

Evaluation de l'impact sur la qualité de l'air de dispositifs de réduction de la circulation routière sur l'agglomération rouennaise

Etude du renforcement des restrictions de circulation sur la zone à faibles émissions ZFE-m

Référence : 1900-006

Diffusion : Janvier 2024

Atmo Normandie
3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN
Tél. : +33 2.35.07.94.30
Fax : +33 2.35.07.94.40
contact@atmonormandie.fr



Avertissement

Atmo Normandie est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Atmo Normandie est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmonormandie.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faites sans l'autorisation écrite d'Atmo Normandie est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Atmo Normandie par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Atmo Normandie de leur exactitude. La responsabilité d'Atmo Normandie ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Atmo Normandie ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Atmo Normandie conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Atmo Normandie ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Atmo Normandie, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1900-006

Le 12/01/2024

Le rédacteur,
Jérôme Godart

Le responsable,
Christophe Legrand

Atmo Normandie – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN

Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@atmonormandie.fr

www.atmonormandie.fr

Résumé

Cette étude évalue l'impact du renforcement des restrictions de circulation routière, au 1^{er} janvier 2025, de la zone à faible émission mobilité actuellement mise en place depuis le 3 septembre 2022 (ZFE-m), sur la qualité de l'air de la Métropole Rouen Normandie (MRN) et sur la population exposée aux dépassements de valeurs réglementaires ainsi qu'aux recommandations sanitaires de l'OMS. Le territoire de la MRN a dépassé certaines années la valeur limite règlementaire pour la protection de la santé humaine pour le dioxyde d'azote et la mise en œuvre d'une ZFE-m fait partie des outils réglementaires visant à la diminution des zones géographiques exposées à ces fortes concentrations de polluants.

Les études de scénarisation des impacts sur la qualité de l'air de la mise en œuvre d'une ZFE sur la Métropole Rouen Normandie sont basées, d'une part sur la comparaison d'un scénario « fil de l'eau 2025 » prenant en compte l'évolution naturelle du parc automobile ainsi que la ZFE-m en place en 2023 (état référence) et d'autre part sur deux scénarios proposant une évolution de la ZFE-m avec l'interdiction de la classe Crit'air 3 sur deux périmètres restreints différents, notés scénario C et D.

Bien que le renforcement de la ZFE-m par une interdiction des véhicules Crit'air 3, quel que soit le périmètre choisi (scénario C ou D), permette de réduire davantage les niveaux de pollution, il ne permet pas de faire disparaître les surfaces ou population exposés au-delà des seuils étudiés :

Pour les seuils correspondant aux valeurs limites européennes :

Le renforcement de la ZFE-m conduit à une légère diminution des surfaces et population exposées au NO₂, cette diminution étant plus importante avec l'augmentation de la surface d'interdiction des Crit'air 3. Cette diminution est de l'ordre de 39% pour le scénario C et de 12,7% pour le scénario D, pour la population de la zone d'étude. Aucun dépassement n'est démontré pour les PM₁₀ et PM_{2.5}.

Pour les recommandations sanitaires de l'OMS :

La mise en œuvre d'un renforcement de la ZFE-m n'est pas suffisamment efficace pour diminuer significativement la surface et les populations exposées au-delà de ces seuils, pour le NO₂ et les PM_{2.5}.

Concernant les PM₁₀, Une légère amélioration des populations exposées, de l'ordre de 5%, est constatée pour le scénario C, concernant la zone d'étude.

Le scénario C, scénario défini par l'exclusion des classes Crit'air NC, 5, 4 et 3 sur le périmètre de la ville de Rouen, est le scénario présentant les meilleurs résultats pour l'amélioration de la qualité de l'air en comparaison avec le fil de l'eau 2025.

Sommaire

1. Introduction	6
2. Présentation de l'étude, méthodologie et limites.....	7
2.1. Contexte	7
2.2. Définitions utiles pour la compréhension de l'étude	9
2.3. Approche méthodologique choisie	10
2.4. Les principales hypothèses et limites de l'étude	14
3. Effet de l'évolution naturelle du parc automobile entre 2023 et 2025	16
3.1. L'évolution des émissions de polluants du trafic routier	16
3.2. L'évolution des concentrations des trois polluants étudiés.....	17
3.3. Bilan sur les expositions du scénario « Fil de l'eau »	24
4. Résultats pour les scénarios C et D	26
4.1. Résultats de l'impact sur les émissions de polluant pour l'ensemble des scénarios	26
4.2. Résultats de l'impact sur les superficies exposées pour l'ensemble des scénarios.....	27
4.3. Impact de la ZFE-m sur l'exposition des populations	28
5. Conclusion et perspectives.....	30
6. Annexes.....	31
6.1. Annexe 1 : Liste des communes du périmètre d'étude	31
6.2. Annexe 2 : Présentation du modèle SIRANE.....	32
6.3. Annexe 3 : Paramètres du modèle de trafic	34
6.4. Annexe 4 : Présentation de l'outil PRISME Routier v1.11	35
6.5. Annexe 5 : Atlas cartographique.....	36
7. Bibliographie.....	50

Sigles, symboles et abréviations

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
CEN : Comité Européen de Normalisation
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique
CMM : Comparaison Modèle Mesure, outil interne de visualisation des données
CODERST : Conseil Département de l'Environnement, des Risques Sanitaires et Technologiques
COPERT : COmputer Programme to Calculate Émissions from Road Transport
CRIANN : Centre Régional Informatique et d'Applications Numériques de Normandie
CSS : Commission de Suivi de Site
DGFIP : Direction générale des Finances publiques
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ECL : Ecole Centrale de Lyon
EMEP : European Monitoring and Evaluation Programme
ERP : Etablissement Recevant du Public
ESMERALDA : ÉtudeS MultiRégionALes De l'Atmosphère
IGNF : Institut national de l'information géographique et Forestière
INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques
INSEE : Institut National de Statistique et des Etudes Économiques
LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
MRN : Métropole Rouen Normandie
OLT : Objectif à Long Terme
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCAET : Plan Climat Air Énergie Territorial
PCIT : Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux
PDU : Plan de Déplacement Urbain
PL : Poids lourds (PLJO : trafic moyen PL pour un jour ouvré ; trafic moyen PL journalier annuel)
PLU : Plan Local d'Urbanisme
PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère
PCIT : Pôle national de Coordination des Inventaires Territoriaux
PREV'AIR : plateforme nationale de modélisation de la qualité de l'air
PRSE : Plan Régional Santé Environnement
SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale
SOeS : Service d'Observation et des Études Statistiques
SPPPI : Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles
SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires
TMJA : Trafic moyen journalier annuel
TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes
VC : Valeur Cible
VL : Valeur Limite
VP : Véhicule Particulier
VPJO : trafic moyen VP pour un Jour Ouvré
VPJA : trafic moyen VP Journalier Annuel
VSA : Voiries Structurantes d'Agglomération
VUL : Véhicule Utilitaire Léger
VULJO : trafic moyen VUL pour un jour ouvré
VULJA : trafic moyen VUL journalier annuel
ZAG : Zone Agglomérée
ZAR : Zone A Risque
ZFE-m : Zones à faibles émissions mobilité

1. Introduction

Pour lutter contre la pollution de l'air et l'exposition des populations au dépassement des valeurs réglementaires, l'État souhaite accélérer la mise en place de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m, cf. 0), avec pour ambition de ne plus constater de dépassements de seuils réglementaires pour les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) et le dioxyde d'azote (NO₂), sur le territoire national.

Sur certains secteurs de l'agglomération persistent des zones de dépassement du seuil de la valeur limite pour le dioxyde d'azote.

La Métropole Rouen Normandie a été lauréate de l'appel à projet « Ville respirable en 5 ans » en 2018 en proposant une étude de faisabilité en vue de la mise en œuvre d'une Zone à Faible Emission (ZFE-m) sur son territoire, sur la base de plusieurs scénarios et plusieurs échéances temporelles.

Dans ce contexte la MRN et la DREAL ont conjointement sollicité Atmo Normandie pour les accompagner sur l'évaluation de l'impact de la mise en place d'une ZFE-m sur la qualité de l'air [1].

Dans le cadre de la loi d'orientation et mobilité (LOM) du 24 décembre 2019, la MRN a donc eu l'obligation de mettre en place une ZFE-m (version actuellement mise en place datant du 3 septembre 2022) et un renforcement des restrictions avec l'interdiction de véhicules Crit'air 3 dans tout ou partie de cette ZFE-m au 1^{er} janvier 2025.

L'objectif de cette étude est d'évaluer, pour différents scénarios, l'impact du renforcement de cette restriction dans la zone à faible émission mobilité actuellement mise en place dans la MRN sur les émissions de pollution liées au trafic, la qualité de l'air et plus précisément sur la population exposée au dépassement de valeurs réglementaires.

Ce rapport présente l'approche méthodologique choisie pour la réalisation de cette étude, le principe des calculs d'émissions et de la modélisation, les limites de l'approche ainsi que les résultats obtenus.

Le présent document est destiné en premier lieu à la Métropole Rouen Normandie et aux services de l'Etat en charge du sujet « mobilité ». Il est ensuite rendu disponible sur le site www.atmonormandie.fr pour tout public intéressé.

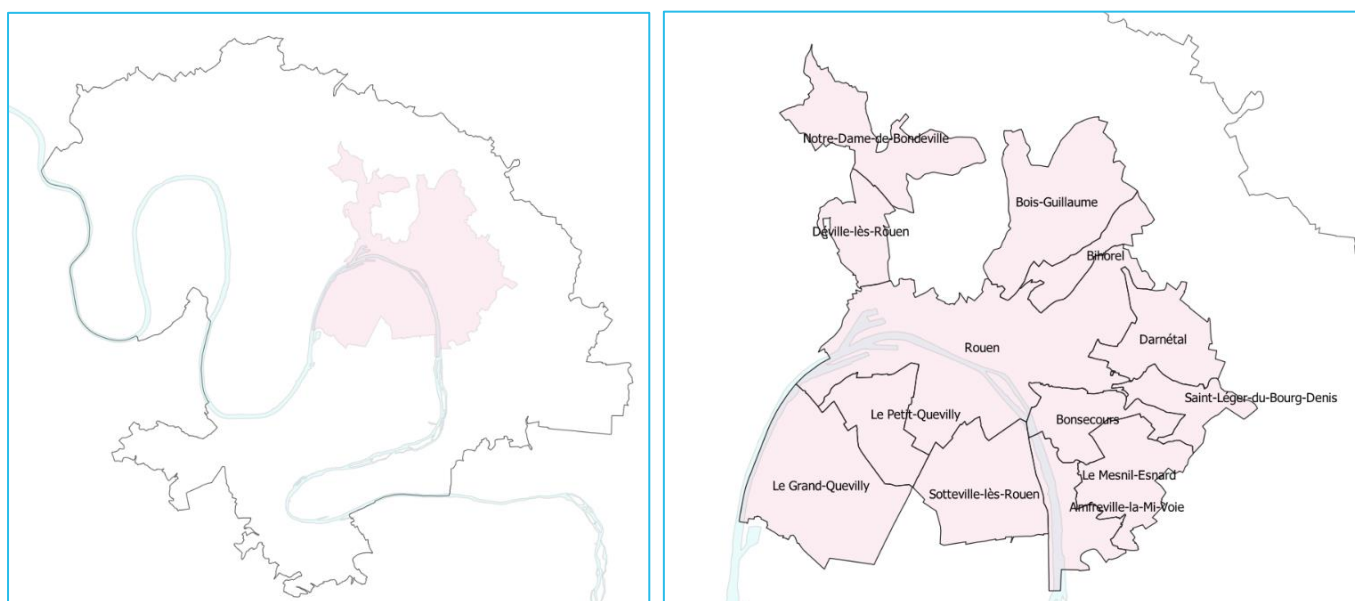
2. Présentation de l'étude, méthodologie et limites

2.1. Contexte

Les Zones à Faibles Emissions sont des territoires dans lesquels est instaurée une interdiction des véhicules qui ne répondent pas à certaines normes des émissions. Cette sélection repose sur le système des vignettes Crit'air. Ces vignettes, mises en place par l'état français, permettent de classer les véhicules selon leur année de mise en circulation et leur type de carburateur.

Le transport à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie est en 2021 responsable de plus de 57% des émissions d'oxydes d'azote (et 27% dues au trafic routier) [2]. L'objectif d'une ZFE-m est de réduire notablement les quantités de polluants émis par le trafic routier, afin de réduire leurs concentrations dans l'air et d'améliorer la qualité de l'air respirée par la population.

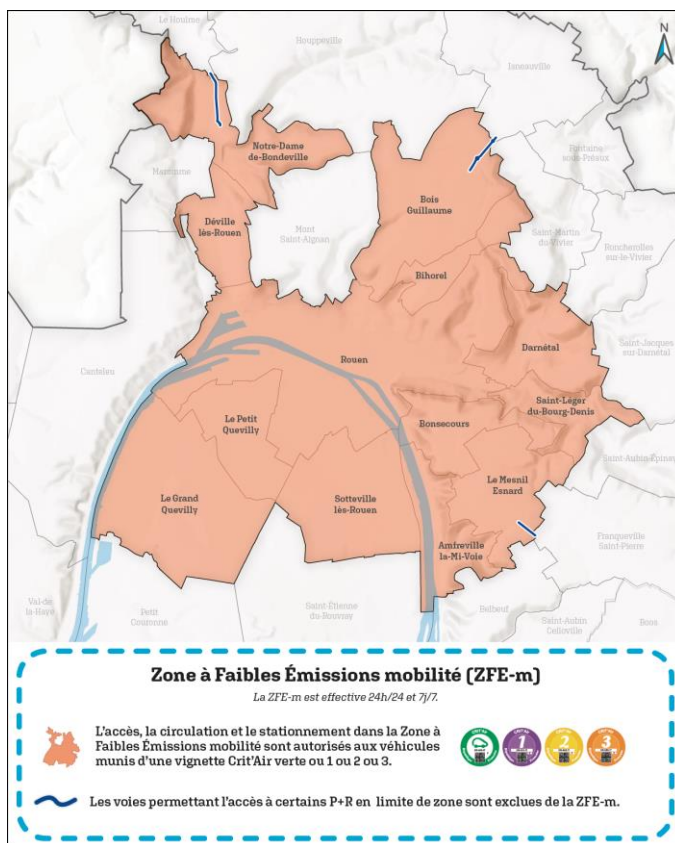
Le périmètre de l'étude (appelé ZAG), présenté sur la carte de gauche (graphique 2-1), est composé des communes de la Métropole Rouen Normandie complétées des communes de Villers-Ecalles, Barentin, Pissy-Poville, Roumare, Saint Jean du Cardonnay, La Vaupalière et Montigny (voir annexe 1 pour la liste complète des communes incluses dans la ZFE-m). La carte de droite représente le périmètre géographique actuel de la ZFE-m (au 3 septembre 2022) avec le nom des communes associées.



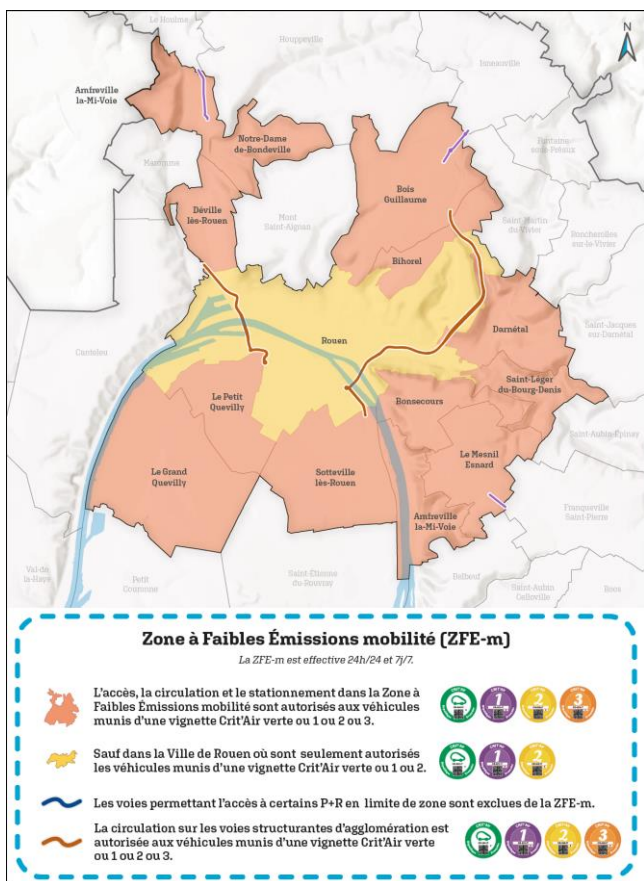
Source : AtmoNormandie ZFEm 2021 - BDTopo IGN Paris 2005. Copie et reproduction interdite

Graphique 2-1 : carte illustrant le contour de l'étude (ZAG) avec en rose le périmètre actuel de la ZFE-m et les communes associées sur la carte de droite

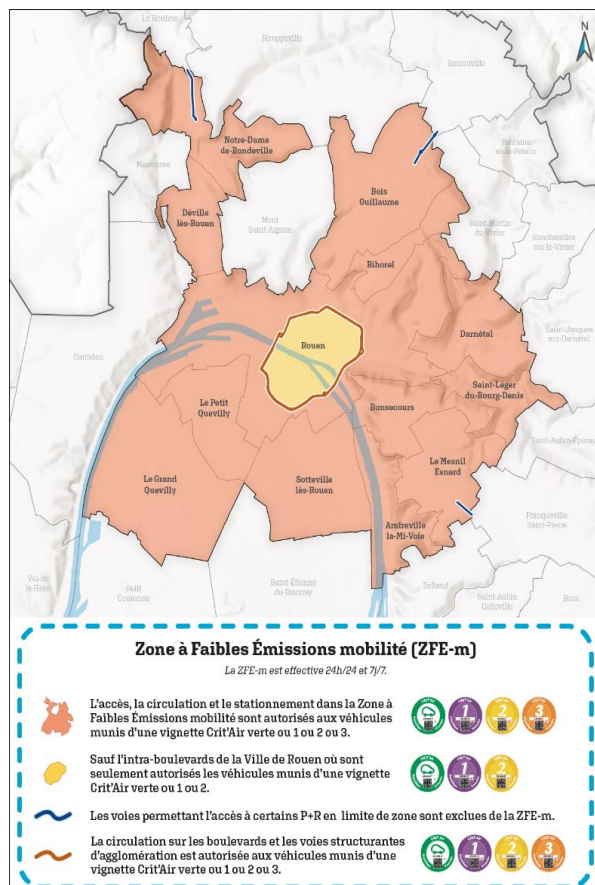
Dans le cadre de la loi d'orientation et mobilité (LOM) du 24 décembre 2019, la MRN pourrait avoir l'obligation de mettre en place une ZFE-m avec l'interdiction de véhicules Crit'air 3 au 1^{er} janvier 2025.



Graphique 2-2 : carte illustrant la ZFE-m actuellement mise en place au moment de l'étude (Source MRN).



Graphique 2-3 : carte illustrant la ZFE-m avec le renforcement des interdictions selon le scénario C (Source MRN).



Graphique 2-4 : carte illustrant la ZFE-m avec le renforcement des interdictions selon le scénario D (Source MRN).

2.2. Définitions utiles pour la compréhension de l'étude

Modélisation : méthode mathématique qui, à partir de données d'entrée (par ex : trafic, météo, relief, voiries et bâti), permet d'estimer des concentrations de polluant sur un territoire.

Modèle de trafic : outil permettant d'estimer, à partir d'enquête ou de comptage réel, les charges de trafic journalier sur chaque tronçon routier, les différences de charges selon chaque scénario, les matrices de demande Véhicules légers (VL) et Poids lourds (PL), les parts modales, les véhicules*km, etc...

ZFE-m : Zone de faible émissions – mobilité

Une ZFE-m est une zone géographique dans laquelle la circulation (voire le stationnement) des véhicules les plus émetteurs de polluants atmosphériques à effets sanitaires, principalement particules et oxydes d'azote, est interdite. Elle contribue au renouvellement anticipé du parc routier. En France, les contraintes de circulation dans les ZFE-m sont établies à partir des certificats qualité de l'air (vignette Crit'air).

Valeurs Limites pour la qualité de l'air : C'est une valeur contraignante qui représente un niveau maximal de concentration de substances polluantes **à ne pas dépasser** dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

Les **valeurs guides** pour la qualité de l'air de l'**OMS** constituent des **recommandations** afin de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air.

Les classes Crit'air : Elles sont représentées sous forme de vignettes : Non classé et Crit'air 5 qualifient les véhicules les plus polluants, et zéro ou vert les véhicules non émissifs pendant le déplacement.



2.3. Approche méthodologique choisie

L'étude cherche à rendre compte de l'impact du renforcement des restrictions de circulation routière sur un territoire sur la qualité de l'air entre deux échéances, 2023 (état actuel dit initial) et 2025 (scénarios prospectifs). Pour l'évaluation des concentrations, un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain a été utilisé : le modèle SIRANE 2.0 (annexe 2).

Le modèle SIRANE 2.0 est utilisé depuis plusieurs années par Atmo Normandie pour réaliser des bilans de la qualité de l'air sur certaines zones urbaines régionales et pour l'évaluation des plans et programmes mis en œuvre sur ces territoires. L'évolution prospective de la qualité de l'air à l'horizon 2025 a été étudiée selon deux scénarios : « scénario fil de l'eau » c'est-à-dire sans le renforcement des restrictions actuellement mise en place dans la ZFE-m et « scénario cible » avec la mise en place d'un renforcement des interdictions.

Le calcul des émissions et des concentrations a été effectué dans le domaine d'étude présenté dans le paragraphe contexte de ce rapport, et qui s'étend au-delà de la zone ZFE-m (voir paragraphe 2.1).

Les scénarios d'étude

Pour pouvoir différencier l'impact des différents scénarios du renforcement des restrictions de circulation dans la ZFE-m actuelle, il est important que tous les paramètres nécessaires aux modélisations autres que ceux liés aux émissions du trafic routier soient identiques dans l'ensemble des simulations. Les principaux paramètres ne variant pas dans les différentes modélisations réalisées sont en particulier la météo, les concentrations de fond des polluants imputables à la pollution extérieure entrant sur le territoire de l'étude, les concentrations de polluants imputables aux activités humaines autres que la circulation routière (c'est-à-dire issues des secteurs industriels, résidentiels, agricoles, maritimes, ...), le tracé des axes routiers. Les paramètres qui évoluent entre les différentes simulations sont le nombre de véhicule et la nature des véhicules, en fonction des classes Crit'air autorisées dans chacun des scénarios, sur les axes routiers du domaine d'étude. Ces données de trafic sont fournies par la Métropole Rouen Normandie au travers de leur modèle multimodal de trafic V2. Elles sont complétées des données de description du parc roulant élaborées par le CITEPA pour différents horizons temporels et fournies par le CITEPA et le ministère en charge de l'écologie [3] et [4].

Au fil du temps, le parc de véhicules évoluera d'une part par son renouvellement naturel et d'autre part par la contrainte due au renforcement par l'interdiction de la vignette Crit'air 3 sur un périmètre restreint de ZFE-m actuellement en place. De plus, un taux de fraude et de dérogation a été pris en compte dans les modélisations de trafic sur les véhicules interdits dans la ZFE-m. Pour comprendre l'impact respectif de ces deux évolutions il nous faudra comparer différents scénarios :

- L'impact de l'évolution du parc roulant liée au renouvellement naturel des véhicules sera évalué par la comparaison des scénarios nommées « état initial 2023 » et « fil de l'eau 2025 » sur la ZFE-m actuelle.
- L'impact de l'interdiction de circulation des Crit'air 3 sur un périmètre restreint de la ZFE-m actuelle sera évalué par la comparaison des scénarios ZFE-m exposés dans le tableau 2-1 (Scénario C et D 2025) avec le « fil de l'eau 2025 ».

L'ensemble des scénarios sont présentés dans le tableau suivant :







	Véhicules interdits	Périmètre géographique d'application du scénario	Taux de dérogation/fraude des véhicules interdits	Taux de renouvellement des véhicules interdits reportés sur des véhicules de Crit'air Vert,1,2
Etat initial 2023 (graphique 2-2)		ZFE-m actuelle (13 communes)	20%	0%
Fil de l'eau 2025 (graphique 2-2)		ZFE-m actuelle (13 communes)	20%	35%
Scénario C 2025 (graphique 2-3)		Commune de Rouen (hors axes structurants)	20%	70%
		ZFE-m actuelle hors commune de Rouen	20%	70%
Scénario D 2025 (graphique 2-4)		Périmètre "intra-boulevards" de Rouen	20%	70%
		ZFE-m actuelle hors "intra-boulevards" de Rouen	20%	70%

Tableau 2-1 : description des scénarios étudiés

Méthodologie d'exploitation des résultats

Sur la base des scénarios définis par la Métropole, la Métropole Rouen Normandie a fourni à Atmo Normandie les 4 modélisations de trafic nécessaires au calcul des émissions de polluants liées au trafic routier et à la modélisation des champs de concentration du NO₂, des PM₁₀ et des PM_{2.5}.

