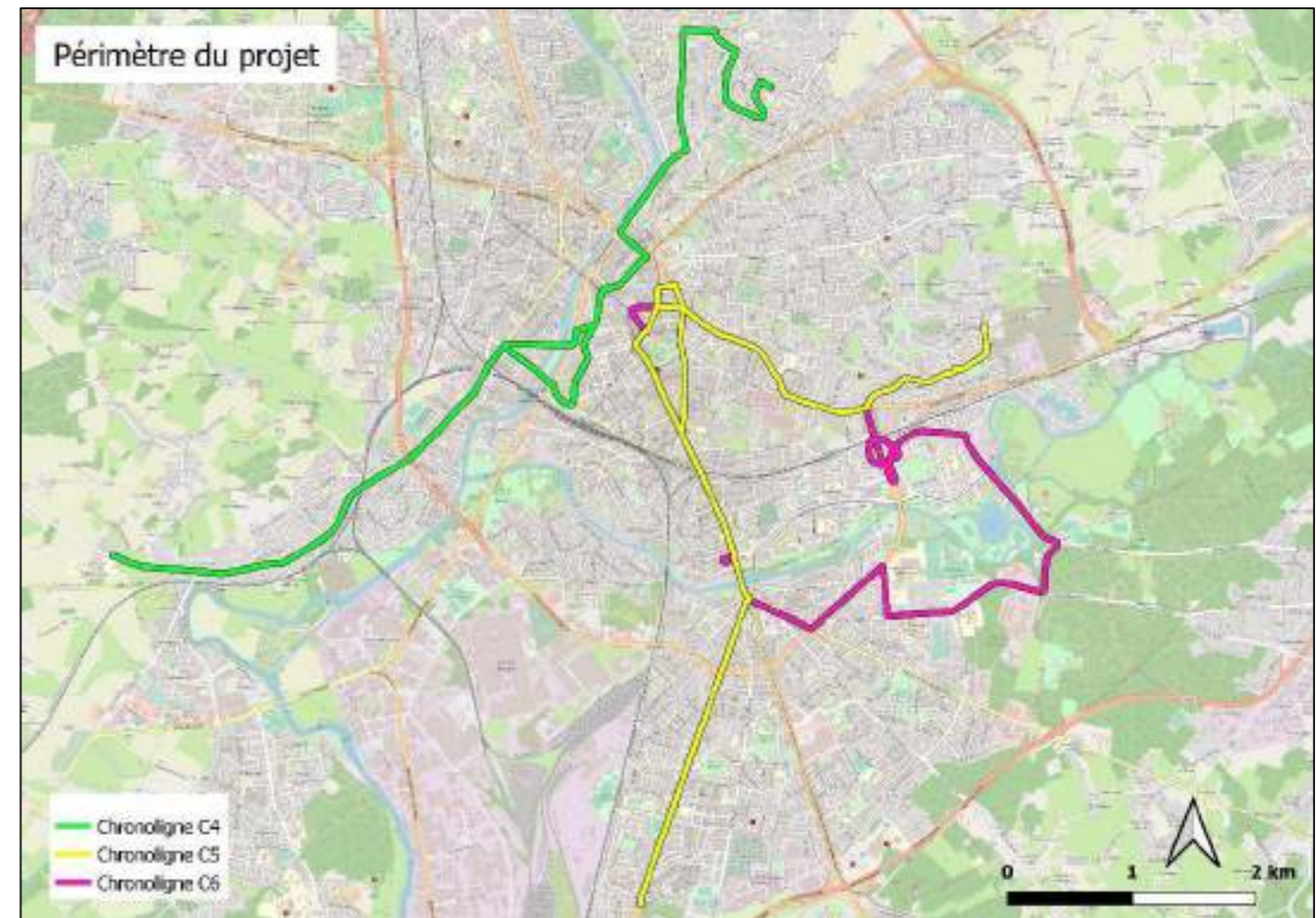


Figure 1 : Périmètre du projet

**Le but de l'étude air et santé est d'évaluer la qualité de l'air actuelle et future sur le site du projet.**

## 2. Définition du domaine d'étude et de la bande d'étude

### 2.1. Domaine d'étude

Le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou diminution) des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet.

Cette modification de trafic doit être évaluée en comparant les situations AVEC et SANS aménagement au même horizon.

En milieu urbain : la variation de trafic sera examinée à l'heure de pointe la plus chargée (HPS ou HPM). Elle sera également calculée à partir du trafic moyen journalier annuel (TMJA) dans le cas où l'on dispose des données correspondantes.

En milieu interurbain : la variation de trafic sera évaluée à partir du TMJA.



Figure 2 : Variation de trafic AVEC et SANS projet à l'horizon 2040 – source : Transitec

### 2.2. Bande d'étude

En termes de qualité de l'air et de santé, la bande d'étude est centrée sur chaque section étudiée qui subit, du fait de la réalisation du projet, une hausse (ou une baisse) significative de son niveau trafic (variation de  $\pm 10\%$ , comme pour le domaine d'étude).

Pour la pollution gazeuse, la largeur de la bande d'étude centrée sur l'axe de la voie est définie suivant le trafic circulant sur la voie la plus chargée concernée par le projet.

Le tableau présente la largeur de la bande à retenir en fonction du niveau de trafic de la voie.

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres) centrée sur l'axe de la voie
Supérieur à 50 000	600
De 25 000 à 50 000	400
De 10 000 à 25 000	300
Inférieur à 10 000	200

Tableau 1 : Largeur de la bande d'étude en fonction du trafic - source : guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du 22 février 2019

Pour la pollution particulaire (métaux lourds...), la largeur globale de la bande d'étude est fixée à 200 m, centrée sur l'axe de la voie, quel que soit le trafic.

Selon les données trafics, en situation actuelle et future, établis par le bureau d'études Transitec, le trafic maximal, observé sur les voies concernées par le projet de Chronolignes, est d'environ 24 000 véhicules par jour. Ce trafic est celui du boulevard Nicolas Cugnot (RD314).

**En fonction de ce trafic, la bande d'étude à retenir est de 300 mètres, soit 150 mètres de part et d'autre des axes routiers.**

Nous allons retenir cette largeur de bande d'étude pour l'ensemble des axes routiers étudiés. La carte suivante présente l'étendue de la bande d'étude retenue pour le projet.

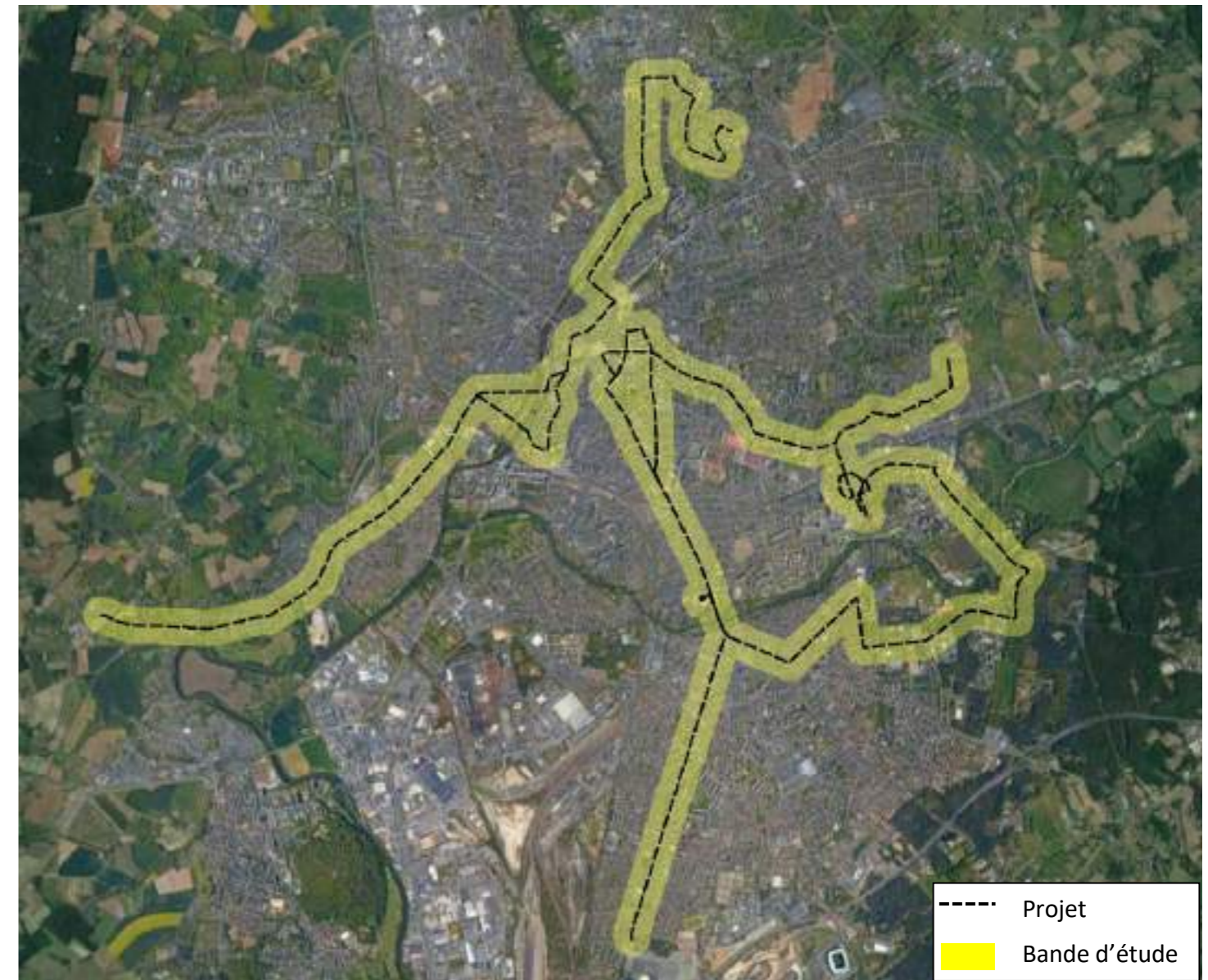


Figure 3 : Etendue de la bande d'étude

### 2.3. Définition du niveau d'étude

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

Quatre niveaux d'études sont distingués, en fonction de deux paramètres principaux qui sont les suivants : la charge prévisionnelle de trafic et le nombre de personnes concernées par le projet.

Trafic à l'horizon d'étude et densité (hab/km <sup>2</sup> ) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	De 25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou de 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	De 10 000 à 25 000 véh/j ou de 1 000 à 2 500 uvm/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km <sup>2</sup>	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité 2 000 à 10 000 hab/km <sup>2</sup>	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité < 2000 hab/km <sup>2</sup>	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

Tableau 2 : Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de longueur du projet - source : guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du 22 février 2019

Selon les données de trafic disponible, le trafic maximal observé sur les axes des Chronolignes est d'environ 24000 véhicules par jour sur la RD314.

Les données de répartition de la population de 2017 sur la zone d'étude ont été acquises auprès de l'INSEE (mise en ligne le 22/10/2019).

Sur la bande d'étude, la densité de population est supérieure à 10 000 hab/km<sup>2</sup>.

**Dans ce cas, en considérant un trafic inférieur à 25 000 véh/jour et une densité supérieure à 10 000 hab/km<sup>2</sup>, l'étude air à réaliser est de niveau 2.**

**Le niveau d'étude sera remonté au niveau 1, niveau d'étude le plus exigeant, pour la raison suivante : présence de nombreux sites vulnérables (crèches, écoles maternelles, écoles élémentaires, établissement de santé et résidences de personnes âgées) à la qualité de l'air dans la bande d'étude**

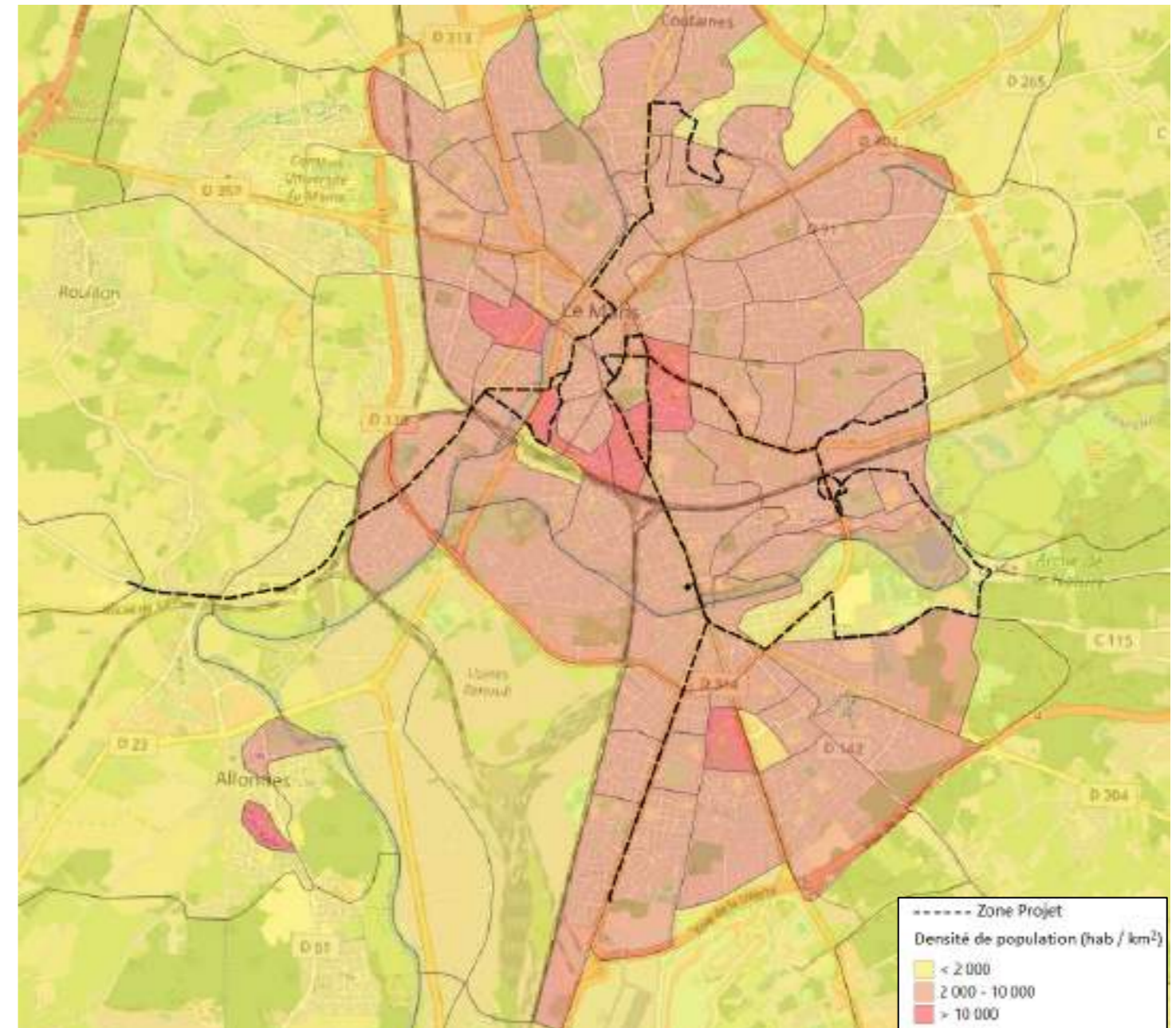


Figure 4 : Densité de population – source : INSEE 2017

Selon le niveau d'étude, les exigences réglementaires diffèrent également.

Ainsi, d'après la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la population de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières, **les études de niveau 1 requièrent :**

- Qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié indice pollution – population (IPP) ;



- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) sur le périmètre d'étude.

Les polluants étudiés sont :

- Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$ ),
- Les particules  $\text{PM}_{10}$  (particules en suspension avec diamètre inférieur à 10 micromètres),
- Les particules  $\text{PM}_{2,5}$  (particules en suspension avec diamètre inférieur à 2,5 micromètres),
- Le monoxyde de carbone (CO),
- Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM),
- Le benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ),
- Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ),
- L'arsenic (As),
- Le nickel (Ni),
- Le benzo(a)pyrène (BaP),
- Le 1,3-butadiène ( $\text{C}_4\text{H}_6$ ),
- Le chrome (Cr),
- 15 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

La liste des 15 HAP à considérer est la suivante :

- Acénaphène,
- Acénaphylène,
- Anthracène,
- Benzo[a]anthracène,
- Benzo[b]fluoranthène,
- Benzo[k]fluoranthène,
- Benzo[ghi]pérylène,
- Chrysène,
- Dibenzo[ah]anthracène,
- Fluorène,
- Fluoranthène,
- Indéno[123-cd]pyrène,
- Phénanthrène,
- Pyrène,
- Benzo[j]fluoranthène.

### 3. Partie 1 : Etat initial

L'état initial dans l'étude « Air » permet de qualifier les paramètres environnementaux relatifs à l'air – avant la mise en œuvre du projet d'aménagement – cela afin d'établir un « état initial ». Cet état initial servira de référence pour le suivi de la qualité de l'air en ce qui concerne les années à venir. Cet état est également appelé « état zéro » et porte sur les polluants atmosphériques réglementés.

Cette phase consiste à caractériser la qualité de l'air actuelle dans le domaine d'étude. Elle sera faite par le biais :

- D'une analyse des moyens politiques et stratégiques mise en place à différentes échelles pour encadrer les actions contre le problème de la pollution de l'air et de ses effets sur la santé des populations ;
- D'une analyse des résultats des mesures des stations Air Pays de la Loire (association agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Pays de la Loire) ;
- Des mesures in situ des concentrations des polluants dans l'air.

#### 3.1. Documents cadres

##### 3.1.1. Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE)

La loi dite « Grenelle 2 », promulguée le 12 juillet 2010 prévoit par son article 68 la mise en place de Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE).

Le SRCAE, révisable tous les 5 ans, est régi par les articles L. 222-1, 2 et 3 du Code de l'Environnement.

D'une part, le SRCAE doit contenir :

- Des orientations permettant de réduire les émissions des gaz à effet de serre ;
- Des objectifs régionaux de maîtrise de demande en énergie ;
- Des objectifs de valorisation du potentiel d'énergies renouvelables ;
- Des orientations d'adaptation au changement climatique ;
- Des orientations concernant la pollution atmosphérique ;
- Et, plus spécifiquement, des orientations permettant, pour atteindre les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L.221-1 du code de l'environnement, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets.

À ce titre, le SRCAE définit des normes de qualité de l'air propres à certaines zones lorsque leur protection le justifie.

D'autre part, ce schéma est concerné par :

- Un bilan régional de consommation et production énergétiques ;
- Un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- Un bilan des émissions de polluants atmosphériques et de la qualité de l'air ;
- L'évaluation du potentiel d'économies d'énergie par secteur ;
- L'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables ;
- L'analyse de la vulnérabilité de la région aux effets du changement climatique.

Le SRCAE des Pays de la Loire portant engagement national pour l'environnement a été adopté par arrêté du Préfet de région le 18 avril 2014.

En fin de compte, il ressort du SRCAE des Pays de la Loire 29 orientations visant une accentuation de l'effort en matière de sobriété et d'efficacité énergétiques et une valorisation du potentiel régional des énergies renouvelables dans des conditions acceptables sur les plans économiques, environnementaux et sociaux.

Le SRCAE définit trois grandes priorités régionales pour 2020 :

- **La réduction des consommations énergétiques** qui sera majoritairement portée par le secteur du bâtiment avec une ambition forte de rénovation énergétique des bâtiments existants et par le transport avec un recours massif aux modes doux pour les courtes distances et aux transports collectifs pour les plus longues distances en alternative de la voiture ;
- **La réduction des émissions des GES** par la diminution progressive de la part du mode routier dans les modes de transport ;
- **Une multiplication par plus de 8 des productions d'énergies renouvelables** issues du biogaz, de l'éolien, des pompes à chaleur et du solaire.

##### 3.1.2. Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Introduit par le Code de l'Environnement (Partie législative, Section 2 : Plans de protection de l'atmosphère) et mis en application par le décret du 25 mai 2001, le PPA fixe des objectifs de réduction de polluants atmosphériques pouvant nécessiter la mise en place de mesures contraignantes spécifiques à la zone couverte par le plan (à la différence du SRCAE qui fixe seulement des orientations et recommandations pour atteindre les objectifs de qualité).

Le PPA vise à ramener les concentrations en polluants à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées sur la base des connaissances scientifiques. Le but étant d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Les PPA sont obligatoires pour toutes les zones agglomérées de plus de 250 000 habitants et les zones dépassant (ou présentant un risque de dépassement) des valeurs limites.

L'agglomération du Mans n'est pas concernée.

##### 3.1.3. Plan National Santé Environnement (PNSE)

Le troisième PNSE (période 2015-2019) témoigne de la volonté du gouvernement de réduire autant que possible et de façon la plus efficace les impacts des facteurs environnementaux sur la santé afin de permettre à chacun de vivre dans un environnement favorable à la santé.

Le PNSE 3 comporte une centaine d'actions à mettre en place, notamment concernant la qualité de l'air :

- Action n°42 : cartographier la qualité de l'air des zones sensibles ;
- Action n°50 : élaborer un nouveau Programme de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques nocifs pour la santé et ayant un impact sur le climat (PREPA) ;
- Action n°51 : réduire les émissions liées aux secteurs résidentiel et agricole ;

- Action n°52 : améliorer les connaissances liées à la qualité de l'air à différentes échelles et mieux caractériser les sources ;
- Action n°99 : développer la diffusion de l'information visant à favoriser la prise en compte de la qualité de l'air et de ses impacts sanitaires, notamment sur les personnes vulnérables (jeunes enfants, ...), dans les projets d'aménagement et d'urbanisme (installation de crèches, écoles à proximité d'axes à fort trafic routier), notamment dans le cadre du porter à connaissance de l'État lors de l'élaboration des documents d'urbanisme ;
- Action n°100 : donner aux communes et aux intercommunalités le pouvoir de mettre en œuvre des zones de restriction de circulation sur leur territoire afin de réduire notamment les émissions de particules et d'oxydes d'azote.

Le quatrième PNSE (période 2021-2025) a pour ambition de mieux comprendre les risques environnementaux auxquels la population est exposée afin de mieux la protéger. Il est fondé autour de 4 axes et 20 actions dont certaines, comme pour le plan précédent, concernent la qualité de l'air telles que :

- Action n°1 : Connaître l'état de l'environnement à côté de chez soi et les bonnes pratiques à adopter (la qualité de l'air, la présence d'allergènes, des situations climatiques particulières, pics de pollution...)
- Action n°14 : Améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des actions à la source sur les produits ménagers et les biocides.
- Action n°16 : Créer une plateforme collaborative pour les collectivités sur les actions en santé environnement et renforcer les moyens des territoires pour réduire les inégalités territoriales en santé environnement (formations sur la qualité de l'air extérieur, ...)

### 3.1.4. Plan Régional Santé Environnement (PRSE)

Le troisième PRSE (période 2017-2021) décline de manière opérationnelle les actions du PNSE 3 tout en veillant à prendre en compte des problématiques locales et à promouvoir des actions propres à la région Pays de la Loire.

Le PRSE 3 comporte 5 axes stratégiques, 12 objectifs principaux, dont 4 objectifs « phares » à fort enjeu régional.

## 3.2. Réglementation française

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes.

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. 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 »

Le décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air définit la liste des polluants à suivre ainsi que seuils réglementaires.

Les polluants réglementés pour la qualité de l'air sont :

- Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ;
- Les particules en suspension (PM10 et PM2,5) ;

- Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ;
- L'ozone (O<sub>3</sub>) ;
- 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).

Les seuils réglementaires pour la qualité de l'air sont définis selon les différentes typologies dont la définition est donnée ci-dessous.

**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.

**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.

**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.

**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.

**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.

Les seuils réglementaires pour la qualité de l'air sont synthétisés dans les tableaux suivants :

OMS / UE / FR = origines des valeurs

DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )		
Objectif de qualité	40 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
	40 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle
Niveau critique pour la protection de la végétation (NO <sub>x</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle d'oxydes d'azote
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne horaire
Seuils d'alerte	400 µg/m <sup>3</sup> (UE)	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	ou si 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire à J-1 et à J et prévision de 200 µg/m <sup>3</sup> à J+1 (FR)	

OXYDES D'AZOTE (NO <sub>x</sub> )		
Niveau critique pour la protection de la végétation	30 µg eq (NO <sub>2</sub> ) /m <sup>3</sup>	en moyenne annuelle

PARTICULES (PM <sub>10</sub> )		
Objectif de qualité	30 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne sur 24 heures

PARTICULES (PM <sub>2,5</sub> )		
Objectif de qualité	10 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	20 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite 2015 pour la protection de la santé humaine	25 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle

Tableau 3 : Seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur 1/3

DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )		
Objectif de qualité	50 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an
	125 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Niveau critique pour la protection des écosystèmes	20 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle et en moyenne sur la période du 1 <sup>er</sup> octobre au 31 mars
Seuil d'information et de recommandation	300 µg/m <sup>3</sup>	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	300 µg/m <sup>3</sup>	en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

OZONE (O <sub>3</sub> )		
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup>	pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an
Objectif de qualité pour la protection de la végétation	6 000 µg/m <sup>3</sup> .h	en ACT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet entre 8h et 20h
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup>	maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (en moyenne sur 3 ans)
Valeur cible pour la protection de la végétation	18 000 µg/m <sup>3</sup> .h (UE)	en ACT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet entre 8h et 20h (en moyenne sur 3 ans)
Seuil d'information et de recommandation	180 µg/m <sup>3</sup>	en moyenne horaire
Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population	240 µg/m <sup>3</sup>	en moyenne horaire
Seuils d'alerte nécessitant la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence	1 <sup>er</sup> seuil : 240 µg/m <sup>3</sup>	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	2 <sup>ème</sup> seuil : 300 µg/m <sup>3</sup>	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	3 <sup>ème</sup> seuil : 360 µg/m <sup>3</sup>	en moyenne horaire

MONOXYDE DE CARBONE (CO)		
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	10 mg/m <sup>3</sup> ou 10 000 µg/m <sup>3</sup> (FR)	pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures

BENZÈNE (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )		
Objectif de qualité	2 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5 µg/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle

Tableau 4 : Seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur 2/3

MÉTAUX LOURDS			
Objectif de qualité	Plomb (Pb)	0,25 µg/m <sup>3</sup> (FR)	en moyenne annuelle
		0,5 µg/m <sup>3</sup> (UE)	
Valeur cible à compter de 2013	Arsenic (As)	6 ng/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM <sub>10</sub>
	Cadmium (Cd)	5 ng/m <sup>3</sup> (UE)	
	Nickel (Ni)	20 ng/m <sup>3</sup> (UE)	

BENZO(A)PYRÈNE (B[A]P)		
Valeur cible à compter de 2013	1 ng/m <sup>3</sup> (UE)	en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM <sub>10</sub>

Tableau 5 : Seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur 3/3

## 4. Identification des principales sources d'émissions atmosphériques

### 4.1. Inventaire des émissions

En 2020, Air Pays de la Loire a réalisé un inventaire des émissions de polluants atmosphériques pour l'année 2018 sur l'agglomération du Mans.

Les émissions sont calculées pour plusieurs polluants selon plusieurs secteurs.

Les graphiques ci-dessous illustrent la répartition sectorielle des émissions de polluants sur l'agglomération du Mans en 2018.

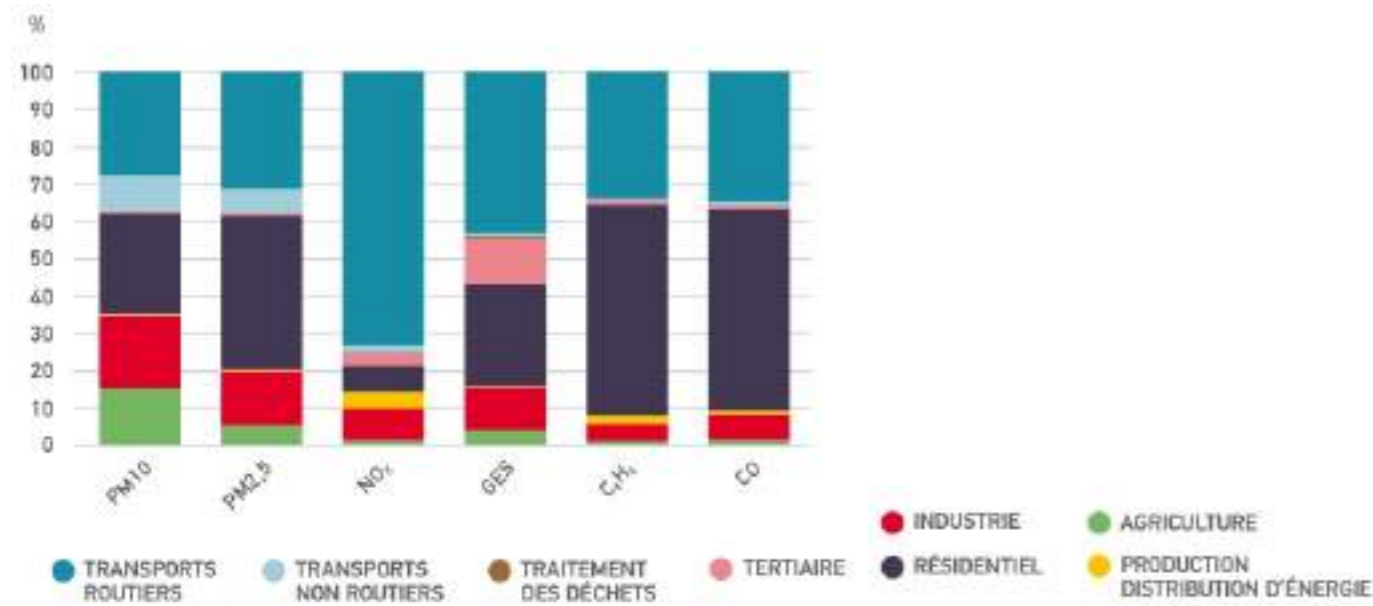


Figure 5 : Contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants sur l'agglomération du Mans - source : Air Pays de la Loire

Les secteurs du résidentiel (en mauve sur le graphique ci-dessus), du transport (en bleu) et de l'industrie (en rouge) sont les trois émetteurs majoritaires des polluants.

Cependant, le secteur le plus émetteur de NOx est le trafic routier, qui contribue à hauteur de 75 % aux émissions totales de NOx du Mans Métropole. Il est également le premier émetteur de Gaz à Effets de Serre (43 % des émissions totales) et contribue à hauteur de 30 % aux émissions de particules PM10 et PM2,5.

Le tableau suivant représente les émissions totales de l'ensemble de l'agglomération du Mans et du département de la Sarthe.

Polluant		PM10	PM2,5	NOx	C6H6	CO
Emissions totales (t)	CU Le Mans Métropole	329	212	1 977	12	2 885
	Sarthe	4 328	1 880	8 552	96	20 244

Tableau 6 : Bilan des émissions annuelles en 2018 – source : Air Pays de la Loire

Selon les polluants, les émissions du Mans Métropole représente entre 8 et 23% des émissions du département.

### 4.2. Inventaires des axes routiers

Le trafic routier est une source importante de NOx, PM10 et PM2,5 dans la communauté urbaine du Mans Métropole avec le passage des autoroutes A11, A28 et A81.

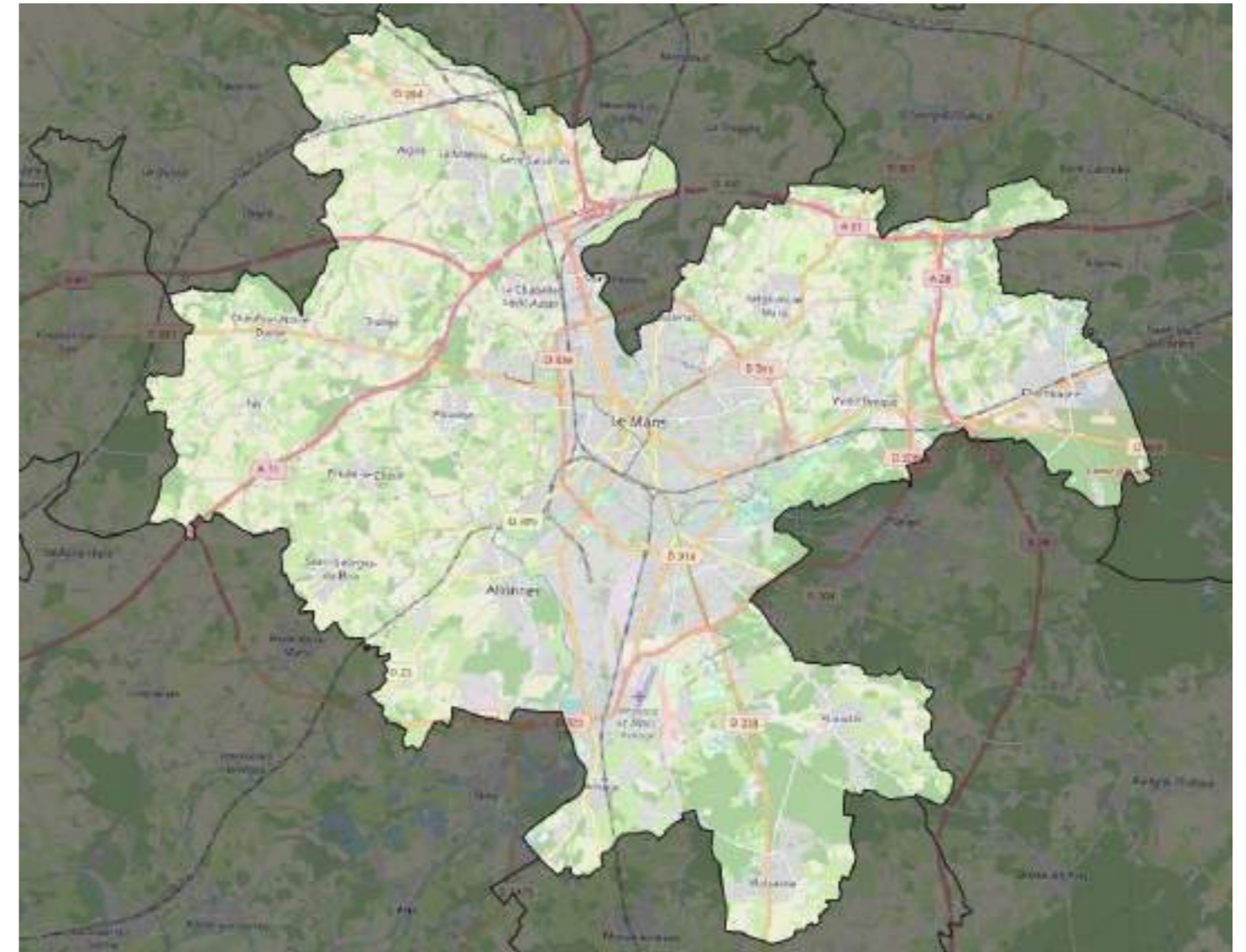


Figure 6 : Agglomération du Mans Métropole et principaux axes routiers – source : Géoportail

### 4.3. Inventaire des industries

Les industries émettant des polluants dans l'air sont classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) et sont enregistrées dans le registre français des rejets et des transferts de polluants (iREP). Dans ce registre, une seule installation est renseignée : il s'agit de l'usine ACI Renault Le Mans spécialisée dans la fabrication d'équipements automobiles et principalement des pièces de métaux ferreux.

---

Cette usine localisée au 15 avenue Pierre PIFFAULT 72000 Le Mans, rejette dans l'air du benzène, du CO<sub>2</sub> et des Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM).

## 5. Analyse des données sanitaires

### 5.1. Rappel des effets de la pollution sur la santé

Les effets de la pollution sur la santé sont conséquents. Ainsi, une étude<sup>1</sup> de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) estime qu'en Europe (41 pays) 518 000 personnes décèdent prématurément chaque année à cause de la pollution de l'air (422 000 décès attribués aux expositions des PM2,5, 79 000 décès attribués aux expositions de NO<sub>2</sub> et 17 7000 décès aux expositions d'O<sub>3</sub>).

En France, plus de 47 000 décès prématurés par an ont pour cause l'exposition aux PM2,5, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>, ce qui correspond à une perte d'espérance de vie estimée à 548 700 années de vie perdu.

Une étude<sup>2</sup> de l'agence Santé publique France de 2016 a estimé sur tout le territoire de la France Métropole le gain moyen en espérance de vie pour les personnes âgées de 30 ans avec le scénario « sans pollution anthropique » en particules fines PM2,5.

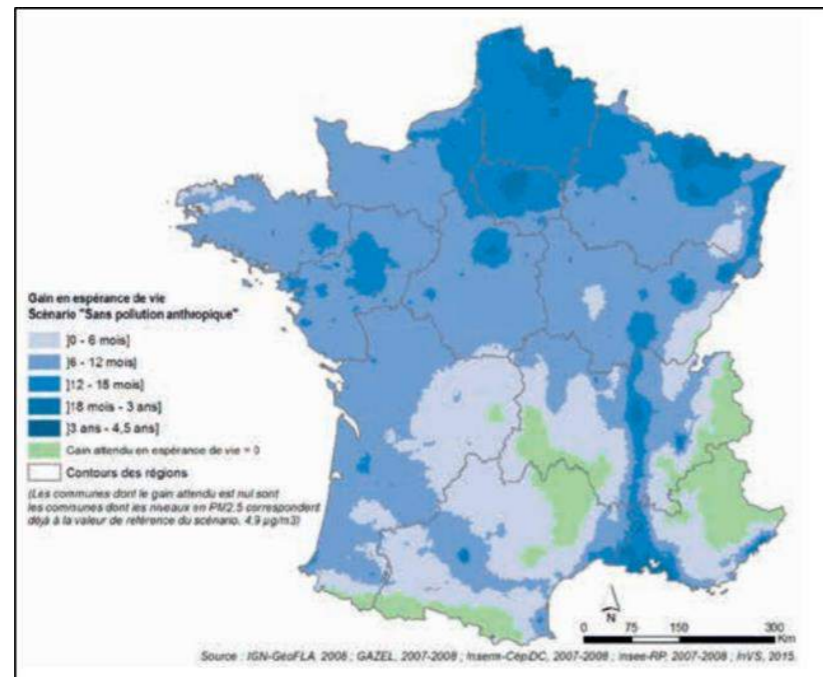


Figure 7 : Gain moyen en espérance de vie pour les personnes âgées de 30 ans dans le scénario « sans pollution anthropique » - source : Santé publique France

Sur le département de la Sarthe, le gain moyen en espérance de vie avec le scénario « sans pollution anthropique » est de 6 à 12 mois.

Globalement, la pollution atmosphérique peut induire des effets respiratoires ou cardiovasculaires tels que :

- Une augmentation des affections respiratoires : bronchiolites, rhino-pharyngites, etc. ;

- Une dégradation de la fonction ventilatoire : baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crises d'asthme ;
- Une hypersécrétion bronchique ;
- Une augmentation des irritations oculaires ;
- Une augmentation de la morbidité cardio-vasculaire (particules fines) ;
- Une dégradation des défenses de l'organisme aux infections microbiennes ;
- Une incidence sur la mortalité à court terme pour affections respiratoires ou cardio-vasculaires (dioxyde de soufre et particules fines) ;
- Une incidence sur la mortalité à long terme par effets mutagènes et cancérigènes (particules fines, benzène).

Concernant la France, une étude du Commissariat Général au Développement Durable<sup>3</sup> estime les coûts pour le système de soins compris entre 0,9 et 1,8 milliards d'euros par an pour cinq maladies respiratoires et hospitalisations attribuables à la pollution de l'air :

- Les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO), estimées entre 123 et 186 millions €/an ;
- Les bronchites chroniques estimées à 72 millions €/an ;
- Les bronchites aiguës estimées à 171 millions €/an ;
- L'asthme estimé entre 315 millions et 1,10 milliard €/an ;
- Les cancers estimés entre 50 et 131 millions €/an ;
- Les hospitalisations estimées à 155 millions €/an.

### 5.2. Données sanitaires

Les données présentées dans cette section proviennent de l'institut Paris Région, l'Inserm (Institut national de santé et de la recherche médicale), du CépiDc (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès), et de la Drees (Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques).

#### 5.2.1. Définition

**Le taux standardisé de mortalité** : il est défini comme le taux que l'on observait si les populations étudiées avaient la même structure d'âge qu'une population de référence. Ainsi, les taux standardisés éliminent les effets de structure d'âge et autorisent les comparaisons entre les périodes, les sexes et les territoires.

#### 5.2.2. Chiffres clés

D'après les dernières données de l'INSEE, l'espérance de vie en 2020 à la naissance pour les habitants du département de la Sarthe est de 79,2 années pour les hommes et 85,2 années pour les femmes.

<sup>1</sup> EEA - « Air quality in Europe – 2018 report » - Décembre 2018

<sup>2</sup> Santé publique France – « Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique » - Juin 2016

<sup>3</sup> CGDD - « Estimation des coûts pour le système de soins français de cinq maladies respiratoires et des hospitalisations attribuables à la pollution de l'air » - Avril 2015

Cette espérance de vie est identique à celle observée sur l'ensemble de la France : 79,2 années pour les hommes et 85,2 années pour les femmes.

Les Pays de la Loire présentent des taux standardisés de mortalité toutes causes dans la moyenne française.

### 5.2.3. Principales causes de mortalité

- Cancers
- Maladies de l'appareil circulatoire
- Maladies de l'appareil respiratoire

#### Cancers

Les cancers occupent une place de plus en plus importante en termes de morbidité en France.

#### Maladies de l'appareil circulatoire

Les maladies de l'appareil circulatoire constituent la deuxième cause de décès en France.

Les maladies de l'appareil circulatoire comprennent les rhumatismes articulaires aigus, les cardiopathies rhumatismales chroniques, les maladies hypertensives, les cardiopathies ischémiques, les troubles de la circulation pulmonaire, d'autres formes de cardiopathies (myocardite aiguës, trouble du rythme cardiaque...), les maladies vasculaires cérébrales, les maladies des artères, artérioles et capillaires, les maladies des veines et des vaisseaux lymphatiques et autres maladies de l'appareil circulatoire.

##### Cardiopathies ischémiques

Les cardiopathies ischémiques sont la première cause de mortalité prématurée pour les maladies de l'appareil circulatoire.

##### Maladies cérébro-vasculaires

Les maladies cérébro-vasculaires regroupent l'ensemble des maladies qui provoquent une altération de la circulation cérébrale. Ces affections se manifestent le plus souvent subitement, sous forme d'un accident vasculaire cérébral (AVC).

#### Maladies de l'appareil respiratoire

Les maladies respiratoires regroupent des affections très différentes et difficiles à classer, en particulier chez le sujet âgé.

Elles peuvent être aiguës, essentiellement d'origine infectieuse (bronchite aiguë, pneumonie, pathologies des voies respiratoires supérieures) ou d'évolution chronique comme la bronchite chronique ou encore l'asthme. Les maladies respiratoires les plus fréquentes sont l'asthme, les cancers broncho-pulmonaires et la broncho-pneumopathie chronique obstructive BPCO. Le principal facteur de risque de ces maladies est le tabagisme. Cependant, il existe une large variété d'autres causes incluant des facteurs génétiques, nutritionnels, environnementaux, professionnels et des facteurs liés à la pauvreté. De plus, l'appareil respiratoire humain est vulnérable vis-à-vis de nombreux agents infectieux.

##### Asthme

L'asthme est une maladie chronique causée par une inflammation des voies respiratoires et se caractérisant par la survenue de "crises" (épisodes de gêne respiratoire).

L'effet de la pollution sur l'asthme n'est aujourd'hui plus à démontrer : les polluants présents dans l'atmosphère irritent les voies respiratoires et augmentent les infections respiratoires.

Une étude menée dans plusieurs grandes villes françaises (Créteil, Reims, Strasbourg, Clermont-Ferrand, Bordeaux et Marseille) par des chercheurs de l'Inserm a ainsi démontré l'augmentation des manifestations respiratoires chez les enfants vivant depuis plus de huit ans dans des zones importantes de pollution, grâce à des capteurs installés dans 108 écoles, auprès de 5 300 enfants.

Plus précisément, un dépassement même minime des seuils de pollution recommandés par l'OMS (40 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et 10 µg/m<sup>3</sup> pour les particules) pendant huit ans provoque l'augmentation de façon significative de l'asthme allergique et de l'asthme à l'effort (1,5 fois) par rapport aux enfants vivant dans des zones où les concentrations sont inférieures (d'autres études montrent également le lien chez les enfants entre la densité du trafic automobile et les crises d'asthme).

En 2013, l'asthme a été la cause de 883 décès, soit 2,3 % des décès dus aux maladies de l'appareil respiratoire sur toute la France.



## 6. Analyse du domaine d'étude

Après l'examen des données sanitaires disponibles sur la qualité de l'air, il convient de s'intéresser à la population et à la composition du domaine géographique d'étude.

Cette démarche a pour objectif principal d'identifier les lieux sensibles et de définir la sensibilité de la population vis-à-vis des effets sanitaires imputables à la pollution atmosphérique, étant entendu que les enfants et les personnes âgées sont plus sensibles à ses effets.

### 6.1. Identification des sites sensibles

Il a été recherché la présence de sites dits « sensibles » à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude. Par lieux « sensibles », on entend toutes les structures fréquentées par des personnes plus particulièrement sensibles aux effets de la pollution atmosphérique, à savoir :

- Les crèches, les écoles maternelles et élémentaires ;
- Les hôpitaux ;
- Les résidences de personnes âgées.

Plusieurs sites sensibles ont été répertoriés dans la bande d'étude ou à proximité. Ils sont indiqués dans les cartes et les tableaux suivants.

