

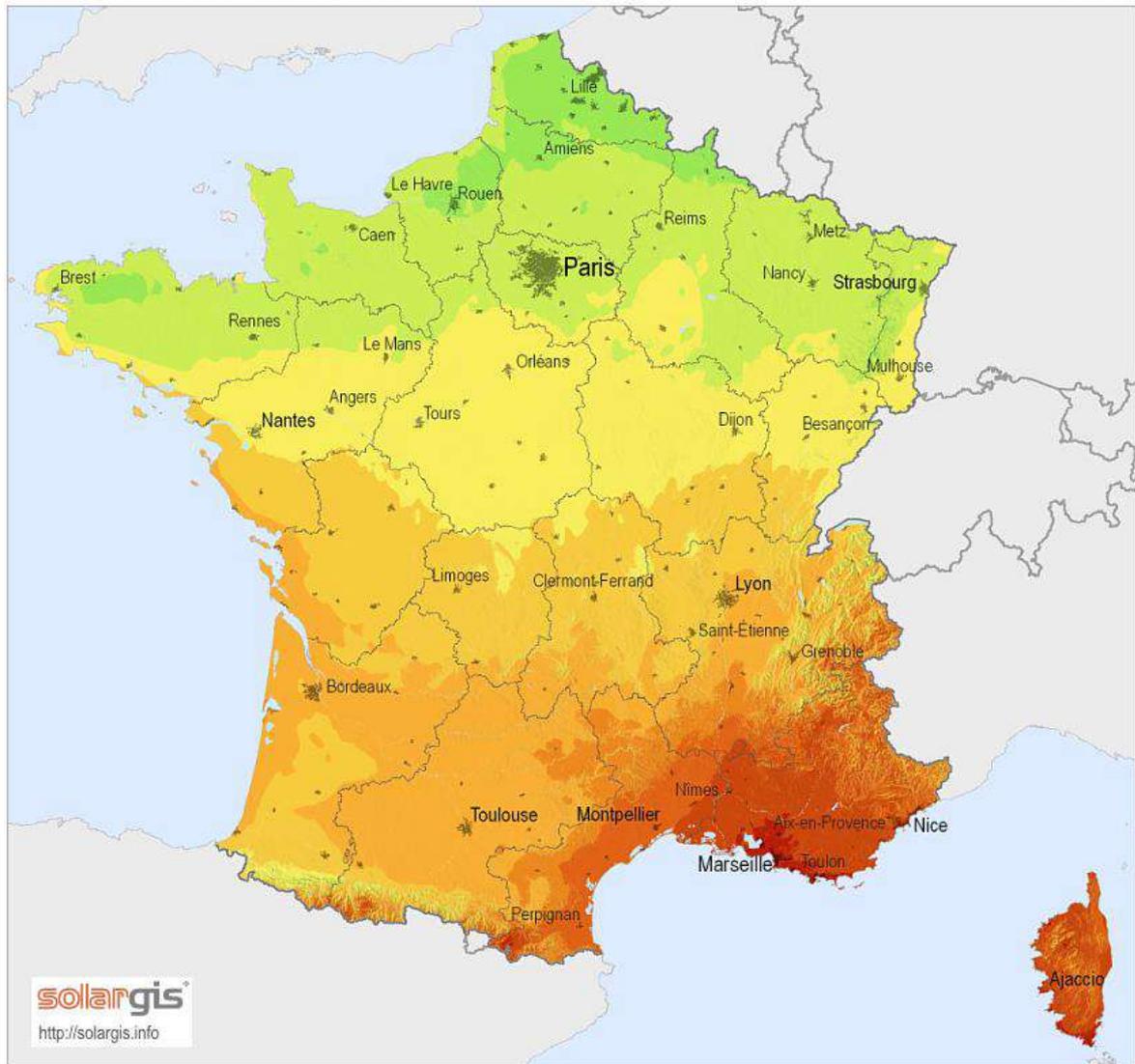
## 4.2. L'énergie solaire

L'énergie solaire est inépuisable et renouvelable. Elle pourra être utilisée pour produire de la chaleur pour le chauffage (solaire passif) de l'eau chaude sanitaire via des panneaux solaires thermiques (ou via des panneaux photovoltaïques alimentant des résistances électriques de cumulus) ou de l'électricité via des panneaux photovoltaïques.

Le site est dans une des zones les plus ensoleillées de France :

Irradiation globale horizontale

France



Moyenne somme annuelle (4/2004 - 3/2010)



Source carte : solargis.info

0 50 100 km

© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

Il n'y a pas de masque lointain susceptible de réduire la quantité d'énergie solaire récupérée.

#### 4.2.1. Solaire passif

Le gisement local est un des plus élevés de France, avec une proportion d'ensoleillement direct par rapport au diffus particulièrement élevée.

Le **solaire passif** est **très bien adapté** à une opération de lotissement ayant donc des besoins de chauffage. Sa captation peut s'optimiser, en premier lieu par la **fixation de l'axe long des constructions sur le plan de masse**, ensuite par des **préconisations d'architecture bioclimatique**. La bonne prise en compte du solaire passif est un **point clé pour le confort thermique hivernal comme estival**. Il est primordial sur un tel projet. Il se traduit par une attention accrue, lors du dessin des voiries et des lots, à ce que les alignements et les formes de parcelles permettent de mettre des bâtiments ayant l'axe principal Est-Ouest +/- 20°, ce qui semble être le cas à l'état actuel du projet. Ceci est particulièrement important pour les espaces collectifs et sociaux, où les **logements doivent aussi être traversants** pour un rafraîchissement naturel.

#### 4.2.2. Solaire thermique

Le **solaire thermique est très bien adapté à une opération de lotissement** qui ont des besoins en eau chaude sanitaire toute l'année. Les capteurs pourraient être intégrés sur les toitures des bâtiments. Les installations mises en place seront individuelles à chaque bâtiment. Le bâtiment collectif pourra comporter une installation dont le bénéfice sera réparti sur l'ensemble des logements. Le besoin complémentaire en ECS (appoint) pourra alors se faire de manière collective ou individuelle.

Cette solution est la mieux adaptée dans le cadre d'un projet qui ne posséderait pas de réseau de chaleur pour optimiser la collecte issue de chaque toiture. Les équipements seront donc des **CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel) ou CESC (Chauffe-Eau Solaire Collectif) pour les bâtiments collectifs**.

Avec de tels dispositifs, nous pourrions récupérer sur site de l'ordre de 350 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>.an sur les villas individuelles et les maisons en bande et 600 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>.an sur le collectif en supposant que l'ensemble des toitures, aient une orientation optimale vers le Sud.

**L'article 1 du PLU d'Orange**, « Promotion de la transition énergétique », stipule que « **les équipements liés aux énergies renouvelables** (capteurs solaires, photovoltaïques, [...]) **doivent être intégrés à l'enveloppe des constructions** en évitant l'effet de superstructures surajoutées et de mitage. »

A priori, les toitures inclinées et les toitures-terrasses ne semblent pas en opposition avec cette directive.

Selon les informations actuellement disponibles sur le projet, **les toitures des logements en bande sont envisagées avec une configuration à deux pans**, incluant un pan **orienté plus ou moins vers le sud**. Pour ce qui est du **logement collectif, la toiture**

**pourrait adopter une configuration à deux pans ou à quatre pans**, comprenant également un pan **orienté plus ou moins vers le sud**.

Dans notre simulation, le solaire peut être installé sur tous les bâtiments, en supposant que l'ensemble des logements possèdent une toiture à deux pans avec un pan orienté vers le Sud.

A noter qu'au plan technique **il existe désormais des capteurs hybrides, dont la partie supérieure est photovoltaïque et la sous-face est assimilable à du solaire thermique** au sens où elle récupère les calories du soleil. Ce procédé présente l'avantage de mobiliser une seule surface pour 2 usages : production d'électricité et d'ECS. La captation pour l'ECS est moins performante qu'avec des panneaux spécialisés, mais quand même correcte. C'est un **compromis intéressant** puisque le système permet, pour une même surface (avantage aussi esthétique) de pourvoir 2 usages qui font avancer vers la transition énergétique.



*Ecorché de module hybride*

#### 4.2.3. Solaire photovoltaïque

Le site est dans une des zones les plus ensoleillées de France ; En particulier, avec l'inclinaison des toitures traditionnelles (30% - 15° sur l'horizon) et une orientation plein Sud, des panneaux photovoltaïques peuvent générer de l'ordre de 1 250 à 1 300 kWh/kWc par an avec les technologies actuelles. Plus concrètement, on a calculé le taux de couverture de la production photovoltaïque au regard des consommations électriques. Les résultats sont présentés au chapitre correspondant.

Le photovoltaïque est **très bien adapté** à ce projet de lotissement. Cela vaut d'autant plus qu'il est bien valorisé pour l'atteinte des objectifs de la RE2020.

Comme indiqué dans la sous-section précédente, relative au solaire thermique, selon les dispositions du PLU, si l'installation de panneaux photovoltaïques est envisagée, ces derniers doivent être **intégrés à l'enveloppe du bâtiment**.

En première approche, le photovoltaïque pourrait être intégré à ce projet de 2 façons, par ordre de pertinence :

- **Intégré aux toitures des maisons individuelles.** La faisabilité technique est très bonne, le tarif actuel de rachat de l'électricité produite permet une forme de rentabilité. Le frein est d'ordre financier, concernant l'investissement initial. Cependant les coûts ont grandement diminué ces dernières années.



Solaire PV sur maisons individuelles aux Matelles – photo LF/PLUS DE VERT

**Nb :** les compteurs LINKY de villas peuvent compter dans les 2 sens et donc, dans le cas d'autoconsommation avec revente de l'excédent, un seul compteur est suffisant.

- **Intégré aux parties de toitures des bâtiments collectifs de logement** qui ne seraient pas occupées par le solaire thermique. En effet, lorsque la surface disponible n'est pas très grande, en logement collectif, il est plus pertinent au plan énergétique et financier de privilégier le solaire thermique par rapport au photovoltaïque. Enfin, depuis peu les **systèmes hybrides** permettent d'avoir les deux usages sur une même surface. Néanmoins, cette solution paraît complexe au regard des besoins de ventilation des édicules techniques des PAC.

**Une autre solution aurait été l'intégration des panneaux en ombrières, potentiellement sur les parkings communs extérieurs, ou sur des espaces publics à ombrager.** Cependant, cette solution semble peu adaptée à ce projet de lotissement en raison de la répartition des places de stationnement sur le site. Bien que techniquement réalisable, le coût excessif induit par les supports individuels pour chaque espace de stationnement rendrait le projet non rentable. Cette approche aurait été économiquement viable pour un seul parking commun regroupant un plus grand nombre de places sur une même zone.

Le Plan Local d'Urbanisme actuellement en vigueur dans cette commune **favorise activement le déploiement de ces dispositifs liés aux énergies renouvelables** pour tous les bâtiments neufs.

**De plus, la RE2020, si elle n'impose pas explicitement le photovoltaïque, le rend de fait indispensable pour respecter ses critères** de balance énergétique.

## **Quel mode de consommation de l'électricité photovoltaïque produite ?**

Au moins 5 modes différents sont possibles :

### **- *autoconsommation totale sans stockage***

Il s'agit de relier la production au tableau électrique de consommation du bâtiment, ce qui a pour effet de réduire le besoin d'électricité achetée. Lorsqu'elle est possible, cette solution est la plus rentable car l'électricité produite est d'ores et déjà moins chère que celle qui est achetée. Cependant cette solution a une limite importante : elle est plafonnée par les besoins électriques du bâtiment qui, dans le cas du logement, sont très faibles en journée et en période estivale, quand le photovoltaïque produit au maximum. Or quand, à un instant donné, la consommation est plus faible que la production, l'excédent de production part au réseau public. En habitat individuel, on considère qu'en moyenne seulement 20% de la production d'une installation standard de 3 kWc peut être autoconsommée. Au-delà de 1 kWc installé, il y a risque de production excédentaire en été, sauf quand les gens ont des piscines ou de la climatisation, ce qui n'est pas le but. Cependant, certains dispositifs innovants de pilotage des équipements électriques de la maison permettent d'augmenter la part autoconsommée (par exemple, mise en chauffe des chauffe-eau la journée sur l'électricité solaire plutôt que la nuit en heures creuses – mais ceci est incompatible avec la solution hybride proposée). Cependant, cette solution de gestion est d'autant plus pertinente qu'il y a beaucoup d'équipements consommateurs à gérer, ce qui n'est pas forcément le cas avec des maisons de surface restreinte.

**Une variante de ce mode est intéressante pour les appartements en collectif : il s'agit d'installer en toiture autant de petites installations (0,5 à 1,5 kWc) qu'il y a d'appartements, et de relier chacune au TGBT d'un appartement. La faible puissance est la garantie d'un bon taux d'autoconsommation. L'impact est une diminution directe des consommations électriques, donc des factures, donc une réduction de la précarité énergétique.**

### **- *autoconsommation partielle sans stockage et avec revente de l'excédent***

Il s'agit techniquement de la solution précédente, accompagnée d'un contrat de revente de l'électricité excédentaire injectée sur le réseau. Il n'y a plus alors la limite de la partie autoconsommable. Cependant, compte tenu des coûts demandés par ENEDIS pour l'utilisation du réseau, des coûts de gestion, et du tarif de revente fixé actuellement par le gouvernement, cette solution n'est pas toujours financièrement très accueillante pour des petites puissances de l'ordre de 3 kWc. Elle serait meilleure vers 9 kWc, mais le problème du coût d'investissement initial est alors renforcé. Cette solution reste cependant correcte pour une puissance installée de 4 kWc par maison.

### **- *autoconsommation collective sans stockage***

C'est une possibilité ouverte réglementairement depuis plusieurs années, mais qui ne décolle pas compte tenu de sa complexité juridico-financière, malgré son intérêt technique. En effet, il s'agit de s'affranchir des aspects physiques du raccordement pour affecter « virtuellement » une production, qui part en totalité sur le réseau, à un ensemble de consommateurs réunis, avec le producteur, au sein d'une entité juridique « Personne Morale Organisatrice ». A chaque instant pendant que le PV produit, les consommateurs se voient attribuer par ENEDIS une fraction de l'électricité produite, selon des clefs de répartition fixées au départ et délicates à établir. La somme de ces consommations élémentaires forme, pour un consommateur, sa partie autoconsommée et donc bien valorisée. Ainsi, la part autoconsommée par l'ensemble des consommateurs est optimisée à chaque instant. Hélas, ce potentiel intérêt financier et technique (aucune électricité n'est perdue, l'éventuel excédent part au réseau, ce qui est bon pour la planète), est annihilé par la lourdeur juridique de la mise en place et le suivi de l'évolution (départs, arrivées) de l'unité juridique regroupant producteur et nombreux consommateurs. Pour ces raisons, **nous ne l'avons pas retenue pour ce projet.**

- **autoconsommation totale avec stockage**

Il s'agit de relier la production à une batterie de stockage elle-même reliée au TGBT de consommation du bâtiment. Cette solution permet aussi de s'affranchir du plafond des besoins électriques du bâtiment, et de mettre en regard production et consommation, en base journalière. Ainsi quand, à un instant donné, la consommation est plus faible que la production, l'excédent de production part à la batterie de stockage. Cette solution présente, en l'état actuel, 3 inconvénients :

- le coût initial des batteries est encore important (entre 4 et 5 000 €HT pour une maison individuelle), ce qui est peu compatible avec l'économie des acheteurs de maisons.
- le stockage + déstockage de l'énergie électrique dans la batterie génère une perte d'énergie, au minimum de 15% selon la technologie, ce qui n'arrive pas dans les solutions sans batterie. Ces pertes sont assez mauvaises pour la planète.
- Les batteries actuelles mobilisent, pour la plupart, des matériaux dont la mise à disposition engendre de mauvaises conséquences pour la planète (terres rares des batteries modernes). Mais ceci ne doit pas nous faire oublier que les mêmes terres rares sont utilisées massivement dans le raffinage de pétrole, et que l'extraction de gaz fossile est la cause majeure du réchauffement climatique.

- **Revente de la totalité de la production**

Il s'agit d'une solution techniquement différente, puisque toute la production part directement sur le réseau via un compteur, sans passer par la consommation intérieure. En fait, physiquement, les électrons mis sur le réseau public sont les mêmes que ceux qui sont consommés au même moment par les bâtiments en passant dans

le compteur de consommation. **Pour la planète, cette solution est donc meilleure** car il n'y a aucune perte de conversion de stockage, et le fait que cette électricité soit quand même consommée sur place réduit le besoin de faire venir de l'électricité par le réseau de transport à haute tension, réduisant ainsi les pertes de ce réseau.

Au plan économique, cette solution est totalement tributaire du contexte réglementaire et économique :

- à court terme, le gouvernement propose encore pour quelques années un tarif de rachat (à la publication de l'arrêté tarifaire d'octobre 2021, le gouvernement a annoncé une visibilité d'au moins 5 ans), qui est suffisamment intéressant pour que cela vaille le coup financièrement pour le maître d'ouvrage, sur 20 ans.
- à moyen terme, le tarif imposé devrait disparaître, pour laisser la place à une vente de gré à gré à des acheteurs d'électricité. Dans ce cas, la production sera en compétition avec toutes les autres sources électriques, y compris le nucléaire. Il est très difficile de dire si l'équation sera favorable en base annuelle, car la production PV est maximale quand le coût de l'électricité est le plus bas, en été. On peut noter que la technologie d'information de la blockchain, qui permet de sécuriser des échanges à faible coût, permet d'envisager des ventes d'électricité directement de producteur à consommateur, sans passer par les grands groupes actuels qui achètent et vendent de l'électricité en gros.

Au bilan, **il existe aujourd'hui de nombreuses solutions dont à chaque fois au moins une est économiquement pertinente** selon le type de bâtiment.

### 4.3. Biomasse

**Le projet pourrait se prêter à la mise en place d'une solutions collectives au bois pour les logements collectifs.** Cependant, il faudrait prévoir un espace chaufferie pour l'installation du système de chauffage collectif.

Nous avons examiné d'autres possibilités de mise en œuvre du bois-énergie, notamment à travers un réseau de chaleur. Cependant, la mise en place d'un réseau de chaleur EnR n'est pas pertinent, que ce soit au bois-énergie ou une autre énergie renouvelable, dans le **contexte climatique** (hivers doux) et de **faible densité** du projet.

### 4.4. Aérothermie

L'air du site du projet, assez doux en hiver, est **bien adapté à l'usage de pompes à chaleur sur air extérieur** pour les faibles besoins de chauffage identifiés. En été, en

mode rafraîchissement, la performance est moins bonne, quand il s'agit d'extraire du froid d'un air qui peut se trouver à 35°C. A priori les maisons individuelles qui seront construites sur le site devront être conformes à la réglementation RE2020. On suppose donc qu'elles seront équipées d'un système de refroidissement passif assurant un confort adéquat tout au long de l'année. Ainsi, l'hypothèse est formulée que **l'ensemble des bâtiments n'auront pas de besoin de rafraîchissement**, la problématique du mode rafraîchissement n'est donc pas très impactante.

Les PAC air/air ou air/eau peuvent donc être adaptées comme solution de chauffage pour tous nos types de bâtiments, sous la contrainte que les équipements aient un Coefficient de Performance (COP) performant.

De plus, conformément à **l'article 1 du Plan Local d'Urbanisme (PLU) d'Orange**, "Promotion de la transition énergétique", dans le cas où les propriétaires de maisons individuelles choisissent d'installer des pompes à chaleur, celles-ci doivent être **positionnées "dans le corps du bâtiment ou en pied de façade"**.

Pour une meilleure intégration architecturale, il est envisageable d'habiller la Pompe à Chaleur (PAC) avec un revêtement en bois si elle est installée en pied de bâtiment. Il est préférable de la maintenir à l'extérieur d'un espace clos pour assurer une ventilation adéquate. Une autre option serait de la positionner à l'arrière des bâtiments afin de réduire sa visibilité depuis la voie publique.

Par la suite, **les scénarios retenus feront appel à cette solution PAC sur air** pour le chaud voire le froid.

Les **chauffe-eaux thermodynamiques peuvent aussi s'envisager, pour l'Eau Chaude Sanitaire**.

A noter que certains choix spécifiques aux logements individuels les plus grands pourront ne pas correspondre au simple choix d'une PAC air/air. Il se peut que les **PAC air/eau**, plus efficaces mais plus coûteuses, puissent être un choix fait par les particuliers d'habitat individuel qui chercheraient à installer **un chauffage par le sol, plébiscité pour le confort qu'il procure**.

## 5. Estimation des besoins en énergie de la zone, opportunité d'un réseau, possibilité d'un aménagement à énergie positive

### 5.1. Rappels sur les différentes énergies manipulées

En matière d'énergétique du bâtiment, on utilise différentes notions :

L'**énergie utile** correspond au besoin d'énergie au stade ultime de son utilisation, dans chaque pièce, après l'émission finale.

L'**énergie finale** (en kWh<sub>ef</sub>) en est assez proche, c'est celle qui est mesurée par les compteurs des logements, et payée par les utilisateurs. Elle a des valeurs supérieures à l'énergie utile car entre les deux on a les pertes de distribution et d'émission. On utilise couramment cette énergie finale car les gens la connaissent par les factures. Nous l'emploierons donc.

L'**énergie primaire** (en kWh<sub>ep</sub>) trouve sa justification à l'échelle planétaire, dans la lutte contre le changement climatique, et à celle des pays : c'est l'énergie qu'il a fallu extraire puis transformer pour amener l'énergie à son utilisateur final. La réglementation française du bâtiment a choisi d'édicter ses règles en énergie primaire, parce que c'est l'unité qui permet de mieux se rendre compte de l'impact sur la planète. C'est pourquoi nous l'utiliserons aussi, plus loin.

**Le nouveau taux de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour l'électricité est utilisé : 2,3 en RE2020, contre 2,58 avant.**

**Les décisions politiques à long terme devraient se prendre sur l'énergie primaire, alors que les décisions des acteurs économiques sont le plus souvent prises sur le court terme sur l'énergie finale et les factures qui y sont associées.**

Une nouvelle notion va prendre de l'importance à l'échelle de temps du lotissement : **l'énergie grise**, incorporée dans les matériaux et équipements. Il s'agit de toute l'énergie qu'il a fallu dépenser, depuis la matière première initiale, jusqu'au produit en ordre de marche dans le bâtiment. Et comme cette énergie provient de sources plus ou moins émettrices de carbone, on ramène toutes ces énergies à leur équivalent carbone, ce qui permet de comparer. **Ainsi, la réglementation du bâtiment fixe des niveaux maximum de contenu carbone** des bâtiments, à ne pas dépasser. Ceci a un double impact sur les bâtiments du futur :

- privilégier les matériaux à faible énergie grise ou contenu carbone (bois, pierre locale) et pénaliser les matériaux riches en énergie grise : aluminium, acier, béton...
- privilégier les systèmes énergétiques à énergies faiblement carbonées : en France, ce sont les systèmes électriques ou au bois. **Gaz et fioul sont bannis.**

## 5.2. Estimation des consommations

Les principales consommations énergétiques de la zone sont celles des bâtiments et de leurs usagers, l'éclairage de la voirie étant intégré mais mineur.

Pour réaliser les estimations de consommations et puissances, **on a utilisé un outil détaillé, type de bâtiment par type de bâtiment**, développé en interne par PLUS DE VERT : Enr'Z®. Cela apporte plus de finesse dans la réponse, pour une prise de décision plus éclairée.

Pour estimer les consommations énergétiques, on a pris en compte les hypothèses suivantes :

- Logements devant respecter la **réglementation thermique RE2020 avec seuil carbone de 2025**. Nous avons réalisé des calculs réglementaires sur des logements individuels types afin d'identifier les consommations d'énergie primaire par bâtiment, par usage et également par système de production énergétique.
- La surface SDP moyenne des maisons individuelles a été estimée à 130 m<sup>2</sup>, avec une répartition de 50% des logements sur un seul niveau (en RDC) et 50% comprenant un étage (en R+1). Le macro-lot A a une surface estimée à 600 m<sup>2</sup> en R+1. Dans le macro-lot B, la surface d'un foyer est estimée à 110 m<sup>2</sup>, comprenant 3 foyers en RDC et 13 foyers en R+1.
- Tous les calculs énergétiques sont effectués en m<sup>2</sup> S<sub>ref</sub>, spécifique à la réglementation environnementale. On a pris l'hypothèse simplificatrice S<sub>ref</sub> = 1,1 SDP.
- **Consommations réelles corrigées sur la base des retours d'expérience sur bâtiments performants en climat méditerranéen** (sources : bilans établis par l'ADEME sur 2 600 bâtiments, par le CEREMA, par PROMOTELEC et par l'Observatoire BBC). Une étude qui ne serait menée que sur les consommations réglementaires n'aurait qu'un lointain rapport avec la réalité.  
Par exemple, les consommations réelles de chauffage sont toujours supérieures aux consommations réglementaires, du fait notamment de la température réelle demandée par les habitants, qui est supérieure à la température prise en compte par la réglementation.
- **Consommations hors usages réglementaires conformément aux résultats des campagnes de mesures**, préconisées par l'ADEME. **Il est important de préciser que la RE2020 a intégré dans le cadre réglementaire certaines de ces consommations (Ascenseurs, ventilation et éclairage des parkings) dans les calculs, même si c'est sous une forme forfaitisée.**

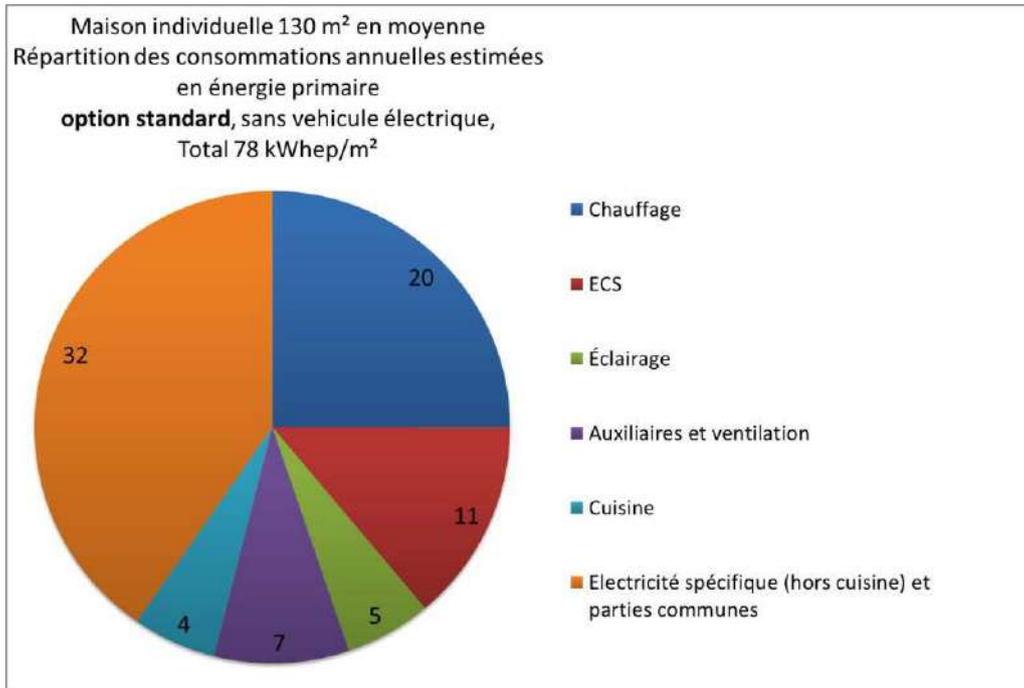
Parmi ces consommations, on distingue parfois la cuisson, car elle peut être réalisée au gaz ou par l'électricité, de tout le reste, noté « **électricité spécifique** » dans les tableaux suivants, qui ne peut être réalisé qu'avec de l'électricité :

- électroménager : réfrigérateur, congélateur, lave-linge, lave-vaisselle, aspirateur,
  - bureautique-télécom : téléviseurs, ordinateurs, tablettes, téléphones, etc.
- On distinguera le besoin d'électricité lié à la recharge des véhicules électriques. Ce besoin est encore faible en 2024, mais à l'échelle de temps du projet il pourrait devenir sensible, notamment pour le dimensionnement en puissance. En effet, d'après l'Avere-France (l'association nationale pour le développement des véhicules électriques), environ 316 000 véhicules ont été mis à la route en 2021, soit une progression de 62% par rapport à 2020 et 355% par rapport à 2019. La Commission de Régulation de l'Energie table sur 10% des véhicules en 2025. Au niveau national et européen :
- Commission européenne, plan « Fit for 55 » : fin de vente des véhicules thermiques en 2035
  - France : fin de vente des véhicules thermiques en 2040

On a pris en compte **1 véhicule dans 50% des foyers**, ce qui peut faire 25% du total (si chaque foyer a 2 véhicules), pour les **maisons individuelles**. Pour les **logements sociaux**, nous avons considéré **1 véhicule dans 33% (un tiers) des foyers du macro-lot A et 1 véhicule dans 20% des foyers dans le collectif (macro-lot B)**. S'agissant de logements, on n'a pris en compte que des dispositifs de recharge lente (7,5 kVA), correspondant à l'usage majoritaire fait par les précurseurs du véhicule électrique. Les dispositifs de recharge à 22 kVA (autrefois rapides mais désormais basiques) sont plus adaptés à des parkings d'équipements publics. Nous faisons l'hypothèse **qu'un quart des recharges se feront sur le lieu du travail et pas au domicile**.

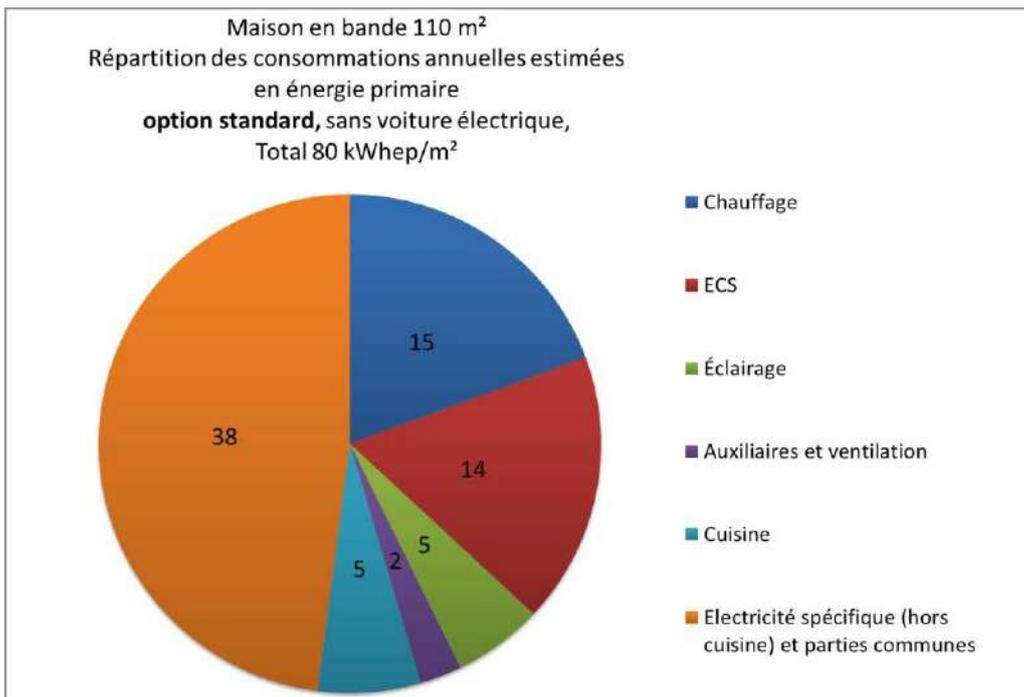
On a distingué les besoins par usage et **considéré comme base de référence, comme préconisé par le ministère, une solution « tendancielle » où les besoins de chauffage, ECS et de cuisson seraient couverts par l'électricité**. C'est par rapport à cette base que sont recherchées les ressources EnR locales.

La **répartition des consommations réelles estimées** pour une maison de 130 m<sup>2</sup> respectant la RE2020, dans l'hypothèse standard, est la suivante :



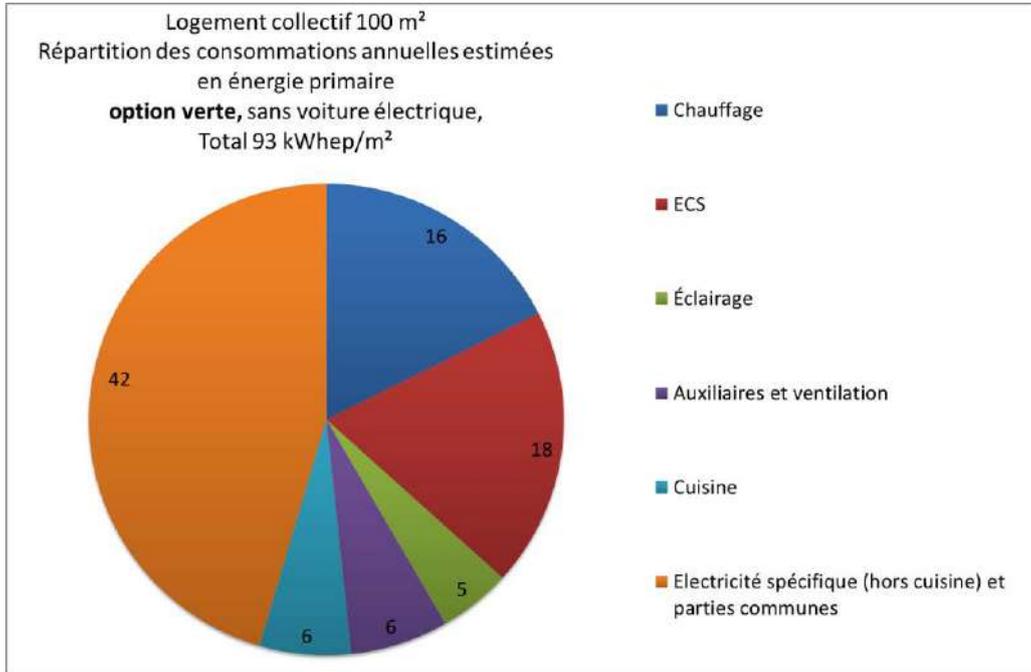
**Pour une telle maison, la consommation maximale des 5 usages de la RE2020 est de 42 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>SR<sub>ref</sub>, soit seulement 54% de la consommation estimée et prise en compte pour les calculs.**

La **répartition des consommations réelles estimées** pour une maison en bande de 110 m<sup>2</sup>, dans le social, respectant la RE2020, dans l'hypothèse standard, est la suivante :



**Pour ce type de logement, la consommation maximale des 5 usages de la RE2020 est de 36 kWhep/m<sup>2</sup>SRef, soit seulement 45% de la consommation estimée et prise en compte pour les calculs.**

La répartition des consommations réelles estimées pour un foyer social dans le collectif de 100 m<sup>2</sup>, dans le social, respectant la RE2020, dans l'hypothèse standard, est la suivante :



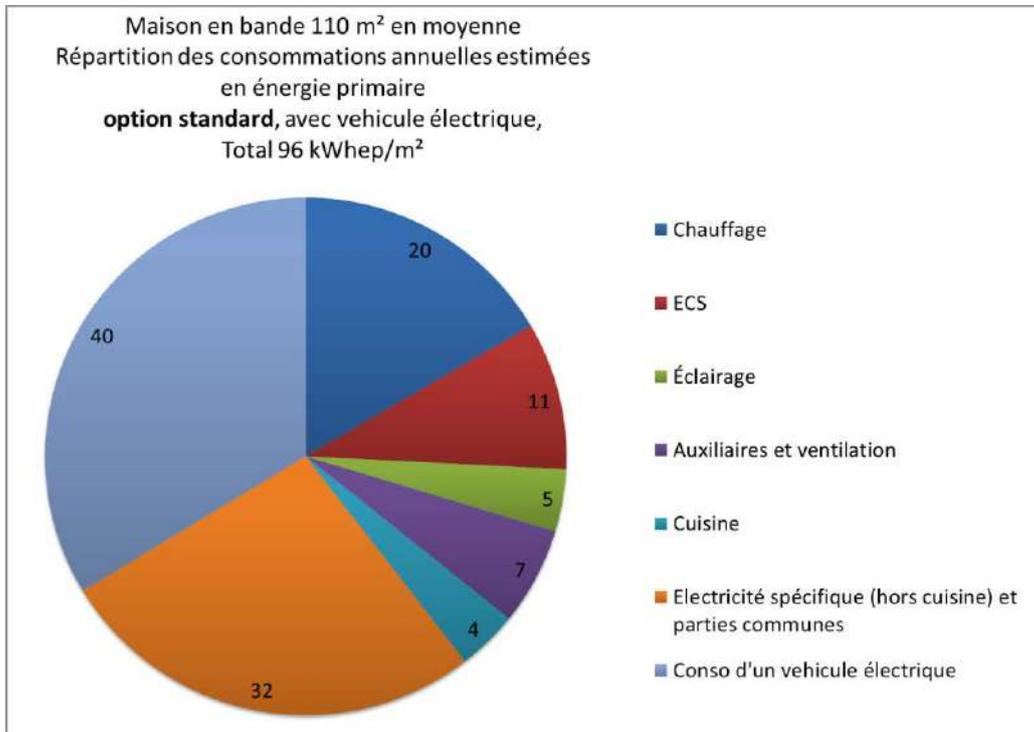
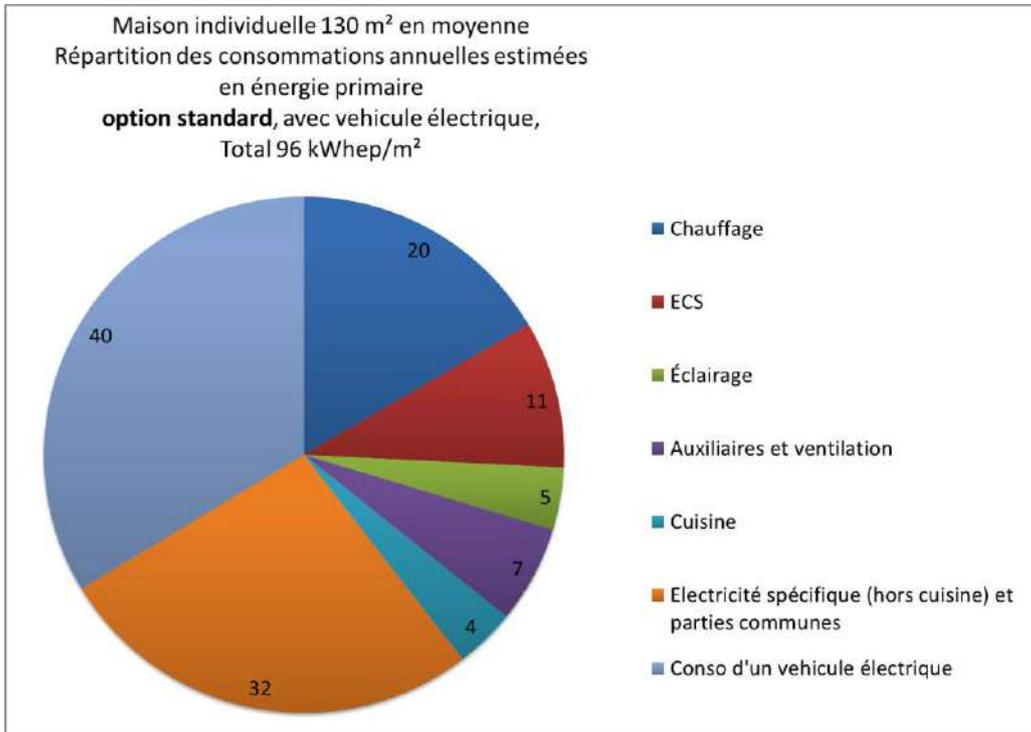
**Pour un tel logement, la consommation maximale des 5 usages de la RE2020 est de 45 kWhep/m<sup>2</sup>SRef, soit seulement 48% de la consommation estimée et prise en compte pour les calculs.**

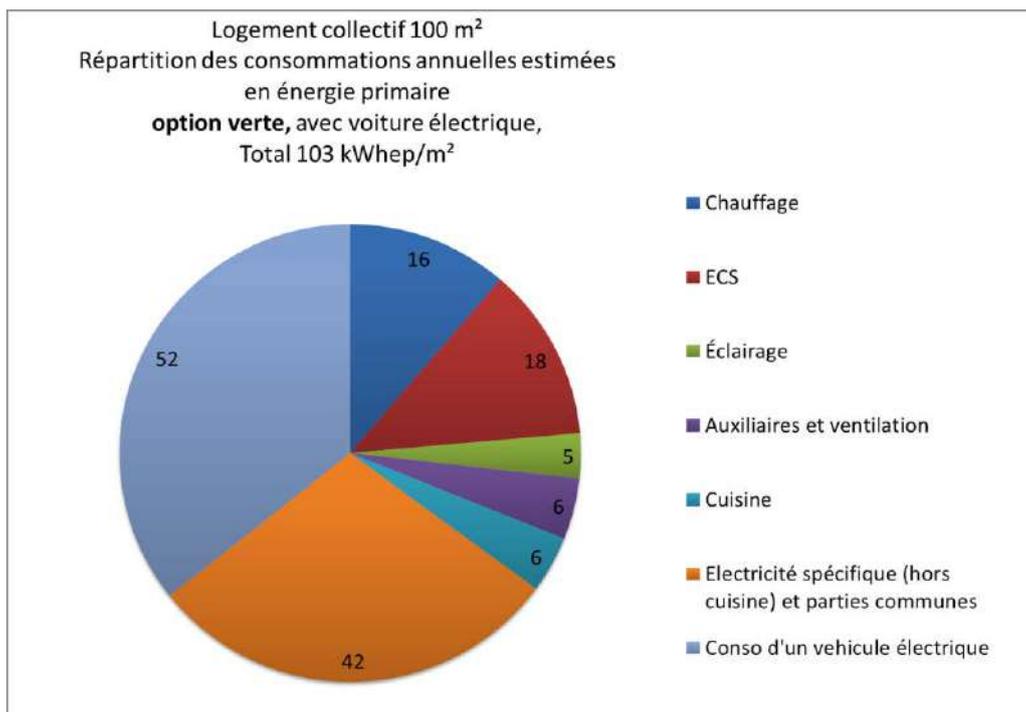
Contrairement aux idées reçues, pour les logements actuels bien conçus, les consommations et encore plus les dépenses de chauffage deviennent mineures par rapport aux consommations de tous les équipements électriques de la maison.

