L'air est essentiel à chacun et mérite l'attention de tous.



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SU
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE

# **ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR**

# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Période étudiée :

1 janvier 2016 – 31 décembre 2018

Polluants étudiés : NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5

Version finale, novembre 2020







ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Étude réalisée par Air Breizh

#### Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 17 juillet 2019 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Breizh est garant de la transparence de l'information sur les résultats et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publications/">www.airbreizh.asso.fr/publications/</a>, résumé dans ses publications, ...

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Breizh. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh dans les termes suivants : © Air Breizh (2019) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole, Modélisation urbaine.

Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses données et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

# Organisation interne - contrôle qualité

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date
Simon Leray (Chef de projet Modélisation/SIG)	David Lavoué (Responsable service étude)	Gaël Lefeuvre (Directeur)	Version finale novembre 2020

# Relecture externe

Relecture	
DREAL Bretagne Rennes Métropole Ville de Rennes	



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Glossaire

#### Unités de mesure

μg/m<sup>3</sup> Microgramme (10<sup>-6</sup> g) par mètre cube (d'air)

kg/km Kilogramme (10<sup>3</sup> g) par kilomètre

**Polluants** 

 $\begin{array}{ll} \text{NO} & \text{Monoxyde d'azote} \\ \text{NO}_2 & \text{Dioxyde d'azote} \\ \text{NO}_x \left( \text{NO} + \text{NO}_2 \right) & \text{Oxydes d'azote} \end{array}$ 

O<sub>3</sub> Ozone

PM10 Particules fines de diamètre inférieur à 10 microns (µm) PM2.5 Particules fines de diamètre inférieur à 2.5 microns (µm)

#### **Abréviations**

AASQA Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

CA Communauté d'Agglomération

CITEPA Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

CJUE Cour de Justice de l'Union Européenne

CLC Corine Land Cover CSA Carte Stratégique Air

DDTM Direction Départementales des Territoires et de la Mer

DGEC Direction Générale de l'Energie et du Climat du Ministère de la Transition Ecologique

et Solidaire

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

ECL Ecole Centrale de Lyon GSP Grande Source Ponctuelle

ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement IGN Institut National de l'information Géographique et forestière

IEM Indicateur d'Exposition Moyenne

LCSQA Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air LMFA Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique MTES Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

OMS Organisation Mondiale pour la Santé
OQ / OLT Objectif de Qualité / Objectif à Long Terme
ORSB Observatoire Régional de Santé Bretagne

PAI Points d'Activités et d'Intérêts PDU Plan de Déplacement Urbain

PLUi Plan Local d'Urbanisme intercommunal PPA Plan de Protection de l'Atmosphère SIG Système d'Information Géographique TMJA Trafic Moyen Journalier Annuel UVE Unité de Valorisation Énergétique

VC Valeur Cible
VG Valeur Guide
VL Valeur Limite

ZAG Zone à risques – Agglomération ZAR Zones À Risques – hors agglomération

ZR Zone Régionale



# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# **Sommaire**

GLO:	SSAIRE	4
	BJET DE L'ETUDE : EVALUER L'EXPOSITION DES HABITANTS DE RENNES ROPOLE A LA POLLUTION DE L'AIR	7
	_A ZONE D'ETUDE : RENNES METROPOLE	
II. 1. II. 2.	LA NOTION DE ZONAGE REGLEMENTAIRE	_
III.	REPERES REGLEMENTAIRES	14
	LE MODELE SIRANE	
IV. 1.	Presentation generale de SIRANE	
IV. 2.	LAS APPLICATIONS DE SIRANE	
IV. 3.	LES SPECIFICITES DE SIRANE	17
IV. 4.	LES LIMITES DE SIRANE	19
V. <u>I</u>	METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION D'UN MODELE URBAIN	20
V. 1.	CONTRAINTES LIEES A LA MODELISATION « HAUTE RESOLUTION »	21
V. 2.	CONSTITUTION D'UN RESEAU DE RUES INTERCONNECTEES	
V. 3.	CARACTERISATION DES RUES AVEC L'OUTIL URBAN TRAFFIC	_
V. 4.	CALCUL DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC AUTOMOBILE.	
V. 5. V. 6.	MODULATION DU TRAFIC ROUTIER	
v. o. V. 7.	DETERMINATION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES	
v. 7. V. 8.	DETERMINATION DES CONDITIONS METEOROEOGIQUES  DETERMINATION DE LA POLLUTION DE FOND	
V. 9.	GRILLE ET POINTS RECEPTEURS DE CALCUL	
	VALIDATION DU MODELE : COMPARAISON DU MODELE AVEC LES MESURES DE	
	RAINRAIN	
VI. 1.	VALIDATION A PARTIR DU RESEAU DE STATIONS DE MESURES PERMANENTES DE RENNES METROPOLE	34
VI. 2.	VALIDATION A PARTIR DE LA CAMPAGNE DE MESURE 2018 A PROXIMITE DE LA ROCADE	
VI. 3.	VALIDATION A PARTIR DE LA CAMPAGNE DE MESURE 2018 A PROXIMITE D'AXES A FORT TRAFIC	
VI. 4.	VALIDATION A PARTIR DE LA CAMPAGNE DE MESURE 2018 A PROXIMITE D'AXES A FORT TRAFIC EXTRA-ROCADE	
VI. 5.	VALIDATION A PARTIR DE LA CAMPAGNE DE MESURE 2017 - QUARTIER BEAUREGARD	58
VI. 6.	VALIDATION A PARTIR DE LA CAMPAGNE DE MESURE 2016 A PROXIMITE DE LA ROCADE DE RENNES METROPOLE	64
VII.	EXPOSITION DES HABITANTS DE LA METROPOLE A LA POLLUTION DE L'AIR	67
VII. 1.	METHODOLOGIE D'ELABORATION DES SYNTHESES PLURIANNUELLES	_
VII. 2.	<u>-</u>	
VII. 3.		
VII. 4.	LES PARTICULES TRES FINES PM2.5 : SYNTHESE 2016 – 2018	88
VIII.	« CARTE STRATEGIQUE AIR » : APPLICATION SUR RENNES METROPOLE	97
VIII. 1		
VIII. 2		
VIII. 3		
VIII. 4	. LA CARTE STRATEGIQUE AIR DE RENNES METROPOLE SUR LA BASE DES VALEURS GUIDES ETABLIES PAR L'OMS	103
CON	CLUSIONS	107
LIST	E DES FIGURES	111
LIST	E DES TABLEAUX	113
LIST	E DES SOURCES DE DONNEES	114



# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

LISTE DES REFERENCES	115
ANNEXE 1 : COURRIER OFFICIEL DE LA DGEC CONCERNANT L'EVALUATION DE LA	
QUALITE DE L'AIR (OCTOBRE 2018)	118
ANNEXE 2 : ARRETE DU 7 DECEMBRE 2016 FIXANT UN OBJECTIF PLURIANNUEL DE	
DIMINUTION DE LA MOYENNE ANNUELLE DES CONCENTRATIONS JOURNALIERES DE	
PARTICULES ATMOSPHERIQUES	121
ANNEXE 3 : PRINCIPE DE CALCUL DES EMISSIONS ROUTIERES	124
ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIES DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE 2018	. 126



Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

I. <u>Objet de l'étude : Evaluer l'exposition des habitants de</u> Rennes Métropole à la pollution de l'air

# Les enjeux de la pollution atmosphérique

La pollution de l'air est un facteur de risque environnemental et un enjeu important en matière de santé publique : 1 breton sur 5 déclare avoir déjà ressenti les effets de la pollution de l'air extérieur sur sa santé ou celle de ses proches, quel que soit son lieu d'habitation<sup>1</sup>.

Les effets néfastes de la pollution de l'air sur la santé et l'environnement dans les différentes régions de la France sont aujourd'hui avérés : 48 000 décès prématurés en France sont dus à la pollution de l'air, dont 2 000 en Bretagne<sup>2</sup>.

Les effets sanitaires ne surviennent pas uniquement lors des épisodes de pollution, l'exposition est aussi chronique. La pollution de l'air touche également les zones rurales. Elle agit aux niveaux respiratoire et cardiovasculaire, mais elle a également des effets sur la reproduction et le développement de l'enfant, et elle est à l'origine de perturbations endocriniennes ou neurologiques.

L'enjeu économique est également considérable : rien que pour la pollution particulaire, les coûts socio-économiques sont évalués à 145 milliards d'euros chaque année.<sup>3</sup>

Améliorer la qualité de l'air, c'est ainsi contribuer à une amélioration de la qualité de vie et de la santé des citoyens. Les scandales tels que le « Dieselgate » ont amplifié la demande citoyenne pour une information transparente sur la qualité de l'air.

Les risques sanitaires de la pollution atmosphérique ont contraints les pays à les réglementer. Il existe également à ce titre des recommandations mondiales de l'OMS (non contraignantes mais plus exigeantes. La France suit la réglementation européenne (contraignante et qui tend à converger avec les recommandations OMS).

#### Le contexte de l'étude

En charge de la surveillance de la qualité de l'air en Bretagne, Air Breizh dispose de stations fixes de mesures implantées sur l'ensemble de la région afin de suivre en continu l'évolution des polluants réglementés.

En complément, Air Breizh a pris l'initiative d'évaluer l'exposition des populations à la pollution de l'air dans les principaux centres urbains bretons. Cette évaluation est possible grâce aux outils numériques de modélisation de la pollution atmosphérique.

En effet, la modélisation permet d'effectuer en tout point du territoire un diagnostic de la qualité de l'air respiré par les citoyens. Cette évaluation répond aux questions suivantes :

- Comment se dispersent les émissions de polluants sur mon territoire ?
- À quel niveau de pollution suis-je exposé quotidiennement ?
- Quelles sont les zones d'impact maximal de pollution ?
- Quel est l'impact des principales sources de pollution sur la qualité de l'air ?

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Baromètre Santé-Environnement [ORSB – 2014]

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique [Santé Publique France – 2016]

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité de la France continentale [O.CHANEL, CNRS, AMSE-GREQAM et IDEP – 2017]



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Le plan de surveillance d'Air Breizh à 2021 via la modélisation

La modélisation de la qualité de l'air dite à « haute résolution » sera réalisée pour les agglomérations bretonnes de plus de 100 000 habitants d'ici 2021. Le terme de « haute résolution » signifie que le modélisation est réalisée à l'échelle d'un quartier.

Les évaluations seront effectuées pour à minima trois polluants réglementés, qui sont également des indicateurs de la pollution atmosphérique à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules fines (PM10) et très fines (PM2.5).

Les centres urbains, soumis à de nombreuses sources de pollution intenses telles que le trafic automobile et les chauffages résidentiel et tertiaire sont des zones dites « sensibles ». Une attention particulière est ainsi déployée sur les territoires qui regroupent au total environ 1 300 000 habitants, soit 40 % de la population bretonne<sup>4</sup>:

- Rennes Métropole,
- Brest Métropole,
- Communauté d'Agglomération (CA) de Lorient Lorient Agglomération,
- CA du Golfe du Morbihan Vannes Agglomération,
- CA de la Baie d'Armor Saint-Brieuc Agglomération,
- CA de Quimper Bretagne Occidentale,
- CA du Pays de Saint-Malo Saint-Malo Agglomération.

# La métropole rennaise

Rennes Métropole est la plus grande agglomération de la région Bretagne comptant près de 430 000 habitants répartis sur 43 communes. Du fait de sa densité de population intra-rocade, une surveillance renforcée a été mise en place sur ce territoire, au même titre que l'ensemble des grandes agglomérations.

Ainsi, la métropole rennaise dispose en 2019 de 5 stations de mesures fixes placées dans des environnements variés, à savoir proche des axes routiers pour les stations urbaines de proximité automobile, dans des quartiers résidentiels ou encore dans le centre urbain pour les stations dites urbaines de fond.

Rennes Métropole est également concernée par un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA). Il fixe les principales actions à réaliser sur le territoire pour la période 2015-2020 en vue de réduire les émissions de polluants atmosphériques. C'est dans ce cadre que la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Bretagne et Rennes Métropole ont sollicité Air Breizh afin de mener plusieurs études d'amélioration des connaissances dans des zones spécifiques. Ainsi, plusieurs campagnes de mesures ont été menées par Air Breizh, dont notamment une caractérisation de la dispersion de la pollution à proximité de la rocade rennaise et d'axes à fort trafic de la métropole.

Dans le cadre du PPA, la présente étude poursuit cette démarche d'amélioration des connaissances. Suite à l'élaboration d'un cahier des charges avec la DREAL Bretagne, l'étude a été validée lors d'un comité de pilotage du PPA le 15 octobre 2018.

La modélisation urbaine de la métropole permet de connaître la dispersion de la pollution en tout point du territoire, et ainsi d'évaluer l'exposition à la pollution des populations riveraines de sources d'émissions (véhicules, industries, chauffage résidentiel / tertiaire).

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> INSEE 2016



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Déroulement de l'étude

Le processus d'évaluation de l'exposition des habitants de la métropole comprend quatre grandes étapes :

- La constitution d'une base de données nécessaire à la modélisation, accompagnée de l'analyse des données d'émission, météorologiques et de pollution de fond ;
- L'application et la validation du modèle sur la métropole via une comparaison des résultats de la modélisation avec les données mesurées sur le terrain (issues du parc technique d'Air Breizh et des études de qualité de l'air déployées sur le territoire);
- L'exploitation des résultats modélisés via la production de cartographies de dispersion et d'exposition (pluri)annuelles de la métropole, basées sur les valeurs limites européennes réglementaires en vigueur;
- L'Evaluation de la pollution atmosphérique sur la population via les productions cartographiques.

La modélisation produite a été réalisée sur les trois dernières années civiles (1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2018). Les valeurs médianes ont été exploitées afin de ne pas se baser sur une année spécifique mais sur une période suffisamment longue pour être représentative.

# « La Carte Stratégique Air »

La dernière partie de cette étude est dédiée à la création d'une synthèse de l'ensemble des résultats modélisés et de l'évaluation de l'exposition des populations qui en découle, nommée « Carte Stratégique Air » (CSA).

La « Carte Stratégique Air » est un outil d'aide à la décision. Elle a été produite sur une période de trois ans et pourra être utilisée pendant les trois prochaines années 2018, 2019 et 2020 dans des plans et programmes tels que les Plans de Déplacements Urbains (PDU) et les Plans Locaux d'Urbanisme intercommunaux (PLUi).

Cette CSA sera mise à jour en 2021 par Air Breizh. Elle prendra en compte la période 2016 – 2020 (5 ans) et sera exploitable par la métropole pendant 5 ans.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# II. La zone d'étude : Rennes Métropole

# II. 1. La notion de zonage réglementaire

Afin de répondre aux exigences européennes, la France est découpée en **Zones Administratives de Surveillance** (**ZAS**). Ce zonage est indispensable pour déclarer les données de mesure auprès de la Commission européenne pour les polluants réglementés. Ces zones sont délimitées en tenant compte des niveaux de polluants, des populations exposées, des sources d'émissions, des conditions météorologiques qui prévalent dans ces zones et de l'impact de leur création sur le coût du dispositif national de surveillance.

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, de nouvelles **ZAS** ont été mises en place, classées en trois catégories<sup>5</sup> :

- Les « Zones à risques AGglomération » (ZAG) qui comportent une agglomération de plus de 250 000 habitants, telle que définie par l'arrêté prévu à l'article L. 222-4 du code de l'environnement;
- Les « Zones À Risques hors agglomération » (ZAR) qui ne répondent pas aux critères des ZAG et dans lesquelles les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article R. 221-1 du code de l'environnement ne sont pas respectées ou risquent de ne pas l'être ;
- La « Zone Régionale » (ZR) qui s'étend sur le reste du territoire de la région.

Ces zones de surveillance administratives déterminent le dispositif opérationnel de mesure de l'air ambiant à mettre en œuvre sur la région Bretagne. La modélisation de la qualité de l'air, alimentée par l'inventaire régional des émissions, permet en complément d'évaluer la pollution atmosphérique en tout point du territoire.

#### Périmètre de l'étude

La zone étudiée dans le présent rapport est la zone d'agglomération (ZAG) de Rennes Métropole, composée de 43 communes. Cette dernière est représentée par la zone rouge sur les figures Figure 1 et Figure 2. Avec ses 430 000 habitants, elle représente 13% de la population régionale.

- ✓ 1 breton sur 10 vit à Rennes Métropole,
- ✓ 2 bretons sur 5 vivent dans une des sept principales zones urbaines de Bretagne.

ZAS	Population et superficie					
	Superficie (km²) (INSEE)	% Superficie / Superficie régionale	Population (INSEE 2016)	% Population / Population régionale		
ZR – Bretagne	24 842	91 %	2 438 932	75 %		
ZAG – Rennes Métropole	705	3 %	426 502	13 %		
ZAR – Pays de Brest	1 661	6 %	393 273	12 %		

Tableau 1: Zones administratives de surveillance (superficie et population)

	Population et superficie					
Centres urbains bretons	Superficie (km²) (INSEE)	% Superficie / Superficie régionale	Population (INSEE 2016)	% Population / Population régionale		
ZAG – Rennes Métropole	705	3 %	426 502	13 %		
ZAR – Pays de Brest	1 661	6 %	393 273	12 %		
CA Lorient Agglomération	739	3 %	201 024	8 %		
CA du Golfe du Morbihan	807	3 %	163 178	7 %		
CA Saint-Brieuc Agglomération Baie d'Armor	601	2 %	151 246	5 %		
CA de Quimper Bretagne Occidentale	479	2 %	98 682	4 %		
CA du Pays de Saint Malo	246	1 %	80 229	3 %		
Total des centres urbains	3 795	14 %	1 292 707	41 %		

Tableau 2: Principaux centres urbains de la région Bretagne (superficie et population)

-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de l'air ambiant



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

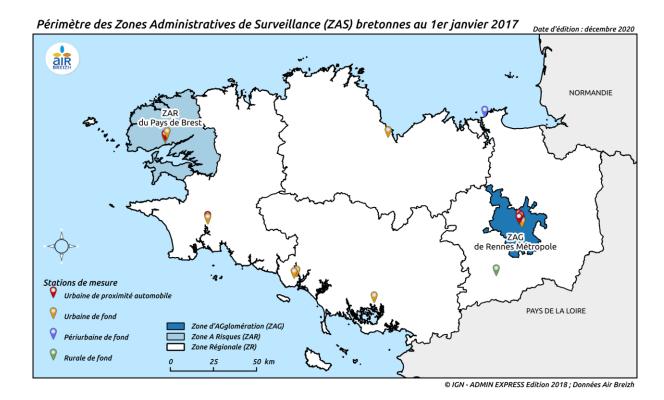


Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes

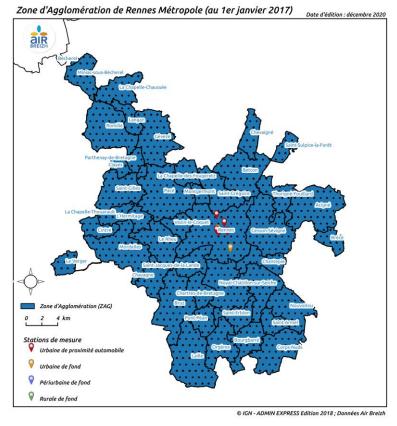


Figure 2: Communes de Rennes Métropole



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# II. 2. Les émissions du territoire de Rennes Métropole

Les émissions utilisées dans cette étude proviennent de l'inventaire régional spatialisé des émissions atmosphériques d'Air Breizh version 3, pour l'année de référence 2016, la plus récente disponible.

## Répartition des émissions du territoire selon les quatre grands secteurs d'activité

Les émissions de polluants de la métropole rennaise, illustrées sur la Figure 3, proviennent majoritairement du transport et des bâtiments résidentiels (maisons, appartements) et tertiaires (zones commerciales, ...) du territoire :

- Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>): 70 % des émissions d'oxydes d'azote sont issues du transport ;
- Particules fines et très fines (PM10 et PM2.5): Les sources d'émissions de particules sont principalement issues du transport routier et du chauffage résidentiel et tertiaire. Le secteur industriel vient en 3<sup>ème</sup> place.

## Transports (transport routier, ferroviaire, aérien, maritime)

Le secteur des transports est le secteur majoritaire dans les émissions de  $NO_X$  et de PM10 de Rennes Métropole :

- Les émissions de NO<sub>X</sub> issues des transports sont à 98% liées à la consommation de combustibles fossiles du transport routier;
- Les émissions de PM10 liées au transport routier représentent 94% des émissions du secteur des transports. Elles sont issues d'une part de la combustion de carburant (67%) et d'autre part de l'abrasion des pneus, des freins, des routes et de la remise en suspension liée à la circulation automobile (33%).

À l'échelle régionale, la contribution des transports dans les émissions de NO<sub>X</sub> et de particules fines (PM10 et PM2.5) est plus faible en raison d'un réseau routier moins dense.

#### Résidentiel et tertiaire

La consommation énergétique du secteur résidentiel et tertiaire (chauffage, production d'eau chaude sanitaire et cuisson) est la principale source de PM2.5 et une source importante de PM10 de Rennes Métropole :

- La part des émissions de PM2.5 (particules de diamètre < 2.5 μm) dans les émissions de PM10 (particules de diamètre < 10 μm) est majoritaire (97% des PM10 émises sont des PM2.5);
- Le chauffage est le premier contributeur des émissions de PM2.5 du secteur résidentiel et tertiaire. Notons que la combustion du bois est le principal mode de chauffage émetteur de particules (86% des PM2.5 du secteur résidentiel et tertiaire sont issues du chauffage au bois).

À l'échelle régionale, la part du secteur résidentiel et tertiaire est plus importante pour les PM2.5.

## Agriculture

L'agriculture représente 15% des émissions de PM10 et 6% des émissions de PM2.5 de Rennes Métropole :

- l'élevage représente 40% des émissions de PM10 du secteur agricole, les cultures 54% et la combustion dans les bâtiments et les engins 6%;
- l'élevage représente 41% des émissions de PM2.5 du secteur agricole, les cultures 40% et la combustion dans les bâtiments et les engins 19%.

À l'échelle régionale, l'activité agricole est plus présente et a donc une contribution plus forte dans les émissions.

#### L'industrie

Le secteur industriel est un contributeur important dans les émissions de particules fines de Rennes Métropole, notamment à travers les activités manufacturières qui représentent la quasi-totalité des émissions de PM10 et PM2.5.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

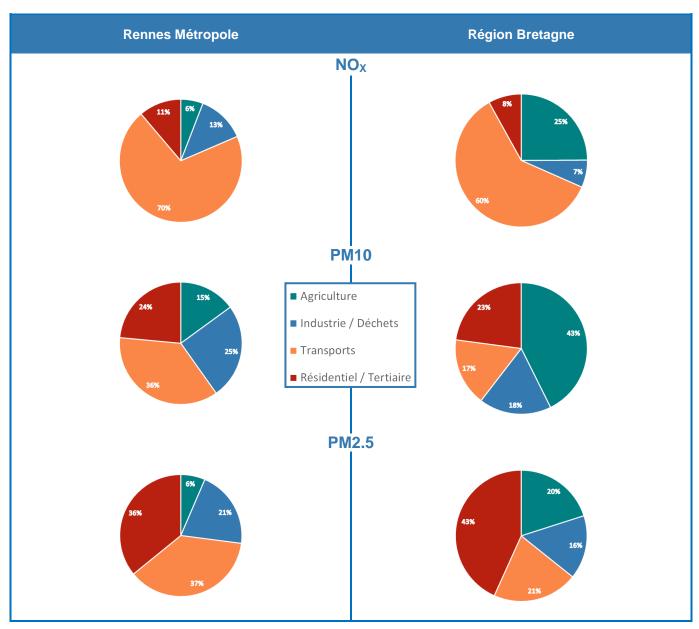


Figure 3: Répartition des émissions de NO<sub>X</sub>, PM10 et PM2.5 (inventaire V3 – réf. 2016)



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# III. Repères réglementaires

Au cours de cette étude, les niveaux de concentrations en polluants dans l'air sont comparés aux valeurs réglementaires ainsi qu'aux valeurs guides par le biais de cartographies. Les valeurs de référence pour les polluants mesurés sont synthétisées dans les tableaux Tableau 3 et Tableau 4.

Afin de comprendre, des éléments de contexte sont nécessaires :

# Réglementation en vigueur

À l'heure actuelle, les teneurs dans l'atmosphère de certains polluants sont réglementées au niveau européen dans des directives puis déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

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

Pour les particules très fines (PM2.5), il existe également un **indicateur d'exposition moyenne** (IEM). Il est défini à la fois par les règlementations européenne et nationale.

- Selon la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, l'IEM est un niveau moyen déterminé sur la base des mesures effectuées dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine sur l'ensemble du territoire d'un Etat membre et qui reflète l'exposition de la population;
- Selon l'article R.221-1 du code de l'environnement, l'IEM est la concentration moyenne à laquelle est exposée la population et qui est calculée pour une année donnée à partir des mesures effectuées sur trois années civiles consécutives dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine répartis sur l'ensemble du territoire.

La directive 2008/50/CE précise que l'IEM « est utilisé afin de calculer l'objectif national de réduction de l'exposition et l'obligation en matière de concentration relative à l'exposition ». Dans le cadre de cette dernière, l'objectif de réduction des concentrations atmosphériques en particules fines PM2.5 à respecter en 2020 et calculé grâce à l'IEM est de 14,7 microgrammes par mètre cube ( $\mu$ g/m³) en ce qui concerne la France.

L'arrêté du 7 décembre 2016, joint en annexe de ce rapport, a fixé un objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques (PM2.5) afin d'améliorer la qualité de l'air et l'état de santé des populations<sup>6</sup>.

L'arrêté publié fixe l'objectif de respecter en 2030 la valeur guide de l'OMS de 10  $\mu g/m^3$ , avec un objectif intermédiaire de 11.2  $\mu g/m^3$  en 2025.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> JORF n°0287 du 10 décembre 2016 Texte n°32



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Procédure d'alerte

La procédure d'alerte à la pollution atmosphérique a pour but d'informer les autorités, les collectivités locales, la population via les médias afin de limiter les épisodes de pollution. Des mesures tendant à limiter les émissions polluantes peuvent être prises dans le but de réduire l'ampleur des pics de pollution.

- Seuil d'information et de recommandations (IR): un 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 nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions
- Seuil d'alerte : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population et/ou de dégradation de l'environnement, justifiant la prise de mesures d'urgence par les services de l'Etat.

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

Enfin, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié en 2005 des valeurs recommandées de polluants dans l'air ambiant : il s'agit des niveaux d'exposition en-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur notre santé ou sur les végétaux. Ces valeurs correspondant à une qualité « idéale » de l'air ambiant sont données dans ce rapport à titre de comparaison avec les valeurs repères.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Polluants	Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur Code de l'Environnement R221-1 à R228-1			Seuils des procédures d'alerte en air extérieur en vigueur Procédures préfectorales		Valeurs guides OMS
	Valeurs limites	Valeurs cibles	Objectifs de qualité	Seuil IR	Seuil Alerte	(2005)
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	<b>40</b> μg/m³ en moyenne annuelle		-	<b>200</b> μg/m³ en moyenne horaire	<b>400</b> μg/m³ en moyenne horaire	<b>40</b> μg/m³ en moyenne annuelle
Particules en suspension PM10	40 μg/m³ en moyenne annuelle 50 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	-	<b>30</b> μg/m³ en moyenne annuelle	<b>50</b> μg/m³ en moyenne journallère	<b>80</b> μg/m³ en moyenne journalière	20 μg/m³ en moyenne annuelle  50 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an
Particules en suspension PM2.5	<b>25</b> μg/m³ en moyenne annuelle	<b>20</b> μg/m³ en moyenne annuelle	<b>10</b> μg/m³ en moyenne annuelle	Non inclus dans la procédure préfectorale	Non inclus dans la procédure préfectorale	10 μg/m³ en moyenne annuelle  25 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an

Tableau 3: Repères réglementaires (NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5)

Année neur leguelle le	IEM – PM2.5 (Indicateur d'Exposition Moyenne)				
Année pour laquelle le seuil doit être respecté	Obligation en matière de concentration relative à l'exposition	Période de calcul			
2015	<b>20</b> μg/m <sup>3</sup>	2013 - 2015			
2020	<b>14.7</b> μg/m <sup>3</sup>	2018 - 2020			
2025	<b>11.2</b> μg/m³	2023 - 2025			
2030	<b>10</b> μg/m³	2028 - 2030			

Tableau 4: IEM et objectif national de réduction de l'exposition des PM2.5



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# IV. Le modèle SIRANE

# IV. 1. Présentation générale de SIRANE

Le modèle SIRANE (<a href="http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/">http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/</a>) est développé depuis 20 ans par l'équipe AIR - Atmosphere, Impact & Risk du Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL). Le modèle a été créé pour simuler la dispersion de polluants atmosphériques à l'échelle d'une agglomération et au niveau de ses quartiers. SIRANE est actuellement appliqué par les AASQA à de nombreuses agglomérations en France et est également utilisé par différents organismes à travers le monde.

SIRANE décrit l'évolution spatiale et temporelle (horaire) des concentrations de polluants dans une zone urbanisée. Ces résultats sont fournis sous forme de cartographies sur un maillage ou sous forme d'évolution temporelle des concentrations en différents points du territoire.

# IV. 2. Las applications de SIRANE

SIRANE a été conçu pour prendre en compte une large gamme de situations allant des scénarios les plus simples (une source d'émission ponctuelle isolée) jusqu'aux modélisations urbaines plus complexes (multiples sources industrielles associées aux émissions des secteurs résidentiel/tertiaire et du transport routier sur une zone urbaine).

Par exemple, SIRANE permet d'étudier la pollution atmosphérique en milieu urbain :

- Cartographie de la pollution à l'échelle d'une ville ou d'un quartier ;
- Evaluation de l'exposition de la population ;
- Simulation d'impact de nouveaux aménagements urbains, de plans de déplacements ou de politiques de réduction des émissions, ...;
- Prévisions quotidiennes de la qualité de l'air.

# IV. 3. Les spécificités de SIRANE

Le modèle fait la distinction entre deux types de phénomènes physiques qui influent sur la dispersion des polluants en milieu urbain, illustrés sur la Figure 4 :

- Au niveau des rues, avec le confinement des polluants entre les bâtiments des rues de type
   « canyon » et avec l'échange de polluants au niveau des intersections des rues ;
- Au-dessus des toits, avec l'échange entre les rues et l'« atmosphère libre » et ensuite une dispersion de type bouffée gaussienne.

Un prétraitement météorologique et une caractérisation de la stabilité atmosphérique sont effectués à chaque pas de temps de calcul pour :

- Simuler la structure verticale de la couche limite via les paramètres météorologiques principaux (vitesse, température, turbulence);
- Paramétrer en continu la dispersion turbulente.

Quelques processus physico-chimiques sont aussi pris en compte :

- Réactions chimiques NO-NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>;
- Transport et dépôts de particules (dépôt sec) ;
- Lessivage des particules par la pluie (dépôt humide).



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Afin de simuler la qualité de l'air dans une agglomération, SIRANE utilise un grand nombre de données d'entrée spécifique à la zone étudiée :

- Un réseau de rues interconnectées comprenant les caractéristiques de ces dernières (Cf. Figure 5);
- L'évolution horaire des données d'émissions provenant des sources d'émissions connues du territoire telles que les voies de circulation ou les équipements de chauffage;
- L'évolution horaire et spatiale des **variables météorologiques** principales (vitesse et direction du vent, température, précipitations, rayonnement solaire, ...);
- L'évolution horaire du **niveau de pollution de fond**. Cela représente l'apport extérieur au domaine étudié issu de capteurs de fond rural et/ou de données modélisées adéquates ;
- L'évolution horaire des **mesures de pollution de proximité** issues des stations de mesure du territoire a également été utilisée à des fins de comparaison avec les sorties du modèle.

Ces différentes données sont décrites plus en détail dans le paragraphe « V. Méthodologie de construction d'un modèle urbain ».

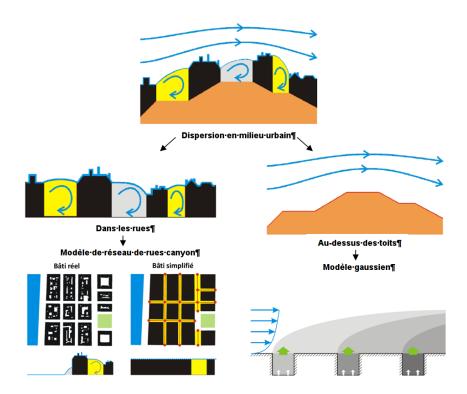


Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)



Figure 5: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA)



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# IV. 4. Les limites de SIRANE

SIRANE est conçu pour pouvoir exploiter les performances multiprocesseurs des ordinateurs actuels. Ce modèle peut gérer un grand nombre de données d'entrée et d'interactions, comme par exemple :

- Une densité de bâti élevée ;
- Un réseau routier détaillé ;
- Une haute résolution de sortie ;
- Des phénomènes d'accumulation de polluants dans des rues confinées ;
- Des conditions météorologiques locales uniformes adaptées à la zone étudiée.

Toutefois, SIRANE est un compromis entre un niveau de précision des données d'entrée et des performances informatiques raisonnables. La justesse des résultats et l'apport de précisions supplémentaires en entrée du modèle ont été évalués à partir d'essais sur des maquettes en laboratoire (soufflerie).