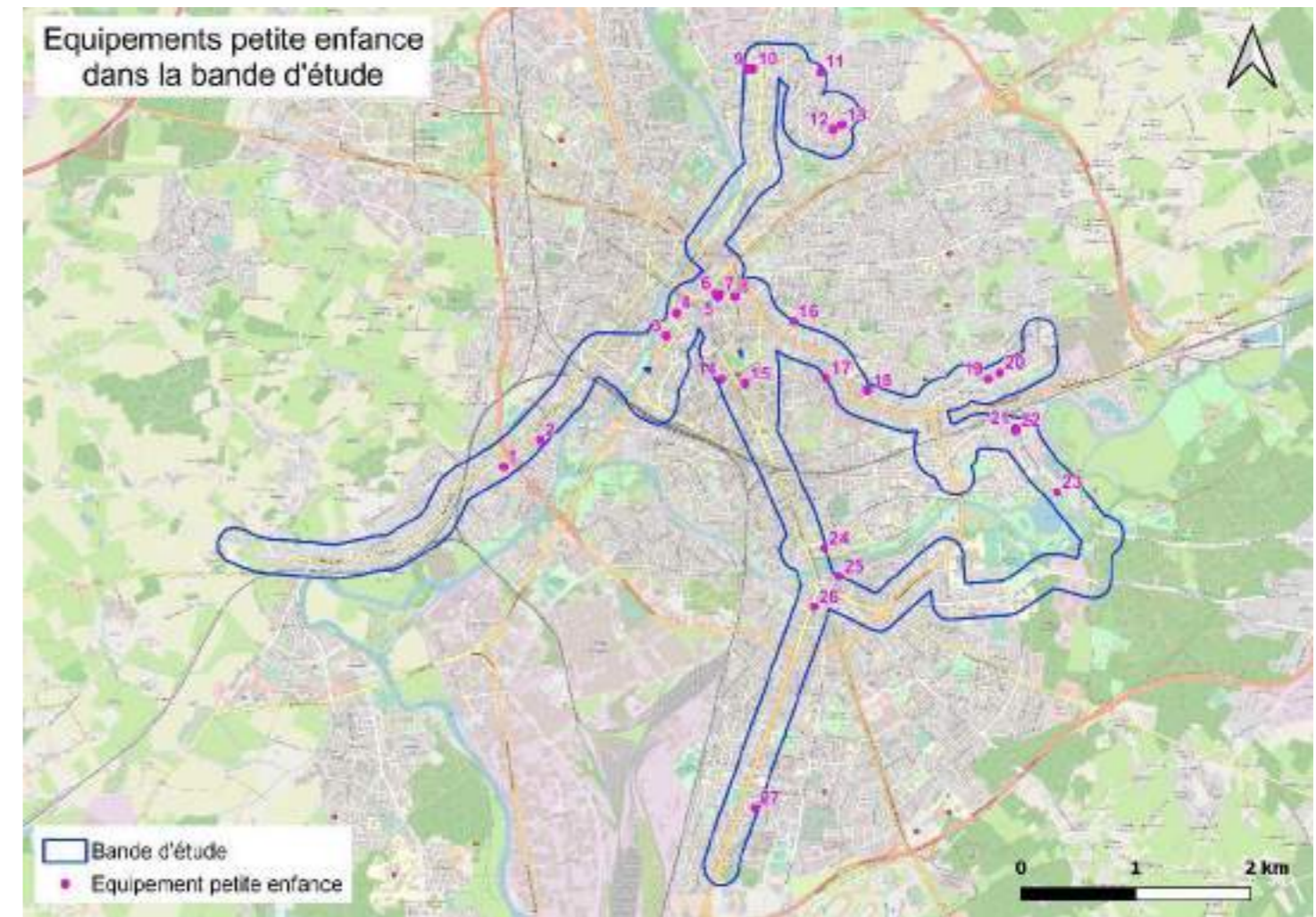


Figure 8 : Carte des équipements petite enfance situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

N°	Structure d'accueil petite enfance	Adresse
1	RAM - Maison des Aloès	16bis rue des Aloès, Le Mans
2	Accueil périscolaire Marie Curie	12 rue de Beauregard, Le Mans
3	Accueil périscolaire associatif Paul Courboulay	39 rue Paul Courboulay, Le Mans
4	Multi-accueil municipal Les Halles	29 rue Pasteur, Le Mans
5	Centre de loisirs maternels Dulac	rue de la Barillerie, Le Mans
6	Accueil périscolaire Dulac	11bis rue de la Barillerie, Le Mans
7	RAM - Service Enfance, Jeunesse et Sports	9 rue de la Juiverie, Le Mans
8	Centre Information Jeunesse (C.I.J.)	13 rue de l'Etoile, Le Mans
9	RAM	place d'Arcachon, Coulaines
10	Crèche parentale "Cabriole"	allée de l'Herberie, Coulaines
11	Crèche parentale Albert-Camus	rue de Moscou, Coulaines

12	La Casquette	3 avenue de Madrid, Le Mans
13	Accueil périscolaire Lucie Aubrac	34 rue de Lisbonne, Le Mans
14	Accueil périscolaire Général Gougéard	36 rue de Richebourg, Le Mans
15	Accueil périscolaire François Rabelais	22 rue Beauverger, Le Mans
16	Multi-accueil associatif "Diabolo"	23 rue Maupertuis, Le Mans
17	Accueil périscolaire Pape Carpentier	41 rue de l'Ormeau, Le Mans
18	Accueil périscolaire René Descartes	21 rue Besnier, Le Mans
19	Crèche familiale municipale Gazonfier	86 rue Alfred de Vigny, Le Mans
20	Accueil périscolaire Gazonfier - Casanova	2 rue François de Malherbe, Le Mans
21	Centre de loisirs maternels Henri-Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
22	Accueil périscolaire Henri Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
23	Centre de loisirs Pluriel CAP'ADOS	102 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
24	Accueil périscolaire Hauréau	3 place de l'Eglise Saint Martin, Le Mans
25	RAM - Maison de l'Enfant Pontlieue	12 rue de Funay, Le Mans
26	Accueil périscolaire Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
27	Accueil périscolaire Cité des Pins	9 rue du Colonel Renard, Le Mans

Tableau 7 : Liste des équipements petite enfance situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

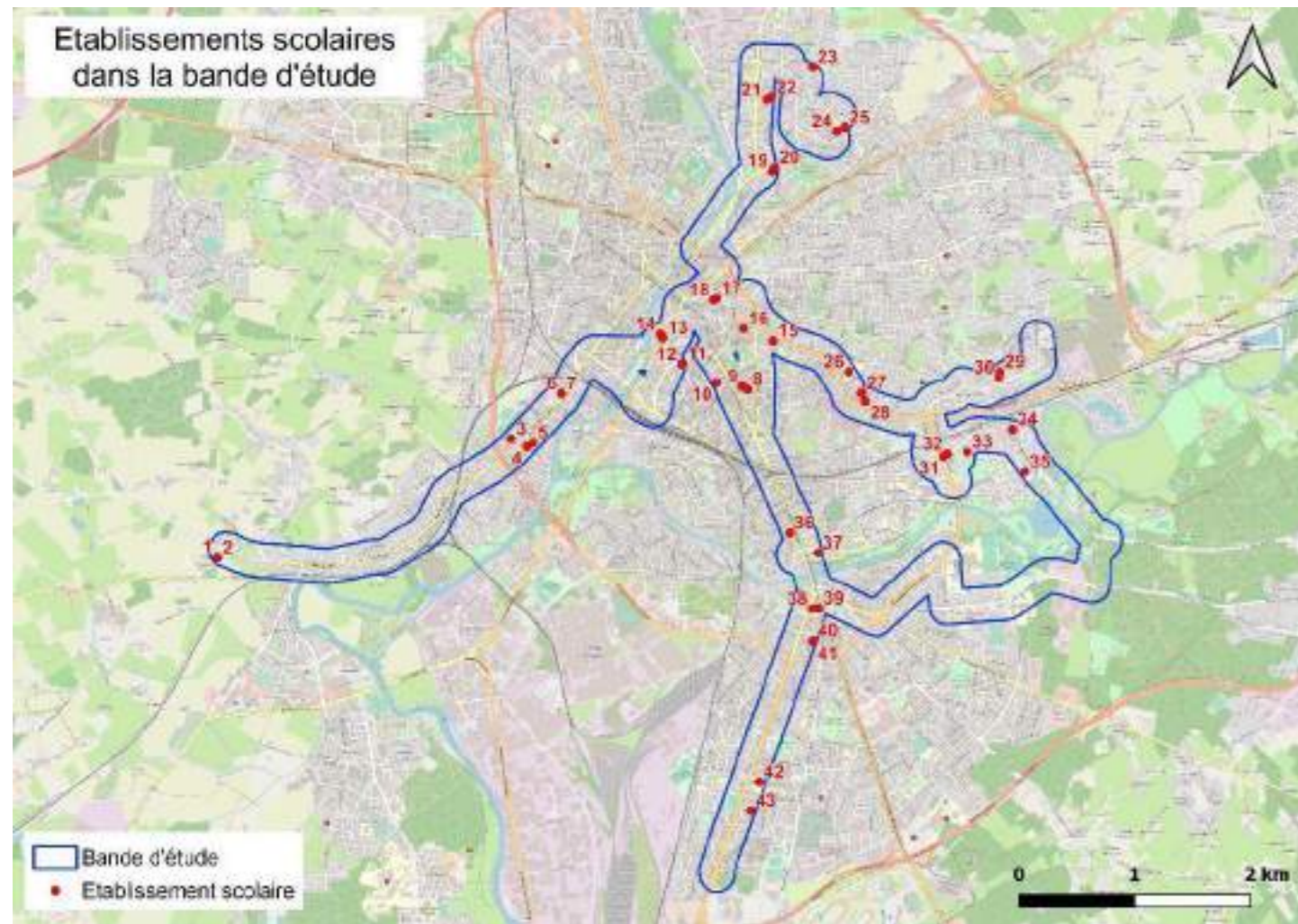


Figure 9 : Carte des équipements d'enseignement situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

N°	Etablissement scolaire	Adresse
1	Groupe scolaire St-Joseph La Salle	Pizieux (D50), Pruillé le Chétif
2	Ecole élémentaire St-Joseph La Sale	le pizieux Pizieux (D50), Pruillé le Chétif
3	Ecole élémentaire Garnier-Pagès	168 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
4	Annexe Ecole Garnier-Pagès	avenue Olivier Heuzé, Le Mans
5	Ecole maternelle Marie-Curie	12 rue de Beauregard, Le Mans
6	Ecole maternelle Saint-Lazare	34 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
7	Ecole élémentaire Saint-Lazare	34 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
8	Ecole élémentaire Pierre-de-Ronsard	31 rue de la Fuie, Le Mans
9	Ecole maternelle François-Rabelais	22 rue Beauverger, Le Mans
10	Ecole maternelle Général-Gougeard	36 rue de Richebourg, Le Mans

11	Ecole élémentaire Saint-Louis	43 rue Auvray, Le Mans
12	Ecole maternelle Saint-Louis	43 rue Auvray, Le Mans
13	Ecole maternelle Paul-Courboulay	72 rue du Port, Le Mans
14	Ecole élémentaire Paul-Courboulay	39 rue Paul Courboulay, Le Mans
15	Ecole élémentaire Pierre-Belon	3 rue Erpell, Le Mans
16	Ecole maternelle Notre-Dame	18 rue d'Hauteville, Le Mans
17	Ecole maternelle Claude-Chappe	7 bis rue de la Juiverie, Le Mans
18	Ecole élémentaire Dulac	9 rue de la Juiverie, Le Mans
19	Ecole maternelle Psalette Saint-Vincent	2 rue Banjan, Le Mans
20	Ecole élémentaire Psalette Saint-Vincent	2 rue Banjan, Le Mans
21	Ecole élémentaire Molière	1 rue Molière, Coulaines
22	Ecole maternelle Molière	1 rue Molière, Coulaines
23	Ecole maternelle Albert-Camus	rue de Paris, Coulaines
24	Ecole maternelle Lucie-Aubrac	34 rue de Lisbonne, Le Mans
25	Ecole élémentaire Camille-Claudé	17 rue d'Helsinki, Le Mans
26	École élémentaire Sainte-Anne / Sainte-Croix	25 rue Antoine de Saint Exupéry, Le Mans
27	Ecole élémentaire René-Descartes	21 rue Besnier, Le Mans
28	Ecole maternelle René-Descartes	203 avenue Bollée, Le Mans
29	Ecole maternelle Danielle-Casanova	2 rue François de Malherbe, Le Mans
30	Ecole élémentaire Gazonfier	2 rue François de Malherbe, Le Mans
31	Ecole élémentaire Saint-Martin	3 impasses d'Almada, Le Mans
32	Ecole maternelle Saint-Martin	3 impasses d'Almada, Le Mans
33	Ecole maternelle Petit Louvre	4 rue Vincent Auriol, Le Mans
34	Ecole maternelle Henri-Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152) , Le Mans
35	Ecole élémentaire Epau	16 rue de Pologne, Le Mans
36	Ecole élémentaire Pierre-Philippeaux	180 avenue Jean Jaurès, Le Mans
37	Ecole maternelle Hauréau	3 place de l'Eglise Saint Martin, Le Mans
38	Ecole maternelle Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
39	Ecole élémentaire Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
40	Ecole maternelle Le Sacré Coeur	66 rue de Laigné, Le Mans
41	Ecole élémentaire Le Sacré Coeur	66 rue de Laigné, Le Mans

---

42	Ecole élémentaire Jean-Mermoz	2 place Raymond Adelet, Le Mans
43	Ecole maternelle Cité des Pins	9 rue du Colonel Renard, Le Mans

Tableau 8 : Liste des équipements d'enseignement situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

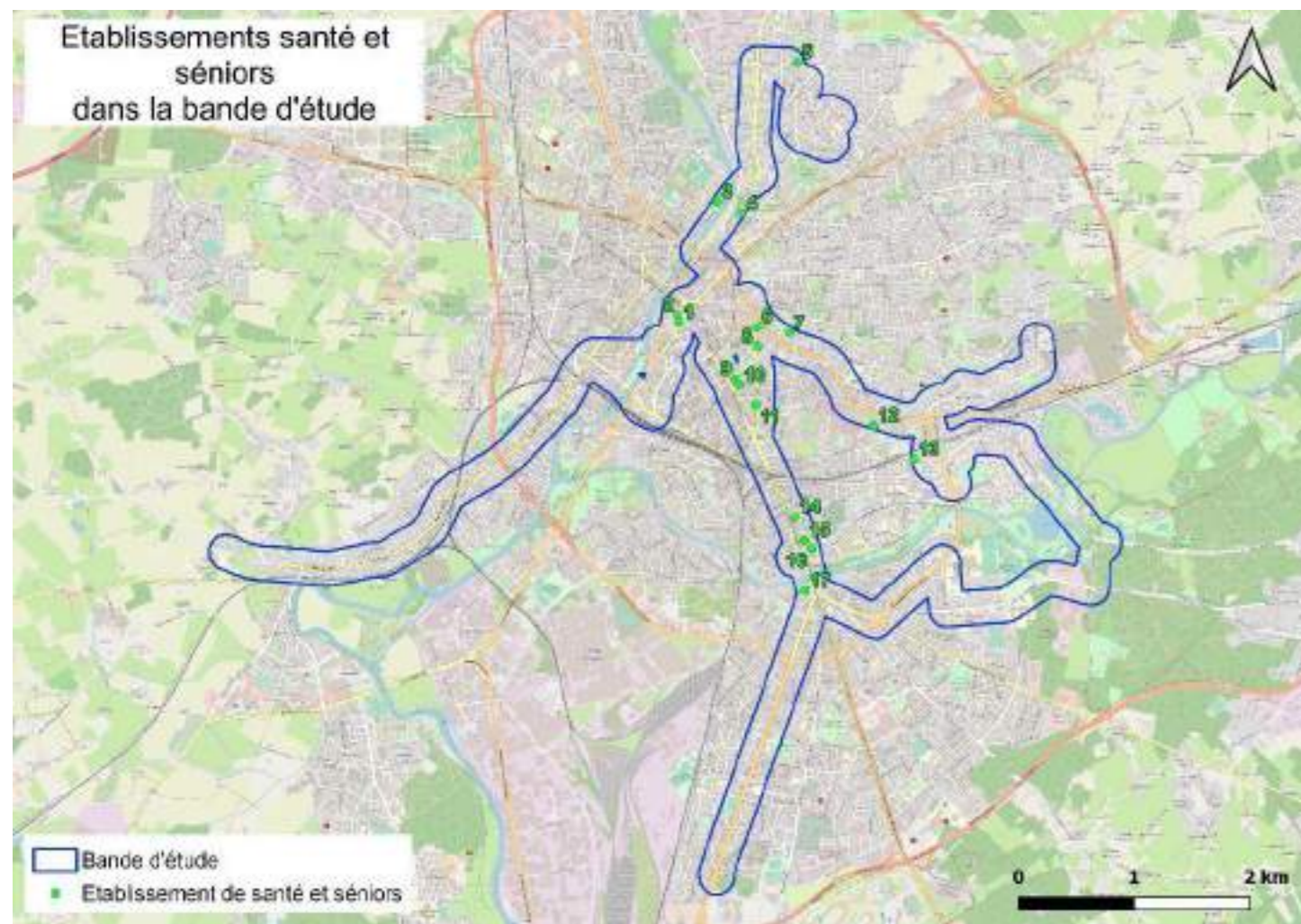


Figure 10 : Carte des équipements de santé et de séniors situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

N°	Etablissement sanitaire et social et établissement de personnes âgées	Adresse
1	Résidence La Visitation	11 rue Barbier, Le Mans
2	Domicile Collectif Les Halles	24 rue du Vert Galant, Le Mans
3	Résidence Front-de-Sarthe	183 quai Ledru Rollin, Le Mans
4	Centre de soins de suite George-Coulon	40 rue Henry Delagenière, Le Mans
5	Maison médicale de Coulaines	7 rue de Vienne, Coulaines
6	EHPAD Korian Bollée-Chanzy	1 rue Chanzy, Le Mans
7	Maison de Retraite Bonnière Saint-Aldric	104 rue de Flore, Le Mans
8	Résidence retraite Bérengère	1 rue Saint Bertrand, Le Mans
9	Clinique Victor-Hugo	18 rue Victor Hugo, Le Mans
10	Centre Jean Bernard	9 rue Beauverger, Le Mans
11	Résidence Le Chanzy	106 rue Chanzy, Le Mans
12	Résidence Le Monthéard	1 allée Jean Lurçat, Le Mans
13	La Reposance	1 place du Cantal, Le Mans
14	EHPAD Jean-Jaurès	111 avenue Jean Jaurès, Le Mans
15	Résidence autonomie Ambroise-Croizat	2 rue des Sablons, Le Mans
16	Centre municipal de santé Olympe-de-Gouges	9bis boulevard Winston Churchill, Le Mans
17	Maison de retraite de Pontlieue	19 place Adrien Tironneau, Le Mans

Tableau 9 : Liste des équipements de santé et de séniors situés dans la bande d'étude du projet – source : Le Mans Métropole

## 6.2. Analyse de la population – données INSEE

L'étude de la population permet de définir la sensibilité de celle-ci face à la pollution atmosphérique.

Les données ci-dessous proviennent toutes de l'INSEE pour la commune du Mans.

### 6.2.1. Evolution et structure de la population

Les recensements réalisés sur la période 2008 – 2018 montrent une population stable sur la commune.

Année	2008	2013	2018
Population	143 547	144 244	143 252

Tableau 10 : Évolution de la population depuis 2008 - source : INSEE

La figure suivante illustre l'évolution de la population au Mans.

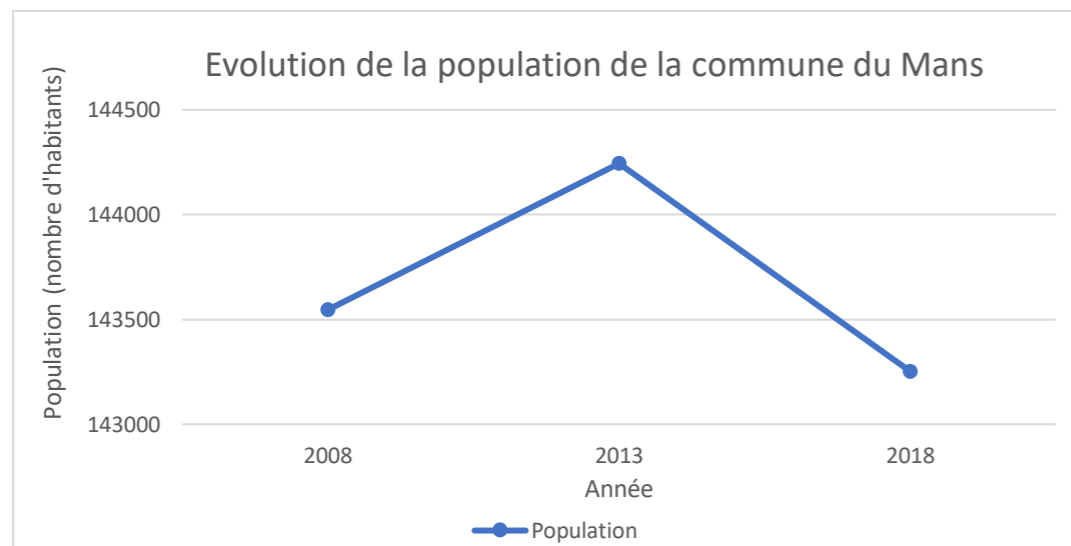


Figure 11 : Évolution de la population depuis 2008 au Mans - source : INSEE

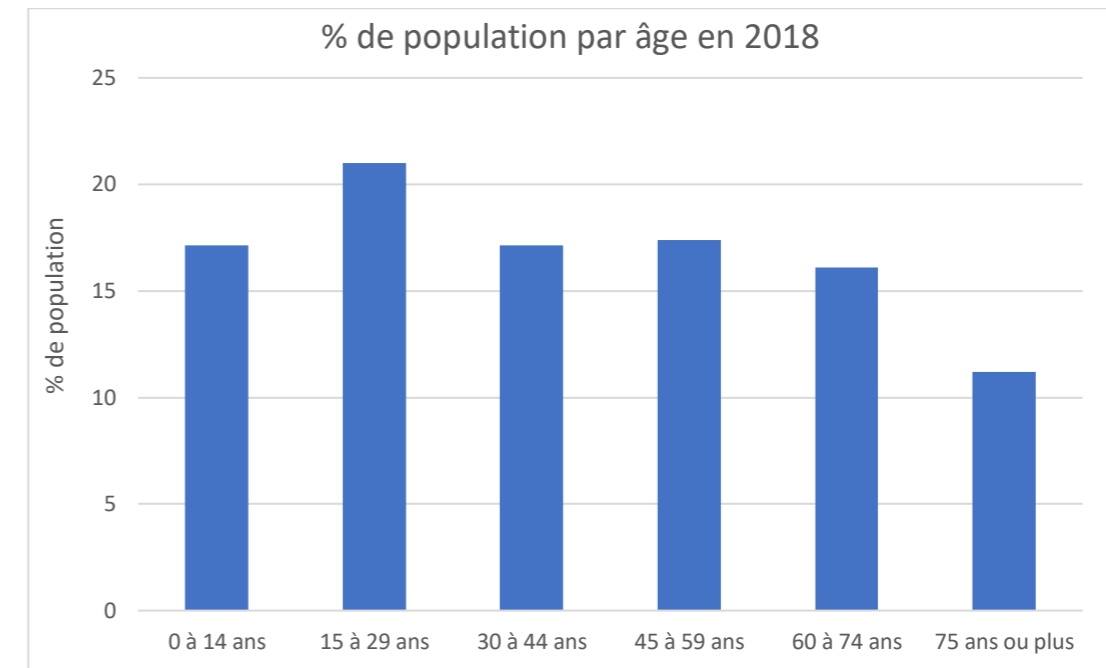


Figure 12 : Population par âge en 2018 au Mans - source : INSEE

Dans la ville du Mans en 2018, la tranche d'âge des 15 à 29 ans, est la plus importante, elle représente 21 % de la population totale.

Les personnes figurant parmi les tranches d'âge les plus sensibles à la pollution de l'air appartiennent à la tranche d'âge des 0 à 14 ans (17 % de la population du Mans en 2018) et des 60 ans ou plus (16 % de la population).

Ces chiffres montrent que la population du Mans est composée d'une part non négligeable (44 %) de personnes potentiellement sensibles à la qualité de l'air.

### 6.2.2. Emploi et population active

Le tableau et les figures ci-après indiquent la répartition de la population de 15 à 64 ans ou plus par type d'activité en 2018 au Mans.

<b>Population 15 ans et plus</b>	<b>87 925</b>
<b>Actifs en %</b>	<b>72,4</b>
Actifs ayant un emploi en %	58,9
Chômeurs en %	13,5
<b>Inactifs en %</b>	<b>27,6</b>
Élèves, étudiants et stagiaires non rémunérés en %	12,7
Retraités ou préretraités en %	6,5
Autres inactifs en %	8,4

Tableau 11 : Population 15 ans et plus par type d'activité en 2018 au Mans - source : INSEE

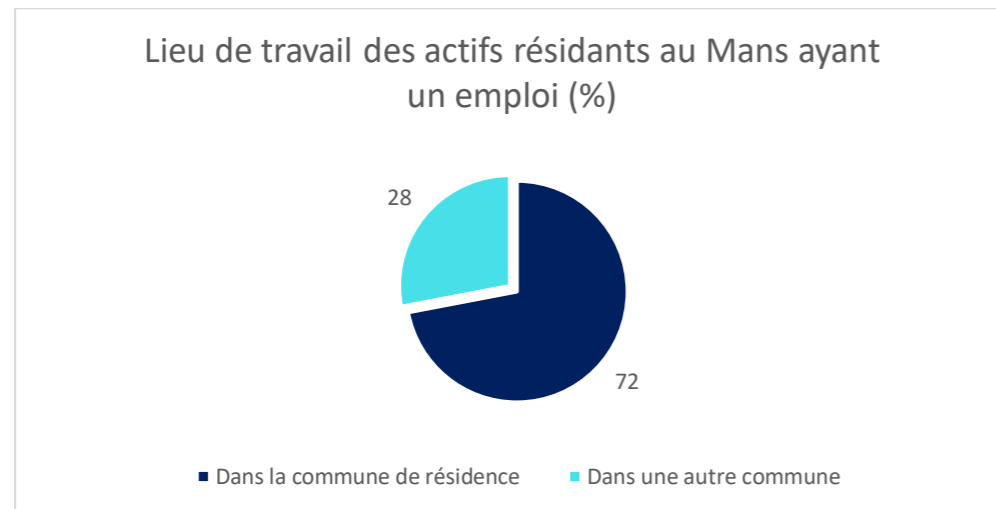


Figure 13 : Lieu de travail des actifs résidants au Mans en 2018 - source : INSEE

### 6.2.3. Logements

Le parc de logements du Mans se répartit de la manière suivante : 87,1 % sont des résidences principales occupées, 10,1% sont des logements vacants et 2,8% dans des résidences secondaires.

L'ancienneté moyenne d'emménagement au Mans en 2018 est de 13,1 ans.

### 6.3. Synthèse

Quatre-vingt-sept sites sensibles sont répertoriés dans la bande d'étude du projet.

Au regard des statistiques de l'INSEE en 2018, environ 44 % de la population du Mans est dans les tranches d'âge les plus sensibles à la pollution atmosphérique (les moins de 14 ans et les plus de 60 ans).

Les habitants ont emménagé en moyenne il y a 13,1 ans et 72 % des actifs ayant un emploi travaillent sur leur commune de résidence, ce qui les expose à la pollution émise localement.

## 7. Données existantes sur la qualité de l'air

### 7.1. Mesures des stations permanentes d'Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est une association indépendante agréée par le ministère chargé de l'Environnement, sa mission principale est la surveillance de la qualité de l'air de la région. Pour mener sa mission, Air Pays de la Loire dispose de 32 sites de mesures et 82 analyseurs de la qualité de l'air en continu.

La carte ci-après présente la répartition des stations permanentes d'Air Pays de la Loire.

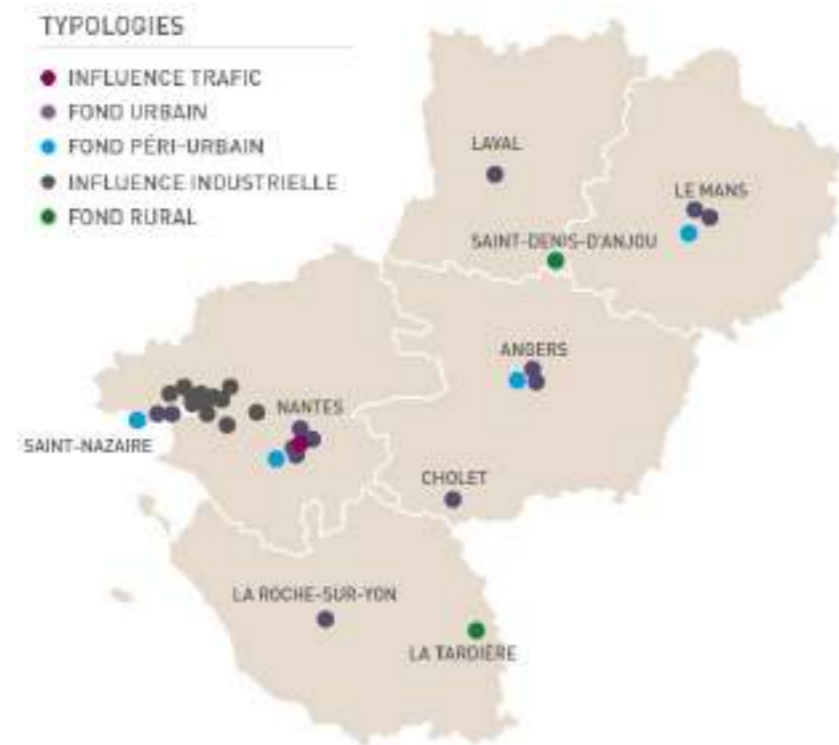


Figure 14 : Réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire - source : Air Pays de la Loire

### 7.2. Réseau de surveillance

Le dispositif de surveillance, dont le réseau de mesure régional, est dimensionné pour répondre aux exigences réglementaires mais aussi aux problématiques de qualité de l'air liées au contexte local comme par exemple la présence d'un réseau routier dense dans une zone fortement peuplée.

Ce dispositif est composé d'un réseau de mesures fixes continues, complété de mesures discontinues et d'outils de modélisation. À l'aide de ces derniers, des cartes des niveaux moyens annuels, intégrant les résultats de mesure aux stations, sont réalisées chaque année pour les principaux polluants réglementés.

Sur Le Mans, Air Pays de la Loire dispose de deux stations de mesures : Guédou et Sources.

Ce sont des stations de fond ; c'est-à-dire qu'elles ne sont pas influencées par une source polluante locale identifiée. Ces stations permettent donc une mesure d'ambiance générale de la pollution de fond, représentative d'un large secteur géographique autour d'elles.

Voici leurs caractéristiques :

Station : Guédou	Station : Sources
Type : station de fond urbaine	Type : station de fond urbaine
Adresse : Rue du Pont, 72100 Le Mans	Adresse : Rue des Sources, 72100 Le Mans
Polluants mesurés : oxydes d'azote (NOx), dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Polluants mesurés : oxydes d'azote (NOx), dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ), ozone (O <sub>3</sub> ), particules PM10, particules PM2,5

Les résultats présentés ci-après sont issus des stations et des études Air Pays de la Loire.



### 7.3. Résultats des mesures Air Pays de la Loire

#### 7.3.1. Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un bon traceur de la pollution d'origine automobile.

Les émissions d'oxydes d'azote NO<sub>x</sub> (=NO<sub>2</sub> + NO) apparaissent dans toutes les combustions à haute température de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole, ...).

Le dioxyde d'azote est un polluant indicateur des activités de transport, notamment le trafic routier. Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport, et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel.

Les moteurs diesel en émettent davantage que les moteurs à essence catalysés. Le monoxyde d'azote (NO) émis par les pots d'échappement est oxydé par l'ozone et des espèces radicalaires, puis se transforme en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).

Les stations du Mans mesurent le dioxyde d'azote, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Valeurs réglementaires NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			Concentration moyenne annuelle en 2020 (µg/m <sup>3</sup> )	
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Station Sources	Station Guédou
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40	9,5	10
Valeur limite	Moyenne annuelle	40		

Tableau 12 : Concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées aux stations du Mans en 2020 - source : Air Pays de la Loire

Les concentrations de dioxyde d'azote relevées aux stations de Sources et Guédou en 2020 sont inférieures à la valeur limite et également à l'objectif de qualité tous deux fixés à 40 µg/m<sup>3</sup>.

Les cartes ci-après présentent la concentration moyenne annuelle du NO<sub>2</sub> en 2021 dans la région Pays de la Loire et dans le secteur d'étude (cf. zoom).

*D'après les cartes, la valeur limite est dépassée le long de quelques axes routiers à fort trafic, surtout au niveau des villes de Nantes, Angers, Laval et le Mans. Le trafic automobile étant une source majoritaire de pollution en NO<sub>2</sub> dans la région des Pays de la Loire.*

*Au niveau de la zone d'étude, la valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> est dépassée au Nord sur l'autoroute A11, à l'Ouest sur la RD338 et au niveau de l'avenue Jean Jaurès. Ailleurs sur le reste de la zone d'étude, il n'y a pas de dépassement des seuils de la qualité de l'air : la concentration en NO<sub>2</sub> est comprise entre 8 et 24 µg/m<sup>3</sup>.*

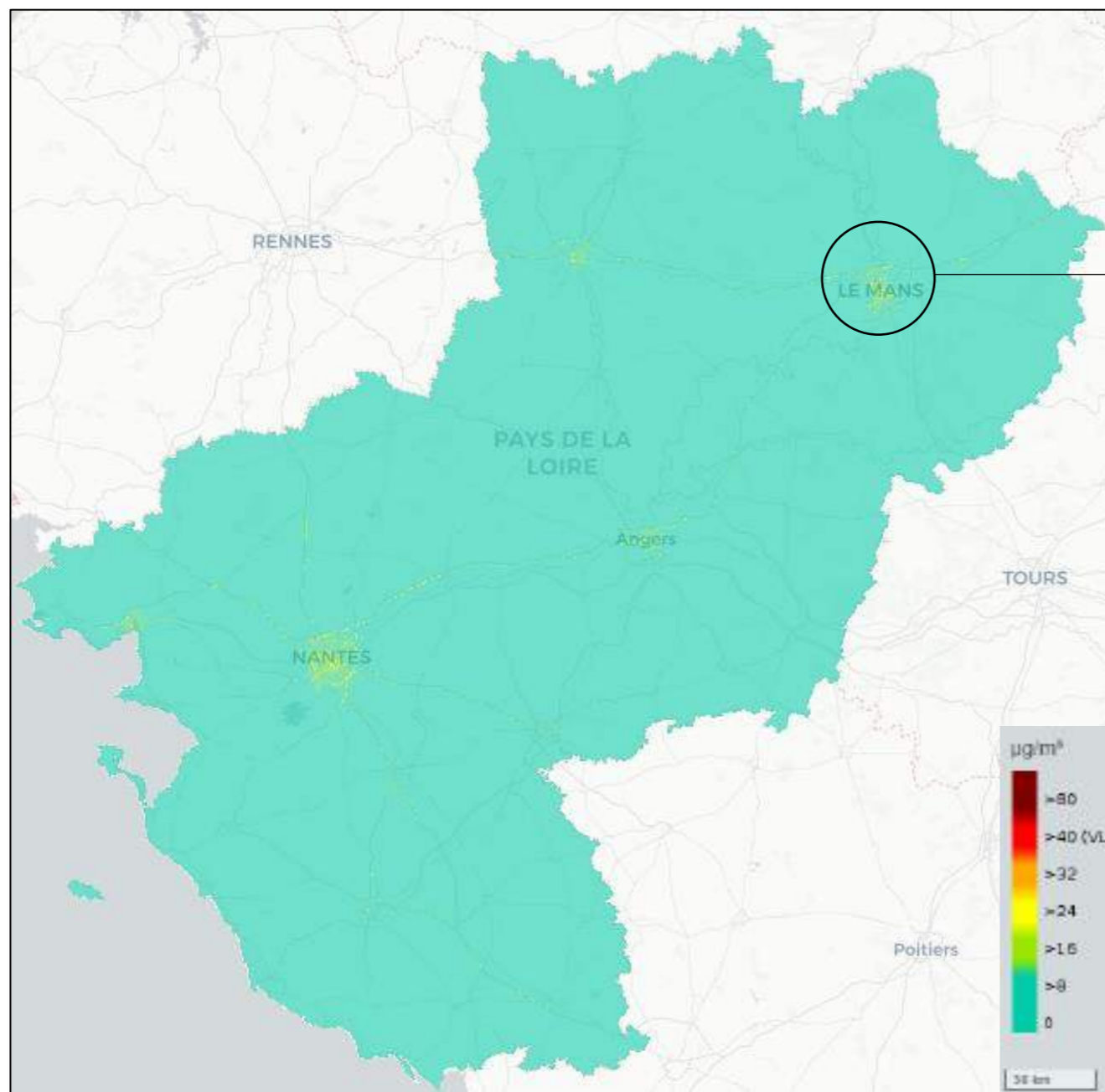


Figure 15 : Concentration annuelle de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> sur la région Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire

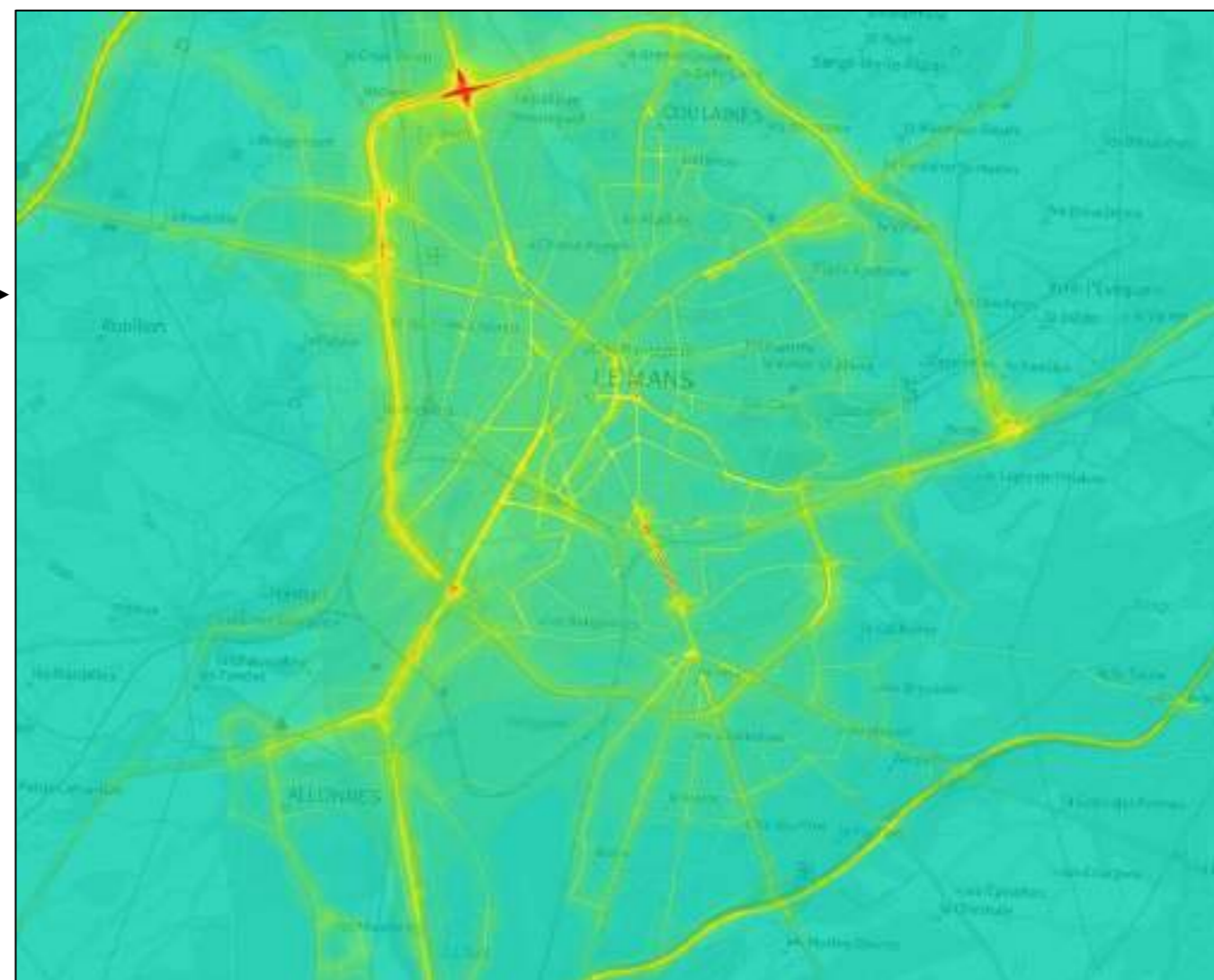


Figure 16 : Concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> sur la zone d'étude en 2021 - source : Air Pays de la Loire

### 7.3.2. Particules fines PM10 et PM2,5

Les émetteurs de particules en suspension sont nombreux et variés : transport routier, combustion industrielle, chauffage urbain, incinérateurs des déchets.

Dans la CA du Mans, les principaux secteurs d'émissions des particules PM10 (particules de diamètre inférieur à 10µm) et des particules PM2,5 (particules de diamètre inférieur à 2,5µm) sont les secteurs du résidentiel, de l'agriculture, et du transport routier. Le transport routier représentant environ 30 % des émissions totales du territoire.

#### 7.3.2.1. Particules PM10

La station de Sources sur la commune du Mans mesure les particules PM10, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Valeurs réglementaires PM10 (µg/m <sup>3</sup> )			Concentration moyenne annuelle en 2020 (µg/m <sup>3</sup> )
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Station Sources
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40	15
Valeur limite	Moyenne annuelle	30	

Tableau 13 : Concentration de PM10 mesurée à la station Sources en 2020 - source : Air Pays de la Loire

La concentration relevée à la station « Sources » en 2020 est inférieure aux seuils de la qualité de l'air.

Les cartes ci-après présentent la concentration moyenne annuelle des PM10 en 2021 dans la région des Pays de la Loire et dans le secteur d'étude (cf.zoom).

*D'après les cartes, il n'y a pas de dépassement de la valeur limite pour les PM10 sur la totalité de la région des Pays de la Loire.*

*Sur la zone d'étude (voir zoom), il n'y a ni dépassement de la valeur limite (40 µg/m<sup>3</sup>) et ni dépassement de l'objectif de qualité (30 µg/m<sup>3</sup>).*

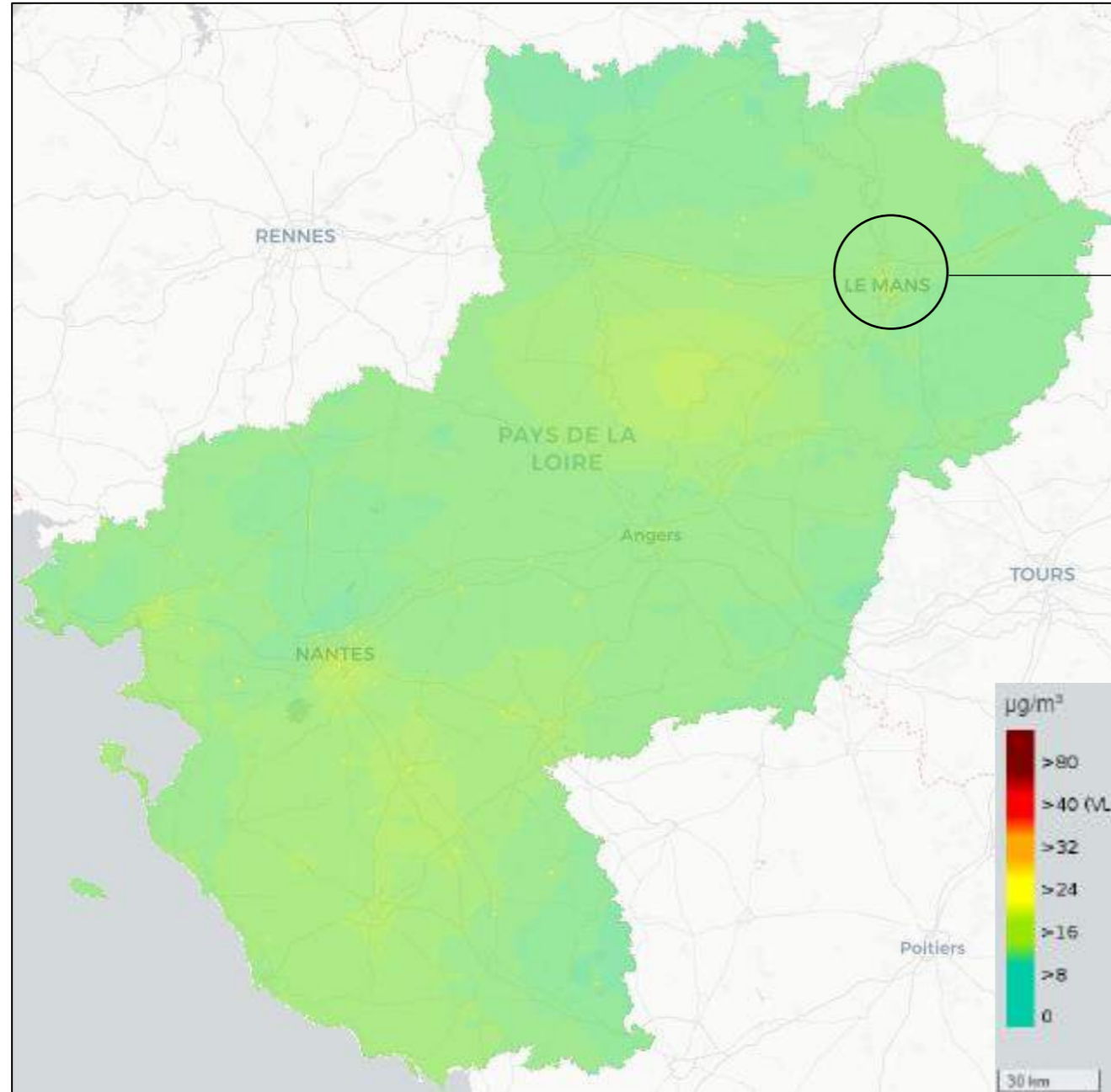


Figure 17 : Concentration annuelle des particules PM10 sur la région Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire



Figure 18 : Concentration moyenne annuelle des particules PM10 sur la zone d'étude en 2021 - source : Air Pays de la Loire

7.3.2.2. *Particules PM2,5*

La station de Sources mesure les particules PM2,5. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Valeurs réglementaires PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Concentration moyenne annuelle en 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Station Sources
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	25	8,4
Valeur limite	Moyenne annuelle	10	

Tableau 14 : Concentration de PM2.5 mesurée à la station Sources en 2020 (Source : ATMO Pays de la Loire)

La concentration relevée à la station « Sources » en 2020 est inférieure aux seuils de la qualité de l'air.

Les cartes ci-dessous présentent la concentration moyenne annuelle des PM2,5 en 2021 dans les Pays de la Loire et au niveau de la zone d'étude.

