

www.atmo-hdf.fr

RAPPORT D'ETUDE N° 01/2023/SRO-HCE/V1

**Suivi de l'impact de la plateforme aéroportuaire de
Lille-Lesquin : Calcul des émissions 2022 et modélisation
des concentrations**

Etude menée en 2023



<https://modernisons-aeroportdelille.fr/>



Auteurs : Sylvain Roze et Hélène Cessey

Relectrices : Clara Landry Merle et Nathalie Söhne

Diffusion : Juin 2024



Avant-propos

Atmo Hauts-de-France est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (décret 2007-397 du 22 mai 2007) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO. Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Atmo Hauts-de-France est agréée du 1^{er} janvier 2022 au 31 décembre 2024, au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Conditions de diffusion

Atmo Hauts-de-France communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-hdf.fr.

Responsabilités

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Hauts-de-France. Ces données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure. Les résultats sont analysés selon les objectifs de l'étude, le contexte et le cadre réglementaire des différentes phases de mesures, les financements attribués à l'étude et les connaissances météorologiques disponibles.

Avertissement

Atmo Hauts-de-France n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°01/2023/SRO-HCE/V1**.

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

- depuis le formulaire de contact disponible à l'adresse <http://www.atmo-hdf.fr/contact.html>
- par mail : contact@atmo-hdf.fr
- par téléphone : 03 59 08 37 30

Réclamations

Les réclamations sur la non-conformité de l'étude doivent être formulées par écrit dans les huit jours de la livraison des résultats. Il appartient au partenaire de fournir toute justification quant à la réalité des vices ou anomalies constatées. Il devra laisser à Atmo Hauts-de-France toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices pour y apporter éventuellement remède. En cas de litige, un accord amiable sera privilégié. Dans le cas où une solution n'est pas trouvée la résolution s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

	Nom	Qualité	Visa
Approbation	Arabelle Patron - Anquez	Responsable du Service Etudes	

Version du document : V3 basé sur trame vierge : EN-ETU-20

Date d'application : 01/01/2021

Sommaire

1. Synthèse de l'étude.....	6
2. Enjeux et objectifs de l'étude	6
3. Inventaire des émissions	7
3.1 Méthodologie.....	7
3.2 Emissions par sources	8
3.3 Bilan total des émissions.....	22
3.4 Spatialisation et temporalisation des émissions	23
4. Modélisation.....	26
3.5 Méthodologie utilisée	26
3.6 Contexte météorologique et apport de polluants extérieurs.....	28
3.7 Résultats.....	31
5. Conclusion et perspectives.....	33

Annexes

Annexe 1 : Glossaire.....	34
Annexe 2 : Calcul des émissions par combustion pour les avions à turboréacteur ..	36
Annexe 3 : Calage du modèle	39

Commenté [SR1]: Besoin de faire apparaître selon moi les titres de niveau 3. Meilleure lisibilité de la structure du rapport (partie EMI) @Jean-Yves SAISON

Commenté [NP2R1]: C'est quoi le niveau 3? Pour moi là ça suffit amplement

Commenté [JS3R1]: Niveau 3 c'est par ex 3.2.1 mais j'arrive pas à l'afficher donc ça restera comme ça

Illustrations

Figure 1 : Emprise géographique de l'étude (Source: OpenStreetMap)	8
Figure 2 : Schématisation du cycle de vol d'un aéronef (source : (ACNUSA, 2016)). La durée des phases de vol (Time-in-mode ou TIM) mentionnée correspond aux valeurs standards proposées par l'OACI (OACI, 2nd édition, 2020)	9
Figure 3 : Schéma simplifié du logiciel Prisme Routier	20
Figure 4 : Répartition des émissions associées aux activités de la plateforme aéroportuaire hors trafic routier par polluant et par source - année 2022	22
Figure 5 : Répartition des émissions par polluant et par source sur l'aire d'étude - année 2022	23
Figure 6 : Spatialisation des sources d'émissions liées au secteur aérien (Source : OpenStreetMap)	24
Figure 7 : Schéma de fonctionnement du modèle ADMS Urban.....	26
Figure 8 : Périmètre de l'étude (Source : OpenStreetMap)	27
Figure 9 : Localisation de la station Météo France Lille_Lesquin (Source : OpenStreetMap)	28
Figure 10 : Rose des vents de la station Météo France de Lille-Lesquin.....	29
Figure 11 : Stations de fond (Source : OpenStreetMap).....	30
Figure 14 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour le NO ₂ sur le domaine d'étude	31
Figure 12 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour les PM2.5 sur le domaine d'étude	31
Figure 13 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour les PM10 sur le domaine d'étude	31
Figure 16 : Carte des percentiles 99.8 du NO ₂ pour la zone d'étude en 2022	32
Figure 15 : Carte des percentiles 90.4 des PM10 pour la zone d'étude en 2022	32
Figure 17 : Extrait du guide GREXURB.....	39
Figure 18 : Localisation de la stations ME4 (Wattignies) dans le domaine d'étude (OpenStreetMap)	40

Tableaux

Tableau 1 : Durée des phases de vol du cycle LTO pour l'aéroport de Lesquin	10
Tableau 2 : Puissance de la poussée moteur par phase du cycle LTO pour la certification des émissions moteur.....	10
Tableau 3 : Durée des phases de vol du cycle LTO d'un hélicoptère (source : FOCA)	12
Tableau 4: Durée de fonctionnement et facteurs d'émissions des APU (Sources : OACI et ADL)	14
Tableau 5 : Nombre de mouvements d'aéronefs équipés d'APU pour l'année 2022	14

Tableau 6 : Facteurs d'émissions en COVnM pour l'évaporation de carburant des réservoirs des véhicules essence en stationnement.....	16
Tableau 7 : Caractéristiques des parkings de la plateforme aéroportuaire.....	17
Tableau 8 : Liste et caractéristiques des réservoirs de stockage de carburant aviation de la plateforme.....	17
Tableau 9 : Facteurs d'émission par évaporation de carburant aviation lors de l'activité stockage (Source : CITEPA-DGAC)	18
Tableau 10 : Facteurs d'émission par évaporation de carburant aviation lors de l'avitaillement	18
Tableau 11 : Volume de carburant distribuée pour l'année 2022 (Source : Avia).....	18
Tableau 12 : Bilan des émissions par source émettrice pour l'année 2022 (en t/an)	22
Tableau 13 : Bilan total des émissions pour l'année 2022 (en t/an)	22
Tableau 14 : Choix des stations de fond pour les PM10, PM2.5 et NO ₂	30
Tableau 15 : Synthèse des concentrations sur et hors de la piste pour l'année 2022	32
Tableau 16 : Scores des stations choisies pour les PM10 et PM2.5	39

1. Synthèse de l'étude

Dans le cadre de la modernisation de l'aéroport de Lille, le gestionnaire ADL SAS a réalisé en 2020 une étude complète (deux campagnes de mesure, inventaire et modélisation) de la qualité de l'air autour de la plateforme aéroportuaire. Cette étude servait d'étude d'impact pour répondre à la réglementation. A la même période, l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroportuaires (ACNUSA) émettait des recommandations pour le suivi de la qualité de l'air autour de ces plateformes. Parmi celles-ci la réalisation d'un inventaire des émissions ainsi que d'une campagne de mesure de la qualité de l'air.

L'étude consiste à inventorier les émissions atmosphériques issues de la plateforme de Lesquin et de son environnement (13 km) et de les modéliser. L'année de référence est l'année 2022 et les polluants concernés sont les oxydes d'azote, les particules PM10 et PM2,5, les Composés Organiques Volatils non Méthaniques (COVnM), dont le benzène, et le SO₂. Les émissions aériennes prises en compte sont limitées par convention à une hauteur de 3000 pieds (914 m) car au-delà, elles n'influent plus sur la qualité de l'air au sol.

Sur la zone d'étude de 13 km de côté, l'inventaire montre que la source principale est de loin le trafic routier présent sur les autoroutes proches de la plateforme. Si on ne considère que cette dernière, la source principale d'émissions devient le cycle de décollage et d'atterrissage des avions, tout en ne représentant qu'une part réduite des émissions [totales] tous secteurs confondus. C'est pour les COVnM et le SO₂ que l'activité aéroportuaire se fait ressentir.

Les cartes de modélisation des concentrations font ressortir les axes routiers (A1, A23, D549) qui présentent les concentrations les plus élevées en polluants. Le retour au niveau de fond se fait rapidement lorsqu'on s'éloigne de l'axe routier. Sur l'espace occupé par la plateforme aéroportuaire, on distingue une légère hausse des concentrations ambiantes au niveau de la piste. Les concentrations moyennes en NO₂ et en PM y sont supérieures d'environ 3 µg/m³ aux valeurs de fond. Mais la réglementation est largement respectée et l'impact de l'aéroport reste localisé au niveau de l'aire géographique de la plateforme au plus proche de la piste.

2. Enjeux et objectifs de l'étude

En juin 2020, l'ACNUSA a publié son rapport sur la gestion de la qualité de l'air sur et autour des plateformes aéroportuaires. Elle y fait 15 propositions concernant l'organisation de campagnes de mesures pour le suivi de la qualité de l'air et la réalisation d'inventaire d'émissions.

L'aéroport de Lille a enregistré le transit de 2,2 millions de passagers en 2019 via 32 668 mouvements d'avions et se classe ainsi au 9^{ème} rang national¹. Pour assurer la mise en sécurité et la croissance de son activité dans les prochaines années, d'importants travaux de modernisation de la plateforme sont prévus.

Dans le cadre de la délégation de service public, dont ADL SAS est le concessionnaire, ce dernier s'est engagé à adhérer à Atmo Hauts-de-France afin de conventionner un partenariat pour la réalisation d'inventaires des émissions polluantes sur la plateforme aéroportuaire, de modélisations des concentrations sur la base de l'inventaire réalisé et la réalisation de campagnes de mesure des polluants dans l'air.

¹ <https://modernisons-aeroportdelille.fr/presentation-de-laeroport/>

Commenté [AP4]: C'est à dire tous secteurs confondus ?

Commenté [JSSR4]: Oui, je l'ajoute

Dans ce but, il a contractualisé en 2023 avec Atmo Hauts-de-France pour effectuer, sur une période de 5 années, deux inventaires des émissions suivis de la modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques et une campagne mobile d'évaluation de la qualité de l'air.

Ce rapport constitue le premier volet du programme, à savoir l'inventaire des émissions relatif à l'année 2022 et la modélisation de la qualité de l'air.

3. Inventaire des émissions

3.1. Méthodologie

Principe

Le calcul des émissions d'un inventaire est établi en croisant des données dites primaires (statistiques, comptage, consommation d'énergie, ...) et des facteurs d'émissions issus d'expériences métrologiques ou de modélisation. Ce calcul évalue un flux massique de polluant émis dans l'atmosphère sur une période de temps par une activité donnée.

Le calcul global est du type :

$$E_{p,a,t} = A_{a,t} \times FE_{p,a}$$

Avec :

- $E_{p,a,t}$ Emission du polluant **p** par l'activité **a** durant la période de temps **t**
- $A_{a,t}$ Quantité d'activité relative à l'activité **a** pendant le temps **t**
- $FE_{p,a}$ Facteur d'émission relatif au polluant **p** pour l'activité **a**

Sources émettrices

Les sources émettrices prises en compte dans cet inventaire de la plateforme aéroportuaire sont :

- Aéronefs
- APU (Auxiliary power units ou Moteurs auxiliaires de puissance
- Equipements au sol ou GSE (véhicules, engins de piste, ...)
- Parkings véhicules
- Centrales de production d'énergie
- Stockage et distribution de carburant
- Trafic routier

Ces sources correspondent à la liste dressée par l'ACNUSA² dans ses travaux sur la gestion de la qualité de l'air au niveau des aéroports et aux activités suivies dans l'inventaire précédent (RAMBOLL, 2021).

Polluants pris en compte

L'inventaire porte sur les polluants suivants :

- NOx
- PM10
- PM2.5
- COVnM
- SO₂

² (ACNUSA, 2020), Proposition n°11

Ils correspondent aux recommandations issues du groupe de travail animé par l'ACNUSA³.

