

Inventaire et modélisation de la qualité de l'air sur la zone portuaire et le quartier La Pallice de La Rochelle

Commune et département d'étude : La Rochelle, Charente-Maritime (17)

Référence : IND_EXT_20_162_Inventaire_Modélisation_PALR

Version finale du : 12/12/2022

Auteur(s) : Cindy Vida, Audrey Chataing & Lisa Muller
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Titre : Inventaire et modélisation de la qualité de l'air sur la zone portuaire et le quartier La Pallice de La Rochelle

Reference : IND_EXT_20_162_Inventaire_Modélisation_PALR

Version : finale du 12/12/2022

Délivré à : Madame Julie Bougant PALR, 141, boulevard Emile Delmas, CS 70394 – 17001 La Rochelle Cedex 1

Selon offre n° : IND_EXT_20_162 du 06/04/2020

Nombre de pages : 40 (couverture comprise)

	Rédaction			Vérification	Approbation
Nom	Cindy Vida	Audrey Chataing	Lisa Muller	Cyril Hue	Rémi Feuillade
Qualité	Ingénieure d'études	Ingénieure d'études	Ingénieure d'études	Responsable du service Etudes	Directeur délégué
Visa					

Conditions d'utilisation

Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine 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.atmo-nouvelleaquitaine.org)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donné d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas prises en compte lors de comparaison à un seuil réglementaire

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : contact@atmo-na.org
- par téléphone : 09 84 200 100

Sommaire

1. Contexte et objectif	6
1.1. Contexte.....	6
1.2. Objectif.....	7
2. Polluants étudiés et valeurs réglementaires.....	7
2.1. Oxydes d'azotes.....	7
2.2. Particules fines (PM10, PM2,5).....	8
2.3. Dioxyde de soufre (SO ₂).....	9
2.4. Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM).....	10
3. Méthodologie.....	11
3.1. Inventaire des émissions.....	11
3.2. Modélisation de la dispersion.....	11
3.3. Domaine d'étude.....	13
4. Bilan des émissions du port	14
5. Sources d'émissions.....	19
5.1. Transport maritime.....	19
5.2. Manutention de vrac pulvérulent.....	21
5.3. Activités industrielles.....	25
5.4. Routier.....	26
5.5. Ferroviaire.....	28
6. Bilan des concentrations en polluants issues de la modélisation	30
6.1. Polluants gazeux.....	31
6.1.1. Le dioxyde d'azote (NO ₂).....	31
6.1.2. Dioxyde de soufre (SO ₂).....	33
6.1.3. Benzène (C ₆ H ₆).....	34
6.2. Polluants particuliers.....	35
6.2.1. Les particules en suspension (PM10).....	35
6.2.2. Les particules fines (PM2,5).....	36

Polluants

- B[a]P benzo(a)pyrène
- BTEX benzène, toluène, éthyl-benzène, xylènes
- C₆H₆ benzène
- COV composés organiques volatils

Unités de mesure

- pg picogramme (= 1 millième de milliardième de gramme = 10⁻¹² g)
- µg microgramme (= 1 millionième de gramme = 10⁻⁶ g)
- m³ Mètre cube
- I-TEQ indicateur équivalent toxique (cf. autres définitions)
- TEF Toxic Equivalent Factor

Abréviations

- OMS/WHO Organisation Mondiale pour la Santé / World Health Organization
- OTAN/NATO Organisation du Traité de l'Atlantique Nord / North Atlantic Treaty Organization
- CCE Commission des Communautés Européennes
- INERIS Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
- COFRAC COmité Français d'ACrréditation
- CIRC Centre International de Recherche sur le Cancer

Le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) a émis des recommandations relatives à la qualité de l'air dans le cadre de l'examen du dossier d'autorisation du projet Port Horizon 2025 (PH2025¹) du Port Atlantique de La Rochelle (PALR), notamment sur l'évaluation de l'impact des activités du port sur la qualité de l'air.

Ainsi, Atmo Nouvelle-Aquitaine a mis en place une étude pour estimer les quantités de polluants rejetés dans l'air par les activités du port et pour cartographier la dispersion de ces polluants dans l'air sur le Port Atlantique de la Rochelle, afin d'évaluer l'impact des activités portuaires sur le quartier.

Il a été choisi conjointement avec la capitainerie du PALR, d'estimer les émissions de polluants pour l'année 2020 et d'évaluer l'impact du port sur la qualité de l'air pour l'année 2021.

Cette étude s'est basée d'une part sur la dernière version de l'inventaire régional spatialisé des émissions de polluants atmosphériques (ICARE 3.2.3), auquel des données d'entrées spécifiques aux activités de la zone portuaire ont été ajoutées (tonnage de vrac pulvérulents manutentionnés, trafic routier, ferroviaire et maritime, activités des industries). D'autre part, ces données d'émissions de polluants ont été injectées dans un modèle de dispersion, avec d'autres paramètres tels que les conditions météorologiques ou la pollution provenant des zones frontalières, permettant de cartographier les concentrations de polluants dans l'air de la zone portuaire et du quartier La Pallice de La Rochelle.

¹ https://www.larochelle.port.fr/media/port_horizon_2025__bulletin_info__048652800_1433_28062019.pdf

1. Contexte et objectif

1.1. Contexte

Le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) a émis des recommandations relatives à la qualité de l'air dans le cadre de l'examen du dossier d'autorisation du projet Port Horizon 2025 (PH2025²) du Port Atlantique de la Rochelle (PALR).

Deux points en particulier concernent l'évaluation de la qualité de l'air :

1. (Paragraphe 2.1.3.4) : « L'Autorité environnementale considère que l'ancienneté de l'étude annexée à l'étude d'impact du projet (2009³) dans un contexte d'augmentation du trafic portuaire justifie la mise en place d'une nouvelle étude portant notamment sur les particules en suspension. Ces études pourraient utilement être complétées par des modélisations afin d'être en capacité de prédire les impacts futurs sur la qualité de l'air. L'Ae recommande de procéder à une nouvelle étude de la qualité de l'air et à la modélisation de celle-ci en fonction des activités portuaires. »

2. (Paragraphe 2.3.2.5) : en matière de qualité de l'air le dossier n'évoque que la manipulation des produits en vrac comme les céréales. La pollution par les navires, déjà sensible au niveau du port, n'est pas abordée par l'évaluation des incidences. La part prise par l'augmentation du trafic n'est pas non plus évaluée alors qu'il existe des outils pour procéder à cette évaluation. »

Au regard de l'avis du CGEDD et à partir des études déjà menées ainsi que des données des émissions maritimes annuelles au PALR, Le PALR a sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine pour la production d'un bilan sur la qualité de l'air. La demande porte sur 2 volets :

- Campagne de mesure des NO_x, PM10, SO₂, Benzène, Toluène, Ethyl-benzène, Xylène, HCNM (Hydrocarbures non méthaniques) et méthane au sein de PALR
- Recensement des quantités de polluants rejetés dans l'air par les activités du port et cartographie de la dispersion de ces polluants dans l'air sur le quartier.

Ce rapport ne traite que de la partie recensement des quantités de polluants rejetés par les activités du port et cartographie de la dispersion de ces polluants. Les résultats de la campagne de mesure, effectuée en 2021, sont présentés dans un rapport dédié : « Mesures de la qualité de l'air du PALR – Objectif Port Horizon 2025 - IND_EXT_19_309 – 20/05/2021 »⁴

² https://www.larochelle.port.fr/media/port_horizon_2025_bulletin_info_048652800_1433_28062019.pdf

³ L'étude de 2009 cité par le CGEDD (caractérisation de la qualité de l'air aux abords du Grand Port Maritime de La Rochelle, IND_EXT_08_111) portait sur la mesure des NO_x, SO₂, COV/HCNM et particules fines PM10

⁴ https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/aq/files/atoms/files/rapport_atmo_na_ind_ext_19_309_palrh25_version_finale_2021_08_06.pdf

1.2. Objectif

- » Le recensement des quantités de polluants émis dans l'air par les activités du port se fera pour les principaux polluants atmosphériques : oxydes d'azote (NOx), particules en suspension (PM10), particules fines (PM2,5) dioxyde de soufre (SO₂), benzène (C₆H₆) et composés organiques volatils non méthanique (COVNM).
Ce recensement permettra de mettre en exergue les activités polluantes et il sera possible d'estimer les contributions respectives de chacune d'entre elles.
- » La modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques du PALR permettra de présenter des cartes des concentrations dans l'air du port pour les polluants principaux (NOx, SO₂, PM10, PM2,5, C₆H₆), à une échelle plus précise que celles réalisées à l'échelle de la Communauté d'Agglomération de La Rochelle⁵, et permettra d'évaluer l'impact des activités du port sur la qualité de l'air du quartier.

2. Polluants étudiés et valeurs réglementaires

2.1. Oxydes d'azotes

Origines

Les oxydes d'azote désignent principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Le NO se forme lors de réactions de combustion à haute température, par combinaison du diazote (N₂) et de l'oxygène atmosphérique (O₂). Il est ensuite oxydé en dioxyde d'azote (NO₂). Les sources principales sont le transport routier, l'industrie et l'agriculture.

Effets sur la santé

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, ils augmentent la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Effets sur l'environnement

Le NO₂ participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont il est l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

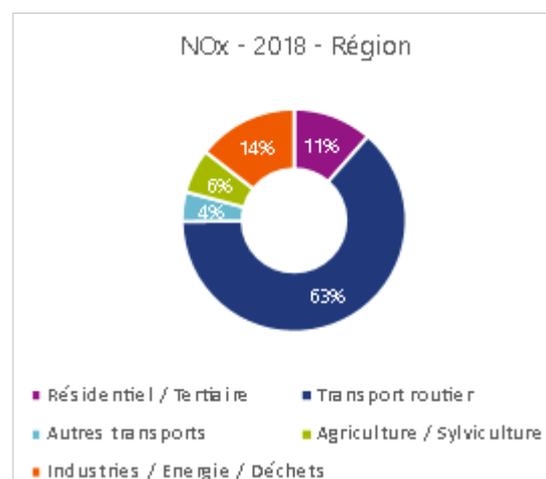


Figure 1 | Répartition des émissions de NOx en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3

⁵ Cartes disponibles par polluant sur le site web d'Atmo Nouvelle-Aquitaine : <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/fiche-carte/modelisation-des-concentrations-de-no2-sur-lagglomeration-de-la-rochelle-en-2016>

Réglementation

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³ (en moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 18h par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandations	200 µg/m ³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ en moyenne horaire (dépassé pendant 3h consécutives)

Tableau 1 | Valeurs réglementaires applicables au NO₂ (Directive 2008 50 CE)

2.2. Particules fines (PM10, PM2,5)

Origines

Les sources de particules ou « aérosols » sont nombreuses et variées d'autant qu'il existe différents processus de formation. Les méthodes de classification des sources sont basées sur les origines (anthropiques, marines, biogéniques, volcaniques) ou sur les modes de formation. Deux types d'aérosols peuvent ainsi être distingués :

- Les aérosols primaires : émis directement dans l'atmosphère sous forme solide ou liquide. Les particules liées à l'activité humaine majoritairement de la combustion de combustibles (chauffage des particuliers principalement biomasse...), du transport automobile (échappement, usure, frottements...) ainsi que des activités agricoles (labourage des terres...) et industrielle très diverses (fonderies, verreries, silos céréaliers, incinération, exploitation de carrières, BTP...). Leur taille et leur composition sont très variables.
- Les aérosols secondaires : directement formés dans l'atmosphère par des processus de transformation des gaz en particules par exemple sulfates d'ammonium (transformation du dioxyde de soufre) et nitrates d'ammonium. La majorité des particules organiques sont des aérosols secondaires.

Effets sur la santé

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Effets sur l'environnement

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

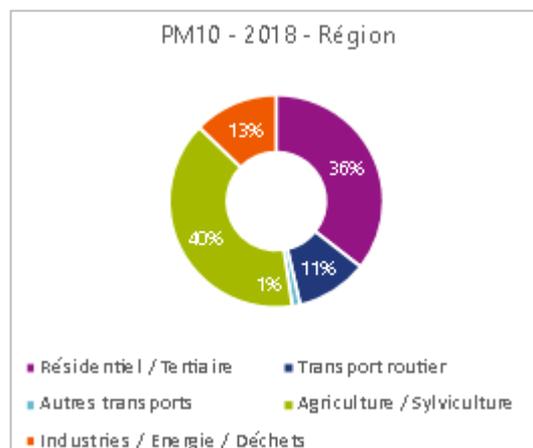


Figure 2 | Répartition des émissions de PM10 en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3

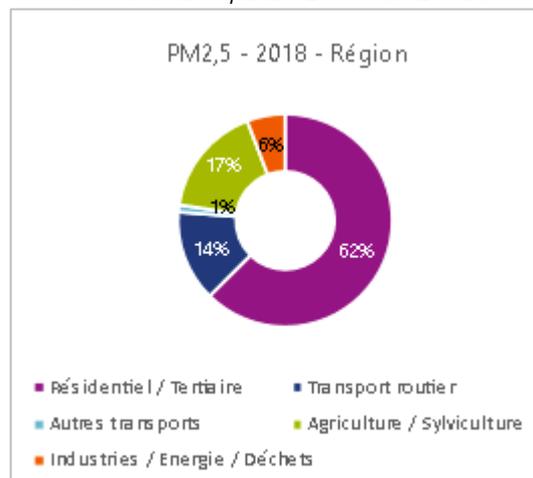


Figure 3 | Répartition des émissions de PM2,5 en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3

Réglementation

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	PM10	50 µg/m ³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
	PM2,5	25 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	PM2,5	20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif qualité pour la protection de la santé humaine	PM2,5	10 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandations	PM10	50 µg/m ³ en moyenne journalière
Seuil d'alerte	PM10	80 µg/m ³ en moyenne journalière

Tableau 2 | Valeurs réglementaires applicables aux PM10 et PM2,5 (Directive 2008 50 CE)

2.3. Dioxyde de soufre (SO₂)

Origines

Ce gaz résulte essentiellement de la **combustion de matières fossiles contenant du soufre** (charbon, fuel, gazole...) et de **procédés industriels**. En France, compte tenu du développement de l'énergie nucléaire, de la régression du fuel lourd et du charbon, d'une bonne maîtrise des consommations énergétiques et de la réduction de la teneur en soufre des combustibles et carburants, les émissions globales de SO₂ ont diminué de plus de 75% depuis 15 ans (source : CITEPA).

Effets sur la santé

C'est un gaz irritant qui agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules en suspension. Il est associé à une altération de la fonction pulmonaire chez l'enfant et à une exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

Effets sur l'environnement

En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique qui contribue au phénomène des pluies acides et à la dégradation de la pierre et des matériaux de certaines constructions.