*D'après la carte, la valeur limite de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est jamais dépassée même au niveau des axes à forte circulation. Cependant, l'objectif de qualité ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est dépassé aux abords des grands axes routiers situés dans et hors agglomération.*

*Sur de la zone d'étude, la concentration de PM2,5 est comprise entre 5 et  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

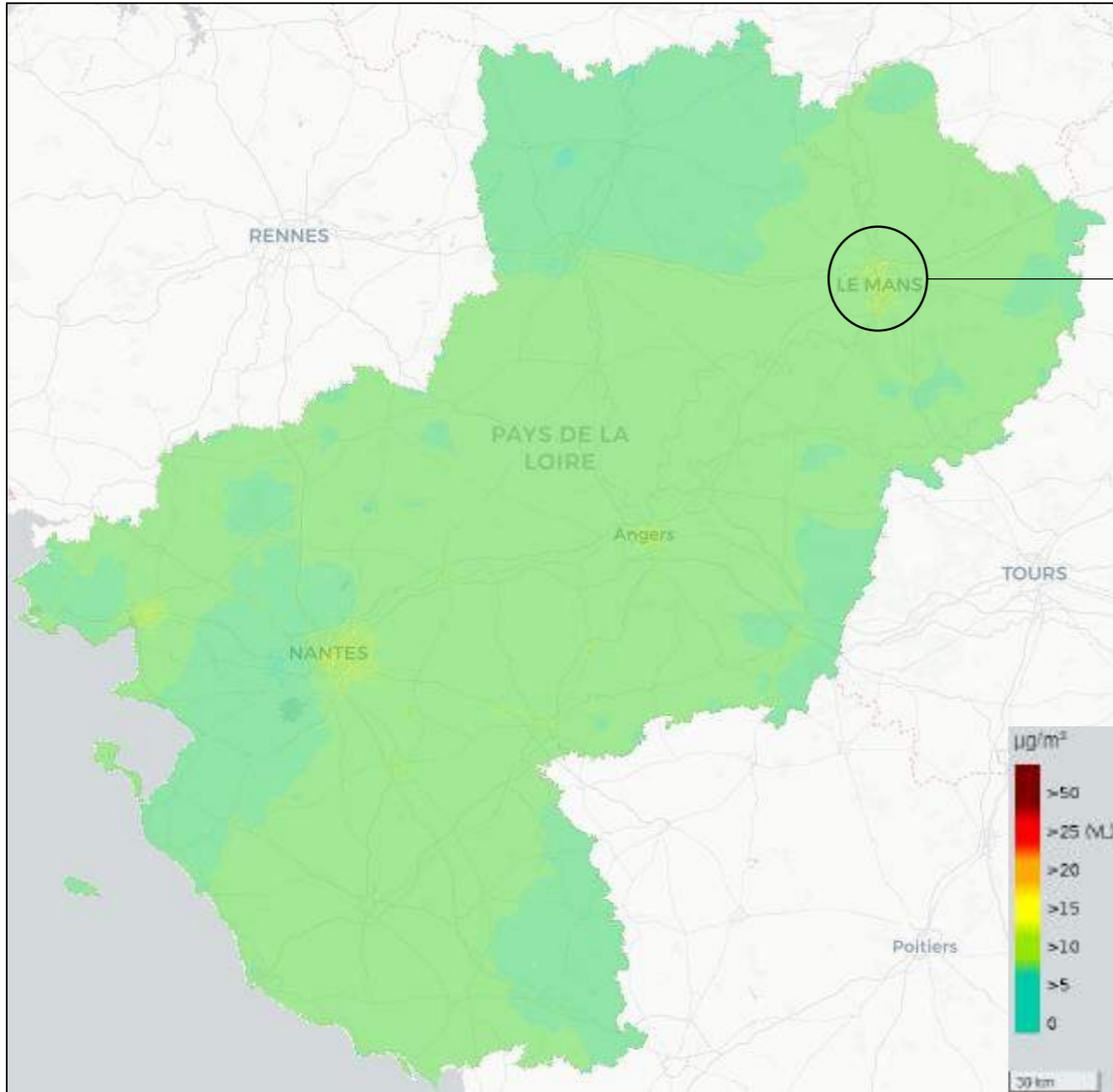


Figure 19 : Concentration moyenne annuelle des PM2,5 dans les Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire



Figure 20 : Concentration moyenne annuelle des particules PM2,5 sur la zone d'étude en 2021 - source : Air Pays de la Loire

### 7.3.3. Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Les stations du Mans ne mesurent pas le dioxyde de soufre. Deux stations de mesure du dioxyde de soufre sont présentes à Nantes et les concentrations mesurées sont :

- Station urbaine Les Couëts : 0,66 µg/m<sup>3</sup>.
- Station urbaine Trentemoult : 0,61 µg/m<sup>3</sup>.

*D'après la carte de modélisation, pour l'année 2021, les seuils réglementaires de la qualité de l'air sont respectés sur l'ensemble de la région.*

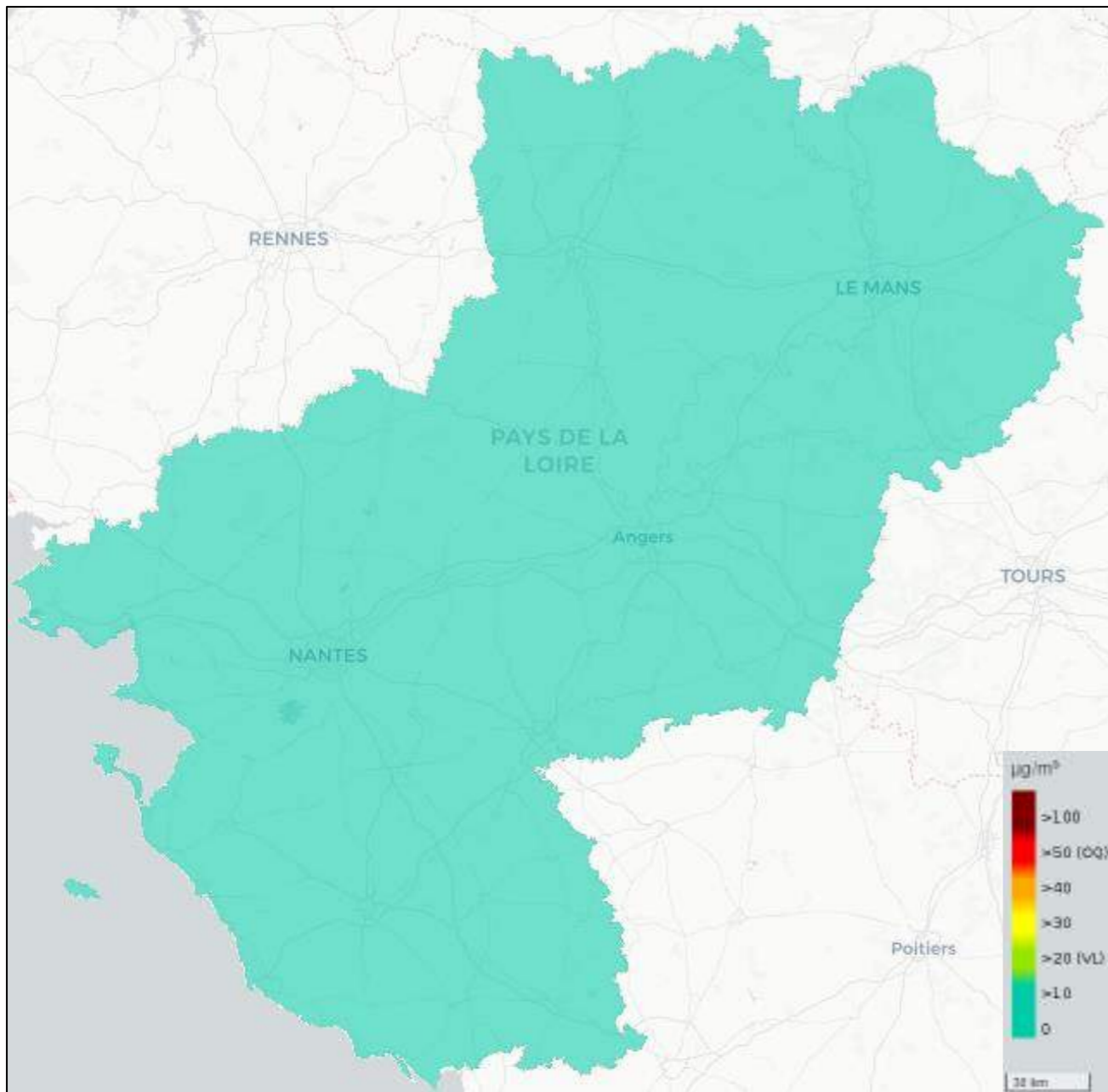


Figure 21 : Concentration moyenne annuelle du SO<sub>2</sub> dans les Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire

### 7.3.4. L'ozone (O<sub>3</sub>)

La station de Sources mesure ce polluant, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Valeurs réglementaires ozone		Station Sources
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	
Objectif à long terme protection santé	120 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser en moyenne glissante sur 8 heures	Valeur non respectée en 2020
Valeur cible santé	120 µg/m <sup>3</sup> en moyenne glissante sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours/an sur 3 ans	Valeur respectée en 2020

Tableau 15 : Concentration en ozone mesurée à la station Sources en 2020 - source : Air Pays de la Loire

Les cartes ci-dessous présentent le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes. Suivant cet indicateur, l'objectif de qualité est de ne pas dépasser 120 µg/m<sup>3</sup>.

*D'après la carte, l'objectif de qualité pour l'ozone est dépassé en 2018 (les cartes plus récentes ne sont pas disponibles sur le site internet Air Pays de la Loire), en tout point du territoire des Pays de la Loire avec des valeurs de l'ordre 150 à 180 µg/m<sup>3</sup>.*

*Sur la zone d'étude (voir zoom), les concentrations en ozone sont aussi de l'ordre de 150 et 180 µg/m<sup>3</sup>.*

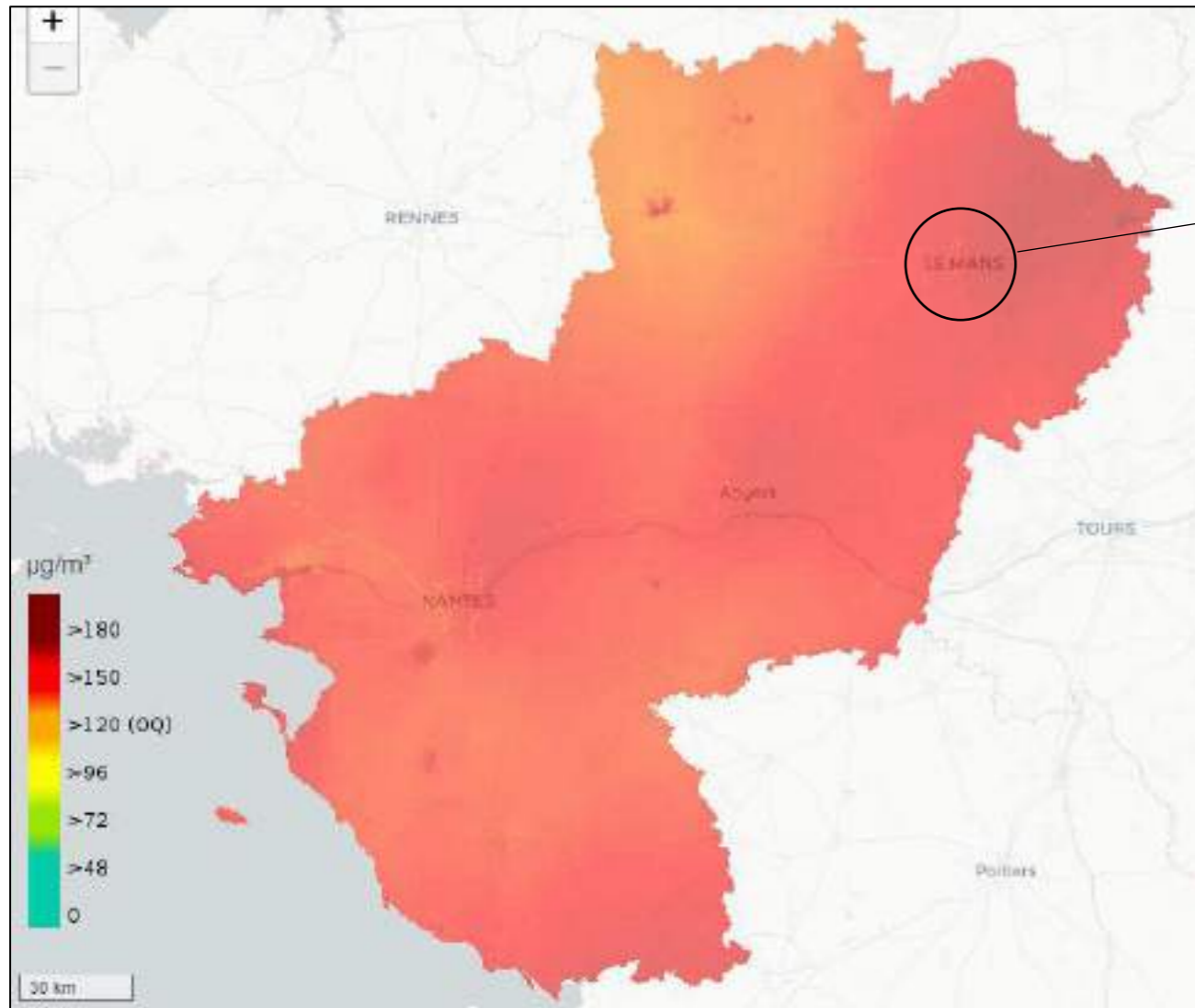


Figure 22 : Concentration maximum journalier en ozone en 2018 dans la région des Pays de la Loire - source : Air Pays de la Loire



Figure 23 : Concentration maximum journalier en ozone autour de la zone d'étude en 2018 - source : Air Pays de la Loire



### 7.3.5. Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Le benzène est essentiellement émis par la circulation automobile, l'évaporation des carburants et certaines activités industrielles.

Les stations du Mans ne mesurent pas ce polluant. Cependant, Air Pays de la Loire fournit une carte de concentration annuelle de ce polluant.

Le rapport annuel 2020 de la qualité de l'air dans les Pays de la Loire donne une concentration moyenne annuelle mesurée à la station de trafic Victor Hugo à Nantes de **0,6 µg/m<sup>3</sup>**. Cette valeur respecte les valeurs réglementaires fixées à 5 µg/m<sup>3</sup> pour la valeur limite et à 2 µg/m<sup>3</sup> pour l'objectif de qualité.

**La carte de concentration en benzène ci-dessous montre une valeur de l'ordre de 1 µg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble de la région : il n'y donc pas de dépassement des seuils de la qualité de l'air pour ce polluant.**

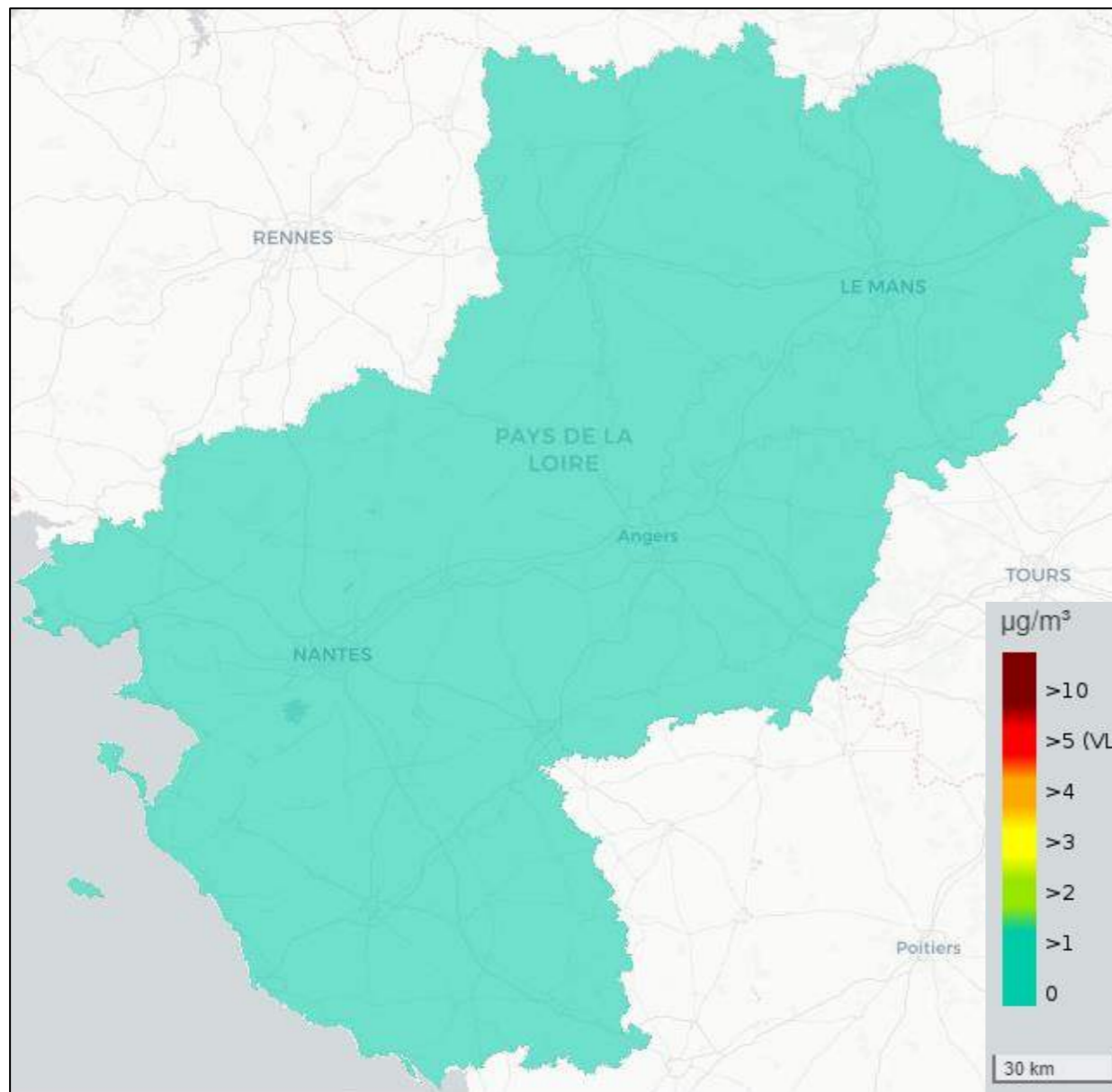


Figure 24 : Concentration moyenne annuelle en benzène dans les Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire

### 7.3.6. Benzo(a)pyrène (BaP)

Le benzo(a)pyrène (BaP) est l'un des douze Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) mesurés sur le réseau francilien. Le BaP est utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP.

Les HAP se forment lors des combustions incomplètes, en particulier celle de la biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel.

Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment de benzo(a)pyrène, entrent donc dans la composition des particules PM10.

En région Pays de la Loire, une seule station mesure le BaP, il s'agit de la station urbaine Bouteillerie à Nantes.

**La concentration relevée en 2020 est de 0,13 ng/m<sup>3</sup> (nanogramme par mètre cube). Cette concentration est inférieure à la valeur cible fixée à 1 ng/m<sup>3</sup>.**

### 7.3.7. Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel

Les métaux proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels.

Le plomb (Pb) était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombé en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, l'industrie, ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

L'arsenic (As) provient de la combustion des combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières notamment dans la production du verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux.

Le cadmium (Cd) est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le nickel (Ni) est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.

En région Pays de la Loire, une seule station mesure les métaux lourds, il s'agit de la station urbaine Bouteillerie à Nantes.

Les concentrations des métaux lourds mesurées en 2020 sont les suivantes :

**Plomb : 2,3 ng/m<sup>3</sup>** (valeur limite annuelle : 0,5 µg/m<sup>3</sup>, objectif de qualité : 0,25 µg/m<sup>3</sup>)

**Arsenic : 0,47 ng/m<sup>3</sup>** (valeur cible : 6 ng/m<sup>3</sup>)

**Cadmium : 0,064 ng/m<sup>3</sup>** (valeur cible : 5 ng/m<sup>3</sup>)

**Nickel : 0,46 ng/m<sup>3</sup>** (valeur cible : 20 ng/m<sup>3</sup>)

**Les concentrations observées pour ces quatre métaux sont très largement inférieures à l'objectif de qualité et aux valeurs cibles.**

### 7.3.8. Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un polluant primaire qui se forme lors des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul ou bois). Les sources principales de CO en milieu extérieur sont le trafic routier et le chauffage résidentiel, notamment le chauffage au bois.

La concentration en monoxyde de carbone est très faible dans la région des Pays de la Loire et est inférieure aux seuils réglementaires.

Seule la station trafic Victor Hugo à Nantes mesure ce polluant, la concentration relevée en 2020 est de **1,3 mg/m<sup>3</sup>**.

*La concentration moyenne annuelle 2021 de ce polluant est présentée sur la carte suivante : les concentrations en CO sont faibles, de l'ordre de 0,2 mg/m<sup>3</sup> soit 200 µg/m<sup>3</sup>.*

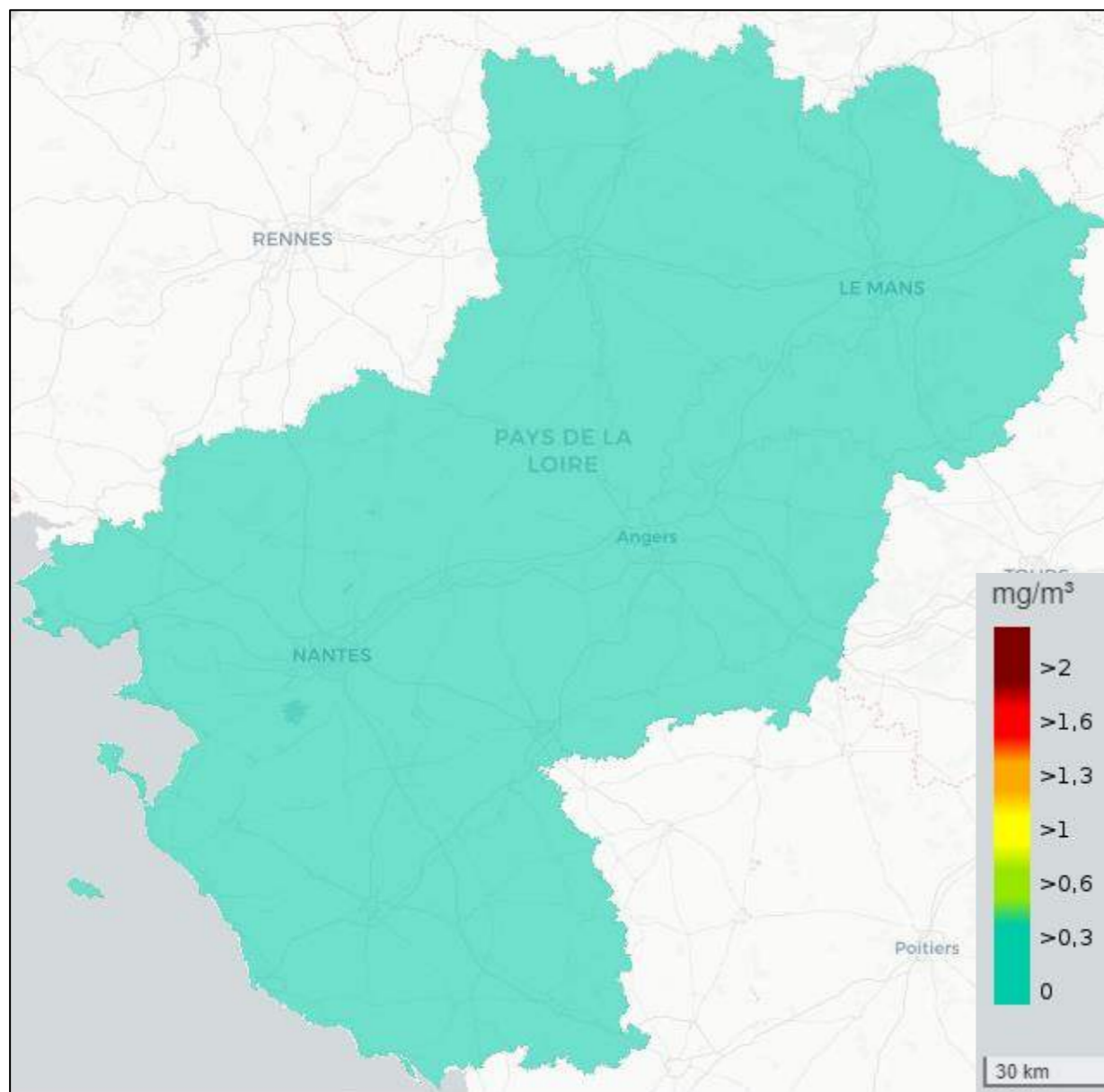


Figure 25 : Concentration moyenne annuelle du CO dans les Pays de la Loire en 2021 - source : Air Pays de la Loire

### 7.4. Synthèse

*Les données d'Air Pays de la Loire pour l'année 2021, montrent que les valeurs réglementaires sont respectées au niveau des stations du Mans : Guédou et Sources pour le NO<sub>2</sub>, les PM10 et les PM2,5.*

*De plus, les cartes issues des modélisations réalisées par Air Pays de la Loire pour les concentrations en moyenne annuelle des polluants ne mettent pas en évidence des dépassements des valeurs limites des différents polluants (NO<sub>2</sub>, PM10, PM2,5), seuls des dépassements peuvent être observés pour l'ozone.*

*Les autres polluants (benzène, BaP, métaux, CO, SO<sub>2</sub>) mesurés par quelques stations dans la région, ne mettent pas en évidence des dépassements des valeurs réglementaires ou des valeurs élevées pour l'année 2021.*

## 7.5. Indice de qualité de l'air

Les indices de qualité de l'air employés par les différents pays européens peuvent être très différents : prise en compte de certains polluants, échelles de calcul, couleurs et qualificatifs associés. Air Pays de la Loire utilise l'indice ATMO. Cet indice :

- ✓ met en évidence une pollution globale de fond, et non localisée ;
- ✓ tient compte des niveaux de dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, ozone et particules fines ;
- ✓ varie de très bon à très mauvais en 6 niveaux ;
- ✓ est calculé pour une journée et pour une zone géographique ;
- ✓ est défini comme le plus grand des sous-indices calculés pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules fines.

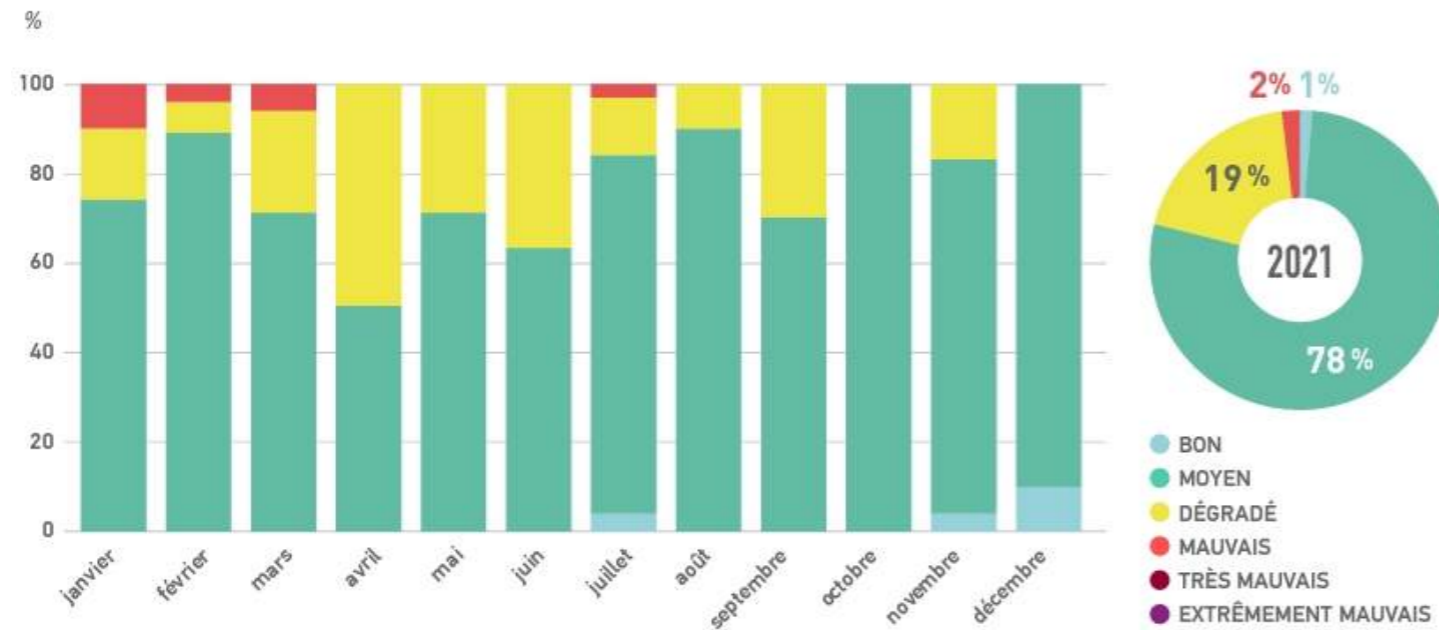


Figure 26 : Distribution mensuelle des indices de qualité de l'air au cours de l'année 2021 au Mans - source : Air Pays de la Loire

L'indice ATMO calculé pour le Mans en 2021 est « moyen » la majorité de l'année (78% de l'année), la qualité de l'air au niveau de la ville est donc globalement bonne.

## 7.6. Conclusions

*Les mesures réalisées au niveau des stations Air des Pays de la Loire et les cartes de modélisation des concentrations en moyenne annuelle dans la région des Pays de la Loire pour l'année 2021 ne mettent en avant que peu de dépassements des seuils réglementaires de la qualité l'air sur la zone d'étude.*

*Les seuls dépassements identifiés au niveau de la zone d'étude concernent l'objectif à long terme de protection de la santé pour l'ozone et l'objectif de qualité pour les PM2,5.*

*Ces résultats montrent que la qualité de l'air dans la zone d'étude est relativement bonne.*

## 8. Diagnostic de la qualité de l'air – Campagne de mesures

Pour compléter le diagnostic bibliographique de la qualité de l'air, une campagne de mesure par tubes passifs a été réalisée du 30 novembre au 22 décembre 2021.

Les concentrations de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et des particules PM10 sont relevées sur 30 sites par des tubes passifs. La localisation des sites est illustrée sur la carte suivante.

Le dioxyde d'azote et les particules sont de bons indicateurs de la pollution automobile. Les concentrations des polluants sont mesurées à l'aide d'échantillonneurs passifs (ou tubes à diffusion passive) exposés sur une période de deux semaines.

La méthode d'échantillonnage par diffusion passive repose sur le prélèvement spécifique des polluants gazeux au moyen de tubes sélectifs. Ils sont placés à l'air libre sur une période d'exposition variable. La vitesse de captation est contrôlée par diffusion à travers une membrane. La masse de polluants prélevés, mesurée à l'analyse, est corrélée au gradient de concentration dans la zone de diffusion.

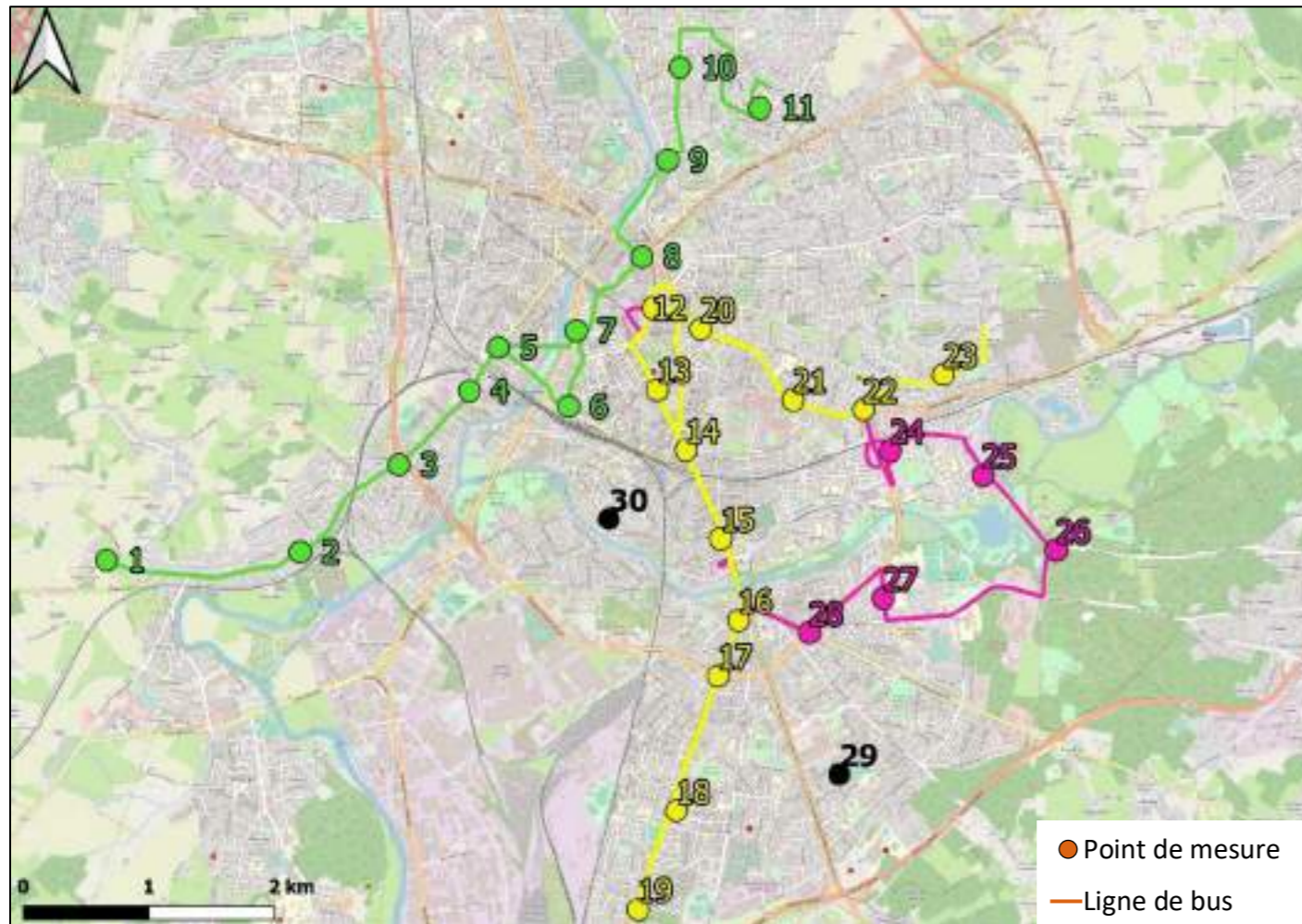


Figure 27 : Dispositif de la campagne de mesures de la qualité de l'air

Le dispositif est constitué de 30 sites de mesures pour évaluer les concentrations de la zone d'étude.

### 8.1. Matériels et méthodes

#### 8.1.1. Les tubes passifs à dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Ce sont des tubes en polypropylène de 7,4 cm de longueur et de 9,5 mm de diamètre, exposés à l'air ambiant. Leur fonctionnement repose sur la diffusion passive des molécules de dioxyde d'azote sur un absorbant, le triéthanolamine (TEA). La quantité de NO<sub>2</sub> absorbée est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant.

Après exposition, le NO<sub>2</sub> est extrait et dosé par colorimétrie selon une variante de la réaction Gries Saltzman (ISO 6768, 1985). Cette méthode fournit des estimations des concentrations assez précises, avec une erreur relative de 25% en moyenne pour des niveaux entre 20 µg/m<sup>3</sup> et 40 µg/m<sup>3</sup> et une limite de détection de 0,64 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition de 14 jours.

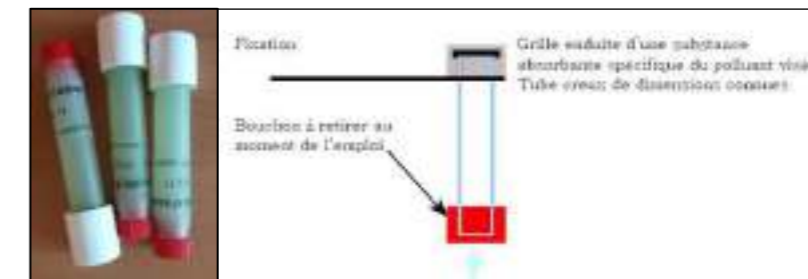


Figure 28 : Tubes passifs à dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

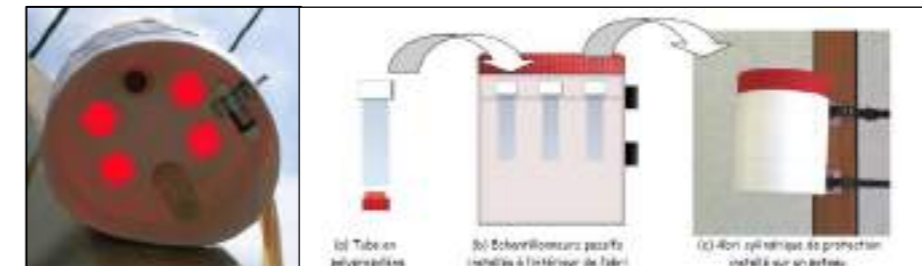


Figure 29 : Disposition des tubes passifs dans le boîtier anti-intempérie

#### 8.1.2. Capteurs PM10

Le capteur Sigma-2 se compose d'une part d'une zone de transfert de flux d'air (partie haute) et d'autre part d'une zone de réception des particules par sédimentation (partie basse). Le flux d'air traverse le capteur, au sein de la zone centrale, les particules sédimentent et s'impactent sur une surface de prélèvement adhésif disposée en partie basse.

La surface de prélèvement est ensuite analysée au microscope optique.



Figure 30 : Capteur Sigma-2 pour la mesure des PM10

## 8.2. Conditions météorologiques

La campagne a été réalisée du 30 novembre au 22 décembre 2021, les conditions météorologiques observées durant cette période sur la station Météo France Le Mans sont données dans le tableau suivant :

Date	Hauteur de précipitation (mm)	Température moyenne (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Direction du vent (°N)
30/11/2021	3,8	6,1	3,5	230
01/12/2021	4,4	8,9	4,0	270
02/12/2021	0,4	4,1	2,0	360
03/12/2021	8,2	5,5	3,4	230
04/12/2021	0,4	8,6	4,3	300
05/12/2021	1,2	5,7	3,5	260
06/12/2021	4,4	6,0	2,2	190
07/12/2021	4,0	6,2	3,9	240
08/12/2021	0,0	4,7	2,5	250
09/12/2021	11,1	4,0	2,5	280
10/12/2021	2,0	6,6	4,0	280
11/12/2021	0,2	5,0	1,5	190
12/12/2021	0,2	10,2	1,7	170
13/12/2021	0,0	8,0	1,4	140
14/12/2021	0,0	5,3	1,8	50
15/12/2021	0,0	6,3	3,2	70
16/12/2021	0,0	8,5	3,7	80
17/12/2021	0,0	6,8	4,4	60
18/12/2021	0,0	5,4	3,5	50
19/12/2021	0,0	5,6	3,8	50
20/12/2021	0,0	4,4	4,2	60
21/12/2021	0,0	1,1	2,3	50
22/12/2021	0,0	-1,2	2,5	100
<b>Moyenne</b>	<b>1,8</b>	<b>5,7</b>	<b>3,0</b>	<b>/</b>
<b>Normale de décembre*</b>	<b>2,1</b>	<b>5,4</b>	<b>3,1</b>	<b>/</b>

\* Station LE MANS

Tableau 16 : Conditions météorologiques observées à la station Météo France Le Mans

Les températures relevées pendant la campagne de mesure sont proches à la normale du mois de décembre.

## 8.3. Résultats des mesures de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Le tableau et le graphique ci-dessous présentent les résultats des concentrations de NO<sub>2</sub> relevées.

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en µg/m <sup>3</sup> )		
		Tube 1	Tube 2	Moyenne des 2 tubes
1	527,5	12,8	13,0	<b>12,9</b>
2	527,2	37,5	35,1	<b>36,3</b>
3	527,2	27,3	27,5	<b>27,4</b>
4	527,2	25,3	24,6	<b>24,9</b>
5	527,0	30,8	30,8	<b>30,8</b>
6	527,0	25,4	26,7	<b>26,0</b>
7	526,9	28,3	30,3	<b>29,3</b>
8	527,0	33,5	34,0	<b>33,8</b>
9	526,8	32,4	32,0	<b>32,2</b>
10	526,7	26,5	26,9	<b>26,7</b>
11	526,8	19,6	19,4	<b>19,5</b>
12	526,3	38,5	39,4	<b>39,0</b>
13	526,3	23,0	22,8	<b>22,9</b>
14	526,3	30,3	31,9	<b>31,1</b>
15	526,3	29,4	29,5	<b>29,5</b>
16	525,8	25,9	24,9	<b>25,4</b>
17	525,7	46,2	48,5	<b>47,4</b>
18	525,6	17,7	17,0	<b>17,4</b>
19	525,3	24,3	24,4	<b>24,3</b>
20	335,8	28,7	28,6	<b>28,6</b>
21	335,3	18,1	17,2	<b>17,7</b>
22	335,3	25,1	28,2	<b>26,7</b>
23	335,3	19,4	19,5	<b>19,5</b>
24	334,7	21,3	21,3	<b>21,3</b>
25	335,3	15,4	14,4	<b>14,9</b>
26	335,6	19,1	20,9	<b>20,0</b>
27	525,1	17,4	18,5	<b>18,0</b>
28	525,3	37,6	37,8	<b>37,7</b>
29	525,3	15,2	15,1	<b>15,2</b>
30	525,9	17,7	17,7	<b>17,7</b>

Tableau 17 : Concentrations en dioxyde d'azote mesurées - source : IRIS conseil

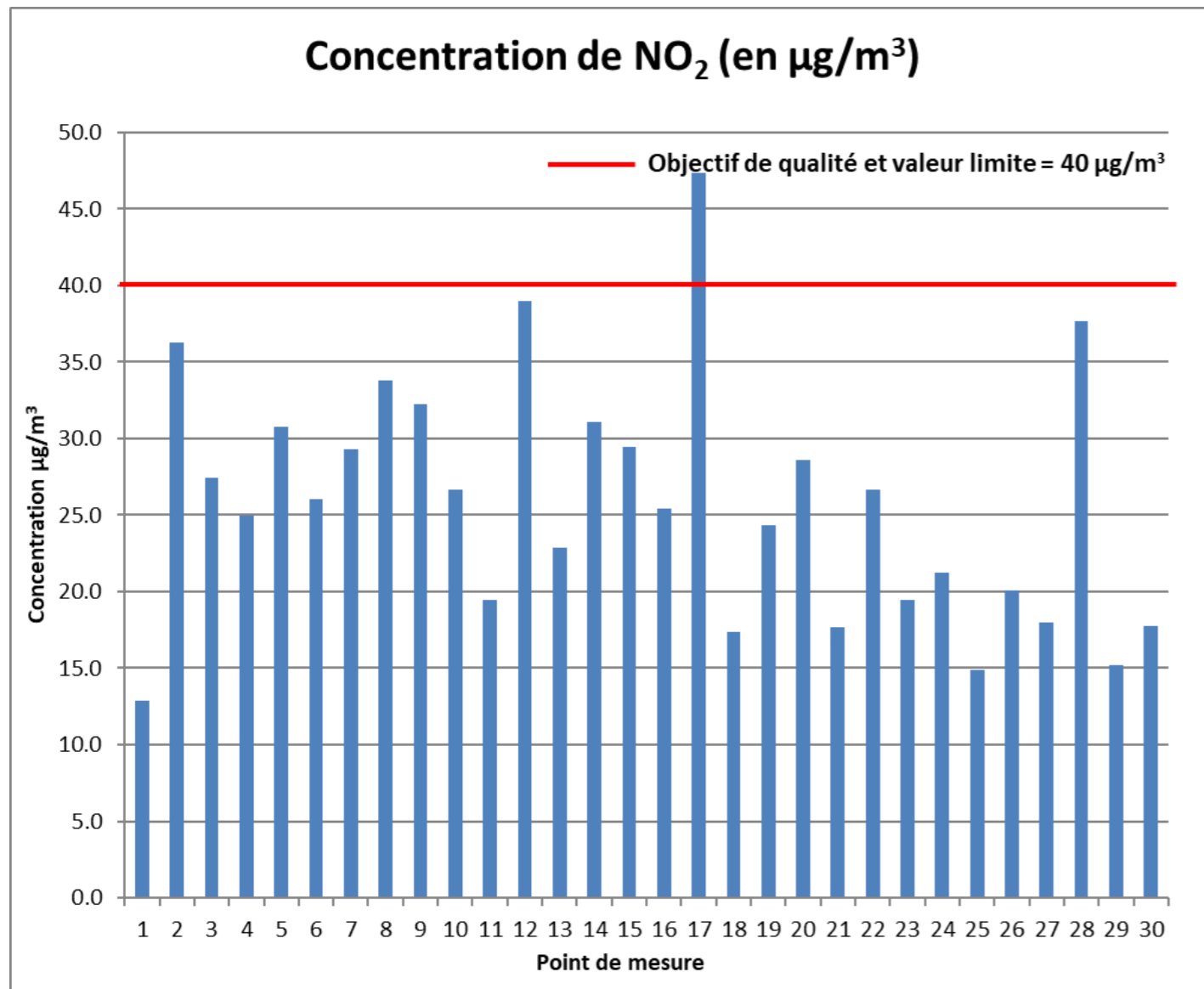


Figure 31 : Concentrations en dioxyde d'azote mesurées - source : IRIS conseil

Les concentrations relevées sont toutes inférieures à la valeur limite et également à l'objectif de qualité fixés à 40 µg/m<sup>3</sup> sauf pour le point 17 où la concentration mesurée est bien au-delà de ces limites (47,4 µg/m<sup>3</sup>).

Le point 17 se situe à l'intersection d'axes routiers à fort circulation : avenue Félix Geneslay et boulevard Jean Moulin (RD338), ce qui explique que les concentrations relevées à ce point sont les plus élevées.

#### 8.4. Résultats des mesures de PM10

Le tableau et le graphique ci-dessous présentent les résultats des concentrations de PM10 relevées.

