

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

Etude de la mise en œuvre d'une zone à faibles émissions ZFE-m

Référence : 1900-007

Diffusion : Décembre 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° 1900-007

Le 29/11/2024

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 de la mise en place de restrictions de circulation routière, au 1^{er} janvier 2025, sur la qualité de l'air de la Métropole du Havre Seine Normandie (LHSM), pour le dioxyde d'azote (NO₂), les particules inférieures à 10 µm (PM₁₀) et les particules inférieures à 2.5 µm (PM_{2.5}). Elle cherche à quantifier la population exposée aux dépassements de valeurs réglementaires actuelles et futures (2030) ainsi qu'aux recommandations sanitaires de l'OMS pour les trois polluants étudiés. La mise en œuvre d'une ZFE-m fait partie des outils réglementaires visant à la diminution des zones géographiques exposées aux fortes concentrations de polluants, en particuliers sur et à proximité des axes routiers.

L'évaluation des impacts sur la qualité de l'air de la mise en œuvre d'une ZFE-m sur la Métropole du Havre Seine Normandie se base sur la comparaison d'un scénario « fil de l'eau 2025 », c'est-à-dire sans mise en place de la ZFE-m en 2025, et d'un scénario proposant une interdiction de tous les véhicules de classes Crit'Air NC et 5 sur le périmètre P3 Rocade, puis le renforcement de cette ZFE-m en 2030 selon deux scénarios : l'un interdisant jusqu'à la Crit'Air 4 comprise (scénario P3 CA4 2030) et l'autre jusqu'à la Crit'Air 3 comprise (scénario P3 CA3 2030).

Pour les seuils correspondant aux valeurs limites européennes :

Il n'y a pas de dépassement démontré des valeurs limites européennes actuelles, quel que soit le polluant et le scénario. La mise en place de la ZFE-m n'a donc pas d'impact sur ces seuils.

Pour les seuils correspondant aux futures valeurs limites européennes applicables en 2030 :

Concernant le NO₂, en 2025 et sans ZFE-m, environ 7% de la population de la métropole serait exposée au-delà de la future valeur limite. Le renforcement de la ZFE-m en 2030 permettrait de réduire ce pourcentage de population exposée de 7% à 3.5% si on interdit les classes Crit'Air 4, et de 7% à 3.3% en interdisant les classes Crit'Air 3.

Pour les PM₁₀, les populations en dépassement restent extrêmement faibles (26 habitants), et aucun des scénarios ne permet de baisser ce nombre d'habitant exposé.

Concernant les PM_{2.5}, en 2030, un tiers de la population de la métropole serait concernée par le dépassement de la future valeur limite ; le scénario P3 CA3 2030 réduit de 17.6% la population exposée, passant de 33% de la population de la métropole (88 061 habitants) à 27% de la population de la métropole (72 590 habitants).

Pour les recommandations OMS :

Concernant le NO₂, la quasi-totalité de la population de la ZFE-m (~97%) et environ 80% de la population de la métropole sont exposées au-delà de cette recommandation de l'OMS. Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif, cette population en dépassement.

Pour les PM₁₀, les populations en dépassement restent faibles. Le scénario P3 CA3 2030 permet néanmoins de baisser de 10.9% la population exposée à ce seuil.

Concernant les PM_{2.5}, toute la population de la métropole est exposée au-delà de la recommandation OMS (5 µg/m³ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié. La ZFE-m n'a donc aucun impact sur ces seuils.

Sommaire

Sigles, symboles et abréviations	1
1. Introduction.....	2
2. Présentation de l'étude, méthodologie et limites	3
2.1 Contexte	3
2.2 Définitions utiles pour la compréhension de l'étude	7
2.3 Approche méthodologique choisie.....	8
2.4 Les principales hypothèses et limites de l'étude.....	13
3. Effet de l'évolution naturelle du parc automobile entre 2025 et 2030.....	15
3.1 L'évolution des émissions de polluants du trafic routier.....	15
3.2 L'évolution des concentrations des trois polluants étudiés	16
3.3 Bilan sur les expositions du scénario « Fil de l'eau ».....	23
4. Résultats pour les scénarios P3 CA5 2025, P3 CA4 2030 et P3 CA3 2030.....	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.....	30
5. Conclusions.....	34
6. Annexes.....	35
6.1 Annexe 1 : Présentation du modèle SIRANE	35
6.2 Annexe 2 : Paramètres du modèle de trafic.....	37
6.3 Annexe 3 : Présentation de l'outil PRISME Routier v1.11	38
6.4 Annexe 4 : Atlas cartographique	39
6.4.1 Résultats du scénario P3 CA5 2025 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5 sur le périmètre P3 rocade (mise en place éventuelle 1/1/2025)	39
6.4.2 Résultats du scénario P3 CA4 2030 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4 sur le périmètre P3 rocade (mise en place éventuelle 1/1/2030)	46
6.4.3 Résultats du scénario P3 CA3 2030 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4/3 sur le périmètre P3 rocade	54
6.4.4 Comparaison des résultats entre les scénarios P3 CA3 2030 et P3 CA4 2030.....	62
7. Bibliographie	66

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
LHSM : Le Havre Seine Métropole
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), 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.

Dans le cadre de la loi Climat et résilience de 2021 (Article 119 modifiant L2213-4-1 du CGCT), en tant qu'agglomération de plus de 150 000 habitants, mais ne dépassant pas de manière régulière les seuils, Le Havre Seine Métropole a donc l'obligation de mettre en place une ZFE-m avec des restrictions de véhicules Crit'air, à partir du 1er janvier 2025.

Dans ce contexte, LHSM a sollicité Atmo Normandie pour l'accompagner sur l'évaluation de l'impact de la mise en place d'une ZFE-m sur la qualité de l'air.

L'objectif de cette étude est d'évaluer, pour différents scénarios, l'impact de la mise en place de la zone à faible émission mobilité dans LHSM (et de son éventuel renforcement en 2030) 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.

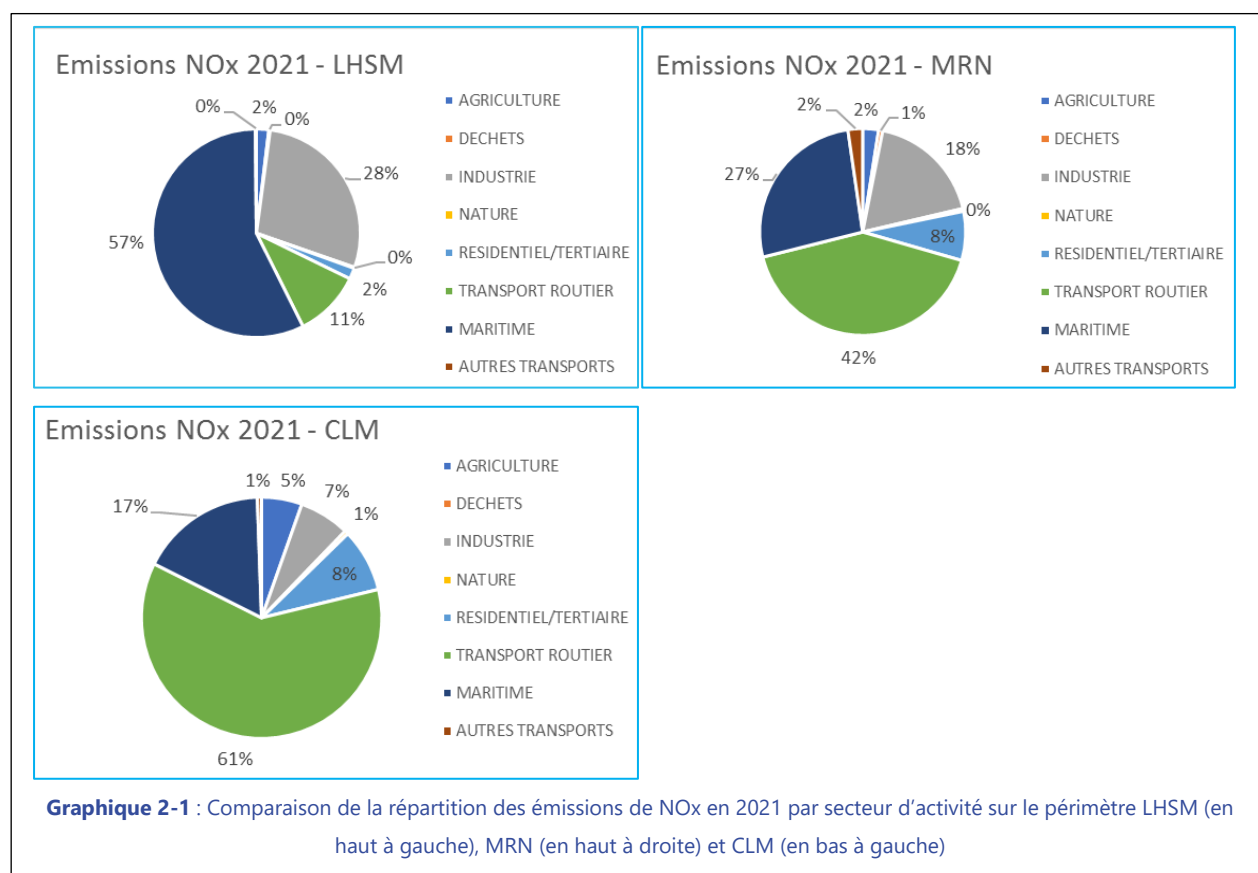
Le présent document est destiné en premier lieu à Le Havre Seine Métropole et aux services de l'Etat en charge du sujet « mobilité ». Il est ensuite rendu disponible sur le site www.atmonormandie.fr pour tout public intéressé.

2. Présentation de l'étude, méthodologie et limites

2.1 Contexte

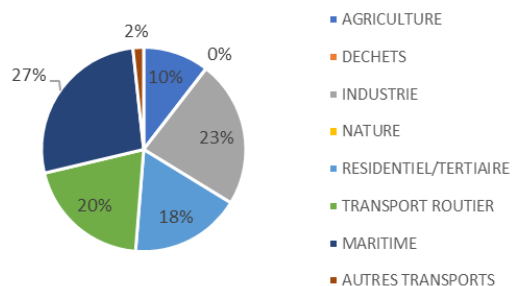
Les Zones à Faibles Emissions sont des territoires dans lesquels est instaurée une interdiction des véhicules qui ne répondent pas à certaines normes d'émissions de polluants. Cette sélection repose sur le système des vignettes Crit'air. Ces vignettes, mises en place par l'Etat français, permettent de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

Le graphique 2-1 montre la répartition des émissions de polluants NOx¹, en fonction des secteurs d'activité sur les agglomérations du Havre LHSM, de la MRN et de Caen la mer, données issues de l'inventaire des émissions de polluant d'Atmo Normandie [1]. Les émissions du secteur routier sur l'agglomération du Havre montrent une spécificité avec seulement 11% des émissions d'oxyde d'azote contre 42% et 61% sur la MRN et Caen la Mer respectivement. Cette faible proportion se retrouve aussi pour les émissions de PM₁₀ (graphique 2-2) et de PM_{2,5} (graphique 2-3) avec, pour les PM₁₀, 20%, 23% et 30% pour LHSM, la MRN et Caen la Mer respectivement et, pour les PM_{2,5}, 18%, 29% et 32% pour LHSM, la MRN et Caen la Mer respectivement. La proportion moindre des émissions du secteur routier s'explique aisément par l'importance des activités industrielles et maritimes sur le territoire de LHSM.

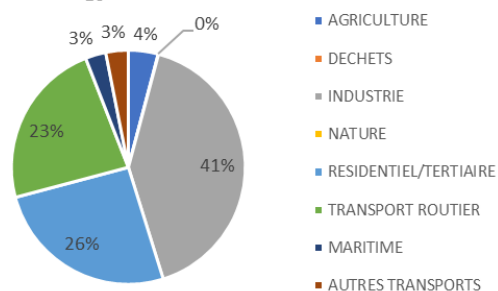


¹ NOx : représente les oxydes d'azote, somme du dioxyde et du monoxyde d'azote. Pour le calcul des émissions sur tous les secteurs d'activités, il est impossible de différencier le monoxyde du dioxyde d'azote. Cependant, dans l'air, le monoxyde d'azote se transforme rapidement en dioxyde d'azote par oxydation.

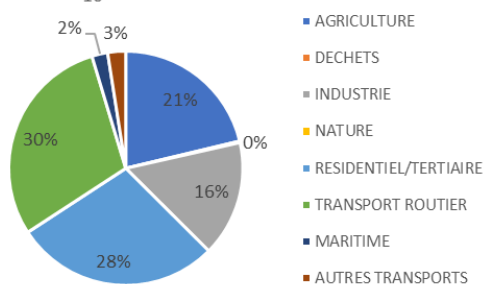
Emissions PM₁₀ 2021 - LHSM



Emissions PM₁₀ 2021 - MRN

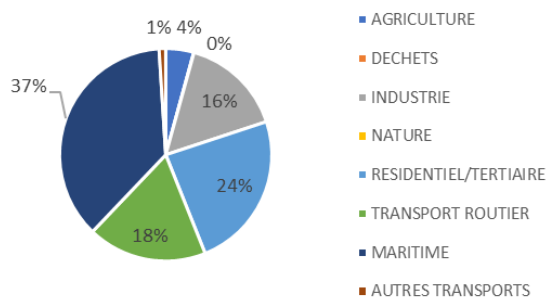


Emissions PM₁₀ 2021 - CLM

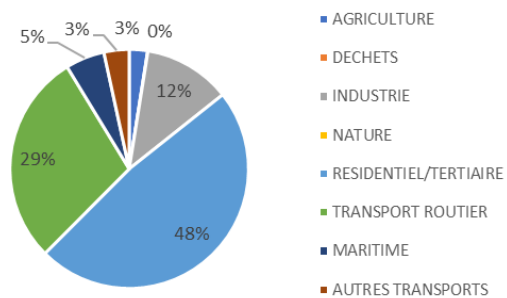


Graphique 2-2 : Comparaison de la répartition des émissions de PM₁₀ en 2021 par secteur d'activité sur le périmètre LHSM (en haut à gauche), MRN (en haut à droite) et CLM (en bas à gauche)

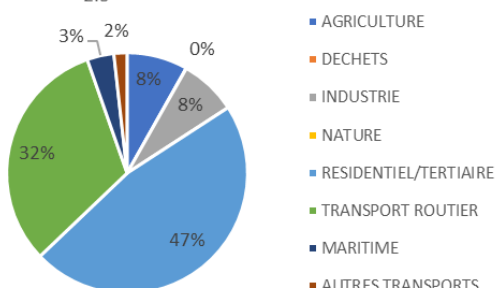
Emissions PM_{2.5} 2021 - LHSM



Emissions PM_{2.5} 2021 - MRN



Emissions PM_{2.5} 2021 - CLM



Graphique 2-3 : Comparaison de la répartition des émissions de PM_{2.5} en 2021 par secteur d'activité sur le périmètre LHSM (en haut à gauche), MRN (en haut à droite) et CLM (en bas à gauche)

Cependant, les émissions en tonne par an, et non en pourcentage, montrent que les émissions de NOx du secteur routier restent similaires sur chacune de ces trois agglomérations en gardant à l'esprit la différence de taille entre ces différentes agglomérations, avec 1228 T/an, 2105 T/an et 1492 T/an pour LHSM, la MRN et Caen la Mer respectivement (voir tableau 2-1). C'est le même constat sur les PM₁₀ (voir tableau 2-2), et les PM_{2.5} (voir tableau 2-3).

Nox (tonnes/an)	AGRICULTURE	DECHETS	INDUSTRIE	NATURE	RESIDENTIEL/TERTIAIRE	TRANSPORT ROUTIER	MARITIME	AUTRES TRANSPORTS
LHSM	227	24	3327	18	204	1228	6758	18
MRN	126	33	921	22	387	2105	1345	116
CLM	133		166	12	207	1492	416	14

Tableau 2-1 : Emissions de NOx (tonne/an) en 2021 par secteur d'activité sur les 3 agglomérations.

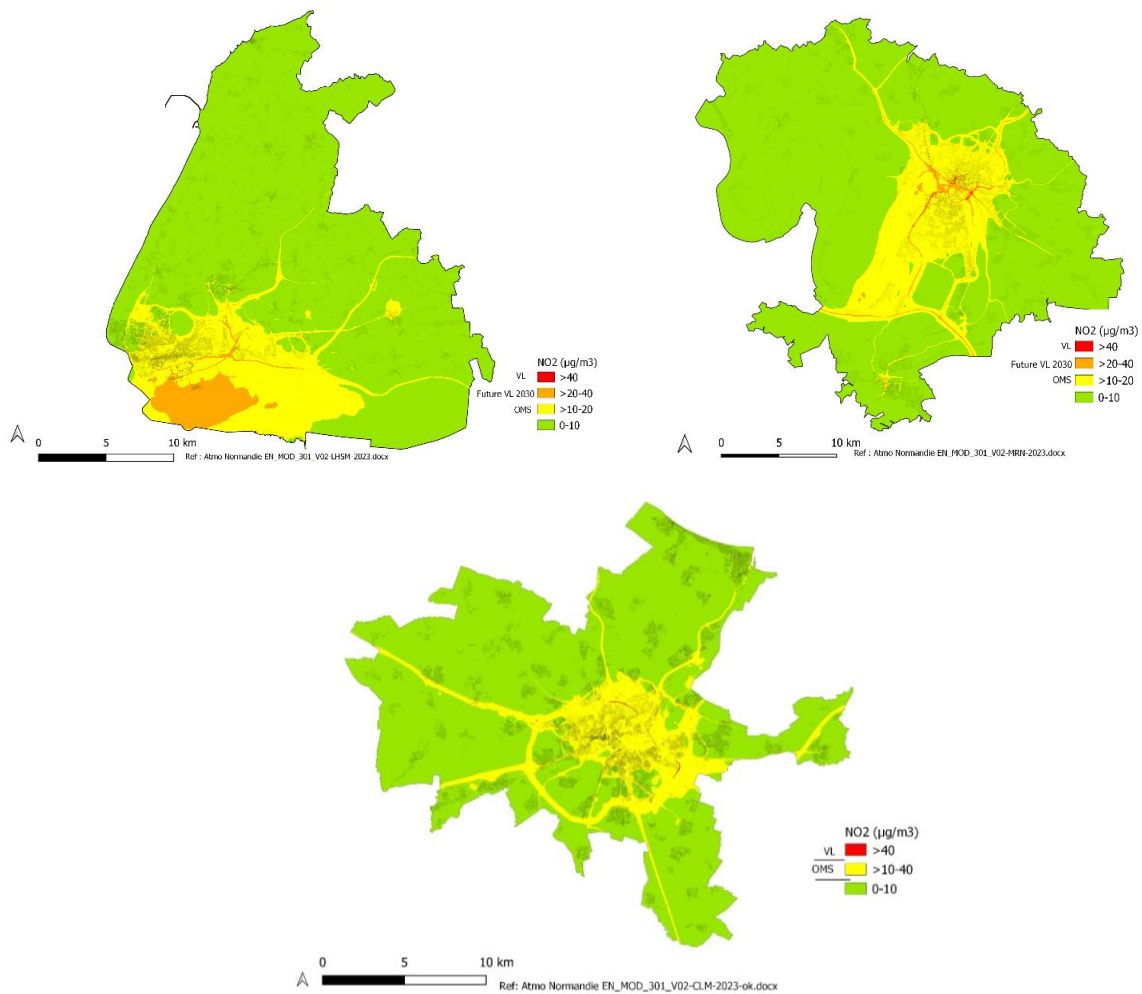
PM ₁₀ (tonnes/an)	AGRICULTURE	DECHETS	INDUSTRIE	NATURE	RESIDENTIEL/TERTIAIRE	TRANSPORT ROUTIER	MARITIME	AUTRES TRANSPORTS
LHSM	96	0	213		160	183	247	16
MRN	49	1	485		304	274	34	37
CLM	141	1	106		188	196	15	17

Tableau 2-2 : Emissions de PM₁₀ (tonne/an) en 2021 par secteur d'activité sur les 3 agglomérations.

PM _{2.5} (tonnes/an)	AGRICULTURE	DECHETS	INDUSTRIE	NATURE	RESIDENTIEL/TERTIAIRE	TRANSPORT ROUTIER	MARITIME	AUTRES TRANSPORTS
LHSM	27	0	99		152	116	234	6
MRN	15	0	71		289	173	32	21
CLM	31	0	29		180	121	14	7

Tableau 2-3 : Emissions de PM_{2.5} (tonne/an) en 2021 par secteur d'activité sur les 3 agglomérations.

De plus, le graphique 2-4 montre le bilan annuel 2023 pour les concentrations d'oxyde d'azote sur les trois agglomérations et l'impact des émissions routières sur l'exposition des populations (les zones grisées représentent la population aux bâtiments résidentiels). Quelle que soit l'agglomération, une surexposition liée à la circulation routière est avérée sur et à proximité des axes routiers. Bien que la proportion des émissions routières soit plus faible au Havre que sur les autres agglomérations, il n'en reste pas moins qu'elles ont une importance pour l'exposition des populations à proximité des axes de circulation.



Graphique 2-4 : Cartographie de la moyenne annuelle du dioxyde d'azote (NO₂) en 2023 sur le périmètre LHSM (en haut à gauche), MRN (en haut à droite) et CLM (en bas)

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 de la mise en place des restrictions de circulation routière sur un territoire, selon plusieurs scénarios, sur la qualité de l'air entre deux échéances, 2025 et 2030 (scénarios prospectifs).

Pour l'évaluation des concentrations, un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain a été utilisé : le modèle SIRANE 2.0 (annexe 1).

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 aux horizons 2025 et 2030 a été étudiée selon deux scénarios : « scénario fil de l'eau » c'est-à-dire sans mise en place de restrictions et « scénarios cibles » avec la mise en place d'un renforcement des interdictions.

Les scénarios d'étude

Pour pouvoir différencier l'impact des différents scénarios de mise en place de restrictions de circulation dans le périmètre ZFE-m, 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 véhicules 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 Egis et la communauté urbaine de Le Havre Seine Métropole au travers de leur modèle multimodal de trafic. Elles sont complétées des données de description du parc roulant élaborées par le CITEPA pour différents horizons temporels [2].

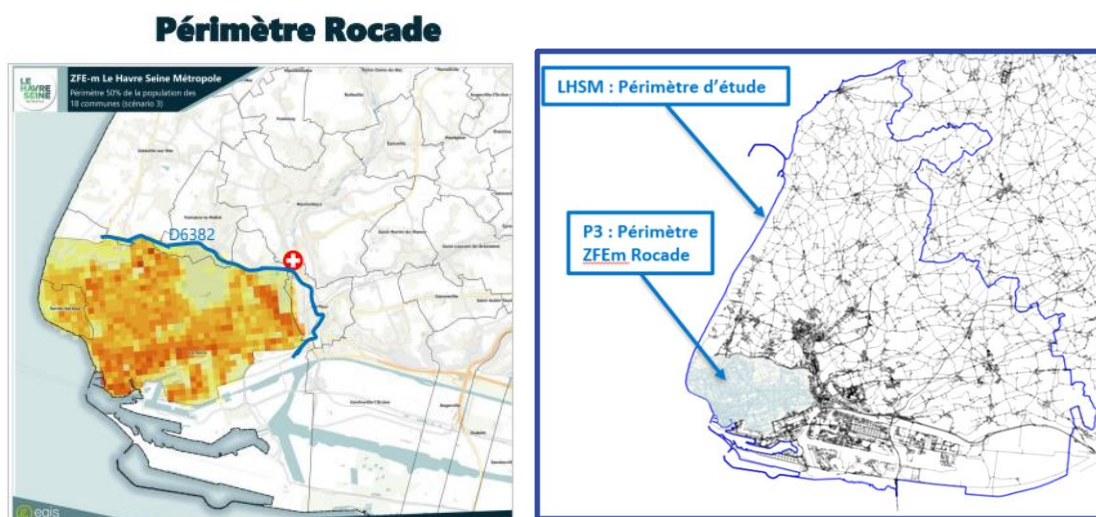
Au fil du temps, le parc de véhicules évoluera d'une part par son renouvellement naturel et d'autre part par la contrainte due par l'interdiction de la vignette Crit'air selon le scénario étudié, sur un périmètre défini de la ZFEm. De plus, un taux de fraude et de dérogation a été pris en compte dans 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 nommés « fil de l'eau 2025 » et « fil de l'eau 2030 » sur la ZFE-m.
- L'impact de l'interdiction de circulation en 2025 des Crit'air NC et 5 sur le périmètre ZFE-m (P3 Rocade) et le renforcement de cette interdiction selon deux scénarios en 2030 : l'un sans Crit'air 4, et l'autre sans Crit'air 4 et 3, avec les « fil de l'eau » respectifs.

L'ensemble des scénarios, ainsi que l'impact sur le parc automobile des véhicules interdits selon le scénario, est présenté 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	Evolution du parc automobile liée aux véhicules interdits du scénario, par rapport au fil de l'eau de l'année concernée par le scénario
Fil de l'eau 2025					
Scénario P3 CA5 2025		P3 : "Rocade" 	20%	35%	-0.47%
Fil de l'eau 2030					
Scénario P3 CA4 2030		P3 : "Rocade" 	10%	70%	-0.49%
Scénario P3 CA3 2030		P3 : "Rocade" 	10%	70%	-4.3%

Tableau 2-4 : description des scénarios étudiés



Graphique 2-5 : à droite, carte illustrant le contour de l'étude en bleu (LHSM) et le périmètre de la ZFE-m pressenti (P3 Rocade) à gauche, carte illustrant le périmètre ZFE-m (La D6382 et l'accès à l'hôpital Monod sont exclus du périmètre)

Méthodologie d'exploitation des résultats

Sur la base des scénarios définis par la Métropole, Egis et Le Havre Seine Métropole ont fourni à Atmo Normandie les cinq 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 2021².

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	Future Valeur Limite	recommandation sanitaire de l'OMS 2021
PM₁₀	40 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle	15 µg/m³ en moyenne annuelle
PM_{2.5}	25 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle	5 µg/m³ en moyenne annuelle
NO₂	40 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle

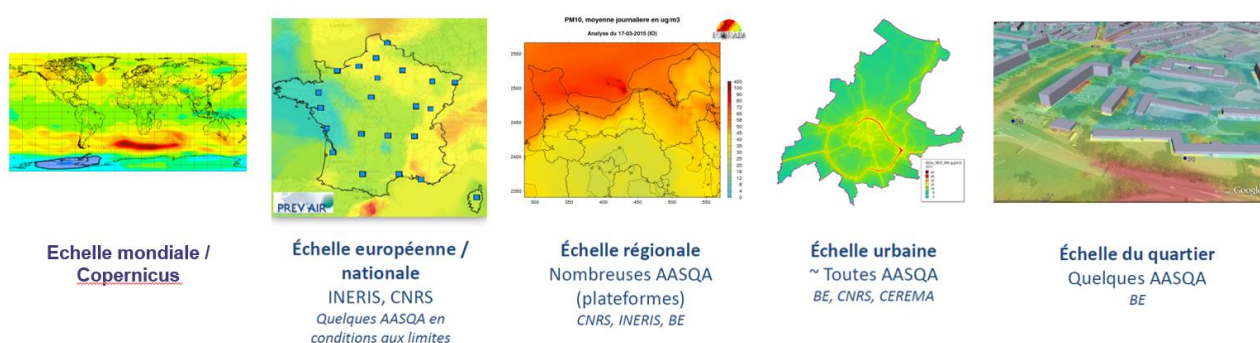
Tableau 2-5 : les différents seuils étudiés

² 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 2-6).



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

Graphique 2-6 : 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 2-6). Pour cela, l'outil de modélisation SIRANE, développé par le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole 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 1 [4]. 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 du Havre. 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

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 LHSM. Le modèle de trafic fournit pour chaque tronçon du réseau routier de LHSM une valeur de trafic moyen journalier sur l'année, et cela pour les différents scénarios : les « fils de l'eau » 2025 et 2030, et les 3 scénarios « cibles » selon les échéances 2025 et 2030.

➤ Les émissions de polluants sont calculées sur chaque tronçon du réseau routier du modèle de dispersion

Les émissions de polluants (NO_2 , PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$) sont estimées avec l'outil de calcul PRISME [5] développé par les AASQA et se basent sur la méthodologie européenne de calcul des émissions du transport routier COPERT V et sur les recommandations du PCIT2 secteur routier [6].

Une description technique de l'outil PRISME ROUTIER est donnée en annexe 3.