Compte tenu également des phénomènes physiques pris en compte dans le modèle, SIRANE n'est pas capable de traiter les échelles spatiales suivantes :

- L'échelle de la rue, où l'on s'intéresse plutôt à la répartition des polluants à l'intérieur même de cette rue. Cette échelle nécessite un modèle de dispersion entièrement 3D.
- L'échelle du département, où il n'est plus possible de modéliser explicitement l'effet de chaque bâtiment inclus dans le domaine d'étude. Il faut alors coupler un modèle de plus grande échelle tel qu'une plate-forme régionale de la qualité de l'air avec des simulations urbaines plus restreintes.

En raison de ces hypothèses, l'utilisation de SIRANE est pertinente dans le cadre d'un modèle urbain, de l'échelle d'une ville à l'échelle d'un quartier :

- Un réseau de rues formé par un bâti simplifié de la zone modélisée (illustré Figure 6): volume parallélépipédique de dimension Hauteur H x Largeur W x Longueur L (rues ouvertes d'un côté seulement non prises en compte),
- Une seule référence météorologique pour l'ensemble de la zone modélisée : direction et vitesse de vent, température, précipitation, nébulosité et rayonnement solaire issu d'une station de mesure ou d'un modèle météorologique.

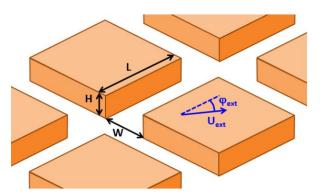


Figure 6: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA)

Ainsi, SIRANE intègre des modèles théoriques et des formulations simplifiées capables de représenter de manière réaliste la dispersion et les processus physico-chimiques affectant les principaux polluants atmosphériques.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. Méthodologie de construction d'un modèle urbain

La création d'une plate-forme de modélisation nécessite de nombreuses données d'entrée :

- Un réseau de rues interconnectées,
- Des émissions linéiques associées à ce réseau de rues,
- Un cadastrage des émissions (hors secteur routier) sur la zone modélisée en tant que source ponctuelle/surfacique pour les industries majeures et source surfacique pour les émissions des autres secteurs d'activité,
- Des conditions météorologiques sur le domaine considéré et pour la période étudiée,
- La pollution de fond du domaine modélisé, qui peut être générée par les activités humaines en dehors de son périmètre ou naturellement présente dans l'air.

Le logigramme Figure 7 décrit le processus complet d'élaboration du modèle urbain de Rennes, de l'acquisition et du traitement des données d'entrée à l'exploitation des données de sorties.

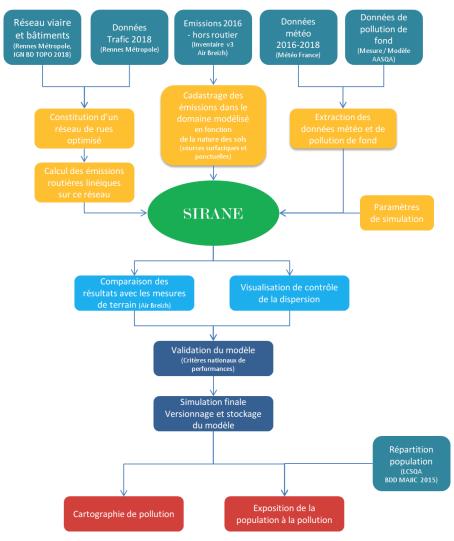


Figure 7: Processus de création d'un modèle urbain



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### V. 1. Contraintes liées à la modélisation « haute résolution »

#### Les contraintes des outils de modélisation

Les outils de modélisation à fine échelle comme SIRANE nécessitent un réseau routier optimisé :

- Le réseau routier doit être optimisé afin que les ressources informatiques nécessaires restent raisonnables;
- Le réseau routier doit avoir une précision géographique de l'ordre de la dizaine de mètres afin qu'il ne se superpose pas aux habitations.

# Le calcul d'exposition de la population

La législation européenne et nationale imposent un suivi de la pollution dans l'air ambiant et de l'exposition des populations à cette pollution. Les textes de loi précisent que les zones géographiques de dépassement d'une valeur seuil doivent être délimitées ; ils requièrent en outre une estimation de la population touchée par ce dépassement. De nombreuses cartographies sont élaborées pour répondre à ces exigences. Deux variables sont nécessaires pour cartographier les populations exposées : les concentrations de polluant d'une part et la population spatialisée d'autre part. La précision du résultat est grandement liée à la qualité de ces informations ce qui suppose la mise en œuvre de méthodes appropriées.

La méthode de spatialisation nommée «MAJIC» permet une description très fine de la population à une échelle locale. Elle exploite plus particulièrement les données des locaux d'habitation de la base MAJIC foncière délivrée par la DGFiP. Ces données sont croisées avec des bases de données spatiales de l'IGN (BD PARCELLAIRE et BD TOPO) et les statistiques de population de l'INSEE pour estimer un nombre d'habitants dans chaque bâtiment d'un département. La population municipale issue du recensement de l'INSEE est retenue pour les traitements statistiques (logements des personnes résidents habituellement dans la commune)

Le LCSQA assure la mise en œuvre de la méthodologie « MAJIC » et met à disposition des AASQA les données spatiales de la population qui en sont issues<sup>7</sup>.

La population habitant dans un bâtiment situé dans une zone en dépassement de valeur limite (> 100 % de VL) est ventilée en fonction de la surface du bâtiment affectée par ce dépassement. La méthodologie est expliquée précisément dans la section «VII. 1 Méthodologie d'élaboration des synthèses pluriannuelles».

Le bâti exposé à un dépassement de valeur limite (surface en dépassement) est généralement très majoritairement localisé en bordure de voirie (périphériques, pénétrantes, grands axes routiers), du fait de la problématique du NO<sub>2</sub>, émis principalement par le trafic routier.

# Les préconisations du LCSQA

Compte tenu des contraintes du modèle et de la méthodologie de calcul d'exposition, le LCSQA préconise d'utiliser un réseau routier issu la BD TOPO de l'IGN ou d'un modèle de trafic (si existant sur la zone urbaine étudiée).

Méthodologie de répartition spatiale de la population ; Programme 2014 [LCSQA / INERIS – avril 2015]



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. 2. Constitution d'un réseau de rues interconnectées

Rennes Métropole dispose de deux bases de données :

- Une première base de données issue de comptages mis à jour en 2018, projeté sur la BD TOPO;
- Une seconde issue d'un modèle de trafic pour l'année de référence 2015.

Sur la base des préconisations du LCSQA, le réseau de rues a été principalement construit à partir du réseau viaire BD TOPO de l'agglomération de Rennes Métropole. Le réseau de route a été optimisé pour le besoin de la modélisation :

- La totalité de la base BD TOPO de comptages réels a été implémentée dans le modèle. Elle couvre 69% du réseau routier optimisé pour le modèle;
- Les comptages routiers ne couvrant pas l'ensemble du territoire de la métropole, des tronçons issus du modèle de trafic ont été ajoutés au réseau routier, représentant 31% du réseau routier optimisé :
  - Au sein de Rennes intra-périphérique, toutes les informations fournies par le modèle de trafic 2015 ont été implémentées (21% du réseau optimisé). Des corrections ont toutefois été apportées. Par exemple, les trafics de rues devenues piétonnes ou en travaux (place Saint-Anne et Saint-Germain) ont été retirés du modèle.
  - ✓ Coté extra-périphérique, seuls quelques routes empierrées isolées où circulent maximum 100 véhicules par jour n'ont pas été pris en compte.

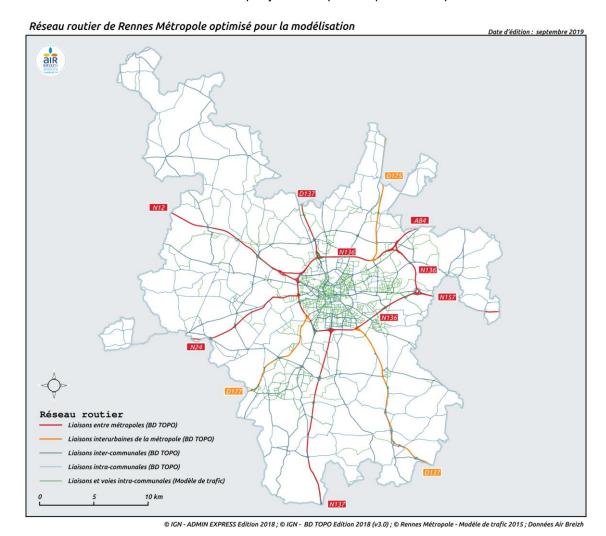


Figure 8: Réseau routier optimisé de Rennes Métropole



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### V. 3. Caractérisation des rues avec l'outil URBAN TRAFFIC

Les caractéristiques géométriques de chaque tronçon routier doivent être déterminées afin de modéliser correctement le confinement des polluants entre les bâtiments. Pour ce faire, l'outil URBAN TRAFFIC (communication personnelle - équipe AIR de l'Ecole Centrale de Lyon) a été déployé sur la Métropole de Rennes.

# Principes généraux d'URBAN TRAFFIC

À partir des fichiers géographiques du bâti et du réseau routier de la zone étudiée, l'outil URBAN TRAFFIC crée des images de résolution métrique des bâtiments simplifiés avec leur hauteur associée. Il identifie ensuite les volumes de rues et les associe au réseau routier initial.

#### Identification de la géométrie des rues : Est-ce une rue canyon ?

Le caractère « canyon » ou « ouvert » d'une rue est déterminé en fonction des critères suivants (Figure 9) :

- Les rues présentant une hauteur de bâti moyenne nulle à gauche et/ou à droite sont considérées « ouvertes » (cas d'une rue semi-bordée de bâtiments).
   Exemple: Tronçon routier de la rue d'Isly de l'esplanade Charles de Gaulle, bordé par des bâtiments uniquement d'un côté.
- Les rues pour lesquelles la largeur W est supérieure à trois fois la hauteur moyenne de bâti H, soit un rapport W/H > 3 (équivalent à W > 3H), sont considérées « ouvertes».
   Exemple : Avenue Henri Fréville, pénétrante sud rocade de Rennes.
- Toutes les autres rues (rapport W/H < 3 et bordées de bâtiments des deux côtés) sont considérées de type « canyon ».
   Exemple : Boulevard de la Liberté reliant la place Bretagne au quartier Saint-Hélier.

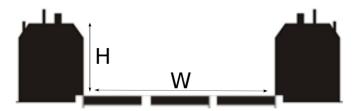


Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »)

**NB** : La notion du « rue » est utilisée ici par simplification. Le réseau viaire de rue de la BD TOPO est décomposé en tronçons routiers.

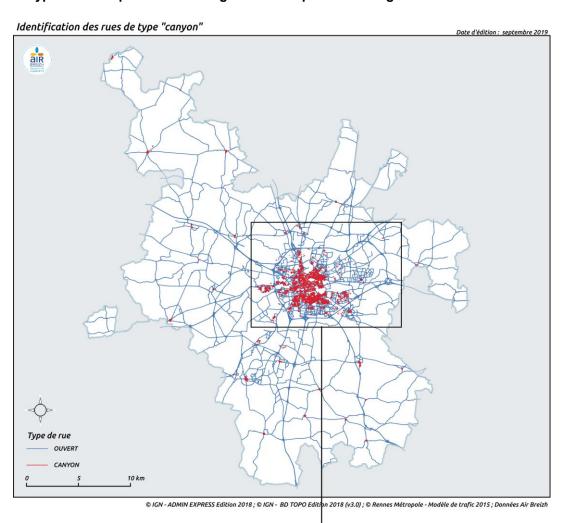
Détermination du type de rues et leurs caractéristiques : longueur L, largeur W et hauteur H L'outil URBAN TRAFFIC permet de déterminer si une rue est de type « canyon » ou non et de caractériser sa géométrie.

- le **type** « **canyon** » qui correspond à une situation de confinement du tronçon avec des bâtiments de chaque côté, caractérisé par un volume parallélépipédique de dimension Hauteur H x Largeur W x Longueur L.
- le **type** « **ouvert** » qui correspond aux rues en zone dégagée (places larges, rues non bordées ou bordées d'un seul côté), caractérisé par une surface plane de dimension Largeur W x Longueur L. La longueur L est issue de la largeur de route fournie par la BD TOPO.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Le réseau obtenu compte finalement 1 700 kilomètres de voies, dont environ 200 km de type "canyon", soit 12 % du réseau optimisé de rues de la métropole, représenté sur la Figure 10. Les rues de type "ouvert" prédominent largement dès que l'on s'éloigne du centre-ville.



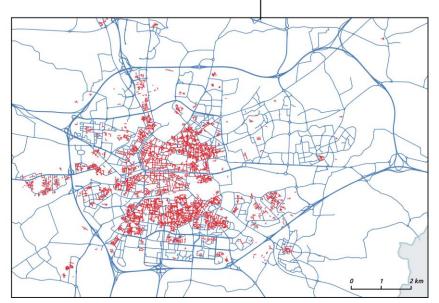


Figure 10: Identification des rues : « ouverte » ou « canyon »



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### V. 4. Calcul des émissions liées au trafic automobile

Le calcul des émissions issues du trafic routier est un point essentiel de la mise en œuvre du modèle SIRANE. C'est aussi un des points les plus sensibles compte tenu de la difficulté à évaluer le trafic routier et le parc automobile.

Le calcul des émissions a été réalisé via le logiciel Circul'Air 4.0 (C. Schillinger – Atmo Grand Est) en utilisant la méthodologie COPERT V (« The industry standard emissions calculator » ; <a href="https://www.emisia.com/utilities/copert/">https://www.emisia.com/utilities/copert/</a>) qui repose sur l'utilisation de lois empiriques d'évolution des émissions en fonction de la vitesse des véhicules. Ces lois sont spécifiées pour un grand nombre de classes, correspondant à différents types de véhicules, de carburants, de motorisations, de générations technologiques. Une illustration du principe de calcul est fournie en annexe de ce rapport.

# Données Trafics et vitesses réglementaires autorisées

Le calcul des émissions s'est appuyé sur la base de données de trafic de Rennes Métropole 2015 (modèle de trafic) et 2018 (comptages réels) :

- Comptages routiers: Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA). C'est le nombre moyen journalier de véhicule circulant sur un tronçon routier, tous véhicules confondus.
- Pourcentage de poids lourds et de bus associés aux TMJA.
- Vitesses réglementaires autorisées sur le réseau viaire.

# Caractérisation du réseau routier

Les paramètres géométriques nécessaires tels les longueurs des tronçons, leur largeur (nombre de voies sur la chaussée), leur sens de circulation (direct, indirect ou double) sont fournis par la BD TOPO de l'IGN et le modèle de trafic de Rennes Métropole.

#### Parc automobile de véhicule

Le parc automobile utilisé correspond à l'année de référence 2017 (parc automobile national le plus récent disponible issu du CITEPA).

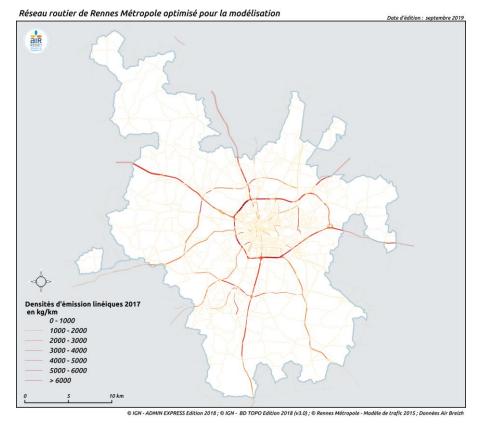


Figure 11: Emissions d'oxydes d'azote NOx du réseau routier de Rennes Métropole



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### V. 5. Modulation du trafic routier

Le trafic routier évolue suivant l'heure de la journée, le jour de la semaine et le mois de l'année. Pour couvrir toutes ces échelles de temps, le pas de temps pour le débit des véhicules doit être horaire.

Nous utilisons donc pour les profils temporels la répartition des trafics moyens journaliers annuels (TMJA) provenant des postes de comptage permanents implantés en 2016 dans la métropole rennaise au niveau de l'autoroute A84; des routes nationales (N12, N26, N137, N157), de la rocade (N136) et de la départementale D177.

Pour toutes les heures de l'année, un coefficient de modulation du trafic est déterminé à partir du produit de convolution de plusieurs profils. Le coefficient de modulation C à l'heure h, pour le jour de la semaine j et du mois m, est donné par la formule suivante :

# Coefficient $C(m, j, h) = coef(m) \times coef(j, h)$

#### Avec

- m entre 1 et 12, correspondant à la répartition du trafic sur chaque mois de l'année;
- j correspondant à la répartition du trafic sur chaque type de jour (Jour Ouvré « JO », Samedi Veille de Fêtes « SVF », Dimanche / Férié « DF »). Elle tient compte du nombre de jours-type présents dans le mois considéré (spécificités mensuelles) ;
- h entre 0 et 23h, correspondant à la répartition du trafic pour chaque heure et pour chaque type de jour (JO, SVF, DF) avec une distinction entre les périodes estivale (juillet-aout) et non estivale (le reste de l'année).

Ainsi, il est possible de modéliser le trafic d'une année entière avec le débit horaire en véhicules à partir de la répartition précédemment déterminée.

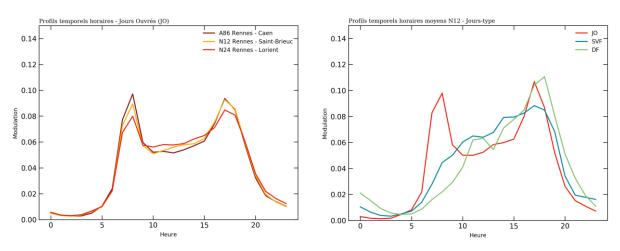


Figure 12: Exemple des profils temporels horaires du trafic routier

Cependant, ce calcul de la modulation implique deux fortes hypothèses :

- 9 profils horaires de modulation sont appliqués pour l'ensemble des rues :
  - 1 profil autoroutier : issu du poste de comptage de l'A84 ;
  - √ 6 profils pour les nationales : N12, N24, N137, N157, profil moyen et rocade N136;
  - 1 profil pour les départementales : profil moyen issu du poste de comptage de la D77 ;
  - √ 1 pour les autres routes urbaines : profil moyen issu des postes de comptages urbains de la rocade N136, qui peut être adapté en fonction de conditions de trafic.

Pour être plus proche de la réalité, une modulation par tronçon routier aurait été plus adaptée afin de tenir compte des effets locaux de la circulation ou d'éventuels reports de trafic (<u>si information existante</u>). Ce niveau de détail n'est pas réalisable compte tenu des ressources informatiques nécessaires.

 La modulation est appliquée directement aux émissions, sans tenir compte de la variation de vitesse des véhicules sur un même tronçon.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. 6. Cadastrage des émissions - hors routier - issues de l'inventaire des émissions

# Cadastrage de l'inventaire des émissions 2016 (v3)

Les émissions communales des autres secteurs d'activités (hors routier) ont été spatialisées à partir de la nature des sols (zones résidentielles, industrielles, commerciales, portuaires, ...). Ces données sont fournies par la base de données Corine Land Cover (CLC Edition 2018).

- Une zone identifiée comme étant du bâti résidentiel se voit attribuée en fonction de sa surface des émissions issues du secteur résidentiel (chauffage urbain);
- Une zone identifiée comme étant des terrains agricoles se voit attribuée en fonction de sa surface des émissions issues du secteur de l'agriculture, ...

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) de Rennes Métropole et ses alentours ont été extraites du cadastre puis intégrées en tant que source ponctuelle. Le module de source ponctuelle de SIRANE permet de modéliser la surélévation des panaches émis par les cheminées. Les émissions ponctuelles industrielles se basent sur les déclarations officielles d'émissions 2016, année de référence la plus récente disponible. 11 sites industriels avec cheminée(s) soumis à déclaration sont implantés sur le territoire (listés dans le Tableau 5), dont notamment :

- L'Unité de Valorisation Energétique « UVE » de Rennes Villejean ;
- La centrale de cogénération bois Dalkia-Biomasse au Sud de Bréquigny ;
- L'usine Citroën au sud de Rennes.

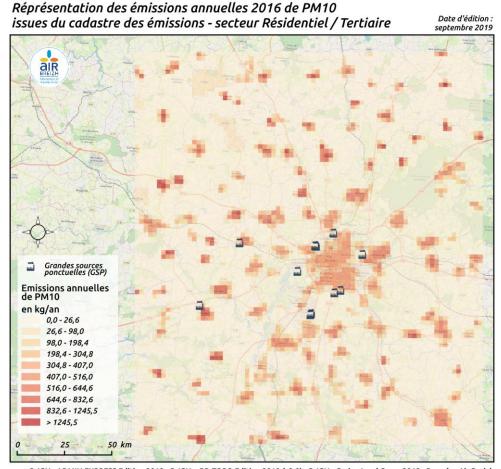
Sites	Numéro d'inspection	Activité
UVE Villejean – Valoreizh	055.01504	Traitement et élimination des déchets non dangereux
Chaufferie Villejean	055.04122	Production et distribution de vapeur et d'air conditionné
Chaufferie Blosne	055.01505	Production et distribution de vapeur et d'air conditionné
Dalkia Biomasse	055.17386	Production d'électricité
Cabretta	055.03418	Fabrication de carrosseries et remorques
Eternit	055.01517	Fabrication d'ouvrages en fibre-ciment
Coopedom	055.01399	Fabrication d'aliments pour animaux de ferme
Laiterie de l'Hermitage	535.01304	Fabrication de lait liquide et de produits frais
Université Rennes 1 (chaufferie)	055.01498	Enseignement supérieur
OVH – Beaurade	055.16926	Station d'épuration
Peugeot Citroën	055.01387	Site de production d'automobile

 $Tableau\ 5:\ Sites\ industriels\ ICPE\ (sources\ ponctuelles)\ retenues\ dans\ le\ mod\`ele$ 

Le cadastrage des émissions de PM10 issues du secteur résidentiel/tertiaire, illustré Figure 13, met en évidence l'impact du chauffage, source principale de particules fines avec le transport routier. Les émissions de PM10 issues du secteur résidentiel / tertiaire sont maximales dans les centres urbains de la métropole.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole



© IGN - ADMIN EXPRESS Edition 2018 ; © IGN - BD TOPO Edition 2018 (v3.0) ; © IGN - Corine Land Cover 2018 ; Données Air Breizh

Figure 13: Cadastre résidentiel/tertiaire des émissions annuelles 2016 de particules fines PM10

# Temporalisation du cadastre des émissions

La source principale des émissions étant les activités de chauffage du secteur résidentiel/tertiaire, la temporalisation du cadastre s'est basée sur les périodes de chauffage et des conditions météorologiques observées sur la période d'étude.

Concernant les sources ponctuelles, leurs émissions ont été considérées comme constantes dans le temps. Les périodes d'arrêt d'usine ne sont pas prises en compte dans la modélisation, excepté pour les chaufferies arrêtées en période estivale ainsi que pour l'Unité de Valorisation Energétique (UVE) de Rennes Villejean pour laquelle les émissions sont connues pour chaque ligne de traitement de déchets et pour chaque heure de la période 2016 – 2018.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. 7. Détermination des conditions météorologiques

La modélisation de la dispersion atmosphérique en milieu urbain nécessite la connaissance de différents paramètres météorologiques :

- la vitesse et la direction du vent à l'extérieur de la canopée urbaine ;
- les conditions de stratification thermique de l'atmosphère : température de l'air, rayonnement solaire incident et pluviométrie (hauteur de précipitations).

Ces paramètres sont fournis par des mesures de terrain et/ou par des données issues de modèles météorologiques. Les autres données météorologiques essentielles à la modélisation (turbulence, vitesse du vent à l'intérieur des rues, ...) sont calculées par le préprocesseur météo de SIRANE.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude proviennent principalement de la station Météo France implantée à proximité de l'aéroport de Saint-Jacques-de-la-Lande. En cas d'absence de mesures, les sorties du modèle ARPEGE de Météo France sont implémentées dans le modèle.

# Rose des vents moyenne sur la période 2016-2018 (station Météo France Saint-Jacques)

Les vitesses de vent inférieures à 1 m/s (vent considéré comme calme et non suffisant pour obtenir des mesures métrologiquement fiables) ont été supprimées des calculs. Elles représentent 5.5 % des mesures (1446 données horaires sur 26 304). Les pas de temps horaires non connus sur la période 2016 – 2018 représentent 10 % des mesures (2 665 données horaires de 2016 et 2017 sur 26 304).

**Attention particulière:** une rose des vents montre d'où vient le vent et fait intervenir dans sa construction les directions et les vitesses de vent. Son rendu dépend du nombre de secteurs de direction ainsi que du nombre de classes de vitesse de vent choisis. Nous prendrons en considération 16 secteurs : 8 secteurs primaires (Nord, Est, ...) et 8 secteurs secondaires (Nord-Nord-Est, ...), soit 22.5° par secteur (360°/16), et des classes de vent par pas de 1 m/s.

Les vents ont été majoritairement de quart Sud-Ouest, avec 43% des enregistrements sur la période 2016-2018.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

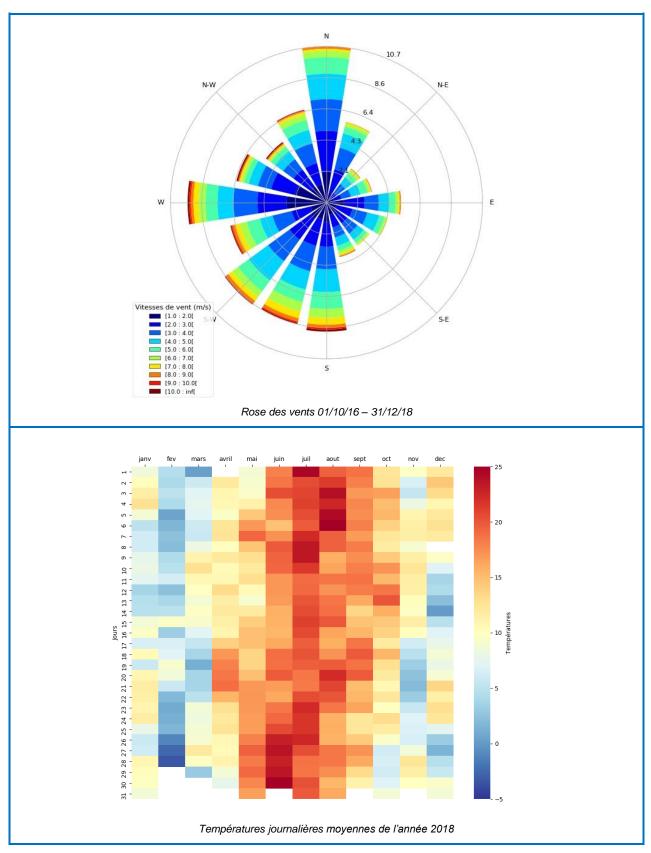


Figure 14: Conditions météorologiques globales (stations Météo France Saint-Jacques)



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. 8. Détermination de la pollution de fond

La pollution de fond représente la pollution régionale qui est mesurée à l'extérieur du domaine étudié. Elle peut être influencée par de multiples sources d'émission, dont les aires urbaines et agricoles du territoire. Pour le calcul des concentrations, SIRANE ajoute la concentration de fond à celle résultant des émissions des sources comprises dans le domaine (ponctuelles, linéiques et surfaciques).

La typologie rurale de fond n'est pas la même que la typologie urbaine de fond. La composante rurale correspond à la pollution de fond en dehors des centres urbains. L'assimilation de capteurs implantés dans des zones urbaines surévaluerait les concentrations simulées par le modèle.

#### La concentration de fond est supposée uniforme sur l'ensemble du domaine d'étude.

Le dispositif de surveillance d'Air Breizh comporte une station rurale de fond, implantée sur la commune de Guipry-Messac en Ille-et-Vilaine. Elle mesure le couple  $NO_X - O_3$ , nécessaire pour modéliser le dioxyde d'azote  $NO_2$ , ainsi que les particules fines PM10 et PM2.5. Les régions voisines des Pays de La Loire et de Normandie possèdent également des stations rurales de fond, permettant de mesurer la pollution de fond de leur territoire (stations implantées dans les départements de Mayenne, de la Vendée et de l'Orne). Cette méthode d'agrégation de la pollution de fond à partir de plusieurs instruments aux alentours du domaine d'étude permet d'obtenir des mesures pour chaque pas de temps horaire étudié.

**Attention particulière** : Les stations rurales ne mesurent pas toutes les 4 polluants nécessaires pour la modélisation urbaine  $(NO_x - O_3, PM10 - PM2.5)$  et sont peu nombreuses sur le territoire français :

- Station « Guipry » implantée à 40 km au Sud de Rennes en Ille-et-Vilaine ;
- Station « La Tardière » implantée à 200 km au Sud de Rennes en Vendée ;
- Station « Saint-Denis-d'Anjou » implantée à 110 km à l'Est de Rennes en Mayenne;
- Station « La Coulonche » implantée à 120 km au Nord-Est de Rennes dans l'Orne.

## Couple NO<sub>x</sub> - Ozone:

Les oxydes d'azote  $NO_X$  ( $NO + NO_2$ ) sont principalement émis par les véhicules et les installations de combustion. Ils jouent un rôle majeur dans le cycle de formation et de destruction de l'ozone.

Le dioxyde d'azote  $NO_2$  est gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il est formé à partir du NO et d'oxydants tels que l'ozone  $O_3$  et le dioxygène  $O_2$  dans l'atmosphère. Il est également détruit par l'action du rayonnement solaire.

La pollution au dioxyde d'azote est très locale. En dehors des centres villes et sans influence de proximité automobile, les niveaux de  $NO_X$  sont généralement très faibles au regard de la réglementation européenne. À l'inverse, les niveaux d'ozone sont élevés en situation de fond rural, le puits azoté étant minoritaire.

La constitution de la pollution de fond pour le couple  $NO_X - O_3$  a été élaborée de la façon suivante :

- Couple NO<sub>2</sub> O<sub>3</sub> issu d'une des stations rurales de fond disponible dans le grand Ouest;
- En cas d'absence de mesure sur la station sélectionnée (pour cause de maintenance ou invalidation de la donnée), le minimum (NO<sub>x</sub>) / le maximum (O<sub>3</sub>) horaire mesuré entre les autres stations rurales de fond du grand Ouest est effectué.

Des simulations pour chaque couple  $NO_X - O_3$  disponible ont été réalisées. L'étape de calage du modèle a permis d'identifier la station la plus pertinente. Cette méthode permet également d'obtenir des mesures pour chaque pas de temps horaire étudié (condition obligatoire imposée par le modèle).



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

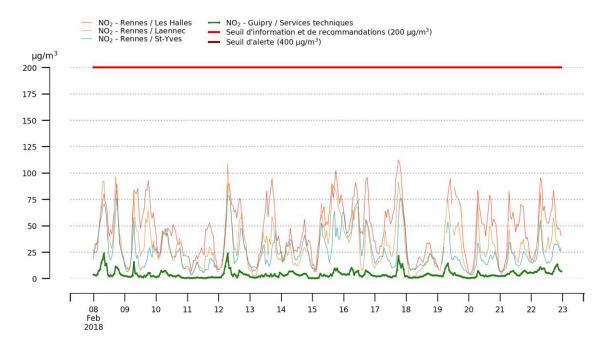


Figure 15: Comparaison de la pollution de fond rurale (Guipry) avec les concentrations mesurées à Rennes

#### Couple PM10 - PM2.5:

Contrairement aux oxydes d'azote, la fraction du niveau de fond dans les concentrations respirées de particules fines est plus importante. Leur dispersion est plus « globale » (exemple de la pollution particulaire subsaharienne observée sur le territoire breton en octobre 2017).

Deux sources de données peuvent être utilisées pour la constitution de la pollution de fond :

- Des données issues d'instruments de références implantées en situation de fond rural dans le grand Ouest (cf. paragraphe précédent « Couple NO<sub>X</sub> – O<sub>3</sub> »);
- Des données issues des modèles régionaux de la qualité de l'air disponibles sur la région Bretagne. La sélection des concentrations issues du modèle est basée sur l'origine des vents (8 secteurs de vents).

Des simulations ont été réalisées à partir des deux sources de données. Les résultats montrent que pour le modèle de Rennes Métropole, l'utilisation de sorties de modèles régionaux en fonction de l'origine des vents implique une baisse de la qualité de la modélisation par rapport à l'utilisation de données rurales de fond issues d'un ou plusieurs instruments.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# V. 9. Grille et points récepteurs de calcul

Le logiciel SIRANE utilise une grille prédéfinie de points réguliers tous les 10m sur l'ensemble du domaine étudié afin d'obtenir des cartes à haute résolution.

Attention particulière: Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique adapté à l'échelle du quartier. Les zooms effectués au niveau d'une rue doivent être effectués avec prudence. Les cartographies de pollution possèdent une résolution spatiale de 10m par 10m. La description des rues est simplifiée en utilisant des données moyennes pour la largeur moyenne d'une rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent.

Le logiciel SIRANE permet également de calculer, en des points prédéfinis, la concentration et les statistiques associées. Ces points sont utilisés pour analyser les performances du modèle aux coordonnées géographiques des capteurs implantés sur le territoire. C'est la comparaison des données modélisées aux données de terrain issues de capteurs, présentée dans le chapitre suivant.



Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# VI. <u>Validation du modèle : Comparaison du modèle avec les</u> mesures de terrain

Afin d'évaluer la qualité des simulations effectuées avec le modèle SIRANE, les concentrations calculées ont été comparées avec les mesures des capteurs implantés sur la métropole. Pour cela, des points de références spécifiques (appelés « points récepteurs ») ont été déterminés aux coordonnées géographiques des stations de mesure de la métropole.

L'évaluation du modèle repose sur plusieurs indicateurs statistiques, calculé avec un logiciel de validation appelé « DeltaTool ». Les résultats de ces comparaisons sont présentés dans les paragraphes suivants.

# VI. 1. Validation à partir du réseau de stations de mesures permanentes de Rennes Métropole

#### Localisation des stations de mesure du réseau de surveillance d'Air Breizh

Trois stations de surveillance de la qualité de l'air mesurent en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations de plusieurs polluants réglementés dans des situations urbaines de fond et de proximité automobile.

#### Dispositif de surveillance au 1er janvier 2018 Stations de mesure

Urbaine de fond

Urbaine de proximité automobile

0. 500 1000 m

© OSM - Humanitarian Model ; Données Air Breizh

Figure 16: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté sur Rennes Métropole

Stations de mesure		Concentrations (µg/m <sub>3</sub> )				
		NO <sub>X</sub>	O <sub>3</sub>	PM10	PM25	
Saint-Yves	2016	Х	Х			
Urbaine de fond	2017	Х	Х			
(centre-ville)	2018	Х	Х			
Pays-Bas Urbaine de fond	2016				Х	
	2017				Х	
Ofbaille de forid	2018			Х	Х	
Halles	2016	Х				
Urbaine de proximité	2017	Х				
automobile	2018	Х				
Laënnec	2016	Х		Х	Χ*	
Urbaine de proximité	2017	Х		Х	Х	
automobile	2018	Х		Χ*	Χ*	
*Taux de représentativité de la donnée sur l'année insuffisant pour						

\*Taux de représentativité de la donnée sur l'année insuffisant pour qu'elle soit exploitée dans le cadre de la validation officielle du modèle

Tableau 6: Stations et polluants mesurés quotidiennement sur la métropole de Rennes



<u>Les stations « urbaines de fond »</u> sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de l'agglomération



<u>Les stations « rurales nationales de fond »</u> sont représentatives au niveau national de la pollution de zones peu habitées



<u>Les stations « urbaines trafic »</u> sont représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine

Tableau 7: Définition des typologies de station dans le cadre du dispositif de surveillance



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Validation nationale du modèle sur la période étudiée

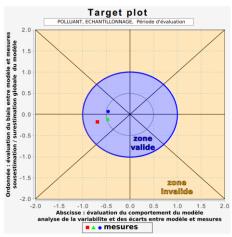


Figure 17: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"

L'outil « Delta Tool » permet d'évaluer et de synthétiser la performance d'un modèle, par le biais d'une comparaison avec les données de mesures de terrain, illustrée sous forme de cible « Target Plot ». Les critères d'évaluation sont basés sur la directive européenne en vigueur (décrite en droit français).

**Interprétation**: Les résultats de la modélisation sont valides si 90 % des comparaisons horaires entre le modèle et les mesures aux stations de surveillance du territoire sont situées dans le cercle bleu de la cible illustrée Figure 17.

Le modèle reproduit exactement la mesure lorsque les marqueurs sont au cœur de la cible. Le modèle est dans l'intervalle de l'incertitude de la mesure si les marqueurs sont inclus dans le cercle plus restreint en pointillé.

Source : Outil « Delta Tool », développé par le Joint Research Centre, Thé European Commission's science and knowledge service

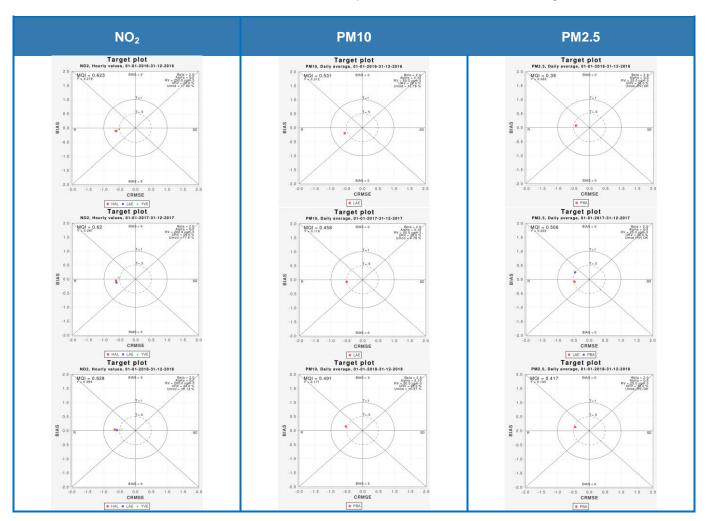


Figure 18: Evaluation du modèle sur la période 2016-2018 (Target-Plot)

Les comparaisons des résultats de la modélisation 2016 - 2018 avec les mesures de terrain pour chaque polluant étudié respectent les critères nationaux de validation d'un modèle de qualité de l'air.



# Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Illustration de la comparaison horaire mesure / modèle

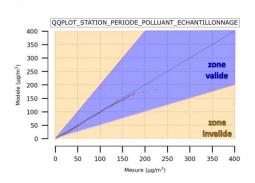


Figure 19: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile

La figure Quantile-Quantile « QQ-Plot» permet d'évaluer et de synthétiser l'ajustement de la distribution modélisée avec la référence observée, par le biais d'une comparaison de ces deux jeux de données sans tenir compte de la chronologie des évènements (tri par ordre croissant).

Interprétation: Les résultats de la modélisation sont valides si ils sont compris entre +/- 50 % de la mesure observée (critères d'évaluation basés sur la directive européenne en vigueur).

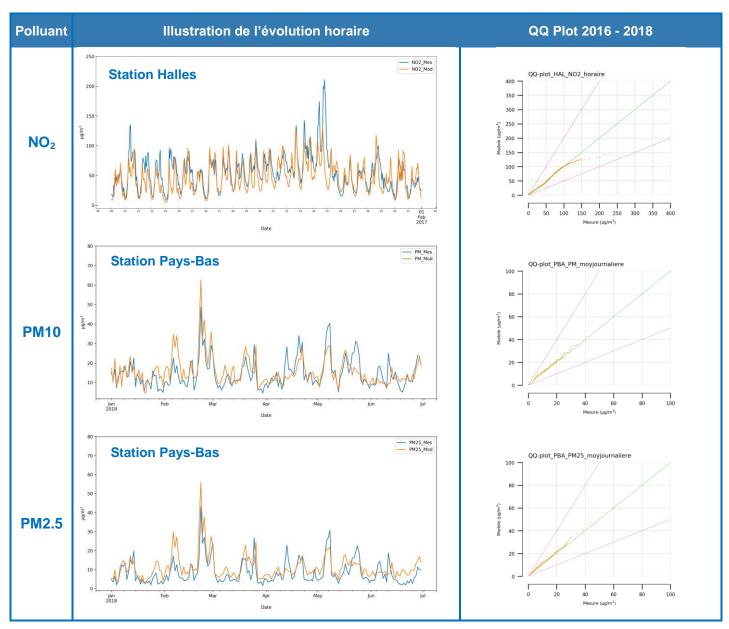


Figure 20: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot)



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### VI. 2. Validation à partir de la campagne de mesure 2018 à proximité de la rocade

La métropole rennaise dispose depuis mai 2015 d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) qui prévoit un état des lieux de la qualité de l'air sur le territoire et qui fixe les principales actions à réaliser sur la période 2015-2020 en vue de réduire les émissions de polluants atmosphériques.

Dans ce contexte et du fait du manque de connaissances sur les niveaux de concentrations rencontrés aux abords de la rocade, la DREAL Bretagne et Rennes Métropole ont souhaité qu'une campagne de mesure de la pollution atmosphérique soit réalisée proche de la rocade afin de caractériser l'évolution spatiale des concentrations de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)<sup>8</sup>.

### Localisation des points de mesure et période étudiée

Le secteur d'étude retenu sur la rocade rennaise concerne le tronçon allant des **portes de Saint-Nazaire à Bréquigny** (Cf. Figure 21). Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), polluant traceur des émissions du trafic routier, a fait l'objet de mesures sur une **cinquantaine de points durant un mois, en février et mars 2018**. Les concentrations maximales sont souvent rencontrées à cette période de l'année en raison des faibles températures propices aux émissions issues du trafic routier et des conditions météorologiques peu dispersives.

### Techniques de mesure

Deux techniques de mesures complémentaires ont été retenues dans le cadre de cette étude :

- les mesures par diffusion passive (tube passif) qui permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine, et qui ont été multipliées sur une cinquantaine de points pour spatialiser les niveaux de concentrations. Au total, 8 transects ont été positionnés sur le secteur d'étude. Chaque transect, disposé perpendiculairement à l'axe routier, comprend 5 points de prélèvement passif. Le 1<sup>er</sup> est situé à proximité immédiate de la rocade, puis les 4 autres points sont distants d'une cinquantaine de mètres de l'un à l'autre;
- les mesures en continu, effectuées sur trois points de mesures, afin de suivre en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations. Le fonctionnement de ces analyseurs est identique à ceux intégrés au dispositif de surveillance régionale de la qualité de l'air et répondent ainsi aux normes en vigueur. Contrairement aux mesures par diffusion passive, les analyseurs automatiques fournissent une donnée horaire, ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux, et leurs corrélations avec d'autres facteurs comme la circulation ou les conditions météorologiques.

#### Finalité de la campagne de mesure

L'objectif était double :

 caractériser la dispersion horizontale des concentrations sur une distance de l'ordre de 200 mètres de part et d'autre de la rocade;

préciser la distance d'influence des émissions de la rocade. Au-delà de 200 mètres, l'impact de la rocade a été considéré peu significatif. Cette distance « d'impact maximal » a été fixée sur la base d'autres études réalisées, notamment celles d'AirParif réalisées en 2008<sup>9</sup> et 2012<sup>10</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Caractérisation de la qualité de l'air à proximité de la rocade de Rennes (35) : Campagne de mesures (février/mars 2018) - Rapport final [Air Breizh – Décembre 2018]

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grandes circulation : 1er volet - campagne de mesure portant sur le boulevard périphérique, au niveau de la porte de Gentilly [Air Parif – février 2008]

Cartographie fine des niveaux de dioxyde d'azote dans le cœur dense de l'agglomération parisienne [Air Parif – Janvier 2012]



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### Principaux résultats de la campagne de mesure

Les principaux enseignements retenus concernant le NO<sub>2</sub> sont les suivants :

- des niveaux aux bords des voies proches de ceux des stations de proximité automobile de Rennes ;
- les niveaux sont les plus élevés à proximité de la rocade dans des conditions spécifiques limitant la dispersion des émissions (mur antibruit, secteur en tranchée, ...). C'est le cas des notamment des transects T3 et T4 illustrés Figure 22;
- la décroissance des niveaux est très rapide dans les 50 premiers mètres (Cf. Figure 22);
- des dépassements des valeurs réglementaires horaire et annuelle sont possibles aux abords de la rocade.

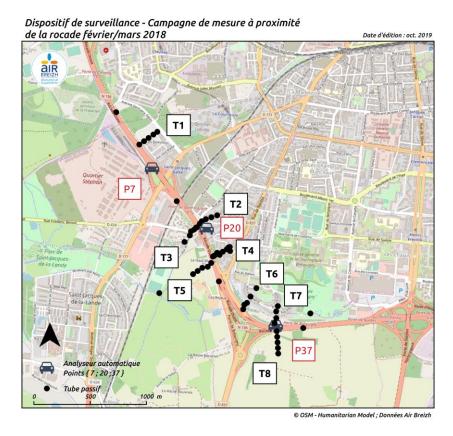


Figure 21: Dispositif implanté à proximité de la rocade de Rennes Métropole – fév. 2018

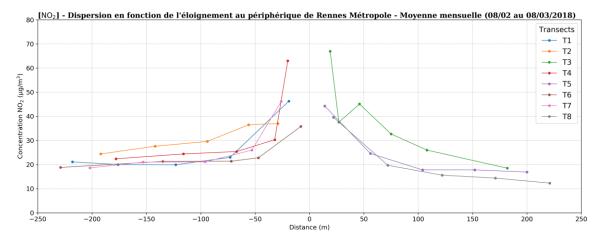


Figure 22: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade de Rennes Métropole – fév. 2018



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison de la modélisation avec la campagne de mesure

La modélisation, illustrée sur la Figure 23, confirme les enseignements retenus :

- Les niveaux sont les plus élevés à proximité de la rocade. Comme le montre la Figure 25, la décroissance est très rapide dans les 50 premiers mètres. Au-delà de 200 mètres, l'impact de la rocade est peu significatif. Les concentrations tendent vers le niveau modélisé sans les sources routières.
- 2. La comparaison modèle / mesure au niveau des trois analyseurs implantés à proximité de la rocade ont permis de consolider les sorties du modèle. En effet, la Figure 26 montre une bonne reproduction des concentrations mesurées aux stations. Des dépassements de la valeur réglementaire horaire (200 μg/m³) sont également modélisés aux abords de la rocade.

La cible du Delta Tool Figure 24 confirme le bon comportement du modèle au niveau des analyseurs P7, P20 et P37. Les points se situent sur la partie gauche de la cible, ce qui signifie que le modèle peine plus à reproduire la variabilité temporelle des niveaux mesurés lors de la campagne à proximité de la rocade que ceux issus des stations fixes du territoire.

- 3. Les sorties du modèle peuvent légèrement surestimer les concentrations par rapport à celles mesurées lors de la campagne de mesure, notamment au niveau des **tubes passifs** et du point de mesure automatique P37 (Sud Bréquigny). Ces écarts modèles/mesures peuvent provenir de plusieurs facteurs :
  - Les données de comptages routiers (TMJA) et leur redistribution temporelle heure par heure (Cf. V. 5 Modulation du trafic routier);
  - La topographie du terrain (pont, tunnel, talus, écran végétal, mur anti-bruit...), non implémentée dans le modèle SIRANE (IV. 4 Les limites de SIRANE).
  - Le calcul des conditions météorologiques (stabilité atmosphérique) au niveau des surfaces à partir des paramètres météorologiques fournis (issus de la station Météo France de l'aéroport de Saint-Jacques de la Lande, cf. V. 7 Détermination des conditions météorologiques).
- 4. Les moyennes hebdomadaires obtenues par prélèvement passif entre le 8 février et le 8 mars 2018 sont susceptibles d'avoir un biais négatif, traduisant une réponse du tube globalement inférieure à la concentration mesurée par analyseur<sup>11 12</sup>. Les tubes, placés à 1.5 2 mètres du sol pendant une semaine, mesurent par diffusion passive l'air ambiant (sans circulation d'air à l'aide d'une pompe). Les inconvénients de la méthode sont les suivants :
  - Ne fournit pas de données en temps réel (mesure hebdomadaire);
  - Possibilité d'erreur / biais lors des fluctuations rapides de concentration.

En effet, cette méthode, ayant largement fait ses preuves en termes de mesures de la qualité de l'air<sup>13</sup>, reste indicative du fait de l'incertitude de la mesure. Elle est de l'ordre de 30% pour les tubes passifs contre 15% pour les mesures automatiques.

Les écarts entre les prélèvements par tube et par analyseur sont maximums lorsque les niveaux de pollution sont élevés et avec des fluctuations rapides. Ils sont engendrés par la variation du trafic automobile au cours de la journée et fortement corrélés aux conditions de vents et donc de dispersion.

<sup>11</sup> Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote, Dispositif national de surveillance [ADEME – 2002]

<sup>12</sup> Étude n° 7 : Synthèse de l'expérience acquise par les réseaux sur l'échantillonnage passif du NO<sub>2</sub> [Ecole des Mines de Douai, département chimie et environnement – Mai 2000]

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Quelques études déployées par les AASQA : Campagne de mesure du NO<sub>2</sub> dans le département du Vaucluse [Atmo Sud – 2016] ; Etude de la répartition du NO<sub>2</sub> dans l'agglomération Dijonnaise au moyen d'échantillonneurs à diffusion passive [Atmo Grand Est – Décembre 2016]



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

5. Les résultats sont cohérents avec ceux publiés par le LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon<sup>14</sup>: De manière générale, SIRANE est capable de modéliser les fortes variations spatiales dans le domaine (cf. Figure 23) et de reproduire précisément les variations temporelles des niveaux de NO<sub>2</sub>, fortement corrélés au trafic automobile. Le modèle est plus performant lors des périodes hivernale et printanière qu'en été.

Cependant, de larges biais peuvent être observés lorsque les niveaux sont les plus élevés, avec des écarts pouvant aller jusqu'à un facteur 2. Les concentrations sont généralement sous-estimées par le modèle lors des pics de NO<sub>2</sub>. C'est le cas au niveau des stations de mesures fixes implantées dans la métropole (« Saint-Yves », « Halles » et « Laënnec » ; cf. qqplot de la mesure NO<sub>2</sub> « Halles » Figure 20). Concernant la modélisation du périphérique de Rennes, les valeurs les plus élevées sont correctement reproduites par le modèle au niveau des points P7 et P20, et surestimées au niveau du point P37 (cf. qqplot Figure 27).

Les trois méthodes de caractérisation de la pollution au  $NO_2$  ont permis d'analyser la dispersion horizontale des concentrations sur une distance de l'ordre de 200 mètres de part et d'autre de la rocade de Rennes métropole et de préciser la distance d'influence des émissions de la rocade.

• **Mesure par analyseur** : Analyse avec un appareil réglementaire de la variation temporelle des concentrations de NO<sub>2</sub> à proximité immédiate de la rocade.

#### Mesure par tube passif :

- ✓ Analyse indicative de la variation spatiale des concentrations de NO₂ autour de la rocade ;
- ✓ Et caractérisation de la distance d'influence du trafic automobile circulant sur la rocade.

#### Modélisation à l'échelle du quartier :

✓ Simulation des variations temporelle et spatiale des concentrations de NO₂;

- Consolidation de la caractérisation des niveaux de pollution, à partir des méthodes de mesures déployées (analyseur et tubes passifs);
- ✓ Identification des « zones sensibles » ou des « points chauds » en termes de qualité de l'air.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO<sub>2</sub> yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved – 2017]



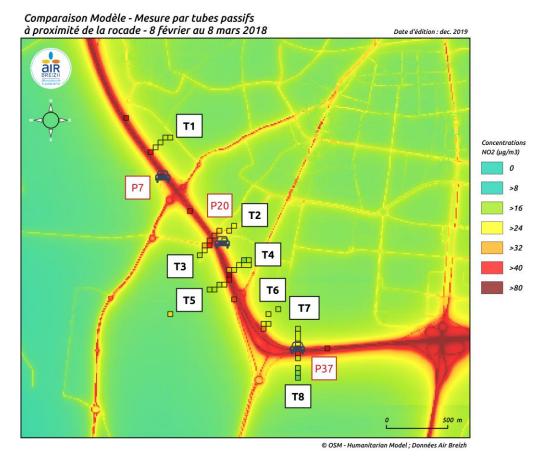


Figure 23: Comparaison cartographique modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018

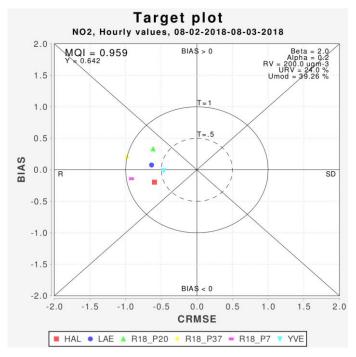
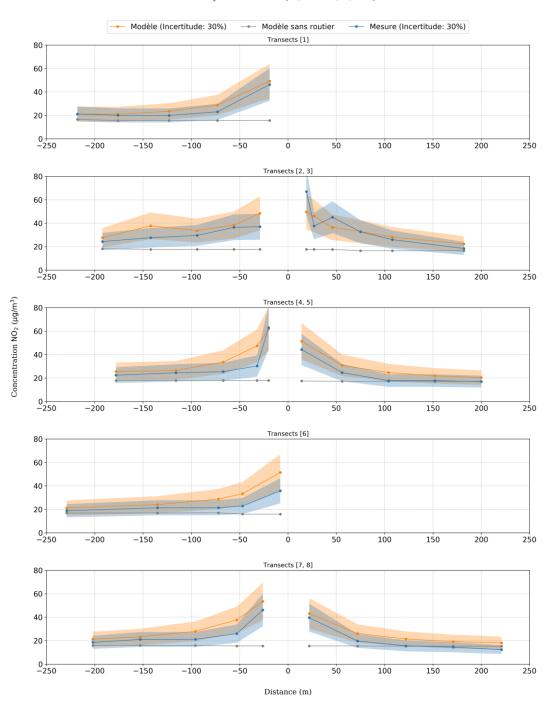


Figure 24: Evaluation des résultats NO<sub>2</sub> du 8 février au 8 mars 2018 (Target-Plot)



Figure 25: Comparaison des transects modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018

 $\mbox{[NO_2]}$  - Dispersion en fonction de l'éloignement au périphérique de Rennes Métropole Moyenne mensuelle (08/02 au 08/03/2018)





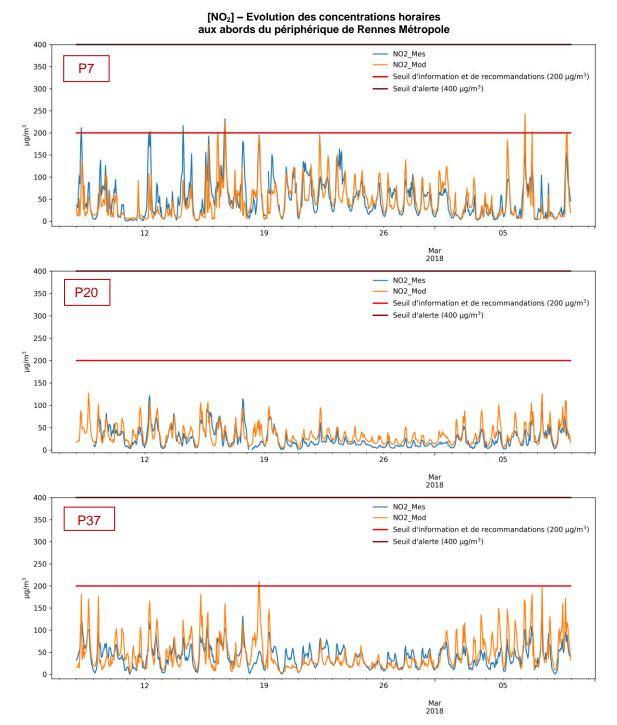
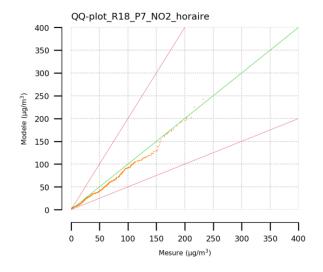
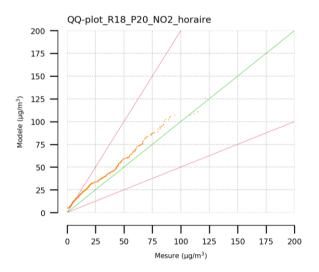


Figure 26: Comparaison horaire modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018







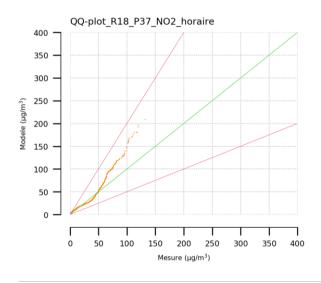


Figure 27: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure points Nord et Sud – fév. 2018



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# VI. 3. Validation à partir de la campagne de mesure 2018 à proximité d'axes à fort trafic

Rennes Métropole a souhaité caractériser la qualité de l'air sur deux axes urbains à fort trafic devant faire l'objet de réaménagement, dans l'objectif d'établir un état initial de la qualité de l'air avant travaux. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), polluant traceur des émissions du trafic routier, a ainsi fait l'objet de mesures au niveau de la Place de Bretagne à Rennes et de l'avenue Roger Dodin à Saint-Jacques de la Lande<sup>15</sup>.

### Localisation des points de mesure et période étudiée

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), polluant traceur des émissions du trafic routier, a fait l'objet de mesures au niveau de la place de Bretagne à Rennes et de l'avenue Roger Dodin à Saint-Jacques de la Lande, illustrées sur la Figure 28. Elle s'appuie sur deux campagnes de mesure, l'une hivernale et l'autre estivale, afin d'obtenir un état des lieux représentatif de l'année.

- La première campagne de mesure a eu lieu simultanément sur les deux secteurs Place de Bretagne et Avenue Roger Dodin du 08/02 au 08/03/2018. Il s'agit de la campagne hivernale.
- La seconde campagne dite « estivale » s'est déroulée entre le 30/05 et le 27/06/2018 sur le secteur avenue Roger Dodin. Le lancement des travaux d'aménagement sur la Place de Bretagne avant la réalisation de la campagne estivale a entrainé son annulation.

### Techniques de mesure

Deux techniques de mesures complémentaires ont été retenues dans le cadre de cette étude :

- les mesures par diffusion passive (tube passif) qui permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine, et qui ont été multipliées sur une dizaine de points pour spatialiser les niveaux de concentrations.
  - Au total, 12 points de prélèvement ont été positionnés sur le secteur Place de Bretagne, tous situés à moins de 40 mètres de deux axes routiers de la place. Concernant l'avenue Roger Dodin, 14 points ont été positionnés le long de l'axe et dans le quartier environnant ;
- les mesures en continu, effectuées par un point de mesures sur chaque secteur, afin de suivre en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations à proximité immédiate du trafic routier. Le fonctionnement de ces analyseurs est identique à ceux intégrés au dispositif de surveillance régionale de la qualité de l'air et répondent ainsi aux normes en vigueur. Contrairement aux mesures par diffusion passive, les analyseurs automatiques fournissent une donnée horaire, ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux, et leurs corrélations avec d'autres facteurs comme la circulation ou les conditions météorologiques.

#### Finalité de la campagne de mesure

Cette étude concourt à améliorer les connaissances sur la contribution des principaux axes routiers à la pollution de l'air ambiant et à préciser la distance d'influence des émissions issues des axes à fort trafic. Cette étude permettra également d'évaluer, dans le futur, l'impact de ces aménagements sur la qualité de l'air, via la réalisation d'une campagne après travaux.

### Principaux résultats

Les principaux enseignements retenus concernant le NO<sub>2</sub> sont les suivants :

- La décroissance des niveaux est très rapide en s'éloignant de l'axe routier ;
- Comme le montre le Tableau 8 et la Figure 29, les niveaux aux bords des voies sont proches voire supérieures à ceux des stations de proximité automobile de Rennes :
  - L'analyseur Place de Bretagne a mesuré une concentration moyenne sur 15 jours bien supérieure à celle mesurée à la station HALLE implantée Bd de la Liberté;
  - ✓ L'analyseur avenue Roger Dodin a mesuré une concentration moyenne sur 15 jours en période hivernale très proche de celle mesurée à la station HALLE.
  - Des points de prélèvement par tubes passifs à proximité des axes routiers sur les deux secteurs présentent également des moyennes mensuelles proches de celles mesurées par les stations de proximité automobile de Rennes.

<sup>15</sup> Campagne de mesure de la qualité de l'air— Axes à fort trafic — Rennes Métropole (35) : Campagnes de mesure 2018 [Air Breizh - juin 2019]



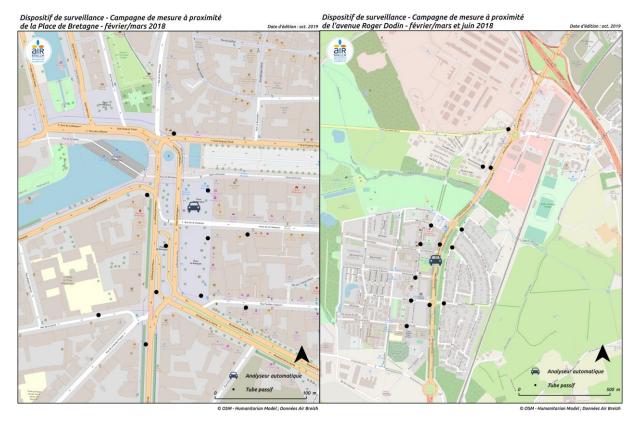


Figure 28: Dispositif implanté en 2018 Pl. de Bretagne (à gauche) et Av. Roger Dodin (à droite)

Concentrations moyennes NO <sub>2</sub> (µg/m³)	Stations fixes			Campagnes de mesure		
	Halles	Laënnec	Saint-Yves	Place de Bretagne	Avenue Roger Dodin	
Période 1 : 08/02 au 22/02	46	31	25	60	-	
Période 2 : 22/02 au 08/03	42	21	22	-	41	
Moyenne annuelle 2018 (Valeur limite annuelle = 40)	32	21	17	-	-	

Tableau 8: Mesures par analyseur Pl. de Bretagne et Av. Roger Dodin – fév. 2018

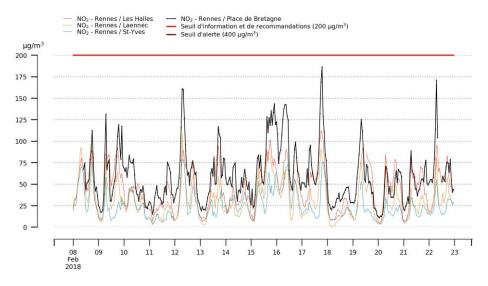


Figure 29: Comparaison des mesures de Pl. de Bretagne vs. stations de Rennes



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison de la modélisation avec les campagnes de mesure

La modélisation, illustrée sur les figures Figure 30 à Figure 36, confirme les enseignements retenus :

1. Les niveaux sont les plus élevés à proximité des axes routiers. Comme le montre les figures Figure 30 et Figure 31, la décroissance est rapide des lors que l'on s'éloigne de l'axe routier principal. L'impact des axes à fort trafic est peu significatif au niveau des points de prélèvement éloignés, les concentrations correspondent au niveau de fond urbain du domaine.

La comparaison modèle / mesure au niveau des deux analyseurs implantés à proximité des axes à fort trafic ont permis de consolider les sorties du modèle. En effet, les figures Figure 32, Figure 33, Figure 34, Figure 35 et Figure 36 montrent une bonne reproduction des concentrations mesurées aux stations. Les concentrations moyennes sur la période de mesure sont élevées au regard de celles mesurées au niveau des stations de proximité automobile de Rennes et de la réglementation en vigueur.

La cible du Delta Tool Figure 32 indique également que la modélisation tend à sous-estimer les concentrations mesurées par l'analyseur implanté sur la place de Bretagne (point T18BZH situé sur la partie basse et à gauche de la cible, ce qui signifie que le modèle induit un biais négatif).

2. Les sorties du modèle peuvent sous-estimer les concentrations par rapport à celles mesurées lors de la campagne de mesure, notamment au niveau du point de mesure automatique de la place de Bretagne. Les écarts modèle / mesure observés place de Bretagne proviennent du fait que SIRANE ne peut pas modéliser en 3 dimensions les places ouvertes. Une rue semi-bordée de bâtiments sera modélisée comme une rue de type « ouvert » (cf. IV. 4 Les limites de SIRANE).

La place de Bretagne a été identifiée par le modèle comme un « point chaud ». La modélisation confirme également la sensibilité de l'avenue Roger Dodin. La pollution de l'air au dioxyde d'azote est jugée préoccupante selon la réglementation en vigueur au niveau de ces deux secteurs. Des dépassements des valeurs limites horaires et annuelles sont probables.

Des mesures complémentaires pourraient être réalisées sur une plus longue durée, pour tenir compte des variations des conditions météorologiques et permettre une comparaison réglementaire de la concentration mesurée par rapport à la valeur limite annuelle en vigueur (40  $\mu g/m^3$ ). D'autres paramètres comme les particules fines PM10 et très fines PM2.5 pourraient être également mesurées.

3. Les résultats sont cohérents avec ceux publiés par le LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon 16: De manière générale, SIRANE est capable de modéliser les fortes variations spatiales dans le domaine et de reproduire précisément les variations temporelles des niveaux de NO<sub>2</sub>, fortement corrélés au trafic automobile. Le modèle est plus performant lors des périodes hivernale et printanière qu'en été, comme le confirme les comparaisons horaires de l'analyseur implanté sur l'avenue Roger Dodin illustrées Figure 36.