Emprise géographique

Le périmètre de l'étude est une aire, centrée sur l'aéroport de Lesquin, mesurant 13 x 13 km de côté (Figure 1). Cette aire est identique à celle utilisée lors de l'étude d'impact pour le volet air du projet de modernisation de l'aéroport de Lesquin (RAMBOLL, 2021).

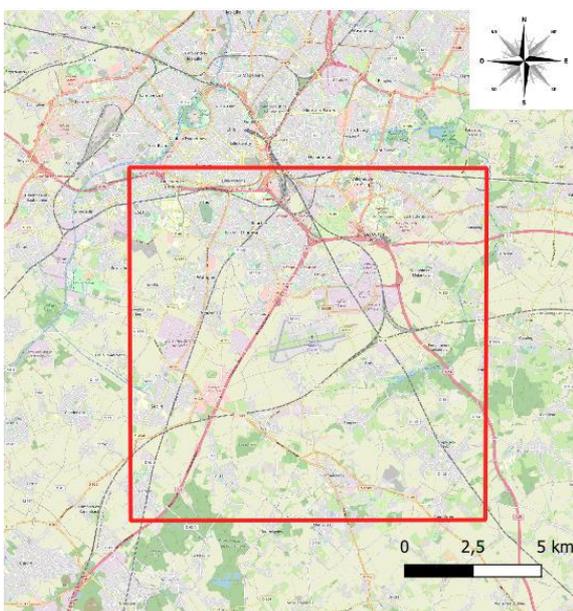


Figure 1 : Emprise géographique de l'étude (Source: OpenStreetMap)

3.2. Emissions par sources

3.2.1. Cycle atterrissage-décollage (LTO)

Les émissions du trafic aérien sont décomposées en 2 sous-ensembles (Figure 2) :

- La phase de vol LTO (Landing and Take Off) située au-dessous de 3000 pieds (914 m d'altitude)
- La phase de croisière au-dessus de 3000 pieds

Commenté [SR6]: @Hélène CESSEY J'ai repris l'image que vous avez créé pour le périmètre de l'étude. Je pense que la capture doit être plus resserrée e autour de l'aire d'étude, la carte est sinon trop petite et elle devient difficile à lire. L'aéroport ne peut être que deviné.

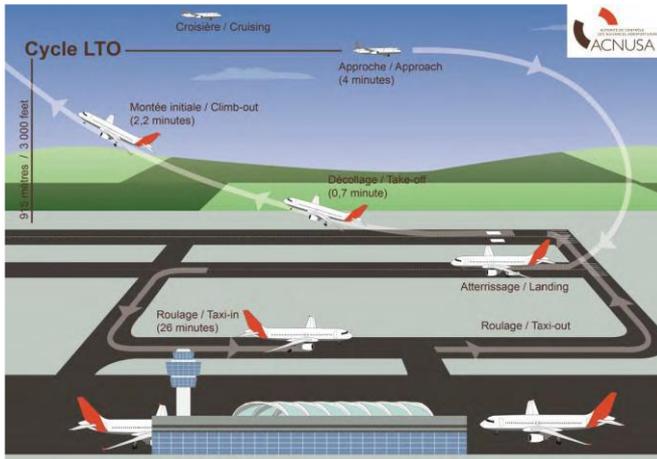
Commenté [CL7R6]: Même image dans la partie mod. Utiliser la même ref ?

Commenté [SR8]: @Jean-Yves SAISON Titre à discuter. Méthodologie par source d'émission serait plus approprié.

Commenté [JS9R8]: Je reste sur le premier titre

Commenté [AP10]: pb de pagination ?

³ (ACNUSA, 2020), Proposition n°10



La durée des phases de vol (TIM) mentionnée correspond aux valeurs standards proposées par l'OACI (OACI, 2nd édition, 2020)

Figure 2 : Schématisation du cycle de vol d'un aéronef (source : (ACNUSA, 2016)). La durée des phases de vol (Time-in-mode ou TIM) mentionnée correspond aux valeurs standards proposées par l'OACI (OACI, 2nd édition, 2020)

Les émissions de la phase de croisière se situent au-dessus de la hauteur moyenne de la couche de mélange. Elles sont considérées sans impact sur les couches de surface de l'atmosphère et la qualité de l'air locale.

Seules les émissions du cycle LTO sont comptabilisées dans un inventaire territorial.

Décomposition du cycle LTO

Le cycle LTO, pour les besoins de la certification et le calcul des émissions moteurs, est simplifié en **4 phases**⁴:

- L'approche (*approach*)
- Le roulage au sol (*taxi-in and taxi-out*)
- Le décollage (*take-off*)
- La montée (*climb-out*)

Le rapport va s'attacher à présenter dans les paragraphes suivants :

- La durée des différentes phases de vol utilisée
- Les facteurs d'émissions mobilisés par type d'aéronef par polluant
- La donnée d'activité (donnée de trafic)

Durée des phases de vol

La durée des phases de vol standard (*Time-in-mode* ou TIM) proposée par l'OACI (OACI, 2nd édition, 2020) a été utilisée dans le cadre de cette étude à l'exception de la durée de la phase de roulage au sol qui nécessite plus particulièrement une adaptation aux conditions réelles de l'aéroport.

Une **durée de roulage estimée par ADL** à partir de données 2018-2019 a été utilisée :

⁴ (OACI, 2nd édition, 2020), §2. Aircraft engine emissions certification

Commenté [NP11]: Elles sont sans impact sur la concentration au niveau du sol/dans la couche limite atmosphérique/couche limite planétaire/couche de surface (attention ce ne sont pas des synonymes). La plus basse couche de l'atmosphère c'est la troposphère qui va jusqu'à 10km environ, et dans laquelle toute la phase de croisière des avions commerciaux s'exécute.

Commenté [CL12]: Peut-être faire un récap ici de ce que l'on va détailler par la suite : durée des phases, calcul décrit par type d'aéronef: avion à turboréacteur, avions à piston et hélicoptères. + données d'activités

Commenté [SR13R12]: Le problème de lecture est lié à un sommaire trop peu exhaustif pour comprendre la structuration du Chapitre Inventaire (voir commentaire ajout Niveau 3), il me semble.

Pont de lecture ajouté

Phase de vol	TIM (mn)
Approche	4.0
Roulage au sol	8.26
Décollage	0.7
Montée	2.2

Tableau 1 : Durée des phases de vol du cycle LTO pour l'aéroport de Lesquin

Il est à noter que la durée des phases de vol pour les hélicoptères est spécifique (voir paragraphe dédié).

Facteurs d'émission – Avion à turboréacteur

Combustion

Les émissions par combustion pour ce type d'aéronef ont été calculées suivant la **méthodologie Tier 3** dite **méthode « avancée »** du Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2018). Cette méthodologie correspond à l'approche présentée également par l'OACI (OACI, 2nd edition, 2020).

L'OACI met à disposition une base donnée⁵⁶ (**Aircraft Engine Emissions Databank, EEDB**) donnant par référence moteur :

- Les facteurs de consommation de carburant par phase de vol (kg/s)
- Les facteurs d'émission par phase de vol pour les polluants NOx et HC (g/kg carburant)
- Un indice de fumée SN (*Smoke number*) par phase de vol

La BDD EEDB v29 (février 2023) a été utilisée pour cette étude.

Les facteurs de consommations et d'émissions sont établis à une puissance de poussée moteur par phase de vol définie dans la procédure de certification de l'OACI⁷ (Tableau 2).

Phase de vol	Puissance poussée moteur (%) ⁸
Approche	30
Roulage au sol	7
Décollage	100
Montée	85

Tableau 2 : Puissance de la poussée moteur par phase du cycle LTO pour la certification des émissions moteur

L'OACI met également à disposition un tableau de correspondance indiquant la référence et le nombre de moteurs d'une liste d'aéronefs (OACI, 2nd edition, 2020). Ce tableau de correspondance a été complété afin de couvrir au mieux le trafic d'avions à turboréacteur faisant escale à Lesquin.

⁵ <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank>

⁶ Les moteurs d'aviation ayant une poussée > 26.7 kN doivent être certifiées par l'OACI en matière d'émission.

⁷ Sources : (OACI, 2021) et (European Union Aviation Safety Agency, 2023)

⁸ Définit par rapport à la poussée maximale mesurée au décollage.

Facteurs d'émissions de NOx, HC, PM10 et PM2.5

Les facteurs d'émission en NOx et HC de la base EEDB ont été utilisés. Le mode de calcul des émissions est présenté en Annexe 2.

Les facteurs d'émission en PM10 et PM2.5 ont été calculés suivant une méthodologie proposée par l'OACI (OACI, 2nd edition, 2020). Cette méthodologie dite « FOA⁹ », décrite en Annexe 2, distingue 3 catégories de particules fines :

- Les particules non-volatiles
- Les particules volatiles sulfurées
- Les particules volatiles organiques

Les particules fines émises par les turboréacteurs sont inférieures à 2.5 µm¹⁰ ; les émissions de PM10 sont donc égales aux émissions de PM2.5 (l'appellation PM10 et PM2.5 désigne respectivement l'ensemble des particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm et 2.5 µm. Si l'ensemble des particules émises est inférieur à 2.5 µm, la quantité de particules dans les classes 2.5 et 10 sont égales).

Facteur d'émissions de COVnM

Les émissions de COVnM ont été calculées sur la base d'un facteur de spéciation de 90% de la fraction massique du polluant Hydrocarbures (HC) (hypothèse Atmo HDF), car le facteur d'émission de ce polluant n'est pas disponible dans la base de données de l'OACI.

Facteur d'émissions de SO₂

Le facteur d'émission proposé par l'EMEP 2019 1.A.3.a Aviation (EEA, 2019) a été utilisé pour cette étude :
1 g SO₂ / kg de carburant

La fraction massique de soufre dans le carburant consommé est supposée être égale à 0.05% pour cette étude.

Facteur d'émissions de Benzène

Le facteur de spéciation des HC proposé par l'EMEP2019 1.A.3.a Aviation (EEA, 2019) a été utilisé pour calculer les émissions de Benzène¹¹.

0.01681 g/g HC

Usure

Facteur d'émissions de PM10 et PM2.5

Les facteurs d'émission de la base OMINEA Edition 19.1 (CITEPA, 2022) pour le transport aérien ont été utilisés pour ce processus d'émission (il n'existe pas de données certifiées OACI). Les facteurs recouvrent les processus d'usure des pneus, des freins et des pistes. Il s'agit de facteurs moyens, indépendants de la typologie de l'aéronef et exprimés par cycle LTO.

⁹ FOA: First Order Approximation

¹⁰ (OACI, 2nd edition, 2020)

¹¹ Source initiale : US EPA, 2009, profil de spéciation des COV dans les fumées de combustion de réacteurs d'avion

Commenté [JS14]: Idem, peux-tu expliquer ?

Commenté [SR15R14]: La BDD de l'OACI (EEDB) donne des facteurs d'émissions pour le polluant Hydrocarbures (HC) et non les COVnM. Pour passer des HC au COVnM, Olivier Perussel m'a indiqué qu'Airparif utilisait ce facteur. Dans son rapport, Ramboll indique et c'est une erreur que la base EEDB donne des facteurs d'émissions pour les COVnM.

Commenté [CL16]: Hypothèse Atmo HDF ?

Facteurs d'émission – Avion à piston

Le calcul des émissions pour ce type d'aéronef repose sur les données d'entrées suivantes :

- Les facteurs de consommation de carburant moyen fournis par l'EMEP 2019 1.A.3.a Aviation (EEA, 2019) pour quelques types d'avion à piston¹²
- Les facteurs d'émission de la base OMINEA Edition 19.1(CITEPA, 2022) pour les émissions par combustion du transport aérien

Les émissions de PM par usure pour cette catégorie d'appareil ont été considérées négligeables au regard des émissions des avions à turboréacteur¹³.

Facteurs d'émission – Hélicoptères

La méthodologie de calcul des émissions pour les hélicoptères repose sur **la méthodologie développée par le FOCA** (FOCA, Federal Organization of Civil Aviation, 2015). Elle est la méthodologie retenue dans le Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2018).

Le cycle LTO, spécifique à ce type d'aéronef, se compose de 4 phases. La durée des phases de vol (*Time-in-mode* ou TIM) proposée par le guide FOCA pour un hélicoptère équipé d'un turbomoteur a été utilisée dans le cadre de cette étude.