#### **Impact d'une voiture électrique sur les consommations des logements :**

Avec l'hypothèse d'une voiture électrique parcourant 32 km/j en moyenne, la consommation annuelle est de 3 000 kWh d'énergie finale, ce qui rajoute 6 900 kWhep/an si toute la charge est réalisée à la maison. Nous avons considéré qu'un quart des recharges se font sur le lieu de travail : cela revient à considérer 2 250 kWh d'énergie finale et 5 175 kWhep/an.

Pour ces différents types de logements, le poste devient, en énergie primaire, le premier poste de consommation de la maison, passant devant le chauffage.





Nb : on a considéré que **les logements n'étaient pas climatisés**. Ce point est important car les futurs maîtres d'ouvrage pourraient avoir la tentation d'installer des climatiseurs réversibles, ce qui est aujourd'hui quasi-impossible à réaliser en respectant la réglementation.

Nous pensons aussi que si l'orientation des logements est correctement imposée avec des façades Nord-Sud, que les logements sont exigés traversants, que des protections solaires efficaces sont mises en place, alors le besoin de climatiser sera réduit.

Les **scénarios suivants d'équipement énergétique des bâtiments** devraient assurer le respect de la RE2020 à condition d'y associer une enveloppe du bâti correcte :

### **25 Maisons individuelles 130 m<sup>2</sup> SDP en RDC**

**Solution standard**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-air performante, émission mono ou multi-split,
- la production ECS pourra se faire par un chauffe-eau thermodynamique individuel.

**Solution performance**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-eau performante, émission à travers émetteurs basse température (plancher-chauffant),
- d'une installation solaire thermique individuelle (CESI) avec appoint électrique.

On a aussi pris en compte **10,9 kWc de photovoltaïque** sur la toiture de chacune de ces maisons individuelles. Cela représente la valeur **maximale** moyenne envisageable, pour des toitures à deux versants, de ces maisons en RDC. C'est à mettre en regard des **1,5 à 4 kWc** souvent nécessaires pour atteindre le niveau réglementaire, selon le reste du bâtiment.

### **25 Maisons individuelles 130 m<sup>2</sup> SDP en R+1**

**Solution standard**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-air performante, émission mono ou multi-split,
- la production ECS pourra se faire par un chauffe-eau thermodynamique individuel.

**Solution performance**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-eau performante, émission à travers émetteurs basse température (plancher-chauffant)
- d'une installation solaire thermique individuelle (CESI) avec appoint électrique.

On a aussi pris en compte **5,2 kWc de photovoltaïque** sur la toiture de chacune de ces maisons individuelles. Ceci correspond à un **maximum** moyen possible sur les toitures, supposées bi-pentes, de ces maisons en R+1. C'est à mettre en regard des **1,5 à 4 kWc** souvent nécessaires pour atteindre le niveau réglementaire, selon le reste du bâtiment.

### **3 Logements sociaux de 110 m<sup>2</sup> SDP en RDC (il s'agit de logements en bande)**

**Solution standard**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-air performante, émission mono ou multi-split,
- la production ECS pourra se faire par un chauffe-eau thermodynamique individuel.

**Solution performance**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-eau performante, émission à travers émetteurs basse température (plancher-chauffant),
- d'une installation solaire thermique individuelle (CESI) avec appoint électrique.

On a pris en compte **9,2 kWc de photovoltaïque** sur la toiture bi-pentes.

### **13 Logements sociaux de 110 m<sup>2</sup> SDP en R+1 (il s'agit de logements en bande)**

**Solution standard**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-air performante, émission mono ou multi-split,
- la production ECS pourra se faire par un chauffe-eau thermodynamique individuel.

**Solution performance**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-eau performante, émission à travers émetteurs basse température (plancher-chauffant),
- d'une installation solaire thermique individuelle (CESI) avec appoint électrique.

On a pris en compte **4,3 kWc de photovoltaïque** sur la toiture bi-pentes.

### **Immeuble de 6 logements sociaux collectifs, de 600 m<sup>2</sup> SDP au total en R+1**

**Solution standard**, constituée de :

- d'une pompe à chaleur (PAC) air-eau performante, émission à travers émetteurs basse température (plancher-chauffant),
- la production ECS pourra se faire par un chauffe-eau thermodynamique individuel.

**Solution performance**, constituée de :

- d'une chaudière bois collective,
- d'une installation solaire thermique individuelle (CESC) avec appoint bois.

On a pris en compte **23,6 kWc de photovoltaïque** sur la toiture, supposée à 2 versants.

Chacune de ces options aurait un résultat légèrement différent, tant au plan du calcul réglementaire que des consommations réelles, mais les chiffres de consommation que nous avons utilisés sont des valeurs cohérentes avec un mix de ces solutions, dans les conditions du site.

Par rapport au critère de faible coût d'exploitation, **les solutions électriques ne sont les meilleures que si elles sont utilisées par des machines thermodynamiques ayant de bons Coefficients de Performance**. En effet, l'électricité en tarif domestique pour le chauffage est estimé à **25 centimes TTC/kWh en moyenne en 2024 contre 10 pour les granulés de bois**. Mais sur des maisons petites et économes, l'impact est minime en base annuelle. Et pour l'instant, les gens sont prêts à payer leur énergie pour avoir le confort des pompes à chaleur électriques.

Le fait que la réglementation de la construction ait évolué avec la prise en compte de critères extra-énergétiques, notamment l'impact carbone de la construction mais aussi de l'exploitation, favorise des solutions énergétiques moins carbonées (chauffage bois et PAC électrique plutôt que gaz).

Autres hypothèses :

Nous avons aussi calculé **comment le projet pourrait se situer par rapport au concept d'énergie positive**, si on utilisait l'énergie solaire photovoltaïque.

**Résultats synthétiques :**

**Résultats en consommations/productions :**

	Consommation en énergie finale					Production
	A	B	A+B	C	A+B+C	Photovoltaïque possible
	Chauffage + ECS	Autres conso. électriques (Hors véhicules électriques)	Total Hors Véhicules électriques	Véhicules électriques	Total	
MWhef/an	MWhef/an	MWhef/an	MWhef/an	MWhef/an	MWhef/an	
<b>OPTION STANDARD</b>						
25 villas en R+0	47	74	122	28	150	320
25 villas en R+1	47	74	122	28	150	153
3 logements sociaux en bande en R+0	5	8	13	2	15	32
13 logements sociaux en bande en R+1	20	34	54	10	64	66
Collectif en R+1 (6 appartements)	15	17	31	3	34	28
Eclairage des voies publiques	0	21	21	0	21	0
<b>TOTAL OPTION STANDARD :</b>	<b>134</b>	<b>229</b>	<b>363</b>	<b>71</b>	<b>434</b>	<b>598</b>
<b>OPTION PERFORMANCE</b>						
25 villas en R+0	36	74	111	28	139	320
25 villas en R+1	36	74	111	28	139	153
3 logements sociaux en bande en R+0	2	8	10	2	13	32
13 logements sociaux en bande en R+1	10	34	45	10	54	66
Collectif en R+1 (6 appartements)	28	17	45	3	48	28
Eclairage des voies publiques	0	21	21	0	21	0
<b>TOTAL OPTION PERFORMANCE :</b>	<b>114</b>	<b>229</b>	<b>343</b>	<b>71</b>	<b>414</b>	<b>598</b>

- Cela n'a guère d'intérêt de comparer des consommations totales en énergie finale composées d'un mix de chaleur et d'électricité. Pour évaluer les coûts relatifs, on sera obligé de se ramener à chaque composante, qui a un prix très différent.

- À noter que la pertinence de la solution performance est justifiée du point de vue environnemental. Bien que son utilisation ne génère pas d'économies significatives en termes de consommation, elle se distingue par son rendement environnemental supérieur. C'est pourquoi on observe une augmentation de la consommation du chauffage et de l'ECS dans les logements collectifs avec la solution performance.

- On voit aussi que les **consommations des prises de recharges pour véhicules électriques représenteraient de 16 à 18 %** des consommations électriques.

- On notera que **la production annuelle photovoltaïque** maximale qu'il serait possible de mettre en place, de 598 MWhef, **pourrait couvrir entre 138% et 155% des consommations électriques selon le scénario étudié : le projet a donc la possibilité d'être à énergie positive dans les deux cas.**

## Résultat global en énergie primaire :

	Consommation totale annuelle en énergie primaire
	MWhep/an
<b>OPTION STANDARD</b>	
25 villas en R+0	345
25 villas en R+1	345
3 logements sociaux en bande en R+0	34
13 logements sociaux en bande en R+1	147
Collectif en R+1 (6 appartements)	79
Eclairage des voies publiques	49
<b>TOTAL OPTION STANDARD :</b>	<b>998</b>
<b>OPTION PERFORMANCE</b>	
25 villas en R+0	320
25 villas en R+1	320
3 logements sociaux en bande en R+0	29
13 logements sociaux en bande en R+1	125
Collectif en R+1 (6 appartements)	73
Eclairage des voies publiques	49
<b>TOTAL OPTION PERFORMANCE :</b>	<b>914</b>

Sans surprise, pour la planète c'est bien la solution performance qui a le moins d'impact global, notamment grâce à l'utilisation du bois-énergie, mais de 9% seulement, ce qui traduit la faible part relative du chauffage dans notre région.

## Résultats en puissances

	Puissance						kWc
	Chauffage	ECS	Puissance thermique résultante	Foisonnée, Hors véhicules électriques	Véhicules électriques	Total	
	kW	kW	kW	kVA	kVA	kVA	
<b>OPTION STANDARD</b>							
25 villas en R+0	142	50	192	300	94	394	273
25 villas en R+1	159	50	209	300	94	394	130
3 logements sociaux en bande en R+0	13	6	19	27	7	34	27
13 logements sociaux en bande en R+1	46	26	72	117	32	149	56
Collectif en R+1 (6 appartements)	33	12	45	51	9	60	24
Eclairage des voies publiques	0	0	0	18	0	18	0
<b>TOTAL OPTION STANDARD :</b>	<b>393</b>	<b>144</b>	<b>537</b>	<b>813</b>	<b>236</b>	<b>1050</b>	<b>511</b>
<b>OPTION PERFORMANCE</b>							
25 villas en R+0	142	38	179	300	94	394	273
25 villas en R+1	159	38	197	300	94	394	130
3 logements sociaux en bande en R+0	13	5	17	27	7	34	27
13 logements sociaux en bande en R+1	46	20	66	117	32	149	56
Collectif en R+1 (6 appartements)	33	9	42	33	9	42	24
Eclairage des voies publiques	0	0	0	18	0	18	0
<b>TOTAL OPTION PERFORMANCE :</b>	<b>393</b>	<b>108</b>	<b>501</b>	<b>795</b>	<b>236</b>	<b>1031</b>	<b>511</b>

**Les puissances sont en kW et kVA, sauf photovoltaïque en kWc (voir chapitre photovoltaïque).**

On aboutit ainsi à une **puissance nécessaire en chaud de l'ordre de 393 kW**. On verra par la suite qu'il y a impossibilité de faire un réseau de chaleur global, qui mobiliserait toute cette puissance.

La puissance électrique, même foisonnée, est importante en valeur absolue : 1 050 kVA en option standard et jusqu'à 1 031 kVA en option performance.

On notera **l'impact de la prise en compte des véhicules électriques dans le dimensionnement en puissance électrique : de 22 % (option standard) à 23 % (option performance) de la puissance installée.**

### **5.3. Opportunité d'un réseau de chaleur**

Nous avons calculé le critère d'éligibilité principal au Fonds Chaleur pour les réseaux de chaleur (qu'ils soient au bois-énergie ou sur géothermie), aide sans laquelle un réseau n'est pas viable : la densité linéaire thermique, définie par le rapport entre la quantité d'énergie transportée et la longueur du réseau, en MWh/ml.an.

**Les valeurs obtenues sont beaucoup trop faible, ce qui était prévisible avec la présence uniquement de logements performants. La solution n'est donc pas pertinente.**

Si la densité linéique était significative, il aurait été judicieux de réfléchir à la pertinence d'un réseau de chaleur utilisant de la chaleur produite par des sources existantes, telles que l'usine Isover de Saint-Gobain, situé à 2km au Nord-Est du projet.

## 5.4. Possibilité d'un aménagement à énergie positive ?

Quelles productions et consommations considérer ?

L'aspect production ne peut réglementairement (selon la RE2020), aujourd'hui, comptabiliser que l'électricité **photovoltaïque** et celle issue de cogénération. Cette dernière ne semble pas pertinente sur ce projet, qui ne comporte aucune grosse unité de production de chaleur, qui sont les seules réellement adaptées à la cogénération. Il reste le photovoltaïque, que nous avons estimé de la façon suivante :

- Installation sur toutes les toitures,
- Toitures à 2 pans, occupation totale du pan Sud, ou toiture partielle monopente. Cette option correspond à une façon de faire qui commence à se développer en région Occitanie, sous l'impulsion d'architectes et de constructeurs novateurs :



Maisons à énergie positive – Les Matelles (34) Photo L. FARAVEL/PLUS DE VERT



Maisons à énergie positive – toiture monopente en tuiles photovoltaïques - Les Matelles (34)  
Photo L. FARAVEL/PLUS DE VERT

- On a considéré des panneaux standard du marché à 200 Wc/m<sup>2</sup>, alors qu'il en existe d'ores et déjà de plus performants (210 Wc/m<sup>2</sup>)

On aboutit à une **puissance installable de 511 kWc, pour une production annuelle de 598 MWh<sub>ef</sub>.**

Jusqu'à maintenant, l'acception la plus courante pour les consommations à prendre en compte pour le critère d'énergie positive étaient les consommations réglementaires (conventionnelles) RT2012 des bâtiments, qui sont toujours inférieures aux consommations réelles estimées. Il en existe bien d'autres, notamment celle qui compte réellement pour la lutte contre l'effet de serre : la consommation totale réelle des bâtiments et toutes les activités qui s'y trouvent.

La RE2020 n'a pas repris à son compte la notion de « **Bilan BEPOS** » du référentiel E+C- : il s'agissait d'un bilan qui retranchait aux consommations d'énergie non renouvelable, sur les anciens usages RT mais aussi sur les autres usages liés à l'occupation du bâtiment, la production renouvelable (photovoltaïque essentiellement).

Nous nous sommes intéressés à plusieurs comparaisons :

**Dans l'option standard, la plus probable, la consommation totale électrique estimée du projet est de l'ordre de 434 MWh<sub>ef</sub>, ce qui est supérieur à la production photovoltaïque de 598 MWh<sub>ef</sub> : la couverture est de 138%. Pour le scénario standard, on pourrait donc atteindre l'énergie positive au sens le plus contraignant.**

**Dans l'option performance, la consommation totale estimée du projet est de 414 MWh<sub>ef</sub> (qui additionne des MWh électriques et de bois), dont 378 MWh<sub>ef</sub> électrique, ce qui est au-dessous de la production photovoltaïque (598 MWh<sub>ef</sub>). La couverture est de 155 % : le lotissement pourrait donc être à énergie positive au sens le plus contraignant.**

Donc, **dans ces 2 options, le projet pourrait produire plus qu'il ne consomme.**

Ces calculs considèrent la production photovoltaïque maximale du site, qui serait atteignable par exemple si le MO décidait de l'imposer, comme c'est le cas dans certaines ZAC ou lotissement, y compris d'habitat (cf ZAC Bel Air à Avignon en démarche QDM, notamment).

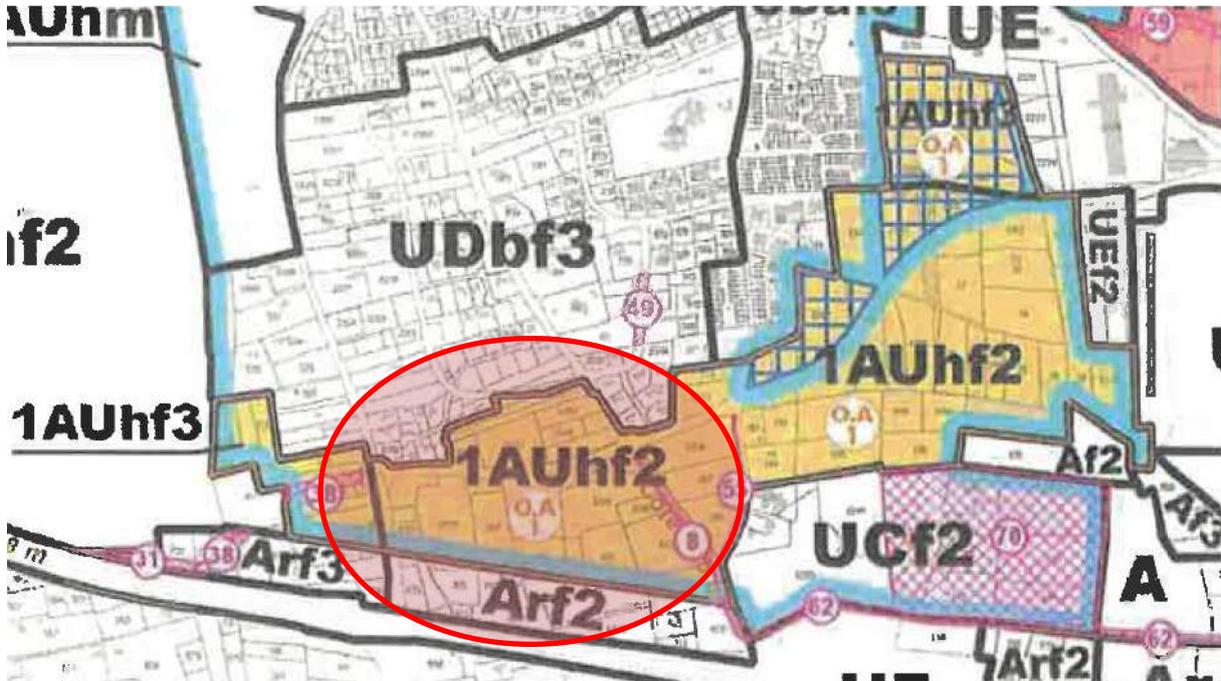
**Les toitures ont été considérées à 2 pans. Des toitures-terrasses pourraient s'envisager. La surface disponible pour le PV, donc la puissance et la production pourraient augmenter davantage.** Ceci, en veillant respecter les espacements nécessaires entre les panneaux et à prendre en compte la présence d'autres éléments techniques tels que l'édicule de l'ascenseur, etc.

## 6. Paramètres d'applicabilité – lien avec le PLU

Le fait de définir des solutions meilleures que d'autres en termes de développement durable n'a d'intérêt que si ces solutions sont réellement mises en œuvre. Si, **depuis la Loi Grenelle, un PLU peut imposer des exigences énergétiques ou environnementales particulières à l'occasion de l'ouverture à l'urbanisation**, en pratique c'est bien plus délicat.

Nous avons mentionné ce qui est décrit, sachant que le CPAUPE est un document plus adapté à la pédagogie que le PLU qui doit faire du droit. Le cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales (CPAUPE) permet en effet de fixer les grandes règles qui, complémentaires au PLU, doivent garantir le respect des grands principes d'une ZAC ou d'un lotissement.

Selon chaque typologie de bâtiment, des leviers différents peuvent être utilisés pour le lotissement qui est en zone 1AUhf2 du PLU actuel.



### 6.1 Logement individuel 130 m<sup>2</sup>

En termes de performance de l'enveloppe bâtie, la RE2020 est un peu plus contraignante que la RT2012, qui était déjà assez contraignante sur les maisons individuelles : il paraît difficile d'imposer une performance supérieure de l'enveloppe par le PLU. En revanche **le PLU préconise des éléments qui ne coûtent rien et améliorent le confort thermique et l'efficacité énergétique des logements** : orientation Nord-Sud privilégiée pour les constructions (à condition bien sûr que le plan

d'aménagement détaillé l'ait rendu possible) ; l'utilisation des énergies renouvelable est à favoriser (panneaux photovoltaïques en toiture ; logement traversant).

Pour les équipements thermiques, **les pompes à chaleur sont les plus indiquées** pour ces logements. Les PAC air-eau sont à privilégier : meilleur confort, meilleures performances. Le PLU interdit la pose des unités extérieures en façade visible, c'est un élément supplémentaire allant dans le sens des PAC air-eau qui n'ont qu'une seule unité extérieure tandis que les PAC air-air peuvent en avoir plusieurs.

Pour le photovoltaïque, se pose la question de sa **faisabilité économique**, dans un contexte de prix de construction contraint par le coût élevé du foncier. **En coût global, sur la durée de vie des installations photovoltaïques, les solutions sans stockage sont toutes rentables**, que ce soit sur logement individuel ou autres bâtiments. Mais la préoccupation des constructeurs, et de la plupart des clients, porte plus **sur le seul coût d'investissement**.

Pour un promoteur ou constructeur de maisons en bandes, le prix d'installation des 1,5 à 3 kWc nécessaires pour la RE2020 devrait être entre 3 000 et 5500 € HT.



*Maisons en bande à énergie positive – toitures monopentes ou plates - (Bouches-du-Rhône)*

## 6.2 Logement en bande 110 m<sup>2</sup>

Tout ce qui a été dit pour les logements individuels de 130 m<sup>2</sup> est toujours juste. On pourrait rajouter que pour ces logements, qui relèveront du social, un équilibre est à trouver entre diminution de la facture et investissement.

Si les critères bioclimatiques cités plus haut et la RE2020 sont respectés, il y aura peu d'économies à faire sur le chauffage, surtout pour des logements jumelés. Car les consommations électriques spécifiques représenteront la majorité de la facture. Un système de PAC air-air serait donc également approprié pour le chauffage, attention néanmoins aux problématiques acoustiques.

Pour l'ECS, la surface de toiture par logement étant faible et un système CESI plus cher au m<sup>2</sup> que du photovoltaïque, la solution la plus appropriée semble être un ballon ECS

thermodynamique ou électrique performant. Le ballon pourrait être programmé pour chauffer l'eau en journée lors de pics de production photovoltaïque.

Dans ce cas, le photovoltaïque devient indispensable pour respecter l'exigence de production EnR. Pour les logements sociaux, le PV devrait être en autoconsommation avec revente de l'excédent pour diminuer la facture énergétique des ménages.

### 6.3 Logements sociaux collectifs 600 m2

Pour favoriser les solutions EnR dans les logements collectifs, on peut envisager **mise en place de chaleur et d'ECS collectives par chaufferie bois**, pour réduire la facture énergétique des locataires (même si on a vu que dans des logements neufs bien conçus, ces postes sont mineurs dans les dépenses énergétiques).

Il faut alors prévoir la création d'un local de chaufferie conforme aux normes de sécurité incendie.

**Autoconsommer le photovoltaïque** permettrait de réduire les factures. Nous avons vu que les solutions d'autoconsommation collective sont encore peu répandues car complexes. Une **solution de multiples autoconsommations individuelles** est décrite plus haut et pourrait convenir. Une autre solution, moins avantageuse mais toujours rentable, serait que l'installation soit la propriété du bailleur et que l'électricité soit entièrement revendue. Une part des bénéfices servirait à rembourser le bailleur et l'autre à réduire les charges locatives. Cette répartition pourrait faire l'objet d'une négociation.

Par ailleurs certains promoteurs sont réceptifs à la mise en place d'une **démarche environnementale globale, type Bâtiments Durables Méditerranéens** sur les projets de bâtiments collectifs. Ces démarches sont susceptibles d'avoir un impact positif sur la consommation énergétique des lots qui seront concernés.



**Le fait d'imposer une démarche environnementale globale, et/ou des contraintes énergétiques va dans le sens de l'objectif « Promouvoir un urbanisme durable intégrant les enjeux énergétiques, climatiques et de qualité de l'air » de la région.**

## 7. Conclusions

- La prise en compte du **confort d'été est primordiale** pour éviter que les logements soient inadaptés au climat dès leur livraison, ou qu'ils s'équipent, légalement ou non, de climatisation.
- Les caractéristiques du projet engendrent des besoins thermiques nettement **insuffisantes pour justifier la mise en place d'un réseau de chaleur** global.
- **L'énergie de chauffage** pourrait provenir soit de pompes à chaleur air-air ou air-eau, soit une chaudière bois (pour les logements sociaux collectifs).
- **L'énergie pour l'ECS**, pourrait provenir majoritairement du solaire thermique, l'appoint étant assuré par de l'électricité ou le bois (pour le collectif). Les alternatives conformes sous conditions sont la mise en œuvre de chauffe-eau thermodynamiques.
- **Les besoins électriques du projet pourraient être couverts en totalité par des installations photovoltaïques intégrées aux toitures, dans les deux scénarios, avec des toitures à 2 versants dont 1 idéalement orienté sud.**
- **Le projet d'aménagement :**
  - o **doit faciliter structurellement le confort estival, par l'orientation et les prescriptions bioclimatiques**
  - o **doit faciliter le respect de la RE2020, qui tend à rendre obligatoire les bâtiments à énergie positive en mobilisant des énergies renouvelables**
  - o **pourrait globalement être à énergie positive**



*Lotissement à énergie positive – toitures monopentes ou plates - (Bouches-du-Rhône)*



Etude d'impact – Volet Air et Santé

**CIA**   
CONSEIL INGÉNIERIE AIR  
BUREAU D'ÉTUDES  
Marseille • Lyon • Paris  
[www.cia-air.fr](http://www.cia-air.fr)

**Projet de lotissement sur le secteur Coudoulet  
Orange (84)**

Mars 2024  
Version D

**TERRES  
DU SOLEIL**  
aménagement





# Sommaire

<b>Partie 1. Contexte du projet et réglementation.....</b>	<b>7</b>		
<b>1. Contexte du projet .....</b>	<b>8</b>		
<b>2. Réglementation et niveau d'étude.....</b>	<b>10</b>		
2.1. La réglementation .....	10		
2.2. Niveau d'étude .....	10		
<b>Partie 2. Méthodologie.....</b>	<b>11</b>		
<b>3. Méthodologie des campagnes de mesures .....</b>	<b>12</b>		
3.1. Prélèvements passifs .....	12		
3.2. Position des points de mesures .....	12		
3.3. Analyse en laboratoire .....	12		
3.4. Interprétation des résultats .....	12		
3.5. Difficultés rencontrées .....	12		
<b>4. Méthodologie du calcul des émissions et de l'analyse des coûts collectifs.....</b>	<b>13</b>		
4.1. Calcul des émissions .....	13		
4.2. Analyse des coûts collectifs.....	14		
4.2.1. La pollution atmosphérique.....	14		
4.2.2. Les émissions de gaz à effet de serre .....	15		
4.2.3. Valeurs tutélaires.....	16		
<b>5. Modélisation de la dispersion atmosphérique .....</b>	<b>17</b>		
<b>Partie 3. Etat initial .....</b>	<b>18</b>		
<b>6. Description de la zone d'étude .....</b>	<b>19</b>		
6.1. Situation géographique .....	19		
6.2. Topographie .....	19		
6.3. Climatologie.....	19		
6.4. Population.....	20		
<b>7. Analyse de la situation initiale .....</b>	<b>21</b>		
7.1. Principaux polluants indicateurs de la pollution automobile .....	21		
7.1.1. Les oxydes d'azote (NOx).....	21		
7.1.2. Le monoxyde de carbone (CO) .....	21		
7.1.3. Le benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	21		
7.1.4. Les particules en suspension (PM) ou poussières .....	22		
7.1.5. Les métaux .....	22		
7.1.6. Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	22		
7.1.7. Benzo[a]pyrène.....	22		
7.2. L'indice Atmo .....	23		
7.3. Valeurs et seuils réglementaires .....	23		
7.4. Recommandations de l'OMS.....	24		
7.5. Actions d'amélioration à l'échelon régional, départemental et local .....	24		
7.5.1. Réseau agréé de surveillance de la qualité de l'air.....	24		
7.5.2. Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET).....	25		
7.5.3. Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE).....	26		
7.5.4. Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) .....	28		
7.5.5. Le Plan National et le Plan Régional Santé-Environnement (PNSE4 et PRSE3) .....	29		
7.5.1. Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA).....	29		
7.6. Qualité de l'air à proximité de la zone d'étude.....	31		
7.6.1. Emissions de polluants atmosphériques par secteur d'activité.....	31		
7.6.2. Concentrations mesurées par l'AASQA en air ambiant aux alentours de la zone d'étude	33		
7.6.3. Concentrations modélisées par l'AASQA aux alentours de la zone de projet .....	34		
7.7. Mesures réalisées in-situ.....	37		
7.7.1. Méthodologie d'étude .....	37		
7.7.2. Localisation des points de mesures .....	38		
7.7.3. Conditions météorologiques.....	39		
7.7.4. Interprétation des résultats .....	42		
<b>8. Conclusion de l'état initial.....</b>	<b>46</b>		
<b>Partie 4. Impact du projet.....</b>	<b>49</b>		
<b>9. Trafic routier : Calcul d'émissions de polluants et de la consommation énergétique .....</b>	<b>50</b>		
9.1. Données .....	50		
9.2. Répartition du parc automobile .....	50		
9.3. Définition du domaine d'étude.....	50		
9.4. Evolution du trafic routier dans le domaine d'étude.....	52		



<b>9.5. Bilan de la consommation énergétique .....</b>	<b>52</b>
<b>9.6. Bilan des émissions en polluants.....</b>	<b>53</b>
<b>9.7. Analyse des coûts collectifs.....</b>	<b>54</b>
9.7.1. Coûts liés à la pollution de l'air .....	54
9.7.2. Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel .....	54
9.7.3. Coûts collectifs globaux .....	54
<b>10. Modélisation de la dispersion atmosphérique .....</b>	<b>55</b>
<b>10.1. Méthodologie des calculs .....</b>	<b>55</b>
<b>10.2. Résultats des modélisations .....</b>	<b>55</b>
10.2.1. Modélisation du dioxyde d'azote .....	56
10.2.2. Modélisation des particules PM10.....	66
10.2.3. Modélisation des particules PM2,5 .....	76
<b>11. Evaluation de l'impact sanitaire simplifié : Indice IPP .....</b>	<b>86</b>
<b>11.1. Objectif de l'IPP .....</b>	<b>86</b>
<b>11.2. Données utilisées dans le calcul de l'IPP .....</b>	<b>86</b>
11.2.1. Population .....	86
11.2.2. Concentration en dioxyde d'azote.....	86
<b>11.3. Présentation des résultats de L'IPP du NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>86</b>
11.3.1. Indice Pollution Population cumulé dans la bande d'étude.....	86
11.3.2. Etude des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée .....	87
11.3.3. Etude de la répartition spatiale des Indices Pollution Population dans la bande d'étude.....	88
<b>12. Conclusion de l'impact du projet .....</b>	<b>96</b>
<b>Partie 5. Annexes .....</b>	<b>100</b>
<b>Annexe 1 Résultats du laboratoires PASSAM.....</b>	<b>101</b>
<b>Annexe 2 Fiches de mesures.....</b>	<b>103</b>
<b>Annexe 3 Etude de trafic .....</b>	<b>108</b>

Indice	Date	Nature de l'évolution	Rédaction	Vérification	Validation
<b>A</b>	15/09/2023	Première version du rapport – Etat Initial de la qualité de l'air	FC	PJ	PYN
<b>B</b>	30/10/2023				
<b>C</b>	19/12/2023	Etude d'impact – Volet Air et Santé	NB	PJ	PYN
<b>D</b>	29/03/2024	Intégration des résultats de la seconde campagne de mesures	FC	PJ	PYN

# Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet de lotissement sur le secteur Coudoulet - Orange (84) .....	8	Figure 23 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure du 09/06/2023 au 06/07/2023 à la Station météo France Orange (84).....	40
Figure 2 : Plan de masse prévisionnel du projet.....	9	Figure 24 : Rose des vents normales de la station Météo France : Orange (84)- Période 2001-2020 .....	40
Figure 3 : Illustration de l'installation des tubes passifs - NO <sub>2</sub> .....	12	Figure 25 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures - Station météo France Orange (84).....	41
Figure 4 : Illustration du capteur passif de particules PM10 .....	12	Figure 26 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure du 15/01/2024 au 13/02/2024 à la Station météo France Orange (84).....	41
Figure 5 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic router .....	13	Figure 27 : Rose des vents normales de la station Météo France : Orange (84)- Période 2001-2020.....	41
Figure 6 : Carte topographique de la zone étudiée (source topographic-map.com).....	19	Figure 28 : Concentration moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> mesurées par tubes passifs .....	42
Figure 7 : Normales de rose de vent sur la période de 2001 à 2020 à la station Météo France de Orange(84)....	19	Figure 29 : Statistiques sur les concentrations moyennes annuelles en fonction du type de site .....	42
Figure 8 : Cartographie de la densité de population (source geoportail, données Filosofi 2017).....	20	Figure 30 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote.....	43
Figure 9 : Cartographie des zones de bâtis abritant des populations vulnérables (source geoportail données cartographiques IGN et INSEE).....	20	Figure 31 : Transect installé le long de l'axe routier, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO <sub>2</sub>	44
Figure 10 : Échelle de l'indice ATMO - Source AtmoSud.....	23	Figure 32 : Etude de la saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote .....	44
Figure 11 : Évolution des recommandations de l'OMS - Source Air PARIF .....	24	Figure 33 : Concentrations en particules PM10 mesurées par capteurs passifs lors des campagnes de mesures .....	45
Figure 12 : Réduction des émissions par rapport à 2005 - Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer - Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA).....	30	Figure 34 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10 .....	45
Figure 13 : Amélioration de la qualité de l'air - Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer - Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA).....	30	Figure 35 : Présentation du domaine d'étude pris en compte dans le calcul des émissions atmosphériques de polluants.....	51
Figure 14 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019) .....	31	Figure 36 : Consommation énergétique journalière TEP/jour .....	52
Figure 15 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans le département du Vaucluse.....	32	Figure 37 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Actuelle 2023.....	57
Figure 16 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Orange (cigale AtmoSud 2019) .....	32	Figure 38 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Référence- Horizon 2028 .....	58
Figure 17 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote en 2021-Modélisé par AtmoSud .....	34	Figure 39 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Avec Projet - Horizon 2028.....	59
Figure 18 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en particules PM10 en 2019 - Modélisées par AtmoSud .....	35	Figure 40 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023- dioxyde d'azote - horizon 2028.....	60
Figure 19 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en particules PM2,5 en 2019 - Modélisées par AtmoSud .....	36	Figure 41 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence - dioxyde d'azote - horizon 2028 .....	61
Figure 20 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs et détails des polluants mesurés ..	38	Figure 42 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Référence- Horizon 2048 .....	62
Figure 21 : Influence des conditions météorologiques sur la dispersion des polluants - Source : ATMO Auvergne Rhône Alpes .....	39		
Figure 22 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures - Station météo France Orange (84).....	40		

Figure 43 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Projet- Horizon 2048.....	63
Figure 44 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023 – dioxyde d'azote – horizon 2048 .....	64
Figure 45 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence – dioxyde d'azote – horizon 2048.....	65
Figure 46 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Actuelle 2023 ....	67
Figure 47 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Référence- Horizon 2028.....	68
Figure 48 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Avec Projet – Horizon 2028 .....	69
Figure 49 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023- Particules PM10- horizon 2028 .....	70
Figure 50 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence – Particules PM10- horizon 2028.....	71
Figure 51 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Référence- Horizon 2048.....	72
Figure 52 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Projet- Horizon 2048.....	73
Figure 53 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023 – Particules PM10- horizon 2048 .....	74
Figure 54 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence – Particules PM10- horizon 2048.....	75
Figure 55 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Actuelle 2023 ...	77
Figure 56 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5- Situation Référence- Horizon 2028 .....	78
Figure 57 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5- Situation Avec Projet – Horizon 2028 .....	79
Figure 58 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023- Particules PM2,5- horizon 2028.....	80
Figure 59 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence – Particules PM2,5- horizon 2028 .....	81
Figure 60 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5- Situation Référence- Horizon 2048 .....	82
Figure 61 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5- Situation Projet- Horizon 2048.....	83
Figure 62 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 par rapport à la situation actuelle 2023- Horizon 2048.....	84

Figure 63 : Impact du projet sur concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 par rapport à la situation de référence- Horizon 2048.....	85
Figure 64 : Nombre d'habitants exposés aux différentes gammes de concentrations en NO <sub>2</sub> pour tous les horizons et scénarios étudiés .....	87
Figure 65 : Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote – Situation actuelle – Horizon 2023 .....	89
Figure 66 : Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote – Situation de référence – Horizon 2028.....	90
Figure 67 : Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote – Situation de projet – Horizon 2028.....	91
Figure 68 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence-Horizon 2028.....	92
Figure 69 : Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote – Situation de référence – Horizon 2048.....	93
Figure 70 : Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote – Situation de projet- Horizon 2048 .....	94
Figure 71 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population (IPP) du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence-Horizon 2048.....	95
Figure 72 : Résultats bruts de l'analyse du dioxyde d'azote par le laboratoire PASSAM (avant correction) – Campagne en période chaude.....	101
Figure 73 : Résultats bruts de l'analyse des particules PM10 par le laboratoire PASSAM – Campagne en période chaude.....	101
Figure 74 : Résultats bruts de l'analyse du dioxyde d'azote par le laboratoire PASSAM (avant correction) – Campagne en période froide.....	102
Figure 75 : Résultats bruts de l'analyse des particules PM10 par le laboratoire PASSAM – Campagne en période froide.....	102



# Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition du niveau d'étude en fonction du trafic et de la densité de population .....	10	Tableau 22 : Statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés .....	66
Tableau 2 : Statistiques INSEE 2020 de la population de la commune étudiée (chiffres parus le 01/01/2023)..	20	Tableau 23 : Statistiques des concentrations en particules PM2,5 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés .....	76
Tableau 3 : Échelle des sous-indices de l'indice ATMO – Source Atmo France.....	23	Tableau 24 : IPP cumulé du NO <sub>2</sub> dans la bande d'étude .....	86
Tableau 4 : Définition des seuils réglementaires de référence.....	23	Tableau 25 : Nombre d'habitants exposés à différentes gammes de concentrations.....	87
Tableau 5 : Critères de qualité de l'air en vigueur.....	23	Tableau 26 : Statistiques des IPP du dioxyde d'azote calculés dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	88
Tableau 6 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019) .....	31		
Tableau 7 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans le département du Vaucluse (cigale AtmoSud 2019).....	32		
Tableau 8 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Orange .....	32		
Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles mesurées dans l'air ambiant par AtmoSud et comparaison avec les valeurs de référence et réglementaires .....	33		
Tableau 10 : Organisation des campagnes de mesures dans la zone d'étude.....	37		
Tableau 11 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts .....	37		
Tableau 12 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles – fiche climatologique Météo France : Statistiques 1991-2020 et record – Station météo France Orange (84) .....	40		
Tableau 12 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles – fiche climatologique Météo France : Statistiques 1991-2020 et record – Station météo France Orange (84) .....	41		
Tableau 13 : Statistiques par site de différentes typologies – Concentrations moyennes annuelles.....	42		
Tableau 14 : Transect installé le long de l'axe routier, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO <sub>2</sub> .....	44		
Tableau 15 : Evolution du trafic dans le domaine d'étude .....	52		
Tableau 16 : Emissions moyennes journalières sur le domaine d'étude .....	53		
Tableau 17 : Emissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur le domaine d'étude.....	53		
Tableau 18 : Coûts liés à la pollution de l'air – Tous types de véhicules confondus .....	54		
Tableau 19 : Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel – Tous types de véhicules confondus.....	54		
Tableau 20 : Coûts collectifs globaux du domaine d'étude .....	54		
Tableau 21 : Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés .....	56		



# Partie 1. Contexte du projet et règlementation

## 1. Contexte du projet

Cette étude s'inscrit dans le cadre des études environnementales relatives au projet de lotissement sur le secteur Coudoulet à Orange (84).

La cartographie ci-contre présente la localisation du projet. Il vise à créer un lotissement comprenant :

- 50 villas pavillonnaires ;
- 16 villas à vocation sociale ;
- 6 logements en appartements
- Des voiries avec stationnements ;
- Des espaces verts.

On notera également que le projet est situé à 100 m de l'autoroute A7.

Cette étude est réalisée pour le compte de Terres du Soleil. Les enjeux de cette étude sont dans un premier temps de qualifier la qualité de l'air de la zone et ainsi déterminer les concentrations locales.

Puis dans un second temps, à qualifier l'impact du projet en lui-même sur la qualité de l'air locale : Le trafic routier étant une source de pollution atmosphérique, un changement des conditions de trafic locales peut impacter, de façon positive ou négative, la qualité de l'air et donc la santé des populations avoisinant ces axes.

Le présent rapport s'attache à qualifier la qualité de l'air de la zone et l'impact du projet en terme de pollution de l'air, conformément à la note méthodologique du 22 février 2019 relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières.



Figure 1 : Localisation du projet de lotissement sur le secteur Coudoulet - Orange (84)



Figure 2 : Plan de masse prévisionnel du projet

## 2. Réglementation et niveau d'étude

### 2.1. La réglementation

Les articles L220-1 et suivants du Code de l'Environnement, ancienne loi sur l'air du 30 décembre 1996, ont renforcé les exigences dans le domaine de la qualité de l'air et constituent le cadre de référence pour la réalisation des études d'environnement et des études d'impact dans les projets d'infrastructures routières.

L'article 19 de cette loi, complété par sa circulaire d'application 98-36 du 17 février 1998 énonce en particulier la nécessité :

- D'analyser les effets du projet sur la santé ;
- D'estimer les coûts collectifs des pollutions et des avantages induits ;
- De faire un bilan de la consommation énergétique.

Les méthodes et le contenu de cette étude sont définis par la note technique du 22 février 2019 relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières.

Cette récente note technique est venue actualiser la précédente note de 2005 annexée à la circulaire DGS/SD7B/2005/273 du 25 février 2005.

L'étude est menée conformément à :

- La note méthodologique du 22 février 2019 relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières.
- L'annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement « volet air » rédigée par le SETRA et le CERTU, pour la Direction des Routes du Ministère de l'Équipement des Transports de l'Aménagement du territoire du Tourisme et de la Mer et diffusée auprès des Préfets de région et de département par courrier daté du 10 juin 1999 signé du Directeur des Routes.