-

 $<sup>^{16}</sup>$  The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO $_2$  yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved – 2017]



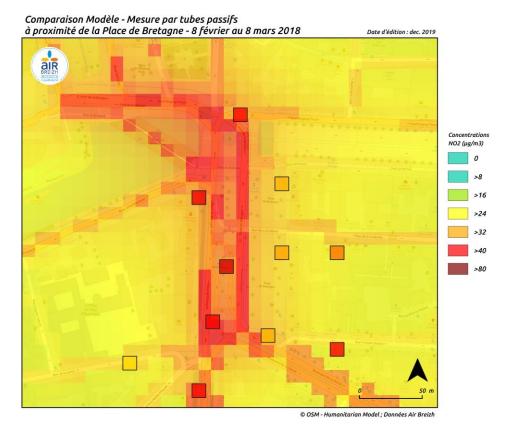


Figure 30: Comparaison cartographique modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018



Figure 31: Comparaison cartographique modèle / mesure Av. Roger Dodin - fév. 2018



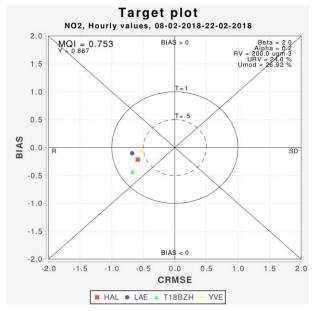


Figure 32: Evaluation des résultats NO<sub>2</sub> Pl. de Bretagne du 8 au 22 février 2018 (Target-Plot)

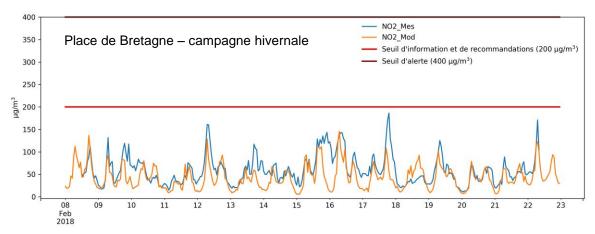


Figure 33: Comparaison horaire modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018

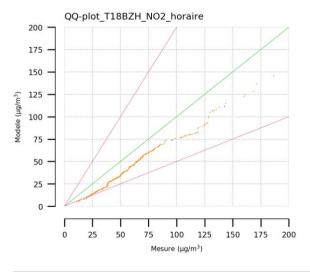


Figure 34: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018



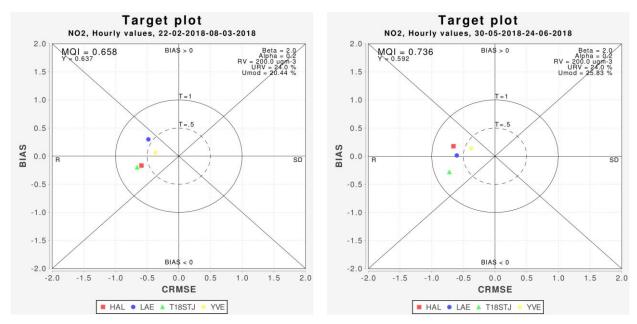


Figure 35: Evaluation des résultats  $NO_2$  Av. Roger Dodin (T18STJ) pour les campagnes hivernale (à gauche) et estivale (à droite) (Target-Plot)

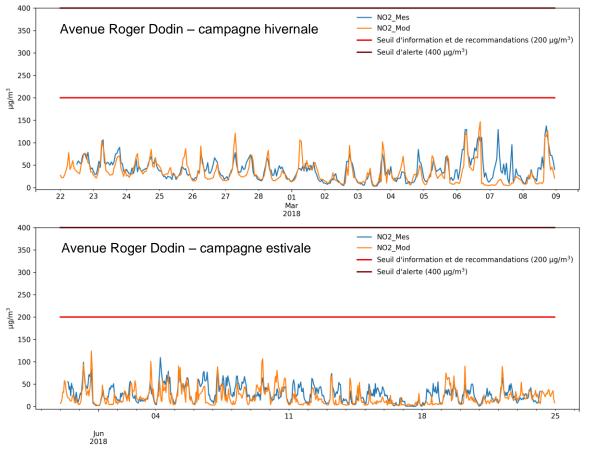


Figure 36: Comparaison horaire modèle / mesure Av. Roger Dodin - fév./mars et juin 2018



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# VI. 4. Validation à partir de la campagne de mesure 2018 à proximité d'axes à fort trafic extra-rocade

Pour compléter les investigations menées en 2017- 2018 dans le centre urbain de Rennes, à Saint-Jacques et à proximité de la rocade, Rennes Métropole a sollicité Air Breizh pour la réalisation d'une campagne de mesures au niveau de 5 axes à fort trafic extra-rocade aux typologies différenciées <sup>17</sup>.

### Localisation des points de mesure et période étudiée

Cinq configurations différentes de voies considérées comme représentatives des principales typologies d'expositions ont été retenues sur le territoire de la métropole. Elles sont illustrées sur la Figure 37. Deux campagnes d'un mois chacune ont été réalisées en septembre 2018 puis janvier/février 2019.

### Techniques de mesure

Deux techniques de mesures complémentaires ont été retenues dans le cadre de cette étude :

- les mesures par diffusion passive (tube passif) qui permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine. Des échantillonnages de NO<sub>2</sub> par tube passif ont été réalisés sur quelques points par secteur. Ceux-ci ont été disposés sous la forme de transects perpendiculaires à la voirie pour apprécier les évolutions spatiales des concentrations en fonction de l'éloignement des voies.
- les mesures en continu, effectuées sur deux points de mesures au niveau de Gévezé et de Vern-sur-Seiche, afin de suivre en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations à proximité immédiate du trafic routier. Le fonctionnement de ces analyseurs est identique à ceux intégrés au dispositif de surveillance régionale de la qualité de l'air et répondent ainsi aux normes en vigueur. Contrairement aux mesures par diffusion passive, les analyseurs automatiques fournissent une donnée horaire, ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux, et leurs corrélations avec d'autres facteurs comme la circulation ou les conditions météorologiques.

### Finalité de la campagne de mesure

Cette étude concourt à montrer que les émissions du trafic routier sur la qualité ne se limitent pas aux centres urbains. Elle participe également à l'amélioration des connaissances sur la contribution des principaux axes routiers à la pollution de l'air ambiant et à préciser la distance d'influence des émissions issues des axes à fort trafic.

### Principaux résultats de la campagne de mesure

Les principaux enseignements retenus concernant le NO<sub>2</sub>, illustrés par les figures Figure 38 et Figure 39, sont les suivants :

- Les moyennes annuelles estimées sur l'ensemble des points de mesures sont bien inférieures à la valeur limite de 40 μg/m³. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées en bordure immédiate des axes routiers.
- Les comparaisons réalisées avec les stations trafic de Rennes montrent que pour des niveaux de fréquentation proche, les mesures sont moins élevées sur les secteurs extra-rocade. Cela signifie que d'autres facteurs influencent les concentrations dans l'air de NO₂ respirées en centre urbain de Rennes :
  - ✓ Les autres émissions urbaines, issues notamment des activités industrielles et de chauffage urbain (résidentiel/tertiaire) ;
  - ✓ La densité du bâti environnant, caractérisée dans le modèle par le phénomène de rue « canyon », favorisant l'accumulation de la pollution à l'intérieur des rues.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Campagne de mesures de la qualité de l'air (2018) – Axes routiers à fort trafic extra-rocade – Rennes Métropole (35) : Campagnes de mesure septembre 2018 – janvier/février 2019 [Air Breizh - juin 2019]



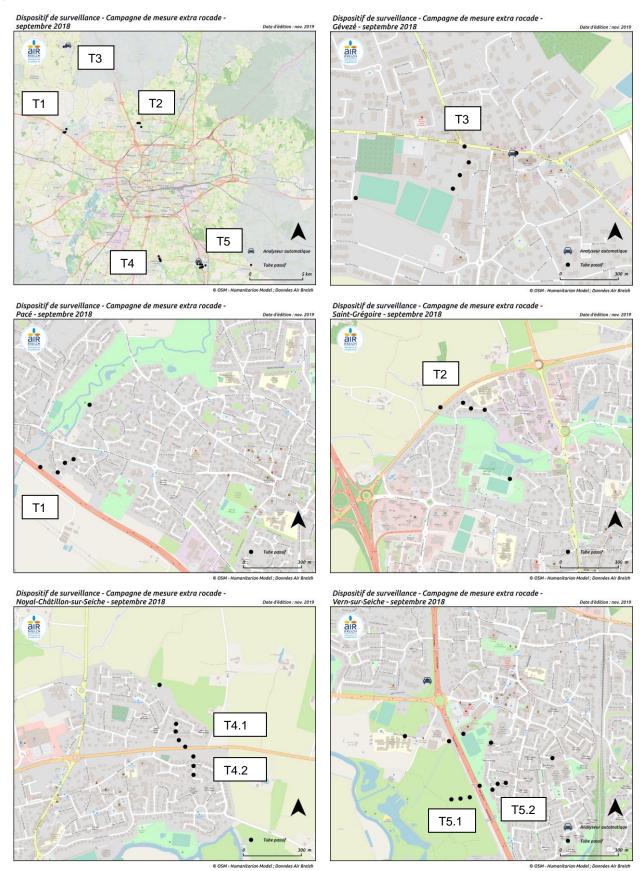


Figure 37: Dispositif implanté en 2018 à proximité d'axes à fort trafic – extra-rocade



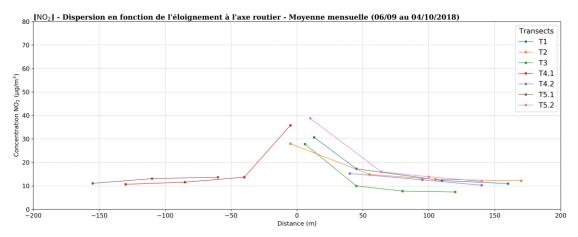


Figure 38: Mesures par tubes passifs à proximité de 5 axes à fort trafic-septembre. 2018

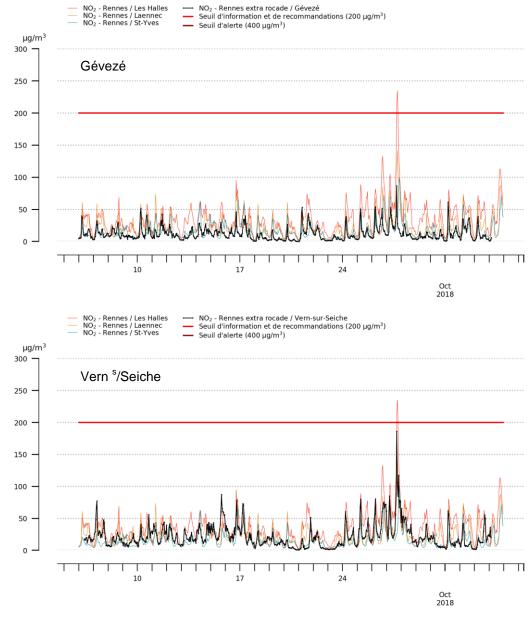


Figure 39: Comparaison des mesures de Gévezé et Vern <sup>s</sup>/Seiche vs. stations de Rennes



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison de la modélisation avec les campagnes de mesure

La modélisation, illustrée sur les figures Figure 40 à Figure 43, confirme les enseignements retenus :

- 1. Les niveaux sont les plus élevés à proximité des axes routiers. La décroissance est rapide des lors que l'on s'éloigne de l'axe routier.
- 2. L'impact des axes à fort trafic est peu significatif au niveau des points de prélèvement éloignés, les concentrations correspondent au niveau de fond urbain du domaine.
- 3. Les résultats sont cohérents avec ceux publiés par le LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon 18 : De manière générale, SIRANE est capable de modéliser les fortes variations spatiales dans le domaine et de reproduire précisément les variations temporelles des niveaux de NO<sub>2</sub>, fortement corrélés au trafic automobile.

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO<sub>2</sub> yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved – 2017]



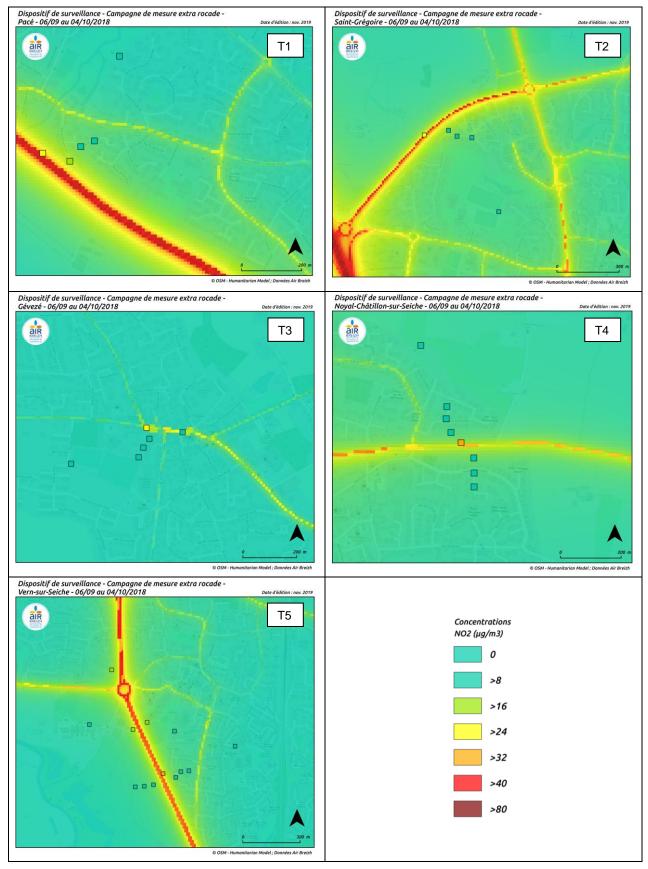
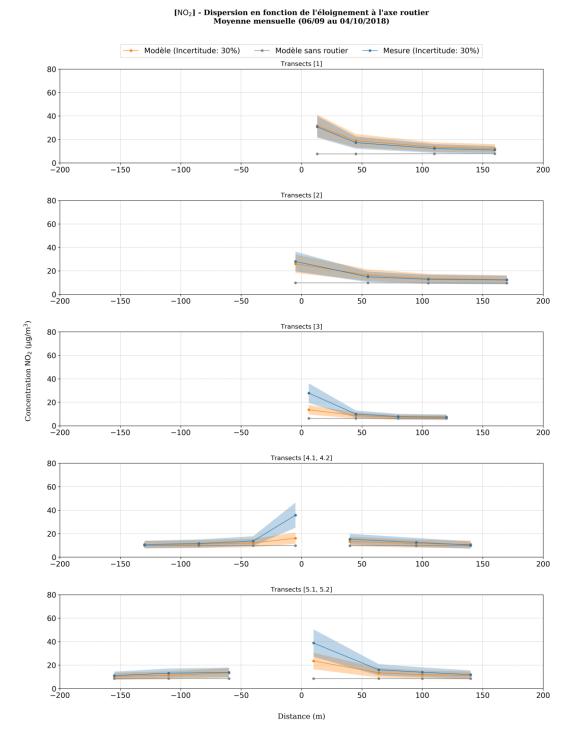


Figure 40: Comparaison cartographique modèle / mesure secteurs extra-rocade – sept. 2018





 $Figure~41:~Comparaison~des~transects~mod\`ele~/~mesure~secteurs~extra-rocade-sept.~2018$ 

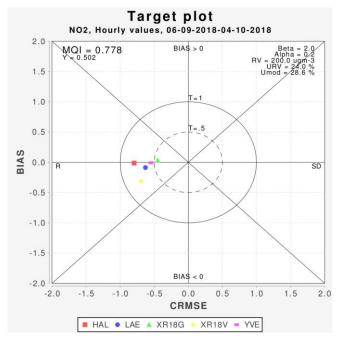


Figure 42: Evaluation des résultats NO<sub>2</sub> de Gévezé (XR18G) et de Vern <sup>s</sup>/Seiche (XR18V) (Target Plot)

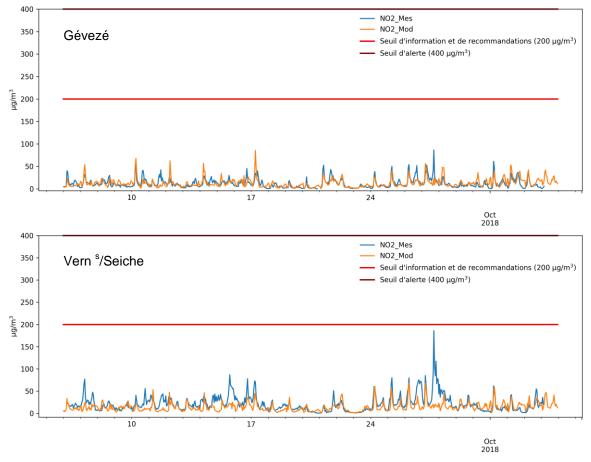


Figure 43: Comparaison horaire modèle / mesure Gévezé et Vern <sup>s</sup>/Seiche – sept. 2018



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### VI. 5. Validation à partir de la campagne de mesure 2017 - quartier Beauregard

Dans le cadre de l'urbanisation future du quartier Beauregard à horizon 2025 - 2030, la société publique Territoires a sollicité Air Breizh en 2017 afin d'évaluer la qualité de l'air avant l'aménagement du quartier. L'objectif était d'apprécier au mieux les éventuels risques sanitaires liés à l'exposition des futurs occupants à la pollution automobile engendrée par la rocade rennaise<sup>19</sup>.

### Localisation des points de mesure et période étudiée

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), polluant traceur des émissions du trafic routier, a fait l'objet de deux campagnes de mesures afin d'obtenir une cartographie représentative de l'année :

- Campagne estivale du 8 juin au 6 juillet 2017 ;
- Campagne hivernale du 10 novembre au 8 décembre 2017.

### Techniques de mesure

Des mesures par diffusion passive (tube passif) ont été déployées sur le quartier Beauregard. Elles permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine.

Les tubes passifs ont été multipliés sur une cinquantaine de points pour spatialiser les concentrations. Au total, 4 transects ont été positionnés sur le secteur d'étude. Chaque transect, disposé perpendiculairement à la rocade, comprend 6 points de prélèvement passif. Le 1<sup>er</sup> est situé à proximité immédiate de la rocade, puis les 5 autres points sont distants d'une cinquantaine de mètres de l'un à l'autre.

### Finalité de la campagne de mesure

Cette étude concourt à améliorer les connaissances sur la contribution des principaux axes routiers à la pollution de l'air ambiant et à préciser la distance d'influence des émissions issues des axes à fort trafic.

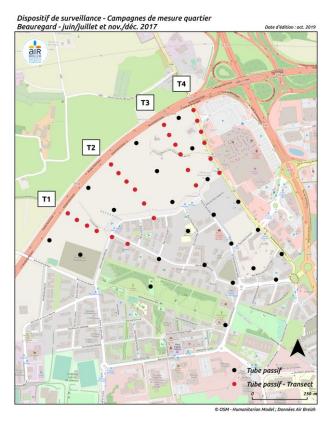


Figure 44: Dispositif implanté en 2017 quartier Beauregard

\_

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> Campagne de mesure de la qualité de l'air (2017) – Quartier Beauregard – Rennes Métropole (35) : Campagnes de mesure 2017 [Air Breizh - aout 2018]



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Principaux résultats de la campagne de mesure

Les principaux enseignements retenus concernant le NO<sub>2</sub> sont les suivants :

- La valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ estimée à partir des deux campagnes a été dépassée sur 3 points de mesure. Ces derniers sont tous localisés sur la première ligne de prélèvement située à environ 30 mètres de la rocade. D'une manière générale, les concentrations les plus élevées sont celles situées à proximité immédiate de la rocade et des autres voies de circulation du quartier.
- Une décroissance rapide des concentrations est observée en fonction de l'éloignement de la rocade. Cette décroissance se poursuit jusqu'à atteindre un niveau de fond urbain, situé à une distance de la rocade comprise entre 130 et 180 mètres. Au-delà de 180 mètres, les niveaux ré-augmentent mais de manière peu significative. Cette augmentation est due aux différentes voies de circulation (telle que l'Avenue André Mussa) donnant accès au quartier.

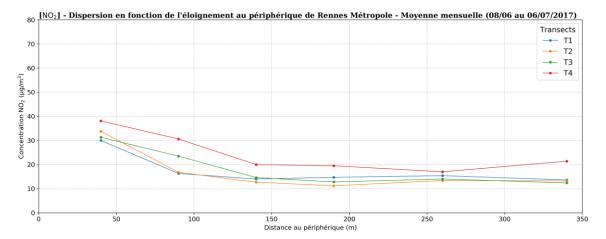


Figure 45: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade – juin 2017

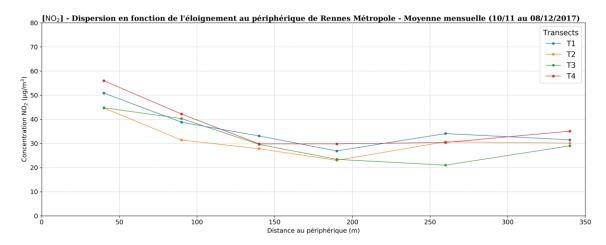


Figure 46: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade – nov. 2017



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison de la modélisation avec les campagnes de mesure

La modélisation, illustrée sur les figures Figure 47 à Figure 50, confirme les enseignements retenus :

- 1. Les niveaux sont les plus élevés à proximité des axes routiers. La décroissance est rapide des lors que l'on s'éloigne de la rocade et des autres voies de circulations.
- 2. L'impact des axes à fort trafic est peu significatif au niveau des points de prélèvement éloignés, les concentrations correspondent au niveau de fond urbain du domaine.
- 3. La modélisation sous-estime légèrement les concentrations au niveau des points implantés à proximité des voies secondaires de circulation au centre du quartier (points des transects situés entre 300 et 350 m de la rocade). Cela s'explique par le fait que ces voies secondaires ne sont pas prises en compte dans la modélisation, aucune information n'est disponible à ce jour. Le trafic secondaire est traité de manière surfacique avec le cadastre des autres émissions (Cf. V. Méthodologie de construction d'un modèle urbain).
- 4. Les résultats sont cohérents avec ceux publiés par le LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon<sup>20</sup>: De manière générale, SIRANE est capable de modéliser les fortes variations spatiales dans le domaine et de reproduire précisément les variations temporelles des niveaux de NO<sub>2</sub>, fortement corrélés au trafic automobile.

\_

The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO<sub>2</sub> yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved – 2017]



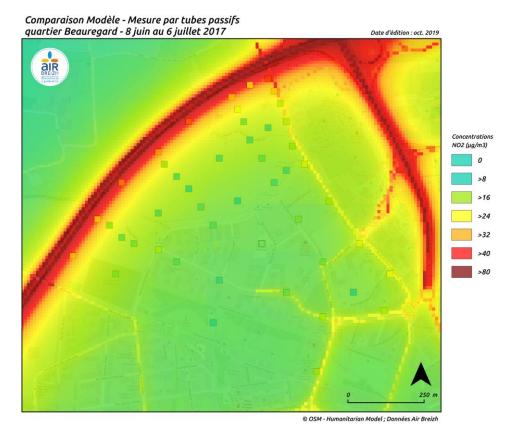


Figure 47: Comparaison cartographique modèle / mesure quartier Beauregard - juin 2017



Figure 48: Comparaison cartographique modèle / mesure quartier Beauregard – nov. 2017



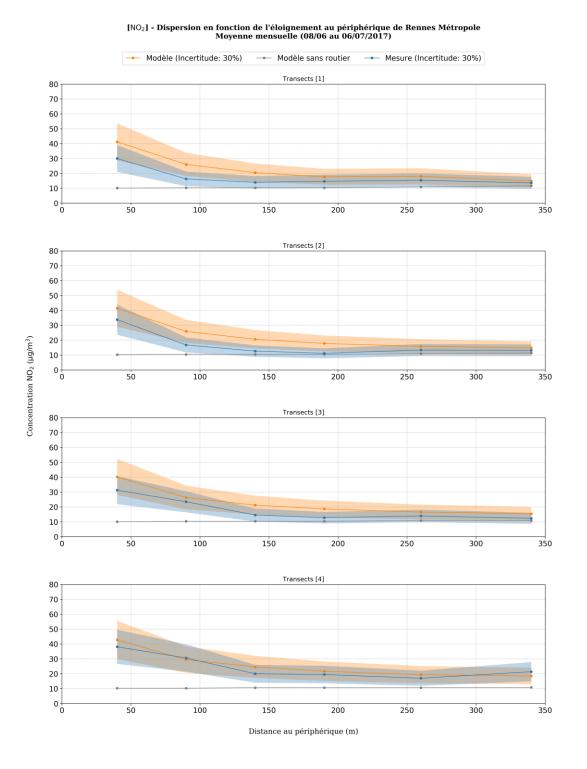


Figure 49: Comparaison des transects modèle / mesure quartier Beauregard – juin 2017



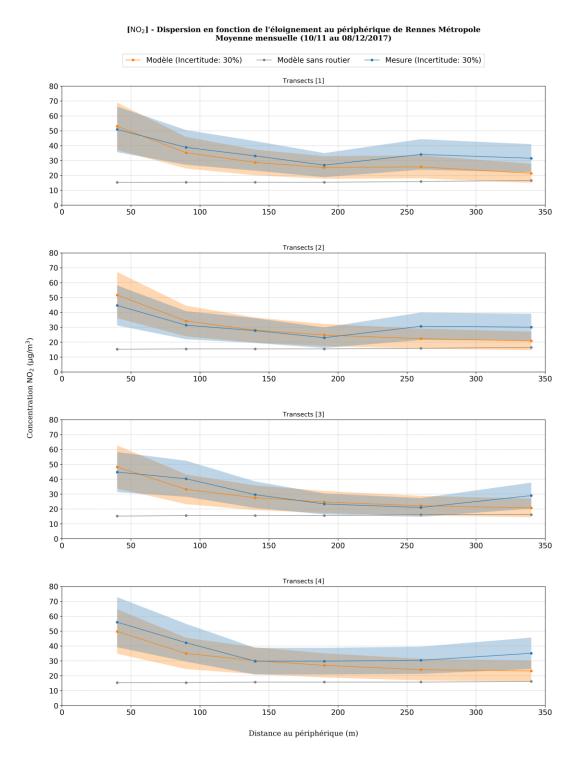


Figure 50: Comparaison des transects modèle / mesure quartier Beauregard-nov.~2017



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# VI. 6. Validation à partir de la campagne de mesure 2016 à proximité de la rocade de Rennes Métropole

Dans le cadre d'une expérimentation visant à évaluer les effets de la vitesse maximale autorisée sur la rocade rennaise en termes de qualité de l'air, de bruit, de conditions de circulation et d'accidentalité, la DREAL Bretagne a sollicité Air Breizh afin de réaliser deux campagnes de mesure de la qualité de l'air, avant et pendant la mise en place de la réduction de vitesse, en vue d'en évaluer l'impact à proximité de cette voie de circulation<sup>21</sup>.

### Localisation des points de mesure et période étudiée

Pendant une période d'un an, à savoir du 1 octobre 2015 au 30 septembre 2016, la vitesse maximale autorisée sur la rocade rennaise a été abaissée de 20 km/h. Après avoir réalisé un état initial de la qualité de l'air avant la mise en place de la réduction de vitesse de juin à septembre 2015, Air Breizh a engagé une nouvelle campagne de mesure en 2016, selon un protocole identique. Afin de mieux quantifier l'influence de cet abaissement, 2 points de mesures présentant des vitesses limitées différentes ont été sélectionnés :

- L'un sur la rocade nord dit « point Nord » (passage d'une vitesse limitée de 110 à 90 km/h);
- L'autre sur la rocade sud dit « point Sud » (passage d'une vitesse limitée de 90 à 70 km/h).



Dispositif de surveillance - Campagne de mesure à proximité de la rocade - 2016

Figure 51: Dispositif implanté en 2016 à proximité de la rocade

#### Techniques de mesure

Des mesures par analyseur ont été déployées afin de suivre en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations. Le fonctionnement de ces analyseurs est identique à ceux intégrés au dispositif de surveillance régionale de la qualité de l'air et répondent ainsi aux normes en vigueur. Contrairement aux mesures par diffusion passive, les analyseurs automatiques fournissent une donnée horaire, ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux, et leurs corrélations avec d'autres facteurs comme la circulation ou les conditions météorologiques.

### Finalité de la campagne de mesure

Principalement axée sur le dioxyde d'azote, considéré comme traceur de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier, l'étude a pour objectif de comparer les niveaux mesurés en 2016 à ceux de l'état initial en 2015, tout en considérant les variations des conditions de trafic et les différences météorologiques, afin de conclure sur l'impact de cette réduction de vitesse.

### Principaux résultats de la campagne de mesure

Les principaux enseignements retenus concernant le NO2 sont les suivants :

- Au niveau du point Nord, où la vitesse maximale autorisée a été abaissée de 110 km/h à 90 km/h, une baisse significative et systématique des concentrations est observée sur la base des exercices de comparaison.
- Au niveau du point Sud, où la vitesse maximale autorisée a été abaissée de 90 km/h à 70 km/h, aucune tendance nette et systématique ne se dégage des exercices de comparaison. Les différences observées (positives comme négatives) sont jugées trop faibles pour être significatives et donc interprétables.

<sup>21</sup> Impact de la réduction de la vitesse sur la qualité de l'air à proximité de la rocade rennaise dans le cadre de l'expérimentation : Campagne de mesure 2015 et 2016 [Air Breizh - décembre 2016]



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison de la modélisation avec la campagne de mesure 2016

- 1. Les résultats sont cohérents avec ceux publiés par le LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon<sup>22</sup>:

  De manière générale, SIRANE est capable de modéliser les fortes variations spatiales dans le domaine et de reproduire précisément les variations temporelles des niveaux de NO<sub>2</sub>, fortement corrélés au trafic automobile.
- 2. Les résultats au niveau du point Sud sont jugés insatisfaisants selon la cible illustrée Figure 52. Le modèle peine à reproduire les concentrations observées au cours de l'année 2016 au niveau du périphérique Sud. Le changement de vitesse caractérisée par le passage de 90 à 70 km/h n'a pas été pris en compte dans le modèle, la vitesse maximale autorisée sur l'ensemble du périphérique a été fixée à 90 km/h sur la période 2016 2018. Cela pourrait expliquer les écarts constatés entre le modèle et la mesure.
- 3. Cependant, par analogie avec le point P37 de l'étude rocade 2018 et comme le montre la Figure 54, une surestimation des valeurs hautes modélisées est également observée au niveau des deux points de mesure { Nord et Sud }, avec des écarts pouvant aller jusqu'à un facteur 2.

Les concentrations sont généralement sous-estimées par le modèle lors des pics de NO<sub>2</sub>. C'est le cas au niveau des stations de mesures fixes implantées dans la métropole (« Saint-Yves », « Halles » et « Laënnec » ; cf. qqplot de la mesure NO<sub>2</sub> « Halles » Figure 20). Cette surestimation globale et les écarts modèles/mesures peuvent provenir de plusieurs facteurs :

- Les données de comptages routiers (TMJA) et leur redistribution temporelle heure par heure (Cf. V. 5 Modulation du trafic routier);
- La topographie du terrain (pont, tunnel, talus, écran végétal, mur anti-bruit...), non implémentée dans le modèle SIRANE (IV. 4 Les limites de SIRANE).
- Le calcul des conditions météorologiques (stabilité atmosphérique) au niveau des surfaces à partir des paramètres météorologiques fournis (issus de la station Météo France de l'aéroport de Saint-Jacques de la Lande, cf. V. 7 Détermination des conditions météorologiques).

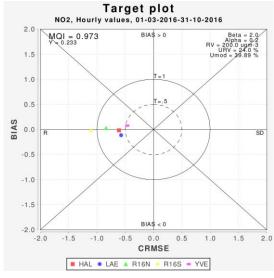


Figure 52: Evaluation des résultats NO<sub>2</sub> des points nord (R16N) et sud (R16S) du 1<sup>er</sup> mars au 31 octobre 2016 (Target-Plot)

 $<sup>^{22}</sup>$  The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III : Validation against NO $_2$  yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved - 2017]







Figure 53: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure points Nord et Sud – du 1<sup>er</sup> mars au 31 octobre 2016

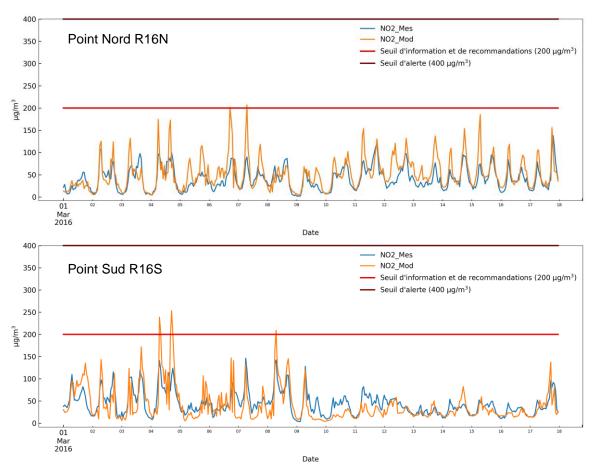


Figure 54: Comparaison horaire modèle / mesure points Nord et Sud – mars 2016



Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# VII. Exposition des habitants de la métropole à la pollution de l'air

Les cartes de ce chapitre représentent les synthèses pluriannuelles 2016 - 2018 pour trois polluants réglementés, indicateurs de la pollution de l'air ambiant à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, les particules fines PM10 et très fines PM2.5.

Les niveaux de pollution modélisés résultent de la concentration de fond qui provient des sources extérieures à la métropole et de la contribution des sources d'émissions locales.

### VII. 1. Méthodologie d'élaboration des synthèses pluriannuelles

### 1-Définition de l'indicateur Pourcentage de Valeur Limite (VL)

Pour chaque polluant « p » et en chaque point de grille de sortie « x », le %VL est défini comme suit :

$$\% VL = \frac{Cp_x}{VL_n}$$

Avec

$$C_{px}$$
 = Concentration moyenne au point de grille « x » du polluant « p »  $VL_p$  = Valeur limite réglementaire du polluant « p »

Lorsque l'indicateur dépasse 100 %, le point de la grille connait un dépassement de VL.