Le croisement des champs de concentration avec les données de population permet d'estimer pour chaque scénario la population exposée à des concentrations de polluants supérieures aux différents seuils, tels que les valeurs limites européennes ou les recommandations de l'OMS 2021¹.

L'exploitation des résultats se base sur une comparaison des scénarios entre eux pour quantifier les gains d'émissions de polluant, de nombre d'habitants exposés au-delà des différents seuils et de la surface exposée au-delà des différents seuils.

	Valeur limite	Valeur guide ou objectif de qualité	recommandation sanitaire de l'OMS 2021
PM ₁₀	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	30 µg/m ³ en moyenne annuelle*	15 µg/m ³ en moyenne annuelle
PM _{2.5}	25µg/m ³ en moyenne annuelle	10 µg/m ³ en moyenne annuelle*	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
NO ₂	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	40 µg/m ³ en moyenne annuelle*	10 µg/m ³ en moyenne annuelle

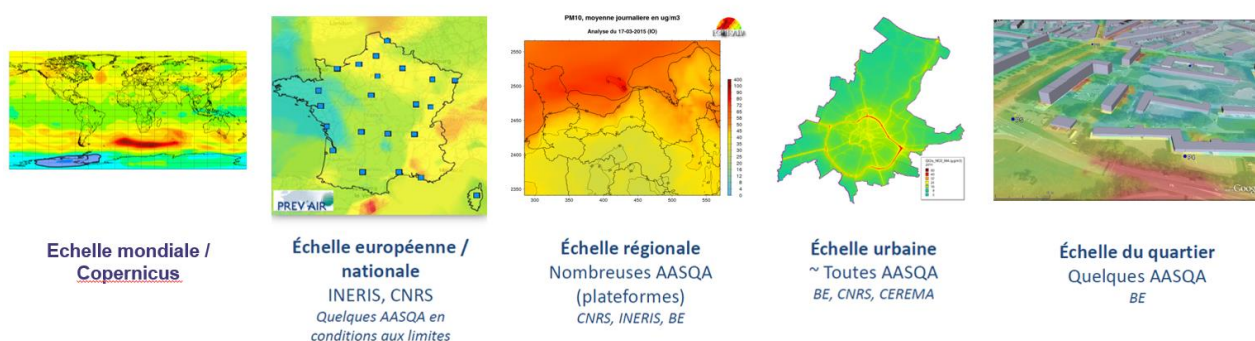
Tableau 2-2 : les différents seuils étudiés

¹ L'étude prend en compte les recommandations publiées en octobre 2021 par l'OMS.

Les outils nécessaires à la modélisation et les données d'entrée

La modélisation de la qualité de l'air permet d'estimer les concentrations de polluants en tout point d'un territoire étudié.

Il existe différentes échelles géographiques de modélisation pour différentes utilisations finales, de la prévision des épisodes de pollution au diagnostic annuel ou aux études prospectives (Graphique 2-5).



**A chaque échelle/utilisation : des outils différents
Pas de modèle universel !!**

Graphique 2-5 : Illustration des différentes échelles de modélisation des concentrations de polluants atmosphériques.

Pour évaluer l'impact de la mise en place d'une ZFE-m ou de son renforcement sur un territoire, une modélisation à l'échelle dite « urbaine » est la plus adaptée (Graphique 2-5). Pour cela, l'outil de modélisation SIRANE, développé par le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'École Centrale de Lyon (ECL) a été utilisé. SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier (échelle de l'ordre de 1 km à 10 km). Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments. Sa description détaillée se trouve en annexe 2 [5].

Les principales données d'entrée nécessaires au modèle sont les suivantes :

➤ La structure du réseau routier

Elle est issue du modèle multimodal de déplacement fourni par la Métropole de Rouen Normandie. Ce modèle multimodal regroupe les nombreux paramètres nécessaires à la caractérisation des rues ainsi qu'aux calculs des émissions de polluants (nombre de voies, largeur des voies de circulation, vitesse, importance, pente, capacité, ...).

Afin de construire le modèle de dispersion de polluant, il faut connaître finement la géométrie des bâtiments jouxtant les voies. Ces paramètres sont fournis par la BDTopo de l'IGN.

- Les données de modélisation de trafic (voir annexe 3)

Pour chacun des scénarios étudiés, il est nécessaire d'estimer les charges de trafic sur chaque tronçon (VP, VUL, PL) afin de pouvoir calculer les émissions de polluants. Cette charge de trafic est calculée par le modèle de trafic à partir du modèle multimodal de déplacement géré par la MRN. Le modèle de trafic fournit pour chaque tronçon du réseau routier de la MRN une valeur de trafic moyen journalier sur l'année, et cela pour les différents scénarios : l'état référence 2023, le « fil de l'eau » 2025, et les 2 scénarios « cibles » pour l'échéance 2025.

- Les émissions de polluants sont calculées sur chaque tronçon du réseau routier du modèle de dispersion. Les émissions de polluants (NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5}) sont estimées avec l'outil de calcul PRISME [6] développé par les AASQA et se base sur la méthodologie européenne de calcul des émissions du transport routier COPERT V et sur les recommandations du PCIT2 secteur routier [7].

Une description technique de l'outil PRISME ROUTIER est donnée en annexe 4.

- Les données météorologiques

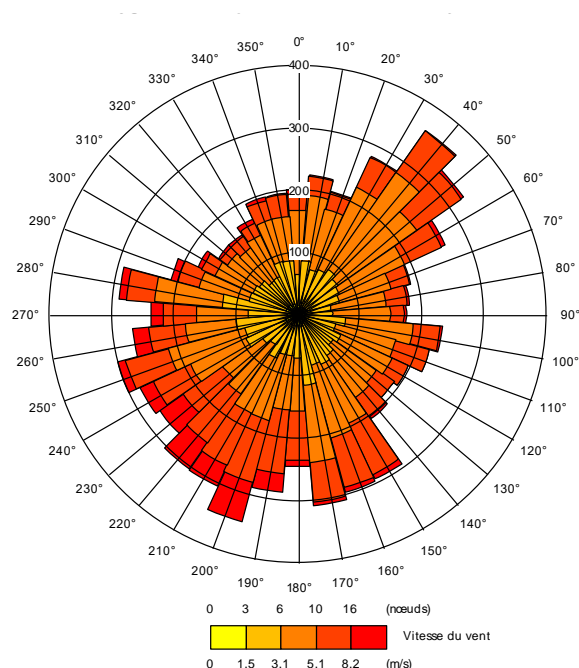
Afin de comparer les effets de chaque scénario par rapport à l'état initial et/ou fil de l'eau, un unique fichier Météo a été utilisé, composé des données sur l'année 2022. Les paramètres météo pris en compte sont : Direction du vent, Vitesse du vent, Température, Pluviométrie, Rayonnement global (source Météo France station Rouen-Boos). Le graphique 2-6 illustre la rose des vents sur la période météorologique retenue pour l'étude.

- La pollution de fond

Pour les mêmes raisons, un unique fichier de pollution de fond a été utilisé, composé des concentrations horaires issues des plateformes de modélisation nationales ou inter-régionales, pour l'année 2022.

- Spatialisation de la population

La spatialisation de la population aux bâtiments est fournie par le LCSQA selon une méthodologie nationale basée sur les données MAJIC de l'INSEE, la structure des bâtiments issue de l'IGN et les bases de données de la DGFIP. C'est la spatialisation de l'année 2019 (dernière année disponible au moment de l'étude) qui a été utilisée pour tous les scénarios. [8].



Graphique 2-6 : rose des vents utilisée pour l'étude (données 2022).

2.4. Les principales hypothèses et limites de l'étude

Limites et conséquences liées aux hypothèses sur la scénarisation du trafic routier.

Les principales hypothèses utilisées et conséquences lors des modélisations de trafic par la MRN :

- Une des conséquences de la ZFE-m est le report modal lié à l'exclusion de certains types de véhicules dans le périmètre de la ZFE-m
- Le changement d'itinéraire pour les trafics de transit afin d'éviter la ZFE-m entraînant un report de trafic autour de la ZFE-m et par conséquent une augmentation des km parcourus.
- Les adaptations de véhicule de certains usagers, essentiellement les professionnels, pour pouvoir circuler dans la ZFE-m.
- La prise en compte d'un taux hypothétique de non-respect des interdictions qui vise à représenter la fraude et la dérogation des véhicules « interdits » dans la ZFE-m.
- La prise en compte d'un taux hypothétique de renouvellement des véhicules « interdits » dans la ZFE-m vers des véhicules « autorisés », notamment vers des catégories Crit'air Vert,1 et 2.
- Utilisation du « modèle (multimodal) de déplacements » Version 1.3 (dernière mise à jour datant du 06/12/2022) de la MRN. Utilisation du trafic estimé à 2025 pour l'état initial 2023

Limites liées aux hypothèses de périmètre de renforcement des interdictions dans la ZFE-m

Le choix définitif du périmètre de l'interdiction des vignettes Crit'air 3 dans la ZFE-m par la MRN pourra être différent de celui envisagé pour l'étude. Cela pourra influencer sur les résultats en termes de surface et de population exposées au-delà des seuils réglementaires.

Limites liées aux hypothèses pour le calcul des émissions

Une limite de l'étude est le fait que le calcul des émissions du trafic routier se base notamment sur la composition d'un parc automobile national prospectif pour les années 2023 et 2025 : en effet, rien ne garantit que le renouvellement du parc automobile par la population ne suive cette tendance.

Dans le cas où la progression du parc automobile vers des véhicules « vertueux » est moins rapide que celle utilisée dans l'étude, alors la mise en œuvre de la ZFE-m, donc la mise en œuvre de règle d'exclusion de certaines classes Crit'air, aura un effet renforcé.

Dans le cas d'une progression plus rapide vers la disparition des véhicules les plus polluants que celle utilisée dans l'étude, la mise en œuvre de la ZFE-m aura un effet moindre.

L'exploitation des résultats sur les émissions, les superficies et les expositions ne pourront donc pas être interprétées sans rappeler l'importance d'une évaluation d'un bon suivi de la trajectoire du scénario prospectif du parc roulant entre 2023 et 2025.

De plus, les facteurs d'émission applicables au trafic routier sont porteurs d'une incertitude et pourront évoluer dans le futur avec l'amélioration des connaissances.

Limites liées aux hypothèses pour le calcul des concentrations et des expositions

La modélisation des concentrations est réalisée pour les conditions météorologiques de l'année 2022 (dernière année disponible au moment de l'étude). Or, le calcul des concentrations est sensible aux conditions météorologiques choisies pour les réaliser.

La méthodologie nationale de spatialisation de la population fournit le nombre d'habitants au lieu de leur domicile. Il existe donc un biais inhérent à la méthode de calcul de l'exposition avec le croisement des concentrations annuelles, la population pouvant être exposée aux polluants en d'autres lieux (dans la voiture, sur le lieu de travail, de loisirs...)

Le calcul d'exposition n'est réalisé qu'au regard des seuils réglementaires définis en moyenne annuelle car l'outil SIRANE utilisé pour la spatialisation ne permet pas de réaliser des évaluations aux regards des seuils définis en nombre de jour ou d'heure de dépassement d'une valeur de concentration donnée. Cependant, ces seuils définis en nombre de jours ou d'heures ne sont pas dépassés sur la métropole par les stations de mesures d'Atmo Normandie.

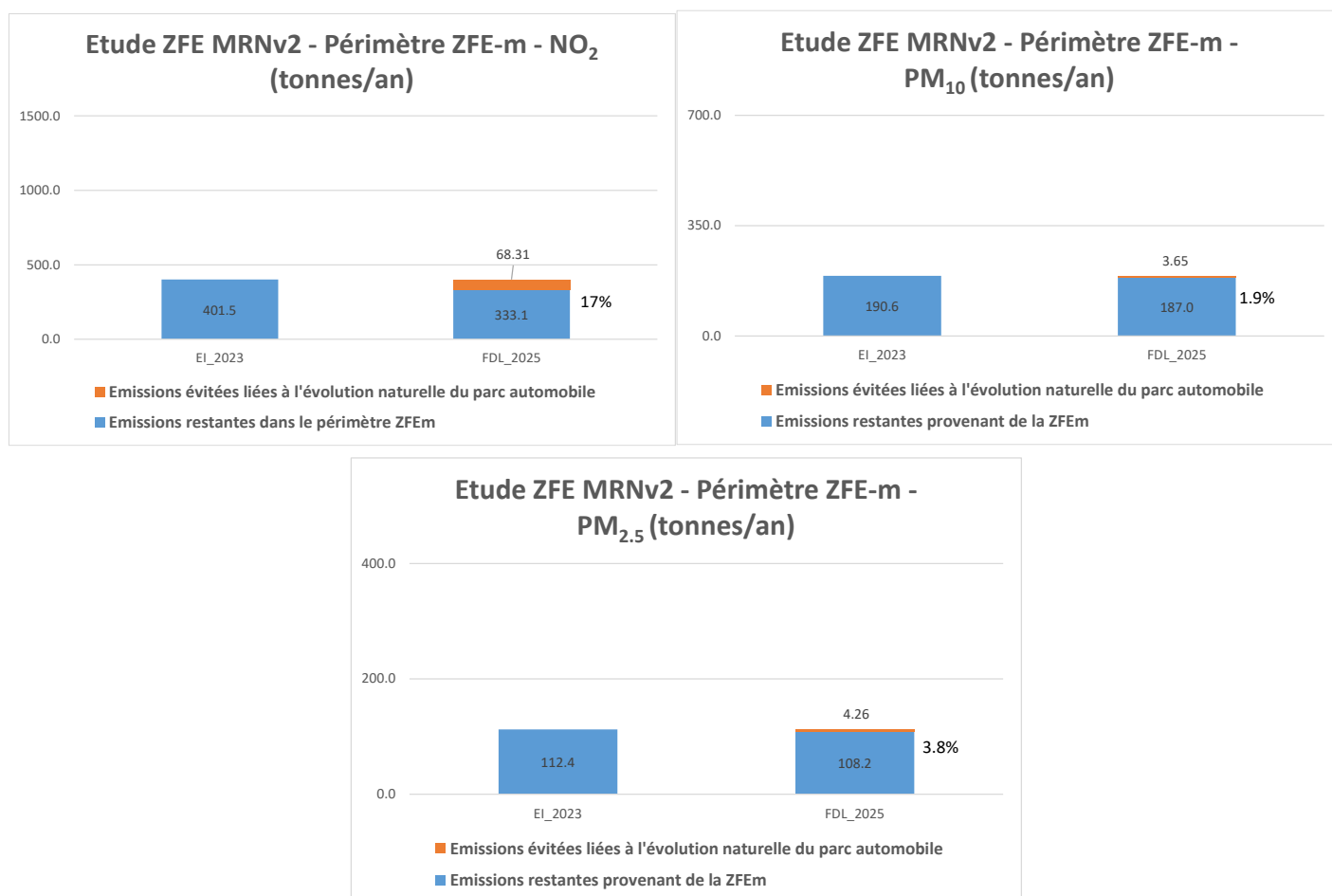
3. Effet de l'évolution naturelle du parc automobile entre 2023 et 2025

Ce chapitre a pour objectif de présenter au lecteur les méthodes d'analyse des données issues des calculs d'émissions et des modélisations des champs de concentration. Il portera dans un premier temps sur l'impact de l'évolution naturelle du parc automobile et de ses conséquences sur les émissions et sur les champs de concentration futurs de polluants. Dans un deuxième temps, une analyse des scénarios C et D est proposée (renforcement des restrictions de la ZFE-m).

La synthèse des résultats pour l'ensemble des scénarios sur les émissions, sur les superficies exposées à des dépassements de seuil et sur la population concernée est présentée dans le chapitre 4.

3.1. L'évolution des émissions de polluants du trafic routier

Le graphique 3-1 présente, pour les trois polluants étudiés, la réduction des émissions liée à l'évolution naturelle du parc automobile entre les années 2023 et 2025. L'évolution du parc automobile entre ces deux dates est



Graphique 3-1 : Comparaison des émissions du trafic routier entre l'état initial 2023 et le fil de l'eau 2025 sur le périmètre ZFE-m

décrite en annexe 3. Dans le périmètre de la ZFE-m, le renouvellement du parc automobile entre 2023 et 2025 permet à lui seul de baisser les émissions de dioxyde d'azote liées au trafic routier de 17% (passant de 401 à 333 Tonnes/an), les émissions de PM10 de 1.9% (passant de 191 à 187 Tonnes/an) et les émissions de PM2.5 de 3.8% (passant de 112 à 108 Tonnes/an). Cette réduction des émissions est complètement liée à l'amélioration des motorisations pour les véhicules thermiques et l'augmentation en proportion des véhicules électriques. La diminution n'est pas imputable à une diminution du trafic car le scénario « fil de l'eau 2025 » prend en compte une augmentation du trafic routier de +2.7% entre 2023 et 2025. La diminution moindre constatée pour les émissions de particules s'explique par l'origine des particules émises par le trafic routier. Ces particules proviennent d'une part de la combustion des carburants dans les moteurs à explosion et d'autre part de l'érosion mécanique (usure des freins et des pneus, abrasion de la route, remise en suspension de particule sur la bande de roulage...). L'évolution du parc de véhicule aura surtout pour conséquence de diminuer les émissions de particules qui ont pour origine la combustion des carburants. En revanche, les émissions de particules ayant pour origine l'érosion mécanique seront surtout sensibles au nombre de kilomètre roulés. La spatialisation des émissions ainsi que la spatialisation de l'évolution des émissions sont représentées par les graphiques 3-2, 3-3 et 3-4, respectivement pour les polluants NO₂, des PM₁₀ et des PM_{2.5}.

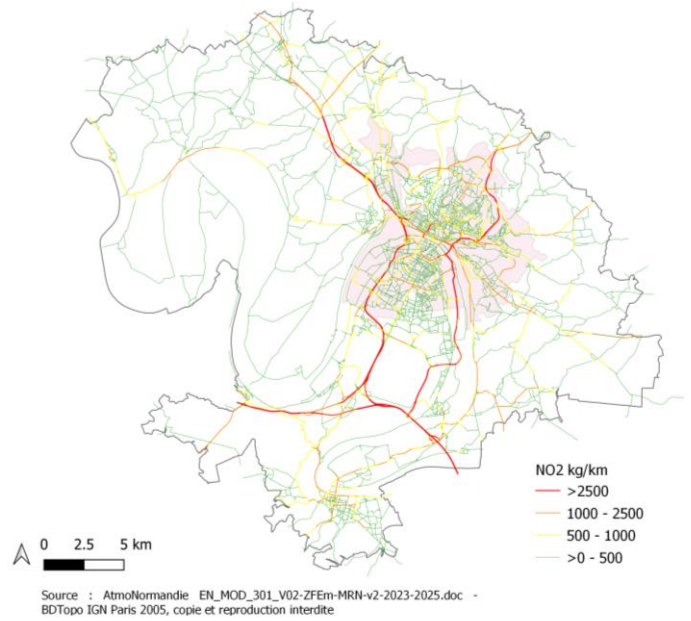
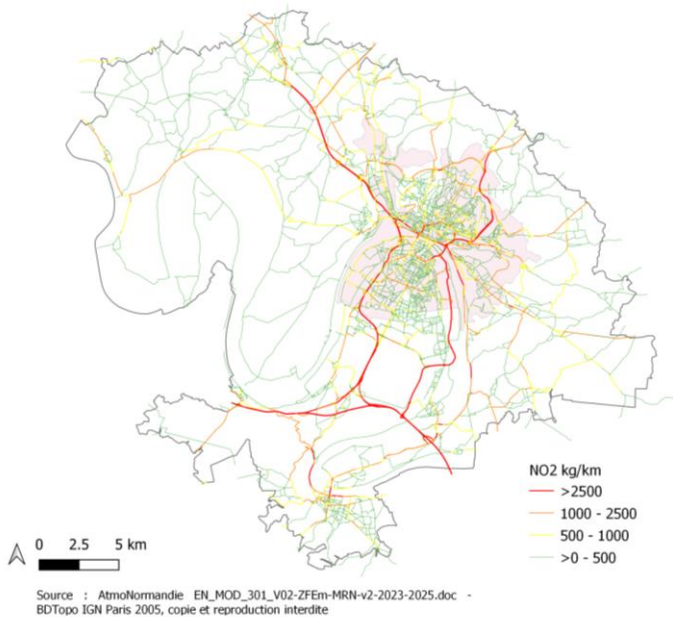
3.2. L'évolution des concentrations des trois polluants étudiés

Les graphiques 3-5, 3-6 et 3-7 montrent les cartes des concentrations spatialisées du NO₂, des PM₁₀ et des PM_{2.5} pour l'état initial 2023 et le fil de l'eau 2025 ainsi qu'une carte de différence mettant en évidence la diminution des concentrations moyennes annuelles de polluant entre ces deux échéances.

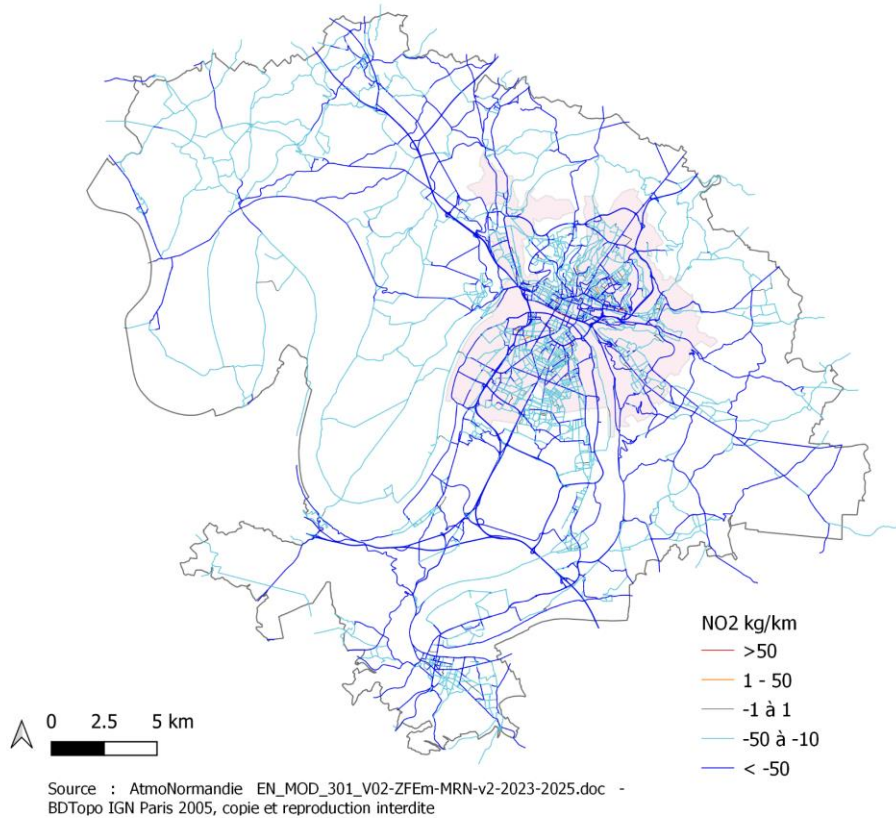
Cette diminution est surtout localisable sur et à proximité des axes routiers de l'ensemble la zone d'étude, la diminution étant d'autant plus marqué que l'axe routier est important. Pour le NO₂, la diminution est modérée, avec des baisses ne dépassant pas 4 µg/m³, s'expliquant par la légère diminution des émissions. Pour les PM₁₀ et les PM_{2.5}, la baisse des concentrations moyenne entre 2023 et 2025 n'est pas très marquée avec des baisses ne dépassant pas 2 µg/m³. Ceci s'explique d'une part par un plus faible impact de l'évolution naturelle du parc sur les émissions de particules et par le caractère multisectoriel des émissions de particules sur la zone d'étude. En effet, comme le montre le graphique 3-8, les émissions de particules PM₁₀ et PM_{2.5} en zone urbaines sont émises de façon équilibrée par plusieurs secteurs d'activités et l'étude de modélisation ne fait varier que la part des émissions liées au trafic routier alors que pour le dioxyde d'azote, les émissions sont majoritairement imputables au trafic routier.