Réglementation

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	99,7% des moyennes horaires doivent être inférieures à 350 µg/m ³ (24 dépassements autorisés par an) 99,2% des moyennes journalières doivent être inférieures à 125 µg/m ³ (3 dépassements autorisés par an)
Seuil d'information et de recommandations	300 µg/m ³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives

Tableau 3 | Valeurs réglementaires applicables au SO₂ (Directive 2008 50 CE)

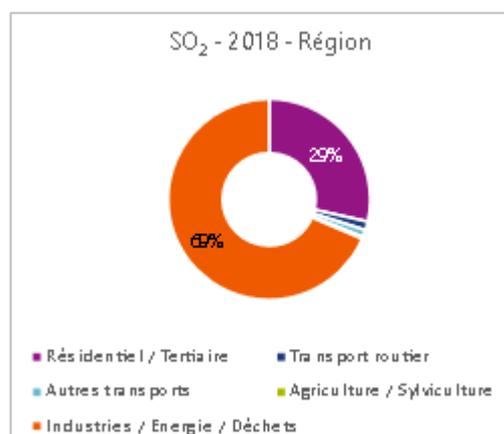


Figure 4 | Répartition des émissions de SO₂ en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3

2.4. Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Origines

Les COVNM sont des composés à base d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils se trouvent principalement dans la composition des carburants et sont émis lors de la combustion incomplète des combustibles mais aussi dans de nombreux produits comme les peintures, les encres, les colles, les détachants, les cosmétiques, les solvants. La présence de COVNM dans l'air intérieur peut être, de ce fait, très importante. Ils sont également émis par le milieu naturel et certaines aires cultivées.

Effets sur la santé

Engendrés par la décomposition de la matière organique ou présents naturellement dans certains produits, ces composés provoquent des effets variés, allant de la simple gêne olfactive ou des irritations avec diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des conséquences plus graves comme des effets mutagènes et cancérigènes (benzène).

Effets sur l'environnement

Les COVNM jouent un rôle majeur dans les mécanismes complexes de formation de l'ozone en basse atmosphère (troposphère), participent à l'effet de serre et au processus de formation du trou d'ozone dans la haute atmosphère.

Réglementation

Seul le benzène est réglementé parmi les COVNM. Des valeurs toxicologiques de référence existent pour les autres COVNM.

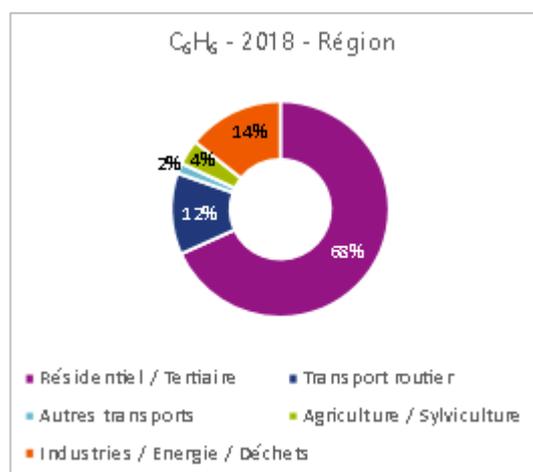


Figure 5 | Répartition des émissions de benzène en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3

Objectif de qualité - Benzène	2 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine - Benzène	5 µg/m ³ en moyenne annuelle

Tableau 4 | Valeurs réglementaires applicables au Benzène (Directive 2008 50 CE)

3. Méthodologie

3.1. Inventaire des émissions

Sur un territoire les sources de pollution sont multiples et contribuent toutes à la pollution de l'air. Les activités humaines sont à l'origine de rejets de polluants variés, et dans des proportions diverses. L'inventaire régional spatialisé des émissions (IRS), élaboré par Atmo Nouvelle-Aquitaine, permet d'une part d'identifier les activités à l'origine des émissions et d'autre part d'estimer les contributions respectives de chacune d'entre elles. De cette façon, il devient possible de connaître le poids de chaque source dans les émissions totales afin de prioriser les plans d'actions de réduction de la pollution de l'air.

L'inventaire est un bilan des émissions, il s'agit d'une évaluation de la quantité d'une substance polluante émise par une source donnée pour une zone géographique et une période donnée. Il consiste à quantifier le plus précisément possible les émissions de polluants dans l'atmosphère. Il s'agit bien d'estimations, réalisées à partir de données statistiques, et non de mesures.

L'année de référence utilisée pour l'inventaire des émissions du port est celle de 2020, et les polluants pris en compte sont : NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, C₆H₆ et COVNM.

La méthodologie utilisée pour cet inventaire se base sur plusieurs données :

- L'inventaire régional spatialisé des émissions pour la dernière année de référence disponible (2018 - version ICARE-3.2.3), pour les émissions de la zone hors activités spécifiques du port
- Les données d'entrées des activités spécifiques du port pour l'année 2020, transmis par le PALR (tonnage de vrac pulvérulents manutentionnés, trafic routier, ferroviaire et maritime, activités des industries dans la zone cartographiée).

L'inventaire de ces émissions s'appuie sur le guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques de juin 2018⁶. Concernant l'estimation des émissions liées à la manutention de vrac pulvérulents, la méthodologie utilisée s'appuie sur le rapport « Efficacité énergétique portuaire (MEEDDM) – Extension de l'analyse aux émissions de particules associées au passage portuaire – CITEPA - 27/09/2010 » (partie 2.6).

3.2. Modélisation de la dispersion

A partir du bilan des émissions de polluants des différentes sources d'activités et de leur localisation, un travail de modélisation de dispersion des polluants dans l'air a été mené afin d'établir l'état de la qualité de l'air respiré dans la zone portuaire et la quartier La Pallice de La Rochelle. Ainsi, des cartes représentant les concentrations moyennes des polluants en air ambiant sur l'année 2021 ont été créées, et ont pu être comparées aux seuils réglementaires.



Emissions de polluants et concentrations de polluants : ce n'est pas la même chose.

En effet, la qualité de l'air résulte d'un équilibre complexe entre les apports directs de polluants rejetés dans l'air, les émissions polluantes, et les phénomènes auxquels ces polluants vont être soumis une fois dans l'atmosphère : transport, dispersion, dépôt ou réactions physico-chimiques. C'est pourquoi il ne faut pas confondre les **concentrations** dans l'air ambiant, caractérisant la qualité de l'air respiré, avec les **émissions** de polluants rejetés par une source donnée (une cheminée, un pot d'échappement, un volcan...).

Pour réaliser ce travail, le logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique en milieu urbain, SIRANE, a été utilisé. Il s'agit d'un modèle développé par l'Ecole Centrale de Lyon qui prend en entrée un ensemble de données nécessaires à la répartition des polluants étudiés dans une zone donnée choisie.

Le modèle intègre le transport des polluants au sein de la canopée urbaine mais également au-dessus des toits. A cela s'ajoute des processus physico-chimiques tels que le lessivage par la pluie ou encore les transformations chimiques de certains polluants sous l'action du rayonnement solaire.

Sur la base des travaux d'inventaire, les différents secteurs étudiés ont été représentés dans le modèle de différentes manières afin de les représenter au mieux :

Les émissions liées aux vracs pulvérulents et aux cheminées industrielles ont été représentées sous forme de points. En effet, chaque source est assimilée à une cheminée avec une vitesse d'éjection et une hauteur propre (définie selon les données PALR).

Les émissions liées au transport maritime (Approche, Manœuvre et Quai) ont été représentées sous forme de points. Comme dans le cas du vrac pulvérulent et des cheminées industrielles, chaque source est assimilée à une cheminée et dans le cas présent à l'avancée de la cheminée d'un navire dans ses différentes phases (Les hauteurs de cheminées prises en compte sont entre 15 et 35 mètres selon les navires).

Les émissions liées au transport ferroviaire et routier ont été représentées sous forme linéaires. Ceci permet d'appliquer une largeur et une hauteur de part et d'autre de chaque axe et ainsi de prendre en compte le phénomène de rue canyon qui tend à la stagnation des polluants.

Les activités associées aux dépôts d'hydrocarbures, à la manutention de grues sur rail, aux engins de manutention et de levage ou encore aux navires de services sont représentées dans une grille de maille de 200 mètres. On y retrouve également les secteurs du résidentiel et du tertiaire.

L'année de référence utilisée pour la modélisation est celle de 2021 et les polluants pris en compte sont : NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ et C₆H₆.

Bien que l'inventaire se base sur l'année 2020, année marquée par des confinements, les activités portuaires ont été peu impactées.

Le choix de réaliser la modélisation sur l'année 2021 a été fait afin de s'affranchir des potentiels impacts de la pandémie notamment sur les modulations temporelles du trafic (les confinements de l'année 2020 ayant impactés les déplacements). D'autant plus, que les mesures spécifiques au PALR effectuées début 2021 dans le cadre de la campagne de mesures « Objectif Port Horizon 2025 » ont pu être utilisées pour ajuster le modèle.

3.3. Domaine d'étude

La figure 6 présente le domaine d'étude pris en compte avec :

- La zone rouge délimitant les limites administratives du PALR
- La zone orange délimitant les cartographies des concentrations de polluants modélisées, plus large que les limites administratives du port.

Le bilan des émissions sera fait sur les deux zones.

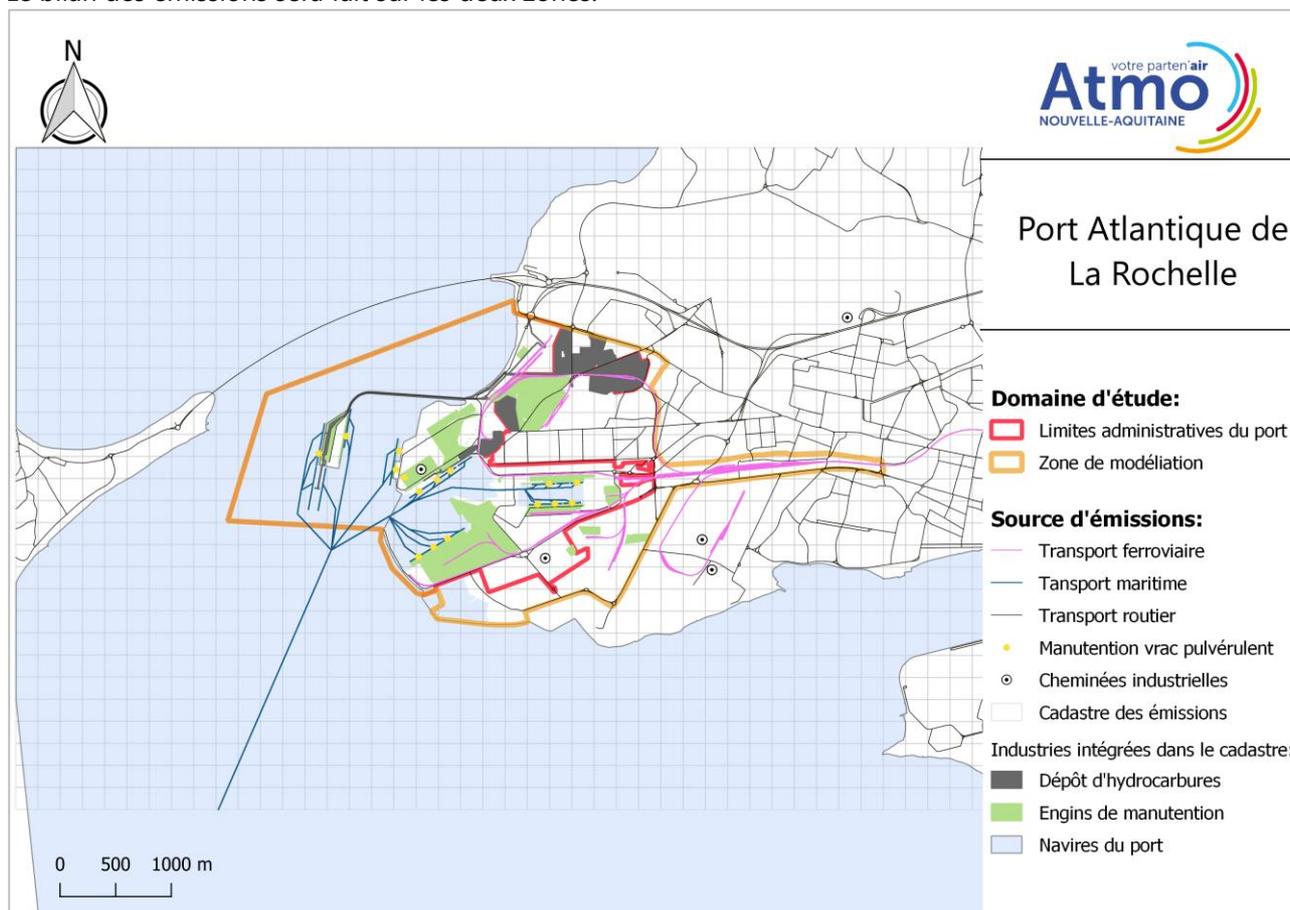


Figure 6 | Carte présentant le domaine d'étude et les sources d'émissions présent en compte.

La carte-ci-dessus présente également les sources d'émissions géolocalisées prises en compte avec :

- Le trafic ferroviaire du port
- Le trafic maritime du port par quai d'escale
- Le trafic routier à l'intérieur et à l'extérieur du port
- La manutention de vrac pulvérulents au niveau des zones de chargement/déchargement des navires à quai
- Les cheminées ou chaudières industrielles à l'intérieur (source PALR) et à l'extérieur du port (source IRS-NA-2018)
- Le cadastre des émissions surfaciques, comprenant les émissions hors PALR (sources résidentielle, tertiaire, industrielles non géolocalisées, agricoles, sources naturelles...), mais aussi les émissions industrielles spécifiques au PALR (dépôts d'hydrocarbures, engins de manutention mobile et fixe (grue sur rail)), navigation des navires du port (douane, pilotage...). Ces émissions ne sont pas géolocalisées précisément comme peuvent l'être les sources présentées ci-dessus, elles sont spatialisées sur des surfaces (à partir des données satellites d'occupation des sols ou des données d'entrées du PALR), découpées ensuite par une grille constituée de mailles de 200 m de côté, permettant de répartir plus finement les émissions. L'emprise de cette grille est plus large que la zone modélisée car elle permet de contrer les effets de bord du modèle.