Phase de vol	TIM (mn)
Temps au sol avant décollage	4
Décollage et montée	3
Approche	5.5
Temps au sol après atterrissage décollage	1

Tableau 3 : Durée des phases de vol du cycle LTO d'un hélicoptère (source : FOCA)

Le FOCA a constitué une base de données donnant par libellé d'hélicoptère :

- La référence, le type et le nombre de moteurs
- Les facteurs de consommation de carburant par phase vol (kg/mn). Ces facteurs de consommation sont donnés pour des hauteurs de poussée moteur moyennes standard par phase de vol.
- Les facteurs d'émission par phase de vol pour les polluants NOx, HC et PM (g/kg carburant)

Les performances énergétiques et émissives² de 110 types d'hélicoptère sont référencées.

Cette base est le pendant pour les hélicoptères, de l'EEDB développée par l'OACI pour les avions à turboréacteur (voir paragraphe Facteurs d'émission – Avion à turboréacteur).

¹² 2 valeurs de consommation horaire de carburant sont données : l'une pour des aéronefs Cessna (C152, C172, C182), l'autre pour des aéronefs type Robin et Piper.

¹³ Les facteurs d'émission de la base OMINEA pour les processus d'abrasion portent sur des appareils de taille et masse importantes au regard des avions à piston. Les ordres de grandeur des émissions de particules fines sont donc sans rapport. Les émissions de particules fines par abrasion reposent par ailleurs sur des études anciennes. Ce champ de connaissance doit être l'objet d'axe d'amélioration comme le note l'ACNUSA dans son guide (ACNUSA, 2016).

Commenté [SR17]: Point d'attention @Clara LANDRY
OK avec ce qui est écrit et son argumentaire?

Commenté [CL18R17]: ok

Les émissions par combustion des hélicoptères ont été calculées suivant la **méthodologie Tier 3** (méthodologie similaire à celle présentée pour les avions à turboréacteur Annexe 2 pour les polluants NOX, HC). Le calcul se base sur l'association des 3 données :

- Nombre de mouvements annuels par type d'hélicoptère
- Facteurs de consommation et d'émission par phase de vol et type d'appareil
- Durée des phases de vol

Facteurs d'émission – Avions militaires

Le nombre de mouvements d'aéronef de type militaire en 2022 est faible au regard du trafic annuel global : 16 mouvements approximativement ont été identifiés dans la base dont 8 de gros porteurs. Ces mouvements ont été traités comme un mouvement d'avion à turboréacteur. Une méthodologie dédiée n'a pas été déployée.

Données d'activité

ADL a transmis dans le cadre de l'étude la « base mouvement » pour l'année 2022. Ce fichier documente pour chaque mouvement (liste non exhaustive) :

- Le libellé de l'aéronef
- La date et l'heure du mouvement
- Le sens du mouvement (départ / arrivée)
- La piste de décollage / atterrissage utilisée
- Le parking utilisé
- Le poids de l'aéronef
- Le nombre de touch and go¹⁴
- La typologie du mouvement (catégorie commerciale, catégorie technique, aéroclub, militaire, évacuation sanitaire, ...)

Le **nombre total de mouvements d'aéronefs** est de **23 934 en 2022**.

Le nombre de mouvements est inférieur à celui observé en 2019 dans le cadre de l'inventaire précédent : 32 668 (-27%).

3.2.2. Moteurs auxiliaires (APU)

L'APU¹⁵ est un petit turboréacteur embarqué, situé en général à l'arrière du fuselage, qui permet à l'avion d'être autonome, lors de l'escale, pour l'air (compresseur haute pression) et l'électricité (génératrice courant alternatif 115 V 400 Hz). L'APU fournit :

- Au sol, l'air pour la mise en route des réacteurs et pour le système de climatisation, et l'énergie électrique nécessaire à l'avion ;
- Au décollage, le conditionnement d'air en soulageant les moteurs lorsque des performances optimales sont requises.

¹⁴ Atterrissage suivi immédiatement d'un décollage

¹⁵ D'après (ACNUSA, 2016)

Commenté [SR19]: @Clara LANDRI, à discuter comment on gère cette catégorie non traitée
J'ai dénombré 16 mouvements d'aéronef militaire dans la base annuelle dont 8 de gros porteurs.

Commenté [CL20R19]: Expliquer en 2 lignes notre position de ne pas considérer cette catégorie car le nombre de mouvements identifié est très faible en 2022.

Commenté [SR21R19]: Position argumentée

Commenté [JS22R19]: Si non traité, je propose de seulement le mentionner et mettre «négligé»

Commenté [CL23R19]: Ils ont été traités comme un autre type d'avion... pas vraiment négligés

Les émissions des APU dans cette étude sont considérées être au sol.

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émissions sont issus du Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère des APU (CITEPA, 2007)¹⁶. Ils dépendent :

- De la durée de fonctionnement des APU
- Du type d'aéronef (court-moyen-courrier / long-courrier)¹⁷

La durée moyenne de fonctionnement des APU à l'aéroport de Lesquin a été fournie par ADL.

Paramètre	Avion court/moyen-courrier	Avion long courrier
Durée d'utilisation APU (mn/cycle LTO) ¹⁸	4	4
Consommation de carburant (kg)	7.1	16
FE NOX (g/mn)	15.6	32
FE COVnM (g/mn)	0.67	2.13
FE PM10 (g/mn)	0.56	0.53

Tableau 4: Durée de fonctionnement et facteurs d'émissions des APU (Sources : OACI et ADL)

Le guide du CITEPA ne propose pas de valeurs pour les PM2.5 et le SO₂. Ces polluants ont été estimés comme suit :

- L'ensemble des émissions de PM10 est assimilé à des émissions de PM2.5
- Le facteur d'émission du SO₂ donné par l'EMEP (EEA, 2019) pour la combustion des moteurs principaux a été utilisé : 1 g/kg carburant (teneur massique en soufre dans le carburant : 0.05%)

Données d'activité

Certaines catégories d'aéronefs ne sont pas équipées d'APU : l'aviation légère, les hélicoptères. Le nombre annuel de mouvements a été défini en identifiant dans la base mouvement les vols d'aéronefs pourvus d'APU par type d'aéronef :

Type d'aéronef	Nombre de mouvements
Court / moyen courrier	14 773
Long-courrier	6

Tableau 5 : Nombre de mouvements d'aéronefs équipés d'APU pour l'année 2022

3.2.3. Equipements au sol (GSE)

2 catégories d'équipements au sol sont distinguées :

- GSE – véhicule : cette activité recouvre **la circulation des véhicules** à l'intérieur de la plateforme

¹⁶ Le guide repose lui-même sur l'Airport Quality Manual (OACI, 2nd edition, 2020).

¹⁷ En l'absence de définition commune établie, l'OACI propose de considérer comme long-courrier les aéronefs ayant un rayon d'action supérieur à 8000km (OACI, 2nd edition, 2020).

¹⁸ La durée de fonctionnement des APU est courte dans la configuration de l'aéroport de Lesquin.

aéroportuaire (véhicules de transport de passagers, du personnel, des véhicules de maintenance, de piste, de pompiers, ...)

- GSE - hors véhicule : cette activité recouvre l'utilisation **d'engins spéciaux** sur la plateforme aéroportuaire :
 - Assistance en piste : ground power unit (GPU), Pushback (manutention avion), Air conditioning unit (ACU), ...
 - Manutention des bagages (tapis à bagages, loader: plate-forme de chargement des containers à bagages)
 - Manutention générale (chariots élévateurs)
 - Logistique associée aux avions (vidange des toilettes, remplissage cuve à eau, ...)
 - Circulation des passagers (escaliers mobiles)

Facteurs d'émission

GSE – véhicule routier

Les facteurs d'émissions de la base OMINIA Edition 19.1(CITEPA, 2022) ont été utilisés. Cette base fournit des facteurs d'émissions pour l'ensemble des polluants de l'étude par catégorie de véhicules (VP / VUL / PL / Bus), source d'énergie et norme Euro.

GSE – hors véhicule routier

Le guide méthodologique du CITEPA et de la DGAC (CITEPA, DGAC, Mars 2013)¹⁹ propose des facteurs de consommation moyens et des facteurs d'émissions par type d'équipement GSE. Le calcul des émissions a été réalisé sur le parc de GSE à motorisation thermique (pas d'émission pour les équipements à motorisation électrique)

Données d'activité

GSE – véhicule routier

ADL a fourni la liste de l'ensemble des véhicules évoluant sur la plateforme aéroportuaire (véhicules ADL + prestataires) et les éléments caractéristiques suivants :

- Constructeur et type de véhicule
- Source d'énergie
- Date de 1^{ère} mise en circulation
- Consommation annuelle d'énergie

La distance annuelle parcourue par véhicule a été estimée à partir des données de consommation de carburant annuelle et de facteurs de consommation moyens par type de véhicule / type de carburant²⁰.

Pour les véhicules électriques, la distance annuelle a été estimée sur la base de la donnée 2019 lorsque le véhicule attaché à cette affectation/fonction était de type thermique en 2019²¹. A défaut, une distance égale à une valeur moyenne a été prise.

¹⁹ Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs, (CITEPA, DGAC, Mars 2013)

²⁰ Source : SDES 2019

²¹ Certains véhicules thermiques du parc automobile 2019 ont été remplacés par des véhicules électriques entre les inventaires 2019 et 2022.

Commenté [CL24]: ?

Commenté [CL25R24]: A reprendre : 'Valeur moyenne'

Le parc totalise, en 2022, 46 véhicules :

- 10 VP - 8 PL
- 23 VUL - 5 Bus

Dont 9 véhicules électriques.

GSE – hors véhicule routier

ADL a fourni :

- Le détail du parc de GSE-hors véhicules utilisé sur la plateforme en 2022 (nombre d'équipements par fonction et source d'énergie)
- La consommation annuelle totale de gazole des GSE-thermiques hors véhicules

3.2.4. Chaudières

2 chaudières de 545 kW fonctionnant au gaz naturel équipent la plateforme aéroportuaire en 2022 :

- Chaudière Aérogare passagers « NAP »
- Chaudière Moyens Généraux et SSLIA « AG »

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission de la base OMINEA Edition 19.1(CITEPA, 2022) pour les Chaudières < 50MW du secteur Tertiaire ont été utilisés.

Données d'activité

ADL a fourni les consommations mensuelles de chacune des 2 chaudières pour l'année 2022.

3.2.5. Evaporation de carburant sur les zones de parking routier

Cette activité porte sur l'évaporation de carburant émanant des réservoirs et tuyauteries des véhicules stationnés sur les parkings de la plateforme aéroportuaire. Seuls les véhicules à essence sont concernés par cette activité (faible volatilité du diesel).

Facteurs d'émission

La méthodologie proposée par l'EMEP 1.A.3.b.v Gasoline evaporation (EEA, 2019) a été mobilisée pour l'estimation des émissions. Elle propose des facteurs d'émissions en COVnM par type de véhicule (VP : véhicule personnel et VUL : véhicule utilitaire léger) par plage de température journalière moyenne :

Plage de température journalière moy.	FE COVnM (g/veh/j)	
	VP	VUL
] -5 – 5°C]	4	6.5
] 5 – 12.5°C]	5.7	9.3
] 12.5-22.5°C]	7.8	12.7
] 22.5-35°C]	14.6	22.2

Tableau 6 : Facteurs d'émissions en COVnM pour l'évaporation de carburant des réservoirs des véhicules essence en stationnement

Commenté [SR26]: [Clan LANDR](#) De manière générale, documentons nous ou pas les FE utilisés? Si oui pourquoi ceux-ci sachant que pour de d'autres sources majeures, les FE ne peuvent être documentés car trop nombreux (base EEDBN, routier, GSE hors véhicule...).

Commenté [CL27R26]: Nous devons citer les sources de FE. La liste exhaustive des FE utilisés dans les calculs peut être détaillée en annexe si cela s'avère nécessaire. Ici, on pourra les ajouter sur demande.

