



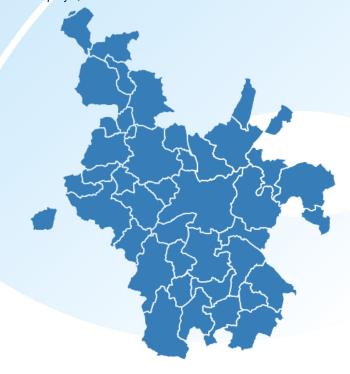


Evaluation de la qualité de l'air

Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022 - 2027)

Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Version projet, Février 2024









Étude réalisée par Air Breizh

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'association.

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 (2023) Plan de Protection de l'Atmosphère - Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole, Modélisation urbaine.

Organisation interne - contrôle qualité

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date	
Marjolaine Justin (Ingénieure Modélisation/SIG)	Simon Leray (Responsable Service Numérique)	Gaël Lefeuvre (Directeur)	Version projet Février 2024	

Relecture externe

DREAL	Rennes Métropole	
Damien Dambre	Roland Gicquel	
Chargé de missions	Chargé de mission	
Air-énergie	environnement-bruit	





Glossaire

Unités de mesure

kg/km Kilogramme (10³ g) par kilomètre kg/km² Kilogramme (10³ g) par kilomètre carré µg/m³ Microgramme (10° g) par mètre cube (d'air)

Polluants

NO Monoxyde d'azote NO_2 Dioxyde d'azote NO_x ($NO + NO_2$) Oxydes d'azote

 O_3 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

AUDIAR Agence d'Urbanisme et de Développement Intercommunal de

CA l'Agglomération Rennaise

Communauté d'Agglomération

CE Commission Européenne

CITEPA Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution

Atmosphérique

CLC Corine Land Cover CSA Carte Stratégique Air

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

ERP Etablissements Recevant du Public

GEREP Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes

GSP Grande Source Ponctuelle

ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement IGN Institut National de l'information Géographique et forestière INERIS Institut National de l'Environnement industriel et des RISques INSEE Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IRIS Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

ISEA Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphériques
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
ORSB Observatoire Régional de Santé Bretagne

PCAET Plan Climat Air Energie Territorial Plan de Déplacement Urbain

PLUi Plan Local d'Urbanisme intercommunal PPA Plan de Protection de l'Atmosphère

PREPA Plan national de Réduction des Emissions de Polluants

Atmosphériques

PRSE Plan Régional Santé Environnement

RCU Réseau de Chaleur Urbain

SIG Système d'Information Géographique TMJA Trafic Moyen Journalier Annuel ZAC Zone d'Aménagement Concertée ZAG Zone à risques – Agglomération ZAR Zones À Risques – hors agglomération

ZR Zone Régionale





Sommaire I. INTRODUCTION.......6 I. 3. Reperes reglementaires 9 METHODOLOGIE D'EVALUATION PROSPECTIVE DES ACTIONS PPA SUR LA QUALIT<u>E DE L'AIR17</u> MISE A JOUR DU DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DE L'AIR PAR LA MODELISATION IV. 3. IV. 4. IV. 5. IV. 6. IV. 7. IV. 8. IV 9 VALIDATION DES RESULTATS AVEC LA MODELISATION REFERENCE 2018 PRODUITE DANS LE 2ND PPA (2015 – 2021) 47 IV 11 SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETAT INITIAL 201863 VI. 1. VI. 2. VI. 3. MODELISATION PROSPECTIVE 2030 - FIL DE L'EAU71 VII. VII. 1. VII. 3. MODELISATION PROSPECTIVE 2030 – ACTIONS PPA90 CONCLUSION / SYNTHESE90





. Introduction

I. 1. Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Le **Plan de Protection de l'Atmosphère** (PPA) est un **outil de planification** à l'échelle d'un territoire, généralement un Etablissement Public de Coopération Intercommunal (EPCI) **obligatoire pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants** et des zones où les valeurs limites réglementaires de concentrations en polluants atmosphériques sont dépassées ou risquent de l'être¹.

Il définit des mesures qui viennent compléter, à l'échelle du territoire, celles déjà mises en œuvre aux niveaux national et local dans les différents domaines d'activités susceptibles de contribuer à la pollution atmosphérique, tels que le transport routier, le chauffage des bâtiments, l'industrie ou l'agriculture.

Il rassemble les informations nécessaires à l'inventaire et à l'évaluation de la qualité de l'air de la zone considérée. Il énumère les principales mesures préventives et correctives d'application temporaire ou permanente, pouvant être prises en vue de réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique, d'utiliser l'énergie de manière rationnelle et d'atteindre les objectifs fixés par le plan.

Le PPA permet, à l'aide des outils de modélisation de la qualité de l'air, l'évaluation des mesures préventives et correctives mises en œuvre sur les concentrations respirées de polluants réglementés (dioxyde d'azote, particules fines) et ainsi sur l'exposition des populations à la pollution, vis-à-vis de la réglementation française et européenne. Des actions supplémentaires telles qu'une évaluation de polluants non réglementés (pesticides, ...) ou une perspective vers les niveaux de concentrations maximum préconisés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) peuvent également être inclus dans cette démarche sous l'impulsion de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et de la collectivité.

A ce titre, **Rennes Métropole**, agglomération de 43 communes comptant 457 416 habitants en 2019², est concernée par cette **obligation**. Le Préfet d'Ille-et-Vilaine a approuvé le 3^e Plan de protection de l'atmosphère (PPA) du territoire de Rennes Métropole le 20 décembre 2022, dans la continuité de ses 1^{er} PPA (2005-2015) et 2nd PPA (2015-2021, prolongé exceptionnellement jusqu'en 2021).

Ce troisième PPA se fixe notamment comme objectifs :

- De surveiller les polluants réglementés (PM10, PM2.5, NO₂, O₃) et certains non réglementés ;
- D'évaluer les actions de réduction des émissions des polluants réglementés prises dans le cadre de ce PPA, en réalisant une scénarisation prospective par la modélisation.

Le PPA 2022-2027 de Rennes Métropole, site internet de la DREAL Bretagne, 04/01/2023 https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/le-ppa-2022-2027-de-rennes-metropole-a5345.html







Dans ce contexte, Air Breizh a été sollicité par la DREAL pour contribuer à l'élaboration de ce plan en sa qualité d'Association Agréée par le ministère chargé de l'environnement de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de Bretagne. Cette étude a pour objet l'évaluation prospective de qualité de l'air par la modélisation sur le territoire de Rennes Métropole. Elle se décline en 3 actions, en adéquation avec le processus d'évaluation de scénarios prospectifs illustré Figure 1 :

- La mise à jour du modèle de dispersion atmosphérique pour l'année de référence 2018, avec une prise en compte de l'inventaire des émissions ISEA V4.1 (référence 2018), du modèle de trafic fourni par la métropole (référence 2018) et l'utilisation de la nouvelle version de SIRANE, le logiciel de modélisation utilisé par l'AASQA;
- La production d'une modélisation prospective « fil de l'eau » horizon 2030, prenant en compte les actions de réduction des émissions déjà mises en place aux niveaux national et local ainsi que les évolutions démographiques et le changement de l'occupation du sol (production de nouveaux logements);
- La production d'une modélisation prospective « actions 3^{ème} PPA » prenant en compte les actions du scénario « fil de l'eau » et les actions qui seront proposées dans le cadre du PPA en cours.

Ces travaux permettront ainsi d'évaluer l'effet des actions de ce 3^{ème} PPA (2022 – 2027) sur la qualité de l'air et l'exposition des populations à la pollution.

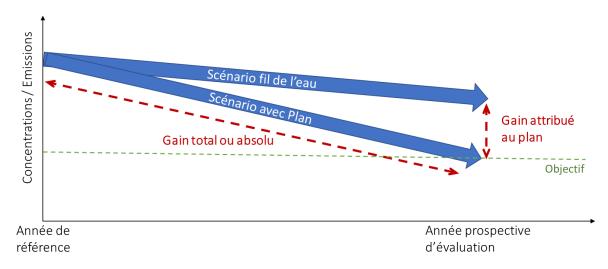


Figure 1: Représentation schématique des scénarios prospectifs





I. 2. Les Polluants étudiés

A. Les oxydes d'azote (NO_X)

Origines

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

Effets sur la santé

Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. On associe également une diminution de la fonction pulmonaire aux concentrations actuellement mesurées (ou observées) dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

Effets sur l'environnement

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

B. Les particules fines (PM10 et PM2.5)

Origines

Les sources de particules ou "aérosols" sont nombreuses et variées d'autant qu'il existe différents processus de formation. Les méthodes de classification des sources sont basées sur les origines (anthropiques, marines, biogéniques, volcaniques) ou sur les modes de formation.

Il faut distinguer deux catégories de particules selon leur processus de formation :

- les particules primaires émises directement dans l'atmosphère par différents mécanismes :
 par action mécanique du vent sur le sable, le sol ou la roche, par des processus de
 combustion tels que les feux de forêts, les incinérateurs, par des processus biologiques
 conduisant à l'émission de pollens, par des activités industrielles ou encore par usure de
 matériaux tels que les pneus, les freins, le revêtement des routes.
- les particules secondaires formées dans l'atmosphère par des réactions physicochimiques à partir de précurseurs gazeux tels que le dioxyde soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), l'ammoniac (NH₃), les composés organiques volatils (COV).

Les particules atmosphériques présentent une très grande variabilité, en termes de composition chimique et de taille. Les particules sont classées en différentes catégories :

- ✓ Les particules grossières (TSP), composées principalement de poussière, de sel de mer, de pollen mais aussi d'autres sources diverses. La durée de vie est relativement courte puisqu'elles tombent rapidement par la sédimentation.
- ✓ Les particules en suspension (PM10), de diamètre inférieur à 10 µm.
- ✓ Les particules fines (PM2.5), de diamètre inférieur à 2,5 µm.
- Les particules submicroniques (PM1), de diamètre inférieur à 1 μm.
- ✓ Les particules ultrafines (PUF), définies comme l'ensemble des particules ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nm (0,1 µm).

Effets sur la santé

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est le cas de celles qui véhiculent certains Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Les plus fines peuvent également atteindre le système sanguin et les organes.

Effets sur l'environnement

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





I. 3. Repères réglementaires

Au cours de cette étude, les niveaux de concentrations de polluants dans l'air sont comparés aux valeurs règlementaires européennes ainsi qu'aux valeurs guides OMS par le biais de cartographies. Les valeurs de référence pour les polluants mesurés sont synthétisées dans le Tableau 1. 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 européen³ 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 ; 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.

Procédure d'alerte

La procédure d'alerte à la pollution atmosphérique a pour but d'informer les autorités, les collectivités locales et 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 de ces épisodes.

- 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 quides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

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. Une mise à jour de ces valeurs a également été émise en 2021⁴.

Projet de révision des valeurs réglementaires⁵

Une révision des directives européennes a été proposée par la Commission Européenne (CE) le 26 octobre 2022, pour un objectif d'application à 2030. Il a été proposé de fusionner les directives existantes en une seule, ce qui tendrait à aligner plus étroitement les normes de qualité de l'air de l'UE sur les recommandations de l'OMS. Par ailleurs, l'objectif serait de continuer à améliorer le cadre législatif et à mieux aider les autorités locales à assainir l'air en renforçant la surveillance, la modélisation et les plans de la qualité de l'air. Des différences notables par rapport à la réglementation actuelle seraient observées, en particulier pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 / PM2.5 (20 μ g/m³ en moyenne annuelle pour le NO₂ au lieu de 40 μ g/m³ actuellement, 10 μ g/m³ en moyenne annuelle pour les PM2.5 au lieu de 25 μ g/m³, par exemple).

⁵ Projet de révisions des valeurs réglementaires européennes, https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-revision-of-eu-ambient-air-quality-legislation?sid=6801



³ Directive 2008/05/CE, https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000018984836/

⁴ Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346555/9789240035423-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Polluants	Valeurs règlementaires 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 limites réglementaires en air extérieur à l'horizon 2030		
	Valeurs limites	·	Seuil IR	Seuil Alerte	Exposition aigüe	Exposition chronique	
Dioxyde d'azote NO ₂	40 μg/m³ en moyenne annuelle 200 μg/m³ en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 heures/an	-	40 μg/m³ en moyenne annuelle -	200 μg/m³ en moyenne horaire	400 μg/m³ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives 200 μg/m³ si dépassement J-1, J0 et risque de dépassement J+1	200 μg/m³ à ne pas dépasser plus de 1 heure/an 50 μg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 18 jours/an	20 μg/m³ en moyenne annuelle
Particules fines en suspension PM10	40 μg/m³ en moyenne annuelle 50 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	-	30 μg/m³ en moyenne annuelle	50 μg/m³ en moyenne journalière	80 μg/m³ en moyenne journalière	45 μg/m³ en moyenne journalières ne pas dépasser plus de 18 jours par an	20 μg/m³ en moyenne annuelle
Particules fines en suspension PM2.5	25 μg/m³ en moyenne annuelle	20 μg/m³ en moyenne annuelle	10 μg/m³ en moyenne annuelle	Non inclus dans la procédure préfectorale	Non inclus dans la procédure préfectorale	25 μg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 18 jours par an	10 μg/m³ en moyenne annuelle

Tableau 1: Repères règlementaires (NO₂, PM10 et PM2.5) – Réglementation européenne et française





Polluants	Valeurs guides OMS (2005)	Valeurs guides OMS (2021)
Dioxyde d'azote NO ₂	40 μg/m³ en moyenne annuelle	10 μg/m³ en moyenne annuelle 25 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an
Particules fines en suspension PM10	20 μg/m³ en moyenne annuelle 50 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	15 μg/m³ en moyenne annuelle 45 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an
Particules fines en suspension PM2.5	10 μg/m³ en moyenne annuelle 25 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	5 μg/m³ en moyenne annuelle 15 μg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an

 $Tableau\ 2: Rep\`res\ r\'eglementaires\ (NO_2-PM10-PM2.5)\ -\ Valeurs\ guides\ OMS$



I. 4. La zone d'étude : Rennes Métropole

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 1er janvier 2017⁶, des **ZAS** sont mises en place, classées en trois catégories :

- 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 Bretagne⁷. 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

Le territoire étudié est Rennes Métropole (ZAG – hors Melesse), représentée sur les Figure 2 et Figure 3. La métropole est composée de **43 communes** dont les 3 principales sont : Rennes (220 488 habitants), Bruz (18 905 habitants) et Cesson-Sévigné (17 082 habitants). **Avec ses 457 416 habitants** (Cf. Tableau 3 et Tableau 4), **elle représente 14% de la population régionale. Rennes,** son siège, est la **deuxième commune la plus peuplée du grand Ouest** (220 488 habitants en 2019) et la **onzième commune la plus peuplée de France**.

De par son statut administratif et sa position centrale dans le département brétillien, Rennes Métropole accueille de **nombreuses activités**. Ainsi, la métropole agrège **255 757 emplois** principalement dans le domaine **tertiaire** (75%) et l'**administration publique** (12,6%). La métropole concentre également des **axes routiers importants** (voies rapides et périphérique) mais également un **réseau de transports en commun dense** (1 gare TGV, 14 gares TER, 2 lignes de métros et 6 lignes de bus à fort débit en 2022).

Présentant un **relief** relativement **plat**, Rennes Métropole est un territoire **densément peuplé** (> 500 habitants au km² cœur de la métropole, 4 376 habitants au km² à Rennes et 650 habitants au km² sur l'ensemble métropole), **favorisant les émissions et concentrations de polluants principalement dans la zone intra-périphérique**. En revanche, le reste du territoire métropolitain est composé de zones agricoles parsemées de bourgs.

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



⁶ Arrêté du 9 mars 2022 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de la qualité de l'air ambiant https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2022/3/9/TRER2207612A/jo/texte
⁷ Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air [LCSQA / INERIS – février 2017] https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-françaises-surveillance-qualite-air



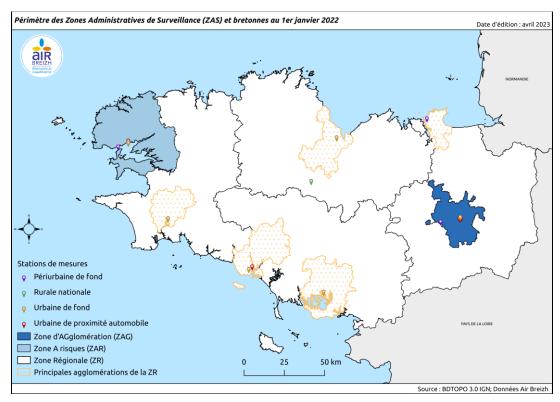


Figure 2: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes.