4. Bilan des émissions du port

Le tableau suivant présente les quantités de polluants rejetés dans l'air dans la zone modélisée et dans les limites administratives de PALR, tous secteurs d'activités confondus. Les émissions de la communauté d'agglomération de La Rochelle de 2018, consolidé par les données spécifiques de PALR de l'année 2020, sont également affichées à titre de comparaison (source : Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE 3.2.3 pour lequel a été ajouté les sources spécifiques de PALR de 2020⁷) :

Emissions (tonnes)	Zone modélisée (zone portuaire & quartier La Pallice)	Limite administrative PALR	Agglomération de la Rochelle (2018 – ICARE v3.2.3, consolidé PALR)
NOx	768	748	2 032
PM10	27	21	404
PM2,5	22	18	276
SO ₂	20	19	56
COVNM	137	75	1 639
C ₆ H ₆	6.0	5.3	20

Tableau 5 | émissions par polluant et par domaine d'étude, tous secteurs confondus

La contribution des émissions de la zone modélisée (zone portuaire et quartier La Pallice) par rapport à l'agglomération de La Rochelle est variable selon les polluants. Pour les NOx, le SO₂ et le benzène (C₆H₆), la zone modélisée dont la zone portuaire, contribuent de manière non négligeable aux émissions de l'agglomération rochelaise, représentant respectivement 38%, 35% et 29% des émissions de l'agglomération. Pour les autres polluants, les émissions de la zone modélisée contribuent plus faiblement aux émissions de l'agglomération rochelaise. En effet, les émissions de PM10 et COVNM de la zone modélisée ne représentent que 8% des émissions de l'agglomération tandis que les émissions de PM2,5 contribuent à 7% des émissions.



La comparaison des émissions de la zone modélisée avec celles de l'agglomération est donnée à titre indicatif pour mieux appréhender les ordres de grandeurs, cependant les contributions énoncées ci-dessus doivent être considérées avec précautions car les deux sources n'ont pas exactement le même périmètre (pour le transport routier, ferroviaire et maritime, les années considérées sont différentes et donc les données de trafic également, pour les navires de pêche l'hypothèse de répartition des émissions entre le port de pêche et la zone de pêche en mer a évolué entre les deux sources).

Contribution de chaque secteur sur les émissions par polluant

Les émissions de polluants présentés ci-dessous, sont réparties par secteurs d'activités selon le format SECTEN du CITEPA⁸. Les secteurs d'activités contribuant à moins de 1% sur les émissions totales ne sont pas indiqués dans les figures ci-dessous.

⁷ Les émissions du transport routier, ferroviaire et maritime (dont navires de pêche), sont celles issues de l'inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE 3.2.3 et non pas celles du PALR de 2020.

⁸ https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/Citepa_Secten-2019_Rapport_Completv3.pdf (Annexe « Nomenclature » p 303)

» NOx

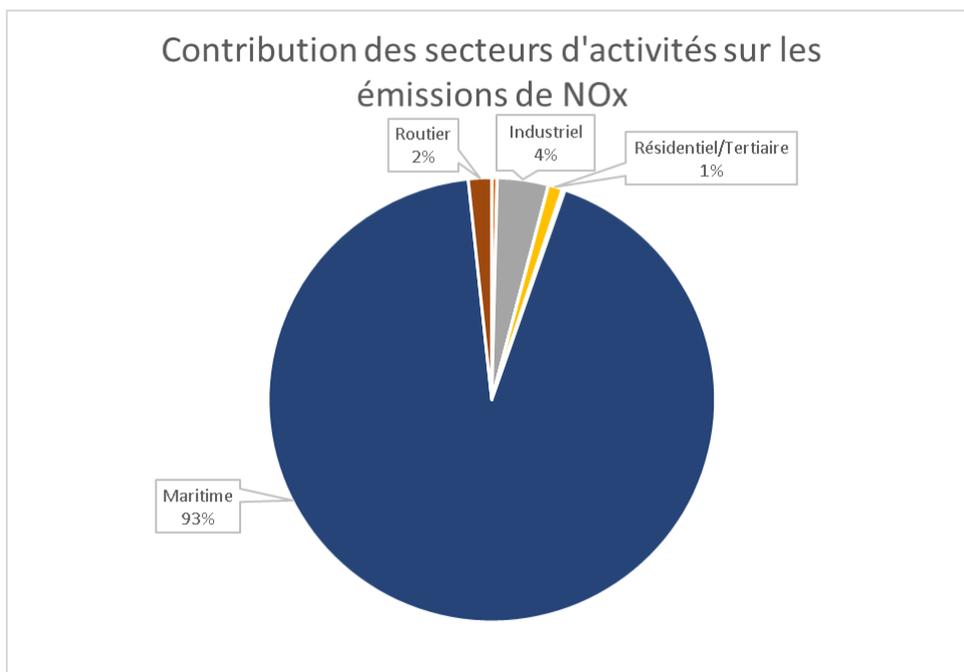


Figure 7 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de NOx de la zone modélisée

Dans la zone modélisée, la majeure partie des émissions de NOx proviennent du secteur maritime (trafic maritime commercial principalement mais également trafic des navires, de services et des navires de pêches dans le port de pêche dédié). En effet ce secteur d'activité représente 93% des émissions de NOx de la zone modélisée. Le secteur industriel engendre quant à lui seulement 4% des émissions de NOx dans ce domaine d'étude, issues en grande partie des chaudières industrielles du PALR mais aussi de la circulation des engins de manutention sur l'ensemble de la zone portuaire. Les autres secteurs n'induisent que très peu d'émissions de NOx (2% pour le transport routier, 1% pour le résidentiel/tertiaire et moins de 0,5% pour les autres secteurs). Cette distribution des émissions est différente de celle des émissions régionales de NOx (cf. partie 2.1) où le transport routier est prédominant (63 % des émissions régionales de NOx).

» PM10

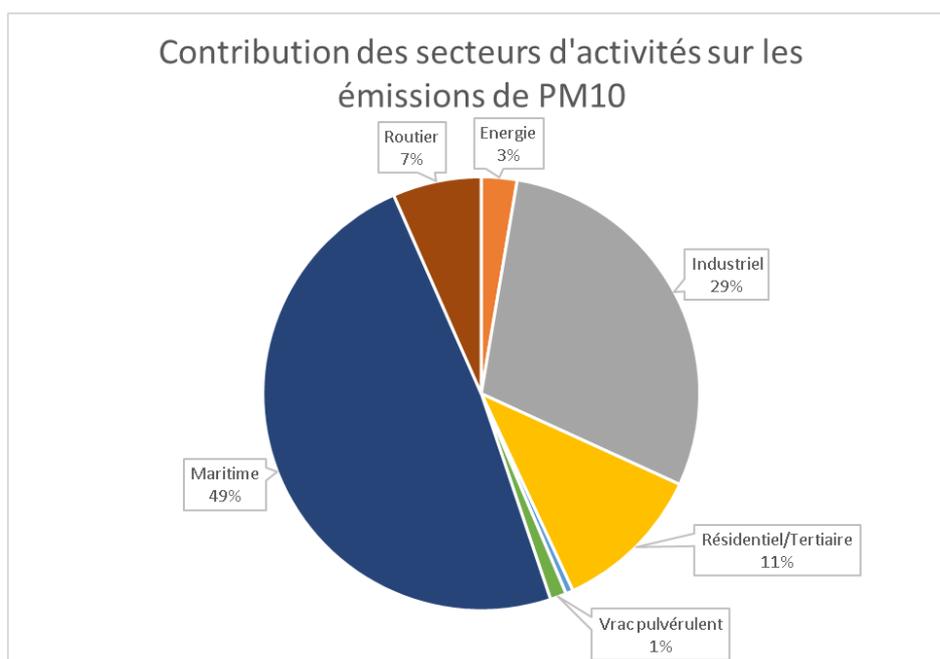


Figure 8 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de PM10 de la zone modélisée

Plusieurs secteurs participent aux émissions de PM10 sur la zone modélisée. Le transport maritime (dont le port de pêche) et les activités industrielles induisent respectivement 49% et 29% de PM10 sur le domaine modélisé. Pour les industries, les particules sont rejetées pour moitié par les chaudières industrielles présentes dans l'enceinte du PALR. Plus d'un tiers sont rejetés par des sources d'émissions en dehors du PALR (chantier et BTP, travail du bois, etc.) et enfin 7% des émissions industrielles sont dues à la consommation de carburant des engins de manutention au sein du PALR.

Le secteur résidentiel/tertiaire représente quant à lui, 11% des émissions de PM10, principalement rejetées par le chauffage au bois des logements du quartier La Pallice. Le transport routier contribue à hauteur de 7% des émissions de PM10, tandis que la manutention de vrac pulvérulent engendre seulement 1% des émissions de PM10 sur l'ensemble du domaine modélisé.

La part des émissions de PM10 liées à la manutention de vrac pulvérulent est faible par rapport aux autres sources de la zone à l'échelle d'une année entière, cependant les rejets de particules peuvent être importants sur de courtes périodes (lors du chargement/déchargement des vracs) et avoir un réel impact sur les concentrations de particules en suspension PM10 respirées dans la zone au moment de la manutention.

Aussi, les taux d'abattement des poussières pris en compte dans l'estimation des émissions liées à la manutention de vrac pulvérulents, reflètent des systèmes de dépoussiérages optimisés, leur efficacité n'a pas été vérifiée en situation réelle, ainsi ces taux sont potentiellement surestimés et donc les émissions de manutention de vracs pulvérulents associées peuvent-être sous-estimées.

» PM2,5

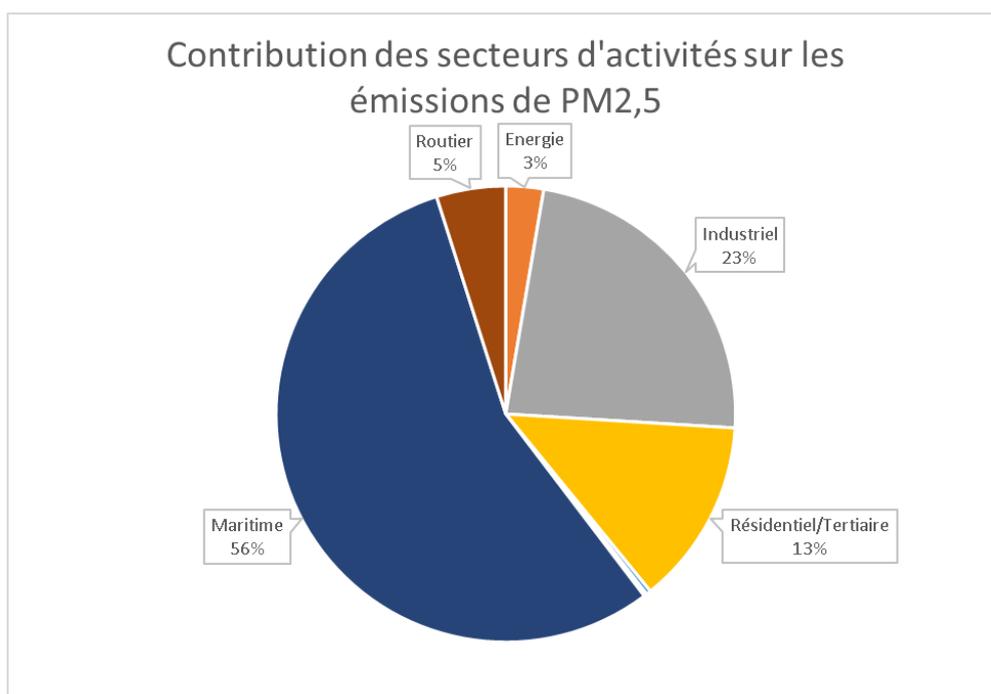


Figure 9 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de PM2,5 de la zone modélisée

Comme pour les PM10, les particules fines PM2,5 sont induites majoritairement par le secteur maritime, et dans une moindre mesure par les secteurs industriel et résidentiel/tertiaire.

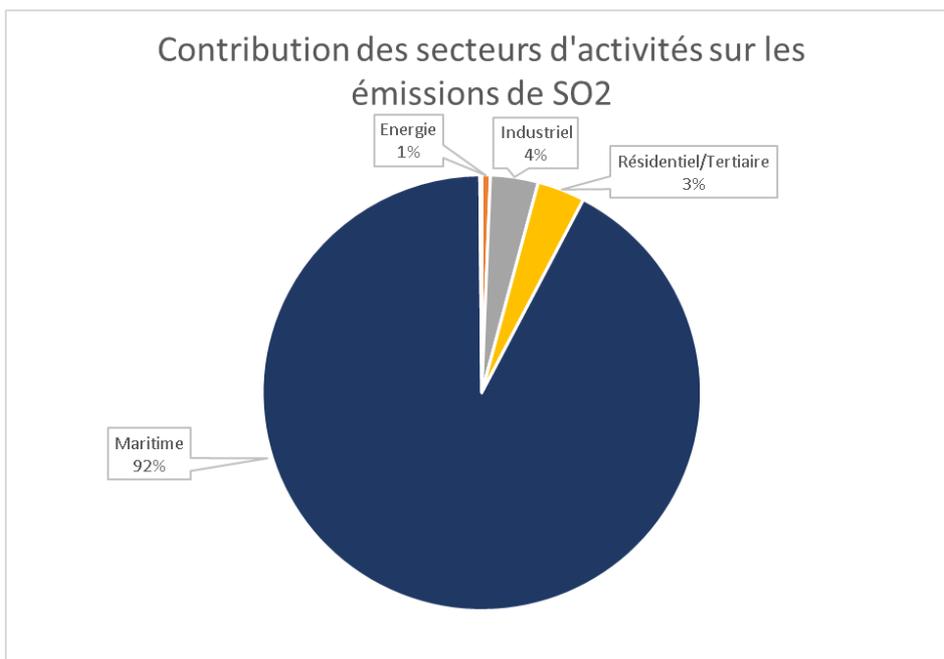


Figure 10 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de SO₂ de la zone modélisée

Pour le dioxyde de soufre (SO₂), c'est majoritairement le secteur maritime qui participe à 92% aux émissions de SO₂ de la zone modélisée. Le secteur industriel engendre quant à lui seulement 4% des émissions de SO₂ du domaine, issues en grande partie de la combustion des chaudières industrielles, tandis que le secteur résidentiel/tertiaire représente 3% des émissions de SO₂, principalement issues de l'utilisation du fioul et du bois pour le chauffage des logements et des bâtiments tertiaires.

Cette distribution des émissions est différente de celle des émissions régionales de SO₂ (cf. partie 2.1) où le secteur industriel/énergie/déchets est prédominant (69 % des émissions régionales de SO₂).