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	527,5	13,8
2	527,2	18,5
3	527,2	16,7
4	527,2	13,1
5	527,0	17,5
6	527,0	15,7
7	526,9	14,8
8	527,0	16,6
9	526,8	17,5
10	526,7	16,7
11	526,8	11,7
12	526,3	19,6
13	526,3	15,8
14	526,3	15,8
15	526,3	17,7
16	525,8	20,6
17	525,7	19,9
18	525,6	12,9
19	525,3	14,8
20	335,8	18,3
21	335,3	13,7
22	335,3	18,5
23	335,3	13,0
24	334,7	14,3
25	335,3	15,3
26	335,6	16,6
27	525,1	14,5
28	525,3	22,9
29	525,3	12,2
30	525,9	14,1

Tableau 18 : Concentrations en particules PM10 mesurées - source : IRIS conseil

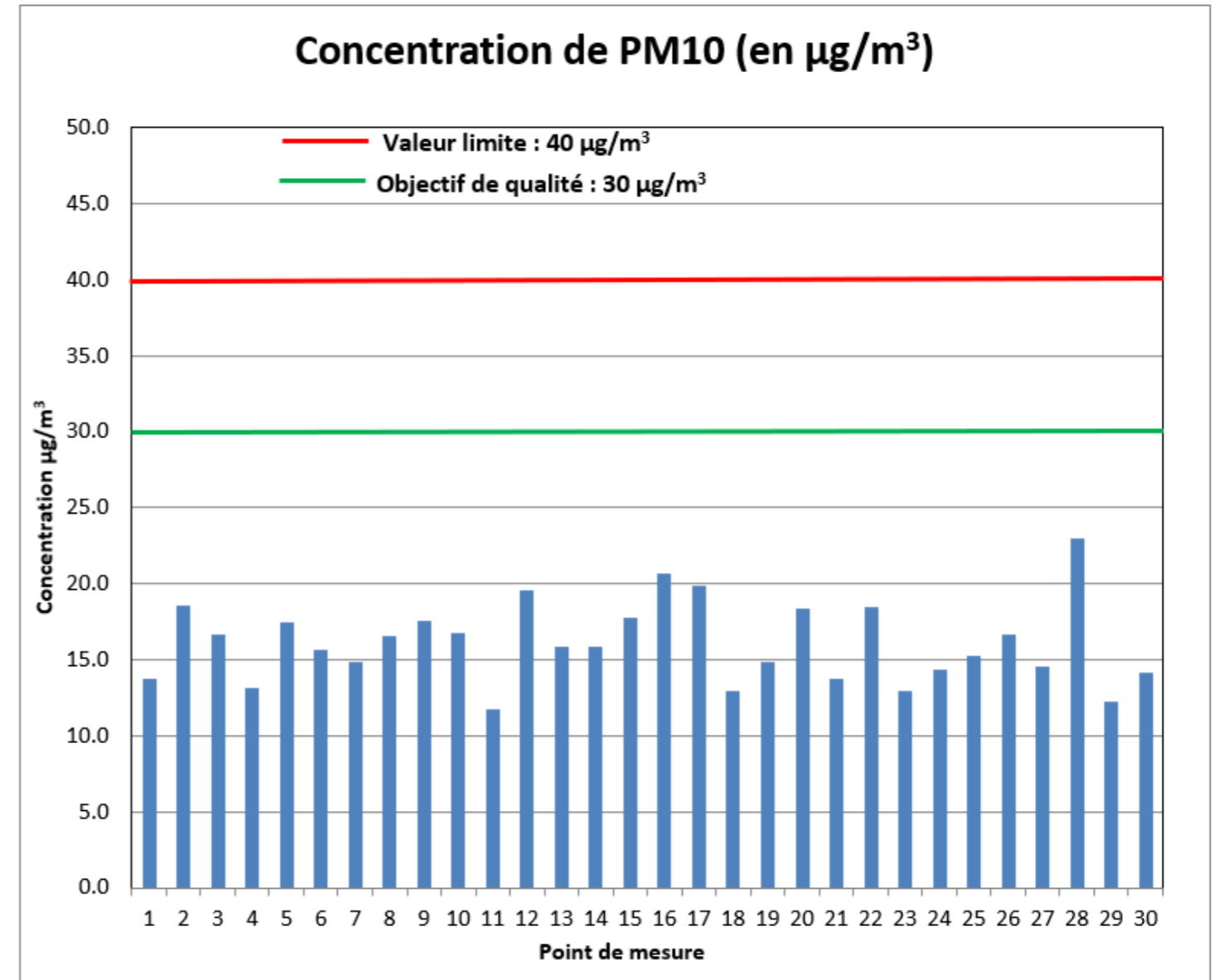


Figure 32 : Concentrations en PM10 mesurées - source : IRIS conseil

Les concentrations mesurées sont toutes inférieures à la valeur limite ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et également à l'objectif de qualité fixés à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

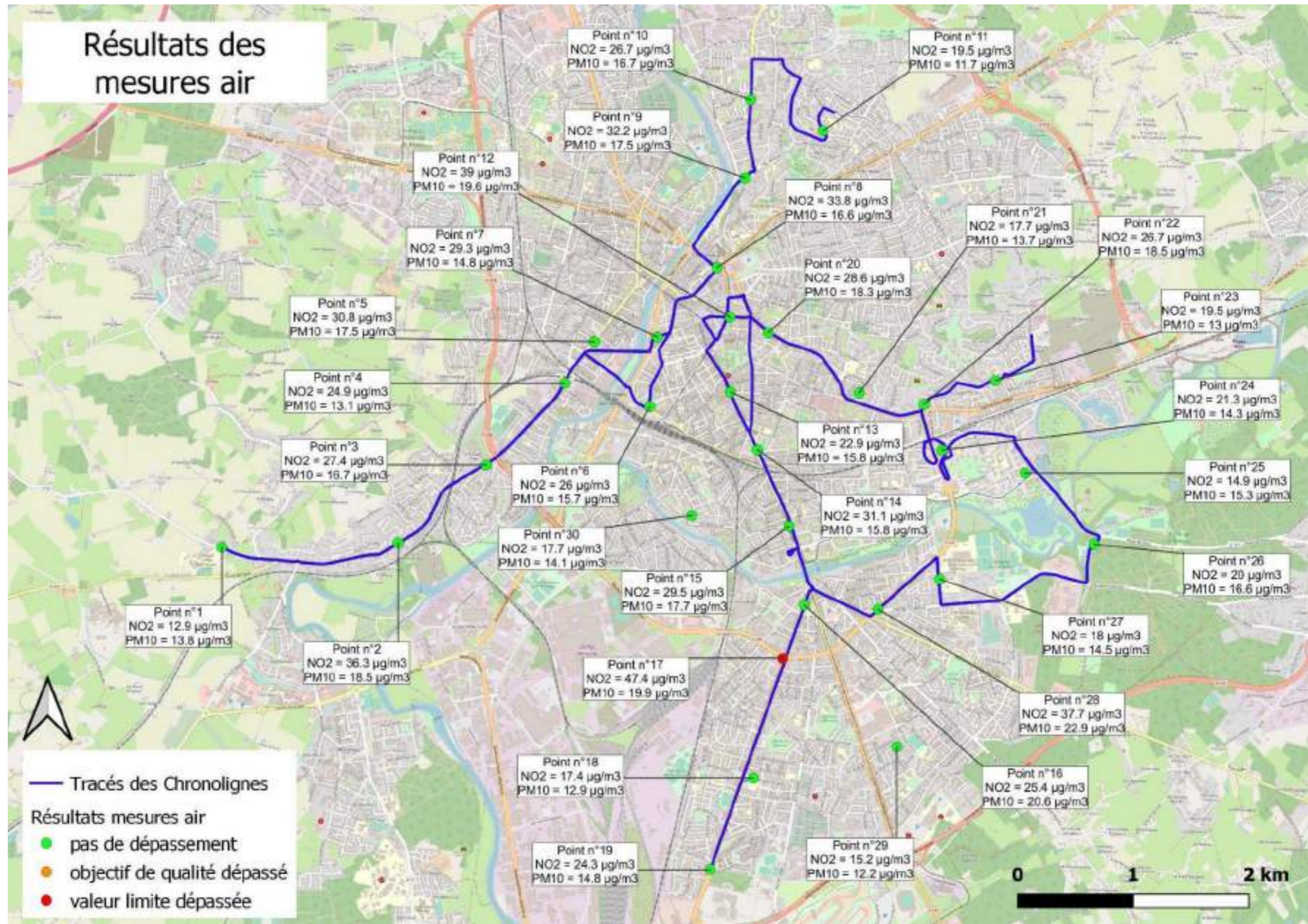


Figure 33 : Résultats des mesures de la qualité de l'air - source : IRIS conseil



### 8.5. Comparaison des résultats des mesures avec les données Air Pays de la Loire

Le tableau compare les concentrations en dioxyde d'azote et en particules PM10 mesurés par IRIS conseil et celles des stations permanentes d'Air Pays de la Loire sur l'agglomération du Mans sur la même période de mesure (30 novembre au 22 décembre 2021).

N° point	Polluant	Mesures IRIS conseil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mesures stations Air Pays de la Loire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
29 (station Sources)	NO <sub>2</sub>	15,2	11,9
	PM10	12,2	11,2
30 (station Guédou)	NO <sub>2</sub>	17,7	13,8

Tableau 19 : Comparaison entre les mesures IRIS conseil et mesures ATMO

**D'après les résultats, les concentrations en NO<sub>2</sub> et en PM10 sont relativement similaires.**

## 9. Modélisation des impacts de la pollution de l'air

### 9.1. Domaine d'étude

Pour l'étude des impacts sur la pollution de l'air, nous retiendrons le domaine d'étude figurant ci-dessous.

### 9.2. Réseau routier

Les axes routiers retenus et modélisés sont ceux concernés par les tracés des 3 Chronolignes. Leur tracé est présenté ci-dessous.

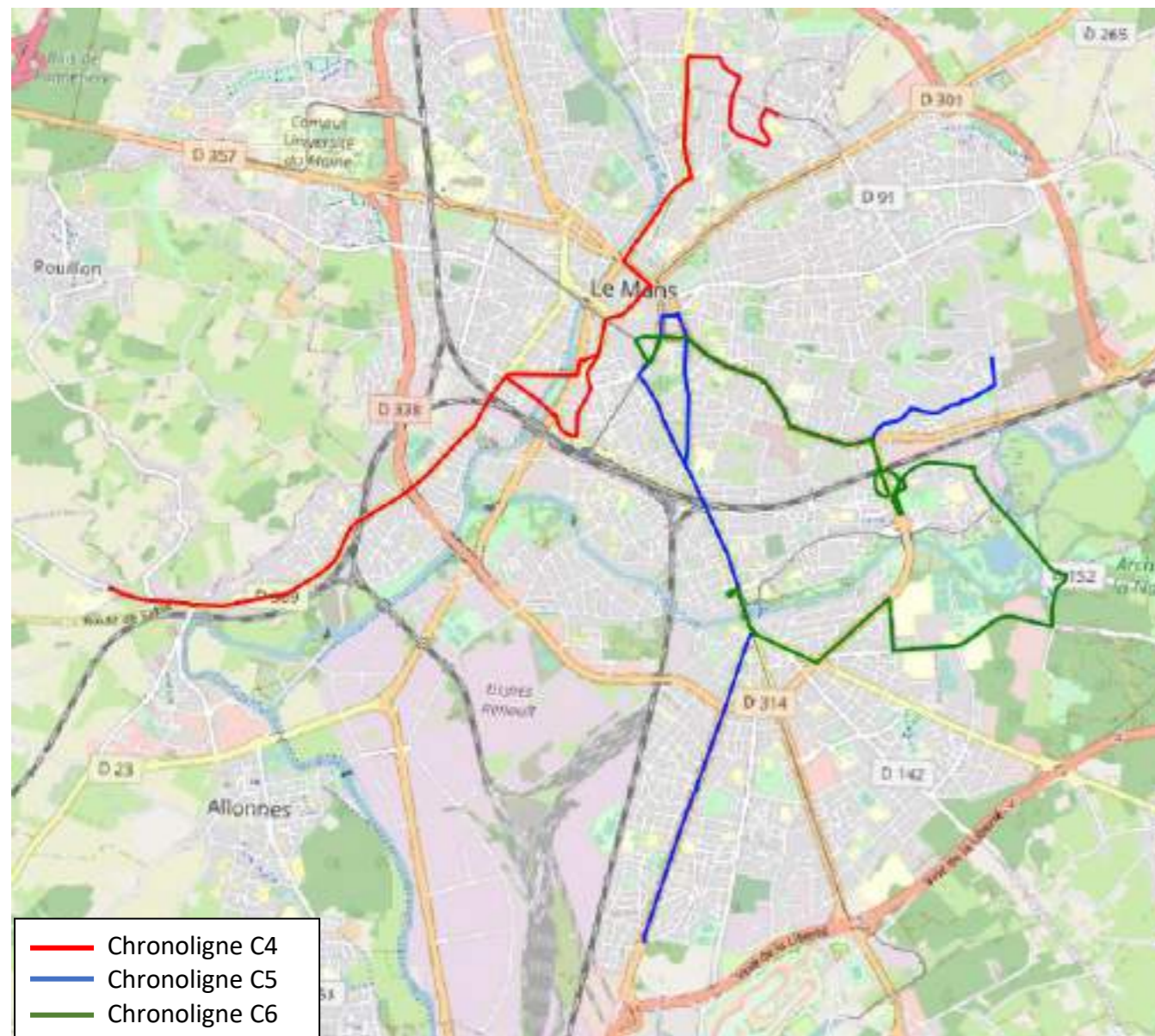


Figure 34 : Réseau routier modélisé – source : IRIS conseil

### 9.3. Relief

La figure ci-après représente une vue 2D de la topographie du domaine d'étude.

L'altimétrie du domaine d'étude varie entre 35 et 143 NGF.

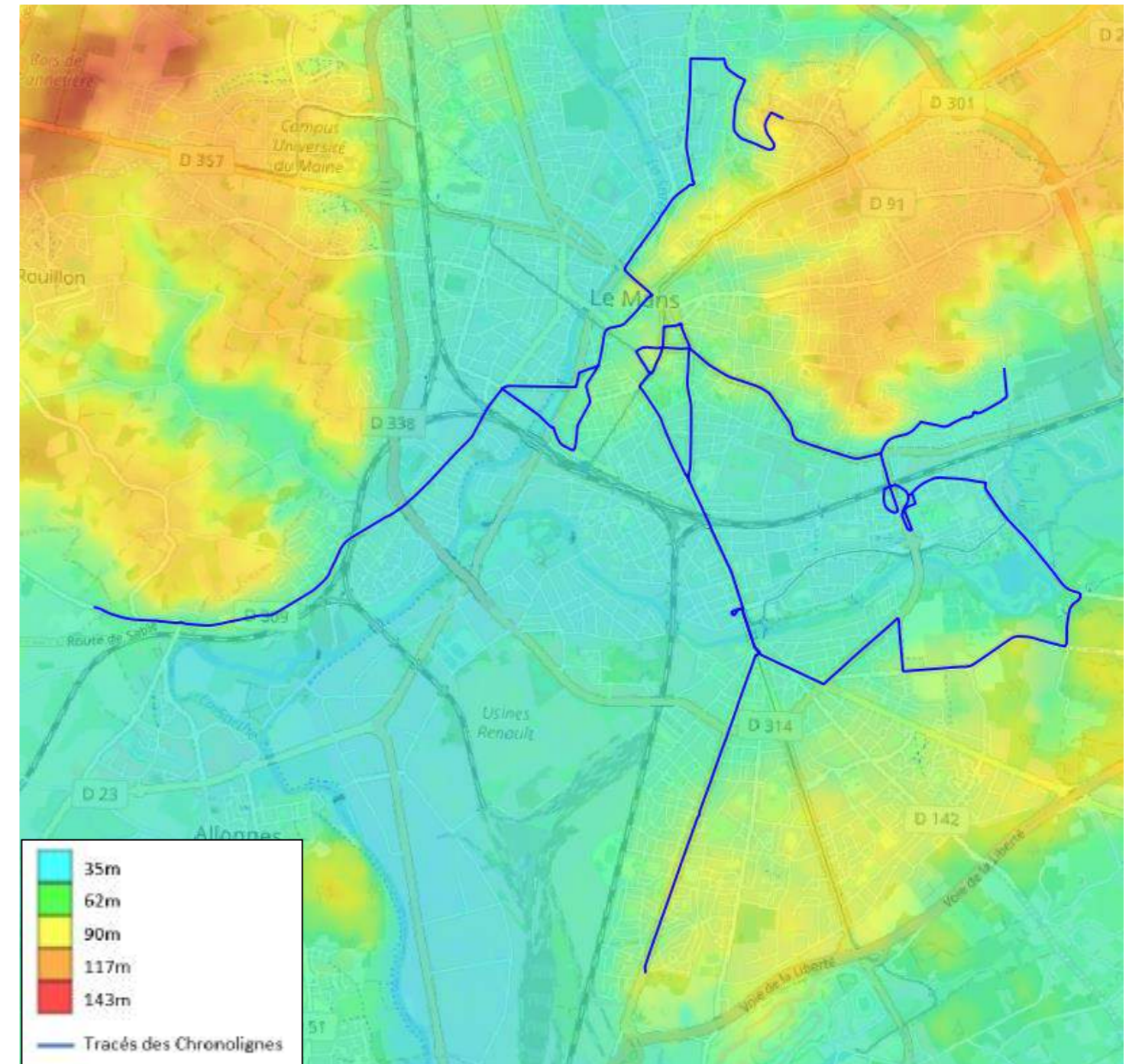


Figure 35 : Relief du domaine d'étude - source : IRIS conseil

#### 9.4. Description des conditions météorologiques

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont :

- La direction du vent ;
- La vitesse du vent ;
- La température extérieure ;
- La pluviométrie ;
- La stabilité de l'atmosphère.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie).

C'est pourquoi, il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques :

- Suffisamment longues et complètes,
- Représentatives de la climatologie du site.

Les données météorologiques prise en compte sont la rose des vents et la fiche climatologique de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude, qui est celle du Mans (72). Ci-contre, la rose des vents sur la période 1981 à 2010 est donnée.

D'après la rose des vents, les vents dominants sont du secteur Sud-Ouest et Nord-Est.

La vitesse des vents est plutôt faible à moyen.

D'après l'analyse de la fiche climatologique de la station du Mans pour la période 1981 à 2010, les informations climatologiques sont les suivantes :

- La température moyenne est 12°C.
- Le nombre de jours pluvieux en moyenne sur une année est 112,6 jours, ce qui représente 30,8 % de jours pluvieux sur une année.

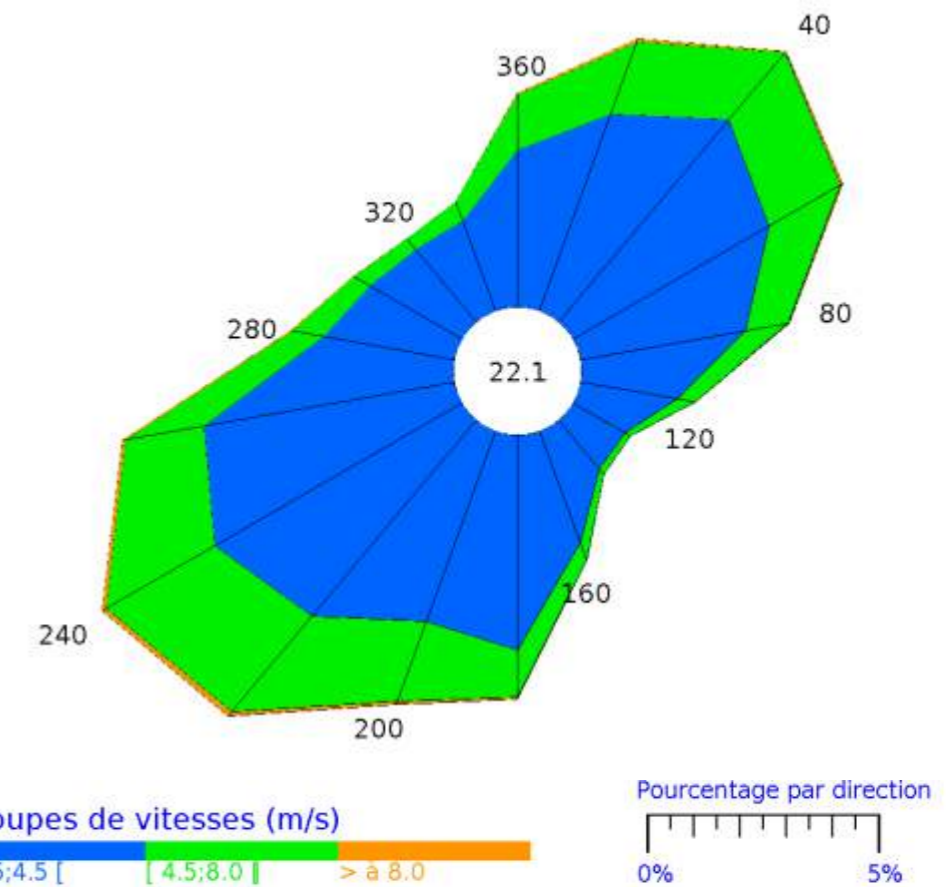


Figure 36 : Rose des vents générale de la station du Mans - source : Météo France

#### 9.5. Détermination du trafic

Dans le cadre de cette étude air et santé, trois situations sont étudiées :

- Actuel 2022
- Sans projet 2040
- Avec projet 2040

Les émissions polluantes sont fonction des volumes de trafic de chaque catégorie de véhicules (VL et PL) mais également fonction des vitesses des véhicules et des distances parcourues. Ainsi le terme « véh.km » tient compte des distances parcourues et rend mieux compte des émissions polluantes. Le tableau suivant présente le cumul des véh.km obtenus à partir de la multiplication, pour chaque section de route, du trafic routier et de la longueur de la section de route.

Scénario	Nombre véh.km/jour	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation / Sans projet 2040 (%)
<b>Actuel 2022</b>			
Chronoligne C4	86 617	--	--
Chronoligne C5	84 568	--	--
Chronoligne C6	92 118	--	--
Total	263 303	--	--
<b>Sans projet 2040</b>			
Chronoligne C4	92 267	6,5	--
Chronoligne C5	90 831	7,4	--
Chronoligne C6	98 405	6,8	--
Total	281 502	6,9	--
<b>Avec projet 2040</b>			
Chronoligne C4	81 027	-6,5	-12,2
Chronoligne C5	80 169	-5,2	-11,7
Chronoligne C6	86 963	-5,6	-11,6
Total	248 160	-5,8	-11,8

Tableau 20 : Nombre de véh.km par jour – source : IRIS conseil

D'après les résultats du tableau, nous observons que :

- Par rapport à la situation Actuel 2022, les nombres totaux de véh.km augmentent de 6,9% en situation Sans projet 2040 et diminuent de 5,8% en situation Avec projet 2040.
- A l'horizon 2040, le nombre de véh.km en situation Avec projet diminue de 11,8% par rapport à la situation Sans projet.
- Les variations des nombres de véh.km des Chronolignes de bus sont quasiment similaires.

## 9.6. Répartition du parc automobile

Pour les calculs d'émissions, il est nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile sur chacun des brins. La répartition du parc automobile a été déterminée en fonction des deux principales catégories de véhicules :

- Véhicules légers (VP / VUL) ;
- Poids lourds (PL).

Au sein de chacune de ces catégories, plusieurs sous-classes de véhicules sont définies. Ces classes dépendent du type de carburant (essence/diesel) et de la date de mise en service du véhicule par rapport aux normes sur les émissions. Par ailleurs, une répartition par type de voie (urbain, route et autoroute) peut être également appliquée.

La répartition du parc pris en compte dans les calculs est issue d'une recherche IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).

## 9.7. Définition des facteurs d'émissions unitaires

Les quantités de polluants, exprimées en g/km, rejetées par un véhicule sont appelées « facteur d'émission ». Pour la consommation, les données sont fournies en Tep/km (Tonne Equivalent Pétrole). Les facteurs d'émission proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

- De la nature des polluants ;
- Du type de véhicule (essence/diesel/hybride/électrique, VL/PL) ;
- Du cycle (trajet urbain, autoroute, moteur froid/chaud) ;
- De la vitesse du véhicule ;
- De la température ambiante (pour les émissions à froid).

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'étude sont ceux recommandés par l'Union Européenne (UE), c'est-à-dire ceux du programme COPERT 5. Ce modèle résulte d'un consensus européen entre les principaux centres de recherche sur les transports. En France, son utilisation est par ailleurs préconisée par le CERTU pour la réalisation des études d'impact du trafic routier.

Les données concernant les véhicules sont des paramètres d'entrée liés à la répartition du parc roulant prise en compte.

La distribution du parc et des classes de vitesse a été réalisée de manière à être compatible avec les données du programme de calcul d'émissions COPERT 5.

Pour chacun des parcs, les facteurs d'émissions sont déduits par interpolation linéaire sur les vitesses à partir des émissions calculées pour certaines vitesses à partir des formules polynomiales du programme COPERT 5.

## 10. Calcul des émissions polluantes

Ce paragraphe présente la méthodologie et les résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques.

### 10.1. Méthodologie

La note technique du 22 février 2019 prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC 5. Ce logiciel a été développé par ARIA Technologies. Ce logiciel calcule les émissions de polluants et la consommation énergétique en fonction : du trafic, de la vitesse, des projections IFSTTAR pour le parc roulant (motorisation essence, diesel, hybride ou électrique, cylindré, renouvellement du parc roulant en fonction des avancées technologiques) et des facteurs d'émissions COPERT 5 de chaque catégorie de véhicule.

COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions du transport routier.

La méthodologie utilisée dans cette étude est COPERT 5. C'est la méthodologie en vigueur qui propose des facteurs d'émissions pour les technologies Euro 5 et Euro 6.

Les calculs des émissions de polluants et des consommations énergétiques seront réalisés pour le scénario actuel 2022 et les scénarios futurs Sans et Avec projet 2040.

### 10.2. Bilan des émissions sur le domaine d'étude

Le bilan des émissions de polluants sur le domaine d'étude sont présentés dans le tableau suivant, pour les trois scénarios étudiés.

Polluants	Chronoligne C4			Chronoligne C5			Chronoligne C6			Total		
	Actue l 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actue l 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actue l 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actue l 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
NOx (kg/j)	29,8	9,3	8,2	29,0	9,0	8,0	30,4	9,4	8,3	89,2	27,7	24,4
PM10 (kg/j)	3,0	2,7	2,4	2,9	2,6	2,3	3,0	2,6	2,3	9,0	7,9	7,0
PM2,5 (kg/j)	2,0	1,6	1,4	1,9	1,5	1,3	2,0	1,5	1,4	5,9	4,7	4,1
CO (kg/j)	32,4	18,2	16,0	32,2	17,9	15,8	40,3	21,4	18,9	104,9	57,5	50,7
COVNM (kg/j)	1,4	0,5	0,4	1,4	0,5	0,4	1,5	0,5	0,5	4,4	1,4	1,3
Benzène (g/j)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SO <sub>2</sub> (g/j)	389,4	311,1	273,0	378,7	305,3	269,5	403,0	324,0	285,7	1171,1	940,4	828,2
Arsenic (mg/j)	1,5	1,2	1,1	1,4	1,2	1,1	1,5	1,3	1,1	4,4	3,7	3,3
Nickel (mg/j)	11,2	8,8	7,8	10,9	8,7	7,7	11,6	9,2	8,1	33,6	26,7	23,5
Benzo(a)pyrène (mg/j)	80,4	40,8	35,8	78,5	40,3	35,6	85,5	43,8	38,6	244,3	124,9	110,0
1,3-butadiène (mg/j)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chrome (mg/j)	31,6	32,9	28,9	30,7	32,3	28,5	32,7	34,5	30,4	95,1	99,6	87,8
Acénaphthène (mg/j)	1217,7	156,6	137,5	1182,7	153,5	135,5	1286,7	166,1	146,8	3687,2	476,2	419,8
Acénaphthylène (mg/j)	910,9	117,1	102,9	884,7	114,8	101,3	962,5	124,2	109,8	2758,2	356,2	314,0
Anthracène (mg/j)	202,4	260,4	228,7	200,4	258,6	228,4	219,0	281,0	248,0	621,7	800,1	705,0
Benzo[a]anthracène (mg/j)	136,2	65,8	57,8	133,4	65,4	57,8	145,4	71,2	62,8	415,0	202,4	178,4
Benzo[b]fluoranthène (mg/j)	104,9	66,7	58,5	104,3	67,5	59,6	114,1	73,8	65,0	323,3	208,0	183,1
Benzo[k]fluoranthène (mg/j)	83,1	47,4	41,6	83,4	48,8	43,2	91,4	53,7	47,2	258,0	149,9	131,9
Benzo[ghi]pérylène (mg/j)	170,5	118,1	103,7	165,9	116,1	102,4	180,6	125,7	111,0	517,1	359,9	317,2
Chrysène (mg/j)	243,2	112,1	98,3	243,3	116,1	102,7	266,6	128,0	112,4	753,0	356,2	313,4
Dibenzo[ah]anthracène (mg/j)	16,3	4,8	4,3	15,9	4,9	4,3	17,4	5,3	4,7	49,6	15,1	13,3
Fluorène (mg/j)	1310,1	778,3	683,4	1281,8	771,1	680,8	1397,0	837,4	739,1	3988,8	2386,8	2103,3
Fluoranthène (mg/j)	108,0	118,0	103,2	122,5	130,9	116,1	137,9	147,6	128,7	368,4	396,4	348,1
Indéno[123-cd]pyrène (mg/j)	84,8	58,5	51,4	83,0	57,9	51,1	90,5	62,8	55,5	258,3	179,3	158,0
Phénanthrène (mg/j)	2747,0	2026,4	1779,5	2678,1	1995,2	1761,1	2916,2	2161,8	1909,5	8341,4	6183,4	5450,1
Pyrène (mg/j)	1106,2	451,5	396,2	1088,3	454,6	401,7	1187,7	496,5	437,5	3382,2	1402,6	1235,4
Benzo[j]fluoranthène (mg/j)	69,6	108,5	95,2	73,3	111,3	98,5	81,3	122,4	107,6	224,1	342,2	301,2

Tableau 21 : Bilan des émissions sur le domaine d'étude – source : IRIS conseil

Ce même bilan d'émissions est présenté de façon graphique ci-dessous.

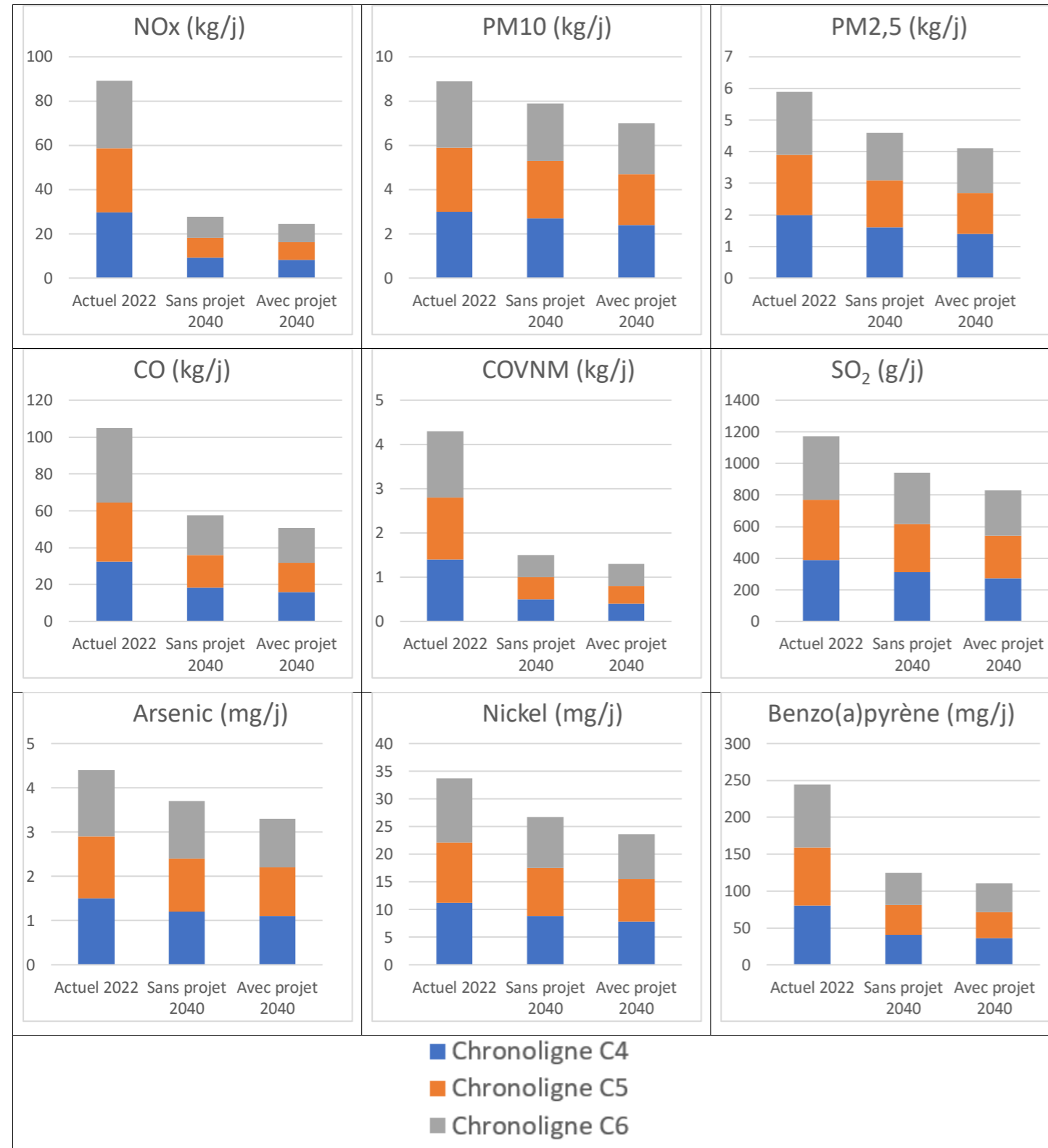


Figure 37 : Bilan des émissions sur le domaine d'étude – source : IRIS conseil

Le tableau suivant présente les variations des émissions en comparaison à la situation Actuelle 2022 et à la situation Sans projet 2040.

Polluants	Chronoligne C4			Chronoligne C5			Chronoligne C6			Total		
	Sans projet / Actuel 2022	Avec projet 2040 / Actuel 2022	Avec projet / Sans projet	Sans projet / Actuel 2022	Avec projet 2040 / Actuel 2022	Avec projet / Sans projet	Sans projet / Actuel 2022	Avec projet 2040 / Actuel 2022	Avec projet / Sans projet	Sans projet / Actuel 2022	Avec projet 2040 / Actuel 2022	Avec projet / Sans projet
NOx	-68,7	-72,5	-12,2	-68,9	-72,6	-11,8	-69,2	-72,8	-11,7	-69,0	-72,7	-11,9
PM10	-11,3	-22,1	-12,2	-11,1	-21,6	-11,8	-12,4	-22,7	-11,8	-11,6	-22,2	-12,0
PM2,5	-20,4	-30,1	-12,2	-20,3	-29,7	-11,8	-21,7	-31,0	-11,8	-20,8	-30,3	-12,0
CO	-43,9	-50,7	-12,2	-44,4	-51,0	-11,7	-47,0	-53,1	-11,6	-45,2	-51,7	-11,8
COVNM	-68,2	-72,1	-12,2	-67,2	-71,0	-11,6	-65,3	-69,4	-11,8	-66,9	-70,8	-11,9
Benzène	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
SO <sub>2</sub>	-20,1	-29,9	-12,2	-19,4	-28,8	-11,7	-19,6	-29,1	-11,8	-19,7	-29,3	-11,9
Arsenic	-15,9	-26,2	-12,2	-15,0	-25,0	-11,7	-15,1	-25,2	-11,8	-15,4	-25,5	-11,9
Nickel	-20,9	-30,6	-12,2	-20,0	-29,4	-11,7	-20,3	-29,7	-11,9	-20,4	-29,9	-11,9
Benzo(a)pyrène	-49,3	-55,4	-12,2	-48,6	-54,6	-11,7	-48,8	-54,8	-11,7	-48,9	-55,0	-11,9
1,3-butadiène	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chrome	4,0	-8,7	-12,2	5,0	-7,3	-11,7	5,4	-7,1	-11,8	4,8	-7,7	-11,9
Acénaphthène	-87,1	-88,7	-12,2	-87,0	-88,5	-11,8	-87,1	-88,6	-11,6	-87,1	-88,6	-11,8
Acénaphthylène	-87,1	-88,7	-12,2	-87,0	-88,5	-11,8	-87,1	-88,6	-11,6	-87,1	-88,6	-11,8
Anthracène	28,7	13,0	-12,2	29,1	14,0	-11,7	28,3	13,3	-11,8	28,7	13,4	-11,9
Benzo[a]anthracène	-51,7	-57,6	-12,2	-50,9	-56,7	-11,7	-51,1	-56,8	-11,8	-51,2	-57,0	-11,9
Benzo[b]fluoranthène	-36,4	-44,2	-12,3	-35,3	-42,8	-11,6	-35,3	-43,0	-11,9	-35,7	-43,4	-11,9
Benzo[k]fluoranthène	-43,0	-50,0	-12,3	-41,5	-48,2	-11,6	-41,3	-48,4	-12,1	-41,9	-48,9	-12,0
Benzo[ghi]pérylène	-30,7	-39,2	-12,2	-30,1	-38,3	-11,7	-30,4	-38,5	-11,7	-30,4	-38,7	-11,9
Chrysène	-53,9	-59,6	-12,3	-52,3	-57,8	-11,5	-52,0	-57,8	-12,2	-52,7	-58,4	-12,0
Dibenzo[ah]anthracène	-70,2	-73,9	-12,2	-69,4	-73,0	-11,6	-69,3	-73,0	-11,9	-69,6	-73,3	-11,9
Fluorène	-40,6	-47,8	-12,2	-39,8	-46,9	-11,7	-40,1	-47,1	-11,7	-40,2	-47,3	-11,9
Fluoranthène	9,2	-4,5	-12,5	6,9	-5,2	-11,3	7,0	-6,6	-12,8	7,6	-5,5	-12,2
Indéno[123-cd]pyrène	-31,0	-39,4	-12,2	-30,2	-38,4	-11,7	-30,5	-38,7	-11,7	-30,6	-38,8	-11,9
Phénanthrène	-26,2	-35,2	-12,2	-25,5	-34,2	-11,7	-25,9	-34,5	-11,7	-25,9	-34,7	-11,9
Pyrène	-59,2	-64,2	-12,2	-58,2	-63,1	-11,6	-58,2	-63,2	-11,9	-58,5	-63,5	-11,9
Benzo[j]fluoranthène	56,0	36,8	-12,3	51,9	34,3	-11,6	50,6	32,4	-12,1	52,7	34,4	-12,0

Tableau 22 : Comparaison des émissions par rapport à la situation actuelle 2022 et à la situation Sans projet 2040 – source : IRIS conseil

Le bilan des émissions montre une diminution des émissions de quasiment tous les polluants, entre le scénario Actuel 2022 et les scénarios futurs Sans projet et Avec projet 2040. Ces diminutions sont dues au renouvellement du parc roulant, et aux améliorations technologiques des moteurs et des carburants, prévues à l'horizon 2040.

Les émissions les plus élevées des polluants sont calculées pour la Chronoligne C6, dont le nombre de véh.km est le plus élevé parmi les trois Chronolignes.

La comparaison des scénarios Sans projet et Avec projet 2040 indique une diminution de l'ordre de 12% des émissions de tous les polluants. Cette diminution est due à la diminution globale du trafic sur le domaine d'étude : -11,8% de véh.km entre ces deux scénarios.

### 10.3. Bilan de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde de carbone

Le tableau suivant présente les résultats de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> journalières sur le domaine d'étude. La consommation énergétique est exprimée en tonnes d'équivalent pétrole, et les émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes.

Scénario	Emissions de CO <sub>2</sub>			Consommation de carburant		
	t/j	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation Avec projet / Sans projet 2040 (%)	tep/j	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation Avec projet / Sans projet 2040 (%)
<b>Actuel 2022</b>						
Chronoligne C4	15,8	--	--	5,0	--	--
Chronoligne C5	15,3	--	--	4,8	--	--
Chronoligne C6	16,3	--	--	5,2	--	--
Total	47,4	--	--	15,0	--	--
<b>Sans projet 2040</b>						
Chronoligne C4	15,3	-2,8	--	4,8	-2,7	--
Chronoligne C5	15,0	-1,8	--	4,8	-1,7	--
Chronoligne C6	16,1	-1,6	--	5,1	-1,5	--
Total	46,4	-2,1	--	14,7	-1,9	--
<b>Avec projet 2040</b>						
Chronoligne C4	13,5	-14,6	-12,2	4,2	-14,5	-12,2
Chronoligne C5	13,3	-13,3	-11,7	4,2	-13,2	-11,7
Chronoligne C6	14,2	-13,2	-11,8	4,5	-13,1	-11,8
Total	40,9	-13,7	-11,9	12,9	-13,6	-11,9

Tableau 23 : Bilan des émissions de CO<sub>2</sub> et de la consommation de carburant sur le domaine d'étude – source : IRIS conseil

Ce même bilan est présenté de façon graphique ci-dessous.

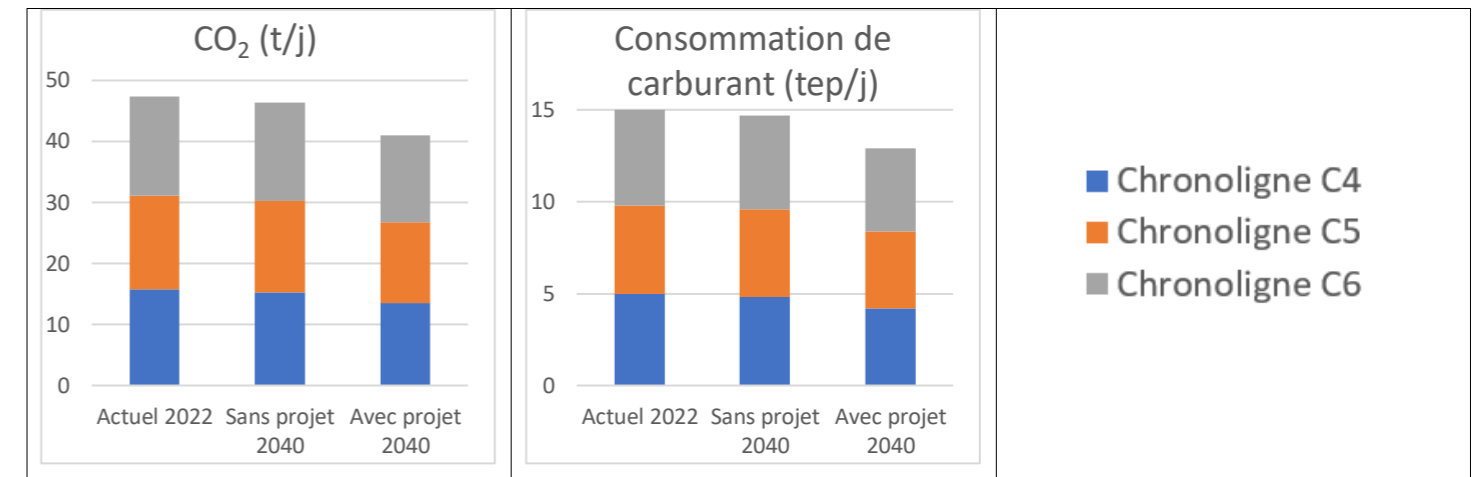


Figure 38 : Bilan des émissions sur le domaine d'étude – source : IRIS conseil

La consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> sont proportionnelles au trafic et suivent les évolutions du parc automobile qui sera de plus en plus électrifié et plus économe.

Entre le scénario Sans projet et Avec projet 2040, le trafic diminue de 11,8%, c'est donc normal que la consommation totale de carburants et les émissions totales de CO<sub>2</sub> soient en baisse de 11,9%.

## 11. Calcul des coûts collectifs

### 11.1. Méthodologie

Les émissions de polluants atmosphériques issues du trafic routier sont à l'origine d'effets variés. Les études distinguent principalement les effets sanitaires de l'impact sur les bâtiments et des atteintes à la végétation.

Les connaissances ont profondément évolué depuis quelques années, tant en ce qui concerne les études épidémiologiques que la dispersion. Les études réalisées ont, ainsi, mis en évidence, depuis les travaux de Dockery et Pope, l'impact des effets de la pollution atmosphérique à long terme. Il en résulte que les coûts sanitaires de la pollution, toutes choses égales par ailleurs, devront désormais être évolués avec des montants plus élevés qu'au début des années 1990 ou 2000.

L'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport a défini un cadre général pour l'évaluation socio-économique des grands projets d'infrastructures de transport. Ce document propose l'utilisation de nouvelles valeurs de référence pour le calcul des indicateurs socio-économiques dont :

- La monétarisation de la pollution de l'air ;
- La monétarisation des émissions de gaz à effet de serre.

En termes de quantification, les effets sur la santé de la pollution de l'air dépendent de la concentration en polluants et de la densité de la population dans les zones polluées. Ceci conduit à retenir des valeurs unitaires différentes pour la valorisation des coûts de pollution selon le milieu traversé par le projet.

Nota Bene : depuis la publication de l'Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014, les valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique font l'objet de mise à jour périodiquement en fonction des évolutions des connaissances.

Pour les calculs ci-après, les valeurs de références en vigueur depuis le 3 mai 2019 sont utilisées. Ces valeurs de références sont exposées dans le tableau ci-contre et ci-après.

### 11.2. Valeurs de référence

#### 11.2.1. Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à la pollution de l'air

Les valeurs de la pollution atmosphérique pour le mode routier sont données dans le tableau ci-dessous et sont exprimées en €<sub>2010</sub> pour 100 véhicules et par km (€<sub>2010</sub>/100 véh.km) :

€ <sub>2010</sub> /100véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
VP diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1
VP essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
VP GPL	3,7	1	0,4	0,3	0,1
VUL	19,8	5,6	2,4	2	1,7
VU diesel	20,2	5,7	2,5	2	1,8
VU essence	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
PL diesel	133	26,2	12,4	6,6	4,4
Deux roues	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
Bus	83,7	16,9	8,3	4,5	3,1

Tableau 24 : Coût de pollution atmosphérique en €/100 véh.km pour le mode routier

Le choix du milieu traversé est fonction de la densité de population du site à l'étude. Le tableau ci-dessous donne la correspondance entre type de milieu et densité de population.