### 2.2. Niveau d'étude

La note technique du 22 février 2019 définit le contenu des études « Air et Santé », qui se veut plus ou moins conséquent selon les enjeux du projet en matière de pollution de l'air et d'incidences sur la santé.

Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et en fonction de la densité de population à proximité de cette dernière.

Tableau 1 : Définition du niveau d'étude en fonction du trafic et de la densité de population

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	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
<b>G I</b> Bâti avec densité ≥ 10 000 hab./ km <sup>2</sup>	I	I	II	II si le projet > 5 km ou III si le projet < ou = 5 km
<b>G II</b> Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab./ km <sup>2</sup>	I	II	II	II si le projet > 25 km ou III si le projet < ou = 25 km
<b>G III</b> Bâti avec densité ≤ 2000 hab./ km <sup>2</sup>	I	II	II	II si le projet > 50 km ou III si le projet < ou = 50 km
<b>G IV</b> Pas de Bâti	III	III	IV	IV

Au regard des aménagements, **une étude de niveau II** est réalisée pour ce projet.

Une étude de niveau II contient les étapes suivantes :

- L'état initial de la qualité de l'air,
- La campagne de mesures *in situ*,
- Les calculs des émissions,
- Modélisation de la dispersion atmosphérique
- Calcul de l'Indice Pollution Population
- L'analyse des coûts collectifs.

Les polluants à prendre en considération, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>),
- Particules fines (PM10 et PM2.5),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Benzène, comme traceur des Composés Organiques Volatils non Méthaniques (COVnM),
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>),
- Métaux : Arsenic et nickel,
- Benzo[a]pyrène (B(a)P, comme traceur des hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Par ailleurs, les émissions de CO<sub>2</sub>, traceur des gaz à effets de serre, seront également estimées.



# Partie 2. Méthodologie

## 3. Méthodologie des campagnes de mesures

### 3.1. Prélèvements passifs

Les campagnes de mesures sont généralement réalisées sur 2 saisons contrastées différentes, elles s'intéressent aux principaux polluants d'origine automobile qui sont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les particules (de taille inférieure à 10µm : PM10). Ces polluants sont mesurés :

- Pour le dioxyde d'azote : sur une durée de 4 semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs.
- Pour les particules (PM10) : sur une durée de 15 jours à l'aide d'un capteur passif.

Cette technique de mesure permet d'obtenir une évaluation de la concentration atmosphérique moyenne de ces polluants sur cette durée.

La méthodologie d'échantillonnage consiste en la suspension des échantillonneurs passifs dans une boîte les protégeant des intempéries. Ces boîtes sont placées à une hauteur de 2 à 2,5 mètres du sol, en suspension libre, aux endroits de mesures choisis.



Figure 3 : Illustration de l'installation des tubes passifs - NO<sub>2</sub>



Figure 4 : Illustration du capteur passif de particules PM10

### 3.2. Position des points de mesures

Les points sont répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin de caractériser au mieux la qualité de l'air sur les secteurs étudiés.

Les points de mesures sont caractéristiques d'un type de pollution selon leur emplacement. Ainsi, on distingue les sites sous influence :

- Les points de proximité trafic (T), situés à proximité d'un axe de circulation important ;
- Les points de fond (F), situés en dehors de la zone d'influence du trafic routier ;
- Les points industriels (I), situés dans une zone sous influence industrielle.

Les sites de mesures sont également caractérisés par la densité de population et peuvent être des sites de typologie urbaine, périurbaine ou rurale.

### 3.3. Analyse en laboratoire

Les tubes sont ensuite envoyés pour analyse dans un laboratoire spécialisé (PASSAM), situé en Suisse, pour obtenir les concentrations mesurées in situ.

### 3.4. Interprétation des résultats

Une analyse et une interprétation des résultats obtenus est effectuée suivant la nature des prélèvements, leurs concentrations, les conditions météorologiques locales constatées pendant les mesures.

Les concentrations en dioxyde d'azote issues de l'analyse brute du laboratoire PASSAM ont été corrigées comme préconisé dans le guide de référence « Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » de l'ADEME (2002) : les résultats bruts ont été multipliés par un coefficient de 0,901 afin d'être représentatifs des concentrations réelles.

Les conditions météorologiques durant la campagne de mesures sont précisées au chapitre 7.7.3.

### 3.5. Difficultés rencontrées

Aucune difficulté n'a été rencontrée lors de la première campagne de mesures. Lors de la seconde campagne de mesures (en période froide), le dispositif de prélèvement des PM10 du point 5 a été dérobé.

## 4. Méthodologie du calcul des émissions et de l'analyse des coûts collectifs

### 4.1. Calcul des émissions

Le calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique est réalisé à partir du logiciel **TREFIC™** distribué par Aria Technologies. Cet outil de calcul intègre la méthodologie **COPERT V** issue de la recherche européenne (European Environment Agency) qui remplace sa précédente version COPERT III (intégrée dans l'outil ADEME-IMPACT fourni par l'ADEME).

La méthodologie COPERT V est basée sur l'utilisation de facteurs d'émission qui traduisent en émissions et consommation l'activité automobile à partir de données qualitatives (vitesse de circulation, type de véhicule, durée du parcours...).

La méthode intègre plusieurs types d'émissions :

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

Elle intègre aussi :

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

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

Les vitesses très faibles (inférieures à 10 km/h) sont en dehors de la gamme de validité des facteurs d'émissions de la méthode COPERT V (gamme de validité de 10 à 130 km/h). TREFIC™ associe un coefficient multiplicatif aux facteurs d'émissions déterminées à 10 km/h selon la méthode COPERT V pour redéfinir les facteurs d'émissions des vitesses inférieures. Ce coefficient correspond au ratio entre la vitesse basse de validité, soit 10km/h, et la vitesse de circulation pour laquelle le facteur est estimé (par exemple pour une vitesse de circulation de 5 km/h, le coefficient appliqué est de 2). Toutefois, pour les vitesses inférieures à 3km/h, les incertitudes sont trop importantes et les facteurs d'émissions ne peuvent être recalculés.

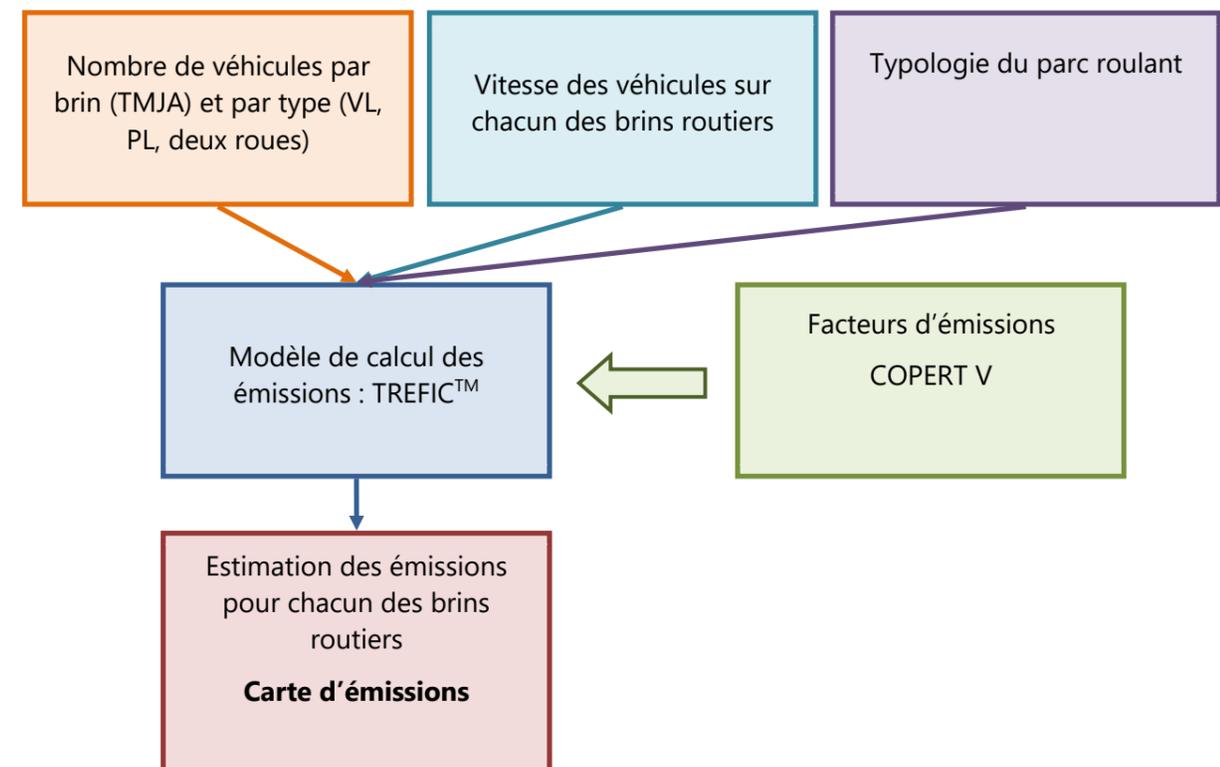


Figure 5 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier



## 4.2. Analyse des coûts collectifs

Les émissions de polluants atmosphériques issus du trafic routier sont à l'origine d'effets variés : effets sanitaires, impact sur les bâtiments, atteintes à la végétation et réchauffement climatique.

L'instruction du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boîteux II ». Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes mais elles concernent notamment la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, rural), une valeur de l'impact, principalement sanitaire, de la pollution atmosphérique.

Cette instruction est annulée et remplacée par celle du 16 juin 2014 qui présente le cadre général de l'évaluation des projets de transports, en application des dispositions des articles L.1511-1 à L.1511-6 du code des transports et du décret n°84-617 du 17 juillet 1984. La note technique du 27 juin 2014 présente entre autre, la méthodologie à appliquer pour la monétarisation des émissions liées directement ou indirectement au trafic routier en s'appuyant sur :

- « L'évaluation socioéconomique des investissements publics » de septembre 2013 du commissariat à la stratégie et à la prospective (mission présidée par Emile Quinet) ;
- « La valeur tutélaire du carbone » de septembre 2009 du centre d'analyse stratégique (mission présidée par Alain Quinet).

Deux externalités sont étudiées :

- La pollution atmosphérique afin d'intégrer les effets sur la santé, le bâti et la végétation ;
- Les émissions de gaz à effet de serre pour évaluer le coût du réchauffement climatique.

Afin d'aider à conduire les évaluations, des fiches outils sont disponibles sur les éléments clés. Elles contiennent notamment les valeurs de référence communes qui sont prescrites pour le calculs des indicateurs socio-économiques standardisés. Une mise à jour de certaines de ces fiches outils a eu lieu le 3 août 2018 et/ou le 3 mai 2019. L'analyse des coûts collectifs prend en compte ces mises à jour.

### 4.2.1. La pollution atmosphérique

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'analyse de quatre polluants ou famille de polluants : le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les PM<sub>2.5</sub> et les COVNM. Les impacts suivants sont considérés dans la monétarisation :

- Particules (PM<sub>2,5</sub>) : effets sanitaires (mortalité et morbidité) ;
- NO<sub>x</sub> : effets sur la santé (via nitrates et O<sub>3</sub>), eutrophisation des milieux et effet fertilisation des sols agricoles (via nitrates), pertes de cultures (via O<sub>3</sub>) ;
- SO<sub>2</sub> : santé (via sulfates), acidification des milieux, pertes de cultures ;
- COVNM : effets sanitaires (via O<sub>3</sub>), pertes de cultures (via O<sub>3</sub>).

Les valeurs tutélaire par type de véhicules sont calculées à partir de la somme des coûts en €/véh.km de chaque polluant. Chaque coût (défini par polluant) correspond au produit du facteur d'émission (en g/km) par le coût marginal (en €/g) des impacts sanitaires et environnementaux des émissions du polluant considéré (Équation 1).

$$Valeur\ Tutélaire_v = \sum_p^n (F_{vp} * C_p) \quad \text{Équation 1}$$

Avec :

$v$  : type de véhicule

$p$  : polluant considéré

$F_{vp}$  : facteur d'émission d'un type de véhicule  $v$  pour le polluant  $p$  (en g/km)

$C_p$  : coût marginal du polluant  $p$  (en €/g)

Valeur tutélaire<sub>v</sub> : valeur tutélaire du type de véhicule  $p$  (en €/km)

Les effets sanitaires étant intrinsèquement liés à la présence ou non de population, les valeurs tutélaire sont ensuite modulées en fonction de la densité. Le tableau ci-dessous reprend les facteurs associés et les densités de population considérées.

Facteurs multiplicatifs de densité de population pour le calcul des coûts sanitaire lorsque l'infrastructure passe d'une zone à l'autre :

Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
*10	*3	*3	*3

Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

hab/km <sup>2</sup>	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
<b>Fourchette</b>	< 37	37-450	450-1 500	1500 -4 500	> 4500

Afin d'intégrer la variabilité des émissions en fonction de la vitesse de circulation, les facteurs d'émission de chaque polluant sont pondérés par un coefficient dépendant des classes de densité précédemment décrites. Il est en effet considéré que la vitesse décroît en fonction de l'augmentation de l'urbanisation (et donc de la densité de population). Le tableau suivant reprend les différents coefficients. Ces ajustements sont basés sur les facteurs d'émission COPERT V.

Coefficients de vitesse pour le calcul des facteurs d'émissions lorsque l'infrastructure passe d'une zone à une autre

	Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
<b>VL NOx</b>	/1,5	/1,3	*1	*1,5
<b>VL PM2.5</b>	/1,5	/1,7	*1	*1,3
<b>PL NOx</b>	*1,1	*1,2	*1	*1,6
<b>PL PM2.5</b>	*1	*1,2	*1	*2

NB : les facteurs des VP sont également appliqués aux deux roues et VUL ; de même, les facteurs PL sont appliqués aux bus également.

Les valeurs tutélaires sont estimées en euro 2015 sur la base d'un parc roulant de 2015. La variation annuelle des valeurs tutélaires au-delà de 2015 correspond à la somme des pourcentages de variation des émissions routières et du PIB par habitant.

La note méthodologique conseille d'utiliser comme taux d'évolution pour les émissions routières :

Taux d'évolution pour les émissions routières

	VL	PL
<b>Diminution annuelle des émissions polluantes de 2015 à 2030</b>	-4,50%	-4,00%
<b>Diminution annuelle des émissions polluantes de 2030 à 2050</b>	-0,50%	-2,50%
<b>Diminution annuelle des émissions polluantes de 2050 à 2070</b>	-0,50%	0,00%

En l'absence de la directive sur les plafonds d'émission et afin d'être cohérent avec la réalité des émissions automobiles, la baisse des émissions est estimée pour la période de 2020 à 2030 selon le même procédé que

de 2010 à 2020, soit sur la base des facteurs d'émissions (COPERT V) et du parc automobile français disponibles jusqu'en 2030 (parc IFFSTAR). Cette méthodologie aboutie à une baisse annuelle similaire, soit 4,5% pour les VL et 4% pour les PL. A partir de 2030 jusqu'en 2070, les émissions sont considérées comme constantes ce qui constitue une hypothèse majorante mais conforme à la note méthodologique pour les PL et une baisse de 0,5% par an pour les VL. Au-delà de 2070, les émissions sont considérées comme constantes pour les VL et les PL.

Concernant la variation du PIB par habitant, il est estimé sur la base :

- Des projections INSEE de la population française jusqu'en 2060 ;
- D'un PIB variant jusqu'en 2030 selon l'évolution du PIB de ces 15 dernières années ;

D'un PIB croissant au-delà de 2030 au taux de 1,5% (hypothèse courante en socio-économie).

#### 4.2.2. Les émissions de gaz à effet de serre

Suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (ou CO<sub>2</sub> équivalent) est de :

- 53€ 2015 la tonne de CO<sub>2</sub> en 2018
- 246€ 2015 la tonne de CO<sub>2</sub> en 2030
- 491€ 2015 la tonne de CO<sub>2</sub> en 2040.

Ces valeurs reprennent les recommandations de la commission Quinet (54€2018 en 2018, 250€2018 en 2030, 500€2018 en 2040) en les rapportant aux conditions économiques de 2015.

La valeur tutéaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030 ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà de 2040, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763€2015 en 2050 et 1184€2015 en 2060. Cette valeur reste constante à 1184€2015 au-delà de 2060.

### 4.2.3. Valeurs tutélaires

#### Coûts liés à la qualité de l'air

Le tableau suivant présente les valeurs tutélaires liées aux émissions polluantes du transport routier.

Valeurs tutélaires (€/100 véh.km) déclinées par type de véhicule

€ <sub>2015</sub> /100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
<b>VP</b>	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
<b>VP Diesel</b>	14,2	3,9	1,6	1,3	1
<b>VP Essence</b>	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
<b>VP GPL</b>	3,7	1	0,4	0,3	0,1
<b>VUL</b>	19,8	5,6	2,4	2	1,7
<b>VUL Diesel</b>	20,2	5,7	2,5	2	1,8
<b>VUL Essence</b>	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
<b>PL diesel</b>	133	26,2	12,4	6,6	4,4
<b>Deux-roues</b>	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
<b>Bus</b>	83,7	16,9	8,3	4,5	3,1

Les valeurs tutélaires, faisant une distinction entre la motorisation des VP et VUL (essence, diesel ou GPL), ont été pondérées en fonction de la répartition du parc roulant des années étudiées et de la typologie du parc (urbain, rural ou autoroutier).

Les données sont regroupées dans le tableau suivant :

Répartition du type de motorisation en fonction de l'année et de la typologie de l'axe routier – Parc IFFSTAR 2015-2050

Parc	Urbain			Rural			Autoroutier			
	Année	2023	2028	2048	2023	2028	2048	2023	2028	2048
<b>VP Essence</b>		44,5%	44,0%	25,4%	40,3%	40,5%	23,1%	31,6%	30,3%	16,4%
<b>VP Diesel</b>		50,7%	45,5%	24,0%	54,9%	48,9%	25,7%	63,1%	58,3%	29,7%
<b>VP Hybride</b>		4,3%	9,8%	47,6%	4,3%	10,0%	48,2%	4,6%	10,6%	50,6%
<b>VP GPL</b>		0,5%	0,7%	2,9%	0,5%	0,7%	3,0%	0,6%	0,7%	3,1%
<b>VP GNC</b>		0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
<b>VUL essence</b>		3,9%	8,3%	39,0%	4,9%	10,9%	46,3%	4,6%	9,3%	42,1%
<b>VUL diesel</b>		96,1%	91,7%	61,0%	95,1%	89,1%	53,7%	95,4%	90,7%	57,9%
<b>Année</b>		2023	2028	2048	2023	2028	2048	2023	2028	2048
<b>VP Essence</b>		44,5%	44,0%	25,4%	40,3%	40,5%	23,1%	31,6%	30,3%	16,4%
<b>VP Diesel</b>		50,7%	45,5%	24,0%	54,9%	48,9%	25,7%	63,1%	58,3%	29,7%
<b>VP Hybride</b>		4,3%	9,8%	47,6%	4,3%	10,0%	48,2%	4,6%	10,6%	50,6%

Variation annuelle du PIB par tête et des émissions pour chaque horizon d'étude

	2023	2028	2048
<b>Pourcentage annuel d'évolution des émissions depuis 2015</b>	-4,50%	-4,50%	-2,34%
<b>Pourcentage annuel d'évolution du PIB par tête depuis 2015</b>	0,77%	1,12%	1,65%
<b>Pourcentage annuel d'évolution total</b>	-3,73%	-3,38%	-0,69%

#### Coût unitaire lié à l'effet de serre additionnel

Les valeurs tutélaires de la note méthodologique de 2014 sont récapitulées ci-dessous (actualisée le 03 mai 2019) :

Valeur tutélaires de la tonne de CO<sub>2</sub>

T CO <sub>2</sub> en euro 2015	
<b>2023</b>	133,4
<b>2028</b>	213,8
<b>2048</b>	698,3

Les émissions de CO<sub>2</sub> du projet sont estimées à partir des facteurs d'émissions de COPERT V.

Les valeurs sont recalculées et présentées dans le tableau suivant pour les VP et VUL.

Les valeurs tutélaires pour les horizons 2022 et 2031 sont modulées en fonction des variations annuelles du PIB par habitant et des émissions récapitulées dans le tableau suivant :

Valeur tutélaires (en €<sub>2015</sub>/100 véh.km) déclinées par type de véhicule par année et par typologie de voie

Catégorie	Année	Typologie	Urbain Très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
			(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)
VP	2023	Urbain	9,4	2,6	1,1	0,9	0,7
		Rural	9,8	2,7	1,1	0,9	0,7
		Autoroutier	10,6	2,9	1,2	1,0	0,7
	2028	Urbain	8,9	2,5	1,1	0,8	0,6
		Rural	9,2	2,6	1,1	0,8	0,6
		Autoroutier	10,6	2,9	1,2	1,0	0,7
	2048	Urbain	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
		Rural	6,9	2,0	0,8	0,6	0,5
		Autoroutier	10,6	2,9	1,2	1,0	0,7
VUL	2023	Urbain	19,7	5,5	2,4	1,9	1,7
		Rural	19,5	5,5	2,4	1,9	1,7
		Autoroutier	19,6	5,5	2,4	1,9	1,7
	2028	Urbain	19,0	5,4	2,4	1,9	1,7
		Rural	18,7	5,3	2,3	1,8	1,6
		Autoroutier	18,9	5,3	2,3	1,9	1,7
	2048	Urbain	14,8	4,2	1,8	1,4	1,2
		Rural	13,8	3,9	1,7	1,3	1,1
		Autoroutier	14,3	4,1	1,7	1,4	1,2



---

## 5. Modélisation de la dispersion atmosphérique

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel ARIA Impact. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet également de tenir compte des concentrations de fond de la zone d'étude, ces données sont issues des données mesurées par AtmoSud :

- NO<sub>2</sub> : 13,7 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;
- PM10 : 18,8 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;
- PM2,5 : 11,5 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;

Les calculs ont été effectués à partir d'une rose des vents normales (station météo France de Marignane). Les résultats sont obtenus sur un réseau maillé d'une résolution de 75 mètres.



# Partie 3. Etat initial

## 6. Description de la zone d'étude

### 6.1. Situation géographique

Le projet de lotissement situé dans le secteur Coudoulet à Orange, dans le département du Vaucluse (84), en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

### 6.2. Topographie

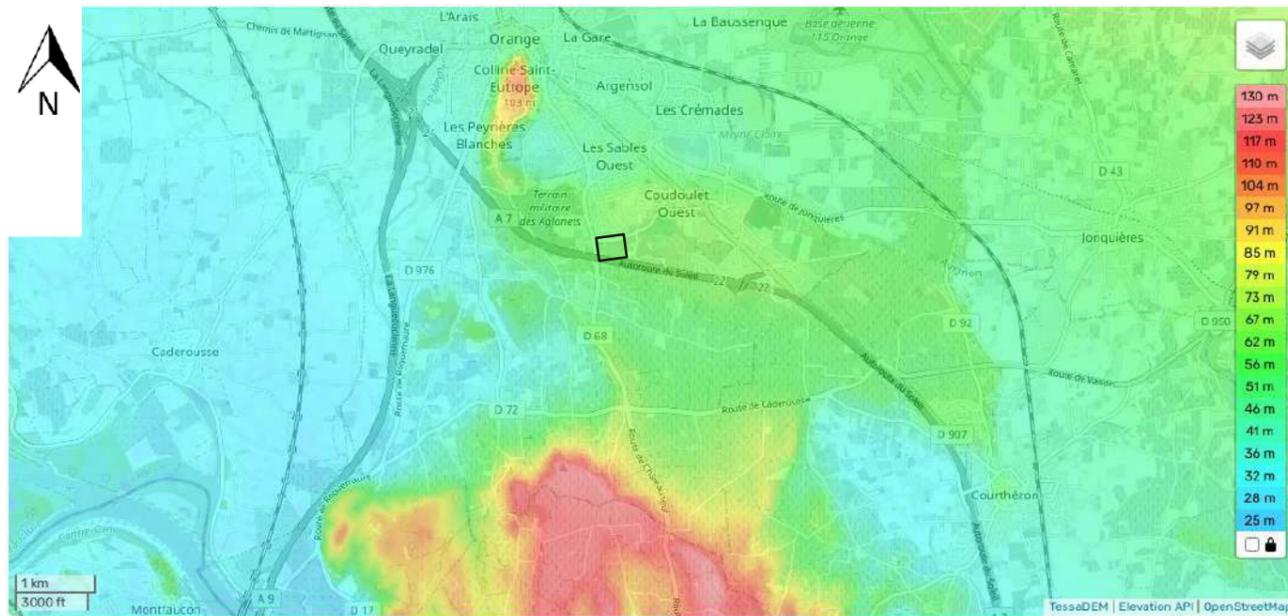


Figure 6 : Carte topographique de la zone étudiée (source topographic-map.com)

La carte topographique ci-dessus présente les reliefs aux alentours du projet. La zone de projet est mise en évidence dans un encadré noir.

La zone d'étude est bordée de reliefs de faible hauteur au Sud. Ainsi les polluants émis dans la zone d'étude, selon la direction du vent, peuvent être bloqués localement par les reliefs.

### 6.3. Climatologie

La commune de Orange est caractérisée par un climat de tempéré chaud. Pendant la saison hivernale, Orange connaît des précipitations plus importantes que pendant les mois d'été.

Afin de présenter la climatologie de la zone d'étude, les données de la station de Orange (84) de Météo France sont utilisées.

#### Températures

Le climat méditerranéen est caractérisé par la douceur de ses saisons. Toutefois, il faut se méfier de ses excès. Localement, l'été, la température peut atteindre 42,7°C sous abri alors qu'en plein hiver le thermomètre est déjà descendu à -14,5°C.

#### Précipitations

Typique du climat méditerranéen, la zone est marquée par des précipitations abondantes mais peu fréquentes : avec une hauteur de précipitations de 719,6 mm pour seulement 64,9 jours de pluie par an, en moyenne.

#### Ensoleillement

L'insolation est de 3368 heures par an à Orange (84), valeur conforme avec les moyennes que l'on rencontre sur l'arc méditerranéen français.

#### Vents

Les vents majoritairement observés proviennent du Nord-Ouest : le Mistral.

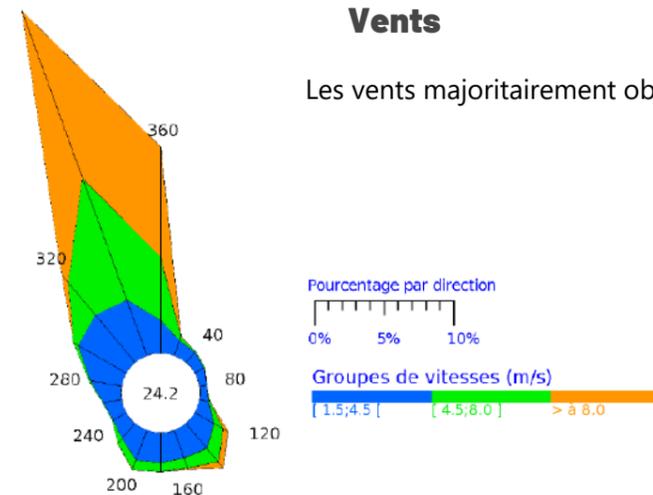


Figure 7 : Normales de rose de vent sur la période de 2001 à 2020 à la station Météo France de Orange(84)

## 6.4. Population

Les données de population des communes comprises dans la bande d'étude du projet sont issues de L'INSEE et sont présentées dans le tableau ci-dessous.



Figure 8 : Cartographie de la densité de population (source geoportail, données Filosofi 2017)

La zone du projet est caractérisée par un milieu périurbain, toutefois celle-ci est située à proximité immédiate de zones présentant une densité de type urbain (> 1000 habitants/km<sup>2</sup> - données Filosofi 2017).

Un établissement sensible est présent à 500m au nord de la zone du projet, il s'agit d'une école primaire. Celle-ci est présentée dans la cartographie ci-après.

Tableau 2 : Statistiques INSEE 2020 de la population de la commune étudiée (chiffres parus le 01/01/2023)

Commune	Population	Taux de natalité ‰	Taux de mortalité ‰	Dynamique	Densité moyenne (hab/km <sup>2</sup> )
<b>Orange</b>	28 454	13,3	10,1	Décroissante	383,5



Figure 9 : Cartographie des zones de bâtis abritant des populations vulnérables (source geoportail données cartographiques IGN et INSEE)

La commune de Orange connaît une variation annuelle moyenne de la population de -0,6% malgré un solde naturel de 0,3%, le solde apparent des entrées sorties est quant à lui de -0,9%. Une dynamique de population décroissante qui trouve dans les villages alentours (Camaret, Piolenc, Jonquières) des opportunités de logements en villas (jeunes couples et/ou décohabitation).

## 7. Analyse de la situation initiale

### 7.1. Principaux polluants indicateurs de la pollution automobile

Selon le guide méthodologique de 2019, les polluants à prendre en considération pour **une étude de niveau II**, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>),
- Particules fines (PM10 et PM2,5),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Benzène, comme traceur des Composés Organiques Volatils non Méthaniques (COVnM),
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>),
- Métaux : Arsenic et nickel,
- Benzo[a]pyrène (B(a)P, comme traceur des hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

#### 7.1.1. Les oxydes d'azote (NOx)

Les émissions d'oxydes d'azote apparaissent dans toutes les combustions utilisant des combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...), à hautes températures.

Les oxydes d'azote sont des polluants caractéristiques de la circulation routière. En 2017, le secteur des transports est en effet responsable de 63 % des émissions totales de NOx (CITEPA, Bilan des émissions en France de 1990 à 2017 – Edition 2019), les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence à pots catalytiques.

Le bilan 2018 de la qualité de l'air extérieur en France (SDES, édition 2019), montre qu'entre 2000 et 2018, dans la plupart des agglomérations, les concentrations de dioxyde d'azote mesurées par les stations urbaines ont baissé d'environ 54 %. Ces évolutions sont essentiellement à mettre en relation avec le renouvellement du parc automobile et l'équipement des véhicules avec des pots catalytiques.

Le dioxyde d'azote, selon la concentration et la durée d'exposition, peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez les personnes asthmatiques, augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants. Les oxydes d'azote sont aussi à l'origine de la formation de l'ozone, un gaz qui a des effets directs sur la santé.

#### 7.1.2. Le monoxyde de carbone (CO)

Tous les secteurs d'activité anthropique contribuent aux émissions de CO, gaz inodore et incolore. Leur répartition est variable en fonction de l'année considérée. En 2017, les trois secteurs contribuant le plus aux émissions de la France métropolitaine sont (CITEPA, 2019) :

- Le résidentiel/tertiaire (45 %),
- L'industrie manufacturière (31 %),
- Le transport routier (17 %).

La diésélisation du parc automobile (un véhicule diesel émet 25 fois moins de CO qu'un véhicule à essence) et l'introduction de pots catalytiques ont contribué à une baisse des émissions de CO dans le secteur automobile : Entre 1990 et 2017, une diminution de 94% des émissions de CO imputables aux transports routiers est observée.

Il convient toutefois de nuancer ces données du fait de l'augmentation du parc automobile et du nombre de voitures particulières non dépolluées en circulation.

Du point de vue de son action sur l'organisme, après avoir traversé la paroi alvéolaire des poumons, le monoxyde de carbone se dissout dans le sang puis se fixe sur l'hémoglobine en bloquant l'apport d'oxygène à l'organisme. Aux concentrations rencontrées dans les villes, il peut être responsable d'angines de poitrine, d'épisodes d'insuffisance cardiaque ou d'infarctus chez les personnes sensibles.

Le système nerveux central et les organes sensoriels sont souvent les premiers affectés (céphalées, asthénies, vertiges, troubles sensoriels) et ceci dans le cas d'une exposition périodique et quotidienne au CO (émis par exemple par les pots d'échappement).

#### 7.1.3. Le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Le benzène est un hydrocarbure faisant partie de la famille des composés organique volatils. Il fait l'objet d'une surveillance particulière car sa toxicité reconnue l'a fait classer par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) parmi les « cancérogènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë).

Les émissions totales de benzène en 2017 sont de 8 920 tonnes, soit 1 % des émissions totales de COVnM. Le principal émetteur de benzène est le résidentiel-tertiaire (56 %) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport avec 30 %, dont 21 % issus du transport routier (Exploitation des données CITEPA, 2019).

Les émissions totales de benzène ont baissé de près de 84 % entre 2000 et 2017, essentiellement dans le transport routier (- 88 %) et le résidentiel-tertiaire (- 63 %).

Entre 2000 et 2017, une diminution des concentrations en benzène est observée à proximité de la source du trafic routier. Elle s'explique par la limitation du taux de benzène dans l'essence (depuis la mise en application de la réglementation européenne du 01/01/2000, selon la directive 98/70/CE du 13/10/1998), ainsi que par la diminution des véhicules essences du parc automobile français.

D'après les données et études statistiques du ministère de la transition écologique et solidaire : En 2017, les concentrations moyennes annuelles respectent globalement la norme européenne pour la protection de la santé humaine (moyenne annuelle de 5 µg/m<sup>3</sup>), avec des concentrations moyennes avoisinant 1,47 µg/m<sup>3</sup> à proximité du trafic routier.



### 7.1.4. Les particules en suspension (PM) ou poussières

En ce qui concerne les émissions de particules en suspension de diamètre inférieur à 10 microns (poussières dites PM10), de nombreux secteurs sont émetteurs (CITEPA année 2017, édition 2019), en particulier :

- L'agriculture/sylviculture (21 %), en particulier les labours,
- L'industrie manufacturière (31 %), en particulier les chantiers et le BTP ainsi que l'exploitation de carrières,
- Le résidentiel/tertiaire (33 %), en particulier la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul,
- Les transports (14 %).

Les émissions en France métropolitaine sont en baisse de 54 % entre 1990 et 2017. Cette baisse est engendrée en partie par les progrès technologiques tels que l'amélioration des techniques de dépoussiérage (CITEPA, 2019).

Les concentrations ambiantes en PM10 suivent des variations interannuelles, leur concentration résultant à la fois : des émissions anthropiques et naturelles, des conditions météorologiques, des émissions de précurseurs gazeux et de la formation de particules secondaires par réaction chimiques.

Néanmoins il est observé une tendance globale de diminution de ces concentrations (SDES, Bilan qualité de l'air 2018, édition 2019).

En termes de risques sanitaires, la capacité de pénétration et de rétention des particules dans l'arbre respiratoire des personnes exposées dépend du diamètre aérodynamique moyen des particules.

En raison de leur inertie, les particules de diamètre supérieur à 10 µm sont précipitées dans l'oropharynx et dégluties, celles de diamètre inférieur se déposent dans l'arbre respiratoire, les plus fines (<2-3 µm) atteignant les bronches secondaires, bronchioles et alvéoles.

A court terme, les particules fines provoquent des affections respiratoires et asthmatiques et sont tenues responsables des variations de l'activité sanitaire (consultations, hospitalisations) et d'une mortalité cardio-vasculaire ou respiratoire.

A long terme, on s'interroge sur le développement des maladies respiratoires chroniques et de cancers.

### 7.1.5. Les métaux

Les métaux principalement surveillés dans l'air ambiant en France sont l'arsenic (As), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni). Ils sont présents dans l'atmosphère sous forme solide associés aux fines particules en suspension.

Les métaux proviennent de la combustion des charbons, pétroles, déchets ménagers et de certains procédés industriels (activités de raffinage, métallurgie...).

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court ou long terme. Les effets varient selon les composés. Certains peuvent affecter le système nerveux, d'autres les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires ou autres...

La surveillance des métaux en air ambiant est récente. Il est ainsi difficile d'analyser une tendance d'évolution des niveaux de pollution.

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

C'est le polluant caractéristique des grandes agglomérations industrialisées. Il provient principalement du secteur de l'industrie manufacturière (50 % des émissions en 2017, CITEPA, 2019). Une faible partie (2% du total des émissions en 2017 – CITEPA 2019) provient du secteur des transports. Les émissions dues au trafic routier se sont vues réduites depuis 1990, par la désulfuration du carburant.

La tendance générale observée par les réseaux de mesure de la qualité de l'air est une baisse des teneurs en dioxyde de soufre, les concentrations moyennes annuelles approchant les 0 µg/m<sup>3</sup> ces dernières années (SDES, édition 2019). Cette baisse a été amorcée depuis le début des années 1980 (du fait de la diminution des émissions globales de 89 % en France entre les inventaires CITEPA de 1990 et 2017), en particulier grâce à la baisse des consommations d'énergie fossile, la baisse de la teneur maximale en soufre du gazole des véhicules (du fait de la réglementation) ou encore grâce aux progrès réalisés par les exploitants industriels en faveur de l'usage de combustibles moins soufrés et l'amélioration du rendement énergétique des installations.

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (entraînant des toux et des gênes respiratoires). Les asthmatiques y sont particulièrement sensibles. Le SO<sub>2</sub> agit de plus en synergie avec d'autres polluants notamment les particules fines en suspension.

### 7.1.7. Benzo[a]pyrène

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) appartiennent à la famille des hydrocarbures aromatiques. Ils sont formés d'atomes de carbone et d'hydrogène et leur structure comprend au moins deux cycles aromatiques. Les HAP forment une famille de plus de cent composés émis dans l'atmosphère par des sources diverses et leur durée de vie dans l'environnement varie fortement d'un composé à l'autre.

Les HAP sont présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou particulaire. Leurs sources sont principalement anthropiques et liées à des processus de combustion incomplète. En raison de leur toxicité ainsi que leur propriété mutagène et/ou cancérigène de certains d'entre eux, leurs émissions, leur production et leur utilisation sont réglementés.

Notamment en raison de leurs effets sur la santé, les HAP sont réglementés à la fois dans l'air ambiant et à l'émission.

Concernant les concentrations dans l'air ambiant, la surveillance des HAP se focalise généralement sur les molécules les plus lourdes et les plus toxiques. En France, la valeur cible pour les benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP et reconnu pour ses propriétés cancérigènes, est fixée à 1 ng/m<sup>3</sup> dans la fraction PM10 en moyenne annuelle. Cette valeur cible est à respecter depuis le 31 décembre 2012.

La combustion incomplète de la matière organique est la principale source de HAP dans l'atmosphère. Les sources peuvent être naturelle (incendies de forêts) mais sont majoritairement anthropiques dans les zones à forte densité de population.

Le chauffage résidentiel est une source potentiellement importante de HAP en particulier dans les zones fortement urbanisées. Le bois peut dans certaines régions être le principal contributeur aux émissions de HAP dans le secteur résidentiel. On notera que le facteur d'émission associé à la combustion du bois est 35 fois plus important que celui lié à la combustion du fioul, deuxième combustible en termes d'émission de benzo(a)pyrène.

## 7.2. L'indice Atmo

L'indice ATMO (révisé au 01/01/2021), quotidiennement diffusé au grand public, est un indicateur, à l'échelle communale, qui permet de caractériser chaque jour la qualité de l'air selon les 6 qualificatifs et code couleur suivants :

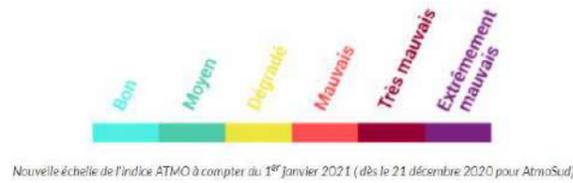


Figure 10 : Échelle de l'indice ATMO - Source AtmoSud

Cinq polluants (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, particules PM10 et PM2,5) entrent en compte dans la détermination de cet indice. En effet, de la concentration de ces polluants résultent six sous-indices (voir tableau ci-après). Le sous-indice le plus dégradé définit l'indice ATMO du jour.

Tableau 3 : Échelle des sous-indices de l'indice ATMO - Source Atmo France

		Indice arrêté du 10 juillet 2020					
		Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Moyenne journalière	PM2.5	0-10	11-20	21-25	26-50	51-75	>75
Moyenne journalière	PM10	0-20	21-40	41-50	51-100	101-150	>150
Max horaire journalier	NO <sub>2</sub>	0-40	41-90	91-120	121-230	231-340	>340
Max horaire journalier	O <sub>3</sub>	0-50	51-100	101-130	131-240	241-380	>380
Max horaire journalier	SO <sub>2</sub>	0-100	101-200	201-350	351-500	501-750	>750

Les données nécessaires pour le calcul journalier de chaque sous-indice sont :

- La moyenne des concentrations maximales horaires observées pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>),
- La moyenne des concentrations journalières observées pour les particules fines (PM10 et PM2,5).

## 7.3. Valeurs et seuils réglementaires

Les niveaux de concentration de chacune des substances polluantes sont évalués par référence à des seuils réglementaires définis dans le tableau suivant (Source : décret n°2010-1250 du 12 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air).

Tableau 4 : Définition des seuils réglementaires de référence

Normes de qualité	Définition
« <b>Objectif de qualité</b> »	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
« <b>Valeur cible</b> »	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
« <b>Valeur limite</b> »	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

Tableau 5 : Critères de qualité de l'air en vigueur

Polluants	Type de seuil	Valeur	Durée considérée	Ne pas dépasser plus de
<b>PM2.5</b>	X	10 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	25 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
<b>PM10</b>	X	30 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	40 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière	35 fois par an
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>	X   X	40 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	200 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire	35 fois par an
<b>Ozone</b>	X	120 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne sur 8h	-
	X	120 µg/m <sup>3</sup>	En moyenne sur 8h	25 jours par an
<b>Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>	X	2 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	5 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
<b>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b>	X	50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
	X	125 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière	3 fois par an
	X	350 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire	24 fois par an
<b>Benzo(a)pyrène</b>	X	1 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	-
<b>Monoxyde de carbone</b>	X	10 000 µg/m <sup>3</sup>	Maximum de la moyenne sur 8h	
<b>Nickel (Ni)</b>	X	20 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	
<b>Arsenic</b>	X	6 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle	

## 7.4. Recommandations de l'OMS

Le 22 septembre 2021, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié de nouvelles lignes directrices en matière de qualité de l'air : Les données accumulées par l'organisation montrant que la pollution atmosphérique ayant des effets néfastes sur la santé à des concentrations encore plus faibles que ce qui était admis jusqu'alors. L'OMS a donc abaissé la quasi-totalité de ses seuils de référence.

