Réaménagement de l'aéroport de Nantes-Atlantique

ETUDE INITIALE DE L'ENVIRONNEMENT PREALABLE A L'ETUDE D'IMPACT

ETUDE AIR ET SANTE

ARTELIA
DIRECTION REGIONALE OUEST
Les Bureaux du Sillon
8 avenue des Thébaudières
CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

DATE : JANVIER 2020 **REF : 4532401**

ARTELIA

Direction Régionale Ouest
Les Bureaux du Sillon
8 avenue des Thébaudières – CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

N° Affaire	4532401				
Date	JANVIER 2020				
Indice	A	B	C		

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION ET METHODOLOGIE GENERALE 1
1.1. DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE 1
1.2. INVENTAIRE DES EMISSIONS 3
2. REGLEMENTATION EN VIGUEUR EN FRANCE 4
3. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL 7
3.1. CARACTERISATION DES POPULATIONS DANS LE DOMAINE D'ETUDE 7
3.1.1. POPULATION PRESENTE DANS LA ZONE D'ETUDE 7
3.1.2. POPULATION VULNERABLE 7
3.2. OUTILS DE PLANIFICATION 8
3.2.1. SCHEMA REGIONAL CLIMAT, AIR, ENERGIE (SRCAE) 8
3.2.2. PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE DANS LES PAYS DE LA LOIRE 9
3.3. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LA COMMUNE DE NANTES 10
3.3.1. DIOXYDE D'AZOTE 11
3.3.2. LES PARTICULES 12
3.3.3. LE DIOXYDE DE SOUFRE 13
3.4. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LE DOMAINE D'ETUDE 13
3.4.1. DIOXYDE D'AZOTE (NO_2) 15
3.4.2. PARTICULES PM10 15
3.4.3. DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2) 17
4. INVENTAIRE DES EMISSIONS POLLUANTES 19
4.1. HYPOTHESES 19
4.1.1. LA ZONE AEROPORTUAIRE 19
4.1.1.1. Les aéronefs : les activités journalières 19
4.1.1.2. Le moteur auxiliaire de puissance (APU) 21
4.1.1.3. L'avitaillement des avions 22
4.1.1.4. Les stations-service 23
4.1.1.5. Stockage des hydrocarbures 23
4.1.1.6. Centrales énergie 24
4.1.1.7. Les opérations d'antigivrage et de dégivrage des avions 25
4.1.2. LES PRINCIPAUX AXES DE COMMUNICATION ET INDUSTRIES AVOISINANTES 26
4.1.2.1. Axe principaux et desservant l'aéroport 27
4.1.2.2. Parkings 29
4.2. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES EMISES A L'ECHAPPEMENT 30
4.2.1. LES AERONEFS : LES ACTIVITES JOURNALIERES 30
4.2.2. LE MOTEUR AUXILIAIRE DE PUISSANCE (APU) 32
4.2.3. L'AVITAILLEMENT DES AVIONS 32
4.2.4. LES STATIONS-SERVICE 32
4.2.5. STOCKAGE D'HYDROCARBURES 32
4.2.6. CENTRALES ENERGIE 33
4.2.6.1. Chaudières 33
4.2.6.2. Electrogènes 33
4.2.7. ANTIGIVRAGE ET DEGIVRAGE DES AVIONS 33
4.3. LES PRINCIPAUX AXES DE COMMUNICATION ET INDUSTRIES AVOISINANTES 34
4.3.1. AXES PRINCIPAUX ET DESSERVANT L'AEROPORT 34

4.3.2. PARKINGS 35
4.4. RESUME DES EMISSIONS 36
5. MODELISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS 40
5.1. HYPOTHESES DE MODELISATION DES CONCENTRATIONS 40
5.1.1. PRESENTATION DU LOGICIEL ADMS AIRPORT 40
5.1.2. HYPOTHESES DE CALCUL 40
5.1.2.1. Le domaine d'étude 40
5.1.2.2. Les données météorologiques 42
5.1.2.3. Le relief et la rugosité 43
5.1.2.4. Les sources modélisées 43
5.1.2.5. Pollution de fond 44
5.2. MODELISATION DE L'ETAT INITIAL 45
6. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE 54
6.1. RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE 54
6.1.1. LES OXYDES D'AZOTE 54
6.1.2. LE DIOXYDE DE SOUFRE 54
6.1.3. LES POUSSIERES 55
6.1.4. LE MONOXYDE DE CARBONE 55
6.1.5. LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS 55
6.1.6. LE BENZENE 55
6.2. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES 56
6.2.1. SCHEMA CONCEPTUEL DE L'EXPOSITION 56
6.2.2. IDENTIFICATION DES DANGERS ET EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE 57
6.2.2.1. Identification des dangers 57
6.2.2.2. Valeurs toxicologiques de références 58
6.2.3. RESULTAT 59
6.2.4. EVALUATION DES INCERTITUDES 64
6.2.4.1. Evaluation du terme source (quantification des émissions polluantes) 65
6.2.4.2. Modélisation 65
6.2.4.3. Synthèse des incertitudes de l'étude 66
7. CONCLUSION 67

TABLEAUX

Tabl. 1 - Seuils relatifs aux polluants atmosphériques 5
Tabl. 2 - Seuils relatifs aux particules fines PM2,5 6
Tabl. 3 - Valeurs cibles au 31 décembre 2012 (métaux lourds et HAP) 6
Tabl. 4 - Caractéristiques du trafic aérien 20
Tabl. 5 - Phase du cycle LTO, recommandation de l'OACI 21
Tabl. 6 - Calcul des émissions pour les APU d'après le guide du CITEPA 22
Tabl. 7 - Facteurs d'émission des HCNM en g/t par défaut 24
Tabl. 8 - Chaudières présentes sur l'aéroport 24
Tabl. 9 - Facteurs d'émission pour les chaudières 25
Tabl. 10 - Facteurs d'émission pour les moteurs 25
Tabl. 11 - Quantités utilisées par an en dégivrant, déverglaçant et antigivrant 25
Tabl. 12 - Caractéristiques des axes routiers étudiés 28
Tabl. 13 - Caractéristiques des parkings 30
Tabl. 14 - Emissions des aéronefs 31
Tabl. 15 - Emissions des APU 32
Tabl. 16 - Emissions dues au stockage de carburant 32
Tabl. 17 - Emissions dues aux chaudières 33
Tabl. 18 - Emissions dues aux électrogènes 33
Tabl. 19 - Emissions annuelles relatives aux opérations d'antigivrage et dégivrage 33
Tabl. 20 - Emissions globales pour les axes principaux et desservant l'aéroport (2018) 34
Tabl. 21 - Emissions globales pour les parkings de l'aéroport (2018) 35
Tabl. 22 - Total des émissions sur l'aéroport 36
Tabl. 23 - Total des émissions sur l'ensemble de la zone d'étude 37
Tabl. 24 - Comparaison de l'évaluation des émissions dû au cycle LTO de la DGAC avec celle d'Artelia 39
Tabl. 25 - Comparaison de l'évaluation des émissions dû aux APUde la DGAC avec celle d'Artelia 39
Tabl. 26 - Géoréférencement des mouvements dans le référentiel EPSG : 2154, RGF93 43
Tabl. 27 - Profil horaire des mouvements des avions sur une journée 44
Tabl. 28 - Profil saisonnier des avions 44
Tabl. 29 - Concentrations en NO_2, PM_{10} et SO_2 des sources modélisées aux récepteurs pour l'état initial (2018) 52
Tabl. 30 - Comparaison des ordres de grandeurs des concentrations entre les valeurs modélisées et les valeurs mesurées par Air Pays de la Loire en 2018 et 2019 pour le NO_2, SO_2 et PM10. 53
Tabl. 31 - Les différentes appellations de VTR selon les organismes interrogés 58
Tabl. 32 - Valeurs guides retenues pour le dioxyde d'azote et les poussières 59
Tabl. 33 - Synthèse des incertitudes de l'étude 66

FIGURES

Fig. 1. Aire d'étude associée au cycle LTO 1
Fig. 2. PEB de l'aéroport de Nantes 2
Fig. 3. Zone d'étude 3
Fig. 4. Lieu vulnérable à moins d'un kilomètre des limites de propriété de l'aéroport 8
Fig. 5. Stations de mesure Air Pays de la Loire 11
Fig. 6. Moyenne annuelle de la concentration en NO_2 (sources : Airpl) 12
Fig. 7. Moyenne annuelle de la concentration en PM10 (sources : Airpl) 12
Fig. 8. Moyenne annuelle de la concentration en SO_2 (sources : Airpl) 13
Fig. 9. Sites de mesure (sources : Airpl) 14
Fig. 10. Concentration en dioxyde d'azote relevée sur les sites de mesure sur l'année 2018 (sources : Airpl) 15
Fig. 11. Représentation d'une boîte à moustache 16
Fig. 12. Distribution statistique en concentration PM10 relevée sur l'année 2018 (sources : Airpl) 17
Fig. 13. Distribution statistique en concentration le SO_2 relevée sur l'année 2018 (sources : Airpl) 17
Fig. 14. Cycle LTO 21
Fig. 15. Axes routiers constituant l'aire d'étude 27
Fig. 16. Parkings de l'aéroport 29
Fig. 17. Sources fixes au niveau de l'aéroport 38
Fig. 18. Domaine de calcul et localisation des points récepteurs 41
Fig. 19. Rose des vents de l'aéroport de Nantes 42
Fig. 20. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018) 46
Fig. 21. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NOx – Etat initial (2018) 47
Fig. 22. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018) 48
Fig. 23. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en SO_2 – Etat initial (2018) 49
Fig. 24. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air CO – Etat initial (2018) 50
Fig. 25. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en HCNM – Etat initial (2018) 51
Fig. 26. Schéma conceptuel 57
Fig. 27. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018) 60
Fig. 28. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations maximales horaires dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018) 61
Fig. 29. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018) 62
Fig. 30. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations maximales sur 24 heures dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018) 63
Fig. 31. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyenne sur 24 heures dans l'air en SO_2 – Etat initial (2018) 64

GLOSSAIRE

AOT 40	*Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 Parts Per Billion* : seuil de concentration d'ozone dans l'air ambiant, visant à protéger la végétation sur une période assez longue
APU	Moteur auxiliaire de puissance
CAEP	Comité de la Protection de l'Environnement en aviation
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CITEPA	Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique
CO	Monoxyde de carbone
COVNM	Composé Organique Volatil non méthanique
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'Aménagement et du Logement
FE	Facteur d'émissions
FOA	First Order Approximation
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
HCNM	Hydrocarbures non méthanique
LTO	Landing and Take-off
NO_2	Dioxyde d'azote
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OMS	Organisme mondiale de la Santé
PEB	Plan d'Exposition au Bruit
$PM_{10 / 2,5}$	Particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm / 2,5 µm
SO_2	Dioxyde de soufre

1. INTRODUCTION ET METHODOLOGIE GENERALE

L'objectif de cette étude est la réalisation d'un état des lieux de la qualité de l'air au sein de et à proximité de l'aéroport de Nantes-Atlantique. Elle porte donc uniquement sur l'état initial et se base sur l'année 2018.

Cette étude est réalisée conformément aux guides méthodologiques spécifiques de la DGAC :

- Guide de calcul des émissions dues aux aéronefs de la DGAC de mai 2015 ;
- Evaluation de la qualité de l'air autour d'un aéroport de la DGAC de mai 2015 ;
- Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs de la DGAC de mai 2013.

L'analyse a été réalisée sur les données transmises par la DGAC pour les sources aéroportuaires et le CEREMA pour les sources routières (étude de trafic réalisée par la DREAL Pays de la Loire en 2016).

1.1. DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

En matière de qualité de l'air, la couche limite (couche de l'atmosphère au voisinage du sol, comprise généralement entre 0 et 3 000 ft, soit 915 mètres) influence directement les phénomènes se produisant en surface tels que les cycles thermiques diurnes et les vents. Ces derniers influencent directement la dispersion des polluants.

Ainsi, une première approche consiste à prendre comme périmètre d'étude, le périmètre associé au cycle LTO (Landing and Take-off) des avions (incluant la phase d'approche depuis 915 m, l'atterrissage, les manœuvres au sol et le décollage jusqu'à 915 mètres d'altitude). La figure suivante illustre ce périmètre :

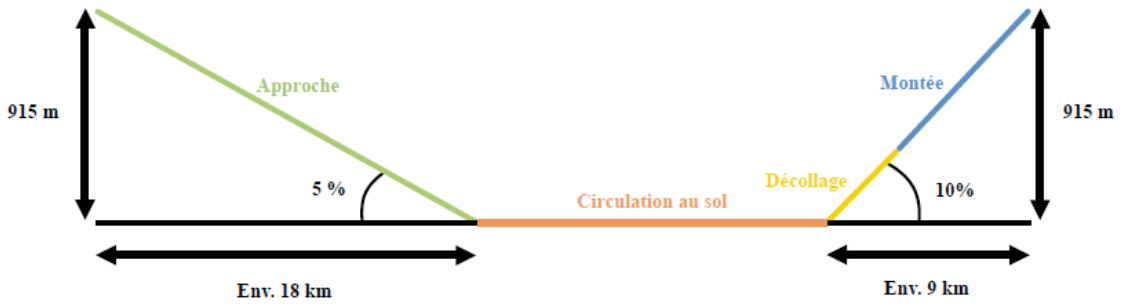


Fig. 1. Aire d'étude associée au cycle LTO

Il a été choisi d'étudier la distribution des polluants sur un domaine d'étude établi à partir du Plan d'Exposition au Bruit (PEB) de l'aéroport de Nantes :

- Pour les zones situées au Nord-Est et au Sud-Ouest de la zone aéroportuaire, la limite du domaine d'étude englobe au minimum la zone C (zone de gêne modérée) du PEB ; le domaine d'étude comprend ainsi tout le territoire impacté par une exposition au bruit allant de très forte à modérée ;
- Dans l'environnement proche de la zone aéroportuaire, la limite du domaine d'étude englobe la zone D.

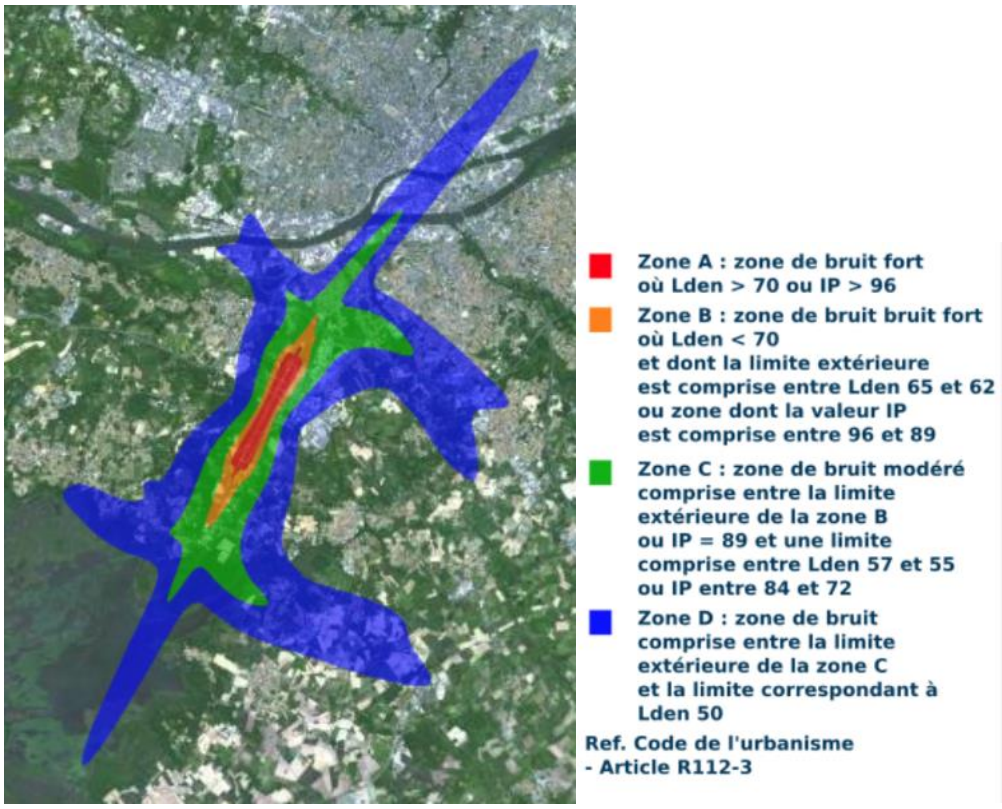


Fig. 2. PEB de l'aéroport de Nantes

Ce domaine d'étude est adapté à l'étude de l'influence du projet de réaménagement sur la pollution atmosphérique locale.

La figure ci-dessous présente l'aire d'étude.

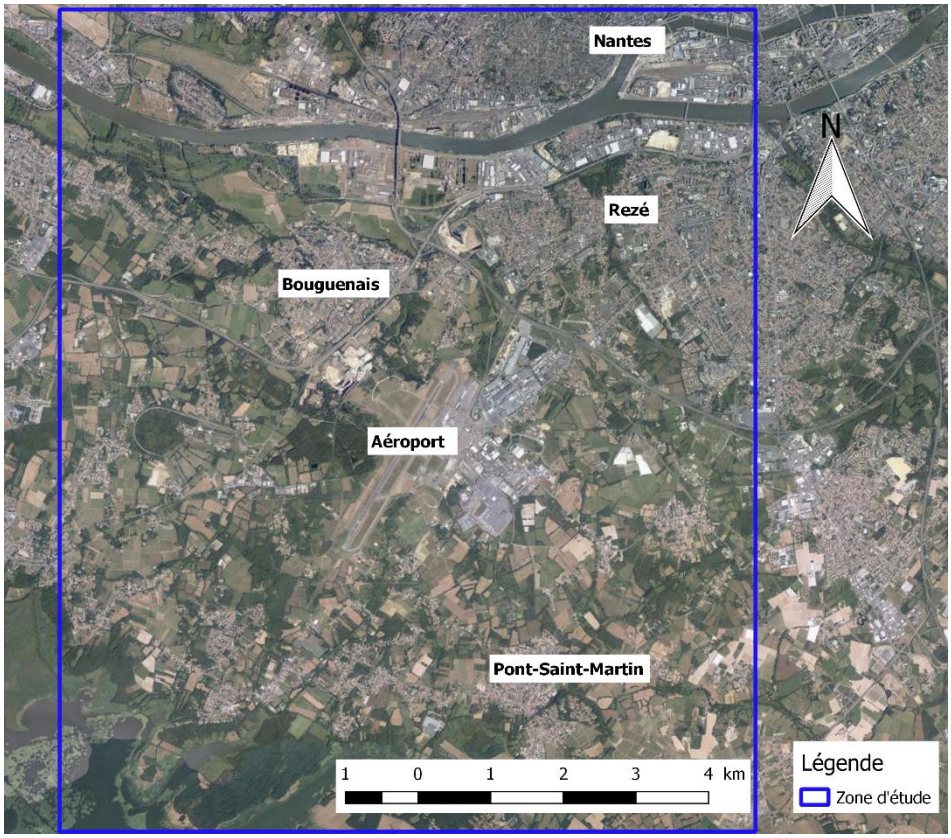


Fig. 3. Zone d'étude

1.2. INVENTAIRE DES EMISSIONS

La quantification des émissions, est réalisée, dans la mesure de la disponibilité des informations, sur l'ensemble des polluants faisant l'objet d'un suivi dans le cadre du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air (décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 et arrêté du 19 avril 2017). Il s'agit notamment du dioxyde d'azote (NO_2), des oxydes d'azote (NOx), des particules PM_{10}, du dioxyde de soufre (SO_2) et du monoxyde de carbone (CO). Les particules $PM_{2,5}$ ont également été incluses dans l'analyse et quantifiées dans la mesure du possible.

La quantification des émissions est réalisée sur la base de l'année 2018 complète et représentative de l'activité aéroportuaire actuelle.

2. REGLEMENTATION EN VIGUEUR EN FRANCE

Au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement, est considérée comme pollution atmosphérique *« l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, ou la présence, dans l'atmosphère et les espaces clos, d'agents chimiques, biologiques ou physiques ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques, et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. »*

La réglementation française vis-à-vis de la qualité de l'air s'appuie principalement sur des directives européennes, conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui déterminent des seuils à ne pas dépasser pour une vingtaine de polluants en fonction de leur impact sur la santé. Les dispositions européennes sont transcrites dans le droit français via le code de l'Environnement, aux articles L.220-1 et suivant pour la partie législative et R.221-2 et suivants pour la partie réglementaire.

Les normes de qualité retenues au niveau national par polluants sont précisées dans l'article R.221-1 du Code de l'Environnement. Ces normes fixent des objectifs de qualité, des valeurs limites, des valeurs cibles et des seuils de recommandation et d'information et des seuils d'alerte :

- L'objectif de qualité correspond au « 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 sur son ensemble ».
- La valeur cible correspond au « 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 ».
- La valeur limite correspond « au 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 ».
- Le seuil d'information et de recommandation correspond au « niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ».
- Le seuil d'alerte correspond « au niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence. »

Le seuil d'information et de recommandation et le seuil d'alerte sont définis pour l'ozone, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et les particules PM10. Le dépassement des seuils précités implique la mise en œuvre d'une série d'actions et de mesures d'urgence, fonction des caractéristiques de pollution atmosphérique locale et applicable à des zones de taille adaptées à l'étendue de la pollution constatée ou attendue. La procédure d'information et d'alerte du publique ainsi que les mesures à mettre en œuvre sont définies par arrêté préfectoral.

Les tableaux ci-dessous précisent les normes de qualité de l'air retenues au niveau national (article R.221-1 du Code de l'Environnement).

Tabl. 1 - Seuils relatifs aux polluants atmosphériques

Polluants	Objectifs de qualité	Valeurs limites	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO2)	40 µg/m^3 en moyenne annuelle	40 µg/m^3 en moyenne annuelle 200 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	200 µg/m^3 en moyenne horaire	400 µg/m^3 dépassé sur 3 heures consécutives 200 µg/m^3 si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement de ce seuil le lendemain
Particules PM10	30 µg/m^3 en moyenne annuelle	40 µg/m^3 en moyenne annuelle 50 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	50 µg/m^3 en moyenne journalière	80 µg/m^3 en moyenne journalière
Dioxyde de soufre (SO2)	50 µg/m^3 en moyenne annuelle	350 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 24 heures par an 125 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	300 µg/m^3 en en moyenne horaire	500 µg/m^3 en en moyenne horaire sur 3 heures consécutives
Ozone (O3)	**Pour la protection de la santé humaine :** 120 µg/m^3 pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile **Pour la protection de la végétation** : 6 000 µg/m^3 par heure en AOT40[1] calculée à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet	Pour l'ozone, la réglementation ne fixe pas de valeurs limites mais des valeurs cibles : **Valeur cible pour la protection de la santé humaine :** 120 µg/m^3 pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans **Valeur cible pour la protection de la végétation :** 18 000 µg/m^3/h en AOT 40 calculées à partir des valeurs sur 1h de mai à juillet en moyenne calculée sur 5 ans.	180 µg/m^3 en moyenne horaire	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population : 240 µg/m^3 en moyenne horaire Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence : 1er seuil : 240 µg/m^3 en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives 2ème seuil : 300 µg/m^3 en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives 3ème seuil : 360 µg/m^3 en moyenne horaire
Plomb (Pb)	0.25 µg/m^3 en en moyenne annuelle	0.5 µg/m^3 en moyenne annuelle		
Monoxyde de carbone (CO)		10 000 µg/m^3 pour le maximum journalier en moyenne glissante sur 8 heures		
Benzène (C6H6)	2 µg/m^3 en en moyenne annuelle	5 µg/m^3 en moyenne annuelle		

[1] L'AOT 40, exprimé en µg/m^3 par heure, est égale à la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m^3 (soit 40 ppb) et 80 µg/m^3 en utilisant uniquement les valeurs sur une heure, mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures, durant une période donnée.