	Population et superficie			
ZAS	Superficie (km²) (INSEE)	% Superficie / Superficie régionale	Population (INSEE 2019)	% Population / Population régionale
ZR – Bretagne	24 842	91 %	2 474 492	74 %
ZAG (Hors Melesse) – Rennes Métropole	705	3 %	457 416	14 %
ZAR – Pays de Brest	1 661	6 %	422 946	13 %

Tableau 3: Zones administratives de surveillance (superficie et population)

	Population et superficie				
Centres urbains bretons	Superficie (km²) <i>(INSEE)</i>	% Superficie / Superficie régionale	Population (INSEE 2019)	% Population / Population régionale	
ZAG (Hors Melesse) – Rennes Métropole	705	3 %	457 416	14 %	
ZAR – Pays de Brest	1 661	6 %	422 946	12 %	
CA Lorient Agglomération	739	3 %	205 008	6 %	
CA du Golfe du Morbihan	807	3 %	171 704	5 %	
CA Saint-Brieuc Agglomération Baie d'Armor	601	2 %	151 755	5 %	
CA de Quimper Bretagne Occidentale	479	2 %	100 994	3 %	
CA du Pays de Saint Malo	246	1 %	84 638	3 %	
Total des centres urbains	3 795	14 %	1 594 461	48 %	

Tableau 4: Principaux centres urbains de la région Bretagne (superficie et population)





Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

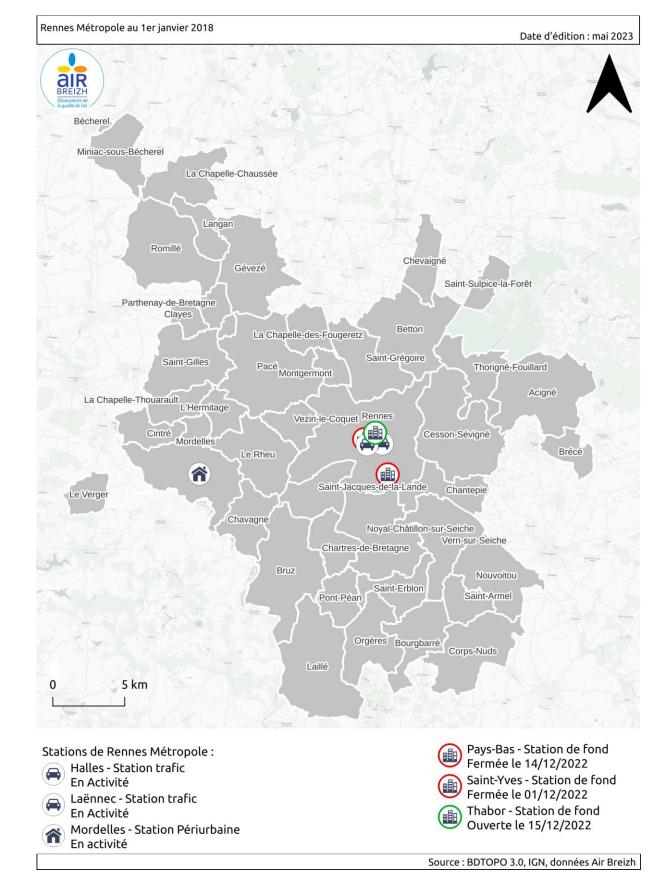


Figure 3: Communes de Rennes Métropole



II. Le bilan des émissions 2018 de Rennes Métropole

Les émissions utilisées dans cette étude proviennent de l'Inventaire régional Spatialisé des Emissions Atmosphériques⁸ (ISEA) d'Air Breizh version 4.1, pour l'année de référence 2018, la plus récente disponible.

Les émissions de polluants de Rennes Métropole, illustrées Figure 4, proviennent majoritairement du transport et du secteur résidentiel/tertiaire :

- Oxydes d'azote (NO_x): 71 % des émissions d'oxydes d'azote sont issues du transport (routier 69 % et autres transports 2 %);
- Particules fines (PM10 et PM2.5): Les sources d'émissions de particules sont principalement issues du secteur résidentiel (30 % et 45 %) et du transport routier (30% et 29%). Le secteur industriel (énergie et hors énergie) vient en 3ème place (20 % et 18 %).

À l'échelle régionale, la contribution des transports dans les émissions de NO_X (56 %) et de particules fines (PM10 (12 %) et PM2.5 (15 %)) est plus faible en raison d'un réseau routier moins dense.

Le transport (transport routier, ferroviaire, aérien et maritime)

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

- Les émissions de NO_X issues des transports sont à **98 % liées au transport routier**. La majorité de ces émissions est liée à la combustion d'hydrocarbures ;
- Les émissions de PM10 issues des transports sont à 95 % liées au transport routier. Elles sont issues d'une part de la combustion de carburant et d'autre part de l'abrasion des pneus, des freins, des routes et de la remise en suspension liée à la circulation automobile.

Le secteur résidentiel et tertiaire

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

- Les PM10 émises par le secteur résidentiel/tertiaire sont essentiellement constituées de PM2.5 (97 % des PM10 émises sont des PM2.5);
- Le tertiaire contribue peu aux émissions de PM2.5 puisque 99% des PM2.5 du secteur résidentiel/tertiaire sont issues du seul secteur résidentiel;
- Le chauffage est le premier contributeur des émissions de PM2.5 du secteur résidentiel.

Notons que la **combustion du bois** est le principal émetteur de particules du secteur résidentiel/tertiaire sur le territoire de Rennes Métropole (93 % des PM2.5 du secteur résidentiel sont issues du chauffage au bois).

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

L'agriculture

L'agriculture représente 19% des émissions de PM10 et 7% des émissions de PM2.5 de Rennes Métropole.

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 (énergie et hors énergie) est un contributeur important dans les émissions de **particules fines** (PM10 et PM2.5) de Rennes Métropole (respectivement **20 % et 18%**).



⁸ Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphérique ISEA : <u>https://isea.airbreizh.asso.fr</u>



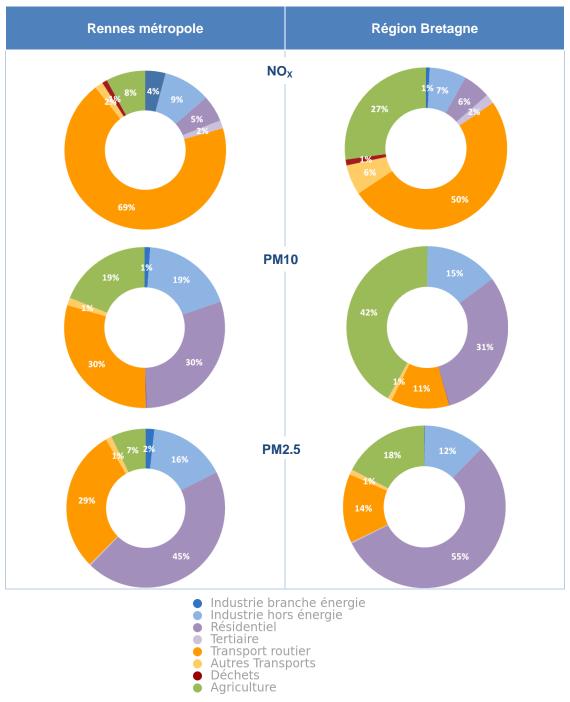


Figure 4: Répartition des émissions NO_x, PM10 et PM2.5 en 2018 (ISEA v4.1)



III. Méthodologie d'évaluation prospective des actions PPA sur la qualité de l'air

III. 1. Les outils de modélisation

La **modélisation** permet, à partir notamment de l'inventaire des émissions, des conditions météorologiques et du réseau de mesures in-situ, **de scénariser la répartition des polluants sur un territoire et d'acquérir une meilleure compréhension des phénomènes locaux de pollution. Les AASQA s'appuient sur cet outil pour prévoir la qualité de l'air, anticiper les épisodes de pollution et diagnostiquer l'exposition des populations.**

Deux types de modélisations coexistent : la **modélisation régionale**, permettant un premier niveau d'information (exemple : Indice ATMO à l'échelle de l'EPCI), et la **modélisation urbaine**, à l'échelle du quartier et appliqué à une métropole ou à une agglomération (Cf. Annexe 1).

La modélisation régionale

Les modèles nationaux (PREV'AIR), régionaux (ESMERALDA) et internationaux (COPERNICUS, ...) sont utilisés par Air Breizh pour les applications suivantes :

- La prévision quotidienne de la qualité de l'air ;
- Le calcul de l'exposition de la population à une mauvaise qualité de l'air à échelle régionale ;
- Et dans le cadre de la modélisation urbaine, le calcul des données de pollution de fond (condition limite du modèle urbain) en fonction de la direction du vent.

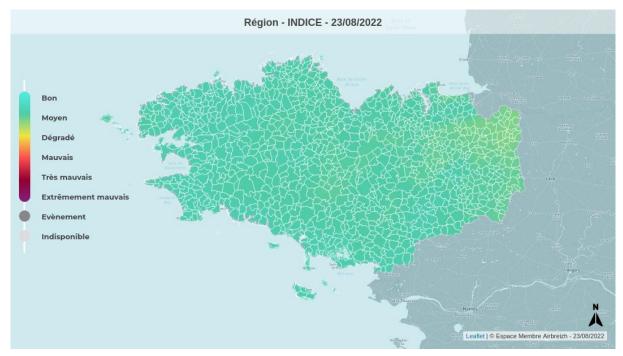


Figure 5: Cas d'utilisation de la modélisation régionale - L'indice de qualité de l'air



La modélisation urbaine

Les modèles urbains sont utilisés pour produire des cartographies de concentrations de polluants à fine échelle (résolution de l'ordre de la dizaine de mètres). Ils sont déployés par Air Breizh sur les territoires des EPCI de plus de 100 000 habitants afin d'évaluer et de calculer de l'exposition de la population aux concentrations de polluants réglementés.

Cette évaluation permet de répondre 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 ?

Ces modèles sont également utilisés dans des **scénarios prospectifs** dans le cadre des **PPA** ou de demande d'**études spécifiques** comme l'étude d'impact de la mise en place d'une ZFE-m à Rennes Métropole.

Air Breizh produit ses modèles de qualité de l'air haute résolution à partir du logiciel **SIRANE**⁹ (Cf. Annexe 2). Développé par l'Ecole Centrale de Lyon (ECL) depuis 20 ans, SIRANE est un **logiciel de modélisation de la dispersion des polluants en milieu urbain** utilisé dans de nombreuses AASQAs. Il permet de produire des cartographies des concentrations en tout point du territoire étudié et prend en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants urbains :

- Le transport des polluants dans le réseau de rues (canopée urbaine) avec prise en compte du confinement des polluants entre les bâtiments, les échanges de polluants avec l'atmosphère extérieure et aux intersections de rues ;
- Le transport des polluants dans la Couche Limite Atmosphérique (CLA) avec prise en compte de la météorologie (transport, dépôt et lessivage des particules) ;
- Les processus physico-chimique en modélisant le cycle de Chapman (NO-NO₂-O₃).

Enfin, l'ECL fourni également à Air Breizh le logiciel URBAN TRAFFIC permettant la **différenciation** entre les rues dites « canyons » et « ouvertes » :

- Les rues canyons sont des rues étroites bordées de bâtiments hauts pour lesquelles la largeur de rue est inférieure à trois fois la hauteur moyenne des bâtiments la bordant, illustrées Figure 6:
- Les rues ouvertes, regroupant toutes les autres configurations de rues (non bordées par des bâtiments, avec des bâtiments uniquement d'un côté, ...).

Cette information est nécessaire à la simulation de la dispersion des polluants routiers : une rue canyon correspondant à une situation de confinement des polluants.



Figure 6: Critère de détermination des rues ouvertes et canyons



⁹ Site internet de présentation du modèle SIRANE, http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/



Nouvelles fonctionnalités de la version 2.2 - révision 155 de SIRANE

Nouveau modèle de chimie non photo-stationnaire

Le modèle photo-stationnaire des versions de SIRANE précédent avait tendance à surestimer la conversion de NO en NO₂ près des sources. L'activation du modèle non photo-stationnaire, illustré Figure 7, va permettre une transformation plus étalée dans l'espace des panaches de NO en NO₂ et diluera les fortes concentrations surestimées au cœur des axes (limite identifiée de la version précédente de SIRANE) à quelques centaines de mètres des sources. Ainsi un facteur multiplicatif modifie la contribution de la source en fonction de la distance.

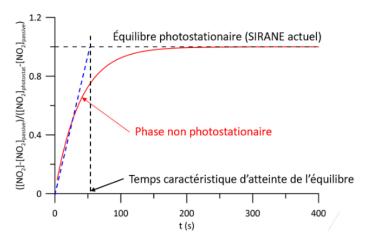


Figure 7: Schéma explicatif du nouveau module de SIRANE (v2.2 - rev.155)

Possibilité d'injecter plusieurs cadastres des émissions

La mise à jour du modèle SIRANE permet l'injection de plusieurs cadastres des émissions. Par exemple, il est possible d'injecter un cadastre des émissions par grand secteur et y associer une modulation spécifique. Cette fonctionnalité permet également d'ajouter des sorties en fin de modélisation : une sortie par cadastre en complément des sorties trafic et industrie.

Ajout du fond 2D

Les concentrations de fond, émises à l'extérieur du domaine d'études, peuvent maintenant être injectées sous forme de grille à l'instar du cadastre des émissions. Dans le cadre de cette étude, cette fonctionnalité n'a pas été utilisée car le modèle d'import du modèle interrégional ESMERALDA n'existait pas en 2018.





III. 2. Processus d'évaluation prospective de la qualité de l'air

L'étude de scénarios par la modélisation repose sur un principe : Afin d'étudier l'influence d'un paramètre à horizon défini, seul celui-ci varie (tous les autres sont constants). Il sera possible d'évaluer l'influence de ce paramètre en termes de qualité de l'air.

Ainsi, la création d'une modélisation prospective repose sur les mêmes principes méthodologiques que la modélisation de référence (diagnostic 2018). Seules les émissions à horizon défini (2030) et l'occupation du sol associée évolueront afin de modéliser de façon la plus réaliste possible les concentrations qui seront respirées à l'avenir.

A. Méthodologie de construction de l'état initial 2018 par la modélisation urbaine

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

- Un réseau de rues interconnectées ;
- Les émissions routières linéigues 2018 associées à ce réseau de rues ;
- Un cadastrage des émissions 2018(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 2018 sur le domaine considéré et pour la période étudiée ;
- La pollution de fond 2018 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 8 décrit le processus complet d'élaboration de l'état initial (référence 2018) de Rennes Métropole, de l'acquisition et du traitement des données d'entrée à l'exploitation des données de sortie.





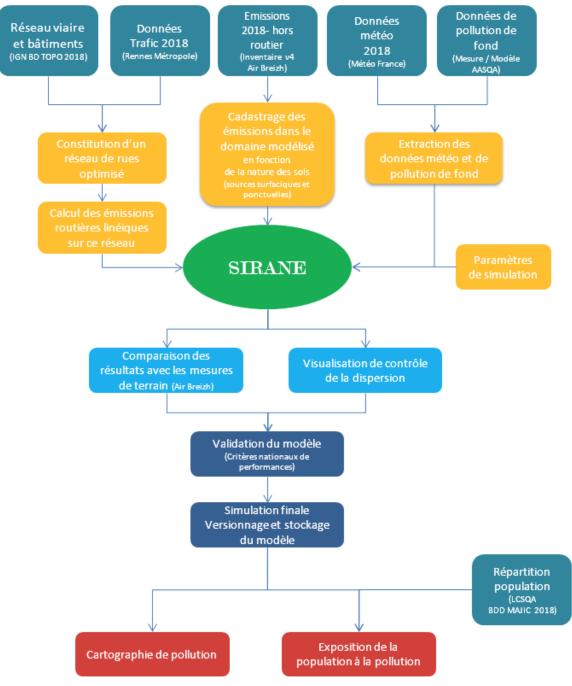


Figure 8: Processus de création de la modélisation de référence 2018



B. Méthodologie d'évaluation des politiques publiques relatives à la qualité de l'air sur les émissions du territoire à horizon 2030

Pour évaluer, de façon prospective, les impacts d'un plan (ou d'une politique publique), il est utile de comparer un scénario tendanciel ou « fil de l'eau » (ce qui se passerait sans les actions du plan) à un scenario « avec plan » ou « avec politique publique » (ce qui se passera avec les actions du plan mises en œuvre). La différence entre les deux scénarios indique l'efficacité attendue du plan (Cf. Figure 1).

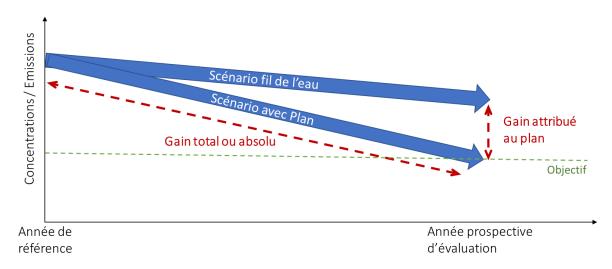


Figure 9: Représentation schématique des scénarios prospectifs

- Le scénario « fil de l'eau » correspond à une situation future qui reflète des évolutions d'activités relevant de projections macro-économiques, d'évolutions structurelles ou technologiques ou de politiques nationales et/ou régionales, déjà adoptées au moment de l'élaboration du scénario et influençant directement les émissions de polluants. Il reflète l'évolution attendue de la qualité de l'air du territoire en l'absence de déploiement d'actions spécifiques au Plan de Protection de l'Atmosphère.
- Le scénario « actions 3^{ème} PPA » correspond à la même situation future mais reflète en plus l'impact des mesures adoptées dans le plan sur les émissions de polluants, et par extension sur les concentrations.

Emissions prospectives tendancielles : hypothèses

L'évaluation en gain d'émissions d'un plan pour une année donnée nécessite d'abord d'estimer les émissions prospectives tendancielles ou « fil de l'eau », c'est-à-dire sans que le plan n'ait été mis en œuvre.

Le Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA), fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. Il est décliné dans les plans d'actions régionaux, en particulier les PPA.





Les émissions prospectives de polluants sont calculées à partir de données d'activité prospectives et des facteurs d'émission. Plusieurs cas sont possibles en fonction de la disponibilité de ces données avec les règles de priorisation suivantes :

- Cas 1 : Données d'activité prospectives robustes locales, ou à défaut régionales. Les données d'activité prospectives locales (énergétiques et non-énergétiques) peuvent être issues de travaux prospectifs initiés pour les Plans de Déplacements Urbains, les Plans Climat Air Energie, le schéma directeur des énergies, le SCOT ou plus généralement issues de modélisations dans le cadre de planifications régionales. Elles peuvent concerner des données socio-économiques, des données énergétiques (consommations par secteurs et type d'énergie), des hypothèses de prolongation de tendances, etc.
- Cas 2 : Hypothèses nationales d'évolution dans le temps des données d'activité à appliquer aux données d'activité locales de l'année de référence.
 Sans données d'activité prospectives locales, les hypothèses utilisées pour évaluer le scénario « Avec Mesures Existantes » (AME) du PREPA dans le document « Rapport final AME/AMS 2021¹⁰ », qui prend en compte les mesures adoptées jusqu'au 31 décembre 2019, peuvent être reprises pour construire des émissions tendancielles au niveau local. Sont concernées : des données socio-économiques, les consommations d'énergie par secteur, des projections d'activités industrielles, l'évolution des équipements domestiques de chauffage au bois, l'évolution du trafic routier, des évolutions de cheptels pour l'agriculture, etc.