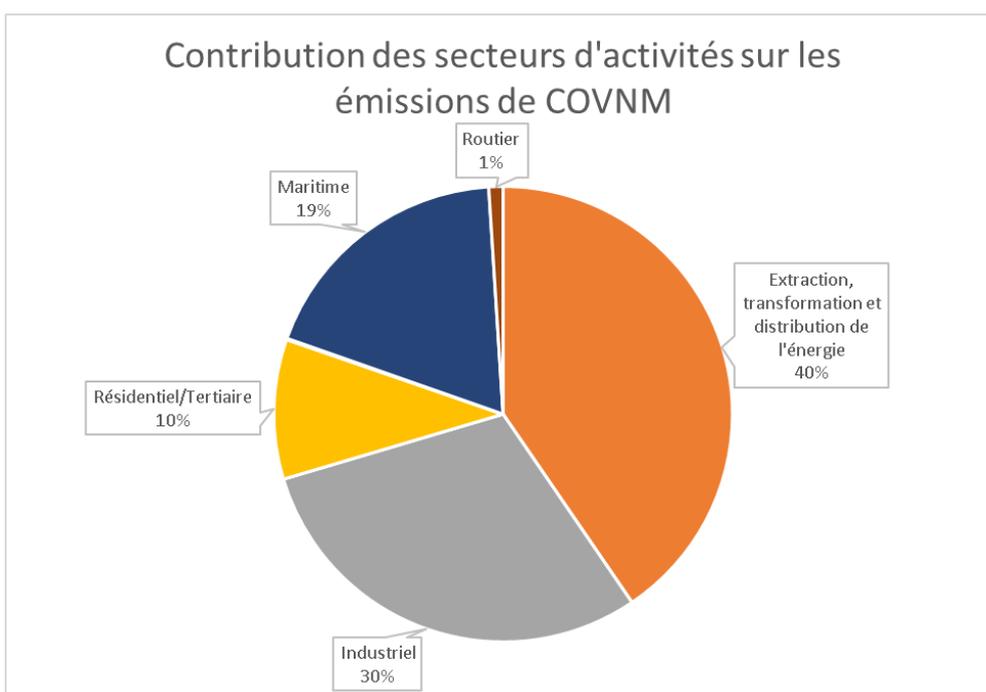


Figure 11 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de COVNM de la zone modélisée

Les émissions de COVNM proviennent de multiples secteurs d'activité, tout d'abord le secteur de l'extraction, la transformation ou la distribution de l'énergie qui contribue à 40% des émissions de COVNM, principalement liées aux dépôts d'hydrocarbures dans le port. Vient ensuite le secteur industriel représentant 30% des émissions, induites notamment par l'industrie agro-alimentaire, l'imprimerie et l'utilisation de solvant pour la protection du bois, des activités externes aux activités portuaires. Concernant les activités industrielles spécifiques de PALR (chaudières industrielles, engins de manutention), elles ne représentent que 1% des émissions totales de COVNM de la zone modélisée. Le transport maritime (dont le port de pêche) représente 19% des émissions, tandis que le secteur résidentiel/tertiaire contribue à 10% des émissions de COVNM, notamment par l'utilisation domestique de solvants et de peintures.

>> C₆H₆

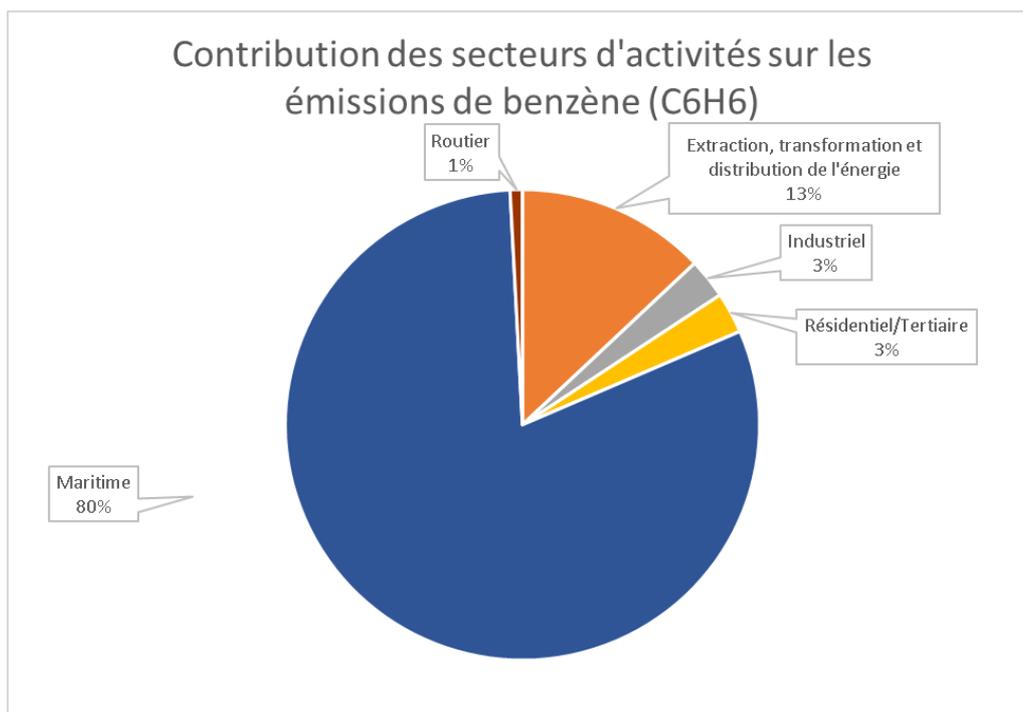


Figure 12 | Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de benzène (C₆H₆) de la zone modélisée

Les émissions de benzène de la zone modélisée sont induites en majorité par le transport maritime (dont le port de pêche) représentant 80% des émissions. La deuxième source d'émissions de benzène, contribuant à 13% des émissions de la zone modélisée, est la distribution de l'énergie, correspondant aux dépôts d'hydrocarbures. Le secteur industriel représente seulement 3% des émissions, issues principalement des chaudières industrielles et dans une moindre mesure de la consommation de carburant des engins de manutention. Le résidentiel/tertiaire participe également à 3% des émissions (essentiellement rejetées par le chauffage au bois des logements du quartier La Pallice), tandis que le transport routier contribue à seulement 1% des émissions de benzène.

5. Sources d'émissions

5.1. Transport maritime

Les émissions du transport maritime commercial sont liées à la consommation de carburant des moteurs principaux et auxiliaires lors du mouvement des navires (en mer à leur vitesse maximale, à l'approche du port en vitesse réduite ou lors des manœuvres d'amarrage) ou lors du stationnement à quai. La quantité de polluants rejetés par les navires va dépendre de la taille des navires, de la puissance des moteurs, du carburant utilisé, du nombre et de la durée d'escale par quai d'escale. Ces émissions ont été estimées à partir des données d'escales du PALR de l'année 2020.

Les émissions liées à la consommation de carburant des navires de services du port (lamanage, pilotage, remorquage) et navires de services de l'état (douanes, DIRM) issues des données d'entrées spécifiques du PALR (données de consommations), sont également présentées dans le tableau 6. Ces émissions ne sont pas détaillées aussi finement que le transport commercial, ainsi elles n'apparaissent pas dans la figure 13.

Les émissions des navires de pêche localisées dans le port de pêche situé à l'extérieur des limites administratives de PALR, sont présentées également dans le tableau 6. Ces émissions sont estimées à partir de l'inventaire régional des émissions d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (*Inventaire 2018 – ICARE 3.2.3*) en ajustant l'hypothèse de répartition des émissions entre le port de pêche et les zones de pêche en mer selon des données spécifiques de PALR. Ces émissions ne sont pas détaillées aussi finement que le transport maritime commercial, ainsi elles n'apparaissent pas dans la figure 13.

La quantité totale de polluants rejetés en 2020 dans la zone modélisée, par le transport maritime commercial et la navigation des navires de services du port et de l'Etat, ainsi que celle rejetée en 2018 par les navires de pêche au sein du port de pêche dédié, est détaillée dans le tableau 6 :

Emissions (tonne)	Transport maritime commercial	Navires de services du port et de l'Etat	Navires de pêche (port de pêche)
NOx	712	0.76	1.1
PM10	13	0.014	0.020
PM2,5	12	0.013	0.019
SO ₂	18	0.019	0.028
C ₆ H ₆	4.8	0.0051	0.0073
COVNM	25	0.027	0.039

Tableau 6 | émissions liées au transport maritime commercial et à la navigation des navires de services et navires de pêche

Les émissions liées aux navires de services du port dans la zone modélisée sont très faibles par rapport au transport maritime commercial. Ceci s'explique par l'utilisation de navires plus petits et donc moins consommateurs de carburant, et par leur zone d'activité qui est étendue à une plus large zone que la zone modélisée.

Les émissions liées aux navires de pêche sont très faibles par rapport au transport maritime commercial. Ceci s'explique principalement par une zone d'activité et donc de consommation de carburant essentiellement en mer. En effet, selon le PALR, la part d'utilisation de carburant des navires de pêche consommée à l'intérieur du

port de pêche ne représente que 1% des consommations totales des navires de pêche, le reste du carburant étant consommé en mer.

La figure 13, permet de géolocaliser les émissions du transport maritime commercial de dioxyde de soufre (SO₂), à partir de trajet « type » des navires depuis la bouée « Chauveau », en phase d'approche du port, jusqu'aux différents quais d'escales. A savoir que chaque polluant à la même répartition des émissions sur les différents trajets. Par ailleurs, le dioxyde de soufre est un polluant particulièrement suivi. En effet le transport maritime utilise des carburants soufrés et leurs impacts sur l'environnement et sur la santé est particulièrement suivi. C'est pour cela que seule la carte des émissions de SO₂ est affichée dans ce rapport.

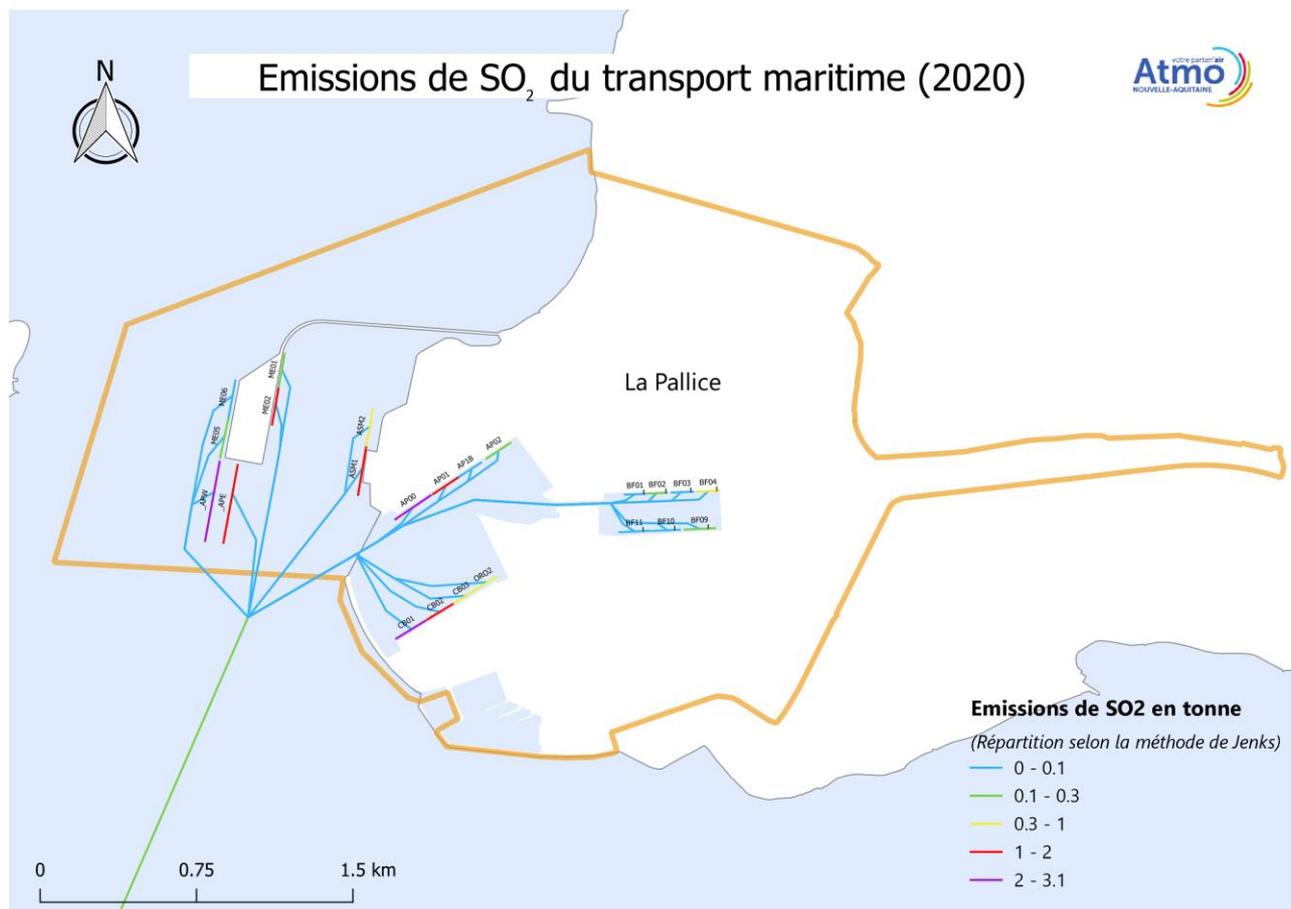


Figure 13 | Carte des émissions annuelles 2020 de SO₂ du transport maritime commercial géolocalisée par trajet, en tonne

Les émissions de SO₂ du transport maritime sont plus élevées lors du stationnement à quai, car les moteurs auxiliaires fonctionnent durant toute la durée des escales. D'après les données trafic du PALR en 2020, les escales durent en moyenne 2 jours et demi, avec une durée minimum de 1h et maximum de 129 jours. Les escales les plus longues correspondent à des escales techniques liées aux réparations des navires, les moteurs auxiliaires des navires ne sont pas toujours coupés et rejettent donc des polluants dans l'air.

Les émissions de SO₂ les plus élevées (en violet sur la figure 13) sont situées sur les quais « APW » (appointement pétrolier), « AP00 » (Quai lombard), et « CB01 » (Chef de baie). En effet, ces quais ont reçu le plus d'escales de navires en 2020 (cf. tableau 7) et ont la durée cumulée de stationnement à quai la plus élevée, exceptée pour l'appointement pétrolier APW. Ce dernier héberge uniquement des tankers, ces navires font partie des plus gros consommateurs de carburant par rapport aux autres types de navires faisant escale au PALR.

Les émissions de SO₂ les plus faibles (en bleu) sont situées sur les tronçons de manœuvre et sur le quai « BF03 » dans le bassin à flot.

Le tableau 7 indique le nombre d'escale des navires et la durée cumulée des escales par quai.