### 2-Calcul de l'année médiane en pourcentage de Valeur Limite (% VL)

La carte médiane est obtenue en conservant, pour chaque point du domaine, la valeur annuelle médiane sur la période étudiée. Cette étape permet de passer de trois cartes annuelles à une carte médiane unique, qui limite l'influence des conditions métrologiques.

#### 3-Définition de l'échelle de couleur

L'échelle de couleur est basée sur la valeur limite annuelle réglementaire européenne de chaque polluant. Elle est définie au niveau national par le LCSQA. Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la valeur limite est dépassée (> 100% de VL) et la carte vire au rouge.

Seuils % VL (Valeur Limite)	Couleurs	Qualificatif	Concentrations (µg/m³) moyenne annuelle			
			NO2	PM10	PM2.5	
> 0 % VL		Très Bon	>0	>0	>0	
> 20 % VL		TIES DOIL	>8	>8	>5	
> 30 % VL		Bon	>12	>12	>7.5	
> 40 % VL		DUII	>16	>16	>10	
> 50 % VL		Mayran	>20	>20	>12.5	
> 60 % VL		Moyen	>24	>24	>15	
> 70 % VL			>28	>28	>17.5	
> 80 % VL		Médiocre	>32	>32	>20	
> 90 % VL			>36	>36	>22.5	
> VL		Mauvais	>40	>40	>25	
> 2 x VL		Très Mauvais	>80	>80	>50	

Tableau 9: Échelle de couleurs réglementaire nationale pour la modélisation



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### 4-Définition de l'indicateur d'exposition de la population à la pollution de l'air

Le calcul d'exposition de la population s'appuie sur la base de données MAJIC (référence 2015), élaborée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) à partir notamment de la BD TOPO de l'IGN.

La base de données MAJIC décrit la répartition de la population sur l'ensemble des bâtiments de la zone d'étude. Un bâtiment est considéré comme « impacté » par un dépassement de la valeur limite lorsque tout ou partie de ce bâtiment est impacté par un dépassement.

La méthodologie implique ainsi une précision à l'échelle du bâtiment. La population habitant dans un bâtiment situé dans une zone en dépassement de valeur limite (> 100 % de VL) est ventilée en fonction de la surface du bâtiment affectée par ce dépassement.

$$Exposition_{LCSQA} = |\sum_{Batiment} Population_{Batiment} \left\{ \frac{Surface\ expos\'{e}e\ _{Batiment}}{Surface\ _{Batiment}} \right\}$$

Avec Population<sub>Bâtiment</sub> = Nombre d'habitants du bâtiment impacté par un dépassement de VL Surface<sub>Bâtiment</sub> = Surface du bâtiment impacté par un dépassement de VL Surface exposée<sub>Bâtiment</sub> = Surface exposée du bâtiment impacté par un dépassement de VL

Il est aussi possible de calculer la population impactée par un dépassement en prenant en compte toute la population résidant dans les bâtiments concernés.

Les deux indicateurs (réglementaire et non réglementaire) seront présentés dans le rapport sous forme d'intervalle :

{ Exposition LCSQA – Population totale vivant dans les bâtiments impactés }.

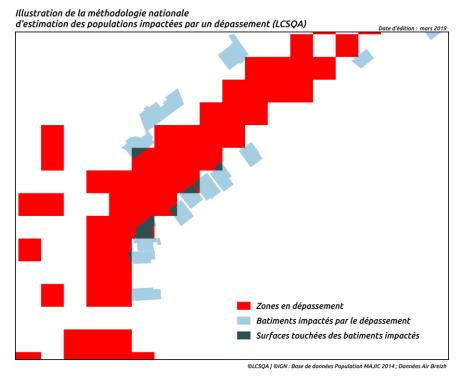


Figure 55: Méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### VII. 2. Le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> : synthèse 2016 – 2018

Les oxydes d'azotes proviennent principalement du transport, des activités industrielles et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), représentant respectivement 70%, 13% et 11% des émissions de la métropole rennaise<sup>23</sup>.

Les seuils réglementaires de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote NO2 sont :

- La valeur limite annuelle fixée à 40 μg/m³ (moyenne annuelle);
   La valeur limite horaire fixée à 200 μg/m³ (moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.

Les valeurs guides établies par l'OMS, au-dessous desguelles il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation, sont identiques à la réglementation européenne en vigueur.

Les cartes d'exposition de la population à la pollution de l'air seront présentées selon 3 classes :

- Zone en dépassement de Valeur limite (> 100 % VL);
- Zone en dépassement potentiel de Valeur limite (>80% VL), l'incertitude de la modélisation est en moyenne comprise entre 20 et 30 %;
- Zone supérieure à 60% de Valeur Limite, à titre d'information et non réglementaire.

Attention particulière : Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique adapté à l'échelle du quartier. Les zooms effectués au niveau d'une rue doivent être effectués avec prudence. Les cartographies de pollution possèdent une résolution spatiale de 10m par 10m. La description des rues est simplifiée en utilisant des données moyennes pour la largeur moyenne d'une rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent.

 $<sup>^{23}</sup>$  Inventaire spatialisé des émissions atmosphériques d'Air Breizh v $^{3}$ 



### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

### Situation chronique : Synthèse des moyennes annuelles 2016-2018

En cohérence avec la répartition de ses sources d'émissions et de son niveau de pollution de fond très faible, les concentrations de NO<sub>2</sub> sont plus élevées au niveau des axes routiers (Cf. Figures Figure 56 à Figure 61). Sa durée de vie étant très courte, les concentrations chutent très rapidement à mesure que l'on s'éloigne des voies de circulation.

Les grands axes routiers sont exposés à des niveaux élevés de dioxyde d'azote :

- Les voies rapides à fort trafic (entre 20 000 et 70 000 véhicules par jour en moyenne) reliant la métropole de Rennes aux agglomérations de Saint-Brieuc, Saint-Malo, Caen, Laval, Angers Nantes, Redon Saint-Nazaire et Vannes Lorient ;
- Le périphérique de la métropole (N136) soumis à des trafics intenses (entre 50 000 et 110 00 véhicules par jour en moyenne), les échangeurs et les pénétrantes associés :
  - ✓ Porte de Pacé Vezin-le-Coquet direction Saint-Brieuc, la rue de Saint-Brieuc et l'avenue de Charles Tillon ;
  - ✓ Portes de Saint-Malo / Beauregard, la rue de Saint-Malo, l'avenue Gros Malhon et le centre commercial Grand Quartier,
  - Le boulevard des Alliés reliant l'échangeur direction le Mont-Saint-Michel et celui de Cesson-Sévigné ;
  - ✓ Porte d'Angers et la rue de Vern ;
  - ✓ Porte d'Alma (direction Nantes) ; son centre commercial et l'avenue Henri Fréville ;
  - ✓ Portes de Bréquigny / Saint-Nazaire direction Redon, la rue de Nantes et le boulevard Jean Mermoz ;
  - ✓ Porte de Cleunay direction les étangs d'Apigné et son centre commercial;
  - ✓ Porte de Lorient et la rue de Lorient.

Les boulevards et avenues du centre-ville de Rennes, avec des trafics quotidiens de l'ordre de 10 000 à 25 000 véhicules par jour, peuvent également être exposés à de forts niveaux de concentration de dioxyde d'azote au regard de la réglementation en vigueur. L'effet de confinement des polluants dû à la présence de bâtiments hauts de chaque côté de peut accentuer les concentrations :

- La place de Bretagne ;
- Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
  - ✓ Le boulevard de la Liberté et la rue Saint-Hélier reliant la place de Bretagne aux quartiers de Sainte-Thérèse et du Cimetière de l'Est :
  - ✓ La rue de Saint-Malo au nord du canal de Saint-Martin;
  - ✓ Les rues de Fougères et de Jean Guéhenno reliant le parc des Gayeulles au centre-ville ;
  - ✓ Les rues de Legraverend et de Lesage reliant le CHU de Pontchaillou au parc du Thabor ;
  - ✓ Les rues du centre-ville historique où la circulation est autorisée, à faible vitesse (zones 30), et où les bâtiments sont hauts et les rues étroites.

Les niveaux de  $NO_2$  dans les zones moins peuplées de la métropole (couronnes de Rennes) sont inférieurs à 8  $\mu g/m^3$  (< 20% de VL) tandis que le niveau de fond urbain de la ville de Rennes est autour de 17  $\mu g/m^3$  (environ 40% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans la métropole.

La majorité de la population réside dans des zones faiblement exposées au dioxyde d'azote. Cependant, entre 100 et 750 personnes sont exposées à des dépassements de la valeur limite en moyenne annuelle à leur domicile.

Au sein de la métropole rennaise, entre 600 et 6800 personnes sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser la valeur limite européennes en vigueur (> 80% de VL). La majorité des personnes exposées vit dans la zone intra-périphérique de la métropole.



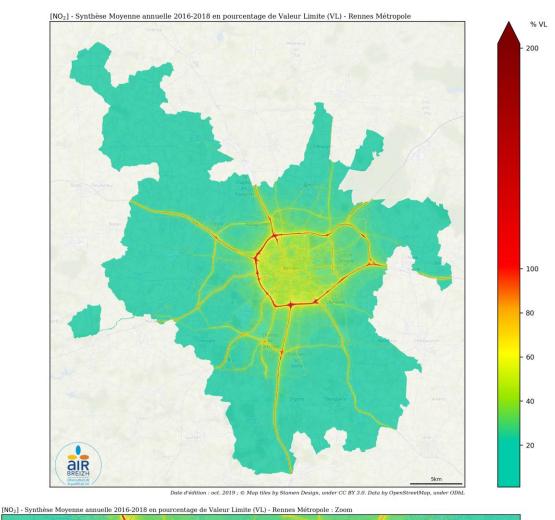
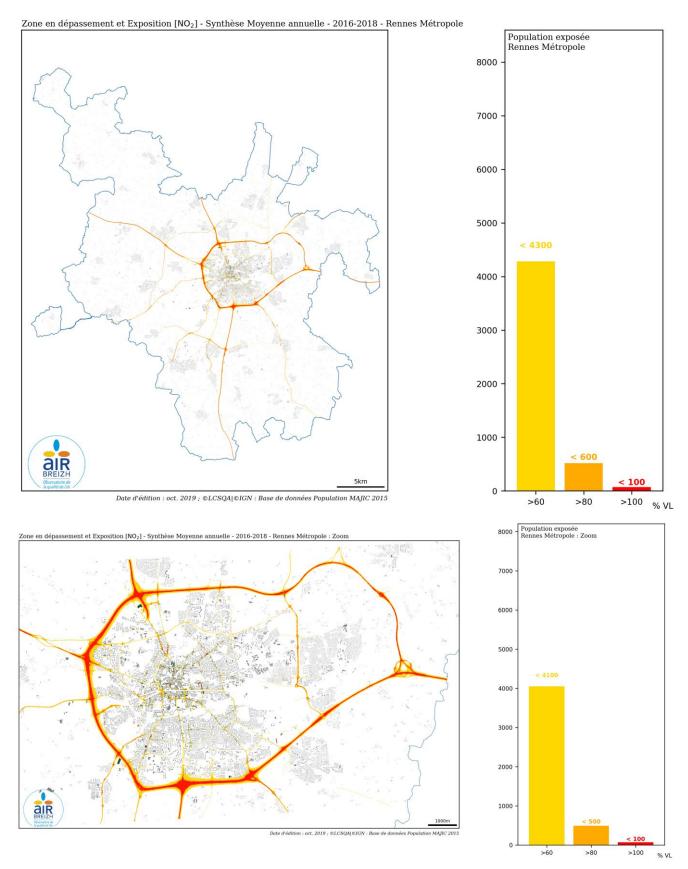




Figure 56: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO2 par rapport à la valeur limite annuelle - Rennes Métropole





 $\textit{Figure 57: Exposition chronique de la population aux NO}_2 \, par \, rapport \, \grave{a} \, \, la \, valeur \, limite \, annuelle \, - \, Rennes \, M\'etropole \, aux \, NO_2 \, par \, rapport \, \grave{a} \, \, la \, valeur \, limite \, annuelle \, - \, Rennes \, M\'etropole \, aux \, NO_2 \, par \, rapport \, \grave{a} \, \, la \, valeur \, limite \, annuelle \, - \, Rennes \, M\'etropole \, aux \, NO_2 \, par \, rapport \, \grave{a} \, \, la \, valeur \, limite \, annuelle \, - \, Rennes \, M\'etropole \, aux \, NO_2 \, par \, rapport \, aux \, NO_3 \, par \, rapport \, aux \, n$ 



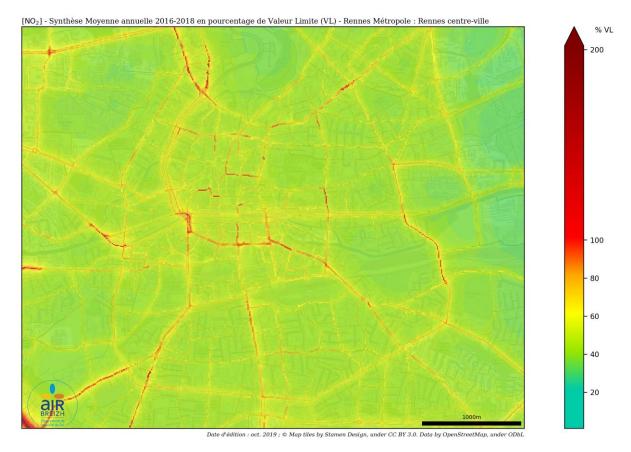


Figure 58: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO<sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle - Centre-ville de Rennes

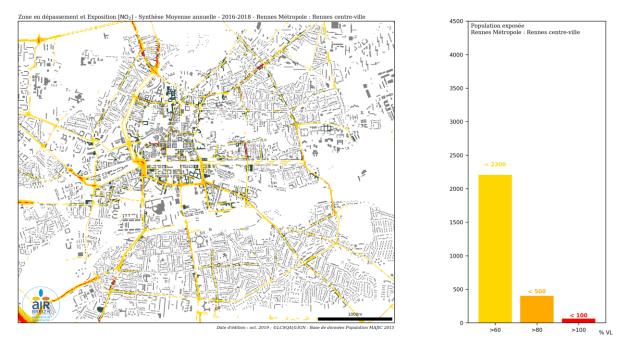
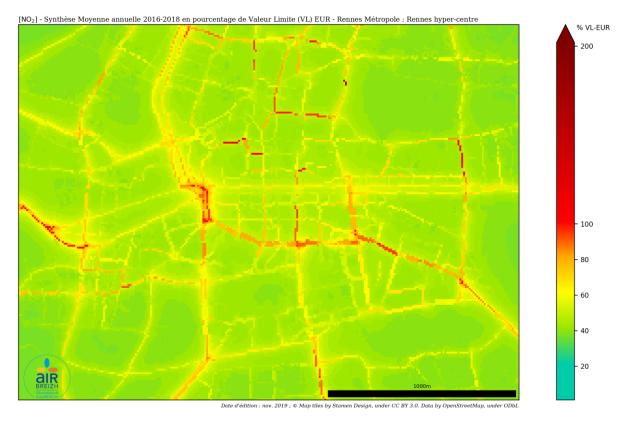


Figure 59: Exposition chronique de la population aux NO<sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle - Centre-ville de Rennes





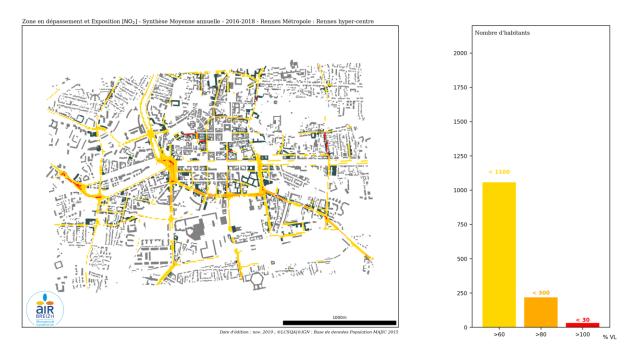


Figure 61: Exposition chronique de la population aux NO<sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle – Hyper-centre de Rennes



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Origine de la pollution au NO<sub>2</sub> : Quel est l'impact des principales sources de pollution sur la qualité de l'air ?

La Figure 62 illustre l'origine des sources de pollution du dioxyde d'azote pour le mois de de mars 2018, au niveau de la station de mesure de proximité automobile implantée près du boulevard de la Liberté.

Les sources sont classées en quatre catégories, selon la méthodologie employée dans le modèle :

- Les sources linéiques routières, représentées en orange ;
- Les sources ponctuelles industrielles, représentées en bleu ;
- Les sources cadastrées (autres émissions dont le chauffage urbain), représentées en violet ;
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émission, dont les aires urbaines et agricoles du territoire, représentée en vert.

La mesure de NO<sub>2</sub> est également représentée en trait bleu sur la figure, afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

La Figure 62 montre l'influence du transport routier sur les concentrations atmosphériques de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le trafic routier contribue en 2018 à hauteur de 80% des concentrations respirées au niveau de la station de proximité automobile « Halles » et de 50% au niveau de la station urbaine de fond « Saint-Yves ». La figure montre également le caractère très local du dioxyde d'azote.

Ces résultats suggèrent que réduire les sources d'émission telles que le trafic routier pourrait diminuer les niveaux de pollution respirés quotidiennement par les habitants de la métropole.

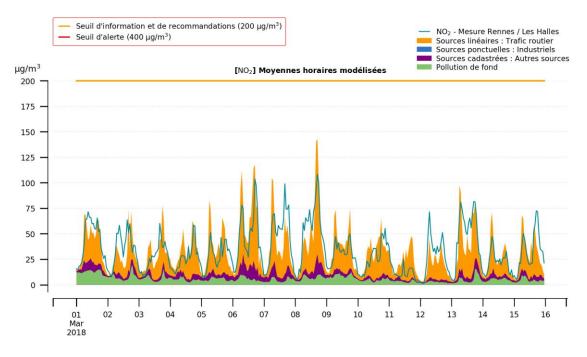


Figure 62: Contribution des sources de NO2 au niveau de la station « Halles »



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Episode de pollution au NO<sub>2</sub> : Quel état des lieux sur la métropole rennaise ?

La Figure 63 illustre le nombre d'heure de dépassement du seuil d'information et de recommandations simulé pour l'année de référence 2018, fixé à 200 µg/m³.

La valeur limite horaire fixée à 18 heures de dépassement autorisées du seuil d'information et de recommandations (200 µg/m³) n'est pas respectée au niveau des voies de circulation des principaux axes de Rennes Métropole (rocade, nationales et quelques pénétrantes).

La modélisation est en adéquation avec le dispositif de surveillance implantée dans la métropole :

- La station de fond urbain « Saint-Yves » (hors proximité automobile, donc non influencée directement par le trafic routier) ne mesure aucun dépassement du seuil d'information et de recommandations établi pour le NO₂.
- Les stations de surveillance de proximité automobile peuvent mesurer des dépassements occasionnels (station Halles boulevard de la Liberté) voire aucun (station « Laënnec » boulevard Laënnec, où le trafic routier est en baisse depuis au moins dix ans).

Sur la période 2016 - 2018, seuls 4 dépassements du seuil horaire d'information et de recommandations ont été constatés en situation de proximité automobile (station de mesure implantée à proximité du boulevard de la Liberté), les 24 janvier 2017 et 27 septembre 2018.

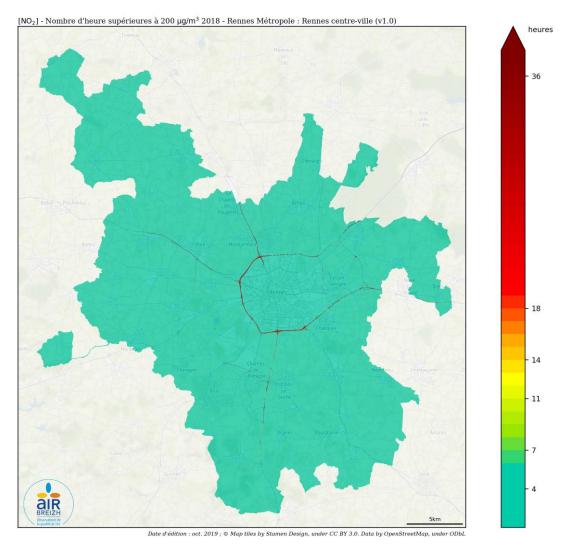


Figure 63: Exposition au NO2 en situation de pollution aigue pour l'année 2018



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### VII. 3. Les particules fines PM10 : synthèse 2016 – 2018

Le transport, les activités industrielles et le chauffage urbain (résidentiel et tertiaire) émettent respectivement 36%, 25% et 24% des émissions de particules fines PM10 de la métropole rennaise<sup>24</sup>.

#### Les seuils réglementaires de la qualité de l'air pour les PM10 sont :

- La valeur limite annuelle fixée à 40 μg/m³ (en moyenne annuelle);
- L'objectif de qualité annuel fixé à 30 μg/m³(en moyenne annuelle);
- La valeur limite journalière fixée à 50 μg/m³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

#### Les valeurs guides de la qualité de l'air pour les PM10 établies par l'OMS sont :

- La valeur guide annuelle fixée à 20 μg/m³ (en moyenne annuelle);
- La valeur guide journalière fixée à 50 μg/m³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.

Les valeurs limites européennes en vigueur en 2019 pendant l'écriture de ce rapport sera à court terme révisées et très vraisemblablement abaissées pour tendre vers les valeurs guides établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Au cours de l'année 2018, Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) a « pris en charge l'organisation d'un séminaire réunissant les membres du dispositif national de surveillance mais également l'Anses afin de préparer collectivement la contribution française au processus de révision des directives européennes sur la qualité de l'air souhaité par la Commission. »<sup>25</sup>.

Les cartes d'exposition de la population à la pollution de l'air seront présentées selon 3 classes :

- Zone en dépassement de Valeur Limite (> 100 % VL);
- Zone en dépassement d'objectif de qualité (> 75 % VL);
- Zone en dépassement de la valeur guide OMS (> 50 %), non réglementaire.

Attention particulière: Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique adapté à l'échelle du quartier. Les zooms effectués au niveau d'une rue doivent être effectués avec prudence. Les cartographies de pollution possèdent une résolution spatiale de 10m par 10m. La description des rues est simplifiée en utilisant des données moyennes pour la largeur moyenne d'une rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent.

<sup>25</sup> Rapport d'activité LCSQA 2018 [LCSQA – sept. 2019]

\_

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> Inventaire spatialisé des émissions atmosphériques d'Air Breizh v3



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Situation chronique : Synthèse des moyennes annuelles 2016-2018

Les deux principales sources d'émissions de particules fines apparaissent sur la cartographie de pollution de l'air (Cf. figures Figure 64 à Figure 67). La qualité de l'air dans les zones densément peuplées et à proximité des axes routiers est jugée bonne (<40 % de VL) à moyenne (40 à 60 % de VL) selon la réglementation en vigueur.

L'amplitude des concentrations de particules fines modélisées est plus restreinte que pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :

- Le niveau de fond périurbain dans les zones peu habitées de la métropole est autour de 12-13 μg/m³ (environ 30% de VL);
- Le niveau de fond urbain de la ville de Rennes est autour de 14-15 μg/m³ (environ 35-40% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans un environnement isolé dans le quartier du Blosne (station « Pays-Bas »). Le chauffage résidentiel, représentant 24 % des émissions de PM10 de la métropole, est très majoritairement responsable de cette augmentation par rapport aux zones moins habitées de la métropole;
- Le niveau simulé en situation de proximité automobile varie autour de 20 μg/m³ (environ 50% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté au niveau du boulevard Laënnec (station « Laënnec»);
- Les niveaux maxima sont observés sur le périphérique de Rennes Métropole (100 % de VL), où le nombre de véhicules circulant sur les voies est le plus fort (environ 100 000 véhicules/jour).

D'après la modélisation, aucun habitant n'est exposé à des dépassements de seuils annuels européens en vigueur :

- Respect de la valeur limite fixée à 40 μg/m³ (équivalent à 100 % de VL);
- Respect de l'objectif de qualité fixé à 30 μg/m³ (équivalent à 75 % de VL).

Cependant, entre 400 et 4 400 personnes sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser la valeur guide établie par l'OMS (20  $\mu$ g/m³ en moyenne annuelle soit 50% de la VL en vigueur).

Ce constat est en adéquation avec les zones d'impact maximal provoquées par le dioxyde d'azote. La majorité des personnes exposées à des dépassements de la valeur guide annuelle de l'OMS vit dans la zone intra-périphérique de la métropole.



AIR

## **ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR:**

## Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

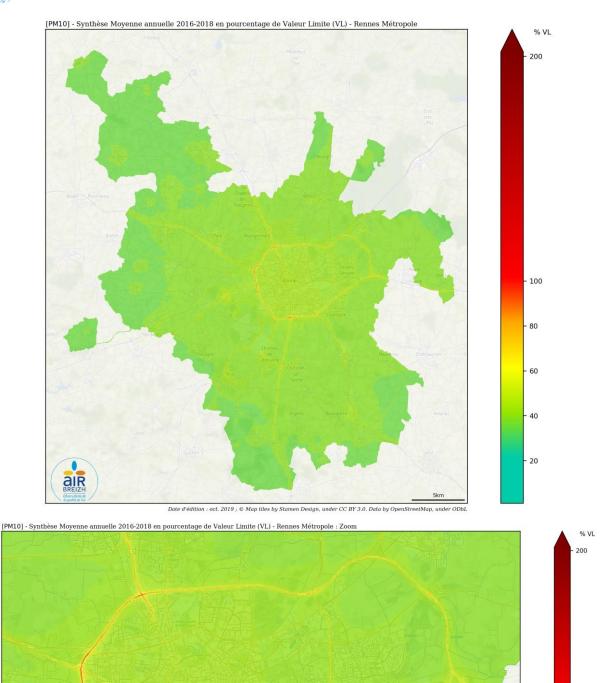


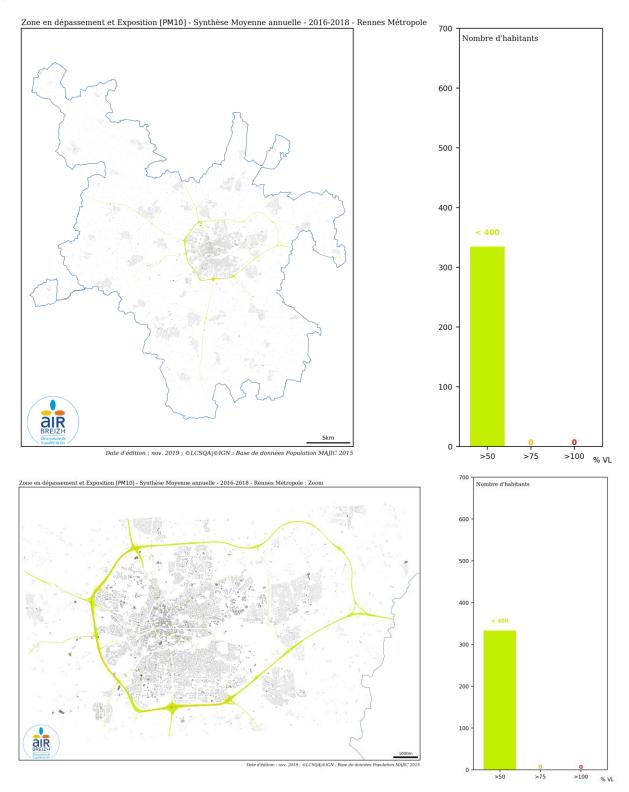
Figure 64: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite annuelle - Rennes Métropole

100

60

20





 $Figure~65: Exposition~chronique~de~la~population~aux~PM10~par~rapport~\grave{a}~la~valeur~limite~annuelle~-~Rennes~M\'etropole$ 



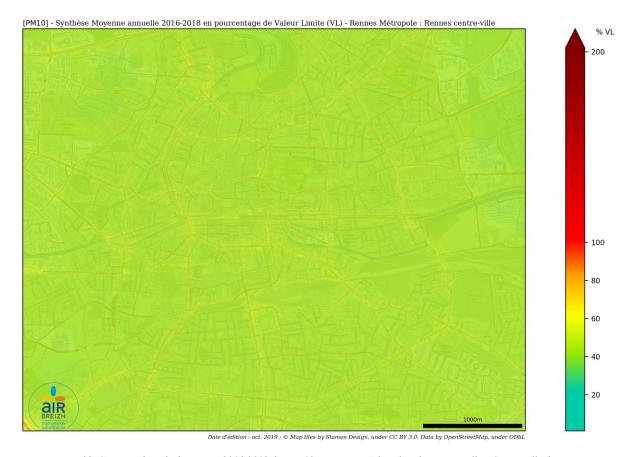


Figure 66: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite annuelle - Centre-ville de Rennes

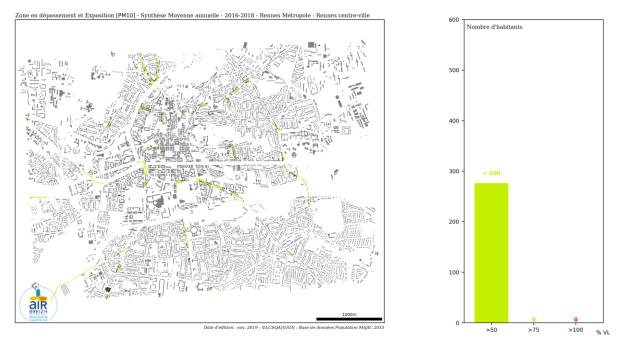


Figure 67: Exposition chronique de la population aux PM10 par rapport à la valeur limite annuelle - Centre-ville de Rennes



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Origine de la pollution particulaire PM10 : Quel est l'impact des principales sources de pollution sur la qualité de l'air ?

La Figure 68 illustre l'origine des sources de pollution des particules fines pendant les mois de février et mars 2018, propice à la pollution particulaire. Les concentrations sont modélisées au niveau de la station de mesure urbaine de fond, implantée dans le quartier du Blosne.

Les sources sont classées en quatre catégories, selon la méthodologie employée dans le modèle :

- Les sources linéiques routières, représentées en orange ;
- Les sources ponctuelles industrielles, représentées en bleu ;
- Les sources cadastrées (autres émissions dont le chauffage urbain), représentées en violet;
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émission, dont les aires urbaines et agricoles du territoire, représentée en vert.

La mesure de PM10 est également représentée en trait bleu sur la figure, afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

L'évolution des sources de pollution démontre l'influence de l'apport extérieur sur les concentrations de particules fines respirées quotidiennement. Contrairement au dioxyde d'azote, le trafic routier de la métropole n'est pas le contributeur principal des concentrations de PM10. Il représente environ 10% des concentrations modélisées, jusqu'à 20% en proximité de trafic. Les autres sources, dont principalement les équipements de chauffage, contribuent à hauteur d'environ 10 % - 15 % dans les concentrations respirées.

Le dispositif de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA), qui sera implanté en janvier 2020 dans l'agglomération rennaise (quartier du Blosne), permettra d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire, dont le fond régional représenté en vert sur la figure.

Agir sur les sources d'émission telles que le trafic routier et le chauffage urbain pourrait réduire les niveaux de pollution respirés quotidiennement par les habitants de la métropole.

Le modèle a bien reproduit le pic de pollution mesuré le 22/02/2018 sur le territoire de la métropole (49 µg/m³ station « Pays-Bas » et 52 µg/m³ station « Laënnec » en moyenne journalière).

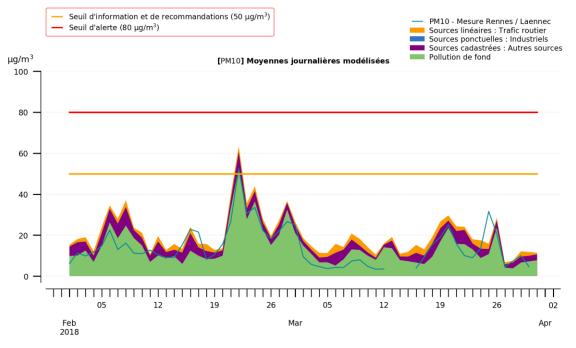


Figure 68: Contribution des sources de PM10 au niveau de la station « Laënnec »



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Episode de pollution particulaire : Quel état des lieux sur la métropole rennaise ?

La Figure 69 illustre le nombre de jours de dépassement simulé du seuil d'information et de recommandations pour l'année de référence 2018, fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière.

La valeur limite journalière fixée à 35 jours de dépassement autorisés du seuil d'information et de recommandations (50  $\mu$ g/m³ en moyenne journalière) est respectée sur le territoire de Rennes Métropole.

Ce résultat est cohérent avec le dispositif de surveillance implantée dans la métropole, où seulement quelques épisodes de pollution (moyenne journalière >  $50 \mu g/m^3$ ) ont été constatés sur la période 2016 - 2018 via les mesures en situation de fond urbain.