Pour les particules fines PM2.5, la réglementation fixe en plus d'un objectif de qualité, d'une valeur limite et d'une valeur cible, un objectif de réduction de l'exposition et une obligation en matière de concentration relative à l'exposition :

Tabl. 2 - Seuils relatifs aux particules fines PM2,5

Objectifs de qualité	Valeur limite	Valeur cible	Objectif de réduction de l'exposition par rapport à l'EIM 2011[2] qui devrait être atteint en 2020		Obligation en matière de concentration relative à l'exposition qui doit être respectée en 2015
10 µg/m^3 en moyenne annuelle	25 µg/m^3 en moyenne annuelle	20 µg/m^3 en moyenne annuelle	EIM 2011	Objectif de réduction en %	20 µg/m^3 en 2015
			≤ 8.5	0%	
			]8.5 ;13[	10%	
			[13 ;18[	15%	
			[18 ;22[	20%	
			≥22	Toute mesure appropriée pour atteindre 18 µg/m^3	

Enfin, pour les métaux lourds et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), la réglementation précise les valeurs cibles (calculées sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10) qui devraient être respectées le 31 décembre 2012.

Tabl. 3 - Valeurs cibles au 31 décembre 2012 (métaux lourds et HAP)

	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a)pyrène
Valeur cible calculée sur une année civile	6 ng/m^3	5 ng/m^3	20 ng/m^3	1 ng/m^3

[2] L'EIM 2011 est l'indicateur d'exposition moyenne de référence, correspondant à la concentration moyenne annuelle en µg/m^3 sur les années 2009, 2010 et 2011.

3. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

3.1. CARACTERISATION DES POPULATIONS DANS LE DOMAINE D'ETUDE

3.1.1. POPULATION PRESENTE DANS LA ZONE D'ETUDE

D'après les données du recensement INSEE, Nantes Métropole regroupe 24 communes pour une population de 638 931 habitants en 2016.

Nantes, qui est l'élément central de Nantes Métropole, est la sixième commune la plus peuplée de France avec ses 306 694 habitants en 2016. Le nombre d'habitants est en augmentation de 6,55% par rapport à 2011.

Dans la zone d'étude présentée paragraphe *1.1 Définition de la zone d'étude*, il y a 119 653 habitants en 2016.

3.1.2. POPULATION VULNERABLE

On distingue la population vulnérable de la population générale. La population générale rassemble toutes les personnes habitant dans la zone d'étude. Ces personnes sont localisées par leur résidence (maison ou immeuble).

Les personnes considérées comme vulnérables sont (d'après le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routière du 22 février 2019) :

- les jeunes enfants (dont l'appareil respiratoire n'est pas encore mature) ;
- les personnes âgées, plus vulnérables de manière générale à une mauvaise qualité de l'air en raison du vieillissement des tissus respiratoires et de pathologies plus fréquemment associées, ainsi que d'une diminution des défenses respiratoires;
- les personnes, adultes ou enfants, présentant des problèmes pulmonaires et cardiaques chroniques (par exemple maladies respiratoires chroniques allergiques et asthmatiques).

Ces populations dites vulnérables ont un risque plus important de présenter des symptômes en lien avec la pollution atmosphérique.

La zone d'étude présente environ 95 établissements pouvant être qualifiés de vulnérable :

- les établissements accueillant des enfants : les crèches (une vingtaine), les écoles maternelles et élémentaires (une quinzaine) et les centres de loisirs (une vingtaine),
- les établissements accueillant des personnes âgées : maisons de retraite (une vingtaine),
- les hôpitaux (une vingtaine).

Plus précisément jusqu'à un kilomètre des limites de propriété de l'aéroport, est recensée une seule crèche comme lieu vulnérable :

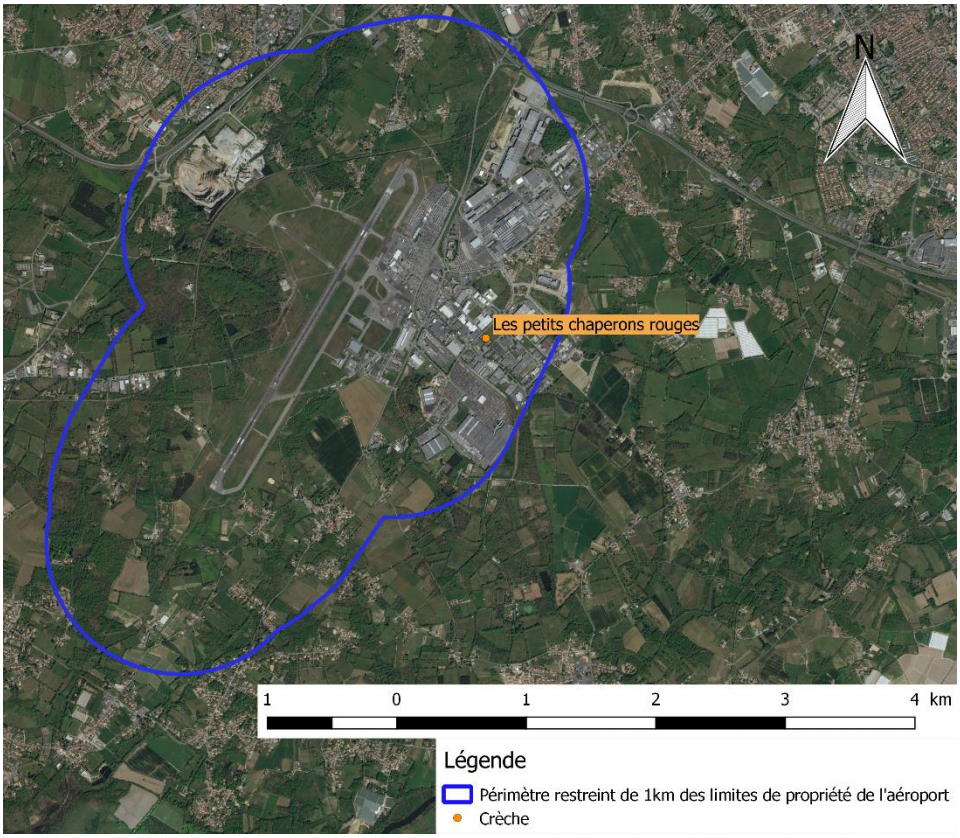


Fig. 4. Lieu vulnérable à moins d'un kilomètre des limites de propriété de l'aéroport

Ce périmètre restreint est défini d'après les campagnes de mesure qu'Air Pays de la Loire (association agréée de surveillance de la qualité de l'air) réalise depuis 2009 (cf paragraphe *3.4 Caracterisation de la qualité de l'air dans le domaine d'étude*). En effet, les points de mesures de fond, placés à environ 1km de l'aéroport (cf *Fig. 9 Sites de mesure (sources : Airpl)*) montrent des niveaux de pollution proches de ceux observés en situation de fond et confirment la faible influence de l'aéroport à cette distance.

3.2. OUTILS DE PLANIFICATION

3.2.1. SCHEMA REGIONAL CLIMAT, AIR, ENERGIE (SRCAE)

L'objectif des Schémas Régionaux Climat, Air, Energie prévus par la loi Grenelle II est de définir les orientations et objectifs à l'échelon du territoire régional et aux horizons 2020 et 2050 permettant d'atténuer les effets du changement climatique, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique et de développer les énergies renouvelables. Le décret du 16 juin 2011 définit le contenu et les modalités d'élaboration des SRCAE.

Les SRCAE sont élaborés conjointement par le préfet de région et le président du conseil régional, qui s'appuient sur un comité de pilotage rassemblant les représentants de l'Etat, des établissements publics, ainsi que sur un comité technique réunissant l'ensemble des acteurs et parties prenantes.

Le SRCAE vaut Schéma des Energies Renouvelables au sens de la loi du 3 août 2009 et Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA).

Le SRCAE des Pays de la Loire a été adopté par arrêté du préfet de région le 8 janvier 2013.

3.2.2. PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE DANS LES PAYS DE LA LOIRE

Afin de réduire de façon chronique les pollutions atmosphériques, notamment celles susceptibles d'entrainer un dépassement des valeurs limites fixées par l'Union Européenne (directive de 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe), la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 a prévu l'élaboration de Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants et pour les zones dans lesquelles les concentrations dans l'air ambiant de l'un au moins des polluants dépasse ou risque de dépasser une valeur limite ou une valeur cible.

Le PPA impose des mesures locales concrètes, mesurables et contrôlables pour réduire significativement les émissions polluantes des sources fixes (industrielles, urbaines) et des sources mobiles (transports), afin de ramener la concentration des polluants réglementés en deçà des normes règlementaires.

Le PPA comporte :

- un volet de mesures réglementaires mises en œuvre par arrêtés préfectoraux,
- un volet de mesures volontaires définies, concertées et portées, dans les domaines qui les concernent, par les collectivités territoriales et les acteurs locaux (professionnels et particuliers) concernés.

Les plans de protection de l'atmosphère :

- rassemblent les informations nécessaires à l'inventaire et à l'évaluation de la qualité de l'air de la zone considérée ;
- énumèrent les principales mesures, préventives et correctives, d'application temporaire ou permanente, devant être prises en vue de réduire les émissions des sources fixes et mobiles de polluants atmosphériques, d'utiliser l'énergie de manière rationnelle et d'atteindre les objectifs fixés par la réglementation nationale ;
- fixent les mesures pérennes d'application permanente et les mesures d'urgence d'application temporaire afin de réduire de façon chronique les pollutions atmosphériques ;
- comportent un volet définissant les modalités de déclenchement de la procédure d'alerte, en incluant les indications relatives aux principales mesures d'urgence concernant les sources fixes et mobiles susceptibles d'être prises, à la fréquence prévisible des déclenchements, aux conditions dans lesquelles les exploitants des sources fixes sont informés et aux conditions d'information du public.

Sur l'année 2008, l'inventaire des contributions des différents secteurs d'activité a permis d'estimer à environ 1% la part des émissions liées au trafic aérien de l'aéroport de Nantes-Atlantique, situé dans le périmètre du PPA.

Le PPA, adopté le 13 août 2015, couvre 58 communes autour de Nantes et St Nazaire. Compte tenu de la faible contribution du secteur à la pollution de l'air locale, aucune mesure spécifique n'est décrite concernant l'aéroport Nantes-Atlantique.

3.3. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LA COMMUNE DE NANTES

Source : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est une association agréée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire pour assurer la surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire.

Air Pays de la Loire compte plus d'une trentaine de stations de mesures permanentes sur le territoire régional. Ces stations permettent de mesurer en temps réels différents polluants, réglementés ou non.

Autour de la zone d'étude de l'aéroport, Air Pays de la Loire dispose de 4 stations de mesures permanentes, comme présentées sur la figure ci-après :

- Station « Les Couëts », station urbaine : mesures du dioxyde de soufre, du monoxyde d'azote, du dioxyde d'azote, des oxydes d'azotes et des particules fines (PM10).
- Station « Trentemoult », station urbaine : mesure du dioxyde de soufre, du monoxyde d'azote, du dioxyde d'azote, des oxydes d'azotes et des particules fines (PM10).
- Station « Victor Hugo », station trafic : mesure du monoxyde d'azote, du dioxyde d'azote, du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote, des particules fines PM10 et PM2,5, benzène, toluène et xylène.
- Station « Bouteillerie », station urbaine : mesure du monoxyde d'azote, du dioxyde d'azote, du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote, des particules fines PM10 et PM2,5, des métaux et benzène. Cette station est la plus représentative de la pollution de fond.

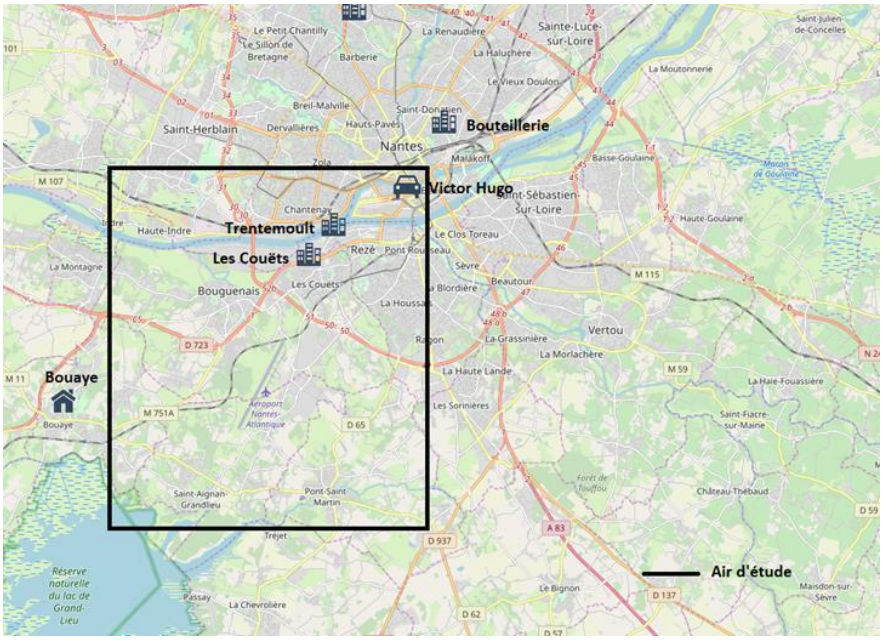


Fig. 5. Stations de mesure Air Pays de la Loire

L'association fournit chaque année un bilan de la qualité de l'air sur la région. Le bilan réalisé en 2018 est décrit dans les paragraphes ci-dessous.

3.3.1. DIOXYDE D'AZOTE

Pour le dioxyde d'azote, les niveaux moyens annuels 2018 mesurés à Trentemoult et aux Couëts sont respectivement 11 % et 33 % plus élevés que sur les deux autres sites urbains de Nantes, avec des concentrations de, respectivement, 15 et 18 µg/m^3, comme le montre la figure ci-dessous.

Aucun dépassement du seuil d'information fixé à 200 µg/m^3 en moyenne sur une heure et à fortiori du seuil d'alerte (400 µg/m^3 en moyenne horaire) n'a été enregistré. Les moyennes horaires maximums mesurées respectivement à Trentemoult (112 µg/m^3) et aux Couëts (101 µg/m^3) sont en effet demeurées près de 2 fois plus faibles que le seuil d'information et de recommandation et 4 fois plus faibles que le seuil d'alerte. L'ensemble des valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le NO_2 a largement été respecté sur les sites de Trentemoult et des Couëts.

Fig. 6. Moyenne annuelle de la concentration en NO_2 (sources : Airpl)

3.3.2. LES PARTICULES

Sur les 12 mois de mesures, pour les particules fines PM10, les niveaux moyens mesurés à Trentemoult et aux Couëts sont de 18 µg/m^3. Cette valeur est très proche des valeurs observées au niveau du cimetière de la Bouteillerie. Les niveaux demeurent 5 % plus faibles que la pollution moyenne enregistrée sur le boulevard Victor Hugo.

La pollution moyenne à Trentemoult et aux Couëts reste inférieure de plus d'un facteur 2 à la valeur limite (40 µg/m^3) et de 40 % à l'objectif de qualité (30 µg/m^3 en moyenne sur un an). Un dépassement du seuil d'information fixé à 50 µg/m^3 en moyenne sur la journée a été enregistré le 22 février 2018 à Nantes mais également dans les autres agglomérations de la région. Cette hausse de pollution est à mettre en relation avec une augmentation généralisée qui a touchée tout le Nord-Ouest de la France en lien avec des conditions météorologiques propices à l'accumulation des polluants au sol (vents faibles, températures froides au sol durant la nuit) et des émissions dues au chauffage plus importantes.

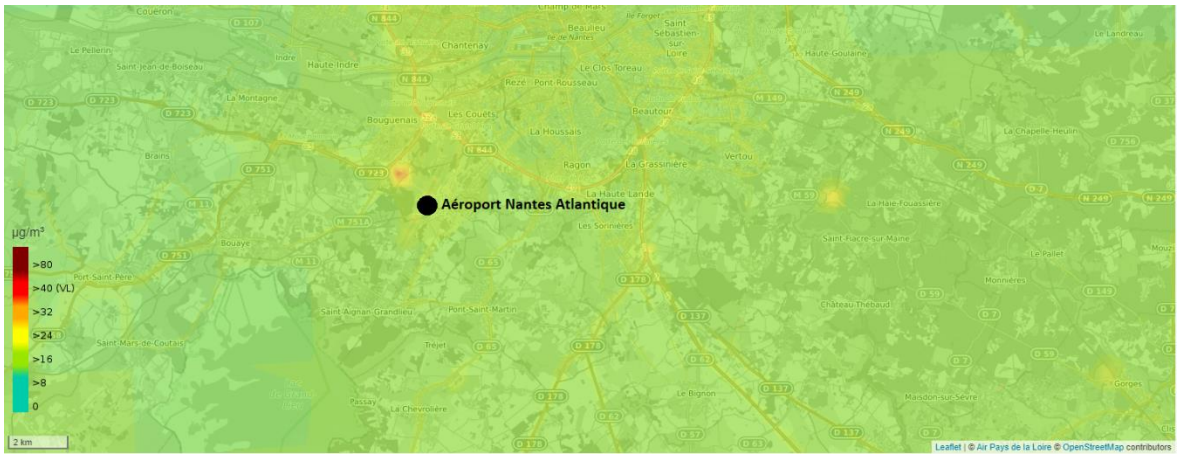


Fig. 7. Moyenne annuelle de la concentration en PM10 (sources : Airpl)

3.3.3. LE DIOXYDE DE SOUFRE

Compte tenu des niveaux très faibles enregistrés par le passé en **dioxyde de soufre**, ce polluant d'origine industrielle n'est plus mesuré en zone urbaine dans la région (depuis 2010 à Nantes), excepté à Saint-Nazaire compte tenu de sa proximité des centres industriels de Basse Loire.

Les niveaux moyens en dioxyde de soufre sont proches des limites de détection analytique. Les niveaux de pointe sont également demeurés très faibles et représentent à peine 2 % des valeurs réglementaires qui ont donc été largement respectées.

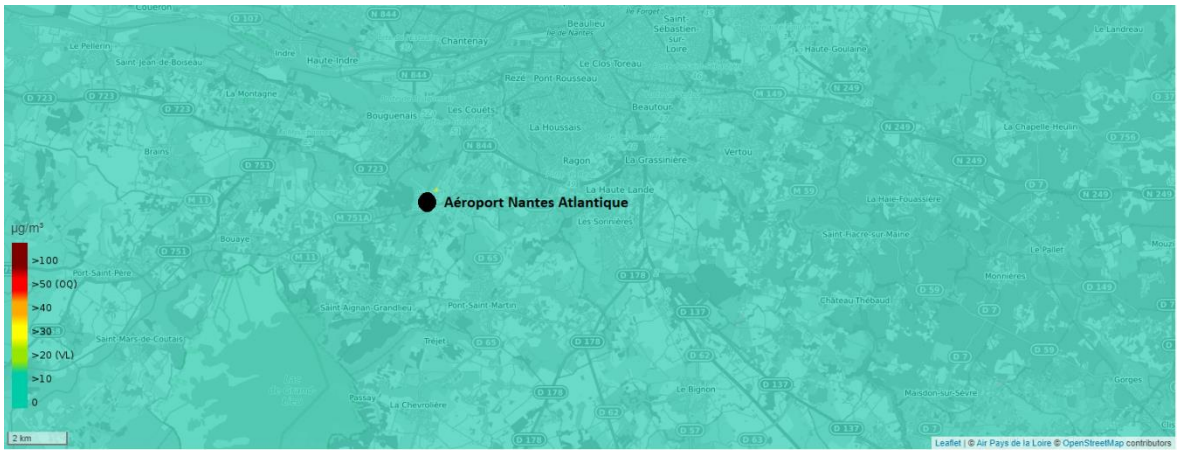


Fig. 8. Moyenne annuelle de la concentration en SO_2 (sources : Airpl)

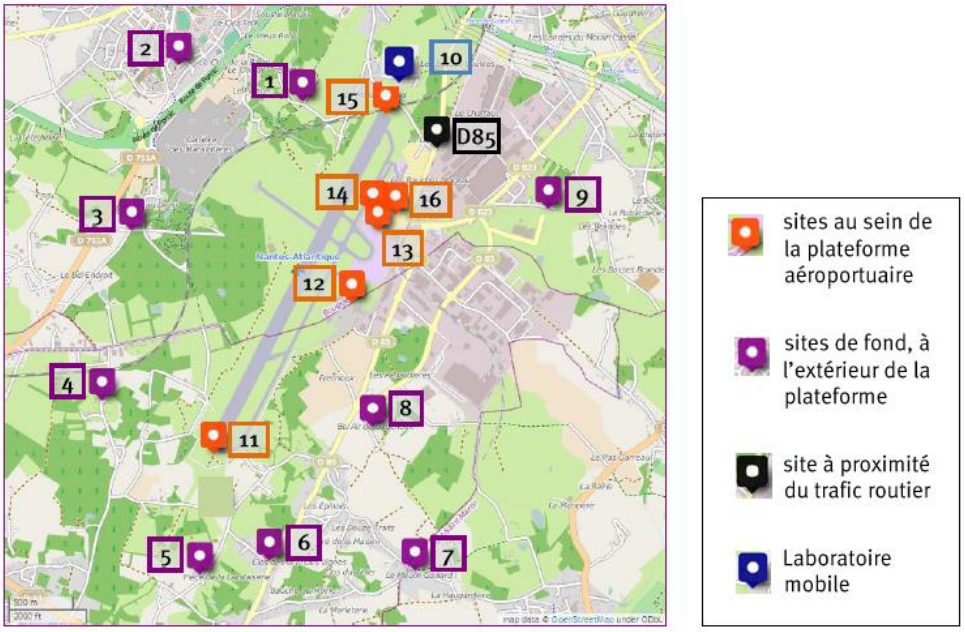
Le suivi en continu des concentrations atmosphériques de dioxyde d'azote NO_2, de dioxyde de soufre SO_2, et des particules fines PM10 réalisé durant l'année 2018 aux Couëts et à Trentemoult a permis de confirmer les résultats de l'année précédente c'est-à-dire des niveaux de pollution représentatifs d'un milieu urbain de fond avec une influence du trafic automobile environnant pour le dioxyde d'azote et du chauffage individuel au bois pour les poussières fines PM_{10}. En terme de réglementation, l'ensemble des valeurs limites et des objectifs de qualité définis pour les polluants mesurés a été respecté. Une seule journée de dépassement du seuil d'information pour les PM_{10} a été enregistrée le 22 février 2018.

3.4. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LE DOMAINE D'ETUDE

Air Pays de la Loire réalise depuis 2009 des campagnes de mesure de la qualité de l'air aux abords de l'aéroport en saison hivernale et estivale. Les rapports sont consultables sur leur site : http://www.airpl.org/. Les dispositifs de mesure mis en œuvre sont de deux types :

- Les tubes à diffusion passive, aussi appelés « tubes passifs », permettant un quadrillage de la zone d'étude. Ils ont été placés de façon à disposer d'informations sur la pollution de fond (sites de fond) et sur la pollution de la plateforme (sites au sein de la plateforme aéroportuaire).
- Un laboratoire mobile équipé d'analyseurs automatiques. Il suit en continu les concentrations en dioxyde d'azote, en dioxyde de soufre, en monoxyde de carbone, en particule fine et en ozone et est placé une année au Nord de la plateforme et une année au sud.

La figure ci-après présente la localisation des différents points de mesure. Au total, 9 sites de mesures de fond ont été placés autour de l'aéroport (représentés en violet).