Quai du PALR	Nombre d'escales	Durée totale des escales (en h)
AP00	136	10 523
CB01	100	5 826
APW	95	2 799
APE	93	1 713
CB03	86	3 179
AP01	81	3 769
CB02	70	3 758
BF09	61	2 765
ASM2	45	3 085
ASM1	38	4 185
ME02	36	3 822
BF02	25	1 145
AP02	17	404
BF10	16	912
ME05	16	633
RORO2	11	1 672
BF01	7	168
BF04	5	5 755
ME01	5	440
BF11	5	221
AP1B	3	81
ME06	3	244
BF03	1	26

Tableau 7 | Nombre d'escales et durée cumulée d'escale par quai en 2020

5.2. Manutention de vrac pulvérulent

Lors du chargement et déchargement des marchandises des navires, la manutention de marchandises en vrac composés de petits grains, telles que les céréales ou les engrais, engendre des émissions de poussières. C'est-à-dire qu'elle rejette des particules en suspension plutôt grossière et visible à l'œil nu. Différentes tailles de particules sont émises dans diverses proportions. Les particules PM10 (inférieur à 10 microns) représentent 41 % des particules totales émises par la manutention de vrac pulvérulent, tandis que les particules plus fines PM2,5 (inférieur à 2,5 microns), représentent seulement 6% des émissions de particules totales émises par cette source.

Emissions (tonnes)	Manutention de vracs pulvérulents
Totales particules en suspension (Toutes tailles dont PM10 et PM2,5)	0.78
PM10	0.32
PM2,5	0.046

Tableau 8 | émissions 2020 liées à la manutention de vracs pulvérulents

La manutention de vracs pulvérulents se fait à partir de portiques, de sauterelles ou de trémies, qui peuvent être équipés de système de dépoussiérage afin de limiter les émissions de particules. Les particules associées

à cette manutention de vrac sont rejetées essentiellement lors du transfert de vrac entre les quais de stockage et les navires. Ainsi, les émissions sont localisées au-dessus des calles des navires, lors du chargement de vrac, ou bien au-dessus des trémies lors des déchargements. Les bandes transporteuses permettant l'acheminement des vrac jusqu'à destination des différentes entreprises sont capotées, et empêchent donc le rejet massif de particules dans l'air, c'est pour cela que ces bandes transporteuses ne sont pas considérées dans ce bilan.

Le quai Anse-St-Marc utilise des trémies dépoussiérantes, ayant un taux d'abattement des poussières élevées de 84% (selon l'étude EMICER de l'ADEME⁹), tandis que le quai lombard utilise des portiques avec brumisateurs d'eau qui permettent un abattement des poussières estimé à 64% selon la même étude. Ces taux d'abattements sont théoriques et peuvent ne pas correspondre exactement aux pratiques au sein de PALR.

Le quai Chef de Baie (CB1) utilise parfois un portique avec un système de dépoussiérage gravitaire, permettant un abattement des poussières estimées à 99% par le manutentionnaire en fonctionnement optimal. Etant donné que le fonctionnement n'est pas toujours optimal, une marge de non-efficacité du système a été considérée, ainsi le taux d'abattement pris en compte pour ce système de dépoussiérage gravitaire est estimé à 90%.

Les taux d'abattement des poussières pris en compte dans cette étude, reflètent des systèmes de dépoussiérages optimisés, leur efficacité n'a pas été vérifiée en situation réelle, ainsi ces taux sont potentiellement surestimés et donc les émissions de manutention de vrac pulvérulents peuvent-être sous-estimées.

La figure 15, permet de repérer les points de chargement/déchargement de vrac pulvérulents les plus émetteurs de particules (PM10, PM2,5) en 2020. La répartition géographique est la même pour les deux polluants, ainsi seule la carte des émissions de PM10 est présentée dans ce rapport. Pour plus de visibilité les émissions sont affichées en kilogrammes sur la figure 15 contrairement au tableau 8.

⁹ Mesures et contrôle des émissions de poussières lors de la manutention et du séchage des céréales – ADEME/CORTEA

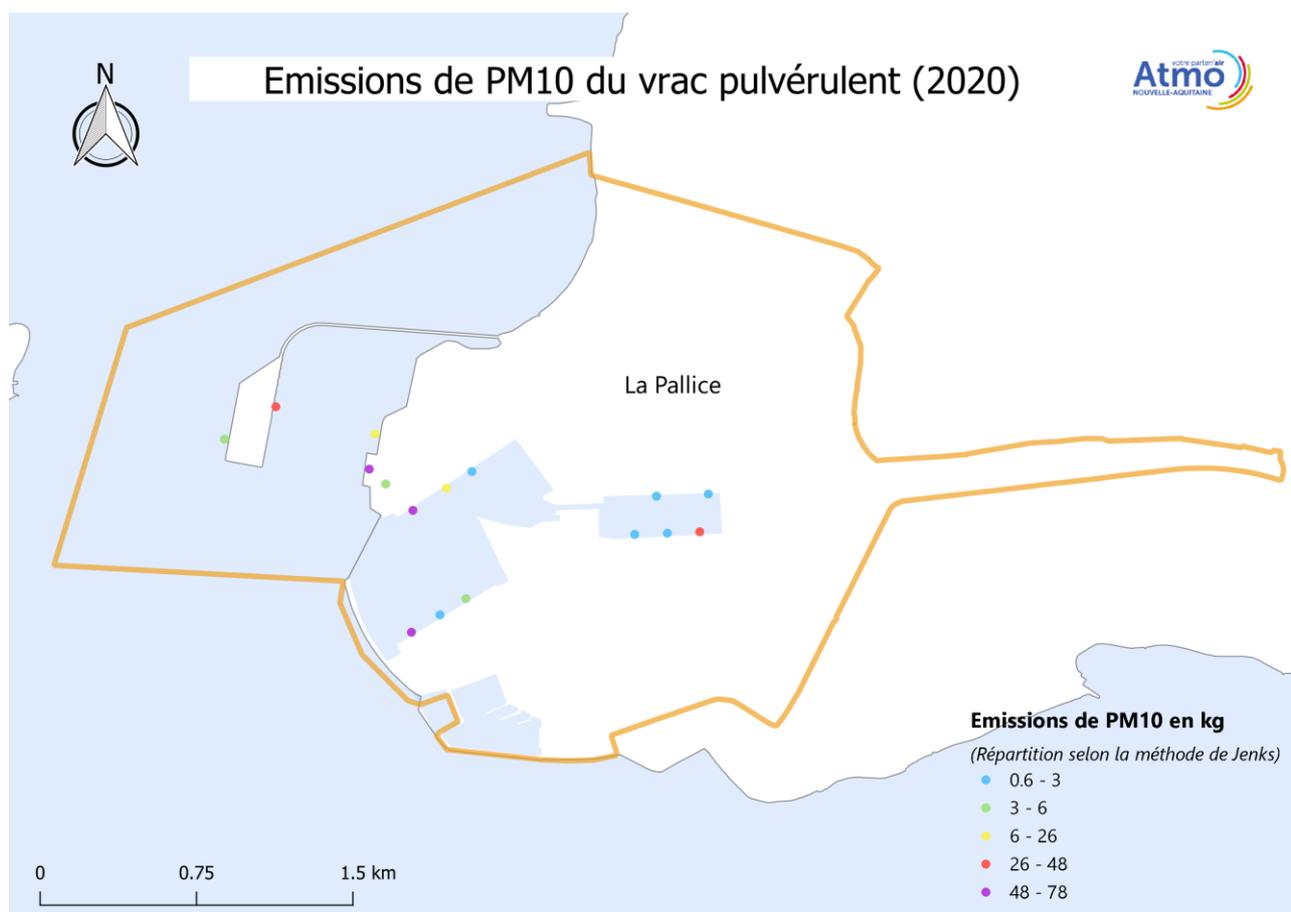


Figure 14 | Carte des émissions annuelles 2020 de PM10 liées à la manutention de vrac pulvérulent, en kilogramme

Les émissions liées à la manutention de vracs pulvérulents sont de l'ordre du kilogramme. Elles sont donc plus faibles que celles liées au transport maritime commercial.

Les émissions de particules du vrac dépendent de la quantité manutentionnée, du pouvoir pulvérulent du type de vrac manutentionné, ainsi que du système dépoussiérant utilisé (brumisateurs d'eau, trémie dépoussiérante, système gravitaire ou sans système dépoussiérant). Ainsi, comme le montre le tableau 9, les quais qui chargent ou déchargent le plus de produit de vrac pulvérulents sont ceux qui présentent les plus fortes émissions de particules (PM10, PM2,5), soit le quai « AP00 » du Quai Lombard et le quai « CB01 » de Chef de Baie.

Le quai « ASM01 » de l'Anse Saint-Marc présente également de fortes émissions de particules alors que le tonnage manutentionné n'est pas aussi élevé que les deux quais cités ci-avant. Ceci s'explique par le type de vrac majoritairement déchargé dans la trémie dépoussiérante de ce quai. En effet, le clinker déchargé, à destination du centre de broyage EQIOM, a un fort pouvoir pulvérulent (selon l'hypothèse d'une humidité de grain de 2.1%). C'est-à-dire que sa capacité à engendrer de la poussière est importante.

Les émissions de PM10 liées au vrac manutentionné sur les quais « BF09 » du bassin à flot et « ME02 » du môle d'escale ressortent plus que sur le quai Lombard « AP01 » alors que le tonnage de vrac manutentionné est plus faible. Ceci s'explique par un système dépoussiérant à partir de brumisateurs d'eau mis en place sur le quai Lombard permettant l'abattage d'une grande partie des poussières.

Quai	Tonnage manutentionné de vracs pulvérulents	Système d'abattement
AP00 – Quai Lombard	1 650 823	Brumisateur d'eau
CB01 – Chef de Baie	1 437 243	Système gravitaire (61%) et sans système dépoussiérant (39%)
AP01 – Quai Lombard	508 845	Brumisateur d'eau
ASM01 – Anse St-Marc	342 911	Trémie dépoussiérée
BF09 – Bassin à flot	216 570	Sans système dépoussiérant
ME02 – Môle d'escale	163 368	Sans système dépoussiérant
ASM02 - Anse St-Marc	120 707	Sans système dépoussiérant
CB03 – Chef de Baie	46 241	Sans système dépoussiérant
ME05 – Môle d'escale	38 970	Sans système dépoussiérant
AP1B – Quai Lombard	18 211	Brumisateur d'eau
BF10 – Bassin à flot	17 534	Sans système dépoussiérant
CB02 – Chef de Baie	16 712	Sans système dépoussiérant
BF04 – Bassin à flot	8 838	Sans système dépoussiérant
BF11 – Bassin à flot	6 264	Sans système dépoussiérant
BF02 – Bassin à flot	4 721	Sans système dépoussiérant

Tableau 9 | Tonnage de manutention de vrac pulvérulent et système dépoussiérant par quai

5.3. Activités industrielles

Plusieurs activités industrielles spécifiques ont été prises en compte dans l'inventaire des émissions du PALR, en fonction des données d'entrées fournies par le port (les données ne sont pas exhaustives, une partie des activités industrielles du port ont été estimées de manière plus globale dans l'inventaire régional spatialisé des émissions (IRS-2018-ICARE 3.2.3)). Dans cette partie nous ne présenterons que les émissions spécifiques aux données d'entrées du PALR, correspondant aux activités suivantes :

- Les dépôts d'hydrocarbures, qui rejettent des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), dont le benzène (C₆H₆)
- La consommation de combustible des chaudières industrielles (centre de broyage EQIOM et scierie Atlantique)
- La consommation de carburant lors d'utilisation des engins de manutentions au sein des différents terminaux et entreprises du PALR.

Le tableau 10, présente ainsi les émissions totales dans la zone modélisée du port pour ces 3 types d'activités industrielles pour l'année 2020 :

Emissions (tonne)	Dépôts d'hydrocarbures	Engins de manutention	Chaudières industrielles
	Secteur énergie	Secteur Industriel	Secteur industriel
NOx	-	5.9	14
PM10	-	0.56	4.2
PM2,5	-	0.53	3.3
SO₂	-	0.0097	0.64
C₆H₆	0.75	0.025	0.11
COVNM	54	1.23	0.37

Tableau 10 | émissions 2020 liées aux activités industrielles du PALR

Les dépôts d'hydrocarbures contribuent pour plus d'un tiers aux émissions de COVNM du port, et contribuent dans une moindre mesure à 13% des émissions de C₆H₆ du port.

Les chaudières industrielles spécifiques du PALR représentent la majorité des émissions globales du secteur industriel de la zone modélisée pour tous les polluants exceptés les COVNM. En effet, les émissions liées aux chaudières industrielles représentent 92% des émissions industrielles de la zone pour le SO₂, 66% pour le benzène, 64% pour les PM2,5 et 54% pour les PM10.

Pour les émissions industrielles de NOx de la zone modélisée, 49% sont imputés aux chaudières industrielles du PALR, 21% sont imputés aux engins de manutention circulant dans le PALR, et 31% aux autres industries de la zone.

Pour les autres polluants, les engins de manutention contribuent peu aux émissions globales du secteur industriel, contribuant de 1% pour le SO₂ jusqu'à 15% pour le C₆H₆.

5.4. Routier

Les émissions de trafic routier sont calculées via le logiciel Circul'air développé par Atmo Grand Est. Ce logiciel permet de calculer les émissions polluantes des véhicules (poids lourd, voitures ou encore fourgonnettes) en fonction du parc routier. Un parc routier est un descriptif des voitures roulant en France, il est communiqué par le CITEPA. Il permet d'estimer l'âge des véhicules, les motorisations, le type de véhicule... Pour alimenter le logiciel il est nécessaire de lui indiquer l'état du trafic via les TMJA (trafic moyen journalier annuel). L'état de la circulation à l'intérieur des limites administratives du port a été fourni par PALR. Une campagne de mesure a été réalisée au sein du port dans l'objectif de calculer la fréquence de passage des véhicules (voitures et poids lourds).

Le trafic à l'extérieur des limites administratives du port est communiqué par le CEREMA et intégré à son tour dans Circul'air. Le logiciel Circul'air prend en compte la typologie de la route, la vitesse maximale autorisée, sa capacité d'accueil, etc.

Emissions (tonnes)	Transport routier
NO _x	13
PM10	1.8
PM2,5	1.1
SO ₂	0.03
C ₆ H ₆	0.05
COVNM	1.4

Tableau 11 | émissions 2020 liées au transport routier dans la zone modélisée

Les émissions du transport routier proviennent de la combustion de carburant dans le moteur pour l'ensemble des polluants, mais aussi de l'abrasion des pneus, freins et routes pour les particules PM10 et PM2,5.