Le calcul des émissions se fait ensuite en croisant la donnée prospective d'activité avec, par défaut, un facteur d'émissions national (version la plus récente de OMINEA) et si disponible et jugé pertinent, un facteur local.

¹⁰ <u>Scénarios prospectifs énergie-climat-air, Ministère de la Transition et de la Cohésion des territoires / Ministère de la Transition énergétique, juin 2023</u>



23



C. Prise en compte de l'évolution de l'occupation des sols et de la démographie

Dans le cadre de la scénarisation tendanciel fil de l'eau 2030, l'évolution de l'occupation des sols et de la démographie a été estimée afin :

- De spatialiser les émissions du secteur résidentiel dans les nouveaux quartiers qui seront construits en 2030;
- D'évaluer l'exposition des populations à une mauvaise qualité de l'air.

Prise en compte de l'évolution de l'occupation du sol

Les données suivantes ont été utilisées :

- La base d'occupation du sol Corine Land Cover 2018 ;
- Le PLUi de Rennes Métropole ;
- Et la base de données de bâtiments en projet d'aménagement fournie par Rennes Métropole.

La Corine Land Cover utilisée pour spatialiser les émissions liées aux bâtiments a été mise à jour de la manière suivante :

- Les bâtiments en projet ont été transformés en zone grâce à une zone tampon de 50m;
- Les zones AU du PLUI ont été sélectionnées ;
- Enfin, les zones bâtiments et AU ont été ajoutées à la Corine Land Cover avec le code « Tissu urbain continu ».

Prise en compte de l'évolution de la démographie

Les données suivantes ont été utilisées :

- Le PLUi de Rennes Métropole ;
- La base de données de bâtiments en projet d'aménagement fournie par Rennes Métropole;
- La base de données MAJIC 2019 fournie par le LCSQA (la plus récente disponible);
- La répartition de l'évolution de la population 2019-2030 par commune fournie par l'AUDIAR à partir du recensement INSEE 2019 ;
- La répartition des nouveaux habitants par commune dans les ZAC et l'habitat diffus.

Estimation de l'évolution la population dans les ZAC et le diffus

• A partir des données d'évolution de la population horizon 2030 dans les communes, calcul du nombre d'habitants attendus dans les ZAC et l'habitat diffus pour chaque commune.

Spatialisation des habitants attendus en 2030 dans les ZAC et le secteur diffus

- Les nouveaux habitants ont été spatialisés :
 - Dans les bâtiments en projet d'aménagement pour la part des habitants attendus en ZAC en fonction de la surface habitable des bâtiments (surface au sol multiplié par le nombre d'étages).
 - Dans les zones AU du PLUi pour la part des habitants attendus dans le diffus dans les communes hors Rennes.
 - A Rennes, les données MAJIC 2019 ont été utilisées pour distribuer la population diffuse sur l'ensemble de la commune en augmentant la population 2019 en fonction du pourcentage de population supplémentaire attendu en 2030 dans le secteur diffus.





IV. Mise à jour du diagnostic de la qualité de l'air par la modélisation (référence 2018)

Une modélisation de la dispersion des polluants urbains réglementés (PM10, PM2.5, NO₂) a été produite en 2019 dans le cadre du second PPA (2015-2021). Pour cette troisième édition du PPA une **mise à jour** de cet état initial est apparue nécessaire compte tenu des évolutions logicielles et de l'actualisation des données d'entrée. Elle prendra en compte :

- La nouvelle version du logiciel SIRANE¹¹ (2.2 rev.155) permettant l'injection de cadastres multiples par grand secteurs d'émissions (Résidentiel-Tertiaire, Agriculture, Déchets...) et un nouveau modèle de chimie ;
- Le modèle de trafic 2018 fourni par Rennes Métropole ;
- Les informations GEREP (Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes) actualisées pour 2018 pour les sources industrielles ;
- Le nouvel inventaire des émissions V4.1 référence 2018 ;
- La prise en compte de la **pollution de fond en fonction de la direction du vent** issue du modèle inter-régional ESMERALDA.

IV. 1. Les 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 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 cette méthodologie et met à disposition des AASQA les données spatiales de la population qui en sont issues 12.



¹¹SIRANE – 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 http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/

¹² Méthodologie de répartition spatiale de la population ; Programme 2014 [LCSQA / INERIS – avril 2015]



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 l'Annexe 3.

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 NO₂, 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).

IV. 2. La constitution d'un réseau de rues interconnectées

Pour l'élaboration de ce modèle les émissions routières ont été estimées à partir du modèle de trafic (référence 2018) fourni par Rennes Métropole.

Des travaux de transposition des brins routiers « modèle trafic » vers la BD TOPO 2018 a été effectué pour les raisons suivantes, illustrés Figure 10 :

- La BD TOPO est la base de données géographique routière de référence préconisée par le LCSQA;
- La BD TOPO est également utilisée pour la détermination des volumes de rues et de l'exposition de la population à partir de la donnée bâtiments. Une cohérence géographique est donc nécessaire afin d'éviter la surestimation de l'exposition ;
- Le modèle trafic de Rennes Métropole renseigne une information de TMJA par sens de circulation. Cependant, cette information est renseignée sur un brin unique. Dans la BD TOPO, les grands boulevards et voies rapides sont modélisées par sens. La transposition a également permis de prendre en compte cette différenciation des sens dans la géométrie de la BD TOPO.

La correspondance BD TOPO / Modèle de trafic a été effectuée de manière manuelle pour les TMJA 2018 avant automatisation du traitement pour les exercices de projection 2030.

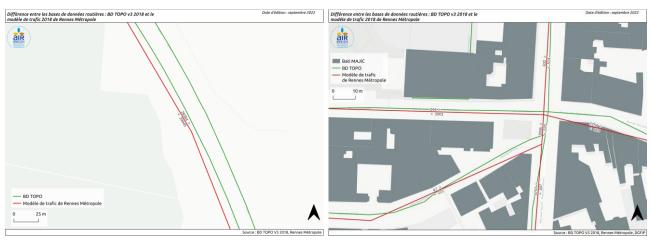
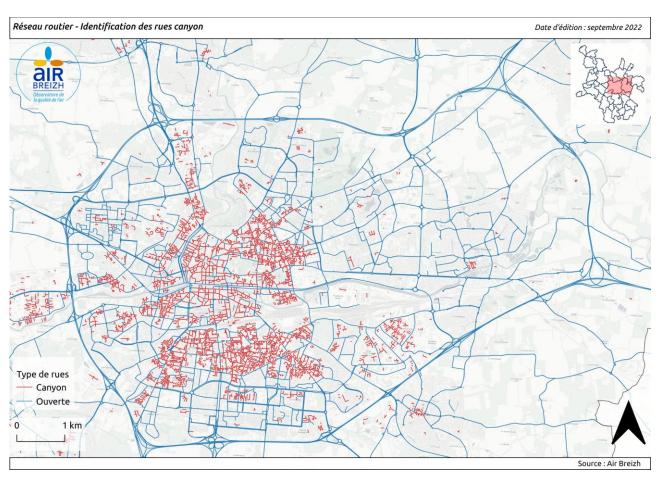


Figure 10: Analyse des différences entre la BD TOPO et le modèle de trafic de Rennes Métropole





Le réseau obtenu compte finalement 2 050 kilomètres de voies, dont environ 248 km de type "canyon", soit 14 % du réseau optimisé de rues de la métropole, représenté sur la Figure 11. Les rues de type "ouvert" prédominent largement dès que l'on s'éloigne du centre-ville.



 $Figure \ 11: Il lustration \ du \ r\'eseau \ routier \ optimis\'e \ de \ Rennes \ M\'etropole-zoom \ sur \ l'intra-rocade$



IV. 3. La 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 12) :

- 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 12: 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.





IV. 4. Le 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 avec la méthodologie COPERT V (« The industry standard emissions calculator » ; https://www.emisia.com/utilities/copert/) 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 des résultats est fournie Figure 14 et du principe de calcul dans l'Annexe 4 de ce rapport.

Données Trafics et vitesses réglementaires autorisées

Le calcul des émissions s'est appuyé sur les données du modèle de trafic (2018) de Rennes Métropole :

- 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.
- Capacité horaire des axes de circulation dépendant du nombre de voies ;
- Vitesses réglementaires autorisées sur le réseau viaire.

Caractérisation du réseau routier

Les paramètres géométriques nécessaires tels les longueurs des tronçons, 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 2018 (parc automobile national produit par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), mis à jour de décembre 2020). Le parc injecté dans le modèle, illustré par type de véhicules et vignette Crit'air Figure 13, est composé de 75% de véhicules personnels, 17% de véhicules utilitaires légers, 6% de poids lourds et de 2% d'autres véhicules (deux roues, voitures sans permis...).

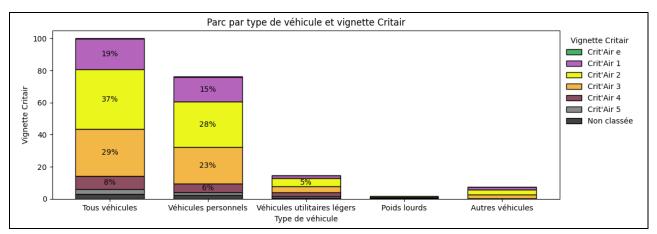


Figure 13: Parc automobile statique par type de véhicule et vignette Crit'air - modèle V2 2018





Sources des émissions

Le calcul des émissions est réalisé pour chaque type de véhicule en distinguant :

- Les opérations de moteurs chauds stabilisés : ces émissions peuvent parfois dépendre de l'âge du véhicule ;
- La phase de chauffage (les émissions à froid) : définie en fonction du type de parcours (urbain, périurbain ou autoroutier) et de la température extérieure ;
- Les sources d'évaporation (distinction entre évaporations au roulage, diurnes et suite à l'arrêt du véhicule). Ces deux derniers types sont évalués à partir du parc statique connu annuellement à l'échelon départemental ;
- L'usure des pneus, des plaquettes de freins et des routes : un facteur d'émission moyen par kilomètre est attribué selon le type de véhicule pour les particules ;
- La remise en suspension des particules déposées sur la chaussée : cette source n'est calculée que pour des besoins de modélisation fine échelle (exclue des bilans d'émissions pour éviter tout double compte).

Illustration des émissions du transport routier en 2018 injectées dans la modélisation (avec remise en suspension)

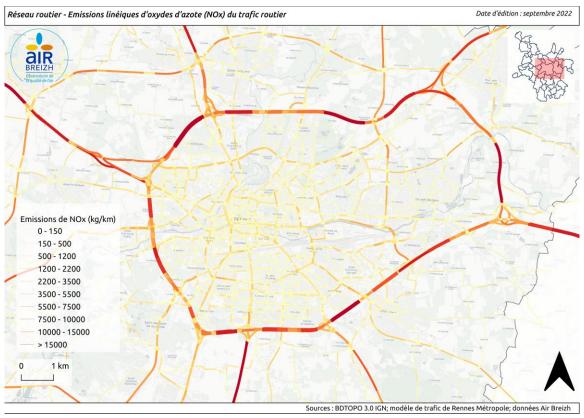


Figure 14: Emissions d'oxydes d'azote NO_x totales du réseau routier de Rennes Métropole injectées dans la modélisation - modèle V2 2018



Analyse des émissions 2018 du transport routier (échappement + abrasions) par vignette Crit'Air

Les émissions de NO_x et de particules proviennent principalement des véhicules Crit'air 2, 3 et 4 dans une moindre mesure. L'effet du poids des véhicules est bien illustré par l'analyse des émissions de particules (PM10) : les poids lourds sont à l'origine de 26% des émissions alors qu'ils représentent moins de 2% du parc.

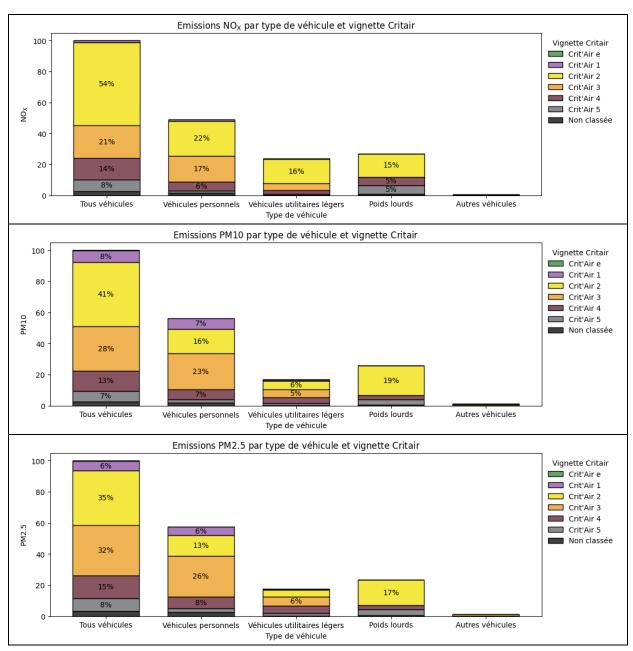


Figure 15: Emissions de NOX, PM10 et PM2.5 par type de véhicule et vignette Crit'air - modèle V2 2018





IV. 5. La modulation des émissions routières linéiques

Le trafic routier évolue suivant l'heure de la journée, le jour de la semaine, le type de jour (ouvré, samedi et veille de fête et dimanches) et le mois de l'année.

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 des profils journaliers et mensuels. 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.

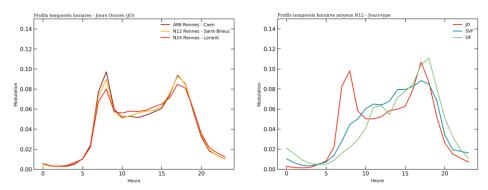


Figure 16: Exemples de profils temporels horaires du trafic routier

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 (si information existante). 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.





IV. 6. Les grandes sources ponctuelles

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) de Rennes Métropole sont intégrées en tant que Grandes Sources Ponctuelles (GSP). Le module de source ponctuelle de SIRANE permet de modéliser la surélévation des panaches émis par les cheminées pour les émissions issues de la combustion. Les émissions ponctuelles industrielles se basent sur les déclarations officielles d'émission 2018. Les GSP de Rennes Métropole sont listées dans le Tableau 5 et localisées Figure 17.

Sites	Numéro d'inspection	Activité
Laitière l'Hermitage	535.01304	Fabrication de lait liquide et de produits frais
Cabretta	055.03418	Fabrication de carrosseries et remorques
UVE de Villejean	055.04122	Traitement et élimination des déchets non dangereux
Chaufferie du Blosne	055.01505	Production et distribution de vapeur et d'air conditionné
Chaufferie Villejean	055.01504	Production et distribution de vapeur et d'air conditionné
Peugeot Citroën	055.01387	Site de production d'automobile
Dalkia Biomasse	055.17386	Production d'électricité
Etex	055.01517	Fabrication d'ouvrages en fibre-ciment

Tableau 5: Sites industriels ICPE (sources ponctuelles) retenus dans le modèle - modèle V2 2018

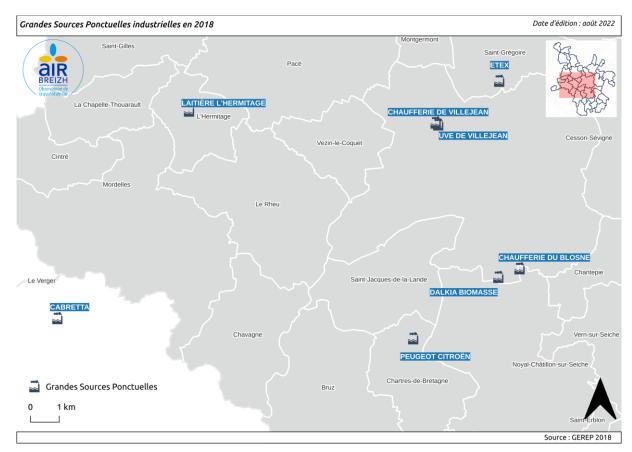


Figure 17: Localisation des GSP de Rennes Métropole - modèle V2 2018



IV. 7. Les cadastres des émissions – hors routier et GSP

Les émissions liées au chauffage résidentiel, à l'échelle de l'« llots Regroupés pour l'Information Statistique » (IRIS) fournis par l'INSEE, et les émissions communales des autres secteurs sont spatialisées en utilisant la base de données d'occupation des sols « Corine Land Cover » (CLC) établie dans le cadre du programme européen de surveillance des terres COPERNICUS.

Par exemple:

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

Ces émissions issues de l'inventaire ISEA spatialisées sur la CLC sont ensuite injectées dans le modèle sous forme de grille (cadastre des émissions d'une résolution de 500 m).

Evolution: La nouvelle version de SIRANE permet dorénavant de produire autant de cadastre que nécessaire. La nouvelle modélisation de référence 2018 bénéficie ainsi de 10 cadastres indépendants, correspondant aux secteurs nationaux SNAP (Select Nomenclature for Air Pollutants » :

- 01 / Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation de l'énergie
- 02 / Combustion hors industrie
- 03 / Combustion dans l'industrie manufacturière
- 04 / Procédés de production
- 05 / Extraction et distribution de combustibles fossiles/énergie géothermique
- 06 / Utilisation de solvants et autres produits
- 07 / Transports routiers (seulement diffus dans notre cadastre; principal en linéaire)
- 08 / Autres sources mobiles et machines
- 09 / Traitement et élimination des déchets
- 10 / Agriculture et sylviculture

Attention particulière : le secteur SNAP 05 / Extraction et distribution de combustibles fossiles / énergie géothermique ne comprend pas d'émissions des polluants étudiés sur la zone modélisée.