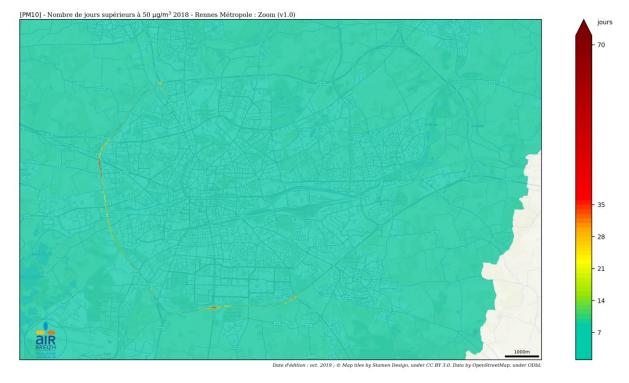


Figure 69: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigue pour l'année 2018



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Comparaison des synthèses annuelles avec le seuil préconisé par l'OMS

Afin de limiter les problèmes sanitaires, le seuil annuel de recommandations fixé par l'OMS est établi à 20  $\mu$ g/m³ en moyenne annuelle, soit 50 % de la valeur limite européenne en vigueur sur le territoire français (40  $\mu$ g/m³).

Une comparaison cartographique de la synthèse 2016 -2018 en moyenne annuelle est effectuée Figure 71, avec :

- d'un côté la carte « réglementaire » avec l'échelle de couleur officielle en pourcentage de Valeur Limite EURopéenne (%VL-EUR). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la valeur limite est dépassée (>100% de VL) et la carte vire au rouge;
- de l'autre la carte « OMS » avec l'échelle de couleur adaptée à la Valeur Guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (%VG-OMS). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la valeur guide est dépassée (>100% de VG) et la carte vire au rouge.

Une visualisation des cartes régionales en amont a été ajoutée Figure 70 dans le cadre de cette perspective. L'année de référence est la dernière disponible : 2019. Elle s'appuie sur les résultats des stations de mesures bretonnes et d'une méthode d'analyse plus aboutie pour affiner les résultats.

Les concentrations modélisées sur le territoire de Rennes Métropole sont proches de la valeur guide annuelle établie par l'OMS. Les dépassements ont lieu à proximité directe des axes routiers, zones d'impact maximal (Cf. paragraphe précédent « Situation chronique : Synthèse de la moyenne annuelle 2016-2018 »).

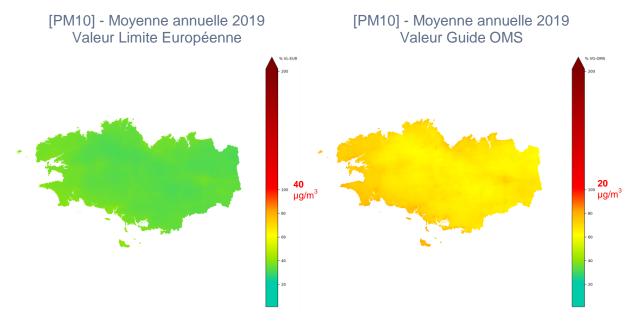


Figure 70: Cartographies de dispersion 2019 des PM10 pour la région Bretagne par rapport à la valeur limite annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à droite)



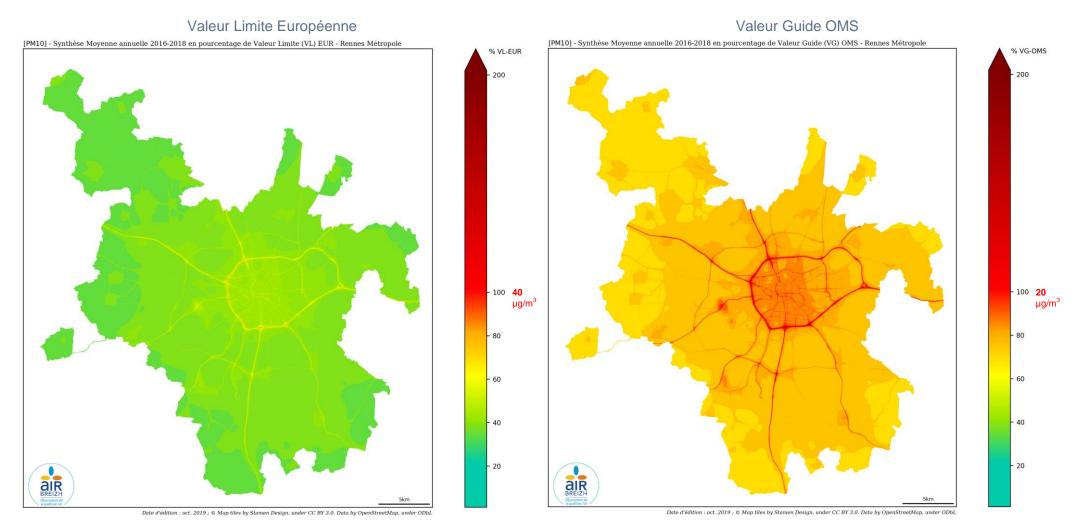


Figure 71: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à droite)



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Concernant des niveaux en situation d'exposition aigue avec le seuil préconisé par l'OMS

La valeur guide OMS est établie à  $50 \,\mu\text{g/m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (au lieu de 35 jours de dépassement autorisés par la réglementation européenne en vigueur). La Figure 73 illustre cet indicateur sur la période 2016 - 2018.

La valeur guide journalière fixée à 3 jours de dépassement autorisés du seuil d'information et de recommandations (50 µg/m³ en moyenne journalière) n'est pas respectée sur le territoire de Rennes Métropole. Les épisodes de pollution particulaire qui ont eu lieu au cours de la période 2016 – 2018 dans le territoire de Rennes Métropole en sont la cause.

- Les années 2016 et 2017 ont été marquées par des épisodes de pollution particulaire importants qui ont touché la métropole rennaise et ses environs. Les conditions météorologiques expliquent en grande partie cette pollution, avec des températures basses et des vents faibles. Cette situation est propice à l'augmentation des émissions locales induites par le chauffage et limite le processus de dispersion atmosphérique des polluants émis par les sources urbaines (chauffage, trafic routier) et agricoles.
- L'année 2018 a enregistré un nombre particulièrement faible de jours concernés par un épisode de pollution particulaire.

#### Nombre de jours de dépassement PM10 mesuré par le dispositif de surveillance :

La Figure 72 présente uniquement le nombre de jours de dépassement du seuil d'information et de recommandation (50  $\mu$ g/m³ en moyenne journalière) sur la période 2016 – 2018 au niveau des stations urbaines de Rennes Métropole (« Laënnec » et « Pays-Bas) et de la station de fond rural bretonne à titre de comparaison.

**Attention particulière** : La station « Pays-Bas » du quartier du Blosne a été équipée d'un analyseur PM10 seulement en fin d'année 2017.

En cohérence avec les sorties de la modélisation, les années 2016 et 2017 ont enregistré plus de jours de dépassement du seuil journalier  $50 \mu g/m^3$ , suite aux épisodes de pollution particulaire qui ont touché la Bretagne. Aucun dépassement de seuil n'a été mesuré en situation de fond rural en Ille-et-Vilaine (station « Guipry »).

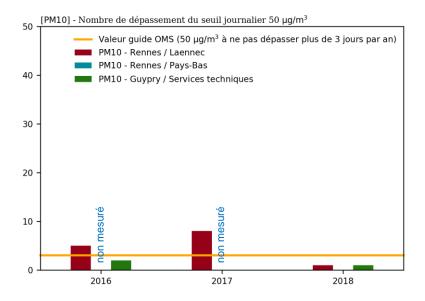


Figure 72: Nombre de jours de dépassement du seuil de la valeur guide OMS établie pour les PM10 sur la base des mesures issues du dispositif de surveillance

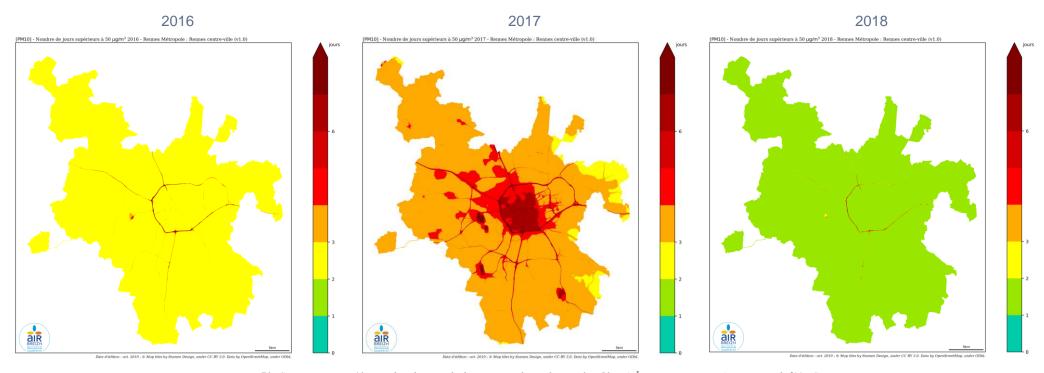


Figure 73: Comparaison PM10 – nombre de jours de dépassement du seuil journalier 50  $\mu$ g/m³ par rapport aux préconisations de l'OMS.



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### VII. 4. Les particules très fines PM2.5 : synthèse 2016 – 2018

Les particules très fines proviennent principalement du transport routier, du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire) et des activités industrielles, respectivement 37 %, 36 % et 21 % des émissions de la métropole rennaise<sup>26</sup>.

Les seuils réglementaires de la qualité de l'air pour les PM2.5 sont :

- La valeur limite annuelle fixée à 25  $\mu$ g/m³ (en moyenne annuelle) ; La valeur cible annuelle fixée à 20  $\mu$ g/m³ (en moyenne annuelle) ;
- L'objectif de qualité annuel fixé à 10 μg/m³(en moyenne annuelle).

Les valeurs guides de la qualité de l'air pour les PM2.5 établies par l'OMS sont :

- La valeur guide annuelle fixée à **10** μg/m³ (en moyenne annuelle) ;
- La valeur guide journalière fixée à 25 µg/m³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.

La valeur limite européenne en vigueur en 2019 pendant l'écriture de ce rapport sera à court terme révisée et très vraisemblablement abaissée pour tendre vers les valeurs guides établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Au cours de l'année 2018, Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) a « pris en charge l'organisation d'un séminaire réunissant les membres du dispositif national de surveillance mais également l'Anses afin de préparer collectivement la contribution française au processus de révision des directives européennes sur la qualité de l'air souhaité par la Commission. »<sup>27</sup>.

La révision des directives européennes se réfère notamment à l'arrêté du 7 décembre 2016, joint en annexe de ce rapport, fixant un objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques afin d'améliorer la qualité de l'air et l'état de santé des populations<sup>28</sup>.

Cet arrêté, s'appuie sur un indicateur défini à la fois par les règlementations européenne et nationale, l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) :

- Selon la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, l'IEM est un niveau moyen déterminé sur la base des mesures effectuées dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine sur l'ensemble du territoire d'un Etat membre et qui reflète l'exposition de la population ;
- Selon l'article R.221-1 du code de l'environnement, l'IEM est la concentration moyenne à laquelle est exposée la population et qui est calculée pour une année donnée à partir des mesures effectuées sur trois années civiles consécutives dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine répartis sur l'ensemble du territoire.

La directive 2008/50/CE précise que l'IEM « est utilisé afin de calculer l'objectif national de réduction de l'exposition et l'obligation en matière de concentration relative à l'exposition ». Dans le cadre de cette dernière, l'objectif de réduction des concentrations atmosphériques en particules fines PM2.5 à respecter en 2020 et calculé grâce à l'IEM est de 14,7 microgrammes par mètre cube (µg/m³) en ce qui concerne la France.

L'arrêté publié est plus ambitieux que la directive précitée puisqu'il fixe l'objectif de respecter en 2030 la valeur guide de l'OMS de 10 μg/m³, avec un objectif intermédiaire de 11.2 μg/m³ en 2025.

<sup>28</sup> JORF n°0287 du 10 décembre 2016 Texte n°32

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> Inventaire spatialisé des émissions atmosphériques d'Air Breizh v3

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> Rapport d'activité LCSQA 2018 [LCSQA – sept. 2019]



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Les cartes d'exposition de la population à la pollution de l'air seront ainsi présentées selon 5 classes:

- Zone en dépassement de Valeur Limite (> 100 % VL);
- Zone en dépassement de valeur cible (> 80 % VL);
- Zone en dépassement de l'IEM Objectif 2020 (> 60 % VL);
- Zone en dépassement de l'IEM Objectif 2025 (> 45 % VL);
- Zone en dépassement de l'IEM Objectif 2030, équivalent à la valeur quide établie par OMS (> 40 % VL).

Attention particulière : Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique adapté à l'échelle du quartier. Les zooms effectués au niveau d'une rue doivent être effectués avec prudence. Les cartographies de pollution possèdent une résolution spatiale de 10m par 10m. La description des rues est simplifiée en utilisant des données moyennes pour la largeur moyenne d'une rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent.

#### Situation chronique : Synthèse des moyennes annuelles 2016-2018

Les deux principales sources d'émissions de particules très fines apparaissent sur la cartographie de pollution de l'air (Cf. figures Figure 74 à Figure 77). La qualité de l'air dans les zones densément peuplées et à proximité des axes routiers est jugée bonne (<40 % de VL) à moyenne (40 à 60 % de VL) selon la réglementation en vigueur.

L'amplitude des concentrations de particules très fines modélisées est plus restreinte que pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>):

- Le niveau de fond périurbain dans les zones peu habitées de la métropole est autour de 7 μg/m<sup>3</sup> (environ 30% de VL);
- Le niveau de fond urbain de la ville de Rennes est autour de 10 μg/m<sup>3</sup> (environ 40 % de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans un environnement isolé dans le quartier du Blosne (station « Pays-Bas »). Le chauffage résidentiel, représentant 36 % des émissions de PM2.5 de la métropole, est très majoritairement responsable de cette augmentation par rapport aux zones moins habitées de la métropole ;
- Le niveau simulé en situation de proximité automobile varie autour de 14 µg/m³ (environ 50% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté au niveau du boulevard Laënnec (station « Laënnec»);
- Les niveaux maxima sont observés sur le périphérique de Rennes Métropole (100 % de VL), où le nombre de véhicules circulant sur les voies est le plus fort (environ 100 000 véhicules/jour).

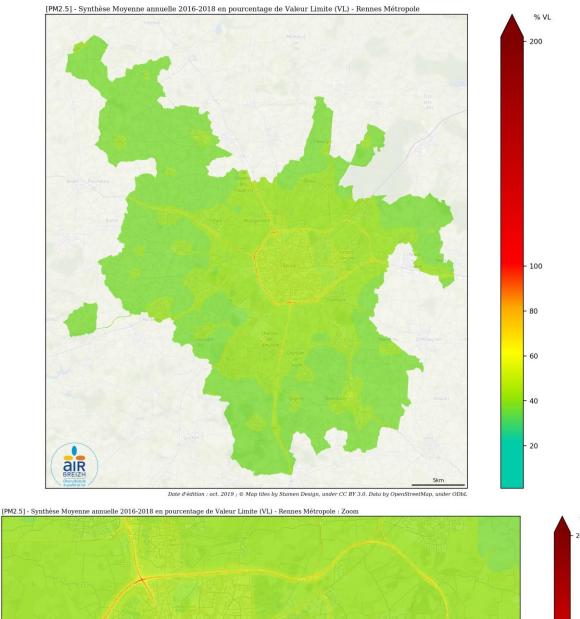
D'après la modélisation, aucun habitant n'est exposé à des dépassements des valeurs limite et cible européennes en vigueur :

- Respect de la valeur limite fixée à 25  $\mu$ g/m³ (équivalent à 100 % de VL) ; Respect de la valeur cible fixée à 20  $\mu$ g/m³ (équivalent à 80 % de VL) ;
- Respect de l'objectif de réduction 2020 via l'IEM fixé à 15 µg/m³ (équivalent à 60 % de VL).

Cependant, les objectifs à long terme (2025 et 2030) ne sont pas respectés sur la période d'étude 2016 - 2018:

- entre 11 000 et 69 000 personnes, soit à minima environ 3 % des habitants de la métropole, sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser l'objectif de qualité 2025 de l'IEM (11.2 µg/m³ en moyenne annuelle soit 45% de la VL en vigueur);
- entre 234 000 et 314 000 personnes, soit à minima environ 50 % des habitants de la métropole, sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser la valeur guide établie par l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle soit 40% de la VL en vigueur, équivalent à l'objectif de qualité 2030 de l'IEM).





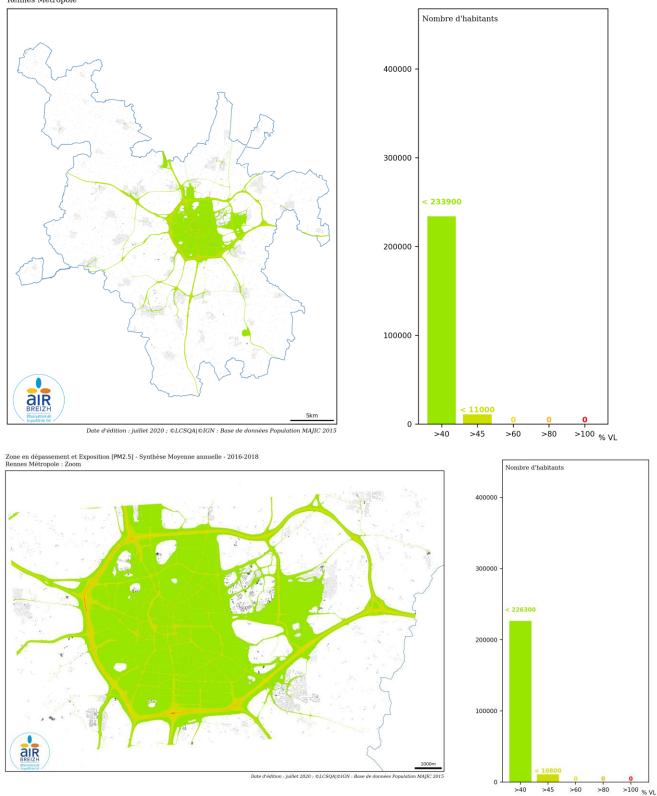
- 100 - 80 - 40 - 20

Figure 74: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite annuelle - Rennes Métropole



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Zone en dépassement et Exposition [PM2.5] - Synthèse Moyenne annuelle - 2016-2018 Rennes Métropole



 $Figure~75: Exposition~chronique~de~la~population~aux~PM2.5~par~rapport~\grave{a}~la~valeur~limite~-~Rennes~M\'etropole$ 



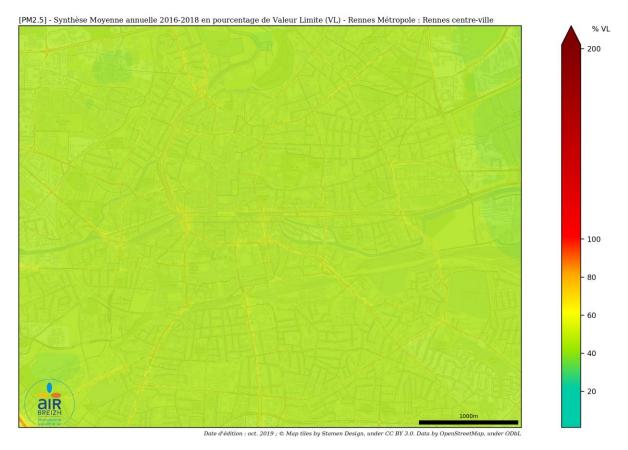


Figure 76: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite annuelle - Centre-ville de Rennes

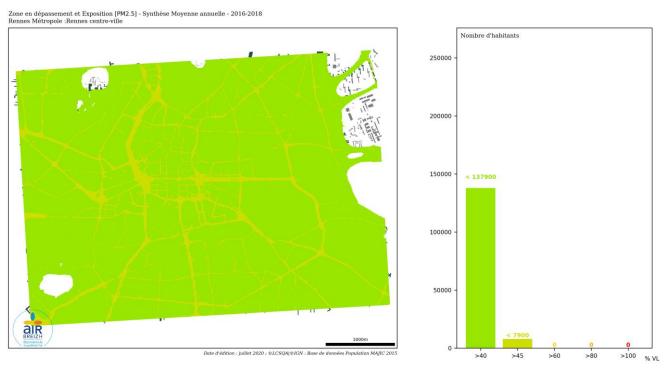


Figure 77: Exposition chronique de la population aux PM2.5 par rapport à la valeur - Centre-ville de Rennes



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Origine de la pollution particulaire PM2.5 : Quel est l'impact des principales sources de pollution sur la qualité de l'air ?

La Figure 78 illustre l'origine des sources de pollution des particules très fines pour l'année 2018, au niveau de la station urbaine de fond implantée dans le quartier du Blosne.

Les sources sont classées en quatre catégories, selon la méthodologie employée dans le modèle :

- Les sources linéiques routières, représentées en orange ;
- Les sources ponctuelles industrielles, représentées en bleu ;
- Les sources cadastrées (autres émissions dont le chauffage urbain), représentées en violet ;
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émission, dont les aires urbaines et agricoles du territoire, représentée en vert.

La mesure de PM2.5 est également représentée en trait bleu sur les figures, afin de pouvoir comparer les concentrations modélisées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

La Figure 78 démontre l'influence du fond régional sur les concentrations de particules très fines respirées quotidiennement. Contrairement au dioxyde d'azote, le trafic routier n'est pas le contributeur principal des concentrations de PM2.5. Il représente environ 10% des concentrations modélisées, jusqu'à 20% en proximité de trafic. Les autres sources, dont principalement les équipements de chauffage, contribuent à hauteur d'environ 10 % - 15 % dans les concentrations respirées.

Le dispositif de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA), qui sera implanté en janvier 2020 dans l'agglomération rennaise (quartier du Blosne), permettra d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire, dont le fond régional représenté en vert sur la figure.

Cependant, agir sur les sources d'émission telles que le trafic routier et le chauffage urbain pourrait réduire les niveaux de pollution respirés quotidiennement par les habitants de la métropole.

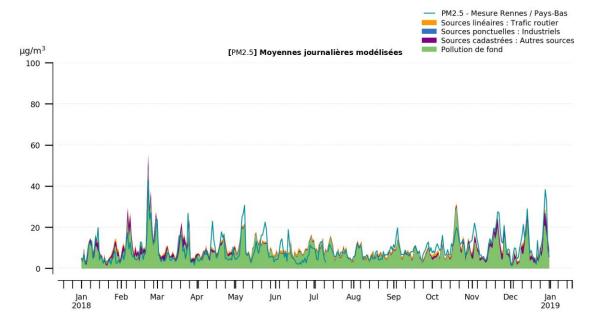


Figure 78: Contribution des sources de PM2.5 au niveau de la station « Pays-Bas »



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### Comparaison des synthèses annuelles avec le seuil préconisé par l'OMS

Afin de limiter les problèmes sanitaires, le seuil de recommandations fixé par l'OMS est établi à **10**  $\mu g/m^3$  en moyenne annuelle, soit 40 % de la valeur limite européenne en vigueur sur le territoire français (**25**  $\mu g/m^3$ ). C'est également l'objectif de qualité annuel fixé par l'Europe.

Une comparaison cartographique de la synthèse 2016 -2018 en moyenne annuelle est effectuée Figure 80, avec :

- d'un côté la carte « réglementaire » avec l'échelle de couleur officielle en pourcentage de Valeur Limite EURopéenne (%VL-EUR). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la valeur limite est dépassée (>100% de VL) et la carte vire au rouge;
- de l'autre la carte « IEM objectif 2020 » avec l'échelle de couleur adaptée à l'objectif 2020 de l'Indicateur d'Exposition Moyenne (%OQ2020-IEM). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, l'objectif de qualité est dépassé (>100% de OQ) et la carte vire au rouge;
- la carte « IEM objectif 2025 » avec l'échelle de couleur adaptée à l'objectif 2025 de l'Indicateur d'Exposition Moyenne (%OQ2025-IEM). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, l'objectif de qualité est dépassée (>100% de OQ) et la carte vire au rouge ;
- et la carte « OMS » avec l'échelle de couleur adaptée à la Valeur Guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (%VG-OMS). Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la valeur guide est dépassée (>100% de VG) et la carte vire au rouge.

Une visualisation des cartes régionales en amont a été ajoutée Figure 79 dans le cadre de cette perspective. L'année de référence est la dernière disponible : 2019. Elle s'appuie sur les résultats des stations de mesures bretonnes et d'une méthode d'analyse plus aboutie pour affiner les résultats.

Les concentrations de PM2.5 sur la majorité du territoire de Rennes Métropole sont très proches voire en dépassement de la valeur guide annuelle établie par l'OMS à 10 μg/m³ (25 μg/m³ pour la réglementation européenne).

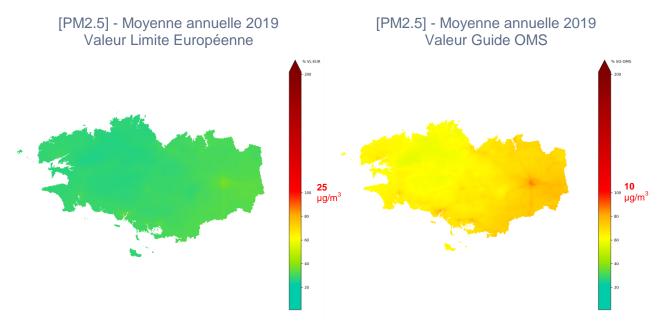


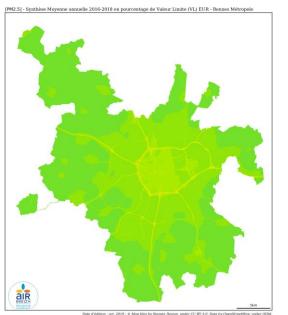
Figure 79: Cartographies de dispersion 2019 des PM2.5 pour la région Bretagne par rapport à la valeur limite annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à droite)



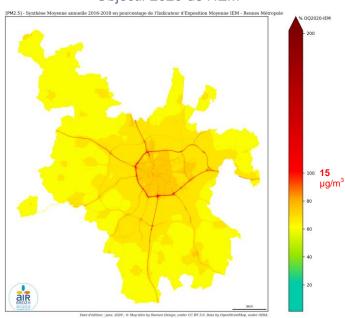
#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

100 25 μg/m³

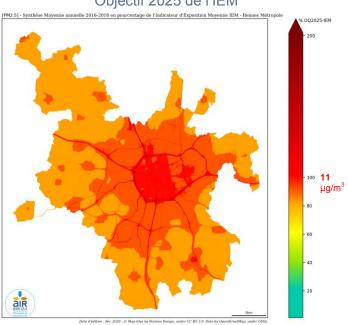




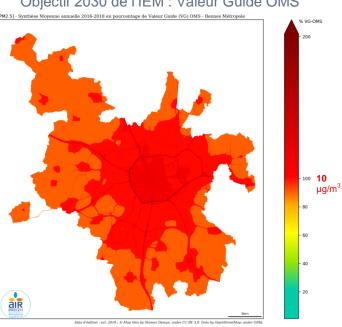
#### Objectif 2020 de l'IEM



#### Objectif 2025 de l'IEM



#### Objectif 2030 de l'IEM : Valeur Guide OMS



Nota bene : seul le territoire de Renne Métropole a été modélisé, les communes limitrophes et territoires voisins apparaissent donc en fond blanc

Figure 80: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite annuelle réglementaire (en haut à gauche), à l'objectif 2020 de l'IEM (en haut à droite), à l'objectif 2025 de l'IEM (en bas à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (en bas à droite)



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Concernant des niveaux en situation d'exposition aigue avec le seuil préconisé par l'OMS

La valeur guide OMS est établie à **25** μg/m³ à ne pas dépasser plus de **3** jours par an. Aucune valeur réglementaire équivalente n'existe à ce jour.

Le modèle SIRANE ne permet pas encore de calculer l'indicateur du nombre de jours de dépassement d'un certain seuil. Cependant, d'après le dispositif de surveillance des PM2.5 implanté dans le quartier du Blosne, la valeur guide journalière établie par l'OMS a été dépassée pour les années étudiées.

#### Nombre de jours de dépassement PM2.5 mesuré par le dispositif de surveillance :

La Figure 81 présente uniquement le nombre de jours de dépassement du seuil 25 μg/m³ en moyenne journalière sur la période 2016 – 2018 au niveau des stations urbaines de Rennes Métropole (« Laënnec » et « Pays-Bas) et de la station de fond rural bretonne à titre de comparaison.

La valeur guide OMS journalière fixée à 3 jours de dépassement autorisés du seuil d'information et de recommandations (25 µg/m³ en moyenne journalière) n'est pas respectée sur le territoire de Rennes Métropole, que ce soit en situation de fond urbain dans le quartier du Blosne (station « Pays-Bas ») ou en situation de proximité automobile le long du boulevard Laënnec (quartier Saint-Hélier). Des dépassements de la valeur guide OMS ont été également mesurés en situation de fond rural en Ille-et-Vilaine (station « Guipry »). Cependant, ce site rural a été déplacé fin 2019 en centre Bretagne car il ne respectait pas tous les critères d'une station de typologie rurale de fond (nouveau programme EMEP MERA<sup>29</sup>).

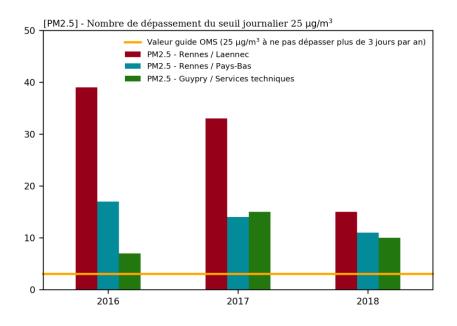


Figure 81: Nombre de jours de dépassement du seuil de la valeur guide OMS établie pour les PM2.5 sur la base des mesures issues du dispositif de surveillance

\_

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> https://www.airbreizh.asso.fr/publication/deplacement-de-la-station-rurale-dans-les-cotes-darmor/



Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## VIII. « Carte Stratégique Air » : application sur Rennes Métropole

#### VIII. 1. Enjeux et objectif de la CSA

L'urbanisme est un élément majeur de la maîtrise de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique, en particulier dans un contexte où l'intensification urbaine peut contribuer à aggraver l'exposition de la population.

Au niveau national, il est apparu nécessaire de disposer d'une carte « stratégique » simple, partagée et acceptée de la qualité de l'air pour que l'exposition de la population à la pollution atmosphérique soit prise en compte dans la conception de l'urbanisme.

La « Carte Stratégique Air » est un outil cartographique national qui permet d'établir simplement et rapidement un diagnostic « air/urbanisme » de la qualité de l'air et in fine de contribuer à la prise en compte effective de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique dans la conception de l'urbanisme.

La Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) demande, dans un courrier d'octobre 2018 (Cf. Annexe 1), que les Cartes Stratégiques Air (si elles existent) des territoires couverts par un Plan de Protection de l'Atmosphère ou des territoires de plus de 100 000 habitants, soient transmises aux Direction Départementales des Territoires et de la Mer (DDTM) ainsi qu'à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

#### Méthodologie d'élaboration d'une CSA

La production de la CSA de Rennes Métropole s'est basée sur le guide national, en cours de validation, « Qualité de l'air et urbanisme - guide méthodologique d'élaboration de la carte stratégique air - 2015 » - version v1.4 [Atmo France - mai 2016].

D'après ce guide, il est défini, en première approche, de réaliser une carte stratégique pour une période de cinq ans, période propice pour des actions en urbanisme, sur les agglomérations de plus de 250 000 habitants (ZAG). Ce critère n'est évidemment pas limitatif, d'autres zones sensibles en termes de qualité de l'air telles que les zones à risques (ZAR) ou les aires urbaines de plus de 100 000 habitants pourront être couvertes par une CSA.

Dans le cas où les cinq dernières années ne sont pas disponibles, un nombre inférieur d'années de référence peut être utilisé (en attendant d'obtenir un historique complet).

La carte stratégique air de Rennes Métropole diffusée dans ce rapport s'appuie sur les modélisations réalisées pour la période d'étude 2016 – 2018. Ainsi, elle sera valable sur une période de trois ans, soit de 2019 à 2021.

#### VIII. 2. Méthodologie de construction d'une CSA

#### 1-Collecte des données d'entrées

La construction d'une CSA se base sur l'intégration d'un ensemble de données modélisées de la qualité de l'air :

- Les cartes de trois polluants réglementés, bons indicateurs de la pollution atmosphérique à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, les particules fines PM10 et très fines PM2.5.
- Les cartes des 3 dernières années disponibles (période 2016 2018)
- Les cinq valeurs limites suivantes :
  - √ NO₂: La valeur limite annuelle fixée à 40 μg/m³ et la valeur limite horaire fixée à 18 heures de dépassement du seuil 200 μg/m³;
  - ✓ PM10 : La valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ et la valeur limite journalière fixée à 35 jours dépassement du seuil 50 µg/m³ :
  - ✓ PM2.5: La valeur limite annuelle fixée à 25 μg/m³.



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### 2-Définition de l'indicateur « Pourcentage de Valeur Limite (VL) »

Pour chaque polluant « p » et en chaque point de grille de sortie « x » :

$$\% VL_{(de\ 0\ \grave{a}\ XX\%)} = \frac{Cp_x}{VL_p}$$

Avec

$$\begin{array}{ll} & C_{px} & = Concentration \ moyenne \ au \ point \ de \ grille \ « \ x \ » \ du \ polluant \ « \ p \ » \\ & VL_p & = Valeur \ limite \ réglementaire \ du \ polluant \ « \ p \ » \\ \end{array}$$

Lorsque l'indicateur dépasse 100%, la zone concernée est touchée par un dépassement de VL.