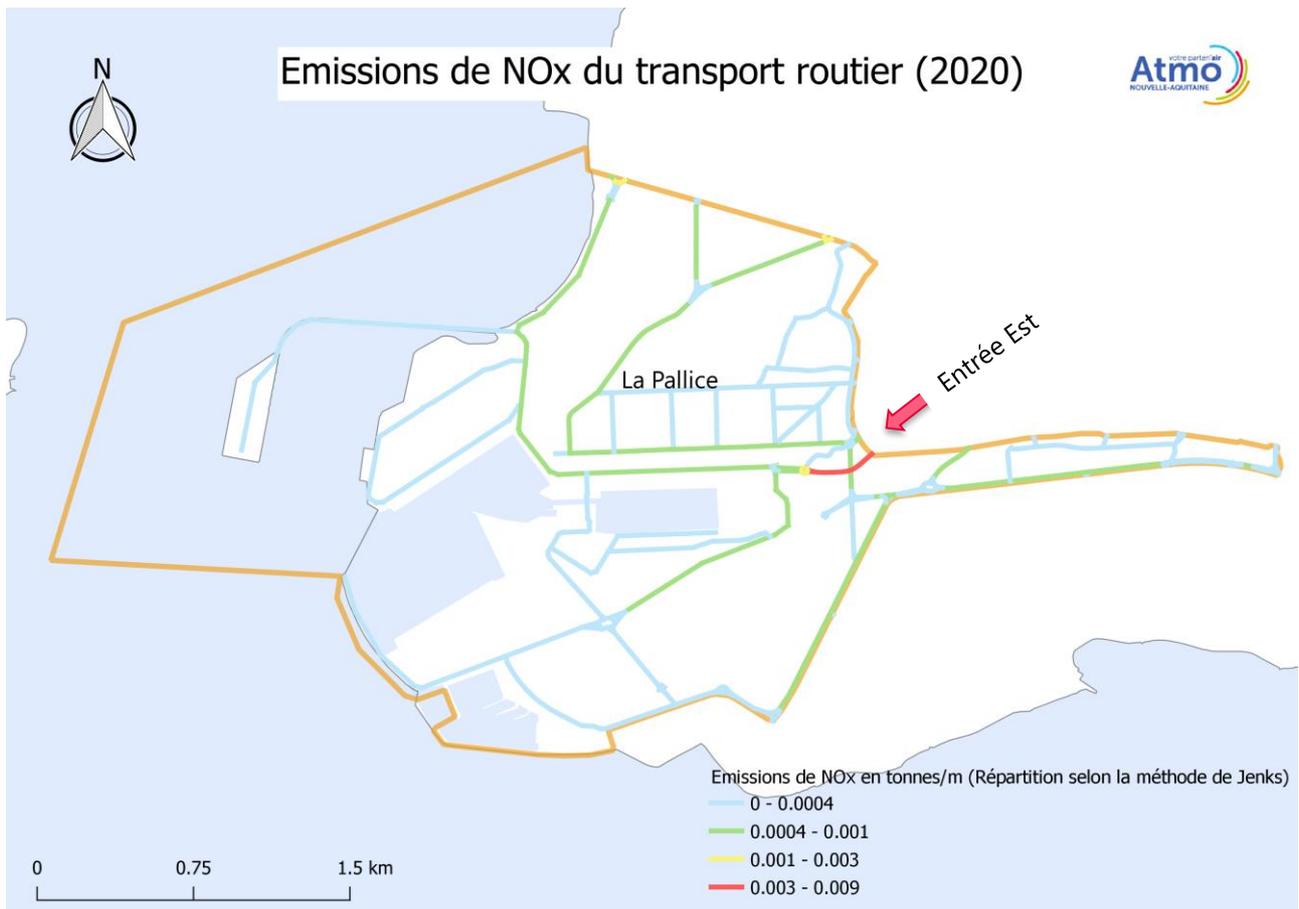


Figure 15 | Carte des émissions annuelles 2020 de NOx issues du trafic routier

Sur cette figure on constate que les zones à faibles émissions se situent près du môle d'escale, du terminal chef de baie, du pôle de réparation et de construction navale, ainsi qu'au cœur du quartier La Pallice. C'est au niveau de l'entrée Est (flèche rouge sur la carte) du port que se situe la route d'émission maximale. Les zones de fortes émissions sont des zones de fort passage et/ou de congestion. Plus le trafic sera léger et plus la route possèdera une grande capacité, moins les émissions seront importantes. Les rond points sont souvent des zones à plus faibles émissions car le trafic est réparti sur plus d'axes qu'au départ. L'étude trafic utilisée pour obtenir les données trafic s'est déroulée en période scolaire pendant deux semaines à cheval sur les mois de septembre et octobre. Cette plage de temps permet de justifier d'un trafic représentatif de la circulation annuelle moyenne. Les zones d'émissions importantes sont régulièrement les voies d'accès au port. En effet plus on s'approche de la rive, plus les émissions ont tendance à diminuer. Pour ce secteur, les émissions des autres polluants présenteront la même tendance car leur calcul dépend comme pour les NOx de la consommation.

5.5. Ferroviaire

Les émissions du transport ferroviaire sont liées à la consommation de carburant des locomotives des trains thermiques. Les trains électriques ne rejettent pas d'émissions de polluants sur la zone portuaire.

Les émissions dépendent du type de carburant utilisé (considéré ici comme du gazole), du trafic réel des trains par voies et des consommations moyennes par locomotive de type fret, ces données ont été fournies par PALR pour l'année 2020.

Emissions (tonnes)	Transport ferroviaire
NO_x	1.5
PM10	0.15
PM2,5	0.07
SO₂	0.0005
C₆H₆	0.00008
COVNM	0.11

Tableau 12 | émissions 2020 liées au transport ferroviaire

La figure 16, permet de géolocaliser les émissions de dioxyde d'azote (NO_x) du transport ferroviaire en fonction des voies ferroviaires et ITE (installations terminale embranchée).

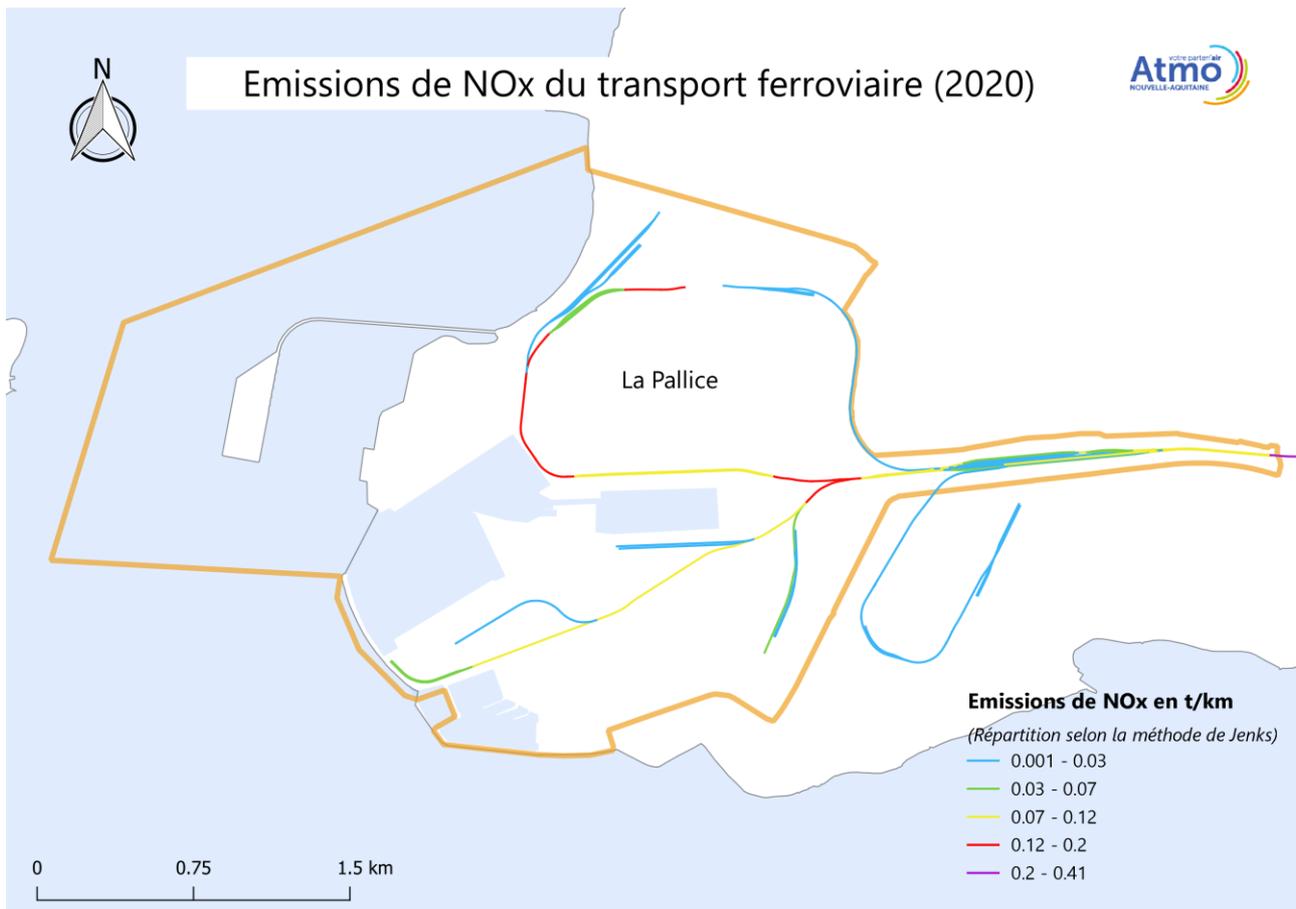


Figure 16 | Carte des émissions annuelles 2020 de NOx issues du trafic ferroviaire

Les émissions de NOx du transport ferroviaire sont les plus élevées au niveau de la zone d'entrée du port, avant la gare de triage de Vaugoin, en effet c'est là où le trafic de trains est le plus important car l'ensemble des trains passent par Vaugoin pour entrer ou sortir du port. Au niveau de la gare de triage de Vaugoin les trains sont répartis sur les différents rails de triage, c'est pourquoi les voies ferrées montrent des émissions plus faibles.

La circulation des trains se répartie ensuite sur les différentes ITE, diluant les émissions de NOx. Les voies communes à plusieurs ITE ressortent également en termes d'émissions, du fait des trafics cumulés des trains, notamment sur la voie ferrée qui longe le bassin à flot en direction des ITE SICA, SEA et du terminal Repentie (excepté lorsque la voie ferrée se sépare en deux voies), et la voie ferrée qui part de Vaugoin jusqu'au terminal Chef de Baie (en ayant perdu quelques émissions au passage des voies en direction du terminal Quai Sud et de l'ITE BOREALIS/SOCOMAC).

6. Bilan des concentrations en polluants issues de la modélisation

Pour rappel, la modélisation a pour but de passer des émissions polluantes aux concentrations respirées afin de comparer ces dernières à des seuils réglementaires vis-à-vis de l'air ambiant.

Avant de présenter les résultats de la modélisation, le tableau ci-dessous synthétise le **niveau d'incertitude** du modèle. Afin de pouvoir valider l'utilisation d'un modèle, certains paramètres doivent être respectés.

L'erreur moyenne annuelle est un critère obligatoire à respecter contrairement à la **corrélation qui est un critère recommandé** (plus nous nous rapprochons de la valeur recommandée, mieux cela est).

En statistiques, l'erreur moyenne annuelle permet d'estimer si le modèle tend à surestimer ou sous-estimer les concentrations par rapport aux mesures. Il convient de ne pas dépasser +/- 30% pour le NO₂ et +/- 50% pour les particules.

La corrélation permet d'estimer le lien entre les concentrations mesurées et modélisées pour chaque pas de temps de calcul (ici horaire). Plus la corrélation est proche de 1 et plus le modèle fournit des concentrations proches de la mesure pour chaque échéance. Il est recommandé de se situer autour de 0.6 (voir au-delà) pour les trois polluants présentés ci-dessous.

Il n'existe pas de seuils obligatoires/recommandés pour le SO₂ et C₆H₆.

L'analyse statistique pour le NO₂ s'appuie sur des critères à l'échelle annuelle. Cependant, nous ne disposons que des données de la campagne de mesure (réalisée en amont de ce rapport) basée sur 3 mois. L'analyse est donc fournie à titre indicatif.

Concentrations (µg/m ³)	Résultats de la modélisation				Critères de validité	
	Moyenne modélisée	Moyenne mesurée	Erreur moyenne annuelle	Corrélation	Erreur moyenne annuelle	Corrélation (recommandation)
NO ₂	12	10	22%	0.6	+/- 30%	+/- 0.6
PM10	18	19	- 6%	0.5	+/- 50%	+/- 0.6
PM2,5	9	8	12%	0.7	+/- 50%	+/- 0.6

Tableau 13 | Synthèse des résultats du modèle et incertitudes associées.

Analyse du NO₂ :

Le modèle surestime en moyenne de 22% les concentrations et remplit le critère de corrélation.

Analyse des particules :

Le modèle sous-estime de 6% les concentrations en PM₁₀ et n'atteint pas la recommandation de 0.6 pour la corrélation. Cette valeur peut s'expliquer par le fait qu'il est difficile de représenter les vigilances en PM₁₀ ainsi que l'apport des embruns marins mais aussi potentiellement des sources plus locales dans le modèle.

Le modèle surestime de 12% les concentrations en PM_{2,5} et remplit le critère de corrélation.

Le tableau suivant présente les concentrations maximales et moyennes modélisées pour la zone de modélisation, l'intérieur de la limite administrative du PALR comparées avec l'agglomération de La Rochelle :

Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zone modélisée (zone portuaire & quartier La Pallice)	Limite administrative du PALR	Agglomération de la Rochelle (2021- v3-0)
NO ₂	32 11	30 10	63 6
PM10	20 18	20 18	31 14
PM2,5	11 10	11 10	21 9
SO ₂	0.3 0.2	0.3 0.1	-
C ₆ H ₆	0.6 0.08	0.6 0.06	-

Tableau 14 | Concentrations par polluant et par domaine d'étude (Max.|Moy.)

6.1. Polluants gazeux

Dans cette partie, nous présentons les résultats pour les polluants gazeux suivants :

- Dioxyde d'azote NO₂
- Dioxyde de soufre SO₂
- Benzène C₆H₆

Un bilan a été réalisé pour les émissions de NO_x dans la partie précédente. Dans cette partie, nous traitons uniquement le NO₂ (qui fait partie de la famille des NO_x) car les seuils s'appliquent uniquement à ce polluant.

6.1.1. Le dioxyde d'azote (NO₂)

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale des concentrations en dioxyde d'azote.

Les contours administratifs du Port ont été représentés et des points d'intérêts ont été choisis afin d'extraire des valeurs.

Sur cette première carte, la concentration maximale se situe au niveau de la rue Roberval, un axe très fréquenté. Le point d'intérêt sélectionné se trouve à la limite du contour administratif de PALR et présente une valeur moyenne avoisinant 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sur le restant du domaine, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des limites administratives de PALR, les concentrations sont globalement similaires avec une moyenne de 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nous nous situons bien en deçà de la valeur limite annuelle fixée à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations les plus élevées se situent au niveau des axes routiers (boulevard Emile Delmas), ce qui est un résultat cohérent du fait que le NO₂ soit un polluant majoritairement émis par le secteur routier.

A l'intérieur des limites administratives de PALR, nous retrouvons les principales zones d'activités (quai Lombard, Chef de Baie et Bassin à Flot) où ont lieu des manutentions nécessitant la manœuvre d'engins.