€ <sub>2010</sub> /100véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Fourchette (hab/km <sup>2</sup> )	> 4 500	1 500 – 4 500	450 – 1500	37 – 450	< 37
Densité moyenne (hab/km <sup>2</sup> )	6 750	2 250	750	250	25

Tableau 25 : Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

**Dans le cas de la présente étude, la densité de population varie entre 450 et 12 000 hab/km<sup>2</sup> (données INSEE) : la zone d'étude est donc de type urbain très dense.**

**Dans ce cas, les coefficients pris en compte pour le calcul des coûts liés à la pollution de l'air sont :**

**Pour les VP : 11,6 €/100véh.km**

**Pour les PL : 133 €/100véh.km**

#### 11.2.2. Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à l'effet de serre additionnel

Les coûts liés à l'effet de serre sont fonction du coût de la tonne de CO<sub>2</sub>. Ces coûts sont présentés dans le tableau suivant :

Prix de la tonne de carbone en € <sub>2010</sub>				
2018	2020	2030	2040	2050
54€	87€	250€	500€	775€

Tableau 26 : Coût de l'effet de serre (en €/tonne de carbone)

**Nous retiendrons les prix de 87€ et de 500€ pour la situation Actuel 2022 et les situations 2040.**



### 11.3. Application au projet

#### 11.3.1. Calcul des coûts collectifs liés à la pollution de l'air

Le calcul du coût des nuisances liées à la pollution de l'air, du fait de la réalisation du projet, est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Coût VL en €/jour	Coût PL en €/jour	Coût TOTAL en €/jour	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation Avec projet / Sans projet 2040 (%)
<b>Actuel 2022</b>					
Chronoligne C4	9 734	3 594	13 328	--	--
Chronoligne C5	9 454	4 075	13 529	--	--
Chronoligne C6	10 286	4 588	14 873	--	--
Total	29 474	12 256	41 730	--	--
<b>Sans projet 2040</b>					
Chronoligne C4	10 361	3 924	14 285	7,2	--
Chronoligne C5	10 157	4 355	14 511	7,3	--
Chronoligne C6	10 987	4 909	15 896	6,9	--
Total	31 504	13 189	44 693	7,1	--
<b>Avec projet 2040</b>					
Chronoligne C4	9 100	3 433	12 533	-6,0	-12,3
Chronoligne C5	8 963	3 864	12 827	-5,2	-11,6
Chronoligne C6	9 710	4 283	13 992	-5,9	-12,0
Total	27 772	11 580	39 352	-5,7	-12,0

Tableau 27 : Coûts liés à la pollution atmosphérique (en €/jour) – source : IRIS conseil

#### 11.3.2. Calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Le calcul du coût des nuisances liées à l'effet de serre additionnel, du fait de la réalisation du projet, est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Coût en €/jour	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation Avec projet / Sans projet 2040 (%)
<b>Actuel 2022</b>			
Chronoligne C4	1 371	--	--
Chronoligne C5	1 333	--	--
Chronoligne C6	1 420	--	--
Total	4 125	--	--
<b>Sans projet 2040</b>			
Chronoligne C4	7 663	459	--
Chronoligne C5	7 525	465	--
Chronoligne C6	8 029	465	--
Total	23 216	463	--
<b>Avec projet 2040</b>			
Chronoligne C4	6 726	391	-12,2
Chronoligne C5	6 642	398	-11,7
Chronoligne C6	7 081	399	-11,8
Total	20 449	396	-11,9

Tableau 28 : Coûts liés à l'effet de serre additionnel (en €/jour) – source : IRIS conseil

Les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique augmentent de 7,1% entre le scénario Actuel 2022 et le scénario Sans projet 2040. En revanche, ces coûts sont en baisse de 5,7% en situation Avec projet 2040 par rapport à la situation Actuel 2022.

Les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel augmentent fortement entre la situation Actuel 2022 et les scénarios futurs du fait de la hausse du prix du CO<sub>2</sub>.

Entre les deux scénarios futurs Sans et Avec projet, à l'horizon 2040, la diminution de 12% des coûts collectifs est due à la diminution du nombre de véh.km.

## 12. Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur le domaine d'étude a été réalisée avec le modèle de dispersion ARIA IMPACT 1.8, afin d'évaluer les concentrations moyennes annuelles dans l'air en situation actuelle et en situations futures sur la bande d'étude. La modélisation s'est appuyée sur les émissions calculées.

### 12.1. Présentation générale du code utilisé

Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel ARIA Impact version 1.8.

Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations des polluants secondaires tels que l'ozone.

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Par ailleurs, ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphériques des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE).

### 12.2. Mise en œuvre des simulations

Cette simulation ayant pour objectif de fournir des ordres de grandeur des concentrations des polluants au niveau du sol et de montrer l'influence de la climatologie du site sur la dispersion des polluants.

Les hypothèses de calcul retenues pour les simulations sont les suivantes :

- Une prise en compte simplifiée du relief ;
- Une rugosité correspondant à une zone urbaine ;
- Un modèle de dispersion de Briggs ;
- Le calcul des dépôts au sol et un appauvrissement par la pluie.

#### 12.2.1. La formule des écarts-type (modèle de dispersion)

La dispersion du polluant autour de sa trajectoire nécessite la connaissance des écarts-type.

Les écarts-type sont les paramètres qui pilotent la diffusion du panache.

Pour les sites urbanisés où le mélange vertical est très fort, la formule de Briggs est retenue.

### 12.2.2. Caractéristiques des polluants

Le tableau suivant résume les caractéristiques des polluants utilisées dans le cadre de cette étude.

N°	Polluants	Phase du polluant	Diamètre des particules (µm)	Vitesse de dépôt (cm/s)
1	Particules PM10	particules	10	1,3
2	Particules PM2,5	particules	2,5	0,6
3	Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	gaz	-	-
4	Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>	gaz	-	0,6
5	1,3-butadiène	gaz	-	-
6	Benzo(a)pyrène BaP	particules	1,3	0,05
7	Arsenic As	particules	5	0,22
8	Chrome Cr	particules	5	0,5
9	Nickel Ni	particules	5	0,45
10	Benzène	gaz	-	-
11	Monoxyde de carbone CO	gaz	-	-
12	COVNM	gaz	-	-
13	Acénaphthène	particules	1,3	0,05
14	Acénaphthylène	particules	1,3	0,05
15	Anthracène	particules	1,3	0,05
16	Benzo[a]anthracène	particules	1,3	0,05
17	Benzo[b]fluoranthène	particules	1,3	0,05
18	Benzo[k]fluoranthène	particules	1,3	0,05
19	Benzo[ghi]pérylène	particules	1,3	0,05
20	Chrysène	particules	1,3	0,05
21	Dibenzo[ah]anthracène	particules	1,3	0,05
22	Fluorène	particules	1,3	0,05
23	Fluoranthène	particules	1,3	0,05
24	Indéno[123-cd]pyrène	particules	1,3	0,05
25	Phénanthrène	particules	1,3	0,05
26	Pyrène	particules	1,3	0,05
27	Benzo[j]fluoranthène	particules	1,3	0,05

Tableau 29 : Caractéristiques des polluants étudiés - source : IRIS conseil

**12.2.3. Pollution de fond retenue pour l'étude**

Polluants	Concentration en pollution de fond ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Source
Particules PM10	15	Air Pays de la Loire - station Sources
Particules PM2,5	8,4	Air Pays de la Loire - station Sources
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	10	Air Pays de la Loire - station Guédou
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>	0,66	Air Pays de la Loire - station Les Couëts
Benzo(a)pyrène BaP	0,00013	Air Pays de la Loire - station Bouteillerie à Nantes
Arsenic As	0,00047	Air Pays de la Loire - station Bouteillerie à Nantes
Nickel Ni	0,00046	Air Pays de la Loire - station Bouteillerie à Nantes
Benzène	0,6	Air Pays de la Loire - station Victor Hugo
Monoxyde de carbone CO	200	Air Pays de la Loire - station Victor Hugo

Tableau 30 : Concentrations de la pollution de fond intégrées dans les calculs – source : Air Pays de la Loire

**12.2.4. Résultats des simulations**

Les résultats sont présentés sous la forme suivante :

- Cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub> et les particules PM10 ;
- Tableaux des concentrations maximales sur le domaine d'étude.

Les concentrations en pollution de fond ont été intégrées au modèle ; ces concentrations sont définies au chapitre ci-dessus.

12.2.4.1. Cartes des concentrations sur le secteur de la Chronoligne C4

Les figures suivantes présentent les cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub> et les particules PM10 sur le secteur de la Chronoligne C4.

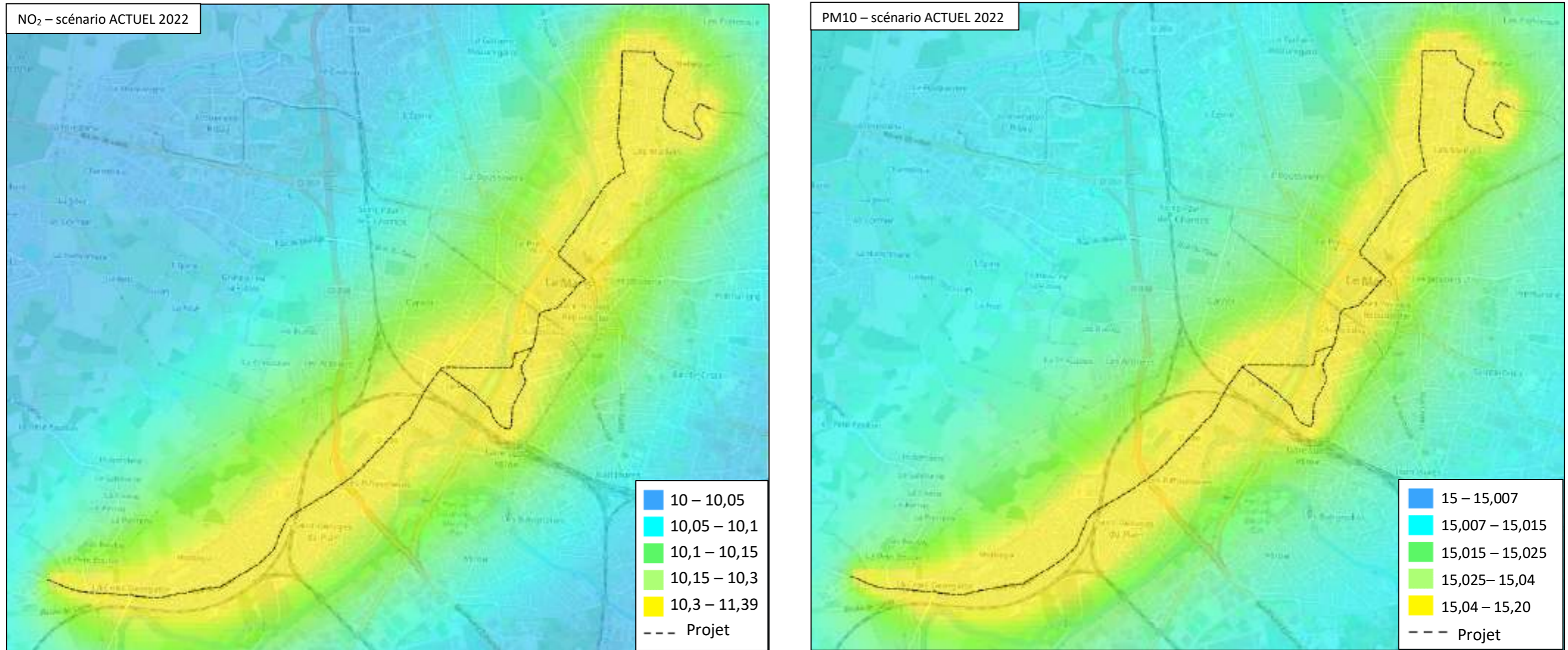


Figure 39 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Actuel 2022 sur le secteur de la Chronoligne C4 - source : IRIS conseil

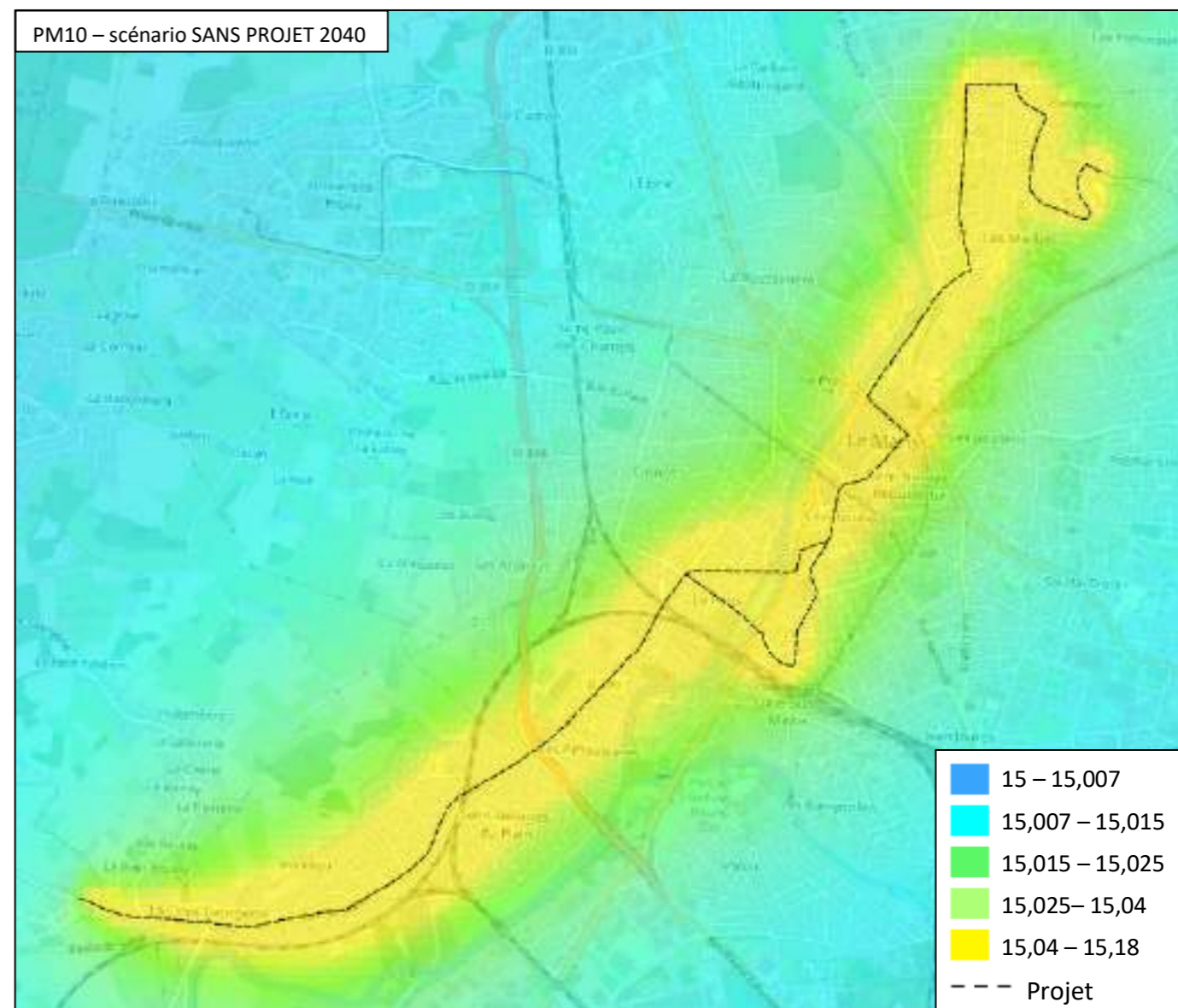
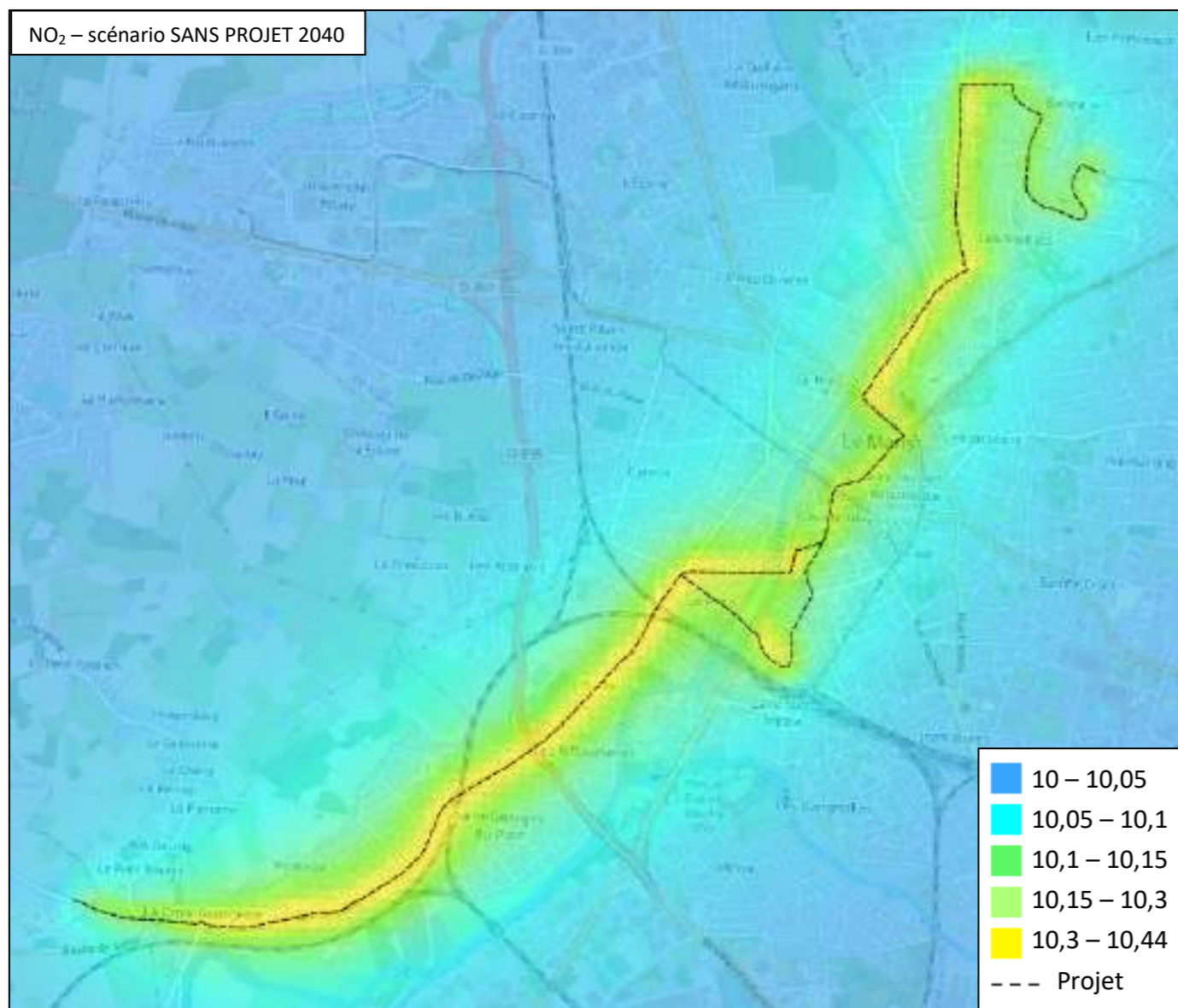


Figure 40 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C4 - source : IRIS conseil

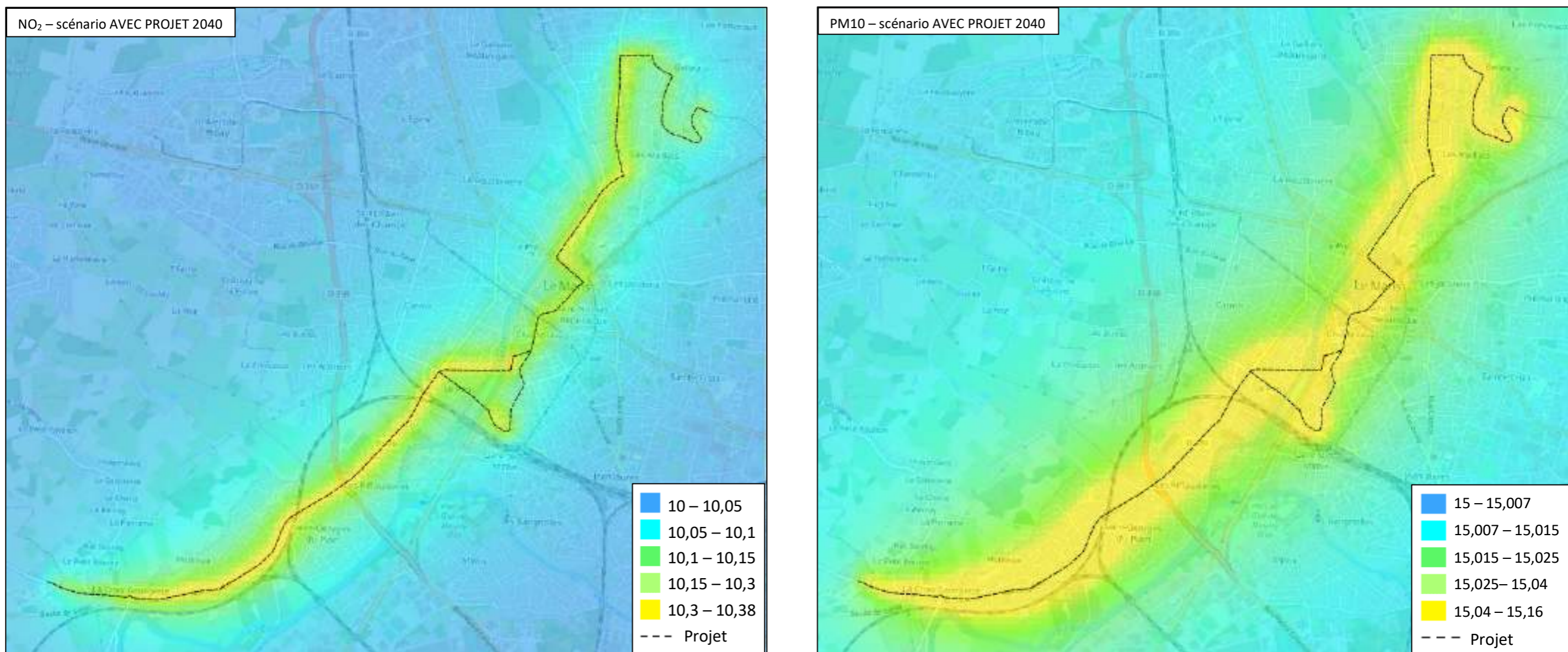


Figure 41 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Avec projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C4 - source : IRIS conseil

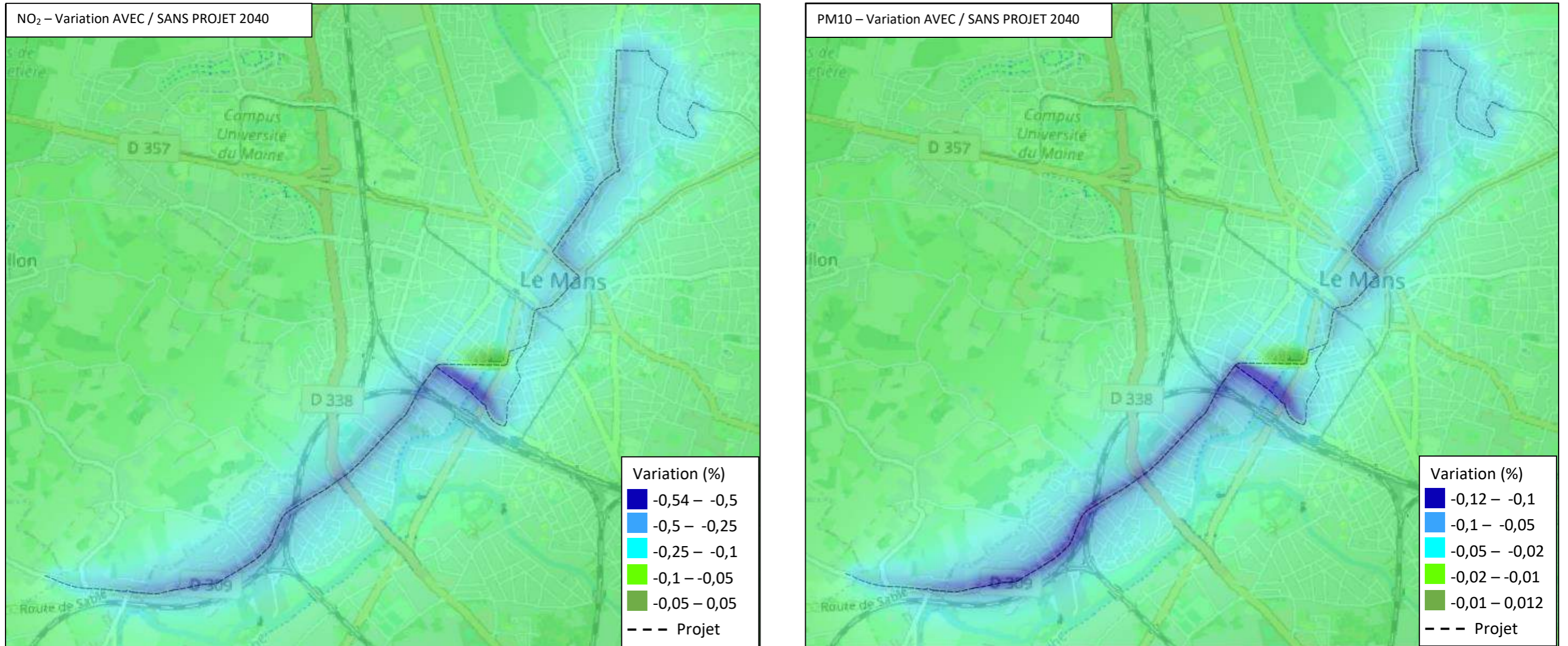


Figure 42 : Variations des concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 Avec et Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C4 - source : IRIS conseil

## 12.2.4.2. Cartes des concentrations sur le secteur de la Chronoligne C5

Les figures suivantes présentent les cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub> et les particules PM10 sur le secteur de la Chronoligne C5.

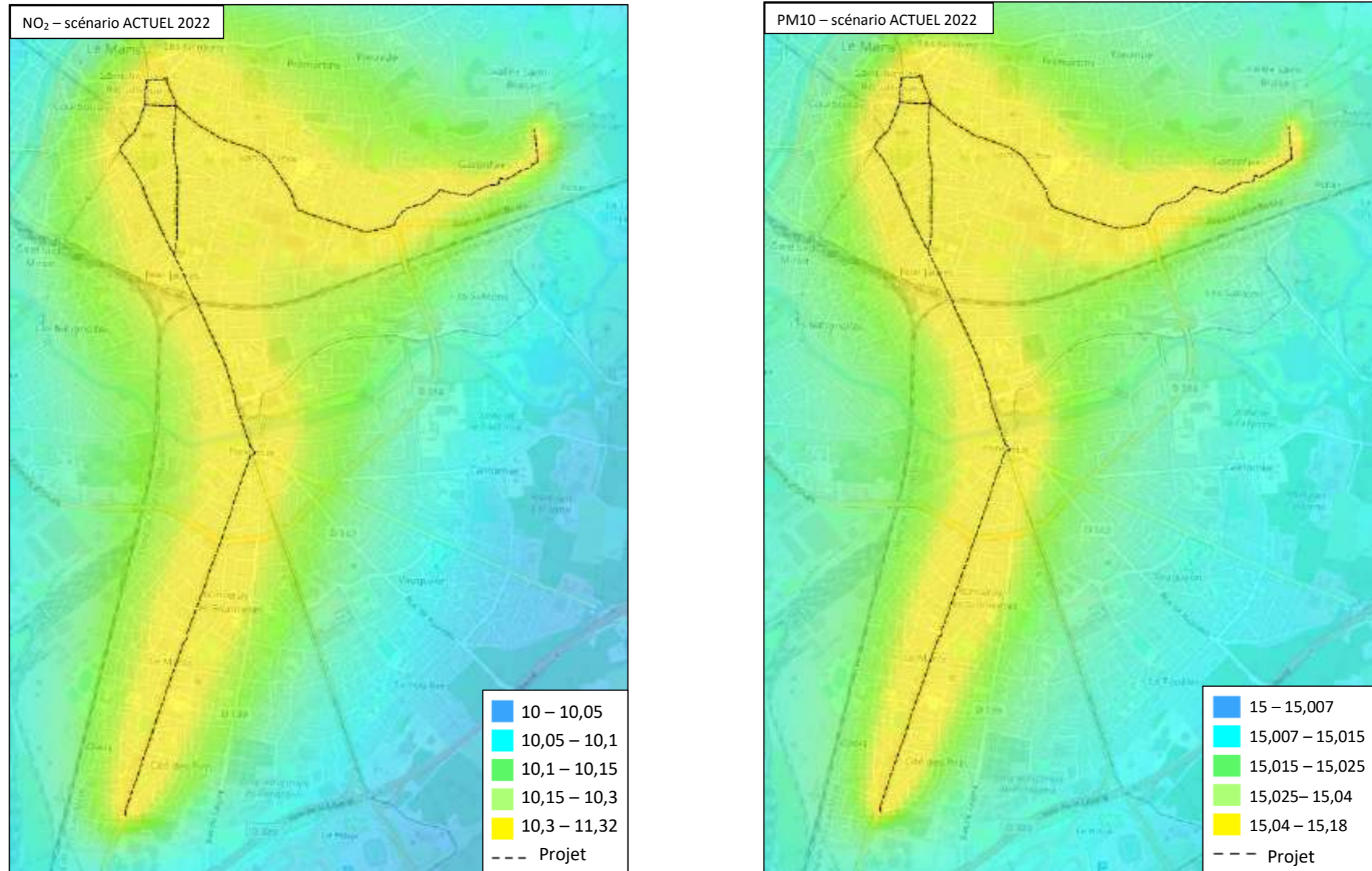


Figure 43 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Actuel 2022 sur le secteur de la Chronoligne C5 - source : IRIS conseil



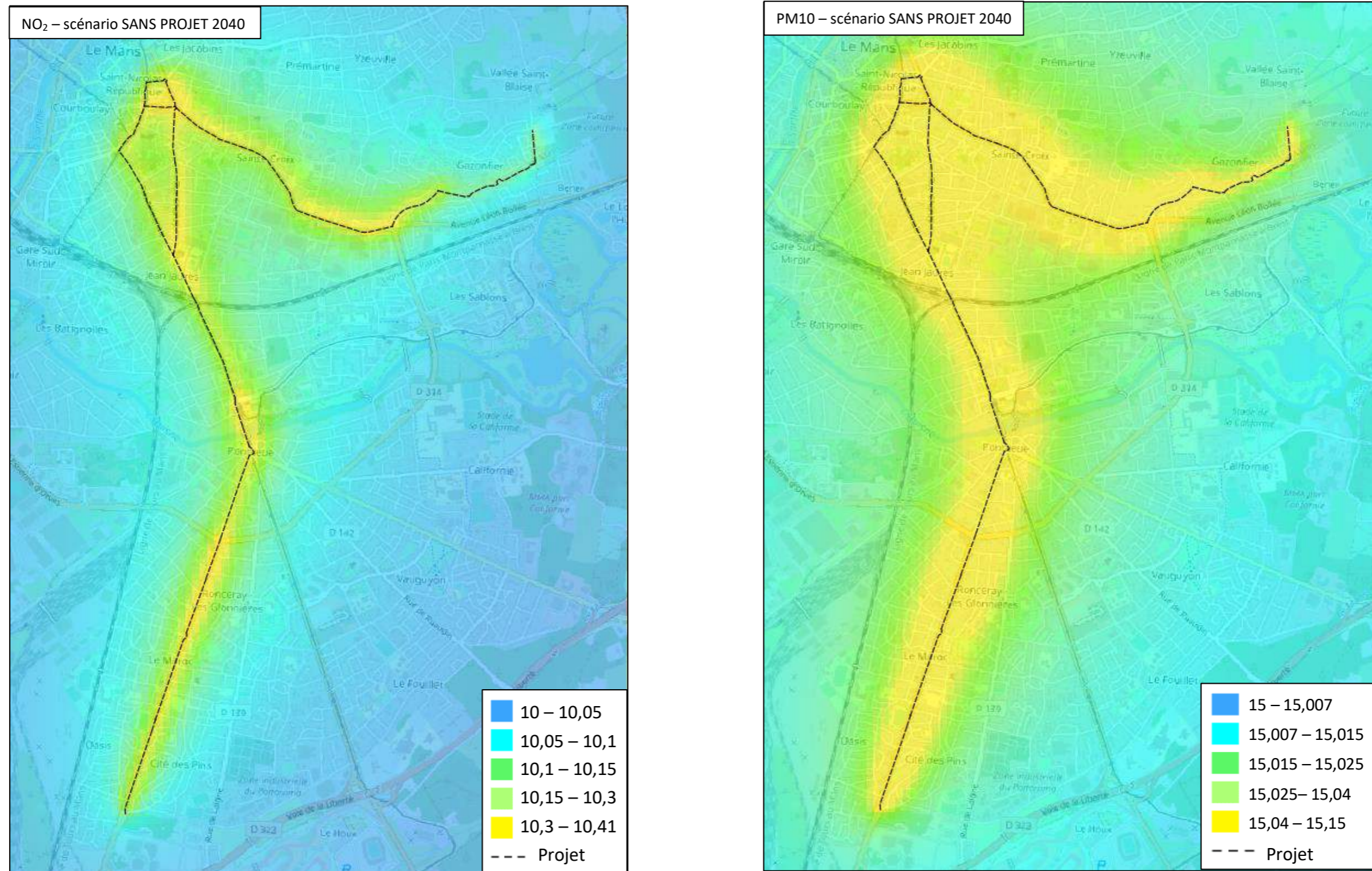


Figure 44 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C5 - source : IRIS conseil

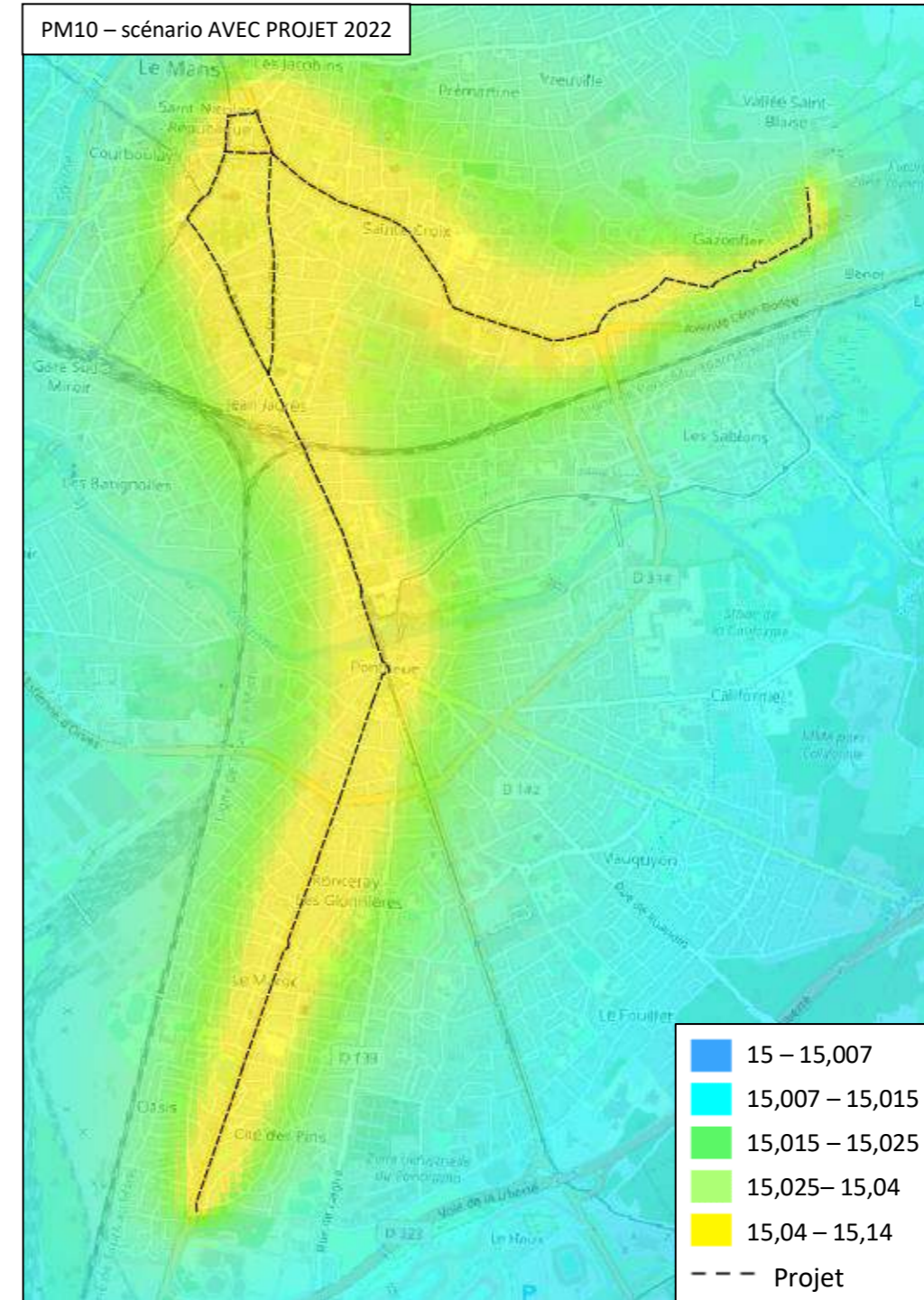
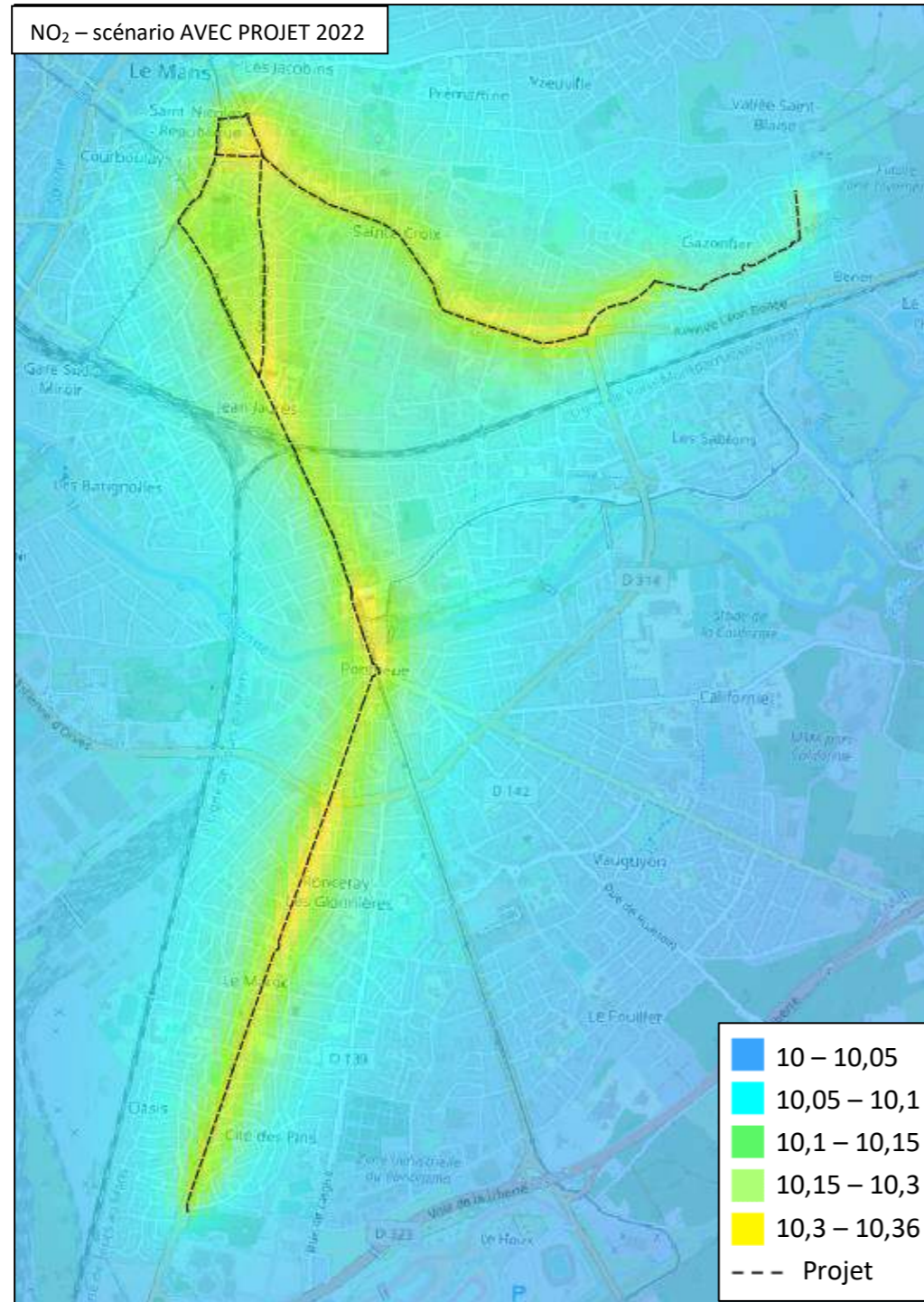


Figure 45 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Avec projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C5 - source : IRIS conseil

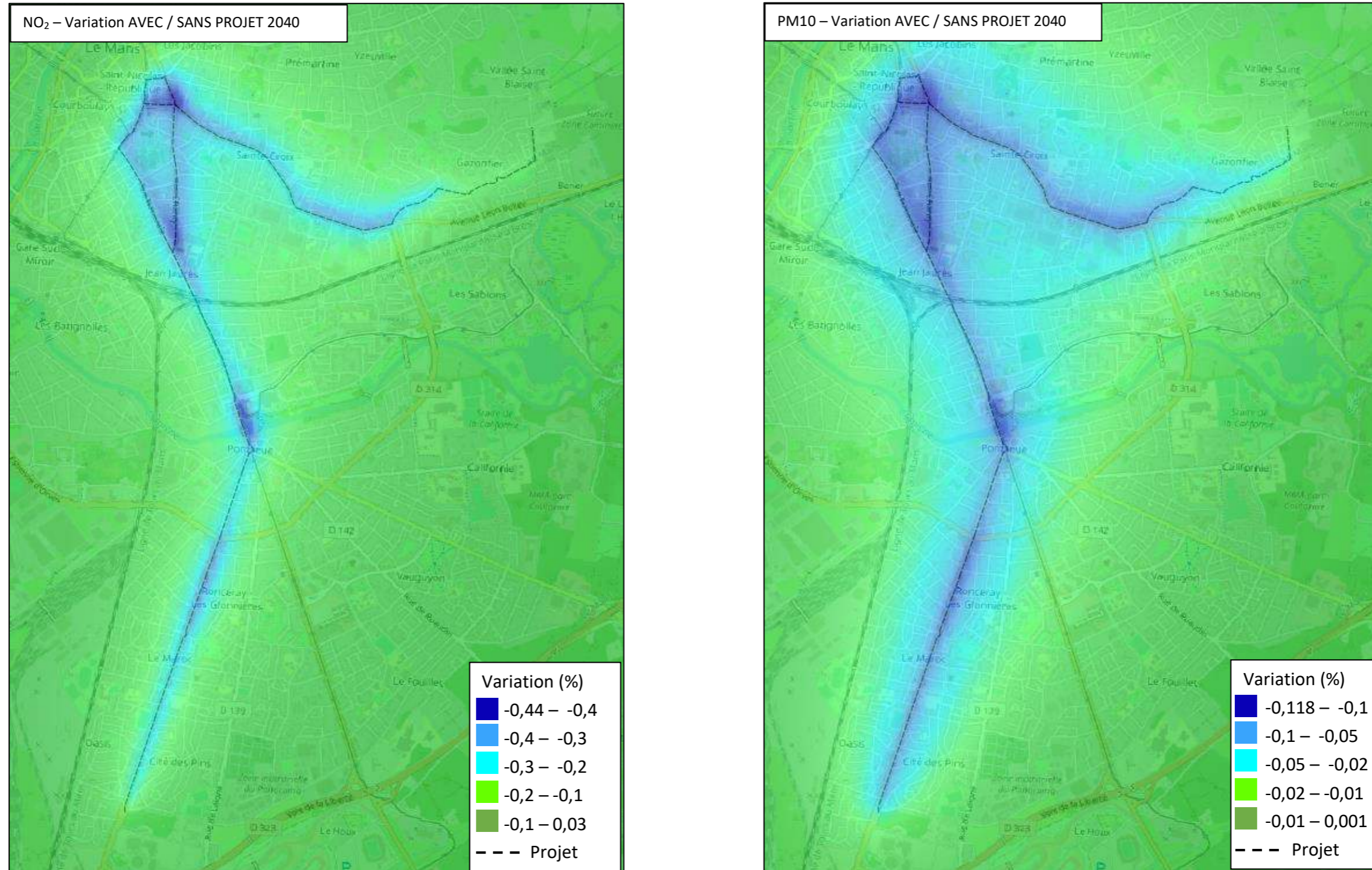


Figure 46 : Variations des concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 Avec et Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C5 - source : IRIS conseil

12.2.4.3. Cartes des concentrations sur le secteur de la Chronoligne C6

Les figures suivantes présentent les cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub> et les particules PM10 sur le secteur de la Chronoligne C6.