Emissions NO2 - Etat initial 2023

Emissions NO2 - Fil de l'eau 2025



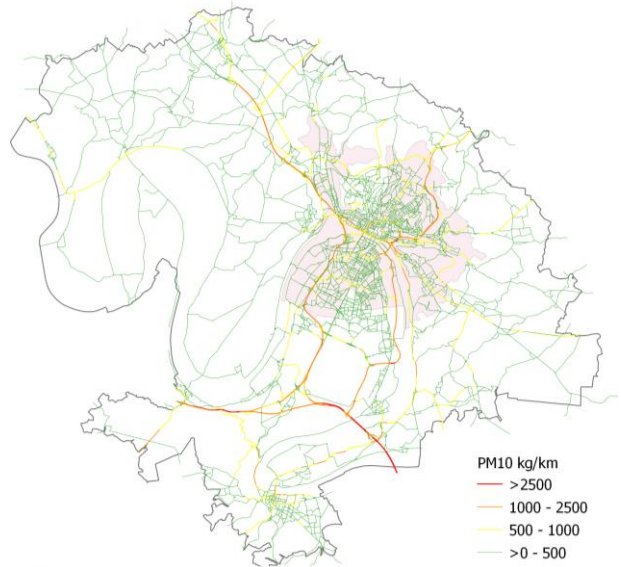
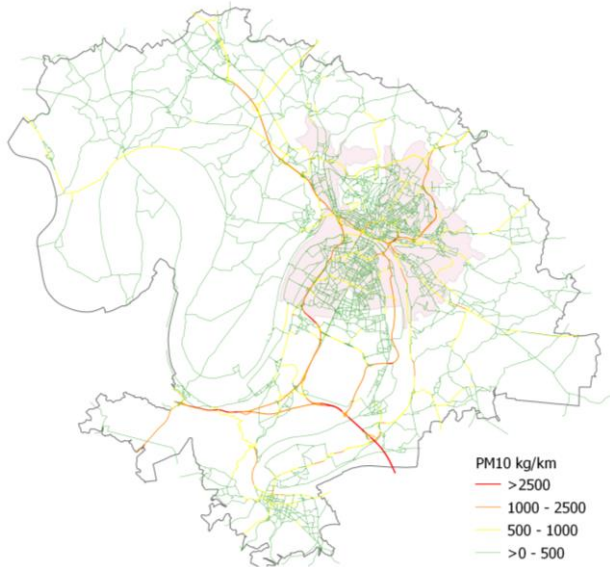
Emissions NO2 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023



Graphique 3-2 : spatialisation des émissions routières annuelles de dioxyde d'azote pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.

Emissions PM10 - Etat initial 2023

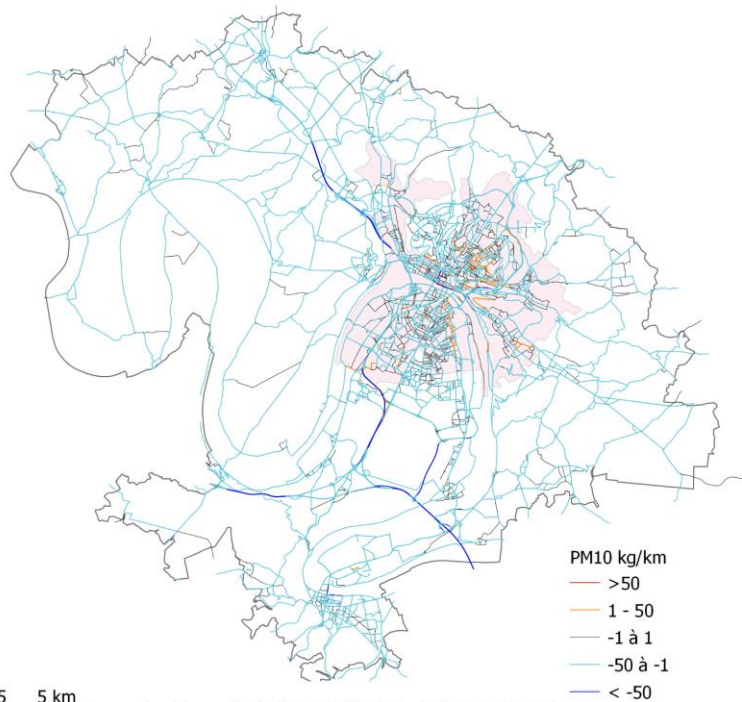
Emissions PM10 - Fil de l'eau 2025



0 2.5 5 km Source : AtmoNormandie EN_MOD_301_V02-ZFEm-MRN-v2-2023-2025.doc - BDTopo IGN Paris 2005, copie et reproduction interdite

0 2.5 5 km Source : AtmoNormandie EN_MOD_301_V02-ZFEm-MRN-v2-2023-2025.doc - BDTopo IGN Paris 2005, copie et reproduction interdite

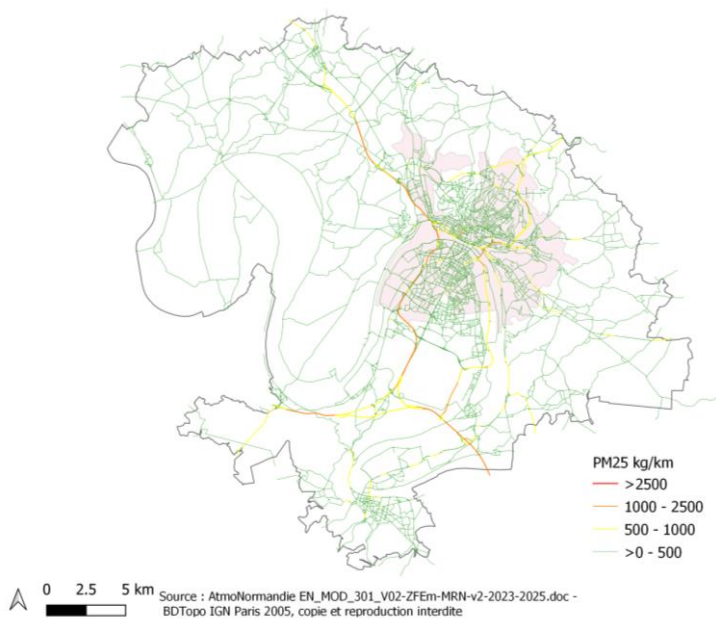
Emissions PM10 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023



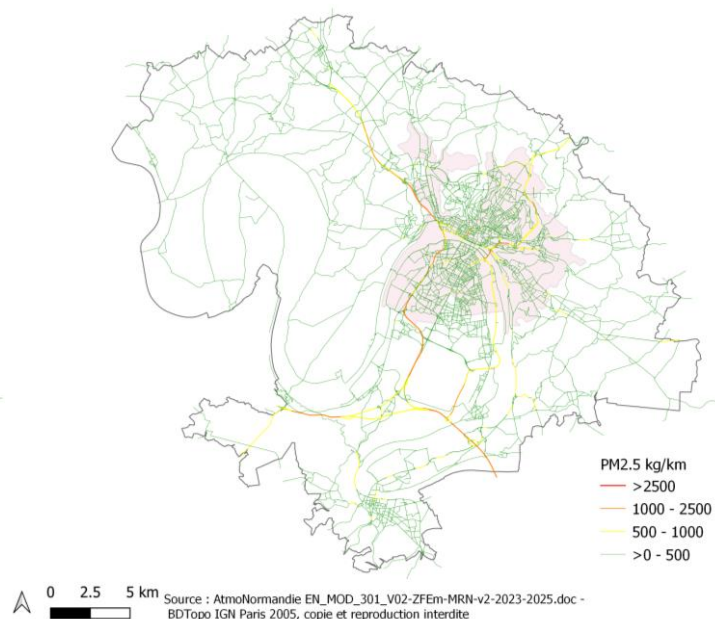
0 2.5 5 km Source : AtmoNormandie EN_MOD_301_V02-ZFEm-MRN-v2-2023-2025.doc - BDTopo IGN Paris 2005, copie et reproduction interdite

Graphique 3-3 : spatialisation des émissions routières annuelles en particules fines PM10 pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.

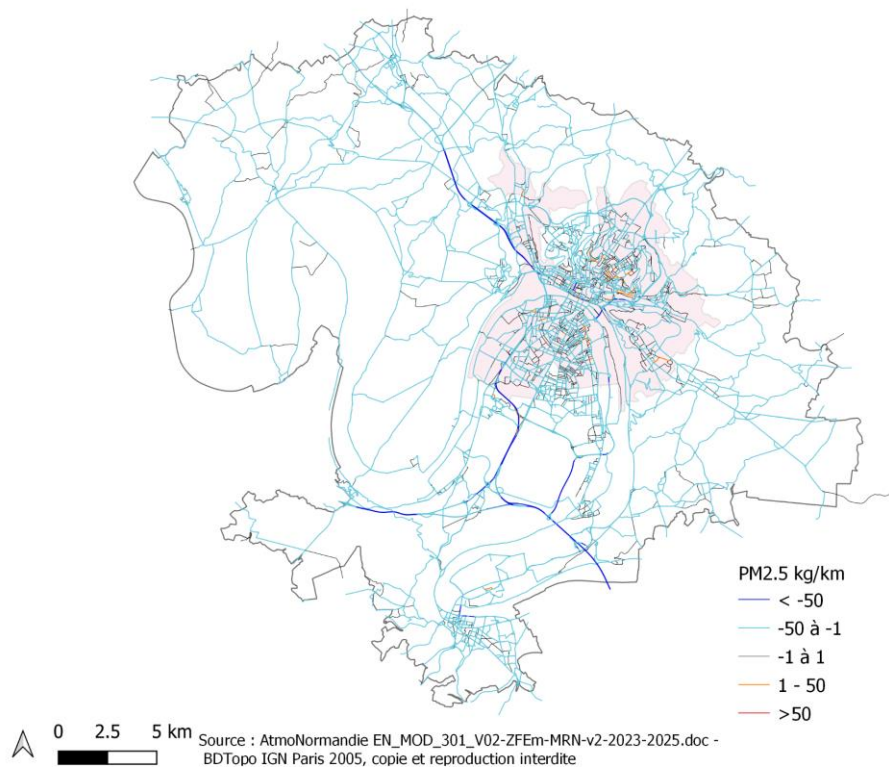
Emissions PM2.5 - Etat initial 2023



Emissions PM2.5 - Fil de l'eau 2025

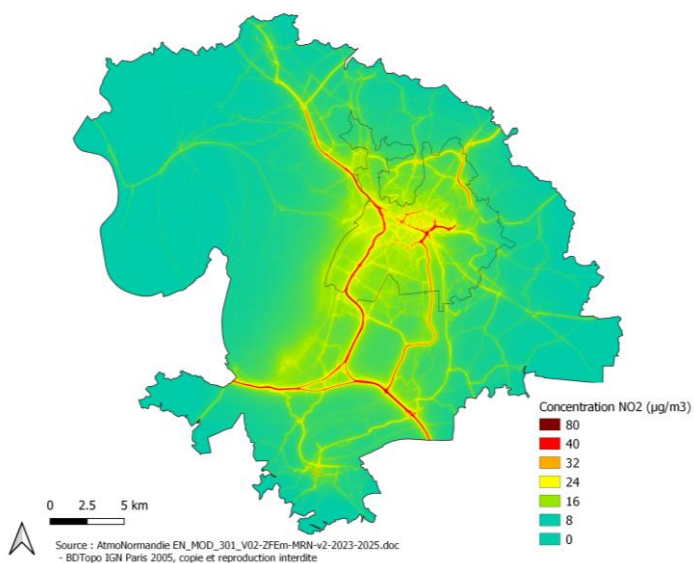


Emissions PM2.5 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023

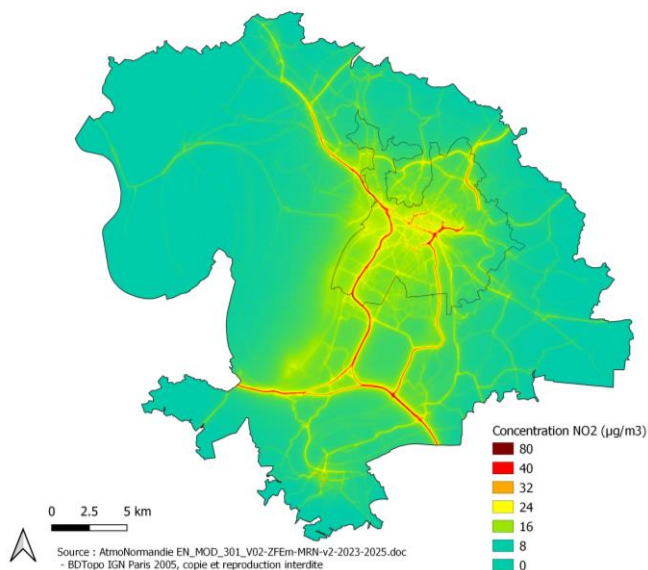


Graphique 3-4 : spatialisation des émissions routières annuelles en particules fines PM2.5 pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.

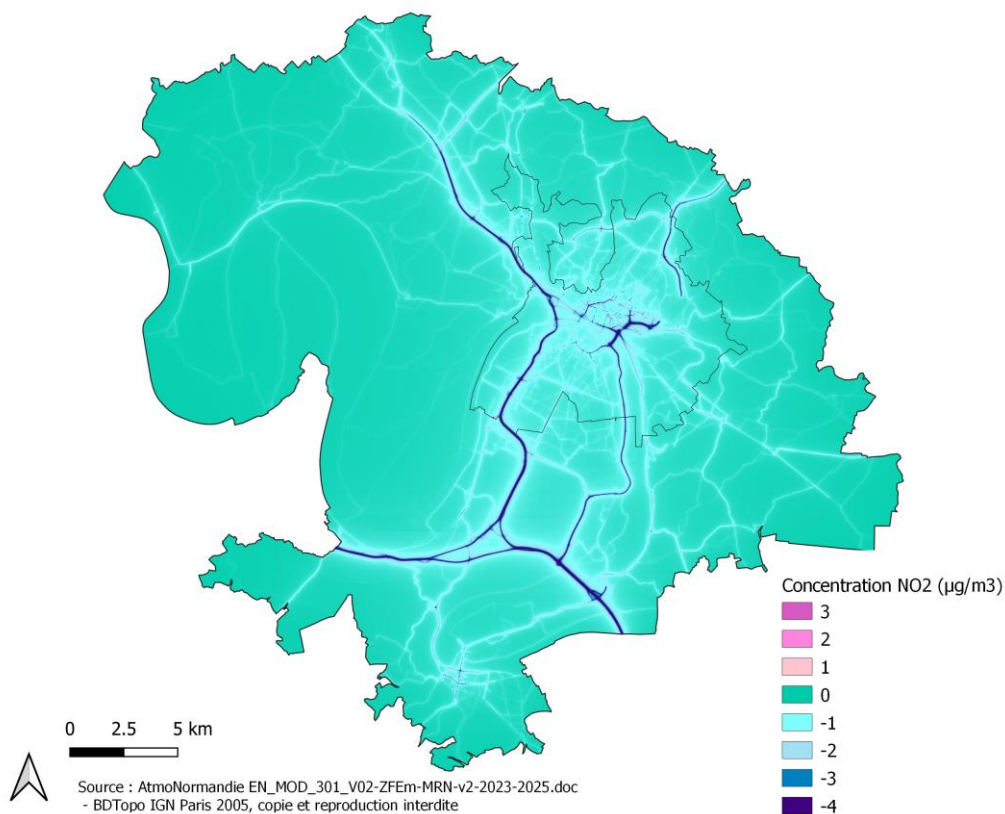
Moyenne annuelle NO2 - Etat initial 2023



Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025

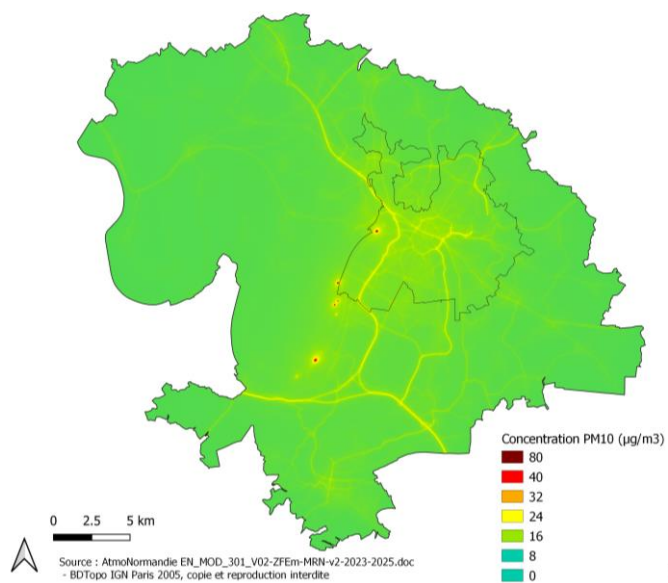


Moyenne annuelle NO2 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023

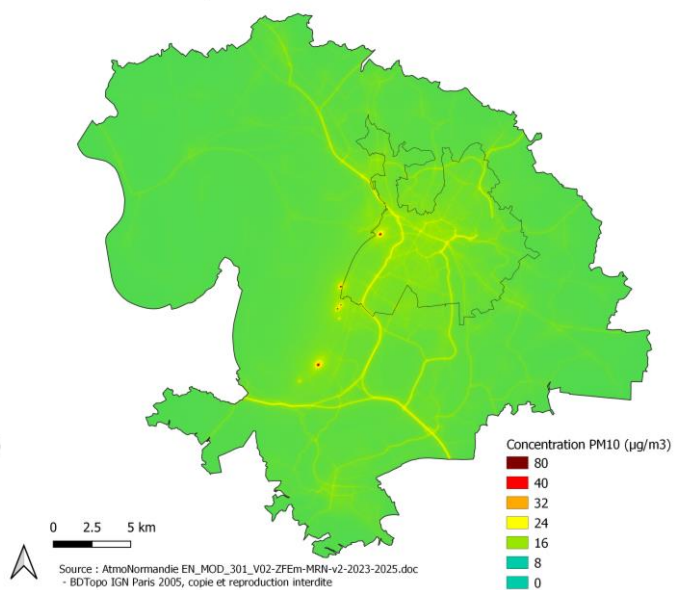


Graphique 3-5 : spatialisations des concentrations annuelles de dioxyde d'azote pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.

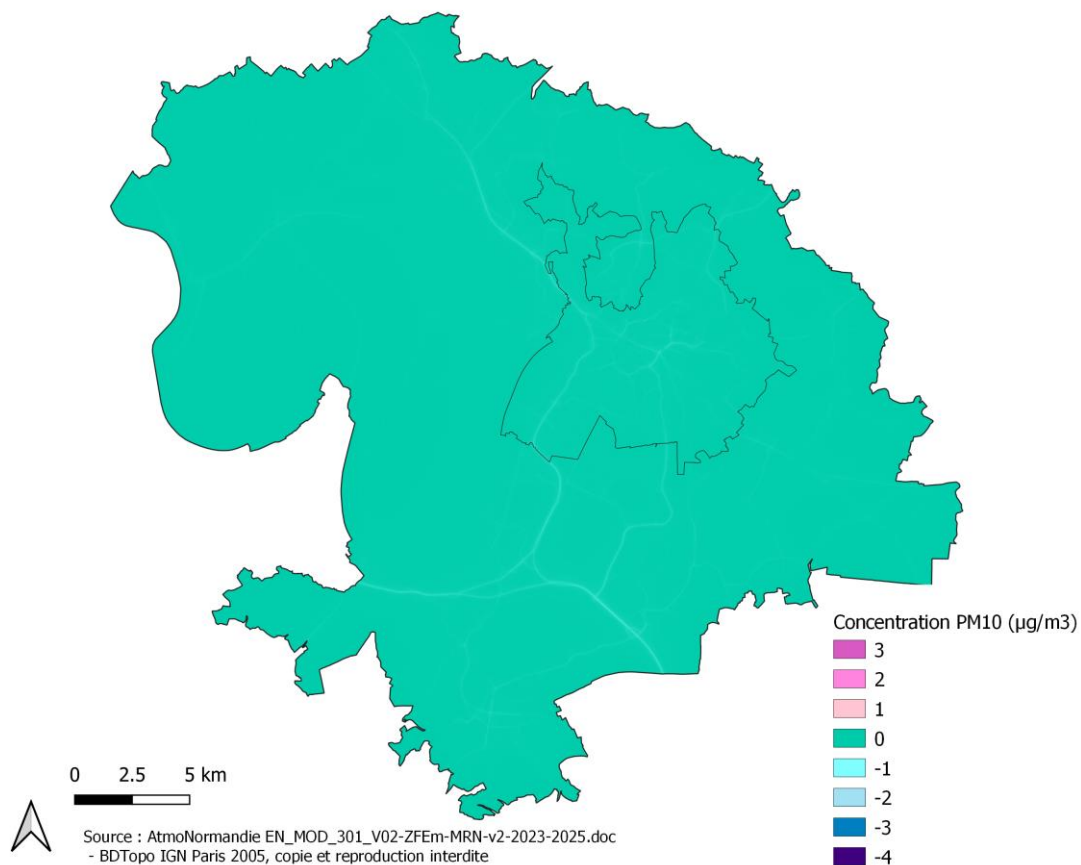
Moyenne annuelle PM10 - Etat initial 2023



Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025

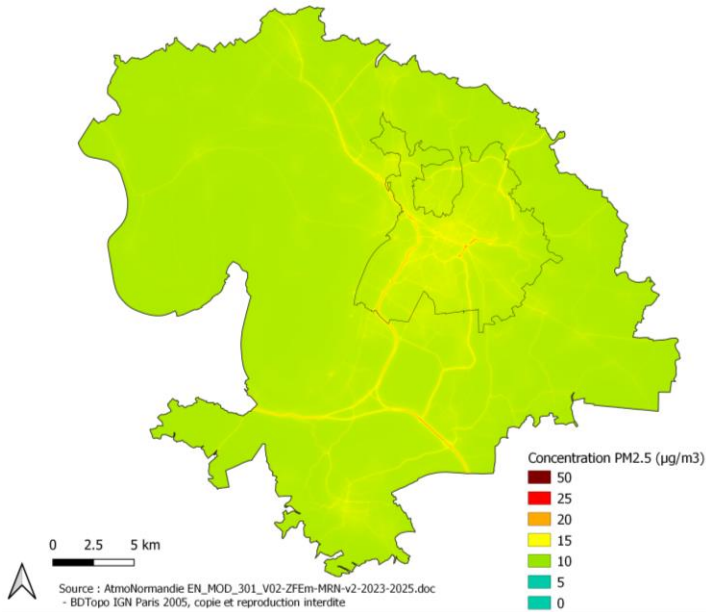


Moyenne annuelle PM10 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023

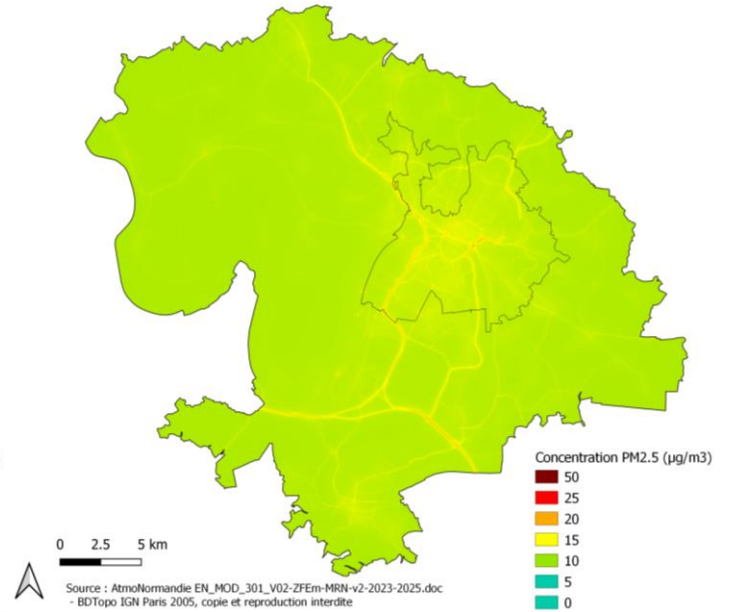


Graphique 3-6 : spatialisation des concentrations annuelles de PM₁₀ pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.