Données d'activité

ADL a fourni les données d'entrées suivantes pour ce calcul :

- Le nombre total annuel d'heures de stationnement par parking
- La capacité maximale de chacun des parkings

Parking	Nombre places	Type de véhicules
P1	1170	VP+VUL
P2	1169	VP+VUL
P3	214	VP+VUL
P4	134	VP+VUL
P6	1525	VP+VUL
P loueurs	179	VP
P navettes	8	VUL
P personnel ²²	320	VP

Tableau 7 : Caractéristiques des parkings de la plateforme aéroportuaire

Les données de température moyenne journalière à la station météo de Lesquin ont été analysées afin d'établir le nombre de jour de l'année pour chacune des 4 plages de température du Tableau 6.

Pour les parkings Loueurs, Navettes et Personnel, un coefficient moyen annuel de remplissage de 70% a été affecté (reprise de l'hypothèse utilisée dans le rapport Ramboll 2021).

La distribution du parc de véhicule VL et VUL pour les motorisations essence et diesel a été établie à partir du parc national roulant CITEPA Edition 2023.

3.2.6. Stockage de carburant et distribution vers les aéronefs

Le stockage et la manutention (chargement/déchargement) de combustibles liquides conduisent à des émissions fugitives d'hydrocarbures.

La plateforme est équipée de 4 réservoirs de stockage :

Carburant	Type stockage	Quantité	Volume (m ³)	Technologie
Jet A1	aérien	2	700	A toit fixe (sans dispositif d'étanchéité)
Jet A1	enterré	1	10	
Avgas	enterré	1	50	

Tableau 8 : Liste et caractéristiques des réservoirs de stockage de carburant aviation de la plateforme

²² Une occupation limitée à 8h par jour 365j/an a été considéré pour le parking personnel.

Facteurs d'émission

Les méthodologies proposées dans le guide du CITEPA et de la DGAC (CITEPA, DGAC, Mars 2013) ont été utilisées pour estimer les émissions associées aux activités de stockage et de distribution pour chacun des réservoirs en fonction de ses caractéristiques.

Stockage

Les émissions par respiration et par mouvement ont été prises en compte. Le réservoir principal présent sur la plateforme n'est pas équipé de dispositif d'étanchéité, ce qui se traduit par d'importantes émissions en rapport avec la quantité stockée.

Type réservoir	FE COVnM (g/t stockée)			
	Avgas		Jet A1	
	par respiration	par mouvement	par respiration	par mouvement
Réservoir à toit fixe (sans dispositif d'étanchéité)	1 222	1 162	856	792
Réservoir enterré	négligeable	1 162	négligeable	792

Tableau 9 : Facteurs d'émission par évaporation de carburant aviation lors de l'activité stockage (Source : CITEPA-DGAC)

Distribution

La distribution de carburant est réalisée :

- JetA1 : par camion-citerne²³
- Avgas : au niveau d'une station-service²⁴.

Les émissions par refolement²⁵ des vapeurs ont été prises en compte.

FE COVnM (g/t transférée)	
Camion-citerne	20
Station-service	1660

Tableau 10 : Facteurs d'émission par refolement de vapeur lors de l'avitaillement

Données d'activité

ADL a fourni le volume des ventes mensuelles pour l'année 2022 pour les 2 carburants aviation Jet A1 et Avgas.

Carburant	Volume (m ³ /an)
Jet A1	36 165
Avgas	111.4

Tableau 11 : Volume de carburant distribuée pour l'année 2022 (Source : Avia)

3.2.7. Trafic routier

²³ Il a été supposé que les camions ne sont pas équipés de système de récupération des vapeurs.

²⁴ La station-service a été considérée équipée d'un système de récupération stage I.

²⁵ Le transfert de carburant dans le réservoir de l'aéronef lors de la phase d'avitaillement s'accompagne d'un refolement des vapeurs contenues dans le réservoir.

Les émissions liées au trafic routier ont été déterminées sur l'aire d'étude de 13 x 13 km (Figure 1).

Données d'activité

Donnée trafic

Les données de trafic collectées par Atmo HdF auprès des gestionnaires de réseau dans le cadre de la réalisation de l'inventaire annuel régional des émissions polluantes ont été utilisées pour cette étude.

Les données trafic de l'**année de référence 2018** ont été privilégiées aux données de l'inventaire de l'année 2020 (dernières données disponibles) pour le secteur routier pour des raisons de représentativité (en lien avec la pandémie Covid).

La donnée trafic pour un tronçon routier donné se compose de 2 paramètres :

- Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)²⁶
- La part de poids lourd (%PL)

Réseau routier

Le réseau routier considéré est basé sur le référentiel BD TOPO produit par l'IGN. Il est constitué d'un réseau primaire et d'un réseau secondaire (Figure 3). La catégorisation du réseau est basée sur le champ 'importance' de l'axe du référentiel :

- Réseau primaire : importance 1 et 2
- Réseau secondaire : importance 3 à 4

La zone d'étude est traversée par des axes à forte intensité de trafic : A1, A23, A27, le périphérique sud de Lille.

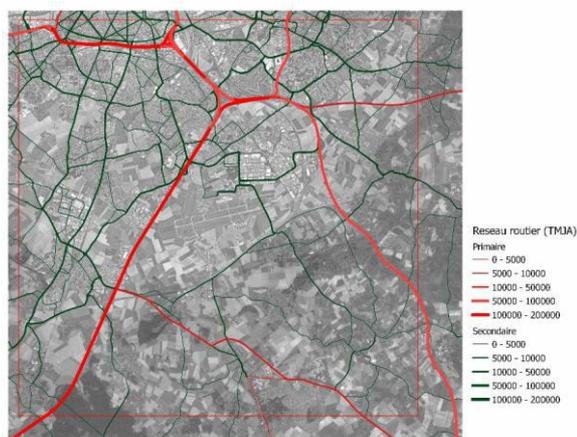


Figure 3 : Réseau routier de la zone d'étude par classe d'importance et intensité de trafic (TMJA)

Parc statique et roulant national

Le parc roulant national CITEPA Edition 2023 pour l'année 2018 a été utilisé pour réaliser le calcul des émissions. Il décrit - par type de réseau (autoroute, route, urbain) - la distribution du parc auto en nombre de véhicules

²⁶ Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) d'une section routière est obtenu en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée.

et en kilomètres parcourus par type de véhicule, source d'énergie et norme Euro.

Logiciel de calcul

L'outil utilisé par l'association est le logiciel PRISME codéveloppé par le groupe d'intérêt économique des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), SynAirGIE. Cet outil s'appuie sur l'expérience des AASQA dans ce domaine et les différents outils développés par le passé (MOCAT, HEAVEN, Circul'Air). Les méthodologies de calculs de cet outil sont conformes au guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques du Pôle de Coordination National sur les Inventaires Territoriaux (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2018).

Le calcul réalisé dans le cadre de cette étude s'appuie sur la version 1.11 de l'outil.

Les calculs se décomposent en 8 modules de calcul permettant d'évaluer :

- Emissions du moteur à chaud
- Surémissions du moteur à froid
- Evaporation
- Usures des routes, pneus, freins
- Remise en suspension des particules
- Surconsommation et émission liées à la climatisation
- Emissions liées à l'huile
- Module 'surfacique' permettant d'estimer les émissions des zones urbaines (trafic diffus)

L'outil permet de calculer pour chaque catégorie ou type de véhicules les émissions de 150 polluants. Le calcul peut se faire sur une année complète ou sur des données horaires de trafic.

Le schéma simplifié ci-dessous présente les principales étapes du calcul et les données d'entrées qui l'alimentent :

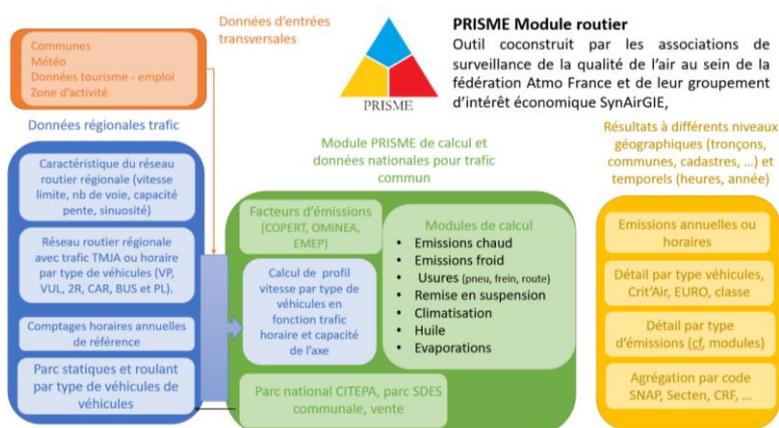


Figure 4 : Schéma simplifié du logiciel Prisme Routier

Facteurs d'émission

Le logiciel utilise les facteurs d'émissions issues du programme européen **COPERT**²⁷.

²⁷ <https://www.emisia.com/utilities/copert/>

Un facteur d'émission (FE), exprimé en g/km est spécifique à une catégorie de véhicule. Il est déterminé en fonction :

- Du type de véhicule (VP, VUL, PL, 2 roues, ...)
- De son type de carburant (diesel, essence, etc.)
- De sa cylindrée (ou de son poids total autorisé en charge pour les poids lourds)
- De sa date de mise en circulation (pour tenir compte des normes d'émission, notamment les normes euro et de son âge)

Il est par ailleurs **fonction de la vitesse du véhicule** considéré sur le tronçon de calcul.

La version 5.4.52 (Mai 2021) de COPERT a été utilisée.

La base de données COPERT est complétée par des facteurs d'émission issue de l'OMINEA Edition 19.1 (CITEPA, 2022) et de l'EMEP.

3.3. Bilan total des émissions

Le bilan des émissions calculées par source émettrice pour l'année 2022 sur la zone d'étude est :

	Source émettrice (t/an)						
	LTO	APU	GSE	Parkings	Stockage & Distrib carb	Chaudière	Trafic Routier ^{1,2}
NOx	58.2	0.5	1.6	-	-	0.3	2 144
PM10	2.5	0.02	0.06	-	-	4.10 ⁻³	264
PM2.5	1.8	0.02	0.05	-	-	4.10 ⁻³	175
COVnM	3.6	0.02	0.12	2	48.5	9.10 ⁻³	177
SO₂	3.9	0.05	0.04	-	-	2.10 ⁻³	1.6

¹ Trafic routier, année de référence : 2018

² Emissions de PM : sources directes et sources additionnelles incluses (remise en suspension)

Tableau 12 : Bilan des émissions par source émettrice pour l'année 2022 (en t/an)

Commenté [CL28]: Préciser l'unité dans le tableau (t/an)

	Emissions (t/an)	
	Total plateforme aéroportuaire	Total zone étude
NOx	60.5	2 205
PM10	2.5	267
PM2.5	1.9	177
COVnM	54.3	231
SO₂	4	5.6

Tableau 13 : Bilan total des émissions pour l'année 2022 (en t/an)

Commenté [CL29]: Préciser l'unité dans le tableau (t/an)

Commenté [CL30]: Préciser l'unité dans le tableau (t/an)

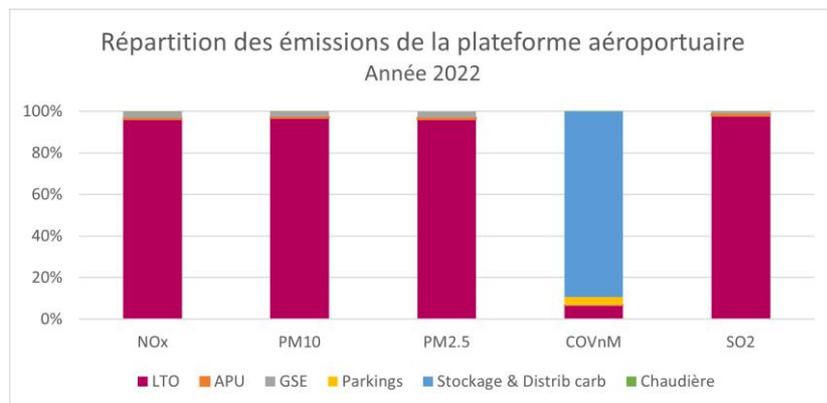


Figure 5 : Répartition des émissions associées aux activités de la plateforme aéroportuaire hors trafic routier par polluant et par source - année 2022

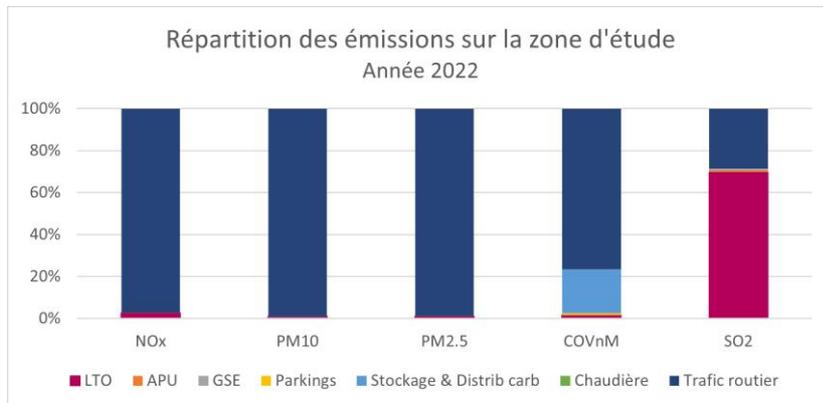


Figure 6 : Répartition des émissions par polluant et par source sur l'aire d'étude - année 2022

Les émissions associées aux activités de la plateforme aéroportuaire sont très largement dues au cycle LTO pour les 4 polluants NOx, PM10, PM2.5 et SO₂. La seconde source contributrice pour ces polluants sont les GSE ; leur contribution est toutefois faible au regard des émissions associées au cycle LTO.