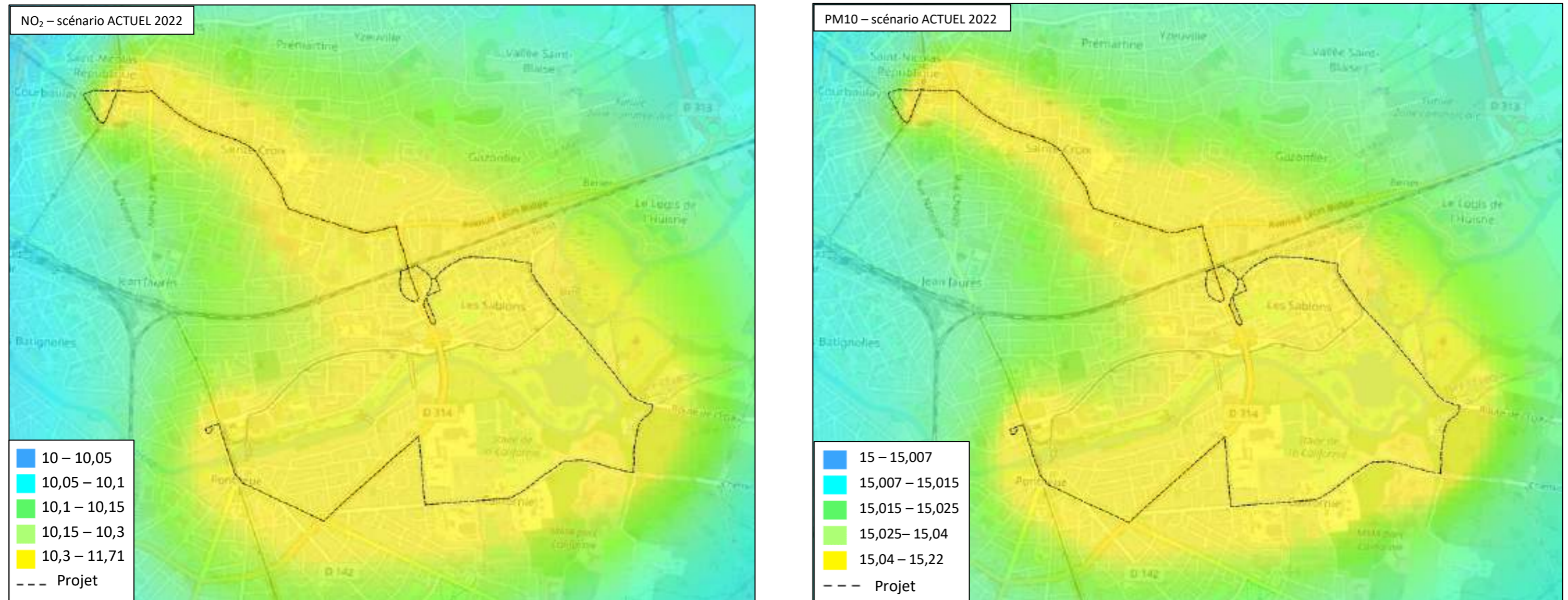


Figure 47 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Actuel 2022 sur le secteur de la Chronoligne C6 - source : IRIS conseil

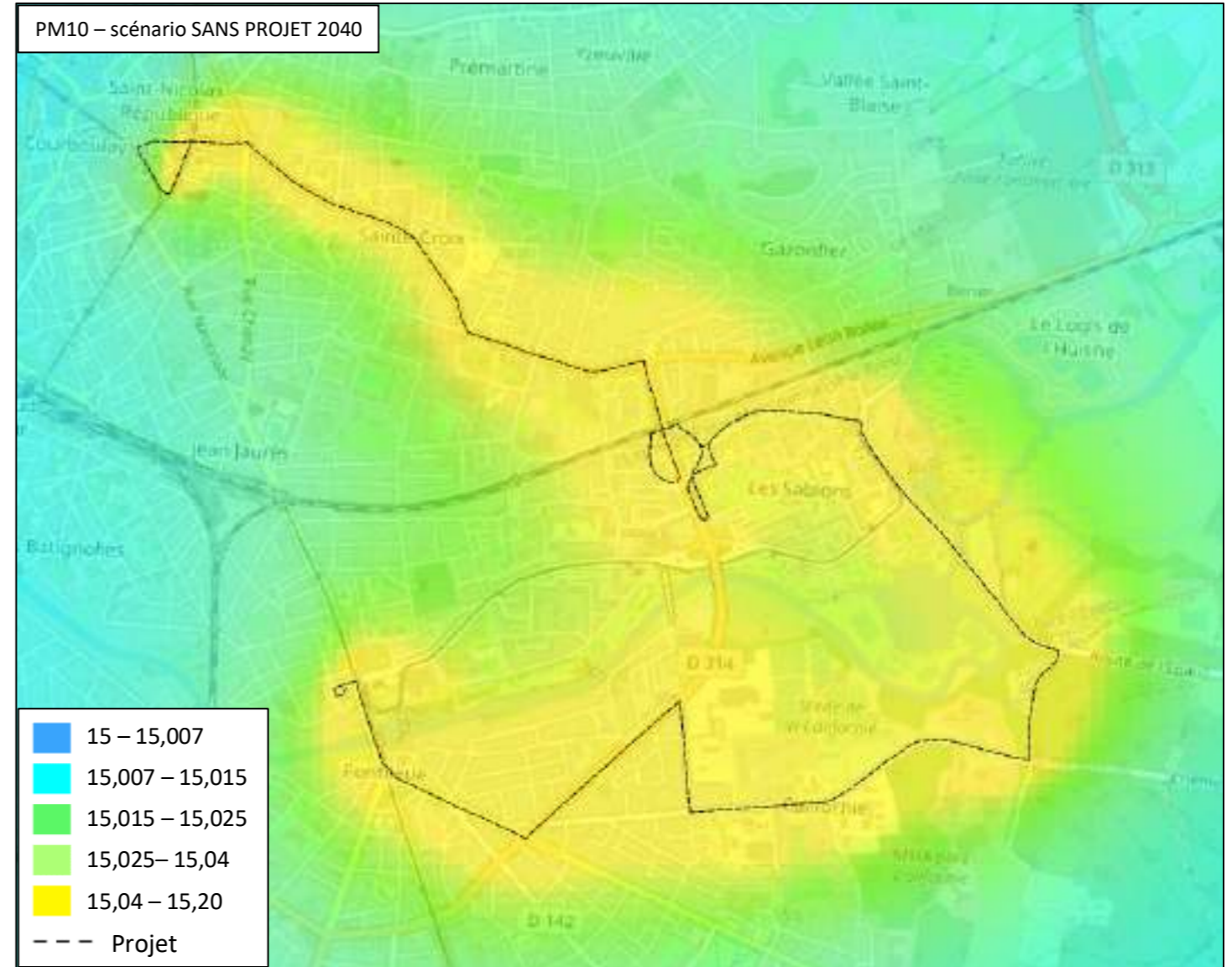


Figure 48 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C6 - source : IRIS conseil

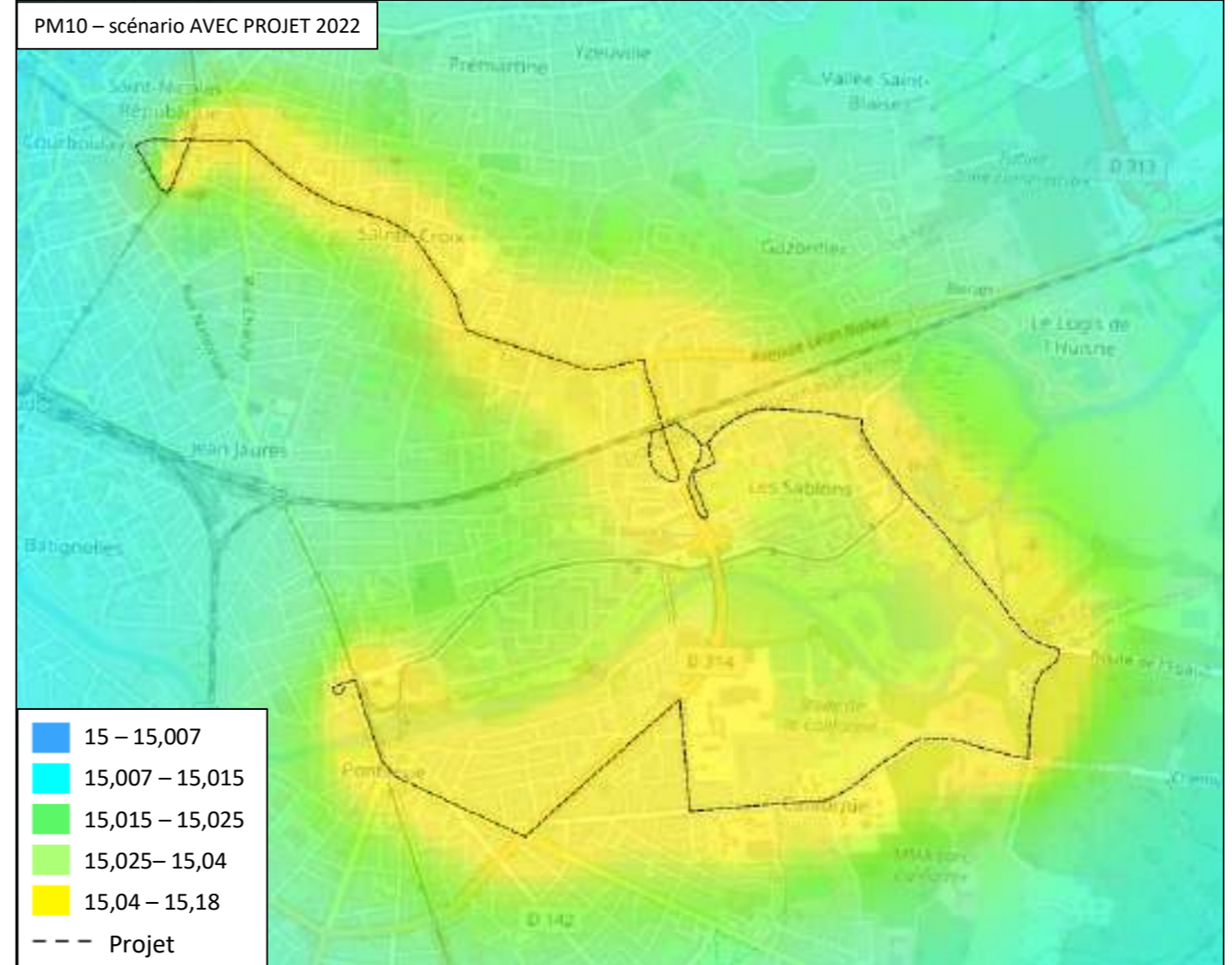
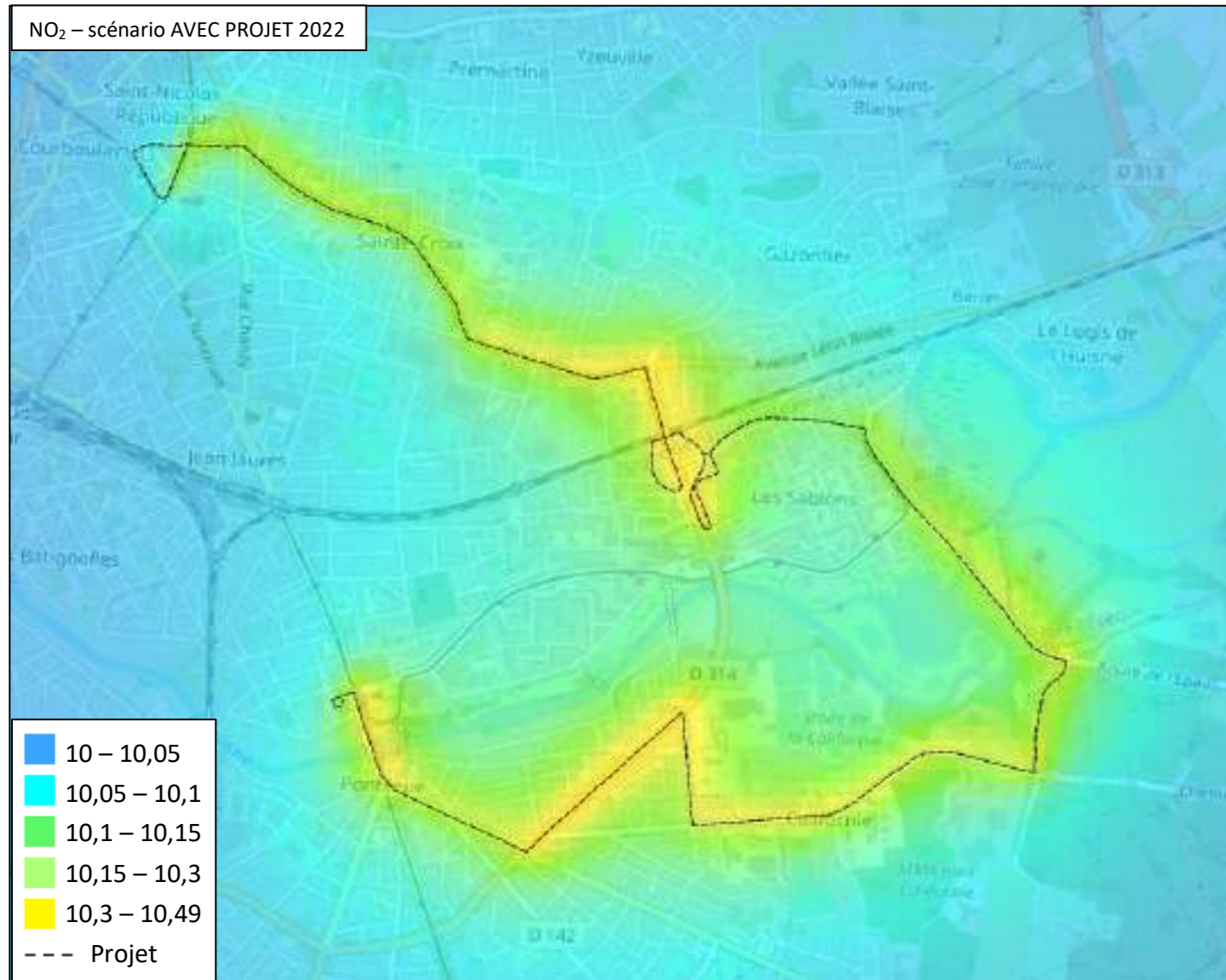


Figure 49 : Concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 du scénario Avec projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C6 - source : IRIS conseil

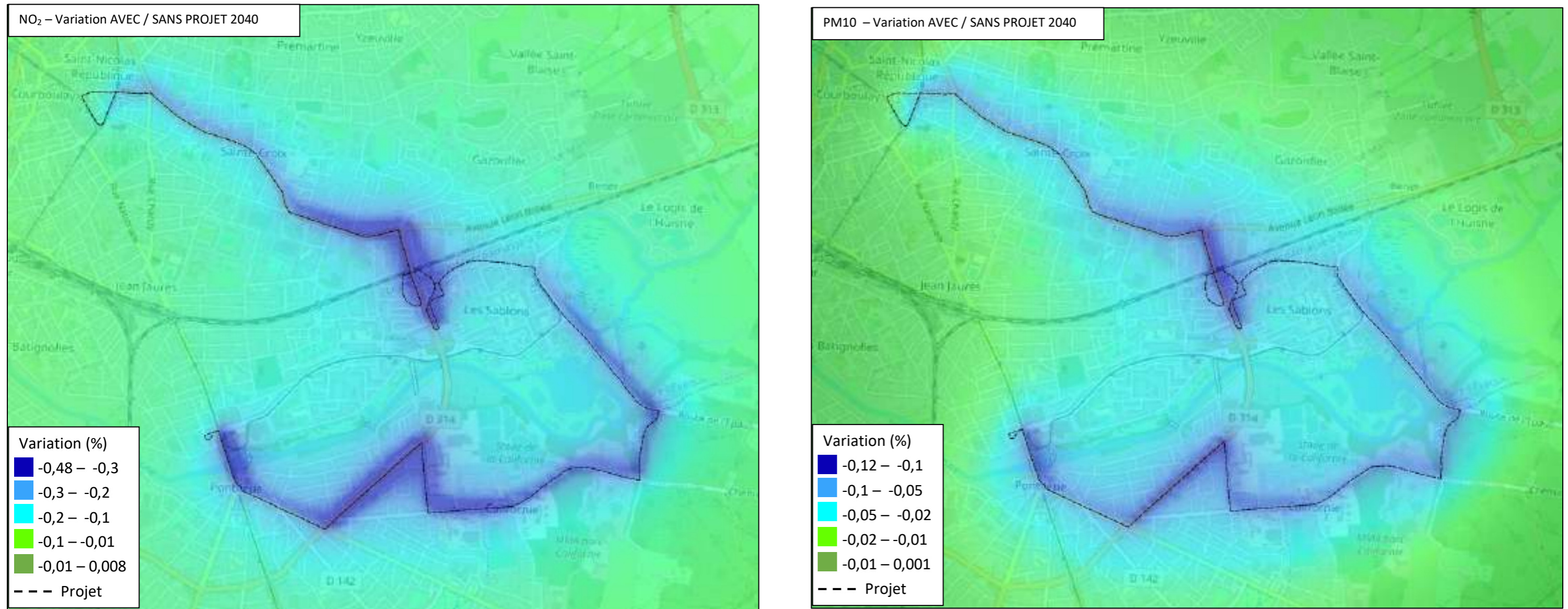


Figure 50 : Variations des concentrations de NO<sub>2</sub> et des particules PM10 Avec et Sans projet 2040 sur le secteur de la Chronoligne C5 - source : IRIS conseil

*D'après les cartes, pour toutes les situations, nous observons que les concentrations des polluants les plus élevées sont situées aux bords de sources importantes que sont la RD309, l'Avenue Jean Jaurès et la RD314.*

*Concernant le NO<sub>2</sub>, les concentrations sont plus faibles en situations futures Avec et Sans projet 2040 par rapport à la situation Actuel 2022 par suite logique de la diminution des émissions de NO<sub>2</sub> en conséquence des améliorations technologiques.*

*Pour les particules PM10, les concentrations en situations futures sont légèrement plus faibles que celles de la situation Actuel 2022. La diminution des concentrations des particules PM10 des scénarios futurs par rapport à la situation Actuel 2022 est moins importante que celle de NO<sub>2</sub>.*

*Les cartes des impacts (variation entre la situation Avec et Sans projet 2040) permettent de visualiser les secteurs géographiques où les concentrations sont en augmentation ou en diminution. Nous remarquons que les variations des concentrations des polluants entre les situations Avec projet 2040 et Sans projet 2040 sont très faibles (de -0,54 à 0,05% pour le NO<sub>2</sub> et de -0,12 à 0,01% pour les particules PM10). Les variations les plus importantes sont observées sur les axes à fort trafic.*

*De manière globale, le projet n'a donc pas d'impact significatif, ni positif, ni négatif, sur la qualité de l'air au niveau du domaine d'étude.*

## 12.2.4.4. Bilan des concentrations maximales observées sur le domaine d'étude

Le tableau suivant donne les concentrations maximales observées sur le domaine d'étude pour les 3 scénarios étudiés ainsi que la variation entre les scénarios Avec projet et Sans projet 2040. Les valeurs limites et les objectifs de qualité pour la qualité de l'air sont également rappelés dans le tableau.

Polluants	Unités	Chronoligne C4				Chronoligne C5				Chronoligne C6				Valeur limite	Objectif de qualité
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Variation Avec / Sans projet	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Variation Avec / Sans projet	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Variation Avec / Sans projet		
Particules PM10	µg/m <sup>3</sup>	15,1988	15,1792	15,1580	-0,1%	15,1776	15,1518	15,1390	-0,1%	15,2218	15,1950	15,1743	-0,1%	40	30
Particules PM2,5	µg/m <sup>3</sup>	8,5347	8,5106	8,4977	-0,2%	8,5219	8,4982	8,4865	-0,1%	8,5537	8,5207	8,5081	-0,1%	25	10
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	11,3921	10,4336	10,3809	-0,5%	11,3230	10,4128	10,3633	-0,5%	11,7087	10,5469	10,4876	-0,6%	40	40
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0,6836	0,6786	0,6763	-0,3%	0,6829	0,6782	0,6760	-0,3%	0,6919	0,6760	0,6830	-0,4%	-	50
1_3_butadiène	µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0%	-	-
Benzo(a)pyrène BaP	ng/m <sup>3</sup>	0,1345	0,1323	0,1320	-0,2%	0,1352	0,1326	0,1323	-0,2%	0,1374	0,1338	0,1334	-0,3%	1	-
Arsenic As	ng/m <sup>3</sup>	0,4701	0,4701	0,4701	< 0,1 %	0,4701	0,4701	0,4701	< 0,1%	0,4701	0,4701	0,4701	< 0,1%	6	-
Chrome Cr	ng/m <sup>3</sup>	0,0019	0,0020	0,0017	-12,1%	0,0019	0,0020	0,0017	-12,0%	0,0026	0,0028	0,0025	-10,9%	-	-
Nickel Ni	ng/m <sup>3</sup>	0,4607	0,4605	0,4605	< 0,1%	0,4607	0,4605	0,4605	< 0,1%	0,4609	0,4607	0,4607	< 0,1%	20	-
Benzène	µg/m <sup>3</sup>	0,6	0,6	0,6	0%	0,6	0,6	0,6	0%	0,6	0,6	0,6	0%	5	2
Monoxyde de carbone CO	µg/m <sup>3</sup>	201,8326	201,0241	200,8995	-0,1%	202,153	201,1889	201,0459	-0,1%	204,1460	202,1581	201,9258	-0,1%	-	-
COVNM	µg/m <sup>3</sup>	0,0897	0,0262	0,0230	-12,3%	0,0884	0,0284	0,0250	-12,0%	0,1338	0,0495	0,0441	-10,9%	-	-
Acénaphthène	ng/m <sup>3</sup>	0,0695	0,0089	0,0078	-12,1%	0,0793	0,0102	0,0090	-12,0%	0,1121	0,0146	0,0130	-10,8%	-	-
Acénaphthylène	ng/m <sup>3</sup>	0,0520	0,0067	0,0059	-12,1%	0,0593	0,0077	0,0067	-12,0%	0,0838	0,0109	0,0097	-10,8%	-	-
Anthracène	ng/m <sup>3</sup>	0,0113	0,0144	0,0127	-12,3%	0,0128	0,0166	0,0146	-12,0%	0,0186	0,0242	0,0216	-10,9%	-	-
Benzo[a]anthracène	ng/m <sup>3</sup>	0,0077	0,0037	0,0032	-12,3%	0,0088	0,0042	0,0037	-12,0%	0,0125	0,0061	0,0055	-10,9%	-	-
Benzo[b]fluoranthène	ng/m <sup>3</sup>	0,0059	0,0039	0,0034	-12,3%	0,0066	0,0041	0,0037	-10,6%	0,0097	0,0062	0,0055	-11,0%	-	-
Benzo[k]fluoranthène	ng/m <sup>3</sup>	0,0048	0,0029	0,0025	-12,3%	0,0052	0,0030	0,0027	-10,6%	0,0076	0,0044	0,0039	-11,1%	-	-
Benzo[ghi]pérylène	ng/m <sup>3</sup>	0,0097	0,0067	0,0059	-12,1%	0,0111	0,0077	0,0068	-12,0%	0,0157	0,0110	0,0098	-10,8%	-	-
Chrysène	ng/m <sup>3</sup>	0,0138	0,0069	0,0060	-12,2%	0,0152	0,0072	0,0064	-10,6%	0,0224	0,0103	0,0092	-11,2%	-	-
Dibenzo[ah]anthracène	ng/m <sup>3</sup>	0,0009	0,0003	0,0002	-12,3%	0,0010	0,0030	0,0030	-11,7%	0,0015	0,0004	0,0004	-11,0%	-	-
Fluorène	ng/m <sup>3</sup>	0,0077	0,0084	0,0074	-12,1%	0,0078	0,0084	0,0075	-10,6%	0,0099	0,0107	0,0094	-11,7%	-	-
Fluoranthène	ng/m <sup>3</sup>	0,0740	0,0434	0,0381	-12,1%	0,0844	0,0499	0,0439	-12,0%	0,1206	0,0724	0,0645	-10,8%	-	-
Indéno[123-cd]pyrène	ng/m <sup>3</sup>	0,0048	0,0033	0,0029	-12,1%	0,0055	0,0038	0,0033	-12,0%	0,0078	0,0054	0,0049	-10,8%	-	-
Phénanthrène	ng/m <sup>3</sup>	0,1564	0,1144	0,1006	-12,1%	0,1779	0,1314	0,1157	-12,0%	0,2528	0,1886	0,1683	-10,8%	-	-
Pyrène	ng/m <sup>3</sup>	0,0619	0,0259	0,0227	-12,3%	0,0707	0,0280	0,0247	-11,7%	0,1018	0,0418	0,0372	-11,0%	-	-
Benzo[j]fluoranthène	ng/m <sup>3</sup>	0,0044	0,0065	0,0057	-12,3%	0,0045	0,0068	0,0061	-10,6%	0,0064	0,0100	0,0089%	-11,1%	-	-

Tableau 31 : Bilan des concentrations maximales observées sur le domaine d'étude – source : IRIS conseil

D'après les résultats des concentrations maximales observées sur le domaine d'étude, nous remarquons que les teneurs en polluants du scénario Actuel 2022 et des scénarios futurs Sans projet et Avec projet 2040 sont inférieures aux valeurs limites et également inférieures aux objectifs de qualité.

Les concentrations maximales observées sur le secteur de la Chronoligne C6 sont plus élevées que celles des secteurs des Chronolignes C4 et C5 car le trafic le plus fort observé sur le domaine d'étude est celui de la RD314.



## 13. Evaluation de l'exposition avec l'Indice Pollution-Population (IPP)

L'indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui représente de manière synthétique l'exposition potentielle des personnes à la pollution atmosphérique due au projet routier et aux voies impactées par celui-ci. Il ne doit en revanche pas être considéré comme un indicateur sanitaire à proprement parler.

L'IPP est le résultat du croisement des concentrations des polluants retenus et des populations exposées sur la zone d'étude.

L'IPP peut apporter deux types d'information :

- Il permet avant tout de comparer des variantes d'un projet ou des scénarios (état actuel, scénario sans projet, scénario avec projet aux horizons d'étude) ;
- Il peut également permettre d'apprécier ces variantes ou scénarios par rapport aux valeurs limites définies pour la surveillance de la qualité de l'air. Dans ce deuxième cas, on évalue le nombre de personnes exposées en deçà ou au-delà de valeurs limites pour les différentes configurations du projet.

### 13.1. Définition de la zone prise en compte

L'IPP est calculé sur toutes les bandes d'étude du réseau d'étude tel que défini dans le chapitre 2.2.

### 13.2. Choix du polluant indicateur

Dans la mesure où l'on cherche à utiliser l'IPP pour comparer des scénarios ou des variantes d'un projet et, le cas échéant, pour apprécier le niveau de l'impact dû à l'infrastructure, il faudrait en théorie considérer tous les polluants réglementés liés au trafic routier (NO<sub>2</sub>, benzène, particules, CO, etc.).

Toutefois, la progressivité des études ne permet pas de travailler de façon détaillée sur l'ensemble des polluants. Pour choisir le ou les polluants indicateurs, certains paramètres doivent être pris en compte :

- La « signature routière » du polluant, qui doit être suffisamment claire (aspect « traceur » de la pollution automobile) : c'est le cas pour le NO<sub>2</sub> mais moins pour les particules ;
- Les incertitudes de mesure (dans la gamme des valeurs rencontrées) ;
- Les incertitudes de modélisation. Le NO<sub>2</sub> se prête mieux à la modélisation que les autres polluants. Si un biais systématique est observé dans la modélisation d'un polluant, il peut être, malgré tout, utilisé pour comparer des variantes. Cependant, l'appréciation par rapport aux valeurs limites relatives à la surveillance de la qualité de l'air doit être exclue.

Aussi, le polluant traceur retenu pour le calcul de l'IPP est le NO<sub>2</sub>. C'est un polluant discriminant et bien maîtrisé (mesure/modélisation) et sa zone de dispersion (100 à 300 m par rapport à l'axe de la voie) englobe le plus souvent celle des autres polluants.

### 13.3. Méthode de calcul

L'IPP se calcule en effectuant le produit de la concentration avec les populations présentes en un lieu donné.

$$IPP = \sum_i IPP_i = \sum_i C_i \times P_i$$

où

- IPP<sub>i</sub> : est l'IPP à l'échelle d'une maille i ou d'un bâtiment i,
- C<sub>i</sub> : est la concentration du polluant considéré pour la maille élémentaire i ou pour le bâtiment i, généralement calculée par la mise en œuvre de la chaîne de modélisation (utilisation successive des modèles d'émissions et de dispersion),
- P<sub>i</sub> : est la population présente sur la maille élémentaire i ou dans le bâtiment i.

### 13.4. Calcul de l'IPP du projet

Le nombre d'habitants dans chaque maille de calcul est estimé à partir des données INSEE définies à l'Ilot IRIS.

Ensuite, l'IPP est calculé en multipliant pour chaque maille le nombre d'habitants par la concentration de NO<sub>2</sub>.

Les résultats de l'IPP sont présentés ci-dessous sous forme agrégée (IPP cumulé) et sous forme d'un histogramme qui rend compte de l'exposition de la population aux différentes classes de concentrations.

#### 13.4.1. IPP cumulé

Dans le tableau ci-dessous, l'IPP cumulé pour chaque scénario est présenté. Le résultat fournit une indication de l'état sanitaire global sur la bande d'étude et permet de voir l'évolution de la situation attendue entre les scénarios étudiés.

Scénario	IPP cumulé	Variation / Actuel 2022 (%)	Variation Avec projet / Sans projet 2040 (%)
<b>Actuel 2022</b>			
Chronoligne C4	157 177	--	--
Chronoligne C5	179 394	--	--
Chronoligne C6	133 302	--	--
Total	469 873	--	--
<b>Sans projet 2040</b>			
Chronoligne C4	151 419	-3,7	--
Chronoligne C5	172 288	-4,0	--
Chronoligne C6	128 097	-3,9	--
Total	451 804	-3,8	--
<b>Avec projet 2040</b>			
Chronoligne C4	151 115	-3,9	-0,2
Chronoligne C5	171 898	-4,2	-0,2
Chronoligne C6	127 825	-4,1	-0,2
Total	450 838	-4,1	-0,2

Tableau 32 : IPP cumulés des différents scénarios et variations – source : IRIS conseil

D'après le tableau, nous observons que les IPP des scénarios futurs Sans projet et Avec projet 2040 sont plus faibles que l'IPP de la situation Actuel 2022. Cette baisse de l'IPP s'explique par une réduction des teneurs en dioxyde d'azote dans l'atmosphère grâce à l'amélioration des moteurs de véhicules qui seront plus vertueux en 2040 par rapport à l'année 2022.

Les IPP du domaine d'étude de la Chronoligne C5 sont les plus élevés parmi les trois Chronolignes étudiées et à l'inverse les IPP les plus faibles sont calculés pour la Chronoligne C6.

### 13.4.2. Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentration

La représentation sous la forme d'histogramme ci-dessous à l'avantage d'indiquer la répartition de la population exposée selon différentes classes de concentrations en polluants.

Scénario	Classe de concentration de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )							
	10 – 10,2		10,2 – 10,4		10,4 – 11		11 – 11,72	
	Habitants	%	Habitants	%	Habitants	%	Habitants	%
<b>Actuel 2022</b>								
C4	168	1,1	4 256	28,6	9 516	63,9	944	6,3
C5	367	2,2	2 968	17,6	12 639	74,7	934	5,5
C6	658	5,2	1 913	15,2	8 916	70,9	1 090	8,7
Total	1 193	2,7	9 137	20,6	31 071	70,0	2 968	6,7
<b>Sans projet 2040</b>								
C4	10 209	68,6	4 557	30,6	118	0,8	0	0
C5	9 564	56,6	7 315	43,3	30	0,2	0	0
C6	8 216	65,3	3 934	31,3	427	3,4	0	0
Total	27 988	63,1	15 806	35,6	575	1,3	0	0
<b>Avec projet 2040</b>								
C4	11 458	77,0	3 426	23,0	0	0	0	0
C5	11 686	69,1	5 222	30,9	0	0	0	0
C6	9 570	76,1	2 717	21,6	290	2,3	0	0
Total	32 714	73,7	11 365	25,6	290	0,7	0	0

Tableau 33 : Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentrations de NO<sub>2</sub> – source : IRIS conseil

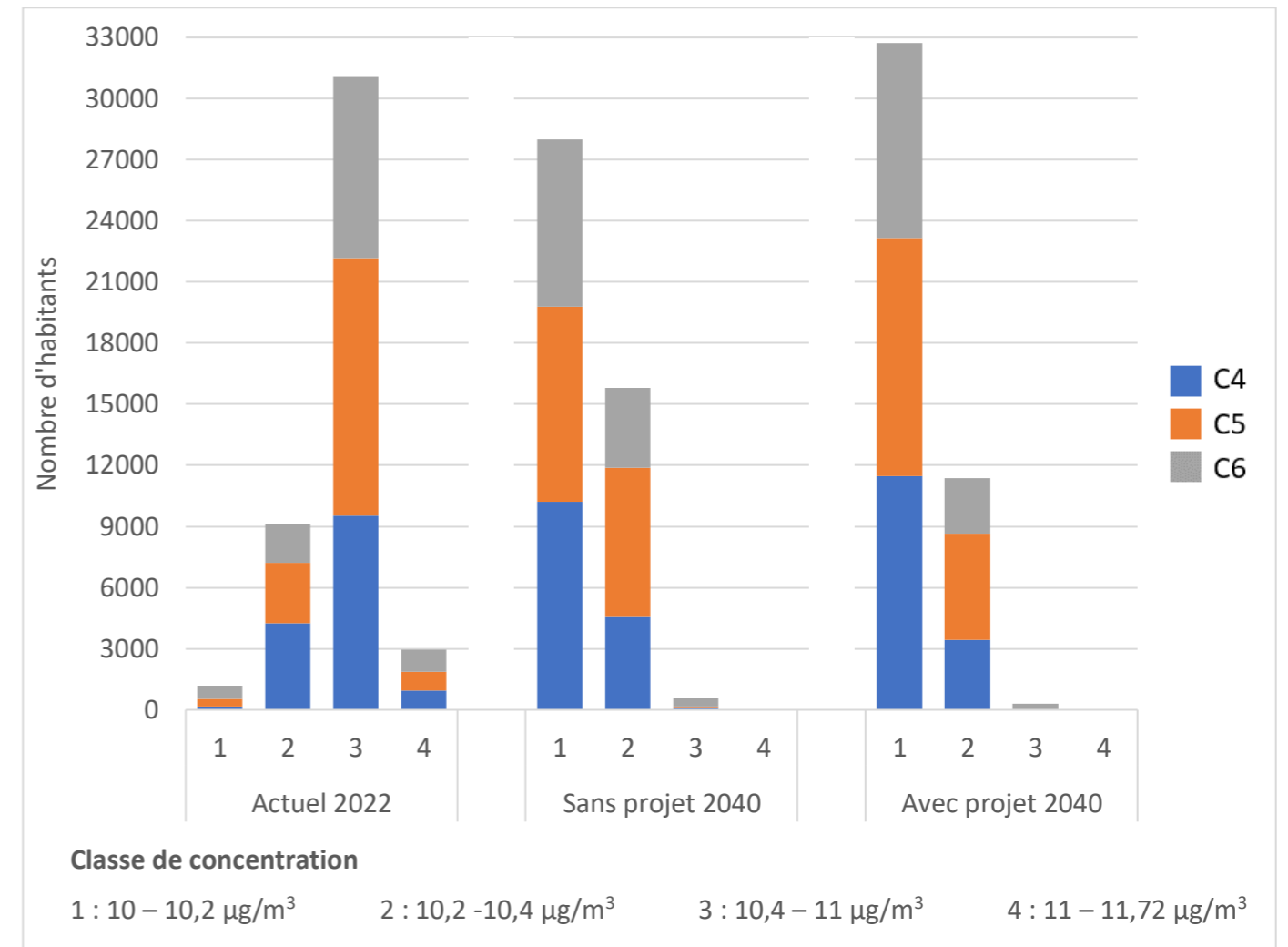


Figure 51 : Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentrations de NO<sub>2</sub> (en µg/m<sup>3</sup>) - source : IRIS conseil

En situation Actuel 2022, la majorité de la population (70%) est exposée à des concentrations de NO<sub>2</sub> de 10,4 à 11 µg/m<sup>3</sup>.

Pour les scénarios Sans projet et Avec projet 2040, la classe de concentration regroupant la majorité de la population est la plus faible classe (de 10 à 10,2 µg/m<sup>3</sup>), qui concerne 63,1% et 73,7% respectivement des habitants et à l'inverse la plus haute classe de concentration (supérieure à 11 µg/m<sup>3</sup>) ne concerne plus personne.

La répartition de la population permet de caractériser le scénario Actuel 2022 comme le plus pénalisant parmi les trois scénarios étudiés, car la majorité des habitants est exposée aux concentrations plus élevées.

En revanche, le scénario Avec 2040 est le moins impactant car la population est soumise à des niveaux de concentrations plus faibles.

## 14. Evaluation des Risques Sanitaires (ERS)

### 14.1. Méthodologie

Conformément à la note technique du 22 février 2019, une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été réalisée sur le périmètre du projet d'aménagement des Chronolignes.

L'évaluation des risques sanitaires est basée sur la méthodologie définie en 1983 par l'académie des 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 :

- **Etape 1 : Identification des dangers** qui consiste en l'identification la plus exhaustive possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable.
- **Etape 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.
- **Etape 3 : Évaluation des expositions** qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci.
- **Etape 4 : Caractérisation du risque** qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette 4ème étape sera suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

### 14.2. Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition à étudier

Au préalable, il est nécessaire de définir les enjeux sanitaires propres à la zone d'étude. Pour cela, un descriptif de la zone d'étude a été réalisé et une recherche des sites sensibles est effectuée. Ces sites constituent les points de contact entre la pollution et la population la plus sensible à la pollution. Le schéma global d'exposition permet de mieux appréhender la problématique d'exposition de la population, et notamment d'appréhender les voies d'exposition potentielles de la population à la pollution atmosphérique.

Outre l'exposition directe de la population par l'inhalation, on note que les transferts des polluants dans les autres compartiments environnementaux que sont l'eau, les sols et la végétation constituent autant de voies d'exposition potentielles indirectes supplémentaires pour la population, notamment à travers son alimentation. Toutefois, le scénario d'aménagement retenu ne prévoit pas ce type d'usage et l'exposition par ingestion est considérée comme nulle sur la zone d'étude.

L'absorption cutanée des polluants rejetés par les véhicules automobiles n'est pas retenue comme voie d'exposition à étudier dans la note technique du 22 février 2019. 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.

Le périmètre retenu pour l'ERS est celui de la bande d'étude autour du projet d'aménagement des Chronolignes.

Les risques sanitaires seront évalués dans la bande d'étude et au droit des bâtiments accueillant des populations vulnérables. La carte suivante présente la localisation de ces sites sensibles et la bande d'étude.

Les bâtiments suivants, dont l'activité implique principalement l'accueil des populations dites vulnérables ont été recherchés :

- Les établissements accueillant des enfants : les maternités, les crèches, les écoles maternelles et élémentaires, les établissements accueillant des enfants handicapés, etc.
- Les établissements accueillant des personnes âgées : maisons de retraite, etc.
- Les hôpitaux.

Ces bâtiments vulnérables sont indiqués dans le tableau et la carte suivants.

N°	Nom	Adresse
<b>Equipements petite enfance</b>		
1	RAM - Maison des Aloès	16bis rue des Aloès, Le Mans
2	Accueil périscolaire Marie Curie	12 rue de Beauregard, Le Mans
3	Accueil périscolaire associatif Paul Courboulay	39 rue Paul Courboulay, Le Mans
4	Multi-accueil municipal Les Halles	29 rue Pasteur, Le Mans
5	Centre de loisirs maternels Dulac	rue de la Barillerie, Le Mans
6	Accueil périscolaire Dulac	11bis rue de la Barillerie, Le Mans
7	RAM - Service Enfance, Jeunesse et Sports	9 rue de la Juiverie, Le Mans
8	Centre Information Jeunesse (C.I.J.)	13 rue de l'Etoile, Le Mans
9	RAM	place d'Arcachon, Coulaines
10	Crèche parentale "Cabriole"	allée de l'Herberie, Coulaines
11	Crèche parentale Albert-Camus	rue de Moscou, Coulaines
12	La Casquette	3 avenue de Madrid, Le Mans
13	Accueil périscolaire Lucie Aubrac	34 rue de Lisbonne, Le Mans
14	Accueil périscolaire Général Gougéard	36 rue de Richebourg, Le Mans
15	Accueil périscolaire François Rabelais	22 rue Beauverger, Le Mans
16	Multi-accueil associatif "Diabolo"	23 rue Maupertuis, Le Mans
17	Accueil périscolaire Pape Carpentier	41 rue de l'Ormeau, Le Mans
18	Accueil périscolaire René Descartes	21 rue Besnier, Le Mans
19	Crèche familiale municipale Gazonfier	86 rue Alfred de Vigny, Le Mans
20	Accueil périscolaire Gazonfier - Casanova	2 rue François de Malherbe, Le Mans
21	Centre de loisirs maternels Henri-Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
22	Accueil périscolaire Henri Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
23	Centre de loisirs Pluriel CAP'ADOS	102 rue de l'Esterel (VC152), Le Mans
24	Accueil périscolaire Hauréau	3 place de l'Eglise Saint Martin, Le Mans
25	RAM - Maison de l'Enfant Pontlieue	12 rue de Funay, Le Mans
26	Accueil périscolaire Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
27	Accueil périscolaire Cité des Pins	9 rue du Colonel Renard, Le Mans
<b>Etablissements scolaires</b>		
1	Groupe scolaire St-Joseph La Salle	Pizieux (D50), Pruillé le Chétif

2	Ecole élémentaire St-Joseph La Sale	le pizieux Pizieux (D50), Pruillé le Chétif
3	Ecole élémentaire Garnier-Pagès	168 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
4	Annexe Ecole Garnier-Pagès	avenue Olivier Heuzé, Le Mans
5	Ecole maternelle Marie-Curie	12 rue de Beauregard, Le Mans
6	Ecole maternelle Saint-Lazare	34 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
7	Ecole élémentaire Saint-Lazare	34 avenue Olivier Heuzé, Le Mans
8	Ecole élémentaire Pierre-de-Ronsard	31 rue de la Fuie, Le Mans
9	Ecole maternelle François-Rabelais	22 rue Beauverger, Le Mans
10	Ecole maternelle Général-Gougéard	36 rue de Richebourg, Le Mans
11	Ecole élémentaire Saint-Louis	43 rue Auvray, Le Mans
12	Ecole maternelle Saint-Louis	43 rue Auvray, Le Mans
13	Ecole maternelle Paul-Courboulay	72 rue du Port, Le Mans
14	Ecole élémentaire Paul-Courboulay	39 rue Paul Courboulay, Le Mans
15	Ecole élémentaire Pierre-Belon	3 rue Erpell, Le Mans
16	Ecole maternelle Notre-Dame	18 rue d'Hauteville, Le Mans
17	Ecole maternelle Claude-Chappe	7 bis rue de la Juiverie, Le Mans
18	Ecole élémentaire Dulac	9 rue de la Juiverie, Le Mans
19	Ecole maternelle Psalette Saint-Vincent	2 rue Banjan, Le Mans
20	Ecole élémentaire Psalette Saint-Vincent	2 rue Banjan, Le Mans
21	Ecole élémentaire Molière	1 rue Molière, Coulaines
22	Ecole maternelle Molière	1 rue Molière, Coulaines
23	Ecole maternelle Albert-Camus	rue de Paris, Coulaines
24	Ecole maternelle Lucie-Aubrac	34 rue de Lisbonne, Le Mans
25	Ecole élémentaire Camille-Claudé	17 rue d'Helsinki, Le Mans
26	École élémentaire Sainte-Anne / Sainte-Croix	25 rue Antoine de Saint Exupéry, Le Mans
27	Ecole élémentaire René-Descartes	21 rue Besnier, Le Mans
28	Ecole maternelle René-Descartes	203 avenue Bollée, Le Mans
29	Ecole maternelle Danielle-Casanova	2 rue François de Malherbe, Le Mans
30	Ecole élémentaire Gazonfier	2 rue François de Malherbe, Le Mans
31	Ecole élémentaire Saint-Martin	3 impasses d'Almada, Le Mans
32	Ecole maternelle Saint-Martin	3 impasses d'Almada, Le Mans

33	Ecole maternelle Petit Louvre	4 rue Vincent Auriol, Le Mans
34	Ecole maternelle Henri-Wallon	31 rue de l'Esterel (VC152) , Le Mans
35	Ecole élémentaire Epau	16 rue de Pologne, Le Mans
36	Ecole élémentaire Pierre-Philippeaux	180 avenue Jean Jaurès, Le Mans
37	Ecole maternelle Hauréau	3 place de l'Eglise Saint Martin, Le Mans
38	Ecole maternelle Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
39	Ecole élémentaire Mauboussin	24 avenue Georges Durand, Le Mans
40	Ecole maternelle Le Sacré Coeur	66 rue de Laigné, Le Mans
41	Ecole élémentaire Le Sacré Coeur	66 rue de Laigné, Le Mans
42	Ecole élémentaire Jean-Mermoz	2 place Raymond Adelet, Le Mans
43	Ecole maternelle Cité des Pins	9 rue du Colonel Renard, Le Mans
<b>Etablissements de santé et seniors</b>		
1	Résidence La Visitation	11 rue Barbier, Le Mans
2	Domicile Collectif Les Halles	24 rue du Vert Galant, Le Mans
3	Résidence Front-de-Sarthe	183 quai Ledru Rollin, Le Mans
4	Centre de soins de suite George-Coulon	40 rue Henry Delagenière, Le Mans
5	Maison médicale de Coulaines	7 rue de Vienne, Coulaines
6	EHPAD Korian Bollée-Chanzy	1 rue Chanzy, Le Mans
7	Maison de Retraite Bonnière Saint-Aldric	104 rue de Flore, Le Mans
8	Résidence retraite Bérengère	1 rue Saint Bertrand, Le Mans
9	Clinique Victor-Hugo	18 rue Victor Hugo, Le Mans
10	Centre Jean Bernard	9 rue Beauverger, Le Mans
11	Résidence Le Chanzy	106 rue Chanzy, Le Mans
12	Résidence Le Monthéard	1 allée Jean Lurçat, Le Mans
13	La Reposance	1 place du Cantal, Le Mans
14	EHPAD Jean-Jaurès	111 avenue Jean Jaurès, Le Mans
15	Résidence autonomie Ambroise-Croizat	2 rue des Sablons, Le Mans
16	Centre municipal de santé Olympe-de-Gouges	9bis boulevard Winston Churchill, Le Mans
17	Maison de retraite de Pontlieue	19 place Adrien Tironneau, Le Mans

Tableau 34 : Liste des sites sensibles – source : Géoportail

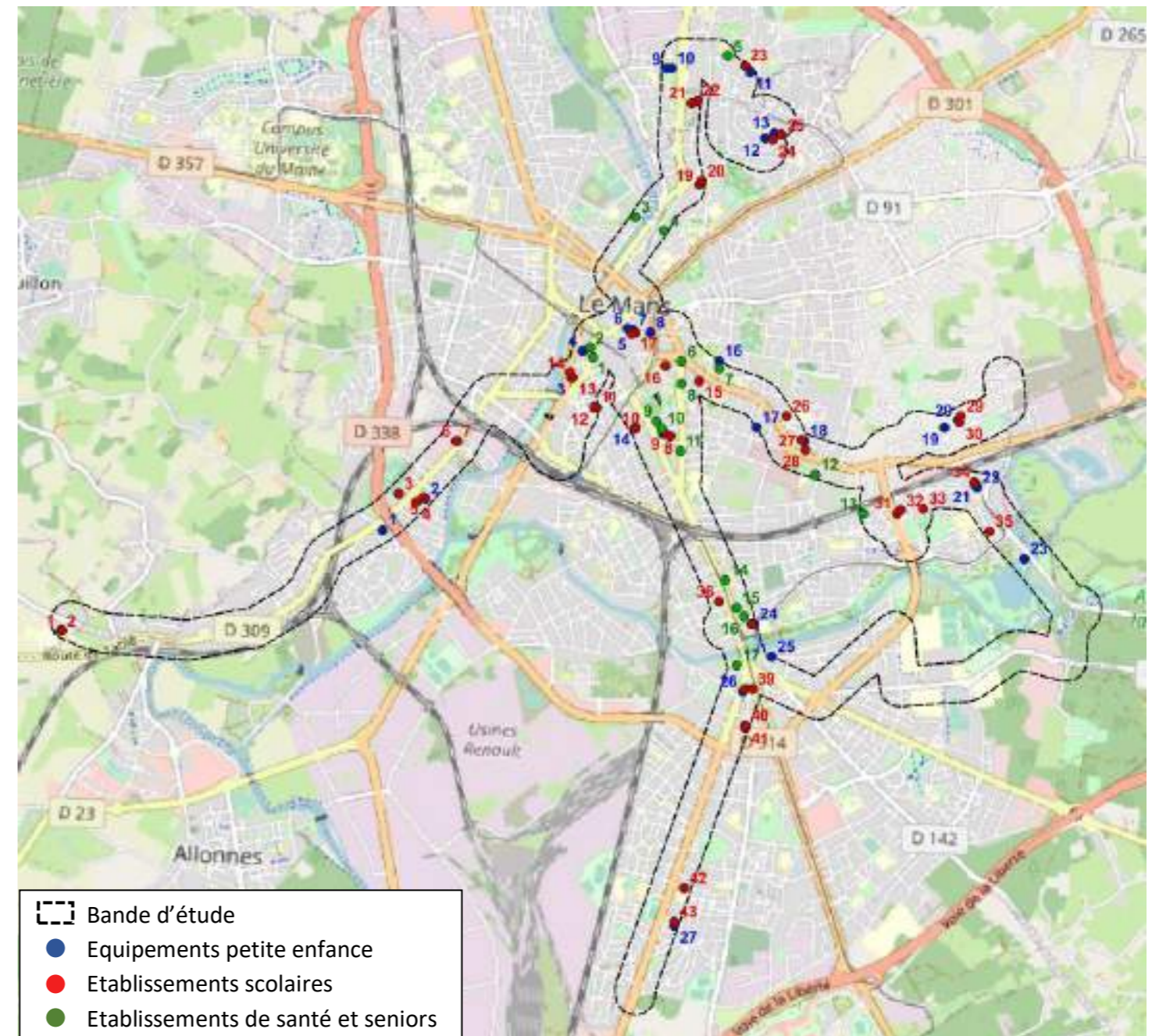


Figure 52 : Localisation des bâtiments vulnérables - source : Géoportail

### 14.3. Etape 1 : Identification des dangers

La première étape d'une évaluation des risques sanitaires consiste à identifier les agents émis dans l'environnement dans le cadre d'un projet d'infrastructure routière, ainsi que les informations sur les dangers (effets sanitaires indésirables) inhérents à chacun d'entre eux et les voies d'exposition concernées.