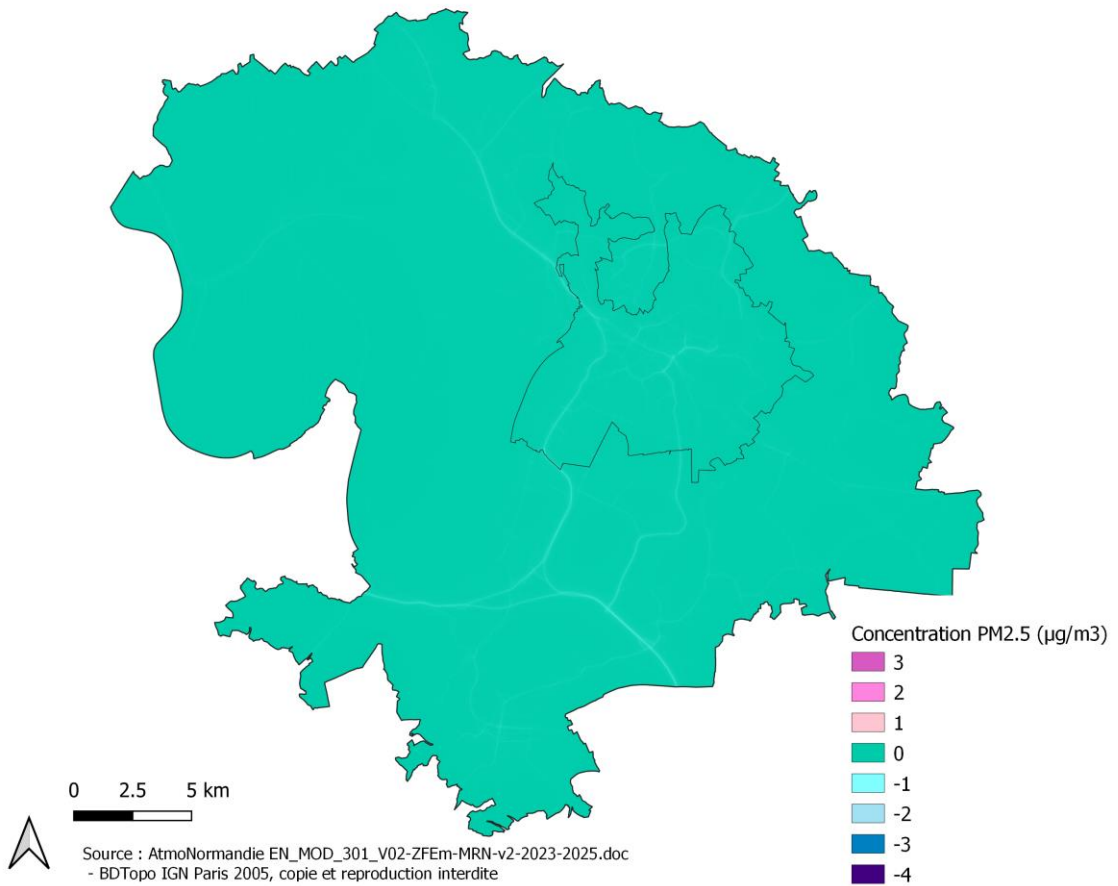
Moyenne annuelle PM2.5 - Etat initial 2023



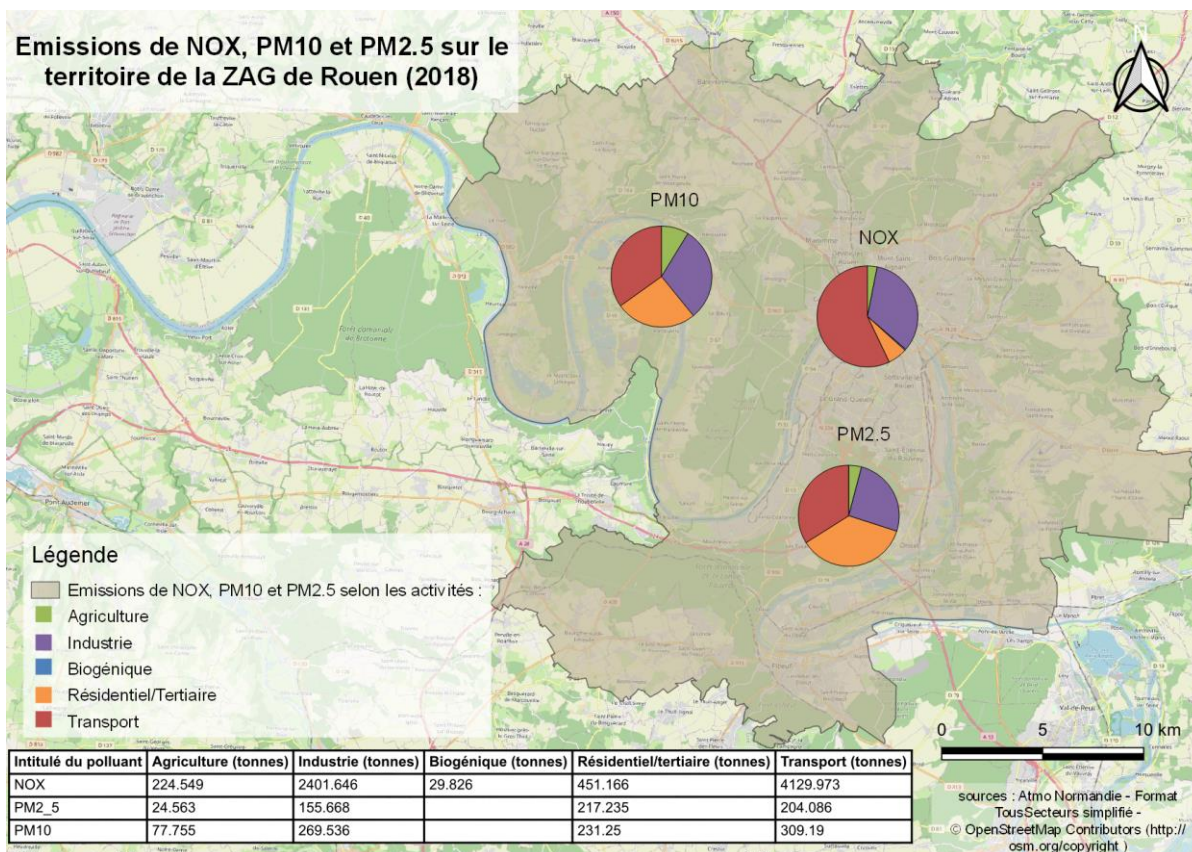
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Différence scénario Fil de l'eau 2025 - Etat initial 2023



Graphique 3-7 : spatialisation des concentrations annuelles de PM_{2.5} pour l'état initial 2023, le fil de l'eau 2025 et différence entre ces deux échéances.



Graphique 3-8 : répartition sectorielle des émissions de NOx, de PM₁₀ et de PM_{2,5} sur la zone d'étude en 2018 - Inventaire des émissions 2018 version 3.2.7 [1]

3.3. Bilan sur les expositions du scénario « Fil de l'eau »

Les cartes de concentration présentées dans les graphiques 3-5, 3-6 et 3-7 permettent d'estimer la surface en km² de la zone d'étude dont les concentrations sont supérieures aux différents seuils. Les seuils considérés sont les valeurs limites européennes en moyenne annuelle et les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé², aussi en moyenne annuelle. Le tableau 3-1 montre les superficies exposées à des dépassements de ces différents seuils ainsi que leur évolution prévisible selon le scénario fil de l'eau entre 2023 et 2025.

L'évaluation de la population exposée s'effectue en croisant les cartes de concentration des polluants avec la localisation des habitants sur leur lieu de domicile. Le tableau 3-1 montre la population exposée au lieu de domicile à des concentrations supérieures aux seuils pris en compte.

Pour le NO₂ la superficie exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite européenne réglementaire de 40 µg/m³ en moyenne annuelle diminue de 2.49 km² en 2023 à 1,44 km² en 2025, avec une population exposée passant de 522 à 283 personnes. L'évolution naturelle du parc de véhicule ne suffit pas pour éliminer

² L'étude prend en compte les recommandations de l'OMS publiées en 2021.

tout risque d'exposition de la population à des concentrations de NO₂ supérieures à la valeur limite européenne en moyenne annuelle.

La quasi-totalité de la zone d'étude présente un dépassement de la recommandation annuelle de l'OMS pour le NO₂ (10 µg/m³ en moyenne annuelle). Entre 2023 et 2025, la surface exposée diminue de 296 à 267 km² et la population exposée diminue légèrement de 435 589 à 422 142.

Concernant les particules PM₁₀ et PM_{2,5}, les valeurs limites européennes annuelles ne sont dépassées en aucun lieu, que ce soit en 2023 ou la projection en 2025. En revanche, les modélisations montrent des dépassements francs et importants des recommandations OMS, et les diminutions des superficies et populations exposées sont faibles pour les PM₁₀ et nulle pour les PM_{2,5}. Pour les PM₁₀ la superficie exposée à des concentrations supérieures à la recommandation OMS de 15 µg/m³ diminue de 29.81 à 28,63 km², pour une population exposée diminuant de 68 027 à 64 801. Pour les PM_{2,5} la superficie exposée à des concentrations supérieures à la recommandation OMS de 5 µg/m³ concerne l'ensemble du territoire et n'évolue pas entre 2023 et 2025.

Superficie Périmètre ZAG : 726.3 km ² * Population MAJIC 2019 Source : LCSQA	Superficie 2023 (km ²)	Superficie 2025 (km ²)	Population * 2023	Population * 2025
NO₂				
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	2.485	1.44	522	283
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	296	267	435 589	422 142
PM₁₀				
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	0	0	0	0
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	29.81	28.63	68 027	64 801
PM_{2,5}				
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	0	0	0	0
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	726.3	726.3	514 990	514 990

Tableau 3-1 : superficie de la zone d'étude et population exposés à des concentrations supérieures aux différents seuils étudiés

4. Résultats pour les scénarios C et D

4.1. Résultats de l'impact sur les émissions de polluant pour l'ensemble des scénarios

Le tableau 4-1 résume pour l'ensemble des scénarios étudiés les émissions estimées pour le NO₂, les PM₁₀ et le PM_{2.5} sur le périmètre de la ZFE-m. Il donne aussi la comparaison absolue et relative de ces émissions avec le scénario fil de l'eau 2025.

Un premier constat est une légère diminution des émissions de NO₂, de 1.2% à 5.5% selon le scénario envisagé, avec l'interdiction des véhicules Crit'air3.

Cette réduction est beaucoup moins sensible concernant les particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Pour le scénario C, les émissions baissent de -1,2% pour les PM₁₀ et de -2.4% pour les PM_{2.5}. Pour le scénario D, une réduction des émissions n'a pas pu être mise en évidence. Cela s'explique par le fait que les émissions de PM₁₀ et PM_{2.5} sont principalement liées aux kilomètres parcourus et les hypothèses retenues pour la prévision du trafic en 2025 (%dérogation/fraude et %taux de renouvellement), ainsi que l'évolution structurelle du parc automobile ont pour conséquence que le nombre de véhicule circulant sur la ZFE-m baisse très peu.

Le tableau 4-2 présente les mêmes informations sur le périmètre de la zone d'étude entière. Pour le scénario C, les réductions d'émissions sont très faibles et peu significatives, avec -1.5% pour le NO₂, -0.3% pour les PM₁₀ et -0.7% pour le PM_{2.5}. Pour le scénario D, l'évolution des émissions n'est pas significative.

Périmètre ZFE-m		Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
NO ₂	Emissions (T/an)	401.5	333.1	315.0	329.2
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-18.2	-4.0
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-5.5%	-1.2%
PM ₁₀	Emissions (T/an)	190.6	187.0	184.7	187.3
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-2.2	0.3
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-1.2%	0.2%
PM _{2.5}	Emissions (T/an)	112.4	108.2	105.5	108.0
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-2.6	-0.2
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-2.4%	-0.2%

Tableau 4-1 : Impacts sur les émissions de l'ensemble des scénarios étudiés, sur le périmètre de la ZFE-m

Périmètre ZAG		Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
NO ₂	Emissions (T/an)	1350.7	1118.5	1101.2	1115.6
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-17.3	-2.9
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-1.5%	-0.3%
PM ₁₀	Emissions (T/an)	664.0	645.2	643.3	645.8
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-1.9	0.6
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.3%	0.1%
PM _{2.5}	Emissions (T/an)	395.7	375.9	373.4	375.9
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-2.5	0.0
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.7%	0.0%

Tableau 4-2 : Impacts sur les émissions de l'ensemble des scénarios étudiés, sur le périmètre de la zone d'étude (ZAG)

4.2. Résultats de l'impact sur les superficies exposées pour l'ensemble des scénarios

Les tableaux 4-3 et 4-4 montrent l'impact des différents scénarios de ZFE-m sur les superficies exposées au-delà des différents seuils réglementaires et des recommandations OMS. Le tableau 4-3 est défini sur le périmètre de la ZFE-m et le tableau 4-4 sur le périmètre de l'étude.

La réduction des superficies exposées au-delà des différents seuils en comparaison avec le fil de l'eau 2025 sont faibles pour les deux scénarios avec des réductions de surfaces exposées comprises entre 0% et 8,9%.

Pour le seuil réglementaire européen NO₂ (40 µg/m³ en moyenne annuelle) et le scénario C, la diminution de surface exposée est de 8,9% sur le périmètre ZFE-m et de 3% sur l'ensemble de la zone d'étude.

Pour le seuil de recommandation OMS PM₁₀ (15 µg/m³ en moyenne annuelle) et le scénario C, la diminution de surface exposée est de 2.7% sur le périmètre ZFE-m et de 1.3% sur l'ensemble de la zone d'étude.

Pour l'ensemble des autres seuils, et quel que soit le scénario, les évolutions de surface sont nulles ou très faibles.

	85.694 km ²	Périmètre ZFE-m	Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km ²)	0.998	0.607	0.553	0.596
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.05	-0.01
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-8.9%	-1.8%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km ²)	81.455	78.897	78.722	78.909
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.18	0.01
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.2%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km ²)	0.014	0.014	0.014	0.014
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km ²)	15.044	14.525	14.136	14.525
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.4	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-2.7%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km ²)	0.000	0.000	0.000	0.000
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km ²)	85.694	85.694	85.694	85.694
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%

Tableau 4-3 : Impacts des différents scénarios sur les superficies en dépassement de seuils, en km² sur le périmètre ZFE-m.

	726.3 km ²	Périmètre ZAG	Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km ²)	2.485	1.440	1.396	1.436
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.04	0.00
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-3.0%	-0.3%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km ²)	296.291	267.474	266.670	267.348
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.80	-0.13
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.3%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km ²)	0.050	0.050	0.050	0.050
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.00	0.00
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km ²)	29.809	28.628	28.260	28.668
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			-0.37	0.04
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-1.3%	0.1%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km ²)	0.000	0.000	0.000	0.000
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km ²)	726.300	726.300	726.300	726.300
		Gain (km ²) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%

Tableau 4-4 : Impacts des différents scénarios sur les superficies en dépassement de seuils, en km² sur le périmètre de la zone d'étude (ZAG).

4.3. Impact de la ZFE-m sur l'exposition des populations

Les tableaux 4-5 et 4-6 montrent l'impact des différents scénarios sur les populations exposées à des concentrations de polluants dépassant les seuils, dans le périmètre ZFE-m et sur l'ensemble du périmètre de l'étude.

Les seules évolutions de population exposées pouvant être considérées comme significatives, concernent le seuil européen NO₂ et la recommandation OMS PM₁₀. Ce constat est cohérent avec les résultats obtenus pour l'évolution de la surface exposée présentée au paragraphe précédent. Le scénario C est le plus efficace, avec une réduction de - 46.6% de la population exposée au-delà au seuil européen pour le NO₂ et de -5.4% de la population exposée au-delà de la recommandation OMS pour les PM₁₀. Le scénario D montre une baisse de la population exposée au-delà du seuil européen NO₂ de -15,6%.

Toutes les autres évolutions ne sont pas significatives.

Les résultats obtenus sur l'ensemble de la zone d'étude montrent, en nombre absolu, très peu de différence avec le nombre de population ayant changé d'exposition dans la zone ZFE-m. Par exemple, pour le NO₂, 110 personnes ne sont plus exposées dans la ZFE-m pour le scénario C et elles sont 111 dans l'ensemble de la zone d'étude. Ce résultat montre l'absence d'impact de la mise en œuvre des scénarios C et D sur le périmètre complémentaire de la ZFE-m de la zone d'étude.

		260894 hab	Périmètre ZFE-m	Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	446	236	126	200	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-110	-36	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-46.6%	-15.3%	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	260128	259476	259426	259475	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-50	-1	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0	0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	62162	59660	56416	59088	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-3244	-572	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-5.4%	-1.0%	
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	260894	260894	260894	260894	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	

Tableau 4-5 : Impacts des différents scénarios sur la population exposée à des dépassements de seuils, sur le périmètre de la ZFE-m, en nombre d'habitants, au domicile.

		514990 hab	Périmètre ZAG	Etat initial 2023	Fil de l'eau 2025	scénario C 2025	scénario D 2025
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	522	283	172	247	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-111	-36	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-39.2%	-12.7%	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	435589	422142	421936	422178	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-206	36	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0.00	0.00	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	68027	64801	61560	64297	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			-3241	-504	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			-5.0%	-0.8%	
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	514990	514990	514990	514990	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025			0.0	0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025			0.0%	0.0%	

Tableau 4-6 : Impacts des différents scénarios sur la population exposée à des dépassements de seuils sur le périmètre de l'étude, en nombre d'habitants, au domicile.

5. Conclusion et perspectives

Les études de scénarisation des impacts sur la qualité de l'air de la mise en œuvre d'une ZFE sur la Métropole Rouen Normandie se sont basées sur la comparaison d'un scénario « fil de l'eau 2025 » prenant en compte l'évolution naturelle du parc automobile ainsi que la ZFE-m en place en 2023 et de deux scénarios proposant une évolution de la ZFE-m avec l'interdiction de la classe Crit'air 3 sur deux périmètres restreints différents, notés scénario C et D.

Le renforcement de la ZFE-m par une interdiction des véhicules Crit'air 3, quel que soit le périmètre choisi (scénario C ou D) ne permet pas de faire disparaître les surfaces ou population exposés au-delà des seuils étudiés. Plus précisément :

Pour les seuils correspondant aux valeurs limites européennes :

Le renforcement de la ZFE-m conduit à une légère diminution des surfaces et population exposées au NO_2 , cette diminution étant plus importante avec l'augmentation de la surface d'interdiction des Crit'air 3. Cette diminution est de l'ordre de 39% pour le scénario C et de 12,7% pour le scénario D, pour la population de la zone d'étude. Aucun dépassement n'est démontré pour les PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$.

Pour les recommandations OMS :

La mise en œuvre d'un renforcement de la ZFE-m ne montre pas d'efficacité pour diminuer significativement la surface et les populations exposées au-delà de ces seuils, pour le NO_2 et les $\text{PM}_{2.5}$.

Concernant les PM_{10} , une légère réduction des populations exposées, de l'ordre de 5.4%, est constatée pour le scénario C.

6. Annexes

6.1. Annexe 1 : Liste des communes du périmètre d'étude

AMFREVILLE-LA-MI-VOIE

ANNEVILLE-AMBOURVILLE
BARDOUVILLE
BARENTIN
BELBEUF
BERVILLE-SUR-SEINE

BIHOREL

BOIS-GUILLAUME

BONSECOURS

BOOS
CANTELEU
CAUDEBEC-LES-ELBEUF
CLEON

DARNETAL

DEVILLE-LES-ROUEN

DUCLAIR
ELBEUF
EPINAY-SUR-DUCLAIR
FONTAINE-SOUS-PREAUX
FRANQUEVILLE-SAINT-PIERRE
FRENEUSE
GOUY
GRAND-COURONNE
HAUTOT-SUR-SEINE
HENOUVILLE
HOUPPEVILLE
ISNEAUVILLE
JUMIEGES
LA BOUILLE
LA LONDE
LA NEUVILLE-CHANT-D'OISEL
LA VAUPALIERE

LE GRAND-QUEVILLY

LE HOULME

LE MESNIL-ESNARD

LE MESNIL-SOUS-JUMIEGES

LE PETIT-QUEVILLY

LE TRAIT
LES AUTHIEUX-SUR-LE-PORT-SAINT-OUEN
MALAUNAY
MAROMME
MONTIGNY
MONTMAIN
MONT-SAINT-AIGNAN

NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE

OISSEL
ORIVAL
PETIT-COURONNE
PISSY-POVILLE
QUEVILLON
QUEVREVILLE-LA-POTERIE
RONCHEROLLES-SUR-LE-VIVIER

ROUEN

ROUMARE
SAHURS
SAINT-AUBIN-CELLOVILLE
SAINT-AUBIN-EPINAY
SAINT-AUBIN-LES-ELBEUF
SAINTE-MARGUERITE-SUR-DUCLAIR
SAINT-ETIENNE-DU-ROUVRAY
SAINT-JACQUES-SUR-DARNETAL
SAINT-JEAN-DU-CARDONNAY

SAINT-LEGER-DU-BOURG-DENIS

SAINT-MARTIN-DE-BOSCHERVILLE
SAINT-MARTIN-DU-VIVIER
SAINT-PAER
SAINT-PIERRE-DE-MANNEVILLE
SAINT-PIERRE-DE-VARENDEVILLE
SAINT-PIERRE-LES-ELBEUF

SOTTEVILLE-LES-ROUEN

SOTTEVILLE-SOUS-LE-VAL
TOURVILLE-LA-RIVIERE
VAL-DE-LA-HAYE
VILLERS-ECALLES
YAINVILLE
YMARE
YVILLE-SUR-SEINE

En rouge communes incluses dans la ZFE-m

6.2. Annexe 2 : Présentation du modèle SIRANE

Le modèle SIRANE version 2.0 rev2 a été utilisé pour étudier l'impact de l'évolution prospective des émissions au niveau de la Métropole Rouen Normandie.

C'est un modèle développé par le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL). Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier (échelle de l'ordre de 1 km à 10 km). Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments. Le modèle SIRANE couvre une échelle spatiale située entre l'échelle de la rue, où l'on s'intéresse plutôt à la répartition des polluants à l'intérieur même de cette rue, et l'échelle de l'agglomération, où il n'est plus possible de modéliser explicitement l'effet de chaque bâtiment. Il permet donc de fournir une cartographie de la pollution à l'échelle d'un quartier. D'un point de vue temporel, SIRANE est adapté à des échelles caractéristiques de l'ordre de l'heure. Le modèle SIRANE traite différents types d'émissions à l'aide de sources linéiques (représentant par exemple une voie de circulation) et de sources ponctuelles (par exemple une cheminée d'usine).

Le modèle SIRANE permet de prendre en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier :

- Phénomènes de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments),
- Échange des polluants au niveau des carrefours,
- Transport des polluants au-dessus des toits,
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique),
- Modélisation de transformations chimiques simples (cycle de Chapman : NO-NO₂-O₃),
- Modélisation de la dispersion des particules.