La source émettrice principale de COVnM est l'évaporation de carburant aviation au niveau des réservoirs de stockage (89%)²⁸. La seconde source contributrice pour ce polluant est le cycle LTO.

Sur la totalité de la zone d'étude, le secteur routier est la source émettrice principale pour les polluants NOx, PM10, PM2.5 et COVnM.

Le cycle LTO est l'émetteur principal de SO₂ devant le secteur routier (70% environ).

Commenté [NP31]: Bien mettre les indices dans les formules des polluants

3.4. Spatialisation et temporalisation des émissions

Pour être utilisées dans la modélisation, ces émissions doivent être spatialisées et temporalisées, et complétées par les autres sources incluses dans le domaine de modélisation.

Répartition spatiale : spatialisation

Les principales sources de pollution présentes dans le domaine d'étude sont les émissions relatives à l'année 2022, utilisées pour la modélisation annuelle 2022²⁹ et liées aux secteurs **routier, industriel, résidentiel-tertiaire, autres transports, agricole et biotique**.

Commenté [SR32]: Traitée par Hélène dans la partie MOD pour l'instant

Commenté [HC33R32]: Remonté

²⁸ Les émissions fugitives d'hydrocarbures par respiration et manutention sont fortement dépendantes des technologies mises en œuvre, de l'étanchéité des réservoirs. L'estimation des pertes par évaporation a été réalisée sur la base des éléments fournis par Avitair à ADL au moment de l'étude.

²⁹ https://ressources.atmo-hdf.fr/mod_an/PM10.html

La spatialisation de ces sources est faite de la manière suivante :



Le **trafic routier** est traité sous forme de **sources routières** dites linéaires. Les émissions sont spatialisées sur les axes routiers.



Les **sources industrielles** sont réparties entre des sources ponctuelles pour les gros émetteurs ayant des cheminées, des sources surfaciques pour les émissions plus diffuses et volumiques pour les carrières.



Les émissions du secteur **résidentiel** et **tertiaire** initialement disponibles à l'échelle communale dans le volet émissions sont respatialisées plus finement sur un maillage à 500 m en fonction du bâti pour les besoins de la modélisation.



Les émissions des secteurs **fluvial** et **ferroviaire** sont traitées sous la forme de **sources linéiques**. Les émissions du secteur **aérien** sont traitées sous forme de **sources** surfaciques, linéiques et volumiques, comme décrit ci-après.



Les sources **agricoles** et **biotiques** sont traitées sous la forme de **sources surfaciques**.

Zoom sur la spatialisation des sources du secteur aérien

Les sources liées au secteur aérien et plus particulièrement à l'aéroport de Lille sont spatialisées de manière différente en fonction du type de la source, comme illustré sur la Figure 7.

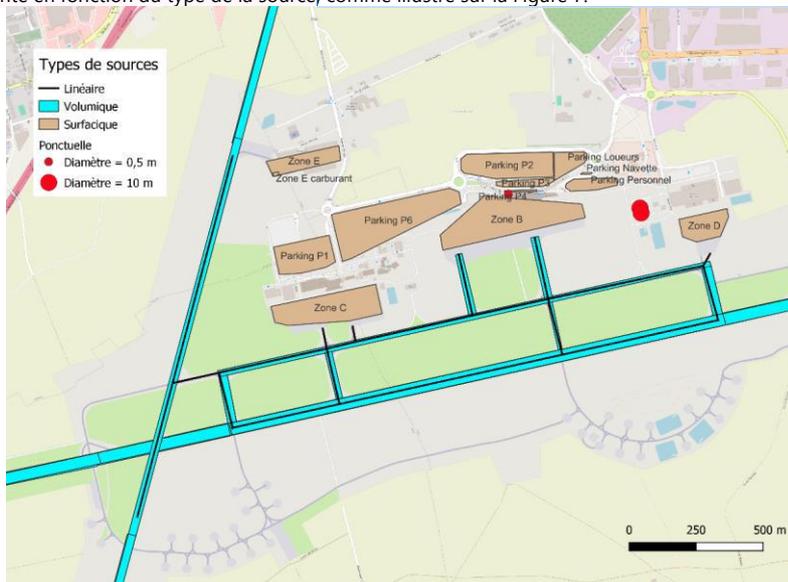


Figure 7 : Spatialisation des sources d'émissions liées au secteur aérien (Source : OpenStreetMap)

- Commenté [CL34]: Il manque les sources agri & biotiques - > cadastrées
- Commenté [HC35R34]: Ajoutées : elles sont surfaciques
- Commenté [CL36R34]: Et volumiques du coup ?!
- Commenté [HC37R34]: corrigé

Commenté [SR38]: @Clara LANDRI, @Mathilde PUIOT, @JONNE, @Jean-Yves SAISON, je vous laisse arbitrer l'emplacement final de cette partie 'Spatialisation': chapitre EMI ou chapitre MOD

Commenté [CL39]: Un schéma ? Cela permettrait de mieux comprendre pourquoi le 13x13 km et de mieux identifier les sources

Commenté [CL40R39]: + ajout source méthodo pour spatialiser les émissions

Commenté [SR41R39]: @Hélène CESSE

Commenté [HC42R39]: Source en bas de page suivante

Commenté [NP43R39]: Le 13*13 c'était initialement pour pouvoir valider la mod sur une station de mesure. Sinon par rapport aux sources rien à faire!

Commenté [NP44R39]: Un plan des pistes et des sources serait le bienvenu avec le type et les émissions associées

Commenté [CL45R39]: je pensais plutôt à votre façon de modéliser (bloc volume, etc.). @Hélène CESSEY, la source n'est pas le numéro 29, il faut une source 'modélisation'

Commenté [HC46R39]: @Sébastien BRIOI tu as une autre source ?

Commenté [SB47R39]: Pour les source, j'ai repris les travaux d'ATMO_HDF fait en 2019.

Commenté [NPS48R39]: @Hélène CESSE, @Sébastien BRIOI comme Clara je verrais plutôt une carto avec les positions des différents types de source dans la zone comme dans la présentation de la mod à la DIR ou comme dans Ramboll

La figure suivante illustre la décomposition verti

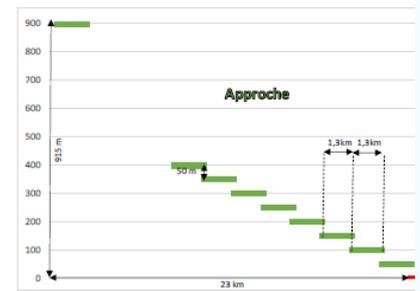


Figure 80 : Décomposition verticale des émissions d

Commenté [NPS49R39]: Enfin comme dans Ramboll en mode simplifié car ils on plein de captures d'écran

Tout d'abord, le cycle LTO, rappelé sur la Figure 7 est spatialisé de la manière suivante³⁰ pour chaque piste (deux au total) :

- Les phases de **roulage** (circulation des appareils à vitesse réduite sur et entre les pistes et la zone de stationnement) sont modélisées par des **sources linéaires** proches du sol.
- Lors des phases de **décollage** (accélération sur la piste jusqu'à ce que l'appareil quitte la piste) et **d'atterrissage** (émissions d'abrasion liées au freinage de l'appareil à partir du premier contact avec la piste), les émissions dues au moteur ont été modélisées par des **sources volumiques** et les émissions dues aux freins et aux pneus sont modélisées par des **sources linéaires**.
- Les phases d'**approche** (descente de l'appareil jusqu'au contact avec la piste) et de **montée** (prise d'altitude de l'appareil après qu'il ait quitté le sol) sont modélisées par des **sources volumiques**.

Au-delà du fonctionnement des appareils, l'aéroport a d'autres sources d'émissions qui sont spatialisées ainsi :

- Les émissions dues aux différentes **chaudières** sont représentées sur des **sources ponctuelles**.
- Les émissions liées aux **autres activités de l'aéroport** (parkings voyageur, parking avions, APU, station-service, véhicules...) sont représentées dans des **sources surfaciques**.

Répartition temporelle : Profils temporels

Pour les sources de l'aéroport :

Les émissions liées aux appareils sont réparties chaque jour sur l'année et sur chaque journée. Ainsi, **44 profils annuels et 132 profils journaliers** ont été générés en fonction des paramètres suivants :

- Le **type** de l'appareil (hélicoptère, avion à réaction, avion à piston)
- La **piste** d'atterrissage (parmi les deux modélisées)
- Le **sens** d'atterrissage (sur la piste choisie)
- Les **phases** du cycle LTO

Pour les autres sources :

Les émissions liées aux **chaudières** ont été réparties de manière uniforme sur la journée. **Leurs profils temporels journaliers sont donc constants. Deux profils temporels annuels** différents ont été créés à partir des données fournies et prennent en compte **les périodes de fonctionnement et d'arrêts des chaudières**.

Les profils temporels annuels et journaliers des émissions **liées aux autres sources sont constants**. Ainsi, les émissions de ces sources sont réparties de manière uniforme sur chaque jour et tout au long de l'année.

Commenté [NP50]: La figure 2 est vraiment super loin, elle est galère cette référence

Commenté [HC51R50]: Ok, je peux la remettre peut-être

Commenté [NP52R50]: Cf le point d'avant

Commenté [SR53]: @Helène CESSÉ Dans la partie EMI, je ne mentionne ni ne nomme les 2 pistes de l'aéroport (pour l'instant). Il me semble bon que cela apparaisse à un endroit, à la fin de ce paragraphe par exemple.

Commenté [HC54R53]: C'est mentionné dans les profils temporels

Commenté [SR55]: @Helène CESSÉ Comme discuté ce jour, le cycle LTO est simplifié à 4 phases par l'OACI pour le calcul des émissions. Dans ce cycle, il n'existe pas de phase atterrissage.

A voir comment décrire au mieux la spatialisation que vous avez réalisé.

Utiliser une référence à la schématisation du cycle LTO de la partie Emission pour une cohérence globale du document.

Commenté [HC56R55]: @Sebastien BRIOU : comment est-on passé de 4 à 5 phases : as-tu fait un redécoupage ?

Commenté [HC57R55]: La phase atterrissage correspond à l'abrasion, elle est mentionnée dans la figure 2 qui explique le cycle LTO

Commenté [SR58]: @Helène CESSÉ Ajouter les sources suivantes:
APU > Parkings avion
GSE-véhicules routier et hors véhicule routier > Parkings avion
Stockage carburant > réservoirs (ponctuel ou surfacique?)