N° de sites	Localisation	Caractéristique
1	Intersection de la rue de la Musse et du chemin des Belians	Commune environnante (Bouguenais)
2	Impasse Louis Rossel	Commune environnante (Bouguenais)
3	Intersection du chemin des parachutistes et du chemin du Bel endroit	Commune environnante (Bouguenais)
4	En face du 13, route des Écobuts	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
5	Entrée de l'écurie du grand lac	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
6	Intersection de la route du Champ de foire et de la route des Bauches	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
7	Hameau au croisement de la route des Douze traits et de la route du Pinier	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
8	Hameau route de Bel Air de Gauchoux	Commune environnante (Saint-Aignan de Grand Lieu)
9	Fin du chemin de la Cendrie	Commune environnante (Bouguenais)
10	Ferme de la Ranjonnière	Commune environnante
11	Bout sud de la piste QFU 03	Abords des pistes
12	Zone d'avitaillement en kérozène	Avitaillement en kérosène
13	Zone stationnement avions face au hall 3	Zone de stationnement des avions
14	Zone stationnement avions face au hall 4	Zone de stationnement des avions
15	Bout nord de piste QFU 21	Abords des pistes
16	Parking voiture n° 2, rangée 3	Au sein du parking de voitures extérieur
D85	Route départementale D85	Proximité de trafic routier

Fig. 9. Sites de mesure (sources : Airpl)

3.4.1. DIOXYDE D'AZOTE (NO_2)

La figure ci-après représente les résultats concernant le dioxyde d'azote, pour les sites de fond et les sites localisés au sein de la plateforme aéroportuaire. Les mesures ont été réalisées pendant deux phases de deux semaines chacune, courant mars 2018.

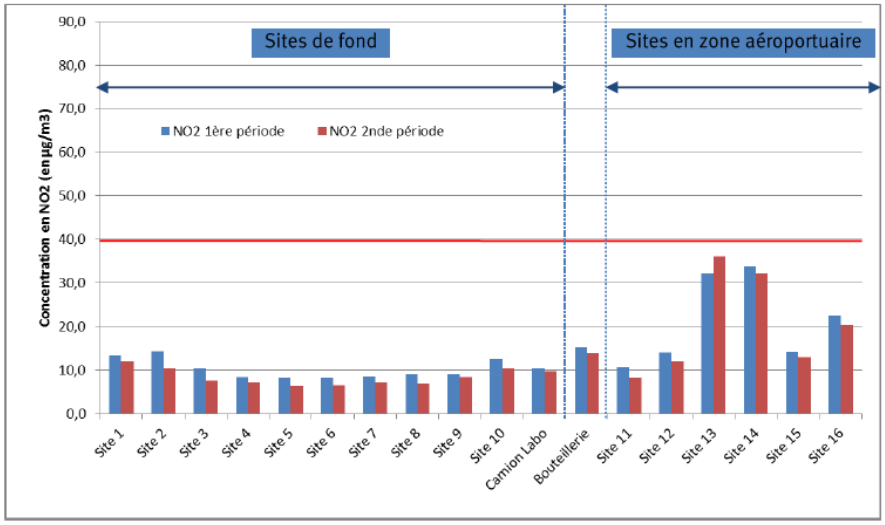


Fig. 10. Concentration en dioxyde d'azote relevée sur les sites de mesure sur l'année 2018 (sources : Airpl)

Ces résultats montrent des niveaux faibles et respectant la réglementation à proximité de l'aéroport. Ces valeurs sont comparables à celles observés au niveau des sites périurbains.

Les niveaux de NO_2 relevés dans les communes avoisinant l'aéroport varient entre 5 et 15 µg/m^3. Ces niveaux sont comparables à ceux relevés sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie. De plus, les tubes placés au Nord de l'aéroport et donc exposés aux vents présentent des concentrations proches voir inférieures à celle relevées au cimetière de la Bouteillerie, site non-influencé par l'aéroport.

En revanche, au sein de la plateforme, les niveaux de NO_2 sont deux fois plus importants qu'à l'extérieur de l'aéroport, atteignant les 35 µg/m^3 sur certains sites. Ce sont les sites 13 et 14 qui présentent les concentrations les plus élevées. En effet, ces sites sont influencés par la circulation des différents véhicules motorisés nécessaires à l'activité aéroportuaire.

Ces différents éléments ne permettent pas d'établir une influence significative de la plateforme aéroportuaire sur les concentrations en NO_2 dans l'environnement de celle-ci.

3.4.2. PARTICULES PM10

Les résultats des mesures sont présentés par une boite à moustaches qui est une représentation graphique de données statistiques.

Une boîte à moustaches indique de façon simple et visuelle quelques traits marquants de la série observée :

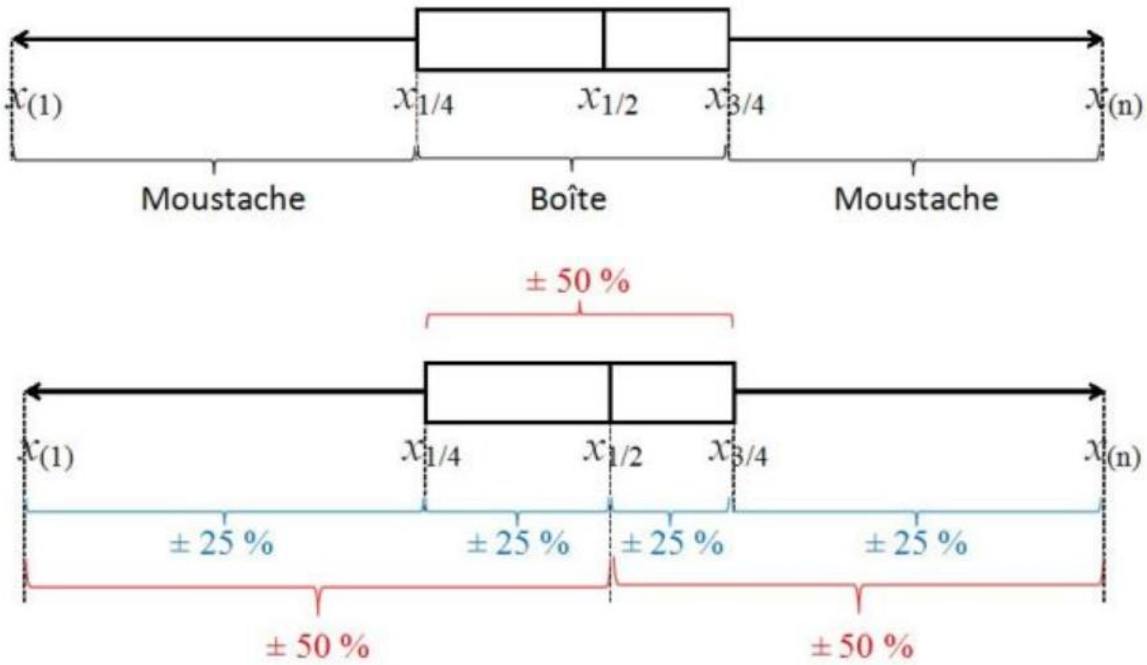


Fig. 11. Représentation d'une boîte à moustache

- la médiane renseigne sur le milieu de la série ;
- les largeurs des deux parties de la boîte rendent compte de la dispersion des valeurs situées au centre de la série (la boîte contient 50% (environ) de l'ensemble des observations : 25% à gauche de la médiane et 25% à sa droite) ;
- la longueur des moustaches renseigne sur la dispersion des valeurs situées au début de la série ordonnée (les valeurs les plus petites correspondant à 25% des observations) ou à la fin de celle-ci (les valeurs les plus grandes correspondant aussi à 25% des observations) ;
- de façon générale, la boîte et les moustaches seront d'autant plus étendues que la dispersion de la série statistique est grande.

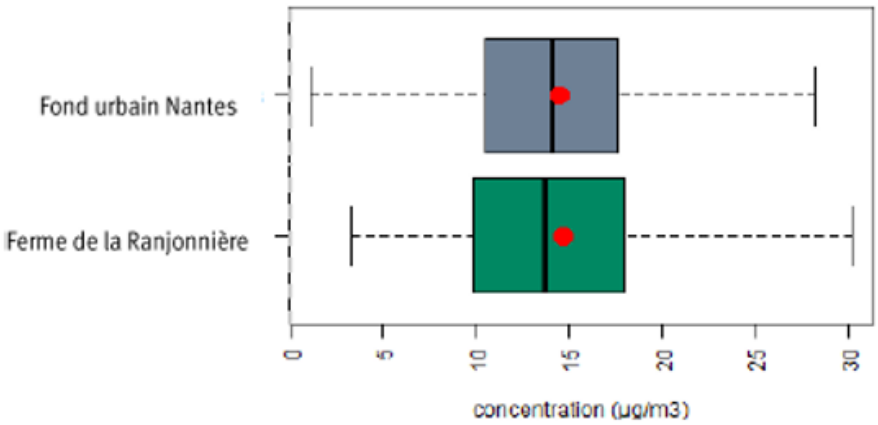


Fig. 12. Distribution statistique en concentration PM10 relevée sur l'année 2018 (sources : Airpl)

Les mesures en particules fines sont comparables entre la ferme de la Ranjonnière et le fond urbain de Nantes, site non influencé par l'aéroport. Ces résultats indiquent qu'il n'est pas possible d'établir une influence significative de la plateforme dans son environnement proche pour les PM10. Ces données montrent un respect des limites réglementaires. La concentration de fond se situe autour de 15 µg/m^3, comme le montre la figure ci-dessus.

3.4.3. DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)

Enfin, pour le dioxyde de soufre, les concentrations observées sont données dans la représentation d'une boîte à moustache (cf *3.4.2 Particules PM10*) ci-dessous.

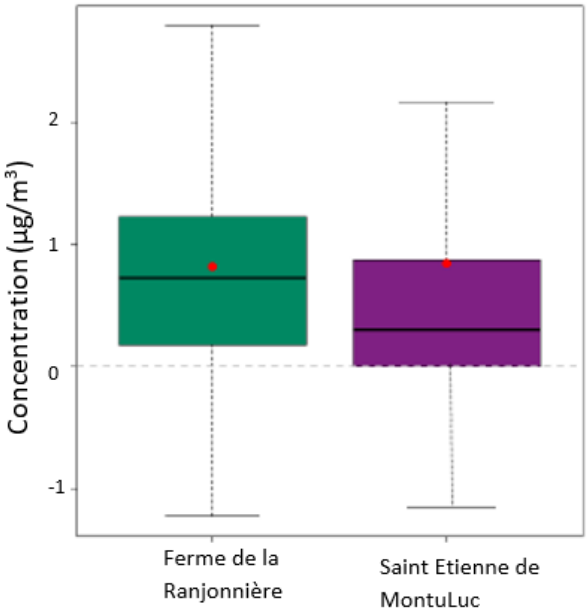


Fig. 13. Distribution statistique en concentration le SO_2 relevée sur l'année 2018 (sources : Airpl)

La majorité des mesures en SO_2 réalisées pendant la campagne conduisent à des valeurs très faible, voire en dessous de la limite de détection des analyseurs. Les concentrations observées se situent entre 0 et 1 µg/m^3 en moyenne journalière, soit des concentrations très inférieures au seuil d'information et de recommandation. Les mesures sont comparables entre la Ferme de la Ranjonnière et Saint Etienne de MontLuc. Ces niveaux sont très bas en raison de la faible activité industrielle présente dans la zone d'étude. Le SO_2 est en effet peu présent en zone urbaine et périurbaine. Aucune influence significatif de l'aéroport n'est constaté sur la concentration en SO_2.

4. INVENTAIRE DES EMISSIONS POLLUANTES

La quantification des émissions, est réalisée, dans la mesure de la disponibilité des informations, sur l'ensemble des polluants faisant l'objet d'un suivi dans le cadre du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air (décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 et arrêté du 19 avril 2017). Il s'agit notamment du dioxyde d'azote (NO_2), des oxydes d'azote (NOx), des particules PM_{10} et $PM_{2,5}$, du dioxyde de soufre (SO_2) et du monoxyde de carbone (CO).

4.1. HYPOTHESES

4.1.1. LA ZONE AEROPORTUAIRE

Cette partie s'appuie sur plusieurs guides méthodologiques :

- le guide de calcul des émissions dues aux aéronefs de la DGAC datant de Mars 2015,
- le guide pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs, rédigé par le CITEPA,
- le guide méthodologique d'évaluation de la qualité de l'air autour d'un aéroport de la DGAC datant de Mars 2015.

Les différents types d'émissions recensées sont :

- les émissions liées à l'activité sur l'aéroport : trafic aérien (cycle LTO), groupes électrogènes, engins de manutention, entretien des avions et des pistes…
- les émissions liées aux activités annexes de l'aéroport : centrales d'énergie, stockage des carburants…
- les émissions des infrastructures de transport desservant l'aéroport : routes et autoroutes, files de taxi, trains.

La quantification des émissions est réalisée sur la base de l'année 2018 complète et représentative de l'activité aéroportuaire actuelle.

4.1.1.1. LES AERONEFS : LES ACTIVITES JOURNALIERES

La combustion du kérosène dans les moteurs d'avion produit du dioxyde de carbone (CO_2), de la vapeur d'eau, des oxydes d'azote (NOx), du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures imbrûlés (HC), des oxydes de soufre (SOx) ainsi que des particules de suie.

Les émissions dépendent de la motorisation des avions et de leurs cycles de mouvements (cycle LTO) :

- **Motorisation des avions**

L'aéroport de Nantes-Atlantique fournit annuellement les historiques des vols sur l'aéroport. Chaque immatriculation détermine le type d'avion et sa motorisation. Chaque aéronef est ensuite associé à des facteurs d'émissions spécifiques pour un cycle LTO, fournit par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) dans le document 9889 de l'OACI18.

Lorsque la donnée du facteur d'émission n'est pas disponible, un facteur majorant d'un même type d'avion a été sélectionné (par exemple pour les avions légers type C172, les facteurs d'émissions n'étant pas disponibles il a été pris les facteurs d'émission du Beech King Air qui pèse 1,8 tonnes de plus, les facteurs d'émission sont donc majorants).

Le tableau ci-après récapitule le trafic aérien pour 2018 (fournit par l'aéroport) et leur facteur d'émission associé (tiré de l'OACI) :

Tabl. 4 - Caractéristiques du trafic aérien

Catégorie	Type		Facteurs d'émission (kg/LTO/avion)				
			CO_2	HC	NOx	CO	SO_2
Petits turbo propulseurs	AT45	ATR 42 500	620	0,29	1,82	2,33	0,20
	B190	BEECHCRAFT 1900 (BEECH 1900)	620	0,29	1,82	2,33	0,20
Gros turbo propulseurs	DH8D	BOMBARDIER DHC-8-400 DASH 8	640	-	1,51	2,24	0,20
	AT76	ATR 72-600	620	0,29	1,82	2,33	0,20
	AT75	ATR 72-500	620	0,29	1,82	2,33	0,20
Petits jets régionaux	E145	EMBRAER 145	-	0,77	0,21	1,00	
	C510	CESSNA 510 MUSTANG	1 060	3,35	0,74	34,07	0,34
Gros jets régionaux	E190/195	EMBRAER 190/195	1 517	0,04	4,44	4,11	0,40
	E190-E2		1 517	0,04	4,44	4,11	0,40
	E170/175	EMBRAER 170/175	1 517	0,04	4,44	4,11	0,40
	E175-E2		1 517	0,04	4,44	4,11	0,40
	B462	BAE 146-200	900	0,70	2,03	5,59	0,29
	B463	BAE 146-300	900	0,70	2,03	5,59	0,29
	F100	FOKKER 100	2 390	1,43	5,75	13,84	0,76
	CRJX	CANADAIR REGIONAL JET 1000	1 060	0,63	2,27	6,70	0,33
	CRJ9	CANADAIR REGIONAL JET 900	1 060	0,63	2,27	6,70	0,33
	CRJ7	CANADAIR REGIONAL JET 700	1 060	0,63	2,27	6,70	0,33
Monocouloirs A318/A319	A319	AIRBUS A319	2 310	0,59	8,73	6,35	0,73
	B712	BOEING 717-200	2 140	0,05	6,68	6,78	0,68
	A318	AIRBUS A318	2 440	0,57	9,01	6,19	0,77
		AIRBUS A319 NEO	2 440	0,57	9,01	6,19	0,77
Monocouloirs A320		A320	2 440	0,57	9,01	6,19	0,77
	A320	A320 NEO - CFM engines	2 440	0,57	9,01	6,19	0,77
		A320 NEO - IAE engines	2 440	0,57	9,01	6,19	0,77
Monocouloirs A321		A321	3 020	1,42	16,72	7,55	0,96
		A321 NEO	3 020	1,42	16,72	7,55	0,96
Monocouloirs B737 NG	B738	BOEING 737-800	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	B737	BOEING 737-700	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	B736	BOEING 737-600	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
		BOEING 737 MAX	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
Monocouloirs B737 AG	B735	BOEING 737-500	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	B733	BOEING 737-300	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	B752	BOEING 757-200	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	B734	BOEING 737-400	2 775	0,72	12,30	7,07	0,74
	MD82		3 180	1,87	11,97	6,46	1,01
Gros porteurs	A300ST Beluga		4 821	1,20	18,68	13,92	1,29
	AN-124		7 050	1,28	35,57	16,20	2,23
	A330-200		7 050	1,28	35,57	16,20	2,23
	A330-300		7 050	1,28	35,57	16,20	2,23
	A310		4 760	6,30	19,46	28,30	1,51
	AN-12		7 050	1,28	35,57	16,20	2,23
Piston	PA31	PIPER NAVAJO	230	0,64	0,30	2,97	0,07
	C172 (pas fixe)		230	0,64	0,30	2,97	0,07

Les mouvements commerciaux et non commerciaux de tous les aéronefs recensés sur l'année 2018 sont au nombre 78 185, dont 58 569 mouvements commerciaux.

- **Cycles de mouvement**

Quatre phases sont considérées (et représentées sur la figure suivante) avec pour chaque phase, un régime moteur des avions et un temps qui varient. Lorsque les données précises manquaient, les recommandations de l'OACI ont été prises en compte afin de déterminer les caractéristiques de chaque phase :

Tabl. 5 - Phase du cycle LTO, recommandation de l'OACI

Phases	Réglages de poussée (% de la poussée maximale au décollage)	Temps au régime d'utilisation (mn)
Décollage	100	0,7
Montée	85	2,2
Approche	30	4
Circulation au sol et ralenti	7	13

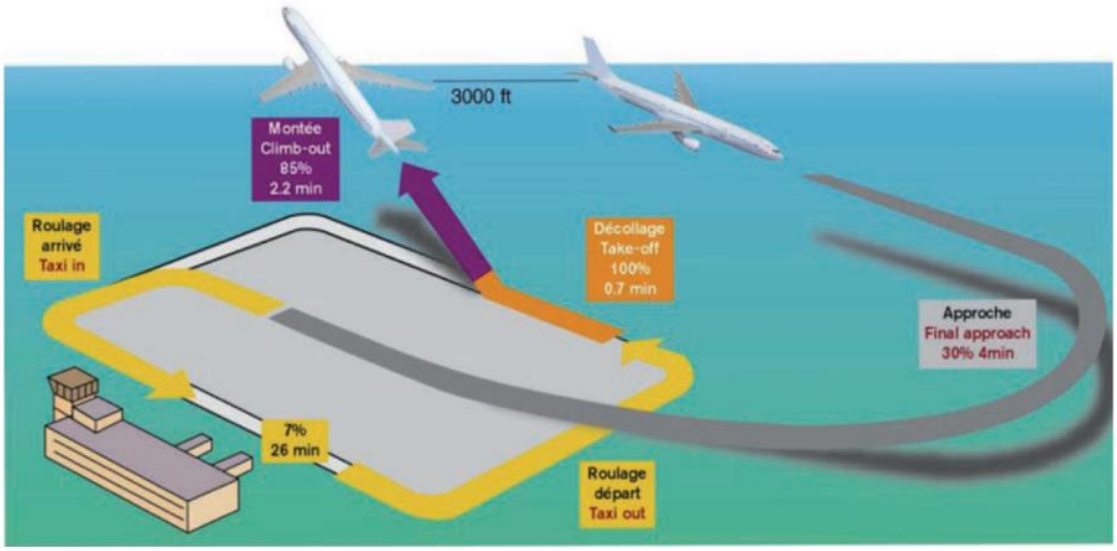


Fig. 14. Cycle LTO

Ainsi pour chaque type moteur et pour chaque phase ont été associés des consommations de carburant et des facteurs d'émissions spécifiques pour les oxydes d'azote, les hydrocarbures, du monoxyde de carbone, du dioxyde de soufre, les particules PM_{10}.

Elles ont ensuite été agrégées par pas de temps horaire et géoréférencées en fonction de la piste utilisée et du sens du vent (cf. paragraphe 5).

4.1.1.2. LE MOTEUR AUXILIAIRE DE PUISSANCE (APU)

Les APU sont des moteurs auxiliaires de puissance, situés en général à l'arrière de l'avion, dans le cône de queue. Ils fonctionnent avec du kérosène provenant des réservoirs de l'avion et sont utilisés pour alimenter l'avion en énergie électrique, en air conditionné, ainsi que pour démarrer les moteurs.

Les polluants générés par les APU sont les NOx, COVNM (Composé Organique Volatil Non Méthanique), PM_{10}, CO et CO_2.

Il existe des prescriptions réglementaires concernant le temps d'utilisation de ces moteurs dans l'arrêté de restriction d'exploitation du 24 avril 2006 : « Mise en fonctionnement uniquement 60 minutes avant l'heure de départ de l'aéronef. Après l'arrivée de l'aéronef, la durée d'utilisation de ces groupes ne peut dépasser 20 minutes. »

Dans le cadre de l'aéroport de Nantes, une étude menée par l'aéroport de Nantes sur le terrain de juillet à septembre 2016 sur 50 escales observées, donne les indications suivantes :

- Temps escale moyen : 49 mn
- Temps d'utilisation de l'APU : 6 minutes à l'arrivée et 17 minutes avant le départ, c'est-à-dire 23 minutes au total.

La méthode de calcul des émissions dans l'atmosphère des APU utilisée est celle du guide du CITEPA résumé ci-dessous :

Tabl. 6 - Calcul des émissions pour les APU d'après le guide du CITEPA

Type d'avion	Court/moyen-courrier	Long courrier
Durée d'utilisation de l'APU	X_1 min	X_2 min
Emissions de CO_2 (kg/avion)	$252 \times \frac{X_1}{45}$	$945 \times \frac{X_2}{75}$
Emissions de NOx (g/avion)	$700 \times \frac{X_1}{45}$	$2400 \times \frac{X_2}{75}$
Emissions HC assimilés à des COVNM (g/avion)	$30 \times \frac{X_1}{45}$	$160 \times \frac{X_2}{75}$
Emissions CO (g/avion)	$310 \times \frac{X_1}{45}$	$210 \times \frac{X_2}{75}$
Emissions PM_{10} (g/avion)	$25 \times \frac{X_1}{45}$	$40 \times \frac{X_2}{75}$

Seul 0,5% des avions de Nantes sont des longs courriers.

4.1.1.3. L'AVITAILLEMENT DES AVIONS

Le remplissage des réservoirs des avions peut donner lieu à des émissions de COVNM. On suppose que leurs remplissages s'effectuent par des connecteurs suffisamment étanches pour que les émissions au niveau de ceux-ci soient négligeables.

Les émissions de COVNM calculées correspondent au refoulement des vapeurs dans les réservoirs du fait de la quantité de carburant transféré lors de l'avitaillement des avions. Il n'y a pas a priori, pour l'instant dans ce cas, de système de récupération des vapeurs refoulées.

Les émissions de COVNM sont estimées au moyen de la formule suivante :

Emissions (en kg) = Quantité de carburant (en t) x FE (en g/t) / 1 000

Avec FE le facteur d'émission de COVNM, égal à 20 g/t pour l'avitaillement des avions à partir de camion-citerne, sans dispositif de récupération des vapeurs (d'après le guide du CITEPA).

Les volumes distribués sur l'année 2018 sont de 110 988 463 m^3.

4.1.1.4. LES STATIONS-SERVICE

Les stations-service donnent lieu à des émissions de composés organiques volatils par le refoulement des gaz contenus dans les réservoirs des véhicules lors de leur remplissage ainsi que lors des approvisionnements par refoulement des gaz présents dans les cuves.

Les émissions de HCNM (Hydrocarbure Non Méthanique) ne concernent que les émissions provenant de l'essence car seul ce produit est assez volatil pour émettre des HCNM en quantité significative. Le gazole peu volatil est négligé.

Les émissions de HCNM sont estimées au moyen de la formule suivante :

Emissions (en kg) = Quantité de carburant transféré (en t) x FE (en g/t) / 1 000

Avec FE le facteur d'émission de HCNM, égal à 2 880 g/t pour une station-service sans dispositif de récupération des vapeurs (d'après le guide du CITEPA).