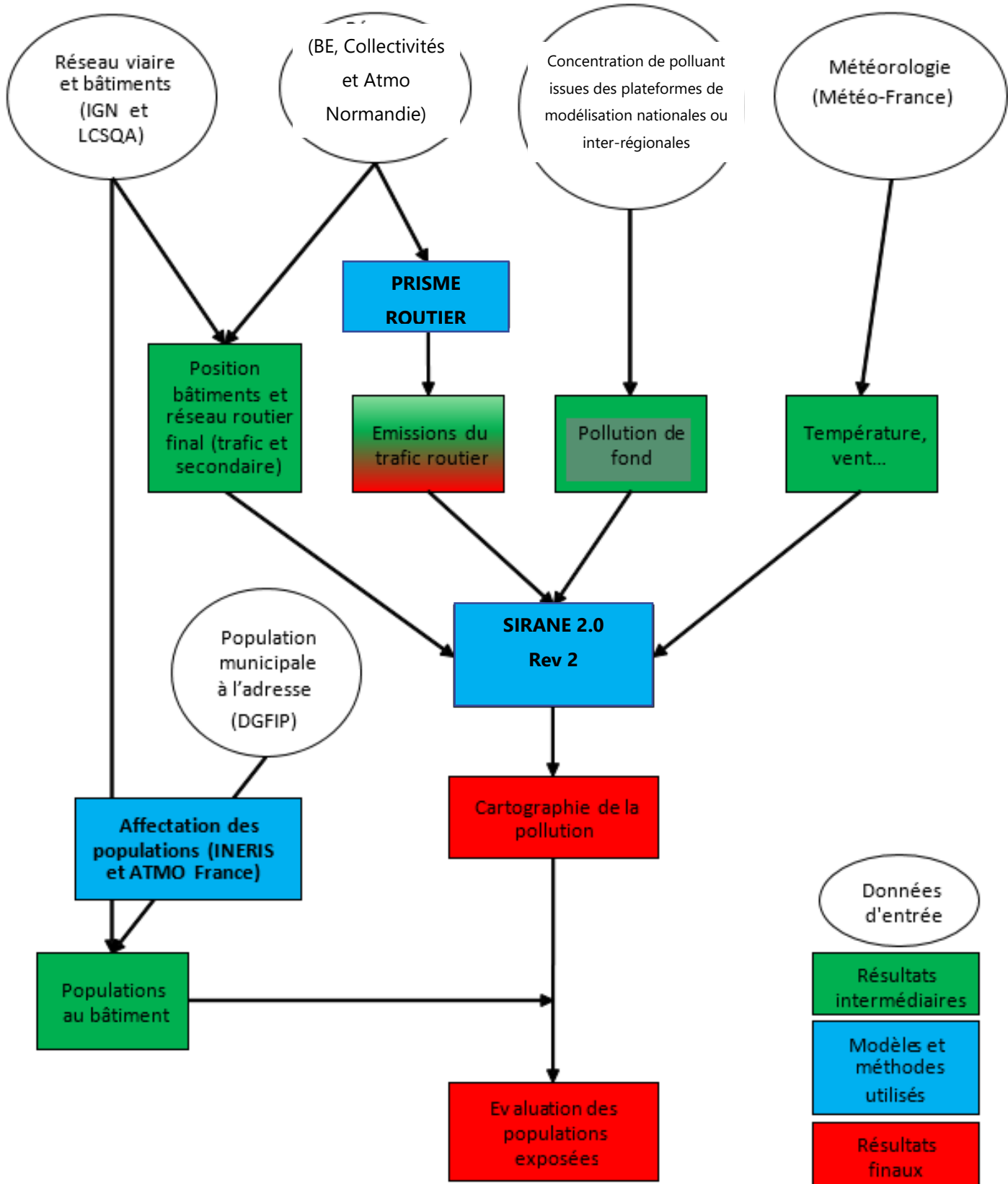
Le modèle SIRANE est un outil qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées des différents phénomènes. Il est donc adapté au traitement d'un grand nombre de rues avec un temps de calcul limité.

Les données d'entrée nécessaires au modèle sont les suivantes :

- Un réseau de rues interconnectées, ainsi que les caractéristiques géométriques des rues (largeur et hauteur moyenne des bâtiments),
- L'évolution horaire des variables météorologiques comme le vent, la température, la nébulosité ou encore les précipitations,
- L'évolution horaire du niveau de pollution de fond,
- L'évolution horaire des données d'émissions provenant des voies de circulation. A noter que des sources ponctuelles, comme les cheminées d'usine ou les sources déduites de cadastres d'émissions peuvent être intégrées.

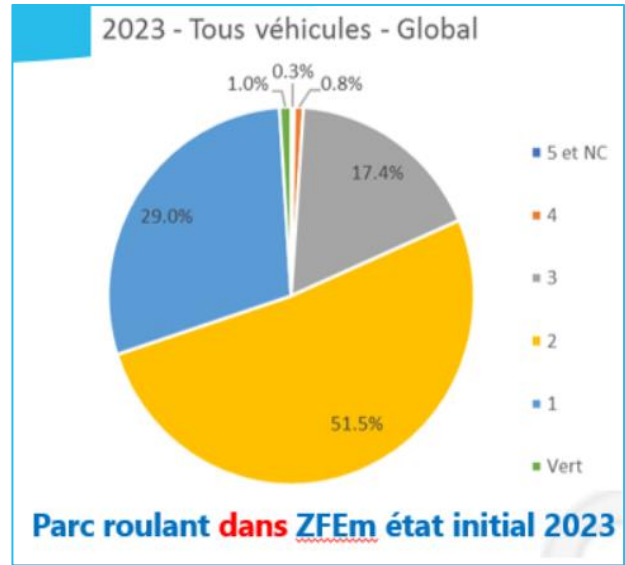
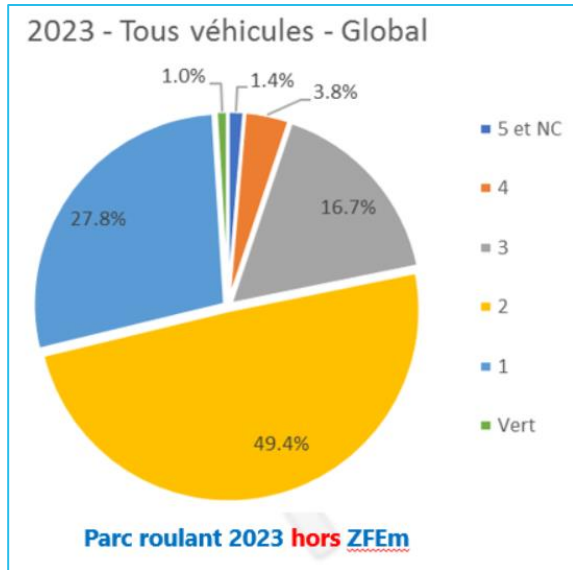
La version 2.0 rev2 de SIRANE a été installée sur les serveurs de calcul du CRIANN (Centre Régional Informatique et d'Applications Numériques de Normandie). En effet, les travaux de modélisation sont assez lourds, et nécessitent, pour conserver une précision satisfaisante (de l'ordre de quelques mètres), une capacité de calcul importante.

Logigramme synthétique de mise en œuvre d'une modélisation de la qualité de l'air à l'échelle urbaine.

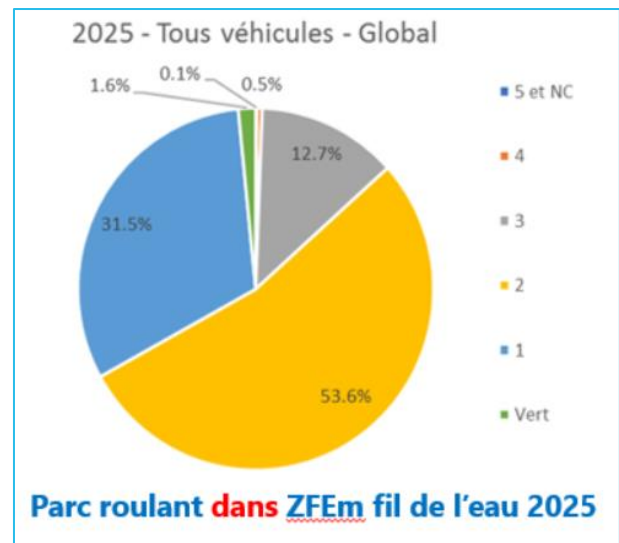
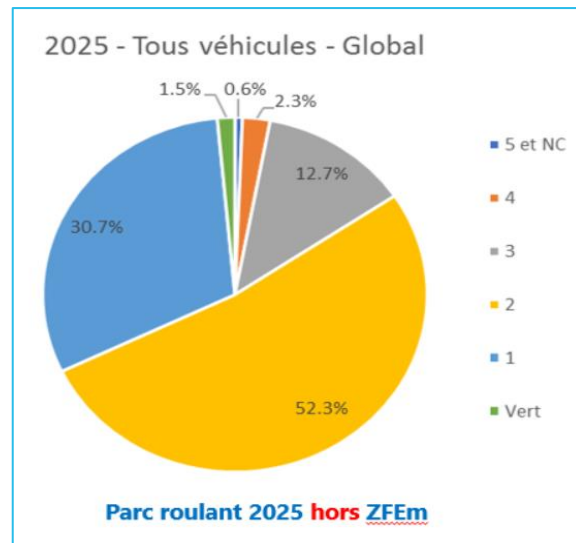


6.3. Annexe 3 : Paramètres du modèle de trafic

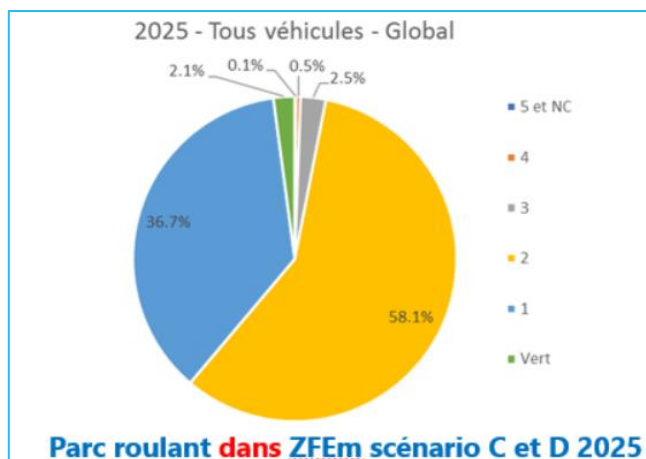
- Description du parc roulant pour le scénario Etat initial 2023 dans et hors périmètre ZFE-m



- Description du parc roulant pour le scénario Fil de l'eau 2025 dans et hors périmètre ZFE-m



- Description du parc roulant pour les scénarios C et D 2025 dans le périmètre renforcé ZFE-m



AVERTISSEMENT / CONDITIONS D'UTILISATION :

L'utilisation et la diffusion des résultats des projections issus des données communiquées doit donner lieu à la mention obligatoires suivantes:

- Parcs prospectifs statique et roulant : MTECT-DGEC/Citepa version 2023 (scénario AME-2021)

- Hypothèses utilisateur : "AtmoNormandie"

Le MTECT et le Citepa déclinent toute responsabilité quant à l'utilisation de ces données et aux conséquences liées à l'utilisation des résultats qui restent exclusivement de l'initiative de l'utilisateur.

6.4. Annexe 4 : Présentation de l'outil PRISME Routier v1.11

PRISME est une plateforme collaborative et mutualisée entre AASQA pour le calcul des émissions de plusieurs secteurs d'activités (agriculture, routier, ...). Elle est constituée de groupes de travail dont les missions sont le développement et l'intégration de nouveaux calculs, la veille documentaire et normative notamment sur les méthodes de calculs conformément au guide PCIT, la mise à jour des facteurs d'émissions ainsi que des données d'entrées (COPERT, CITEPA, ...). Le développement et la maintenance de la plateforme sont assurés par les AASQA. Le module Routier permet le calcul des émissions des véhicules à chaud et à froid, mais également des émissions par évaporation et par usure des pneus, des freins et de la route, ainsi que la remise en suspension. Il intègre également des corrections d'émissions en fonction de l'âge du véhicule, des cylindrés, de l'utilisation de la climatisation, de l'évolution des carburants et du CAR labelling³ de l'ADEME. Le module Routier permet de calculer les émissions d'une quarantaine de polluants ainsi que la consommation de carburant et l'énergie consommée et ceci pour environ 600 classes de véhicules.

Le principe de calcul se décompose en trois étapes :

- Estimation du trafic horaire,
- Estimation de la vitesse horaire du trafic,
- Calcul des émissions annuelles.

Outre les données de trafic issues du modèle de trafic de la MRN, les données de composition du parc national sont intégrées dans l'outil de calcul des émissions. Pour la situation initiale 2023 et les scénarios prospectifs 2025, le parc roulant national du CITEPA [2]

(Parc_roulant_BDD_1990_2050_correction reçue 7avril2023.xls) fournit par le Ministère en charge de l'environnement via le LCSQA a été utilisé (MTECT-DGEC/Citepa version 2023 (scénario AME-2021).

Le fichier transmis contient les projections du parc automobile français (métropole) pour tous les types de véhicules (VP, VUL, PL, Bus et Cars, 2 Roues) par norme et catégorie (format COPERT V) pour les années 2022 à 2050. Ce parc découle du scénario "Avec Mesure Existante (AME)-2021". Ce scénario inclut toutes les mesures visant la réalisation des objectifs énergétiques français, et la réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques, effectivement adoptées ou exécutées avant le 1^{er} janvier 2020.

2 Méthodologie du secteur routier et préparation d'un calcul

Les facteurs d'émissions sont issus de la méthodologie COPERT et des facteurs d'émission OMINEA. La méthodologie développée se base sur les diverses plateformes utilisées en AAASQA avant PRISME, à savoir : HEAVEN, ESPACE et CIRCUL'AIR. L'outil PRISME permet ainsi des calculs annuel ou horaire, il permet en quelques heures de calculer un inventaire régional sur une année pour les 130 polluants du secteur routier.

PRISME se veut être une « agrégation » optimisée de ces plateformes. Le schéma simplifié ci-dessous présente les principales étapes du calcul et données d'entrées qui alimentent le calcul. Le module de calcul ne prépare pas les données d'entrées régionales, même si plusieurs outils ou données nationales ont été préparés en commun. Le module réalise le calcul en fonction des besoins et attentes de l'utilisateur, qui doit tenir compte des contraintes d'espace et de temps de calcul selon les modes choisis et le nombre d'axes routiers à calculer.

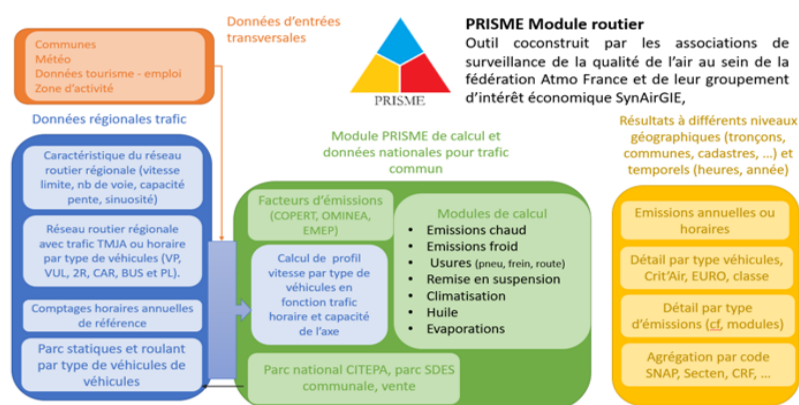


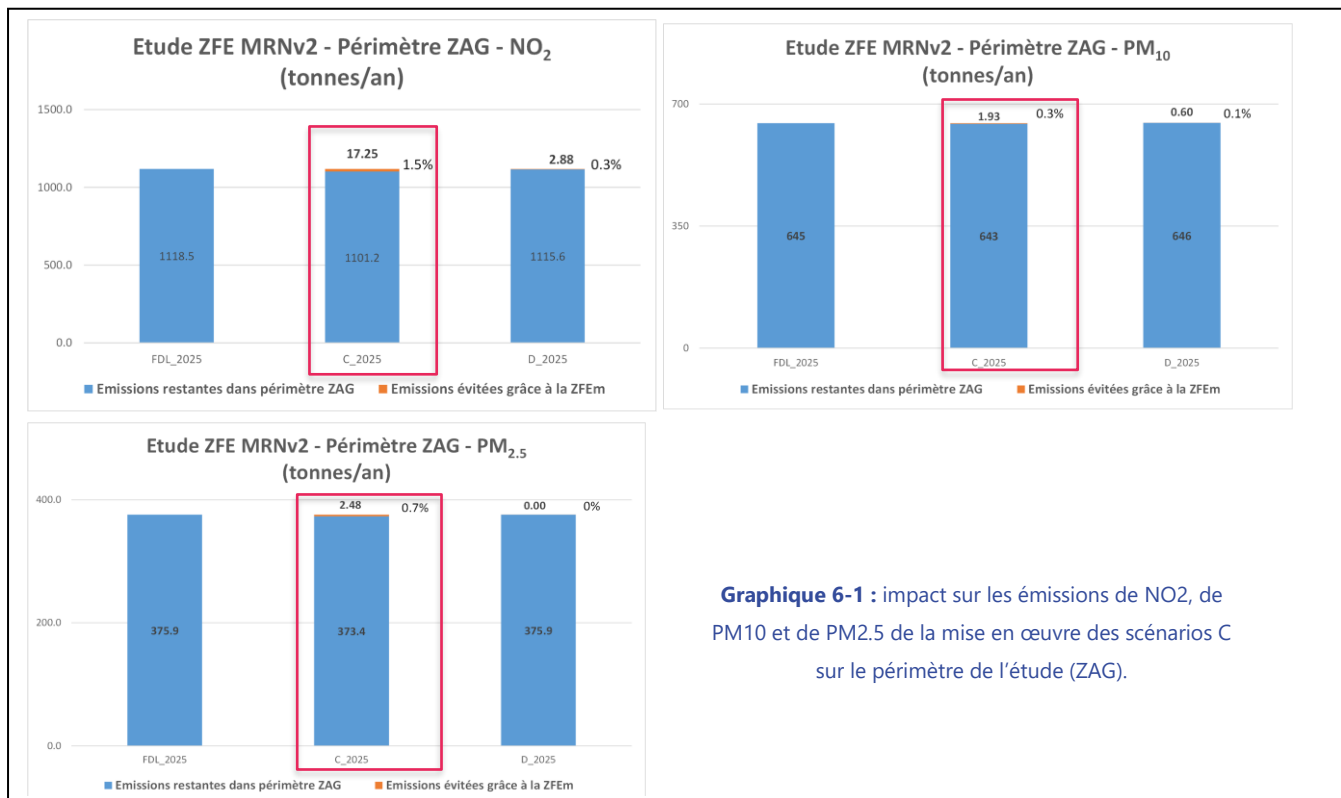
Figure 1 : schéma simplifié du module de calcul PRISME

Logigramme méthodologique de calcul des émissions des transports routiers.

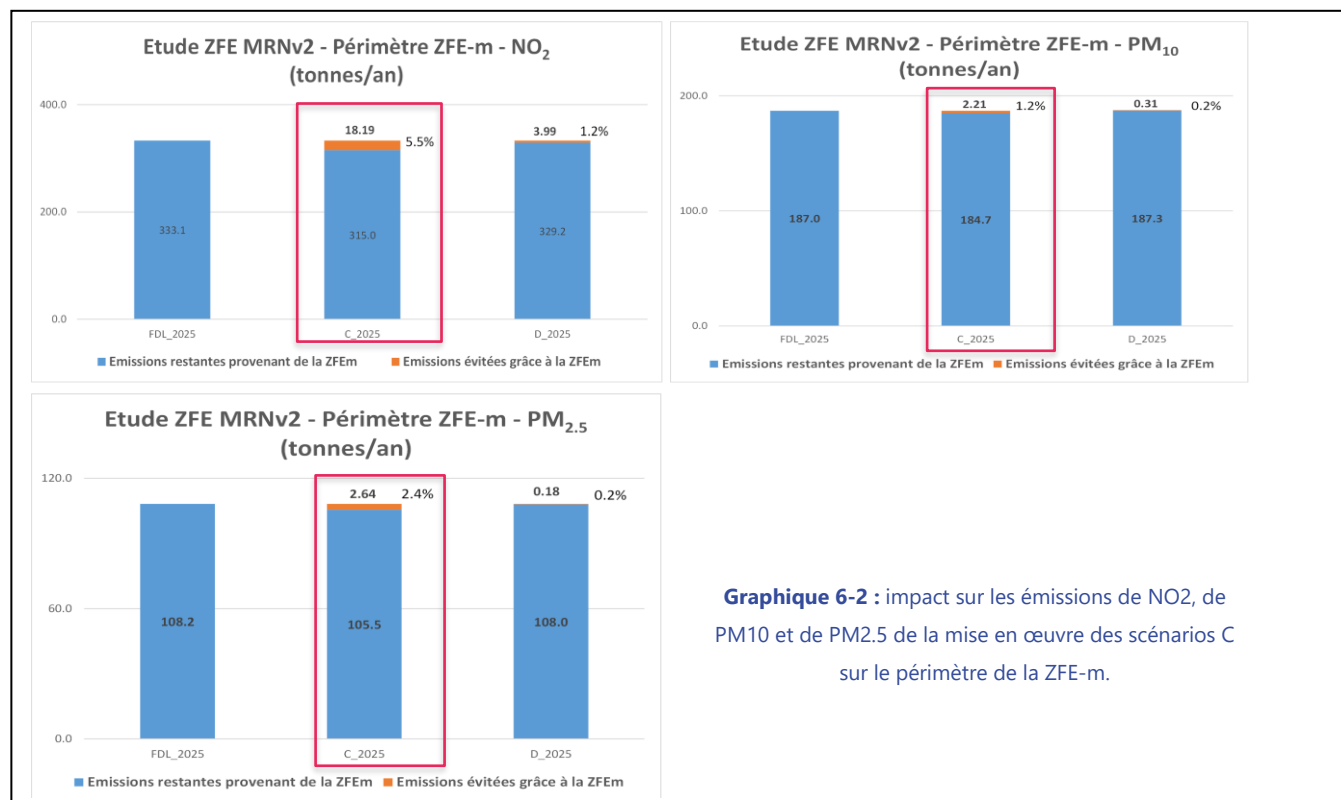
³ « Car labelling » est utilisé dans le cadre des actions mises en œuvre en Europe pour le respect de la directive européenne n°1999/94/CE du 13 décembre 1999. Cette dernière, transposée en droit français par le Décret n° 2002-1508 du 23 décembre 2002 est à l'origine de la mission de l'ADEME consistant à éditer les informations relatives à l'étiquetage énergie/CO₂ des véhicules particuliers neufs mis sur le marché chaque année. <http://carlabelling.ademe.fr>

6.5. Annexe 5 : Atlas cartographique

6.5.1. Résultats du scénario C : renforcement de la ZFE-m actuelle avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4/3 sur le périmètre Rouen (mise en place éventuelle 1/1/2025)

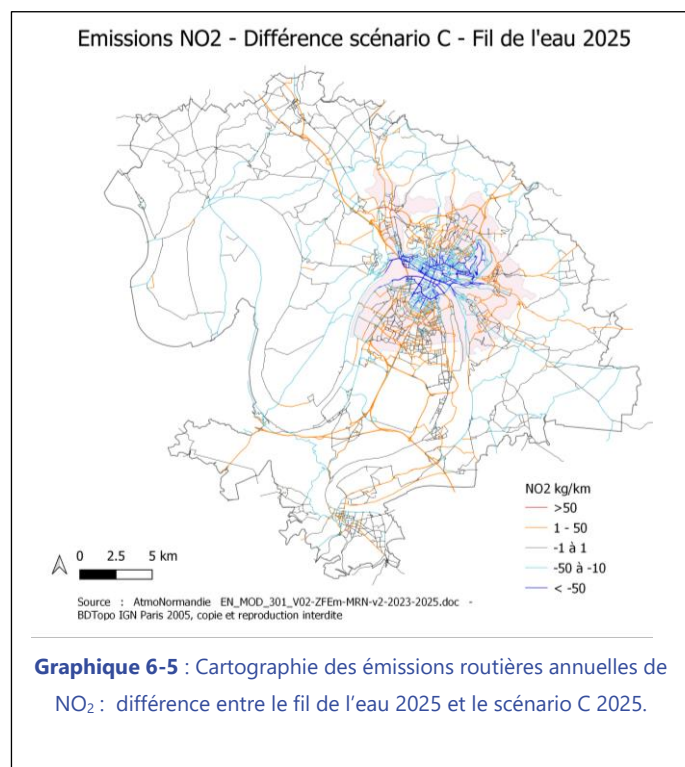
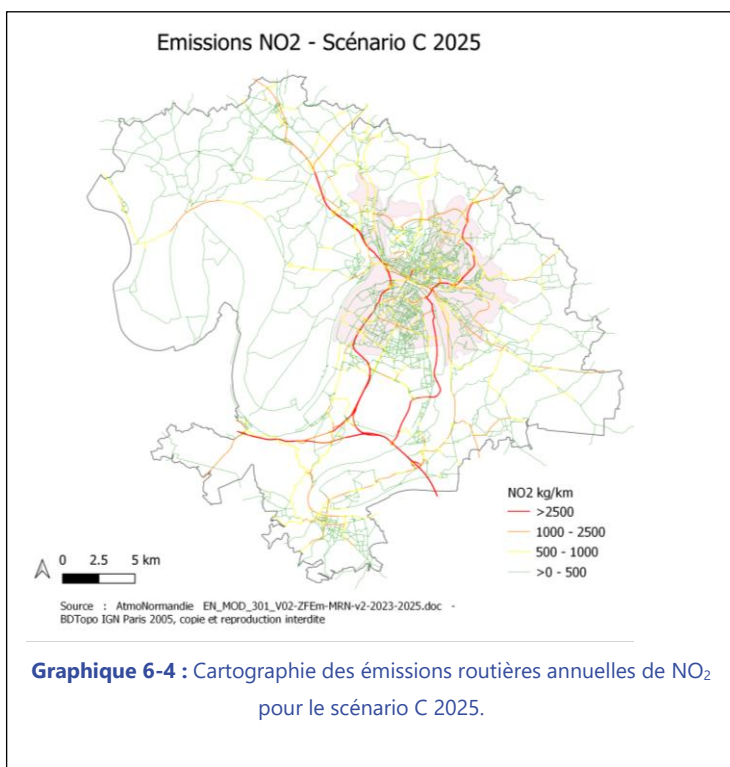
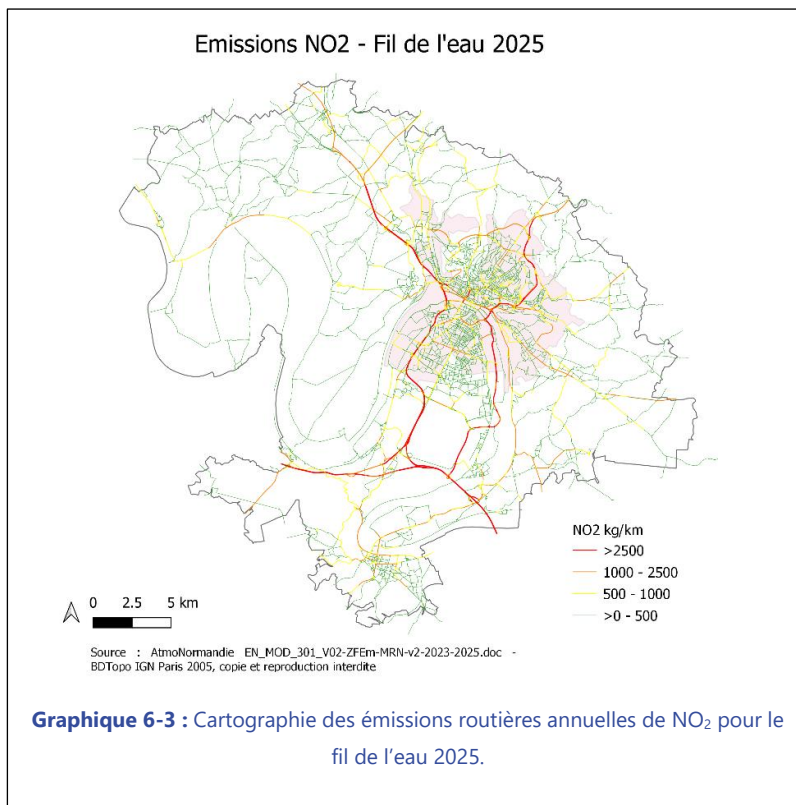


Graphique 6-1 : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre des scénarios C sur le périmètre de l'étude (ZAG).