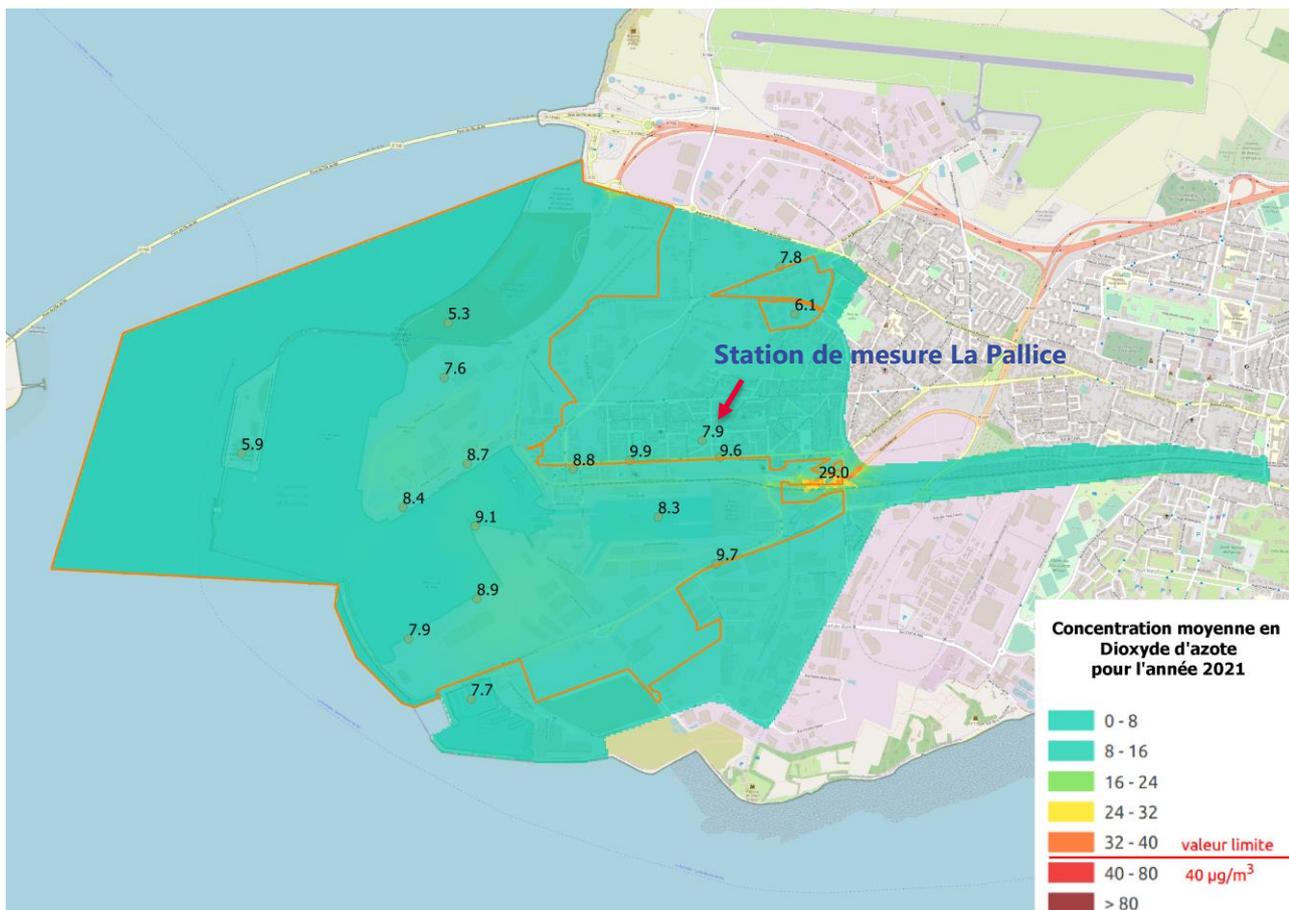


Figure 17 | Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en dioxyde d'azote (NO₂)

6.1.2. Dioxyde de soufre (SO₂)

La concentration maximale sur l'ensemble de la zone est de 0.3 µg/m³ ce qui est **très en deçà de la valeur limite annuelle (20 µg/m³) et de l'objectif de qualité annuel (50 µg/m³)**.

Il est noté qu'au sein de la zone portuaire, nous visualisons les principales zones d'activités. La zone du quartier de la Pallice présente une colorisation plus marquée que la zone portuaire malgré le fait que le secteur maritime soit le principal émetteur de ce polluant. Les cartes présentées sont à une altitude de 1,5 mètres (afin de représenter ce qui est respiré par la population). Cependant, le SO₂ émis par les navires est produit à une hauteur variant entre 15 et 35 mètres (hauteur des cheminées). Entre ces deux niveaux, hauteur de « nez » et de cheminées, le SO₂ a été dispersé/mélangé, ce qui explique les concentrations obtenues plus faibles au niveau du sol.

La carte ci-dessous s'appuie sur une échelle de couleur permettant de localiser les concentrations maximales mais ces dernières **restent très faibles**.

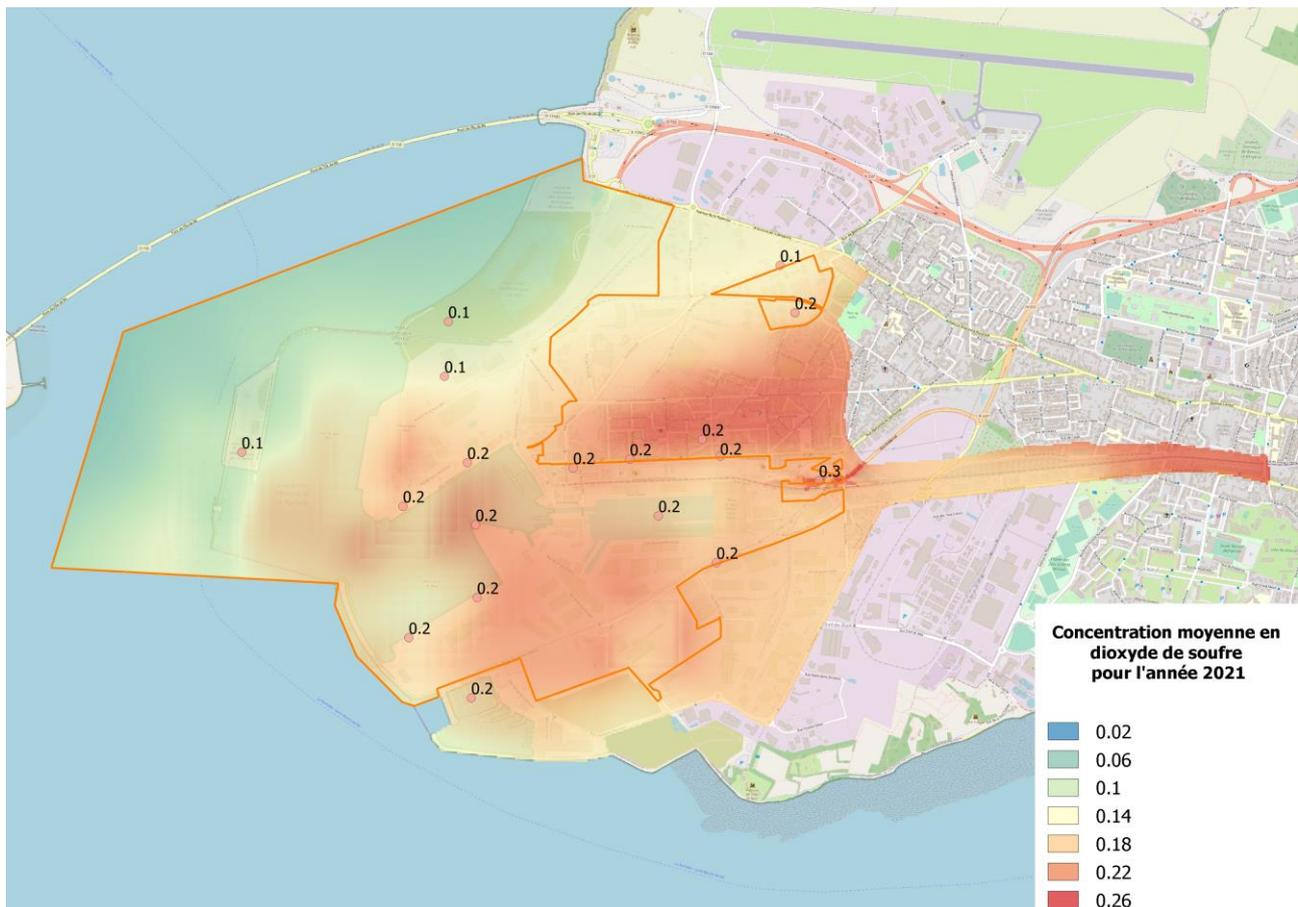


Figure 18 | Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en dioxyde de soufre (SO₂)

6.1.3. Benzène (C₆H₆)

La concentration maximale sur l'ensemble de la zone est de 0.6 µg/m³ ce qui est **très en deçà de la valeur limite annuelle (5 µg/m³) et de l'objectif de qualité annuel (2 µg/m³)**.

Il est noté que la concentration la plus élevée se situe au niveau des dépôts pétroliers.

La carte ci-dessous s'appuie sur une échelle de couleur permettant de localiser les concentrations maximales mais ces dernières **restent très faibles**.

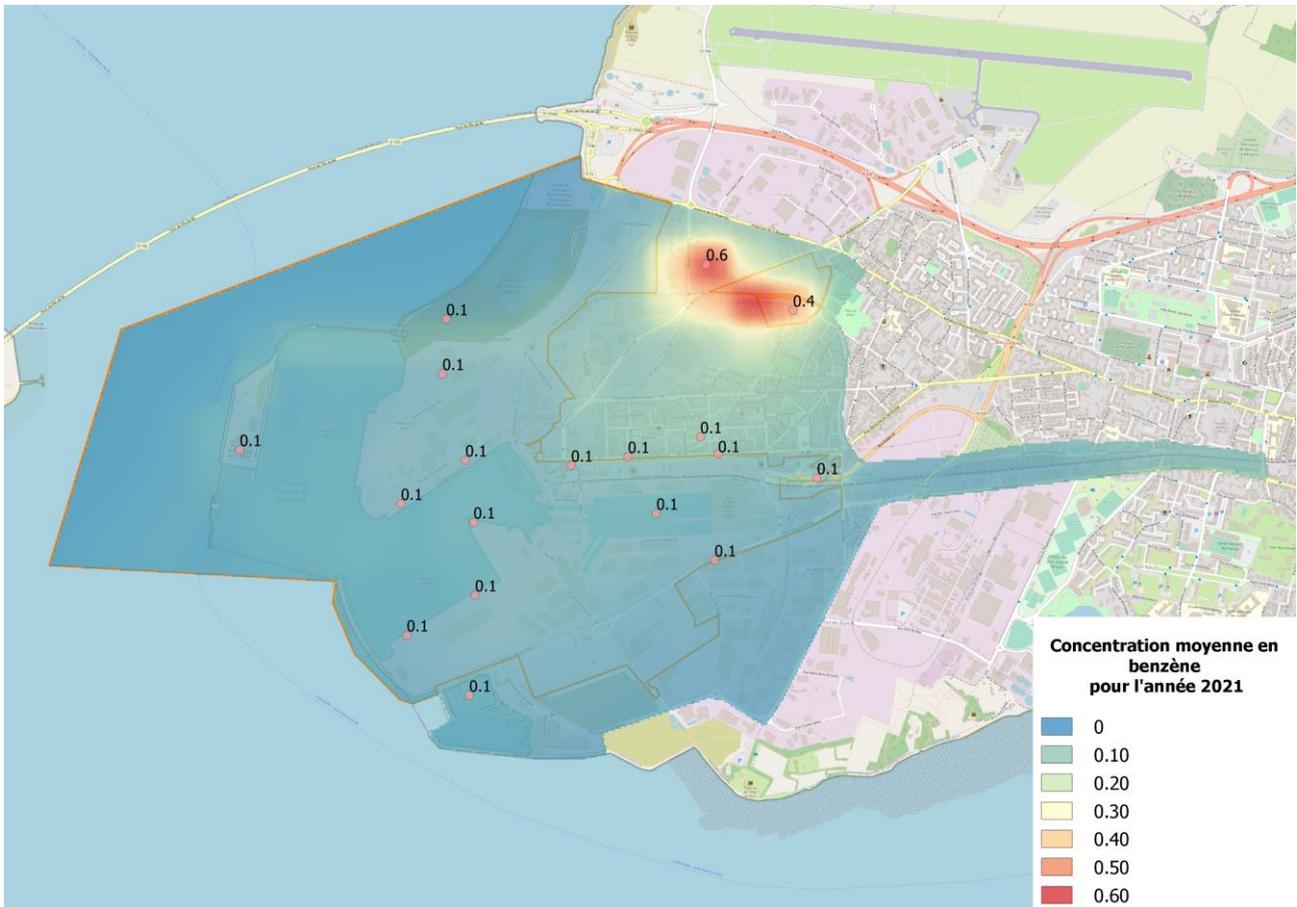


Figure 19 | Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en benzène (C₆H₆)

6.2. Polluants particuliers

Dans cette partie, nous présentons les résultats pour les polluants particuliers :

- Les particules en suspension PM10
- Les particules fines PM2,5

6.2.1. Les particules en suspension (PM10)

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale des concentrations en particules en suspension (PM10). Les contours administratifs du Port ont été représentés (orange) et des points d'intérêts ont été choisis afin d'extraire des valeurs.

Sur cette première carte, la concentration maximale se situe au niveau de la rue Roberval, un axe très fréquenté. Le point d'intérêt sélectionné se trouve à la limite du contour administratif de PALR et présente une valeur moyenne avoisinant $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les plus fortes concentrations se situent tout le long du Boulevard Emile Delmas.

Sur le restant du domaine, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des limites administratives de PALR, les concentrations sont globalement similaires avec une moyenne de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nous nous **situons bien en deçà de la valeur limite annuelle fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**.