Les lignes directrices de l'OMS ont été établies suivant un processus rigoureux d'examen et d'évaluation des données factuelles. Les données les plus récentes nécessaires à l'établissement des lignes directrices ont été obtenues après la revue systématique et la synthèse de plus de 500 articles scientifiques.

En effet, depuis la précédente édition des lignes directrices (2005), la quantité et la qualité des données factuelles montrant une incidence de la pollution atmosphérique sur différents aspects de la santé ont sensiblement augmenté.

C'est pourquoi, après un examen systématique des données accumulées, la majorité des seuils de référence actualisés ont été abaissés par rapport à ceux établis il y a 15 ans. Les anciens seuils de référence et ceux par lesquels ils sont remplacés en 2021 sont récapitulés dans le graphique ci-dessous.



Figure 11 : Évolution des recommandations de l'OMS – Source Air PARIF

## 7.5. Actions d'amélioration à l'échelon régional, départemental et local

En complément des mesures effectuées, des actions d'amélioration de la qualité de l'air sont entreprises.

En France, les collectivités territoriales, chacune selon leur échelle et leur compétences légales, sont invitées par la loi et différents plans, comme par exemple le Plan Régional Santé Environnement, à contribuer à évaluer et améliorer la qualité de l'air. Pour cela, elles s'appuient sur des indicateurs de qualité de l'air, construits par des réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique.

La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996 est une loi-cadre française qui élargit les champs géographiques et techniques des réseaux de mesure et qui renforce enfin le droit à l'information du public. La loi a donc permis la mise en place de plusieurs plans.

### 7.5.1. Réseau agréé de surveillance de la qualité de l'air

Le Code de l'environnement stipule que l'Etat assure avec le concours des collectivités territoriales, la surveillance de la qualité de l'air. Dans chaque région, l'Etat confie la mise en œuvre de cette surveillance à des associations sur un territoire défini dans le cadre d'un agrément du Ministre en charge de l'environnement.

AtmoSud est l'association agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, pour surveiller la qualité de l'air sur l'ensemble de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Les principales missions d'AtmoSud sont :

- Surveiller la qualité de l'air grâce à un dispositif de mesure et à des outils de simulation informatique et contribuer ainsi à l'évaluation des risques sanitaires et des effets sur l'environnement et le bâti.
- Informer les citoyens, les médias, les autorités et les décideurs :
- En prévoyant et en diffusant chaque jour la qualité de l'air pour le jour même et le lendemain ;
- En participant au dispositif opérationnel d'alerte mis en place par les en cas d'épisode de pollution atmosphérique, notamment en prévoyant ces épisodes pour que des mesures de réduction des émissions puissent être mises en place par les autorités.
- Comprendre les phénomènes de pollution et évaluer, grâce à l'utilisation d'outils de modélisation, l'efficacité conjointe des stratégies proposées pour lutter contre la pollution atmosphérique et le changement climatique.

Les stations de mesures d'AtmoSud les plus représentatives de la zone étudiée sont les stations :

- Avignon Mairie (fond urbain) ; Mairie d'Avignon
- Avignon Sémard (trafic urbain) ; Ecole des Rotondes
- Avignon Rocade : (fond urbain et trafic urbain) ; 1 rue Joseph Peru

**Il faut distinguer les émissions de polluants (comptabilisées par le CITEPA selon une méthodologie basée sur les sources d'émission) et les concentrations des polluants dans l'air ambiant, qui dépendent des émissions et des phénomènes de dispersion, mesurées par le réseau de surveillance AtmoSud.**



## 7.5.2. Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

Le Plan Climat Air Energie Territorial est un document d'orientation de nature stratégique qui comporte un plan d'actions ayant des objectifs. Ce document a pour objectif de présenter la stratégie énergie climat de la collectivité.

Il est composé de trois parties :

- Les enjeux globaux et locaux de la lutte contre le réchauffement climatique et la pollution de l'air,
- La démarche mise en œuvre par le département et ses engagements en faveur de l'adaptation au changement climatique.
- L'amélioration de la qualité de l'air

**La commune d'Orange est concernée par le PCAET du Pays d'Orange en Provence. Le projet de PCAET a été approuvé le 06/06/2023.**

Ce PCAET est en cours d'élaboration et se donne comme échéance 2030 et 2050.

### 7.5.2.1. Les objectifs du PCAET

Les objectifs du plan d'actions seront les suivants :

- Réduire les consommations d'énergie, les émissions de polluants et améliorer la qualité de l'air
  - Disposer d'un patrimoine et des services exemplaires
  - Améliorer les alternatives de l'auto-solisme et les carburants/motorisations alternatifs
  - Réduire les nuisances et pollutions routières
  - Promouvoir les aménagements et constructions durables favorables à la santé et la biodiversité
- Produire et utiliser des énergies renouvelables et de récupération
  - Développer la chaleur et le froid renouvelable ou de récupération
  - Développer l'électricité renouvelable
  - Développer la méthanisation et valoriser les combustibles solides de récupération
- Développer une économie locale et circulaire
  - Préserver et redévelopper une économie agricole durable
  - Développer les échanges de ressources et de flux entre entreprises/industries
  - Prévenir la production et valoriser les déchets
- S'adapter au changement climatique, séquestrer le carbone et préserver la biodiversité
  - Assurer une gestion concertée des usages de l'eau, économiser la ressource, protéger les captages d'eau potable et les milieux aquatiques
  - Renforcer les outils de gestion et de prévention des risques naturels
  - Adapter l'agriculture, la sylviculture et développer les pratiques séquestrantes
  - Développer l'usage des matériaux biosourcés

- Adapter les activités touristiques
- Améliorer la qualité de vie et préserver la santé
- Mobiliser les citoyens
  - Co-construire des actions avec les citoyens



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

#### 7.5.3.1. Cadre du projet de SRCAE

Le cadre du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) a été défini par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

Le SRCAE de Provence-Alpes-Côte d'Azur a été approuvé par l'assemblée régionale le 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013. Il remplace l'ancien Plan Régional pour la Qualité de l'Air.

Le SRCAE est un document stratégique permettant de renforcer la cohérence des politiques territoriales en matière d'énergie, de qualité de l'air et de changement climatique. Il remplace le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA).

#### 7.5.3.2. Objectifs et orientations du SRCAE

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) définit des orientations régionales à l'horizon de 2020 et 2050 en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques.

Le SRCAE pose un certain nombre d'objectifs :

- Des objectifs sectoriels
- Des objectifs de développement des énergies renouvelables
- Des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre
- Des objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques :
  - -30% des émissions de PM2.5 pour 2015 (par rapport à l'année de référence 2007)
  - -40% des émissions de NOx d'ici 2020 (par rapport à l'année de référence 2007)
- Des objectifs régionaux pour 2050 : -75% d'émissions de gaz à effet de serre, -50% de consommation totale d'énergie et 67% de part de renouvelable dans la consommation finale d'énergie.

Depuis la loi NOTRe, ces SRCAE ont été intégrés aux SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires).

Le 26 juin 2019, l'Assemblée régionale a voté le Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), qui déploie la stratégie de la Région Sud (Provence-Alpes-Côte d'Azur) pour 2030 et 2050, pour l'avenir de nos territoires. L'objectif de ce plan ambitieux est de bâtir un nouveau modèle d'aménagement du territoire en coordonnant l'action régionale dans 11 domaines définis par la loi.

**Le Préfet de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur a approuvé le SRADDET le 15 octobre 2019.**

Le SRADDET est désormais pleinement applicable et opposable aux documents de planification territoriaux infrarégionaux. Il a été élaboré en concertation avec l'ensemble des partenaires de l'aménagement du territoire régional et en cohérence avec le Plan climat régional « Gardons une COP d'Avance ».

Le SRCAE définit 45 orientations permettant l'atteinte de ces objectifs. Parmi ces orientations, 7 sont spécifiques à la qualité de l'air :

- **Réduire les émissions de composés organiques volatils** précurseurs de l'ozone afin de limiter le nombre et l'intensité des épisodes de pollution à l'ozone ;
- **Améliorer les connaissances sur l'origine des phénomènes de pollution** atmosphérique et l'efficacité des actions envisageables ;
- Se donner les moyens de faire **respecter la réglementation** vis-à-vis du brûlage à l'air libre ;
- **Informé sur les moyens et les actions** dont chacun dispose à son échelle pour réduire les émissions de polluants atmosphériques ou éviter une surexposition à des niveaux de concentrations trop importants ;
- **Mettre en œuvre**, aux échelles adaptées, **des programmes d'actions** dans les zones soumises à de forts risques de dépassements ou à des dépassements avérés des niveaux réglementaires de concentrations de polluants (particules fines, oxydes d'azote) ;
- **Conduire**, dans les agglomérations touchées par une qualité de l'air dégradée, **une réflexion systématique sur les possibilités d'amélioration**, en s'inspirant du dispositif ZAPA ;
- Dans le cadre de l'implantation de nouveaux projets, **mettre l'accent sur l'utilisation des Meilleures Techniques Disponibles et le suivi de Bonnes Pratiques environnementales**, en particulier dans les zones sensibles d'un point de vue de la qualité de l'air.



### 7.5.3.3. Objectifs du SRADDET

Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long termes en lien avec plusieurs thématiques :

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

Il se substitue aux schémas sectoriels idoines : SRCE, SRCAE, SRI, SRIT et PRPGD.

Celui de la région Sud, adopté le 26 juin 2019, a pour objectifs :

- Diminuer de 50 % le rythme de la consommation d'espaces agricoles, naturels et forestiers agricoles 375 ha/an à horizon 2030
- Démographie : un objectif de + 0,4 % à horizon 2030 et 2050
- Atteindre 0 perte de surface agricole irriguée
- Horizon 2030 : + 30 000 logements par an dont 50 % de logements abordables
- Horizon 2050 : rénovation thermique et énergétique de 50 % du parc ancien
- Une région neutre en carbone en 2050
- Une offre de transports intermodale à l'horizon 2022



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

### 7.5.4.1. Cadre du PPA

Le plan de protection de l'atmosphère a pour objet, dans un délai qu'il fixe, de ramener à l'intérieur de la zone la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites, et de définir les modalités de la procédure d'alerte. L'application de ces dispositions relève des articles L222-4 à L222-7 et R222-13 à R222-36 du Code de l'Environnement.

Il existe par ailleurs des outils réglementaires nationaux dont le but est de lutter contre la pollution atmosphérique, mais le cadre général dans lequel ils s'appliquent ne permet pas de prendre suffisamment en compte les problématiques locales. L'intérêt du PPA réside donc dans sa capacité à améliorer la qualité de l'air dans un périmètre donné en mettant en place des mesures locales adaptées à ce périmètre.

Le PPA doit, en outre, être compatible avec les orientations du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) arrêté en PACA le 17 juillet 2013.

Les PPA sont des outils de planification qui doivent faire l'objet d'une évaluation au terme d'une période de 5 ans et, le cas échéant, sont révisés (Article L222-4 du Code de l'Environnement).

La région Provence-Alpes-Côte-D'azur est partiellement couverte par quatre PPA (**agglomération d'Avignon** et de Toulon, bande littorale des Alpes-Maritimes et Bouches-du-Rhône). Les PPA comprennent un socle commun de mesures à destination de l'ensemble des secteurs d'activités et visent principalement les émissions de particules fines (PM 2,5 et PM10) et d'oxydes d'azote.

Les mesures réglementaires sont réparties en trois grands secteurs :

- Réduire les émissions du secteur industriel : les actions portent en majorité sur les principaux émetteurs de poussières et d'oxydes d'azote. Elles visent à abaisser les valeurs limites d'émission des établissements concernés, le plus souvent après étude de faisabilité préalable, sur la base des meilleures techniques disponibles ;
- Progresser dans le domaine des transports : optimiser la gestion du trafic routier, mieux prendre en compte la qualité de l'air dans l'aménagement du territoire, inciter au report modal, au développement des transports publics et des modes actifs, améliorer les performances des flottes de véhicules légers et des véhicules utilitaires légers, réduire les émissions des Ports (GPMM, Nice) par l'électrification des navires à quai et Aéroports (Marseille, Nice) ;
- Réduire les émissions liées au chauffage ou brûlage dans le résidentiel/tertiaire : amélioration de la performance des chaudières collectives, incitation à s'équiper de foyers fermés pour le chauffage au bois individuel, respecter les interdictions de brûlage de déchets verts.
- Lancée en 2019 par le Préfet des Alpes-Maritimes, la révision du Plan de Protection de l'Atmosphère des Alpes Maritimes touche à sa fin. En effet, le 17 mars s'est tenu en préfecture des Alpes Maritimes le comité de pilotage de validation du nouveau PPA. Présidé par le Préfet, animé par la DREAL PACA et en présence de toutes les parties prenantes ayant participé à la co-construction des plans (élus des collectivités territoriales, opérateurs économiques et industriels, experts et associations de protection de l'environnement...) ce comité a conclu deux années de co-construction partenariale d'environ 50 à 60 actions thématiques du PPA.

Le triple objectif de ce nouveau PPA est de :

- N'avoir plus aucun dépassement de la valeur limite en dioxyde d'azote aux stations fixes de mesure du réseau de surveillance ;
- N'avoir plus aucune population exposée à des dépassements de cette même valeur limite en 2025 (par modélisation en tout point du territoire) ;
- Viser les seuils recommandés par l'OMS (2005) pour les particules fines, plus stricts que la réglementation en vigueur, afin de garantir un air sain qui ne nuise pas à la santé des populations de ces territoires ;

**La commune de Orange fait partie du périmètre de l'agglomération d'Avignon. Il a été révisé et approuvé le 11 avril 2014.**



### 7.5.5. Le Plan National et le Plan Régional Santé-Environnement (PNSE4 et PRSE3)

Ces deux plans définissent des actions pour réduire et éviter l'impact sur la santé des pollutions environnementales.

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) est un plan qui doit être renouvelé tous les cinq ans, conformément à l'article L. 1311 du code de la santé publique.

Le Troisième Plan National Santé-Environnement (PNSE 3), dont les travaux d'élaboration ont été lancés en 2013, se décline en 4 grandes catégories d'enjeux :

- Enjeux de santé prioritaires ;
- Connaissance des expositions et de leurs effets ;
- Recherche en santé environnement ;
- Actions territoriales, information, communication et formation.

Le quatrième plan national santé environnement PNSE4, publié le 07 mai 2021, a pour objectif ambitieux de mieux comprendre les risques auxquels chaque individu est exposé, dans le but de se protéger soi-même et de protéger son environnement. Fondé sur l'approche "Une seule santé", ce plan vise à permettre à tous les acteurs - citoyens, consommateurs, élus, professionnels, chercheurs - d'agir en faveur d'un environnement propice à la santé globale.

Le PNSE 4 se distingue des plans précédents en proposant des actions concrètes et moins nombreuses, qui répondent au plus près des besoins de chacun. La consultation du public, qui s'est déroulée du 26 octobre au 9 décembre 2020, ainsi que les recommandations de la commission d'enquête de l'Assemblée nationale sur l'évaluation des politiques publiques de santé environnementale, ont contribué à la finalisation de ce plan. Il s'articule autour de 4 axes majeurs :

- Axe 1 : S'informer, se former et informer sur l'état de notre environnement et les bons gestes à adopter ;
- Axe 2 : Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et celle des écosystèmes ;
- Axe 3 : Démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires ;
- Axe 4 : Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et sur les écosystèmes ;

Le PRSE3 de la région PACA, adopté le 06 décembre 2017, est la déclinaison régionale du PNSE3, en 9 axes thématiques :

Certaines actions sont plus orientées sur la qualité de l'air :

- Action 1.1 : Réduire les émissions polluantes issues de l'industrie et des transports ;
- Action 1.2 : Mieux caractériser les émissions issues du secteur industriel et des transports ;
- Action 1.3 : Consolider les données sanitaires et environnementales disponibles ;
- Action 1.4 : Adapter la prise en charge des pathologies liées aux expositions professionnelles et environnementales.

### 7.5.1. Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

Le PREPA fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. C'est l'un des outils de déclinaison de la politique climat-air-énergie. Il combine les différents outils de politique publique : réglementation sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances.

Tels que prévu par l'article 64 de la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), le PREPA est composé :

- D'un décret fixant les objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2023 et 2030 ;
- D'un arrêté établissant pour la période 2017-2021, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir.

L'élaboration du plan s'appuie sur l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA réalisée en 2015 et 2016. Pour sélectionner les mesures sectorielles (industrie, résidentiel tertiaire, transports et agriculture), les plus pertinentes, une analyse multicritères a été réalisée.

Pour chaque mesure, l'évaluation a porté sur le potentiel de réduction d'émissions au niveau national, le potentiel d'amélioration de qualité de l'air, la faisabilité juridique, le niveau de controverse, le ratio coût-bénéfices et les co-bénéfices.

Les parties prenantes et les membres du Conseil national de l'air ont été consultés tout au long de la démarche d'élaboration. La consultation du public a été réalisée du 6 au 27 avril 2017.

Le PREPA prévoit la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV et des mesures supplémentaires de réduction des émissions dans tous les secteurs, ainsi que des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre :

- Industrie – application des meilleures techniques disponibles (cimenteries, raffineries, installations de combustion...) et renforcement des contrôles ;
- Transports – poursuite de la convergence essence-gazole, généralisation de l'indemnité kilométrique vélo, mise en œuvre des certificats Crit'Air, renouvellement des flottes par des véhicules à faibles émissions, contrôles des émissions, contrôles des émissions réelles des véhicules, initiative avec les pays méditerranéens pour mettre en place une zone à basses émissions en Méditerranée ;
- Résidentiel tertiaire – baisse de la teneur en soufre du fioul domestique, cofinancement avec les collectivités d'aides au renouvellement des équipements de chauffage peu performants, accompagnement des collectivités pour le développement d'alternatives au brûlage des déchets verts ;
- Agriculture – réduction des émissions d'ammoniac (utilisation d'engrais moins émissifs, utilisation de pendillards ou enfouissement des effluents d'élevage...), développement de filières alternatives au brûlage des résidus agricoles, mesure des produits phytosanitaires dans l'air, contrôle de l'interdiction des épandages aériens, accompagnement du secteur agricole par la diffusion des bonnes pratiques, le financement de projets pilote et la mobilisation des financements européens.

Le PREPA prévoit également des actions d'amélioration des connaissances, de modélisation des acteurs locaux et des territoires, et la pérennisation des financements en faveur de la qualité de l'air.

Les objectifs du PREPA sont fixés à l'horizon 2020 et 2030 conformément à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et à la directive 2016/2284.

### RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005



POLLUANT	À partir de 2020	À partir de 2030
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	- 55 %	- 77 %
Oxydes d'azote (NOx)	- 50 %	- 69 %
Composés organiques volatils (COVNM)	- 43 %	- 52 %
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	- 4 %	- 13 %
Particules fines (PM <sub>2,5</sub> )	- 27 %	- 57 %

Figure 12 : Réduction des émissions par rapport à 2005 – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)

### AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR



Dépassement des valeurs limites (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et NO<sub>2</sub>) et des valeurs cibles (O<sub>3</sub>)

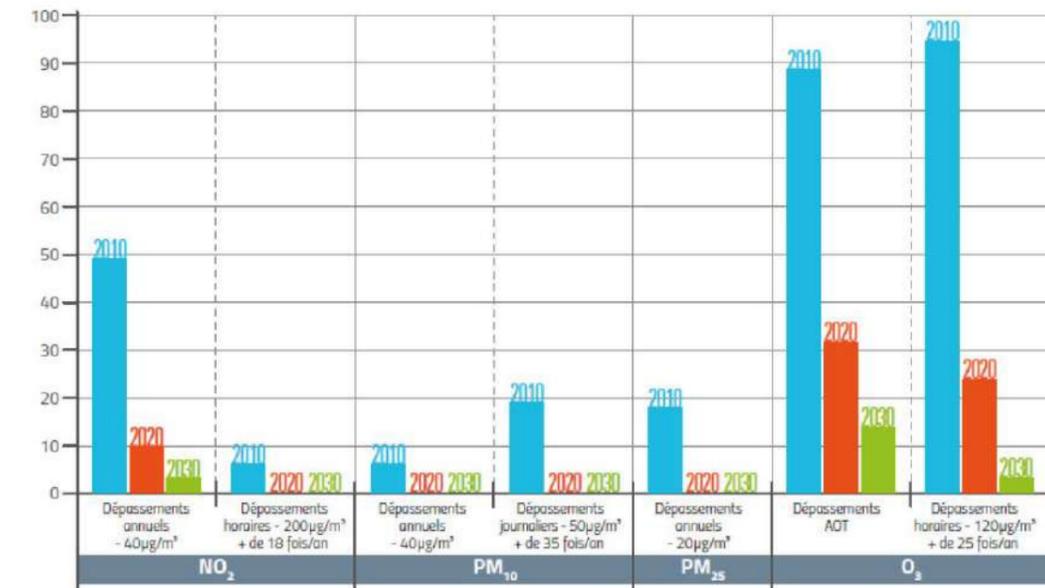


Figure 13 : Amélioration de la qualité de l'air – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)

Le PREPA est un plan interministériel, il est suivi par le Conseil national de l'air au moins une fois par an et sera révisé tous les cinq ans.

Le PREPA a été mis à jour le 17 décembre 2022 (entrée en vigueur de l'arrêté, révision de l'arrêté du 10 mai 2017).

La mise à jour du PREPA fait l'objet :

- D'une évaluation du scénario AME en émissions de polluants atmosphériques par l'organisme national de réalisation des bilans d'émissions de polluants atmosphériques, le CITEPA ;
- D'une évaluation partielle de l'impact des mesures supplémentaires par le CITEPA : scénario AMS ;

Ces évaluations montrent que le scénario avec mesures supplémentaires permet de respecter les plafonds d'émissions fixés par la directive européenne.

## 7.6. Qualité de l'air à proximité de la zone d'étude

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 42 000 décès prématurés en France sont causés chaque année par la pollution de l'air en milieu urbain. Les polluants, qui étaient auparavant majoritairement émis par l'industrie, ont aujourd'hui pour origine principale le transport puis le chauffage.

Le cumul des sources de pollution atmosphériques implique un « effet cocktail » ayant un effet délétère sur la santé de la population. Ainsi, les sources émettrices locales de la zone d'étude sont étudiées dans cette partie.

### 7.6.1. Emissions de polluants atmosphériques par secteur d'activité

Dans cette partie, les calculs des pourcentages d'émission de polluants ont été calculés à partir des données d'inventaire d'émissions<sup>1</sup> sur l'année 2019. Ces données sont issues de l'extraction de la base de données Consultation d'Inventaires Géolocalisés Air Climat Energie (CIGALE) mise à disposition par AtmoSud : l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de la région PACA.

Les données des émetteurs non inclus, ont été retranchées afin de calculer ces pourcentages. Pour chaque polluant les secteurs d'émission majoritaires sont surlignés en orange.

#### Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Au niveau régional, les principaux secteurs d'activités responsables émetteurs sont :

- L'industrie ;
- Le résidentiel ;
- Le transport routier ;

A l'exception de :

- L'ammoniac essentiellement émis par les activités agricoles ;
- Le dioxyde de soufre en grande partie émis par le secteur de l'énergie ;
- Le secteur maritime contribuant de façon non négligeable aux émissions de NOx ;

Tableau 6 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports			Branche énergie	Déchets	
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial			
CO	37%	37%	0%	5%	14%	1%	0%	0%	1%	5%	0%
COVnm*	32%	44%	1%	6%	9%	0%	0%	0%	1%	7%	1%
NH <sub>3</sub>	4%	1%	0%	85%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	5%
NO <sub>x</sub>	17%	3%	1%	5%	48%	1%	0%	0%	18%	6%	0%
PM10	32%	33%	1%	10%	18%	1%	2%	0%	2%	2%	0%
PM2.5	24%	43%	1%	8%	18%	0%	1%	0%	2%	2%	0%
SO <sub>2</sub>	53%	3%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	2%	38%	0%
CO <sub>2</sub> b**	20%	22%	0%	5%	31%	0%	0%	0%	0%	0%	22%
CO <sub>2</sub> hb***	44%	9%	5%	1%	31%	1%	0%	0%	2%	7%	1%

\*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques

\*\*CO<sub>2</sub> b : CO<sub>2</sub> biomasse

\*\*\*CO<sub>2</sub> hb : CO<sub>2</sub> hors biomasse

#### Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2019

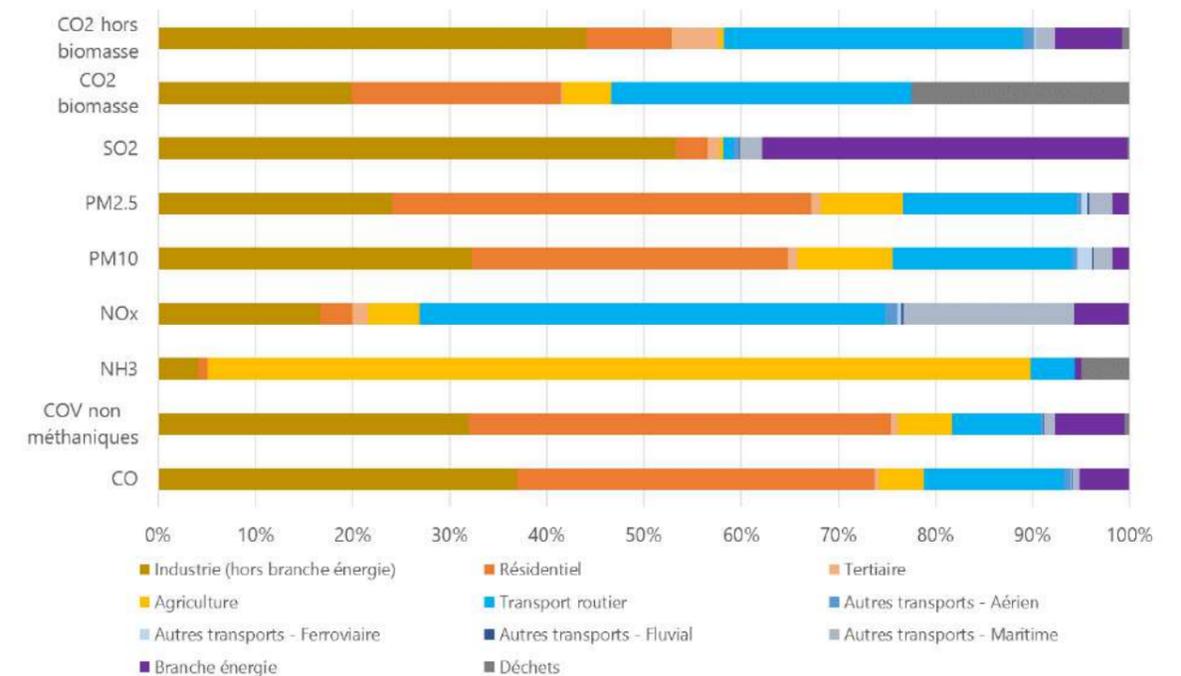


Figure 14 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019)

<sup>1</sup> Extraction de l'outil CIGALE d'AtmoSud- Version 8.1 – Données d'émissions 2019 - Date d'extraction le 25/01/2022.

### Département du Vaucluse (84)

Au niveau départemental, les principaux secteurs d'activités responsables émetteurs restent inchangés.

### Commune de Orange

Les principaux secteurs émetteurs de la commune sont l'industrie, le secteur résidentiel et le transport routier.

Tableau 7 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans le département du Vaucluse (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports			Branche énergie	Déchets	
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial			
<b>CO</b>	6%	52%	1%	1%	36%	4%	0%	0%	0%	1%	0%
<b>COVnm*</b>	36%	44%	1%	1%	13%	1%	0%	0%	0%	4%	0%
<b>NH<sub>3</sub></b>	10%	4%	0%	51%	25%	0%	0%	0%	0%	1%	8%
<b>NOx</b>	12%	6%	3%	1%	67%	6%	1%	0%	2%	2%	0%
<b>PM10</b>	27%	39%	2%	0%	28%	1%	2%	0%	0%	1%	0%
<b>PM2.5</b>	19%	50%	2%	0%	25%	1%	1%	0%	0%	1%	0%
<b>SO<sub>2</sub></b>	64%	15%	7%	0%	3%	8%	0%	0%	2%	2%	0%
<b>CO<sub>2</sub> b**</b>	7%	27%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	15%
<b>CO<sub>2</sub> hb***</b>	19%	18%	10%	0%	47%	4%	0%	0%	1%	0%	0%

\*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques  
 \*\*CO<sub>2</sub> b : CO<sub>2</sub> biomasse  
 \*\*\*CO<sub>2</sub> hb : CO<sub>2</sub> hors biomasse

### VAUCLUSE 2019

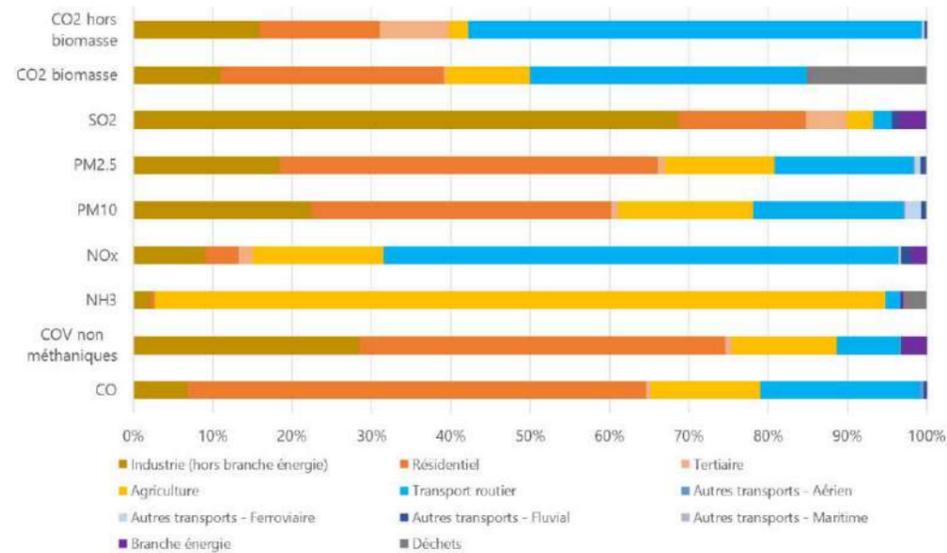


Figure 15 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans le département du Vaucluse

Le trafic routier est identifié comme une des principales sources émettrices d'oxydes d'azote (70% des émissions) et une source importante de particules fines PM10 et PM2,5 (respectivement 15% et 15% des émissions) dans l'atmosphère. Cependant la majorité des particules sont émises par le secteur industriel avec 65% des PM10 et PM2.5 émis dans l'atmosphère.

Tableau 8 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Orange (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports			Branche énergie	Déchets	
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial			
<b>CO</b>	20%	38%	1%	8%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>COVnm*</b>	59%	26%	1%	5%	7%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
<b>NH<sub>3</sub></b>	45%	0%	0%	51%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>NOx</b>	19%	2%	2%	6%	70%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
<b>PM10</b>	66%	11%	0%	5%	15%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
<b>PM2.5</b>	65%	15%	1%	4%	15%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
<b>SO<sub>2</sub></b>	65%	15%	10%	2%	6%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
<b>CO<sub>2</sub> b**</b>	0%	6%	0%	2%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	68%
<b>CO<sub>2</sub> hb***</b>	25%	9%	7%	1%	58%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

\*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques  
 \*\*CO<sub>2</sub> b : CO<sub>2</sub> biomasse  
 \*\*\*CO<sub>2</sub> hb : CO<sub>2</sub> hors biomasse

### ORANGE (84) 2019

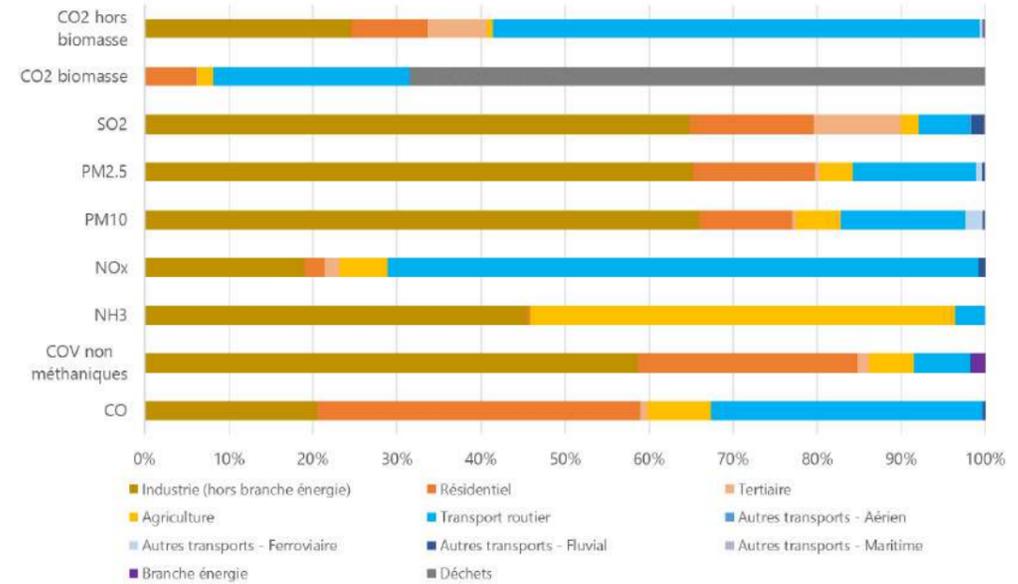


Figure 16 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Orange (cigale AtmoSud 2019)

## 7.6.2. Concentrations mesurées par l'AASQA en air ambiant aux alentours de la zone d'étude

A titre informatif, les concentrations moyennes annuelles des polluants d'intérêt, mesurées par les stations de mesures fixes d'AtmoSud en 2022 à proximité de la zone d'étude, sont reportées dans le tableau ci-après.

Les stations de mesures les plus proches de la zone d'étude sont Carpentras, Le Pontet, Avignon Mairie et Avignon Sémard. Lorsque les données de ces stations ne sont pas disponibles, d'autres stations plus éloignées ont été utilisées.

En comparant ces concentrations moyennes annuelles à la réglementation française en vigueur (cf partie 7.3 du rapport d'étude ci-présent), aucun dépassement n'est observé concernant le dioxyde d'azote.

En site trafic mais également en site de fond, il faut noter le dépassement de l'objectif de qualité des particules PM<sub>2,5</sub> (10 µg/m<sup>3</sup>). L'objectif de qualité annuel du benzène (2 µg/m<sup>3</sup>) est également dépassé en site trafic à Marseille (Rabatau).

De plus les nouveaux seuils de recommandation annuels de l'OMS (cf paragraphe 7.4) sont dépassés sur toutes les stations étudiées pour le dioxyde d'azote (10 µg/m<sup>3</sup>), les particules PM<sub>10</sub> (15 µg/m<sup>3</sup>), ainsi que les particules PM<sub>2,5</sub> (5 µg/m<sup>3</sup>).

En site de trafic urbain, à la station Avignon Sémard les oxydes d'azote dépassent le seuil de protection de la végétation (30 µg/m<sup>3</sup>).

D'après le bilan Air-Climat-Energie de 2022 d'AtmoSud, dans la région la qualité de l'air s'améliore avec une diminution des émissions d'oxydes d'azotes à 27% et des particules fines (PM<sub>2,5</sub>) à 12%. En effet, la baisse des émissions dans les secteurs d'activité résulte de l'évolution de la réglementation et des plans et programmes déployés dans la région. Ces dernières années, on observe une tendance générale vers la réduction des polluants. Entre 2000 et 2021 seul l'ozone voit sa concentration augmenter de presque 20% avec le NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> chutant respectivement de plus de 40%, 50% et 60%.

Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles mesurées dans l'air ambiant par AtmoSud et comparaison avec les valeurs de référence et réglementaires

Composé	Station AtmoSud	Typologie et influence de la station	Concentration moyenne annuelle 2022	Dépassements nouveaux seuils de l'OMS	Dépassements valeurs réglementaires et objectif de qualité annuels	Unité de la concentration
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Avignon Mairie	Fond Urbain	13,7	> 10 µg/m <sup>3</sup>	-	µg/m <sup>3</sup>
	Avignon Sémard	Trafic Urbain	24,2			
	Le Pontet	Fond Périurbain	15,5			
Monoxyde d'azote (NO)	Avignon Sémard	Trafic Urbain	14,6	-	-	µg/m <sup>3</sup>
	Le Pontet	Fond Périurbain	6,6	-	-	
	Avignon Mairie	Fond Urbain	4,1	-	-	
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Avignon Sémard	Trafic Urbain	46,6	-	> 30 µg/m <sup>3</sup> (protection de la végétation)	µg/m <sup>3</sup>
	Le Pontet	Fond Périurbain	25,6	-	-	
	Avignon Mairie	Fond Urbain	19,9	-	-	
Ozone (O <sub>3</sub> )	Avignon Mairie	Fond Urbain	59,1	-	-	µg/m <sup>3</sup>
	Carpentras	Fond Périurbain	73,8			
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Marseille Longchamp	Fond Urbain	1,23	-	-	µg/m <sup>3</sup>
Benzène	Marseille Longchamp	Fond Urbain	1,27	-	-	µg/m <sup>3</sup>
	Marseille Rabatau	Trafic Urbain	2,32	-	> 2 µg/m <sup>3</sup> objectif de qualité	
Particules PM <sub>10</sub>	Avignon Mairie	Fond Urbain	18,8	> 15 µg/m <sup>3</sup>	-	µg/m <sup>3</sup>
	Avignon Sémard	Trafic Urbain	23,4			
Particules PM <sub>2,5</sub>	Avignon Mairie	Fond Urbain	11,5	> 5 µg/m <sup>3</sup>	> 10 µg/m <sup>3</sup> objectif de qualité	µg/m <sup>3</sup>
	Marseille Rabatau	Trafic Urbain	12,5			
Arsenic (métal, dans les PM <sub>10</sub> )	Marseille Longchamp	Fond Urbain	0,33	-	-	ng/m <sup>3</sup>
Cadmium (métal, dans les PM <sub>10</sub> )	Marseille Longchamp	Fond urbain	0,08	-	-	
Nickel (métal, dans les PM <sub>10</sub> )	Marseille Longchamp	Fond urbain	1,7	-	-	
Plomb (métal, dans les PM <sub>10</sub> )	Marseille Longchamp	Fond urbain	3,8	-	-	
Benzo(a)pyrène (dans les PM <sub>10</sub> )	Marseille Longchamp	Fond urbain	0,13	-	-	

### 7.6.3. Concentrations modélisées par l'AASQA aux alentours de la zone de projet

Les cartes ci-après présentent les concentrations moyennes 2019 en NO<sub>2</sub> ainsi qu'en particules PM10 et PM2,5 modélisées par AtmoSud.

AtmoSud n'a modélisé les concentrations que jusqu'en 2021. C'est pourquoi les concentrations moyennes annuelles 2019 sont considérées comme étant les données représentatives les plus récentes, car en dehors de la pandémie de la COVID-19.

Le respect des seuils réglementaires au niveau des axes routiers très fréquentés est observé pour les PM10 et PM2,5 mais pas pour le dioxyde d'azote. L'objectif de qualité est atteint pour le dioxyde d'azote mais dépassé pour les PM10 et PM2,5, respectivement fixés à 30 µg/m<sup>3</sup> et 10 µg/m<sup>3</sup>.

Cependant, la nouvelle valeur seuil de recommandation annuel de l'OMS est dépassée sur l'ensemble des axes routiers très fréquentés autour la zone étudiée (cf paragraphe 7.4).