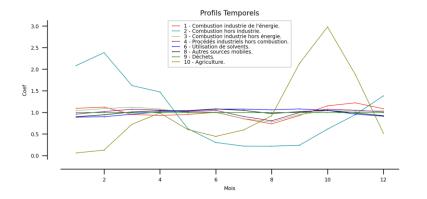
Le cadastrage des émissions de PM10 issues du secteur chauffage résidentiel (02), illustré Figure 19, met en évidence l'impact du chauffage, source principale de particules fines avec le transport routier. Les émissions de PM10 liées au chauffage résidentiel sont maximales dans les centres urbains de la métropole.





Temporalisation des cadastres des émissions

Une temporalisation des émissions par secteur est appliquée dans le modèle (Figure 18). Neuf cadastres sont injectés dans le modèle et leurs émissions sont modulées selon les profils spécifiques associés à chaque secteur.



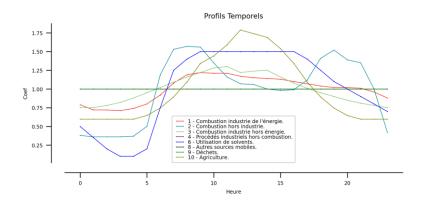


Figure 18: Profils temporels mensuels et horaires utilisés pour le cadastre





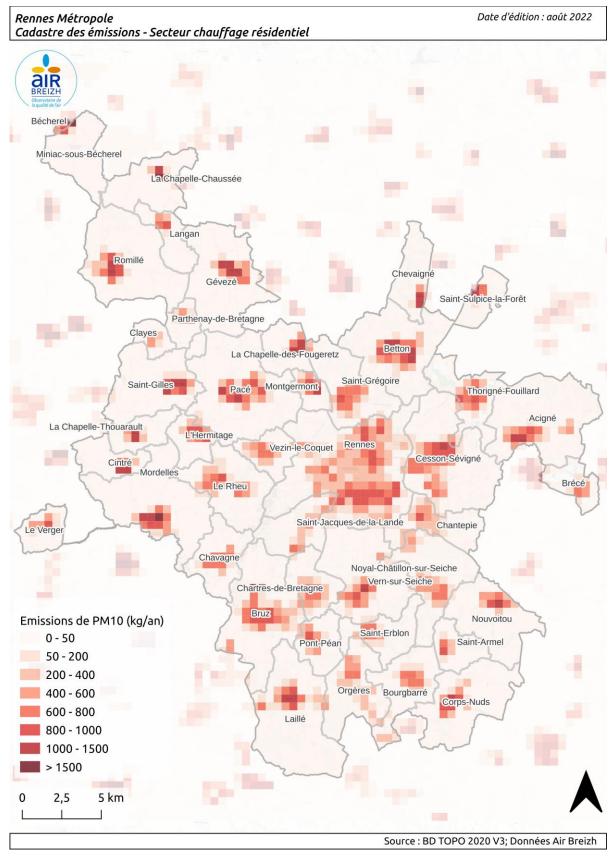


Figure 19: Cadastre des émissions de PM10 issues du chauffage résidentiel en 2018 (ISEA V4.1) - modèle V2 2018



IV. 8. La pollution de fond

La pollution de fond correspond aux apports de polluants extérieurs à la zone d'étude. Cette pollution est donc indépendante de l'activité dans la zone. Elle peut être influencée par de multiples sources d'émissions, dont les aires urbaines et agricoles du territoire.

Une valeur de pollution de fond unique à toute la zone d'étude, pour chaque pas horaire et pour chaque polluant modélisé a été intégrée dans le modèle.

Remarque : La nouvelle révision v2.2-155 de SIRANE permet d'injecter la pollution de fond sous forme de grille dans le modèle. Cependant, la modélisation des imports extérieurs, aujourd'hui fournie par le modèle régional ESMERALDA n'est pas disponible pour l'année 2018.

Le dispositif de surveillance d'Air Breizh comportait en 2018 une station rurale de fond, implantée sur la commune de Guipry-Messac en Ille-et-Vilaine. Elle mesurait 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 la 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 ($NOx - O_3$, 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 NOx - 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 un 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 NO₂ O₃ 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_x) / le maximum (O₃) horaire mesuré entre les autres stations rurales de fond du grand Ouest est sélectionné.

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).



Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

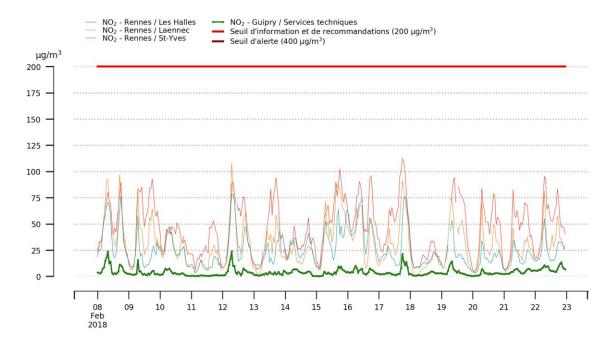


Figure 20: Comparaison des concentrations de NO2 en situation de fond rurale (Guipry) et aux stations de Rennes

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 référence implantés en situation de fond rural dans le grand Ouest (cf. paragraphe précédent « Couple NO_X – O₃ »);
- Des données issues du modèle régional ESMERALDA sur la région. La sélection des concentrations issues des modèles est basée sur l'origine des vents (8 secteurs de vents).

Des simulations ont été réalisées à partir des deux sources de données. Elles montrent que pour le modèle de Rennes Métropole, l'utilisation de sorties de modèles régionaux en fonction de l'origine des vents est plus pertinente par rapport à l'utilisation de données rurales de fond issues d'un ou plusieurs instruments.

IV. 9. La 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 l'aéroport de Rennes Saint-Jacques. En cas d'absence de mesures, les sorties du modèle ARPEGE de Météo France sont implémentées dans le modèle.





Rose des vents moyenne sur l'année 2018

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 de l'illustration. Elles représentent 2.3 % des mesures (195 données horaires sur 8 593). Les pas de temps horaires non connus sur l'année 2018 représentent 1.91 % des mesures (167 données horaires).

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, illustrés Figure 21, ont été majoritairement de secteur Nord et de quart Sud-Ouest avec respectivement 28 % et 37 % des enregistrements sur l'année 2018.

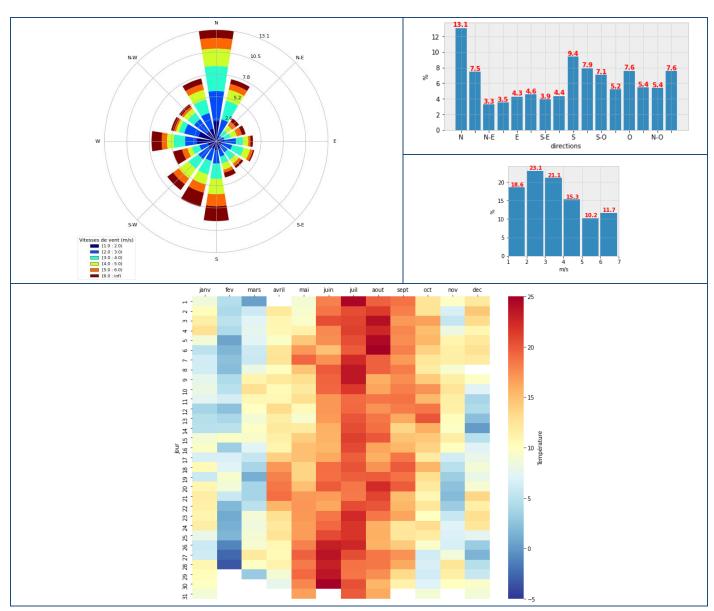


Figure 21: Conditions météorologiques globales 2018 (station Météo France aéroport Rennes Saint-Jacques)



IV. 10. Validation du modèle de référence 2018 aux stations de mesure in-situ

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 l'agglomération. Pour cela, des points de références spécifiques (appelés « points récepteurs ») ont été déterminés aux coordonnées géographiques des stations de mesure de l'agglomération.

L'évaluation du modèle repose sur plusieurs indicateurs statistiques, calculés avec un logiciel national de validation appelé « EvalTools » (fournis par le LCSQA). Les résultats de ces comparaisons sont présentés dans les paragraphes suivants.

A. Validation à partir du réseau de stations de mesures permanentes de Rennes Métropole

Dispositif de surveillance de la qualité de l'air à Rennes Métropole

Quatre 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.

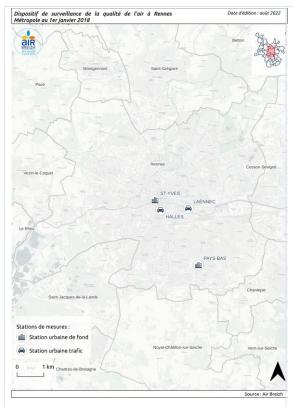


Figure 22: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté à Rennes

Stations de mesures		Concentrations (µg/m₃)				
Stations de me	NO _X	O ₃	PM10	PM2.5		
Saint-Yves Station urbaine de fond	2018	X	X	-	-	
Pays-Bas Station urbaine de fond	2018	-	-	X	X	
Laënnec Station urbaine trafic	2018	Х	-	X*	X*	
Halles Station urbaine trafic	2018	Х	-	-	-	

(*)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 à Rennes



Les stations « urbaines de fond » sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de l'agglomération
Les stations « urbaines trafic » sont représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine





Validation du modèle via l'outil Evaltools

Afin de respecter les critères de validation nationaux, il est nécessaire d'avoir une couverture des données de mesure supérieure à 75% sur la période étudiée.

Figure Target Plot

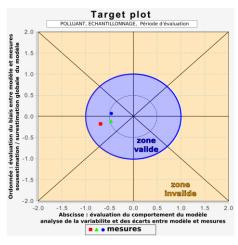


Figure 23: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"

L'outil « EvalTools » permet d'évaluer et de synthétiser la performance d'un modèle, par le biais d'une comparaison avec les données de mesure de terrain, illustrée sous forme de cible « Target Plot ». Les critères d'évaluation sont basés sur la directive européenne en vigueur (transcrite 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 23. 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 « EvalTools », développé par Météo France et le LCSQA

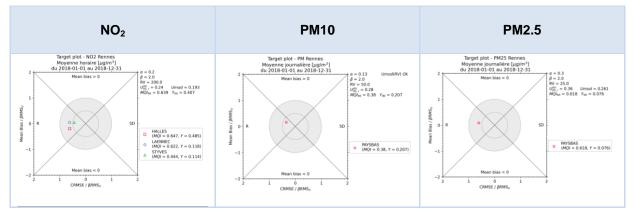


Figure 24: Evaluation du modèle sur l'année 2018 (Target Plot)

Les comparaisons des résultats de la modélisation 2018 avec les mesures de terrain pour chaque polluant étudié Figure 24 respectent les critères nationaux de validation d'un modèle de qualité de l'air.





Figure Quantile-Quantile « QQ-Plot »

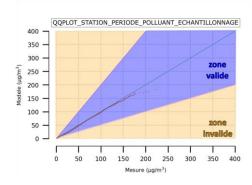


Figure 25: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile

La figure Quantile-Quantile « QQ-Plot» (Figure 25) 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 s'ils sont compris entre +/- 50 % de la mesure observée (critère d'évaluation basé sur la directive européenne en vigueur).

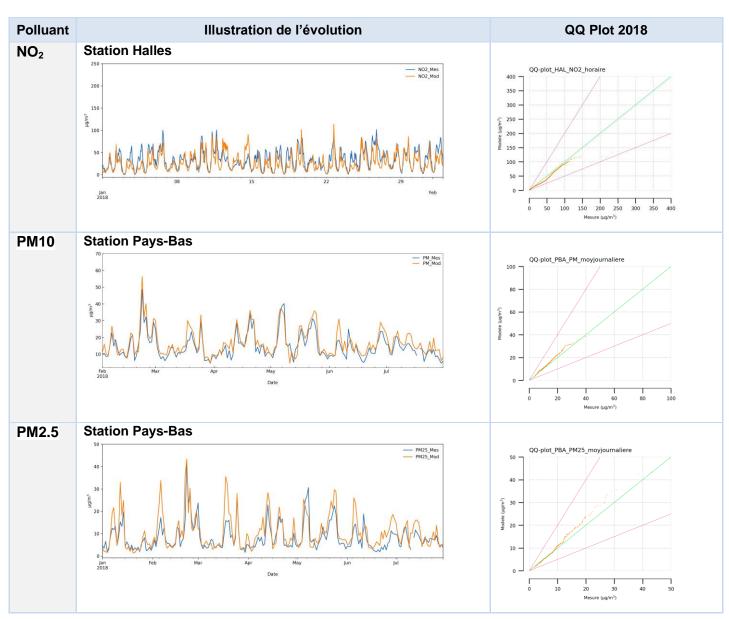


Figure 26 : Evaluation du modèle sur l'année 2018 (QQ Plot)





B. Validation à partir de la campagne de mesure 2018 à proximité de la rocade

Dans le cadre du PPA 2015-2021 une campagne de mesures de la pollution atmosphérique a été réalisée à proximité de la rocade Sud-Ouest de Rennes¹³. Son objectif était de caractériser l'évolution spatiale des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) à proximité des axes à très fort trafic. Cette campagne s'est déroulée en février 2018 avec l'installation d'une cinquantaine de points de mesures :

- Des mesures par diffusion passive (tube passif) qui permettent d'obtenir des concentrations moyennes sur un pas de temps d'une semaine. 8 transects ont été positionnés sur le secteur d'étude avec 5 points de prélèvement chacun séparés de 50 mètres entre eux.
- Des mesures continues sur 3 points de prélèvement fournissant une donnée horaire, assimilable aux mesures du réseau réglementaire de surveillance.

de la rocade février/mars 2018

Date évition et. 2019

TI

Analysee autoriproque
Paints (7:20,71)
Tube passi
T

Dispositif de surveillance - Campagne de mesure à proximité

Figure 27: Dispositif implanté à proximité de la rocade

de Rennes Métropole - février 2018

Les principaux enseignements retenus concernant le NO₂ 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 28;
- la décroissance des niveaux est très rapide dans les 50 premiers mètres (Cf. Figure 28);
- des dépassements des valeurs réglementaires horaire et annuelle sont possibles aux abords de la rocade.

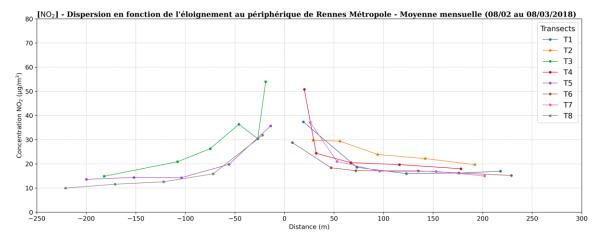


Figure 28: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade de Rennes - février 2018

¹³ 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] https://www.airbreizh.asso.fr/publication/evaluation-de-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-campagne-2018/





La comparaison modèle-mesure à partir de la campagne de mesures à proximité de la rocade est très satisfaisante. Le nouveau module de chimie de SIRANE offre une dispersion plus réaliste du NO₂ et surestime moins les concentrations à proximité des sources routières (Figure 29 et Figure 30).

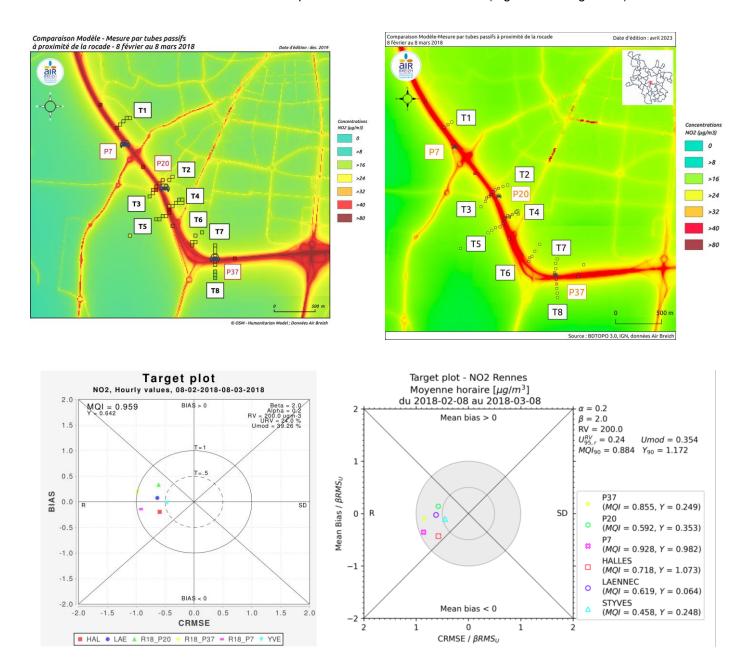


Figure 29: Evaluation des résultats NO2 du 8 février au 8 mars 2018 (Target-Plot)

Modèle v1-0 Modèle v2-0 (Incertitude: 30%) Mesure (Incertitude: 30%) 80 60 40 20 80 60 40 Transects [4, 5] 80 60 40 20 Transects [6] 60 40 20 Transects [7, 8] 80 60 40 20 0 −250 -200 Ó 100 150 250 -150 -100 -50 50 200 300

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

 $Figure~30: Comparaison~des~transects~mod\`ele~V1/mod\`ele~V2~et~mesure~\`a~proximit\'e~de~la~rocade~-f\'ev. 2018$

Distance (m)

Concentration NO₂ (µg/m³)



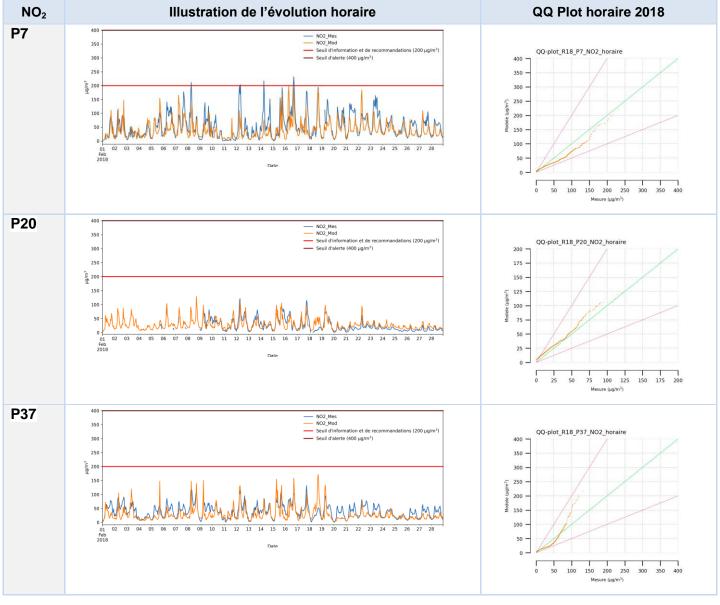


Figure 31 : Comparaison quantile-quantile modèle / mesures rocade - fév. 2018



IV. 11. Validation des résultats avec la modélisation référence 2018 produite dans le 2nd PPA (2015 – 2021)

Le nouvel état initial 2018 produit dans le cadre de ce 3^{ème} PPA 2022 – 2027 (nommé V2 par la suite), présente des évolutions par rapport à celui produit lors du 2nd PPA 2015 – 2021 (nommé V1).