A l'intérieur des limites administratives de PALR, les concentrations modélisées sont très proches montrant un empoussièrément homogène avec une concentration moyenne supérieure au restant de l'Agglomération ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

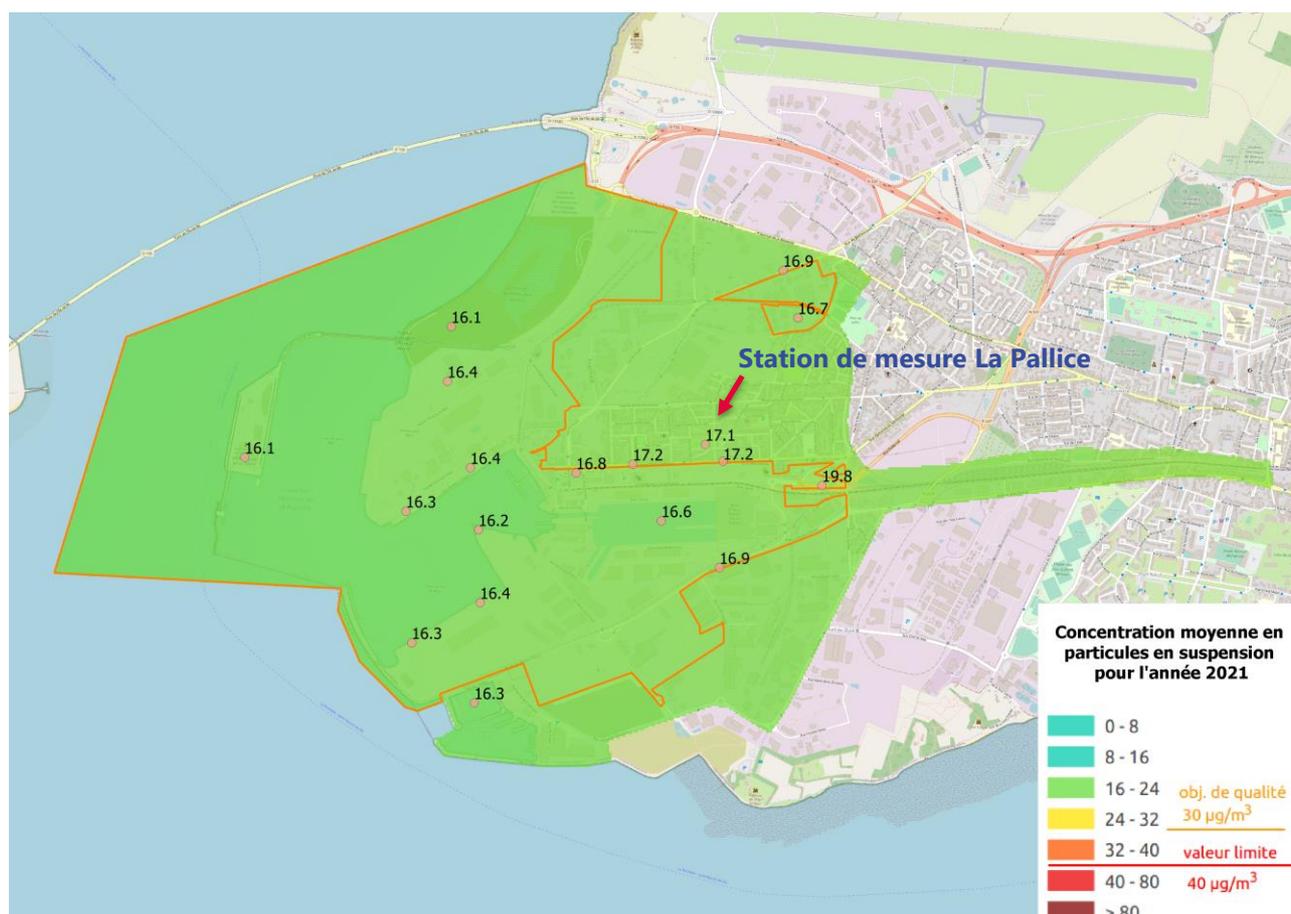


Figure 20 | Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en particules en suspension (PM10)

6.2.2. Les particules fines (PM2,5)

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale des concentrations en particules fines (PM2,5). Les contours administratifs du Port ont été représentés (orange) et des points d'intérêts ont été choisis afin d'extraire des valeurs.

Sur cette première carte, la concentration maximale se situe au niveau de la rue Roberval, un axe très fréquenté. Le point d'intérêt sélectionné se trouve à la limite du contour administratif de PALR et présente une valeur moyenne avoisinant $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les plus fortes concentrations se situent tout le long du Boulevard Emile Delmas.

Sur le restant du domaine, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des limites administratives de PALR, les concentrations sont globalement similaires avec une moyenne de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nous nous situons **bien en deçà de la valeur limite annuelle fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et à la limite de l'objectif de qualité annuel ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**.

A l'intérieur des limites administratives de PALR, les concentrations modélisées sont très proches montrant un empoussièremement homogène avec une concentration moyenne égale au restant de l'Agglomération ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

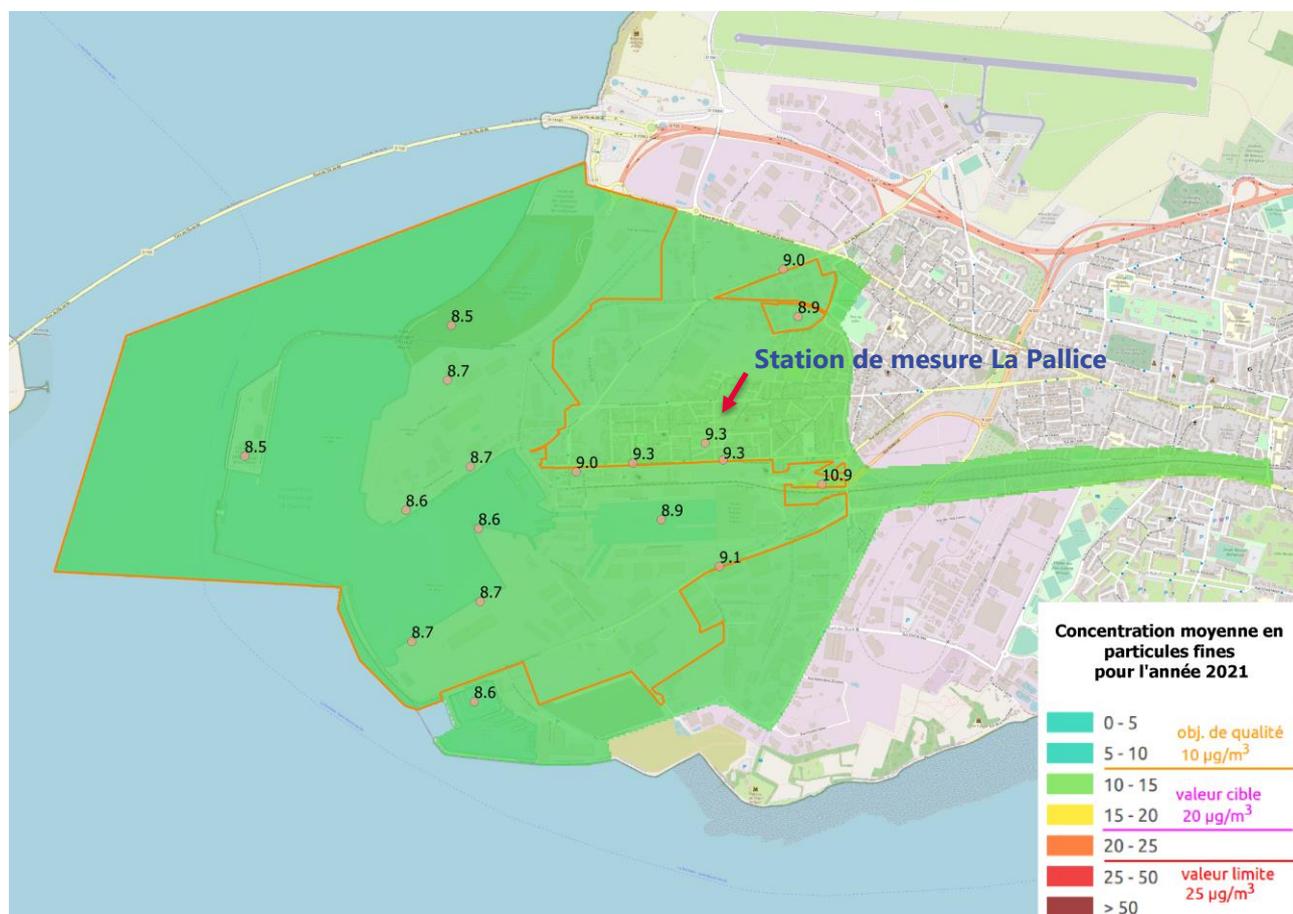


Figure 21 | Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en particules fines (PM2,5)

Conclusion

Le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) a émis des recommandations relatives à la qualité de l'air dans le cadre de l'examen du dossier d'autorisation du projet Port Horizon 2025 (PH2025) du Port Atlantique de La Rochelle (PALR), notamment sur l'évaluation de l'impact des activités du port sur la qualité de l'air.

Ainsi, Atmo Nouvelle-Aquitaine a mis en place une étude pour estimer les quantités de polluants rejetés dans l'air par les activités du port et pour cartographier la dispersion de ces polluants dans l'air sur le Port Atlantique de la Rochelle, afin d'évaluer l'impact des activités portuaires sur le quartier.

Il a été choisi conjointement avec PALR, d'estimer les émissions de polluants pour l'année 2020, et d'évaluer l'impact du port sur la qualité de l'air pour l'année 2021.

Cette étude s'est basée d'une part sur la dernière version de l'inventaire régional spatialisé des émissions de polluants atmosphériques, auquel des données d'entrées spécifiques aux activités de la zone portuaire ont été ajoutées (tonnage de vrac pulvérulents manutentionnés, trafic routier, ferroviaire et maritime, activités des industries). D'autre part, ces données d'émissions de polluants ont été injectées dans un modèle de dispersion, avec d'autres paramètres tels que les conditions météorologiques ou la pollution provenant des zones frontalières, permettant de cartographier les concentrations de polluants dans l'air de la zone portuaire et du quartier La Pallice de La Rochelle.

Cette étude met en lumière l'impact du transport maritime commercial sur les émissions de NO_x, C₆H₆, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} et dans une moindre mesure de COVNM sur la zone modélisée (zone portuaire et quartier La Pallice). D'autres activités de la zone portuaire ressortent plus ou moins fortement sur les émissions en fonction du polluant, comme les dépôts d'hydrocarbures responsables d'un tiers des émissions de COVNM sur la zone modélisée ou encore, certaines activités industrielles, notamment pour les particules (PM₁₀, PM_{2,5}), comme la consommation de combustibles utilisées dans les chaudières industrielles, ou l'utilisation d'engins de manutention.

Les émissions de particules liées à la manutention de vracs pulvérulents sont faibles en comparaison des autres sources. Le transport routier et ferroviaire, ainsi que les activités tertiaire et résidentielle (chauffage notamment) de la zone modélisée contribuent faiblement aux émissions de polluants de la zone.

D'un point de vue global, les émissions de la zone portuaire et du quartier La Pallice contribuent de manière non négligeable aux émissions de l'agglomération de La Rochelle pour les NO_x, SO₂ et C₆H₆, tandis qu'elles contribuent de manière plus limitée pour les particules (PM₁₀, PM_{2,5}) et les COVNM.

Le travail de modélisation permettant de convertir les émissions polluantes en concentrations respirées montre un très faible impact des activités portuaires avec aucun dépassement de valeurs limites et des concentrations proches de l'agglomération de La Rochelle.

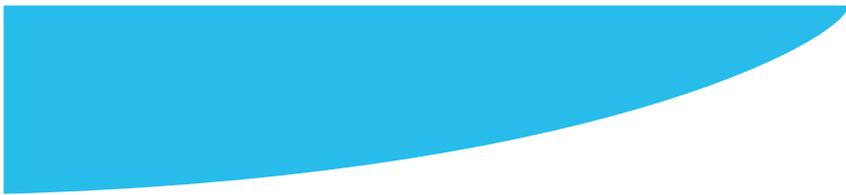
Table des figures

Figure 1 Répartition des émissions de NOx en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3.....	7
Figure 2 Répartition des émissions de PM10 en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3.....	8
Figure 3 Répartition des émissions de PM2,5 en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3.....	8
Figure 4 Répartition des émissions de SO ₂ en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3.....	9
Figure 5 Répartition des émissions de benzène en Nouvelle-Aquitaine par secteur d'activité – Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 – ICARE v3.2.3.....	10
Figure 6 Carte présentant le domaine d'étude et les sources d'émissions prises en compte.....	13
Figure 7 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de NOx de la zone modélisée.....	15
Figure 8 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de PM10 de la zone modélisée.....	15
Figure 9 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de PM2,5 de la zone modélisée.....	16
Figure 10 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de SO ₂ de la zone modélisée.....	17
Figure 11 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de COVNM de la zone modélisée.....	17
Figure 12 Contribution des secteurs d'activités sur les émissions de benzène (C ₆ H ₆) de la zone modélisée..	18
Figure 13 Carte des émissions annuelles 2020 de SO ₂ du transport maritime commercial géolocalisée par trajet, en tonne.....	20
Figure 14 Carte des émissions annuelles 2020 de PM10 liées à la manutention de vrac pulvérulent, en kilogramme.....	23
Figure 15 Carte des émissions annuelles 2020 de NOx issues du trafic routier.....	27
Figure 16 Carte des émissions annuelles 2020 de NOx issues du trafic ferroviaire.....	29
Figure 17 Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en dioxyde d'azote (NO ₂).....	32
Figure 18 Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en dioxyde de soufre (SO ₂).....	33
Figure 19 Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en benzène (C ₆ H ₆).....	34
Figure 20 Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en particules en suspension (PM10).....	35
Figure 21 Carte des concentrations moyennes 2021 modélisées en particules fines (PM2,5).....	36



Table des tableaux

Tableau 1 Valeurs réglementaires applicables au NO ₂ (Directive 2008 50 CE).....	8
Tableau 2 Valeurs réglementaires applicables aux PM10 et PM2,5 (Directive 2008 50 CE).....	9
Tableau 3 Valeurs réglementaires applicables au SO ₂ (Directive 2008 50 CE).....	9
Tableau 4 Valeurs réglementaires applicables au Benzène (Directive 2008 50 CE).....	10
Tableau 5 émissions par polluant et par domaine d'étude, tous secteurs confondus.....	14
Tableau 6 émissions liées au transport maritime commercial et à la navigation des navires de services et navires de pêche.....	19
Tableau 7 Nombre d'escales et durée cumulée d'escale par quai en 2020	21
Tableau 8 émissions 2020 liées à la manutention de vrac pulvérulents	21
Tableau 9 Tonnage de manutention de vrac pulvérulent et système dépoussiérant par quai.....	24
Tableau 10 émissions 2020 liées aux activités industrielles du PALR.....	25
Tableau 11 émissions 2020 liées au transport routier dans la zone modélisée.....	26
Tableau 12 émissions 2020 liées au transport ferroviaire.....	28
Tableau 13 Synthèse des résultats du modèle et incertitudes associées.	30
Tableau 14 Concentrations par polluant et par domaine d'étude (Max. Moy.)	31



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Contacts

contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Pôle Bordeaux (siège social) - ZA Chemin Long
13 allée James Watt - 33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)
ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel
17 180 Périgny

Pôle Limoges
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz
87 068 Limoges Cedex