Sur la station-service, les volumes transférés sont d'environ 2 346 m^3 par an (camions (gros porteur) de capacité de 35 m^3 livrant uniquement 15 m^3 environ à chaque passage (2 à 3 par semaine)).

4.1.1.5. STOCKAGE DES HYDROCARBURES

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

Les émissions de HCNM des bacs sont complexes à calculer car de nombreux paramètres sont en principe à prendre en compte. Elles sont déterminées en respectant les méthodes décrites dans l'arrêté du 3 octobre 2010.

Les facteurs d'émission se réfèrent à une technique particulière. Ils couvrent l'émission par respiration et l'émission liée au mouvement des hydrocarbures (remplissage et vidange). Les valeurs proposées sont des ordres de grandeur basés sur des hypothèses arbitraires, seuls des calculs tenant compte précisément de la taille réelle des bacs, de la couleur, de la rugosité interne, de la structure de construction, des dispositifs d'étanchéité et de la vitesse du vent permettent une estimation plus précise.

Le guide du CITEPA donne des facteurs d'émission des HCNM par défaut sur lesquels sont basés les calculs d'émissions des stockages des hydrocarbures pour cette étude.

Les hypothèses de calcul retenues pour les paramètres par défaut sont les suivantes :

- réservoir cylindrique aérien de 15 m de diamètre et 10 m de haut soit un volume de 1 767 m^3
- vitesse du vent de 11,7 km/h
- taux de rotation de 10 soit 17 670 m^3 transférés par an
- parois très oxydées
- réservoir de couleur blanc mat (couleur de référence)
- joints de type patins mécaniques primaires
- bac à toit fixe sans dispositif d'étanchéité.

Les facteurs d'émission retenus sont présentés dans le tableau ci-après.

Tabl. 7 - Facteurs d'émission des HCNM en g/t par défaut

Facteurs d'émission stockage COVNM (g/t)					
Essence			Naphta dont kérosène		
Global	Par respiration	Global	Par respiration	Global	Par respiration
2 383	856	2 383	856	2 383	856

Sur la zone aéroportuaire, les différents bacs de stockage sont :

- La cuve GNR du service infra située sur la zone hangars Nord : environ 8 000 l/an,
- La cuve gasoil du SSLIA située au SSLIA : 8 000 l/an,
- La cuve de fioul située à la centrale électrique conso : 320 m^3/an
- Volucompteur AVGAS aéroclub située devant les parkings avion aéroclub (gérée par l'Aéroclub de Loire Atlantique : ACLA) : pas d'information en notre possession.

4.1.1.6. CENTRALES ENERGIE

L'utilisation de combustibles fossiles dans les centrales de production d'énergie génère des émissions de polluants. Ces émissions dépendent des caractéristiques des combustibles, de la nature des équipements et des conditions opératoires.

Les émissions sont estimées au moyen de la formule suivante :

Es,c (en kg) = Ac (en GJ) x FEs,c (en g/GJ) / 1000

avec :
E = émission relative à la substance " s " et au combustible " c " pendant l'année considérée;
A = Consommation de combustible " c " pendant l'année considérée ;
FE = facteur d'émission du combustible " c " relatif à la substance " s " pendant l'année considérée.

4.1.1.6.1. CHAUDIERES

Les différentes chaudières présentes sur la zone aéroportuaire sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 8 - Chaudières présentes sur l'aéroport

Année de Mise en service	Localisation	Local chauffé	Chaudière	Puissance en Kw	Combustible
2018	S-Sol aeg chaufferie N°1	aérogare	N°1	510	GAZ
1987			N°2	754	GAZ
1987			N°3	754	GAZ
1996	S-Sol aeg chaufferie N°2	aérogare	N°1	570	GAZ
2008			Echangeur à condensation		
1996			N°2	570	GAZ

L'ensemble des chaudières utilise le gaz comme combustible. La consommation totale de gaz en 2018 est de 197 122 m^3.

Les facteurs d'émissions utilisés sont les suivants :

Tabl. 9 - Facteurs d'émission pour les chaudières

Combustible	SO2	NOx	COVNM	CH4	CO	CO2	N2O	TSP	PM10	PM2,5	PM1
Gaz naturel	0,5	60	2,5	5	20	57000	2,5	0,9	0,9	0,9	0,9

4.1.1.6.2. GROUPES ELECTROGENES

Dans l'aéroport il y a 2 groupes électrogènes GE1 et GE2 regroupés dans la centrale électrique. Leur consommation totale est de 1 866 litres de Fuel en 2018 pour une utilisation de 13h par an.

Les facteurs d'émission pour les électrogènes sont les suivants :

Tabl. 10 - Facteurs d'émission pour les moteurs

Combustible	SO2	NOx	COVNM	CH4	CO	CO2	N2O	TSP	PM10	PM2,5	PM1
FOD	48	1020	20,2	4	100	75000	1,5	45	45	31,5	15,8

4.1.1.7. LES OPERATIONS D'ANTIGIVRAGE ET DE DEGIVRAGE DES AVIONS

La lutte contre les risques liés au froid impose deux types d'interventions :

- d'une part, des mesures d'antigivrage des avions, procédé préventif, à l'effet relativement durable et réalisé à partir de propylène glycol,
- d'autre part, des opérations curatives de dégivrage réalisé à partir de propylène glycol.

Dans le cas des opérations de dégivrage ou d'antigivrage des avions, les émissions de HCNM sont estimées au moyen de la formule suivante :

Emissions HCNM (en kg) = quantité de produit utilisé (en l) x teneur en glycol x densité produit glycolé x FE (en kg HCNM/ kg produit glycolé appliqué)

Les quantités utilisées par an en dégivrant, déverglaçant et antigivrant sur l'aéroport sont :

Tabl. 11 - Quantités utilisées par an en dégivrant, déverglaçant et antigivrant

Nature	Produit	Densité	Teneur en glycol (%)	2018
Dégivrant	ABAX DE-950	1,036	80%	39 097 litres
Antigivrant	ABAX ECOWING AD-49	1,036	80%	31 458 litres
Déverglaçant	Cryotech NAAC	1,036	80%	7 750 kg
Déverglaçant	Provifrost KA ECO (liquid)	1,036	80%	36 500 litres

Pour la teneur en glycol des produits et leur densité, des paramètres par défaut tirés du guide du CITEPA ont été prises.

4.1.2. LES PRINCIPAUX AXES DE COMMUNICATION ET INDUSTRIES AVOISINANTES

Les principales sources d'émissions atmosphériques à proximité de l'aéroport de Nantes ont été recensées et les données collectées. Seuls les émissions liées aux parkings de l'aéroport, aux routes principales et desservant l'aéroport sont quantifiées et modélisées. En effet les axes routiers non principaux ont un impact mineur sur la qualité de l'air comparé aux axes principaux. De plus aucune industrie avoisinante de l'aéroport n'a d'émissions importantes.

La quantification des émissions polluantes à l'échappement est réalisée à l'aide du logiciel HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport), initialement développé par les agences de l'environnement suisse, allemande et autrichienne et rejointes par les agences suédoise, norvégienne et française. La dernière version de septembre 2019 intègre le parc automobile français (étude réalisée par l'IFSTTAR pour le compte de l'ADEME[3]).

Ce logiciel fournit en sortie les facteurs d'émissions des polluants indicateurs majeurs de la pollution routière ainsi que la consommation de chaque catégorie de véhicules formant le parc automobile pour différentes configurations (types de voie) et conditions de trafic.

Les données utilisées pour le calcul des émissions sont :

- L'année retenue pour la modélisation : 2018 (état actuel) ;
- Le flux de véhicules par catégorie (véhicules légers particuliers, véhicules légers utilitaires (15,7 % des véhicules légers) et poids lourds) ;
- La vitesse des véhicules ;
- La distance parcourue.

[3] Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France. ARTEMIS France : adaptation des données françaises de parc automobile et de trafic à l'outil Artemis et participation au groupe de travail européen en vue du développement d'un outil spécifique français de calcul des émissions de polluants. Janvier 2013 (révision 2014).

4.1.2.1. AXE PRINCIPAUX ET DESSERVANT L'AEROPORT

Les données comptages ont été basées sur l'étude de trafic réalisée par la DREAL Pays de la Loire en 2016.

La figure suivante présente les axes routiers constituant l'aire d'étude. Elle est accompagnée par le tableau ci-après qui récapitule les principales hypothèses de trafic pour ces axes pour les différents scénarios.

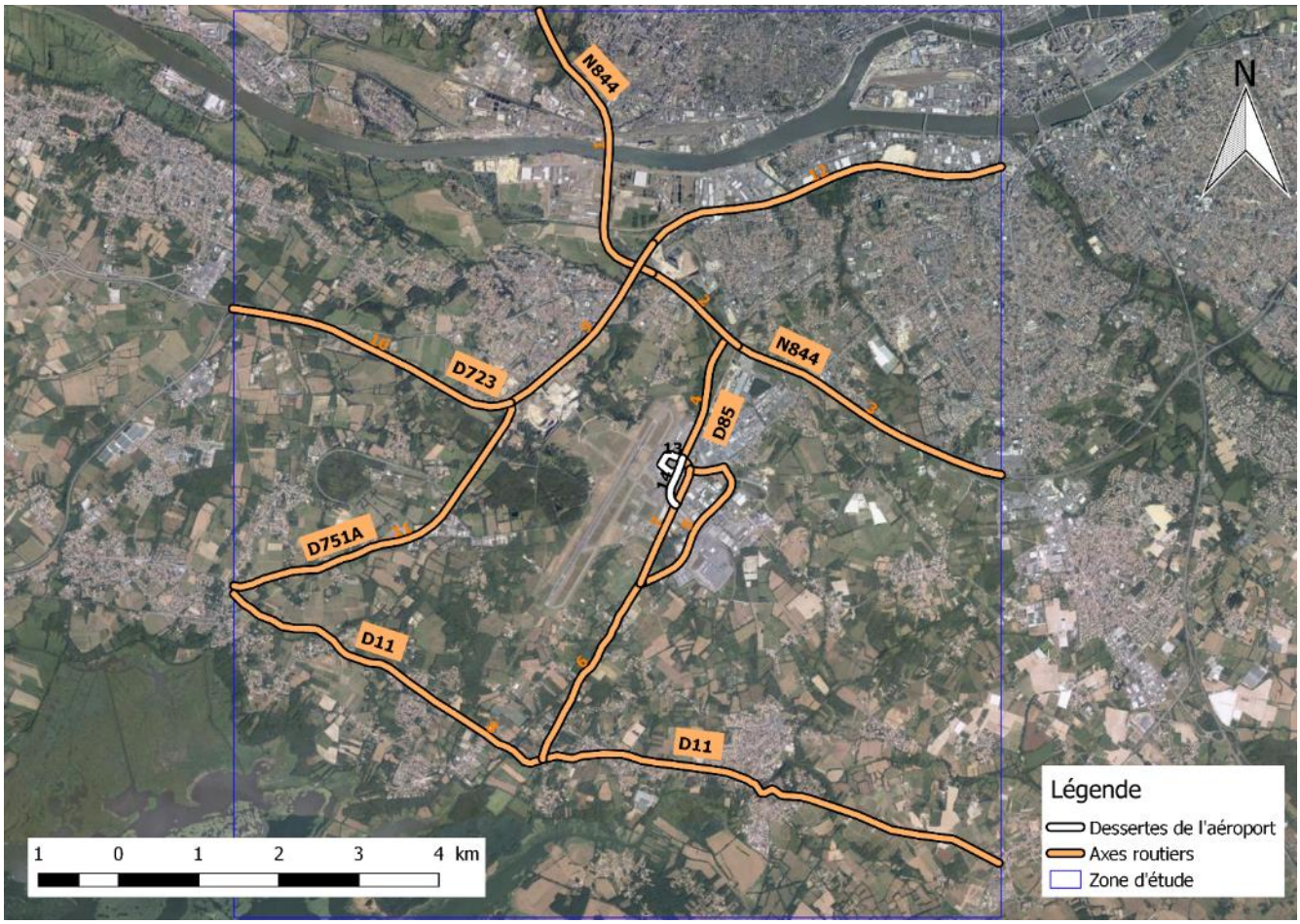


Fig. 15. Axes routiers constituant l'aire d'étude

Tabl. 12 - Caractéristiques des axes routiers étudiés

N°	NOM	LONGUEUR (KM)	TMJA	% PL	VITESSE (KM/H)
1	44 N844 Porte Bouguenais P	3,9	98 098	9%	90
2	44 N844 La Bouvre P	1,4	72 299	11%	90
3	44 N844 Champs P	3,7	72 299	11%	90
4	44 D85 Nantes Aéroport	1,7	17 762	9%	80
5	44 D0085 4.0 T	2,4	5 486	3%	80
6	44 D0085 4.0 T -1	2,6	5 486	3%	80
7	44 D0085 4.0 T - 2	1,6	5 486	3%	80
8	44 D0011 11.0 T	10,5	6 180	2%	80
9	44 D0723 38.0 T	2,7	46 622	8%	80
10	44 D723 Bouguenais P	3,7	46 622	4%	80
11	44 D0751A 3.0 T	4,5	9 221	2%	80
12	44 D0723 38.0 T - 1	4,6	40 000	5%	80
13	Desserte de l'aéroport	0,6	12 441	12%	30
14	Desserte des parking	0,6	5 321	0%	30

Pour les axes principaux (1 à 12) seules les émissions à chaud sont calculées, les surémissions à froid ont été considérées comme négligeables du fait de la nature des voiries considérées. Pour la desserte des parkings les émissions à froid, dues à l'arrêt du moteur seront considérées plus bas (cf *4.1.2.2 Parkings)*.

Pour la desserte de l'aéroport, les émissions à chaud et à froid ont été considérées, du fait de l'arrêt significatif du moteur. Pour calculer les émissions à froid, le nombre moyen d'arrêts moteur par jour d'un véhicule routier a été déterminé.

Conformément au guide de la DGAC (Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs de mars 2013), si le conducteur effectue une livraison, ou stationne sur un parking pour accompagner des passagers, le nombre d'arrêts moteur par jour dans la zone publique de l'aéroport est égal à 1. Dans certains cas (taxis, transports en commun, etc.), les véhicules déposent leurs passagers et quittent la zone aéroportuaire en général sans arrêter leur moteur. Pour ces véhicules, le nombre d'arrêts moteur par jour dans la zone publique de l'aéroport est égal à 0. Le nombre moyen d'arrêts moteur par jour d'un véhicule dans la zone publique d'un aéroport peut être estimé suivant la proportion des véhicules n'arrêtant pas leur moteur, et doit donc être en général globalement <1. Ici nous avons décidé de prendre 0,8 de façon majorant pour la desserte de l'aéroport.

4.1.2.2. PARKINGS

L'analyse a été réalisée sur les données transmises par l'aéroport de Nantes.

Pour les parkings de l'aéroport, ouvert uniquement, sont considérés les émissions à chaud, les émissions à froid (dû à l'arrêt significatif du moteur) et les émissions par évaporation.

Les émissions de HCNM par évaporation diurne et par évaporation " hot soak " (moteur chaud à l'arrêt), sont considérées seulement pour les véhicules légers (véhicules particuliers et véhicules utilitaires) essence et dépendent du nombre moyen d'arrêts moteur par jour d'un véhicule dans le parking (qui est considéré conformément au guide de la DGAC de mars 2013).

La figure ci-dessous présente les différents parkings. Elle est accompagnée par le tableau ci-après qui récapitule les principales hypothèses.

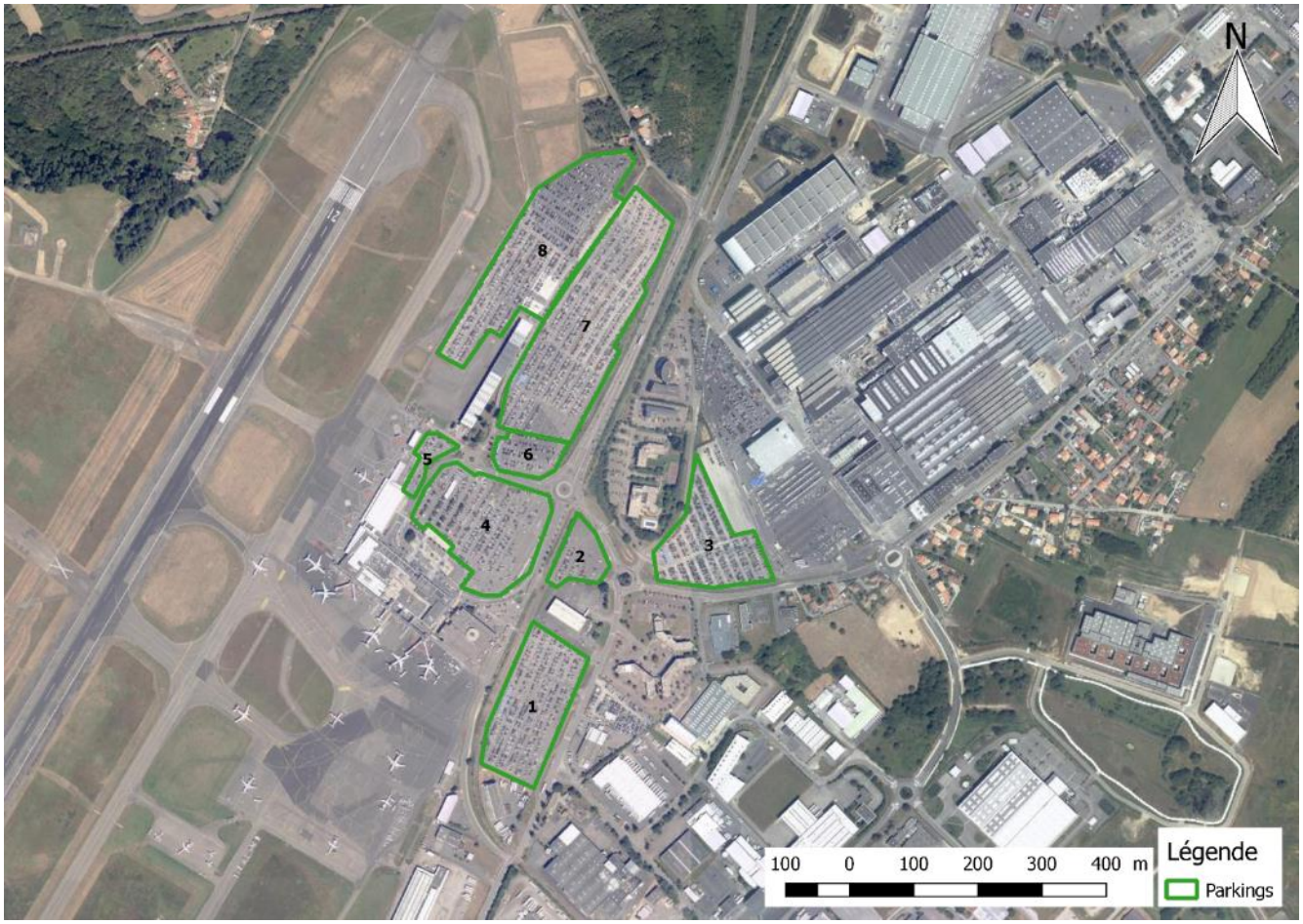


Fig. 16. Parkings de l'aéroport

Tabl. 13 - Caractéristiques des parkings

N°	LONGUEUR (KM)	TMJA	% PL	VITESSE (KM/H)	VEHICULES LEGERS ESSENCE
1	0,7	902	0%	30	298
2	0,3	237	0%	30	78
3	0,7	713	0%	30	235
4	0,7	1 066	0%	30	352
5	0,3	114	0%	30	38
6	0,3	239	0%	30	79
7	1,0	1 772	0%	30	585
8	1,0	1 474	0%	30	486

4.2. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES EMISES A L'ECHAPPEMENT

4.2.1. LES AERONEFS : LES ACTIVITES JOURNALIERES

Les émissions pour chaque rotation de l'année de référence (2018) ont été calculées en fonction du type de moteur de l'aéronef.

L'OACI ne possède pas actuellement de standard de certification des émissions des PM10 et PM2,5 des moteurs. Cependant, le CAEP (Comité de la Protection de l'Environnement en aviation) a développé et approuvé une méthode qui permet d'approximer les émissions des PM10 à partir des moteurs d'avion certifiés : c'est la First Order Approximation (ou FOA).

Tabl. 14 - Emissions des aéronefs

Aéronefs	Cycle LTO (kg/an)					
	CO_2	HC	Nox	CO	SO_2	PM 10
ATR 42 500	275 280	129	808	1 035	89	8,9
BEECHCRAFT 1900 (BEECH 1900)	682 620	319	2 004	2 565	220	8,8
BOMBARDIER DHC-8-400 DASH 8	211 840	-	500	741	66	9,2
ATR 72-600	456 320	213	1 340	1 715	147	2,0
ATR 72-500	14 260	6,7	42	54	4,6	0,4
EMBRAER 145	0	986	261	1 280	0	3,0
CESSNA 510 MUSTANG	131 970	417	92	4 242	42	2,0
EMBRAER 190/195	1 904 481	50	5 574	5 160	502	37,1
EMBRAER 170/175	627 242	16	1 836	1 700	165	30,4
BAE 146-200	28 350	22	64	176	9,1	0,2
FOKKER 100	935 685	560	2 251	5 418	298	0,4
CANADAIR REGIONAL JET 1000	2 945 210	1 751	6 307	18 616	917	3,1
CANADAIR REGIONAL JET 900	111 300	66	238	704	35	26,2
CANADAIR REGIONAL JET 700	993 750	591	2 128	6 281	309	6,3
AIRBUS A319	17 424 330	4 450	65 850	47 898	5 50	13,3
BOEING 717-200	980 120	23	3 059	3 105	311	292,4
AIRBUS A318	1 738 500	406	6 420	4 410	549	15,8
A320	11 885 240	2 777	43 888	30 152	3 751	16,8
A321	564 740	266	3 127	1 412	180	29,8
BOEING 737-800	10 247 035	2 658	45 412	26 102	2 732	258,7
BOEING 737-700	1 897 034	492	8 407	4 832	506	11,2
BOEING 737-600	308 077	80	1 365	785	82	11,2
BOEING 737-500	52 7334	14	234	134	14	8,9
BOEING 737-300	414 932	108	1 839	1 057	111	0,8
BOEING 757-200	735 499	191	3 259	1 874	196	194,1
BOEING 737-400	222 038	58	984	566	59	39,2
MD82	85 860	50	323	174	27	7,2
A310	95 200	126	389	566	30	7,4
C172 (pas fixe)	115	0,32	0,15	1,49	0,04	4,8

4.2.2. LE MOTEUR AUXILIAIRE DE PUISSANCE (APU)

Le tableau ci-après récapitule les principales émissions des APU pour les avions.

Tabl. 15 - Emissions des APU

Type d'avions	Durée d'utilisation de l'APU (min)	Nombre d'appareil	Emission de CO2 (g/s)	Emission de NOx (g/s)	Emission de HC (g/s)	Emission de CO (g/s)	Emission de PM10 (g/s)
Moyen-courrier	23	38 897	158,9	0,44	0,02	0,20	0,02
Long courrier	23	196	1,8	4,6E-03	3,0E-04	4,0E-04	7,6E-04
Total	23	39 093	160,66	0,45	0,02	0,20	0,02

4.2.3. L'AVITAILLEMENT DES AVIONS

Les émissions dues à l'avitaillement des avions représentent 1 775 815 kg de HCNM sur l'année.

4.2.4. LES STATIONS-SERVICE

Les émissions des stations-services représentent 5 405 kg de HCNM sur l'année.

4.2.5. STOCKAGE D'HYDROCARBURES

Le tableau ci-dessous regroupent les différentes sources d'émission concernant le stockage des hydrocarbures.