Dans le cadre de cet exercice de validation, les cartes d'exposition de l'état initial 2018 du 2nd PPA (V1) ont été mises à jour en exploitant la BD POPULATION méthodologie MAJIC référence 2018 (Cf. IV. 1 Les contraintes liées à la modélisation « haute résolution ») produite par le LCSQA (référence 2015 exploitée en 2019 lors de la production de la V1¹⁴).

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.

www.airbreizh.asso.fr

47

¹⁴ Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole, Modélisation urbaine – Rapport final [Air Breizh – novembre 2020] https://www.airbreizh.asso.fr/publication/rennes-metropole-evaluation-de-la-qualite-de-lair/



A. Le dioxyde d'azote NO₂

Les oxydes d'azotes proviennent principalement du transport, des activités industrielles et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), représentant respectivement 71%, 13% et 7% des émissions de la métropole rennaise selon l'inventaire spatialisé ISEA V4.1 référence 2018 (Cf. chapitre II, Figure 4).

Situation chronique

En cohérence avec la répartition de ses sources d'émissions et de son niveau de pollution de fond très faible, les concentrations de NO₂ illustrées Figure 32 sont plus élevées au niveau des axes routiers structurants (autoroute, voies express, rocade et pénétrantes). Sa durée de vie étant très courte, les concentrations chutent très rapidement à mesures qu'on s'éloigne des voies de circulation. L'effet de confinement dans les rues de type « canyon » est d'autant plus remarquable dans le centre historique de Rennes en raison de la présence de ce type de rues.

Cependant, la V2 présente des concentrations moindres aux niveaux et à proximité immédiate de ces axes. Toutefois, les tronçons intra-rocade impactés par des dépassements de valeurs limites réglementaires dans le cadre de la V1 sont conservés dans cette V2.

La V2 présente notamment une augmentation des concentrations à proximité de l'aéroport de Rennes Saint-Jacques-de-la-Lande (nouvel inventaire réf. 2018) et au niveau d'axes routiers qui n'étaient pas renseignés dans la première version du modèle.

Exposition de la population

La comparaison des expositions des populations vis-à-vis des seuils réglementaires est illustrée Figure 33 et synthétisée dans le Tableau 7.

Le nombre d'habitant exposé à des dépassements de la valeur limite réglementaire actuelle évolue peu. Cependant l'exposition à la future valeur limite réglementaire à horizon 2030 est en nette baisse, due à des concentrations au cœur des axes routiers inférieures dans cette V2. L'exposition au seuil OMS, fixé en 2021, est en légère hausse en raison des concentrations de NO_2 plus dispersées dans l'espace.

Réglementation	Seuil	Exposition V1	Exposition V2	Evolution (%)
Européenne actuelle	40 μg/m ³	< 40 hab.	< 100 hab.	
Européenne 2030	20 μg/m ³	14 200 hab.	6 000 hab.	- 58 %
OMS 2021	10 μg/m ³	287 300 hab.	296 200 hab.	3%

Tableau 7: Comparaison des valeurs d'exposition de la population au NO₂ entre la V1 et la V2 du modèle

Les différences de concentrations cartographiées et d'exposition entre la V1 et la V2 s'expliquent par :

- La mise à jour du modèle de chimie (non photo-stationnaire) permettant une dispersion plus réaliste des gaz sur les axes routiers ;
- Une donnée plus fiable et complète pour les TMJA grâce au modèle de trafic 2018 de Rennes Métropole;
- Un inventaire des émissions plus récent (ISEA v3 référence 2016 pour la V1 et ISEA v4.1 référence 2018 pour la V2).





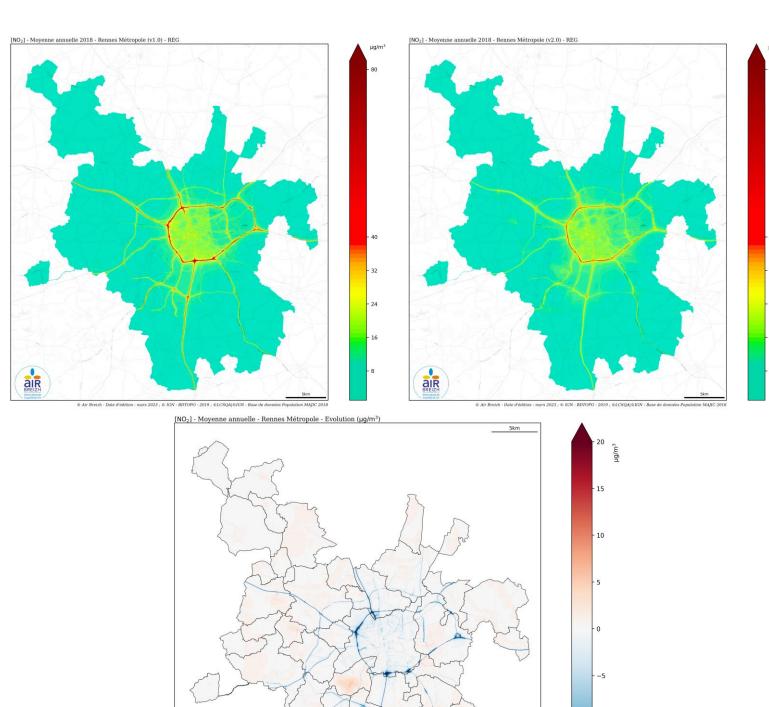


Figure 32: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en NO2: V1 (à gauche), V2 (à droite) et différence V2 - V1 (en bas)

© AIR BREIZH - Date d'édition : fév. 2024

-10



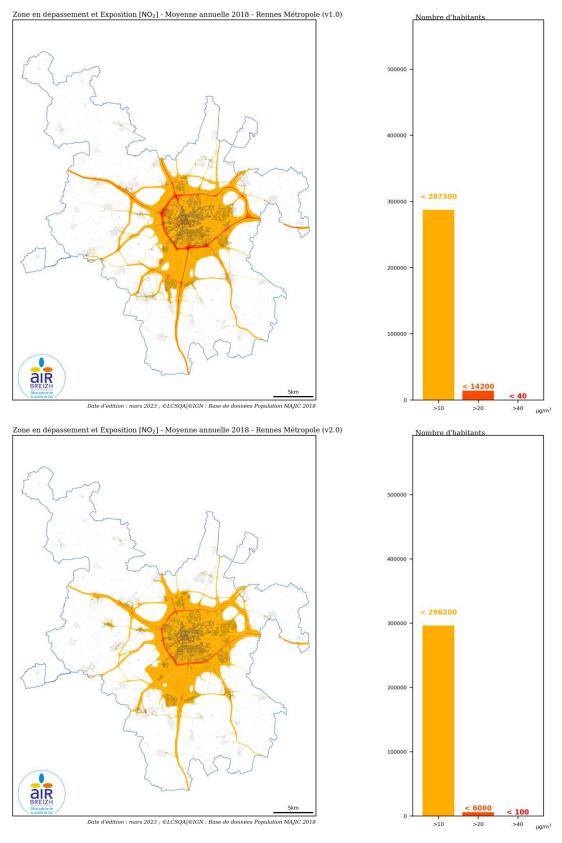


Figure 33: Exposition de la population au NO_2 par rapport à la valeur limite annuelle - V1 (en haut) - V2 (en bas)



Origines de la pollution au NO₂

La Figure 34 illustre l'origine des sources de pollution du dioxyde d'azote pour le mois de février 2018, au niveau de la station de mesure de fond Pays-Bas.

Le modèle V2 permet de séparer l'ensemble des sources d'émissions au lancement du modèle. Comme présenté Figure 18, chaque source cadastrée a fait l'objet d'une modulation et d'une sortie cartographique spécifique en complément des sources ponctuelles et du réseau routier principal. Ma Figure 35 présente les contributions dans l'espace des secteurs résidentiel / tertiaire, routier et autres transports, émetteurs de NO₂.

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

- Les sources linéiques routières ;
- Les sources ponctuelles industrielles ;
- Les sources cadastrées (au nombre de neuf dans la V2 ; groupées en une seule source dans la V1);
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émissions, dont les aires urbaines et agricoles.

La mesure de NO₂ est également représentée en trait bleu sur la Figure 34, afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

Ce nouvel état initial, en cohérence avec la V1, montre l'influence du transport et du secteur résidentiel / tertiaire sur les concentrations atmosphériques du dioxyde d'azote (NO₂). Le trafic routier contribue en 2018 à hauteur de 48 % des concentrations respirées au niveau de la station de fond « Pays Bas ». Le secteur des autres transports et le chauffage résidentiel / tertiaire contribuent chacun à 8 % des concentrations.

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

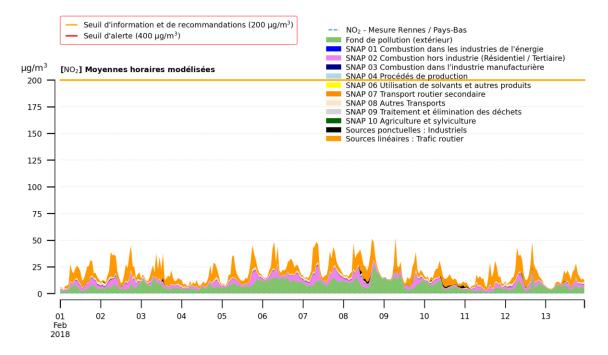


Figure 34: Contribution des sources de NO2 au niveau de la station "Pays-Bas" - modèle V2 2018





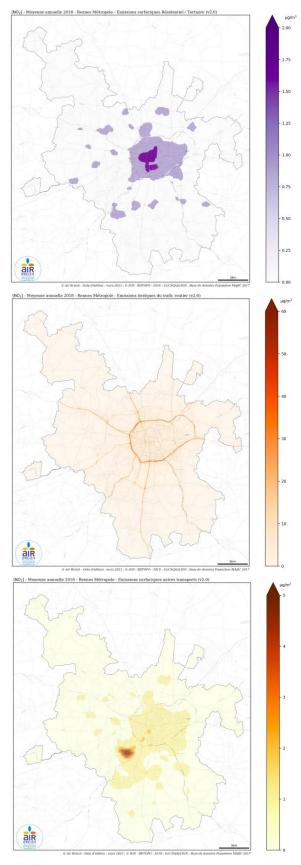


Figure 35 : Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées - modèle V2 2018. Attention : les échelles sont différentes.



B. Les particules fines PM10

Les particules fines PM10 proviennent principalement du transport, du chauffage urbain (secteur résidentiel-tertiaire), des activités industrielles et du secteur agricole, représentant respectivement 31%, 30%, 20% et 19% des émissions de la métropole rennaise selon l'inventaire spatialisé ISEA V4.1 (référence 2018).

Situation chronique

Les concentrations de particules PM10, illustrées Figure 36, ont une dispersion plus étendue car elles peuvent être transportées sur de longues distances. Ainsi les niveaux de fond sont plus élevés que pour les polluants gazeux comme le NO₂.

A l'échelle locale, des concentrations plus élevées sont modélisées au niveau des axes routiers et des quartiers d'habitation. L'effet de confinement dans les rues de type « canyon » est d'autant plus remarquable dans le centre historique de Rennes en raison de la présence de ce type de rues. Cependant, le modèle V2 présente des concentrations moindres aux niveaux et à proximité immédiate de ces axes.

L'amélioration de la spatialisation du cadastre des émissions pour le secteur résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS (échelle communale dans la V1) et l'augmentation des émissions de ce secteur d'activité suite à des évolutions méthodologiques accentuent les concentrations au niveau des centres villes des communes de la métropole. L'aéroport de Rennes Saint-Jacques est également plus visible en raison de l'amélioration de la spatialisation (la zone émissive a été réduite et correspond au périmètre stricte de l'aéroport).

Exposition de la population

La comparaison des expositions des populations vis-à-vis des seuils réglementaires est illustrée Figure 37 et synthétisée dans le Tableau 8.

Aucune personne n'est exposée à un dépassement de la valeur limite actuelle. Le nombre d'habitant exposé à des dépassements à la future valeur limite réglementaire à horizon 2030 évolue peu. Cependant l'exposition au seuil OMS, fixé en 2021, est en légère hausse en raison de l'amélioration de l'inventaire des émissions résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS.

Réglementation	Seuil	Exposition V1	Exposition V2	Pourcentage d'évolution
Européenne actuelle	40 μg/m³	0	0	
Européenne 2030	20 μg/m³	< 50	< 100	
OMS 2021	15 μg/m³	162 100	234 000	44%

Tableau 8 : Comparaison des valeurs d'exposition de la population au PM10 entre la V1 et la V2 du modèle

Les différences de concentrations cartographiées et d'exposition entre la V1 et la V2 s'expliquent par :

- La mise à jour du modèle de chimie (non photo-stationnaire) permettant une dispersion plus réaliste des particules sur les axes routiers ;
- Une donnée plus fiable et complète pour les TMJA grâce au modèle de trafic 2018 de Rennes Métropole;
- Un inventaire des émissions plus récent (ISEA v3 référence 2016 pour la V1 et ISEA v4.1 référence 2018 pour la V2) et une meilleure spatialisation des émissions (notamment résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS).





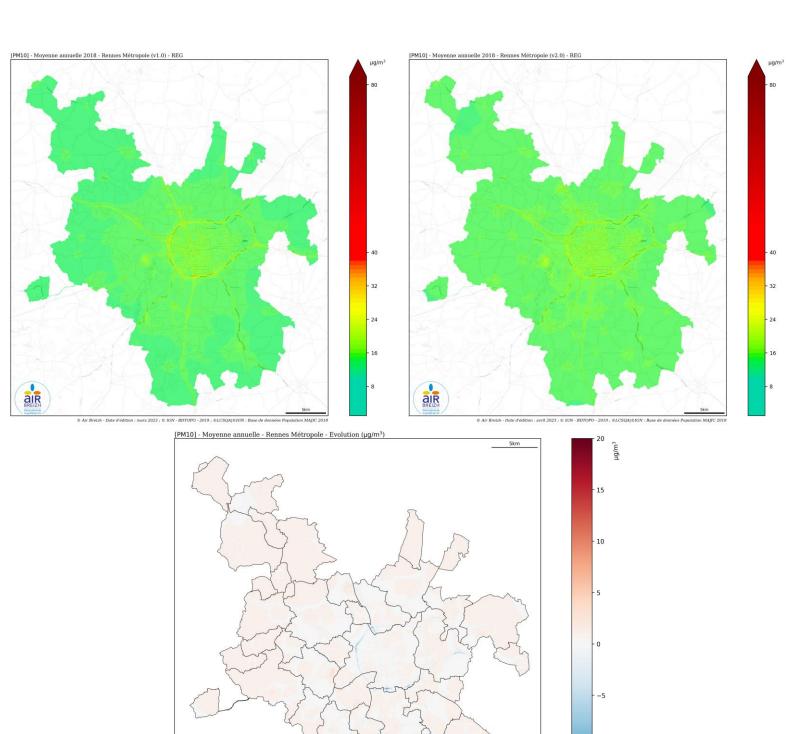


Figure 36: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en PM10 : V1 (à gauche), V2 (à droite) et différence V2 – V1 (en bas)

-10

Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

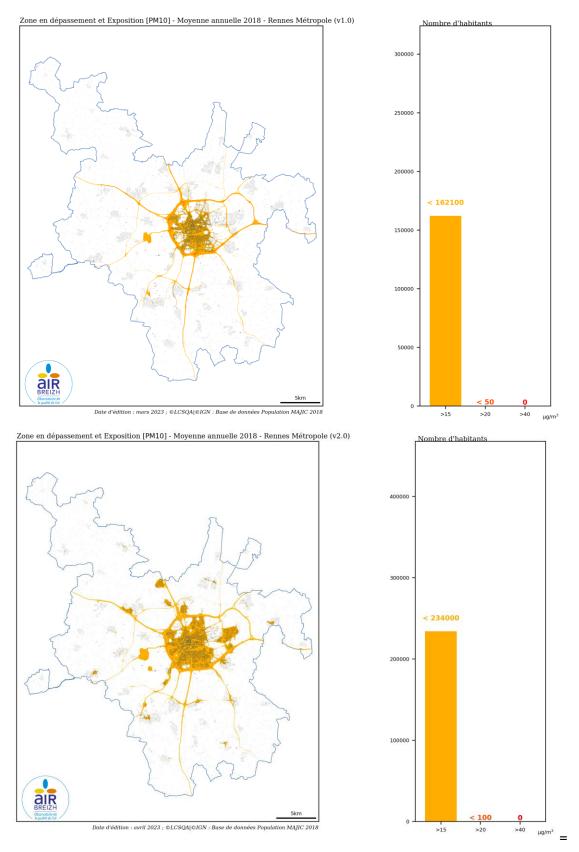


Figure 37: Exposition de la population au PM10 par rapport à la valeur limite annuelle - V1 (en haut) - V2 (en bas)



Origines de la pollution PM10

La Figure 38 illustre l'origine des sources de pollution des particules fines pour le mois de janvier 2018, au niveau de la station de mesure de proximité trafic située boulevard Laënnec à Rennes.