Les polluants à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires sont détaillés dans le tableau suivant.

La liste proposée se base :

- D'une part, sur l'avis de l'Anses du 12 juillet 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières. Cette liste a été déterminée à partir de données d'émission de polluants, et de critères d'ordre sanitaires à savoir la dangerosité des polluants considérés, et la disponibilité des valeurs toxicologiques de référence ;
- D'autre part, sur des travaux complémentaires menés par différents experts d'horizons divers portant notamment sur la robustesse des données d'entrées, le croisement avec les modalités techniques et opérationnelles de mise en œuvre tels que la faisabilité des mesures, l'interprétation des résultats de l'évaluation de risques ou robustesse des facteurs d'émission et sur lesquels une demande d'appui scientifique et technique a été faite à l'ANSES par la DGPR et la DGS et rendue le 11 juillet 2018.

A noter que dans le cadre du présent projet et de sa situation géographique, seule la voie d'exposition respiratoire est considérée.

Le tableau suivant synthétise les substances étudiées :

Durée d'exposition	Polluants
Aiguë	Particules PM10
	Particules PM2,5
	Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>
Chronique	Particules PM10
	Particules PM2,5
	Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>
	1,3-butadiène
	Benzo(a)pyrène BaP
	Arsenic As
	Chrome Cr
	Nickel Ni
	Benzène
	Acénaphthène
	Acénaphthylène
	Anthracène
	Benzo[a]anthracène
	Benzo[b]fluoranthène
	Benzo[k]fluoranthène
	Benzo[ghi]pérylène
	Chrysène
Dibenzo[ah]anthracène	
Fluorène	
Fluoranthène	
Indéno[123-cd]pyrène	
Phénanthrène	
Pyrène	
Benzo[j]fluoranthène	

Tableau 35 : Substances étudiées dans l'ERS – source : Note technique du 22 février 2019

## 14.4. Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une substance donnée sont des valeurs établissant une relation entre les niveaux d'exposition auxquels les personnes peuvent être exposées et l'incidence ou la gravité des effets associés à l'exposition.

### 14.4.1. Méthode

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- Les toxiques à seuil de dose : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- Les toxiques sans seuil de dose : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer l'effet indésirable (ex : cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de  $10^{-5}$  signifie qu'une personne exposée, en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 1/100 000, par rapport au risque de base, de contracter un cancer lié à cette exposition.

### 14.4.2. Sources de données

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivants : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'Anses même si des VTR plus récentes sont proposées dans les autres bases de données. À défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors cette VTR doit être retenue, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

En l'absence d'expertise nationale, la VTR à retenir correspond à la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.

Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA est utilisée.

En l'absence de VTR dans une de ces 8 bases de données, la note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 indique qu'il est préférable d'éviter d'utiliser d'autres valeurs telles qu'une valeur toxicologique publiée par un autre organisme que ceux précédemment listés, ou une valeur limite d'exposition professionnelle ou encore une valeur guide de qualité des milieux.

Les VTR utilisées en évaluation de risques sanitaires doivent avoir des fondements uniquement sanitaires. Cependant, certaines valeurs émises par l'OMS (appelées « valeurs guides ») sont établies en tenant compte de

considérations supplémentaires (environnementales, techniques, économiques...). Lorsque de telles valeurs guides (VG) sont utilisées à défaut de VTR, elles sont traitées à part dans l'étude et il ne sera pas réalisé de caractérisation des risques comme avec une VTR, mais seulement une comparaison des VG avec les doses d'exposition. En revanche, si une VG peut être assimilée à une VTR de par sa construction, alors un calcul de risque sera réalisé.

La figure 53 ci-dessous présente le logigramme permettant de choisir les VTR selon les recommandations de la note ministérielle N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

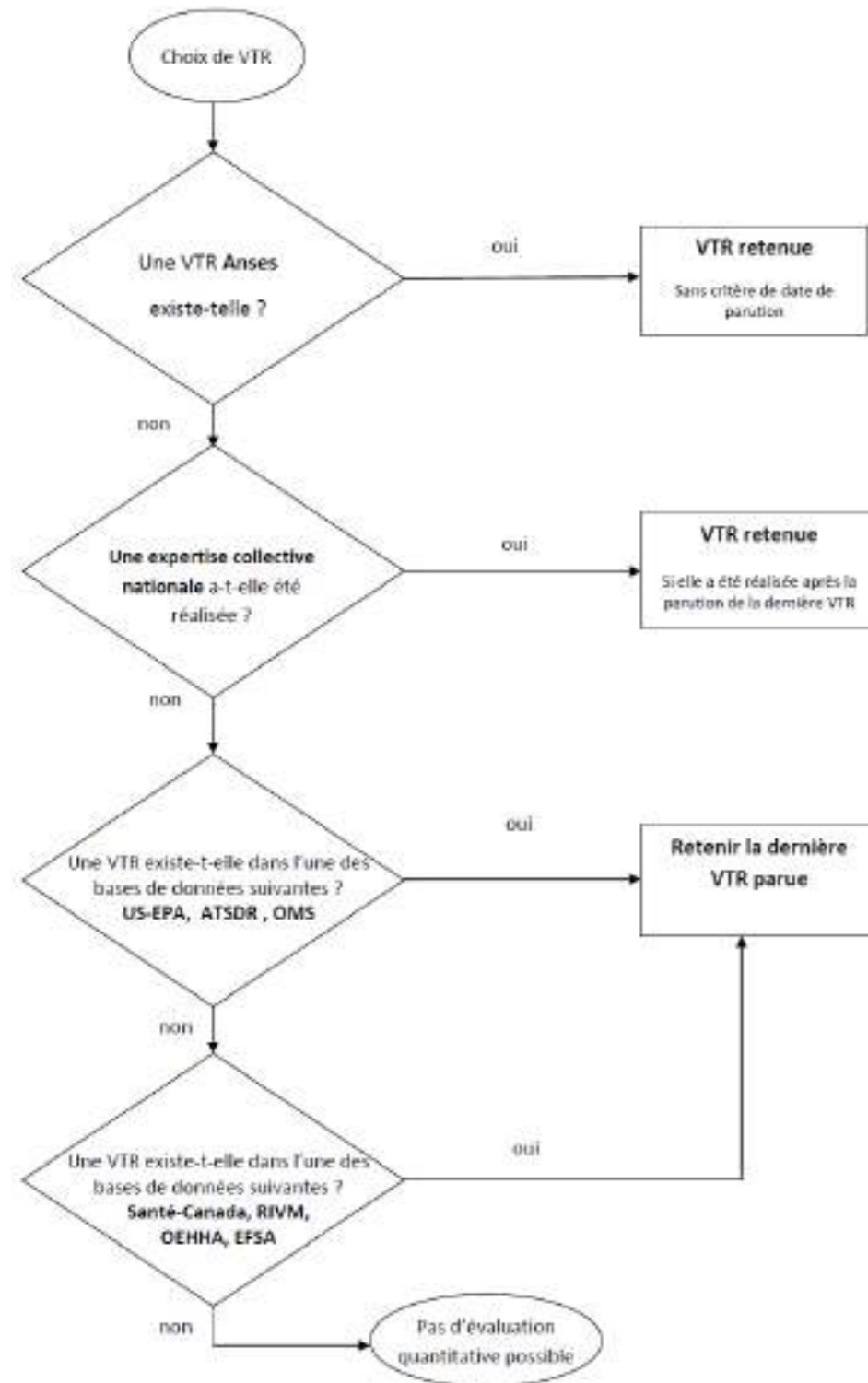


Figure 53 : Logigramme pour le choix des VTR – source : note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014

### 14.4.3. Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les tableaux 25, 26 et 27 synthétisent les VTR (ou les valeurs-guides) retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 pour chaque durée d'exposition (aiguë et chronique) et chaque type d'effet (à seuil ou sans seuil de dose).

Dans le cas de l'exposition aiguë, le guide de l'Anses de 2012 recommande de considérer uniquement les poussières et le dioxyde d'azote. Pour ces substances/famille de substance, seules des valeur-guides sont disponibles :

Substance	VTR aiguë /VG en µg/m <sup>3</sup>	Durée	Système cible	Référence
NO <sub>2</sub>	200	1h	Respiratoire	Expertise Anses, 2013 (OMS, 2010)
PM10	50	24h	Respiratoire	OMS, 2005
PM2,5	25	24h	Respiratoire	OMS, 2005

Tableau 36 : Valeurs guides pour l'exposition aiguë

Substance	VTR en µg/m <sup>3</sup>	Système cible	Référence
PM10 *	20	Respiratoire	OMS, 2005
PM2,5 *	10	Respiratoire	OMS, 2005
NO <sub>2</sub> *	40	Respiratoire	OMS, 2000
1,3-butadiène	2	Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2011 (US-EPA, 2002)
Benzo(a)pyrène BaP	0,002	Reproductif et développemental	US-EPA, 2017
Arsenic	0,015	Nerveux, Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2010 (OEHHA, 2008)
Chrome VI	0,03	Respiratoire	OMS, 2013
Nickel (sous forme oxydé)	0,23	Respiratoire	TCEQ, 2011
Benzène	10	Hématologique et immunitaire	Anses, 2008

Tableau 37 : VTR chronique non cancérigène

\*valeur-guide



Substance	VTR en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	Système cible	Référence
1,3-butadiène	1,70E-04	Respiratoire	Expertise Ineris, 2011 (OEHHA, 2011)
Benzo(a)pyrène B(a)P	1,10E-03	Respiratoire	OEHHA, 2009
Arsenic	1,50E-04	Respiratoire	Anses (TCEQ, 2012)
Chrome VI	4,00E-02	Respiratoire	OMS, 2013
Nickel (sous forme oxydé)	1,70E-04	Respiratoire	TCEQ, 2011
Benzène	2,60E-05	Hématologique et immunitaire	Anses, 2014

Tableau 38 : VTR chronique cancérigène

#### Cas particulier du nickel

Dans le cadre de cette étude, le nickel pris en compte est uniquement émis par combustion de carburant (émission à chaud et à froid). L'expertise de l'Ineris de 2007 propose 2 VTR respiratoires pour cette substance : une VTR pour l'oxyde de nickel et une autre pour les autres formes de nickel. Les produits de combustion s'oxydent avec l'oxygène de l'air, par conséquent, il a été jugé plus pertinent de prendre en compte la VTR associée à l'oxyde de nickel qui apparaît comme la forme de nickel la plus cohérente avec le contexte (par rapport à d'autres formes de nickel).

#### Cas particulier du Chrome

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III (Cr III) et le chrome VI (Cr VI), c'est la raison pour laquelle des VTR pour la voie respiratoire sont disponibles pour le chrome VI et le chrome III. De ces deux degrés d'oxydation, le chrome VI est le plus toxique, c'est pourquoi il est retenu comme représentant du chrome et de ses composés dans la présente ERS. Pour le chrome VI, des VTR sont à la fois disponibles pour la forme particulaire et pour la forme aérosol. La forme aérosol correspond à une forme dissoute, il est donc préféré la forme particulaire qui correspond mieux au contexte de notre étude.

Dans le cadre de cette étude, le chrome est émis par l'usure des pneus, des freins, de l'embrayage et de la route. Parmi les différentes sources d'émission en chrome, aucune information n'est exploitable pour estimer la part de chrome VI dans le chrome total, il a donc été décidé, dans une hypothèse majorante, de considérer la totalité du chrome émis comme du chrome VI.

#### Cas particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP

Pour les effets sans seuil de dose, les recommandations de l'Ineris sont suivies. Elles consistent à tenir compte des facteurs d'équivalence toxique pour calculer les VTR sans seuil de chacun des HAP qui ne disposent pas de VTR spécifiques, à partir de la VTR sans seuil du benzo(a)pyrène (ANSES, 2012). Les facteurs d'équivalence toxique (FET) utilisés sont ceux qui ont été retenus en France par l'Ineris à l'issue d'un travail d'analyse des différents FET disponibles dans la littérature. Les valeurs de ces FET sont présentées dans le tableau suivant.

Substance	FET
<b>Benzo(a)pyrène BaP</b>	<b>1,000</b>
Acénaphthène	0,001
Acénaphthylène	0,001
Anthracène	0,01
Benzo[a]anthracène	0,1
Benzo[b]fluoranthène	0,1
Benzo[k]fluoranthène	0,1
Benzo[ghi]pérylène	0,01
Chrysène	0,01
Dibenzo[ah]anthracène	1
Fluorène	0,001
Fluoranthène	0,001
Indéno[123-cd]pyrène	0,1
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001
Benzo[j]fluoranthène	0,1

Tableau 39 : FET des HAP – source : ANSES, 2012

### 14.5. Etape 3 : Evaluation des expositions

L'objet de ce chapitre est d'évaluer les doses auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées.

#### 14.5.1. Voies et vecteurs d'exposition

La population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voies respiratoire, orale et cutanée. L'objectif de cette ERS est de quantifier les risques sanitaires uniquement pour la voie respiratoire, par conséquent, seule la voie respiratoire a été appréhendée dans le cadre de cette étude. La voie respiratoire est en effet la principale voie d'exposition aux polluants atmosphériques.

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

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

Avec :

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

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

Ti : Taux d'exposition à la concentration Ci pendant une journée (sans unité)

F : Fréquence ou taux d'exposition annuel 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)

Tm : 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 (Tm est généralement pris égal à 70 ans)

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

Le paramètre Ci (concentration en polluant dans l'air) de l'équation 1 est issu de la somme des concentrations modélisées et de celle de fond de la zone.

#### 14.5.2. Scénario d'exposition retenu

Il a été retenu comme scénario d'exposition de considérer les personnes résidentes et travaillant dans la bande d'étude et également les personnes sensibles regroupées dans les bâtiments d'enseignement, de santé et de résidences de personnes âgées.

Les valeurs paramétriques choisies pour l'application de l'équation 1 sont présentées ci-dessous.

- ✓ Taux d'exposition (Ti)

Le scénario d'exposition, considérant que la population exposée réside et travaille dans l'aire d'étude, revient à prendre un taux d'exposition journalier (Ti) égal à 1 (100 % du temps pour une journée).

$$\mathbf{Ti = 1 \text{ (ou 100\%)}}$$

- ✓ Fréquence d'exposition annuelle (F)

Le scénario sélectionné dans les évaluations des risques sanitaires est de considérer une période de 30 jours (vacances et weekends) soit une présence dans l'aire d'étude de 335 jours (scénario classiquement choisi lors des ERS). Sur une année, cela revient à prendre une fréquence d'exposition (F) de 0,92 ( $335/365 \times 24/24 = 0,92$ ).

$$\mathbf{F = 0,92}$$

- ✓ Durée d'exposition (DE)

Les VTR pour les substances à effets cancérigènes sont définies pour une exposition sur une vie entière (égale, par convention, à 70 ans). Aussi pour ces effets, un facteur de pondération est introduit dans le calcul de la concentration moyenne inhalée (équation 1), pour les expositions de durée inférieure à 70 ans. Ce facteur de pondération est égal au rapport entre la durée d'exposition (DE), correspondant à la durée de séjour des individus sur le site d'exposition, et le temps de pondération (Tm) égal à 70 ans.

$$\mathbf{DE = 30 \text{ ans} \quad \text{et} \quad \mathbf{Tm = 70 \text{ ans}}$$

#### 14.5.3. Synthèse des scénarios sélectionnés par typologies de risque d'exposition

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

$$CMI_{aiguë} = Ci_{P100} \quad \text{équation 2}$$

Avec :

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

$Ci_{P100}$  : Concentration en percentile 100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Pour une exposition chronique à un polluant non cancérigène**, les concentrations sont pondérées d'un facteur 0,92 (correspondant à une exposition de 335 jours par an 24 heures sur 24) :

$$CMI_{chronique} = Ci_{MA} \times 0,92 \quad \text{équation 3}$$

Avec :

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

$Ci_{MA}$  : Concentration inhalée en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**Pour une exposition chronique à un polluant cancérigène**, les concentrations sont pondérées d'un facteur 0,39 correspondant à une exposition similaire à l'exposition systémique mais sur une durée de 30 ans (les VTR sont déterminées pour une exposition de 70 ans).

$$CMI_{chronique} = \frac{Ci_{MA} \times 0,92 \times 30}{70} = Ci_{MA} \times 0,39 \quad \text{équation 4}$$

Avec :

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

$Ci_{MA}$  : Concentration inhalée en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 14.5.4. Estimation des concentrations en substances dans l'air

Les niveaux en substances auxquels sont susceptibles d'être exposées les populations sont estimés par l'intermédiaire de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Suivant le type d'exposition considéré (aiguë ou chronique), les valeurs de concentrations dans l'air (Ci) considérées sont les suivantes :

- Pour les expositions de type chronique : les concentrations moyennes annuelles ;
- Pour les expositions de type aigu : les concentrations maximales horaires ou journalières (suivant la durée d'exposition associée à la VTR aiguë ou à la valeur guide retenue).

Pour l'ensemble des substances appréhendées, les niveaux en substances sont représentatifs de la seule contribution du trafic automobile sauf pour :

- Le dioxyde d'azote
- Les particules PM10
- Les particules PM2,5
- Le 1,3-butadiène
- Le benzo(a)pyrène
- L'arsenic
- Le nickel
- Le benzène

En effet, pour ces dernières substances, le niveau de fond ambiant a été pris en compte en plus des niveaux induits par le trafic routier.

#### 14.5.5. Prise en compte du bruit de fond local

Au sens de l'étude sanitaire, le bruit de fond local correspond aux niveaux en substances induits par des sources d'émissions autres que le trafic routier local au niveau des sites sensibles. Il peut s'agir des émissions résidentielles tertiaires (chauffage), des émissions industrielles, des émissions routières situées en dehors du domaine d'étude ou des émissions plus diffuses qui voyagent sur de grandes distances (comme les poussières).

Comme indiqué dans le paragraphe ci-dessus, des niveaux ambiants en substance ont pu être estimés dans le domaine d'étude pour 8 substances. Le niveau de fond pour les autres substances n'a pas pu être estimé en raison du manque d'information disponible. Les données de fond considérées sont les suivantes :

- ✓ Niveaux de fond atmosphérique pour une exposition aiguë

Substance	Concentration en pollution de fond ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Particules PM10	85 (Station Sources – 2021)
Particules PM2,5	72 (Station Sources – 2021)
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	74 (Station Sources – 2021)

Tableau 40 : Niveaux de fond atmosphériques pour une exposition aiguë – source : Air Pays de la Loire

- ✓ Niveaux de fond atmosphérique pour une exposition aiguë

Substance	Concentration en pollution de fond ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Particules PM10	15
Particules PM2,5	8,4
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	10
1_3_butadiène	0
Benzo(a)pyrène BaP	0,00013
Arsenic As	0,00047
Nickel Ni	0,00046
Benzène	0,6

Tableau 41 : Niveaux de fond atmosphériques pour une exposition chronique – source : Air Pays de la Loire

Ces niveaux de pollution de fond sont ajoutés aux concentrations calculées sur le périmètre du projet.

Dans le cadre de l'ERS, ce sont les niveaux totaux en substances qui ont été appréhendés dans l'étape suivante de caractérisation des risques sanitaires, dans la mesure où il semble difficile de distinguer l'exposition induite par le trafic automobile d'une part et les autres sources de pollution d'autre part.

A noter que cette remarque ne concerne que les 8 substances pour lesquelles un niveau de fond a pu être estimé. Pour les autres substances, la caractérisation des risques n'a appréhendé que les concentrations induites par le seul trafic routier modélisé.

**14.5.6. Concentrations retenues pour l'ERS**

Les tableaux suivants présentent les concentrations obtenues sur le périmètre du site pour les différents scénarios.

Il a été choisi de réaliser l'ERS au droit des bâtiments accueillants des populations vulnérables.

**Exposition aiguë**

Chronoligne de bus	Site sensible	Particules PM10			Substance Particules PM2,5			Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>		
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
<b>Equipements petite enfance</b>										
C4	1	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,43E+01	7,42E+01
	2	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	3	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	4	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
	5	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	6	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
	7	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	9	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	10	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	11	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	12	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
	13	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	C5	8	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01
14		8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
15		8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,42E+01	7,42E+01
16		8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
17		8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
18		8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
19		8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
20		8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
24		8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
25		8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
C6	16	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
	17	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	18	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,42E+01	7,42E+01
	21	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	22	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01
	23	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,41E+01
	24	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,42E+01
	25	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
<b>Etablissements scolaires</b>										

C4	1	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,41E+01	7,40E+01	7,40E+01
	2	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,41E+01	7,40E+01	7,40E+01
	3	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,50E+01	7,43E+01	7,43E+01
	4	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,43E+01	7,42E+01
	5	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,43E+01	7,42E+01
	6	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,50E+01	7,43E+01	7,43E+01
	7	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,50E+01	7,43E+01	7,43E+01
	11	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	12	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	13	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	14	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,42E+01
	17	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	18	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	19	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	20	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	21	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01
22	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01	
23	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01	
24	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01	
25	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01	
C5	8	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	9	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	10	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	15	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	16	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	17	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,42E+01	7,41E+01	7,41E+01
	26	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	27	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,43E+01	7,42E+01
	28	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,49E+01	7,43E+01	7,43E+01
	29	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,42E+01	7,41E+01	7,41E+01
	30	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	36	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	37	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	38	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,42E+01	7,42E+01
	39	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	40	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
41	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01	
42	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01	
43	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01	
C6	15	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	16	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	26	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01
	27	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,42E+01	7,42E+01
28	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,49E+01	7,43E+01	7,43E+01	

	31	8,52E+01	8,52E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,54E+01	7,44E+01	7,44E+01
	32	8,52E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,52E+01	7,44E+01	7,44E+01
	33	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	34	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	35	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	37	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	39	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
<b>Etablissements de santé et seniors</b>										
C4	1	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,42E+01	7,42E+01
	2	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,46E+01	7,42E+01	7,42E+01
	3	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	4	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	5	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
C5	6	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,50E+01	7,43E+01	7,43E+01
	7	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	8	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,49E+01	7,43E+01	7,42E+01
	9	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	10	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	11	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,48E+01	7,43E+01	7,42E+01
	12	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	14	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
	15	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
C6	6	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,41E+01	7,41E+01
	7	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01
	8	8,50E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,43E+01	7,41E+01	7,41E+01
	12	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	13	8,51E+01	8,51E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01
	15	8,51E+01	8,50E+01	8,50E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,44E+01	7,41E+01	7,41E+01
	16	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,21E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,47E+01	7,42E+01	7,42E+01
17	8,51E+01	8,51E+01	8,51E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,20E+01	7,45E+01	7,42E+01	7,41E+01	

Tableau 42 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition aiguë (en µg/m³) – source : IRIS conseil







	35	1,51E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	37	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,32E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	39	1,50E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
<b>Etablissements de santé et seniors</b>																			
C4	1	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,08E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	2	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,46E+00	8,45E+00	8,44E+00	1,06E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	3	1,51E+01	1,51E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	4	1,51E+01	1,51E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	5	1,51E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
C5	6	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,50E+00	8,48E+00	8,47E+00	1,10E+01	1,03E+01	1,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	1,32E-04	1,32E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	7	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,45E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	8	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,48E+00	8,47E+00	8,46E+00	1,09E+01	1,03E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,32E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	9	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,46E+00	8,45E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	10	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	11	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,08E+01	1,03E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	12	1,51E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	14	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,46E+00	8,45E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	15	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	16	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,47E+00	8,46E+00	8,45E+00	1,08E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,32E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
17	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,46E+00	8,45E+00	8,44E+00	1,06E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04	
C6	6	1,51E+01	1,51E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,44E+00	8,43E+00	1,05E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	7	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,45E+00	8,44E+00	8,43E+00	1,05E+01	1,02E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	8	1,50E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,43E+00	8,42E+00	8,42E+00	1,03E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	1,30E-04	1,30E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	12	1,51E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	13	1,51E+01	1,51E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,44E+00	8,43E+00	1,05E+01	1,02E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	15	1,51E+01	1,50E+01	1,50E+01	8,44E+00	8,43E+00	8,43E+00	1,04E+01	1,01E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
	16	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,46E+00	8,45E+00	8,44E+00	1,07E+01	1,02E+01	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04
17	1,51E+01	1,51E+01	1,51E+01	8,45E+00	8,44E+00	8,43E+00	1,05E+01	1,02E+01	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,31E-04	1,31E-04	4,70E-04	4,70E-04	4,70E-04	

Tableau 43 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 1/4 (en µg/m³) – source : IRIS conseil





	37	1,07E-06	1,12E-06	9,88E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,59E-05	5,93E-06	5,22E-06	3,44E-05	4,44E-06	3,91E-06	7,42E-06	9,62E-06	8,46E-06	
	39	5,32E-07	5,61E-07	4,95E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,23E-05	2,89E-06	2,55E-06	1,67E-05	2,16E-06	1,91E-06	3,78E-06	4,87E-06	4,29E-06	
<b>Etablissements de santé et seniors</b>																				
C4	1	1,08E-06	1,13E-06	1,01E-06	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,92E-05	5,07E-06	4,51E-06	2,94E-05	3,80E-06	3,38E-06	7,31E-06	9,28E-06	8,24E-06	
	2	8,51E-07	8,95E-07	7,96E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,18E-05	4,10E-06	3,66E-06	2,38E-05	3,07E-06	2,74E-06	5,81E-06	7,40E-06	6,59E-06	
	3	6,06E-07	6,34E-07	5,58E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,63E-05	3,39E-06	2,98E-06	1,97E-05	2,53E-06	2,23E-06	4,22E-06	5,47E-06	4,81E-06	
	4	6,18E-07	6,48E-07	5,70E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,68E-05	3,45E-06	3,04E-06	2,01E-05	2,58E-06	2,27E-06	4,31E-06	5,58E-06	4,91E-06	
	5	5,51E-07	5,66E-07	4,98E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,07E-05	2,65E-06	2,33E-06	1,55E-05	1,98E-06	1,74E-06	3,52E-06	4,49E-06	3,94E-06	
C5	6	1,47E-06	1,54E-06	1,34E-06	4,61E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	5,75E-05	7,44E-06	6,51E-06	4,30E-05	5,57E-06	4,87E-06	9,68E-06	1,25E-05	1,09E-05	
	7	9,96E-07	1,04E-06	9,11E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,93E-05	5,07E-06	4,45E-06	2,94E-05	3,80E-06	3,33E-06	6,75E-06	8,65E-06	7,58E-06	
	8	1,24E-06	1,30E-06	1,13E-06	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,97E-05	6,44E-06	5,63E-06	3,72E-05	4,82E-06	4,21E-06	8,27E-06	1,07E-05	9,35E-06	
	9	9,12E-07	9,71E-07	8,31E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,43E-05	4,59E-06	3,92E-06	2,56E-05	3,43E-06	2,93E-06	5,70E-06	7,59E-06	6,50E-06	
	10	9,66E-07	1,03E-06	8,80E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,60E-05	4,84E-06	4,13E-06	2,70E-05	3,62E-06	3,09E-06	5,99E-06	8,00E-06	6,84E-06	
	11	1,11E-06	1,17E-06	1,02E-06	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,42E-05	5,80E-06	5,03E-06	3,31E-05	4,34E-06	3,76E-06	7,31E-06	9,57E-06	8,32E-06	
	12	5,82E-07	6,10E-07	5,36E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,45E-05	3,16E-06	2,78E-06	1,83E-05	2,37E-06	2,08E-06	4,07E-06	5,26E-06	4,62E-06	
	14	9,86E-07	1,03E-06	9,10E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,17E-05	5,39E-06	4,74E-06	3,12E-05	4,03E-06	3,54E-06	6,80E-06	8,80E-06	7,74E-06	
	15	1,07E-06	1,12E-06	9,87E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,53E-05	5,86E-06	5,15E-06	3,39E-05	4,38E-06	3,85E-06	7,38E-06	9,55E-06	8,40E-06	
	16	1,10E-06	1,16E-06	1,02E-06	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,70E-05	6,07E-06	5,34E-06	3,51E-05	4,54E-06	4,00E-06	7,62E-06	9,87E-06	8,69E-06	
17	8,97E-07	9,42E-07	8,35E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,62E-05	4,68E-06	4,14E-06	2,71E-05	3,50E-06	3,10E-06	6,19E-06	7,95E-06	7,04E-06		
C6	6	6,57E-07	6,84E-07	6,02E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,57E-05	3,30E-06	2,90E-06	1,92E-05	2,47E-06	2,17E-06	4,45E-06	5,66E-06	4,98E-06	
	7	7,23E-07	7,54E-07	6,63E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,85E-05	3,66E-06	3,22E-06	2,13E-05	2,74E-06	2,41E-06	4,96E-06	6,31E-06	5,55E-06	
	8	3,65E-07	3,80E-07	3,34E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	1,45E-05	1,87E-06	1,65E-06	1,09E-05	1,40E-06	1,23E-06	2,51E-06	3,20E-06	2,82E-06	
	12	6,05E-07	6,38E-07	5,62E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,58E-05	3,34E-06	2,94E-06	1,93E-05	2,50E-06	2,20E-06	4,32E-06	5,57E-06	4,91E-06	
	13	6,93E-07	7,40E-07	6,55E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,02E-05	3,92E-06	3,49E-06	2,26E-05	2,93E-06	2,61E-06	5,05E-06	6,54E-06	5,79E-06	
	15	6,00E-07	6,32E-07	5,56E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	2,61E-05	3,38E-06	2,97E-06	1,95E-05	2,53E-06	2,22E-06	4,24E-06	5,50E-06	4,84E-06	
	16	9,55E-07	1,00E-06	8,84E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	4,12E-05	5,32E-06	4,68E-06	3,08E-05	3,98E-06	3,50E-06	6,65E-06	8,62E-06	7,58E-06	
	17	7,22E-07	7,60E-07	6,69E-07	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	3,11E-05	4,01E-06	3,53E-06	2,32E-05	3,00E-06	2,64E-06	5,07E-06	6,56E-06	5,78E-06	

Tableau 44 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 2/4 (en µg/m³) – source : IRIS conseil





	37	5,08E-06	2,42E-06	2,13E-06	3,82E-06	2,37E-06	2,08E-06	2,98E-06	1,62E-06	1,42E-06	6,41E-06	4,45E-06	3,92E-06	8,76E-06	3,77E-06	3,31E-06	6,05E-07	1,74E-07	1,53E-07	
	39	2,52E-06	1,23E-06	1,09E-06	1,97E-06	1,27E-06	1,12E-06	1,57E-06	9,19E-07	8,09E-07	3,13E-06	2,18E-06	1,93E-06	4,59E-06	2,19E-06	1,92E-06	3,01E-07	9,18E-08	8,09E-08	
<b>Etablissements de santé et seniors</b>																				
C4	1	4,61E-06	2,37E-06	2,10E-06	3,87E-06	2,69E-06	2,38E-06	3,23E-06	2,13E-06	1,88E-06	5,56E-06	3,90E-06	3,47E-06	9,31E-06	5,22E-06	4,61E-06	5,55E-07	1,90E-07	1,68E-07	
	2	3,70E-06	1,88E-06	1,68E-06	3,07E-06	2,11E-06	1,87E-06	2,55E-06	1,65E-06	1,46E-06	4,49E-06	3,15E-06	2,81E-06	7,35E-06	4,02E-06	3,56E-06	4,45E-07	1,50E-07	1,33E-07	
	3	2,90E-06	1,38E-06	1,21E-06	2,17E-06	1,34E-06	1,18E-06	1,69E-06	9,09E-07	7,99E-07	3,67E-06	2,54E-06	2,24E-06	4,96E-06	2,11E-06	1,86E-06	3,45E-07	9,83E-08	8,65E-08	
	4	2,96E-06	1,41E-06	1,24E-06	2,22E-06	1,37E-06	1,21E-06	1,73E-06	9,33E-07	8,20E-07	3,74E-06	2,59E-06	2,28E-06	5,07E-06	2,17E-06	1,91E-06	3,52E-07	1,01E-07	8,85E-08	
	5	2,34E-06	1,14E-06	9,98E-07	1,84E-06	1,18E-06	1,04E-06	1,47E-06	8,57E-07	7,53E-07	2,91E-06	2,01E-06	1,76E-06	4,29E-06	2,04E-06	1,79E-06	2,79E-07	8,51E-08	7,48E-08	
C5	6	6,47E-06	3,15E-06	2,76E-06	5,03E-06	3,22E-06	2,83E-06	4,01E-06	2,31E-06	2,03E-06	8,06E-06	5,62E-06	4,92E-06	1,17E-05	5,49E-06	4,82E-06	7,73E-07	2,34E-07	2,05E-07	
	7	4,46E-06	2,19E-06	1,92E-06	3,52E-06	2,29E-06	2,01E-06	2,83E-06	1,68E-06	1,47E-06	5,52E-06	3,85E-06	3,37E-06	8,25E-06	4,02E-06	3,52E-06	5,33E-07	1,65E-07	1,45E-07	
	8	5,56E-06	2,70E-06	2,36E-06	4,29E-06	2,73E-06	2,39E-06	3,40E-06	1,94E-06	1,70E-06	6,96E-06	4,86E-06	4,24E-06	9,95E-06	4,58E-06	4,01E-06	6,64E-07	1,99E-07	1,74E-07	
	9	3,83E-06	1,92E-06	1,64E-06	2,95E-06	1,93E-06	1,66E-06	2,34E-06	1,36E-06	1,18E-06	4,80E-06	3,46E-06	2,95E-06	6,85E-06	3,21E-06	2,78E-06	4,58E-07	1,40E-07	1,21E-07	
	10	4,03E-06	2,02E-06	1,73E-06	3,11E-06	2,03E-06	1,75E-06	2,46E-06	1,43E-06	1,24E-06	5,05E-06	3,64E-06	3,11E-06	7,20E-06	3,37E-06	2,92E-06	4,81E-07	1,48E-07	1,27E-07	
	11	4,93E-06	2,42E-06	2,10E-06	3,79E-06	2,42E-06	2,11E-06	2,99E-06	1,71E-06	1,49E-06	6,18E-06	4,37E-06	3,79E-06	8,76E-06	4,02E-06	3,51E-06	5,89E-07	1,77E-07	1,54E-07	
	12	2,74E-06	1,33E-06	1,17E-06	2,11E-06	1,34E-06	1,18E-06	1,67E-06	9,53E-07	8,39E-07	3,43E-06	2,39E-06	2,10E-06	4,90E-06	2,25E-06	1,98E-06	3,27E-07	9,76E-08	8,59E-08	
	14	4,63E-06	2,22E-06	1,95E-06	3,51E-06	2,20E-06	1,93E-06	2,76E-06	1,52E-06	1,34E-06	5,82E-06	4,05E-06	3,56E-06	8,09E-06	3,57E-06	3,14E-06	5,52E-07	1,61E-07	1,41E-07	
	15	5,03E-06	2,41E-06	2,12E-06	3,81E-06	2,37E-06	2,09E-06	2,98E-06	1,64E-06	1,44E-06	6,33E-06	4,40E-06	3,87E-06	8,76E-06	3,83E-06	3,37E-06	5,99E-07	1,74E-07	1,53E-07	
	16	5,20E-06	2,49E-06	2,19E-06	3,93E-06	2,45E-06	2,15E-06	3,08E-06	1,68E-06	1,48E-06	6,56E-06	4,56E-06	4,01E-06	9,03E-06	3,93E-06	3,46E-06	6,20E-07	1,79E-07	1,58E-07	
17	4,10E-06	2,01E-06	1,78E-06	3,23E-06	2,10E-06	1,86E-06	2,59E-06	1,53E-06	1,36E-06	5,08E-06	3,54E-06	3,14E-06	7,55E-06	3,66E-06	3,25E-06	4,90E-07	1,51E-07	1,34E-07		
C6	6	2,92E-06	1,44E-06	1,26E-06	2,33E-06	1,52E-06	1,33E-06	1,88E-06	1,12E-06	9,87E-07	3,61E-06	2,50E-06	2,20E-06	5,46E-06	2,69E-06	2,37E-06	3,50E-07	1,09E-07	9,59E-08	
	7	3,25E-06	1,60E-06	1,41E-06	2,60E-06	1,70E-06	1,50E-06	2,10E-06	1,27E-06	1,11E-06	4,01E-06	2,78E-06	2,45E-06	6,11E-06	3,04E-06	2,67E-06	3,89E-07	1,22E-07	1,07E-07	
	8	1,65E-06	8,11E-07	7,14E-07	1,31E-06	8,54E-07	7,51E-07	1,06E-06	6,30E-07	5,54E-07	2,04E-06	1,42E-06	1,25E-06	3,08E-06	1,51E-06	1,33E-06	1,98E-07	6,14E-08	5,41E-08	
	12	2,89E-06	1,41E-06	1,24E-06	2,24E-06	1,43E-06	1,26E-06	1,78E-06	1,02E-06	8,98E-07	3,62E-06	2,52E-06	2,22E-06	5,20E-06	2,42E-06	2,13E-06	3,46E-07	1,04E-07	9,15E-08	
	13	3,39E-06	1,65E-06	1,46E-06	2,62E-06	1,68E-06	1,48E-06	2,08E-06	1,20E-06	1,05E-06	4,24E-06	2,96E-06	2,63E-06	6,09E-06	2,83E-06	2,48E-06	4,05E-07	1,22E-07	1,08E-07	
	15	2,89E-06	1,39E-06	1,22E-06	2,19E-06	1,36E-06	1,20E-06	1,71E-06	9,39E-07	8,25E-07	3,65E-06	2,54E-06	2,23E-06	5,03E-06	2,19E-06	1,93E-06	3,45E-07	9,98E-08	8,78E-08	
	16	4,55E-06	2,17E-06	1,91E-06	3,42E-06	2,12E-06	1,87E-06	2,67E-06	1,45E-06	1,27E-06	5,75E-06	3,99E-06	3,51E-06	7,85E-06	3,38E-06	2,97E-06	5,42E-07	1,56E-07	1,37E-07	
17	3,45E-06	1,66E-06	1,46E-06	2,62E-06	1,64E-06	1,44E-06	2,06E-06	1,14E-06	9,98E-07	4,34E-06	3,02E-06	2,66E-06	6,03E-06	2,66E-06	2,34E-06	4,11E-07	1,20E-07	1,05E-07		

Tableau 45 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 3/4 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – source : IRIS conseil







	37	3,07E-06	3,29E-06	2,88E-06	4,89E-05	2,89E-05	2,54E-05	3,16E-06	2,18E-06	1,92E-06	1,03E-04	7,61E-05	6,70E-05	4,09E-05	1,62E-05	1,42E-05	2,30E-06	3,73E-06	3,28E-06	
	39	2,31E-06	2,47E-06	2,17E-06	2,42E-05	1,45E-05	1,28E-05	1,57E-06	1,09E-06	9,61E-07	5,05E-05	3,75E-05	3,31E-05	2,05E-05	8,56E-06	7,54E-06	1,38E-06	2,10E-06	1,85E-06	
<b>Etablissements de santé et seniors</b>																				
C4	1	7,13E-06	7,72E-06	6,79E-06	4,42E-05	2,73E-05	2,43E-05	2,86E-06	2,03E-06	1,81E-06	9,07E-05	6,79E-05	6,04E-05	3,85E-05	1,77E-05	1,57E-05	3,43E-06	4,79E-06	4,23E-06	
	2	5,30E-06	5,76E-06	5,06E-06	3,55E-05	2,18E-05	1,94E-05	2,30E-06	1,63E-06	1,45E-06	7,31E-05	5,46E-05	4,87E-05	3,08E-05	1,39E-05	1,24E-05	2,62E-06	3,72E-06	3,29E-06	
	3	1,63E-06	1,78E-06	1,57E-06	2,79E-05	1,64E-05	1,45E-05	1,81E-06	1,24E-06	1,09E-06	5,90E-05	4,34E-05	3,82E-05	2,33E-05	9,16E-06	8,06E-06	1,27E-06	2,10E-06	1,84E-06	
	4	1,69E-06	1,86E-06	1,64E-06	2,85E-05	1,68E-05	1,47E-05	1,84E-06	1,26E-06	1,11E-06	6,01E-05	4,42E-05	3,89E-05	2,38E-05	9,37E-06	8,24E-06	1,30E-06	2,15E-06	1,89E-06	
	5	2,21E-06	2,36E-06	2,07E-06	2,25E-05	1,34E-05	1,18E-05	1,46E-06	1,00E-06	8,82E-07	4,69E-05	3,45E-05	3,03E-05	1,91E-05	7,93E-06	6,97E-06	1,31E-06	1,95E-06	1,72E-06	
C5	6	5,65E-06	6,01E-06	5,29E-06	6,22E-05	3,72E-05	3,26E-05	4,03E-06	2,79E-06	2,45E-06	1,30E-04	9,65E-05	8,44E-05	5,27E-05	2,18E-05	1,91E-05	3,46E-06	5,29E-06	4,64E-06	
	7	4,48E-06	4,77E-06	4,19E-06	4,28E-05	2,57E-05	2,25E-05	2,77E-06	1,93E-06	1,69E-06	8,92E-05	6,62E-05	5,80E-05	3,65E-05	1,54E-05	1,35E-05	2,57E-06	3,83E-06	3,36E-06	
	8	4,49E-06	4,78E-06	4,20E-06	5,35E-05	3,20E-05	2,79E-05	3,46E-06	2,40E-06	2,10E-06	1,12E-04	8,33E-05	7,28E-05	4,52E-05	1,85E-05	1,62E-05	2,86E-06	4,44E-06	3,89E-06	
	9	3,05E-06	3,27E-06	2,89E-06	3,69E-05	2,27E-05	1,94E-05	2,39E-06	1,71E-06	1,46E-06	7,73E-05	5,93E-05	5,07E-05	3,11E-05	1,31E-05	1,12E-05	1,96E-06	3,12E-06	2,69E-06	
	10	3,20E-06	3,42E-06	3,02E-06	3,88E-05	2,39E-05	2,05E-05	2,51E-06	1,80E-06	1,54E-06	8,13E-05	6,25E-05	5,33E-05	3,27E-05	1,38E-05	1,18E-05	2,06E-06	3,28E-06	2,83E-06	
	11	3,77E-06	4,03E-06	3,55E-06	4,75E-05	2,86E-05	2,49E-05	3,07E-06	2,16E-06	1,87E-06	9,96E-05	7,48E-05	6,50E-05	4,00E-05	1,65E-05	1,43E-05	2,48E-06	3,91E-06	3,41E-06	
	12	2,20E-06	2,35E-06	2,07E-06	2,63E-05	1,57E-05	1,38E-05	1,71E-06	1,18E-06	1,04E-06	5,52E-05	4,09E-05	3,60E-05	2,23E-05	9,10E-06	8,00E-06	1,41E-06	2,18E-06	1,92E-06	
	14	3,13E-06	3,34E-06	2,95E-06	4,45E-05	2,64E-05	2,32E-05	2,88E-06	1,99E-06	1,75E-06	9,37E-05	6,93E-05	6,09E-05	3,74E-05	1,50E-05	1,32E-05	2,20E-06	3,50E-06	3,08E-06	
	15	3,30E-06	3,53E-06	3,11E-06	4,84E-05	2,86E-05	2,52E-05	3,13E-06	2,16E-06	1,90E-06	1,02E-04	7,53E-05	6,62E-05	4,06E-05	1,62E-05	1,42E-05	2,35E-06	3,77E-06	3,32E-06	
	16	3,31E-06	3,54E-06	3,13E-06	5,01E-05	2,96E-05	2,61E-05	3,24E-06	2,23E-06	1,97E-06	1,05E-04	7,80E-05	6,86E-05	4,20E-05	1,67E-05	1,47E-05	2,40E-06	3,87E-06	3,41E-06	
17	4,01E-06	4,29E-06	3,82E-06	3,94E-05	2,37E-05	2,10E-05	2,55E-06	1,77E-06	1,57E-06	8,21E-05	6,10E-05	5,40E-05	3,35E-05	1,41E-05	1,25E-05	2,33E-06	3,49E-06	3,10E-06		
C6	6	3,10E-06	3,30E-06	2,90E-06	2,81E-05	1,68E-05	1,48E-05	1,82E-06	1,26E-06	1,11E-06	5,84E-05	4,32E-05	3,80E-05	2,40E-05	1,02E-05	8,93E-06	1,74E-06	2,55E-06	2,24E-06	
	7	3,57E-06	3,80E-06	3,33E-06	3,12E-05	1,88E-05	1,65E-05	2,02E-06	1,40E-06	1,24E-06	6,49E-05	4,80E-05	4,22E-05	2,67E-05	1,14E-05	1,00E-05	1,97E-06	2,88E-06	2,53E-06	
	8	1,72E-06	1,83E-06	1,61E-06	1,59E-05	9,51E-06	8,38E-06	1,03E-06	7,13E-07	6,28E-07	3,30E-05	2,44E-05	2,15E-05	1,35E-05	5,72E-06	5,04E-06	9,71E-07	1,43E-06	1,26E-06	
	12	2,42E-06	2,59E-06	2,26E-06	2,78E-05	1,66E-05	1,47E-05	1,80E-06	1,25E-06	1,10E-06	5,83E-05	4,32E-05	3,81E-05	2,35E-05	9,68E-06	8,52E-06	1,52E-06	2,34E-06	2,05E-06	
	13	2,80E-06	3,01E-06	2,59E-06	3,26E-05	1,95E-05	1,73E-05	2,11E-06	1,47E-06	1,30E-06	6,83E-05	5,08E-05	4,51E-05	2,76E-05	1,14E-05	1,00E-05	1,77E-06	2,74E-06	2,41E-06	
	15	1,86E-06	2,00E-06	1,75E-06	2,79E-05	1,65E-05	1,45E-05	1,80E-06	1,24E-06	1,09E-06	5,87E-05	4,34E-05	3,82E-05	2,34E-05	9,30E-06	8,18E-06	1,34E-06	2,16E-06	1,90E-06	
	16	2,75E-06	2,95E-06	2,58E-06	4,38E-05	2,59E-05	2,28E-05	2,84E-06	1,95E-06	1,72E-06	9,23E-05	6,82E-05	6,00E-05	3,67E-05	1,45E-05	1,28E-05	2,06E-06	3,34E-06	2,93E-06	
	17	2,33E-06	2,50E-06	2,19E-06	3,32E-05	1,97E-05	1,73E-05	2,15E-06	1,48E-06	1,30E-06	6,98E-05	5,16E-05	4,55E-05	2,79E-05	1,12E-05	9,82E-06	1,64E-06	2,61E-06	2,29E-06	

Tableau 46 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 4/4 (en µg/m³) – source : IRIS conseil

## 14.6. Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sanitaires associés à une substance sont estimés de façon différente selon la voie d'exposition (inhalation ou ingestion), la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et selon le type d'effet qu'engendre le composé considéré (effets à seuil de dose ou sans seuil de dose).