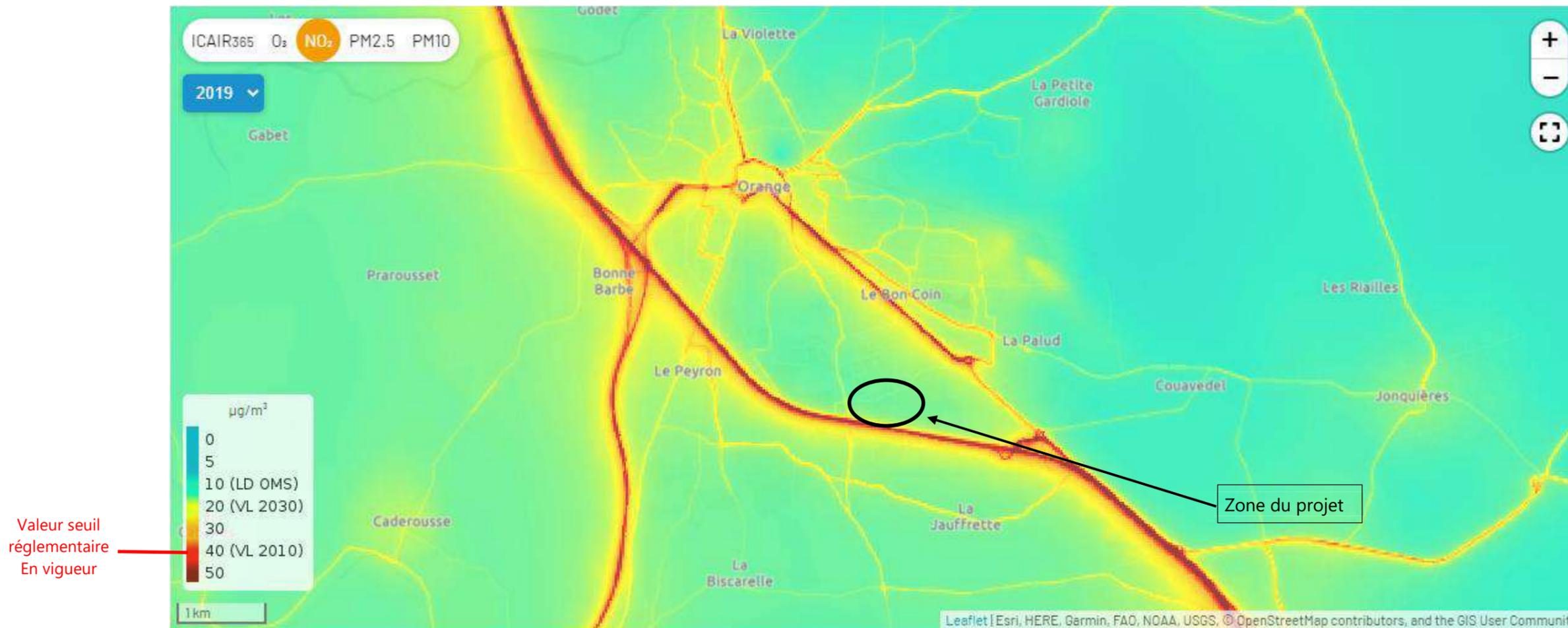


Figure 17 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote en 2021-Modélisé par AtmoSud

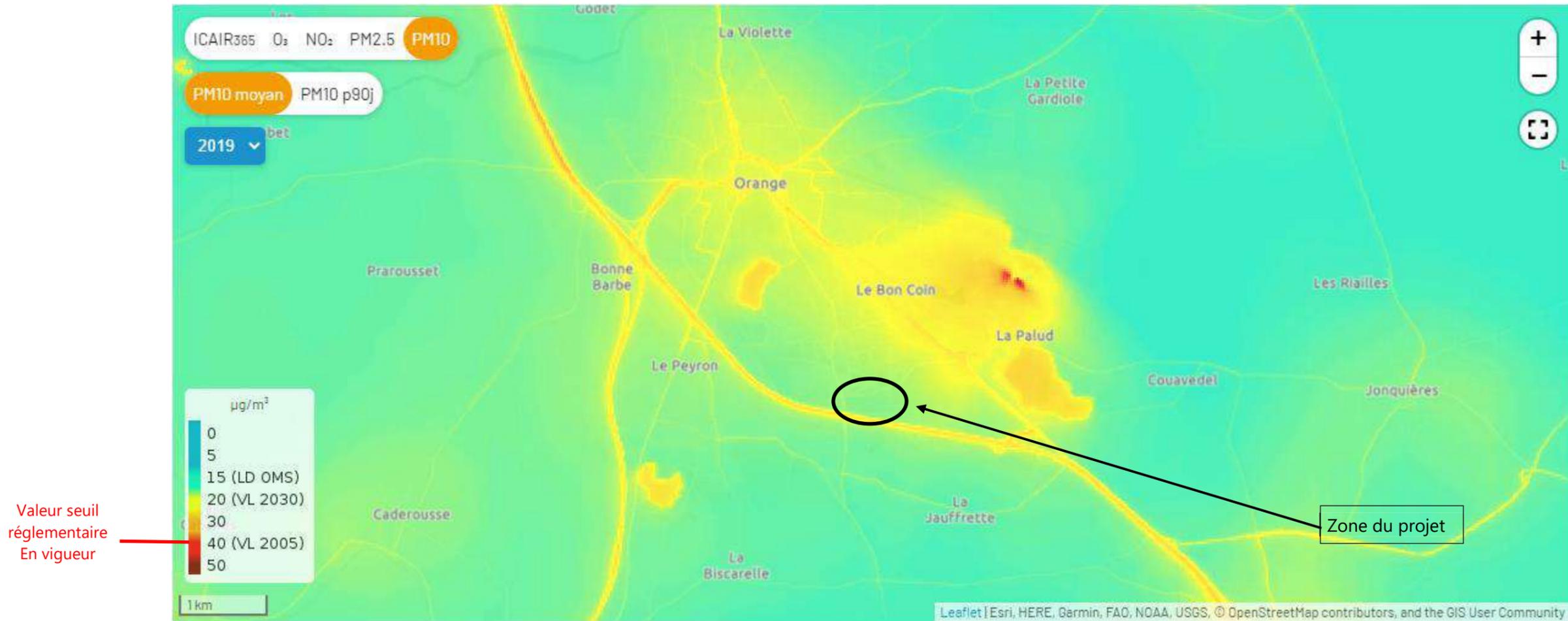


Figure 18 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en particules PM10 en 2019 – Modélisées par AtmoSud

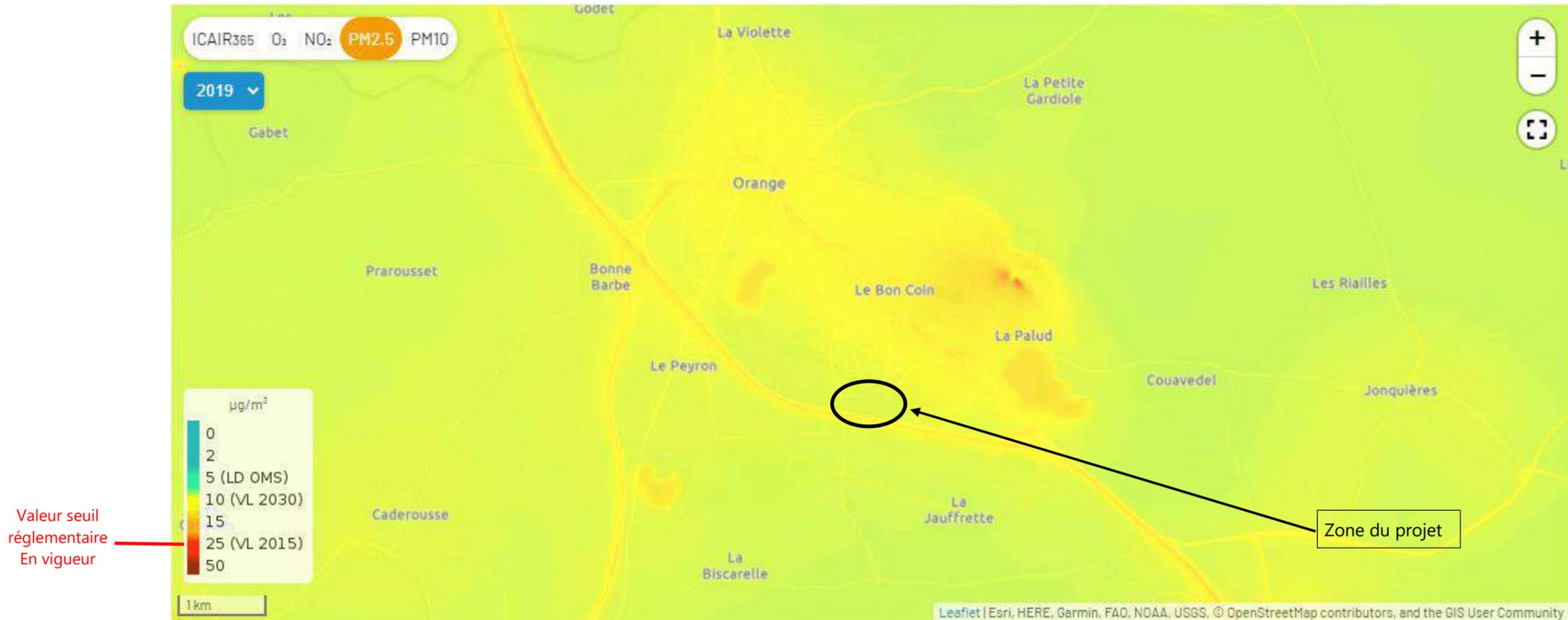


Figure 19 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en particules PM2,5 en 2019 – Modélisées par AtmoSud

## 7.7. Mesures réalisées in-situ

Conformément à la réglementation, deux campagnes de mesures de la qualité de l'air de la zone de projet ont été réalisées en saison contrastée (période froide et période chaude). Le tableau ci-après synthétise les informations relatives à ces campagnes.

Tableau 10 : Organisation des campagnes de mesures dans la zone d'étude

Campagne	Dates des mesures	Méthode de prélèvement	Composés mesurés	Nombre de sites
<b>Période chaude</b>	13/07/2023 – 10/08/2023	Tubes passifs PASSAM	NO <sub>2</sub>	5
	13/07/2023 – 27/07/2023	Capteurs passifs PASSAM	PM10	2
<b>Période froide</b>	15/01/2024 – 13/02/2024	Tubes passifs PASSAM	NO <sub>2</sub>	5
	15/01/2024 – 31/01/2024	Capteurs passifs PASSAM	PM10	2

### 7.7.1. Méthodologie d'étude

Ces campagnes de mesures se sont intéressées aux principaux polluants d'origine automobile que sont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ainsi que les particules (PM10). Ces polluants ont été mesurés, pour chacune des deux campagnes, sur une période de 4 semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs pour le NO<sub>2</sub> et de capteurs passifs pour les particules.

Cette technique de mesure permet d'obtenir une évaluation de la concentration atmosphérique moyenne sur cette durée.

La méthodologie d'échantillonnage consiste à la suspension des échantillonneurs passifs dans une boîte qui les protège des intempéries. Ces boîtes sont placées à une hauteur de 2 à 2,5 mètres du sol, en suspension libre, aux endroits de mesures choisis.

Au total, 10 points de mesures ont été équipés. Les points ont été répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin de caractériser au mieux la qualité de l'air du secteur.

Les points de mesures sont distingués selon leur type d'environnement (urbain, périurbain ou rural) ainsi que selon l'influence (source d'émission de polluants) à laquelle ils sont soumis (trafic, industrielle ou fond).

Ainsi lors de cette étude, plusieurs types de sites sont représentés :

- Périurbain trafic : 4 sites de mesures ;
- Urbain trafic : 1 sites de mesures.

Le détail des sites de mesures, leur typologie ainsi que les polluants mesurés sont présentés dans le tableau ci-après et seront détaillés plus amplement en Annexe 2.

Tableau 11 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts

N° du point de mesures	Typologie et influence	Polluants mesurés
<b>1</b>	Périurbain Trafic	NO <sub>2</sub>
<b>2</b>	Périurbain Trafic	NO <sub>2</sub>
<b>3</b>	Périurbain Trafic	NO <sub>2</sub>
<b>4</b>	Périurbain Trafic	NO <sub>2</sub> +PM10
<b>5</b>	Urbain Trafic	NO <sub>2</sub> +PM10

### 7.7.2. Localisation des points de mesures

La cartographie ci-dessous présente, les points de prélèvements passifs déployés lors des campagnes de mesures, ainsi que les polluants y étant mesurés.

Les fiches de mesures en Annexe 2 détaillent plus amplement les caractéristiques de chaque point de mesures.

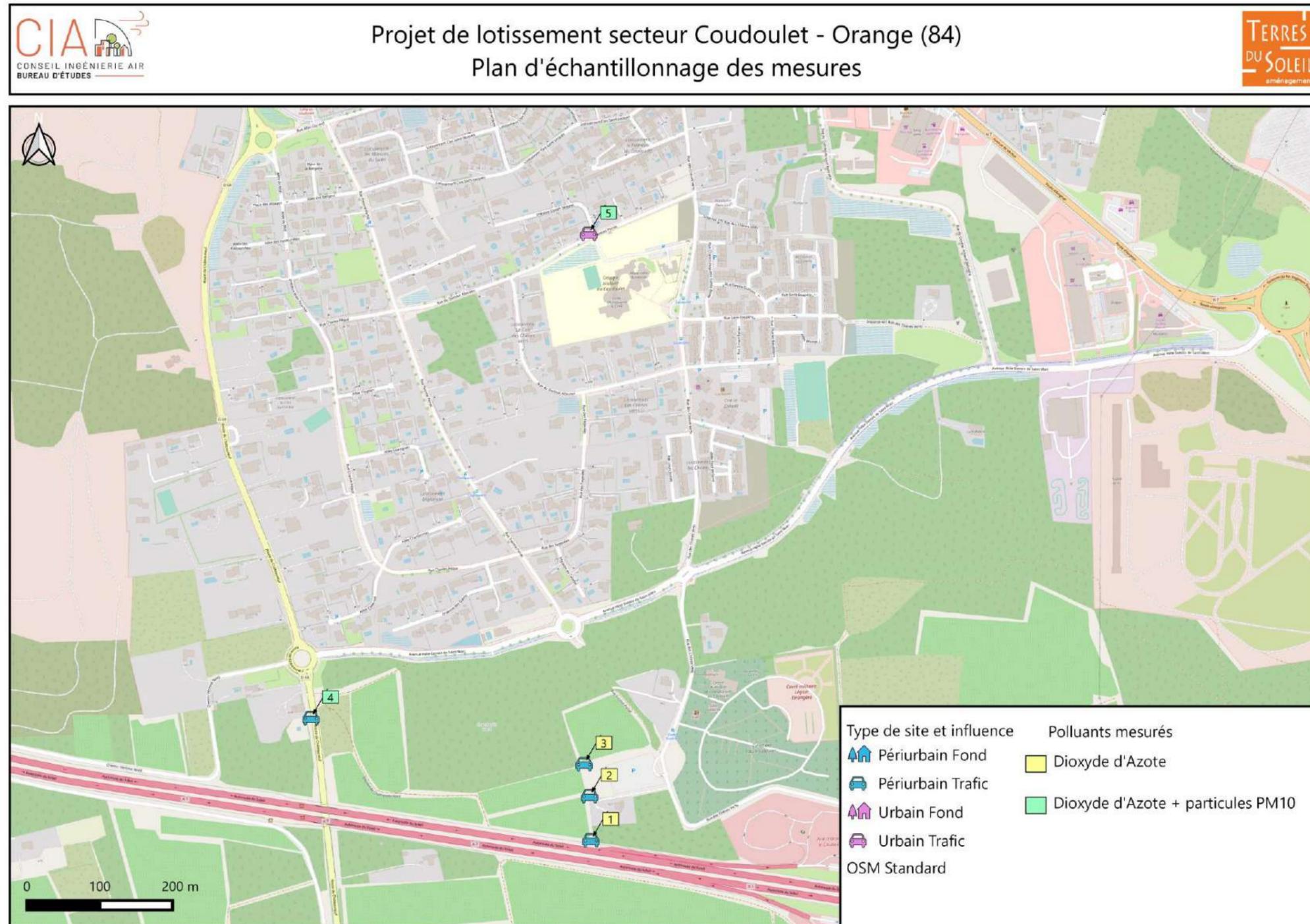


Figure 20 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs et détails des polluants mesurés

### 7.7.3. Conditions météorologiques

La qualité de l'air dépend de l'émission de substances polluantes par différentes sources comme les industries, les transports, les sources tertiaires et domestiques mais dépend également des conditions météorologiques. En effet, la climatologie (vitesse et direction du vent, température, rayonnement, pression atmosphérique...) influence le transport, la transformation et la dispersion des polluants.

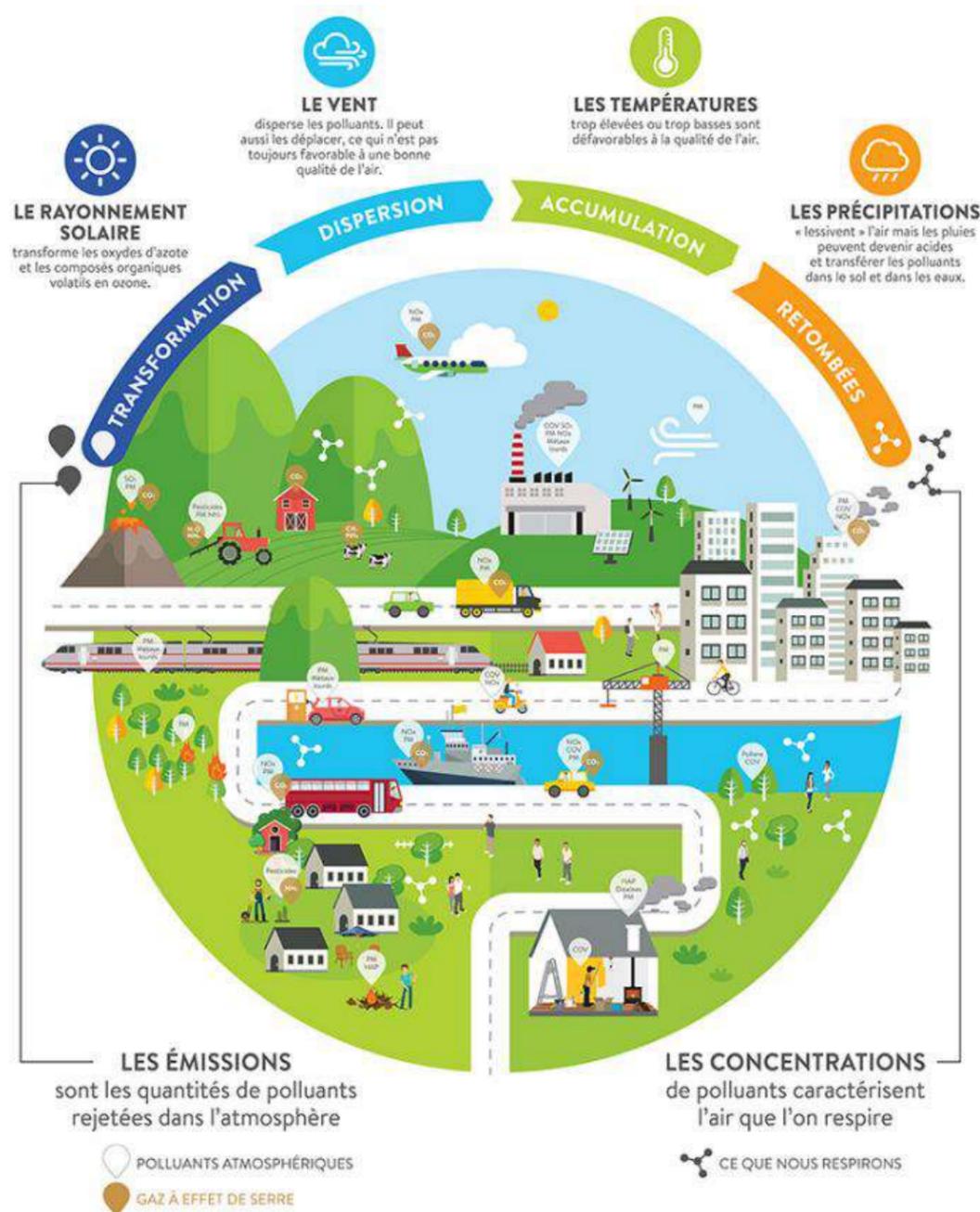


Figure 21 : Influence des conditions météorologiques sur la dispersion des polluants - Source : ATMO Auvergne Rhône Alpes

La pluie et les vents forts sont généralement bénéfiques pour la qualité de l'air puisque les précipitations « lessivent » l'atmosphère et que les vents « balayent » la pollution en éloignant les polluants, ce qui mène en général à une diminution des concentrations des polluants émis localement.

Les températures, trop élevées ou trop basses sont défavorables à la qualité de l'air. La température agit à la fois sur la chimie et les émissions des polluants. Ainsi certains composés voient leur volatilité augmenter avec la température, c'est le cas des composés organiques volatils.

Le froid, lui, augmente les rejets automobiles du fait d'une moins bonne combustion. La chaleur estivale et l'ensoleillement favorisent les processus photochimiques, comme la formation d'ozone.

Des phénomènes de masses d'air chaudes bloquées sous des masses d'air froides, appelé phénomène d'inversion de température, vont favoriser la stagnation des polluants émis localement (également soumis aux réactions photochimiques en cas de fort ensoleillement) et contribuer à la dégradation de la qualité de l'air.

Les données météorologiques tri horaires mesurées en continu à la station Météo France de Orange (84), ont été analysées sur la période chaude (du 13/07/2023 au 10/08/2023) ainsi que sur la période froide (du 15/01/2024 au 13/02/2024), pour les paramètres suivants :

- Températures,
- Pluviométrie,
- Force et direction du vent.

**Les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour les deux périodes de mesure. Ces variations peuvent influencer les concentrations locales :**

- **En période chaude :**
  - **Des températures plus élevées : favorisent les réactions photochimiques et donc la pollution atmosphérique ;**
- **En période froide :**
  - **Des températures plus faibles : conditions moins favorables aux émissions et à la stagnation des polluants ;**
- **En toute saison : des pluies moins abondantes et/ou moins récurrentes sont favorables à des concentrations en particules plus élevées (absence de « lessivage » de l'atmosphère par la pluie) ;**

Les conditions météorologiques sont détaillées ci-après.

### 7.7.3.1. Campagne période chaude

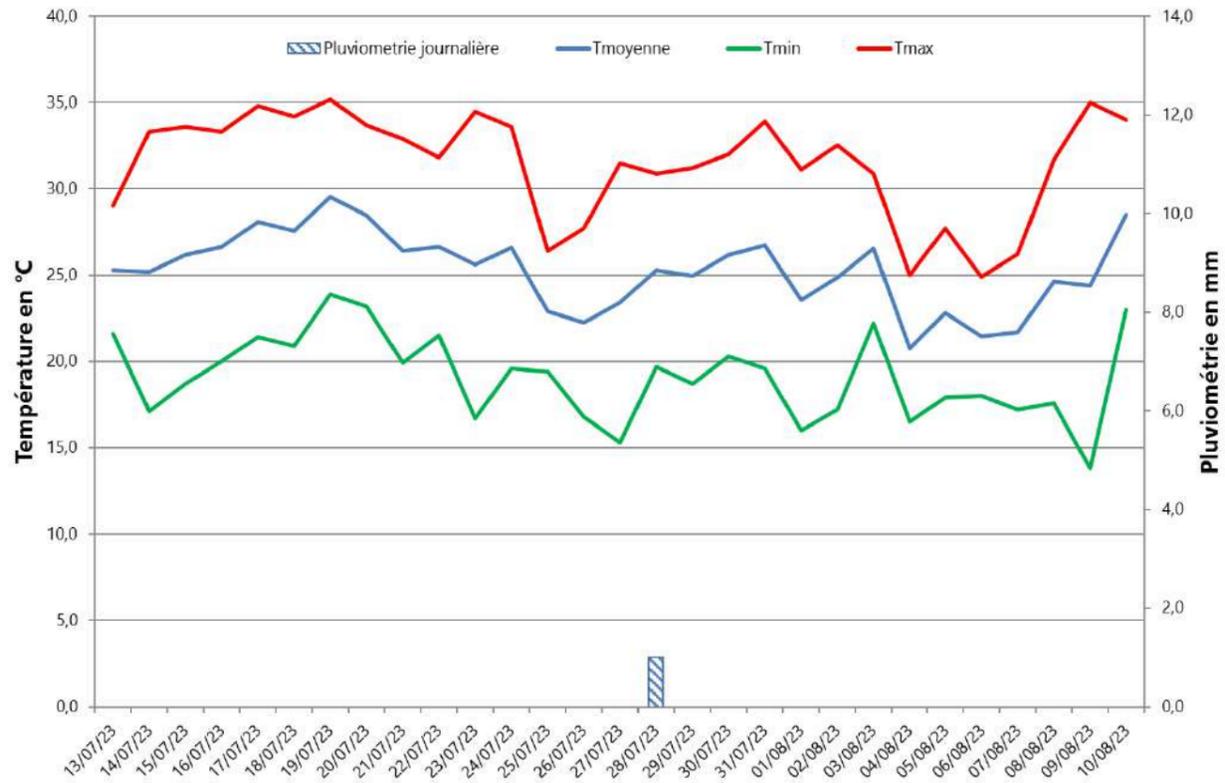


Figure 22 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures - Station météo France Orange (84)

Tableau 12 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles - fiche climatologique Météo France : Statistiques 1991-2020 et record - Station météo France Orange (84)

	Campagne	Normales moyennes en juillet
<b>Température moyenne (°C)</b>	25,3	24,4
<b>Moyenne des températures maximales (°C)</b>	31,5	31,0
<b>Moyenne des températures minimale (°C)</b>	19,1	17,9
<b>Température quotidienne la plus élevée (°C)</b>	35,2	42,7
<b>Température quotidienne la plus basse (°C)</b>	13,8	8,3
<b>Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)</b>	1,0	195,0
<b>Hauteur totale des précipitations (mm)</b>	1,0	39,3
<b>Nombre de jours de pluie</b>	1,0	3,4

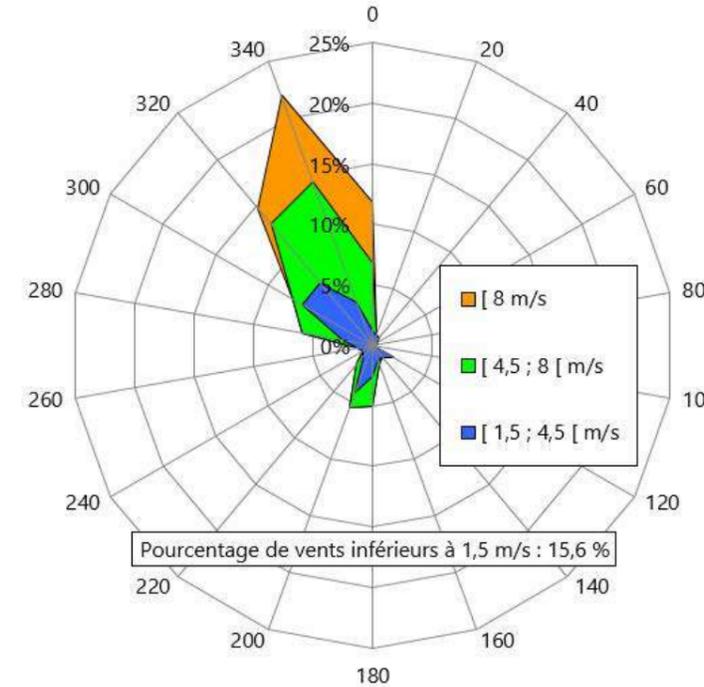


Figure 23 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure du 09/06/2023 au 06/07/2023 à la Station météo France Orange (84)

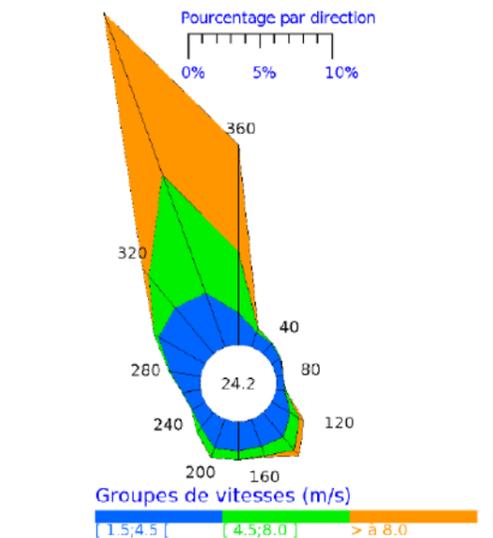


Figure 24 : Rose des vents normales de la station Météo France : Orange (84)- Période 2001-2020

Les moyennes journalières des températures pendant la campagne s'échelonnent entre 19,1°C et 31,5°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 25,3°C, et la température normale moyenne en juillet est de 24,4°C. Les températures observées durant la campagne sont donc un peu plus chaudes que les mensuelles habituelles (conséquence du changement climatique observé ces dernières années). Il faut noter que des températures plus élevées en période chaude peuvent favoriser des concentrations atmosphériques plus élevées (favorables aux réactions photochimiques).

Concernant les précipitations, il y a eu 1 jour de pluie durant la campagne, pour une hauteur totale de précipitations de 1 mm seulement contre habituellement 39,3 mm en 3,4 jours environ. Ainsi, on peut conclure que les précipitations durant la campagne de mesures étaient beaucoup moins abondantes et moins fréquentes que la moyenne normale en cette période. Cela peut favoriser des concentrations en particules plus élevées (absence de lessivage de l'atmosphère par la pluie).

Des vents fort à faibles provenant d'un secteur Nord-Nord-Ouest (340°) ont majoritairement soufflé durant la campagne. Les conditions de vents observées sont conformes à celles présentées dans la rose des vents moyennés sur 20 ans de la station Météo France de Orange (84). Les vents observés durant la campagne sont donc représentatifs des conditions de vent habituelles locales.

**Les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour la période de mesure. Celles-ci peuvent favoriser des concentrations atmosphériques plus élevées.**

### 7.7.3.1. Campagne période froide

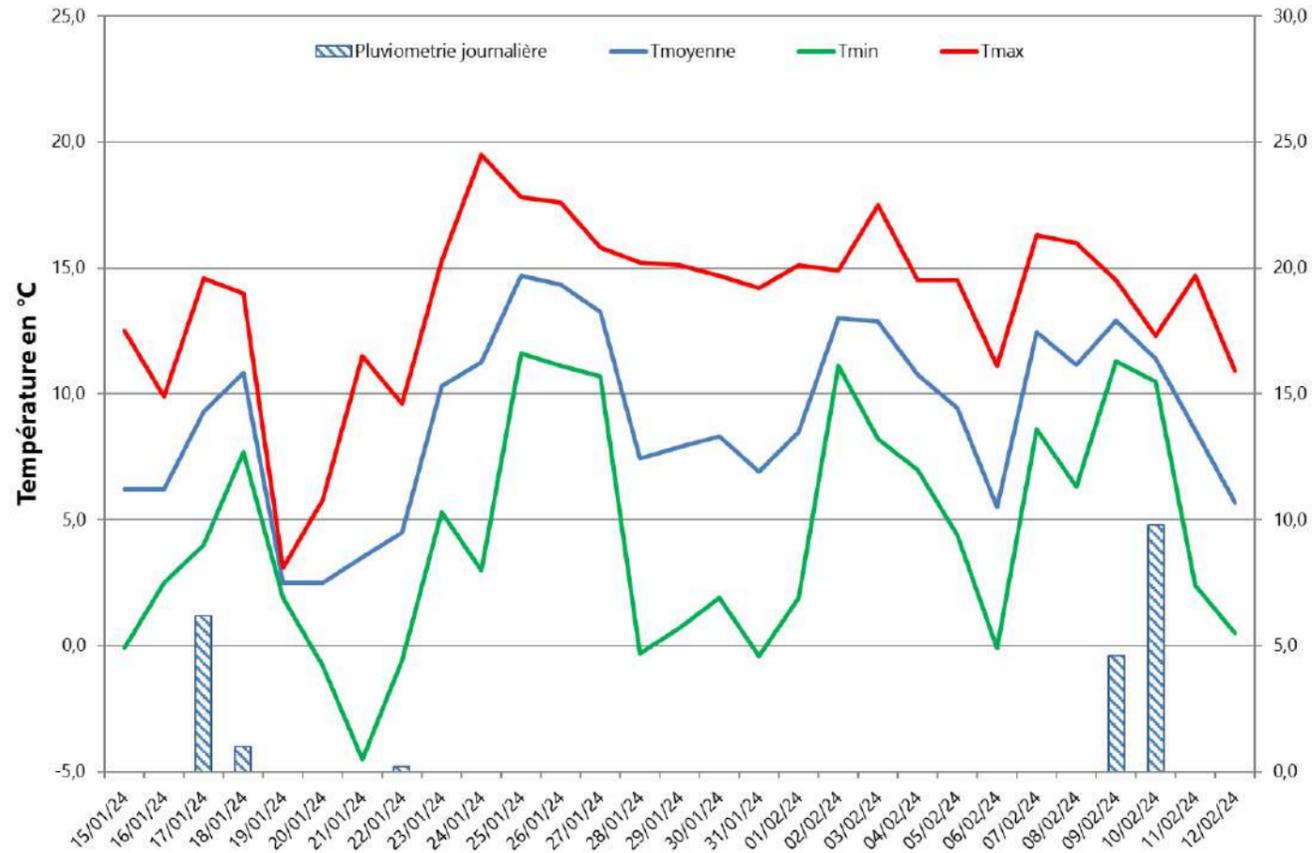


Figure 25 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures - Station météo France Orange (84)

Tableau 13 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles - fiche climatologique Météo France : Statistiques 1991-2020 et record - Station météo France Orange (84)

	Campagne	Normales moyennes en janvier février
<b>Température moyenne (°C)</b>	9,0	6,7
<b>Moyenne des températures maximales (°C)</b>	13,7	11,1
<b>Moyenne des températures minimale (°C)</b>	4,3	2,3
<b>Température quotidienne la plus élevée (°C)</b>	19,5	23,9
<b>Température quotidienne la plus basse (°C)</b>	-4,5	-14,5
<b>Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)</b>	9,8	75,0
<b>Hauteur totale des précipitations (mm)</b>	21,8	45,7
<b>Nombre de jours de pluie</b>	5,0	5,0

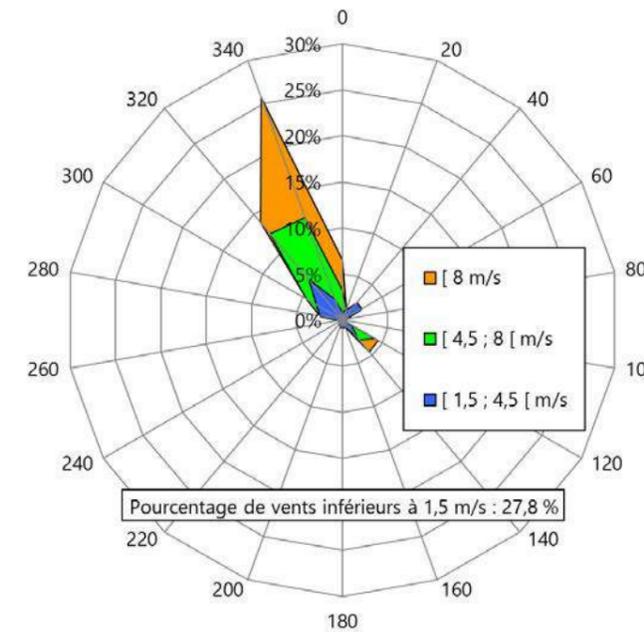


Figure 26 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure du 15/01/2024 au 13/02/2024 à la Station météo France Orange (84)

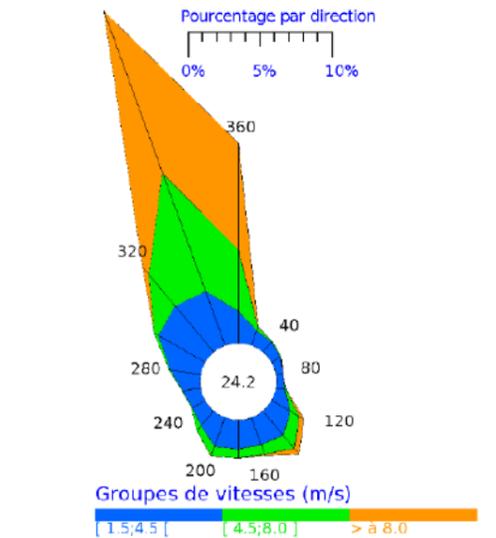


Figure 27 : Rose des vents normales de la station Météo France : Orange (84)- Période 2001-2020

Les moyennes journalières des températures pendant la campagne s'échelonnent entre 1,9°C et 15,7°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 9,0°C, et la température normale moyenne en janvier-février est de 6,7°C. Les températures observées durant la campagne sont donc un peu plus chaudes que les mensuelles habituelles (conséquence du changement climatique observé ces dernières années). Il faut noter que des températures plus élevées en période froide peuvent favoriser des concentrations atmosphériques moins élevées (conditions moins favorables aux émissions et à la stagnation des polluants).

Concernant les précipitations, il y a eu 5 jours de pluie durant la campagne, pour une hauteur totale de précipitations de 21,8 mm seulement contre habituellement 45,7 mm en 5 jours environ. Ainsi, on peut conclure que les précipitations durant la campagne de mesures étaient beaucoup moins abondantes que la moyenne normale en cette période. Cela peut favoriser des concentrations en particules plus élevées (absence de lessivage de l'atmosphère par la pluie).

Des vents fort à faibles provenant d'un secteur Nord-Nord-Ouest (340°) ont majoritairement soufflé durant la campagne. Les conditions de vents observées sont conformes à celles présentées dans la rose des vents moyennés sur 20 ans de la station Météo France de Orange (84). Les vents observés durant la campagne sont donc représentatifs des conditions de vent habituelles locales.

**Les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour la période de mesure. Celles-ci peuvent influencer les concentrations atmosphériques locales.**

### 7.7.4. Interprétation des résultats

Les résultats du laboratoire sont présentés en Annexe 1 et les fiches de mesures en Annexe 2.

Cette partie présentant la moyenne des résultats des deux campagnes réalisées en saison contrastée : la concentration calculée est considérée comme représentative de la concentration moyenne annuelle. Ces concentrations moyennes annuelles sont ainsi comparables critères nationaux de qualité de l'air.

#### 7.7.4.1. Dioxyde d'azote

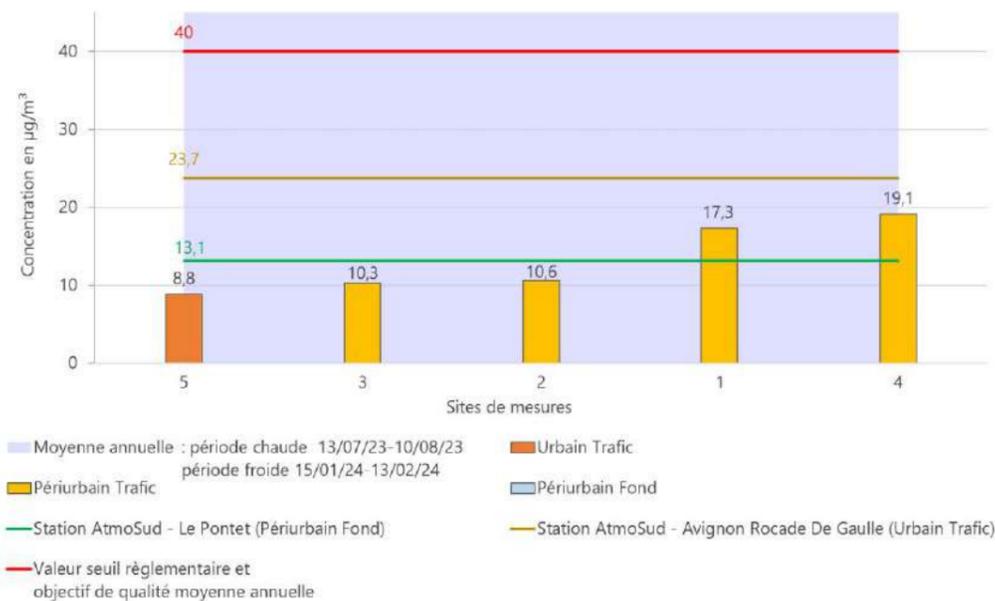


Figure 28 : Concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> mesurées par tubes passifs

Les concentrations issues de l'analyse brute du laboratoire PASSAM ont été corrigées comme préconisé dans le guide de référence « Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » de l'ADEME (2002) : les résultats bruts ont été multipliés par un coefficient de 0,901 afin d'être représentatifs des concentrations réelles.

Sur l'ensemble des sites trafic (périurbain et urbain), la moyenne des concentrations annuelles mesurées s'élève à 13,2 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations moyennes annuelles en site trafic sont comprises entre un maximum de 19,1 µg/m<sup>3</sup> (point 4 : route de Châteauneuf RD68) et un minimum s'élevant à 8,8 µg/m<sup>3</sup> au (point numéro 5 : Rue Jacques Perret).

Les concentrations moyennes annuelles mesurées sont toutes inférieures à la concentration mesurée à la station trafic Avignon Rocade De Gaulle (23,7 µg/m<sup>3</sup>). Il faut noter que les concentrations moyennes annuelles aux sites 5, 3 et 2 bien que sous influence du trafic, sont relativement faibles. En effet celles-ci sont inférieures à la concentration mesurée par AtmoSud à la station de fond Le Pontet (13,1 µg/m<sup>3</sup>).

**Les concentrations moyennes annuelles mesurées sont inférieures à la valeur réglementaire et à l'objectif de qualité (tous deux de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle). Toutefois, il faut noter qu'à l'exception du point de fond numéro 5, toutes les concentrations sont supérieures à la valeur guide annuelle recommandée par l'OMS (10 µg/m<sup>3</sup>).**

Tableau 14 : Statistiques par site de différentes typologies – Concentrations moyennes annuelles

Statistiques sur les concentrations en µg/m <sup>3</sup>		Urbain Trafic*	Périurbain Trafic
<b>Nombre de sites</b>		1	4
<b>Maximum</b>			19,1
<b>Moyenne</b>		Point 5 : 8,8 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Minimum</b>			10,3
<b>Ecart-type</b>			4,6

\*Seulement un point de mesure périurbain trafic, ce ne sont donc pas des statistiques qui sont présentées pour ce point, mais la valeur mesurée à titre indicatif.

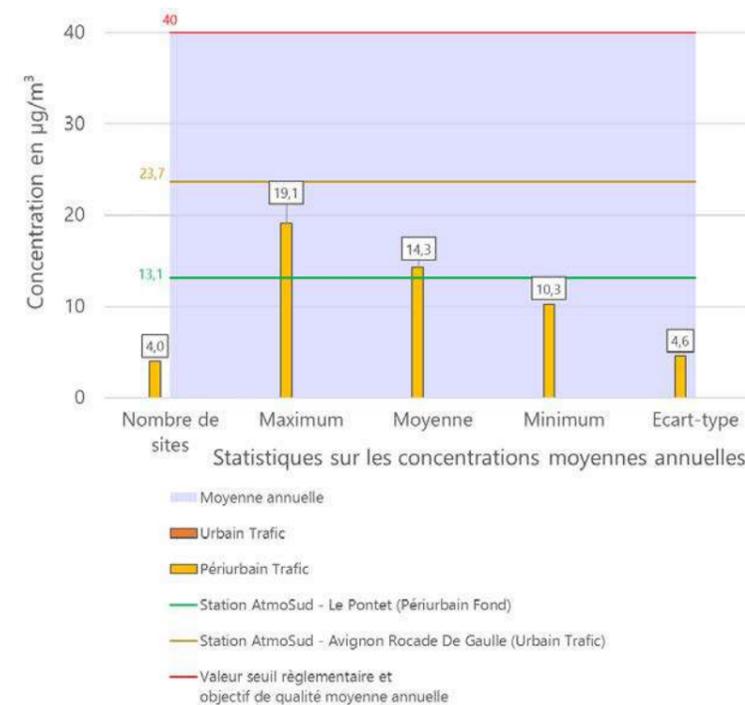


Figure 29 : Statistiques sur les concentrations moyennes annuelles en fonction du type de site

Les statistiques des concentrations mesurées, par type de site, sont présentées dans le tableau ci-dessus et le graphique ci-contre. Au regard du nombre de site par type, ces informations sont présentées à titre informatif. Il faut noter que l'écart-type des sites périurbain trafic s'élève à 4,6 µg/m<sup>3</sup>.