Le modèle V2 permet de séparer l'ensemble des sources d'émissions au lancement du modèle. Comme présenté Figure 18, chaque source cadastrée a fait l'objet d'une modulation et sortie cartographique spécifique en complément des sources ponctuelles et du réseau routier. La Figure 39 présente les contributions du secteur résidentiel/tertiaire, routier et autres transports émetteurs de PM10.

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

- Les sources linéiques routières ;
- Les sources ponctuelles industrielles ;
- Les sources cadastrées (au nombre de neuf dans la V2 ; groupées en une seule source dans la V1);
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émissions, dont les aires urbaines et agricoles.

La mesure de PM10 est également représentée en trait bleu sur la Figure 38 afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

La Figure 38 montre l'influence du transport et du secteur résidentiel tertiaire sur les concentrations atmosphériques de particules fines (PM10). Le trafic routier contribue en 2018 à hauteur de 12 % des concentrations respirées au niveau de la station trafic « Laënnec ». Le chauffage résidentiel tertiaire contribue à 5 % des concentrations.

Ces résultats suggèrent que réduire les sources d'émissions telles que le trafic routier ou le chauffage résidentiel / tertiaire pourrait diminuer les niveaux de pollution respirées quotidiennement par les habitants de la métropole.

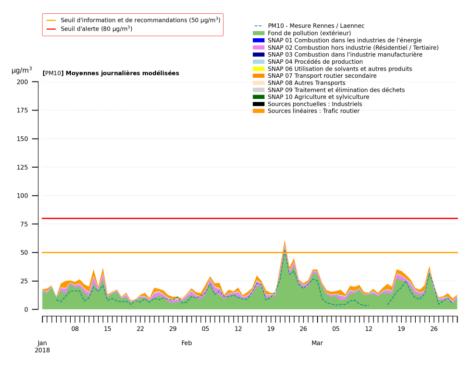


Figure 38: Contribution des sources de PM10 au niveau de la station "Laënnec" - modèle V2 2018





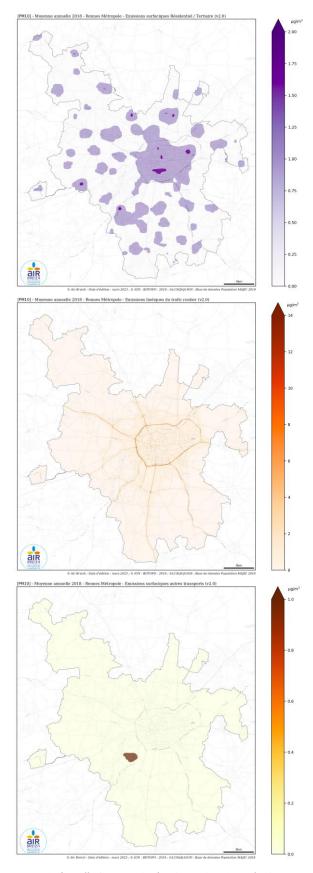


Figure 39: Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées - modèle V2 2018. Attention : les échelles sont différentes.



C. Les particules fines PM2.5

Les particules fines PM2.5 proviennent principalement du chauffage urbain (secteur résidentiel-tertiaire), du transport et des activités industrielles, représentant respectivement 45%, 30% et 18% des émissions de la métropole rennaise selon l'inventaire spatialisé ISEA V4.1 (référence 2018).

Situation chronique

Les particules PM2.5 ont une dispersion plus étendue car elles peuvent être transportées sur de longues distances. Ainsi les niveaux de fond sont plus élevés que pour les polluants gazeux comme le NO_2 .

A l'échelle locale, des concentrations plus élevées sont modélisées au niveau des axes routiers et des quartiers d'habitation. L'effet de confinement dans les rues de type « canyon » est d'autant plus remarquable dans le centre historique de Rennes en raison de la présence de ce type de rues. Cependant, le modèle V2 présente des concentrations moindres aux niveaux et à proximité immédiate de ces axes.

L'amélioration de la spatialisation du cadastre des émissions, en particulier pour le secteur résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS (échelle communale dans la V1), augmente les concentrations au niveau des centres villes des communes de la métropole.

Exposition de la population

La comparaison des expositions des populations vis-à-vis des seuils réglementaires est illustrée Figure 40 et synthétisée dans le Tableau 9.

Aucune personne n'est exposée à un dépassement de la valeur limite actuelle. Cependant l'exposition à la future valeur limite réglementaire à horizon 2030 est en nette baisse, due à des concentrations au cœur des axes routiers inférieures dans cette V2 et malgré leur augmentation dans les centres villes avec l'amélioration de l'inventaire des émissions résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS.

Tous les habitants de la métropole rennaise sont exposés à un dépassement du seuil OMS fixé en 2021.

Réglementation	Seuil	Exposition V1	Exposition V2	Pourcentage d'évolution
Européenne actuelle	25 μg/m³	0	0	
Européenne 2030	10 μg/m³	98 600	45 400	- 54 %
OMS 2021	5 μg/m³	451 700	451 400	

Tableau 9 : Comparaison des valeurs d'exposition de la population au PM2.5 entre la V1 et la V2 du modèle

Les différences de concentrations cartographiées et d'exposition entre la V1 et la V2 s'expliquent par :

- La mise à jour du modèle de chimie (non photo-stationnaire) permettant une dispersion plus réaliste des particules sur les axes routiers ;
- Une donnée plus fiable et complète pour les TMJA grâce au modèle de trafic 2018 de Rennes Métropole;
- Un inventaire des émissions plus récent (ISEA v3 référence 2016 pour la V1 et ISEA v4.1 référence 2018 pour la V2) et une meilleure spatialisation des émissions (notamment résidentiel / tertiaire à l'échelle de l'IRIS).





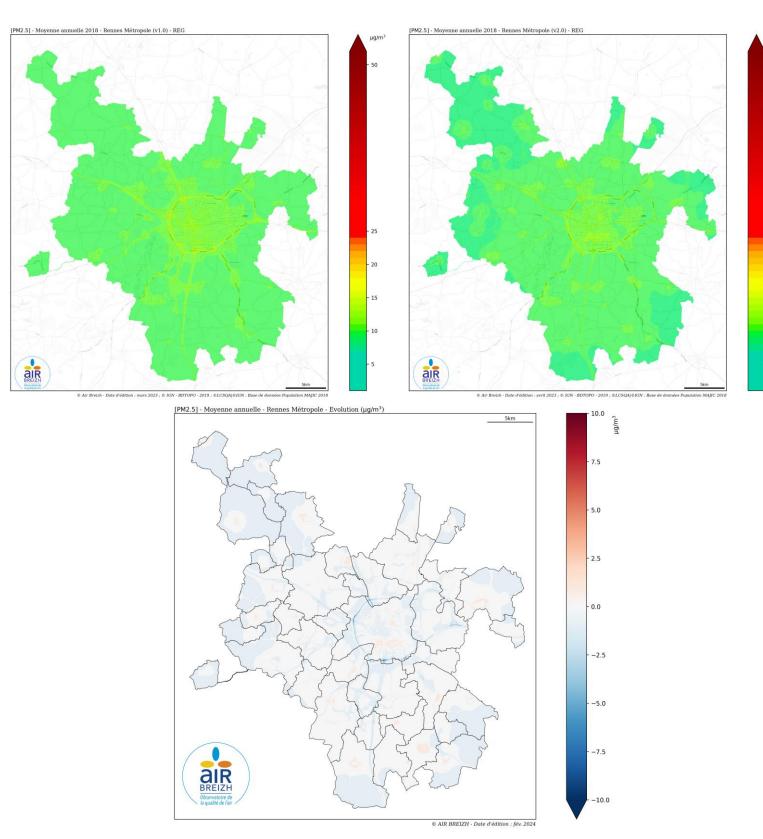


Figure 40: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en PM2.5 : V1 (à gauche), V2 (à droite) et différence V2 - V1 (en



Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

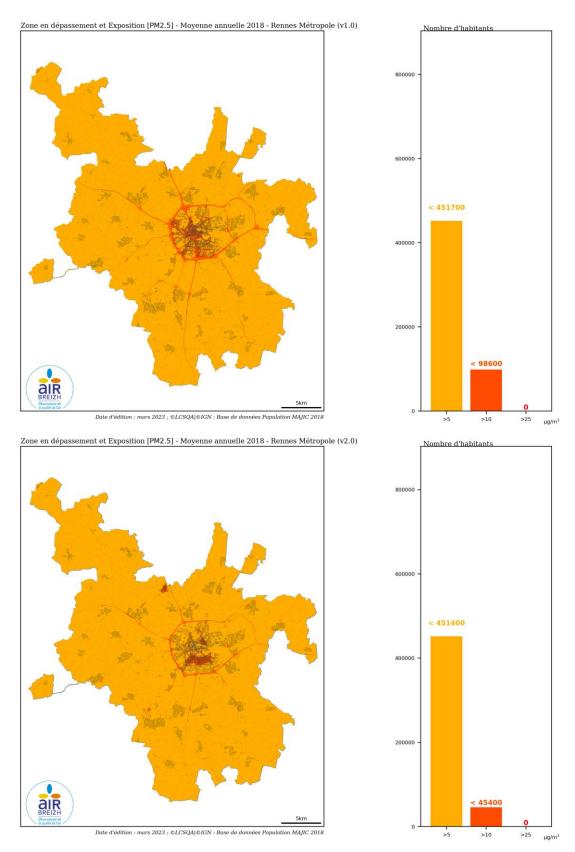


Figure 41: Exposition de la population au PM2.5 par rapport à la valeur limite annuelle - V1 (en haut) - V2 (en bas)



Origines de la pollution PM2.5

La Figure 42 illustre l'origine des sources de pollution des particules fines pour le mois de janvier 2018, au niveau de la station de mesure de fond située avenue des Pays-Bas à Rennes.

Le modèle V2 permet de séparer l'ensemble des sources d'émissions au lancement du modèle. Comme présenté Figure 18, chaque source cadastrée a fait l'objet d'une modulation et sortie cartographique spécifique en complément des sources ponctuelles et du réseau routier. La Figure 43 présente les contributions du secteur résidentiel/tertiaire, routier et autres transports émetteurs de PM2.5.

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

- Les sources linéiques routières ;
- Les sources ponctuelles industrielles ;
- Les sources cadastrées (au nombre de neuf dans la V2 ; groupées en une seule source dans la V1);
- La pollution de fond régionale, qui peut être influencée indirectement par tout type de sources d'émissions, dont les aires urbaines et agricoles.

La mesure de PM2.5 est également représentée en trait bleu sur la Figure 42 afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

La Figure 42 montre l'influence du transport et du secteur résidentiel tertiaire sur les concentrations atmosphériques de particules fines (PM2.5). Le trafic routier contribue en 2018 à hauteur de 14% des concentrations respirées au niveau de la station trafic « Pays-Bas ». Le chauffage résidentiel tertiaire contribue à 10 % des concentrations.

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

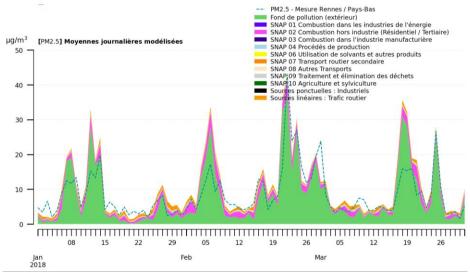


Figure 42 : Contribution des sources de PM2.5 au niveau de la station "Pays-Bas" - modèle V2 2018



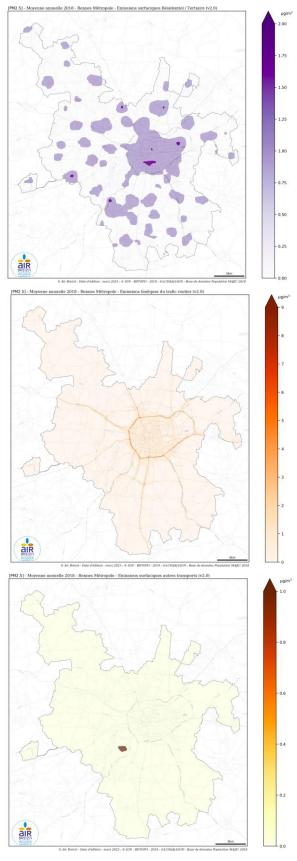


Figure 43: Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées- modèle V2 2018. Attention : les échelles sont différentes.



V. Synthèse des résultats de l'état initial 2018

La mise à jour de l'état initial 2018 dans le cadre du 3^{ème} PPA de Rennes Métropole (2022 - 2027) présente des évolutions par rapport à celui du PPA 2015-2021 en raison de :

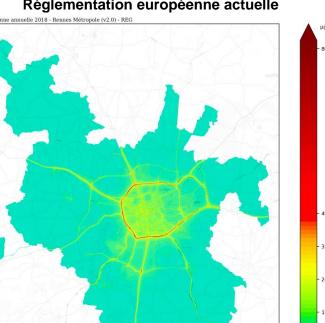
- Une mise à jour de l'inventaire, passant de la version v3 (référence 2016) à v4.1 (référence 2018);
- Une meilleure prise en compte des émissions routières grâce au modèle de trafic (référence 2018) fourni par Rennes Métropole ;
- La mise à jour du logiciel de modélisation SIRANE avec notamment l'utilisation du nouveau modèle de chimie non photo-stationnaire pour les gaz (NO₂);
- L'utilisation des données du modèle régional pour l'estimation de la pollution de fond en particules fines PM10 et PM2.5.



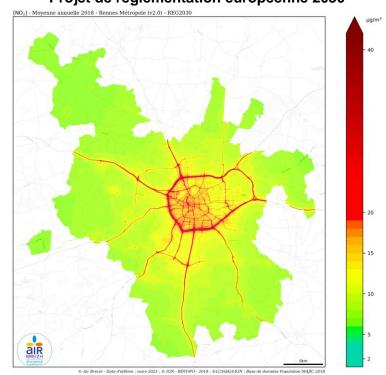
AIR BREIZH

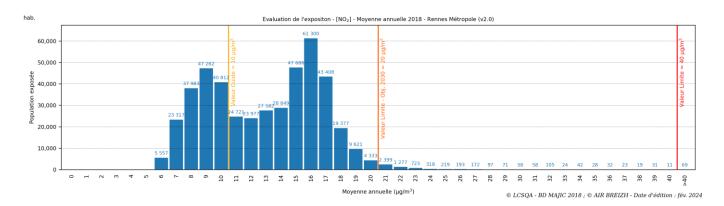
Synthèse des résultats NO₂





Projet de réglementation européenne 2030





Normes européennes et recommandations OMS annuelles			
<u>Réglementation</u>	Projet - Réglementation	<u>Valeurs guides</u>	
<u>européenne</u>	européenne 2030	<u>OMS 2021</u>	
40 μg/m³	20 μg/m ³	10 μg/m³	
100	6 000	296 000	
personnes	personnes	personnes	
exposées	exposées	exposées	

Figure 44 : Synthèse des résultats NO₂ - Etat initial 2018 (V2)



[PM10] - Moyenne ai

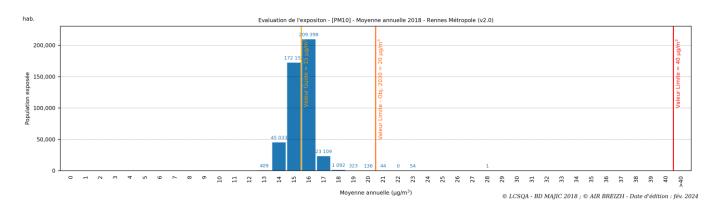
AIR BREIZH

Synthèse des résultats PM10



muelle 2018 - Rennes Métropole (v2.0) - REG [PM10] - Moyenne - 80

Projet de réglementation européenne 2030 [PM10] - Moyenne annuelle 2018 - Rennes Métropole (v2.0) - OMS2005 40 16 12



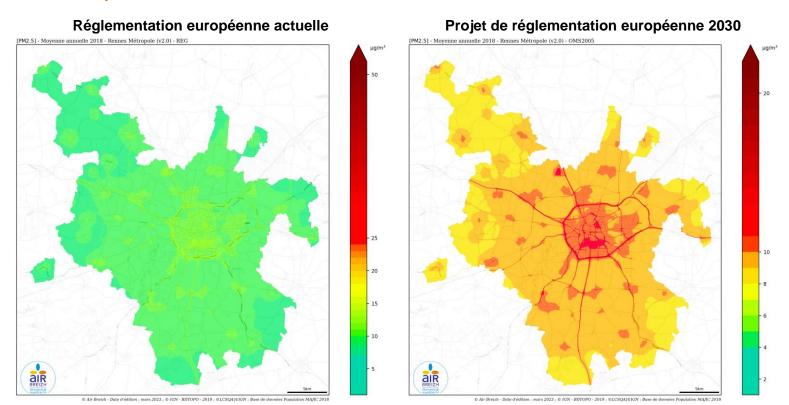
air

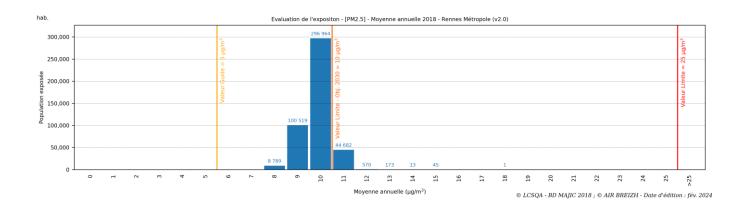
Normes européennes et recommandations OMS annuelles				
<u>Réglementation</u>	Projet - Réglementation	<u>Valeurs guides</u>		
<u>européenne</u>	européenne 2030	<u>OMS 2021</u>		
40 μg/m³	20 μg/m ³	10 μg/m³		
0	100	234 000		
personne	personnes	personnes		
exposée	exposées	exposées		

Figure 45: Synthèses des résultats PM10 - Etat initial 2018 (V2)



Synthèse des résultats PM2.5





Normes européennes et recommandations OMS annuelles				
<u>Réglementation</u>	Projet - Réglementation	<u>Valeurs guides</u>		
<u>européenne</u>	européenne 2030	<u>OMS 2021</u>		
25 μg/m³	10 μg/m ³	5 μg/m³		
0	45 000	100 %		
personne	personnes	des personnes		
exposée	exposées	exposées		

Figure 46: Synthèses des résultats PM2.5 - Etat initial 2018 (V2)





VI. La Carte Stratégique Air 2017 - 2019

VI. 1. Enjeux et objectifs 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 CSA permet une appropriation par les collectivités des enjeux de qualité de l'air sur les zones les plus affectées par trois polluants principaux. Elle constitue un élément de communication et d'échange avec les collectivités et leurs partenaires. C'est un outil d'aide à la décision de diagnostic synthétique pour notamment des projets d'urbanisme et d'aménagement du territoire (PLUi) et pour la prise en compte de l'air dans les plans et programmes (PCAET, ...).
- La CSA sert à cerner les zones où des actions pourraient être mises en œuvre afin de limiter l'exposition de nouvelles populations à la pollution de l'air, ou de réduire l'exposition des populations résidentes ou des populations les plus vulnérables.
- La CSA est directement utilisable par les parties prenantes : format de mise à disposition SIG (pour croisement possible avec d'autres variables : couche bâti existant, projets urbanisme, bruit, données santé...). En Bretagne, les cartes détaillées et en format SIG ne sont fournies qu'aux collectivités adhérentes d'Air Breizh.