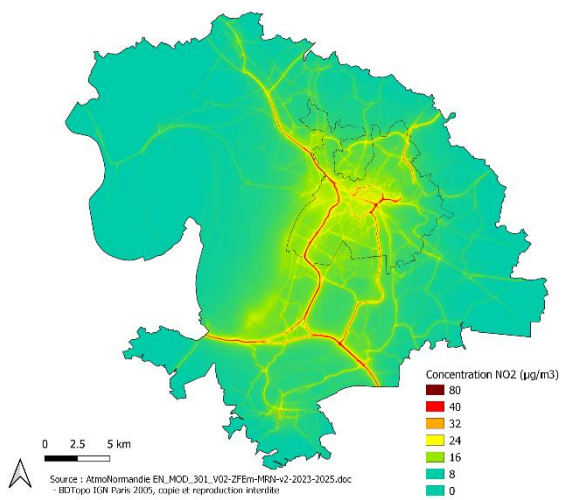


Graphique 6-2 : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre des scénarios C sur le périmètre de la ZFE-m.

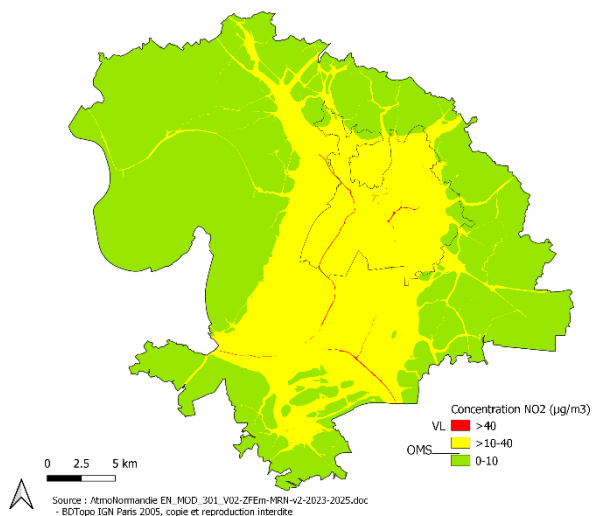
NO₂



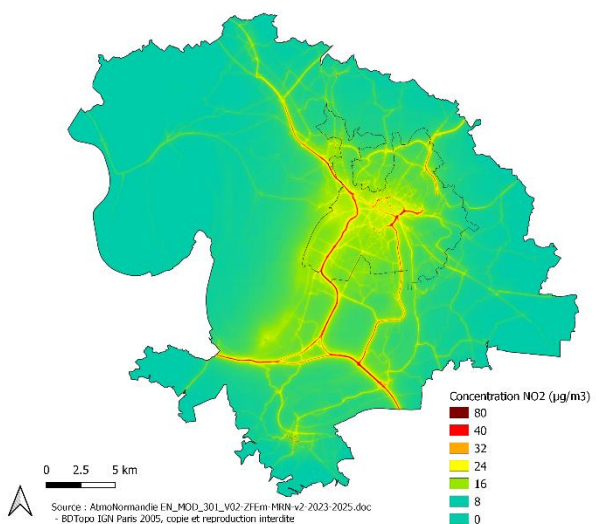
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



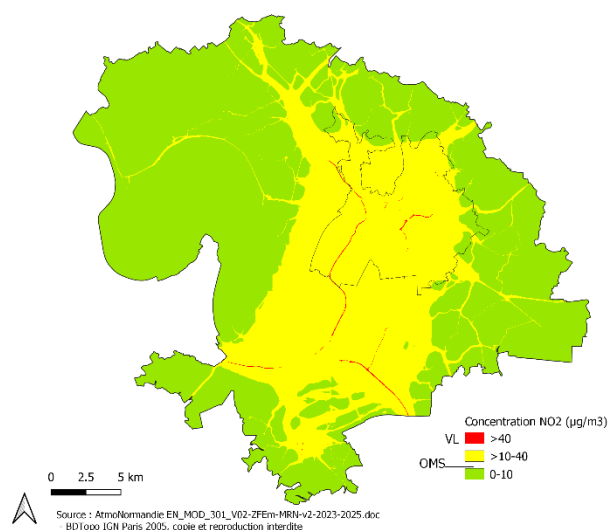
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



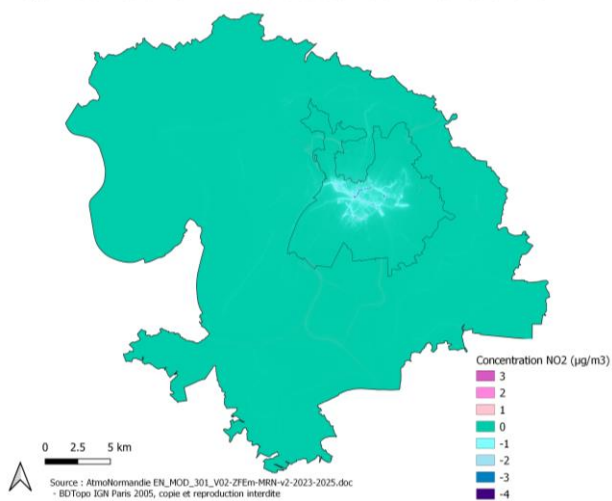
Moyenne annuelle NO2 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle NO2 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle NO2 - Différence scénario C - Fil de l'eau 2025



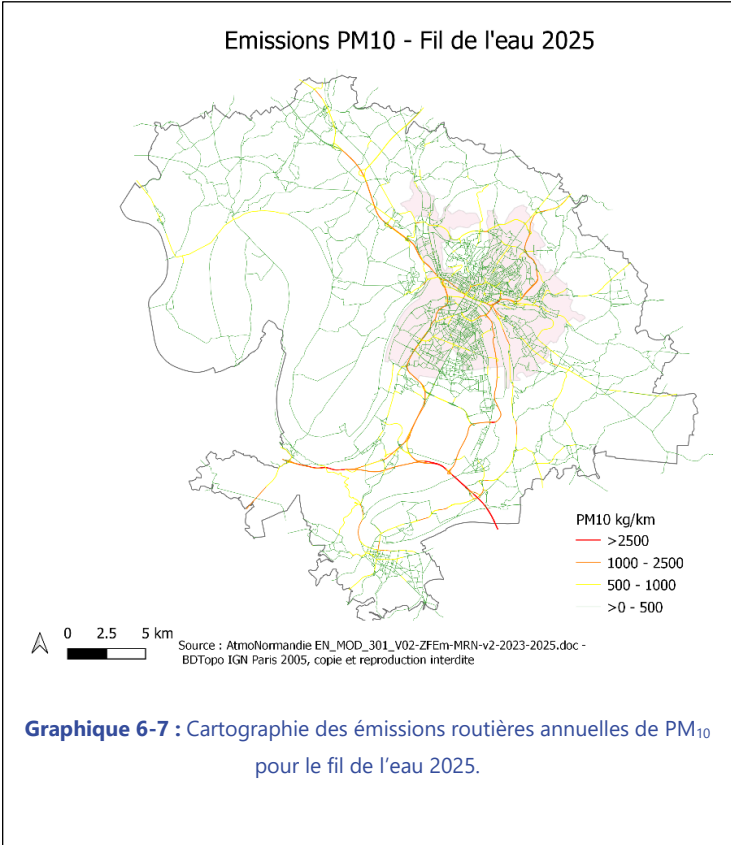
Graphique 6-6 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

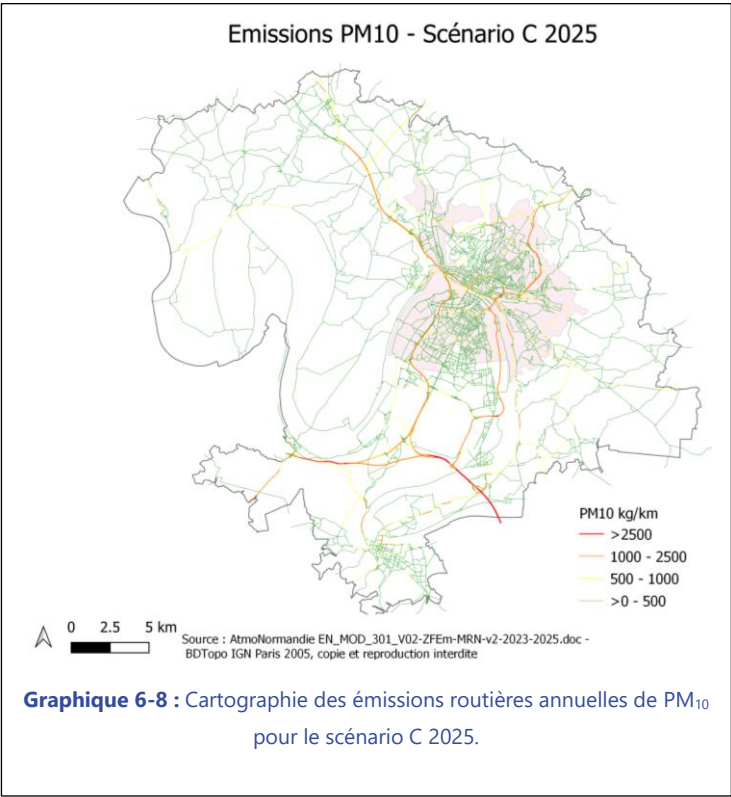
Pour le scénario C 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario C 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

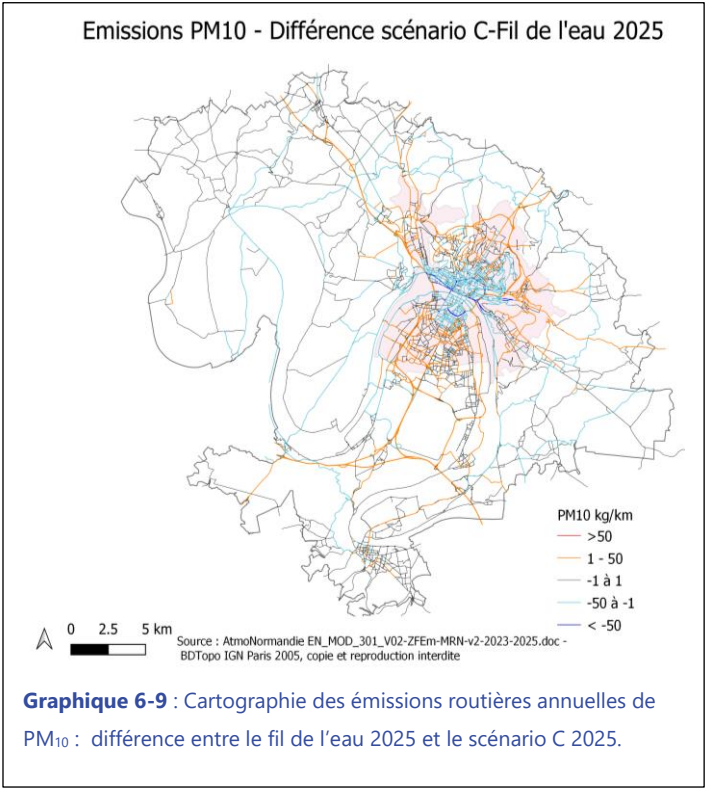
PM₁₀



Graphique 6-7 : Cartographie des émissions routières annuelles de PM₁₀ pour le fil de l'eau 2025.

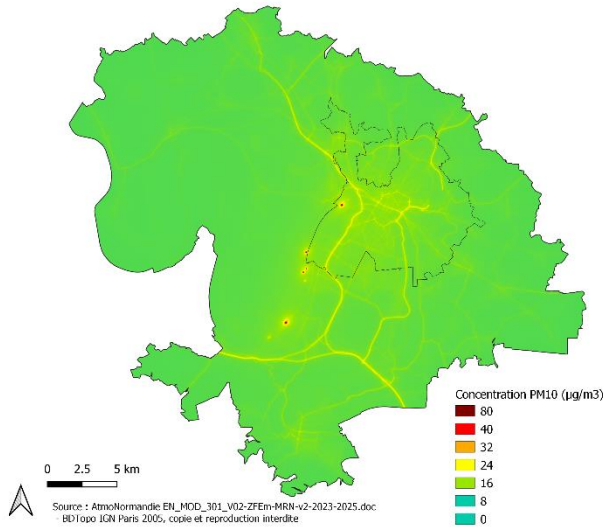


Graphique 6-8 : Cartographie des émissions routières annuelles de PM₁₀ pour le scénario C 2025.

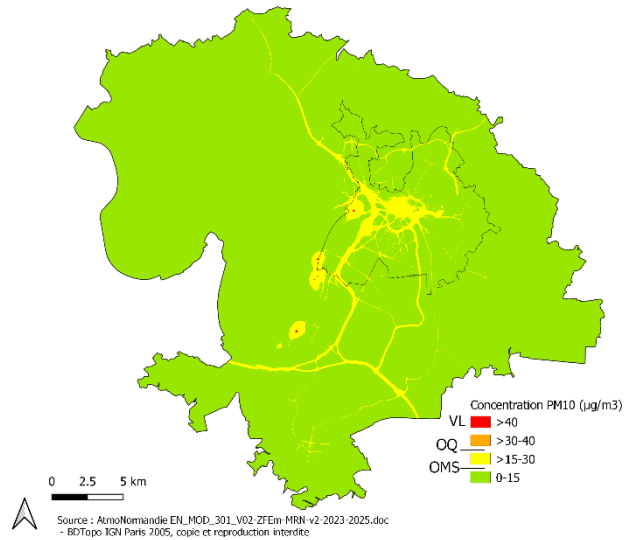


Graphique 6-9 : Cartographie des émissions routières annuelles de PM₁₀ : différence entre le fil de l'eau 2025 et le scénario C 2025.

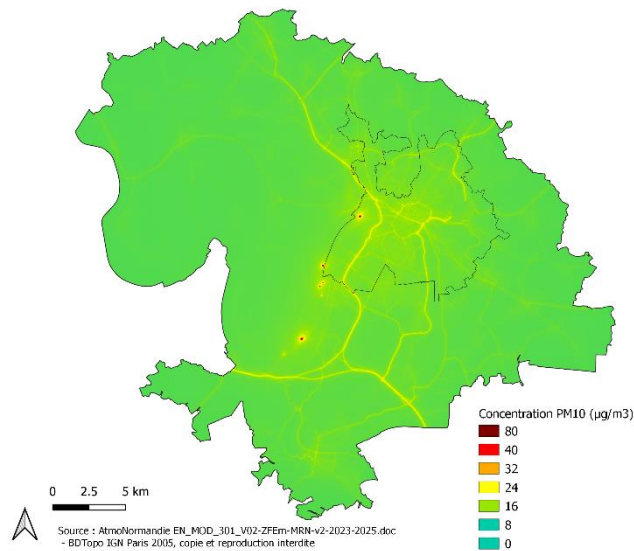
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



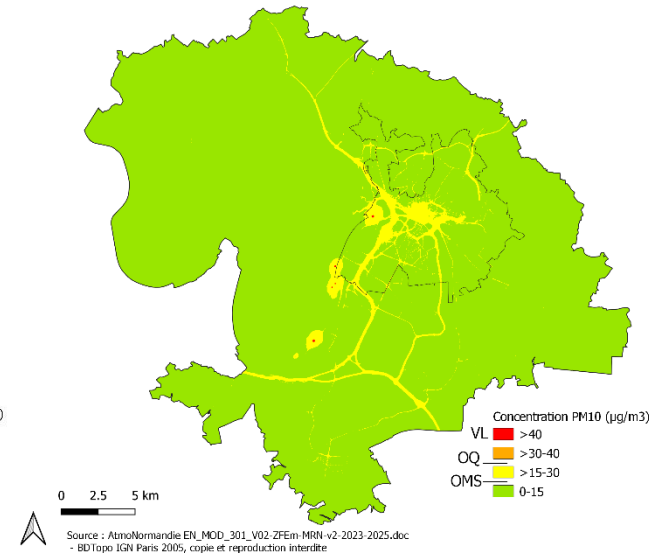
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



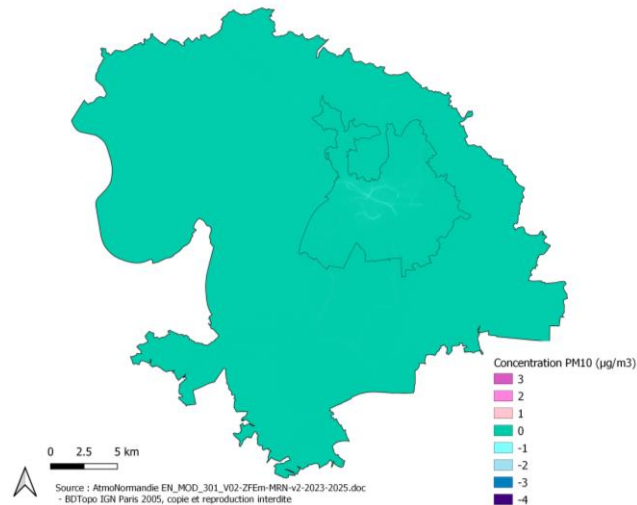
Moyenne annuelle PM10 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle PM10 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle PM10 - Différence scénario C-Fil de l'eau 2025



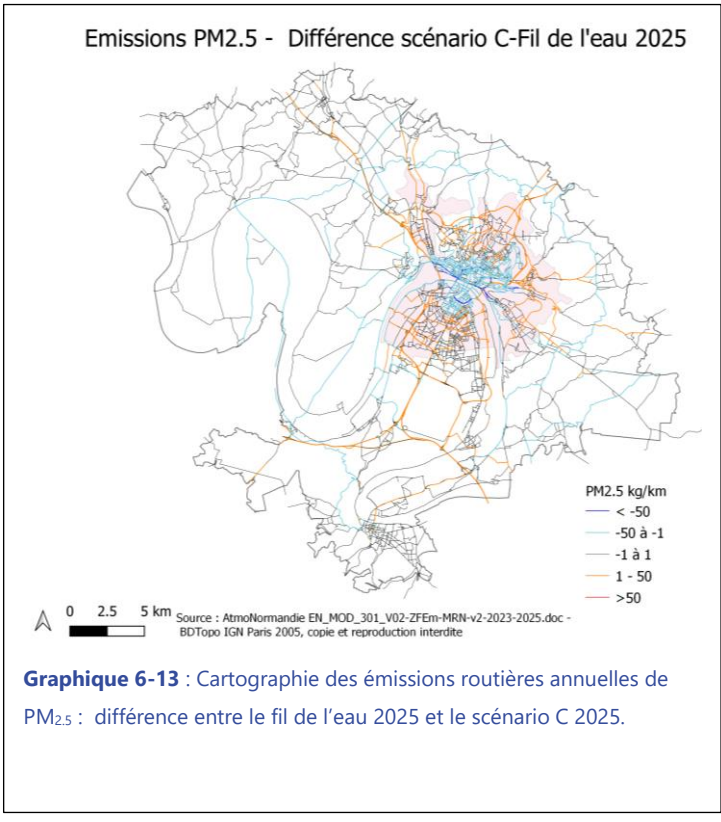
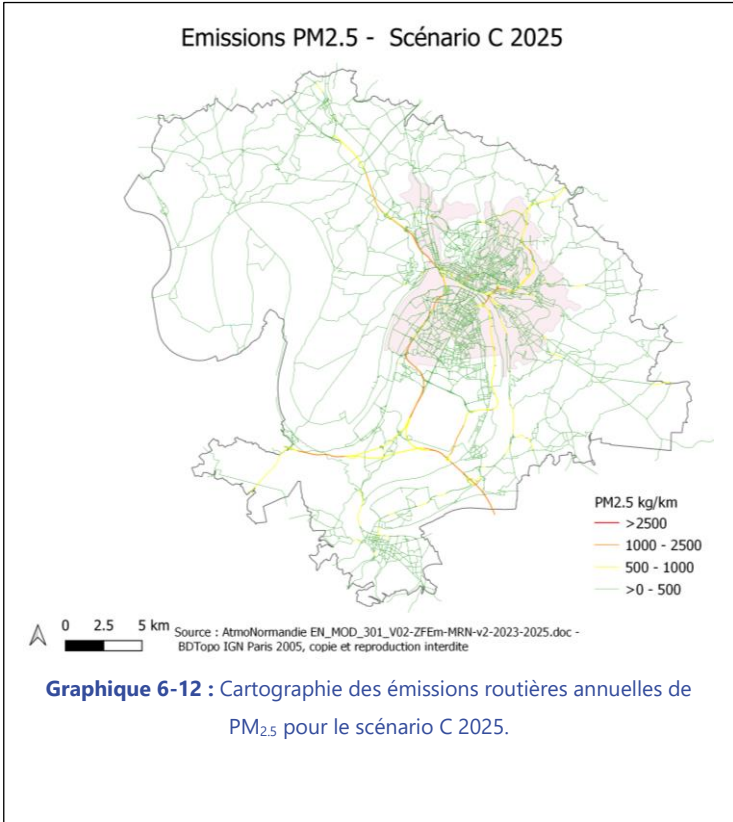
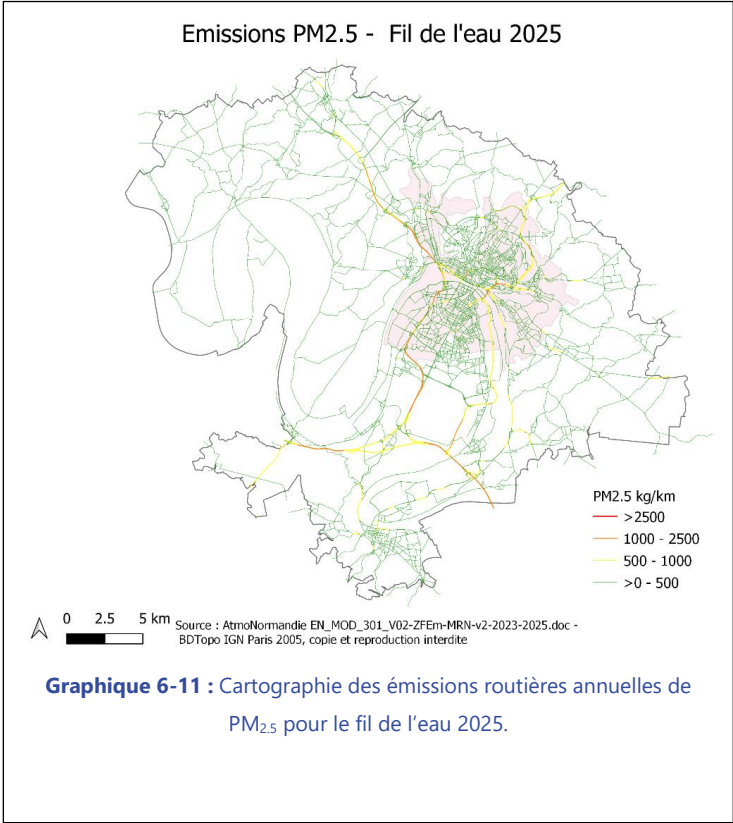
Graphique 6-10 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM₁₀