➤ Les données météorologiques

Afin de comparer les effets de chaque scénario par rapport à leur fil de l'eau respectif, un unique fichier Météo a été utilisé, composé des données sur l'année 2023. Les paramètres météo pris en compte sont : Direction du vent, Vitesse du vent, Température, Pluviométrie, Rayonnement global (source Météo France). Le graphique 2-7 illustre la rose des vents sur la période météorologique retenue pour l'étude.

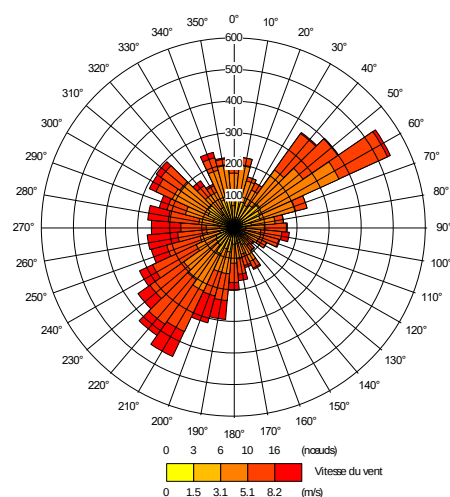
➤ La pollution de fond

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 2023.

➤ 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. [7].

C:\Program Files (x86)\CERCLADMS-Urb\SIIRANE-LHSM-Meteo-2023-avec-rayglo.met



Graphique 2-7 : rose de vents utilisée pour l'étude (données 2023).

2.4 Les principales hypothèses et limites de l'étude

Hypothèses sur la scénarisation du trafic routier.

Les principales hypothèses utilisées lors des modélisations de trafic par LHSM :

- Prise en compte d'un report modal lié à l'exclusion de certains types de véhicules dans le périmètre de la ZFE-m
- Changement d'itinéraire pour les trafics de transit afin d'éviter la ZFE-m entraînent un report de trafic autour de la ZFE-m et par conséquent une augmentation des km parcourus.
- Adaptions de véhicule de certains usagers, essentiellement les professionnels, pour pouvoir circuler dans la ZFE-m.
- 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.
- 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.

Limites liées aux hypothèses de périmètre de mise en place de la ZFE-m

Le choix définitif du périmètre de la ZFE-m, tant géographique qu'en classes de Critair exclues, par LHSM 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 2025 et 2030 : en effet, rien ne garantit que le renouvellement du parc automobile par la population ne suive cette projection.

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 2025 et 2030.

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 2023 (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...)

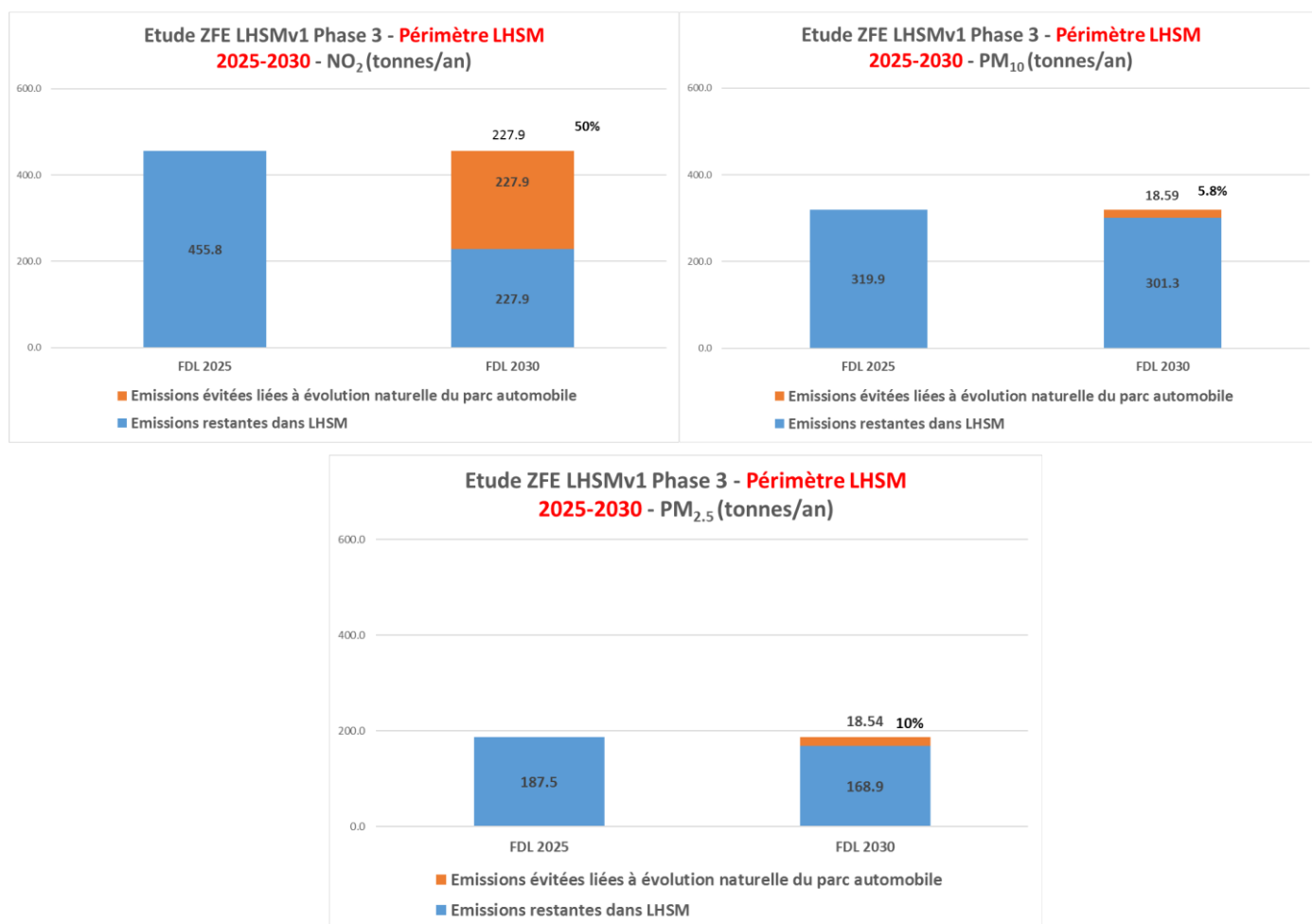
Le calcul d'exposition n'est réalisé qu'au regard des seuils réglementaires définis en moyenne annuelle, car l'outil SIRANE utilisé pour la spatialisation ne permet pas de réaliser des évaluations aux regards des seuils définis en nombre de jour ou d'heure de dépassement d'une valeur de concentration donnée.

3. Effet de l'évolution naturelle du parc automobile entre 2025 et 2030

Ce chapitre a pour objectif de présenter 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 P3 CA5 2025 (mise en place d'une ZFE-m en 2025), P3 CA4 2030 et P3 CA3 2030 en 2030 (renforcement des restrictions de la ZFE-m en 2030) est proposée. 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 2025 et 2030.



Graphique 3-1 : Comparaison des émissions du trafic routier entre le fil de l'eau 2025 et le fil de l'eau 2030 sur le périmètre LHSM

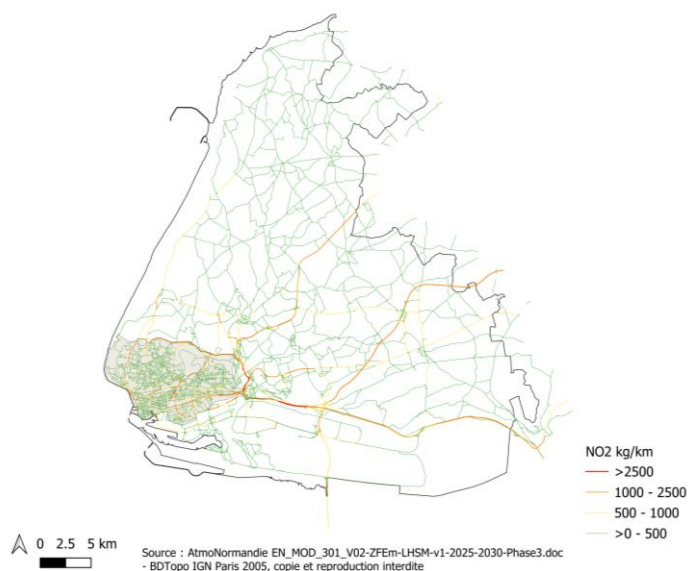
L'évolution du parc automobile entre ces deux dates est décrite en annexe 2. Dans le périmètre de la métropole, le renouvellement du parc automobile entre 2025 et 2030 permet à lui seul de baisser les émissions de dioxyde d'azote liées au trafic routier de 50% (passant de 456 à 228 Tonnes/an), les émissions de PM₁₀ de 5.8% (passant de 320 à 301 Tonnes/an) et les émissions de PM_{2.5} de 10% (passant de 187 à 169 Tonnes/an). Cette réduction des émissions est quasi-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 2030 » ne prend en compte qu'une très légère diminution du trafic routier de 0.5% entre 2025 et 2030. 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 particules 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 kilomètres 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

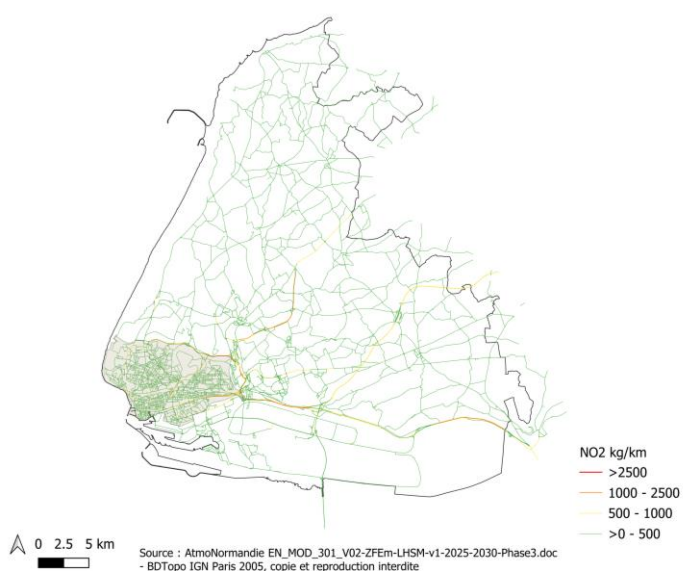
Les graphiques 3-5, 3-6 et 3-7 montrent les cartes des concentrations spatialisées du NO₂, des PM₁₀ et des PM_{2.5} pour les fils de l'eau 2025 et 2030 ainsi qu'une carte de différence mettant en évidence la diminution des concentrations moyennes annuelles de polluant entre ces deux échéances.

Cette diminution est surtout localisable sur et à proximité des axes routiers de l'ensemble de la zone d'étude, la diminution étant d'autant plus marquée que l'axe routier est important. Pour le NO₂, la diminution est modérée, avec des baisses ne dépassant pas 4 µg/m³. Pour les PM₁₀ et les PM_{2.5}, la baisse des concentrations moyennes entre 2025 et 2030 n'est pas très marquée avec des baisses ne dépassant pas 2 µg/m³. Ceci s'explique par un plus faible impact de l'évolution naturelle du parc sur les émissions de particules.

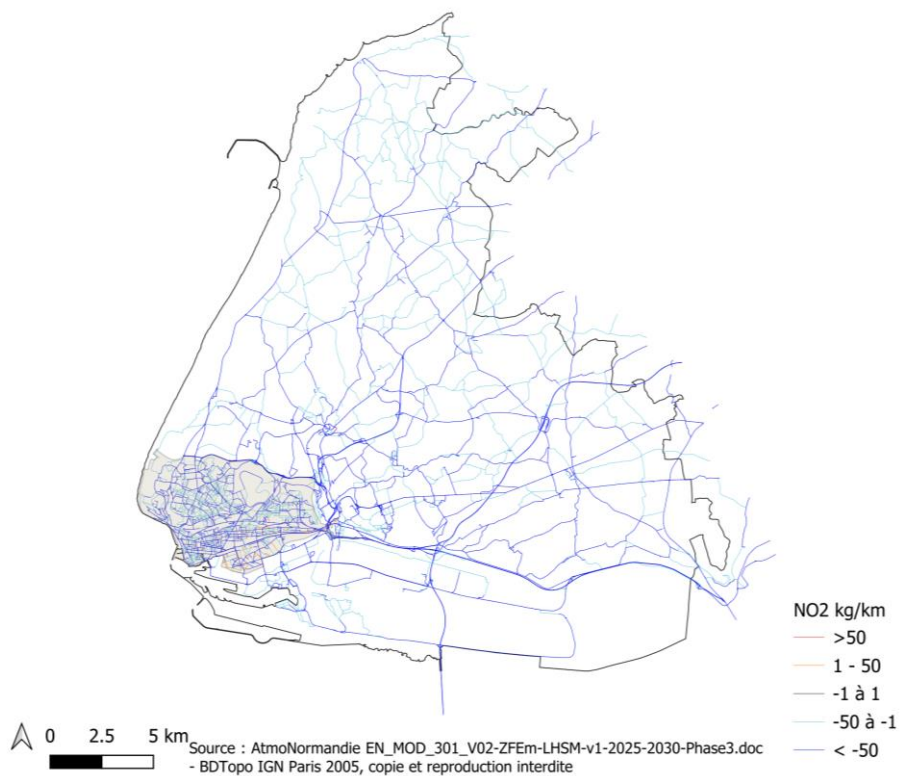
Emissions NO2 - Fil de l'eau 2025



Emissions NO2 - Fil de l'eau 2030



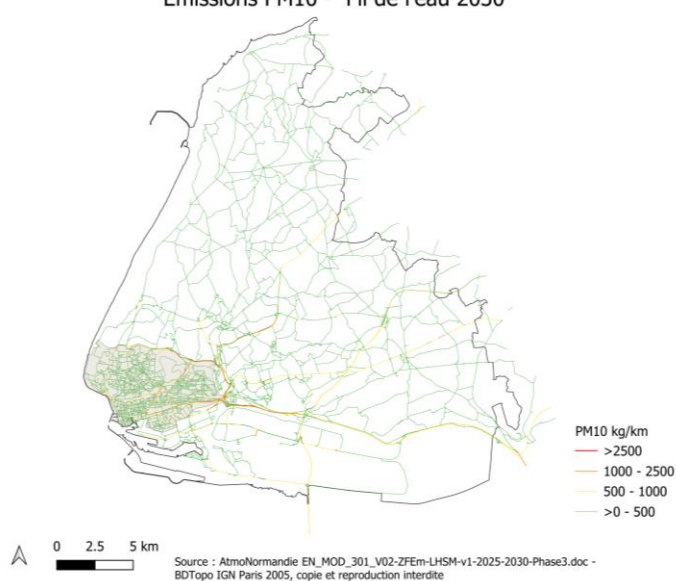
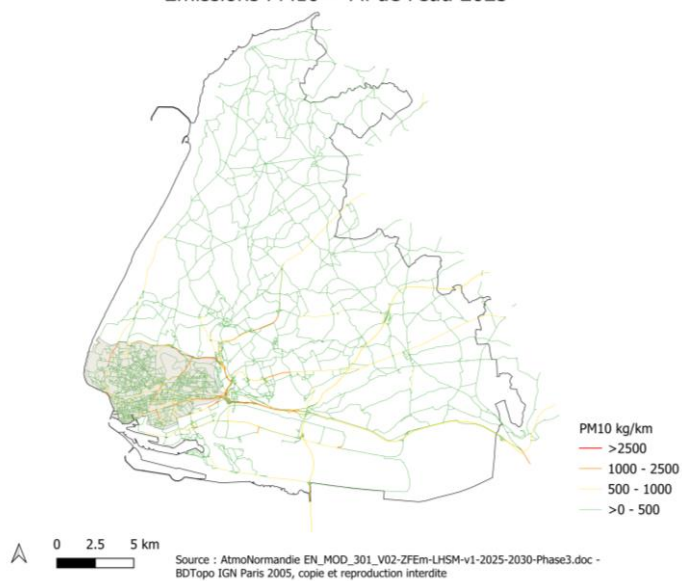
Emissions NO2 - Différence Fil de l'eau 2030 - Fil de l'eau 2025



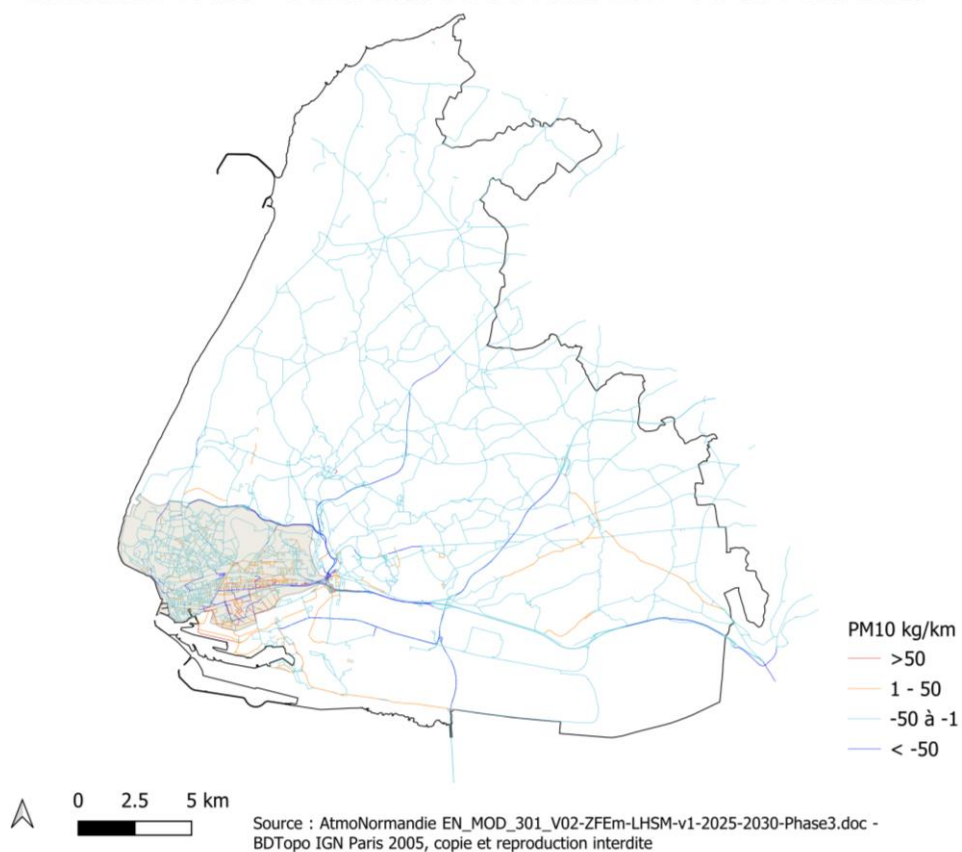
Graphique 3-2 : spatialisation des émissions routières annuelles de dioxyde d'azote pour les fils de l'eau 2025 et 2030 et différence entre ces deux échéances.

Emissions PM10 - Fil de l'eau 2025

Emissions PM10 - Fil de l'eau 2030

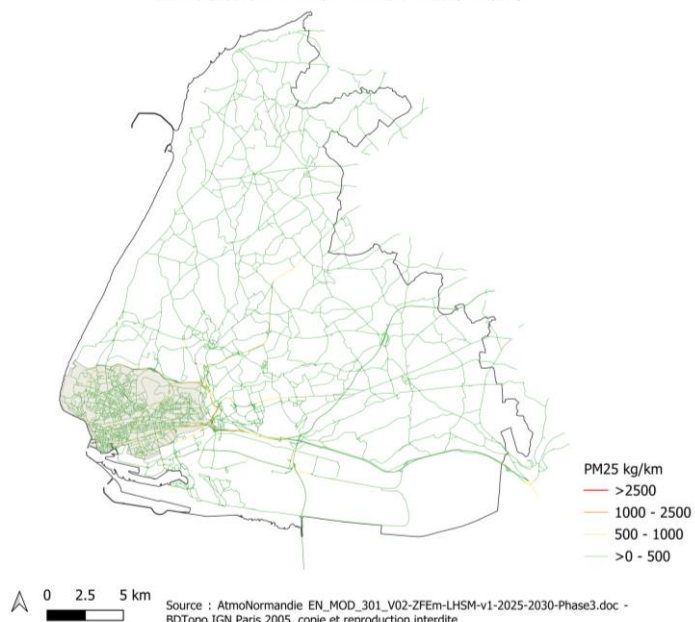


Emissions PM10 - Différence Fil de l'eau 203 - Fil de l'eau 2025

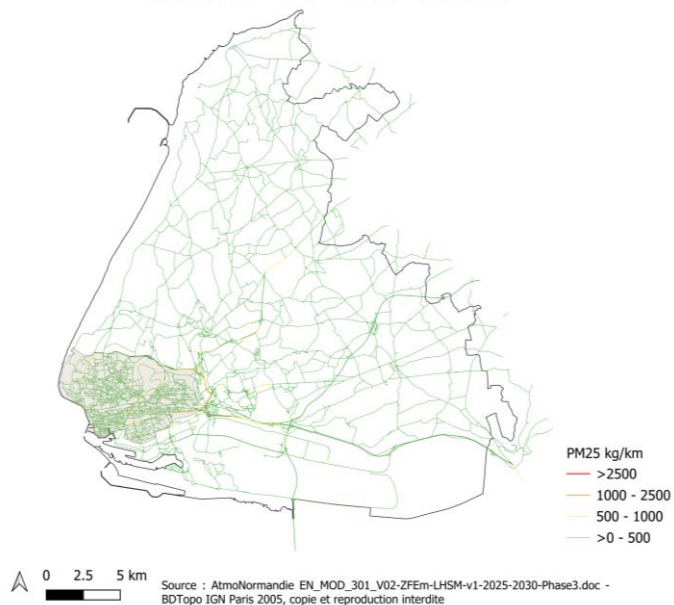


Graphique 3-3 : spatialisation des émissions routières annuelles en particules fines PM₁₀ pour les fils de l'eau 2025 et 2030 et différence entre ces deux échéances.

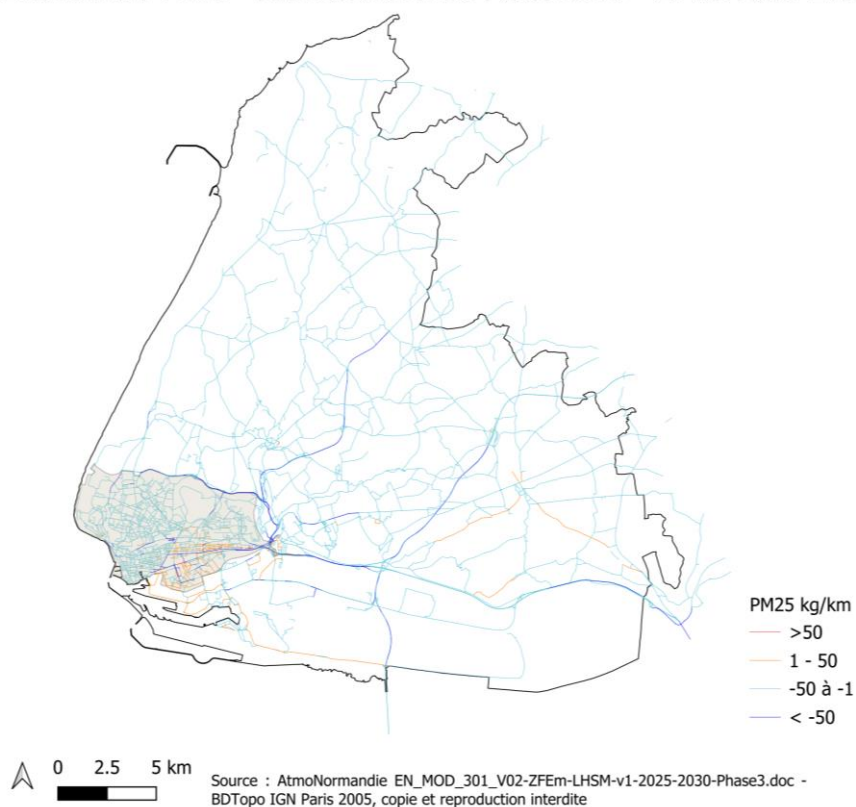
Emissions PM2.5 - Fil de l'eau 2025



Emissions PM2.5 - Fil de l'eau 2030



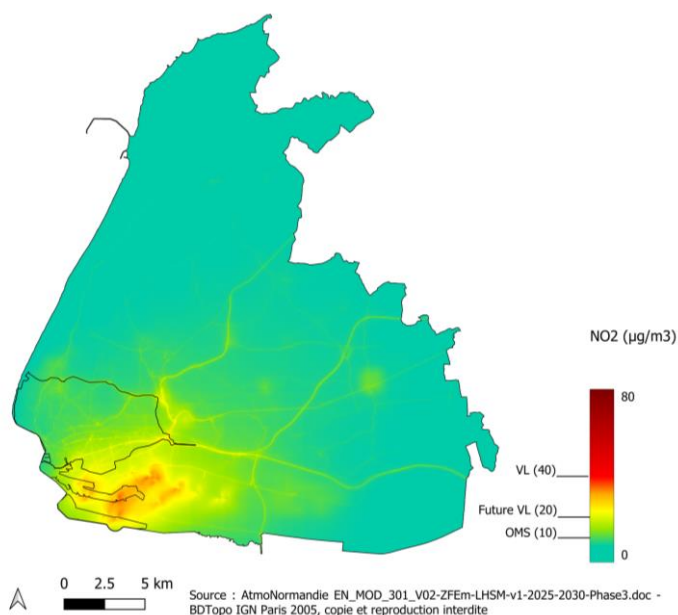
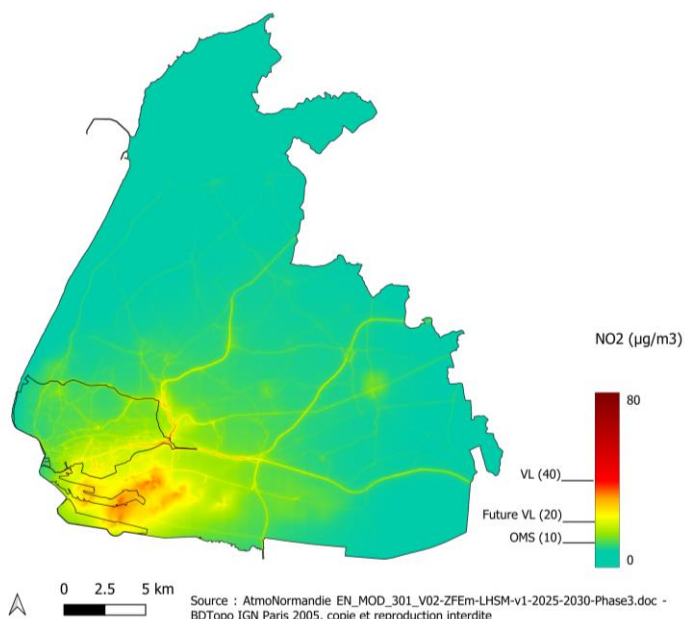
Emissions PM2.5 - Différence Fil de l'eau 2030 - Fil de l'eau 2025



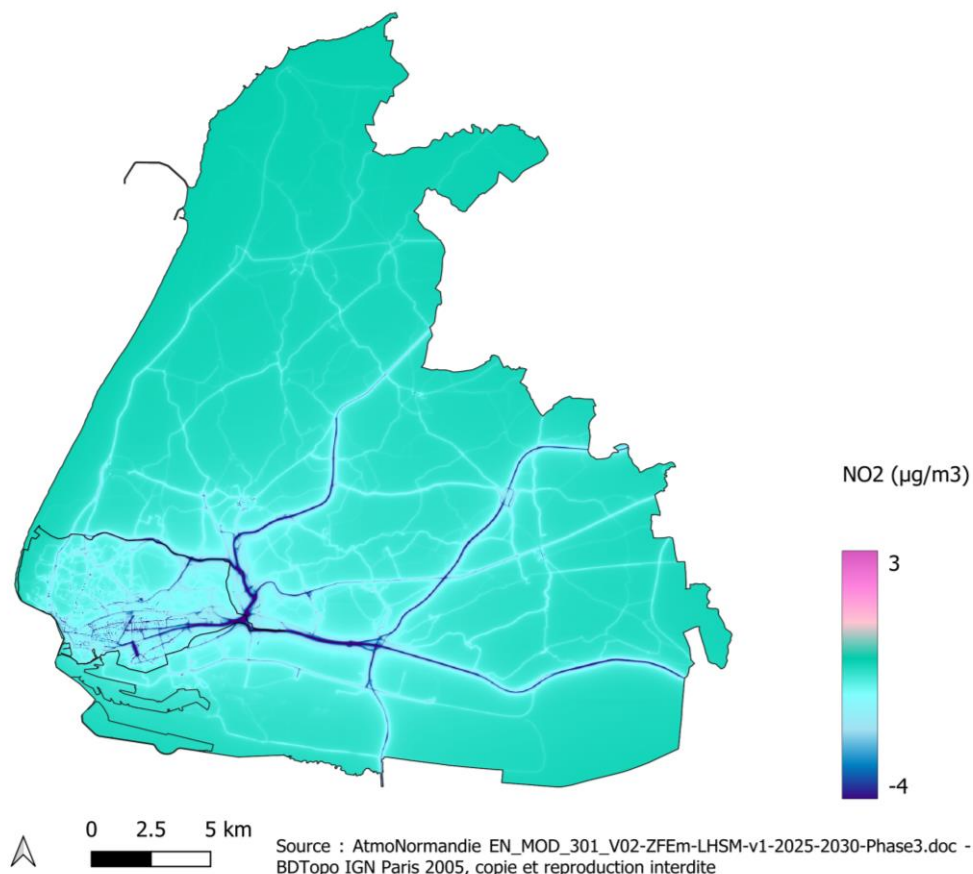
Graphique 3-4 : spatialisation des émissions routières annuelles en particules fines PM_{2.5} pour les fils de l'eau 2025 et 2030 et différence entre ces deux échéances.

Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025

Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2030



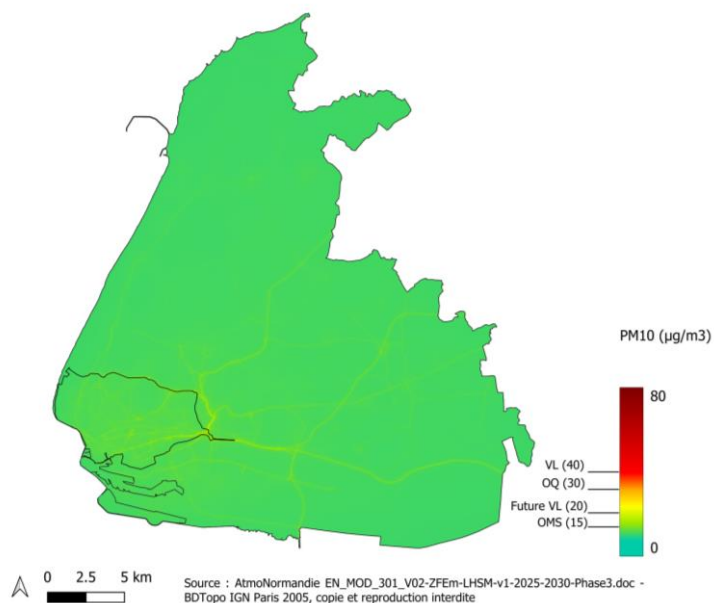
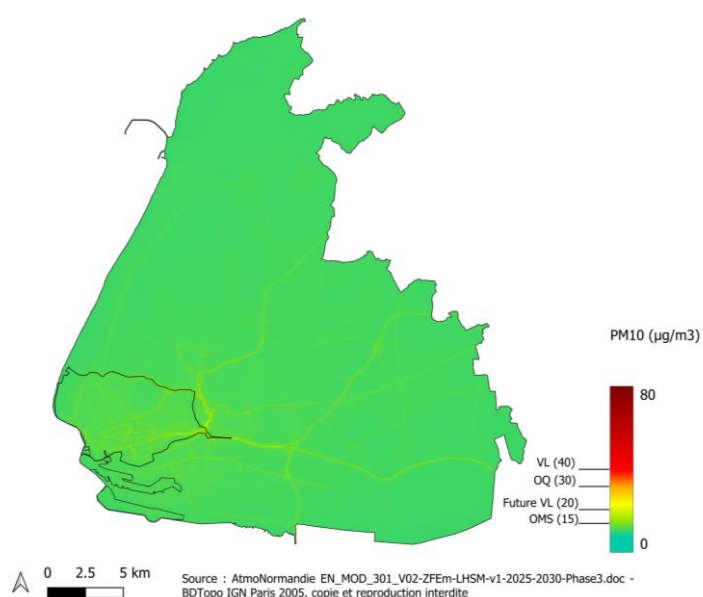
Moyenne annuelle NO2 - Différence fil de l'eau 2030 - fil de l'eau 2025



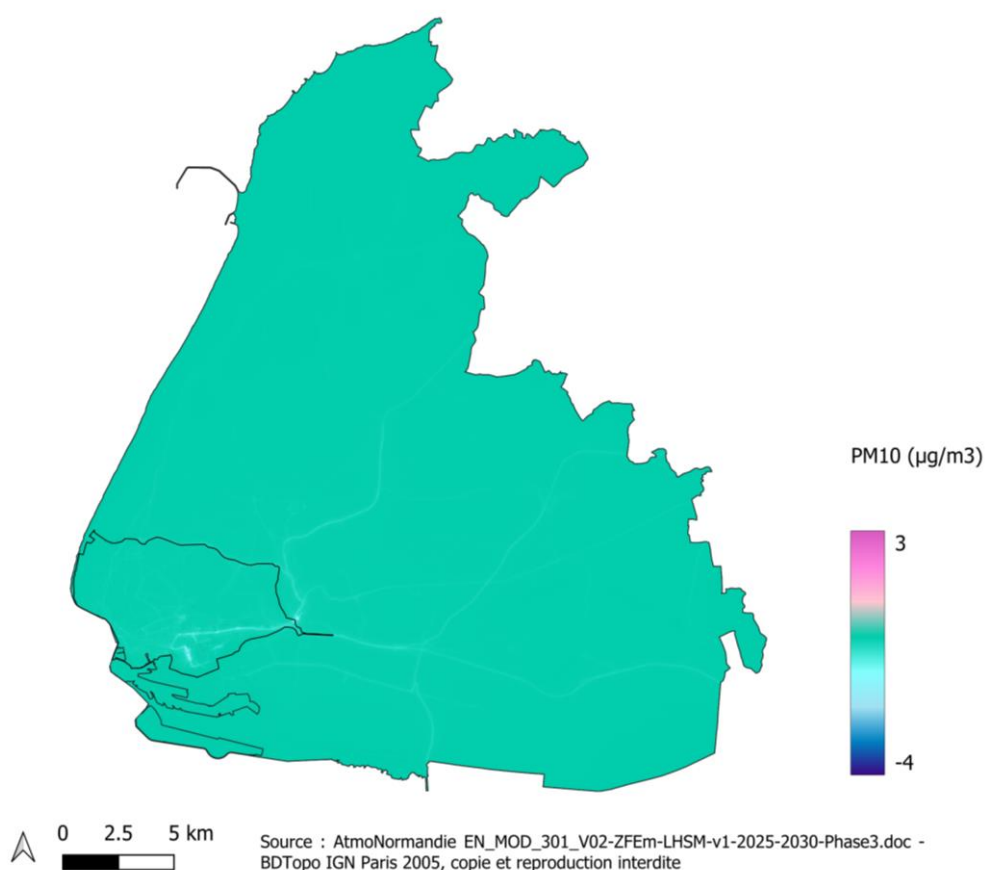
Graphique 3-5 : spatialisation des concentrations annuelles de dioxyde d'azote pour les fils de l'eau 2025 et 2030 et différence entre ces deux échéances.

Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025

Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2030

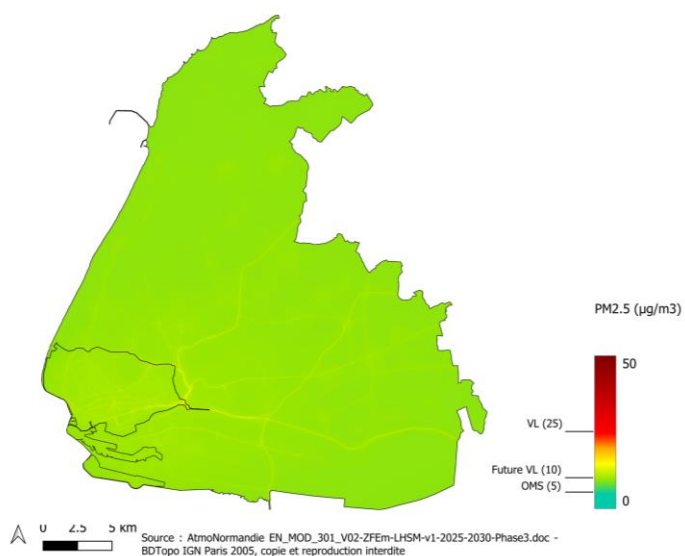


Moyenne annuelle PM10 - Différence fil de l'eau 2030 - fil de l'eau 2025

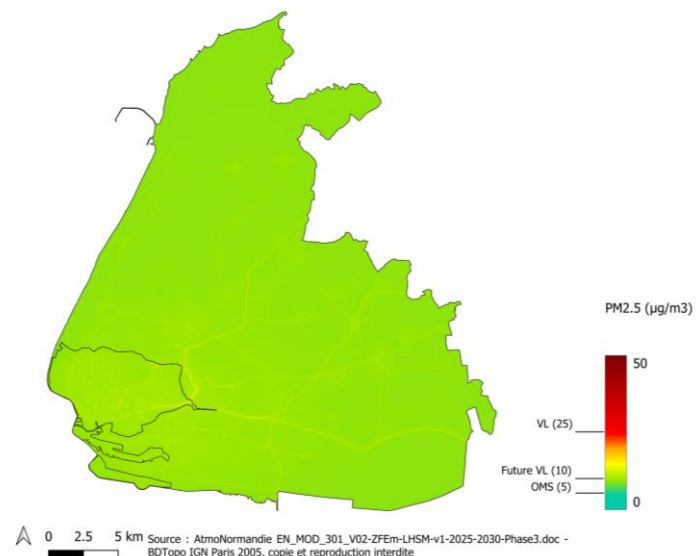


Graphique 3-6 : spatialisation des concentrations annuelles de PM₁₀ pour les fils de l'eau 2025 et 2030 et différence entre ces deux échéances.

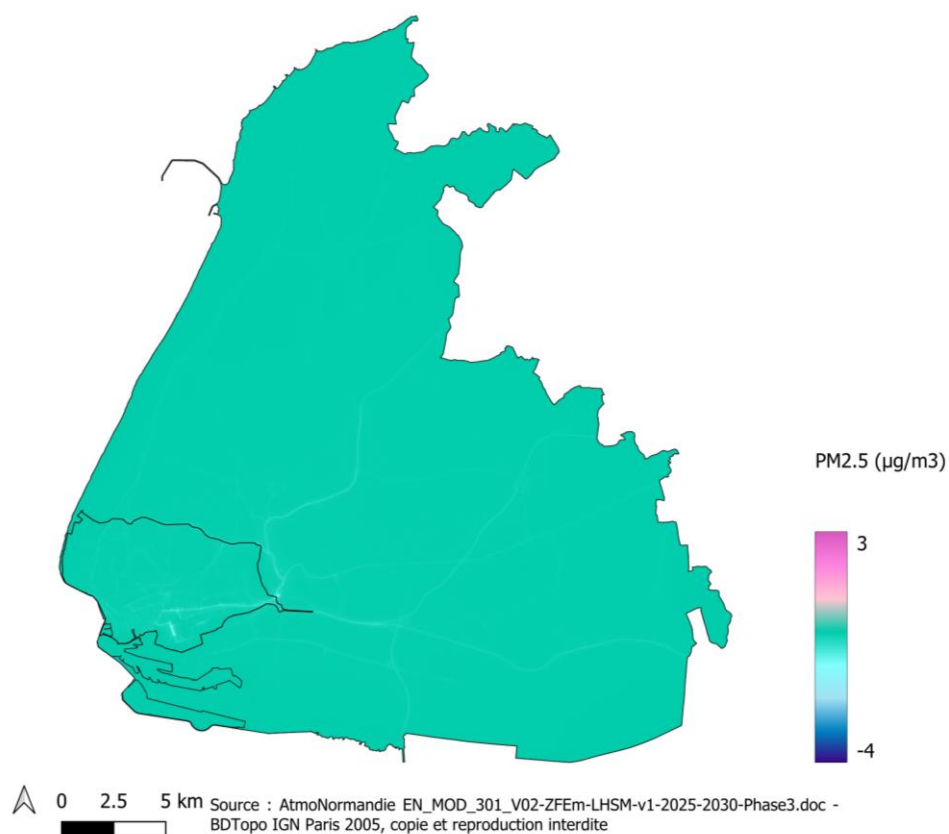
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



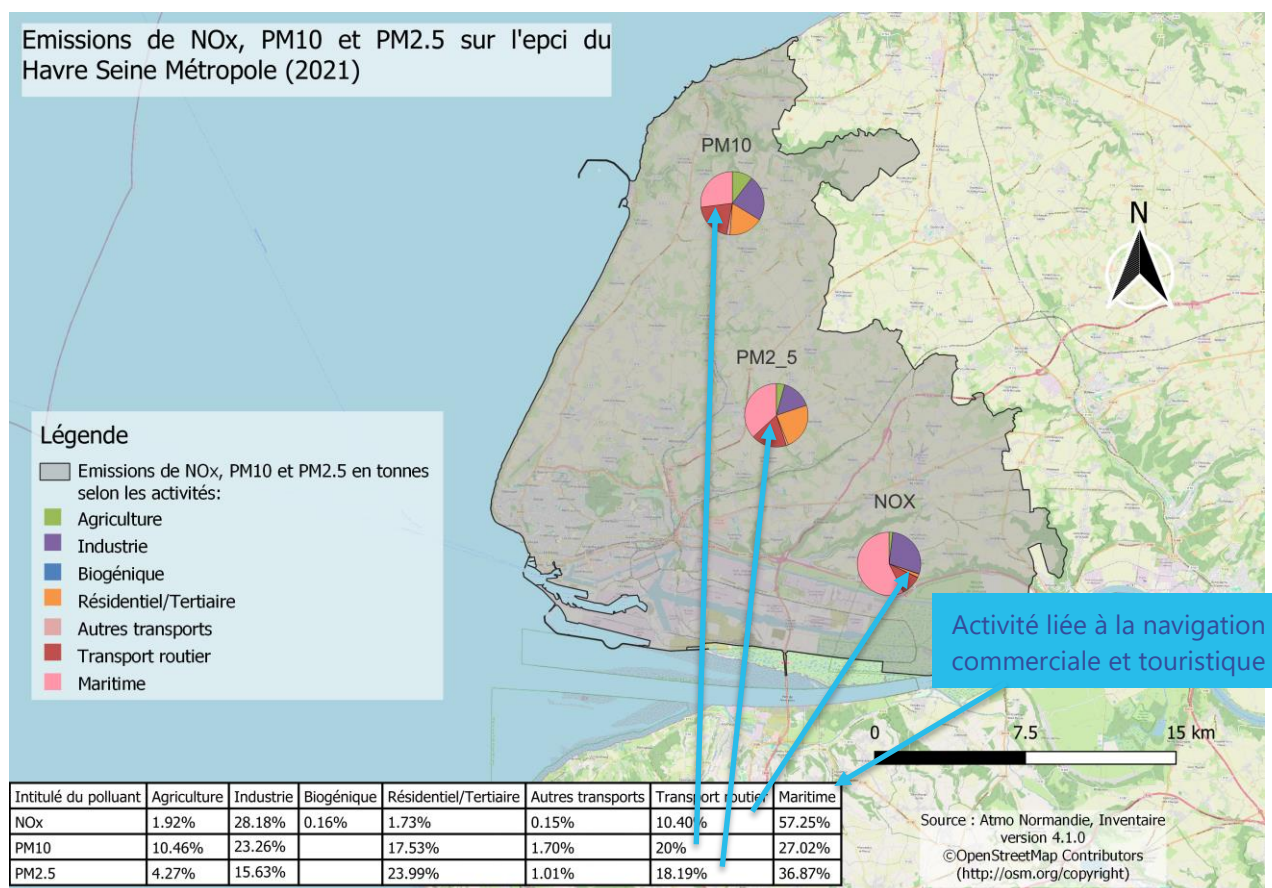
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2030



Moyenne annuelle PM2.5 - fil de l'eau 2030 - fil de l'eau 2025



Graphique 3-7 : spatialisation des concentrations annuelles de PM_{2.5} pour les fils de l'eau 2025 et 2030 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 2021 - Inventaire des émissions 2021 version 4.1.0 [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 actuelles et futures (2030), et les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé³, 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 2025 et 2030.

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.

³ L'étude prend en compte les recommandations de l'OMS publiées en 2021.

Pour le NO₂, la valeur limite européenne réglementaire actuelle de 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas dépassée.

Concernant la future valeur limite européenne réglementaire de 20 µg/m³ en moyenne annuelle, la surface exposée diminue de 33.7 à 27.3 km² (-19%) et la population exposée diminue de 19502 à 9774 habitants (-50%). Environ un tiers de la zone d'étude présente un dépassement de la recommandation annuelle de l'OMS pour le NO₂ (10 µg/m³ en moyenne annuelle), concernant à peu près de 80% de la population de la zone d'étude. Entre 2025 et 2030, la surface exposée diminue de 168 à 148 km² et la population exposée diminue de 214 782 à 202 950 habitants.

Concernant les particules PM₁₀ et PM_{2.5}, les valeurs limites européennes annuelles ne sont dépassées en aucun lieu, que ce soit en 2025 ou la projection en 2030.

Concernant la future valeur limite européenne réglementaire de 20 µg/m³ en moyenne annuelle pour les PM₁₀, la surface exposée n'est pas significative. Pour la future valeur limite européenne réglementaire de 10 µg/m³ en moyenne annuelle pour les PM_{2.5}, la surface exposée diminue de 29.8 à 26.6 km² (-11%) et la population exposée diminue de 100 085 à 88 061 habitants (-12%).

Concernant les recommandations OMS, les diminutions des superficies et populations exposées sont faibles pour les PM₁₀ avec une superficie exposée à des concentrations supérieures à la recommandation OMS de 15 µg/m³ diminuant de 0.9 à 0.8 km², et une population exposée diminuant de 501 à 477. Pour les PM_{2.5} la superficie exposée à des concentrations supérieures à la recommandation OMS de 5 µg/m³ concerne la totalité du territoire et n'évolue pas entre 2025 et 2030.

Superficie Périmètre LHSM : 519.4 km ²			[4] Population LHSM (2019*) : 267621 <u>hab</u> * Source : LCSQA		
Superficie (km ²) probablement exposée au delà ...	FDL 2025	FDL 2030	Population probablement exposée au delà ... ^[4]	FDL 2025	FDL 2030
NO₂			NO₂		
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	0	0	Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	0	0
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (future VL 2030)	33.75	27.3	Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (future VL 2030)	19502	9774
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	168.1	148.1	Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	214782	202950
PM₁₀			PM₁₀		
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	0	0	Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	0	0
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (future VL 2030)	0.01	0.004	Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (future VL 2030)	26	26
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	0.9	0.8	Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	501	477
PM_{2.5}			PM_{2.5}		
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	0	0	Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	0	0
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (future VL 2030)	29.81	26.6	Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (future VL 2030)	100085	88061
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	100%	100%	Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	100%	100%

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

4. Résultats pour les scénarios P3 CA5 2025, P3 CA4 2030 et P3 CA3 2030

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

L'ensemble des données cartographiques est disponible en annexe 4.

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

Un premier constat est une diminution significative des émissions en 2030 avec l'interdiction des véhicules Crit'air3. Concernant ce scénario (P3 CA3 2030), la réduction des émissions de NO₂ serait de 16.1% par rapport à son fil de l'eau ; les émissions de PM₁₀ baisseraient de 3.2% et celles des PM_{2.5} de 5.1%. La réduction des émissions est beaucoup plus faible pour les particules fines ; 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 et 2030 (%dérogation/fraude et %taux de renouvellement), ainsi que l'évolution structurelle du parc automobile ont pour conséquence que le nombre de véhicules circulant sur la ZFE-m baisse très peu.

Périmètre Rode P3			Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) - 2025	Périmètre Rode P3			Fil de l'eau 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4) - 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4,3) - 2030
NO ₂	Emissions (T/an)		109.5	108.0	NO ₂	Emissions (T/an)		53.1	52.3	44.5
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-1.5		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-0.8	-8.5
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-1.4%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-1.5%	-16.1%
PM ₁₀	Emissions (T/an)		79.6	79.0	PM ₁₀	Emissions (T/an)		74.3	74.1	71.9
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-0.6		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-0.2	-2.4
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.8%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-0.2%	-3.2%
PM _{2.5}	Emissions (T/an)		46.2	45.6	PM _{2.5}	Emissions (T/an)		41.2	41.0	39.1
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-0.5		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-0.2	-2.1
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-1.1%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-0.5%	-5.1%

Tableau 4-1 : Impacts sur les émissions de l'ensemble des scénarios étudiés, sur le périmètre de la ZFE-m (P3 Rode)

Le tableau 4-2 présente les mêmes informations sur le **périmètre de la zone d'étude entière**. Pour le scénario P3 CA5 2025, les réductions d'émissions sont très faibles et peu significatives, avec -0.8% pour le NO₂, -0.1% pour les PM₁₀ et -0.3% pour le PM_{2.5}. Pour les scénarios 2030, les réductions d'émissions sont également faibles, la baisse des émissions est de 4.4% sur le NO₂ pour le scénario P3 CA3 2030 contre 16.1% sur le périmètre ZFE-m.

Périmètre LHSM			Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) - 2025	Périmètre LHSM			Fil de l'eau 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4) - 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4,3) - 2030
NO ₂	Emissions (T/an)		455.8	452.2	NO ₂	Emissions (T/an)		227.9	226.2	217.8
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-3.6		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-1.7	-10.1
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.8%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-0.8%	-4.4%
PM ₁₀	Emissions (T/an)		319.9	319.4	PM ₁₀	Emissions (T/an)		301.6	301.3	298.5
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-0.4		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-0.4	-3.1
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.1%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-0.1%	-1.0%
PM _{2.5}	Emissions (T/an)		187.5	187.0	PM _{2.5}	Emissions (T/an)		169.0	168.9	166.6
	Gain (T/an) / Fil de l'eau 2025			-0.5		Gain (T/an) / Fil de l'eau 2030			-0.1	-2.4
	Ecart / Fil de l'eau 2025			-0.3%		Ecart / Fil de l'eau 2030			-0.1%	-1.4%

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

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 futurs) 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.

Un premier constat est qu'il n'y a pas de dépassement, sur la métropole, de la valeur limite européenne actuelle, quel que soit le polluant et le scénario.

Sur le périmètre ZFE-m : Concernant le NO₂, la quasi-totalité du périmètre ZFE-m est exposée au-delà de la recommandation OMS avec 92% (32.56 km²) du territoire en 2025 et 86% (30.41 km²) en 2030. Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif, cette superficie en dépassement. Une baisse de la superficie en dépassement de la future valeur limite européenne (20 µg/m³ en moyenne annuelle) est notée avec le scénario P3 CA3 2030 avec -12.4% par rapport à son fil de l'eau 2030.

Pour les PM₁₀, les superficies en dépassement sont très faibles, voire nulles (donc peu significatives), quel que soit le seuil étudié.

Concernant les PM_{2.5}, tout le territoire est exposé au-delà de la recommandation OMS (5 µg/m³ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié ; cela est dû au fait que la concentration de fond régionale est supérieure à cette valeur OMS. Par contre, une baisse significative de la superficie en dépassement de la future valeur limite (10 µg/m³ en moyenne annuelle) est notée avec le scénario P3 CA3 en 2030 par rapport à son fil de l'eau ; en effet, cette superficie concernée de la ZFE passerait de 39% (13.85 km²) à 33% (11.76 km²), soit une baisse de -15%.

Sur le périmètre de la métropole :

Concernant le NO₂, quasiment un tiers du territoire est exposé au-delà de la recommandation OMS avec 32% (168.1 km²) du territoire en 2025 et 28% en 2030 (148.1 km²). Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif, cette superficie en dépassement.

À noter qu'en 2030, plus de 5%, soit 27 km² environ, de la métropole serait concernée par le dépassement de la future valeur limite européenne (20 µg/m³ en moyenne annuelle).

Pour les PM₁₀, les superficies en dépassement sont très faibles, voire nulles (donc peu significatives), quel que soit le seuil étudié.

Concernant les PM_{2.5}, toute la métropole est exposée au-delà de la recommandation OMS (5 µg/m³ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié. En 2030, 5% du territoire de LHSM serait concerné par le dépassement de la future valeur limite ; le scénario P3 CA3 2030 ne permettrait pas d'éliminer cette superficie, mais de la réduire de 11.5% (passant de 5% à 4.5%).

		Périmètre ZFE-m (Rocade P3)	Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) - 2025
		35.41 km ²		
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	4.83	4.67
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.2
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-3.3%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	32.56	32.52
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.04
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.1%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.004	0.004
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.41	0.41
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (Future VL UE)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	15.59	15.34
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.3
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-1.6%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	35.41	35.41
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%

		Périmètre ZFE-m (Rocade P3)	Fil de l'eau 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4) - 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4,3) - 2030
		35.41 km ²			
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	0	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	2.42	2.36	2.12
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		-0.1	-0.3
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-2.5%	-12.4%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	30.50	30.41	30.10
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		-0.1	-0.4
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-0.3%	-1.3%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.002	0.002	0.002
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		0.0	0.0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.34	0.33	0.31
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		-0.01	-0.03
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-2.9%	-8.8%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	0	0	0
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (Future VL UE)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	13.85	12.82	11.76
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		-1.0	-2.1
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-7.4%	-15.1%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2.5}	Superficie en dépassement (km2)	35.41	35.41	35.41
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		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 (P3 Rocade).

		Périmètre LHSM		Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) 2025
		519.4 km²			
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	33.75	33.50	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.3	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.7%	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	168.10	167.70	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.4	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.2%	
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.01	0.01	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.90	0.90	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m³ (VL UE)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m3 (Future VL UE)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	29.81	29.59	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.2	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.7%	
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	519	519	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%	

		Périmètre LHSM		Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) 2025
		519.4 km²			
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	33.75	33.50	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.3	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.7%	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m³ (recommandation OMS)	NO ₂	Superficie en dépassement (km2)	168.10	167.70	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.4	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.2%	
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.01	0.01	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Superficie en dépassement (km2)	0.90	0.90	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%	
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m³ (VL UE)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	0	0	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-	
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m3 (Future VL UE)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	29.81	29.59	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		-0.2	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.7%	
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Superficie en dépassement (km2)	519	519	
		Gain (km2) / Fil de l'eau 2025		0.0	
		Ecart / Fil de l'eau 2025		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 (LHSM).

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 LHSM.

Un premier constat est qu'il n'y a pas de population exposée, sur la métropole, au-delà de la valeur limite européenne actuelle, quels que soient le polluant et le scénario.

Sur le périmètre ZFE-m :

Concernant le NO₂, la quasi-totalité de la population dans la ZFE-m est exposée au-delà de la recommandation OMS (97% de la population en 2025 et 94% en 2030). Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif, cette population en dépassement. Par contre, une baisse de 4.6% de la population exposée au-delà de la future valeur limite européenne (20 µg/m³ en moyenne annuelle) est constatée avec le scénario 2025 et jusqu'à 11% de baisse avec le scénario le plus restrictif en 2030.

Pour les PM₁₀, la population en dépassement est nulle pour l'actuelle valeur limite européenne et très faible pour la future. Pour la recommandation OMS, une baisse de 11,3 % de la population exposée est constatée pour le scénario P3 CA3 2030, soit 51 habitants.

Concernant les PM_{2,5}, toute la population est exposée au-delà de la recommandation OMS (5 µg/m³ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié ; cela est dû au fait que la concentration de fond régionale est supérieure à cette valeur OMS. Par contre, une baisse significative de la population exposée à la future valeur limite (10 µg/m³ en moyenne annuelle) est notée avec le scénario P3 CA3 2030 en 2030 par rapport à son fil de l'eau ; en effet, cette population concernée de la ZFE passerait de 47% à 38% (-19%).

Sur le périmètre de la métropole :

Concernant le NO₂, si quasiment un tiers du territoire est exposé au-delà de la recommandation OMS (32% du territoire en 2025 et 28% en 2030), cela représente autour de 80% de la population de la métropole en 2025 et 76% en 2030. Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif et sur ce seuil, ce nombre d'habitants en dépassement.