VI. 2. Méthodologie d'élaboration de la CSA

La production de la CSA de Rennes Métropole s'est basée sur le guide national, en cours de validation. La méthodologie proposée pour la première fois en 2016 a été mise à jour en 2023 suite aux travaux de neuf associations de qualité de l'air.

D'après ce guide, il est défini de réaliser une carte stratégique sur une période de 3 ans minimale. Cette carte peut être réalisée à l'échelle des agglomérations ou de la région si l'information est disponible. Les seuils de cartographie correspondent aux différentes valeurs réglementaires actuelles et en cours de révision (projet CE 2030) ainsi qu'aux seuils OMS.

La carte stratégique air de Rennes Métropole diffusée dans ce rapport s'appuie sur les modélisations réalisées sur la période 2017-2019.

Les polluants et les années pris en compte

La réalisation de cette carte prend en compte les moyennes annuelles des concentrations de trois polluants (PM10, PM2.5, NO₂) à l'échelle du quartier. Les données pour les particules ont été collectées sur 3 ans (2017, 2018, 2019). Ainsi, la CSA est moins marquée par les aléas météorologiques que les cartes annuelles de qualité de l'air et sa temporalité est cohérente avec celle de l'urbanisme.

Pour le NO₂, uniquement la dernière année (2019) est prise en compte étant donné que ce polluant est émis principalement par le trafic routier. En effet, des actions et des aménagements sur le réseau routier peuvent avoir un effet rapide sur les concentrations de ce polluant.

Les valeurs de références utilisées

Les classes de graduation de la CSA (de A à G), présentées dans le Tableau 10, se basent sur différents seuils, allant de la recommandation de l'OMS (Organisation Mondiale pour la Santé) pour chaque polluant jusqu'aux valeurs limites règlementaires à ne pas dépasser.

- Les valeurs réglementaires actuelles (VL) sont définies dans des directives européennes qui sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.
- Les perspectives réglementaires (VL 2030) correspondent à des valeurs à atteindre d'ici 2030, actuellement en projet au niveau de l'Union Européenne, dans l'objectif de rendre l'environnement exempt de toute pollution nocive d'ici 2050.
- Les valeurs de l'Organisation Mondiale de la Santé (Seuils OMS) correspondent à des recommandations sanitaires.

Classes	Couleurs	Repères / Seuils	Concentrations (µg/m³) moyenne annuelle		
		Seulis	NO ₂	PM10	PM2.5
Α		<= VG OMS 2021	<= 10	<= 15	<= 5
В		> VG OMS 2021	> 10	> 15	> 5
С		> 80 % VL 2030	> 16	> 16	> 8
D		> VL 2030	> 20	> 20	> 10
E		> 120 %VL 2030	> 24	> 24	> 12
F		> 80 % VL	> 32	> 32	> 20
G		> VL	> 40	> 40	> 25

Tableau 10 : Échelle synthétique de qualification / de couleurs appliquée par la CSA, se basant sur les valeurs limites(VL) réglementaires en vigueur, le projet de révision des valeurs limites — Objectif 2030 et les valeurs guides (VG) de l'OMS révisées en 2021

Aide à la lecture (exemple)

La catégorie « B » signifie que les concentrations en polluants dépassent les valeurs recommandées par l'OMS pour un seul polluant.





VI. 3. Présentation de la CSA 2017 - 2019

La Carte Stratégique Air 2017 – 2019 est présentée Figure 48 :

- La CSA (multi-polluants : NO₂, PM10 et PM2.5) à gauche ;
- Les composantes NO₂ et PM2.5 de la CSA en haut à droite, responsables des niveaux d'exposition les plus sévères ;
- La légende des classes de la CSA (de A à G) au centre ;
- L'exposition de la population de Rennes Métropole en bas à droite.

L'ensemble de la population et de la surface de Rennes Métropole est exposée à des niveaux de concentrations qui dépassent le seuil OMS pour au moins un polluant. Les classes B et C sont les plus présentes sur la carte, avec environ 99.7 % de personnes qui habitent dans les territoires où les concentrations respectent les valeurs limites réglementaires - objectif 2030.

Environ 1 200 personnes sont exposées à des dépassements des futures valeurs limites 2030 et moins de 100 personnes à des dépassements des valeurs limites actuelles.

Attention particulière :

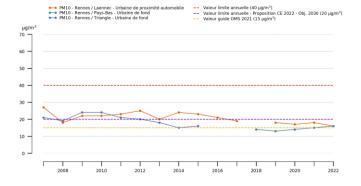
Les résultats de cette CSA sur la période 2017 – 2019 montrent des concentrations médianes de particules :

- PM10 inférieures au seuil OMS ([PM10] < ou = 15 μg/m³ en médiane annuelle sur 3 ans);
- PM2.5 inférieures aux futures valeurs limites réglementaires ([PM2.5] < ou = 10 μg/m³ en médiane annuelle sur 3 ans).

Attention toutefois à l'effet de seuil, comme illustré sur la Figure 47, les concentrations en moyenne annuelle de particules fines PM10 et PM2.5 oscillent autour de ces seuils.

L'année 2018, référence pour l'élaboration du PPA et illustrée dans ce rapport, est l'année la plus "pénalisante" avec la majeure partie du territoire exposée à des concentrations de 15-16 $\mu g/m^3$ pour les PM10 et 10-11 $\mu g/m^3$ pour les PM2.5. C'est également le cas pour les concentrations de NO₂. Les conditions météorologiques, avec un nombre de jours de pluie inférieur en 2018, expliquent ces variations annuelles.

L'élaboration d'une CSA sur la période 2020 - 2022 montrerait probablement un dépassement de ces seuils dans les centres urbains.



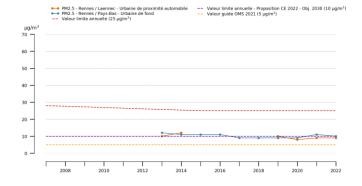


Figure 47 : Historique de l'évolution des niveaux moyens annuels de particules (PM10 à gauche et PM2.5 à droite) mesurés à Rennes Métropole par le réseau de mesures fixe d'Air Breizh



Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole



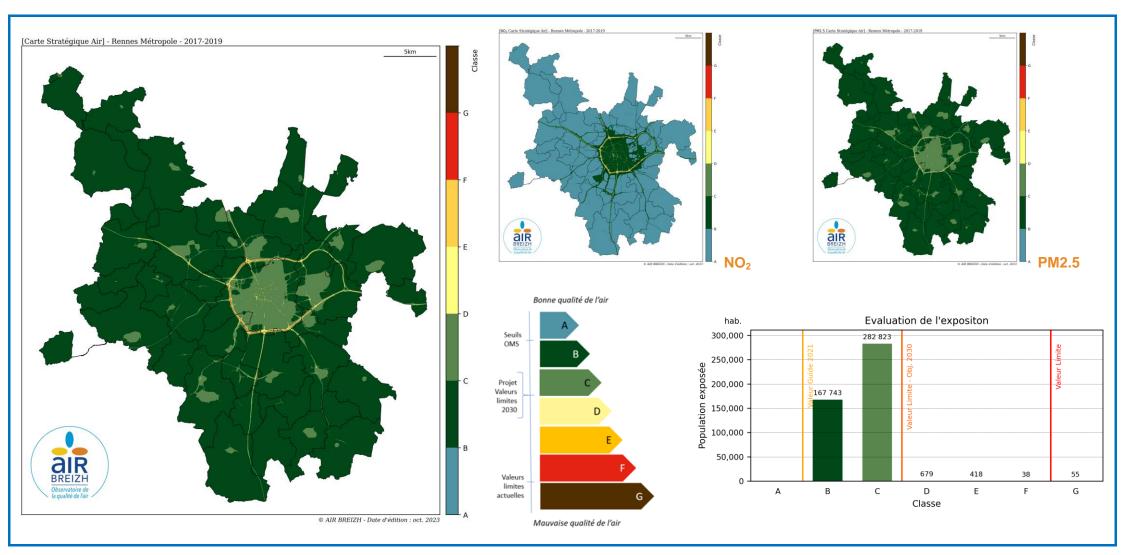


Figure 48 : La Carte Stratégique Air 2017 – 2019 de Rennes Métropole- modèle V2 2018





VII. Modélisation prospective 2030 – Fil de l'eau

Pour évaluer, de façon prospective, les impacts d'un plan (ou d'une politique publique), il est utile de comparer un scénario tendanciel ou « fil de l'eau » (ce qui se passerait sans les actions du PPA) à un scenario « action 3^{ème} PPA » (ce qui se passera avec les actions du plan mises en œuvre). La différence entre les deux scénarios indique l'efficacité attendue du plan.

Le scénario « fil de l'eau » correspond à une situation future qui reflète des évolutions d'activités relevant de projections macro-économiques, d'évolutions structurelles ou technologiques ou de politiques nationales et/ou régionales, déjà adoptées au moment de l'élaboration du scénario et influençant directement les émissions de polluants. Il reflète l'évolution attendue de la qualité de l'air du territoire en l'absence de déploiement d'actions spécifiques au Plan de Protection de l'Atmosphère.

Emissions prospectives tendancielles : Application à Rennes Métropole

Cas du secteur routier de Rennes Métropole

Le calcul des émissions tendancielles permet d'estimer les évolutions des émissions dans le temps sans mise en œuvre du plan. Dans le cas du secteur routier, elles sont principalement dues au renouvellement technologique du parc au fil des ans, et dans une moindre mesure, l'évolution du trafic.

- Volume de trafic: Le tendanciel 2030 du trafic a été fourni par Rennes Métropole avec le scénario du modèle macroscopique du territoire (état initial 2018 et projection 2030 prenant en compte les actions du Plan de Déplacement Urbain (PDU) dont notamment la ligne B du métro et les lignes de trambus à horizon 2030);
- Parc : Les données du parc prospectif 2030 du DGEC/CITEPA le plus à jour a été utilisé (version 2023).

Cas du secteur résidentiel de Rennes Métropole : le chauffage urbain

Une scénarisation à l'horizon 2030 des émissions du secteur résidentiel a été produite en collaboration avec Rennes Métropole afin d'estimer :

- l'évolution locale des consommations d'énergie (Gaz, Bois, produits pétroliers) ;
- l'impact de la construction de nouveaux quartiers dans les Zones d'Aménagement Concertées (ZAC) sur celles-ci (prise en compte des logements existants et neufs) ;
- l'impact indirect du développement des réseaux de chaleur urbain sur celles-ci ;
- l'impact direct des réseaux de chaleur urbain sur la qualité de l'air via la dispersion des rejets des chaufferies (au niveau des cheminées) ;
- et la modernisation / le changement des équipements de chauffage des logements individuels à l'horizon 2030.

Autres secteurs d'activités

Les activités des autres secteurs, ont été considérées constantes à l'horizon 2030. Les hypothèses nationales jugées peu réalistes au regard de la situation de Rennes Métropole, n'ont pas été retenues.

Les données suivantes restent à l'identique par rapport à la simulation 2018 :

- Les émissions hors secteurs routier et résidentiel ;
- L'occupation du sol hors évolution du bâti utilisé dans l'élaboration du cadastre des émissions résidentielles (chauffage) ;
- La modulation temporelle des émissions ;
- Les conditions météorologiques.





Donnée d'entrée	Etat initial 2018	Fil de l'eau 2030
Trafic routier	Modèle de trafic macroscopique de Rennes Métropole 2018	Modèle de trafic macroscopique de Rennes Métropole 2030
Parc automobile	Parc CITEPA 2018 produit en 2021	Parc CITEPA 2030 produit en 2023
Secteur résidentiel	Inventaire ISEA V4.1	Scénarisation des émissions logements existants / nouveaux logements (projection sur les nouvelles zones bâties)
Sources ponctuelles industrielles	Inventaire ISEA V4.1	Inventaire ISEA V4.1 + Nouvelles chaufferies (RCU)
Autres secteurs	Inventaire ISEA V4.1	Inventaire ISEA V4.1
Occupation du sol (hors évaluation bâti)	Corine Land Cover 2018	Corine Land Cover 2018
Modulation des émissions	Modulations INERIS par secteur d'émission	Modulations INERIS par secteur d'émission
Pollution de fond	Modèle 2018 interrégional ESMERALDA (PM10, PM2.5), Mesures 2018 aux stations rurales (NO ₂ , O ₃)	Modèle 2030 du LCSQA (PM10, PM2.5, O ₃), Mesures 2022 de la station rurale Kergoff (NO ₂)
Météo	Météo 2018	Météo 2018

Tableau 11: Synthèse des évolutions des données d'entrées entre les modèles 2018(v2) et fil de l'eau 2030



VII. 1. Scénarisation des émissions par secteur d'activité

A. Scénarisation des émissions routières horizon 2030

Les émissions « fil de l'eau » 2030 du secteur routier ont été calculées à partir :

- Du réseau viaire et des TMJA fournis par le modèle de trafic de Rennes Métropole prenant en compte les projets d'aménagements et politiques publiques en place au moment de l'élaboration du modèle (dont la ligne B du métro et les lignes de trambus);
- Du parc de véhicules prospectif 2030 produit en 2023 par le CITEPA.

Modèle de trafic de Rennes Métropole

Le modèle de trafic fourni par Rennes Métropole a permis d'extraire les données suivantes pour le calcul des émissions routières :

- Les TMJA totaux pour chaque tronçon avec la part de poids lourds ;
- Les véhicules autorisés à circuler sur chaque voie illustré Figure 49.

Seuls les tronçons autorisés à la circulation des véhicules particuliers ont été inclus dans le calcul des émissions.

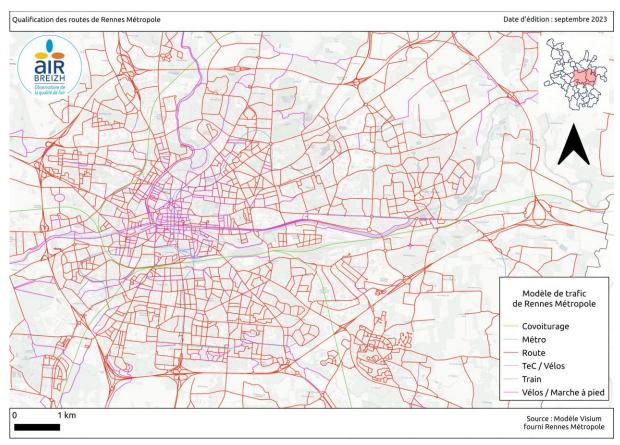


Figure 49: Cartographie de la qualification des routes de Rennes Métropole - Modèle de trafic de Rennes Métropole (2030)





Parc prospectif 2030 du CITEPA (version 2023)

En complément des TMJA, l'injection d'un parc roulant prospectif dans le module de calcul des émissions a été nécessaire afin d'estimer les abattements d'émissions entre 2018 et 2030. Comme pour les modèles produits dans le cadre de bilans de la qualité de l'air, les données du CITEPA ont été utilisées. Ce parc national prospectif n'a pas été adapté en fonction du parc roulant actuel de la métropole.

Une nette progression des véhicules Crit'air 1 et Crit'air E est observée entre 2018 et 2030, passant de 19 % à 54 % de l'ensemble des véhicules. Les véhicules Crit'air 3 qui représentaient près de 30 % des véhicules en 2018 (23 % des véhicules particuliers), reculent nettement pour atteindre 5 % en 2030. Les véhicules non classés disparaissent pratiquement à l'exception de quelques poids lourds.

Attention particulière : Le parc CITEPA 2030 est un parc prospectif publié en 2023, présentant des incertitudes sur la période 2023-2030.