### 14.6.1. Méthode

#### Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérogènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI) et la VTR associée.

Ce rapport est appelé quotient de danger (QD) et s'exprime selon la relation suivante :

$$QD = \frac{CMI_{aiguë}}{VTR_{aiguë}} \quad \text{équation 5}$$

$$QD = \frac{CMI_{chronique}}{VTR_{chronique}} \quad \text{équation 6}$$

Avec :

QD : Ratio de Danger (sans unité)

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

VTR : Valeur Toxicologique de Référence aiguë ou chronique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR.

Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR.

#### Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose

Pour les effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie d'exposition respiratoire, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps).

$$ERI = CMI * ERU \quad \text{équation 7}$$

Avec :

ERI : Excès de Risque Individuel (sans unité)

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

ERU : Excès de Risque Unitaire ( $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ).

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écarter les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de  $10^{-5}$  (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004).

La circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque, « usuellement retenu au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de  $10^{-5}$ .

A noter que dans le cadre des études de zones, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) et l'Ineris proposent des seuils d'interprétation des QD et des ERI sous forme de fourchette. Les seuils d'interprétation, valables aussi bien pour le respiratoire que l'ingestion sont les suivants :

- Domaine d'action rapide :  $ERI > 10^{-4}$  et  $QD > 10$

Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires.

- Domaine de vigilance active :  $10^{-5} < ERI < 10^{-4}$  et  $1 < QD < 10$

Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion

- ✓ Domaine de conformité :  $ERI < 10^{-5}$  et  $QD < 1$

Les niveaux de risques sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà et relevant du principe général de maîtrise des émissions.

**Dans le cadre de cette étude, les seuils d'acceptabilité retenus sont ceux préconisés par les instances à savoir :**

**$ERI < 10^{-5}$  et  $QD < 1$**

### 14.6.2. Estimation des risques cumulés

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des ERS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

**Risques cumulés à seuil de dose**

Dans son guide, l'InVS recommande de sommer les quotients de danger lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe-cible des composés présents sont similaires. En l'absence d'information suffisante sur le mécanisme de toxicité pour chacune des substances retenues dans cette étude, ce paramètre n'a pas été pris en compte. Par ailleurs, comme indiqué lors de l'étape 1 « Identification des dangers », les effets critiques associés aux différentes substances retenues dans cette ERS ont été regroupés par système-cible, qui peuvent regrouper plusieurs organes-cibles.

Le tableau suivant présente les systèmes cibles associés à chaque VTR retenue pour chaque substance. Comme indiqué dans ce tableau, parmi les substances pour lesquelles des quotients de danger sont estimés, les effets critiques associés à chaque VTR retenue concernent 5 systèmes cibles.

Pour une VTR, plusieurs effets critiques sont parfois mentionnés par les organismes producteurs de VTR, par conséquent, une même substance peut être intégrée dans plusieurs sommes de risques.

Système cible	Substances dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible
Respiratoire	Chrome VI Nickel
Reproductif et développemental	1,3-butadiène Benzo(a)pyrène BaP Arsenic
Nerveux	Arsenic
Hématologique et immunitaire	Benzène

Tableau 47 : Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible

Cette démarche est appliquée uniquement pour les risques chroniques, les risques aigus n'étant pas susceptibles de se dérouler au même moment dans l'année compte tenu des durées d'application différentes associées aux VTR utilisées (1 heures, 24 heures).

**Risque cumulés sans seuil de dose**

Comme indiqué dans le guide de l'InVS, « tous les risques de cancer peuvent être associés entre eux quand bien même les organes cibles diffèrent, dans le but d'apprécier globalement le risque cancérigène qui pèse sur la population ».

**14.6.3. Résultats**

Pour chaque traceur, un calcul de QD ou d'ERI est effectué à partir des équations 5, 6 et 7 à partir des concentrations maximales et au droit des bâtiments vulnérables dans la bande d'étude.

Dans les tableaux de résultats, les dépassements des seuils de conformité ( $QD > 1$  ou  $ERI > 10^{-5}$ ) ont été présentés en orange pour les différents types de risques estimés. Les substances ou les scénarios pour lesquels aucun dépassement du seuil de conformité n'est estimé apparaissent en vert dans les tableaux de résultats.

Pour les substances pour lesquelles aucune VTR n'est disponible, une simple comparaison des doses d'exposition et des valeurs-guides est effectuée (tableau 48 et tableau 50).

**Exposition aiguë : comparaison aux valeurs guides**

Pour les 3 substances retenues pour ce type d'exposition, une comparaison a été effectuée avec les valeurs guides qui leur sont associées dans la mesure où aucune VTR n'est disponible dans la littérature.

Chronoligne de bus	Site sensible	Substance								
		Particules PM10			Particules PM2,5			Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>		
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
<b>Equipements petite enfance</b>										
C4	1	85,11	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,80	74,25	74,22
	2	85,08	85,07	85,06	72,06	72,05	72,04	74,63	74,19	74,17
	3	85,08	85,07	85,07	72,06	72,05	72,04	74,64	74,20	74,18
	4	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,46	74,14	74,12
	5	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,40	74,12	74,10
	6	85,06	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,50	74,15	74,13
	7	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,40	74,12	74,10
	9	85,04	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,28	74,09	74,08
	10	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,38	74,12	74,11
	11	85,04	85,04	85,03	72,03	72,03	72,02	74,31	74,09	74,08
	12	85,06	85,06	85,05	72,04	72,04	72,03	74,47	74,13	74,12
	13	85,05	85,04	85,04	72,03	72,03	72,03	74,35	74,10	74,09
	C5	8	85,07	85,06	85,06	72,05	72,04	72,04	74,53	74,17
14		85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,37	74,12	74,10
15		85,10	85,10	85,08	72,07	72,06	72,05	74,75	74,24	74,21
16		85,07	85,07	85,06	72,05	72,04	72,04	74,57	74,18	74,15
17		85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,40	74,13	74,11
18		85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,75	74,24	74,21
19		85,05	85,04	85,04	72,03	72,03	72,02	74,34	74,10	74,09
20		85,04	85,04	85,03	72,03	72,02	72,02	74,31	74,09	74,08
24		85,08	85,07	85,07	72,06	72,05	72,04	74,63	74,20	74,18
25		85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,40	74,12	74,11
C6	16	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,46	74,14	74,12
	17	85,04	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,28	74,09	74,08
	18	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,76	74,24	74,21
	21	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,44	74,13	74,12
	22	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,52	74,15	74,14
	23	85,07	85,06	85,06	72,05	72,04	72,04	74,59	74,17	74,15
	24	85,07	85,06	85,06	72,05	72,04	72,04	74,54	74,17	74,15
	25	85,08	85,07	85,06	72,06	72,04	72,04	74,59	74,19	74,16
<b>Etablissements scolaires</b>										
C4	1	85,02	85,02	85,02	72,02	72,01	72,01	74,13	74,04	74,03
	2	85,02	85,02	85,02	72,02	72,01	72,01	74,13	74,04	74,03
	3	85,12	85,11	85,10	72,09	72,07	72,06	74,95	74,29	74,26
	4	85,11	85,10	85,09	72,08	72,06	72,05	74,84	74,26	74,23

	5	85,11	85,10	85,09	72,08	72,06	72,05	74,84	74,26	74,22
	6	85,13	85,12	85,10	72,09	72,07	72,07	75,02	74,31	74,27
	7	85,13	85,12	85,10	72,09	72,07	72,07	75,02	74,31	74,27
	11	85,03	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,27	74,08	74,07
	12	85,03	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,27	74,08	74,07
	13	85,08	85,07	85,07	72,06	72,05	72,04	74,64	74,20	74,18
	14	85,07	85,06	85,06	72,05	72,04	72,04	74,54	74,17	74,16
	17	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,40	74,12	74,10
	18	85,04	85,04	85,04	72,03	72,03	72,02	74,34	74,10	74,09
	19	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,43	74,14	74,12
	20	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,43	74,14	74,12
	21	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,49	74,15	74,14
	22	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,42	74,13	74,12
	23	85,04	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,27	74,08	74,07
	24	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,37	74,11	74,09
	25	85,04	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,27	74,08	74,07
	8	85,09	85,08	85,07	72,06	72,05	72,04	74,65	74,21	74,18
	9	85,09	85,09	85,07	72,07	72,06	72,05	74,69	74,22	74,19
	10	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,37	74,12	74,10
	15	85,09	85,08	85,07	72,06	72,05	72,05	74,68	74,21	74,18
	16	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,72	74,23	74,20
	17	85,03	85,03	85,02	72,02	72,02	72,02	74,22	74,07	74,06
	26	85,08	85,07	85,07	72,06	72,05	72,04	74,64	74,20	74,18
	27	85,11	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,81	74,25	74,22
	28	85,12	85,11	85,10	72,09	72,07	72,06	74,94	74,30	74,26
	29	85,03	85,03	85,03	72,02	72,02	72,02	74,24	74,07	74,06
	30	85,04	85,04	85,03	72,03	72,02	72,02	74,31	74,09	74,08
	36	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,42	74,13	74,12
	37	85,09	85,08	85,07	72,07	72,05	72,05	74,71	74,23	74,20
	38	85,11	85,09	85,08	72,08	72,06	72,05	74,84	74,25	74,22
	39	85,08	85,07	85,06	72,06	72,05	72,04	74,63	74,19	74,17
	40	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,46	74,14	74,12
	41	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,46	74,14	74,12
	42	85,06	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,49	74,14	74,13
	43	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,52	74,15	74,14
C5	15	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,41	74,12	74,11
	16	85,05	85,04	85,04	72,03	72,03	72,02	74,33	74,10	74,09
	26	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,04	74,52	74,16	74,14
	27	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,76	74,24	74,21
	28	85,12	85,11	85,10	72,09	72,07	72,06	74,93	74,29	74,26
	31	85,17	85,15	85,14	72,12	72,10	72,09	75,35	74,43	74,38
	32	85,16	85,14	85,13	72,11	72,09	72,08	75,24	74,39	74,35
	33	85,08	85,07	85,06	72,06	72,04	72,04	74,61	74,19	74,17
	34	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,44	74,13	74,12
C6										

	35	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,44	74,12	74,11
	37	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,73	74,24	74,21
	39	85,05	85,04	85,04	72,04	72,03	72,03	74,38	74,12	74,10
<b>Etablissements de santé et seniors</b>										
C4	1	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,79	74,23	74,20
	2	85,08	85,07	85,06	72,06	72,05	72,04	74,63	74,18	74,16
	3	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,42	74,14	74,12
	4	85,06	85,05	85,05	72,04	72,03	72,03	74,43	74,14	74,12
	5	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,41	74,12	74,11
C5	6	85,14	85,12	85,11	72,10	72,08	72,07	75,05	74,33	74,28
	7	85,09	85,08	85,07	72,07	72,05	72,05	74,72	74,22	74,19
	8	85,12	85,10	85,09	72,08	72,07	72,06	74,88	74,28	74,24
	9	85,09	85,08	85,07	72,06	72,05	72,05	74,67	74,21	74,18
	10	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,71	74,23	74,19
	11	85,10	85,10	85,08	72,07	72,06	72,05	74,79	74,25	74,22
	12	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,42	74,13	74,12
	14	85,09	85,08	85,07	72,06	72,05	72,05	74,68	74,22	74,19
	15	85,10	85,09	85,08	72,07	72,06	72,05	74,74	74,24	74,21
C6	6	85,06	85,06	85,05	72,04	72,04	72,03	74,47	74,14	74,12
	7	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,52	74,16	74,14
	8	85,04	85,03	85,03	72,03	72,02	72,02	74,27	74,08	74,07
	12	85,05	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,43	74,13	74,12
	13	85,06	85,05	85,05	72,04	72,04	72,03	74,48	74,15	74,14
	15	85,06	85,05	85,04	72,04	72,03	72,03	74,42	74,13	74,12
	16	85,09	85,08	85,07	72,06	72,05	72,04	74,65	74,21	74,19
	17	85,07	85,06	85,05	72,05	72,04	72,03	74,50	74,16	74,14

Tableau 48 : Comparaison entre les concentrations dans l'air Ci et les valeurs guides retenues (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Le case verte indique que la concentration calculée est inférieure à la valeur guide.

A contrario, la case orange indique que la concentration calculée est supérieure à la valeur guide.

**Les expositions aiguës des scénarios futurs Sans projet et Avec projet 2040 sont plus faibles que les expositions du scénario Actuel 2022.**

**Par rapport à la situation Sans projet 2040, les expositions aiguës de la situation Avec projet sont légèrement plus faibles.**

**Pour les particules PM10 et PM2,5, les concentrations exposées sont supérieures aux valeurs guides sur tous les sites sensibles en raison des concentrations de fond élevées.**

**Concernant le NO<sub>2</sub>, aucun dépassement de la valeur guide de l'exposition aiguë n'est observé dans le domaine d'étude.**







	31	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,25E-02	6,12E-02	6,10E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	6,29E-05	6,76E-05	5,99E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	32	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,22E-02	6,10E-02	6,09E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,71E-05	6,12E-05	5,42E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	33	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,09E-02	6,04E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,68E-05	2,85E-05	2,51E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	34	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-02	6,02E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,84E-05	1,92E-05	1,70E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	35	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,04E-02	6,01E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,72E-05	1,75E-05	1,54E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	37	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,12E-02	6,05E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,27E-05	3,44E-05	3,03E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	39	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-02	6,01E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,63E-05	1,72E-05	1,52E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
<b>Etablissements de santé et seniors</b>																			
C4	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,10E-02	6,04E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,31E-05	3,48E-05	3,09E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,08E-02	6,03E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,61E-05	2,75E-05	2,44E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,06E-02	6,02E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,86E-05	1,94E-05	1,71E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,06E-02	6,02E-02	6,02E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,90E-05	1,99E-05	1,75E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,04E-02	6,01E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,69E-05	1,74E-05	1,53E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C5	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,15E-02	6,07E-02	6,06E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	4,52E-05	4,71E-05	4,12E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,10E-02	6,04E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,05E-05	3,19E-05	2,79E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-02	6,06E-02	6,05E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,80E-05	3,98E-05	3,48E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,08E-02	6,03E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,80E-05	2,98E-05	2,55E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,09E-02	6,04E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,96E-05	3,16E-05	2,70E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,11E-02	6,05E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,40E-05	3,59E-05	3,12E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,05E-02	6,02E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,78E-05	1,87E-05	1,64E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	14	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,11E-02	6,04E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,02E-05	3,17E-05	2,79E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C6	15	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,12E-02	6,05E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,28E-05	3,44E-05	3,03E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	16	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,12E-02	6,05E-02	6,04E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	3,39E-05	3,56E-05	3,13E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	17	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,09E-02	6,04E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,75E-05	2,89E-05	2,56E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,06E-02	6,02E-02	6,02E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,02E-05	2,10E-05	1,85E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,07E-02	6,02E-02	6,02E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,22E-05	2,31E-05	2,03E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C6	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,02E-02	6,00E-02	6,00E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,12E-05	1,16E-05	1,02E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,06E-02	6,02E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,85E-05	1,96E-05	1,72E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,07E-02	6,03E-02	6,02E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,13E-05	2,27E-05	2,01E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	15	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,06E-02	6,02E-02	6,01E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	1,84E-05	1,94E-05	1,71E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	16	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,10E-02	6,04E-02	6,03E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,93E-05	3,08E-05	2,71E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
17	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,07E-02	6,03E-02	6,02E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,22E-05	2,33E-05	2,05E-05	1,84E-03	1,84E-03	1,84E-03	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02	

Tableau 49 : Résultats obtenus pour les QD chroniques

La case verte indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située dans le domaine de conformité QD < 1.

A contrario, la case orange indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située hors du domaine de conformité.

Les calculs de QD chroniques présentés dans le tableau permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire n'est observé pour les trois scénarios étudiés.

Nous remarquons des QD du benzo(a)pyrène en situation futures Sans et Avec projet 2040 sont nettement inférieurs aux QD calculés pour la situation Actuel 2022. En revanche, pour le chrome VI, les QD de la situation Actuel 2022 sont plus faibles que les QD de la situation Sans projet 2040 mais plus élevés que ceux du scénario Avec projet 2040.

Par rapport à la situation Sans projet 2040, les expositions chroniques de ces deux polluants sont améliorées en configuration Avec projet 2040.

Pour le 1,3-butadiène, le nickel, l'arsenic et le benzène, les QD des trois scénarios sont équivalents.

## ✓ Comparaison aux valeurs guides annuelles

Pour les PM10, les PM2,5 et le dioxyde d'azote, pour lesquelles aucune VTR n'est disponible mais seulement des valeurs guides, une comparaison entre les concentrations moyennes inhalées (CMI) et la valeur guide retenue est réalisée. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Chronoligne de bus	Site sensible	Substance								
		Particules PM10			Particules PM2,5			Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>		
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
<b>Equipements petite enfance</b>										
C4	1	15,11	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,80	10,25	10,22
	2	15,08	15,07	15,06	8,46	8,45	8,44	10,63	10,19	10,17
	3	15,08	15,07	15,07	8,46	8,45	8,44	10,64	10,20	10,18
	4	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,46	10,14	10,12
	5	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,40	10,12	10,10
	6	15,06	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,50	10,15	10,13
	7	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,40	10,12	10,10
	9	15,04	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,28	10,09	10,08
	10	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,38	10,12	10,11
	11	15,04	15,04	15,03	8,43	8,43	8,42	10,31	10,09	10,08
	12	15,06	15,06	15,05	8,44	8,44	8,43	10,47	10,13	10,12
	13	15,05	15,04	15,04	8,43	8,43	8,43	10,35	10,10	10,09
C5	8	15,07	15,06	15,06	8,45	8,44	8,44	10,53	10,17	10,15
	14	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,37	10,12	10,10
	15	15,10	15,10	15,08	8,47	8,46	8,45	10,75	10,24	10,21
	16	15,07	15,07	15,06	8,45	8,44	8,44	10,57	10,18	10,15
	17	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,40	10,13	10,11
	18	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,75	10,24	10,21
	19	15,05	15,04	15,04	8,43	8,43	8,42	10,34	10,10	10,09
	20	15,04	15,04	15,03	8,43	8,42	8,42	10,31	10,09	10,08
	24	15,08	15,07	15,07	8,46	8,45	8,44	10,63	10,20	10,18
	25	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,40	10,12	10,11
C6	16	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,46	10,14	10,12
	17	15,04	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,28	10,09	10,08
	18	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,76	10,24	10,21
	21	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,44	10,13	10,12
	22	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,52	10,15	10,14
	23	15,07	15,06	15,06	8,45	8,44	8,44	10,59	10,17	10,15
	24	15,07	15,06	15,06	8,45	8,44	8,44	10,54	10,17	10,15
	25	15,08	15,07	15,06	8,46	8,44	8,44	10,59	10,19	10,16
<b>Etablissements scolaires</b>										
C4	1	15,02	15,02	15,02	8,42	8,41	8,41	10,13	10,04	10,03
	2	15,02	15,02	15,02	8,42	8,41	8,41	10,13	10,04	10,03
	3	15,12	15,11	15,10	8,49	8,47	8,46	10,95	10,29	10,26

	4	15,11	15,10	15,09	8,48	8,46	8,45	10,84	10,26	10,23
	5	15,11	15,10	15,09	8,48	8,46	8,45	10,84	10,26	10,22
	6	15,13	15,12	15,10	8,49	8,47	8,47	11,02	10,31	10,27
	7	15,13	15,12	15,10	8,49	8,47	8,47	11,02	10,31	10,27
	11	15,03	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,27	10,08	10,07
	12	15,03	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,27	10,08	10,07
	13	15,08	15,07	15,07	8,46	8,45	8,44	10,64	10,20	10,18
	14	15,07	15,06	15,06	8,45	8,44	8,44	10,54	10,17	10,16
	17	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,40	10,12	10,10
	18	15,04	15,04	15,04	8,43	8,43	8,42	10,34	10,10	10,09
	19	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,43	10,14	10,12
	20	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,43	10,14	10,12
	21	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,49	10,15	10,14
	22	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,42	10,13	10,12
	23	15,04	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,27	10,08	10,07
	24	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,37	10,11	10,09
	25	15,04	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,27	10,08	10,07
C5	8	15,09	15,08	15,07	8,46	8,45	8,44	10,65	10,21	10,18
	9	15,09	15,09	15,07	8,47	8,46	8,45	10,69	10,22	10,19
	10	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,37	10,12	10,10
	15	15,09	15,08	15,07	8,46	8,45	8,45	10,68	10,21	10,18
	16	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,72	10,23	10,20
	17	15,03	15,03	15,02	8,42	8,42	8,42	10,22	10,07	10,06
	26	15,08	15,07	15,07	8,46	8,45	8,44	10,64	10,20	10,18
	27	15,11	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,81	10,25	10,22
	28	15,12	15,11	15,10	8,49	8,47	8,46	10,94	10,30	10,26
	29	15,03	15,03	15,03	8,42	8,42	8,42	10,24	10,07	10,06
	30	15,04	15,04	15,03	8,43	8,42	8,42	10,31	10,09	10,08
	36	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,42	10,13	10,12
	37	15,09	15,08	15,07	8,47	8,45	8,45	10,71	10,23	10,20
	38	15,11	15,09	15,08	8,48	8,46	8,45	10,84	10,25	10,22
	39	15,08	15,07	15,06	8,46	8,45	8,44	10,63	10,19	10,17
	40	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,46	10,14	10,12
41	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,46	10,14	10,12	
42	15,06	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,49	10,14	10,13	
43	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,52	10,15	10,14	
C6	15	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,41	10,12	10,11
	16	15,05	15,04	15,04	8,43	8,43	8,42	10,33	10,10	10,09
	26	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,44	10,52	10,16	10,14
	27	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,76	10,24	10,21
	28	15,12	15,11	15,10	8,49	8,47	8,46	10,93	10,29	10,26
	31	15,17	15,15	15,14	8,52	8,50	8,49	11,35	10,43	10,38
	32	15,16	15,14	15,13	8,51	8,49	8,48	11,24	10,39	10,35
33	15,08	15,07	15,06	8,46	8,44	8,44	10,61	10,19	10,17	

	34	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,44	10,13	10,12
	35	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,44	10,12	10,11
	37	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,73	10,24	10,21
	39	15,05	15,04	15,04	8,44	8,43	8,43	10,38	10,12	10,10
<b>Etablissements de santé et seniors</b>										
C4	1	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,79	10,23	10,20
	2	15,08	15,07	15,06	8,46	8,45	8,44	10,63	10,18	10,16
	3	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,42	10,14	10,12
	4	15,06	15,05	15,05	8,44	8,43	8,43	10,43	10,14	10,12
	5	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,41	10,12	10,11
C5	6	15,14	15,12	15,11	8,50	8,48	8,47	11,05	10,33	10,28
	7	15,09	15,08	15,07	8,47	8,45	8,45	10,72	10,22	10,19
	8	15,12	15,10	15,09	8,48	8,47	8,46	10,88	10,28	10,24
	9	15,09	15,08	15,07	8,46	8,45	8,45	10,67	10,21	10,18
	10	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,71	10,23	10,19
	11	15,10	15,10	15,08	8,47	8,46	8,45	10,79	10,25	10,22
	12	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,42	10,13	10,12
	14	15,09	15,08	15,07	8,46	8,45	8,45	10,68	10,22	10,19
	15	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,74	10,24	10,21
C6	6	15,10	15,09	15,08	8,47	8,46	8,45	10,76	10,25	10,22
	17	15,08	15,07	15,07	8,46	8,45	8,44	10,64	10,20	10,17
	6	15,06	15,06	15,05	8,44	8,44	8,43	10,47	10,14	10,12
	7	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,52	10,16	10,14
	8	15,04	15,03	15,03	8,43	8,42	8,42	10,27	10,08	10,07
	12	15,05	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,43	10,13	10,12
	13	15,06	15,05	15,05	8,44	8,44	8,43	10,48	10,15	10,14
	15	15,06	15,05	15,04	8,44	8,43	8,43	10,42	10,13	10,12
16	15,09	15,08	15,07	8,46	8,45	8,44	10,65	10,21	10,19	
	17	15,07	15,06	15,05	8,45	8,44	8,43	10,50	10,16	10,14

Tableau 50 : Comparaison entre les concentrations dans l'air Ci et les valeurs guides retenues (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

La case verte indique que la concentration calculée est inférieure à la valeur guide.

A contrario, la case orange indique que la concentration calculée est supérieure à la valeur guide.

**Toutes les expositions sont inférieures aux valeurs-guides sur les sites sensibles situés dans le domaine d'étude pour les trois scénarios étudiés.**

**La comparaison entre les situations montre que les concentrations des scénarios futurs 2040 sont plus faibles que celles de la situation Actuel 2022.**

**Les concentrations de la situation Avec projet 2040 sont légèrement plus faibles que celles du scénario Sans projet 2040. L'exposition Avec le projet sera améliorée par rapport à la situation Sans projet.**









**Risques cumulés**✓ **Risques cumulés des substances à effet à seuil**

Parmi les différentes VTR prises en compte dans le cadre de cette étude, plusieurs systèmes biologiques humains sont susceptibles d'être atteints à la suite d'une exposition à plusieurs substances considérées dans le cadre de cette étude (cf. tableau 47). Pour ces différents systèmes cibles, des sommes de risques sont présentés dans le tableau suivant :

Chronoligne de bus	Site sensible	Système cible											
		Respiratoire			Reproductif et développemental			Nerveux			Hématologie et immunitaire		
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040	Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
<b>Equipements petite enfance</b>													
C4	1	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	2	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	3	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	4	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	5	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	6	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	9	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	10	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	11	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	13	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	C5	8	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02
14		1,86E-03	1,86E-03	1,85E-03	8,92E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
15		1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
16		1,87E-03	1,87E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
17		1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
18		1,87E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
19		1,86E-03	1,86E-03	1,85E-03	8,92E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
20		1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
24		1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
25		1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C6	16	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	17	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	18	1,87E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	21	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	22	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	23	1,87E-03	1,87E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	24	1,87E-03	1,87E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
25	1,87E-03	1,87E-03	1,86E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02	
<b>Etablissements scolaires</b>													
C4	1	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,88E-02	8,87E-02	8,87E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02

	2	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,88E-02	8,87E-02	8,87E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	3	1,88E-03	1,88E-03	1,88E-03	9,03E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	4	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,01E-02	8,94E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	5	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,01E-02	8,94E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	6	1,89E-03	1,89E-03	1,88E-03	9,04E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	1,89E-03	1,89E-03	1,88E-03	9,04E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	11	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	13	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	14	1,86E-03	1,87E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	17	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	18	1,85E-03	1,86E-03	1,85E-03	8,92E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	19	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	20	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	21	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	22	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	23	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,90E-02	8,88E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	24	1,86E-03	1,86E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	25	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,90E-02	8,88E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	8	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	9	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	10	1,86E-03	1,86E-03	1,85E-03	8,92E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	15	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	16	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	17	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,90E-02	8,88E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	26	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	27	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,01E-02	8,94E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	28	1,88E-03	1,88E-03	1,88E-03	9,03E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	29	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,90E-02	8,88E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	30	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	36	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	37	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,99E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	38	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	39	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	40	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	41	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	42	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	43	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	15	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	16	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,92E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	26	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	27	1,87E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	28	1,88E-03	1,88E-03	1,88E-03	9,03E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	31	1,91E-03	1,91E-03	1,90E-03	9,13E-02	9,00E-02	8,98E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02

	32	1,90E-03	1,90E-03	1,90E-03	9,10E-02	8,99E-02	8,97E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	33	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	34	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	35	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	37	1,87E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	39	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,90E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
<b>Etablissements de santé et seniors</b>													
C4	1	1,87E-03	1,88E-03	1,87E-03	8,99E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	2	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	3	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	4	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	5	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,93E-02	8,89E-02	8,89E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C5	6	1,89E-03	1,89E-03	1,88E-03	9,04E-02	8,95E-02	8,94E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,98E-02	8,92E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	8	1,88E-03	1,88E-03	1,88E-03	9,01E-02	8,94E-02	8,93E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	9	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	10	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,97E-02	8,92E-02	8,91E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	11	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	9,00E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	14	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,99E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
C6	6	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	7	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	8	1,85E-03	1,85E-03	1,85E-03	8,91E-02	8,89E-02	8,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	12	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	13	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,95E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	15	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,94E-02	8,90E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	16	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	8,99E-02	8,93E-02	8,92E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02
	17	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03	8,96E-02	8,91E-02	8,90E-02	2,88E-02	2,88E-02	2,88E-02	5,52E-02	5,52E-02	5,52E-02

Tableau 52 : Résultats obtenus pour les QD cumulés

La case verte indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située dans le domaine de conformité  $QD < 1$ .

A contrario, la case orange indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située hors du domaine de conformité.

*D'après les résultats obtenus, aucun dépassement du seuil sanitaire ( $QD > 1$ ) n'est observé.*

*L'analyse de résultats indique des QD du système reproductif et développemental de la situation Avec projet 2040 sont légèrement plus faibles que les QD de la situation Sans projet, qui sont inférieurs à ceux du scénario Actuel 2022.*

*Pour les trois systèmes restants, les trois scénarios ont des résultats quasiment identiques.*

## ✓ Risques cumulés des substances à effet sans seuil

Les risques cumulés à effet sans seuil de dose correspondent à la somme d'ERI. Le tableau suivant présente les résultats obtenus. Pour rappel les ERI considérés caractérisent la probabilité d'apparition d'un risque cancérigène.

Chronoligne	Site sensible	ERI cumulé		
		Actuel 2022	Sans projet 2040	Avec projet 2040
<b>Equipements petite enfance</b>				
C4	1	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	2	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	3	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	4	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	5	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	6	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	7	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	9	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	10	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	11	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	12	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	13	6,21E-06	6,21E-06	6,20E-06
	C6	8	6,21E-06	6,21E-06
14		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
15		6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
16		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
17		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
18		6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
19		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
20		6,21E-06	6,21E-06	6,20E-06
24		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
25		6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
26		6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
C7	16	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	17	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	18	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	21	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	22	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	23	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	24	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	25	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
<b>Etablissements scolaires</b>				
C4	1	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	2	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	3	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	4	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	5	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06

	6	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	7	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	11	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	12	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	13	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	14	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	17	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	18	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	19	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	20	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	21	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	22	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	23	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	24	6,21E-06	6,21E-06	6,20E-06
	25	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
C5	8	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	9	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	10	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	15	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	16	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	17	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	26	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	27	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	28	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	29	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	30	6,21E-06	6,21E-06	6,20E-06
	36	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	37	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	38	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	39	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	40	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
41	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	
42	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	
43	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	
C6	15	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	16	6,21E-06	6,21E-06	6,20E-06
	26	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	27	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	28	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	31	6,23E-06	6,23E-06	6,23E-06
	32	6,23E-06	6,23E-06	6,23E-06
	33	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
34	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	
35	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	

	37	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	39	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
<b>Etablissements de santé et seniors</b>				
C4	1	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	2	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	3	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	4	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	5	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
C5	6	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	7	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	8	6,22E-06	6,22E-06	6,22E-06
	9	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	10	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	11	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	12	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	14	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	15	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
	16	6,22E-06	6,22E-06	6,21E-06
C6	17	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	6	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	7	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	8	6,20E-06	6,20E-06	6,20E-06
	12	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	13	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
	15	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06
16	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06	
	17	6,21E-06	6,21E-06	6,21E-06

Tableau 53 : Résultats obtenus pour les ERI cumulés

La case verte indique que la valeur de l'Excès de Risque Individuel ERI est située dans le domaine de conformité  $ERI < 10^{-5}$ .

A contrario, la case orange indique que la valeur de l'Excès de Risque Individuel ERI est située hors du domaine de conformité.

Les résultats obtenus montrent qu'aucun dépassement de la valeur de  $10^{-5}$  recommandée par l'OMS n'est observé sur l'ensemble des sites sensibles et quel que soit le scénario. Les ERI sont de l'ordre de  $6,2E-06$  pour tous les sites sensibles et les scénarios étudiés.

## 15. Analyses et incertitudes

L'incertitude affectant les résultats de l'évaluation des risques provient des différents termes et hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissance, et de la variabilité vraie des paramètres utilisés dans l'étude (ceci se réfère à la plus ou moins grande amplitude de valeurs numériques que peuvent prendre ces paramètres, par exemple le nombre de jours par an passé hors du domicile par les résidents). L'analyse des incertitudes a pour l'objectif de comprendre dans quel sens ces divers facteurs peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables (interaction ou additivité des effets ? Evolution des modes de vie ? etc.), seul un jugement qualitatif peut généralement être rendu. Néanmoins, nous avons essayé de classer ces incertitudes suivantes qu'elles sont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques calculés ; les incertitudes dont l'effet est inconnu seront présentées à part.

### 15.1. Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles sont pour effet de sous-estimer les risques.

#### 15.1.1. Inventaire des substances émises et liste des substances étudiées

L'évaluation des risques sanitaires s'est appuyée sur les recommandations de l'Anses publiées dans un rapport en 2012 et intitulé « Sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routière ». Ce document propose une sélection de substances tenant compte des valeurs des facteurs d'émission et des valeurs toxicologiques de référence pour chacune des voies d'exposition (respiratoire et digestive) et pour chacun des types d'effet (effet à seuil ou effet sans seuil).

De manière générale, le choix de traceurs de risques permet une simplification des calculs, mais a pour désavantage de ne pas prendre en compte toutes les substances. Bien que considérée comme secondaire, la non prise en compte de ces substances représente une sous-estimation des résultats sanitaires obtenus. Cette sous-estimation n'est pas susceptible de remettre en cause les résultats obtenus dans le cadre d'ERS.

#### 15.1.2. Quantification des émissions en substance des véhicules

Suite aux informations récentes relatives à la sous-estimation des facteurs d'émissions des véhicules diesel Euro 5 et Euro 6 en Europe et aux Etats-Unis, le groupe de travail ERMES<sup>4</sup>, qui comprend des instituts européens chargés de proposer des facteurs d'émission, a communiqué en octobre 2015 sur l'impact potentiel de ces nouvelles informations sur les estimations des émissions réalisées à l'aide d'outils tels que HBEFA ou COPERT (utilisé dans le cadre de cette étude). D'après ce groupe de travail, les émissions actuellement appréhendées dans les facteurs d'émission pour les véhicules diesel Euro 5 ne dépendent pas uniquement des valeurs limites

à l'émission réglementaires (a priori sous-estimées), mais aussi d'autres paramètres susceptibles de rendre les émissions plus réalistes que celles estimées à partir des mesures réalisées en laboratoire (conditions non réelles). Pour ces types de véhicules, les émissions estimées à partir des facteurs d'émission proposés sont donc a priori moins minorantes par rapport à la réalité que des émissions estimées uniquement par l'intermédiaire de valeurs limites à l'émission réglementaires. Dans le cas des véhicules Euro 6, ERMES reconnaît que les facteurs d'émission proposés actuellement sont susceptibles de sous-estimer la réalité.

### 15.2. Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de surestimer les risques.

#### Chrome

Ce composé existe sous plusieurs degrés d'oxydation, mais des VTR ne sont pas disponibles pour le chrome total mais pour des fractions du chrome (chrome VI, chrome III). Dans l'ERS, le chrome VI a été retenu comme traceur des risques sanitaires. Les calculs de risques effectués pour le chrome VI s'appuient sur une hypothèse majorante (100% du chrome total a été considéré comme du chrome VI) en l'absence de données suffisantes dans la littérature consultée. Les risques calculés pour le chrome VI sont donc susceptibles d'être surestimés.

Malgré cette surestimation, les risques à seuil ou sans seuil de dose susceptibles d'être induits suite à une exposition par voie respiratoire restent en deçà des valeurs seuils sanitaires (QD < 1 et ERI < 10<sup>-5</sup>).

### 15.3. Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable)

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

#### Mélange de substances

Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (Ineris, 2003). Les effets synergiques ou antagonistes ne sont donc pas appréhendés. Comme cela est rappelé dans le rapport de l'Ineris sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (Ineris, 2006)<sup>5</sup>, la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'Ineris, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les études d'impact des installations classées.

#### Taux d'exposition journalier

<sup>4</sup> European Research Group On Mobile Emission Sources

<sup>5</sup> Ineris, 2006, Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de nature chimique, Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées.

Il a été fait l'hypothèse que le taux d'exposition journalier (paramètre T de l'équation 1) était égal à 1. Cette hypothèse majore le temps d'exposition journalier réel, en effet, la majorité des populations fréquentant les sites sensibles ne sont pas susceptibles d'y rester l'intégralité de leur temps dans la journée. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans la journée par ces populations sont soumis à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. En revanche, dans certains cas ou pour certaines substances, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si ces populations sont exposées, une partie de la journée, dans d'autres lieux, à des concentrations plus élevées que celles étudiées dans cette étude. Toutefois, étant donné que les niveaux des substances dans les autres milieux fréquentés par les populations ne sont pas connus, il n'est donc pas possible d'estimer si ce taux d'exposition majore ou minore les risques encourus.

### Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'équation 1) était égale à 0,92. Cette hypothèse majore le temps d'exposition annuel. En réalité, les populations ne restent pas toute l'année au niveau des sites sensibles. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans l'année par les populations sont soumis, en moyenne, à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. A contrario, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si les populations sont exposées une partie de l'année, dans d'autres lieux, à des concentrations, en moyenne, plus élevées que celles étudiées dans cette étude.

### Durée d'exposition

Dans le cadre des calculs de risques sans seuil de dose, l'hypothèse selon laquelle les populations fréquentant les sites sensibles sont exposées pendant 30 ans au cours de leur vie est retenue. Il peut exister des variations locales importantes pour l'estimation de cette durée d'exposition, qui peuvent amener à une sous-estimation ou surestimation du risque selon la durée d'exposition dans un même lieu et selon les niveaux d'exposition, plus ou moins élevés, dans les autres lieux fréquentés.

### Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci)

Dans le cadre de cette étude, les concentrations à l'intérieur des espaces clos sont considérées comme équivalentes aux concentrations à l'extérieur des espaces clos. En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100% et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (dioxyde de soufre, poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (Mosqueron et Nedellec, 2001)<sup>6</sup>.

### Modélisation de la dispersion des concentrations

Les concentrations atmosphériques en substances investiguées dans cette étude proviennent de l'étude de dispersion basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants

rejetés par le trafic routier. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, etc.).

Ces sources d'incertitude sont plus importantes pour les niveaux d'exposition estimés sur de courtes périodes (risques aigus). En effet, à l'inverse des calculs de risques chroniques qui reposent sur des résultats de modélisation moyennés sur une longue période (une année), les calculs de risques aigus se basent sur des résultats ponctuels intégrés sur une heure ou une journée tout au plus. Cette période d'intégration très courte rend les résultats beaucoup plus incertains car moins robustes statistiquement (valeur ponctuelle donnée pour une condition météorologique et une heure ou une journée précise) et dépendant fortement du modèle retenu.

### Incertainité intrinsèque aux VTR

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population générale ou sensible et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit la prise en compte de facteurs d'incertitude variables, le plus couramment compris entre 3 et 1 000. Ces facteurs d'incertitude s'apparentent soit à une variable, soit à un manque de connaissance (vraie incertitude). A titre d'exemple, les facteurs d'incertitude relatifs à la variabilité concernent la gravité ou l'occurrence des effets sanitaires pouvant être observés entre 2 espèces différentes (variabilité inter-espèce) ou au sein d'une même espèce (variabilité intra-espèce). Les facteurs d'incertitude relatifs à un manque de connaissance concernent le plus souvent un manque de données disponibles (facteur permet l'estimation d'un NOAEL<sup>7</sup> à partir d'un LOAEL<sup>8</sup>, facteur permet de considérer un effet sanitaire qui a fait l'objet de peu d'études, etc.). Ces différents facteurs d'incertitude sont considérés (et précisés) dans les différentes VTR utilisées dans la présente étude.

<sup>6</sup> Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments.

<sup>7</sup> No Observed Adverse Effect Level : dose sans effet nocif observable

<sup>8</sup> Lowest Observed Adverse Effect Level : dose la plus basse avec un effet nocif observé



## 16. Conclusions

Dans le cadre du projet d'aménagement de Chronoligne de bus sur le réseau urbain de transport public de Le Mans Métropole, une campagne de mesure de qualité de l'air a été réalisée.

La campagne de mesure réalisée du 30 novembre au 22 décembre 2021 pour le NO<sub>2</sub> et les PM10 était constituée de trente points de mesures disposés de manière à caractériser la qualité de l'air sur la zone projet.

Cette campagne de mesure a pour but de caractériser la qualité de l'air dans les zones concernées par l'étude. Si celle-ci représente l'essentiel des mesures qui permettent d'apprécier la qualité de l'air, il faut, cependant garder à l'esprit les contraintes et caractéristiques qui la définissent, notamment la faible durée de la campagne. Il convient de noter par ailleurs que l'exploitation des résultats des mesures est une opération délicate. En effet, les polluants de cette étude, ne sont pas exclusivement la conséquence de l'infrastructure routière.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> mesurées sont comprises entre 12,9 et 47,4 µg/m<sup>3</sup>, ces concentrations sont inférieures aux valeurs réglementaires sauf au niveau du point n°17 situé à l'intersection de deux axes routiers à trafic élevé.

Les concentrations en PM10 sont comprises entre 11,7 et 22,9 µg/m<sup>3</sup>, ces concentrations sont inférieures aux valeurs réglementaires.

Les points de mesures n°29 et 30, implantées à proximité des stations « Guédou » et « Sources » d'Air Pays de la Loire du Mans, ont mesuré, sur la durée de la campagne de mesures, des teneurs en NO<sub>2</sub> et en PM10 comparables à celles des stations permanentes de la qualité de l'air.

**Au regard des résultats, la qualité de l'air au sein de la zone d'étude est relativement bonne.**

Pour prévoir les concentrations des polluants en situation actuelle et futures, une modélisation à l'aide du logiciel ARIA Impact a été effectuée en tenant compte de la topographie, des trafics automobiles, de la pollution de fond et des conditions météorologiques.

Trois scénarios ont été étudiés : Actuel 2022, Sans projet 2040 et Avec projet 2040.

Comparativement au scénario Actuel 2022, **les scénarios futurs sont moins émetteurs de polluants atmosphériques** grâce aux améliorations technologiques des véhicules.

**Par rapport au scénario Sans projet 2040, les concentrations des polluants sont légèrement plus faibles en situation Avec projet 2040. Les écarts entre les scénarios Sans et Avec projet sont comprise entre -0,6% et 0,05%.**

**Ces écarts infimes présagent un impact nul (ni négatif, ni positif) sur la qualité de l'air du fait du projet des Chronolignes.**

L'évaluation de **l'exposition avec l'Indice Pollution/Population** (indicateur sanitaire basé sur les données de population et les concentrations de dioxyde d'azote) montre :

- ✓ Une amélioration nette entre le scénario Actuel 2022 et les scénarios futurs ;
- ✓ Une variation très faible (-0,2%) entre les scénarios Sans projet 2040 et Avec projet 2040.

Pour les projets de grande envergure qui impacte soit un grand nombre de personnes, soit écoulant un trafic important, une Etude des Risques Sanitaires (ERS) est réalisée afin d'estimer l'impact des émissions polluantes sur la santé de personnes vivant à proximité.

De manière générale, l'ERS montre selon les différents calculs que **les risques sont plus faibles pour la santé des populations avoisinants le projet en situation Avec projet 2040 comparés au scénario Sans projet 2040.**

### Exposition aiguë

Concernant les expositions respiratoires aiguës, des dépassements des valeurs guides associées aux particules PM10 et PM2,5 ont été estimés. Pour ces substances, aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible dans la littérature consultée, par conséquent, il n'est pas possible de conclure quant à l'exclusion (ou pas) de risques sanitaires qui en découlent. D'après les informations collectées, ces dépassements, qui concernent l'ensemble des scénarios, sont principalement liés au niveau de fond ambiant (en dehors des voies de circulation).

### Exposition chronique à effet de seuil

Concernant les expositions respiratoires chroniques aux substances à effets à seuil de dose, aucun dépassement de seuil sanitaire est constaté, quel que soit le scénario étudié.

Pour les poussières (PM10 et PM2,5) et le dioxyde d'azote, pour lesquels aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible dans la littérature consultée, mais qui disposent d'une valeur guide annuelle, aucun dépassement des valeurs guides a été déterminé.

### Exposition chronique sans effet de seuil

Aucun dépassement des seuils sanitaires n'est observé pour les scénarios étudiés.

### Risques cumulés

Les risques cumulés concernent l'action de plusieurs substances auxquelles sont susceptibles d'être exposée les populations de la zone d'étude.

Les sommes de QD estimées ne conduisent pas à des dépassements de la valeur seuil sanitaire : les QD cumulés sont tous inférieurs au seuil d'acceptabilité, à savoir QD < 1.

Les sommes d'excès de risque individuel (ERI) ont été estimées sans tenir compte du système cible concerné, comme cela est recommandé pour ce type de risque. Aucun dépassement du seuil de conformité (ERI > 10<sup>-5</sup>) n'est observé sur l'ensemble des sites vulnérables quel que soit le scénario.

**D'après cette étude « air et santé », le projet des Chronolignes de bus, comparativement à la situation actuelle et la situation future Sans projet 2040, n'a pas d'impact sur la qualité de l'air du secteur d'étude ; de plus, les risques pour la santé humaine seront plus faibles en situation future avec le projet par rapport à la situation actuelle.**

Groupement de maîtrise d'œuvre



**CERAMIDE**  
Agence d'Ingénierie et paysage



**paume**<sup>+</sup>  
VILLES  
PAYSAGES  
& MOBILITÉS

**SERUE**  
INGENIERIE

 **TRANSITEC**  
optimiseurs de mobilité - depuis 1954

---