Tabl. 16 - Emissions dues au stockage de carburant

Produits	Capacité (m^3)	Quantité m^3/an	Volume stocké (en t)	Emission HCNM (kg/an)
GNR (Gazole non routier)	5	8	0,76	6
Gasoil	5	8	0,76	6
Fioul	60	320	0,76	242
Avgas	Pas d'information en notre possession			

4.2.6. CENTRALES ENERGIE

Les émissions des différentes centrales d'énergie sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

4.2.6.1. CHAUDIERES

Tabl. 17 - Emissions dues aux chaudières

Combustible	SO2	NOx	COVNM	CO	CO2	TSP	PM10	PM2,5
Emission (kg/an)	3,7	4 449	18,7	149,8	426 966,3	6,7	6,7	6,7

4.2.6.2. ELECTROGENES

Tabl. 18 - Emissions dues aux électrogènes

Fuel	SO2	NOx	COVNM	CH4	CO	CO2	N2O	TSP	PM10	PM2,5	PM1
Emission (kg/an)	3,2	67,6	1,3	0,3	6,6	4 966	0,10	2,98	2,98	2,1	1

4.2.7. ANTIGIVRAGE ET DEGIVRAGE DES AVIONS

Les émissions liées aux opérations d'antigivrage et dégivrage des avions sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tabl. 19 - Emissions annuelles relatives aux opérations d'antigivrage et dégivrage

Nature	Produit	Quantités de produits utilisés en 2018 (L)	teneur en glycol (%)	Densité	Emissions COVNM (kg/an)
Produits dégivrants	Dégivrant	39 097	0,8	1,036	3,2
	Antigivrant	31 458	0,5	1,036	1,6
Produits déverglaçants	Cryotech NAAC	7 750	1	1	43
	Provifrost KA ECO (liquid)	36 500	1	1	202

4.3. LES PRINCIPAUX AXES DE COMMUNICATION ET INDUSTRIES AVOISINANTES

4.3.1. AXES PRINCIPAUX ET DESSERVANT L'AEROPORT

Le tableau ci-dessous présente le bilan des émissions en kilogramme par an des différents polluants émis par les véhicules en circulation sur les axes principaux et desservant l'aéroport.

Tabl. 20 - Emissions globales pour les axes principaux et desservant l'aéroport (2018)

N°	NOM	*CO*	*NOx*	*NO_2*	*NMHC*	*PM10*	*PM2,5*	*SO2*	*CO2*
		kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an
1	44 N844 Porte Bouguenais P	29 615	80 926	24 090	1 642	1 046	5 404	123	24 603 387
2	44 N844 La Bouvre P	9 000	22 715	6 468	461	307	1 524	35	7 070 024
3	44 N844 Champs P	23 786	60 033	17 094	1 219	810	4 028	94	18 685 064
4	44 D85 Nantes Aéroport	3 092	7 282	2 248	143	88	425	10	1 980 632
5	44 D0085 4.0 T	1 014	2 851	967	55	30	159	4	718 612
6	44 D0085 4.0 T -1	1 098	3 088	1 047	60	32	172	4	778 496
7	44 D0085 4.0 T - 2	676	1 901	644	37	20	106	2	479 074
8	44 D0011 11.0 T	4 701	13 763	4 752	267	139	758	17	3 413 429
9	44 D0723 38.0 T	12 835	30 304	9 369	597	367	1 768	41	8 232 585
10	44 D723 Bouguenais P	14 449	38 481	12 712	751	420	2 171	50	9 920 416
11	44 D0751A 3.0 T	3 006	8 801	3 039	171	89	485	11	2 182 748
12	44 D0723 38.0 T - 1	15 846	41 467	13 577	810	460	2 351	54	10 769 704
13	Desserte de l'aéroport	777	2 905	650	51	34	34	3	593 487
14	Desserte des parkings	151	646	230	13	8	8	1	172 861
Total		120 046	315 163	96 887	6 277	3 850	19 393	449	89 600 519

4.3.2. PARKINGS

Le tableau ci-dessous présente les émissions globales des parkings de l'aéroport, tenant compte des émissions à chaud et à froid et des émissions par évaporation.

Tabl. 21 - Emissions globales pour les parkings de l'aéroport (2018)

N°	*CO*	*NOx*	*NO_2*	*NMHC*	*PM10*	*PM2,5*	*SO2*	*CO2*
	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an
1	262	123	30	73	4,6	4,6	0,2	47 465
2	35	17	4	16	0,6	0,6	0,0	6 430
3	209	98	24	58	3,7	3,7	0,2	37 905
4	335	158	38	89	5,9	5,9	0,3	60 797
5	15	7	2	8	0,3	0,3	0,0	2 749
6	34	16	4	16	0,6	0,6	0,0	6 160
7	809	381	92	172	14	14	0,7	146 764
8	669	315	76	143	12	12	0,6	121 312
Total	2 369	1 114	269	576	41	41	2	429 582

4.4. RESUME DES EMISSIONS

Les tableaux ci-dessous présentent les émissions totales en polluants sur l'aéroport et sur l'ensemble de la zone d'étude. Le pourcentage présente la part de l'activité dans les émissions totales.

Tabl. 22 - Total des émissions sur l'aéroport

	CO2 (kg/an)		HC (kg/an)		Nox (kg/an)		CO (kg/an)		SO2 (kg/an)		PM (kg/an)	
Emissions aéronefs sur l'ensemble du cycle LTO	56 897 353	90,56%	19 407	1,08%	209 212	93,02%	184 733	95,50%	17 141	100%	436	43,28%
APU	5 066 583	8,06%	606	0,03%	14 060	6,25%	6 176	3,19%	-	-	521	51,66%
Avitaillement	-	-	1 775 815	98,51%	-	-	-	-	-	-		0,00%
Stations- service	-	-	5 405	0,30%	-	-	-	-	-	-	-	-
Stockage d'hydrocarbure	-	-	605	0,03%	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrales énergie	431 933	0,69%	20	0,00%	517	0,23%	156	0,08%	7	0%	10	0,99%
Antigivrants et dégivrants	-	-	249	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Parkings	429 582	0,68%	576	0,03%	1 114	0,50%	2 369	1,22%	2	0%	41	4,07%
TOTAL	62 825 451		1 802 683		224 903		193 433		17 150		1 008	

Tabl. 23 - Total des émissions sur l'ensemble de la zone d'étude

	CO2 (kg/an)		HC (kg/an)		Nox (kg/an)		CO (kg/an)		SO2 (kg/an)		PM (kg/an)	
Principaux axes de communication	89 600 519	58,78%	6 277	0,35%	315 163	58,36%	120 046	38,29%	449	3%	3 850	79,24%
Emissions aéronefs sur l'ensemble du cycle LTO	56 897 353	37,33%	19 407	1,07%	209 212	38,74%	184 733	58,93%	17 141	97%	436	8,98%
Emissions aéroport hors aéronefs	5 928 098	3,89%	1 783 276	98,58%	15 691	2,91%	8 701	2,78%	9	0%	572	11,77%
TOTAL	152 425 970		1 808 960		540 066		313 479		17 599		4 858	

Concernant la zone de l'aéroport, on constate que les aéronefs, sur l'ensemble de leur cycle LTO (décollage, montée, approche, circulation au sol et ralenti), représentent la plus grande partie des émissions pour le CO_2, les NOx, le CO, le SO_2 et les particules. Concernant les hydrocarbures, ce sont les émissions dues à l'avitaillement des aéronefs qui sont les plus importantes, avec 98,5% des émissions totales. Les émissions des stations-service, des stockages d'hydrocarbures, des centrales énergie et des opérations de dégivrages sont négligeables.

Sur l'ensemble de la zone d'étude les émissions principales sont celle des axes routiers pris en compte dans l'étude et des aéronefs. En comparaison ces émissions sont du même ordre de grandeur. Pour le CO et le SO_2, ce sont les aéronefs qui représentent la plus grosse part avec, respectivement, 58,9% et 97% par rapport aux émissions totales. Les NOx, particules et CO_2 sont, quant à eux, principalement émis par les axes de communication. Enfin, pour les hydrocarbures, ce sont les émissions de l'aéroport, hors aéronefs, qui sont les plus importantes avec 98,6%.

Les PM2,5 ne sont pas étudiées car les valeurs d'émissions pour les aéronefs ne sont pas disponibles.

En résumé les émissions des aéronefs, des axes routiers, des APU, des parkings et de l'avitaillement des avions sont modélisées.

Ci-dessous les différentes sources fixes au niveau de l'aéroport (APU, avitaillement des avions, parking) :

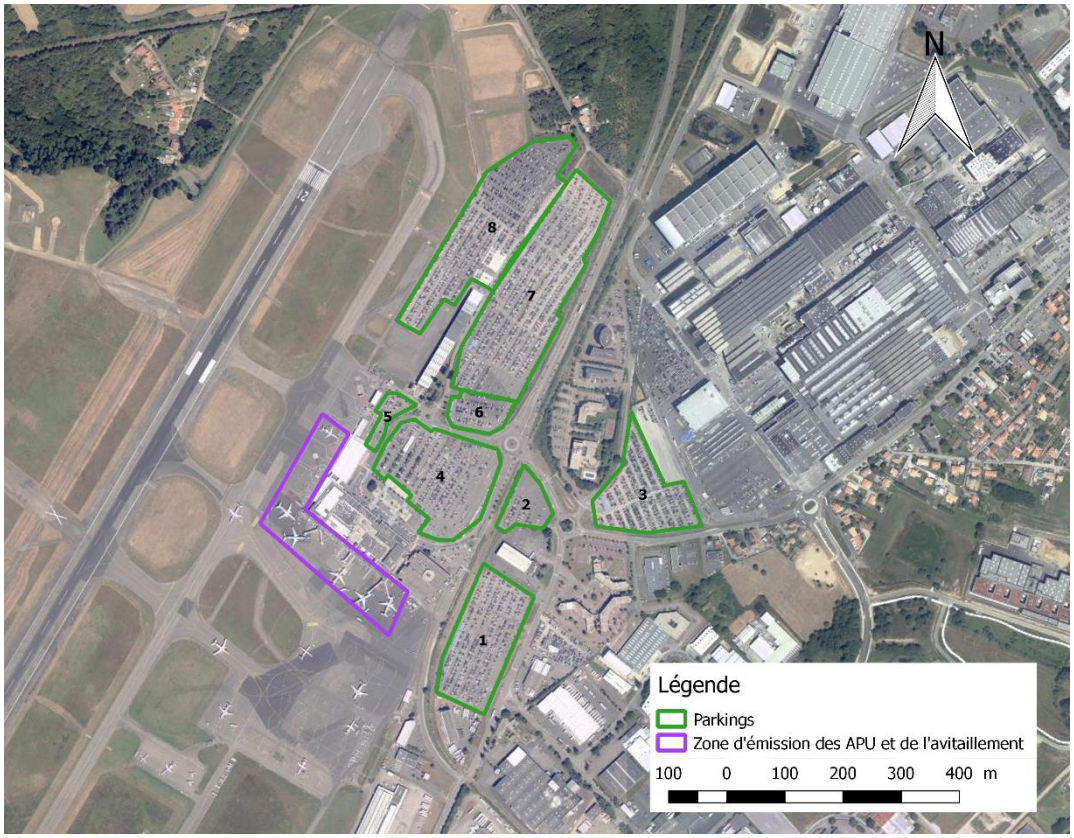


Fig. 17. Sources fixes au niveau de l'aéroport

Pour la localisation des axes routier et des aéronefs voir paragraphe 4.1.2.1 Axe principaux et desservant l'aéroport et 4.1.1.1 Les aéronefs : les activités journalières respectivement.

Chaque année, la DGAC réalise et publie le calcul des émissions de CO2 et de différents polluants imputables à l'activité de l'aviation en France. Les émissions du cycle LTO et des APU sur l'aéroport de Nantes publiées par la DGAC dans le document *Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2018* sont rappelées ci-dessous et comparées à celles calculées dans le cadre de l'étude.

Tabl. 24 - Comparaison de l'évaluation des émissions dû au cycle LTO de la DGAC avec celle d'Artelia

Emission du cycle LTO	CO2 (kg/an)	HC (kg/an)	NOx (kg/an)	CO (kg/an)	SO2 (kg/an)	PM10 (kg/an)
Evaluation d'Artelia	56 897 353	19 407	209 212	184 733	17 141	1 226
Evaluation de la DGAC	48 100 000	18 000	192 800	141 300	15 400	1 500

L'ordre de grandeur entre les deux évaluations est cohérent voire majorant pour l'évaluation des émissions faites par Artelia. Cela est dû à la majoration souhaitée lorsque les facteurs d'émission n'étaient pas disponibles. En effet un facteur majorant d'un même type d'avion a pu être sélectionné (par exemple pour les avions légers type C172, les facteurs d'émissions n'étant pas disponibles il a été pris les facteurs d'émission du Beech King Air qui pèse 1,8 tonnes de plus, les facteurs d'émission sont donc majorants). Par ailleurs, le calcul des émissions par Artelia inclut les mouvements non commerciaux.

Tabl. 25 - Comparaison de l'évaluation des émissions dû aux APU de la DGAC avec celle d'Artelia

Emission des APU	CO2 (kg/an)
Evaluation d'Artelia	5 066 583
Evaluation de la DGAC	7 200 000

L'ordre de grandeur entre les deux évaluations est cohérent, mais plus faible pour l'évaluation d'Artelia. Cela est certainement dû à des différences d'hypothèse sur le temps d'utilisation de l'APU. Artelia a choisi une valeur de 23 minutes qui est représentatif de la réalité sur l'aéroport de Nantes. En effet, une étude menée par l'aéroport de Nantes sur le terrain de juillet à septembre 2016 sur 50 escales observées, donne les indications suivantes : temps d'utilisation de l'APU : 6 minutes à l'arrivée et 17 minutes avant le départ, c'est-à-dire 23 minutes au total.

5. MODELISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

5.1. HYPOTHESES DE MODELISATION DES CONCENTRATIONS

5.1.1. PRESENTATION DU LOGICIEL ADMS AIRPORT

Les concentrations dans le domaine d'étude ont été calculées avec le logiciel ADMS-Airport, qui a été développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants). Ce logiciel permet de simuler la dispersion atmosphérique d'un grand nombre de polluants de façon simple, grâce à un modèle gaussien.

Le modèle de dispersion ADMS-Airport calcule les concentrations, à long-terme ou à court terme, relatives aux différents types de rejets (sources ponctuelles, jets, sources linéiques, sources surfaciques et sources volumiques). Les calculs long-terme concernent les calculs de concentrations moyennes annuelles, de percentiles ou de nombre de dépassements de valeurs seuils qui peuvent être comparés aux objectifs de la qualité de l'air.

Différentes sources de pollution sont prises en compte :

- Emissions liées à l'activité de l'aéroport, et notamment le trafic aérien (cycle LTO), les groupes électrogènes, les engins de manutention…
- Emissions liées aux activités annexes de l'aéroport : centrales d'énergie, stockage des carburants, …
- Emissions des infrastructures de transport desservant l'aéroport : les routes, les autoroutes, …

Le logiciel simule la dispersion atmosphérique des polluants émis en prenant en compte l'effet d'un certain nombre de paramètres physiques tel que la météorologie, le relief, la pollution de fond.

Les taux de concentration sont ensuite calculés sur une grille de calcul (en spécifiant une largeur de domaine de calcul et un espacement horizontal). Une option de maillage « intelligent » permet d'optimiser les résultats de sortie en affinant le maillage près des sources. Les concentrations peuvent être également calculées sur des points récepteurs choisis par l'utilisateur.

5.1.2. HYPOTHESES DE CALCUL

5.1.2.1. LE DOMAINE D'ETUDE

Le modèle de dispersion ADMS peut calculer les concentrations à la fois sur un maillage de points (avec un espacement régulier ou variable) et en des points spécifiques.

La grille de calcul retenue pour la modélisation est une grille régulière qui couvre une surface de 11 km x 10 km, centrée sur la zone du projet.

Des points additionnels sont également intégrés au modèle afin d'affiner les résultats autour des voies routières (maillage intelligent autour des axes routiers) et au niveau de l'aéroport (maillage

intelligent et grille régulière avec une résolution plus importante). Les points supplémentaires sont placés près des sources d'émissions (les routes et l'aéroport) où les gradients de concentration sont plus forts.

Au total la grille de calcul retenue compte 12 813 points.

Enfin des points spécifiques ont été ajoutés au modèle afin de permettre le calcul des concentrations en des lieux précis. Les concentrations ont ainsi été calculées sur 18 points récepteurs, dont la localisation correspond aux points des campagnes de mesures réalisées par AIRPL en 2018-2019 situés sur la plateforme aéroportuaire (6 points), à des lieux sensibles situés proche de l'aéroport (5 points) et des maisons situées très proche de l'aéroport (7 points).

La figure ci-dessous présente la localisation de la grille de calcul et des points récepteurs.

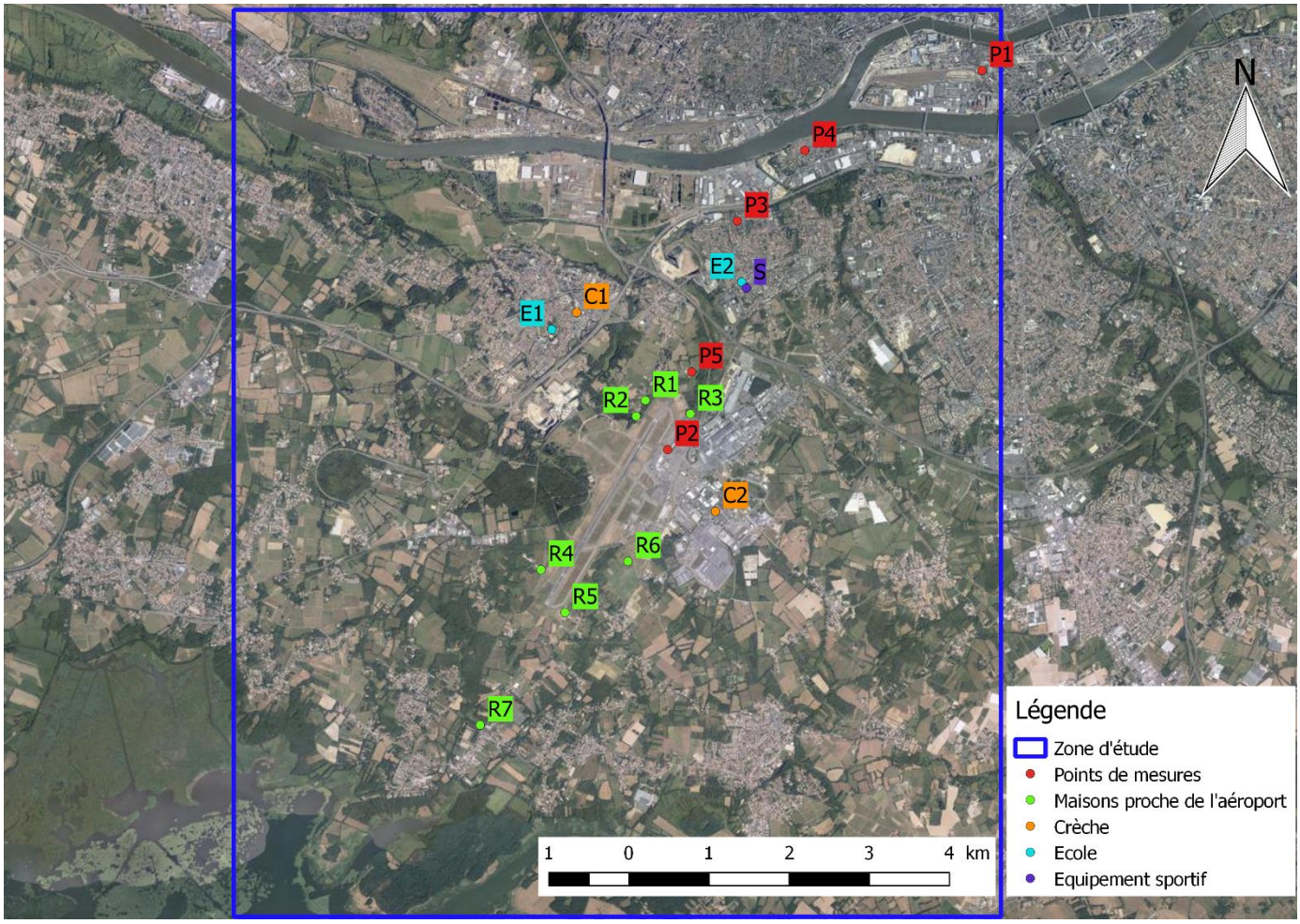


Fig. 18. Domaine de calcul et localisation des points récepteurs

5.1.2.2. LES DONNEES METEOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques influencent la dispersion des polluants notamment par la direction et la force du vent. Ces deux paramètres sont les plus influents dans un calcul de dispersion : ils déterminent la trajectoire des panaches.

Les données météorologiques ont été intégrées au modèle sous la forme d'un fichier horaire numérique de l'année 2018.

Les données météorologiques nécessaires pour la modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques sont :

- la direction du vent,
- la force du vent,
- la nébulosité et/ou le rayonnement,
- la température du sol.

Les données horaires de l'année 2018 de l'aéroport de Nantes ont été utilisées.

La figure suivante présente la rose des vents de l'aéroport de Nantes :

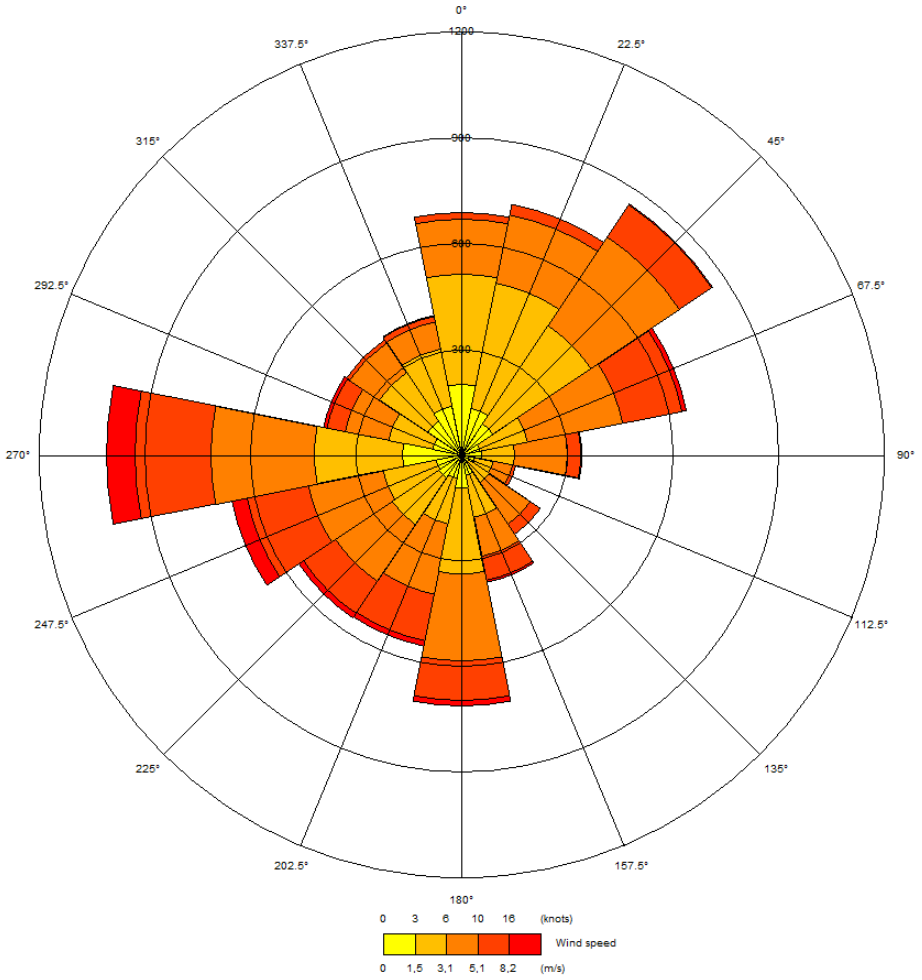


Fig. 19. Rose des vents de l'aéroport de Nantes

Les vents dominants proviennent du Nord-Est et de l'Ouest. Une direction secondaire principale est observée : ce sont les vents du Sud-Ouest.

5.1.2.3. LE RELIEF ET LA RUGOSITE

Etant donné l'absence de relief marqué sur la zone d'étude, la topographie n'a pas été prise en compte.

Concernant la rugosité, celle-ci a été prise constante sur l'ensemble de la zone d'étude et égale à 0,5 (soit une rugosité typique des parcs et banlieues dégagées), du fait des limitations du modèle. En effet, le module permettant de prendre en compte une rugosité variable (module de « terrain complexe ») ne peut pas être activé avec les sources linéaires jet des avions (sources permettant de modéliser les aéronefs dans les différentes phases du cycle LTO).

5.1.2.4. LES SOURCES MODELISEES

5.1.2.4.1. LES AERONEFS

Les aéronefs sont modélisés sur ADMS Airport par des sources linéaires sous forme de jets provenant d'une source en accélération pour capturer les caractéristiques d'élévation et de dispersion du panache en champ proche. Les caractéristiques de chaque type d'aéronefs (emplacement des moteurs, vitesse ascensionnelle, distance de décollage, …), les facteurs d'émissions et trafic associés sont spécifiés.

A. Géoréférencement des émissions

Les émissions sont géoréférencées en fonction de la piste utilisée, de la phase du mouvement considérée et du sens du vent (en effet les avions décollent et atterrissent face au vent).

Tabl. 26 - Géoréférencement des mouvements dans le référentiel EPSG : 2154, RGF93

Mouvement	Plage de vent	X0	Y0	Z0	X1	Y1	Z1	Distance parcourue au sol (km)
Décollage (direction nord vers sud)	]120° ; 300°]	351460	6683788	0	350811	6682689	15	1,3
Décollage (direction sud vers nord)	]301° ; 120°]	350186	6681636	0	350884	6682812	15	1,3
Montée (direction nord vers sud)	]120° ; 300°]	350811	6682689	15	347870	6677671	900	9
Montée (direction sud vers nord)	]301° ; 120°]	350884	6682812	15	355693	6688730	900	9
Approche (direction nord vers sud)	]120° ; 300°]	360691	6697980	900	351460	6683788	0	18
Approche (direction sud vers nord)	]301° ; 120°]	341187	6666542	900	350186	6681636	0	18
Roulage au sol (première partie)	-	351574	6683980	0	350114	6681516	0	2,8
Roulage au sol (deuxième partie)	-	350337	6681551	0	351668	6683807	0	2,7

B. Le profil annuel des avions et de leur émission

A partir des données du trafic aérien fournies par l'aéroport sur une année, il a été établi un profil afin de prendre en compte les variations des mouvements sur une journée et sur l'année.

Les variations par heure dans une journée peuvent être significativement différentes entre la nuit et le jour. Sur l'année 2018, il en est ressorti le profil ci-dessous (pour tout type d'avion confondu) :

Tabl. 27 - Profil horaire des mouvements des avions sur une journée

1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
0,4%	0,4%	0,2%	0,1%	0,7%	4,8%	4,1%	3,8%	4,5%	5,9%	6,8%	6,3%

13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
4,6%	5,7%	5,6%	6,0%	7,9%	7,2%	5,4%	6,1%	6,1%	4,6%	1,8%	0,9%

Les variations saisonnières dans une année peuvent également être différentes entre les périodes d'été et d'hiver. Sur l'année 2018, il en est ressorti une variation plutôt faible entre les différents mois, comme le montre le profil ci-dessous (pour tout type d'avion confondu) :

Tabl. 28 - Profil saisonnier des avions

Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
7%	7%	8%	9%	9%	9%	9%	8%	9%	10%	8%	8%

5.1.2.4.2. LES PRINCIPAUX AXES ROUTIERS

Le trafic routier est modélisé à l'aide de sources linéaires, en spécifiant des données sur les caractéristiques de l'axe routier (tel que la largeur de la voie ou son élévation) ainsi que sur le taux d'émission de chaque polluant.

5.1.2.4.3. LES AUTRES SOURCES MODELISEES

Les émissions des stations-service, des stockages d'hydrocarbures, des centrales énergie et des opérations de dégivrages étant négligeables, elles n'ont pas été modélisées.

Les APU et l'avitaillement des avions ont été modélisé comme des sources surfaciques au niveau du stand d'embarquement et débarquement.

Les émissions par évaporation des voitures sur les parkings sont également modélisées par des sources surfaciques.

5.1.2.5. POLLUTION DE FOND

La pollution de fond peut être renseignée pour les polluants modélisés.

Les valeurs de la pollution de fond sont prises constantes dans le temps (pas de variation avec l'horizon d'étude).

La pollution par le dioxyde d'azote enregistrée aux Couëts et à Trentemoult est représentative d'une pollution urbaine de fond. La concentration moyenne mesurée au niveau de ces stations est respectivement de 15 et 18 µg/m^3. Une concentration de 16.5 µg/m^3 a donc été prise comme référence pour la pollution de fond.

Concernant les particules, de la même manière que pour le dioxyde d'azote, ce sont les stations de Couëts et Trentemoult qui seront prises comme référence. Les niveaux moyens mesurés au niveau de ces stations sont de 18 µg/m^3. Cette valeur sera prise pour caractériser la pollution de fond.

Enfin, aucune concentration de fond n'est recensée pour le dioxyde de soufre. Aussi, la valeur considérée est celle mesurée par Air Pays de la Loire dans le cadre du suivi de la qualité de l'air dans l'aéroport, soit 1 µg/m^3.

5.2. MODELISATION DE L'ETAT INITIAL

La modélisation de l'aéroport et des axes routiers principaux du secteur d'étude conduit à la définition en chaque point du domaine de la concentration moyenne annuelle pour chaque polluant.

Les résultats sont présentés :

- Sous forme de cartographie des concentrations moyennes dans l'aire d'étude pour les polluants principaux émis : le dioxyde d'azote, les oxydes d'azote, les particules PM10, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, et les hydrocarbures non méthaniques.
- Sous forme de tableaux indiquant les concentrations moyennes annuelles pour les mêmes polluants au droit des récepteurs spécifiques,

Les cartes des surconcentrations moyennes annuelles sont présentées sur les figures ci-dessous. Ces cartes représentent uniquement l'effet des émissions de l'aéroport et des axes routiers principaux considérés sans prise en compte de la pollution de fond.

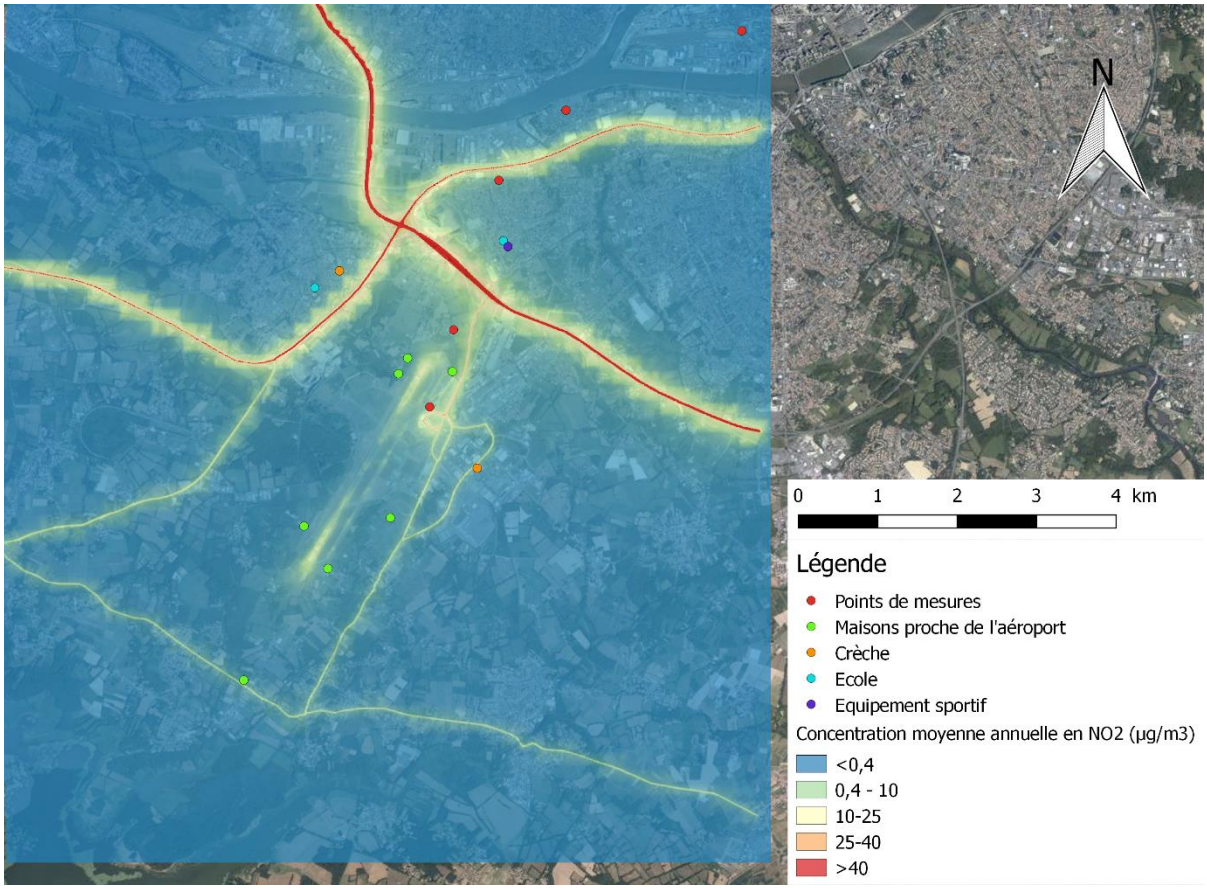


Fig. 20. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018)

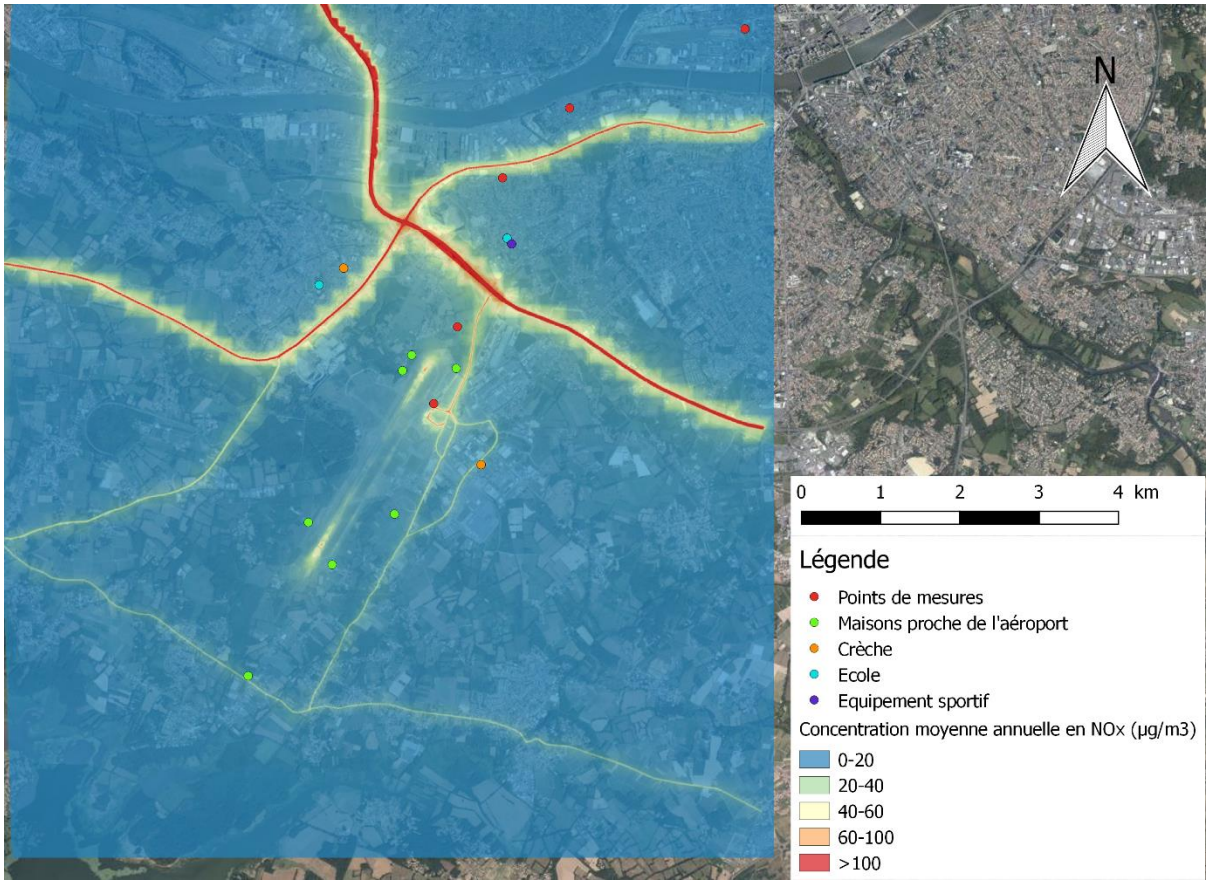


Fig. 21. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NOx – Etat initial (2018)

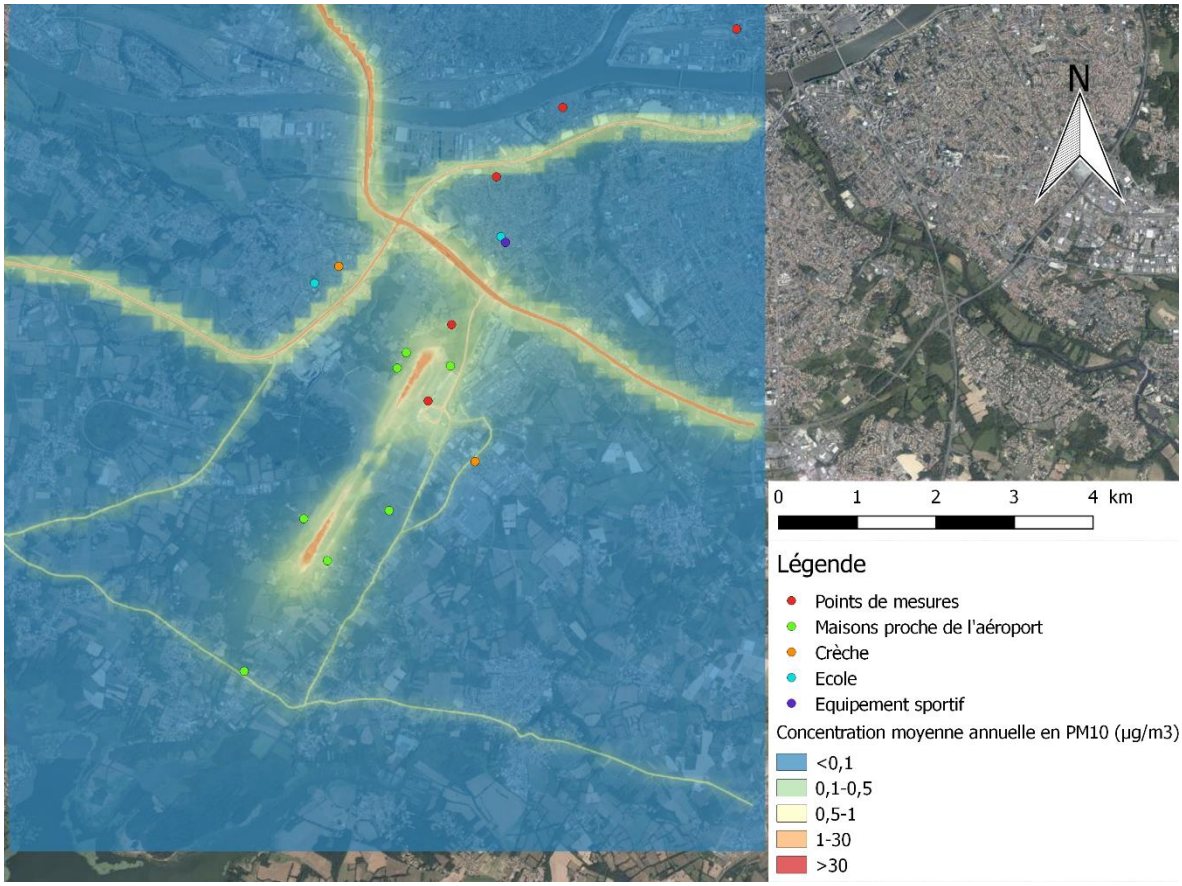


Fig. 22. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018)

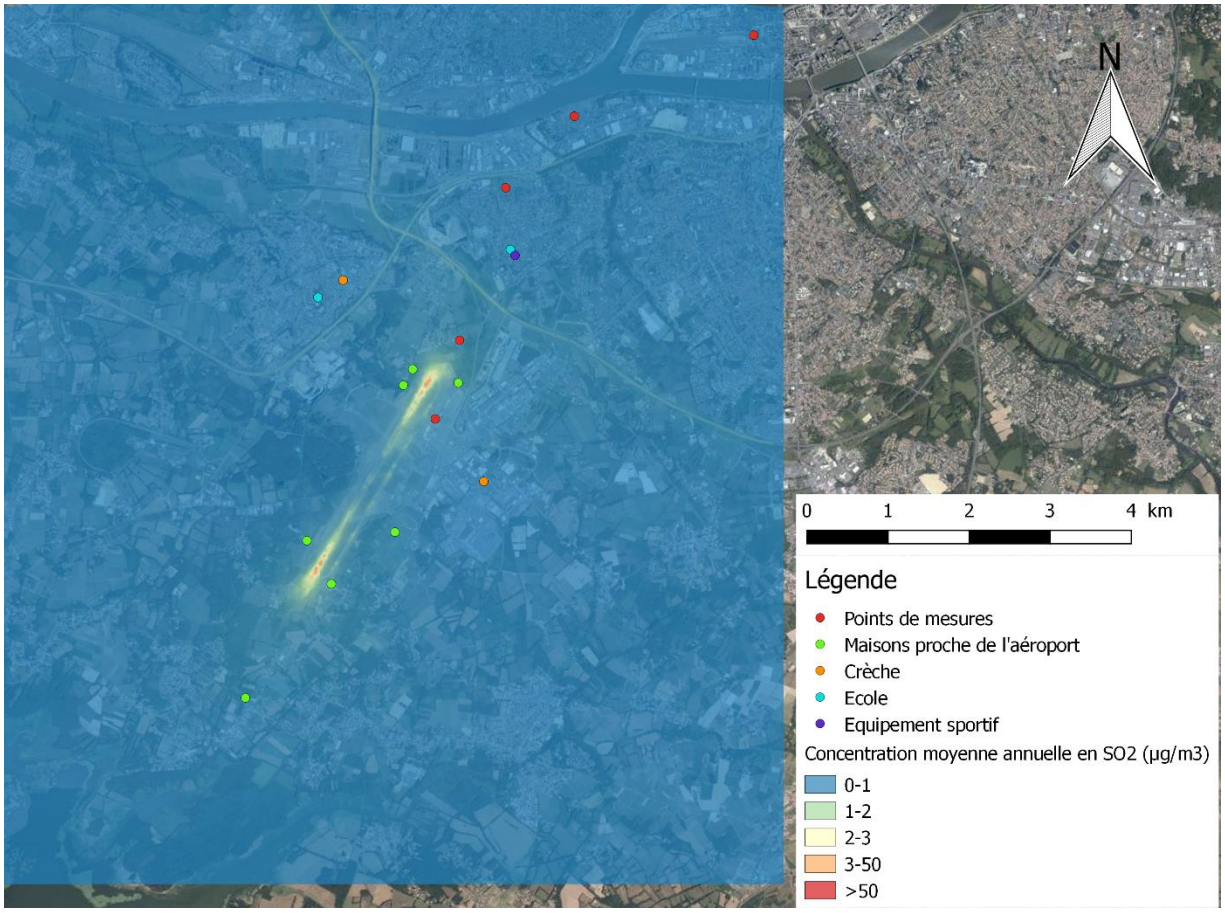


Fig. 23. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en SO_2 – Etat initial (2018)

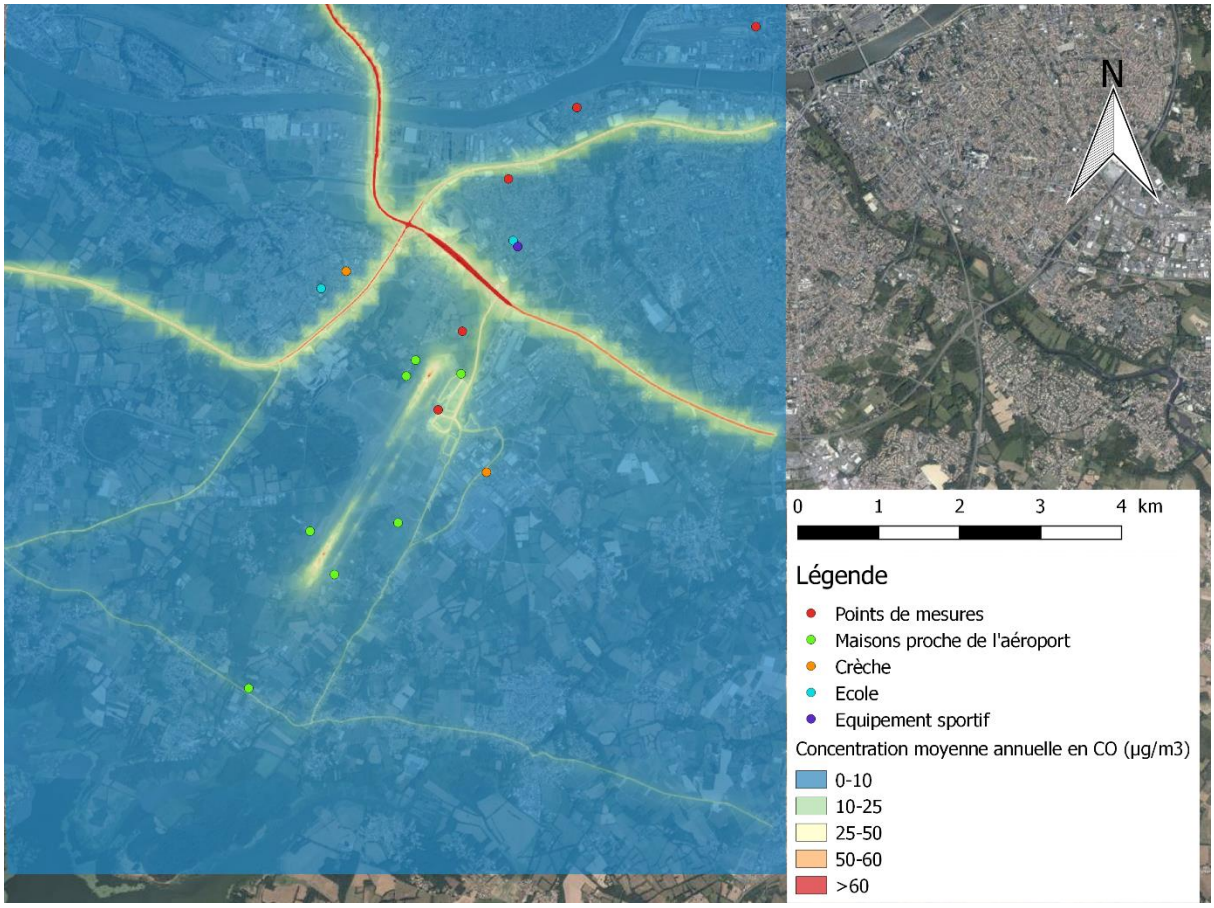


Fig. 24. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air CO – Etat initial (2018)

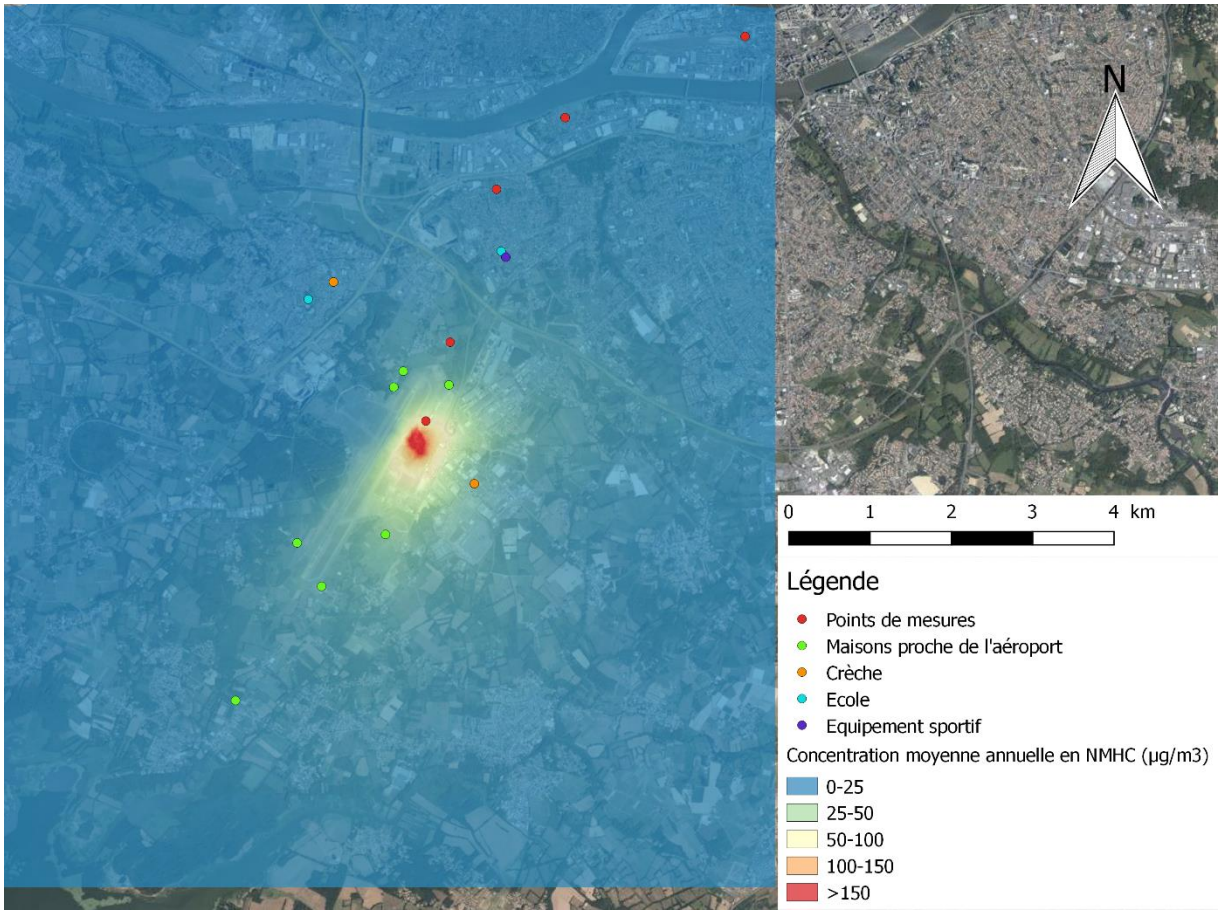


Fig. 25. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en HCNM – Etat initial (2018)

Les cartographies des NO_2, NOx, CO et PM montrent que les concentrations en polluants sont maximales le long des axes routiers les plus chargés et au niveau de l'aéroport, puis diminuent ensuite avec la distance à la source. Cependant, les niveaux observés aux abords de l'aéroport restent faibles et bien inférieurs aux objectifs de qualité fixés, et notamment pour les PM. En effet, l'implication seule de l'aéroport sur les concentrations moyennes annuelles des PM est négligeable comparé au émission résidentiel qui représente 64% des émission de PM en France. Ce phénomène peut s'expliquer par la forte dispersion des particules, notamment dès la montée de l'aéronef, rendant la concentration moyenne faible.

Concernant les cartographies des concentrations en SO_2 et HCNM, c'est l'aéroport qui est la principale source d'émission. Les valeurs des concentrations pour le SO_2 sont toutefois négligeables (avec un maximum de 5µg/m^3) en comparaison à l'objectif de qualité fixé à 50 µg/m^3.

Concernant les hydrocarbures totaux, il n'existe pas de référence ou d'objectif de qualité. L'avitaillement en hydrocarbure des aéronefs est responsable en grande partie de cette pollution. Cette dernière reste donc très concentrée sur la zone de stationnement des aéronefs (cf *Fig. 17 Sources fixes au niveau de l'aéroport*) pouvant atteindre 196 µg/m^3 puis diminue très rapidement en s'éloignant de cette zone. Par exemple, les concentrations moyennes annuelles calculées au niveau des résidences les plus proche de l'aéroport varient entre 5 µg/m^3 et 18 µg/m^3 :

Point	Concentrations en µg/m³
	HCNM
R1	9,01
R2	9,30
R3	16,20
R4	7,83
R5	9,00
R6	18,29
R7	4,64

En terme de comparaison, Air Pays de la Loire mesure depuis 2016 les hydrocarbures non méthaniques à proximité de la raffinerie Total de Donges (au droit de la rue Pasteur à Donges, à environ 250m de la raffinerie). En moyenne, les concentrations observées en hydrocarbures totaux sont de 144 µg/m³ sur la campagne 2017-2018 et 163 µg/m³ sur la campagne 2016-2017 (voir l'*évaluation des niveaux de COV dans l'air dans l'environnement de la raffinerie Total à Donges de décembre 2018*). On peut donc considérer que les concentrations aux abords de l'aéroport sont acceptables.

Le tableau ci-dessous présente les concentrations moyennes annuelles pour les trois polluants réglementés NO_2, PM_{10} et SO_2 sur chaque récepteur, avec prise en compte de la pollution de fond. Les concentrations prises en compte sont de 16,5 µg/m³ pour le NO_2, de 1 µg/m³ de pour le SO_2 et 18 µg/m³ pour les particules.

Tabl. 29 - Concentrations en NO_2, PM_{10} et SO_2 des sources modélisées aux récepteurs pour l'état initial (2018)

Point	Concentrations en µg/m³					
	NO_2		PM_{10}		SO_2	
Rappel réglementation[4]	*40 µg/m³*		*30 µg/m³*		*50 µg/m³*	
Avec ou sans pollution de fond	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec
P1	1,07	17,57	0,006	18,01	0,01	1,01
P2	8,43	24,93	0,156	18,16	0,17	1,17
P3	5,81	22,31	0,042	18,04	0,04	1,04
P4	2,23	18,73	0,015	18,02	0,02	1,02
P5	5,95	22,45	0,091	18,09	0,15	1,15
R1	4,34	20,84	0,094	18,09	0,17	1,17
R2	3,79	20,29	0,079	18,08	0,14	1,14
R3	7,31	23,81	0,166	18,17	0,23	1,23
R4	2,35	18,85	0,053	18,05	0,10	1,10
R5	3,29	19,79	0,111	18,11	0,21	1,21
R6	2,41	18,91	0,029	18,03	0,05	1,05
R7	2,79	19,29	0,032	18,03	0,06	1,06

[4] Sont rappelés ici les objectifs de qualité pour les polluants principaux modélisés (NO_2, SO_2 et particules PM_{10}).

Point	Concentrations en µg/m^3					
	NO_2		PM_{10}		SO_2	
C1	4,04	20,54	0,030	18,03	0,03	1,03
C2	3,78	20,28	0,034	18,03	0,03	1,03
E1	3,19	19,69	0,022	18,02	0,03	1,03
E2	4,51	21,01	0,036	18,04	0,04	1,04
S	4,51	21,01	0,036	18,04	0,04	1,04

Les concentrations moyennes annuelles observées, avec prise en compte de la pollution de fond, sont toutes largement en dessous des objectifs de qualité réglementaires.

Une comparaison entre la modélisation et les mesures réalisées par Air Pays de la Loire en 2018 et 2019 est présentée dans le tableau ci-dessous. Seuls les points proches de l'aéroport, considérés comme les plus pertinents, ont été pris en compte. Les points utilisés sont ceux référencés par Air Pays de la Loire (voir cartographie des points sur *la Fig. 9 : Sites de mesure (sources : Airpl)*).

Tabl. 30 - Comparaison des ordres de grandeurs des concentrations entre les valeurs modélisées et les valeurs mesurées par Air Pays de la Loire en 2018 et 2019 pour le NO_2, SO_2 et PM10.

Points référencés par Airpl	Concentration modélisée			Concentration mesurée par Airpl		
	NO_2	SO_2	PM10	NO_2	SO_2	PM10
10	22	1	18	11	1	15
11	30	3	20	10	-	-
12	19	1	18	13	-	-
13	31	1	18	32	-	-
14	26	1	18	32	-	-
15	26	2	19	13	-	-
16	27	1	18	21	-	-
2019	25	1	18	15	1	18

- : aucune valeur n'est précisée par Airpl pour ces points de mesures spécifiques

On constate que l'ordre de grandeur des valeurs modélisées est cohérent voire majorant en comparaison aux valeurs mesurées par Air Pays de la Loire lors des campagnes de mesure de 2018 et 2019. Seul le point 10 et 2019 – correspondant au laboratoire mobile, aux abords de la ferme Ranjonnière et de l'aéroport respectivement – spécifie les valeurs des concentrations en SO_2 et PM10. Ces valeurs sont également concordantes avec celles modélisées.

6. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE

6.1. RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE

De fortes concentrations de polluant dans l'air ambiant sont susceptibles d'engendrer des répercussions sensibles sur la santé humaine, même à des concentrations relativement faibles. Les différentes études épidémiologiques ont ainsi montré, d'abord aux Etats Unis puis dans de nombreux autres pays, notamment en Europe, que les variations journalières des indicateurs communément mesurés par les réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique sont associées à une vaste gamme d'effets néfastes allant d'une altération de la fonction respiratoire à la précipitation des décès chez les personnes déjà fragilisées.

Ce chapitre présente les effets sur la santé des principaux polluants indicateurs majeurs.

6.1.1. LES OXYDES D'AZOTE

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2) sont principalement émis par les véhicules (60%) ou proviennent d'origine naturelle (volcans, océans, décomposition biologique, éclairs…).

En général, les oxydes d'azote sont émis par combustion à haute température favorisant la combinaison entre l'azote de l'air et l'oxygène. La vitesse tend donc à accroître les émissions d'oxydes d'azote, à l'inverse du monoxyde de carbone et du benzène. Ils sont rejetés dans l'air principalement sous forme de NO. Ce dernier réagit quantitativement sur l'ozone pour donner du NO_2.

Les risques pour la santé proviennent surtout du dioxyde d'azote. Il s'agit d'un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité aux infections des bronches chez l'enfant. On estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

6.1.2. LE DIOXYDE DE SOUFRE

Le dioxyde de soufre (SO_2) est émis lors de la combustion des combustibles fossiles (charbon, fioul) au cours de laquelle le soufre présent dans ces combustibles est oxydé par l'oxygène de l'air. Les principales sources émettrices sont donc les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les installations de chauffage. Les transports, également responsables d'émissions de SO_2 (diesel), ont vu leur part diminuer avec la suppression progressive du soufre dans les carburants.

Le SO_2 est également émis par des sources naturelles telles que les dégagements des volcans, la décomposition biologique et les feux de forêt. L'ensemble des mesures techniques et réglementaires prises au cours des dernières années a permis d'observer une forte baisse des émissions de SO_2 depuis une vingtaine d'année. Cette baisse est également due à la diminution de la consommation des combustibles fossiles, et à l'utilisation croissante de combustibles à faible teneur en soufre et de l'énergie nucléaire.

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures. Il agit également en synergie avec la pollution particulaire mais les effets de cette synergie n'ont pas encore été quantifiés.

6.1.3. LES POUSSIERES

Les particules en suspension ont de nombreuses origines tant naturelles qu'anthropiques. Les particules d'origine naturelle proviennent des érosions éoliennes, des feux de forêts, des éruptions volcaniques… L'activité humaine génère quant à elle des particules en suspension par l'intermédiaire des combustions industrielles, de l'incinération, des installations de chauffage et du transport automobile. Ces particules ont une très grande variété de tailles, de formes et de compositions. Leur diamètre est généralement inférieur à 10 µm (PM10) ou 2,5 µm (PM2,5).

Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans le système pulmonaire : les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures alors que les plus petites pénètrent facilement jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent et peuvent, même à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.

Sur le long terme, le risque de bronchites chroniques et de décès par maladie cardiorespiratoire et par cancer pulmonaire augmente. Pour les particules les plus fines (provenant notamment des véhicules diesel) il existe des présomptions d'effets cancérigènes du fait de la particule en elle-même mais également des composés qui y sont adsorbés (HAP, métaux lourds).

6.1.4. LE MONOXYDE DE CARBONE

Le monoxyde de carbone est issu de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, carburants…). Sa principale source est le trafic automobile. Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine à la place de l'oxygène ce qui implique une mauvaise oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. À fortes concentrations, ce manque d'oxygène peut provoquer des céphalées, des troubles digestifs, des troubles de conscience. L'exposition à des teneurs très élevées pendant une durée prolongée peut entraîner la mort par asphyxie.

6.1.5. LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Les composés organiques volatils (vapeurs d'hydrocarbures et de solvants divers) proviennent des sources mobiles (véhicules de transport), des procédés industriels (raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockage et utilisation de solvants, application de peintures) et des activités domestiques. La nature participe également à leur émission. En effet des COV, notamment l'isoprène, sont naturellement produits par les plantes et les arbres.

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène).

6.1.6. LE BENZENE

Le benzène est un des composants des mélanges complexes issus du craquage ou du reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. Il entre dans la composition des carburants, des solvants ou des diluants. Dans l'atmosphère il provient donc essentiellement des gaz d'échappement (hors diesel) et de l'évaporation des carburants (pompes à essence).

Le benzène peut provoquer une gêne olfactive, des irritations et une diminution de la capacité respiratoire. Il est un cancérogène pour l'homme (groupe 1 du Centre International de Recherche contre le Cancer), entraînant l'apparition de leucémies.

6.2. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

La démarche d'évaluation des risques sanitaires est structurée autour de quatre étapes :

- L'identification du danger : elle est associée à la connaissance de la nature des agents chimiques, physiques, biologiques en présence et de leur potentiel de danger,
- La définition des relations dose-réponse pour les agents retenus,
- L'évaluation de l'exposition des populations concernées impliquant une définition précises des conditions d'exposition,
- La caractérisation du risque, c'est-à-dire le calcul au regard des informations disponibles, de la probabilité d'apparition d'effets sur la santé pour les personnes exposées.

Cette démarche s'accompagne d'une discussion de l'ensemble des hypothèses retenues permettant de préciser les incertitudes quant à l'ampleur des risques présentés.

6.2.1. SCHEMA CONCEPTUEL DE L'EXPOSITION

Un risque est défini par :

- Une source de contamination,
- Un vecteur de transfert de la contamination,
- Une cible.

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

Le schéma ci-après synthétise l'ensemble des voies d'exposition prises en compte dans la présente étude.

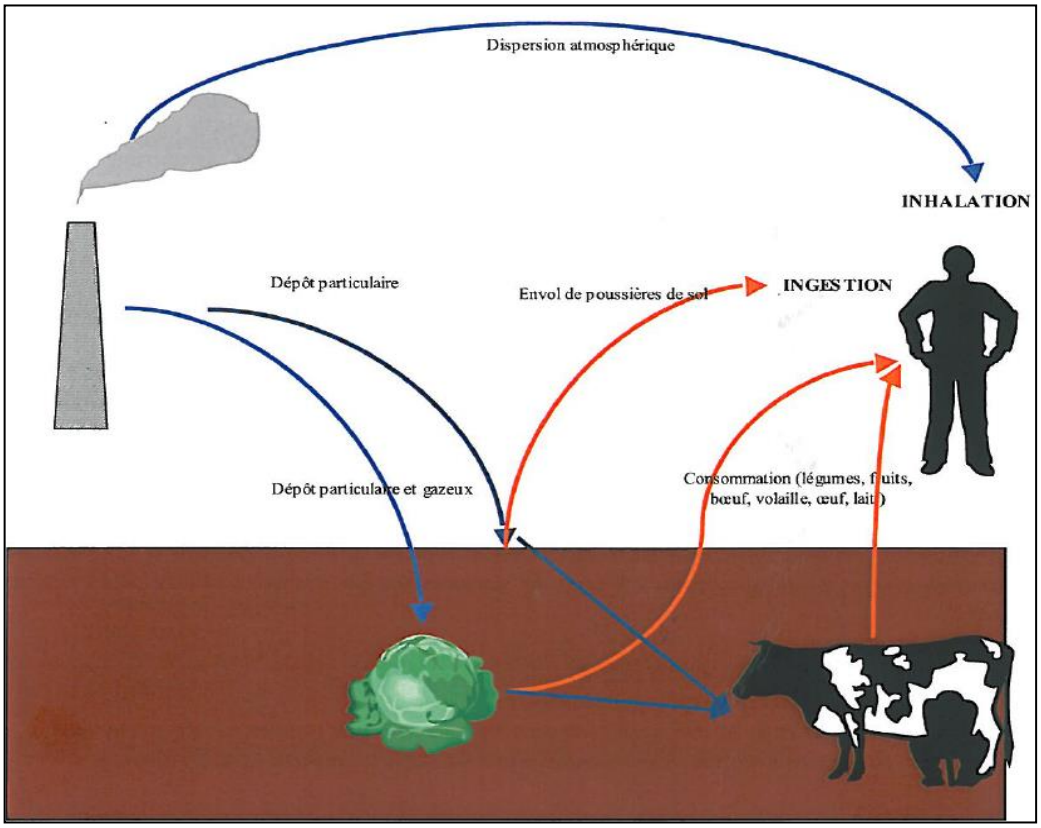


Fig. 26. Schéma conceptuel

Les émissions sont constituées d'éléments gazeux et particulaires qui se dispersent dans l'environnement du site. Les polluants gazeux peuvent être directement inhalés par l'homme. Les polluants particulaires se déposent au sol et sur les végétaux. Ces aliments contaminés peuvent être soit directement ingérés par l'homme (contamination directe), soit ingérés par des animaux alors eux-mêmes ingérés par l'homme (contamination indirecte). Les poussières contaminées peuvent également être remises en suspension et être ingérées ou inhalées directement par l'homme.

L'évaluation porte sur les risques pour les populations humaines, exposées de façon aigüe et chronique aux émissions atmosphériques gazeuses et particulaires de la centrale thermique.

Le transfert des polluants de la source vers la cible (l'homme) est direct et indirect. Le vecteur de propagation est l'air.

6.2.2. IDENTIFICATION DES DANGERS ET EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

6.2.2.1. IDENTIFICATION DES DANGERS

L'étude s'intéresse aux effets aigus et chroniques des polluants chimiques sur la santé humaine.

Les effets aigus correspondent à des troubles liés à une exposition courte mais à forte dose. Généralement, ils sont immédiats ou surviennent à court terme (quelques heures à quelques jours après l'exposition) et disparaissent spontanément quand cesse l'exposition (ou peu après), si celle-ci n'a pas occasionné des désordres irréversibles.

Pour les effets chroniques, selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués, les effets à seuil de dose et les effets sans seuil de dose, définis comme ci-après :

- Effets à seuil : indique un effet qui survient au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. L'intensité des effets croît alors avec l'augmentation de la dose administrée. Ces effets sont exprimés en µg/m^3 pour l'inhalation et en mg/kg/j pour l'ingestion.
- Effets sans seuil : indique un effet qui apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. Les effets sans seuil peuvent être considérés comme des effets cancérogènes génotoxiques. Ils sont exprimés en (µg/m^3)$^{-1}$ pour l'inhalation et en (mg/kg/j)$^{-1}$ pour l'ingestion.

6.2.2.2. VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCES

La valeur toxicologique de référence (VTR) est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont établies par des instances internationales comme l'OMS ou des structures nationales (US-EPA, ATSDR, RIVM, Santé Canada...). L'appellation de la VTR peut varier selon les organismes et la voie d'exposition.

Tabl. 31 - Les différentes appellations de VTR selon les organismes interrogés

ORGANISME	EFFETS A SEUIL		EFFETS SANS SEUIL	
	INHALATION	INGESTION	INHALATION	INGESTION
ANSES	VTR	VTR	ERU	ERU
US-EPA	RfC	RfD	Air unit risk	Oral slope factor
ATSDR	MRL inh.	MRL oral.	-	-
OMS	CCA	DJT, DHT, DHPT DJA	ERU	ERU
RIVM	TCA	TDI	CR inhal.	CR oral
Santé Canada	CA	DJA	CT0,05	DT0,05
OEHHA	CREL	Oral REL	Unit risk factor	Unit risk factor

Dans cette étude, seuls les polluants (NOx, NO_2, SO_2, PM10, CO et HC), pour lesquel les informations d'émissions pour les aéronefs sont disponibles, sont étudiés. Hors il n'existe pas de VTR pour ces polluants. Il existe néanmoins des valeurs guides de l'OMS pour PM_{10} et du dioxyde d'azote. Pour ces polluants, en l'attente de la publication de VTR, les concentrations sont à comparer à ces valeurs guides.

Tabl. 32 - Valeurs guides retenues pour le dioxyde d'azote et les poussières

SUBSTANCE	VALEURS GUIDE (µG/M^3)	COMMENTAIRE
Dioxyde d'azote	40 µg/m^3 en moyenne annuelle	Effets respiratoires
	200 µg/m^3 en moyenne horaire	Valeurs limites et seuil de recommandation et d'information
Poussières PM_{10}	20 µg/m^3 en moyenne annuelle	Diminution des fonctions pulmonaires, réduction de l'espérance de vie
	50 µg/m^3 en moyenne journalière	Seuil de recommandation et d'information
Dioxyde de soufre	20 µg/m^3 en moyenne journalière	Seuil de recommandation et d'information

6.2.3. RESULTAT

L'étude propose la quantification et la qualification des polluants principaux avec un risque sanitaire (NO_2, PM_{10} et SO_2). Pour cela, plusieurs simulations ont été réalisées :

- Surconcentration moyenne annuelle (NO_2 et PM_{10}) ;
- Surconcentration maximale horaire (NO_2) et surconcentration maximale sur 24h (PM_{10} et SO_2).

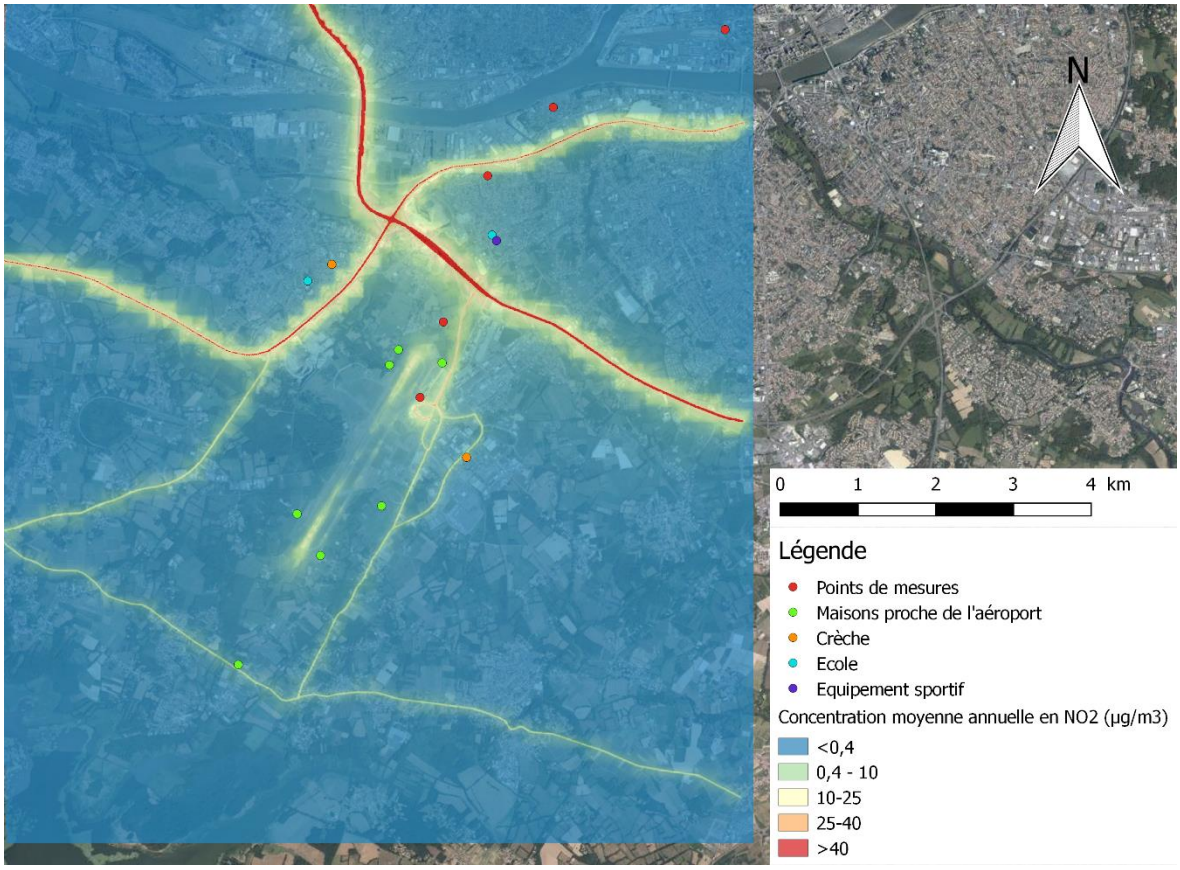


Fig. 27. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018)

Sans prise en compte de la pollution de fond, les concentrations moyenne annuelle pour le NO2 dépassent la valeur guide de l'OMS de 40 µg/m^3 uniquement sur les axes routiers principaux (notamment le périphérique de Nantes). Dès qu'on s'éloigne un peu des axes routiers les concentrations moyenne annuelle chute rapidement et sont en dessous de 40 µg/m^3.