À noter qu'en 2030, 3.5% de la population de la métropole serait concernée par le dépassement de la future valeur limite européenne (20 µg/m³ en moyenne annuelle). Le scénario P3 CA3 2030 permettrait d'abaisser ce pourcentage d'exposition de 9.1% par rapport à son fil de l'eau 2030 (9 774 hab sans ZFE-m contre 8 883 hab avec une restriction Crit'air 3).

Pour les PM₁₀, la population en dépassement est nulle pour l'actuelle valeur limite européenne et très faible pour la future. Pour la recommandation OMS, une baisse de 10,9% de la population exposée est constatée pour le scénario P3 CA3 2030, soit 52 habitants.

Concernant les $PM_{2.5}$, toute la population de la métropole est exposée au-delà de la recommandation OMS ($5 \mu g/m^3$ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié. En 2030, un tiers de la population de la métropole serait concernée par le dépassement de la future valeur limite ; le scénario P3 CA3 2030 permettrait de réduire la population en dépassement de 17.6%, passant de 88 061 habitants (33% de la pop) à 72 590 habitants (27% de la pop).

		Périmètre ZFE-m (Rocade P3)		Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) 2025	
		174 097 hab				
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	0	0		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-			
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	16718	15951		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	-767			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-4.6%			
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	168312	168192		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	-120			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-0.1%			
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-			
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	24	24		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	0.0%			
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	448	445		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	-3.0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-0.7%			
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m³ (VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	0	0		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-			
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m3 (Future VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	92211	90638		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	-1573			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	-1.7%			
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	174097	174097		
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025	0			
		Ecart / Fil de l'eau 2025	0.0%			
		Périmètre ZFE-m (Rocade P3)		Fil de l'eau 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4) - 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4,3) - 2030
		174 097 hab				
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	0	0		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-	-		
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	8042	7786	7159	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	-256	-883		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-3.2%	-11.0%		
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	163126	162788	161425	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	-338	-1701		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-0.2%	-1.0%		
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	0	0		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-	-		
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m3 (Future VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	24	24	24	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	0	0		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	0.0%	0.0%		
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	453	450	402	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	-3	-51		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-0.7%	-11.3%		
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m³ (VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	0	0	0	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	0	0		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-	-		
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m3 (Future VL UE)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	81716	74544	67023	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	-7172	-14693		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	-8.8%	-18.0%		
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m³ (recommandation OMS)	PM _{2,5}	Nbre habitant en dépassement	174097	174097	174097	
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030	0	0		
		Ecart / Fil de l'eau 2030	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 (P3 Rocade),

		Périmètre LHSM	Fil de l'eau 2025	scénario rocade (interdiction NC,5) 2025
		267 621 hab		
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	19502	18732
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		-770
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-3.9%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	214782	214525
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		-257
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.1%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	26	26
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	501	500
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		-1
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-0.2%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (Future VL UE)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	100085	98372
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		-1713
		Ecart / Fil de l'eau 2025		-1.7%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	267621	267621
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2025		0
		Ecart / Fil de l'eau 2025		0.0%

		Périmètre LHSM	Fil de l'eau 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4) - 2030	scénario rocade (interdiction NC,5,4,3) - 2030
		267 621 hab			
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	0	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	9774	9525	8883
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		-249	-891
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-2.5%	-9.1%
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (recommandation OMS)	NO ₂	Nbre habitant en dépassement	202950	202340	200830
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		-610	-2120
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-0.3%	-1.0%
Concentration moyenne annuelle > 40 µg/m ³ (VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	0	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 20 µg/m ³ (Future VL UE)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	26	26	26
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		0.0%	0.0%
Concentration moyenne annuelle > 15 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM ₁₀	Nbre habitant en dépassement	477	474	425
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		-3	-52
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-0.6%	-10.9%
Concentration moyenne annuelle > 25 µg/m ³ (VL UE)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	0	0	0
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-	-
Concentration moyenne annuelle > 10 µg/m ³ (Future VL UE)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	88061	80338	72590
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		-7723	-15471
		Ecart / Fil de l'eau 2030		-8.8%	-17.6%
Concentration moyenne annuelle > 5 µg/m ³ (recommandation OMS)	PM _{2.5}	Nbre habitant en dépassement	267621	267621	267621
		Gain (hab) / Fil de l'eau 2030		0	0
		Ecart / Fil de l'eau 2030		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. Conclusions

Les études de scénarisation des impacts sur la qualité de l'air de la mise en œuvre d'une ZFEm sur la Métropole du Havre Seine Normandie se sont basées sur la comparaison d'un scénario « fil de l'eau 2025 », c'est-à-dire sans mise en place de la ZFEm en 2025, et d'un scénario proposant une interdiction de tous les véhicules de classes Crit'Air NC et 5 sur le périmètre P3 Rocade, puis le renforcement de cette ZFEm en 2030 selon deux scénarios : l'un interdisant jusqu'à la Crit'Air 4 comprise et l'autre jusqu'à la Crit'Air 3 comprise.

Pour les seuils correspondant aux valeurs limites européennes :

Il n'y a pas de dépassement démontré des valeurs limites européennes actuelles, quels que soient le polluant et le scénario. La mise en place de la ZFE-m n'a donc aucun impact sur la superficie et les populations exposées au-delà de ces seuils.

Pour les seuils correspondant aux futures valeurs limites européennes :

Concernant le NO_2 , environ 7% de la population de la métropole serait exposée, en 2025 et sans ZFE-m, au-delà de cette future valeur limite. Le renforcement de la ZFE-m en 2030 permettrait de réduire ce pourcentage de population exposée à 3.5% si on interdit les classes Crit'Air 4 et 3.3% en interdisant les classes Crit 'Air 3.

Pour les PM_{10} , les populations en dépassement restent extrêmement faibles (26 habitants) et aucun des scénarios ne permet de baisser ce nombre d'habitants exposés.

Concernant les $\text{PM}_{2.5}$, en 2030, un tiers de la population de la métropole serait concernée par le dépassement de la future valeur limite ; le scénario P3 CA3 2030 permettrait de réduire cette population en dépassement de 17.6%, passant de 88 061 habitants (33% de la population de la métropole) à 72 590 habitants (27% de la population de la métropole).

Pour les recommandations OMS :

Concernant le NO_2 , la quasi-totalité de la population de la ZFEm (~97%) et environ 80% de la population de la métropole sont exposées au-delà de cette recommandation de l'OMS. Les scénarios étudiés ne permettent pas de réduire significativement, par rapport à leur fil de l'eau respectif, cette population en dépassement.

Pour les PM_{10} , les populations en dépassement restent faibles. Le scénario P3 CA3 2030 permet néanmoins de baisser de 10.9% la population exposée à ce seuil.

Concernant les $\text{PM}_{2.5}$, toute la population de la métropole est exposée au-delà de la recommandation OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle), quel que soit le scénario étudié. La ZFE-m n'a donc aucun impact sur ces seuils.

6. Annexes

6.1 Annexe 1 : 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.

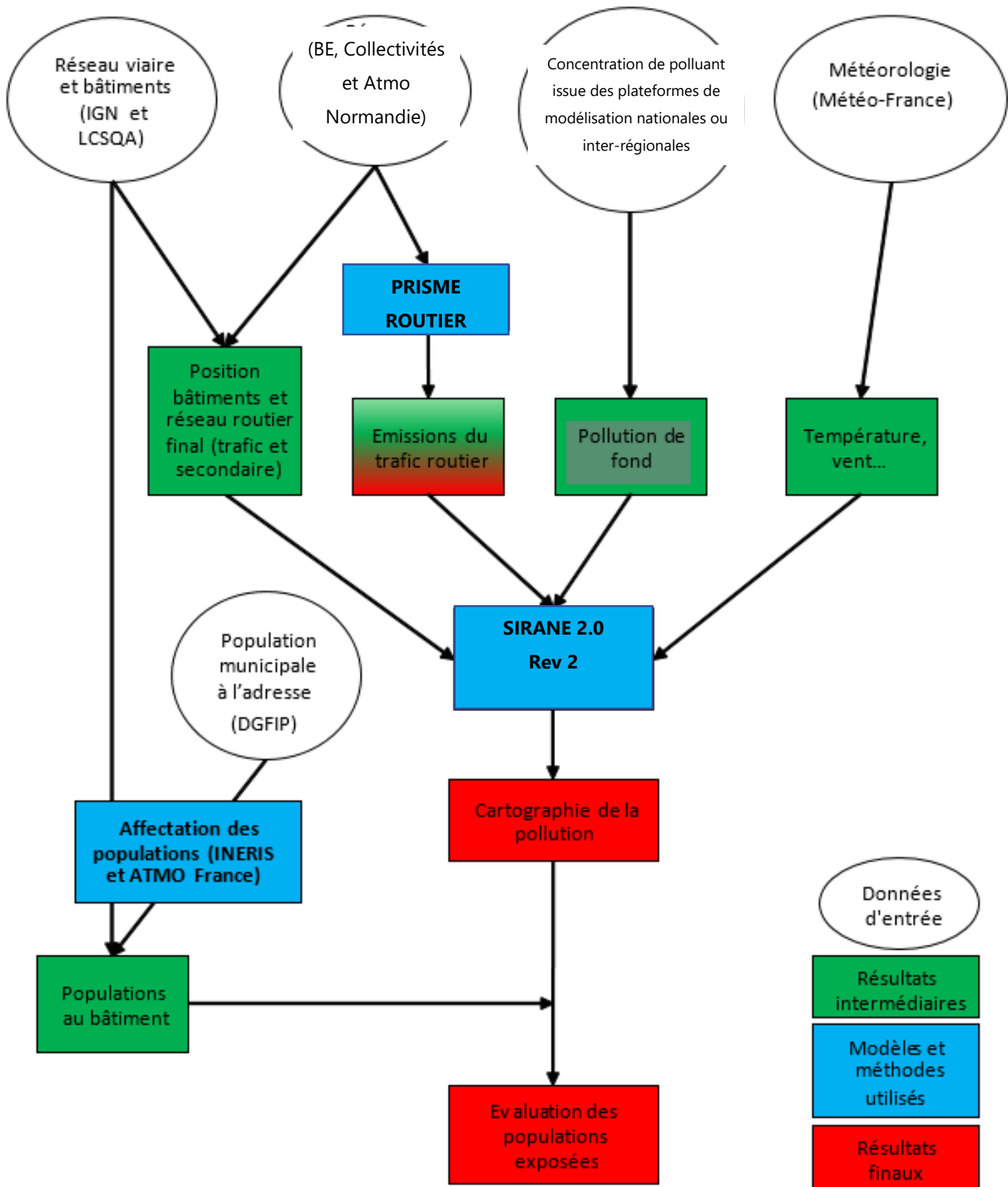
Le modèle SIRANE est un outil qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées des différents phénomènes. Il est donc adapté au traitement d'un grand nombre de rues avec un temps de calcul limité.

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. À 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.

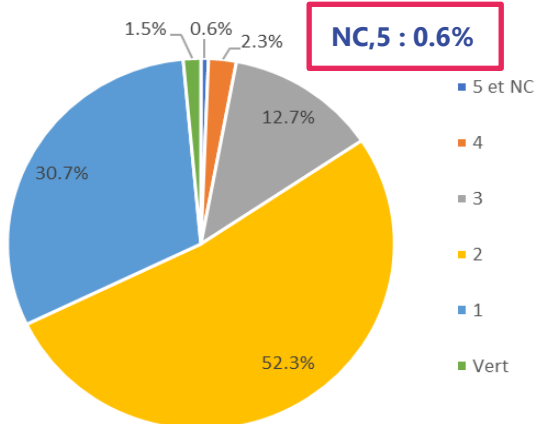
Logigramme synthétique de mise en œuvre d'une modélisation de la qualité de l'air à l'échelle urbaine.



6.2 Annexe 2 : Paramètres du modèle de trafic

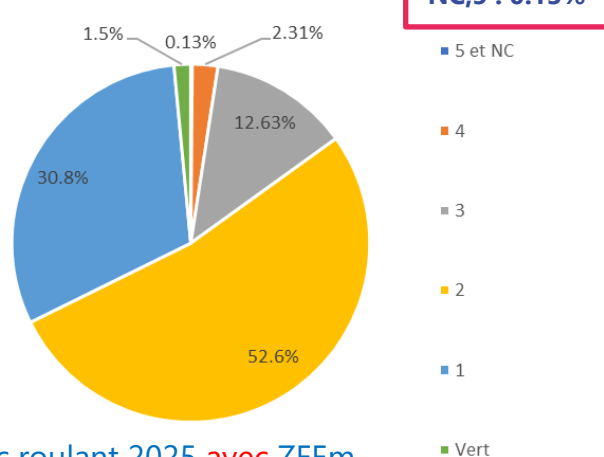
- Description du parc roulant pour le scénario 2025 sans (scénario FDL 2025) et avec ZFE-m (scénario P3 CA5 2025)

2025 - Tous véhicules - Global



Parc roulant 2025 sans ZFEm

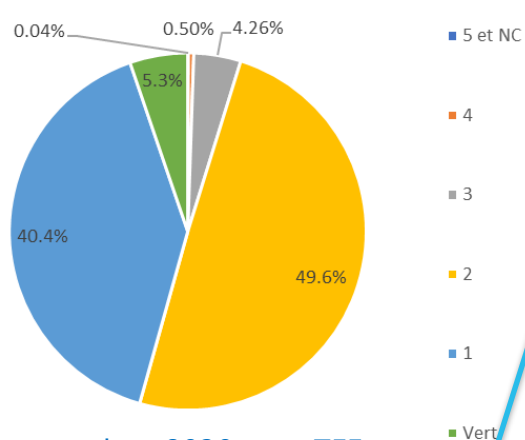
2025 - Tous véhicules - Global



Parc roulant 2025 avec ZFEm

- Description du parc roulant pour le scénario 2030 sans ZFE-m (scénario FDL 2030)

2030 - Tous véhicules - Global



Parc roulant 2030 sans ZFEm

NC,5,4 : 0.54%

NC,5,4,3 : 4.8%

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:

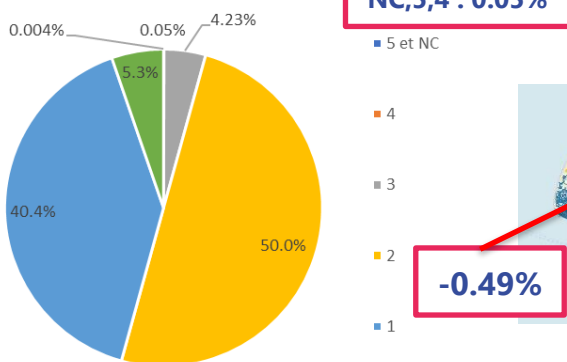
- Parcs prospectifs statique et roulant : MTECT-DGEC/Citepa version 2023 (scénario AME-2021)

- 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.

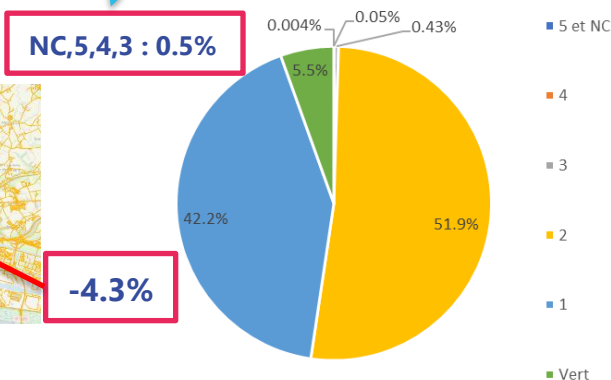
- Description du parc roulant pour les scénarios 2030 avec ZFE-m (scénario P3 CA4 2030 à gauche et scénario P3 CA3 2030 à droite)

2030 - Tous véhicules - Global



Parc roulant 2030 avec ZFEm
(scénario P3 CA4 2030)

2030 - Tous véhicules - Global



Parc roulant 2030 avec ZFEm
(scénario P3 CA3 2030)

-0.49%

-4.3%

6.3 Annexe 3 : 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 labelling⁴ 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) fourni 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 AASQA 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.

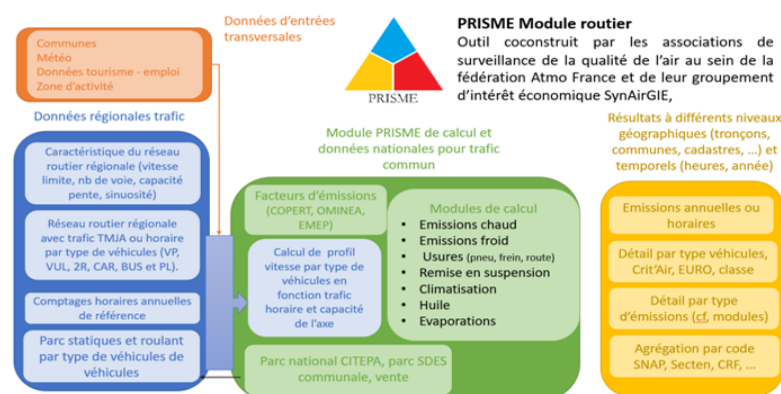


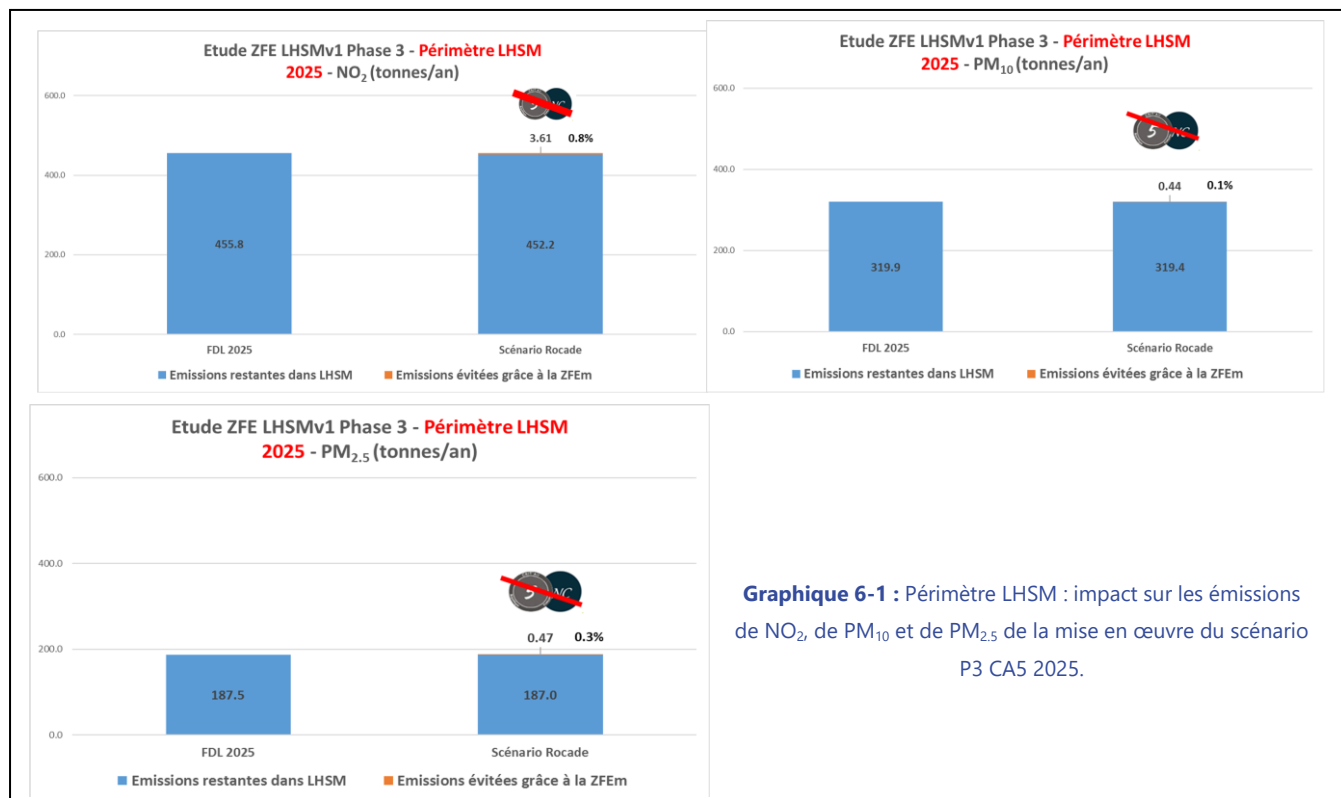
Figure 1 : schéma simplifié du module de calcul PRISME

Logigramme méthodologique de calcul des émissions des transports routiers.

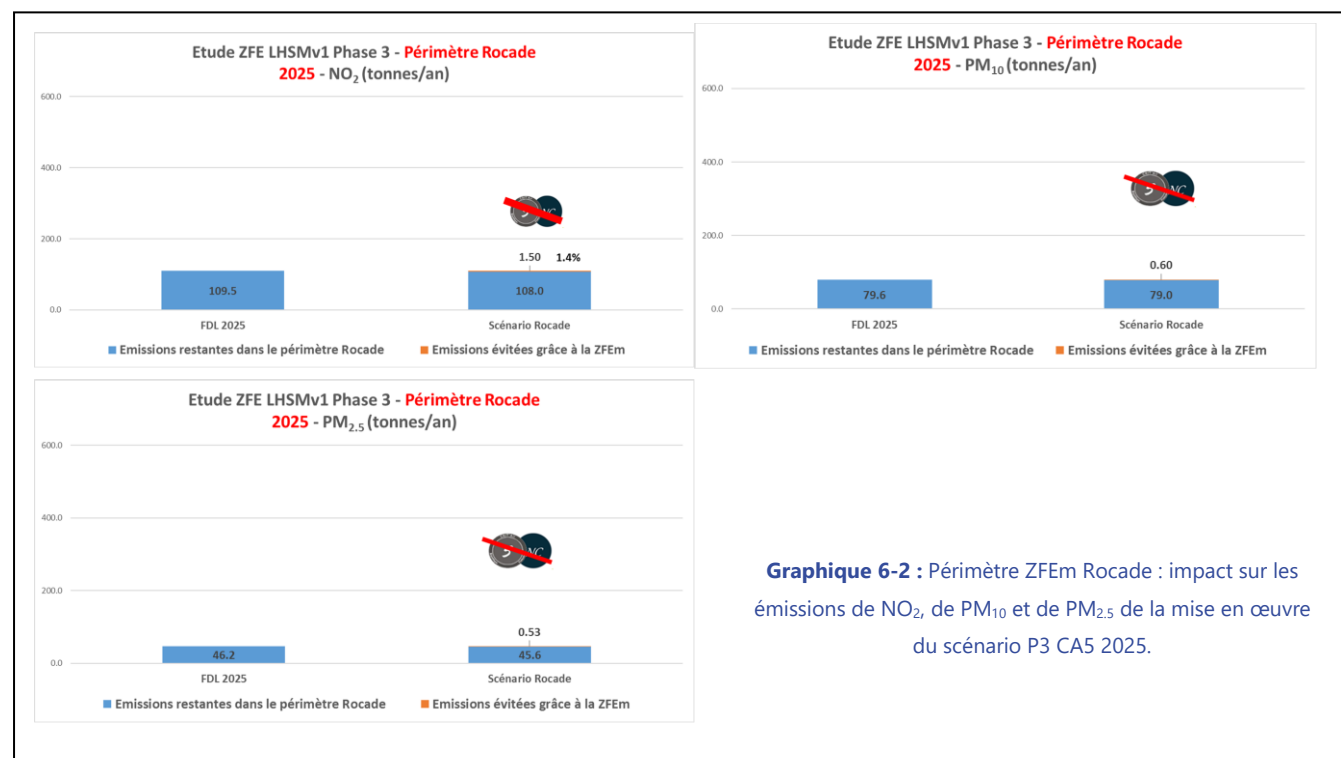
⁴ « Car labelling » est utilisé dans le cadre des actions mises en œuvre en Europe pour le respect de la directive européenne n°1999/94/CE du 13 décembre 1999. Cette dernière, transposée en droit français par le Décret n° 2002-1508 du 23 décembre 2002 est à l'origine de la mission de l'ADEME consistant à éditer les informations relatives à l'étiquetage énergie/CO₂ des véhicules particuliers neufs mis sur le marché chaque année. <http://carlabelling.ademe.fr>

6.4 Annexe 4 : Atlas cartographique

6.4.1 Résultats du scénario P3 CA5 2025 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5 sur le périmètre P3 rocade (mise en place éventuelle 1/1/2025)

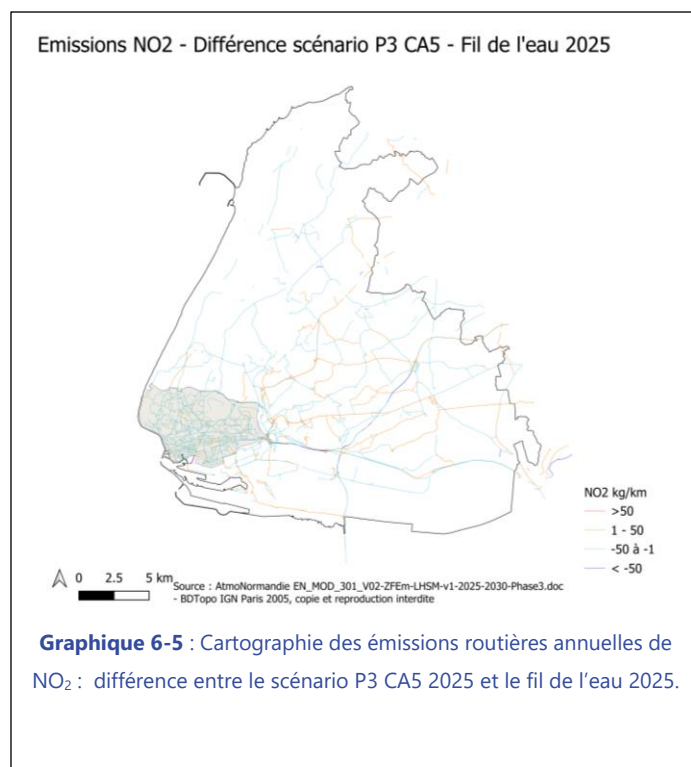
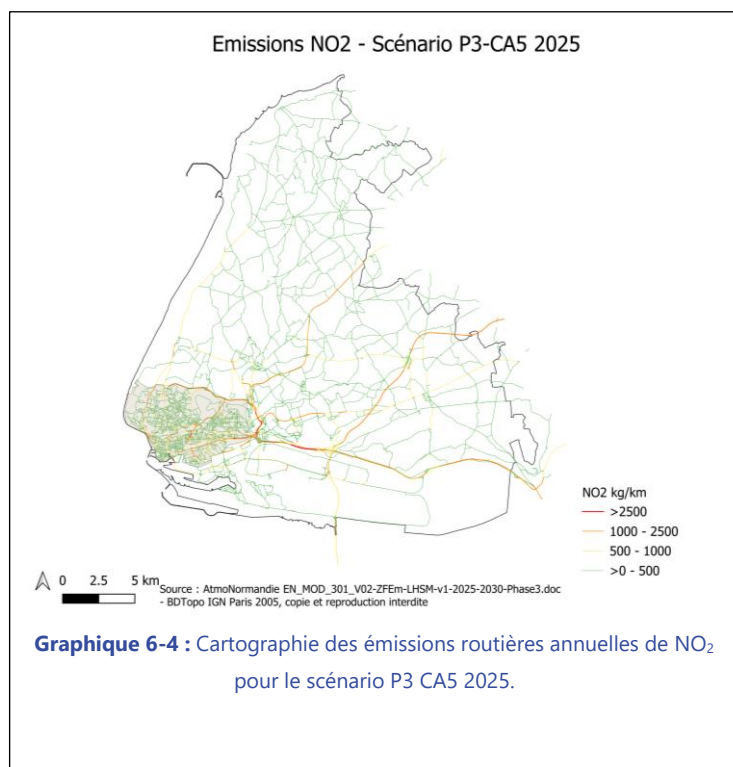
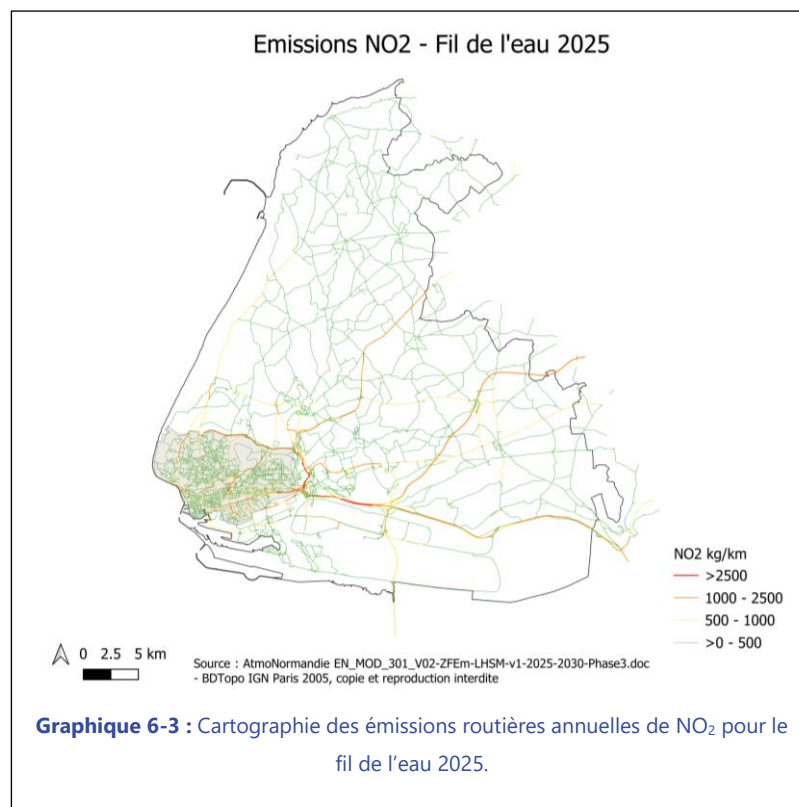


Graphique 6-1 : Périmètre LHSM : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre du scénario P3 CA5 2025.