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

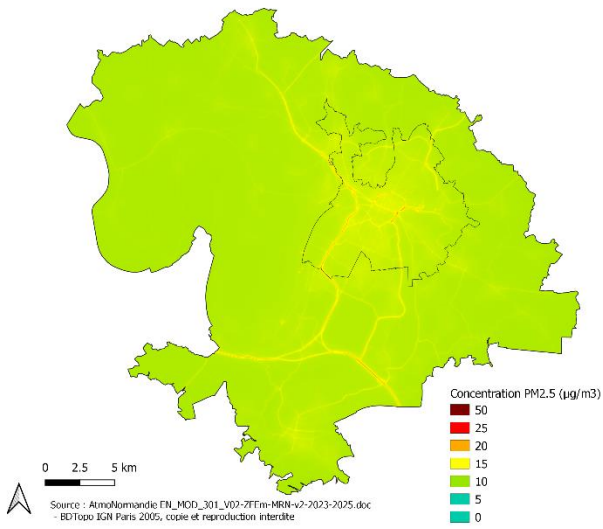
Pour le scénario C 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario C 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

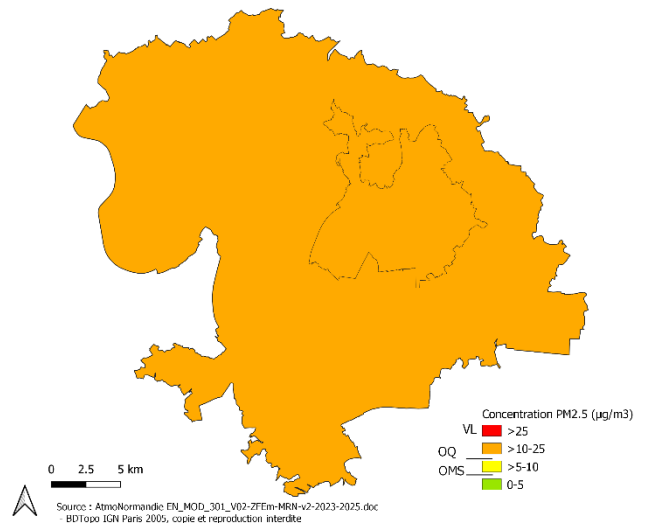
PM_{2.5}



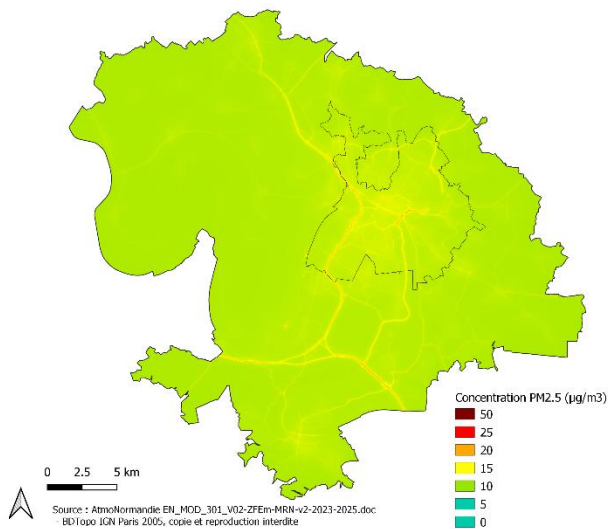
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



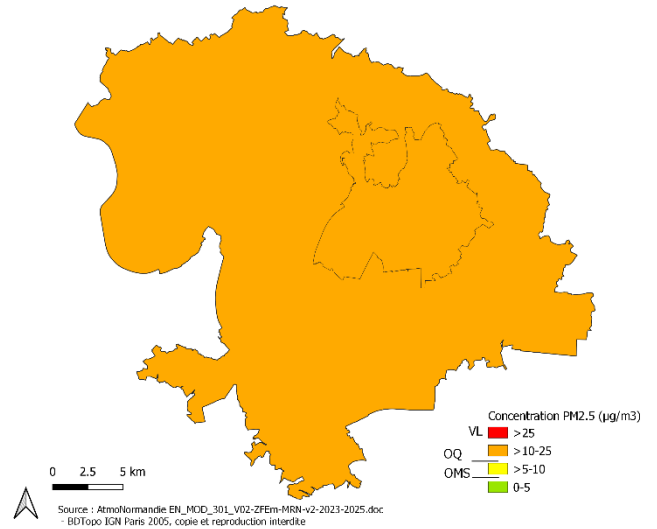
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



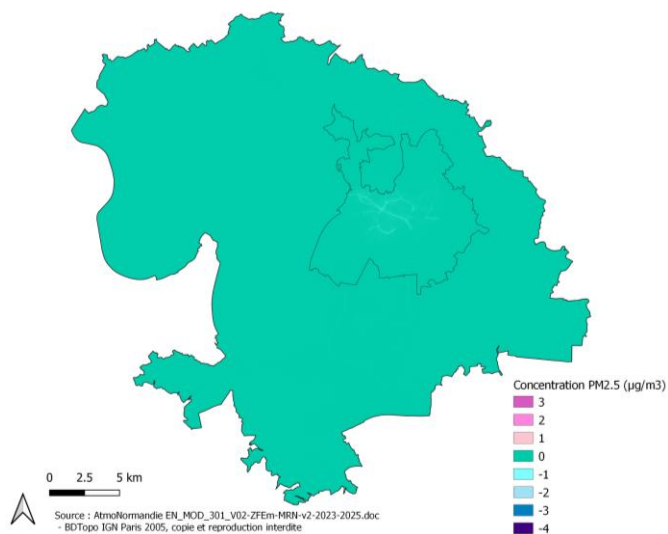
Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario C 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Différence scénario C-Fil de l'eau 2025



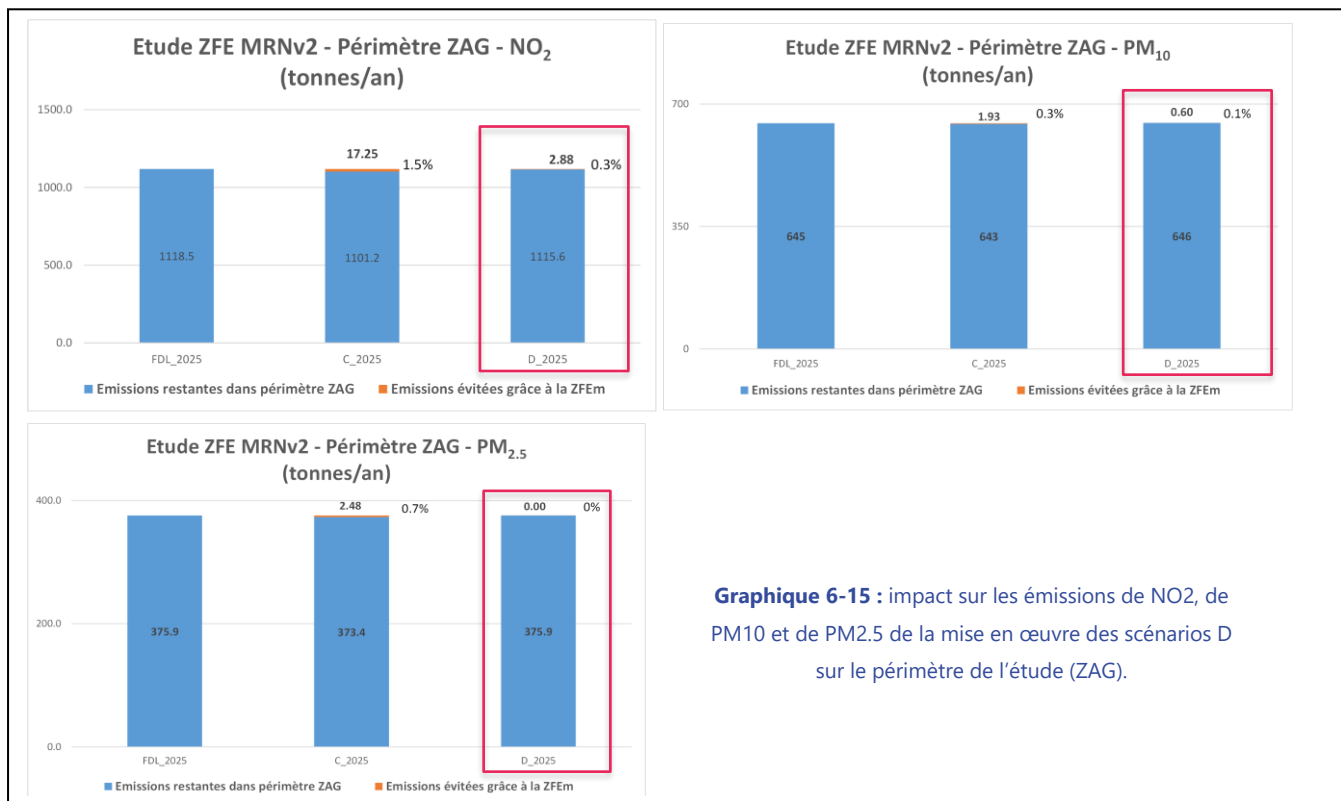
Graphique 6-14 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM_{2.5}

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

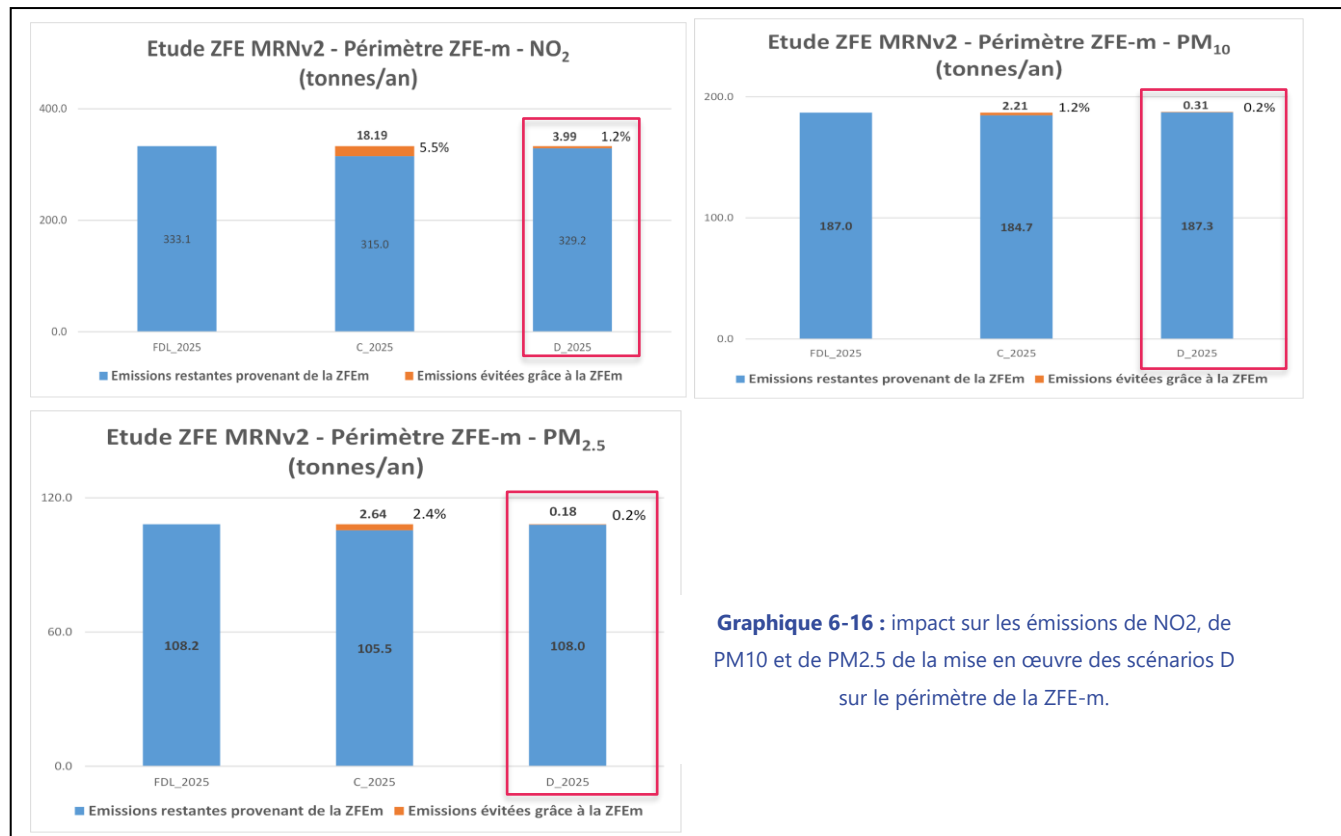
Pour le scénario C 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario C 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

6.5.2 Résultats du scénario D : renforcement de la ZFE-m actuelle avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4/3 sur le périmètre « intra-boulevards de Rouen » (mise en place éventuelle 1/1/2025)

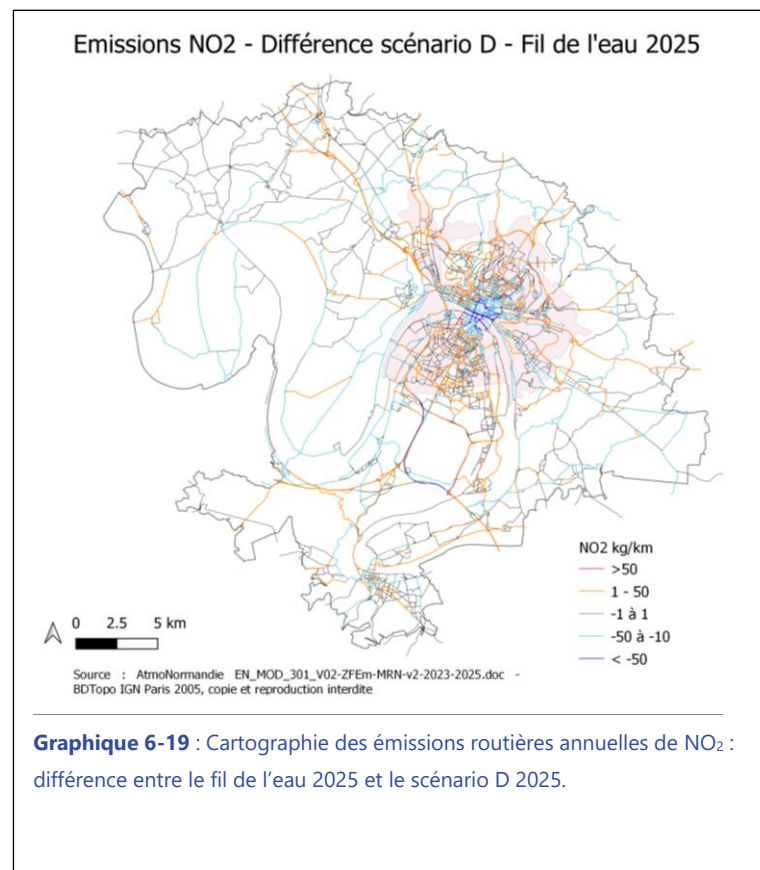
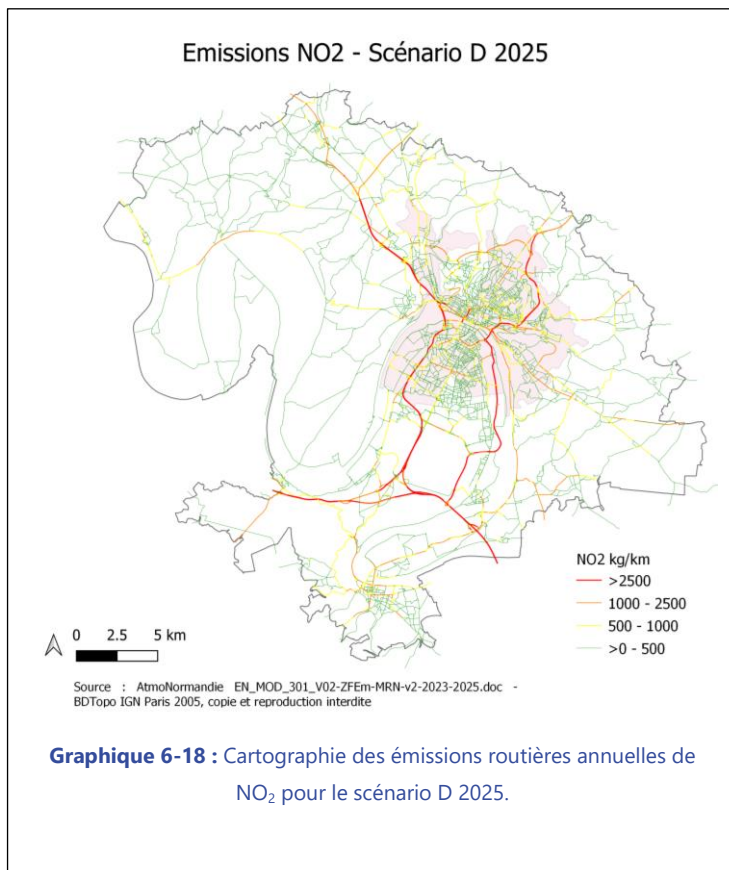
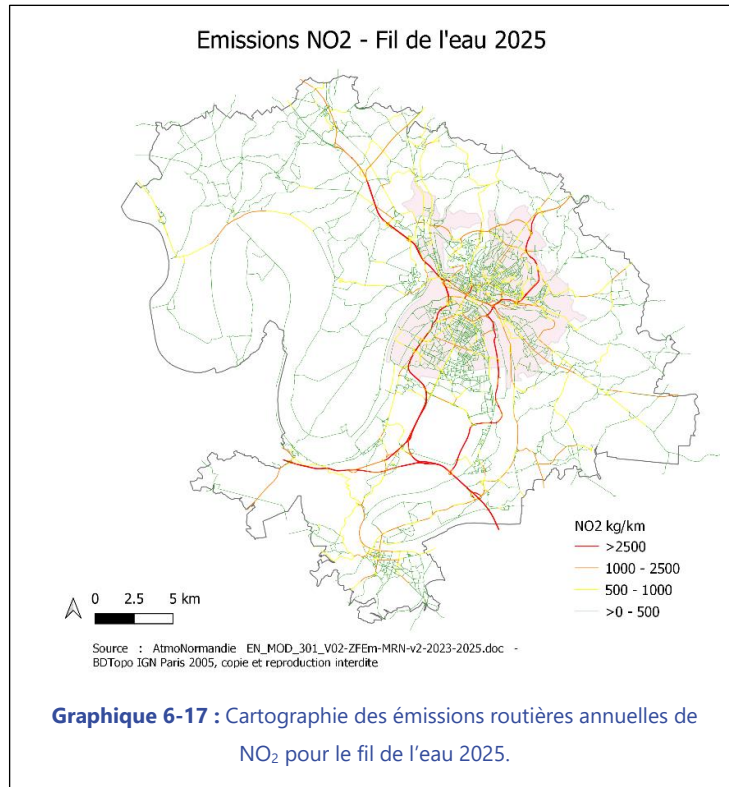


Graphique 6-15 : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre des scénarios D sur le périmètre de l'étude (ZAG).

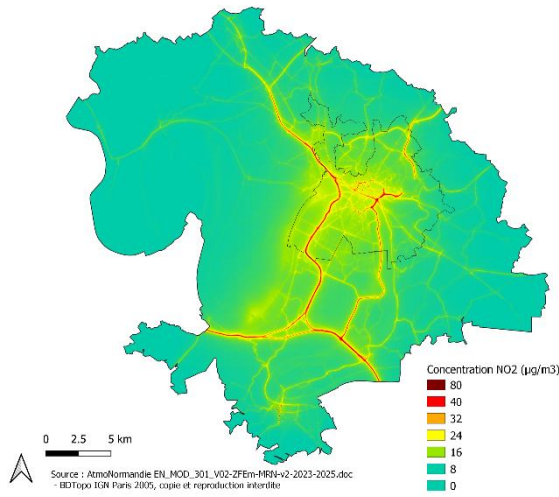


Graphique 6-16 : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre des scénarios D sur le périmètre de la ZFE-m.

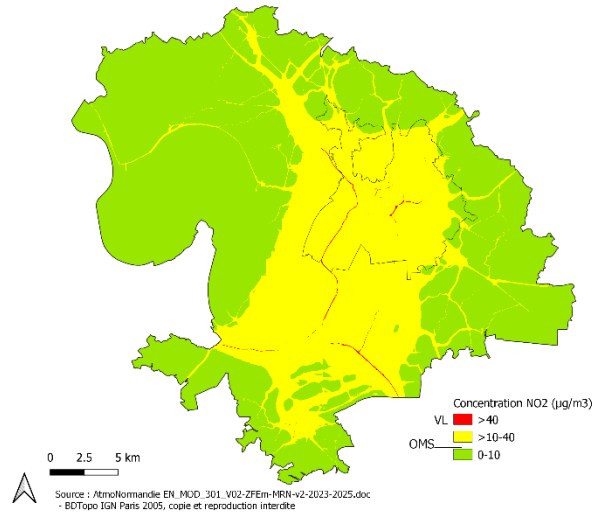
NO₂



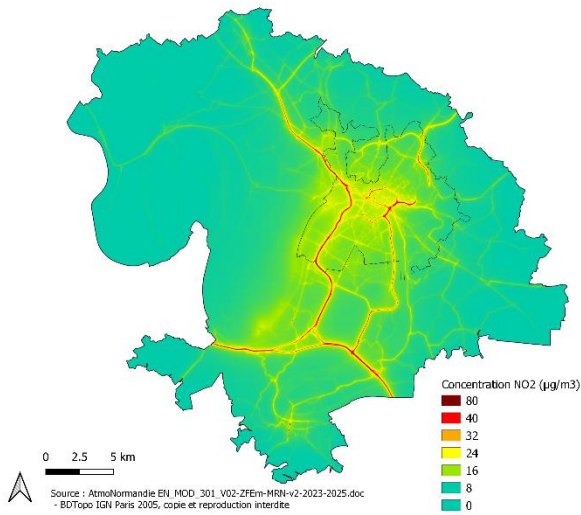
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



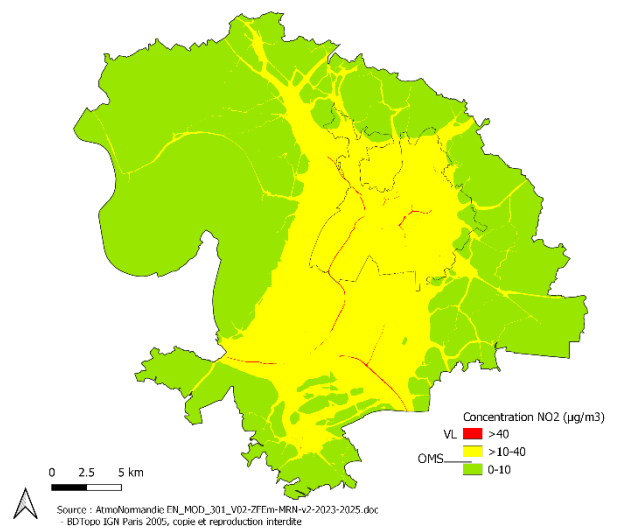
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



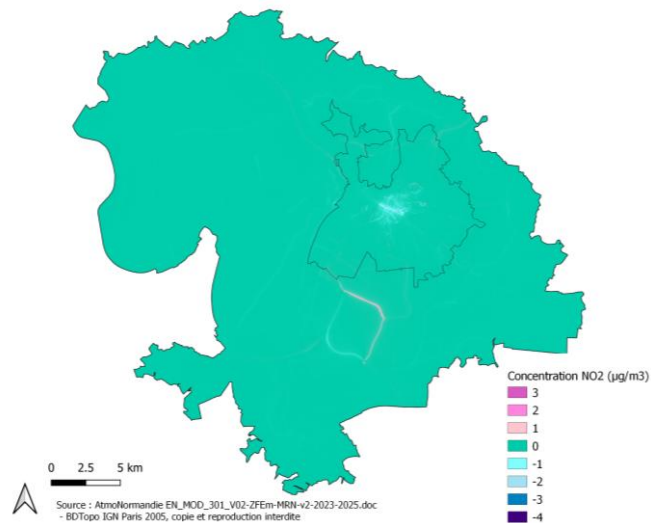
Moyenne annuelle NO2 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle NO2 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle NO2 - Différence scénario D - Fil de l'eau 2025