La pollution de fond en dioxyde d'azote considéré est de 16,5 µg/m^3. En ajoutant cette pollution de fond, on reste en dessous de la valeur guide de l'OMS de 40 µg/m^3 dès que l'on s'éloigne de quelques mètres des axes routiers principaux pour arriver à 26,5 µg/m^3.

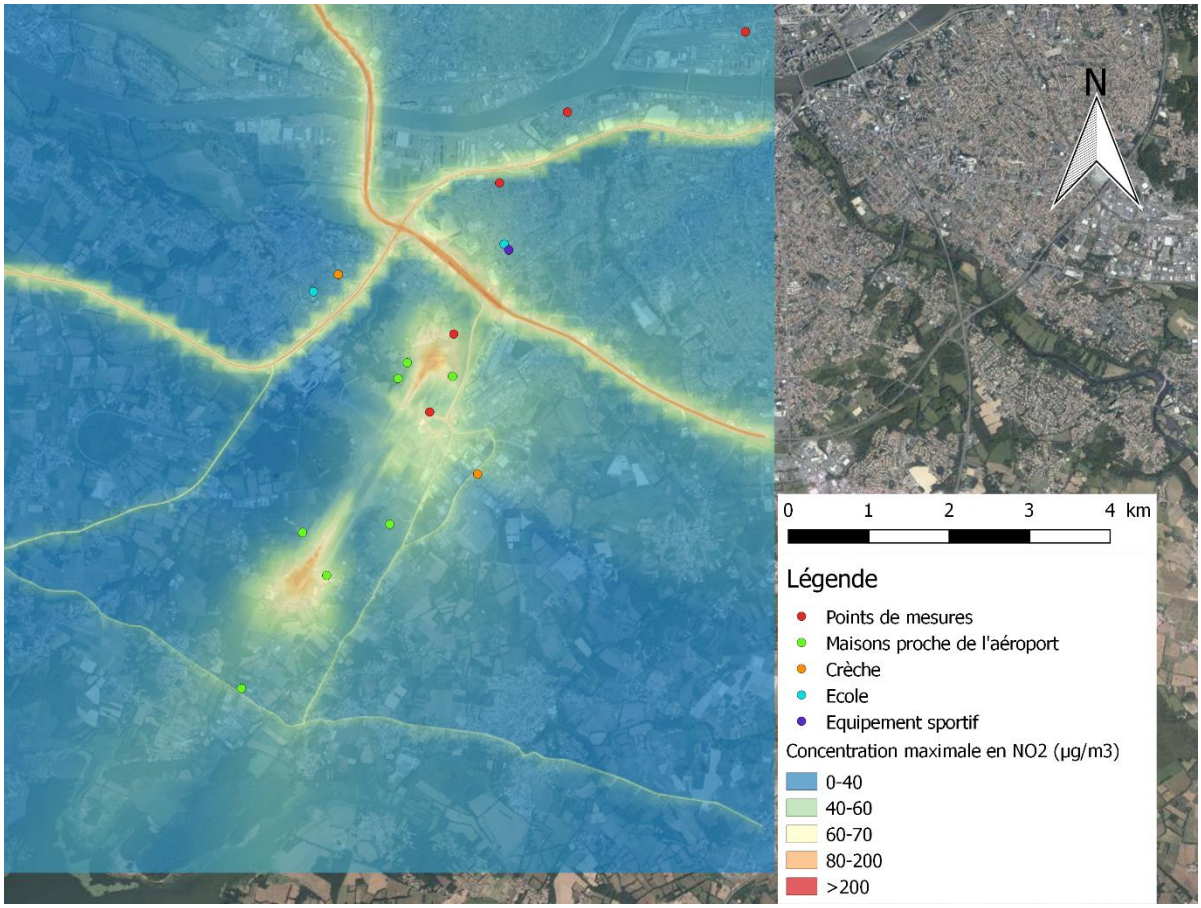


Fig. 28. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations maximales horaires dans l'air en NO_2 – Etat initial (2018)

Sans prise en compte de la pollution de fond, les concentrations maximales horaires pour le NO_2, du fait de la contribution des sources modélisés dans l'aire d'étude sont largement en dessous de la valeur guide de l'OMS de 200 µg/m^3 en moyenne horaire.

La pollution de fond en dioxyde d'azote considéré est de 16,5 µg/m^3 qui représente une concentration de fond moyenne annuelle. En ajoutant cette pollution de fond, on reste en dessous la valeur guide de l'OMS de 200 µg/m^3, en effet la valeur maximale dans la zone d'étude étant de 104 µg/m^3 sans pollution de fond, on atteint une valeur maximale de 121 µg/m^3 avec la pollution de fond.

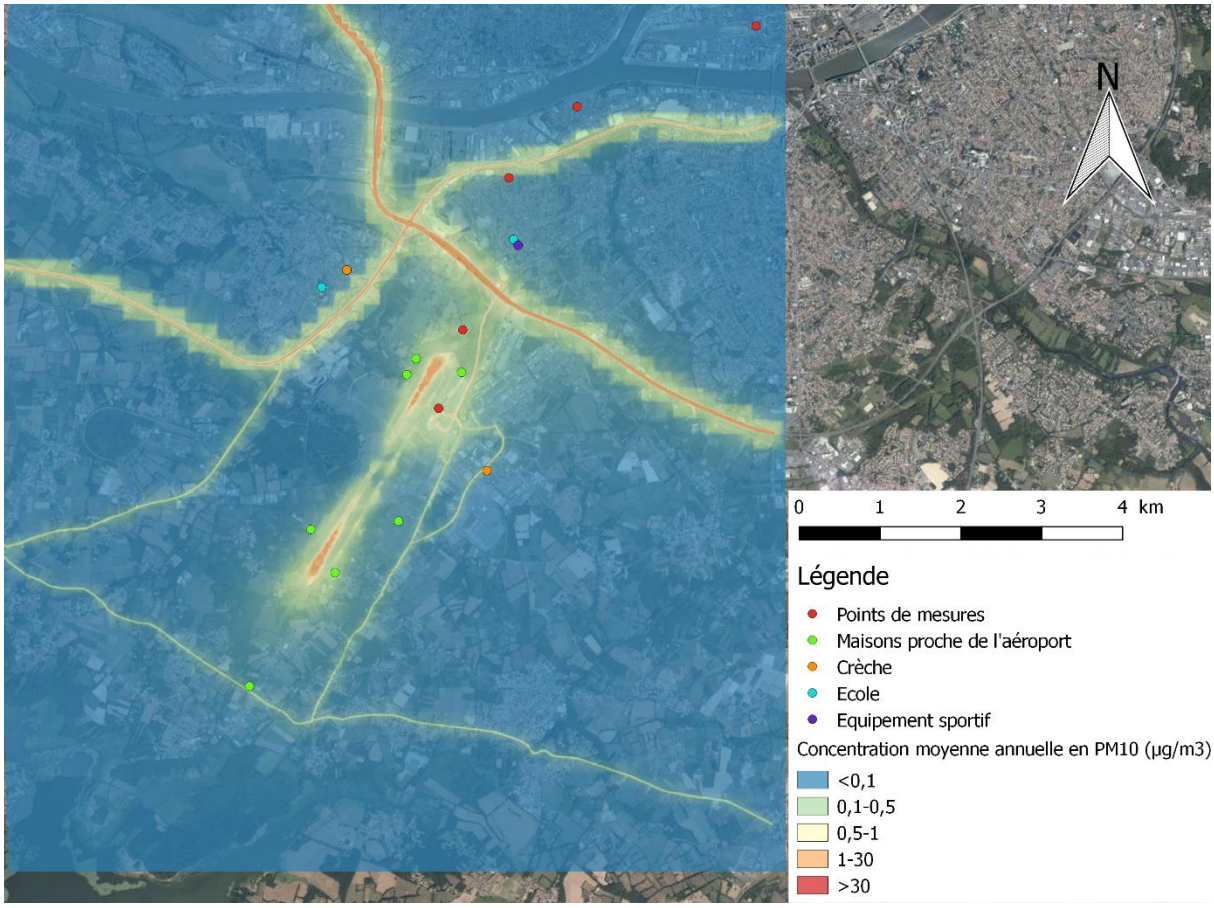


Fig. 29. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyennes dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018)

Sans prise en compte de la pollution de fond, les concentrations moyenne annuelle pour les PM10, sont largement en dessous de la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m^3.

La pollution de fond en PM10 considéré est de 18 µg/m^3. La valeur maximale sur la zone d'étude étant de 4,1 µg/m^3, la valeur guide de l'OMS est légèrement dépassé au niveau de l'aéroport sur les piste de décollage (22,1 µg/m3). Mais reste inférieur sur l'ensemble de la zone d'étude.

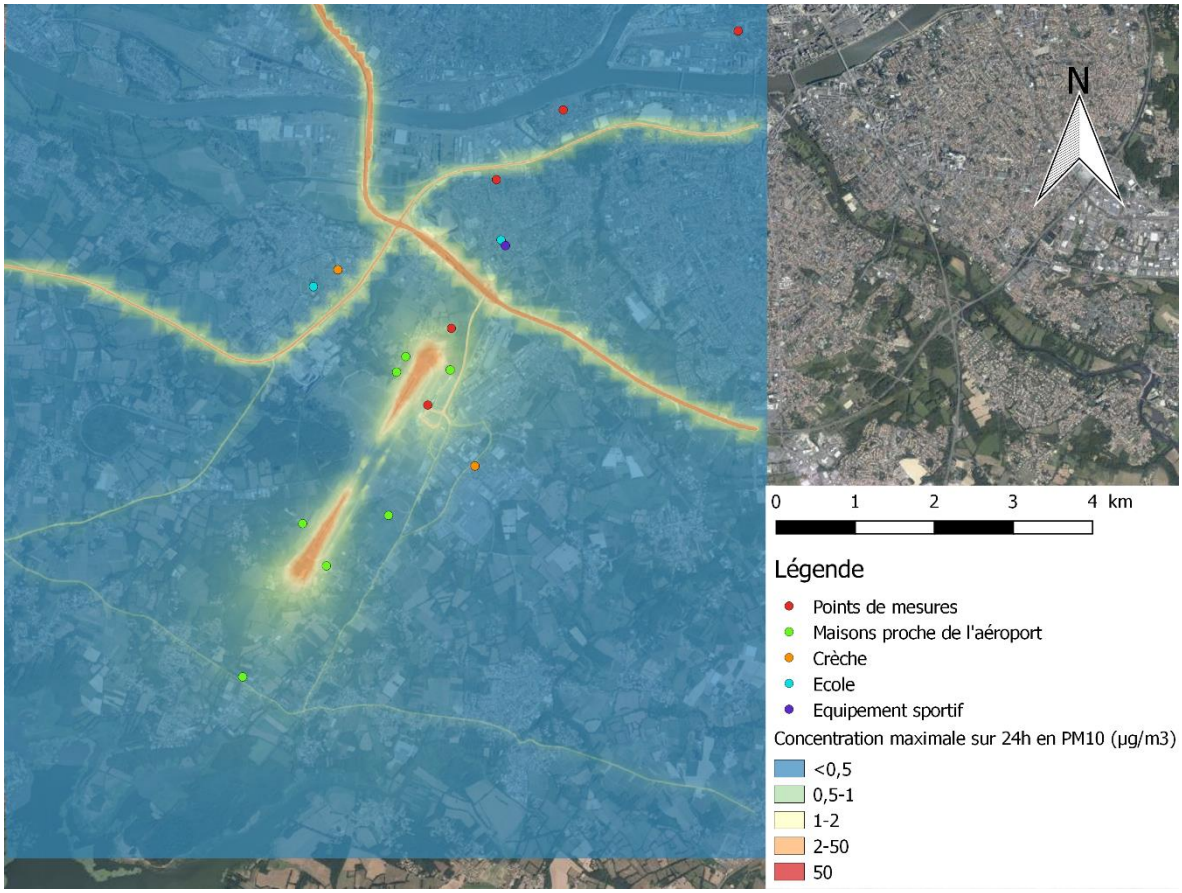


Fig. 30. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations maximales sur 24 heures dans l'air en PM_{10} – Etat initial (2018)

Sans prise en compte de la pollution de fond, les concentrations maximales journalières pour les PM10, du fait de la contribution des sources modélisées dans l'aire d'étude sont largement en dessous des valeurs guide de l'OMS de 50 µg/m^3.

La pollution de fond en PM10 considéré est de 18 µg/m^3. En ajoutant cette pollution de fond, on reste en dessous la valeur guide de l'OMS de 50 µg/m^3, en effet la valeur maximale dans la zone d'étude étant de 13,5 µg/m^3 sans pollution de fond, on atteint une valeur maximale de 31,5 µg/m^3 avec la pollution de fond.

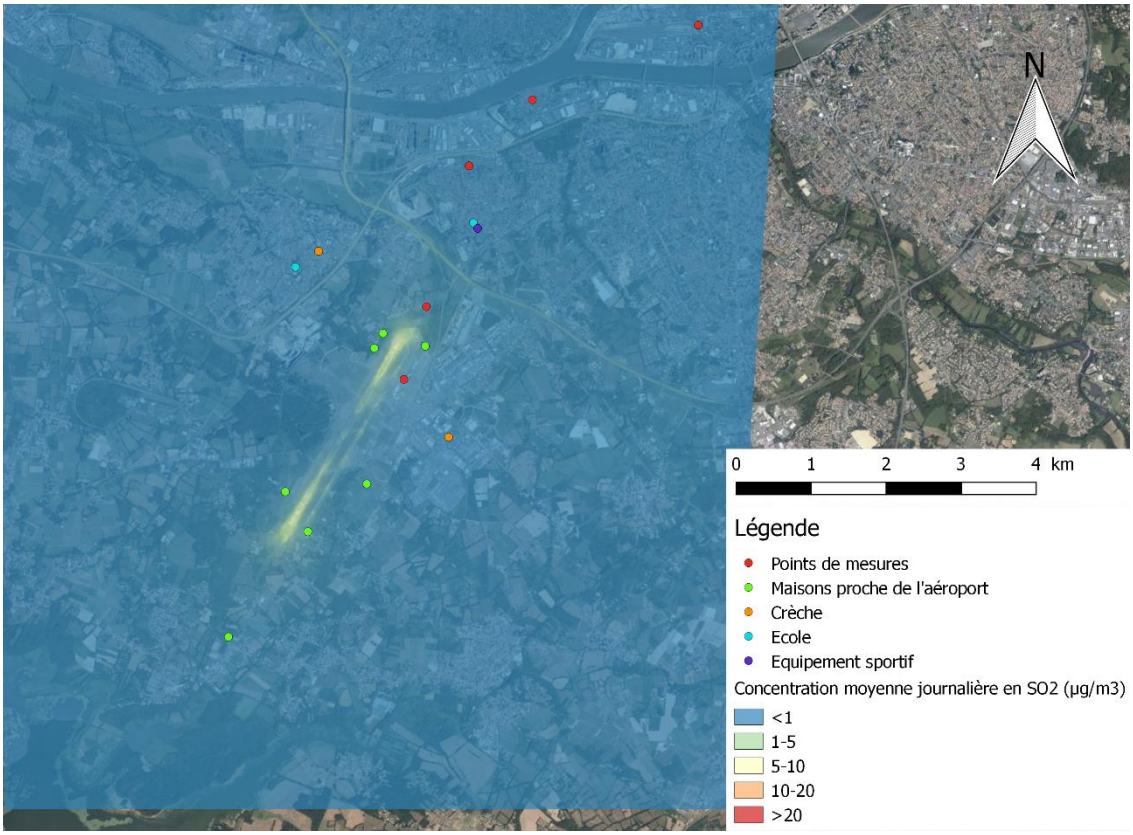


Fig. 31. Contribution des sources modélisées aux surconcentrations moyenne sur 24 heures dans l'air en SO_2 – Etat initial (2018)

Sans prise en compte de la pollution de fond, les concentrations moyenne journalières pour le SO_2, du fait de la contribution des sources modélisées dans l'aire d'étude sont largement en dessous des valeurs guide de l'OMS de 20 µg/m^3.

La pollution de fond en SO_2 considéré est de 1 µg/m^3. En ajoutant cette pollution de fond, on reste en dessous la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m^3, en effet la valeur maximale dans la zone d'étude étant de 5,3 µg/m^3 sans pollution de fond, on atteint une valeur maximale de 6,3 µg/m^3 avec la pollution de fond.

6.2.4. EVALUATION DES INCERTITUDES

L'incertitude entourant les résultats de la modélisation provient de différentes hypothèses, de défaut d'information ou d'approximations.

L'analyse des hypothèses et données de base prise en compte a pour objectif d'évaluer l'influence des divers facteurs sur cette étude et d'apprécier la confiance qui peut être accordée aux résultats.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables (conditions météorologiques réelles, validité du modèle de dispersion, etc.), cette analyse se basera sur une approche principalement qualitative.

Les paragraphes suivants discutent des incertitudes concernant :

- L'évaluation du terme source,
- La modélisation,
- Le choix des valeurs toxicologiques de référence,
- Les paramètres d'exposition pris en compte pour le calcul des risques.

6.2.4.1. EVALUATION DU TERME SOURCE (QUANTIFICATION DES EMISSIONS POLLUANTES)

6.2.4.1.1. LES AERONEFS

Les données trafics utilisées dans le calcul des émissions sont issues des données transmises par l'aéroport de Nantes. Des incertitudes sont inhérentes à la construction de ces données trafics qu'il est difficile de quantifier.

Les émissions polluantes des aéronefs ont été quantifiées à l'aide du document 9889 de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). L'OACI ne possède pas actuellement de standard de certification des émissions des PM10 et PM2,5. Cependant, le CAEP a développé et approuvé une méthode qui permet d'approximer les émissions des PM10 à partir des moteurs d'avion certifiés : c'est la First Order Approximation (ou FOA). Les incertitudes sont donc réduites pour les facteur d'émissions choisit.

6.2.4.1.2. LES PRINCIPAUX AXES DE COMMUNICATION ROUTIERS

Les émissions polluantes des axes routier ont été quantifiées à l'aide de la méthodologie HBEFA qui est actuellement, avec la méthodologie COPERT V, la plus récente, ce qui réduit les incertitudes.

Le parc automobile pris en compte est le parc français mis à jour par l'IFFSTAR en 2014. Le parc est alors estimé jusqu'à l'horizon 2030.

Quelques données de base sont nécessaires au calcul des émissions polluantes du tronçon routier considéré : le flux de véhicules pour chaque catégorie et la vitesse moyenne de circulation. La méthodologie HBEFA prend en compte également d'autres paramètres comme les surémissions liées au démarrage à froid des véhicules. Les données trafics utilisées dans le calcul des émissions sont issues de l'étude trafic réalisée par la DREAL Pays de la Loire en 2016. Des incertitudes sont inhérentes à la construction de ces données trafics qu'il est difficile de quantifier.

6.2.4.2. MODELISATION

La modélisation est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme ils peuvent être observés dans la réalité. Il y a donc une incertitude entourant les résultats de la modélisation.

6.2.4.2.1. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

Le modèle utilisé ADMS-Airport a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux Conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit », … À ce titre, ADMS est considéré par l'InVS (rapport Incinérateur et santé, 2003) comme étant « à la pointe des dernières mises à jour scientifiques en matière de modèle gaussien ». Ainsi, dans l'état actuel des connaissances scientifiques, la modélisation peut être considérée comme satisfaisante.

6.2.4.2.2. CHOIX DES DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données météorologiques utilisées proviennent de la station de l'aéroport de Nantes. Du fait de la proximité de la station météo avec le site, les incertitudes sur la représentativité des données restent faibles.

6.2.4.3. SYNTHESE DES INCERTITUDES DE L'ETUDE

Le tableau suivant synthétise les principales incertitudes de l'étude et leur influence sur les résultats.

Tabl. 33 - Synthèse des incertitudes de l'étude

INCERTITUDES		*INFLUENCE SUR LES RESULTATS*	*REMARQUES*
Terme source	Utilisation de la méthodologie HBEFA Données trafics routiers Données trafic des aéronefs	Non évaluable	Difficile d'évaluer son caractère majorant ou minorant. Les incertitudes sont inhérentes à la construction des données d'entrée.
Modélisation	Utilisation d'un modèle numérique Données météorologiques	Non évaluable Non évaluable	Difficile d'évaluer son caractère majorant ou minorant mais l'incertitude a été limitée autant que possible au vu des possibilités techniques du logiciel.

7. CONCLUSION

La présente étude a été réalisée dans la cadre de la réalisation d'un état des lieux initial de la qualité de l'air au sein et à proximité de l'aéroport de Nantes-Atlantique. L'objectif de cette étude est d'analyser la contribution de l'aéroport à la pollution atmosphérique locale sur l'année 2018. L'analyse a été réalisée sur les données transmises par la DGAC pour les sources aéroportuaires et le CEREMA pour les sources routières (étude de trafic réalisée par la DREAL Pays de la Loire en 2016).

Les résultats de la modélisation atmosphérique ont montré des concentrations maximales en NO_2, NOx, CO et les PM principalement le long des axes routiers de l'étude ainsi qu'au niveau de l'aéroport. Concernant les concentrations en SO2 et HCNM, c'est l'aéroport qui est la principale source d'émission. Après prise en compte de la pollution de fond, définie à partir des concentrations moyennes annuelles des stations éloignées de l'aéroport et du trafic urbain, les niveaux observés sont inférieurs aux objectifs de qualité imposés par l'article R.221-1 du Code de l'Environnement. Ceci peut s'expliquer par le fait d'une forte dispersion atmosphérique de ses polluants au niveau de l'aéroport.

Les valeurs des concentrations modélisées sont cohérentes avec les valeurs mesurées par Air Pays de la Loire, ce qui permet de valider le modèle.

Une évaluation quantitative des risques sanitaires a été menée. Les populations du secteur sont exposées aux rejets atmosphériques liés à l'aéroport et à la circulation routière. La mise en relation des concentrations d'exposition calculées et les valeurs guides amène aux conclusions suivantes :

- La survenue d'un effet aigu apparaît peu probable, les concentrations calculées maximales horaires en NO_2 et journalières en PM_{10} du fait de la contribution des axes modélisés dans l'aire d'étude étant nettement inférieures à la valeur guide de l'OMS.
- La survenue d'un effet chronique apparaît peu probable, les concentrations calculées moyenne annuelle en NO_2 et PM10 étant nettement inférieures à la valeur guide de l'OMS.

Aussi, l'étude montre que les populations sont exposées à des niveaux de pollution acceptables.