La cartographie ci-après met en avant par un système de code couleur les gammes de concentrations mesurées sur chaque site de mesures. Elle met ainsi en évidence que les concentrations en dioxyde d'azote sont plus élevées près des axes routiers (A7 et RD68) et sont plus faibles dans le tissu urbain (point 5).

### Projet de lotissement secteur Coudoulet - Orange (84) Concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote

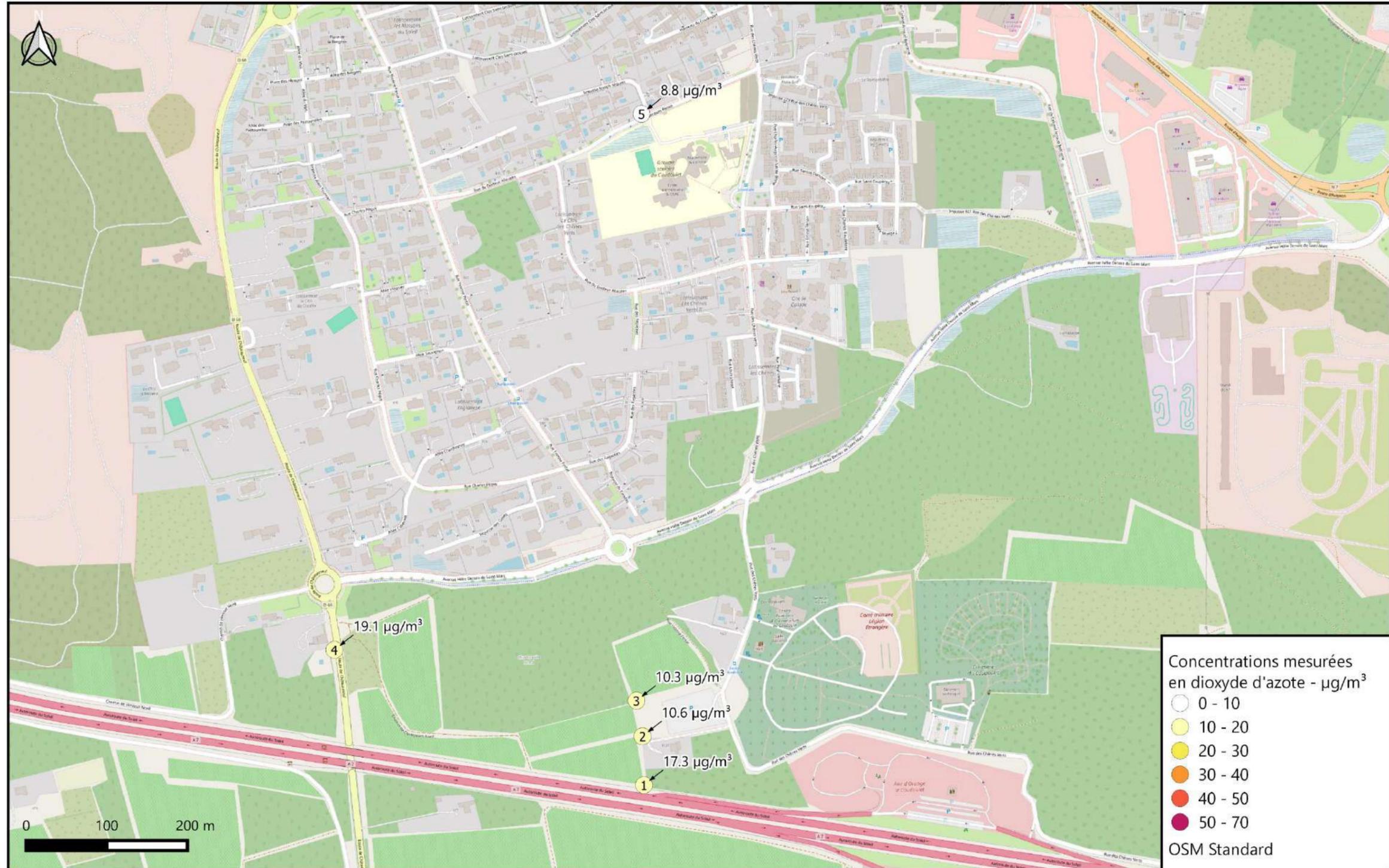


Figure 30 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote

Un demi-transect a été installé, c'est-à-dire plusieurs points de mesures rapprochés s'éloignant progressivement de l'axe. Le but est d'étudier l'influence de la route sur la dispersion atmosphérique en période chaude. Une analyse similaire sera également réalisée en période froide.

Le transect installé lors de cette étude est détaillé dans le tableau ci-après et les résultats de ces mesures sont rassemblés graphiquement.

Tableau 15 : Transect installé le long de l'axe routier, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO<sub>2</sub>

	Point	Concentration moyenne annuelle (µg/m <sup>3</sup> )	Distance	Position des points
<b>Transect : Autoroute A7</b>	1	17,3	6,3	
	2	10,6	67,8	
	3	10,3	110,7	

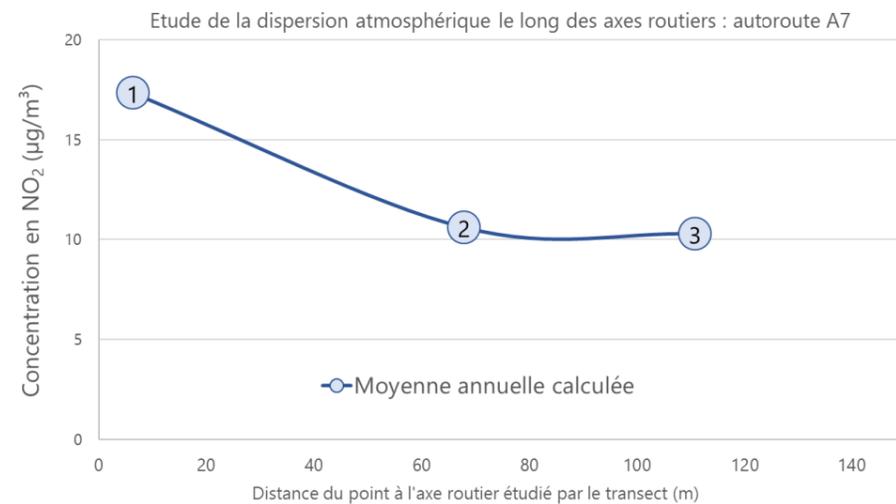


Figure 31 : Transect installé le long de l'axe routier, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO<sub>2</sub>

Placé de manière à étudier l'influence de l'autoroute A7, il est observé une diminution des concentrations en s'éloignant de l'axe du point 1 vers le point 3. Il est constaté une nette diminution des concentrations entre le point 1 et le point 2 et une diminution beaucoup moins marquée entre le point 2 et le point 3.

Cette décroissance témoigne de l'influence de l'axe sur les concentrations locales jusqu'à environ 70 mètres autour de l'autoroute A7.

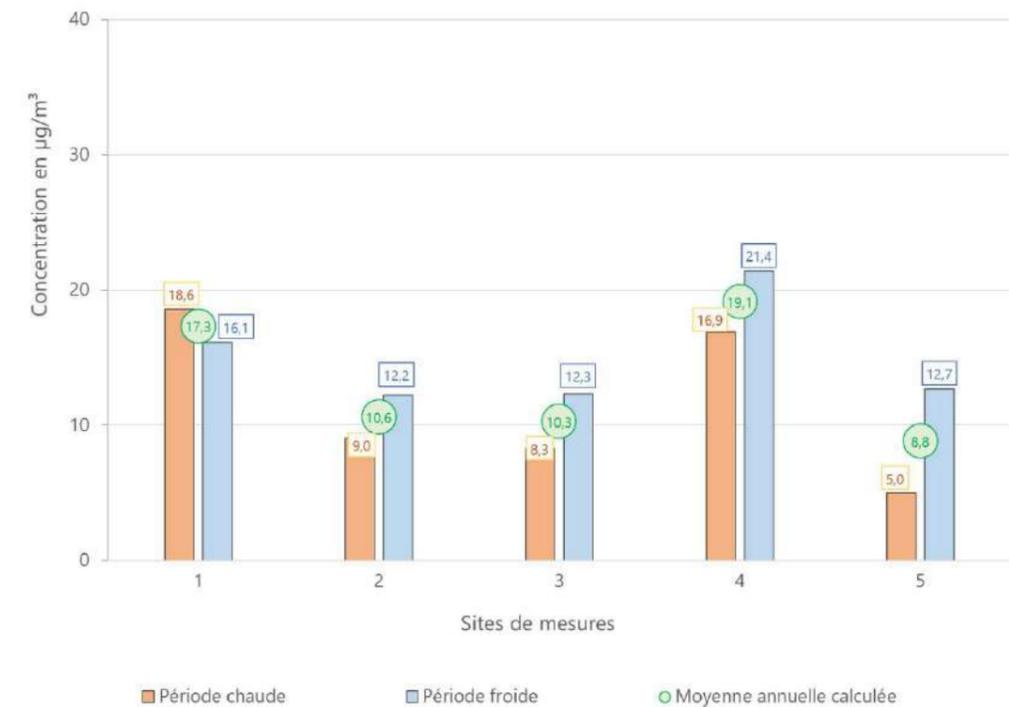


Figure 32 : Etude de la saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote

Le graphique ci-dessus présente les concentrations mesurées en période chaude, en période froide ainsi que la moyenne annuelle calculée à partir de ces deux campagnes.

Il est observé pour la majorité des sites, une saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote, avec des concentrations en période froide plus élevées qu'en période chaude, en cohérence avec la saisonnalité habituelle des concentrations.

En effet, en période froide les conditions météorologiques favorisent les émissions de rejet automobile ainsi que la stagnation des polluants dans l'atmosphère. De plus, l'apparition de nouvelles sources de pollutions comme le chauffage contribuent à cette augmentation des concentrations.

Cependant le point 1 fait exception, celui-ci présente une saisonnalité inversée avec une concentration plus élevée en période chaude qu'en période froide. Deux hypothèses sont considérées :

- Soit une source extérieure au trafic routier a perturbé la mesure en période chaude ;
- Soit le trafic routier a été beaucoup plus élevé ou plus embouteillé en période chaude qu'en période froide ;

Le fait que cette anomalie ne soit pas présente aux deux autres points du transect laisse à penser qu'il s'agit d'une source de combustion très localisée (extérieure au trafic routier) qui aurait perturbé la mesure.

### 7.7.4.2. Particules PM10

Les résultats des concentrations mesurées en particules PM10 sont présentés dans le graphique ci-dessous.

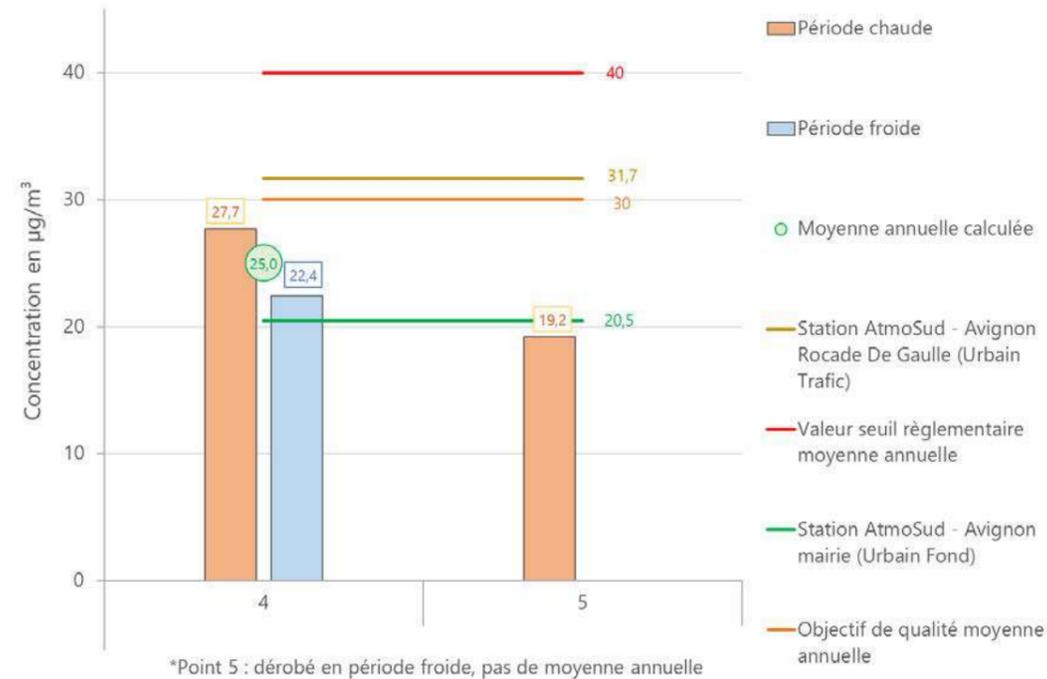


Figure 33 : Concentrations en particules PM10 mesurées par capteurs passifs lors des campagnes de mesures

Deux points de mesures ayant été réalisés, cela n'est pas suffisant pour établir des statistiques sur les types de sites. En revanche, cela permet de qualifier les niveaux de concentrations en particules PM10 de la zone étudiée. Le dispositif de prélèvement du point 5 ayant été dérobé, aucune moyenne annuelle ne peut être établie en ce point.

**La concentration moyenne annuelle en PM10 mesurée au point trafic numéro 4 (avec 25 µg/m³) est inférieure à la valeur seuil réglementaire (40 µg/m³) et à l'objectif de qualité (30 µg/m³). Toutefois, il faut noter qu'elle est supérieure à la valeur guide annuelle recommandée par l'OMS (15 µg/m³).**

La concentration moyenne annuelle au site trafic numéro 4 est inférieure à la concentration mesurée par AtmoSud à la station trafic Avignon Rocade De Gaulle (31,7 µg/m³ en moyenne, sur la période des deux campagnes). Celle-ci est en revanche supérieure à la concentration mesurée à la station de fond Avignon Mairie (20,5 µg/m³ en moyenne, sur la période des deux campagnes - AtmoSud).

Il faut noter qu'une saisonnalité inhabituelle des concentrations en PM10 est observée au point 4 : avec une concentration en période chaude plus élevée qu'en période froide. Ce phénomène n'étant pas observé pour le dioxyde d'azote (traceur du trafic routier) en ce point, une source extérieure au trafic routier est probablement à l'origine de ce phénomène et augmente les concentrations en période chaude.

La cartographie ci-après met en avant par un système de code couleur les gammes de concentrations mesurées.

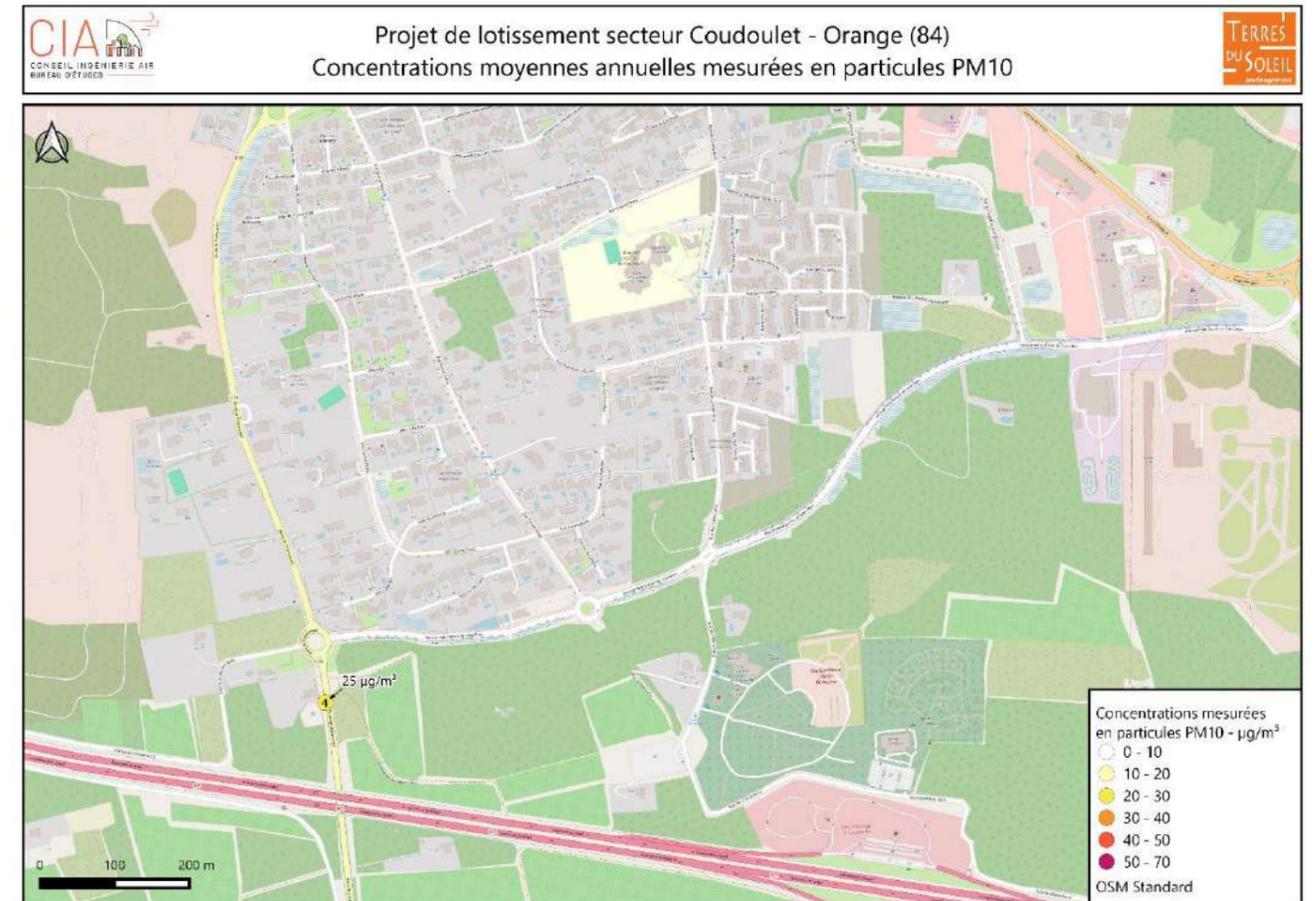


Figure 34 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10

## 8. Conclusion de l'état initial

### Le projet

Cette étude s'inscrit dans le cadre des études environnementales relatives au projet de lotissement sur le secteur Coudoulet à Orange (84).

Le projet vise à créer un lotissement comprenant :

- 50 villas pavillonnaires ;
- 16 villas à vocation sociale ;
- 6 logements en appartements
- Des voiries avec stationnements ;
- Des espaces verts.

On notera également que le projet est situé à 100 m de l'autoroute A7.

Cette étude est réalisée pour le compte de Terres du Soleil. Les enjeux de cette étude sont dans un premier temps de qualifier la qualité de l'air de la zone et ainsi déterminer les concentrations locales.

Puis dans un second temps, à qualifier l'impact du projet en lui-même sur la qualité de l'air locale : Le trafic routier étant une source de pollution atmosphérique, un changement des conditions de trafic locales peut impacter, de façon positive ou négative, la qualité de l'air et donc la santé des populations avoisinant ces axes.

L'étude s'appuie sur les documents suivants :

- La note méthodologique du 22 février 2019 relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières.
- L'annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement « volet air » rédigée par le SETRA et le CERTU, pour la Direction des Routes du Ministère de l'Équipement des Transports de l'Aménagement du territoire du Tourisme et de la Mer et diffusée auprès des Préfets de région et de département par courrier daté du 10 juin 1999 signé du Directeur des Routes.

### Etude bibliographique de la qualité de l'air locale

#### A. Emissions atmosphériques

L'étude de l'inventaire des émissions de 2019 de la commune de Orange, a permis d'identifier l'industrie, le résidentiel et le transport routier comme principaux secteurs émetteurs de polluants.

**Ainsi, des modifications de trafic routier découlant du projet pourraient avoir un impact (positif ou négatif) sur la qualité de l'air locale.**

Il faut noter que :

- La majorité des émissions de NOx viennent du secteur transport routier (67%)

- Le secteur industriel contribue majoritairement à l'émissions de Dioxyde de soufre (64%) ;
- Les particules fines proviennent du secteur résidentiel (50% des PM2.5 et 39% des PM10), du transport routier (25% des PM2.5 et 28% des PM10) et de l'industrie (19% des PM2.5 et 27% des PM10).

#### B. Concentrations

Les concentrations des principaux polluants émis par le trafic routier, mesurés par l'AASQA AtmoSud en 2022 dans les environs de la zone d'étude ainsi que les concentrations modélisées en 2022 ont été étudiées.

L'analyse des données mesurées par les stations fixes d'AtmoSud met en évidence :

- Aux trois stations choisies, il n'y a pas de dépassement des valeurs de recommandation pour le dioxyde d'azote.
- Le non-respect de l'objectif de qualité fixé pour le benzène en site trafic (2 µg/m<sup>3</sup>)
- En site trafic et également en site fond urbain, il faut noter le dépassement de l'objectif de qualité des particules PM2,5 (10 µg/m<sup>3</sup>) ;
- Le dépassement des nouveaux seuils de recommandation annuels de l'OMS sur toutes les stations étudiées, pour le dioxyde d'azote (10 µg/m<sup>3</sup>), les particules PM10 (15 µg/m<sup>3</sup>), ainsi que les particules PM2,5 (5 µg/m<sup>3</sup>) ;

D'après le bilan 2022 d'AtmoSud, ces dernières années une baisse des concentrations est observée pour le dioxyde d'azote et les particules (PM10 et PM2,5) et les dépassements des critères nationaux se réduisent ou sont moins marqués pour ces polluants. Cela entraîne une diminution au fil du temps du nombre d'habitants exposés à des concentrations dépassant les seuils. Il faut noter que l'ozone ne voit pas ses concentrations diminuer au fil du temps.

Aucun dépassement des seuils réglementaires ne sont observés au niveau de la zone du projet selon les modélisations AtmoSud.

Localement, les facteurs pouvant favoriser des niveaux de pollution élevés sont les suivants :

- La présence d'axes routiers au trafic élevé ;
- Des sources d'émissions multiples ;
- Un ensoleillement important (réaction photochimiques) ;
- La disposition des bâtiments (rue canyon).



## Mesures in-situ

### A. Campagnes de mesures

Conformément au guide méthodologique, deux campagnes de mesures de la qualité de l'air au droit de la zone de projet ont été réalisées en saison contrastées (période chaude et période froide).

Les campagnes de mesures se sont intéressées aux principaux polluants d'origine automobile que sont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ainsi que les particules (PM10).

Ces polluants ont été mesurés, pour chacune des deux campagnes réalisées, sur une période de 4 semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs pour le NO<sub>2</sub> et de capteurs passifs pour les particules.

Celles-ci ont été réalisées sur 5 sites, répartis de façon à couvrir l'ensemble du périmètre d'étude.

Ce rapport présentant la moyenne des résultats des deux campagnes réalisées en saison contrastée : la concentration calculée est considérée comme représentative de la concentration moyenne annuelle. Ces concentrations moyennes annuelles sont ainsi comparables critères nationaux de qualité de l'air.

### B. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour les deux périodes de mesure. Ces variations peuvent influencer les concentrations locales :

- En période chaude :
  - Des températures plus élevées : favorisent les réactions photochimiques et donc la pollution atmosphérique ;
- En période froide :
  - Des températures plus faibles : conditions moins favorables aux émissions et à la stagnation des polluants ;
- En toute saison : des pluies moins abondantes et/ou moins récurrentes sont favorables à des concentrations en particules plus élevées (absence de « lessivage » de l'atmosphère par la pluie) ;

### C. Concentrations en dioxyde d'azote

Sur l'ensemble des sites trafic (périurbain et urbain), la moyenne des concentrations annuelles mesurées s'élève à 13,2 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations moyennes annuelles en site trafic sont comprises entre un maximum de 19,1 µg/m<sup>3</sup> (point 4 : route de Châteauneuf RD68) et un minimum s'élevant à 8,8 µg/m<sup>3</sup> au (point numéro 5 : Rue Jacques Perret).

Les concentrations moyennes annuelles mesurées sont toutes inférieures à la concentration mesurée à la station trafic Avignon Rocade De Gaulle (23,7 µg/m<sup>3</sup>). Il faut noter que les concentrations moyennes annuelles aux sites 5, 3 et 2 bien que sous influence du trafic, sont relativement faibles. En effet celles-ci sont inférieures à la concentration mesurée par AtmoSud à la station de fond Le Pontet (13,1 µg/m<sup>3</sup>).

**Les concentrations moyennes annuelles mesurées sont inférieures à la valeur réglementaire et à l'objectif de qualité (tous deux de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle). Toutefois, il faut noter qu'à l'exception du point de fond numéro 5, toutes les concentrations sont supérieures à la valeur guide annuelle recommandée par l'OMS (10 µg/m<sup>3</sup>).**

L'étude de la répartition spatiale des concentrations met en évidence que les concentrations en dioxyde d'azote sont plus élevées près des axes routiers (A7 et RD68) et sont plus faibles dans le tissu urbain (point 5).

Un demi-transect a été installé, c'est-à-dire plusieurs points de mesures rapprochés s'éloignant progressivement de l'axe. Le but est d'étudier l'influence de la route sur la dispersion atmosphérique en période chaude. Une analyse similaire sera également réalisée en période froide.

Placé de manière à étudier l'influence de l'autoroute A7, il est observé une diminution des concentrations en s'éloignant de l'axe du point 1 vers le point 3. Il est constaté une nette diminution des concentrations entre le point 1 et le point 2 et une diminution beaucoup moins marquée entre le point 2 et le point 3.

Cette décroissance témoigne de l'influence de l'axe sur les concentrations locales jusqu'à environ 70 mètres autour de l'autoroute A7.

Il est observé pour la majorité des sites, une saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote, avec des concentrations en période froide plus élevées qu'en période chaude, en cohérence avec la saisonnalité habituelle des concentrations.

En effet, en période froide les conditions météorologiques favorisent les émissions de rejet automobile ainsi que la stagnation des polluants dans l'atmosphère. De plus, l'apparition de nouvelles sources de pollutions comme le chauffage contribuent à cette augmentation des concentrations.

Cependant le point 1 fait exception, celui-ci présente une saisonnalité inversée avec une concentration plus élevée en période chaude qu'en période froide. Deux hypothèses sont considérées :

- Soit une source extérieure au trafic routier a perturbé la mesure en période chaude ;
- Soit le trafic routier a été beaucoup plus élevé ou plus embouteillé en période chaude qu'en période froide ;

Le fait que cette anomalie ne soit pas présente aux deux autres points du transect laisse à penser qu'il s'agit d'une source de combustion très localisée (extérieure au trafic routier) qui aurait perturbé la mesure.



## D. Concentrations en particules PM10

Deux points de mesures ayant été réalisés, cela n'est pas suffisant pour établir des statistiques sur les types de sites. En revanche, cela permet de qualifier les niveaux de concentrations en particules PM10 de la zone étudiée. Le dispositif de prélèvement du point 5 ayant été dérobé, aucune moyenne annuelle ne peut être établie en ce point.

**La concentration moyenne annuelle en PM10 mesurée au point trafic numéro 4 (avec  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est inférieure à la valeur seuil réglementaire ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et à l'objectif de qualité ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Toutefois, il faut noter qu'elle est supérieure à la valeur guide annuelle recommandée par l'OMS ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

La concentration moyenne annuelle au site trafic numéro 4 est inférieure à la concentration mesurée par AtmoSud à la station trafic Avignon Rocade De Gaulle ( $31,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne, sur la période des deux campagnes). Celle-ci est en revanche supérieure à la concentration mesurée à la station de fond Avignon Mairie ( $20,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne, sur la période des deux campagnes - AtmoSud).

Il faut noter qu'une saisonnalité inhabituelle des concentrations en PM10 est observée au point 4 : avec une concentration en période chaude plus élevée qu'en période froide. Ce phénomène n'étant pas observé pour le dioxyde d'azote (traceur du trafic routier) en ce point, une source extérieure au trafic routier est probablement à l'origine de ce phénomène et augmente les concentrations en période chaude.



# Partie 4. Impact du projet



## 9. Trafic routier : Calcul d'émissions de polluants et de la consommation énergétique

### 9.1. Données

Les entrants indispensables à la réalisation de l'étude prévisionnelle sont les données issues de modélisations de trafic réalisées dans la zone d'étude du projet. Il s'agit du Trafic Moyen Journalier Annuel, de la vitesse réglementaire des véhicules, ainsi que de la part de poids-lourds, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés. Les différents scénarios ont été étudiés aux horizons suivants :

- Actuel 2023 ;
- 2028 :
  - Mise en service ;
  - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2048 :
  - Mise en service + 20 ans ;
  - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

Les données sont issues de l'étude de trafic réalisée par le bureau d'études PCR.

### 9.2. Répartition du parc automobile

Le parc automobile donne la distribution par type de voie (urbain, route et autoroute) des différentes catégories de véhicules (VP, VUL, PL, 2R), par combustible (essence ou diesel), par motorisation et par norme (EURO). La répartition du parc roulant, à l'horizon étudié, est extraite des statistiques disponibles du parc français. Pour la répartition des véhicules utilitaires légers, il a été fait le choix de considérer un pourcentage moyen national de 23 % des véhicules légers.

Le parc roulant utilisé est celui issu de COPERT V et des données actualisées de l'IFSTTAR avec un parc roulant allant jusqu'à 2050.

### 9.3. Définition du domaine d'étude

**L'étude de trafic** et les évolutions de circulation sont des entrants des études de la qualité de l'air et de l'étude acoustique.

En termes de qualité de l'air, le domaine d'étude est composé du projet lui-même et de l'ensemble du réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic significative.

Ces variations sont considérées comme significatives si elles sont supérieures à :

- $\pm 500$  véhicules/jours, pour les TMJA < 5000 véhicules/jour ;
- $\pm 10$  % d'impact sur les TMJA, pour des TMJA > 5000 véhicules/jour ;

Pour une question de cohérence du domaine d'étude, certains brins subissant des variations de trafics non significatives ont pu être retenus.

L'ensemble des brins retenus permet de définir une bande d'étude pour les polluants étudiés : il s'agit d'une zone tampon entourant les axes pris en compte. La largeur de la bande d'étude est définie selon les trafics routiers, conformément au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières de février 2019.

Ici, la largeur de la bande d'étude du NO<sub>2</sub> est de 600 mètres et celle des particules (PM10 et PM2,5) est de 200 mètres, toutes deux sont centrées sur le réseau routier.

Le domaine d'étude et les bandes d'études sont présentés dans la Figure 35.

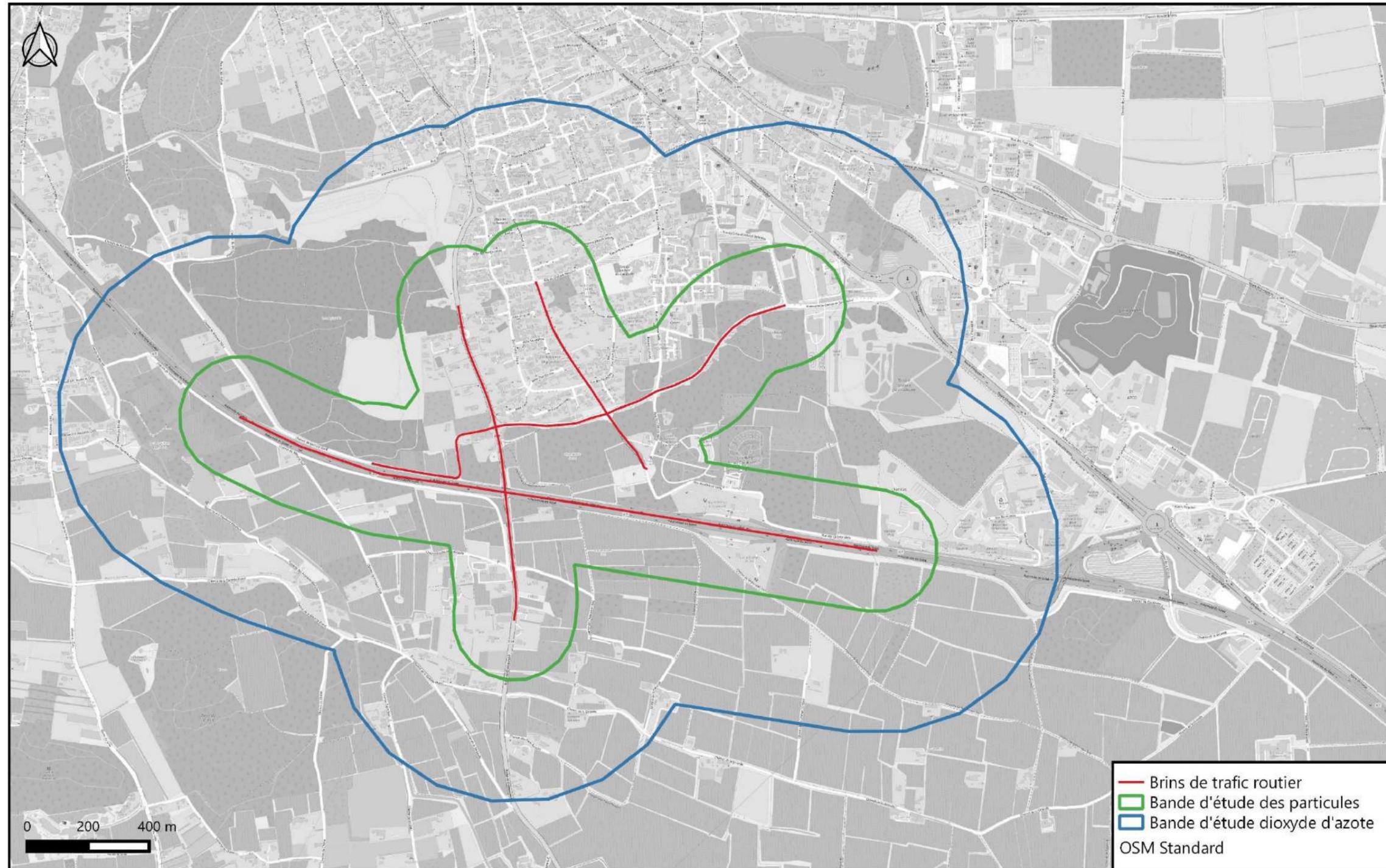


Figure 35 : Présentation du domaine d'étude pris en compte dans le calcul des émissions atmosphériques de polluants

## 9.4. Evolution du trafic routier dans le domaine d'étude

Tableau 16 : Evolution du trafic dans le domaine d'étude

Scénario	Année	Veh.km parcourus	Impact
Actuel	2023	134 899	-
Référence « au fil de l'eau »	2028	141 508	4,9 % / Actuel
Projet		142 362	0,6 % / Référence
Référence « au fil de l'eau »	2048	173 145	28,4 % / Actuel
Projet		173 589	0,3% / Référence

Au fil de l'eau, le trafic routier du domaine d'étude augmente par rapport à la situation actuelle 2023 de 4,9 % en 2028 ; il augmente en 2048 de 28,4% par rapport à la situation actuelle.

L'impact global du projet sur le nombre de véhicules.kilomètres parcourus du domaine d'étude est de 0,6 % par rapport à la situation de référence en 2028 et 0,3% en 2048. Le projet génère globalement une augmentation du trafic routier dans le domaine d'étude.

**L'augmentation du trafic routier en situation de projet est due à l'apport de nouveaux trafics liés à la création du lotissement.**

## 9.5. Bilan de la consommation énergétique

Le bilan énergétique du projet prend en compte la consommation de carburant liée au trafic routier.

Le graphique suivant présente les résultats de la consommation énergétique journalière sur le domaine d'étude. Le total est exprimé en tonnes équivalent pétrole (TEP).

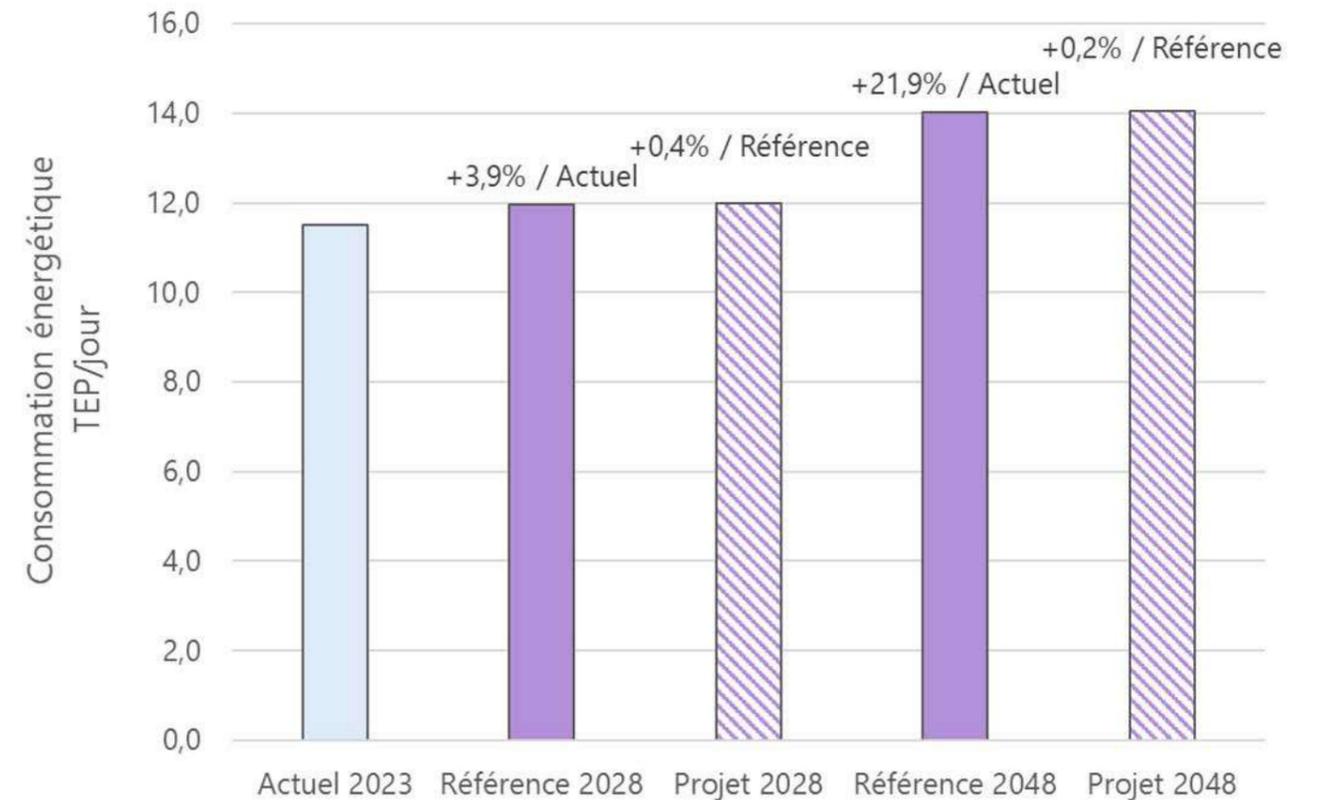


Figure 36 : Consommation énergétique journalière TEP/jour

Au fil de l'eau, la consommation énergétique (TEP/jour) augmente par rapport à la situation actuelle de 3,9% en 2028 et de 21,9% en 2048. Ceci est dû à l'augmentation du trafic routier au fil de l'eau à cet horizon, en partie compensée par l'amélioration technologique du parc roulant.

Le projet génère une augmentation de 0,4 % en 2028 de la consommation énergétique totale du domaine d'étude, par rapport à la situation de référence et une augmentation de 0,2% en 2048. Cet impact est en cohérence avec l'évolution du nombre de véhicules.kilomètres parcourus du domaine d'étude, présentée précédemment.

## 9.6. Bilan des émissions en polluants

Le bilan des émissions en polluants (et leurs variations), pour l'ensemble du domaine d'étude aux horizons étudiés pour tous les types de véhicules est présenté dans le tableau suivant.

En 2028, au fil de l'eau, malgré l'augmentation du trafic routier, il apparaît une diminution de l'ensemble des émissions de polluants par rapport à la situation actuelle 2023. Cela est lié à l'amélioration technologique du parc roulant au fil du temps. Le nickel et l'arsenic font globalement exception : étant davantage émis par les surémissions (usure, entretien des voies), ceux-ci sont peu concernés par l'évolution du parc roulant au fil de l'eau.

En 2048, au fil de l'eau, il apparaît une diminution de l'ensemble des émissions de polluants par rapport à la situation actuelle 2023, sauf pour les COVnM et le CO. Cela est généré par une augmentation importante du trafic routier (+28,4% en 2048 contre +4,9% en 2028) compensé sur certains polluants par l'amélioration technologique du parc roulant au fil du temps. Le nickel et l'arsenic font globalement exception : étant davantage émis par les surémissions (usure, entretien des voies), ceux-ci sont peu concernés par l'évolution du parc roulant au fil de l'eau.

Concernant les gaz à effet de serre (GES), au fil de l'eau, les émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O augmentent de 3,9% et 0,4% en 2028 et de 21,5% et 0,7% en 2048. Les émissions de CH<sub>4</sub> diminuent de -13,6% en 2028 et de -9,2% en 2048. Ces variations sont liées à l'augmentation du trafic au fil de l'eau compensée par l'amélioration technologique du parc roulant au fil du temps.

On notera un résultat plus difficilement explicable pour les émissions de SO<sub>2</sub>. Par retour d'expérience, ces deux polluants font toujours exception à la règle et on constate que les facteurs d'émissions officiels de COPERT V de ces deux polluants n'évoluent pas comme les autres, donnant des résultats interrogateurs.

**En situation de projet par rapport à la situation de référence, les émissions des polluants principaux augmentent entre 0,4% et 0,6% en 2028 et entre 0,1% et 0,3% 2048, en cohérence avec l'augmentation du trafic routier généré par le projet**

En situation projet les émissions de Nickel et Arsenic augmentent de 2,4% et 2,78% en 2028 et de 2,2% et 2,78% en 2048. Ces polluants sont davantage émis par les surémissions (usure, entretien des voies).

Le même constat est effectué concernant les gaz à effet de serre (GES) : Le projet entraîne une augmentation des émissions de GES entre 0,4% et 0,6% en 2028 et de 0,2% en 2048, en cohérence avec l'augmentation du trafic routier généré par le projet.

Tableau 17 : Emissions moyennes journalières sur le domaine d'étude

Bande d'étude tous types de véhicules confondus	CO (kg/j)	NOx (kg/j)	COVnM (kg/j)	SO <sub>2</sub> (kg/j)	PM10 (kg/j)	PM2.5 (kg/j)	Benzène (kg/j)	B(a)P (g/j)	Nickel (g/j)	Arsenic (g/j)
<b>Actuel 2023</b>	7,2E+01	1,0E+02	1,5E+00	3,1E-01	5,2E+00	3,7E+00	3,7E-02	1,6E-01	2,5E+00	4,3E-01
<b>Référence 2028</b>	5,9E+01	7,2E+01	1,2E+00	3,4E-01	4,5E+00	2,9E+00	2,5E-02	1,5E-01	2,5E+00	4,3E-01
<b>Variation au « Fil de l'eau » 2028</b>	<b>-17,2%</b>	<b>-28,4%</b>	<b>-22,0%</b>	<b>9,6%</b>	<b>-14,0%</b>	<b>-21,7%</b>	<b>-31,6%</b>	<b>-8,0%</b>	<b>0,9%</b>	<b>0,0265%</b>
<b>Projet 2028</b>	6,0E+01	7,2E+01	1,2E+00	3,4E-01	4,5E+00	2,9E+00	2,6E-02	1,5E-01	2,6E+00	4,4E-01
<b>Impact du Projet 2028</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,6%</b>	<b>2,4%</b>	<b>2,78%</b>
<b>Référence 2048</b>	7,4E+01	3,1E+01	1,8E+00	5,3E-01	4,8E+00	2,8E+00	3,0E-02	1,2E-01	2,6E+00	4,3E-01
<b>Variation au « Fil de l'eau » 2048</b>	<b>2,5%</b>	<b>-69,3%</b>	<b>15,6%</b>	<b>71,5%</b>	<b>-9,0%</b>	<b>-24,2%</b>	<b>-18,5%</b>	<b>-28,1%</b>	<b>5,5%</b>	<b>0,19%</b>
<b>Projet 2048</b>	7,4E+01	3,1E+01	1,8E+00	5,3E-01	4,8E+00	2,8E+00	3,0E-02	1,2E-01	2,7E+00	4,4E-01
<b>Impact du Projet 2048</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>2,2%</b>	<b>2,78%</b>

Tableau 18 : Emissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur le domaine d'étude

Bande d'étude tous types de véhicules confondus	CO <sub>2</sub> (T/j)	N <sub>2</sub> O (kg/j)	CH <sub>4</sub> (kg/j)
Actuel 2023	3,6E+01	1,4E+00	3,8E-01
Référence 2028	3,8E+01	1,4E+00	3,3E-01
Variation au « Fil de l'eau » 2028	<b>3,9%</b>	<b>0,4%</b>	<b>-13,6%</b>
Projet 2028	3,8E+01	1,4E+00	3,3E-01
Impact du Projet 2028	<b>0,4%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,6%</b>
Référence 2050	4,4E+01	1,4E+00	3,5E-01
Variation au « Fil de l'eau » 2048	<b>21,5%</b>	<b>0,7%</b>	<b>-9,2%</b>
Projet 2048	4,4E+01	1,4E+00	3,5E-01
Impact du Projet 2048	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>

## 9.7. Analyse des coûts collectifs

### 9.7.1. Coûts liés à la pollution de l'air

Tableau 19 : Coûts liés à la pollution de l'air – Tous types de véhicules confondus

€2015	Coût journalier en €	Impact	
<b>Actuel 2023</b>	1 579,20 €	-	
<b>Référence 2028</b>	1 426,10 €	-9,7%	/ Actuel
<b>Projet 2028</b>	1 433,30 €	0,5%	/ Référence
<b>Référence 2048</b>	1 657,50 €	5,0%	/ Actuel
<b>Projet 2048</b>	1 661,30 €	0,2%	/ Référence

Par rapport à la situation actuelle 2023, en situation de référence les coûts collectifs évoluent en diminuant de -9,7 % en 2028 et en augmentant de +5,0% en 2048. Cette différence est due aux améliorations technologiques du parc roulant qui compense complètement l'augmentation du trafic routier en 2028 et en partie en 2048.

En situation de projet, les coûts liés à la pollution de l'air augmentent en 2028 et 2048, respectivement de 0,5% et 0,2%. Cette augmentation est liée à l'évolution du trafic routier en situation de projet.

### 9.7.2. Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Tableau 20 : Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel – Tous types de véhicules confondus

€2015	Coût journalier en €	Impact	
<b>Actuel 2023</b>	4 858,10 €	-	
<b>Référence 2028</b>	8 089,17 €	66,5%	/ Actuel
<b>Projet 2028</b>	8 122,38 €	0,4%	/ Référence
<b>Référence 2048</b>	30 894,17 €	535,9%	/ Actuel
<b>Projet 2048</b>	30 949,99 €	0,2%	/ Référence

On observe une augmentation de 66,5 % entre la situation actuelle 2023 et la situation de référence 2028 et de 535,9% en 2048. Cela s'explique par la hausse annuelle du prix de la tonne de CO<sub>2</sub> : en 2023 son coût s'élève à 133,40 € alors qu'en 2028 il atteint 213,8 € et plus de 698,3€ en 2048.

En situation de projet, les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel augmentent respectivement de 0,4% et 0,2% en 2028 et 2048, en cohérence avec l'augmentation du trafic routier liée au projet.

### 9.7.3. Coûts collectifs globaux

Tableau 21 : Coûts collectifs globaux du domaine d'étude

€2015	Coût journalier en €	Impact	
<b>Actuel 2023</b>	6 437,30 €	-	
<b>Référence 2028</b>	9 515,27 €	47,8%	/ Actuel
<b>Projet 2028</b>	9 555,68 €	0,4%	/ Référence
<b>Référence 2048</b>	32 551,67 €	405,7%	/ Actuel
<b>Projet 2048</b>	32 611,29 €	0,2%	/ Référence

En situation de projet, les coûts collectifs globaux du domaine d'étude augmentent de 0,4% et 0,2% en 2028 et 2048, en cohérence avec l'évolution du trafic routier liée au projet.

**Le projet entraîne une augmentation des coûts collectifs globaux, suite à l'augmentation du trafic routier du domaine d'étude en situation de projet.**



## 10. Modélisation de la dispersion atmosphérique

### 10.1. Méthodologie des calculs

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel ARIA Impact. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet également de tenir compte des concentrations de fond de la zone d'étude.

### 10.2. Résultats des modélisations

Les concentrations des polluants d'intérêt ont été modélisées aux horizons et scénarios suivants :

- Actuel 2023 ;
- 2028 :
  - Mise en service du projet ;
  - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2048 :
  - Mise en service du projet + 20 ans ;
  - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

Selon la note méthodologique, la distribution et répartition spatiale des concentrations du dioxyde d'azote et des particules (PM10 et PM2,5) sont étudiées.

Afin de tenir compte des pollutions générées par d'autres sources d'émissions : les concentrations de fond de polluants de la zone ont été renseignées dans le modèle de calcul.

Dans le cadre de l'interprétation des résultats, il faut noter que les concentrations de fond intégrées aux calculs sont les suivantes :

- NO<sub>2</sub> : 13,7 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;
- PM10 : 18,8 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;
- PM2,5 : 11,5 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle 2019 AtmoSud Avignon Mairie) ;

Il faut noter que les concentrations de fond en dioxyde d'azote et en particules (PM10 et PM2,5) utilisées sont supérieures aux nouveaux seuils de recommandation de l'OMS (cf paragraphe 7.4) et que la concentration de fond en PM2,5 est supérieure à l'objectif de qualité (10 µg/m<sup>3</sup>).

Pour chaque polluant, les résultats sont présentés et interprétés dans l'ensemble de la bande d'étude.



### 10.2.1. Modélisation du dioxyde d'azote

Le tableau suivant présente les statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude.

Les colonnes Actuelle, Référence et Projet indiquent les statistiques obtenues sur les points de calculs, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les concentrations et en % pour l'impact du projet.

La colonne impact représente les statistiques obtenues sur les variations calculées pour chaque maille de calcul de la bande d'étude, entre la situation de projet et la situation de référence. Par exemple, pour le maximum de la colonne impact, il s'agit de l'impact maximum obtenu lorsque l'on calcule la variation de toutes les mailles.

Tableau 22 : Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

Statistiques	Situation actuelle 2023	Situation de référence 2028	Situation de projet 2028	Impact du projet 2028	Situation de référence 2048	Situation de projet 2048	Impact du projet 2048
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Maximum	18,5	17,6	17,6	0,12	15,5	15,5	0,02
Percentile 90	15,7	15,3	15,3	0,04	14,4	14,4	0,01
Moyenne	14,5	14,3	14,3	0,02	14	14	0,00
Médiane	14,1	14	14	0,01	13,8	13,8	0,00
Percentile 25	13,9	13,8	13,8	0,01	13,7	13,7	0,00
Minimum	13,7	13,7	13,7	0,00	13,7	13,7	0,00
Ecart-type	1,0	0,8	0,8	0,02	0,4	0,4	0,00

**Il est observé que toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios, sont inférieures à la valeur seuil réglementaire et à l'objectif de qualité (tous deux de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle).**

**Ainsi toutes les concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude, avec ou sans projet à tous les horizons étudiés, respectent les seuils réglementaires. Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est généré par le projet.**

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), toutefois la concentration de fond mesurée in situ et incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur. On peut cependant penser que les concentrations en 2028 et 2048 seront plus faibles que celles modélisées car la pollution de fond a été considérée comme constante au fil du temps.

En 2028 le projet a un impact moyen dans la bande d'étude de 0,02 % correspondant une différence moyenne de  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : les concentrations ne varient quasiment pas dans la bande d'étude.

Localement l'impact du projet reste peu marqué : L'impact sur les concentrations dans la bande d'étude varie entre 0% et 0,12 % en 2028, correspondant à une différence minimale de  $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et maximale de  $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En 2048 le projet a un impact moyen nul dans la bande d'étude.

Localement l'impact du projet reste peu marqué : L'impact sur les concentrations dans la bande d'étude varie entre 0% et 0,02 % en 2048, correspondant à une différence minimale de  $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et maximale de  $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La répartition spatiale des concentrations est présentée dans les cartographies suivantes. Celles-ci représentent, pour chaque scénario et horizon, le résultat de la modélisation des concentrations en dioxyde d'azote. Les statistiques dans la bande d'étude sont également rappelées sur chacune des cartographies.

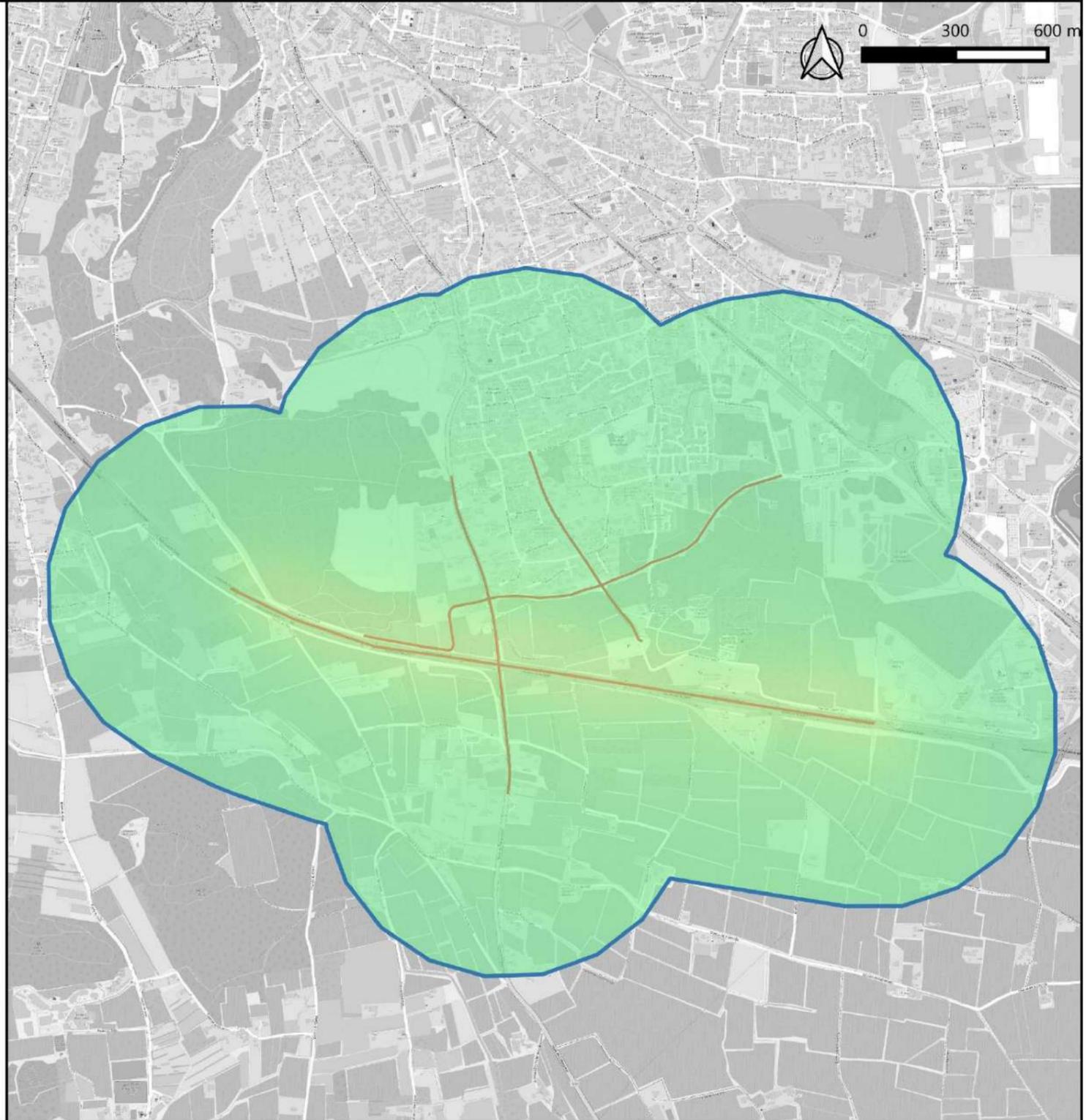
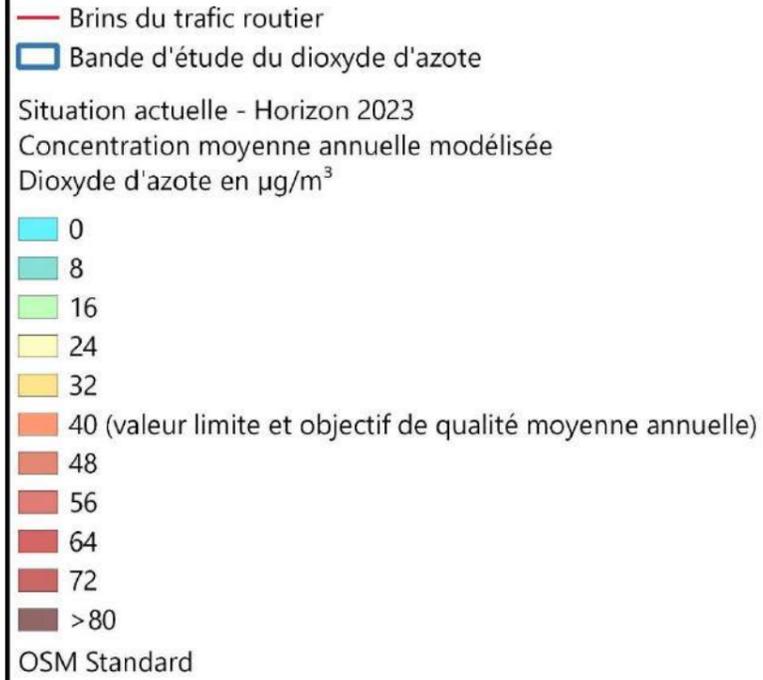
Les concentrations les plus élevées en situation actuelle sont observées au niveau de l'autoroute A7.

Concernant la répartition spatiale de l'impact du projet sur les concentrations de la bande d'étude par rapport à la situation de référence il est observé que :

- Le projet entraîne des détériorations (augmentation des concentrations en dioxyde d'azote), localisées à l'est du domaine d'étude, à partir du croisement de la rue Yvonne Pertat et de l'avenue Hélié Denoix de Saint-Marc.

**Le projet entraîne majoritairement une très faible augmentation des concentrations en dioxyde d'azote dans la bande d'étude. On rappelle que dans la bande d'étude l'impact moyen du projet est de  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2028 et  $0,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2048.**

**Le projet a donc peu voire pas d'influence sur la qualité de l'air.**



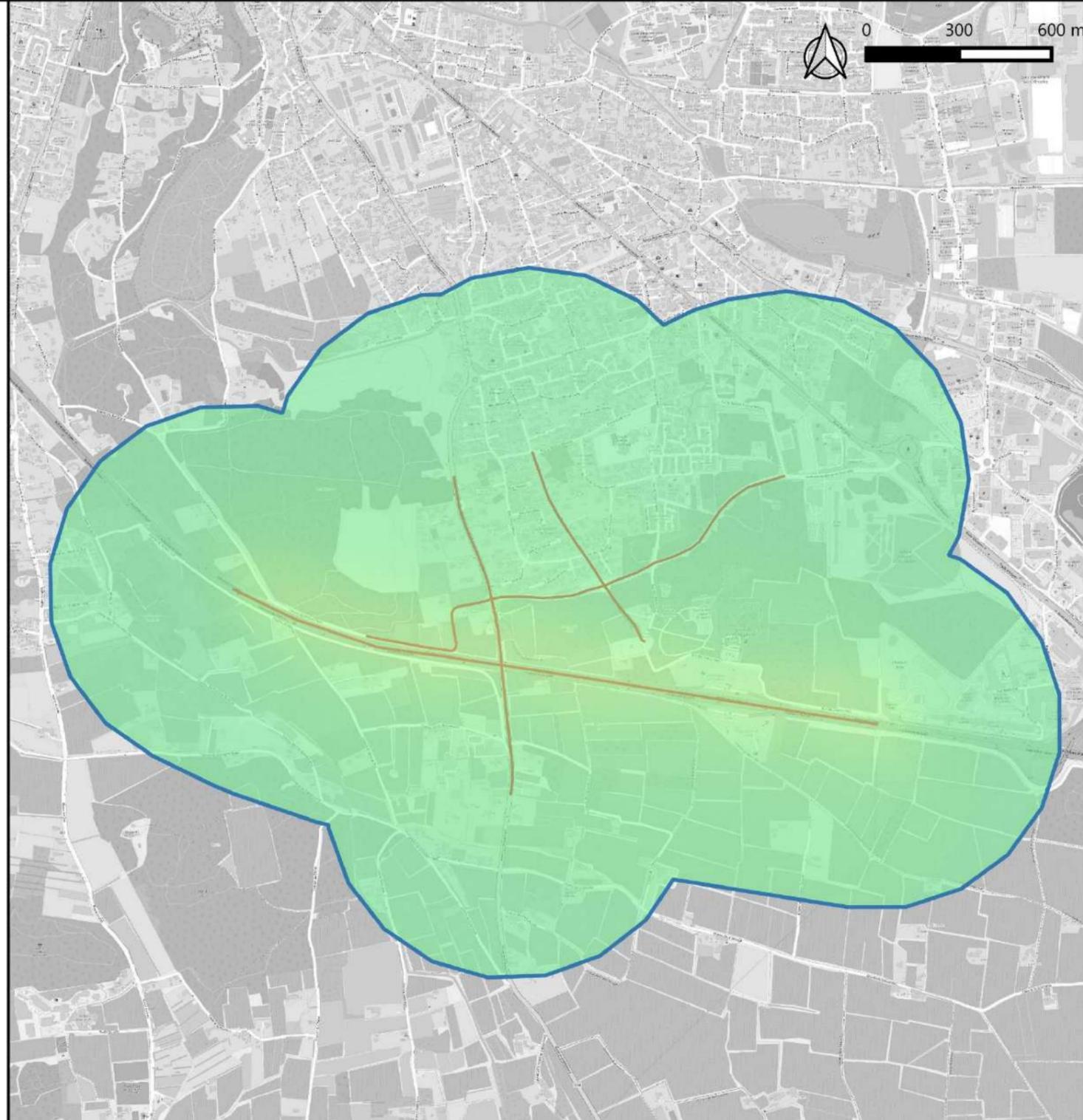
Statistiques dans la bande d'étude  
(en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 18,5  
 Percentile 90 : 15,7  
 Moyenne : 14,5  
 Médiane : 14,1  
 Percentile 25 : 13,9  
 Minimum : 13,7  
 Ecart-type : 1

Concentration de fond intégrée : NO2 Avignon  
 Mairie 2022 : 13,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 37 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Actuelle 2023

- Brins du trafic routier
  - ▭ Bande d'étude du dioxyde d'azote
- Situation de référence - Horizon 2028  
Concentration moyenne annuelle modélisée  
Dioxyde d'azote en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 0
  - 8
  - 16
  - 24
  - 32
  - 40 (valeur limite et objectif de qualité moyenne annuelle)
  - 48
  - 56
  - 64
  - 72
  - > 80
- OSM Standard



Statistiques dans la bande d'étude  
(en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 17,6  
 Percentile 90 : 15,3  
 Moyenne : 14,3  
 Médiane : 14  
 Percentile 25 : 13,8  
 Minimum : 13,7  
 Ecart-type : 0,8

Concentration de fond intégrée : NO2 Avignon  
 Mairie 2022 : 13,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 38 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Référence- Horizon 2028

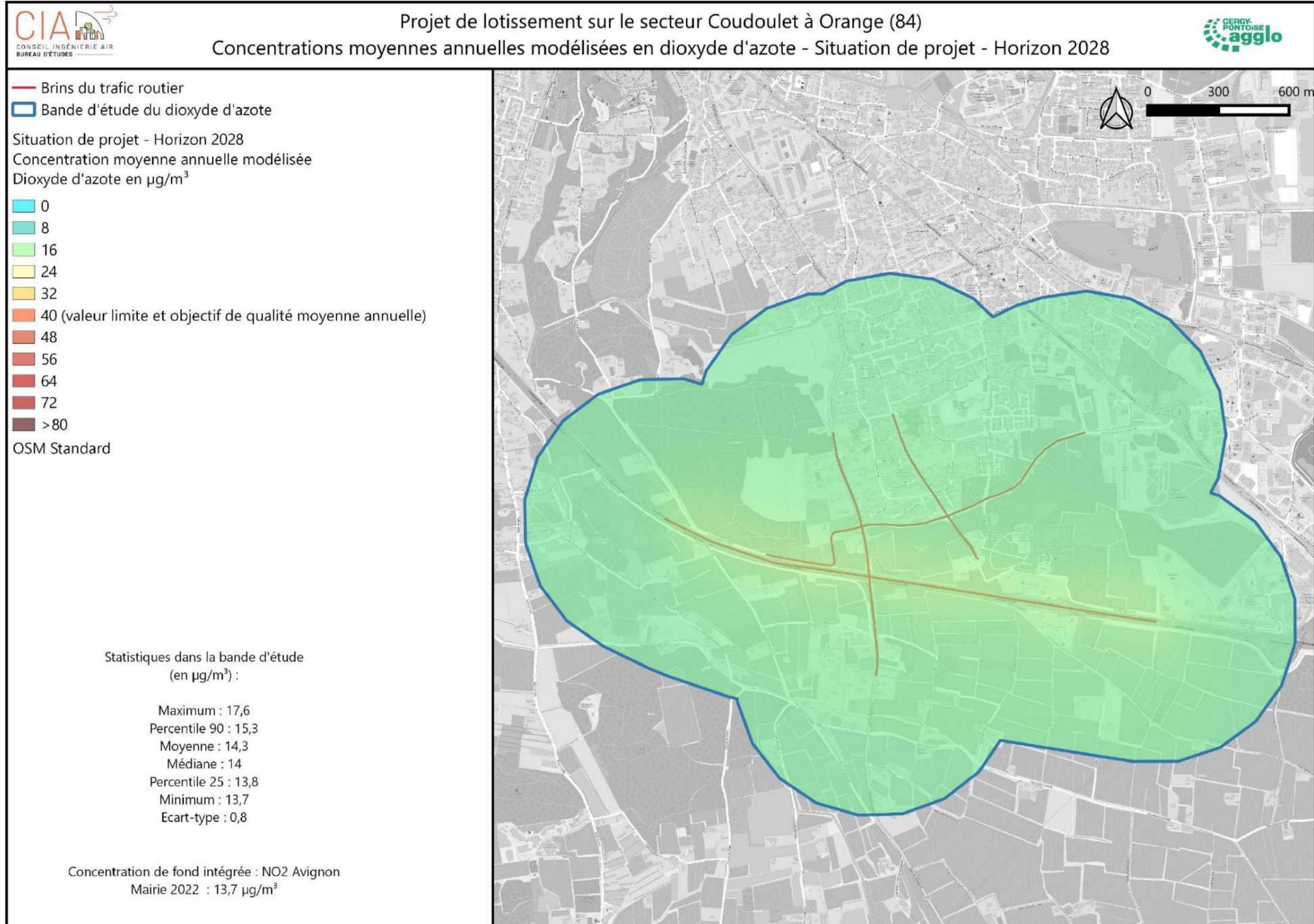
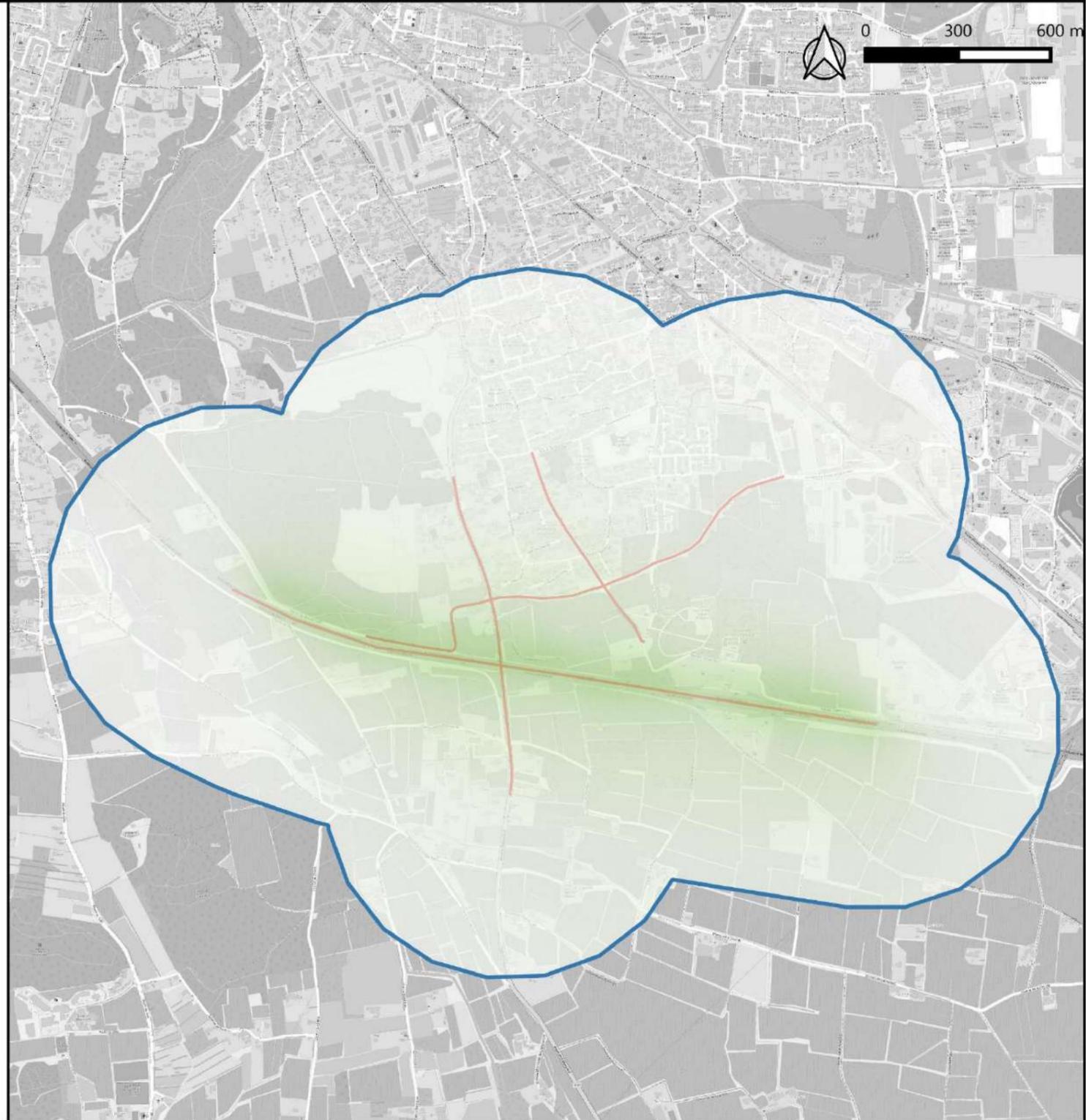


Figure 39 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Avec Projet - Horizon 2028

- Brins du trafic routier
- ▭ Bande d'étude du dioxyde d'azote

Evolution des concentrations au fil de l'eau  
 Entre la situation de référence et la situation actuelle - Horizon 2028  
 Dioxyde d'azote - Impact en %

- -15
  - -10
  - -5
  - 0
  - 5
  - 10
  - 15
  - 25
- OSM Standard



Statistiques dans la bande d'étude  
 (en %) :

Maximum : -0,08  
 Percentile 90 : -0,237  
 Moyenne : -1,11  
 Médiane : -0,696  
 Percentile 25 : -1,36  
 Minimum : -5,145  
 Ecart-type : 1,125

Figure 40 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023- dioxyde d'azote - horizon 2028

- Brins du trafic routier
- ▭ Bande d'étude du dioxyde d'azote

Impact du projet sur les concentrations  
Par rapport à la situation de référence - Horizon 2028  
Dioxyde d'azote - Impact en %

- 2
- 1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

OSM Standard

Statistiques dans la bande d'étude  
(en %) :

Maximum : 0,124  
Percentile 90 : 0,036  
Moyenne : 0,016  
Médiane : 0,009  
Percentile 25 : 0,005  
Minimum : 0,001  
Ecart-type : 0,019

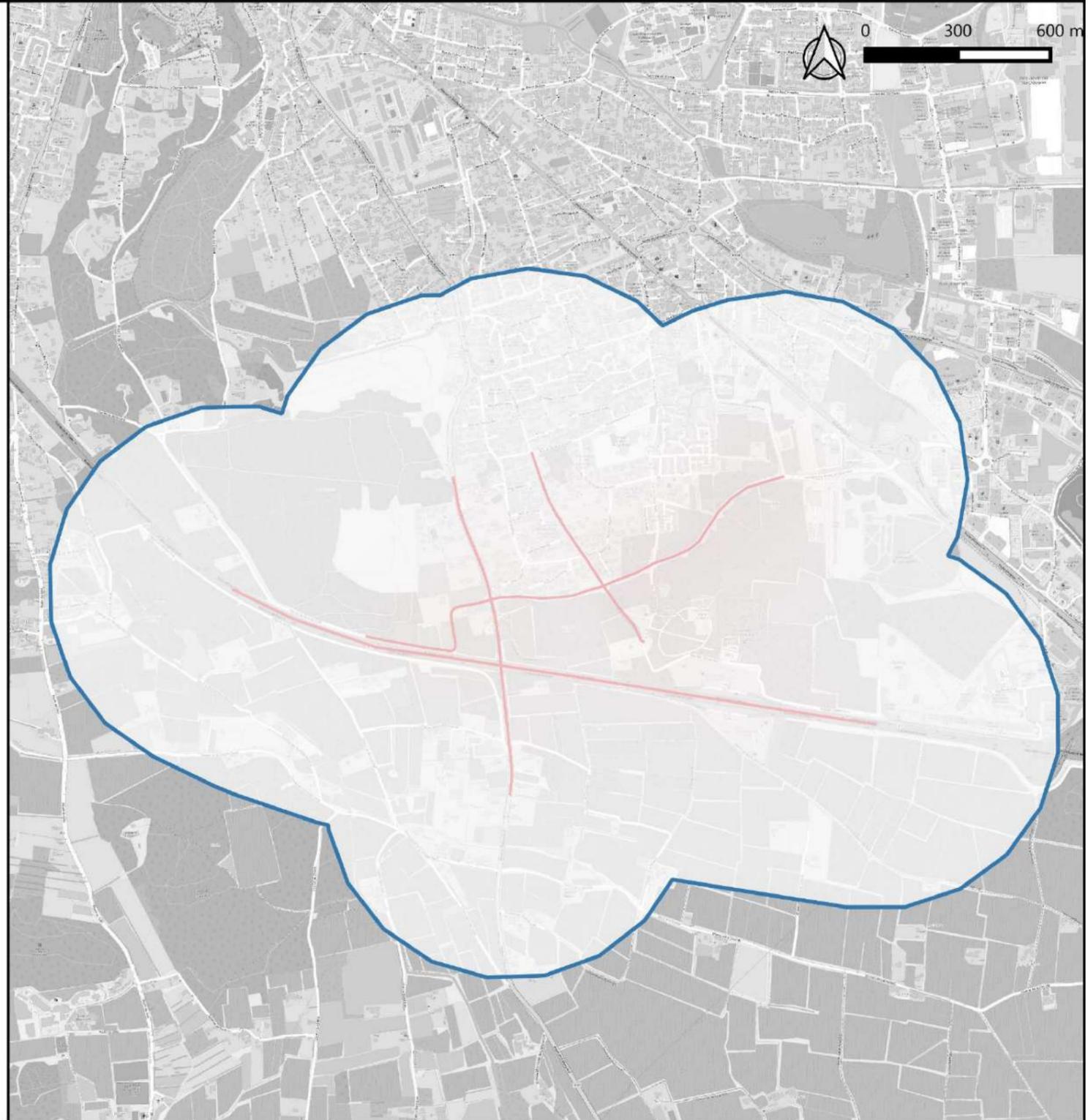
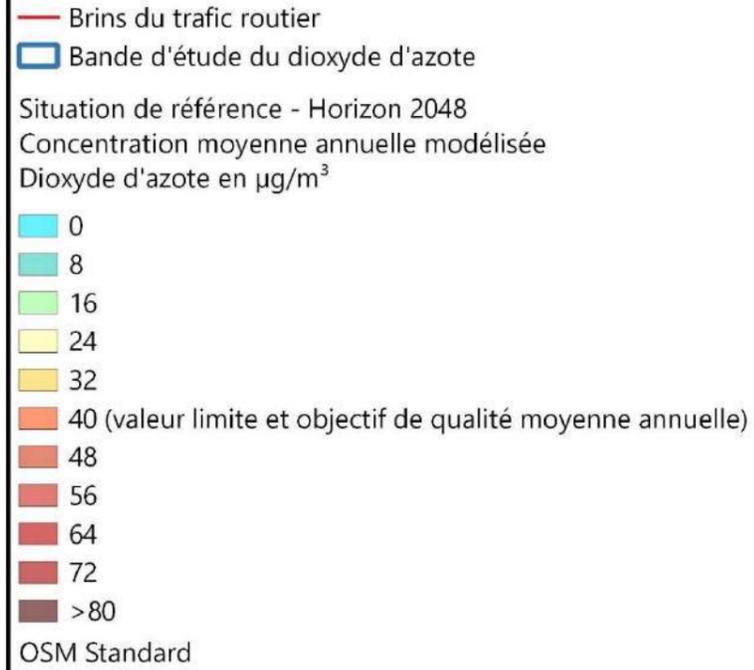


Figure 41 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence - dioxyde d'azote - horizon 2028



Statistiques dans la bande d'étude  
(en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 15,5  
 Percentile 90 : 14,4  
 Moyenne : 14  
 Médiane : 13,8  
 Percentile 25 : 13,7  
 Minimum : 13,7  
 Ecart-type : 0,4

Concentration de fond intégrée : NO2 Avignon  
 Mairie 2022 : 13,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

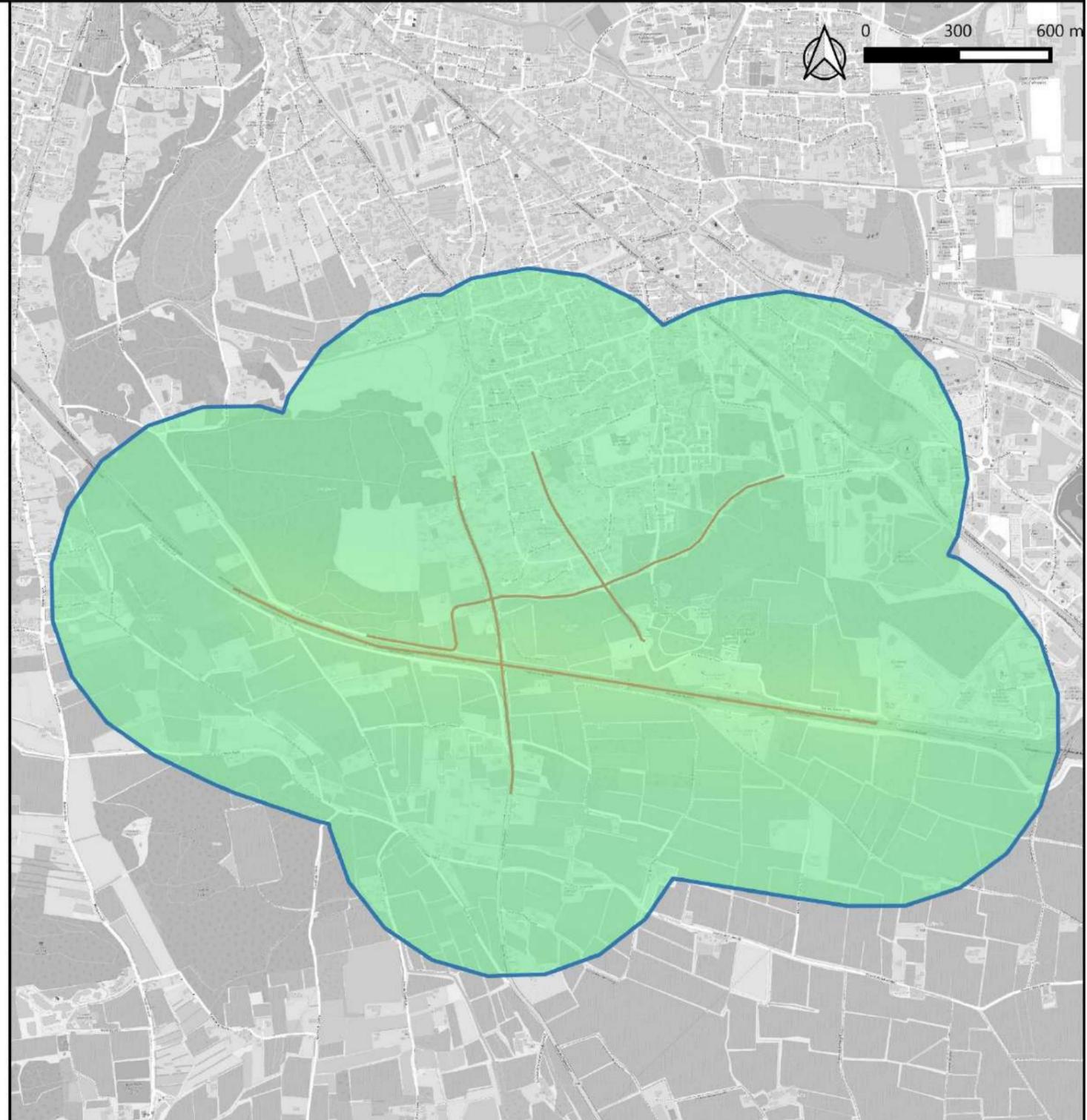


Figure 42 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Référence- Horizon 2048