Commenté [HC59R58]: Réservoir = station-service ==> surfacique : réparti sur la surface

Commenté [SR60R58]: @Helène CESSÉ Réservoirs de stockage de carburant (kérosène/aérien) et station service (essence) sont des entités différentes. Il est bien de les citer chacun sachant qu'il y a un vrai enjeu sur les stockages de kérosène (source majoritaire des émissions de COVnM)

Commenté [NP561R58]: @Helène CESSÉ cf la demande 2 ou 3 commentaires plus haut d'avoir une représentation des différentes sources et de leur caractéristiques

Commenté [NP62]: C'est pas clair, c'est nous qui avons établi les profils temporels en fonction de leurs comptages ou ce sont des profils par défaut et dans ce cas il faut choper la source

Commenté [HC63R62]: C'est nous qui avons créé les profils, j'ai modifié la phrase pour que ce soit plus clair

³⁰ Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques, Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, Novembre 2012

4. Modélisation

Commenté [HC64]: Rédacteurs : Hélène et Sébastien
Relecteur : Nathalie
Approbateur : Nathalie

Cette partie présente la modélisation des concentrations sur le territoire avec le logiciel ADMS en décrivant la méthode utilisée, le contexte météorologique et les résultats des modélisations.

4.1. Méthodologie utilisée

Description du modèle

Le modèle **ADMS Urban**, présenté sur la Figure 8 est un modèle reconnu et cité dans de nombreuses publications scientifiques. Il est développé par le CERC³¹ et distribué en France par la société NUMTECH³². Il est utilisé par de nombreuses AASQA et depuis plusieurs années par l'équipe d'ATMO Haut-de-France.

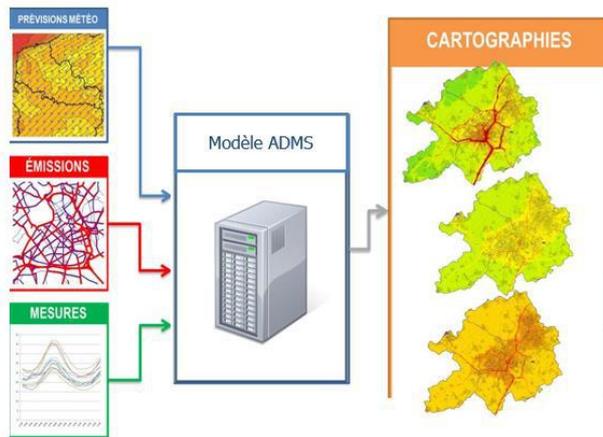


Figure 8 : Schéma de fonctionnement du modèle ADMS Urban

Conçu pour travailler de l'échelle de la rue à celle de l'agglomération, ADMS-Urban est le système de référence pour la **quantification de l'exposition des populations** aux sources de pollutions locales. Pour calculer la **dispersion des polluants**, le modèle ADMS-Urban s'appuie sur la connaissance :

- Des **sources locales d'émission** des principaux secteurs émetteurs (industrie, résidentiel-tertiaire, trafic routier, agriculture...);
- Des **conditions météorologiques** (vitesse et direction du vent, température, rayonnement solaire, paramètres de stabilité, etc.);
- De **l'apport en polluants extérieurs** au domaine d'étude et de la **pollution de fond** mesurée par des stations externes au domaine d'étude.
- Des **interactions chimiques** pour les oxydes d'azote.

Le modèle permet d'établir des cartographies de concentration de polluants à très fine échelle avec une résolution de 25 mètres. La précision des cartes de sortie est donc suffisamment fine pour montrer **l'impact des sources locales** sur les niveaux de concentration dans la zone étudiée.

³¹ www.cerc.co.uk

³² www.numtech.fr

En amont du lancement des calculs, le maillage du modèle est adapté au territoire afin d'être plus resserré au plus proche des sources. Ainsi l'écart entre deux points est de 250 mètres en dehors de toute zone urbaine, mais de quelques mètres dans les zones contenant de nombreuses sources.

Le modèle utilisé requiert un certain nombre de **données d'entrée** afin de décrire précisément le domaine d'étude. Ces données comprennent des données météorologiques, les sources de pollution présentes à l'intérieur de la zone modélisée et la pollution de fond de l'année à évaluer.

Périmètre de modélisation et grille de calcul

Le périmètre modélisé est le même que celui utilisé pour le calcul des émissions et illustré dans la partie Inventaire des émissions, qui intègre une station météorologique et une station de mesure, nécessaires au calage du modèle (voir l'Annexe 3).

Le maillage est constitué d'une grille de calcul régulière avec des points espacés de 250 m. En plus de cette grille, le maillage est densifié dans les zones où les sources sont les plus nombreuses (espaces urbains, aéroport), pour être espacé de quelques mètres.

Paramètres de restitution des cartes de concentration :

Pour des questions de visibilité des résultats, les cartes de concentrations sont présentées sur un périmètre restreint de 6 x 6 km de côté illustré sur la Figure 9, qui couvre la zone de l'aéroport et intègre les aires habitées à proximité les plus susceptibles d'être touchées par les émissions de l'aéroport.

Les concentrations affichées sont celles modélisées sur une couche située à 1,5m du sol.

Ces cartes sont présentées avec une résolution régulière de 25 x 25m.

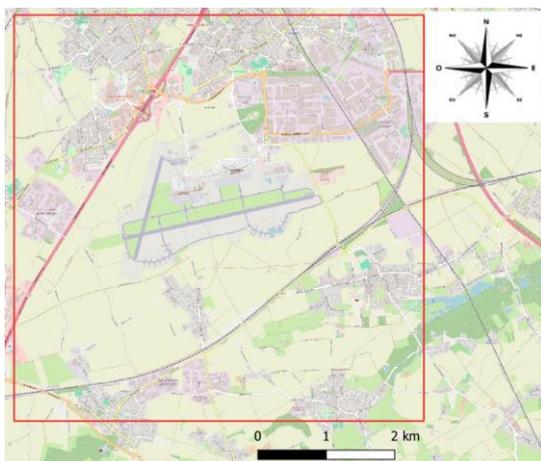


Figure 9 : Périmètre de l'étude (Source : OpenStreetMap)

Commenté [HC65]: Si nous réduisons les cartes de sortie, devons-nous modifier ici ?

Commenté [NP66R65]: Oui

Commenté [HC67R65]: J'ai fait une proposition de changement dans le texte

4.2. Contexte météorologique et apport de polluants extérieurs

Contexte météorologique de l'année modélisée

La météorologie utilisée est constituée de **séries horaires** de mesures réalisées au niveau d'une station Météo France (vitesse et direction du vent, précipitations, humidité relative, température, flux solaire, hauteur de couche limite). Les mesures renseignées couvrent la période du 1er janvier 2022 et le 31 décembre 2022. Les données météorologiques utilisées proviennent de la station météorologique Lille-Lesquin, qui est identifiée sur la Figure 10.



Figure 10 : Localisation de la station Météo France Lille_Lesquin (Source : OpenStreetMap)

La rose des vents en Figure 11 montre que la direction majoritaire des vents sur l'année étudiée est Sud-Ouest. C'est une rose des vents standard pour la région.

Les températures et précipitations s'éloignent peu des normales et font de 2022 une année de référence adaptée.

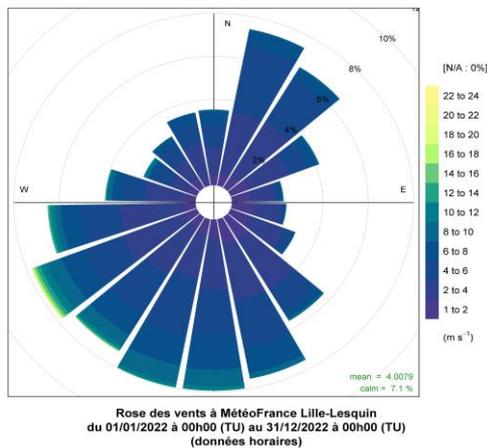


Figure 11 : Rose des vents de la station Météo France de Lille-Lesquin

Apport de polluants extérieurs

Afin de prendre en compte les polluants émis en dehors du domaine et qui entrent sous l'effet des conditions météorologiques, une **pollution de fond** est ajoutée aux simulations. Les détails du calage du modèle sont précisés ci-après. Afin de conserver une cohérence avec les données météorologiques utilisées, les données du **1^{er} janvier 2022 au 31 décembre 2022** ont été utilisées.

En ce qui concerne le benzène, la pollution de fond a été représentée par une valeur constante nulle. En effet, la participation de la pollution de fond de ce polluant par rapport aux émissions présentes dans le domaine a été estimée minoritaire.

Commenté [NP68]: Vous n'avez pas mis une valeur constante?

Pour le benzène et le di
minoritaire par rapport au
de définir une pollution de

Commenté [NP69R68]:
Formulation d'airPL dans son rapport sur Nantes 2010
<https://www.airpl.org/sites/default/files/2021-11/RAPPORT-ADMS-NANTES-2010.pdf>

Commenté [HC70R68]: J'ai simplement enlevé la partie sur les mesures, cela te convient ?

Commenté [HC71R68]: Avec le fond, nous avons des valeurs à 0.95

Pour chaque autre polluant, une station externe au périmètre d'étude a été choisie en station principale et entre une à trois autres stations ont été sélectionnées en stations secondaires (dans le cas où une donnée manquerait sur la station principale). Ainsi, pour chaque pas de temps, la mesure est affectée en fond pour toutes les mailles de la zone étudiée.

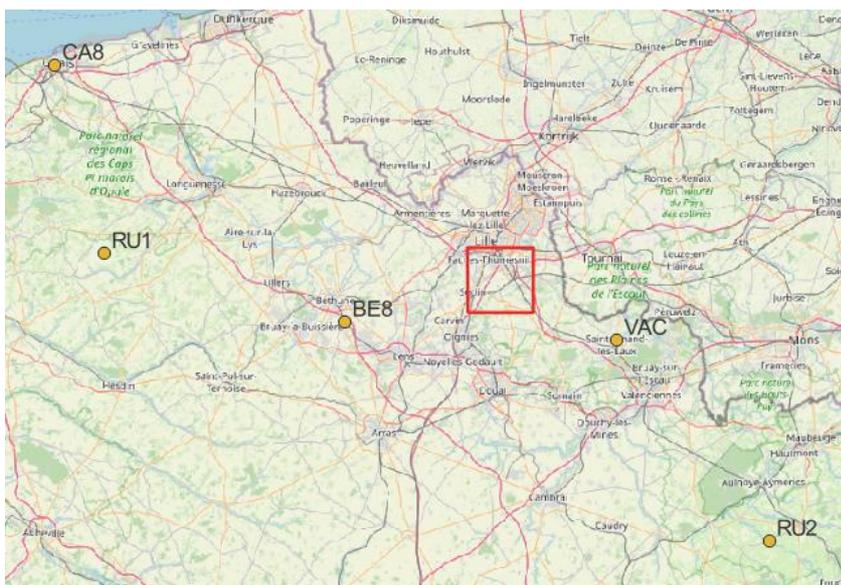


Figure 12 : Stations de fond (Source : OpenStreetMap)

Les stations choisies sont les suivantes :

	Station principale	Station de secours
PM2.5	RU1 (Campagne-lès-Boullonnais) : fond rurale	RU2 (Cartignies) : fond rurale CA8 (Calais Berthelot) : fond urbain RU4 (Neuilly-Saint-Front) : fond rurale
PM10	RU1	RU2 BE8 (Noeux-les-Mines) : fond périurbain RU4
NO ₂	VAC (Saint-Amand-les-Eaux) : fond périurbain	BE8

Tableau 14 : Choix des stations de fond pour les PM10, PM2.5 et NO₂

Commenté [NP72]: Simplifier le tableau en 2 colonnes : principale et secours

Le calage du modèle est présenté en Annexe 3.

4.3. Résultats

Ci-dessous se trouvent les cartes de concentrations en moyenne annuelle pour les particules PM10 et PM2.5 et le NO₂ : Les échelles utilisées sont les échelles de couleurs uniformisées utilisées au niveau national. Elles permettent d'identifier, par le passage au rouge, le franchissement de la valeur limite associée à la statistique étudiée.