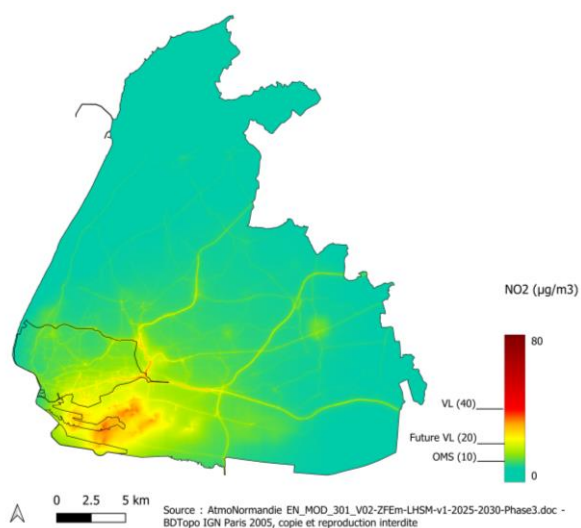


Graphique 6-2 : Périmètre ZFE-m Rcade : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre du scénario P3 CA5 2025.

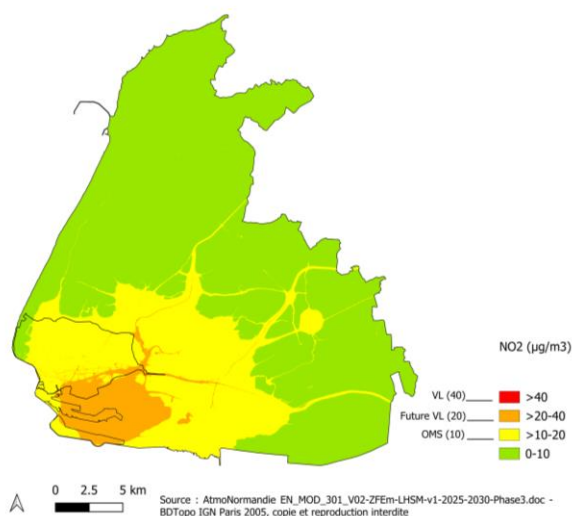
NO₂



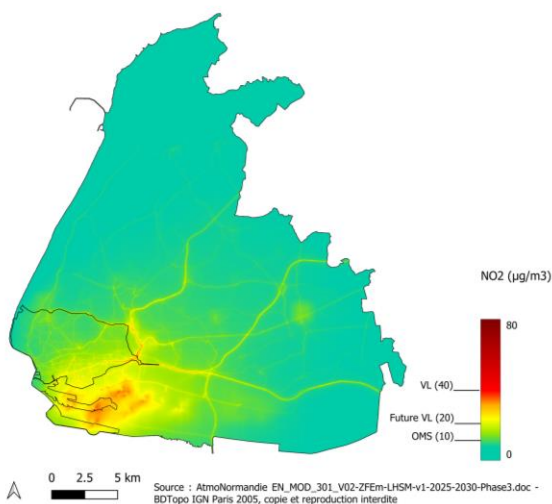
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



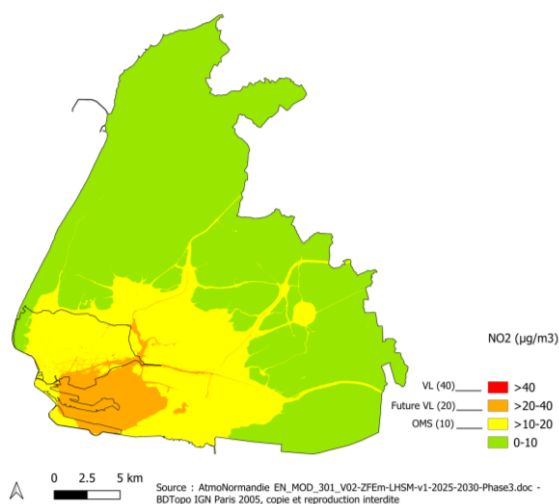
Moyenne annuelle NO2 - Fil de l'eau 2025



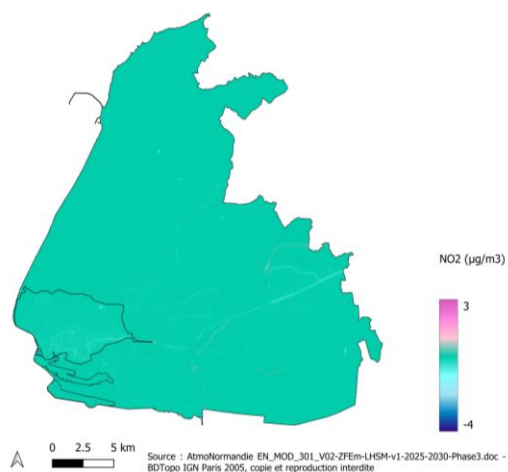
Moyenne annuelle NO2 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle NO2 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle NO2 - Différence scénario P3 CA5 - fil de l'eau 2025



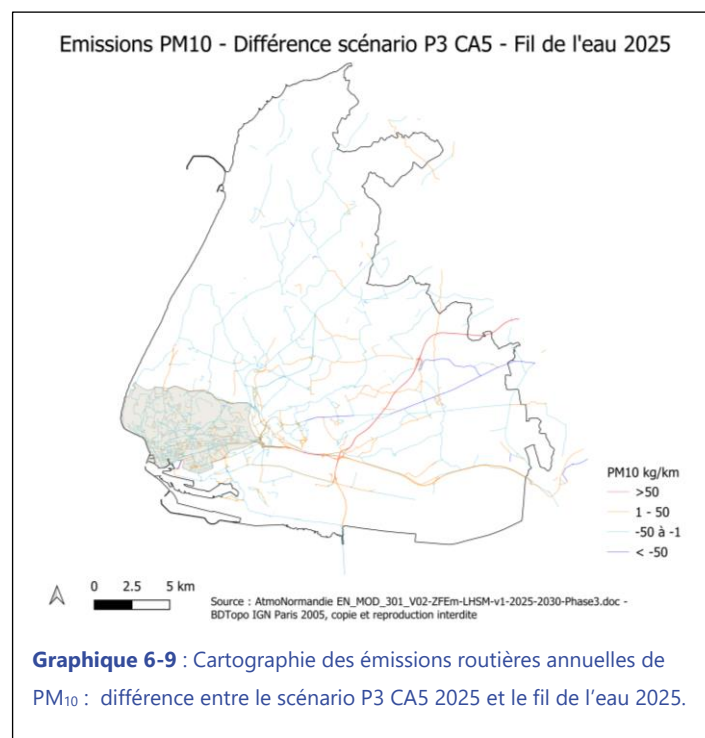
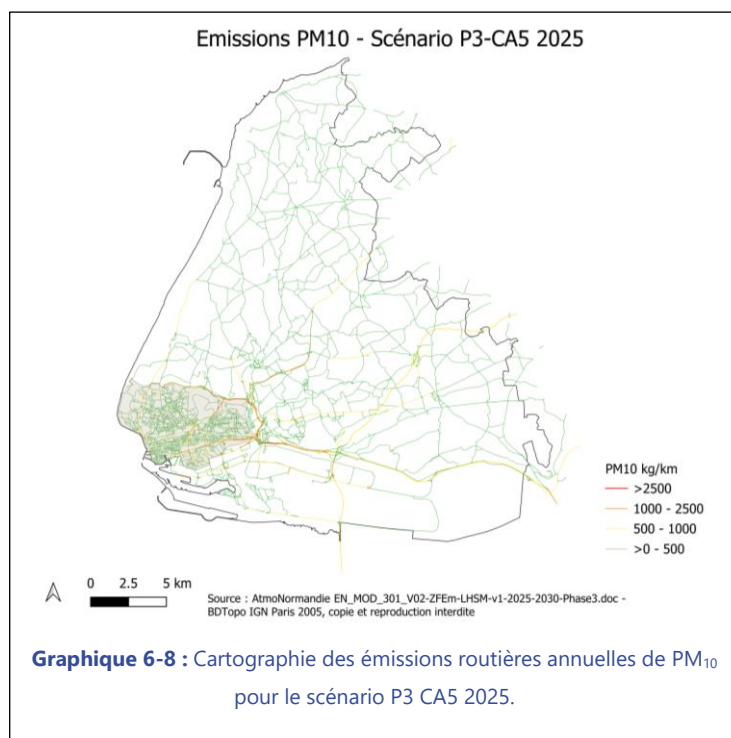
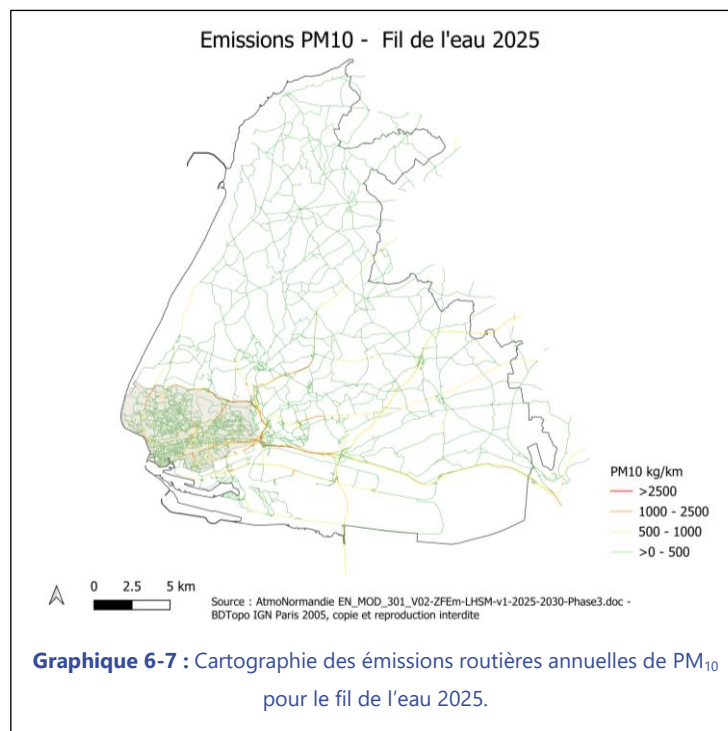
Graphique 6-6 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂

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

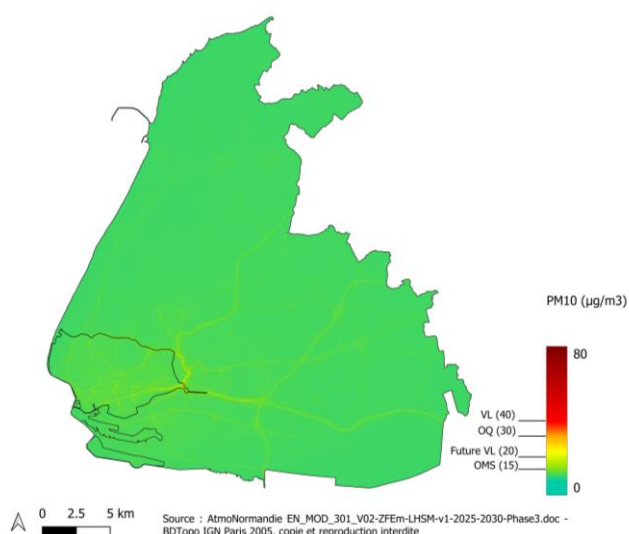
Pour le scénario P3 CA5 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA5 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

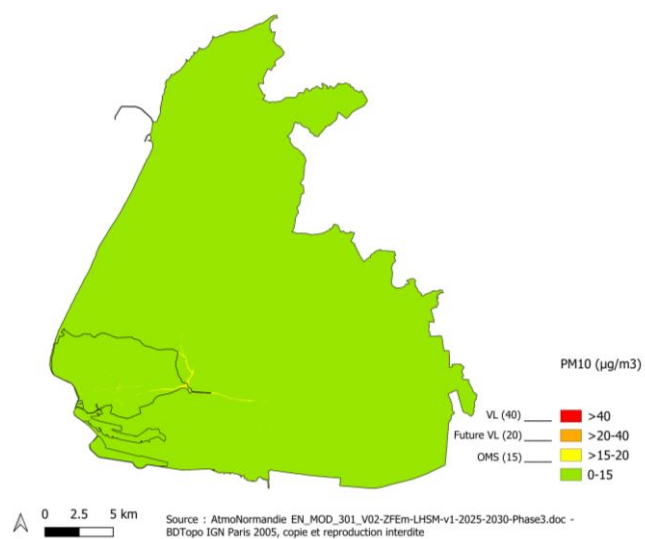
PM₁₀



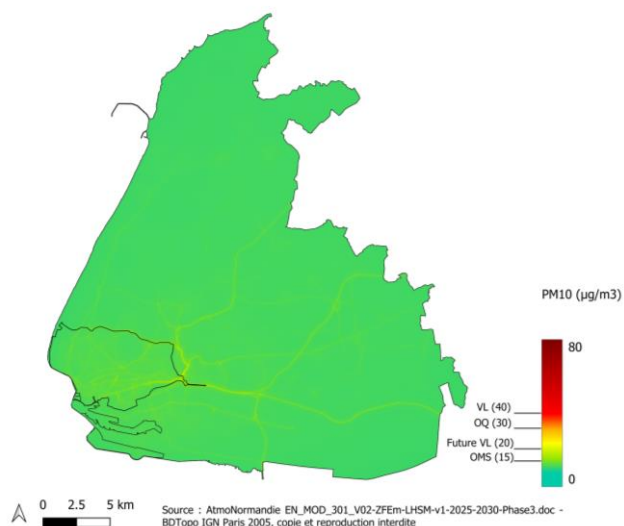
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



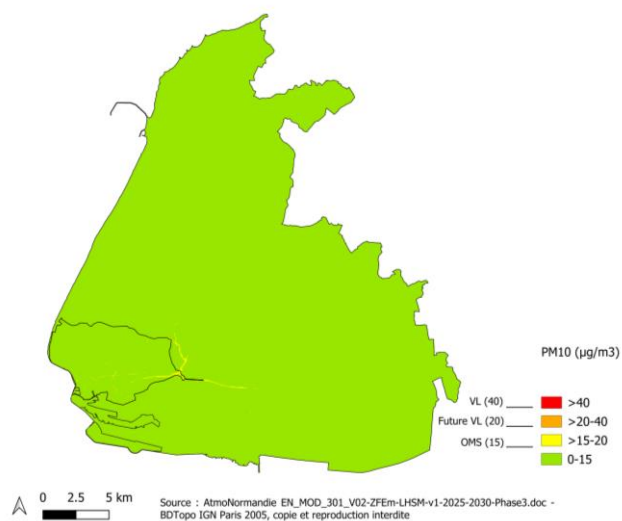
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2025



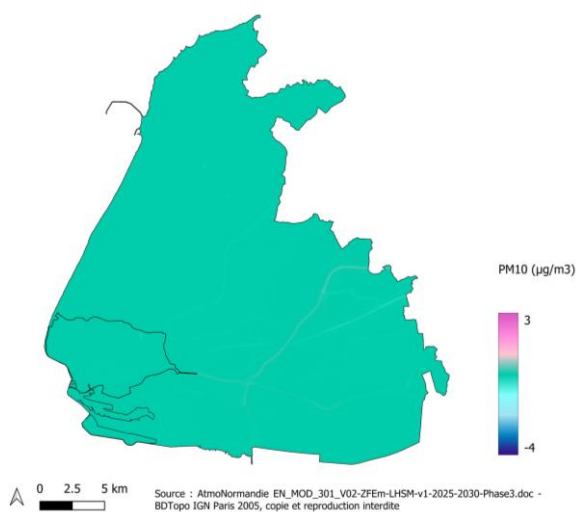
Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA5 - fil de l'eau 2025



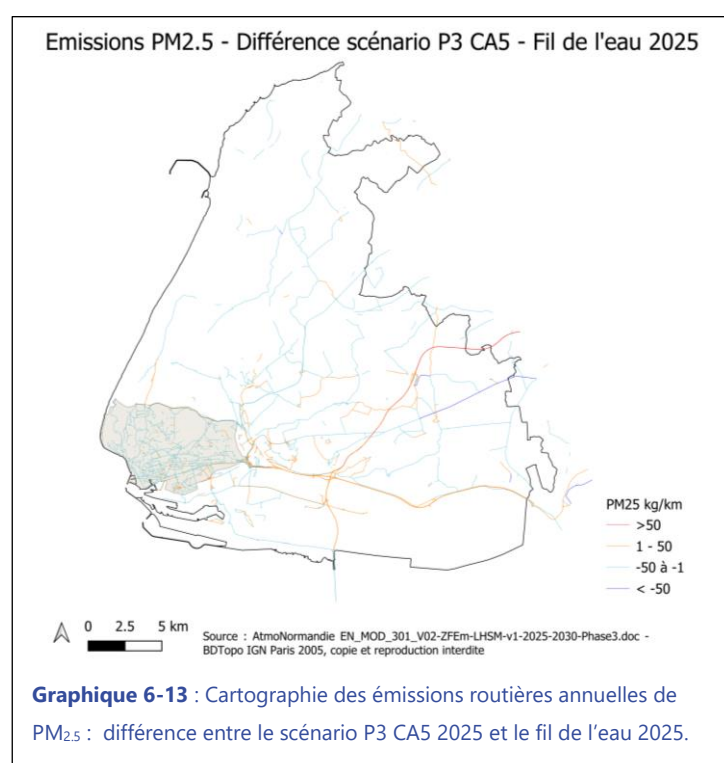
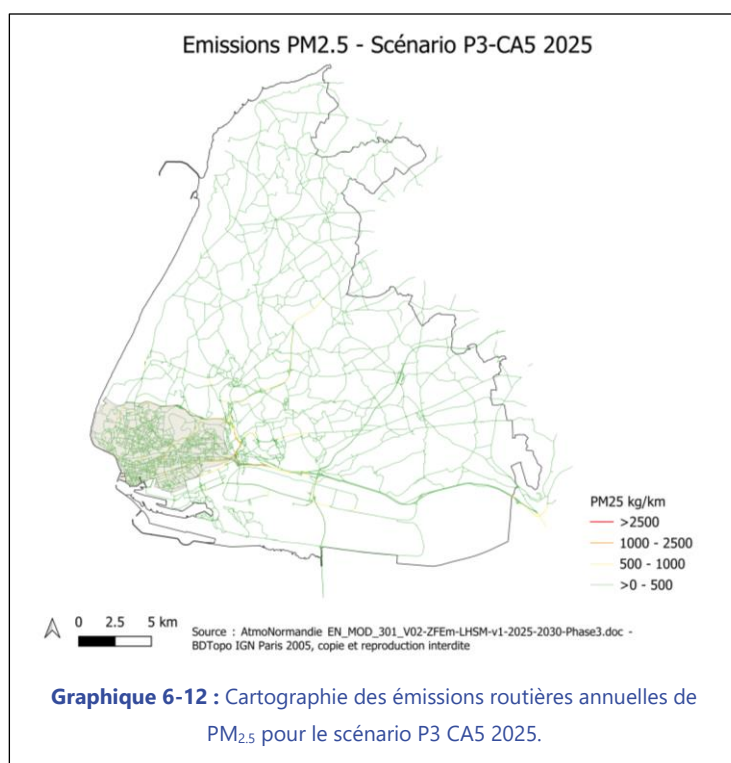
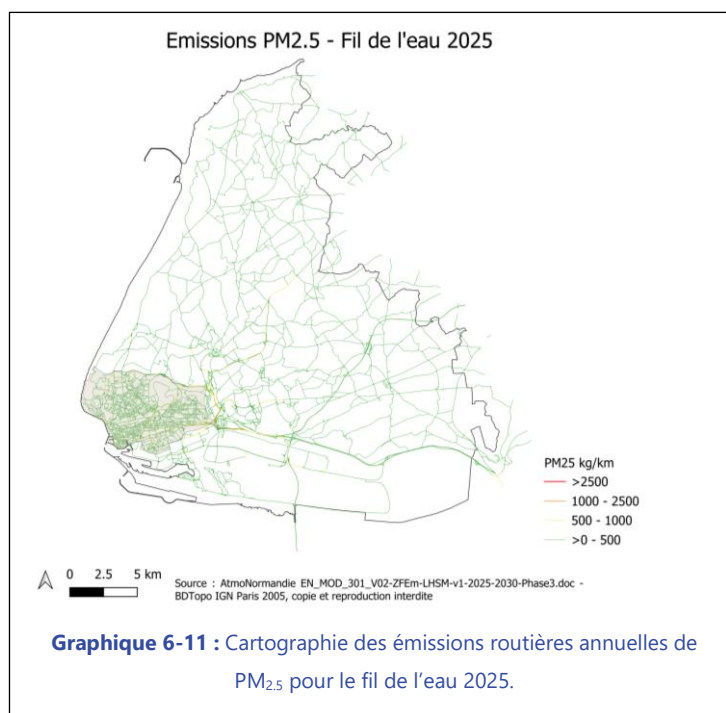
Graphique 6-10 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM₁₀

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

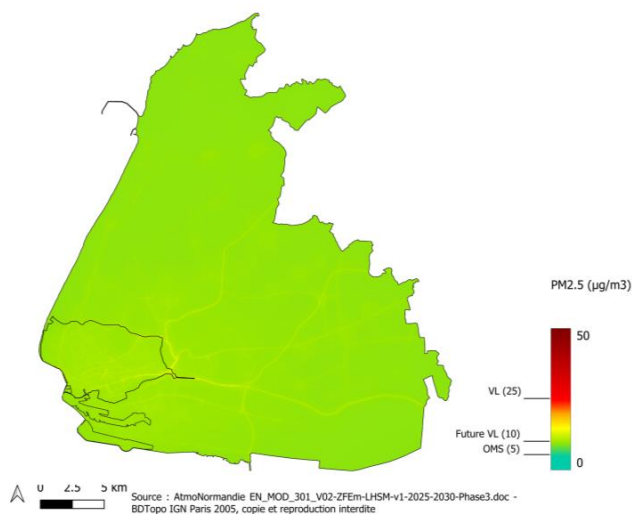
Pour le scénario P3 CA5 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA5 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

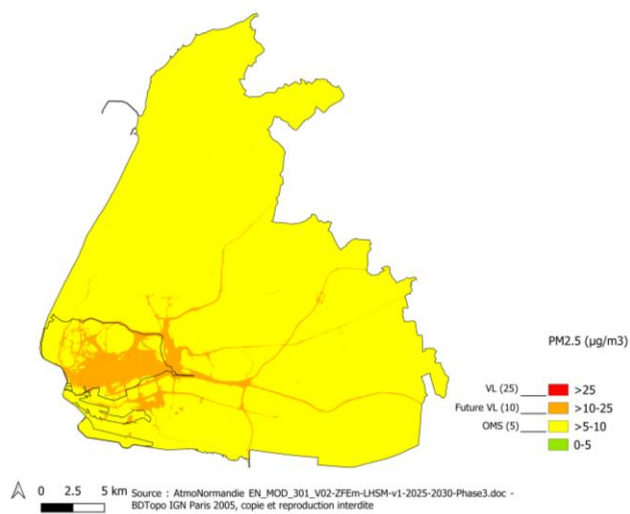
PM_{2.5}



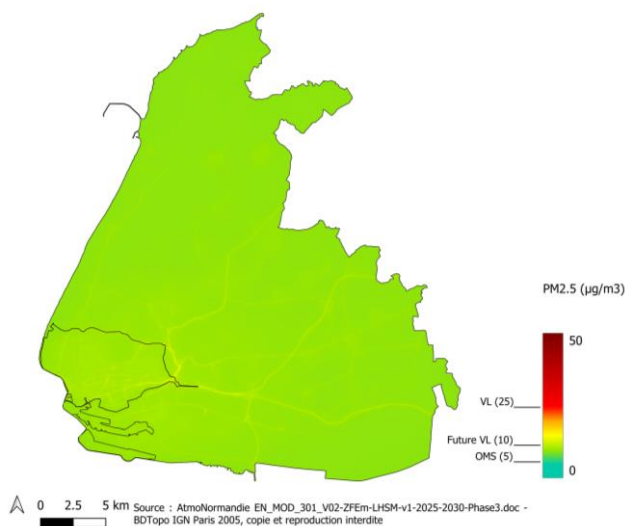
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



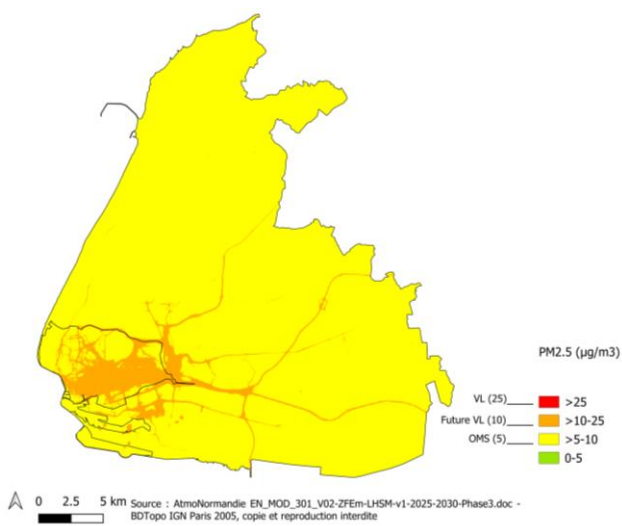
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2025



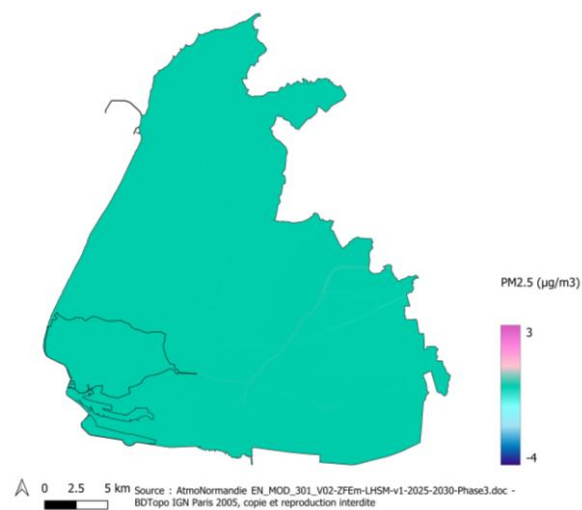
Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA5 2025



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA5 - 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/OMS)