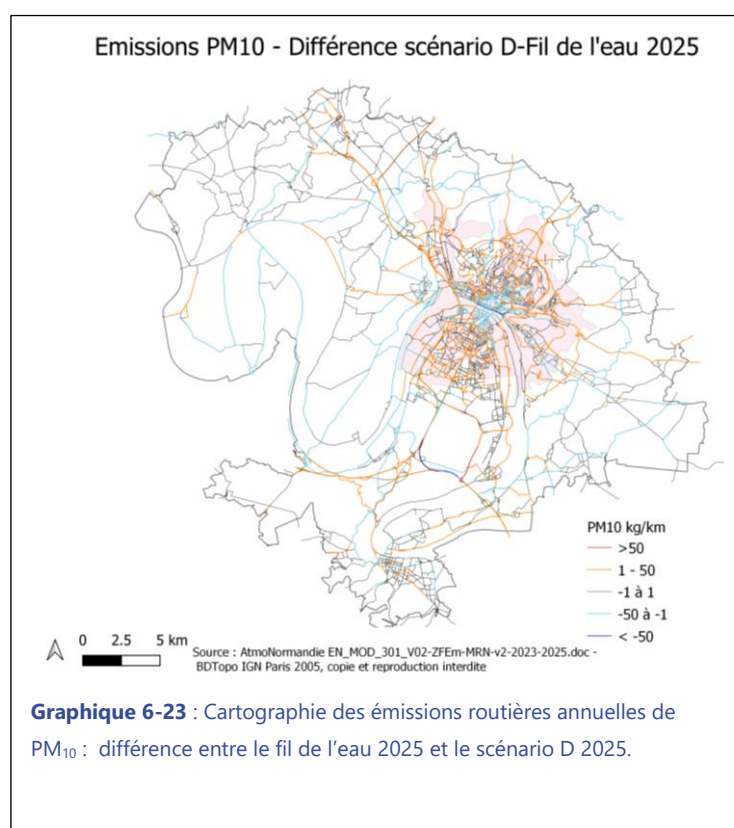
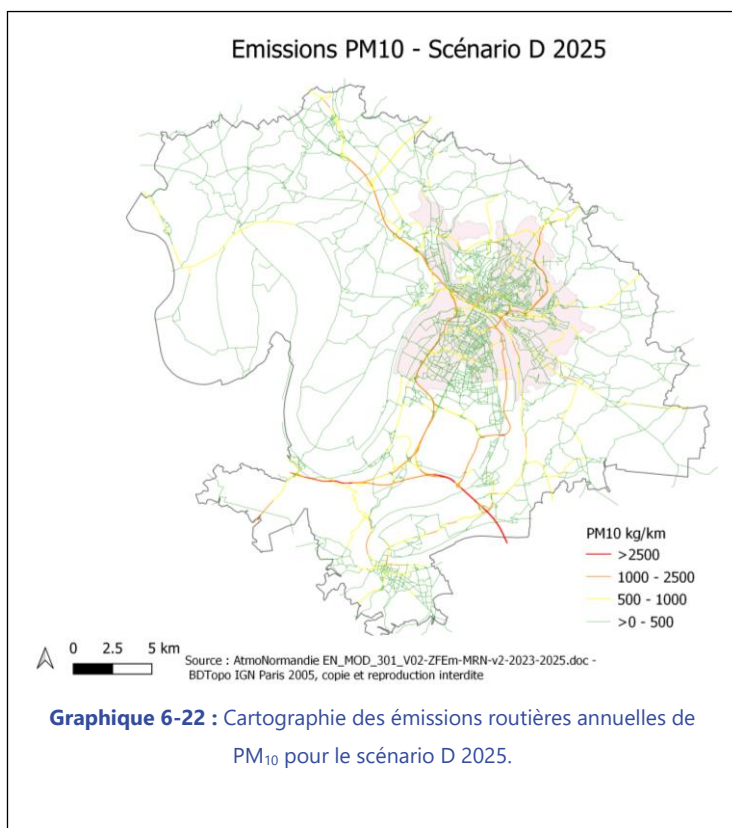
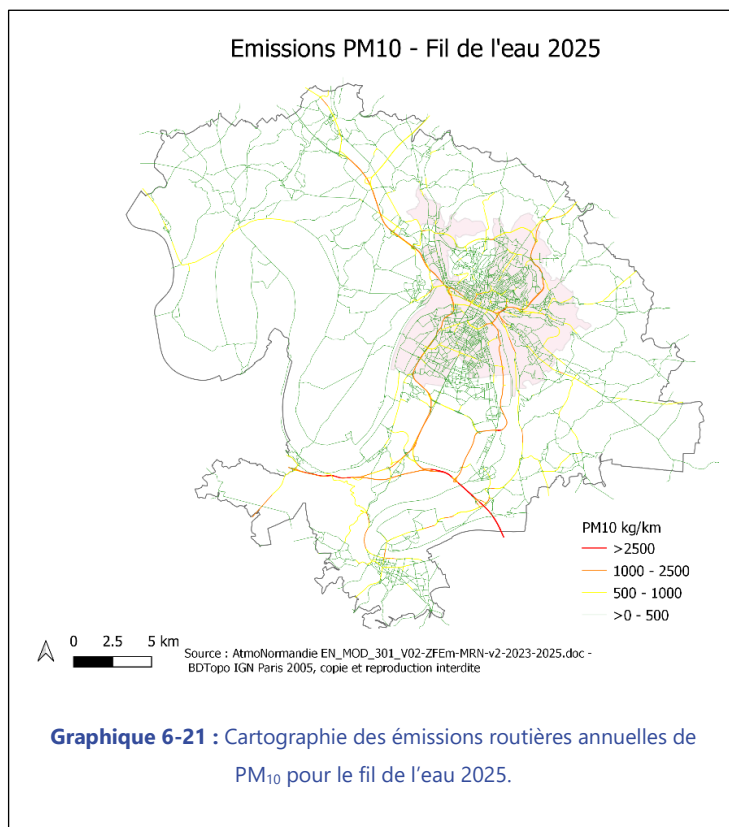
Graphique 6-20 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

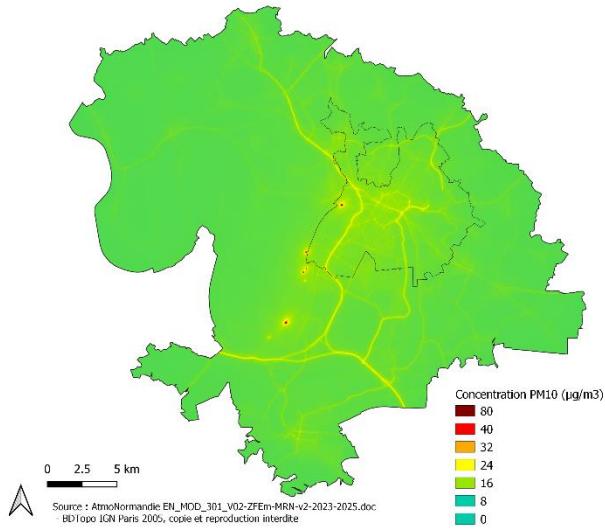
Pour le scénario D 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario D 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

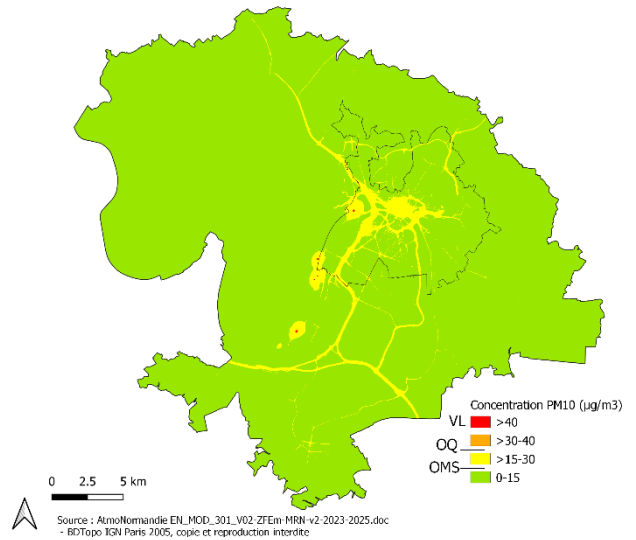
PM₁₀



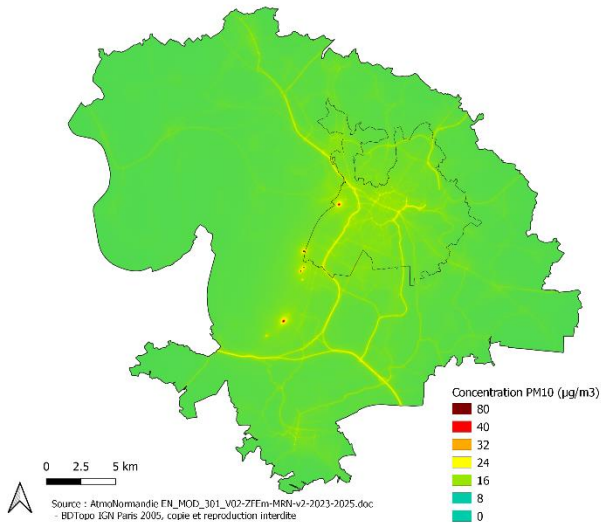
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



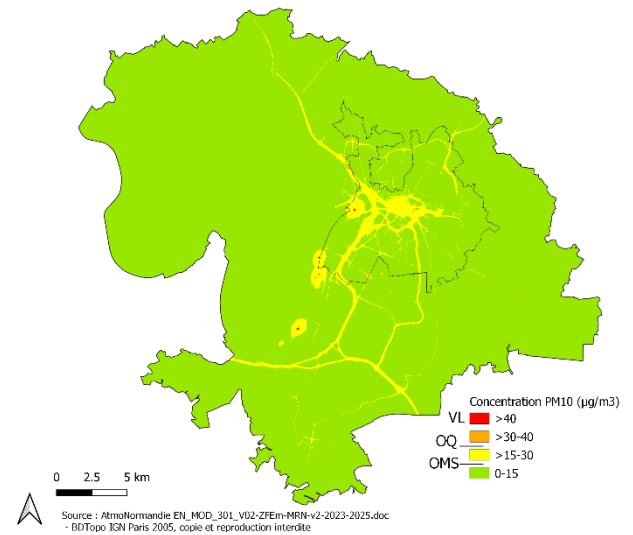
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



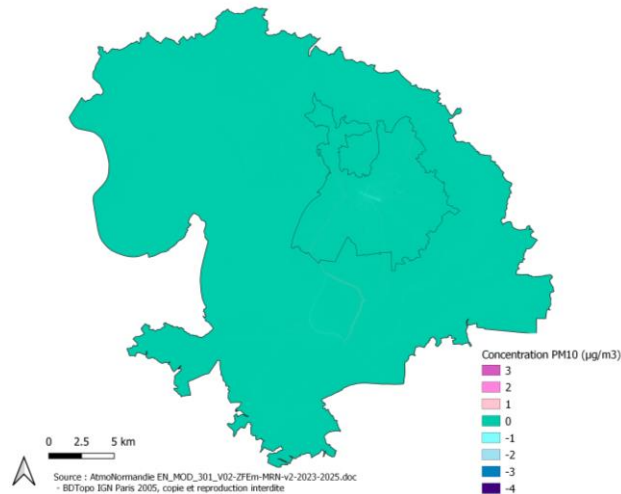
Moyenne annuelle PM10 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle PM10 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle PM10 - Différence scénario D-Fil de l'eau 2025



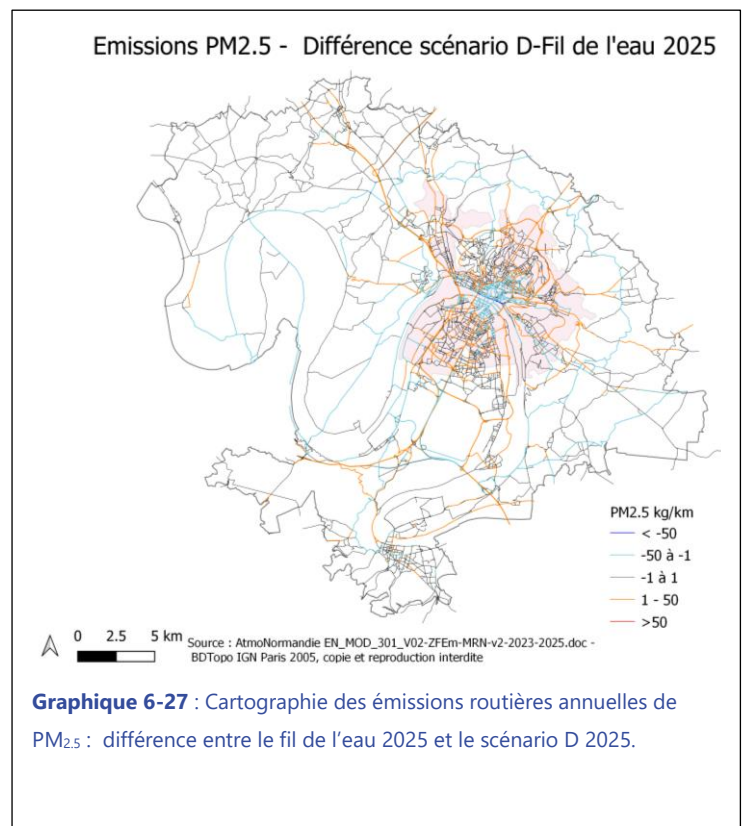
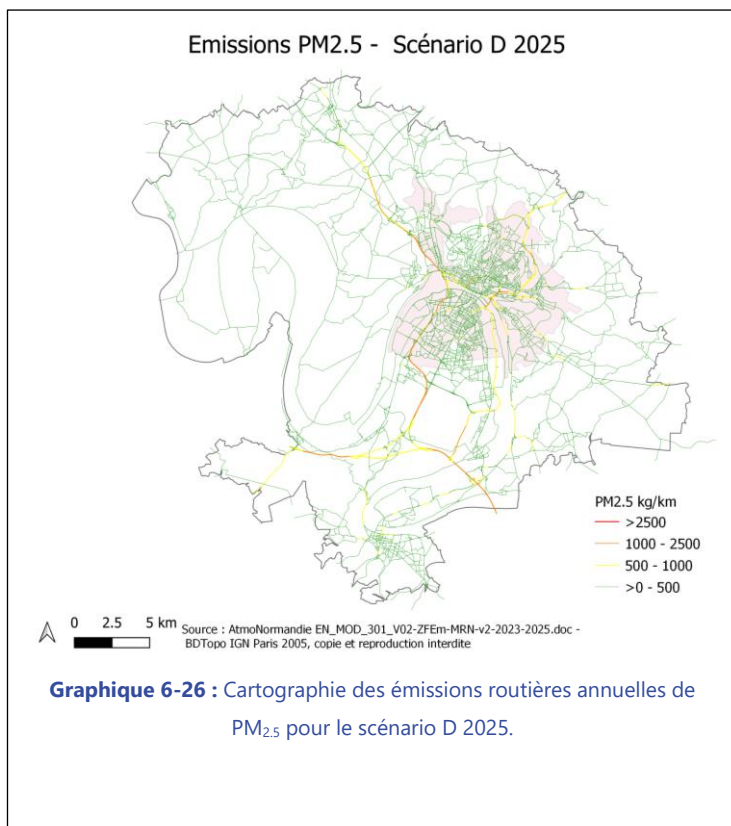
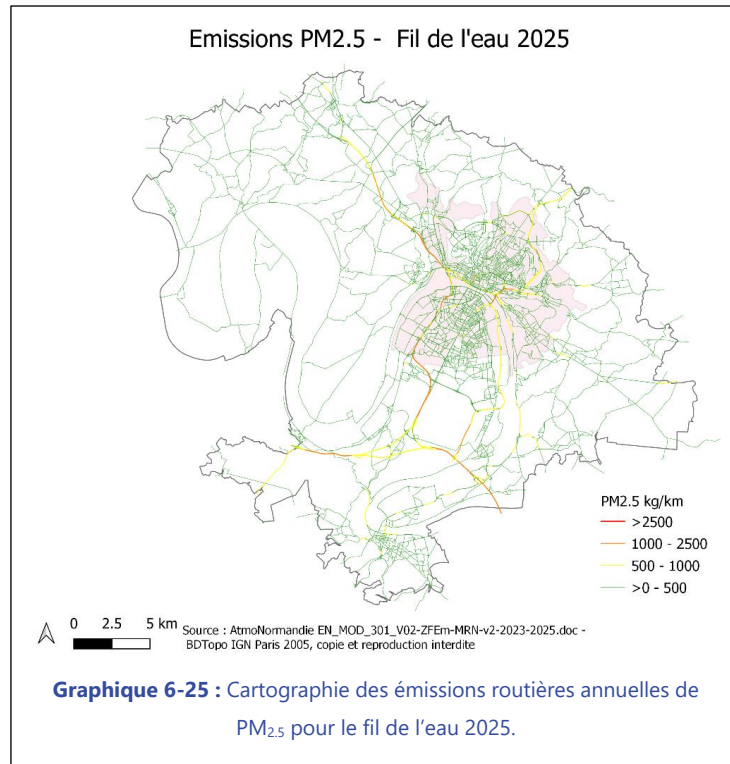
Graphique 6-24 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM₁₀

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

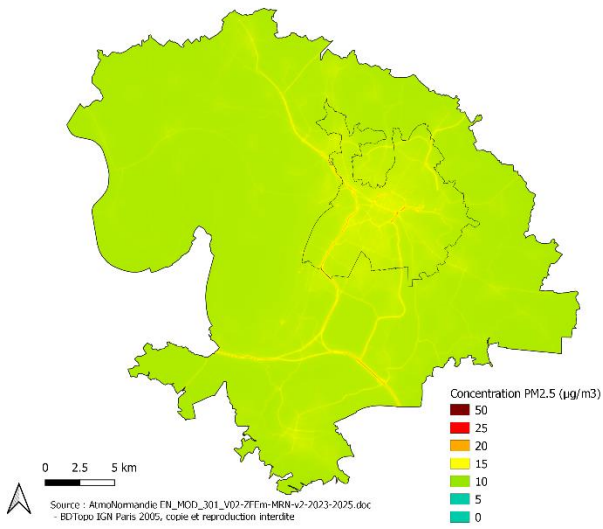
Pour le scénario D 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario D 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

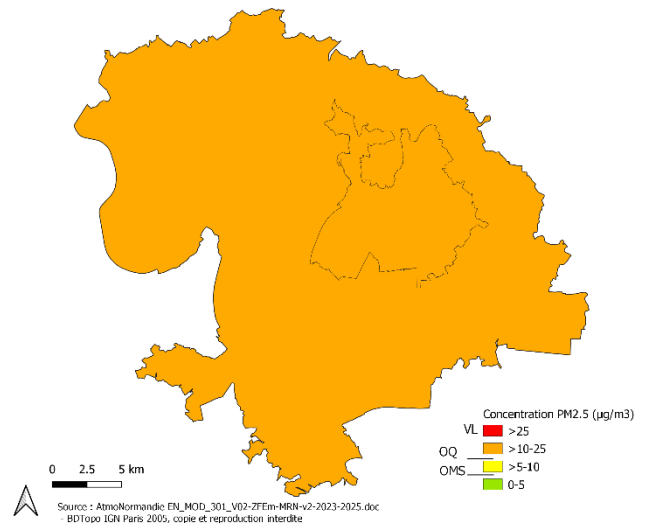
PM_{2.5}



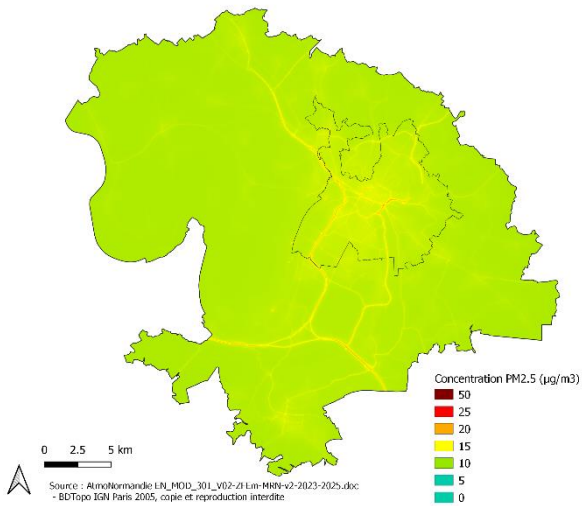
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



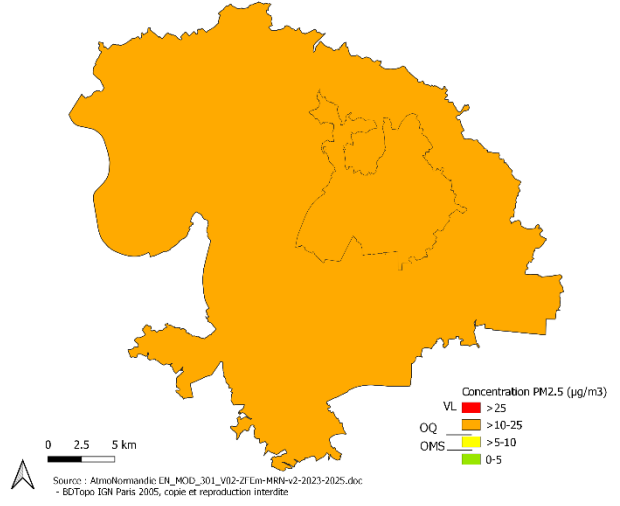
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



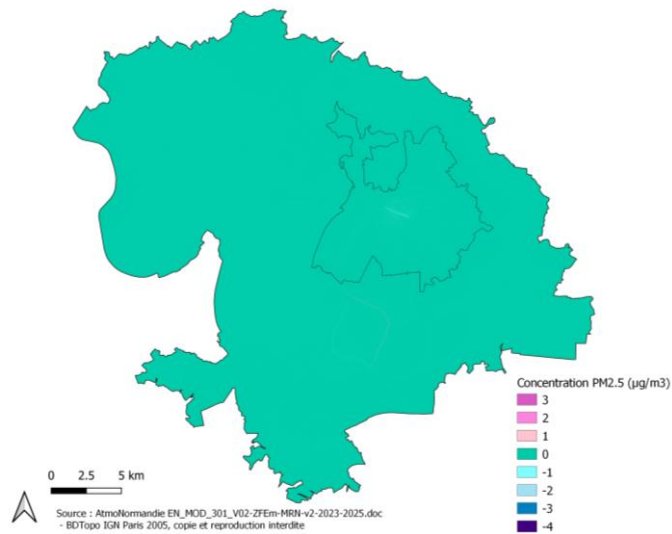
Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario D 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Différence scénario D-Fil de l'eau 2025



Graphique 6-28 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM_{2.5}

Pour le scénario fil de l'eau 2025 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour le scénario D 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OQ/OMS)

Pour la différence entre le scénario D 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

7. Bibliographie

- [1] Evaluation de l'impact sur la qualité de l'air de dispositifs de réduction de la circulation routière sur l'agglomération rouennaise – Volet 1 : Mise en œuvre d'une zone à faibles émissions ZFE-m – Atmo Normandie 2022
- [2] Inventaire des émissions 2018 version 3.2.7 – Format TousSecteurs Simplifié – Atmo Normandie 2020
- [3] Parc CITEPA prospectif : parc_roulant_BDD_1990_2050_correction recue 7avril2023
- [4] Modélisation de trafic ZFE-m - Métropole de Rouen Normandie - Modèle multimodal de trafic V2
- [5] Documentation en ligne de SIRANE – Ecole Centrale de Lyon – Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique - <http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/>
- [6] Manuel - Routier PRISME v1.10_20230228.doc
- [7] Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre) – Ministère de la Transition écologique et solidaire – Version n°2 juin 2018
- [8] LCSQA : Note technique : FOURNITURE DES DONNEES DE POPULATION SPATIALISEES SELON LA METHODOLOGIE NATIONALE (METHODOLOGIE MAJIC) - (L. Létinois, LCSQA-INERIS, février 2015)

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmonormandie.fr

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr