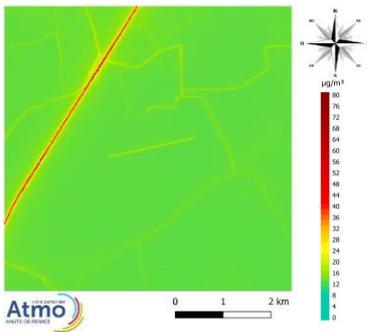


Figure 15 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour les PM10 sur le domaine d'étude

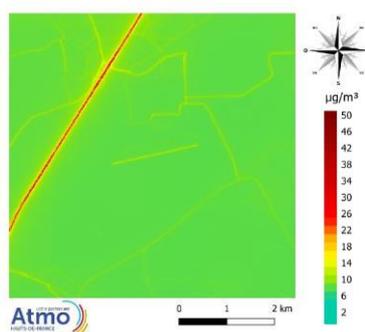


Figure 14 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour les PM2.5 sur le domaine d'étude

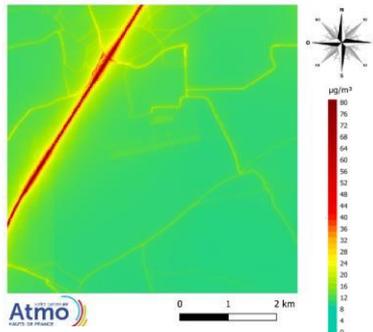


Figure 13 : Carte des concentrations en moyenne annuelle 2022 pour le NO₂ sur le domaine d'étude

Les concentrations en benzène sont situées entre 0 et 3 µg/m³ et présentent une certaine homogénéité sur le territoire. Elles sont donc majoritairement bien en-deçà de la valeur limite de 5 µg/m³ en moyenne annuelle. En raison de ces faibles valeurs, la représentation cartographique n'apporte pas d'information supplémentaire pertinente.

Commenté [NPS73]: Voir rapport ramboll p143 - zone d'influence et surconcentration associée intéressante - à défaut de voir l'échelle sur leur carte

Commenté [HC74]: Cartes à redécouper pour supprimer l'échangeur + changer filigrane de place

Commenté [JS75R74]: Il faudrait expliquer pourquoi on prend des échelles aussi grandes. Y a-t-il des points avec ces concentrations ou «conventions internes»

Commenté [HC76R74]: Ce sont les échelles réglementaires, je peux le préciser

Commenté [HC77R74]: @Jean-Yves SAISON @Nathalie PUJOL-SOHN c'est ok si je précise ainsi pour les échelles ? La proposition de nouvelle découpe des cartes a été envoyée à Jean-Yves

Commenté [AP78]: A quel moment on parle du SO₂ ?

Commenté [JS79R78]: Le SO₂ n'était pas prévu dans la modélisation

Commenté [NP81]: Regarde la carte d'AirPL du même rapport, c'est pas mal

Commenté [AP80]: Vous ne les avez pas cartographiés du coup ?

Commenté [NP82R81]: La phrase est un peu raide, à reformuler ou plutôt à enrober 😊

Commenté [HC83R81]: J'ai essayé d'enrober un peu, par contre on présente une carte du coup ?

Commenté [NP84R81]: ton enrobage est cool et permet de mettre que du coup on ne présente pas de carte

Les percentiles P90.4³³ modélisés pour les particules PM10 et P99.8³⁴ modélisés pour le NO₂ sont représentés ci-après :

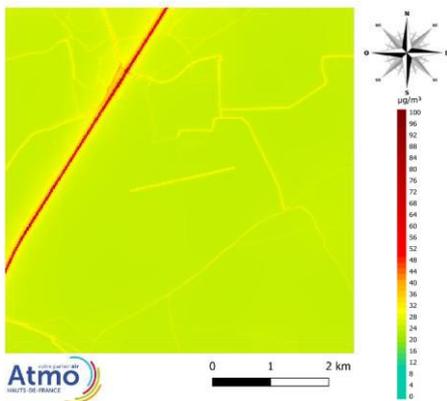


Figure 17 : Carte des percentiles 90.4 des PM10 pour la zone d'étude en 2022

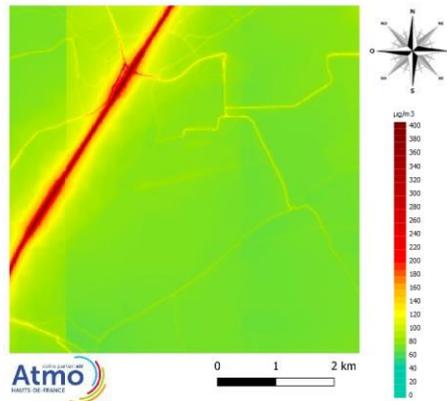


Figure 16 : Carte des percentiles 99.8 du NO₂ pour la zone d'étude en 2022

Le Tableau 15 résume les niveaux de concentrations maximales au niveau de la piste et à ses abords (un tampon de 100 m autour de la piste) par rapport aux niveaux de fond observés en moyenne sur toute la zone d'étude et aux valeurs limites.

Tableau 15 : Synthèse des concentrations sur et hors de la piste pour l'année 2022

	PM10 Moyenne annuelle	PM10 Percentiles 90.4	PM2.5 Moyenne annuelle	NO ₂ Moyenne annuelle	NO ₂ Percentiles 99.8	Benzène Moyenne annuelle
Concentration max sur la piste	19 µg/m ³	32 µg/m ³	11 µg/m ³	13 µg/m ³	82 µg/m ³	<1 µg/m ³
Concentration max aux abords de la piste	14 µg/m ³	25 µg/m ³	9 µg/m ³	13 µg/m ³	81 µg/m ³	<1 µg/m ³
	16 µg/m ³	29 µg/m ³	10 µg/m ³	10 µg/m ³	51 µg/m ³	/
Valeur limite	40 µg/m ³	50 µg/m ³	25 µg/m ³	40 µg/m ³	200 µg/m ³	5 µg/m ³

Seule une des deux pistes modélisées est visible sur les cartes : c'est la piste 08/26 avec le trafic aérien le plus élevé. Les concentrations sur et aux abords de cette piste respectent, en statistiques annuelles, les valeurs limites imposées par la réglementation. De la même manière, pour les polluants étudiés, les concentrations dues à l'aéroport restent majoritairement au centre des pistes et diminuent rapidement en s'éloignant. Les cartes de concentration montrent que les niveaux de concentrations sur les pistes sont comparables aux niveaux de concentrations modélisés au niveau des axes routiers secondaires de la zone et inférieurs aux concentrations modélisées au centre des autoroutes aux alentours.

Concernant le benzène, les concentrations modélisées sont faibles et uniformes sur toute la zone d'étude.

³³ Le percentile P90.4 pour les PM10 correspond à la 36^{ème} moyenne journalière la plus élevée lorsqu'on les classe par ordre décroissant. Il est à comparer à la valeur limite de 50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an pour respecter la réglementation.

³⁴ Le percentile P99.8 pour le NO₂ correspondent à la 19^{ème} moyenne horaire la plus élevée lorsqu'on les classe par ordre décroissant. Il est à comparer à la valeur limite de 200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an pour respecter la réglementation.

Commenté [HC85]: Jean-Yves SAISON ok pour l'explication des percentiles en notes de bas de page ?

Commenté [JS86R85]: Pas tout à fait, je vais proposer une explication

Commenté [NP87R85]: Jean-Yves SAISON tu as revu l'explication ? Car moi elle me parle 😊

Commenté [NPS88]: On a un bel effet de maille sur ce percentile

Commenté [NPS89R88]: On n'a pas une option de lissage?

Commenté [HC90R88]: Sébastien BRIO il me semble que tu avais fait des tests ?

Commenté [HC91]: Distance arbitraire, je peux la modifier facilement

Commenté [HC92R91]: J'ai pris le maximum ici aussi

Commenté [NP93R91]: Du coup tu t'es placée à 100m de la piste ou c'est la moyenne d'un buffer?

Commenté [HC94R91]: C'est la valeur max dans un buffer de 100m autour de la piste (sans compter la piste), mais j'ai en effet hésité à plutôt prendre la moyenne

Commenté [NP95R91]: le préciser alors

Commenté [HC96R91]: J'ai précisé dans le texte que c'est un tampon et dans le nom des lignes que c'est la concentration max

Commenté [HC97]: Qu'est-ce qui est utilisé par ETU dans ce cas ? Nous avons des données à 0,95

Commenté [HC98]: Ici j'ai pris la moyenne du fond utilisé pour l'année

Commenté [HC99]: Je ne suis pas du tout certaine pour les percentiles si on peut le mentionner ainsi

Commenté [HC100]: A vérifier

Commenté [SR101R100]: Nommer la piste me semble bien.

Commenté [NP102]: Est ce qu'on peut faire un transect ou on n'a pas les éléments pour ça (on avait fait ça pour la DIR)

Commenté [HC103R102]: Je n'en ai jamais fait mais je peux demander, ça doit être faisable avec QGIS

Commenté [NP104R102]: en fait pas utile comme t'as fait un buffer

5. Conclusion et perspectives

Cette première phase de l'étude relative à l'aéroport de Lille-Lesquin a permis de calculer les émissions de la plateforme pour les polluants particulaires PM10 et PM2,5 et les polluants gazeux NO₂, SO₂ et COVnM pour l'année 2022. Pour rappel, seules sont prises en compte les émissions des aéronefs effectuées à une altitude inférieure à 3000 pieds. On voit que les émissions liées à l'activité aéroportuaire représentent moins de 3 % des émissions de la zone d'étude à l'exception des COV et du SO₂ qui représentent un fort pourcentage (25% et 70%) tout en restant peu importantes. Parmi les émissions de la plateforme, les activités de décollage et d'atterrissage des avions représentent la majeure partie.

Ces émissions ont été dispersées sur le territoire étudié en utilisant le logiciel ADMS Urban. Les cartes obtenues présentent les moyennes annuelles en NO₂, PM10 et PM2,5 ainsi que les percentiles horaire 99,8 pour le NO₂ et journalier 90,4 pour les PM10. Elles mettent en évidence les points suivants :

Respect des seuils

Concernant les polluants modélisés : PM10, PM2,5, NO₂, Benzène

- **Sur les polluants modélisés** (hors COV) on ne voit pas d'impact de l'aéroport à grande échelle sur les concentrations
- Les concentrations les plus importantes au niveau de l'aéroport sont sur la piste 08/26
- Les niveaux au centre de la piste sont similaires à ceux du réseau de routes secondaires et plus faibles que sur les autoroutes
- Les concentrations diminuent rapidement en s'éloignant de la piste
- Les niveaux hors des pistes sont proches des niveaux de fond de la zone
- Benzène : les concentrations sont faibles sur toute la zone : elles sont homogènes et la totalité de la zone d'étude a des concentrations annuelles inférieures à la valeur limite.

La prochaine étape de calcul des émissions et de modélisation aura lieu en 2026 à partir des données relatives à l'année 2025. Entre temps en 2025, aura lieu une campagne de mesure des polluants atmosphériques à partir d'un site situé sur la plateforme. Ceci permettra de vérifier les concentrations ambiantes modélisées.

Commenté [AP105]: Je mettrai les phrases en tiret dans un autre ordre :
6 / 1 / 3 / 2 / 4 / 5

Commenté [JS106R105]: ok

Commenté [SR107]: @Jean-Yves SAISON, @Clara LANDRY
Il est à noter que je n'ai pas poussé l'investigation pour tenter d'identifier un coefficient de spéciation pour les potentielles évaporations de benzène au niveau des réservoirs de Jet A1. Pour info, la fraction massique de benzène dans le Jet A1 est d'environ 0.005% (donnée web).

Des mesures ont été réalisées sur site par Ramboll (figure 50-51) dont 1 point avitaillement. Concentration moyenne de 0.75 microg/m³ similaire aux autres points à l'intérieur et l'extérieur de la plateforme.

Commenté [NP108]: A reformuler

Commenté [HC109R108]: fait

Commenté [AP110]: Modélisées ?

Commenté [JS111R110]: ok

Annexes

Annexe 1 : Glossaire

µg/m³ : microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ milligramme de polluant par mètre cube d'air.}$

µm : micromètre. $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 0,001 \text{ millimètre.}$

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air.

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

Anthropique : Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme.

As : arsenic.

B(a)P : benzo(a)pyrène

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

Cd : cadmium.

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

Concentration : la concentration d'un polluant représente la quantité du composé présent dans l'air et s'exprime en masse par mètre cube d'air. Les concentrations des polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

Conditions de dispersion : ensemble de conditions atmosphériques permettant la dilution des polluants dans l'atmosphère et donc une diminution de leurs concentrations (vent, température, pression, rayonnement...).

COVnM : Composés Organiques Volatils non Méthaniques

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

Emissions : rejets d'effluents gazeux ou particulaires dans l'atmosphère issus d'une source anthropique ou naturelle (exemple : cheminée d'usine, pot d'échappement, feu de biomasse...).

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale.

Episode de pollution : période pendant laquelle la procédure d'information et d'alerte a été déclenchée traduisant le dépassement du niveau d'information et de recommandations voire du niveau d'alerte pour l'un ou plusieurs des polluants suivants : SO₂, NO₂, O₃ et PM10.

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

LTECV : Loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte

mg/m³ : milligramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ gramme de polluant par mètre cube d'air.}$

Moyenne 8 heures glissantes : Moyenne calculée à partir des 8 dernières moyennes horaires toutes les heures. Le pas de temps est égal à 1 heure et l'intervalle est de 8 heures.

ng/m³ : nanogramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ ng/m}^3 = 0,000001 \text{ mg/m}^3 = 0,000001 \text{ milligramme}$ de polluant par mètre cube d'air.

Ni : nickel.

NH₃ : Ammoniac

NO₂ : dioxyde d'azote.

NO_x : oxydes d'azote.

O₃ : ozone.

Objectif à long terme : niveau d'ozone à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Pb : plomb.

PCAET : Plan Climat Air Energie Territorial

PM10 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 10 µm.

PM2.5 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 2,5 µm.

Polluant primaire : polluant directement émis par une source donnée.

Polluant secondaire : polluant non émis directement, produit de la réaction chimique entre plusieurs polluants présents dans l'atmosphère.

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air.

SECTEN : SECTeurs Economiques et éNergie.

SO₂ : dioxyde de soufre.

SRADEDET : Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Egalité des Territoires.

SRCAE : Schéma Régional Climat Air Energie

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Annexe 2 : Calcul des émissions par combustion pour les avions à turboréacteur

Emissions de NOx et HC

D'après la méthodologie de l'OACI, la formule de calcul des émissions d'un polluant pour un avion donné pour une phase de vol donnée est³⁵:

$$Ei_j = TIM_{j,k} \times 60 \times FF_{j,k} \times FE_{i,j,k} \times Ne_j$$

Avec :

i	Polluant
j	Type de l'avion
k	Phase de vol
E _{i,j}	Emission du polluant i par l'avion de type j pour la phase de vol k (g)
FE _{i,j,k}	Facteur d'émission du polluant i de l'avion de type j pour la phase de vol k (g/kg)
FF _{j,k}	Facteur de consommation de l'avion j pour la phase de vol k par moteur (<i>Fuel Flow</i>) (kg/s)
TIM _{j,k}	Durée de la phase de vol k (mn) (<i>Time-In-Mode</i>)
Ne _j	Nombre de moteurs de l'avion j

FE_{i,j,k} et FF_{j,k} sont extraits de la base EEDB.

Emissions de PM10 et PM2.5

L'OACI dans sa méthodologie de calcul distingue 3 catégories de particules fines issues du processus de combustion :

- Les particules non-volatiles
- Les particules volatiles sulfurées
- Les particules volatiles organiques

Les méthodologies dite FOA³⁶3.0 et FOA4.0 ont été utilisées respectivement pour les particules non-volatiles et volatiles.

Les particules fines émises par les turboréacteurs sont inférieures à 2.5 microns³⁷ ; les émissions de PM10 sont donc égales aux émissions de PM2.5.

L'ensemble des facteurs d'émission ci-après sont **exprimés en mg/kg carburant**.

Particules non-volatiles

³⁵ Source : méthodologie de calcul de l'OACI (OACI, 2nd edition, 2020), équation 3-A1-3

³⁶ FOA : First Order Approximation

³⁷ (OACI, 2nd edition, 2020)

La formule de calcul du facteur d'émission pour la phase de vol k est³⁸:

$$FE = C_k \times 10^{-6} \times Q_k$$

$$Q_k = (0.777 \times AFR_k \times (1 + \beta) + 0.877) \times Q_r$$

$$\text{Si } SN_k < 30 \quad C_k = 0.06949 \times SN_k^{1.234}$$

$$\text{Si } SN_k > 30 \quad C_k = 0.0297 \times SN_k^2 - 1.803 \times SN_k + 31.94$$

Avec :

k	Phase de vol
AFR_k	ratio air-carburant par phase de vol (en masse)
C_k	Concentration massique estimée de particules non volatiles pour un moteur fonctionnant en phase de vol k (estimation de la masse de particules non volatiles à l'emplacement d'un instrument dans le système de mesure normalisé de l'OACI par volume standard de débit (Pg/m^3))
Q_k	Débit volumétrique des gaz d'échappement en phase de vol k (m^3/kg carburant)
Q_r	facteur d'unité égale à $1 \text{ m}^3/\text{kg}$ carburant
SN_k	Indice de fumée en phase de vol k
β	facteur de correction dépendant de la configuration du moteur (égale à BPR pour les moteurs équipés de tuyères mixtes (MTF dans EEDB) sinon nul)

Commenté [CL112]: Indice r ?

Particules volatiles sulfurées

La formule de calcul du facteur d'émission est³⁹ :

$$FE = (10)^6 \times \left[\frac{FSC \times \varepsilon \times M_{produit}}{M_{soufre}} \right] \times S_r$$

Avec :

FSC	Fraction massique de soufre dans le carburant
$M_{produit}$	Masse molaire de SO_4^{-2} (96 g/mol)
M_{soufre}	Masse du soufre (32 g/mol)
S_r	Facteur d'échelle unitaire (ici $1 \text{ mg}/\text{kg}$)
ε	Efficacité de conversion du soufre du moteur (taux de 2.4% proposé dans le manuel)

Commenté [CL113]: Indice r ? S ?

Commenté [SR114R113]: Peut être par convention le r de 'factor'. Tous les facteurs utilisés ds la méthodo porte cet indice.

Particules volatiles organiques

La formule de calcul du facteur d'émission est⁴⁰:

$$FE = \frac{FE_{PM}}{FE_{HC}} \times FE_{HC}$$

Avec :

³⁸ (OACI, 2016) , Attachement D to Appendix 1

³⁹ (OACI, 2nd edition, 2020) ; Attachement D to Appendix 1

⁴⁰ (OACI, 2nd edition, 2020) ; Attachement D to Appendix 1

FE_{HC} Facteur d'émission en HC (issue de l'EBDD)

$\frac{FE_{PM}}{FE_{HC}}$ Valeur du ratio par phase de vol: roulage :6.17, approche :56.25, décollage : 115, montée : 76

Annexe 3 : Calage du modèle

Le calage du modèle et le choix de la pollution de fond ont été effectués en comparaison aux **données mesurées sur l'année 2022**.

La législation européenne impose des objectifs de qualité des données modélisées en termes d'incertitudes. Les exigences sont les suivantes :

Règles d'utilisation

1- Exigences à respecter

L'ensemble des erreurs relatives exigées pour les moyennes mensuelles et trimestrielles est résumé dans le tableau suivant.

Typologie du site	Erreurs relatives exigées			
	NO ₂	PM10 et PM2.5	C ₆ H ₆	O ₃
Fond	30 %	30 %	50 %	30 %
Trafic	30 %	50 %	50 %	30 %

Tableau 24 : Erreurs relatives maximales exigées pour les moyennes mensuelles et trimestrielles

2- Valeurs recommandées pour des paramètres statistiques complémentaires

Le groupe expert recommande également le calcul de paramètres statistiques complémentaires pour juger du bon comportement du modèle à l'échelle horaire et les valeurs maximales de ces paramètres. Ces valeurs maximales ne sont pas réglementaires et sont alors considérées comme des valeurs guides, l'exigence des performances étant limitée au respect des valeurs maximales des erreurs relatives.

Les paramètres statistiques pris en compte seront les paramètres normalisés afin de pouvoir comparer les performances à l'échelle nationale. Ainsi, le groupe expert retient les paramètres indiqués dans le tableau suivant : le biais normalisé, la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE) et le coefficient de corrélation.

Paramètres statistiques	Intervalle acceptable pour une comparaison modèle / mesure			
	NO ₂	PM10 et PM2.5	C ₆ H ₆	O ₃
Biais normalisé	-30 % à 30 %	-30 % à 30 %	- 30 % à 30 %	- 30 % à 30 %
NMSE	< 50%	nd	nd	< 50%
Coef. corrélation	0,6 à 1	0,6 à 1	nd	0,7 à 1

Tableau 25 : Critères statistiques complémentaires à prendre en compte et intervalles souhaités pour une bonne aptitude du modèle à reproduire les niveaux mensuels et trimestriels (donnée de base : horaire si mesure par analyseur ou hebdomadaire si mesure par tube) (nd=non défini)

3- Pourcentage des sites devant respecter ces critères

Sur certains sites trafic présentant des caractéristiques très spécifiques, les modèles ne permettent pas d'obtenir des résultats satisfaisants. Cependant, pour assurer une bonne cohérence des résultats et garantir une qualité optimale, le groupe propose que 75 % des sites trafic répondent aux critères définis ci-dessus ainsi que 90 % des sites de fond.

Figure 18 : Extrait du guide GREXURB⁴¹

L'évaluation des modèles suit plusieurs étapes :

Pour le modèle choisi, les scores ont été calculés sur la station ME4. En l'absence de données pour le NO₂ dans la zone d'étude, le choix des stations utilisées s'est fait en prenant les stations les plus proche du domaine. Les résultats de l'évaluation sont donnés dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Scores des stations choisies pour les PM10 et PM2.5

⁴¹ Atmo France, Guide pour une modélisation avec une résolution spatiale fine des concentrations en milieu urbain, version 3, septembre 2010

Commenté [NP115]: À mettre en annexe

Commenté [HC116R115]: Fait

	Biais normalisé (%)	Coefficient de corrélation	Erreur relative (%)
PM2.5	-10,7	0,8	-10,1
PM10	-5,8	0,7	-5,6

Commenté [NPS117]: Voir comment par des couleurs, un signe ou autre on peut dire que tout est OK

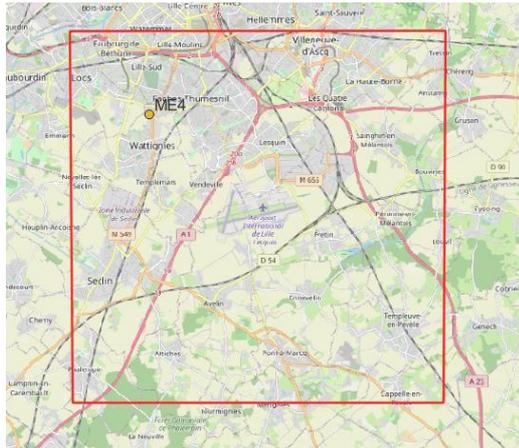


Figure 19 : Localisation de la stations ME4 (Wattignies) dans le domaine d'étude (OpenStreetMap)

Annexe 4 : Bibliographie

Commenté [SR118]: A mettre en forme une fois le rapport finalisé

- ACNUSA. (2016). *Guide méthodologique à destination des aéroports pour évaluer leur impact sur la qualité de l'air locale.*
- ACNUSA. (2020). *Rapport sur la gestion de la qualité de l'air sur et autour des plateformes aéroportuaires.*
- CITEPA. (2007). *Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère des APU.*
- CITEPA, DGAC. (Mars 2013). *Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs.*
- EEA. (2019). *EMEP, 1.A.3.a Aviation, Guidebook.*
- EEA. (2019). *EMEP, 1.A.3.b.v Gasoline evaporation, Guidebook.*
- European Union Aviation Safety Agency. (2023). *Introduction to the ICAO Engine Emissions Databank.*
- FOCA, Federal Organization of Civil Aviation. (2015). *Guidance on the Determination of Helicopter Emissions.*
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2018). *Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques.*
- OACI. (2007). *Airport Air Quality Manual.*
- OACI. (2016). *Airport Air Quality Manual.*
- OACI. (2021). *Standards and Recommended Practices, Annex 16, Volume II.*
- OACI. (2nd edition, 2020). *Airport Air Quality Manual.*
- RAMBOLL. (2021). *Modernisation de l'aéroport de Lille Lesquin - Volet Air de l'étude d'impact.*

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-hdf.fr

Atmo Hauts-de-France

Observatoire de l'Air
199, rue Colbert – Bâtiment Douai
59000 Lille