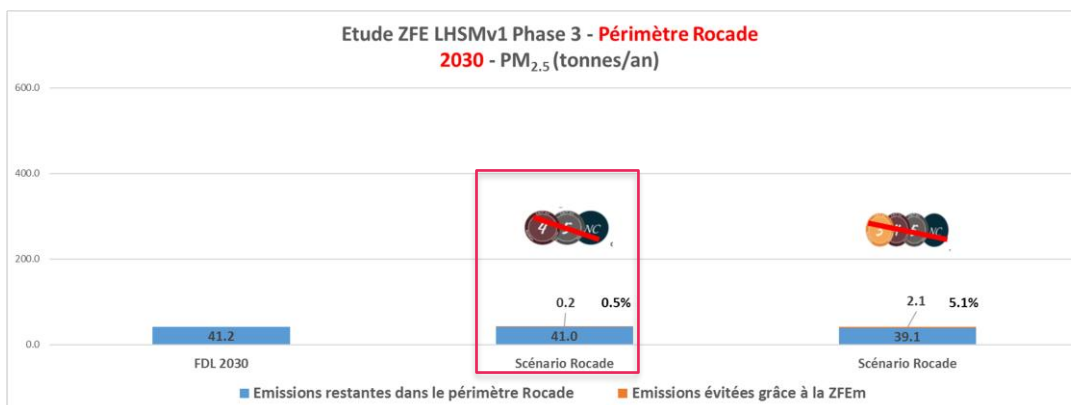
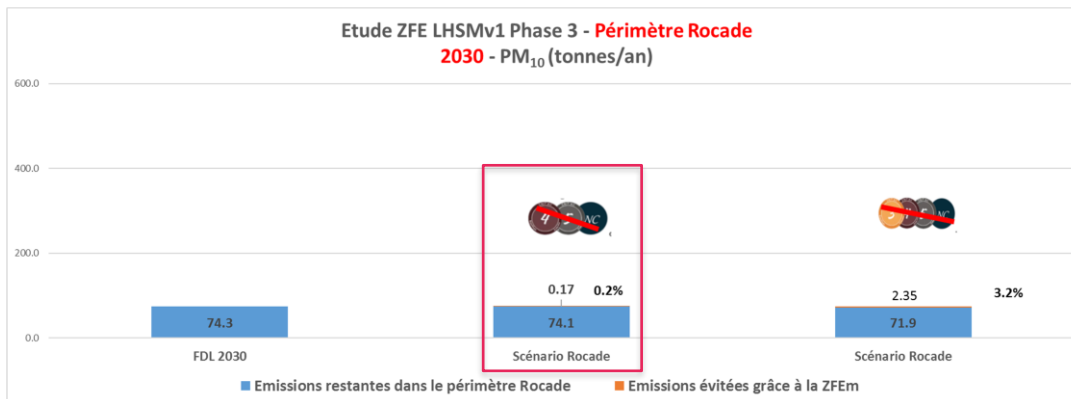
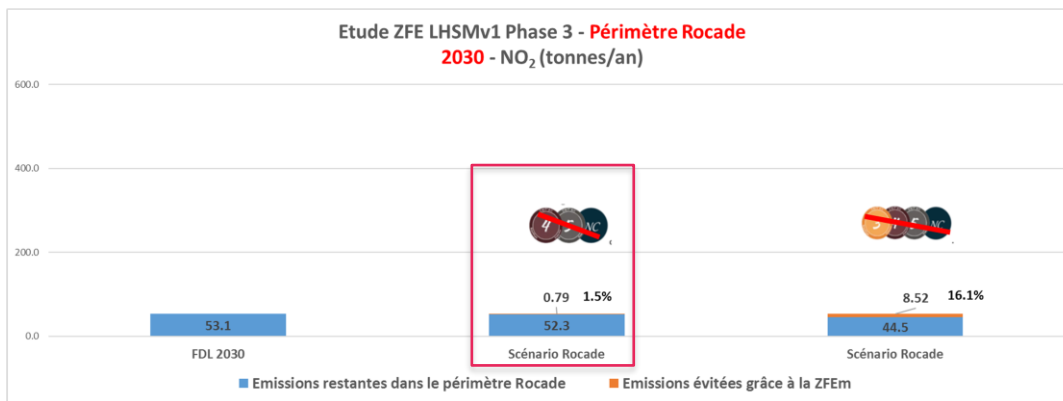
Pour le scénario P3 CA5 2025 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA5 2025 et le fil de l'eau 2025 en bas à gauche

6.4.2 Résultats du scénario P3 CA4 2030 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4 sur le périmètre P3 rocade (mise en place éventuelle 1/1/2030)

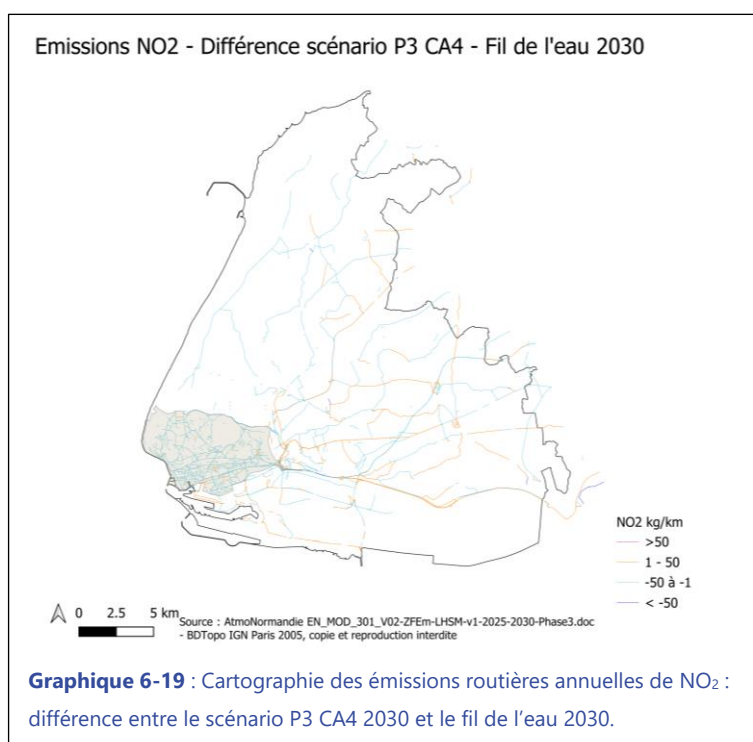
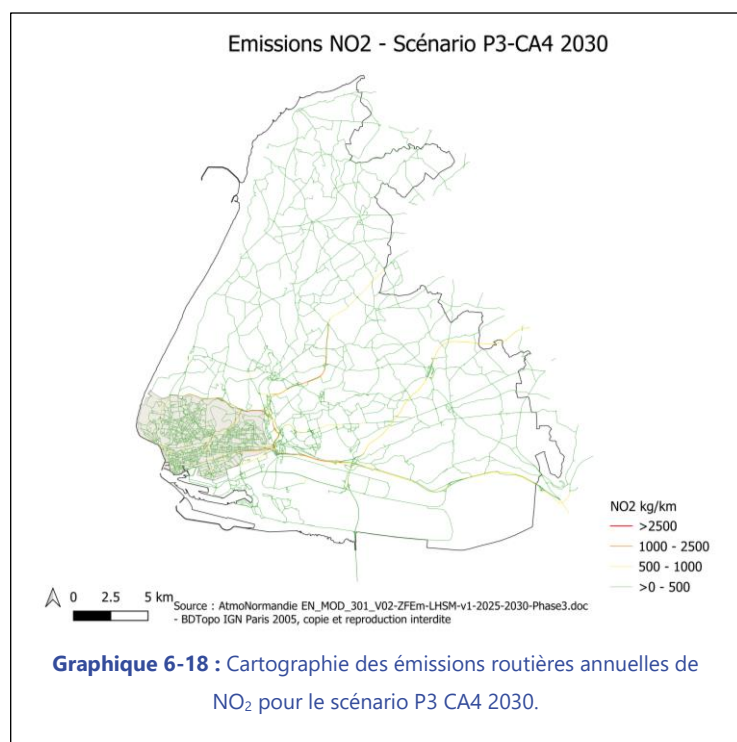
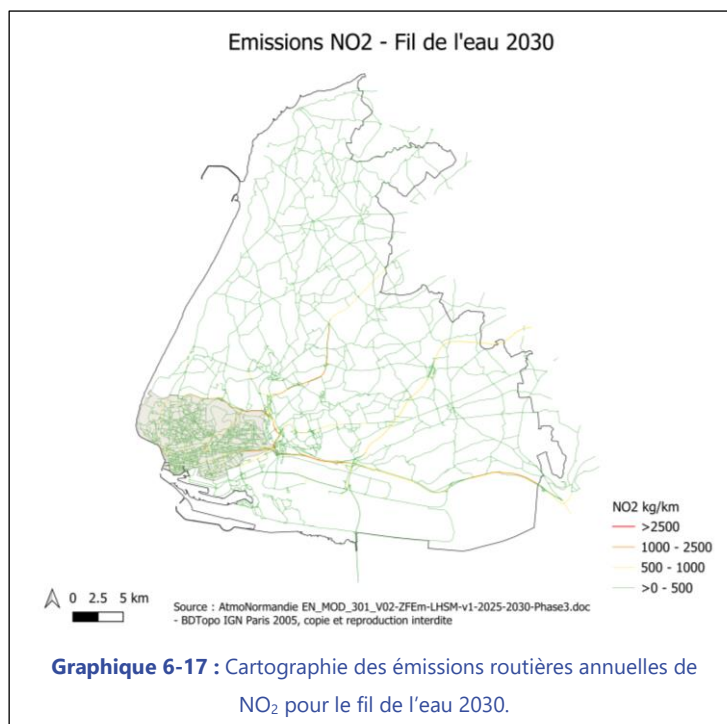


Graphique 6-15 : Périmètre LHSM : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre du scénario P3 CA4 2030.

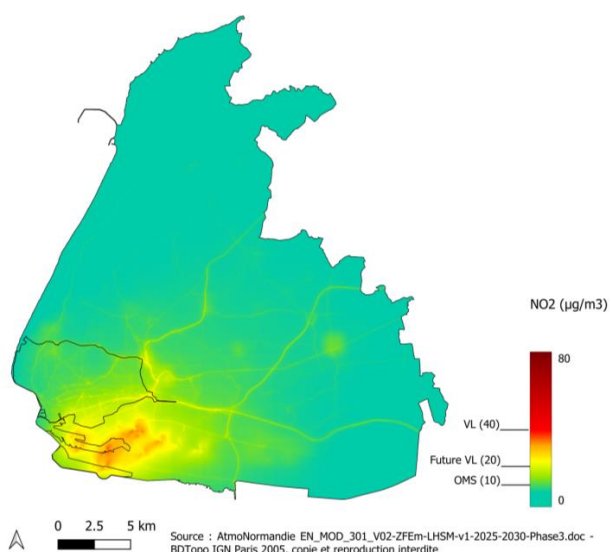


Graphique 6-16 : Périmètre ZFEm Rode : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre du scénario P3 CA4 2030.

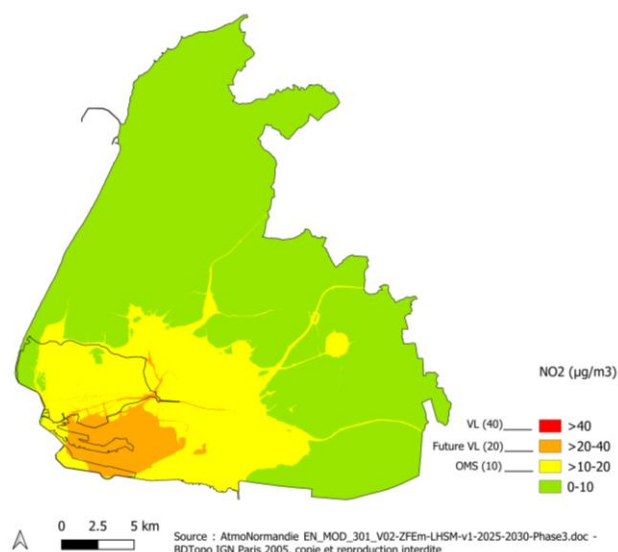
NO₂



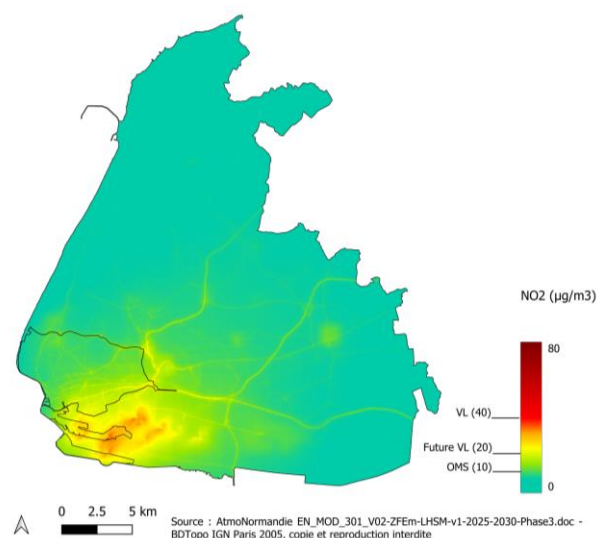
Moyenne annuelle NO₂ - Fil de l'eau 2030



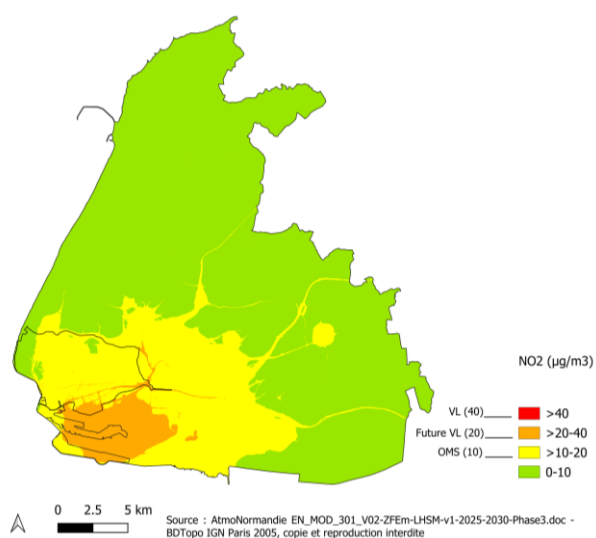
Moyenne annuelle NO₂ - Fil de l'eau 2030



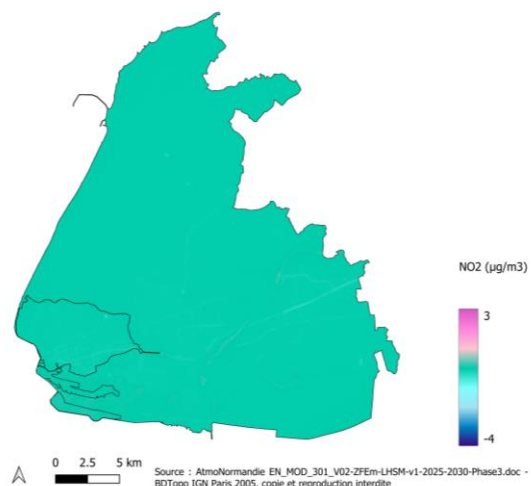
Moyenne annuelle NO₂ - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle NO₂ - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle NO₂ - Différence scénario P3 CA4 - fil de l'eau 2030



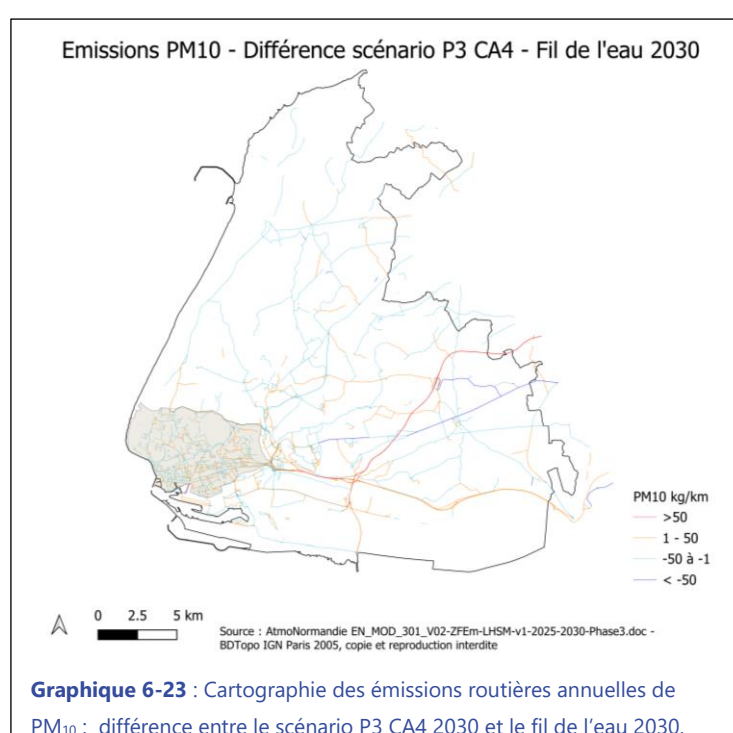
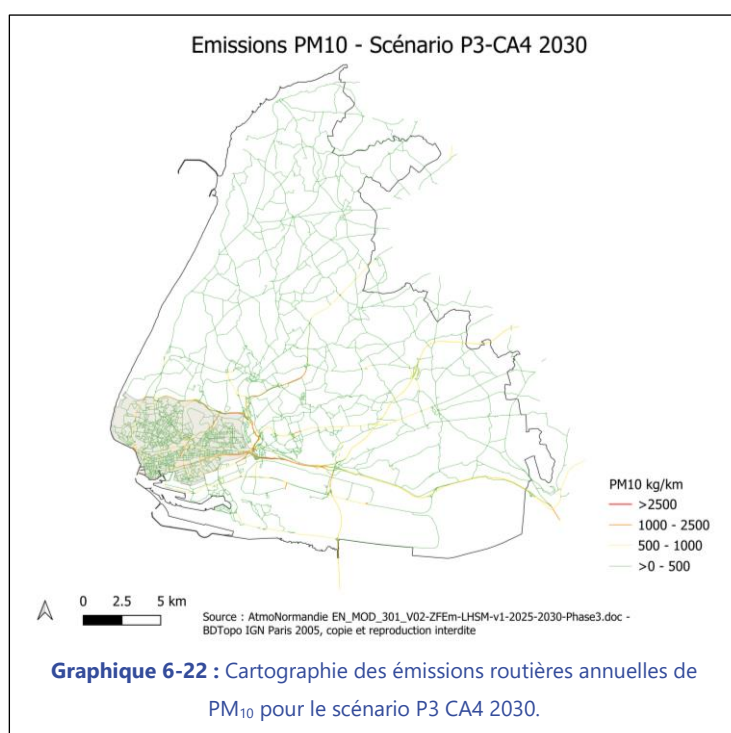
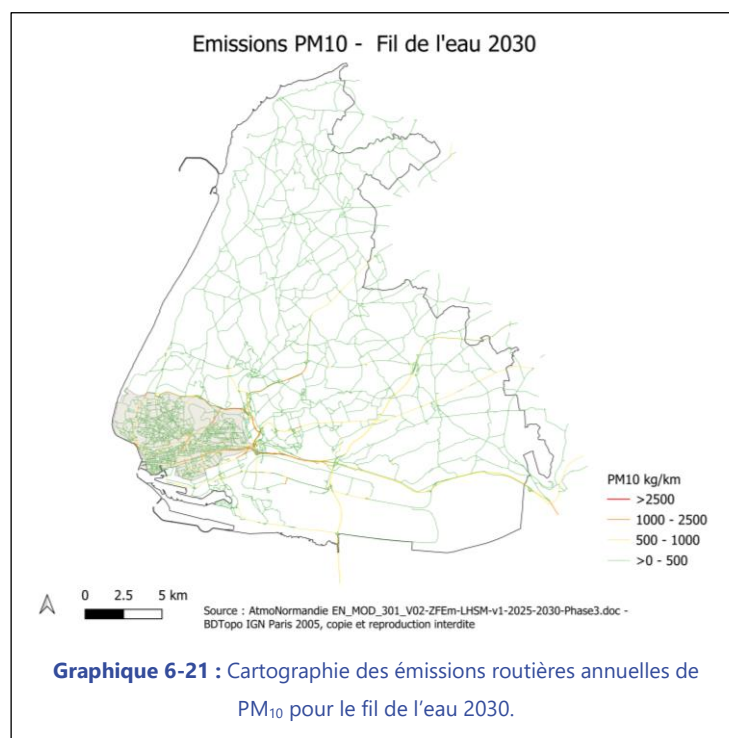
Graphique 6-20 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂

Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

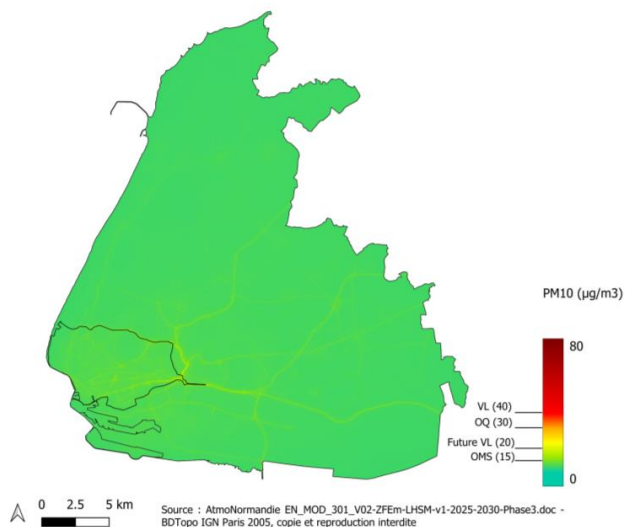
Pour le scénario P3 CA4 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA4 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche

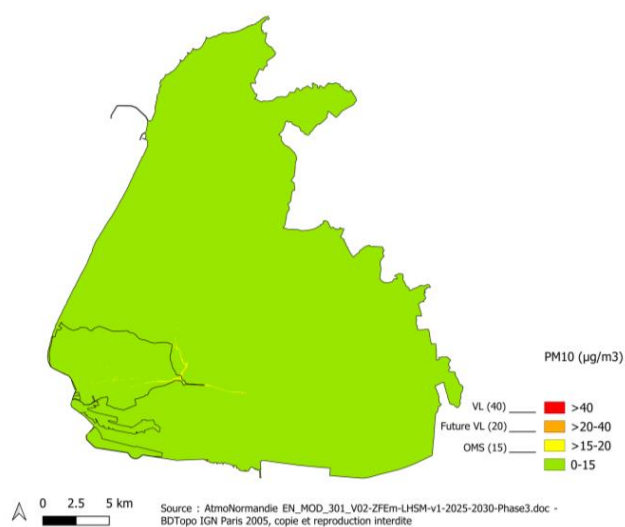
PM₁₀



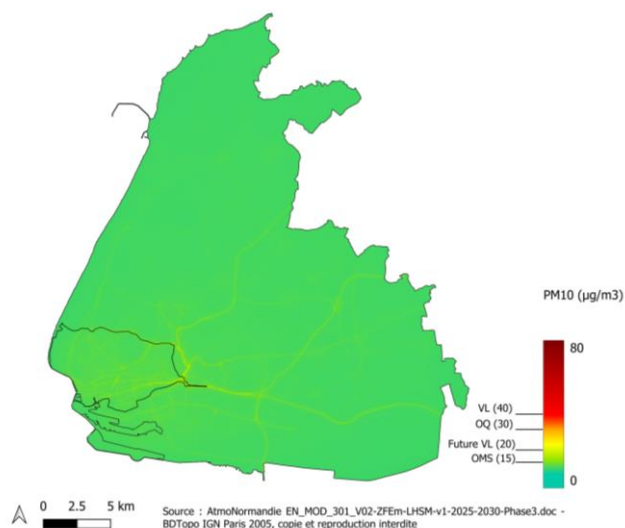
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2030



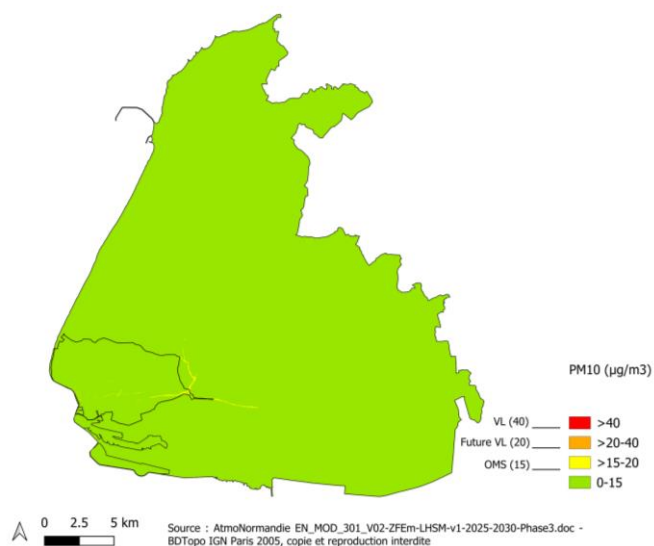
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2030



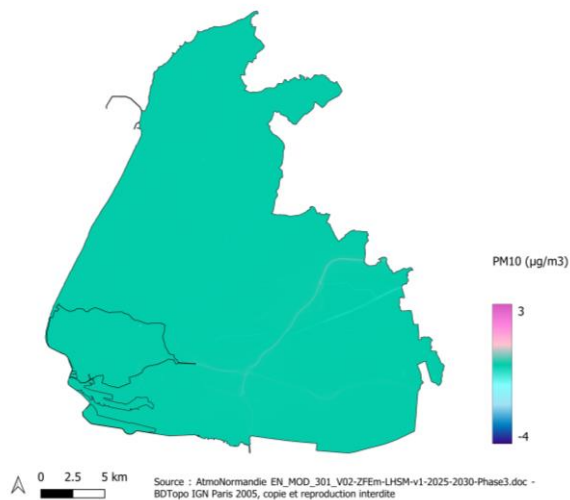
Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA4 - fil de l'eau 2030



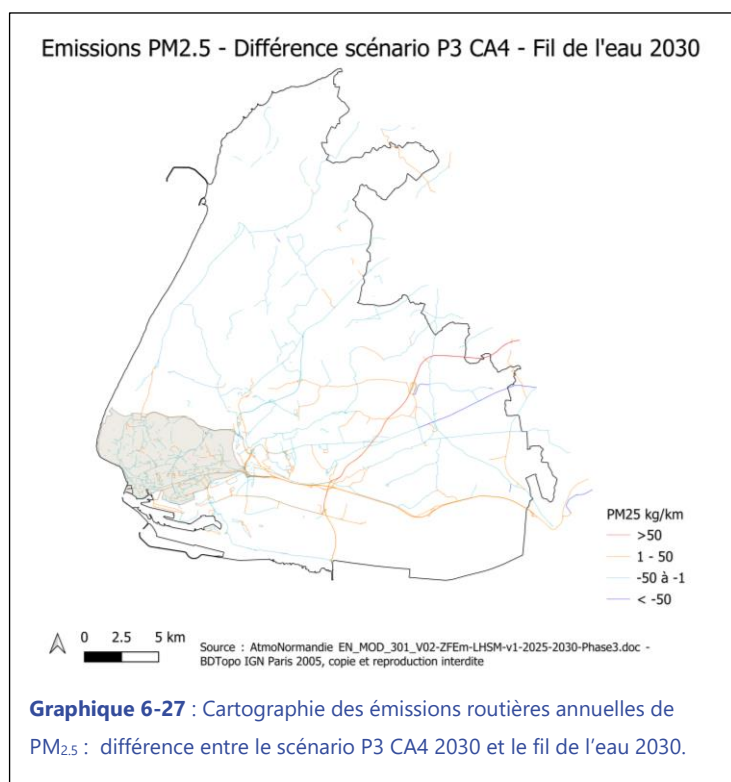
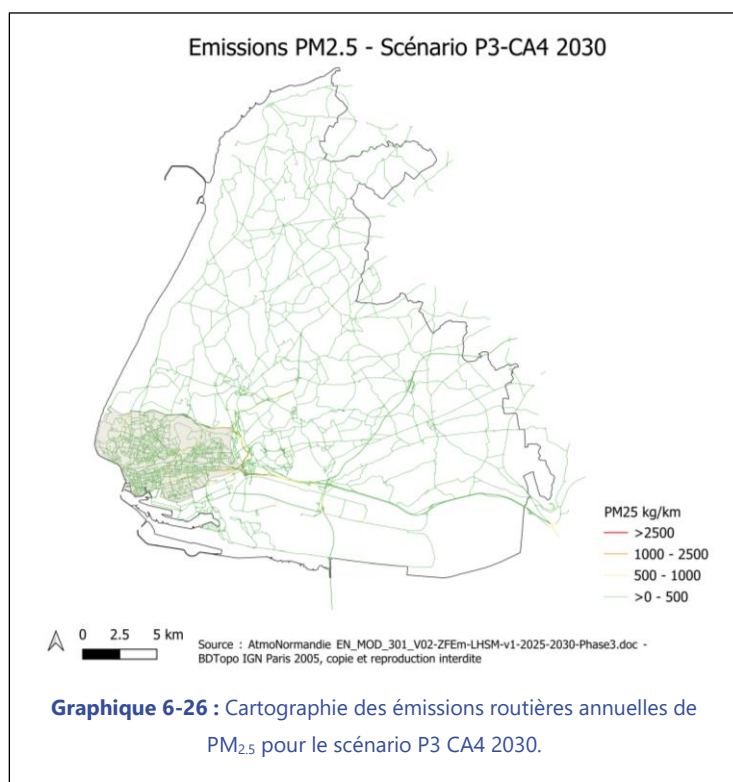
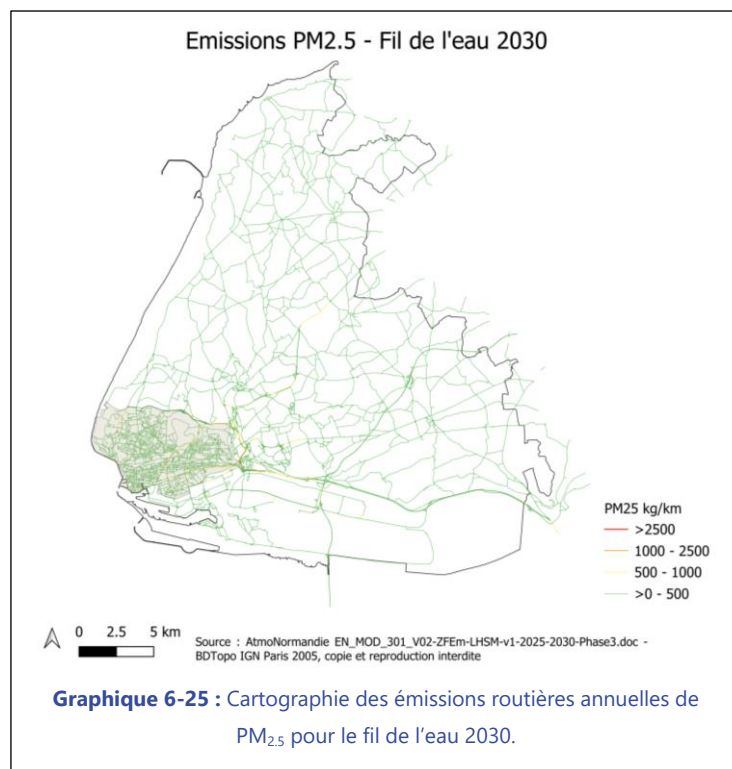
Graphique 6-24 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM₁₀

Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

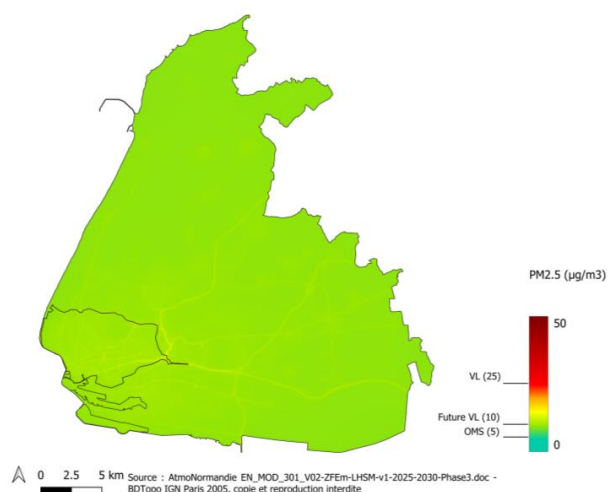
Pour le scénario P3 CA4 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA4 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche

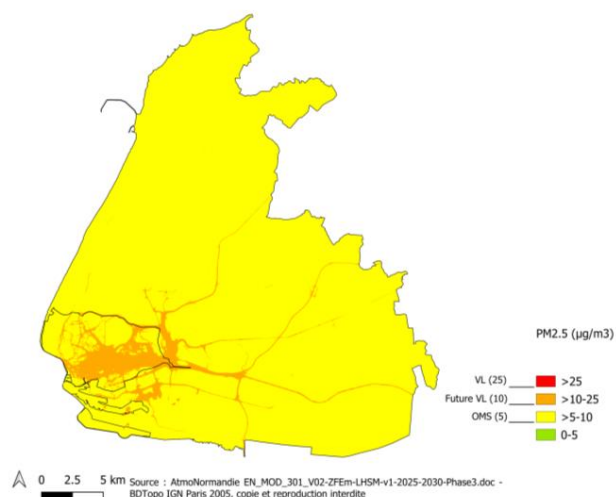
PM_{2.5}



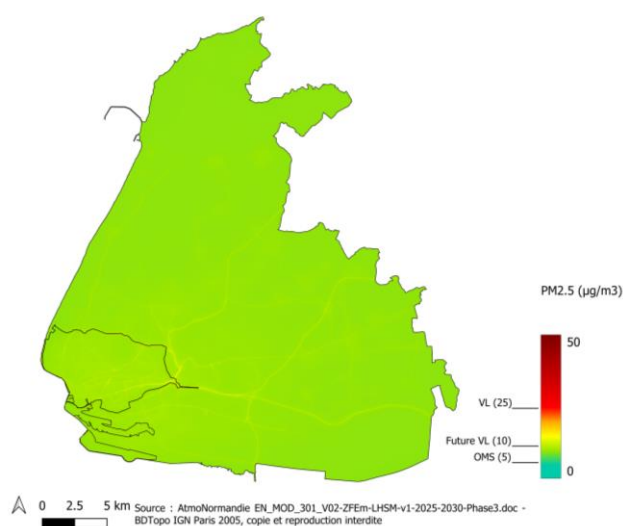
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2030



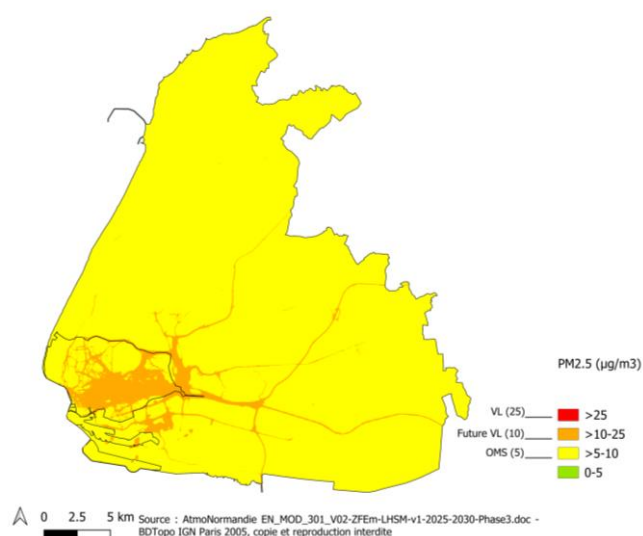
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2030



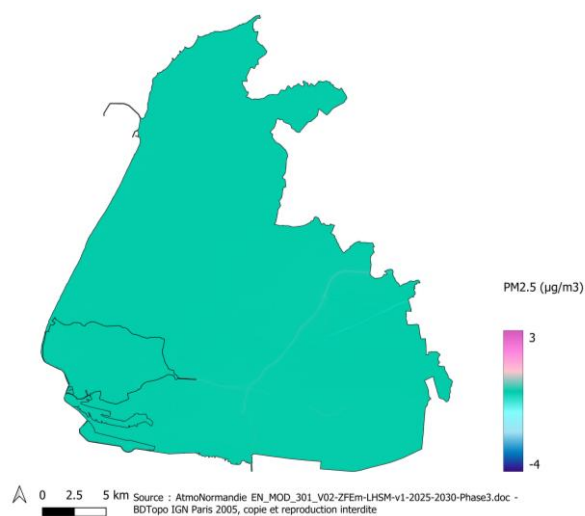
Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA4 - fil de l'eau 2030



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

Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

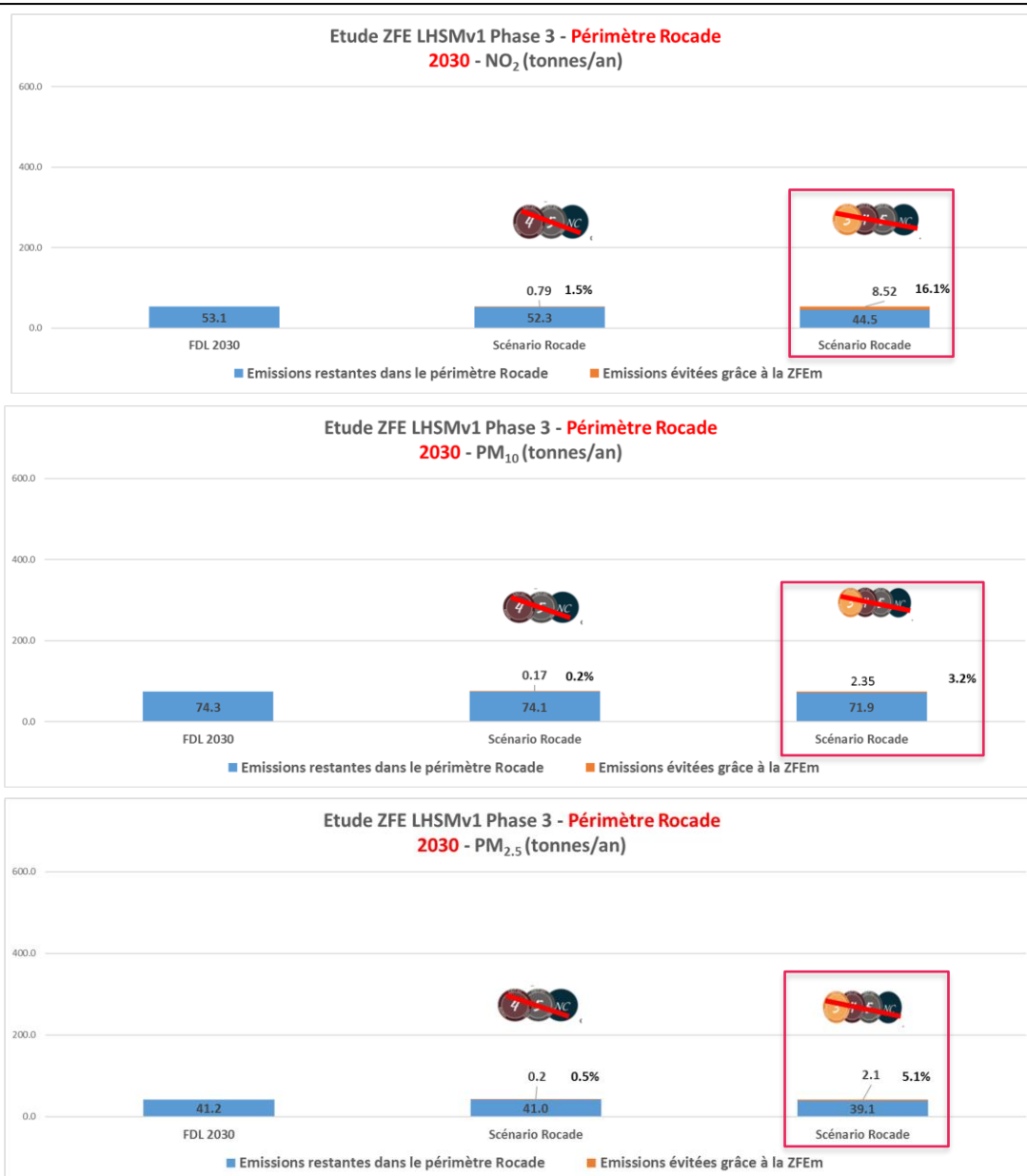
Pour le scénario P3 CA4 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA4 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche

6.4.3 Résultats du scénario P3 CA3 2030 : mise en œuvre d'une ZFE-m avec interdiction tous véhicules Crit'air NC/5/4/3 sur le périmètre P3 rocade

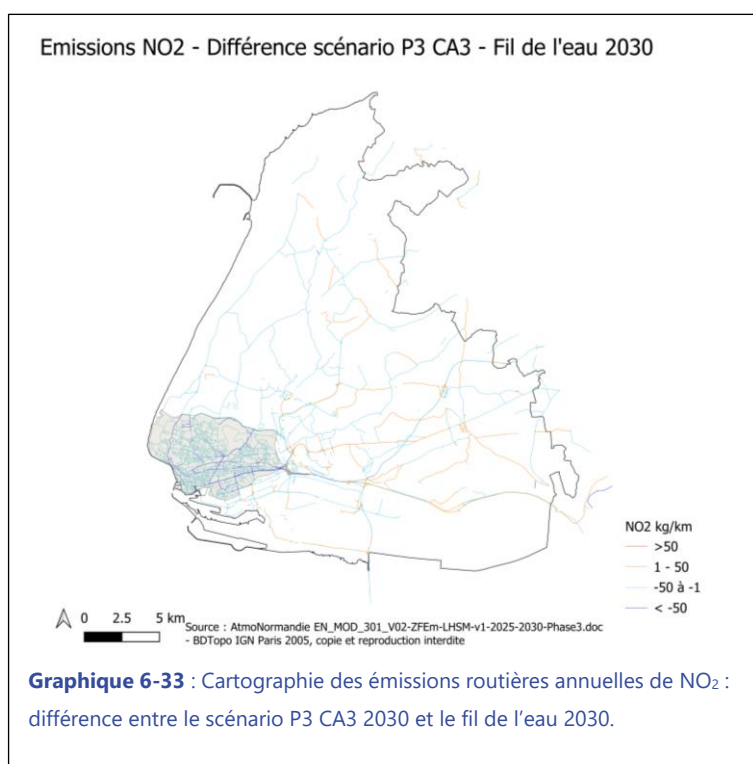
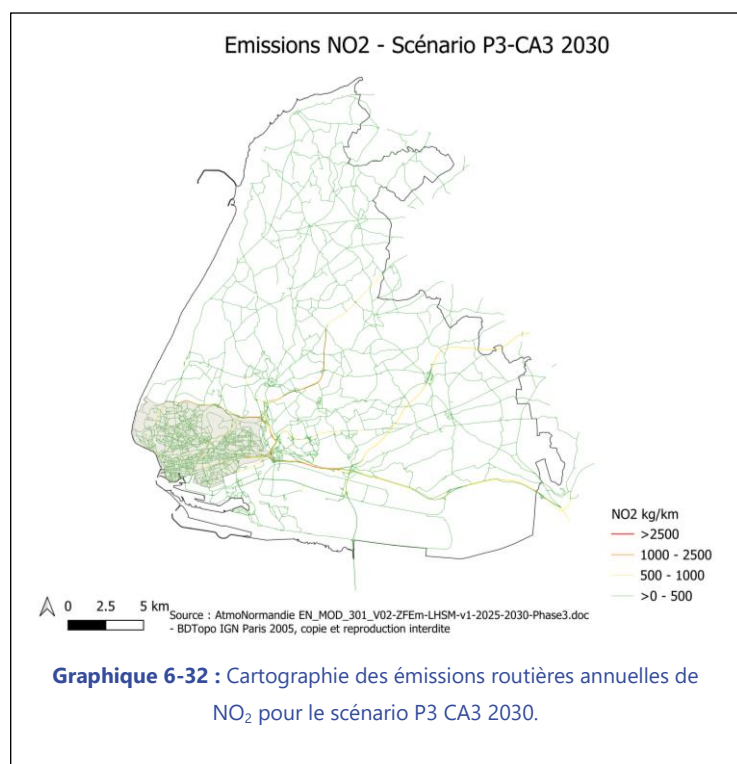
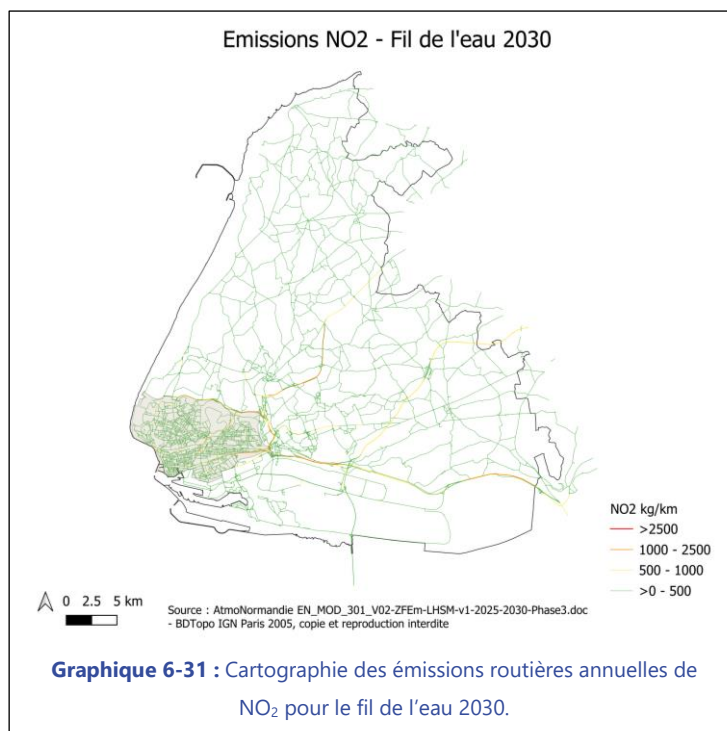
Mise en place éventuelle : 01/01/2030



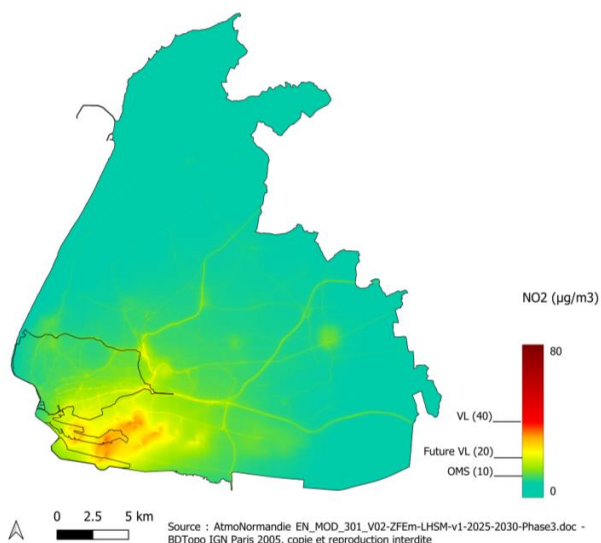


Graphique 6-30 : Périmètre ZFEm Rode : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre du scénario P3 CA3 2030.

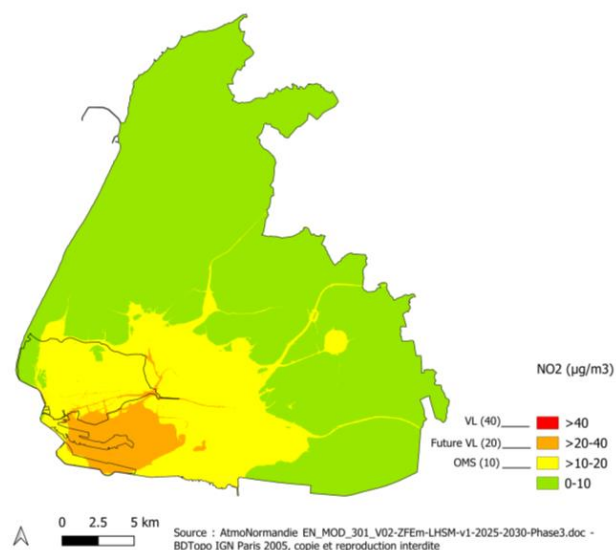
NO₂



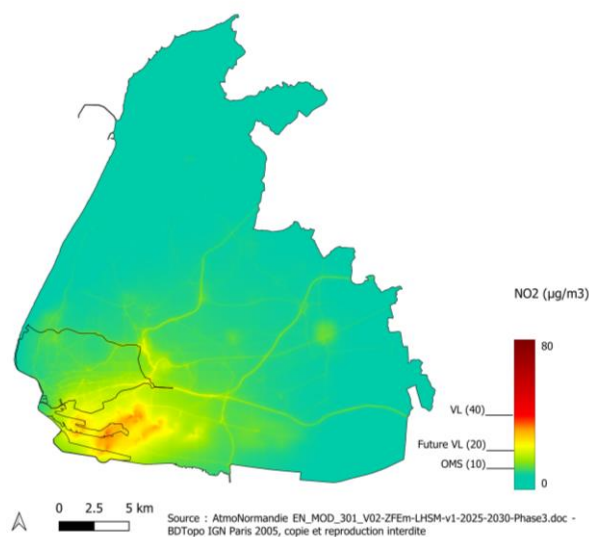
Moyenne annuelle NO₂ - Fil de l'eau 2030



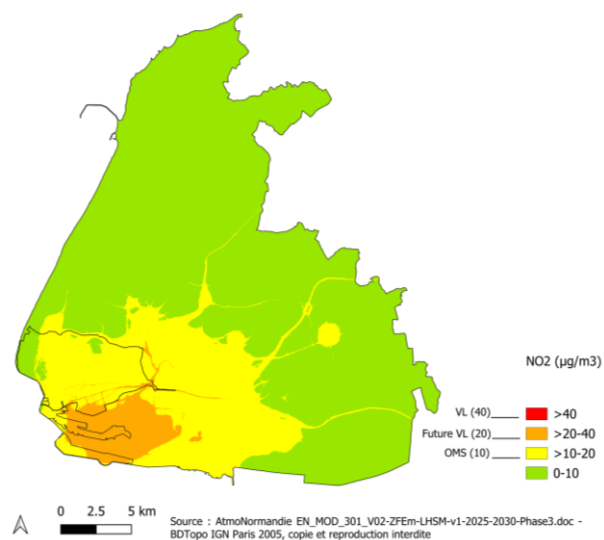
Moyenne annuelle NO₂ - Fil de l'eau 2030



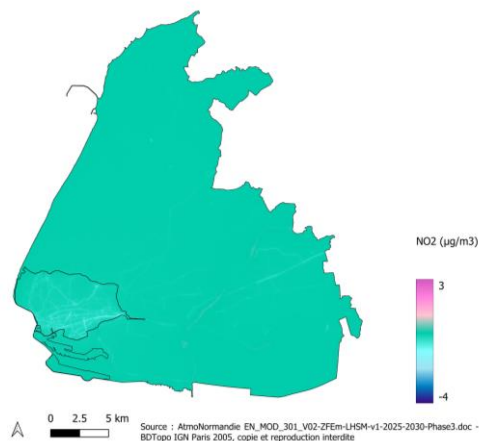
Moyenne annuelle NO₂ - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle NO₂ - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle NO₂ - Différence scénario P3 CA3 - fil de l'eau 2030



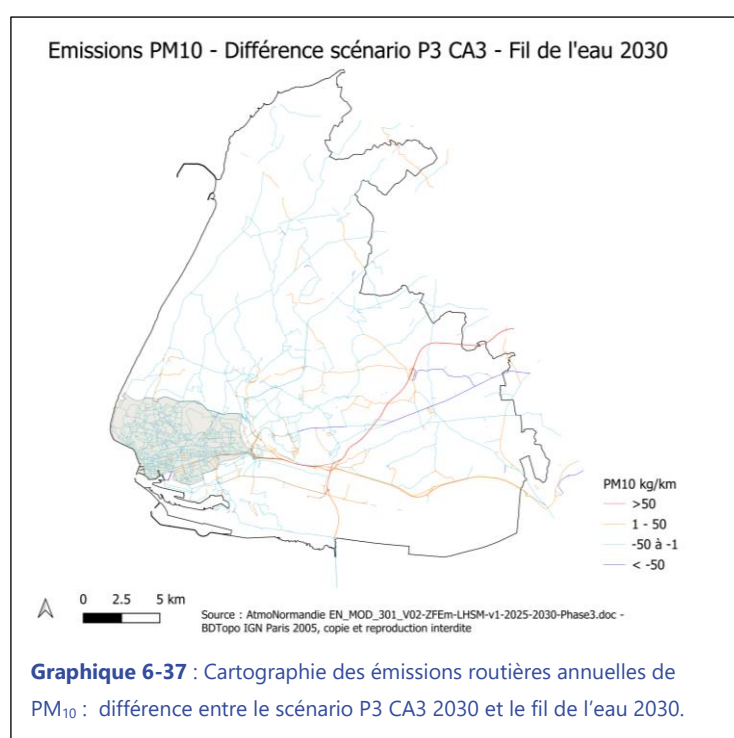
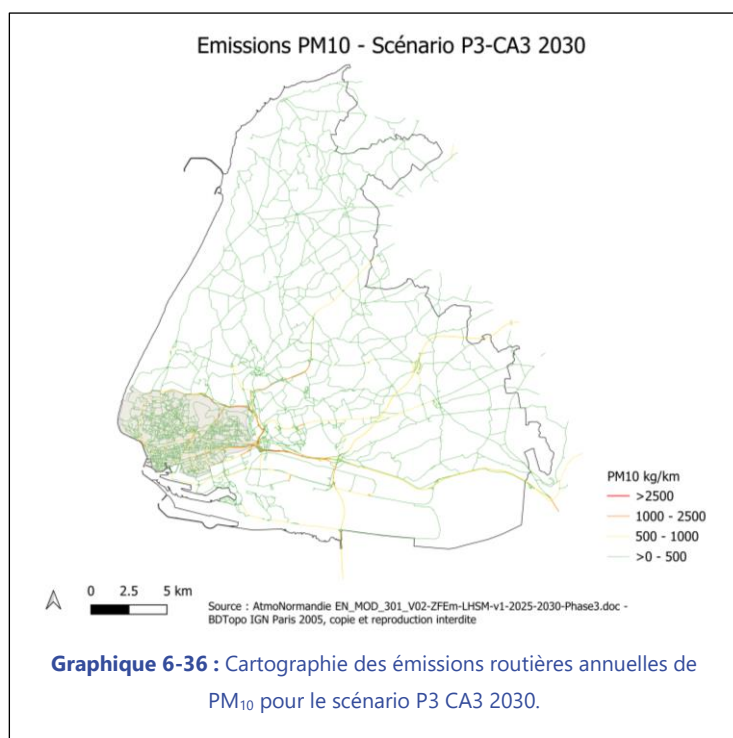
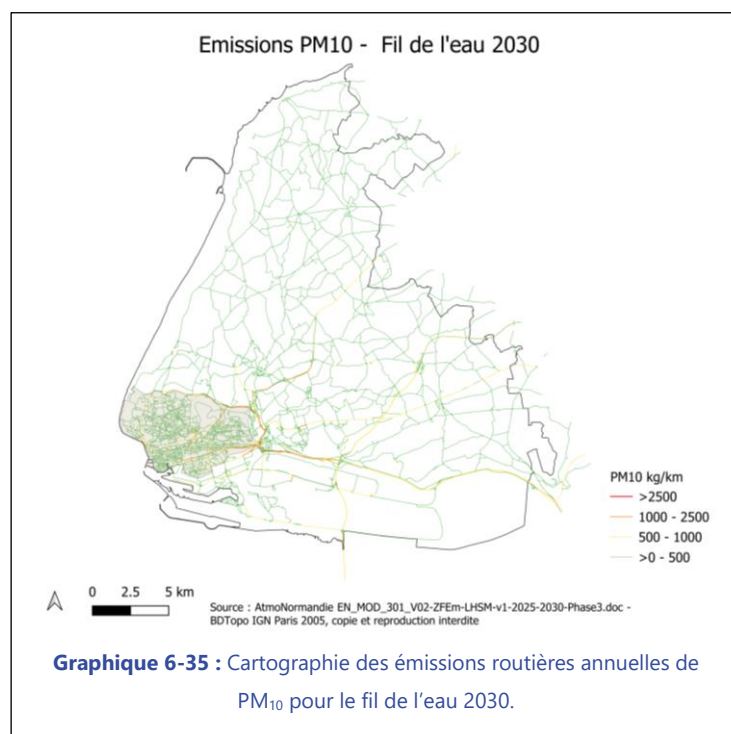
Graphique 6-34 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂

Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/ OMS)

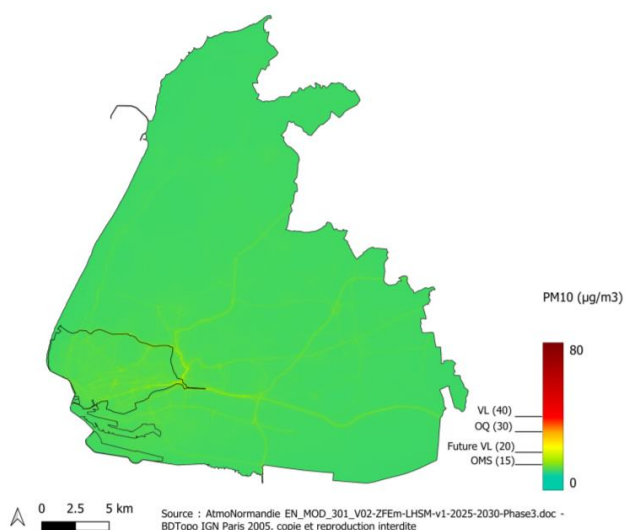
Pour le scénario P3 CA3 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/ OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA3 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche.