#### 3-Calcul de l'année médiane pour chaque Valeur Limite (en (% VL)

La carte médiane est obtenue en conservant, pour chaque point du domaine, la valeur annuelle médiane sur la période étudiée. Cette étape permet de passer de trois cartes annuelles à une « carte médiane » unique, qui s'affranchit des conditions métrologiques exceptionnelles.

#### 4-Calcul de l'indicateur multi-polluant en pourcentage de Valeur Limite (% VL)

Pour chaque point du domaine, c'est la **valeur limite la plus élevée qui est retenue** (en % de VL) pour constituer la carte d'indicateur multi-polluant.

#### 5-Application d'une l'échelle de couleurs à 4 niveaux de qualité de l'air pour produire la CSA

Dans une volonté de simplification, la carte stratégique air s'appuie sur quatre classes ou niveaux de qualité de l'air, décrits dans le Tableau 10. La limite de la classe 3 a été adaptée au contexte local et à l'incertitude du modèle (~30%, identifié par outil statistique lors de l'évaluation du modèle).

CSA (Niveau/Classe)	Seuils % VL (Valeur Limite)	Couleurs	Qualificatif	Signification
1*	[0-70]		Zone non touchée par dépassement réglementaire	Faible enjeu de qualité de l'air
2*	] 70 – 100 ]		Zone « fragilisée » en dépassement réglementaire potentiel	Dépassement susceptible d'une ou plusieurs valeurs limites réglementaires
3	> 100 %		Zone en dépassement réglementaire	Dépassement d'au moins une valeur limite réglementaire
4	Fonction de l'agglomération		Zone « air » prioritaire	Identifier les zones les plus exposées à la pollution

\*La classe 2 officielle « zone en dépassement réglementaire potentiel » démarre à 90%, soit un intervalle plus restreint de 90 à 100% de VL. La classe 1 officielle est comprise entre 0 et 90% de VL.

Tableau 10: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air

#### 6-Calcul d'exposition de la population exposée aux niveaux de la CSA

Un calcul d'exposition de la population est enfin réalisé selon la méthodologie nationale définie par le LCSQA, afin d'obtenir une répartition de la population sur les niveaux de la carte stratégique définis précédemment.



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### VIII. 3.La Carte stratégique Air de Rennes Métropole

La réalisation de la Carte Stratégique Air sur la métropole de Rennes permet de cerner les principales zones problématiques en termes de qualité de l'air. Cette carte a pour vocation de préciser les zones prioritaires où des actions d'urbanisme pourraient être mises en œuvre.

De la Carte Stratégique Air de Rennes Métropole présentée ci-après, il ressort les éléments suivants :

- La majeure partie de la carte est représentée par la classe 1, non touchée par un dépassement réglementaire, où vit 99.7 % de la population de Rennes Métropole. Elle regroupe les zones résidentielles urbaines et périurbaines. Il est, à priori, non nécessaire de mettre en place des actions spécifiques pour améliorer le cadre de vie en termes de qualité de l'air dans cette zone.
- La classe 2 regroupe 1 300 habitants de Rennes Métropole. Il s'agit d'une zone définie comme « fragilisée » où au moins une valeur limite réglementaire est en dépassement potentiel.
- Les classes 3 et classe 4 montrent les zones en dépassement réglementaire d'une ou plusieurs valeurs limites. Il s'agit de zones où les niveaux de pollution sont élevés en termes de qualité de l'air. Elles regroupent environ 100 habitants de Rennes Métropole.

#### Les classes 2,3 et 4 regroupent :

- des grands axes routiers d'accès à la métropole. Ce sont :
  - ✓ les voies rapides à fort trafic (entre 20 000 et 70 000 véhicules par jour en moyenne) reliant la métropole de Rennes aux agglomérations environnantes,
  - ✓ le périphérique de la métropole soumis à des trafics intenses (entre 50 000 et 110 00 véhicules par jour en moyenne), les échangeurs et les pénétrantes associés.

L'exposition se situe dans une bande d'une cinquantaine de mètres de part et d'autres des tronçons. Cette bande d'influence pourrait être précisé par une étude spécifique de spatialisation via un dispositif de mesure adapté.

- des axes structurant de la ville de Rennes :
  - ✓ La place de Bretagne ;
  - ✓ Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
    - Le boulevard de la Liberté et la rue Saint-Hélier reliant la place de Bretagne aux quartiers de Sainte-Thérèse et du cimetière de l'Est,
    - La rue de Saint-Malo au nord du canal de Saint-Martin,
    - Les rues de Fougères et Jean Guéhenno reliant le parc des Gayeulles au centre-ville.
    - Les rues de Legraverend et de Lesage reliant le CHU de Pontchaillou au parc du Thabor,
    - Les rues du centre-ville historique où la circulation est autorisée, à faible vitesse (zones 30), et où les bâtiments sont hauts et les rues étroites.

La majorité des personnes exposées vit au sein de la commune de Rennes.



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Carte Stratégique Air – Rennes Métropole

Date d'édition :

octobre 2019

Période d'application :

2019 - 2021

Années prises en compte :

2016 - 2018

Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme – Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air – v1-4 – mai 2016 »

Valeurs limites (VL) prises en compte: VL annuelle et horaire concernant le NO2, VL annuelle et journalière concernant les PM10 et la VL annuelle pour les PM2.5

#### Zone « Air » prioritaire

Valeur de l'indicateur multi-polluant : 217% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh

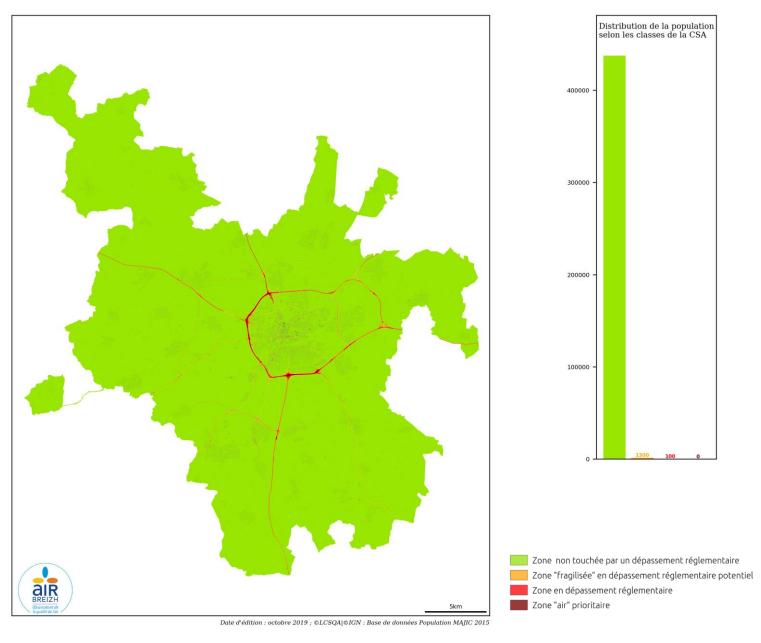


Figure 82: Carte Stratégique Air – Rennes Métropole



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Carte Stratégique Air - Rennes Métropole : Zoom périphérique

Date d'édition :

octobre 2019

#### Période d'application :

2019 - 2021

#### Années prises en compte :

2016 - 2018

#### Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme – Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air – v1-4 – mai 2016 »

## Valeurs limites (VL) prises en compte :

VL annuelle et horaire concernant le NO2, VL annuelle et journalière concernant les PM10 et la VL annuelle pour les PM2.5

#### Zone « Air » prioritaire

Valeur de l'indicateur multipolluant : 217% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh

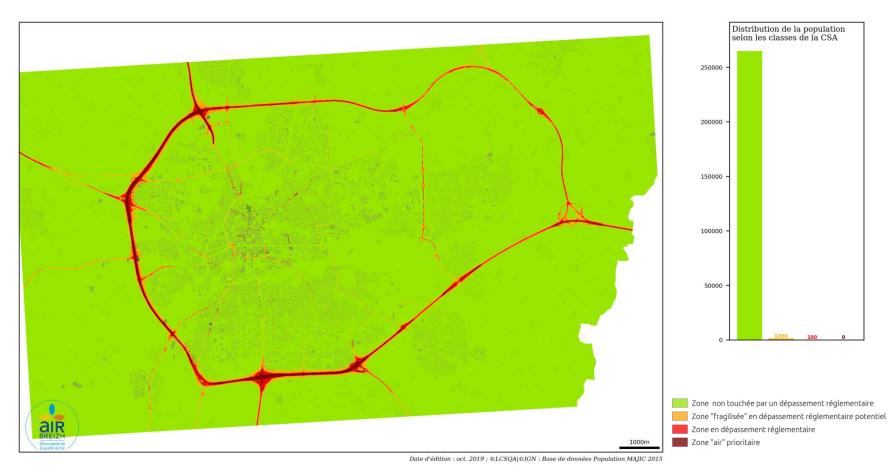


Figure 83: Carte Stratégique Air – Zoom périphérique



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Carte Stratégique Air - Rennes Métropole : Zoom intra-périphérique

Date d'édition :

octobre 2019

Période d'application :

2019 - 2021

Années prises en compte :

2016 - 2018

#### Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme - Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air v1-4 - mai 2016 »

#### Valeurs limites (VL) prises en compte:

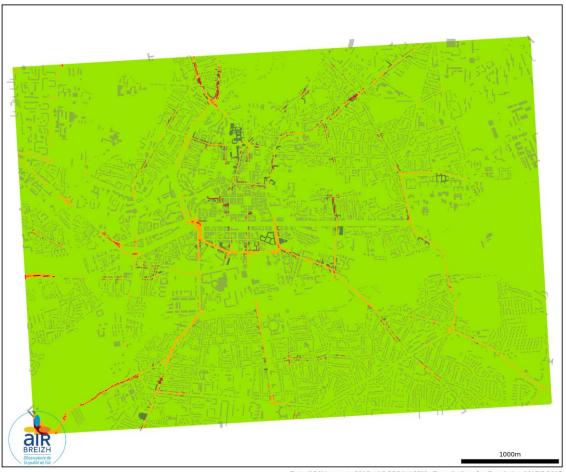
VL annuelle horaire concernant le NO2, VL journalière annuelle et concernant les PM10 et la VL annuelle pour les PM2.5

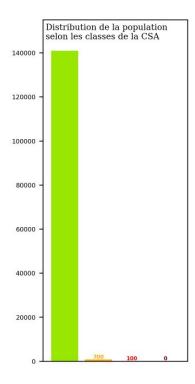
#### Zone « Air » prioritaire

Valeur de l'indicateur multipolluant: 217% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh





Zone en dépassement réglementaire

Zone non touchée par un dépassement réglementaire

Zone "fragilisée" en dépassement réglementaire potentiel

Zone "air" prioritaire

Date d'édition : oct. 2019 ; ©LCSQA|©IGN : Base de données Population MAJIC 2015

Figure 84: Carte Stratégique Air – Zoom intra-périphérique



## Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

VIII. 4.La Carte stratégique Air de Rennes Métropole sur la base des valeurs guides établies par l'OMS

La méthodologie de construction est identique à celle de la CSA réglementaire (Cf. VIII. 2 Méthodologie de construction d'une CSA). Les valeurs limites réglementaires sont remplacées par les valeurs guides suivantes :

- NO<sub>2</sub>: La valeur guide annuelle fixée à 40 μg/m<sup>3</sup>;
- PM10 : La valeur guide annuelle fixée à 20 μg/m³ et la valeur guide journalière fixée à 3 jours dépassement du seuil 50 μg/m³;
- PM2.5 : La valeur guide annuelle fixée à 10 μg/m³.

CSA (Niveau/Classe)	Seuils % VG (Valeur Limite)	Couleurs	Qualificatif	Signification
1	[0-70]		Zone non touchée par dépassement de valeurs guides OMS	Faible enjeu de qualité de l'air
2	] 70 – 100 ]		Zone « fragilisée » en dépassement potentiel de valeurs guides OMS	Dépassement susceptible d'une ou plusieurs valeurs guides recommandées
3	> 100 %		Zone en dépassement de valeurs guides OMS	Dépassement d'au moins une valeur guide recommandée
4	Fonction de l'agglomération		Zone « air » prioritaire	Identifier les zones les plus exposées à la pollution

Tableau 11: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air « OMS »

La Carte Stratégique Air permet de cerner les principales zones problématiques en termes de qualité de l'air vis-à-vis des préconisations de l'OMS. La réalisation de cette CSA « OMS » sur la métropole de Rennes est principalement guidée par la confrontation des concentrations des particules PM2.5 au seuil établit par l'OMS.

- La classe 2 représente 47% de la population de Rennes Métropole. Il s'agit d'une zone définie comme « fragilisée » où au moins une valeur guide recommandée par l'OMS est en dépassement potentiel.
- Les classes 3 et classe 4 montrent les zones en dépassement d'une ou plusieurs valeurs guides recommandées par l'OMS. Il s'agit de zones où les niveaux de pollution sont élevés vis-à-vis des seuils recommandés par l'OMS. Elles regroupent respectivement 51% et 2% de la population de Rennes Métropole.

L'ensemble du territoire de la métropole est dans une zone en dépassement potentiel de la valeur guide annuelle « OMS » des PM2.5. La majorité des personnes exposées à un dépassement vivent dans la zone intra-périphérique de Rennes Métropole.



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Carte Stratégique Air « OMS » – Rennes Métropole

#### Date d'édition :

octobre 2019

#### Période d'application :

2019 - 2021

#### Années prises en compte :

2016 - 2018

#### Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme – Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air – v1-4 – mai 2016 »

Valeurs Guides (VG) prises en compte : VG annuelle concernant le NO2, VG annuelle et journalière concernant les PM10 et la VG annuelle pour les PM2.5

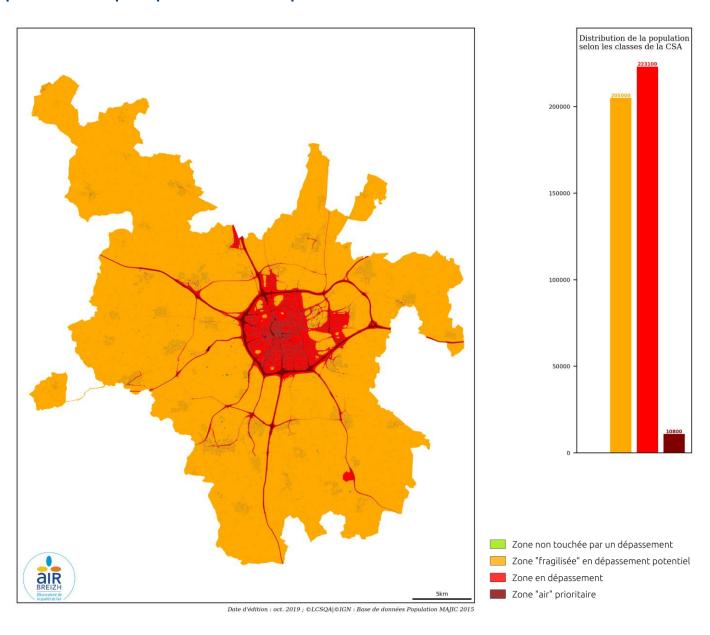
#### Zone « Air » prioritaire

Valeur de l'indicateur multi-polluant : 110% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh

Figure 85: Carte Stratégique Air version OMS – Rennes Métropole





#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Carte Stratégique Air « OMS » - Rennes Métropole : Zoom périphérique

Date d'édition : octobre 2019

#### Période d'application :

2019 - 2021

#### Années prises en compte :

2016 - 2018

#### Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme – Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air – v1-4 – mai 2016 »

## Valeurs Guides (VG) prises en compte :

VG annuelle concernant le NO2, VG annuelle et journalière concernant les PM10 et la VG annuelle pour les PM2.5

#### Zone « Air » prioritaire

Valeur de l'indicateur multipolluant : 110% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh

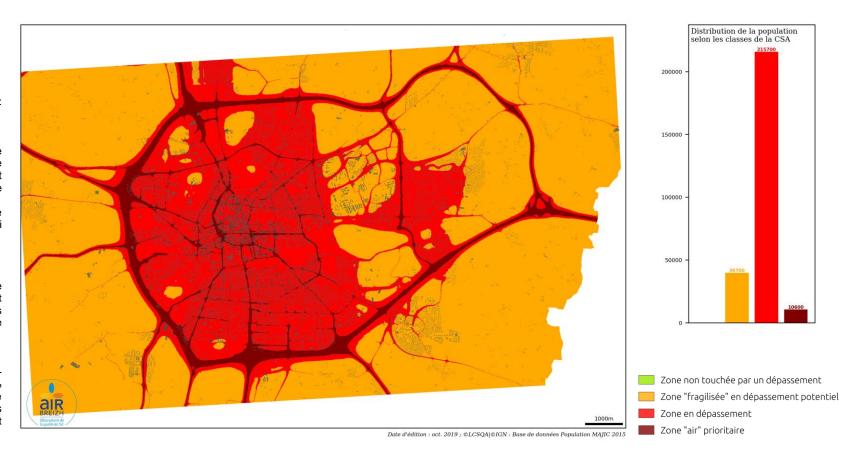


Figure 86: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom périphérique



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

## Carte Stratégique Air « OMS » - Rennes Métropole

Date d'édition : octobre 2019

#### Période d'application :

2019 - 2021

#### Années prises en compte :

2016 - 2018

#### Méthode :

Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme - Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air v1-4 - mai 2016 »

#### Valeurs Guides (VG) prises en compte :

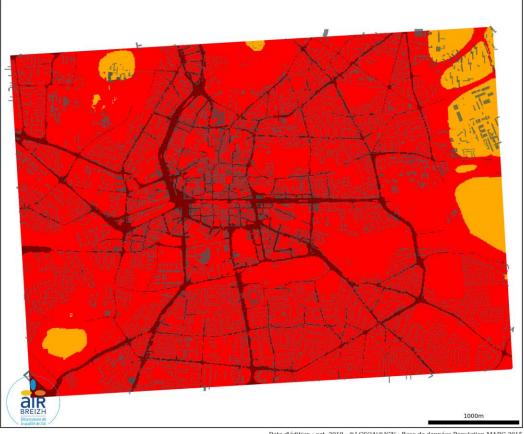
VG annuelle concernant le NO2, VG annuelle et journalière concernant les PM10 et la VG annuelle pour les PM2.5

#### Zone « Air » prioritaire

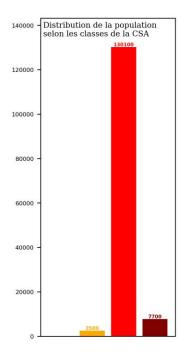
Valeur de l'indicateur multipolluant: 110% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement de Rennes Métropole)

#### Réalisation technique :

Air Breizh



Date d'édition : oct. 2019 ; @LCSQA|@IGN : Base de données Population MAJIC 2015



Zone non touchée par un dépassement Zone "fragilisée" en dépassement potentiel Zone en dépassement

Zone "air" prioritaire

Figure 87: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom intra-périphérique

## Conclusions

- 1. L'étude de modélisation de trois polluants atmosphériques (dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, particules fines PM10 et très fines PM2.5) sur la métropole de Rennes a permis de caractériser les différentes zones en termes de qualité de l'air et d'identifier les zones prioritaires, pouvant être synthétisées dans la « Carte Stratégique Air ». Cette carte a pour vocation de préciser les zones prioritaires où des actions pour améliorer la qualité de l'air pourraient être mises en œuvre.
- 2. La « Carte Stratégique Air » montre que la majeure partie du territoire de la métropole rennaise, où vit 99.7 % de sa population, n'est pas impactée par un dépassement réglementaire. Elle regroupe les zones résidentielles urbaines et périurbaines.

Par ailleurs, les valeurs limites européennes en vigueur en 2019 pendant l'écriture de ce rapport seront à court terme révisées et très vraisemblablement abaissées pour tendre vers les valeurs guides établies par l'Organisation Mondiale de la Santé. Les niveaux de particules fines (PM10) et très fines (PM2.5) sont jugés préoccupants au regard de ces valeurs guides, notamment avec l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) effectif pour les PM2.5.

L'application d'une nouvelle réglementation se rapprochant des valeurs guides fixées par l'OMS pourrait largement modifier la caractérisation de la situation. Il appartient à la collectivité d'anticiper ces évolutions en agissant dès à présent en ce sens, comme il sera vraisemblablement le cas dans une majeure partie des grandes métropoles et agglomérations françaises.

3. La modélisation de la qualité de l'air a identifié uniquement des dépassements de la valeur limite réglementaire établie pour le dioxyde d'azote. Les secteurs en dépassement ou en dépassement potentiel sont principalement identifiés à proximité d'axes routiers très empruntés ou d'axes de type « canyon » confinés entre des bâtiments. Ces dépassements sont en adéquation avec les sources d'émissions d'oxydes d'azote : la circulation automobile est responsable de 69% des émissions d'oxydes d'azote de la métropole rennaise.

Les principaux axes identifiés comme « sensibles » où des habitants résident sont des boulevards et des avenues du centre-ville de Rennes, avec des trafics quotidiens de l'ordre de 5 000 à 25 000 véhicules par jour. Ces axes sont les suivants :

- La place de Bretagne ;
- Le boulevard de la Liberté et la rue Saint-Hélier reliant la place de Bretagne aux quartiers de Sainte-Thérèse et du cimetière de l'Est ;
- La rue de Saint-Malo au nord du canal de Saint-Martin ;
- La rue de Nantes direction Redon ;
- Les rues de Fougères et de Jean Guéhenno reliant le parc des Gayeulles au centre-ville ;
- Les rues de Legraverend et de Lesage reliant le CHU de Pontchaillou au parc du Thabor;
- Les rues du centre-ville historique où la circulation est autorisée, à faible vitesse (zones 30), et où les bâtiments sont hauts et les rues étroites.

La modernisation du parc de véhicules et une diminution du trafic routier permettraient de limiter progressivement les zones en dépassement réglementaire.

Ces données et enseignements sont à intégrer dans les réflexions futures en matière d'urbanisation aux abords de ces axes ainsi que ceux fortement empruntés, notamment en extra-rocade, où les effets « canyons » peuvent amener à augmenter la population exposée à des dépassements des valeurs réglementaires.



- 4. Compte tenu des zones identifiées en dépassement de la valeur limite annuelle fixée pour le NO<sub>2</sub>, Air Breizh recommande une adaptation du dispositif de surveillance actuel. Une réflexion est engagée afin d'être en mesure de finaliser le dispositif de surveillance de la zone d'agglomération de Rennes d'ici le 1er janvier 2022. Une étude de faisabilité est en cours, en conformité avec le guide d'implantation des stations de mesures<sup>30</sup>.
- 5. La modélisation est un élément de connaissance porté à la collectivité pour l'inviter à réfléchir sur leur politique de développement (transport, urbanisation) dans le cadre d'une réflexion globale intégrant les enjeux de qualité de l'air, pour mettre en place des actions adaptées.

Par exemple, la métropole prévoit dans son Plan de Déplacements Urbains 2019-2030 de « lancer les études pour une future mise en place d'une Zone à Faibles Emissions (ZFE) à Rennes » dans le cadre de l'accélération de la transition énergétique<sup>31</sup>. L'étude d'une mise en place d'une ZFE est également rappelée dans les dernières évolutions législatives comme la loi d'orientation des mobilités adoptée en novembre 2019 et notamment les articles 85 et 86 relatifs à l'instauration des « zones à faibles émissions mobilité » 32.

6. La modélisation urbaine calcule les concentrations de polluants réglementés (NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5), indicateurs de l'état de la qualité de l'air en agglomération. Cependant d'autres polluants, actuellement non réglementés dans l'air ambiant, peuvent être à l'origine de problématiques environnementales.

L'ammoniac (NH<sub>3</sub>), polluant issu des activités agricoles et précurseur majeur des particules fines atmosphériques, peut être responsable au printemps d'une part importante des niveaux de particules observés.

Les émissions d'ammoniac sur le territoire breton représentant 14 % des émissions françaises. Le 3ème Plan Régional Santé Environnement (PRSE3) Bretagne 2017-2021, signé le 4 juillet 2017, a fixé notamment un objectif de « mieux connaître les émissions issues des activités agricoles en Bretagne » et « d'assurer une surveillance de l'ammoniac dans l'air ».

L'ammoniac ne faisant pas partie des polluants réglementés dans l'air ambiant (Code de l'environnement R221-1), sa mesure n'est pas intégrée à ce jour au réseau de surveillance régionale d'Air Breizh $^{33}$ . En revanche, la Directive européenne 2016/2284/EU fixe des objectifs de réduction des émissions de NH $_3$  par pays aux horizons 2020 et 2030.

Des études scientifiques sur l'ammoniac montrent en effet que des pays européens, comme la France, les Pays-Bas, la Suisse ou l'Italie, comportent de larges zones de fortes émissions d'origine agricole.

<sup>30</sup> Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air [LCSQA / INERIS – février 2017]

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> Plan de Déplacements Urbains 2019-2030 – Déplacements quotidiens : le défi du changement des comportements ; Axes d'actions : Point 7 – Action 18 [Rennes Métropole, Service de Presse, 31 janvier 2019]

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> Projet de loi d'orientation des mobilités adoptée par l'Assemblée en lecture définitive le mardi 19 novembre 2019

<sup>&</sup>lt;sup>33</sup> Stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne [Air Breizh – Décembre 2019]



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

En raison de la forte activité agricole en Bretagne, ce polluant fera l'objet dès 2020 d'une surveillance rapprochée :

- Installation d'un appareil de mesure de l'ammoniac en centre Bretagne à la station rurale de fond « Kergoff » implantée dans les Côtes d'Armor sur la commune de Merléac ;
- Installation du dispositif de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA) dans l'agglomération rennaise (quartier du Blosne).

Ces deux dispositifs permettront d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire.

À noter, la prochaine évolution réglementaire au 1<sup>er</sup> janvier 2021 concerne l'intégration des particules fines PM2.5 dans le calcul de l'indice ATMO quotidien en 2021. Le seuil à partir duquel l'air sera qualifié de « mauvais » a été fixé à la valeur guide OMS, établie à 25 µg/m³. En conséquence, il en résultera une évolution de la qualification de la qualité de l'air qui pourra amener plus régulièrement à constater un état plus dégradé.

Polluants	Bilan d'exposition à la pollution de l'air				
Tolluants	Procédure d'alerte	Réglementation française	Valeurs guides OMS		
Dioxyde d'azote <b>NO</b> ₂		Exposition proximité trafic	Exposition proximité trafic		
Particules fines PM10	Episodes de pollution	Respect de la valeur limite et de l'objectif de qualité	Dépassement des valeurs guides		
Particules très fines PM2.5	non concernées	Dépassement de l'objectif de qualité	Dépassement des valeurs guides		

Tableau 12: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole à la pollution de l'air (1)

	IEM – PM2.5 (Indicateur d'Exposition Moyenne)				
Objectifs	Obligation en matière de concentration relative à l'exposition	Bilan 2016 - 2018			
2020	<b>14.7</b> μg/m³				
2025	<b>11.2</b> μg/m³				
2030	<b>10</b> μg/m³	•			

Tableau 13: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole à la pollution de l'air (2)



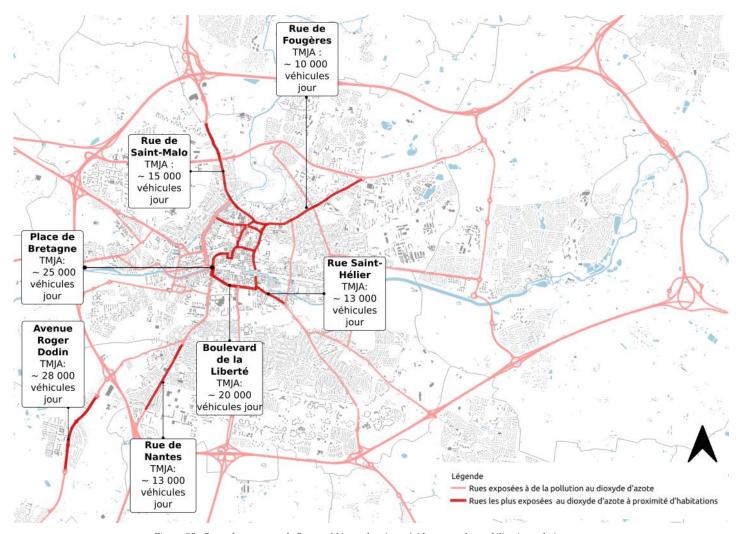


Figure 88: Carte des secteurs de Rennes Métropole mis en évidence par la modélisation urbaine



## Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Liste des figures

Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes	11
Figure 2: Communes de Rennes Métropole	11
Figure 3: Répartition des émissions de NO <sub>X</sub> , PM10 et PM2.5 (inventaire V3 – réf. 2016)	13
Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)	
Figure 5: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA)	
Figure 6: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA)	
Figure 7: Processus de création d'un modèle urbain	
Figure 8: Réseau routier optimisé de Rennes Métropole	
Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »)	
Figure 10: Identification des rues : « ouverte » ou « canyon »	
Figure 11: Emissions d'oxydes d'azote NO <sub>X</sub> du réseau routier de Rennes Métropole	
Figure 12: Exemple des profils temporels horaires du trafic routier	
Figure 13: Cadastre résidentiel/tertiaire des émissions annuelles 2016 de particules fines PM10	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Figure 14: Conditions météorologiques globales (stations Météo France Saint-Jacques)	30
Figure 15: Comparaison de la pollution de fond rurale (Guipry) avec les concentrations	00
mesurées à Rennes	
Figure 16: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté sur Rennes Métropole	
Figure 17: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"	
Figure 18: Evaluation du modèle sur la période 2016-2018 (Target-Plot)	
Figure 19: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile	
Figure 20: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot)	
Figure 21: Dispositif implanté à proximité de la rocade de Rennes Métropole – fév. 2018	38
Figure 22: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade de Rennes Métropole – fév. 2018	38
Figure 23: Comparaison cartographique modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018	41
Figure 24: Evaluation des résultats NO <sub>2</sub> du 8 février au 8 mars 2018 (Target-Plot)	41
Figure 25: Comparaison des transects modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018	
Figure 26: Comparaison horaire modèle / mesure à proximité de la rocade - fév. 2018	
Figure 27: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure points Nord et Sud – fév. 2018	
Figure 28: Dispositif implanté en 2018 Pl. de Bretagne (à gauche) et Av. Roger Dodin (à droite)	
Figure 29: Comparaison des mesures de Pl. de Bretagne vs. stations de Rennes	
Figure 30: Comparaison cartographique modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018	
Figure 31: Comparaison cartographique modèle / mesure Av. Roger Dodin - fév. 2018	
Figure 32: Evaluation des résultats NO₂ Pl. de Bretagne du 8 au 22 février 2018 (Target-Plot)	
Figure 33: Comparaison horaire modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018	
Figure 34: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure Pl. de Bretagne - fév. 2018	
Figure 35: Evaluation des résultats NO <sub>2</sub> Av. Roger Dodin (T18STJ) pour les campagnes	43
hivernale (à gauche) et estivale (à droite) (Target-Plot)	50
Figure 26: Comparaison haraire modèle / magure Av. Boger Dedin . fév /mare et juin 2019	50
Figure 36: Comparaison horaire modèle / mesure Av. Roger Dodin - fév./mars et juin 2018	
Figure 37: Dispositif implanté en 2018 à proximité d'axes à fort trafic – extra-rocade	
Figure 38: Mesures par tubes passifs à proximité de 5 axes à fort trafic—septembre. 2018	ეკ
Figure 39: Comparaison des mesures de Gévezé et Vern <sup>s</sup> /Seiche vs. stations de Rennes	
Figure 40: Comparaison cartographique modèle / mesure secteurs extra-rocade – sept. 2018	
Figure 41: Comparaison des transects modèle / mesure secteurs extra-rocade – sept. 2018	56
Figure 42: Evaluation des résultats NO <sub>2</sub> de Gévezé (XR18G) et de Vern <sup>s</sup> /Seiche (XR18V)	
(Target Plot)	57
Figure 43: Comparaison horaire modèle / mesure Gévezé et Vern S/Seiche – sept. 2018	
Figure 44: Dispositif implanté en 2017 quartier Beauregard	58
Figure 45: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade – juin 2017	
Figure 46: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade – nov. 2017	59
Figure 47: Comparaison cartographique modèle / mesure quartier Beauregard - juin 2017	61
Figure 48: Comparaison cartographique modèle / mesure quartier Beauregard – nov. 2017	
Figure 49: Comparaison des transects modèle / mesure quartier Beauregard – juin 2017	
Figure 50: Comparaison des transects modèle / mesure quartier Beauregard – nov. 2017	
Figure 51: Dispositif implanté en 2016 à proximité de la rocade	
Figure 52: Evaluation des résultats NO <sub>2</sub> des points nord (R16N) et sud (R16S) du 1 <sup>er</sup> mars au	٠,
31 octobre 2016 (Target-Plot)	65



# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Figure 53: Comparaison quantile-quantile modèle / mesure points Nord et Sud – du 1 <sup>et</sup> mars au	00
31 octobre 2016	
Figure 54: Comparaison horaire modèle / mesure points Nord et Sud – mars 2016	
Figure 55: Méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution	68
Figure 56: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite	- 4
annuelle - Rennes Métropole	/1
Figure 57: Exposition chronique de la population aux NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle	70
- Rennes Métropole	72
Figure 58: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite	70
annuelle - Centre-ville de Rennes	/3
Figure 59: Exposition chronique de la population aux NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle	70
- Centre-ville de Rennes	/3
Figure 60: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite	71
annuelle – Hyper-centre de RennesFigure 61: Exposition chronique de la population aux NO <sub>2</sub> par rapport à la valeur limite annuelle	/4
	71
<ul> <li>Hyper-centre de Rennes</li> <li>Figure 62: Contribution des sources de NO₂ au niveau de la station « Halles »</li> </ul>	
Figure 63: Exposition au NO <sub>2</sub> en situation de pollution aigue pour l'année 2018	
Figure 64: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite	70
annuelle - Rennes Métropole	70
Figure 65: Exposition chronique de la population aux PM10 par rapport à la valeur limite	13
annuelle - Rennes Métropole	80
Figure 66: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite	00
annuelle - Centre-ville de Rennes	81
Figure 67: Exposition chronique de la population aux PM10 par rapport à la valeur limite	• .
annuelle - Centre-ville de Rennes	81
Figure 68: Contribution des sources de PM10 au niveau de la station « Laënnec »	
Figure 69: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigue pour l'année 2018	
Figure 70: Cartographies de dispersion 2019 des PM10 pour la région Bretagne par rapport à la	
valeur limite annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à droite)	84
Figure 71: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 par rapport à la valeur limite	
annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à droite)	85
Figure 72: Nombre de jours de dépassement du seuil de la valeur guide OMS établie pour les	
PM10 sur la base des mesures issues du dispositif de surveillance	86
Figure 73: Comparaison PM10 – nombre de jours de dépassement du seuil journalier 50 μg/m³	
par rapport aux préconisations de l'OMS.	87
Figure 74: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite	
	90
Figure 75: Exposition chronique de la population aux PM2.5 par rapport à la valeur limite -	
Rennes Métropole	91
Figure 76: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite	00
annuelle - Centre-ville de Rennes	92
Figure 77: Exposition chronique de la population aux PM2.5 par rapport à la valeur - Centre-ville	00
de Rennes	
Figure 78: Contribution des sources de PM2.5 au niveau de la station « Pays-Bas »	93
la valeur limite annuelle réglementaire (à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (à	94
droite)Figure 80: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 par rapport à la valeur limite	94
annuelle réglementaire (en haut à gauche), à l'objectif 2020 de l'IEM (en haut à droite), à	
l'objectif 2025 de l'IEM (en bas à gauche) et à la valeur guide annuelle de l'OMS (en bas à	
droite)droite	95
Figure 81: Nombre de jours de dépassement du seuil de la valeur guide OMS établie pour les	55
PM2.5 sur la base des mesures issues du dispositif de surveillance	96
Figure 82: Carte Stratégique Air – Rennes Métropole	
Figure 83: Carte Stratégique Air – Zoom périphérique	
Figure 84: Carte Stratégique Air – Zoom intra-périphérique	
Figure 85: Carte Stratégique Air version OMS – Rennes Métropole	



# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Figure 86: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom périphérique 1	105
Figure 87: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom intra-périphérique	06
urbaine	110
Liste des tableaux	
Tableau 1: Zones administratives de surveillance (superficie et population)	10
Tableau 2: Principaux centres urbains de la région Bretagne (superficie et population)	
Tableau 3: Repères réglementaires (NO <sub>2</sub> , PM10 et PM2.5)	
Tableau 4: IEM et objectif national de réduction de l'exposition des PM2.5	16
Tableau 5: Sites industriels ICPE (sources ponctuelles) retenues dans le modèle	27
Tableau 6: Stations et polluants mesurés quotidiennement sur la métropole de Rennes	34
Tableau 7: Définition des typologies de station dans le cadre du dispositif de surveillance	34
Tableau 8: Mesures par analyseur Pl. de Bretagne et Av. Roger Dodin – fév. 2018	46
Tableau 9: Échelle de couleurs réglementaire nationale pour la modélisation	67
Tableau 10: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air	98
Tableau 11: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air « OMS » 1	103
Tableau 12: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole à la pollution de l'air (1) 1	109
Tableau 13: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole à la pollution de l'air (2)	109



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

# Liste des sources de données

Nom / Libellé	Année de référence	Version	Auteur(s)	Lien
BD TOPO® Base de données Topographiques	2018	3.0	IGN	http://professionnels.ign.fr/bdtopo (accès le 26/11/2019)
ADMIN-EXPRESS® Base de données Administratives	2018	1.1	IGN	http://professionnels.ign.fr/adminexpress (accès le 26/11/2019)
Corine Land Cover	2018	-	IGN	http://professionnels.ign.fr/corine-land-cover (accès le 26/11/2019)
			Rennes Métropole	Communication personnelle : Rennes Métropole - Service Mobilité Urbaine le 16/01/2017
Données Trafics – Réseau de postes de comptage	2018	-	NUMTECH	Communication personnelle : Numtech – Pole Qualité de l'Air le 22/06/2018
reseau de posico de comptage			DIR Ouest	http://www.dir.ouest.developpement- durable.gouv.fr/les-donnees-trafic-r95.html (accès le 26/11/2019)
Parc national de véhicules	2017	-	CITEPA	Communication personnelle : Atmo Grand-Est le 24/06/2019
Données Trafics – Modèle de trafic de Rennes Métropole	2015	-	Rennes Métropole	Communication personnelle : Rennes Métropole - Service Transition Energétique et Ecologique le 01/07/2019
Inventaire des émissions de polluants atmosphériques	2016	3	Air Breizh	https://www.airbreizh.asso.fr/observatoire/emissions/ (accès le 26/11/2019)
Déclaration annuelle des rejets relatifs aux émissions de polluants dans l'air, l'eau, le sol et les déchets des installations classées pour l'environnement (ICPE).	2016	-	MTES	https://www.georisques.gouv.fr/dossiers/installations/donnees#/ (accès le 28/01/2020)
Données météorologiques – Mesures RADOME et Modèle ARPEGE	2016 - 2018	-	Météo France	http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer- le-temps/moyens/les-stations-au-sol (accès le 26/11/2019)
BD Population spatialisées selon la méthodologie nationale MAJIC Base de données Population	2015	-	INERIS	https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2015/ineris/fourniture-donnees-population-spatialisees-selon-methodologie-nationale-methode-(accès le 26/11/2019)
INSEE Base de données Population	2016	-	INSEE	https://www.insee.fr/fr/statistiques/3677855 (accès le 26/11/2019)

# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR : Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique

#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

#### Liste des références

- Baromètre Santé-Environnement [ORSB 2014]
   <a href="https://orsbretagne.typepad.fr/ors\_bretagne/baromtre\_sant\_environnement/">https://orsbretagne.typepad.fr/ors\_bretagne/baromtre\_sant\_environnement/</a> (accès le 26/11/2019)
- Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique [Santé Publique France ; 2016] <a href="https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impacts-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-en-france-continentale-et-analyse-des-gains-en-sante-de-plusieurs-scenarios (accès le 26/11/2019)</p>
- Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité de la France continentale - Synthèse [O.CHANEL; CNRS, AMSE-GREQAM et IDEP - 2017]
  - https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-27052-etude-invs-impact-sanitaires-pollution-air.pdf (accès le 26/11/2019)
- Code de l'Environnement R221-1 à R228-1 <a href="https://www.legifrance.gouv.fr">https://www.legifrance.gouv.fr</a> (accès le 26/11/2019)
- Arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de l'air ambiant
   <a href="https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033735017&categorie-Lien=id">https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033735017&categorie-Lien=id</a> (accès le 26/11/2019)
- SIRANE Urban Air Quality Model, developé par l'équipe AIR (Atmosphere Impact & Risk) du Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) – UMR CNRS 5509 / Ecole Centrale de Lyon / UCB Lyon / INSA <a href="http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/">http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/</a> (accès le 26/11/2019)
- Méthodologie de répartition spatiale de la population ; Programme 2014 [LCSQA / INERIS avril 2015]
   <a href="https://www.lcsqa.org/system/files/drc-15-144366-">https://www.lcsqa.org/system/files/drc-15-144366-</a>
   00427a modelisation methodologie population 2014 vf.pdf (28/01/2020)
- Méthodologie de calcul des émissions routières : COPERT V European Environment Agency (EEA), https://www.emisia.com/utilities/copert/ (accès le 26/11/2019)
- Caractérisation de la qualité de l'air à proximité de la rocade de Rennes (35): Campagne de mesures (février/mars 2018) Rapport final [Air Breizh décembre 2018]
   <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publication/evaluation-de-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-rocade-de-rennes-resultats-de-la-campagne-2018/">https://www.airbreizh.asso.fr/publication/evaluation-de-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-rocade-de-rennes-resultats-de-la-campagne-2018/</a>/ (accès le 26/11/2019)
- Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grandes circulation : 1er volet campagne de mesure portant sur le boulevard périphérique, au niveau de la porte de Gentilly [Air Parif février 2008]
   https://www.airparif.asso.fr/ pdf/publications/Rgentilly volet1.pdf (accès le 26/11/2019)
- Cartographie fine des niveaux de dioxyde d'azote dans le cœur dense de l'agglomération parisienne [Air Parif – Janvier 2012]
   <a href="https://www.airparif.asso.fr/\_pdf/publications/rapport-cartographie-fine-no2-120119.pdf">https://www.airparif.asso.fr/\_pdf/publications/rapport-cartographie-fine-no2-120119.pdf</a> (accès le 26/11/2019)

# BREIZH Observatoire de

#### **ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR:**

- Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote, Dispositif national de surveillance [ADEME 2002]
  - https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2002/ademe-dispositif-national-surveillance/guide-echantillonneurs-passifs-dioxyde-azote (accès le 26/11/2019)
- Étude n° 7 : Synthèse de l'expérience acquise par les réseaux sur l'échantillonnage passif du NO<sub>2</sub> [Ecole des Mines de Douai, département chimie et environnement Mai 2000]
   <a href="https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2000/mines-douai/synthese-experience-acquise-reseaux-echantillonnage-passif-no2">https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2000/mines-douai/synthese-experience-acquise-reseaux-echantillonnage-passif-no2</a> (accès le 26/11/2019)
- Campagne de mesure du NO<sub>2</sub> dans le département du Vaucluse [Atmo Sud 2016]
   https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/171127 cartographie vaucluse.pdf
- Etude de la répartition du NO<sub>2</sub> dans l'agglomération Dijonnaise au moyen d'échantillonneurs à diffusion passive [Atmo Grand Est décembre 2016] (accès le 26/11/2019)
   <a href="https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/171127">https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/171127</a> cartographie vaucluse.pdf (accès le 26/11/2019)
- Campagne de mesure de la qualité de l'air— Axes à fort trafic Rennes Métropole (35):
   Campagnes de mesure 2018 [Air Breizh juin 2019]
   <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-a-proximite-daxes-urbains-a-fort-trafic-rennes-metropole/">https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-a-proximite-daxes-urbains-a-fort-trafic-rennes-metropole/</a> (accès le 26/11/2019)
- Campagne de mesures de la qualité de l'air (2018) Axes routiers à fort trafic extra-rocade Rennes Métropole (35) : Campagnes de mesure septembre 2018 janvier/février 2019 [Air Breizh juin 2019]
   <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-de-limpact-du-trafic-en-zone-extra-rocade-rennes-metropole/">https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-de-limpact-du-trafic-en-zone-extra-rocade-rennes-metropole/</a> (accès le 26/11/2019)
- Campagne de mesure de la qualité de l'air (2017) Quartier Beauregard Rennes Métropole (35): Campagnes de mesure 2017 [Air Breizh aout 2018]
   <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-de-la-qualite-de-lair-dans-le-quartier-beauregard-a-rennes/">https://www.airbreizh.asso.fr/publication/mesures-de-la-qualite-de-lair-dans-le-quartier-beauregard-a-rennes/</a> (accès le 26/11/2019)
- Impact de la réduction de la vitesse sur la qualité de l'air à proximité de la rocade rennaise dans le cadre de l'expérimentation: Campagne de mesure 2015 et 2016 [Air Breizh décembre 2016]
  <a href="https://www.airbreizh.asso.fr/publication/impact-de-la-reduction-de-la-vitesse-sur-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-rocade-rennaise-dans-le-cadre-de-lexperimentation/">https://www.airbreizh.asso.fr/publication/impact-de-la-reduction-de-la-vitesse-sur-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-rocade-rennaise-dans-le-cadre-de-lexperimentation/</a> (accès le 26/11/2019)
- The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO2 yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved 2017]
   http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/, rubrique Publications (accès le 26/11/2019)
- Qualité de l'air et urbanisme guide méthodologique d'élaboration de la carte stratégique air -2015 - version v1.4 [Atmo France - mai 2016] (rapport interne Air Breizh)
- Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air [LCSQA / INERIS février 2017]
   <a href="https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/lcsqa2016-guide\_stations\_surveillance\_qa.pdf">https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/lcsqa2016-guide\_stations\_surveillance\_qa.pdf</a> (accès le 26/11/2019)
- Directive n°2008/50/CE du 21/05/2008, dite "Air pur pour l'Europe" https://www.legifrance.gouv.fr/ (accès le 26/11/2019)



- Arrêt de la Cour de Justice Européenne du 26 juin 2019 Affaire C-723/17
   <a href="http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=215512&pageIndex=0&doclang=fr&mode=reg&dir=&occ=first&part=1">http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=215512&pageIndex=0&doclang=fr&mode=reg&dir=&occ=first&part=1</a>
- Plan de Déplacements Urbains 2019-2030 Déplacements quotidiens: le défi du changement des comportements [Rennes Métropole, Service de Presse, 31 janvier 2019]
   <a href="http://www.presse.metropole.rennes.fr/upload/espace/1/pj/6807\_4674\_Dossier\_de\_presse\_ar\_ret\_PDU\_janvier\_2019.pdf">http://www.presse.metropole.rennes.fr/upload/espace/1/pj/6807\_4674\_Dossier\_de\_presse\_ar\_ret\_PDU\_janvier\_2019.pdf</a> (accès le 29/01/2020)
- Projet de loi d'orientation des mobilités adoptée par l'Assemblée en lecture définitive le mardi 19 novembre 2019 <a href="https://www.legifrance.gouv.fr/affichLoiPreparation.do?idDocument=JORFDOLE00003764667">https://www.legifrance.gouv.fr/affichLoiPreparation.do?idDocument=JORFDOLE00003764667</a> 8&type=general&typeLoi=proj&legislature=15 (accès le 26/11/2019)
- Rapport d'activité LCSQA 2018 [LCSQA sept. 2019]
   <a href="https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/Rapport activite lcsqa">https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/Rapport activite lcsqa</a> 2018 Web-VFb.pdf (accès le 26/11/2019)

## Annexe 1:

Courrier officiel de la DGEC concernant l'évaluation de la qualité de l'air (octobre 2018)



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole



#### MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Direction generale de l'energie et du climat		Paris le	<u>1</u> 9 OCT. 2018
		instantini ma	,
Service du climat et de l'efficacité énergétiqu	ie .	Le Directeu	r général de l'énergie et du climat
Sous-direction de l'efficacité énergétique et d	de la qualité de l'air .	aux	
Bureau de la qualité de l'air	121.4	Affectat* Présidentes	
Nos réf.: 18-0142 5B ErD AASQA et porter-à-con Affaire suivie par : Éric DODEMAND eric.dodemand@developpement-durable.gouv.fr Tél.: 01 40 81 93 44	2 5 0CT, 2016 Copies	agreees de	surveillance de la qualité de l'air
, j	The share consideration of the constant of the same of the same		

Madame la Présidente, Monsieur le Président,

L'article L. 220-1 du code de l'environnement prévoit que l'Etat et les collectivités territoriales concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité, à une politique dont l'objectif est la mise en œuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé.

Le code de l'urbanisme reprend ces objectifs. Ainsi, le 6° de son article L. 101-2 prévoit que l'action des collectivités territoriales en matière d'urbanisme vise à préserver la qualité de l'air et le 3° de son article L. 121-1 précise que les schémas de cohérence territoriale (SCoT) et les plans locaux d'urbanisme (PLU), élaborés par les communes et leurs groupements, déterminent les conditions permettant d'assurer la préservation de la qualité de l'air.

Par ailleurs, en vertu de l'article R. 132-1 de ce code, les directions départementales des territoires (DDT), les directions départementales des territoires et de la mer (DDTM) et les DEAL dans les départements d'outre-mer, portent à la connaissance des communes et de leurs groupements qui ont décidé d'élaborer ou de réviser leurs SCoT ou PLU les dispositions réglementaires applicables au territoire concerné et tout autre élément de contexte à prendre en compte pour l'élaboration de ces documents d'urbanisme.

Ces éléments de contexte portent notamment sur la qualité de l'air. Ainsi, en application de l'article 17 de l'arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, je vous saurais gré de bien vouloir fournir aux DDT(M) et aux DEAL (ou, le cas échéant, aux DREAL/DRIEE qui les remettront à ces services), à leur demande, au minimum pour les communes des agglomérations de plus de 100 000 habitants et pour les zones couvertes par un plan de protection de l'atmosphère, les éléments de diagnostic suívants :

- les résultats de la surveillance (comme les moyennes annuelles pour le dioxyde d'azote et les particules), le bilan régional sur la qualité de l'air et les cartes annuelles descriptives des situations de dépassement (article 18 de l'arrêté du 19 avril 2017);
- 2. les données d'émissions de polluants atmosphériques (article 14) permettant de cibler les secteurs majoritairement contributeurs ;

www.ecologique-solldalre.gouv.fr

92055 La Défense cedex - Tél ; 33 (0)1.40.81.21.22

1/2



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

- 3. si elles existent, les « cartes stratégiques sur l'air » ou équivalentes qui identifient les zones de vigilance en matière d'exposition de la population à la pollution atmosphérique ;
- les nuisances olfactives éventuellement identifiées à partir de plaintes des riverains, si votre AASQA dispose d'un dispositif de suivi;
- les résultats de la surveillance des pollens, si votre AASQA dispose de ces informations.

Le périmètre de ces données (période couverte, échelle géographique : commune, établissement public de coopération intercommunale, département, etc.) et le format de transmission (transmission électronique, accès au site internet de l'AASQA, etc.) seront définis par vos associations avec les DDT(M) et les DEAL. Les DREAL/DRIEE seront en copie de vos échanges avec ces services.

Je vous prie de croire, Madame la Présidente, Monsieur le Président, à l'assurance de ma considération distinguée.

Le directeur général de l'énergie et du climat

Laurent MICHEL

Copie: - Mesdames et messieurs les Préfets de département ;

- Mesdames et messieurs les directeurs des DREAL/DRIEE/DEAL ;
- Mesdames et messieurs les directeurs des DDT(M);
- Monsieur le Président de la fédération ATMO France.

# Annexe 2:

Arrêté du 7 décembre 2016 fixant un objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques

Le 22 novembre 2019

JORF n°0287 du 10 décembre 2016

Texte n°32

Arrêté du 7 décembre 2016 fixant un objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques

NOR: AFSP1622828A

ELI:https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/12/7/AFSP1622828A/jo/texte

Publics concernés: tous publics.

Objet : fixation d'un objectif pluriannuel de diminution des concentrations atmosphériques de particules afin d'améliorer la qualité de l'air et l'état de santé des populations.

Entrée en vigueur : le texte entre en vigueur le lendemain de sa publication.

Notice explicative : Le présent arrêté fixe l'objectif pluriannuel de diminution de la moyenne annuelle des concentrations journalières de particules atmosphériques prévu par l'article L. 221-1 du code de l'environnement dans sa rédaction issue de l'article 46 de la loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé.

Références : le présent arrêté peut être consulté sur le site Legifrance http://www.legifrance.gouv.fr().

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat, et la ministre des affaires sociales et de la santé,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 221-1 et R. 221-1;

Vu l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail en date du 1er septembre 2016 ;

Vu les observations formulées lors de la consultation du public réalisée du 22 août au 16 septembre 2016, en application de l'article L. 120-1 du code de l'environnement,

Arrêtent:

#### Article 1

L'objectif de diminution des concentrations de particules atmosphériques PM2,5 prévu au II de l'article L. 221-1 du code de l'environnement est fixé pour l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) mentionné à l'article R. 221-1 du même code conformément au tableau cidessous :

ANNÉE	VALEUR DE L'IEM
2025	11,2 μg.m-3
2030	10,0 µg.m-3

#### Article 2

Le directeur général de l'énergie et du climat et le directeur général de la santé sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait le 7 décembre 2016.

La ministre des affaires sociales et de la santé, Pour la ministre et par délégation : Le directeur général de la santé, B. Vallet

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat,

Pour la ministre et par délégation :

Le directeur général de l'énergie et du climat,

L. Michel

Annexe 3 : Principe de calcul des émissions routières



#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

CIRCUL'AIR calcule, pour chaque axe, les émissions annuelles du trafic routier selon le principe schématisé ici. Les données d'entrées à renseigner sont indiquées en

#### I Estimation du trafic horaire

Le TMJA (1) est renseigné pour chaque axe routier.

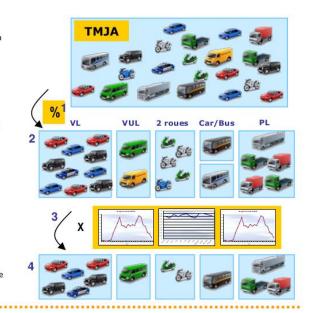
Le % par type de véhicules (2) est aussi renseigné par axe, à partir de données collectées (% PL, % Bus, % Car) ou issues de la littérature (% 2roues, % VUL).

A partir de ces données, le **trafic annuel** pour chaque type de véhicules est alors défini par l'outil.

Les profils temporels (3) sont à intégrer dans CIRCUL'AIR selon le type de voie :

- •profil par mois répartition du trafic annuel /mois
- •profil par jour répartition du trafic mois / JO, S et D
- •profil horaire répartition du trafic JO, S et D / heure

A partir de ces profils, CIRCUL'AIR calcule le trafic horaire par type de véhicules pour chaque jour, de chaque mois de l'année (4).



#### II Estimation de la vitesse horaire du trafic

Le principe de CIRCUL'AIR est de définir, chaque heure, la **vitesse** des véhicules en estimant la congestion sur les axes.

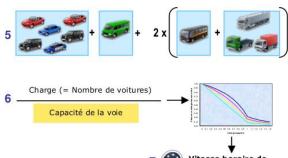
La charge horaire est déterminée en considérant que :

-les bus et PL occupent 2 fois plus de place sur la route que les VL;

-les 2 roues ne participent pas à l'encombrement de l'axe (5).

La capacité de la voie est estimée à partir du nombre de voies et de la catégorie de l'axe (autoroute, route, ville).

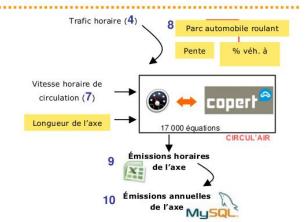
Le cœfficient de charge (6) horaire obtenu est croisé avec des courbes théoriques (intégrées dans l'outil) pour en déduire une vitesse horaire (7).



circulation

#### III Calcul des émissions annuelles

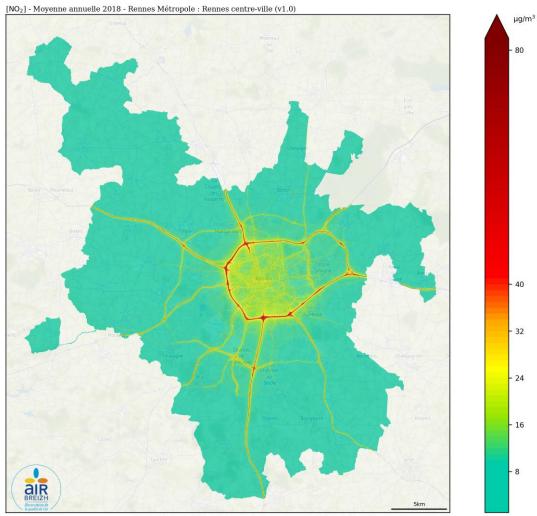
CIRCUL'AIR contient l'ensemble des équations COPERT V pour 336 types de véhicules (carburant, cylindrée, norme EURO...). Le trafic horaire (4) est réparti à l'aide du parc automobile roulant (8).



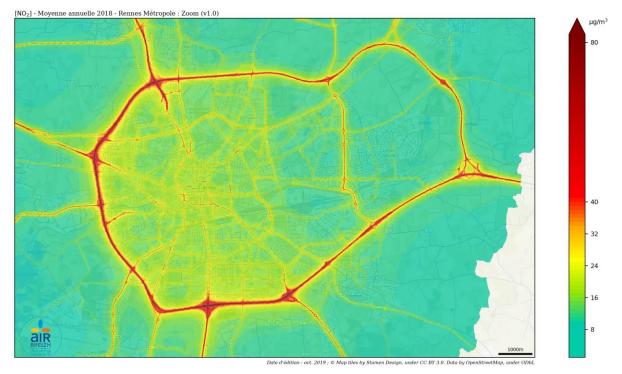
Annexe 4:

Cartographies de pollution atmosphérique 2018

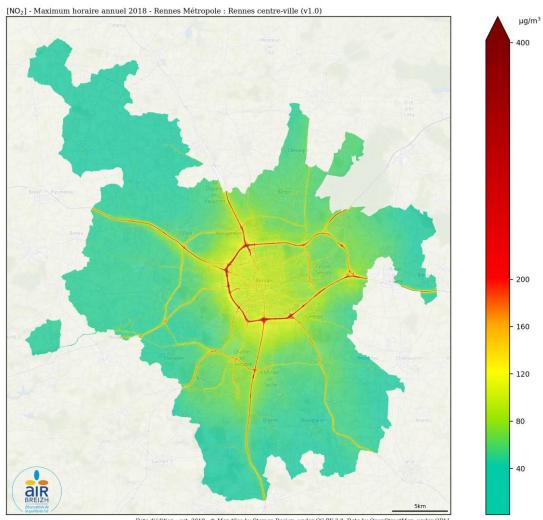




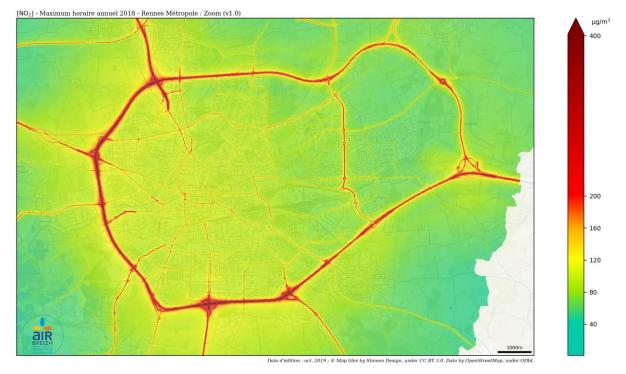
Date d'édition : oct. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL



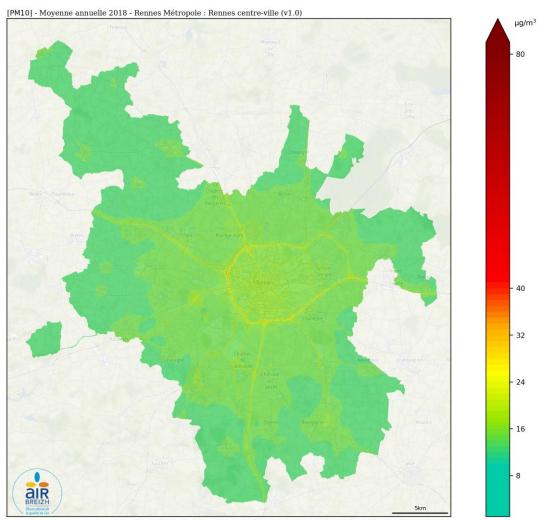




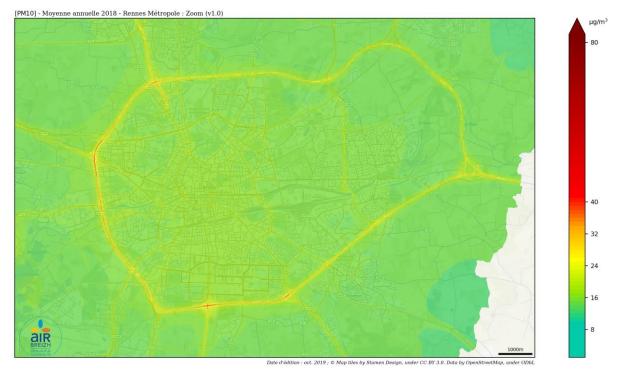




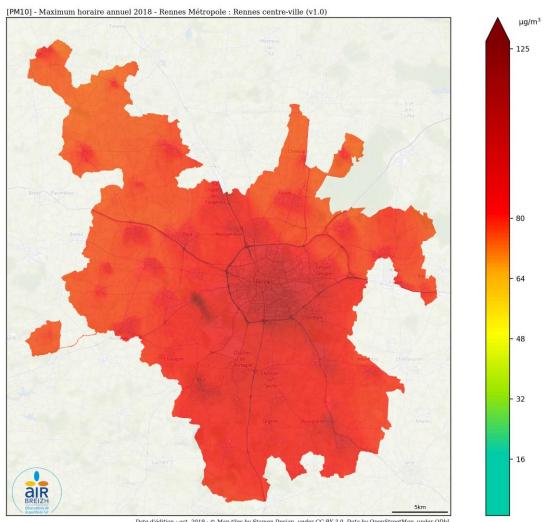




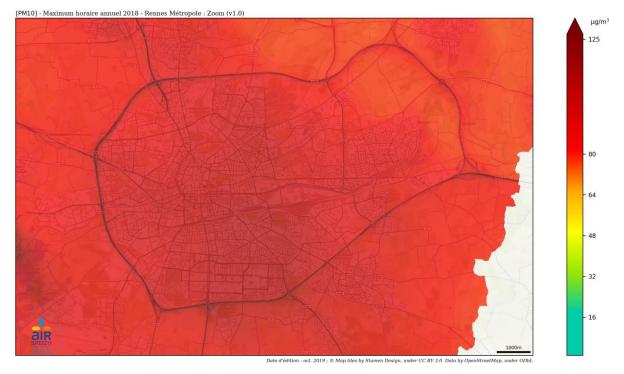
Date d'édition : oct. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL





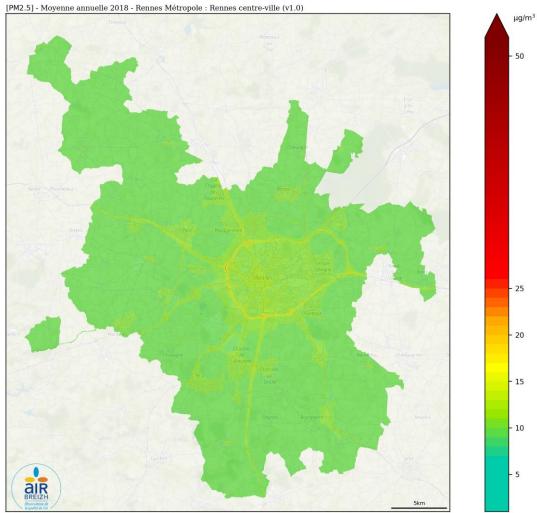




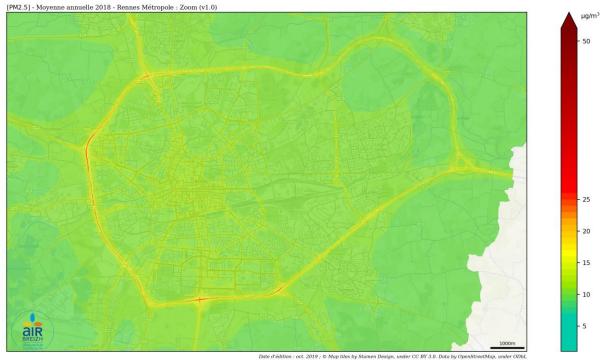




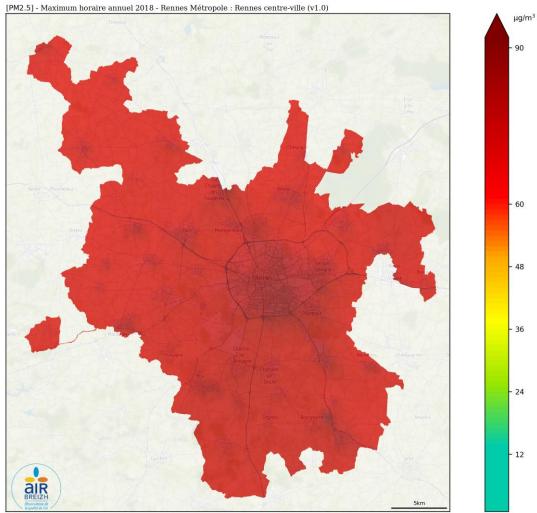
#### Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole



Date d'édition : oct. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL







Date d'édition : oct. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL







# Air Breizh L'observatoire régional de l'air

www.airbreizh.asso.fr

3, rue du Bosphore Tour ALMA 8<sup>ème</sup> étage 35200 Rennes