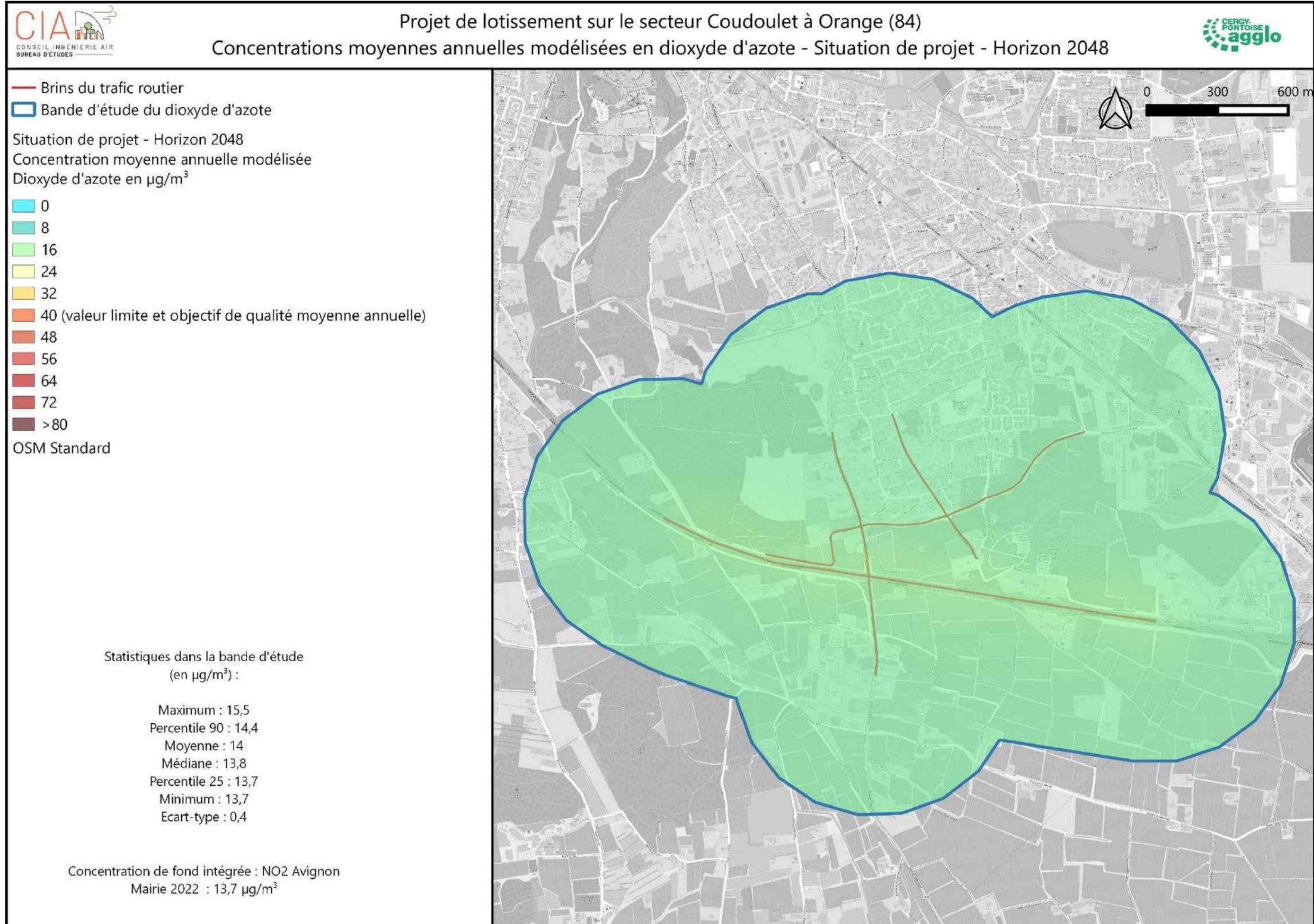


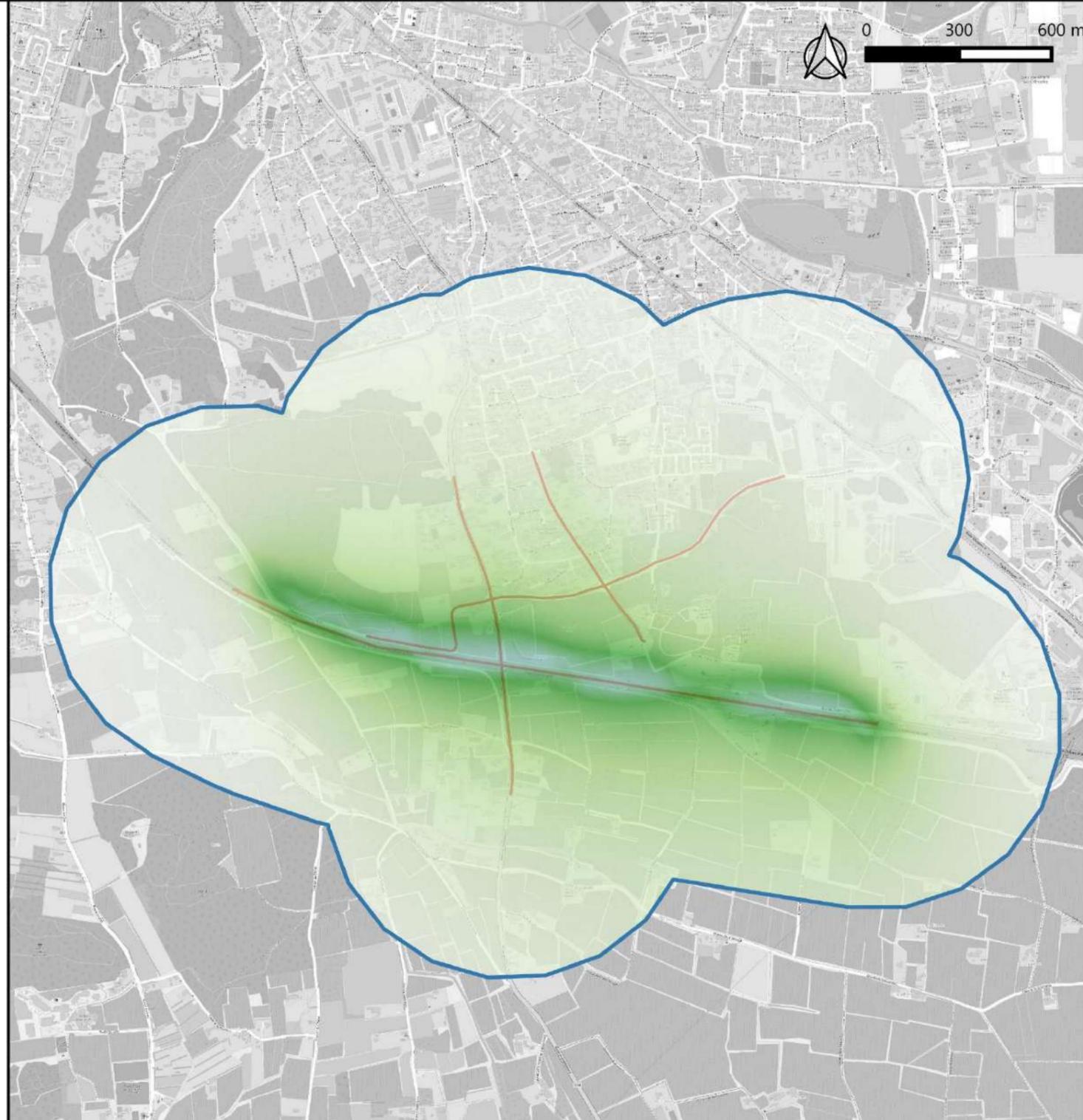
Figure 43 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote - Situation Projet- Horizon 2048

— Brins du trafic routier  
 □ Bande d'étude du dioxyde d'azote

Evolution des concentrations au fil de l'eau  
 Entre la situation de référence et la situation actuelle - Horizon 2048  
 Dioxyde d'azote - Impact en %

■ -15  
 ■ -10  
 ■ -5  
 ■ 0  
 ■ 5  
 ■ 10  
 ■ 15  
 ■ 25

OSM Standard



Statistiques dans la bande d'étude  
(en %) :

Maximum : -0,244  
 Percentile 90 : -0,713  
 Moyenne : -3,4  
 Médiane : -2,126  
 Percentile 25 : -4,154  
 Minimum : -16,346  
 Ecart-type : 3,475

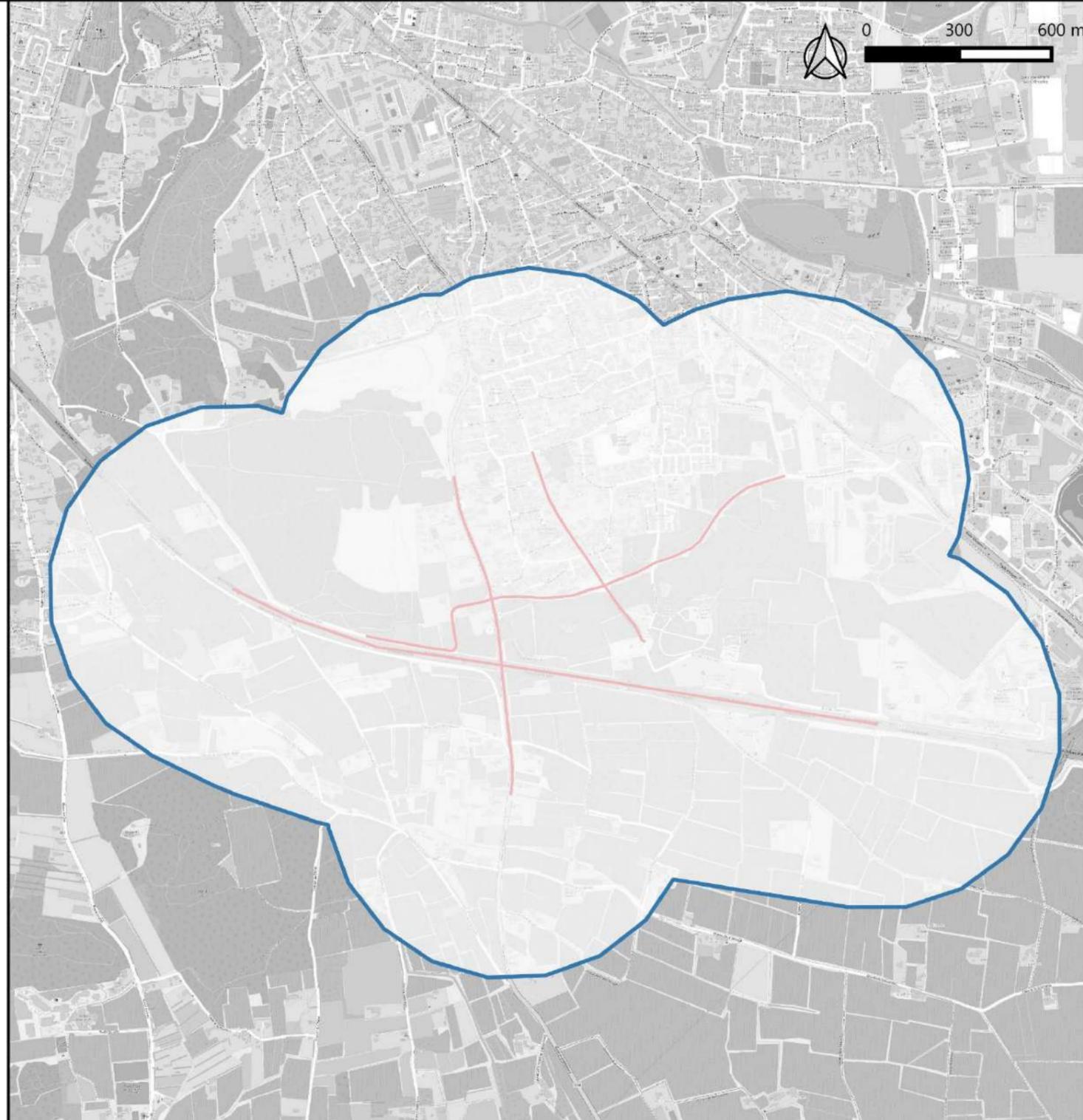
Figure 44 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023 - dioxyde d'azote - horizon 2048

— Brins du trafic routier  
□ Bande d'étude du dioxyde d'azote

Impact du projet sur les concentrations  
Par rapport à la situation de référence - Horizon 2048  
Dioxyde d'azote - Impact en %

- -2
- -1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

OSM Standard



Statistiques dans la bande d'étude  
(en %) :

Maximum : 0,018  
Percentile 90 : 0,007  
Moyenne : 0,003  
Médiane : 0,002  
Percentile 25 : 0,001  
Minimum : 0  
Ecart-type : 0,003

Figure 45 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence - dioxyde d'azote - horizon 2048

## 10.2.2. Modélisation des particules PM10

Le tableau suivant présente les statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude.

Les colonnes Actuelle, Référence et Projet indiquent les statistiques obtenues sur les points de calculs, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les concentrations et en % pour l'impact du projet.

La colonne impact représente les statistiques obtenues sur les variations calculées pour chaque maille de calcul de la bande d'étude, entre la situation de projet et la situation de référence. Par exemple, pour le maximum de la colonne impact, il s'agit de l'impact maximum obtenu lorsque l'on calcule la variation de toutes les mailles. Ainsi le maximum de  $19,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en situation de référence 2028 n'est pas forcément situé au même point que le maximum de  $19,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en projet.

Tableau 23 : Statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

Statistiques	Situation actuelle 2023	Situation de référence 2028	Situation de projet 2028	Impact du projet 2028	Situation de référence 2048	Situation de projet 2048	Impact du projet 2048
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Maximum	19,1	19,0	19,0	0,013	19,0	19,0	0,006
Percentile 90	19,0	18,9	18,9	0,006	18,9	18,9	0,003
Moyenne	18,8	18,8	18,8	0,003	18,8	18,8	0,001
Médiane	18,8	18,8	18,8	0,002	18,8	18,8	0,001
Percentile 25	18,8	18,8	18,8	0,001	18,8	18,8	0,001
Minimum	18,7	18,7	18,7	0,000	18,7	18,7	0,000
Ecart-type	0,1	0,1	0,1	0,003	0,1	0,1	0,001

**Il est observé que toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios, sont inférieures à la valeur seuil réglementaire ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle).**

**Ainsi toutes les concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude, avec ou sans projet, en 2028 et 2048 respectent les seuils réglementaires. Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est généré par le projet.**

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), toutefois la concentration de fond mesurée in situ et incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur. On peut cependant penser que les concentrations en 2028 et 2048 seront plus faibles que celles modélisées car la pollution de fond a été considérée comme constante au fil du temps.

En 2028, le projet a un impact moyen dans la bande d'étude de 0,003 % correspondant à une différence moyenne dans la bande d'étude de  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; les concentrations varient peu voire pas du tout.

Localement l'impact du projet reste peu marqué : L'impact sur les concentrations dans la bande d'étude varie entre 0 % et +0,013 % (soit  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 2028.

En 2048, le projet a un impact moyen dans la bande d'étude de 0,001 % correspondant à une différence moyenne négligeable dans la bande d'étude. Les concentrations varient peu voire pas du tout.

Localement l'impact du projet reste peu marqué : L'impact sur les concentrations dans la bande d'étude varie entre 0 % et +0,006 % (soit  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 2048.

La répartition spatiale des concentrations est présentée dans les cartographies suivantes. Celles-ci représentent, pour chaque scénario et horizon, le résultat de la modélisation des concentrations en particules PM10. Les statistiques dans la bande d'étude sont également rappelées sur chacune des cartographies.

Les concentrations les plus élevées en situation actuelle sont observées au niveau de l'autoroute A7.

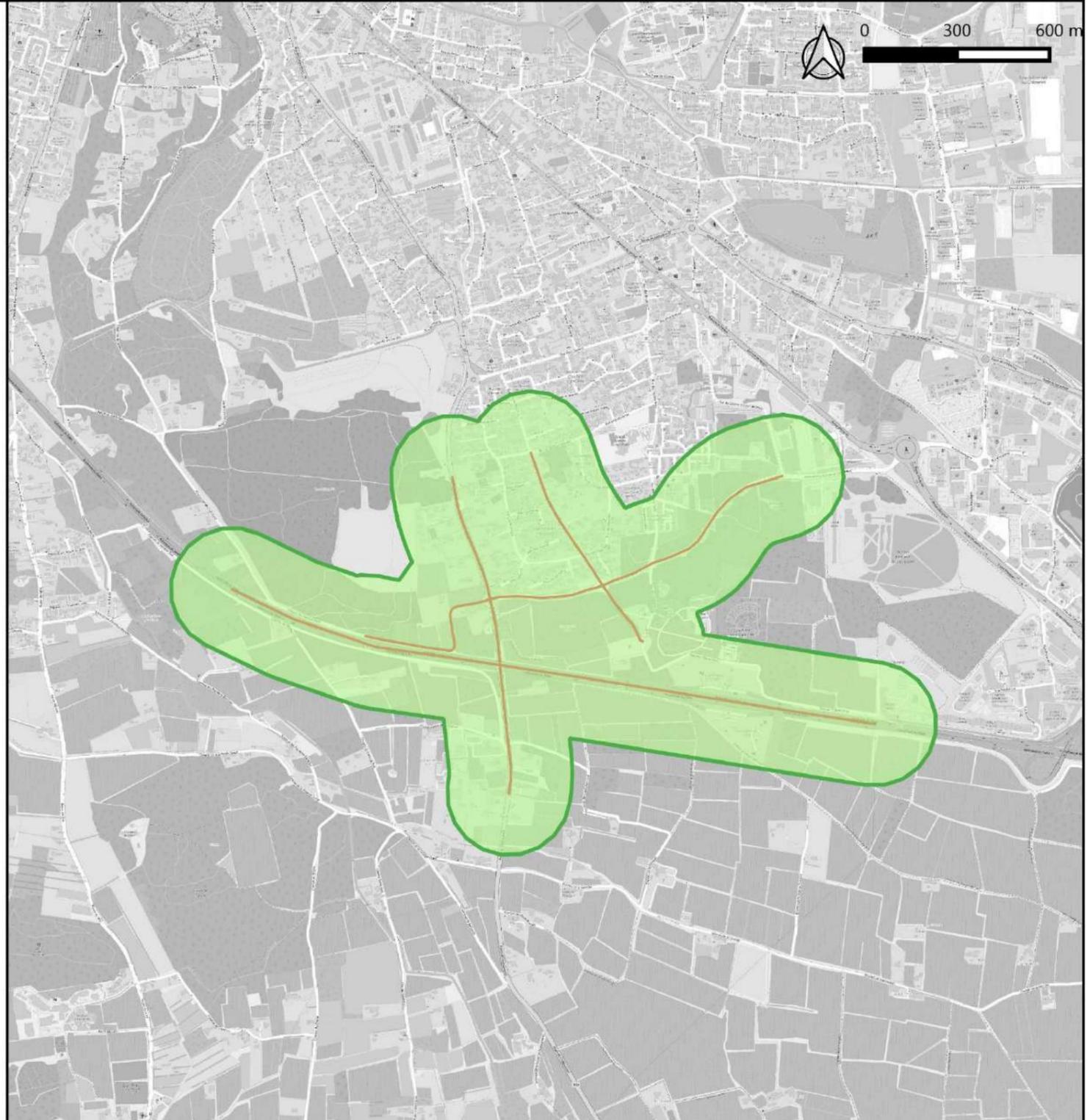
Concernant la répartition spatiale de l'impact du projet sur les concentrations de la bande d'étude par rapport à la situation de référence il est observé que :

- Le projet entraîne des détériorations (augmentation des concentrations en PM10), localisées à l'est du domaine d'étude, à partir du croisement de la rue Yvonne Pertat et de l'avenue Hélié Denoix de Saint-Marc.

**Le projet entraîne majoritairement une très légère augmentation des concentrations en particules PM10 dans la bande d'étude. On rappelle que dans la bande d'étude l'impact moyen du projet est de  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2028 et 2048.**

**Le projet a donc peu voire pas d'influence sur la qualité de l'air.**

- Brins du trafic routier
  - Bande d'étude des particules
- Situation actuelle - Horizon 2023  
 Concentration moyenne annuelle modélisée  
 Particules PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 0
  - 8
  - 16
  - 24
  - 30 (objectif de qualité moyenne annuelle)
  - 40 (valeur limite moyenne annuelle)
  - 48
  - 56
  - 64
  - 72
  - >80
- OSM Standard



Statistiques dans la bande d'étude  
 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 19,1  
 Percentile 90 : 19  
 Moyenne : 18,8  
 Médiane : 18,8  
 Percentile 25 : 18,8  
 Minimum : 18,7  
 Ecart-type : 0,1

Concentration de fond intégrée : PM10  
 Avignon Mairie 2022 : 18,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 46 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Actuelle 2023

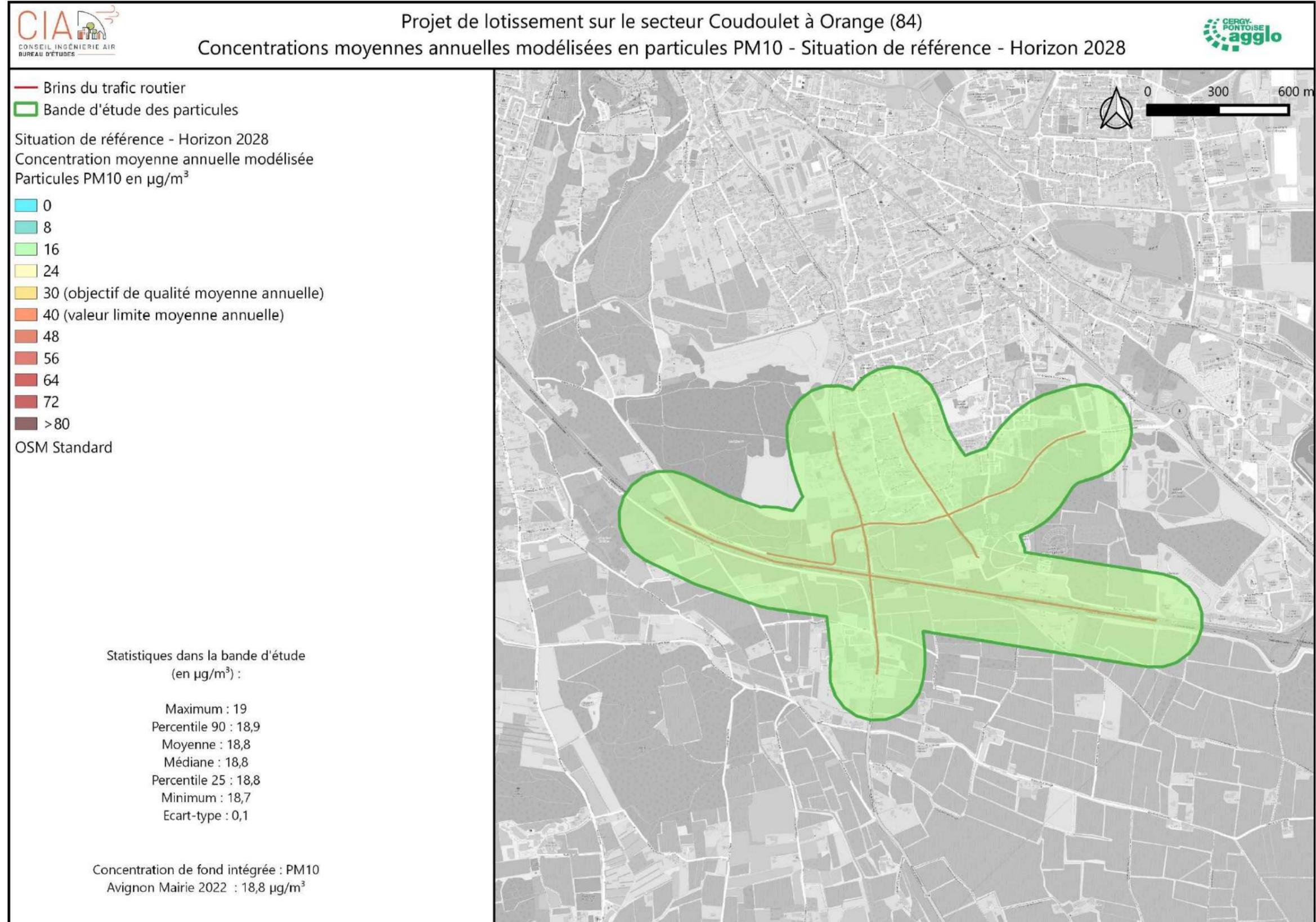
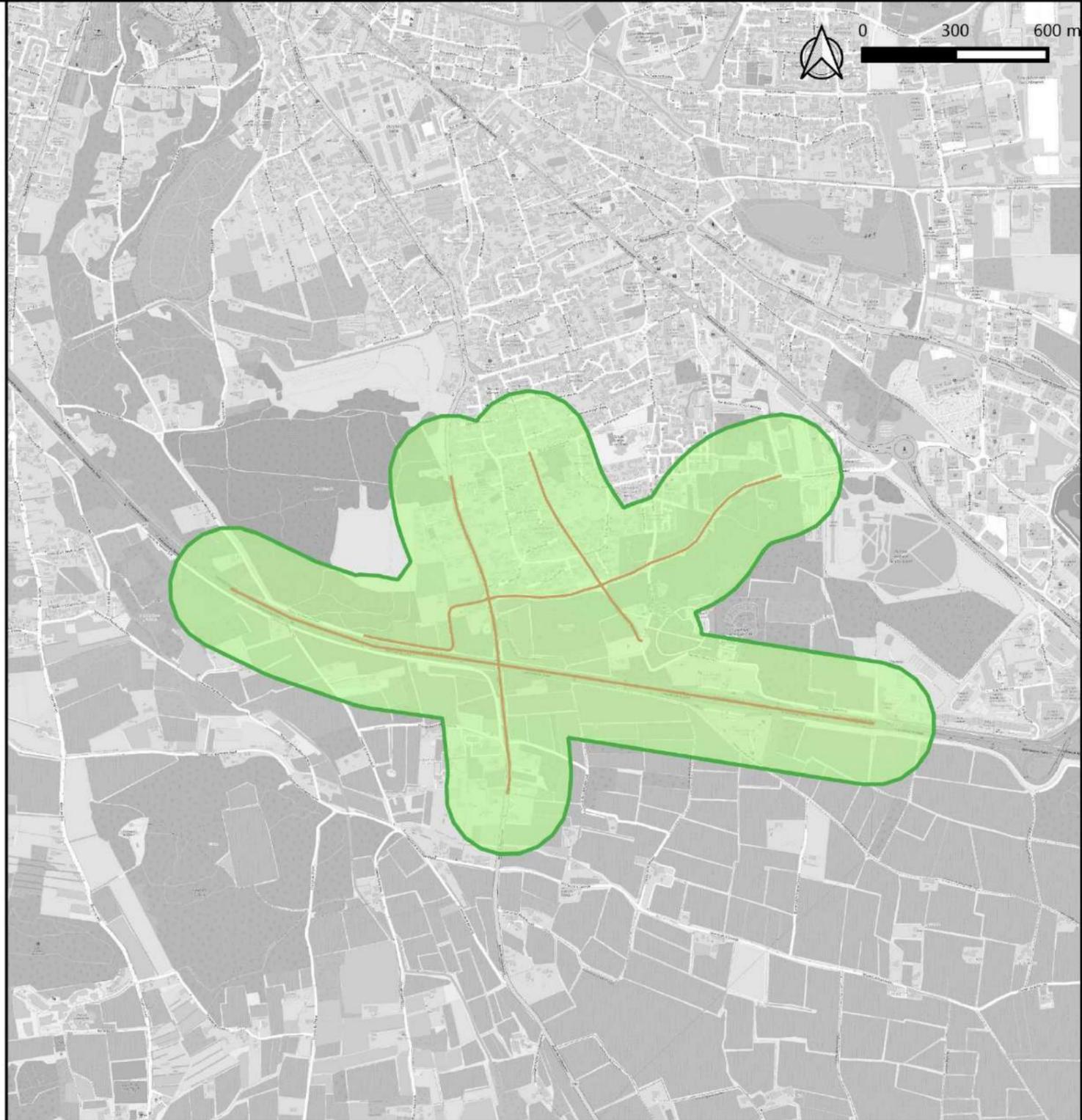


Figure 47 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Référence- Horizon 2028

- Brins du trafic routier
  - ▭ Bande d'étude des particules
- Situation de projet - Horizon 2028  
 Concentration moyenne annuelle modélisée  
 Particules PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 0
  - 8
  - 16
  - 24
  - 30 (objectif de qualité moyenne annuelle)
  - 40 (valeur limite moyenne annuelle)
  - 48
  - 56
  - 64
  - 72
  - >80
- OSM Standard

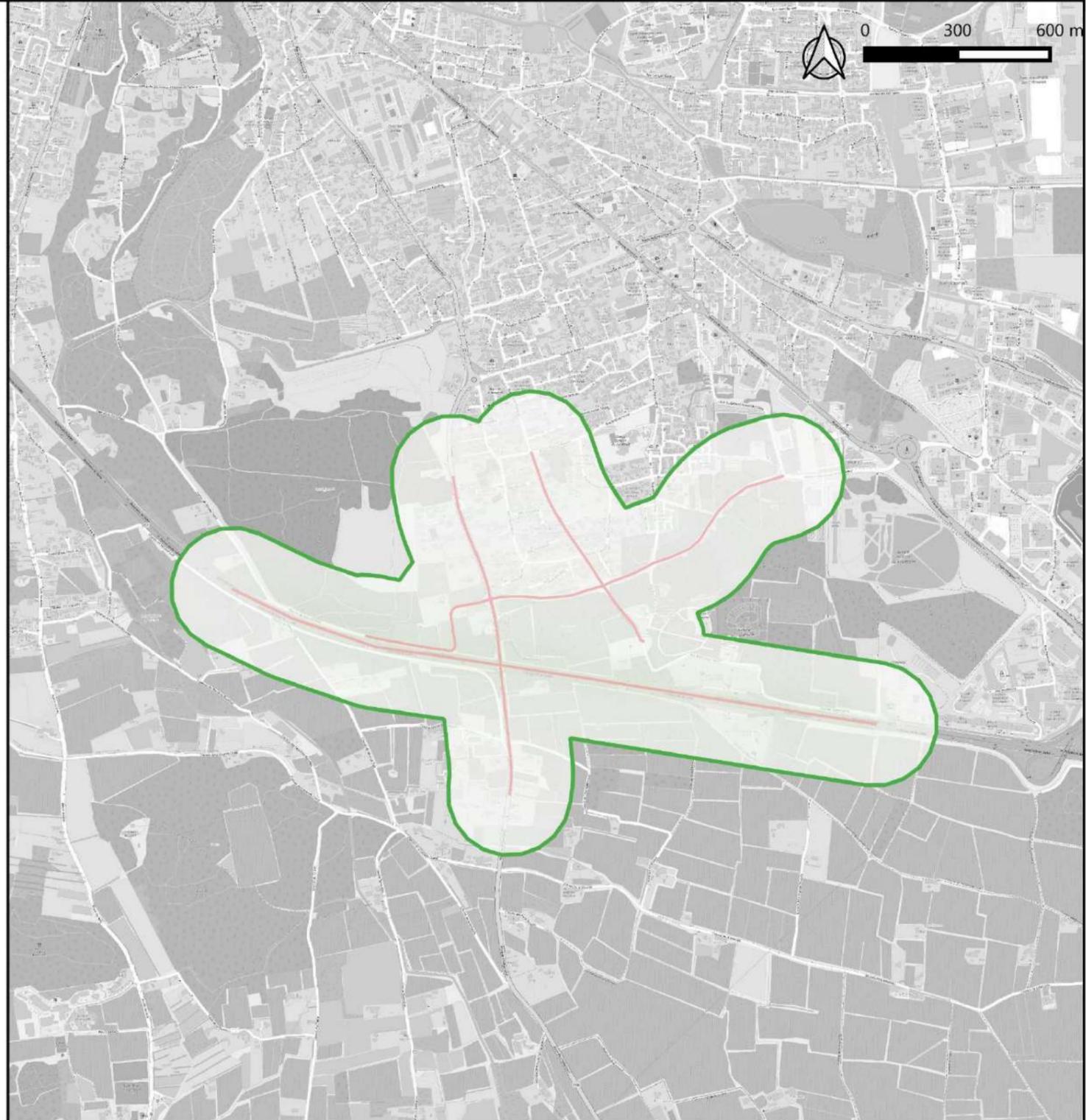
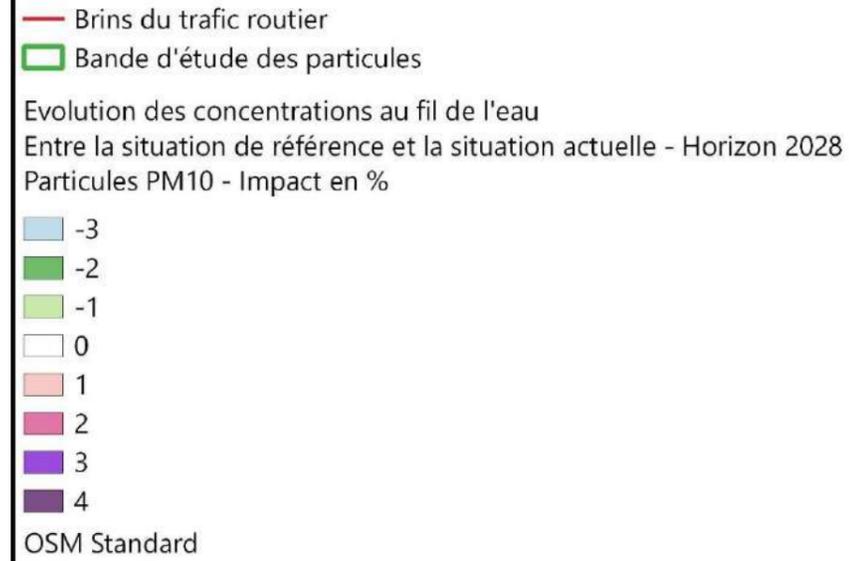


Statistiques dans la bande d'étude  
 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 19  
 Percentile 90 : 18,9  
 Moyenne : 18,8  
 Médiane : 18,8  
 Percentile 25 : 18,8  
 Minimum : 18,7  
 Ecart-type : 0,1

Concentration de fond intégrée : PM10  
 Avignon Mairie 2022 : 18,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 48 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Avec Projet - Horizon 2028



Statistiques dans la bande d'étude  
(en %) :

Maximum : -0,008  
 Percentile 90 : -0,017  
 Moyenne : -0,075  
 Médiane : -0,054  
 Percentile 25 : -0,103  
 Minimum : -0,244  
 Ecart-type : 0,062

Figure 49 : Evolution au fil de l'eau des concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation actuelle 2023- Particules PM10- horizon 2028

— Brins du trafic routier  
□ Bande d'étude des particules

Impact du projet sur les concentrations  
Par rapport à la situation de référence - Horizon 2028  
Particules PM10 - Impact en %

■ -2
■ -1
■ 0
■ 1
■ 2
■ 3
■ 4

OSM Standard

Statistiques dans la bande d'étude  
(en %) :

Maximum : 0,013  
 Percentile 90 : 0,006  
 Moyenne : 0,003  
 Médiane : 0,002  
 Percentile 25 : 0,001  
 Minimum : 0  
 Ecart-type : 0,003

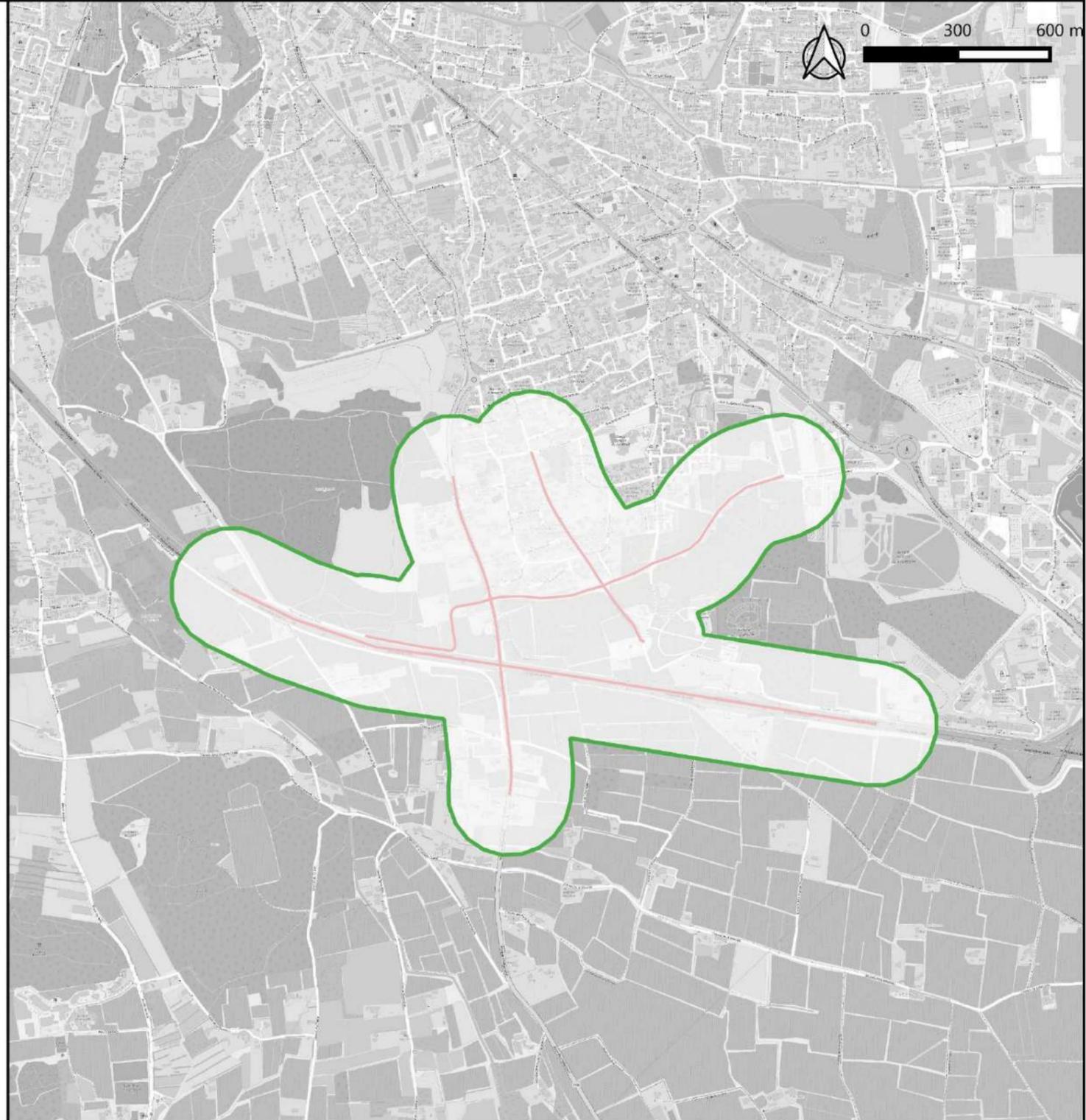
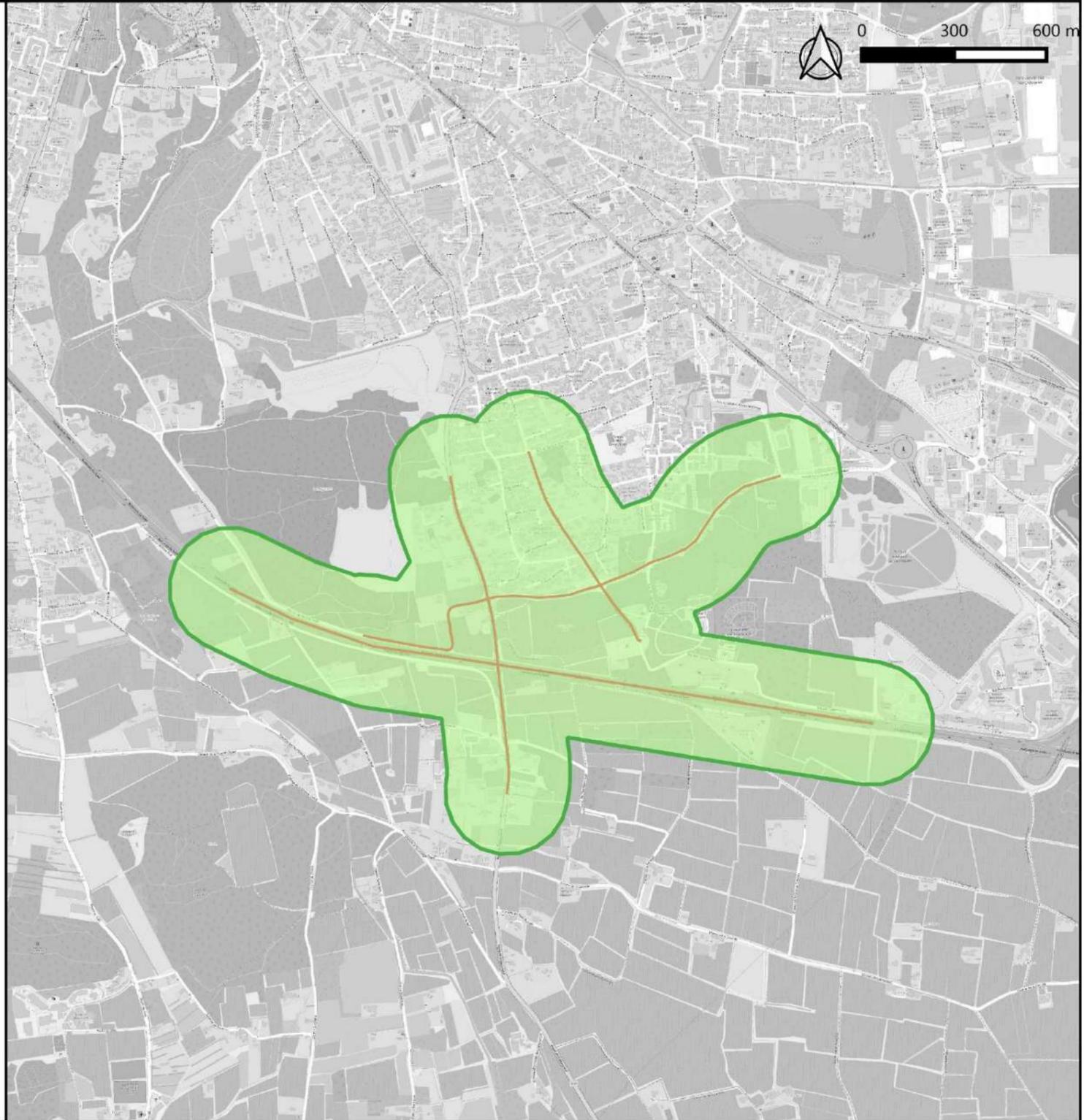
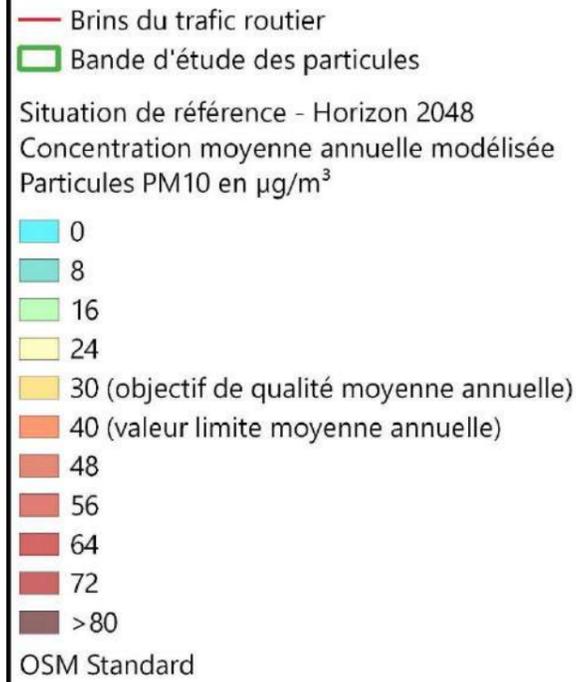


Figure 50 : Impact du projet sur les concentrations moyennes annuelles modélisées par rapport à la situation de référence – Particules PM10- horizon 2028



Statistiques dans la bande d'étude  
 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :

Maximum : 19  
 Percentile 90 : 18,9  
 Moyenne : 18,81  
 Médiane : 18,8  
 Percentile 25 : 18,8  
 Minimum : 18,7  
 Ecart-type : 0,1

Concentration de fond intégrée : PM10  
 Avignon Mairie 2022 : 18,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 51 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10- Situation Référence- Horizon 2048