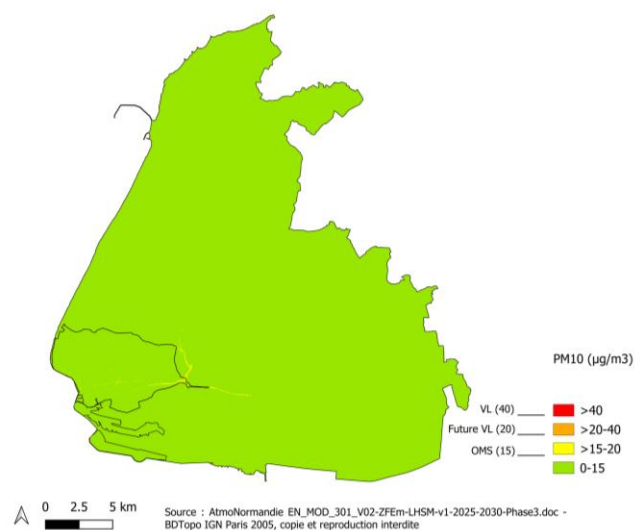
PM₁₀



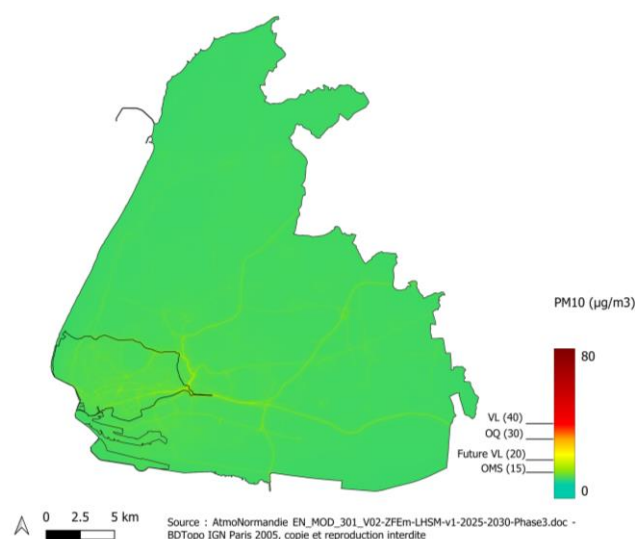
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2030



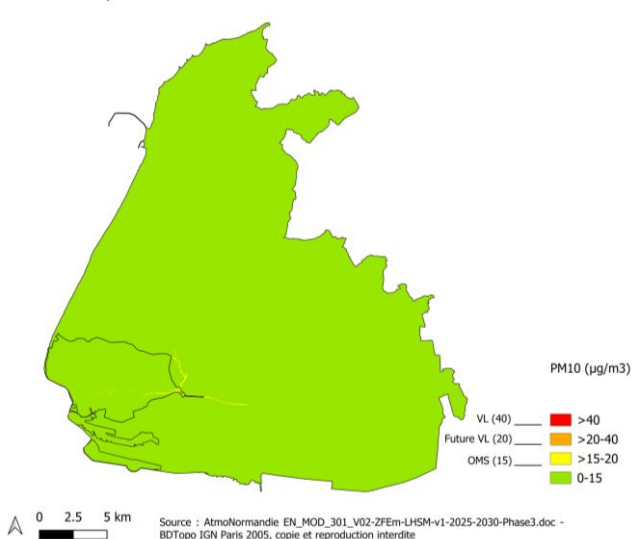
Moyenne annuelle PM10 - Fil de l'eau 2030



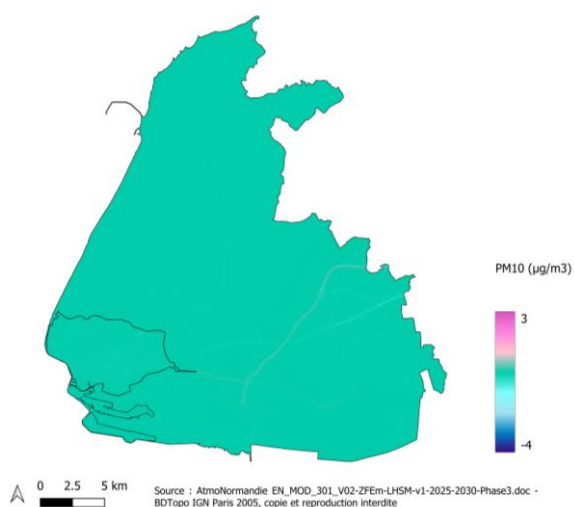
Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle PM10 - Scénario P3 CA3 - fil de l'eau 2030



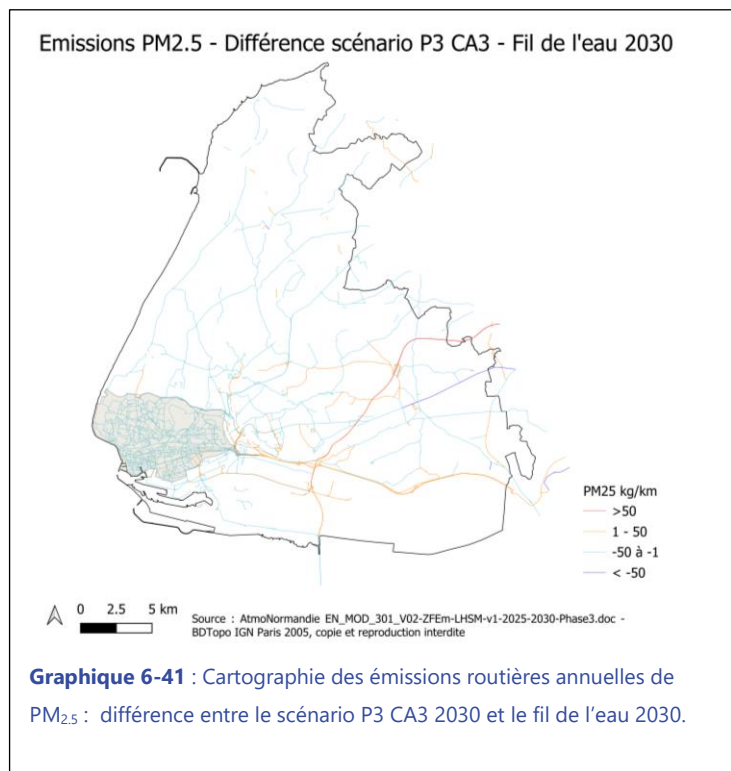
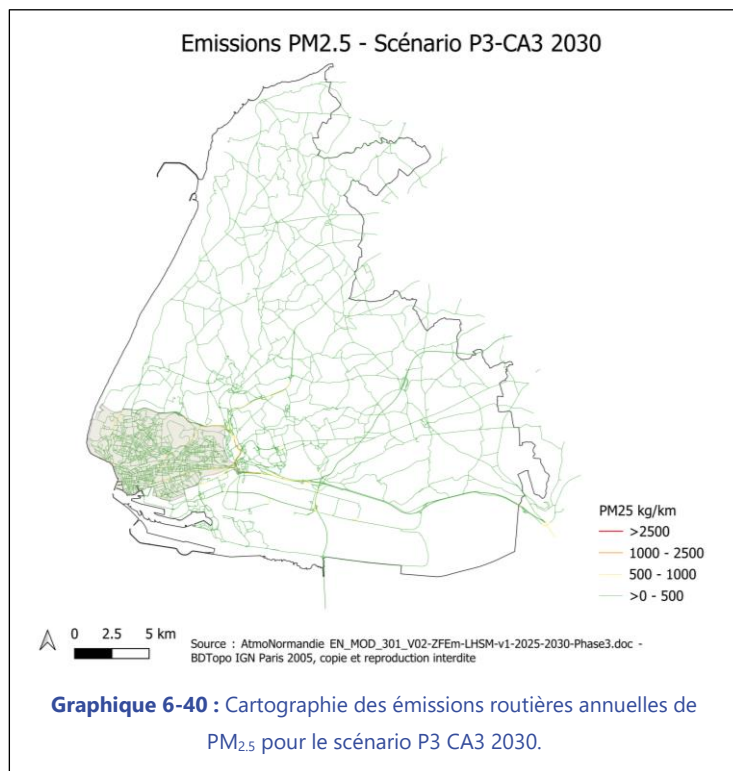
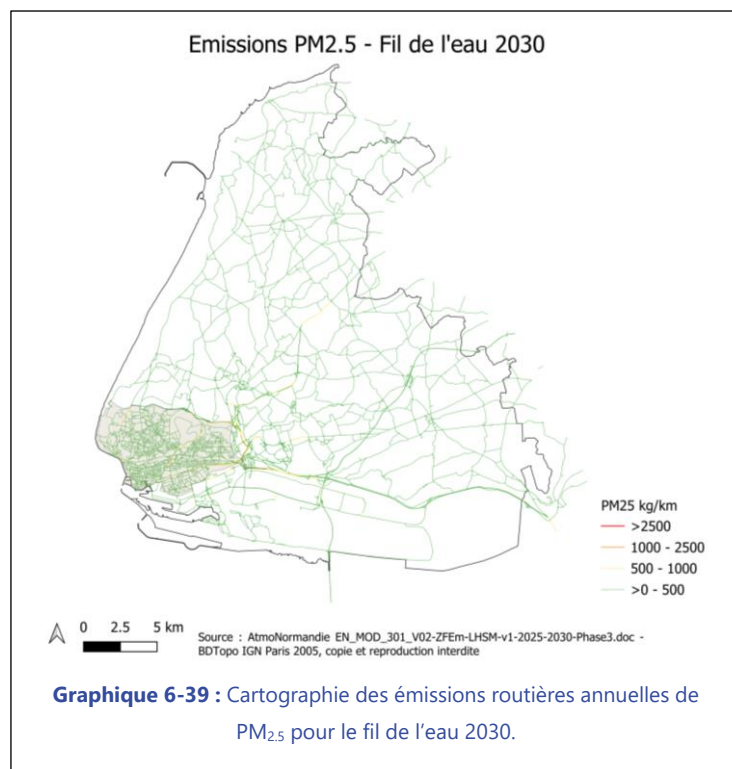
Graphique 6-38 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM₁₀

Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

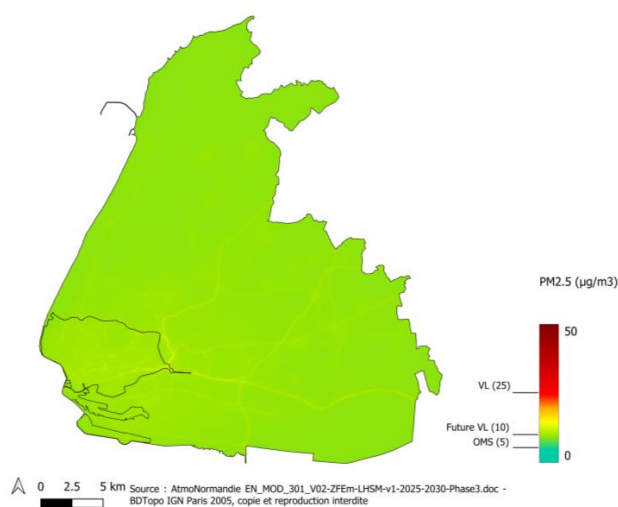
Pour le scénario P3 CA3 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA3 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche

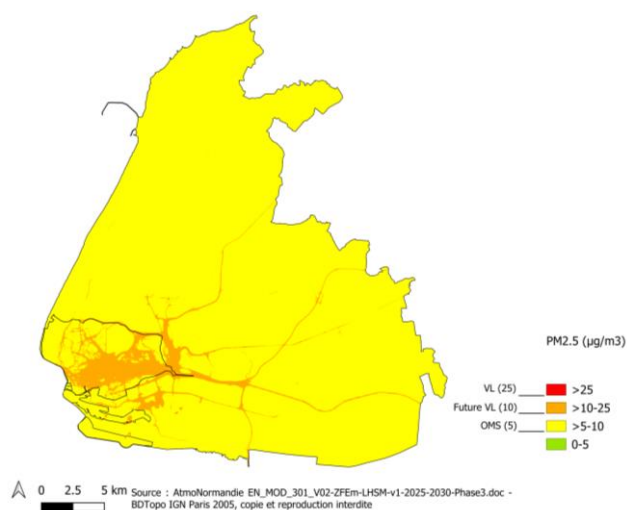
PM_{2.5}



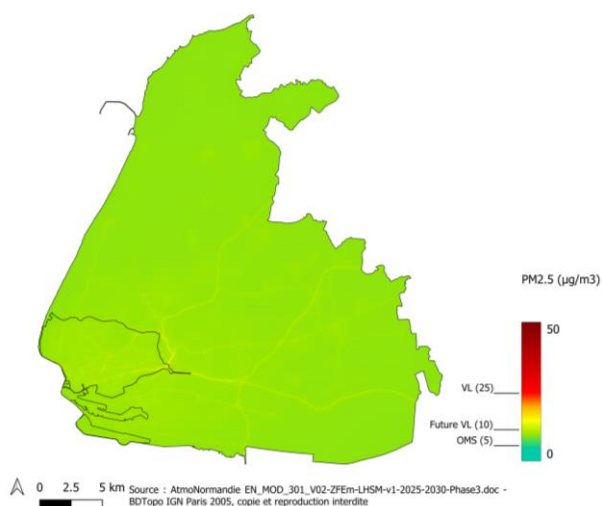
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2030



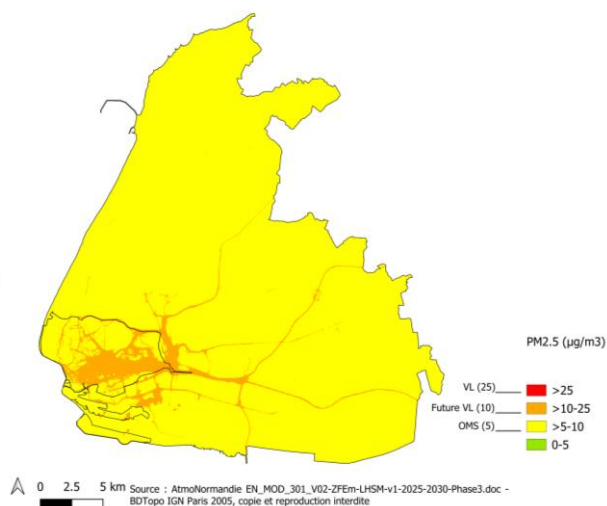
Moyenne annuelle PM2.5 - Fil de l'eau 2030



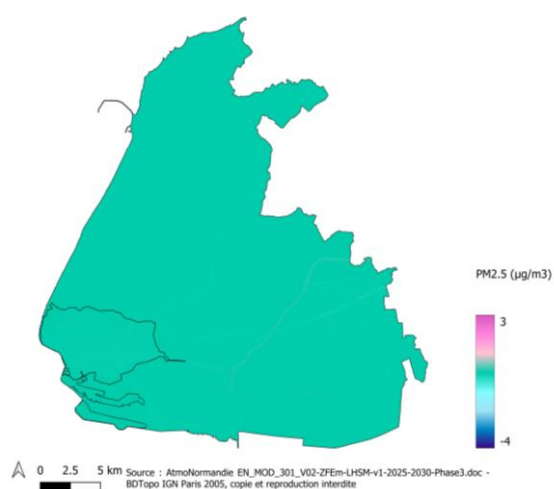
Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA3 2030



Moyenne annuelle PM2.5 - Scénario P3 CA3 - fil de l'eau 2030



Graphique 6-42 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de PM_{2.5}

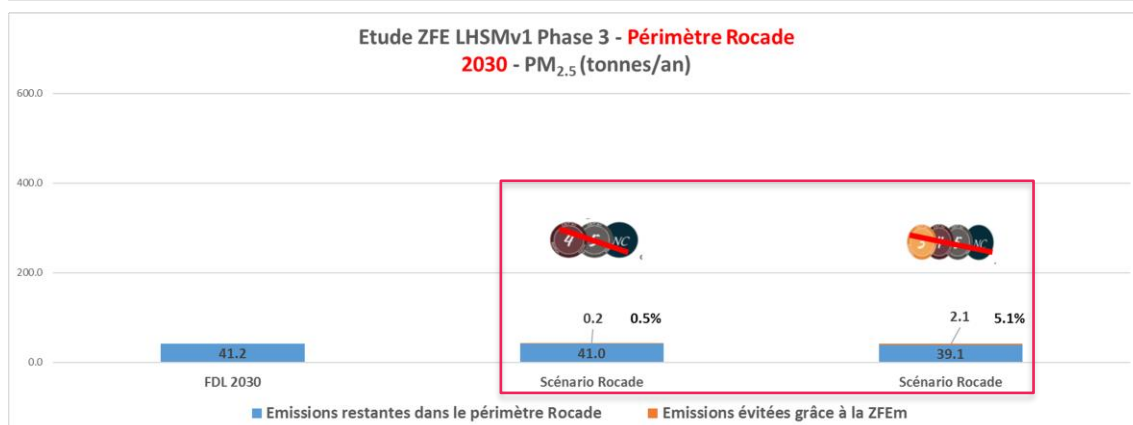
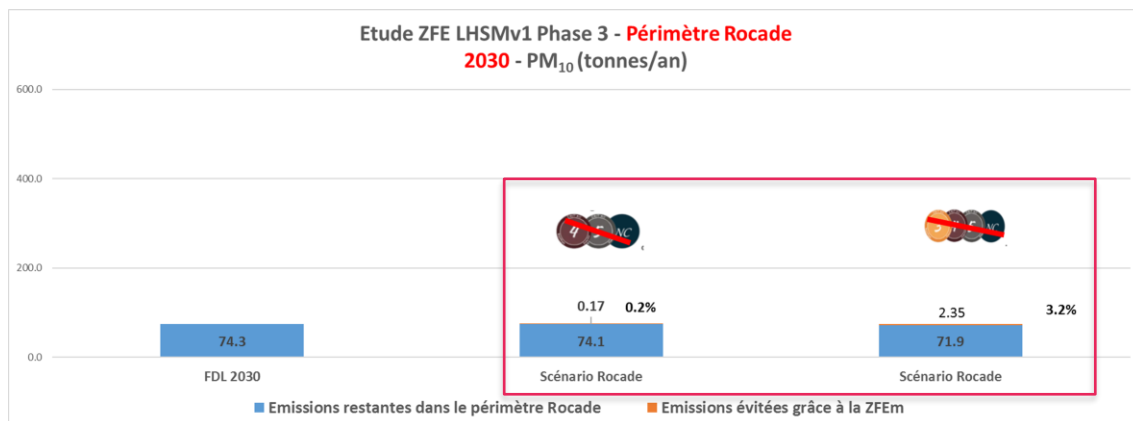
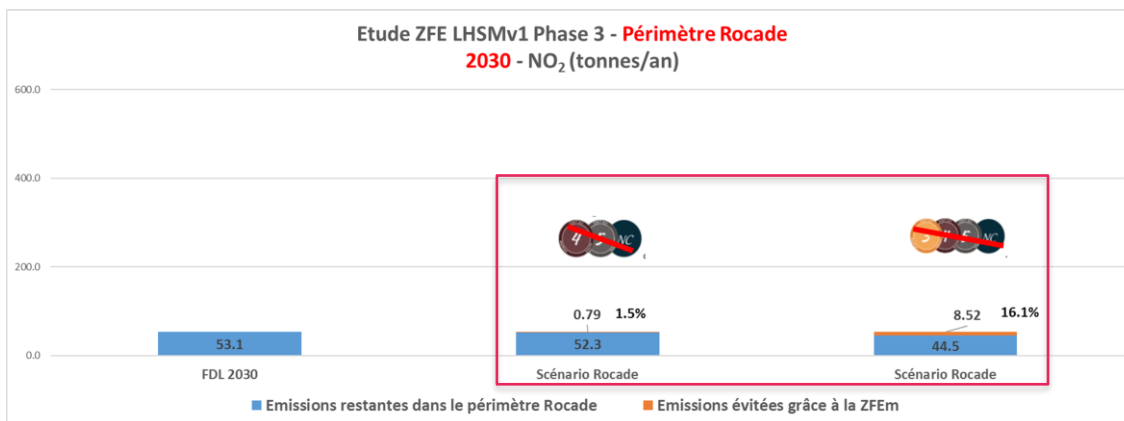
Pour le scénario fil de l'eau 2030 en haut (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour le scénario P3 CA3 2030 au milieu (à gauche, avec échelle officielle LCSQA et à droite, avec échelle classes VL/OMS)

Pour la différence entre le scénario P3 CA3 2030 et le fil de l'eau 2030 en bas à gauche

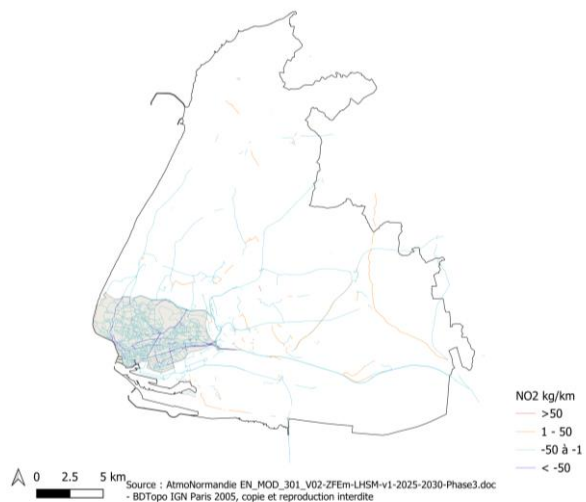
6.4.4 Comparaison des résultats entre les scénarios P3 CA3 2030 et P3 CA4 2030



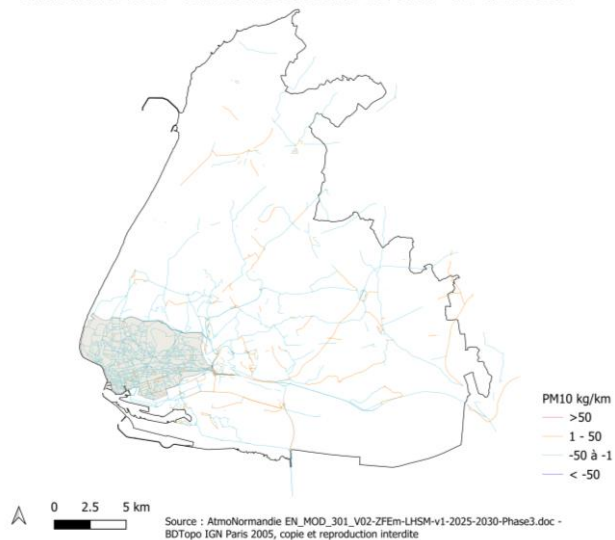


Graphique 6-44 : Périmètre ZFEm Rcade : impact sur les émissions de NO₂, de PM₁₀ et de PM_{2.5} de la mise en œuvre des scénarios P3 CA4 2030 et P3 CA3 2030.

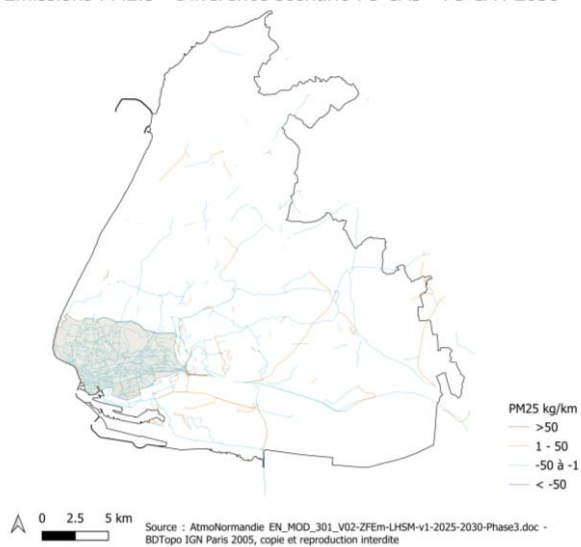
Emissions NO₂ - Différence scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030



Emissions PM₁₀ - Différence scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030

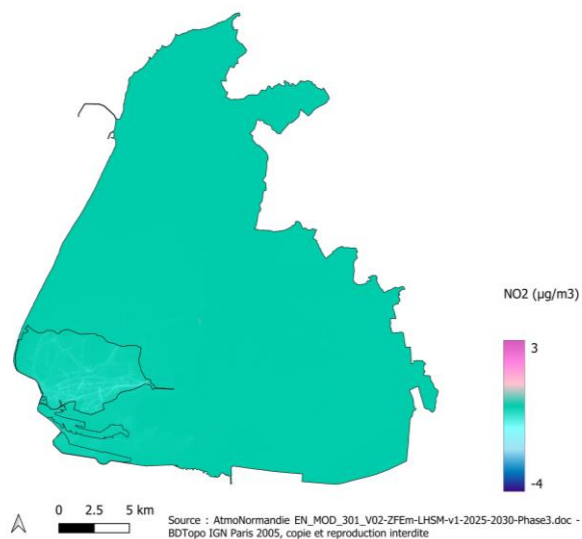


Emissions PM_{2.5} - Différence scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030

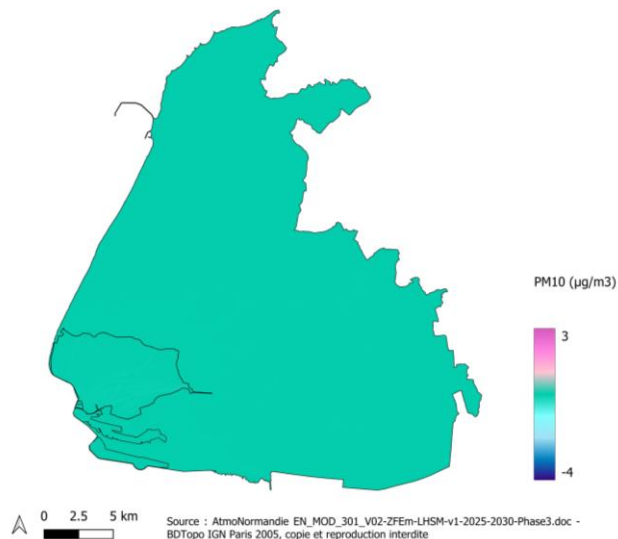


Graphique 6-45 : Cartographie des émissions routières annuelles de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} : différence entre le scénario P3 CA3 2030 et le scénario P3 CA4 2030.

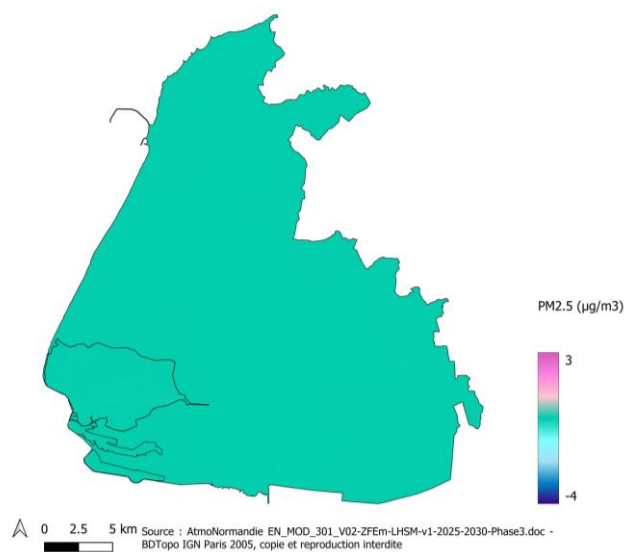
Moyenne annuelle NO₂ - Différence scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM₁₀ - Scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030



Moyenne annuelle PM_{2.5} - Scénario P3 CA3 - P3 CA4 2030



Graphique 6-46 : Cartographie des concentrations de la moyenne annuelle de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} : différence entre le scénario P3 CA3 2030 et le scénario P3 CA4 2030.

7. Bibliographie

[1] Inventaire des émissions 2021 version 4.1.0 – Format Tous Secteurs Simplifié – Atmo Normandie 2024

[2] Parc CITEPA prospectif : parc_roulant_BDD_1990_2050_correction reçue 7avril2023

[3] Modélisation de trafic ZFE-m – Le Havre Seine Métropole - Modèle multimodal de trafic V1

[4] Documentation en ligne de SIRANE – Ecole Centrale de Lyon – Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique - <http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/>

[5] Manuel - Routier PRISME v1.10_20230228.doc

[6] 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

[7] 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