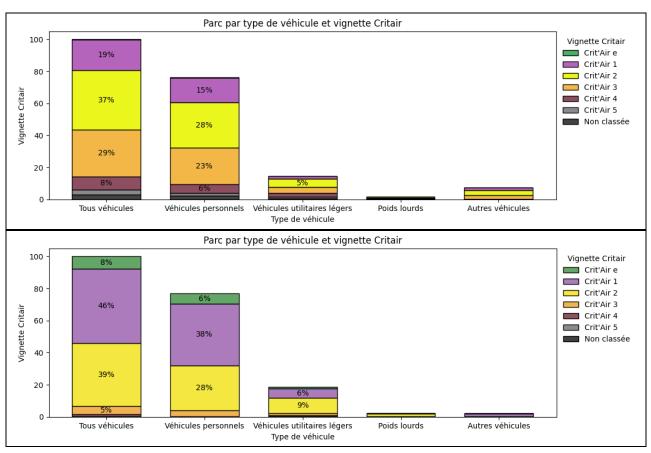


Figure 50: Parc statique par type de véhicule et vignette Crit'air en 2018(haut) et 2030 (bas)





Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Résultats du calcul des émissions routières

Les répercussions de l'électrification du parc automobile et de la diminution du nombre de véhicules diesel personnels se manifestent dans le calcul des émissions à l'horizon 2030. Ainsi, les émissions à l'échappement de NO_x et de particules fines (PM10 et PM2.5) diminuent respectivement de 58 % et 81 % entre 2018 et 2030.

Cependant, les émissions issues de l'abrasion des pneus, des freins et de la route augmentent de 24 % en PM10 et de 26 % en PM2.5, en corrélation avec le poids des véhicules et l'augmentation des véhicules kilomètres parcourus.

Toutes sources d'émissions confondues (échappement et abrasions), les gains attendus en 2030 représentés Tableau 12 sont respectivement de 58 %, 13 % et 27 % pour les NO_x , PM10 et PM2.5.

Cette évolution du parc est également visible dans la répartition des émissions par type de véhicule illustrée Figure 51. Les émissions de NO_x proviennent principalement des véhicules personnels. La majorité des émissions de particules en 2030 provient de l'usure des pneus, des freins et de l'abrasion des routes (93% des PM10 et 87% des PM2.5 tous véhicules). L'effet du poids des véhicules est bien illustré par l'analyse des émissions de particules : les poids lourds sont à l'origine de 26% des émissions alors qu'ils représentent moins de 2% du parc automobile.

Polluant	Source	Emissions 2018	Emissions 2030	Evolution (%)
NO _x	Echappement	2 696 tonnes	1 127 tonnes	-58 %
PM10	Echappement	63 tonnes	12 tonnes	-81 %
	Abrasion (pneus, freins, routes)	119 tonnes	147 tonnes	+24 %
	Total	182 tonnes	159 tonnes	-13 %
PM2.5	Echappement	63 tonnes	12 tonnes	-81 %
	Abrasion (pneus, freins, routes)	65 tonnes	82 tonnes	+26 %
	Total	128 tonnes	94 tonnes	-27 %

Tableau 12: Evolution des émissions NOx, PM10, PM2.5 du secteur routier - Modèle Fil de l'eau 2030 / Modèle 2018 (v2)



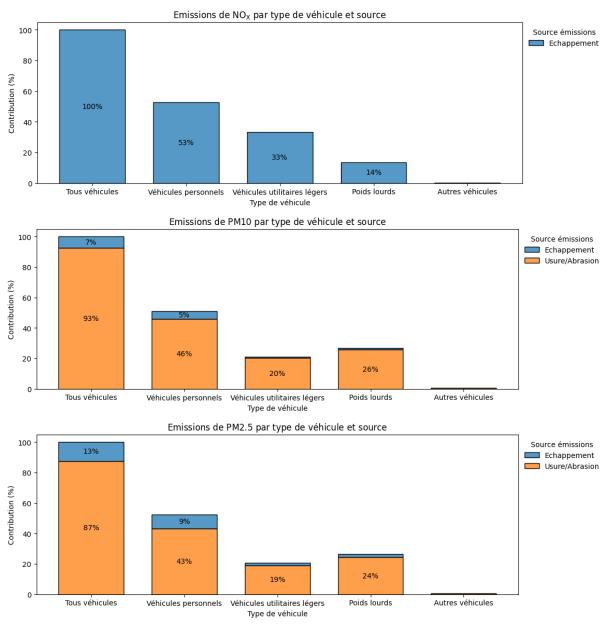


Figure 51: Emissions de NOx, PM10 et PM2.5 par type de véhicule et par source - Fil de l'eau 2030



B. Scénarisation des émissions résidentielles horizon 2030

La projection des émissions du secteur résidentiel a été calculée et spatialisée en fonction :

- Des informations collectées à l'échelle de l'IRIS sur les consommations d'énergie pour le chauffage résidentiel. La mise à jour de ces émissions prend en compte les évolutions de mode de chauffage des bâtiments existants ainsi que les futurs modes de chauffage des bâtiments en projet, dont les nouveaux Réseaux de Chaleur Urbain (RCU).
- De l'évolution l'occupation du sol entre 2018 et 2030, avec insertion des zones concernées par de nouvelles constructions (bâtiments en projet sur les opérations d'aménagement) et les zones AU du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi).

Une forte diminution des émissions de particules fines (-26 %) est observée entre 2018 et 2030 en raison de la prise en compte de l'évolution des modes de chauffage et la création de nouvelles chaufferies pour l'alimentation des réseaux de chaleur urbain. A l'inverse, les émissions de NO_x augmentent de 4 % avec la prise en compte des nouveaux logements en 2030.

Polluant	Emissions résidentielles 2018	Emissions résidentielle 2030	Evolution 2018-2030
NOx	212 tonnes	222 tonnes (Dont 11t attribuables aux nouvelles constructions)	+ 4 %
PM10	325 tonnes	240 tonnes (Dont 17t attribuables aux nouvelles constructions)	-26 %
PM2.5	318 tonnes	235 tonnes (Dont 16t attribuables aux nouvelles constructions)	-26 %

Tableau 13 : Evolution des émissions NOX, PM10, PM2.5 du secteur résidentiel - Modèle 2018 (v2) / Fil de l'eau 2030

Méthodologie de spatialisation des émissions résidentielles en 2030

Le cadastre des émissions est un outil permettant de spatialiser les émissions surfaciques dans des mailles de 500m couvrant le territoire étudié. Cette spatialisation est effectuée à partir de la Corine Land Cover 2018 qu'il faut mettre à jour pour le modèle 2030.

Pour créer ces nouvelles zones, les bâtiments projets des opérations d'aménagement et les zones 1AU et 2AU du PLUi de Rennes Métropole ont été utilisés afin de couvrir l'ensemble des communes étudiées.

Les bâtiments ont été transformés en zones en ajoutant une distance tampon de 50 m. Les zones obtenues ont été fusionnées entre elles, puis corrigées afin de former un ensemble de polygones pleins. Les zones AU du PLUi ont ensuite été ajoutées à cette couche, représentée Figure 52.

La CLC a été modifiée avec l'ajout d'une catégorie d'occupation du sol qualifiant les nouvelles constructions où seules les émissions des nouveaux bâtiments seront spatialisées.



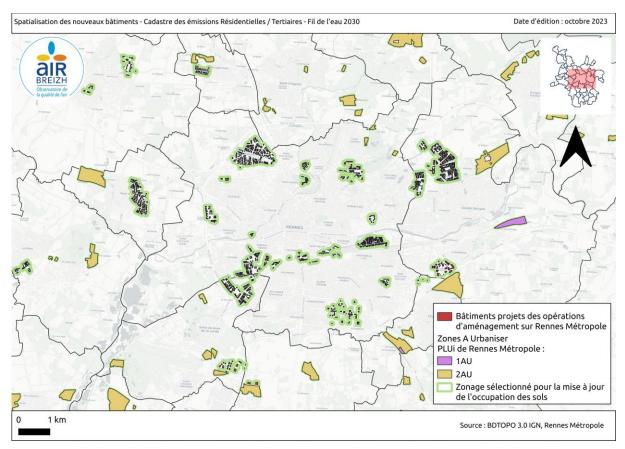


Figure 52: Spatialisation des nouveaux bâtiments - Cadastre des émissions résidentielles - Fil de l'eau 2030

C. Scénarisation des émissions des autres secteurs d'émissions

Les émissions des autres secteurs sont restées identiques par rapport à l'état initial de 2018. En effet, aucune hypothèse n'a été appliquée au niveau local pour les secteurs autres que le routier, le secteur résidentiel et les réseaux de chaleur urbain. Les hypothèses nationales par secteur d'émissions proposées par le CITEPA dans le <u>rapport Avec Mesures Existantes (AME)</u>¹⁵ n'ont pas été retenues car elles ont été jugées peu réalistes vis-à-vis de la situation spécifique de Rennes Métropole.

www.airbreizh.asso.fr

78

¹⁵ Synthèse du scénario « Avec Mesures Existantes » 2021 (AME 2021), Ministère de la transition écologique, Juin 2021



VII. 2. Scénarisation des concentrations de fond

Les concentrations de fond permettent de simuler l'import de polluants issu de l'extérieur du domaine d'étude.

Pour les modélisations « bilan » sur des années antérieures, les données utilisées sont :

- Le modèle de qualité de l'air inter-régional Esmeralda pour les particules fines (PM10 et PM2.5). Les valeurs sont choisies parmi les mailles situées à 30km du centre du domaine d'étude en fonction de l'orientation des vents.
- Les stations de fonds rurales pour le NO₂ et l'O₃ des régions Bretagne (Kergoff à Merléac), Normandie et Pays de la Loire.

Dans le cadre de la modélisation prospective « fil de l'eau » 2030, les données suivantes ont été utilisées :

- Le modèle régional prospectif 2030 fourni par le LCSQA pour les particules et l'ozone. Basé sur les hypothèses du <u>Plan national de Réduction de Polluants Atmosphériques</u>¹⁶ (PREPA), il permet la prise en compte des objectifs de réduction des émissions française à horizon 2030.
- Les données de mesures rurales de l'année 2022 pour le NO₂ afin de traduire les baisses des concentrations observées en station. La station Kergoff abrite un analyseur trace NO₂ plus précis sur les basses valeurs permettant ainsi d'injecter des concentrations réalistes au regard de l'évolution des émissions principalement issues du secteur routier.

Les différences de concentrations de fond entre 2018 et 2030 sont illustrées Tableau 14.

Polluant	Moyenne annuelle des concentrations 2018	Moyenne annuelle des concentrations 2030	Evolution 2018-2030
NO ₂	4.6 μg/m³	3.4 μg/m ³	-27.6 %
PM10	12.8 μg/m ³	12 μg/m ³	-5.8 %
PM2.5	7.9 μg/m ³	6.2 μg/m ³	-21.3 %
O ₃	62.6 μg/m ³	57.5 μg/m ³	-8.1 %

Tableau 14: Evolution des moyennes annuelles NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ - Modèle 2018 (v2) / Fil de l'eau 2030

Plan National de Réduction des Emissions de polluants Atmosphériques - Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Mai 2017





VII. 3. Synthèse des résultats de la modélisation « Fil de l'eau » 2030

La modélisation « fil de l'eau » 2030 est un état initial de l'état de l'air attendu en 2030 sans intervention des actions du PPA.

Cette modélisation a été produite à partir des données suivantes :

- Le modèle de trafic de Rennes Métropole à l'horizon 2030 et le parc automobile CITEPA prospectif 2030 pour la scénarisation du secteur routier;
- Les données d'évolution des consommations et émissions de chauffage à l'échelle de l'IRIS à Rennes Métropole ainsi que l'évolution de l'occupation du sol prévue dans le PLUI et les projets d'aménagement pour la scénarisation du secteur résidentiel;
- Les concentrations en particules (PM10 et PM2.5) et ozone (O₃) du modèle national prospectif 2030 produit par le LCSQA et les mesures 2022 de NO₂ à la station rurale Kergoff pour la scénarisation des concentrations de fond.



Synthèse des résultats NO₂

Le dioxyde d'azote est un polluant principalement lié au trafic routier. Ainsi les concentrations sont les plus élevées au niveau des axes routiers. Entre 2018 (V2) et la simulation 2030, on observe jusqu'à 80 % de réduction des concentrations sur les axes routiers. Cette amélioration de la qualité de l'air est principalement imputable :

- A l'évolution du parc de véhicules qui comprend de moins en moins de véhicules thermiques émetteurs de NO₂;
- Aux changements de qualification des routes, qui interdit le passage des véhicules sur certains tronçons;
- Aux changements de comportements modélisés par le modèle de trafic de Rennes Métropole.
 En effet, l'inclusion notamment de la nouvelle ligne de métro B et des objectifs PDU influent sur la baisse des TMJA en intra-rocade.

La modélisation fil de l'eau 2030 montre un respect de la réglementation européenne actuelle sur l'ensemble du territoire métropolitain. Cependant, la réglementation européenne 2030 (en cours de validation au niveau européen) n'est pas respectée au niveau de certains axes à fort trafic, de la rocade et de certaines routes principales (pénétrantes extra et intra -rocades). Enfin, la valeur guide OMS 2021 est dépassée sur l'ensemble du centre-ville de Rennes et à proximité des routes principales du cœur de métropole.

Ainsi, afin de permettre un respect des valeurs réglementaires européennes 2030 et des valeurs guides OMS 2021, des actions complémentaires sur le secteur routier sont nécessaires. Par exemple, une réduction de la circulation des véhicules en centre-ville pourrait permettre de limiter l'impact du dioxyde d'azote sur les populations résidant en cœur de métropole. La ZFE et les actions PPA sur les émissions du territoire pourront permettre la baisse de ces concentrations.

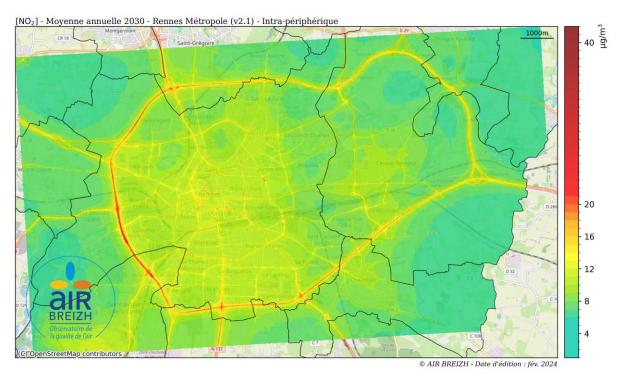
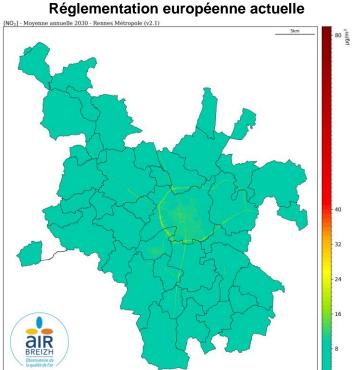
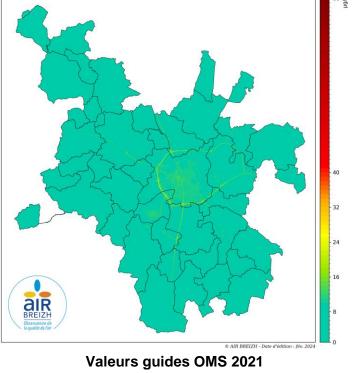
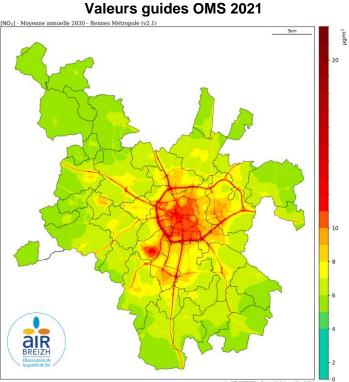


Figure 53 : Moyenne annuelle de NO_2 – Cœur de Rennes Métropole - Projet de réglementation 2030 - Fil de l'eau 2030

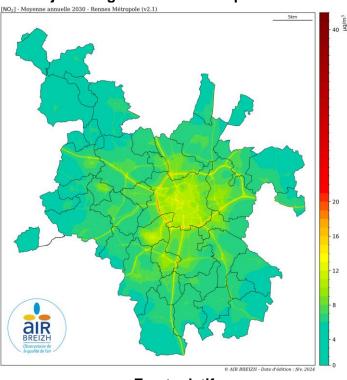








Projet de réglementation européenne 2030



Ecart relatif modélisation fil de l'eau 2030 / modélisation 2018 V2

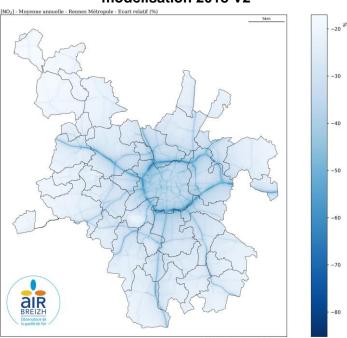


Figure 54: Synthèse cartographique des résultats NO₂ - Fil de l'eau 2030

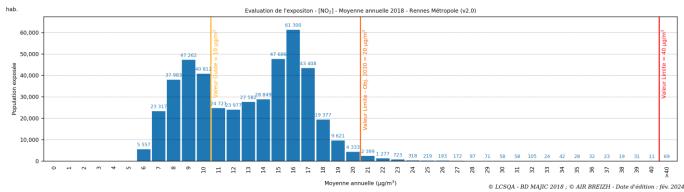


2018

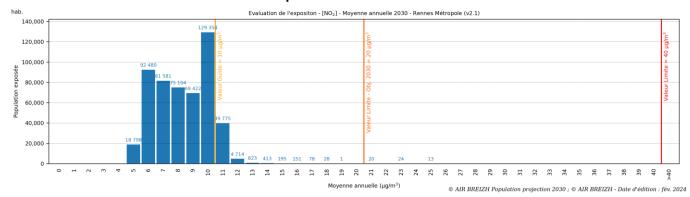
2030

Exposition de la population au NO₂

Population MAJIC 2018



Population estimée 2030



Normes européennes et recommandations OMS annuelles <u>Réglementation</u> Projet de réglementation Version du Valeurs guides <u>modèle</u> <u>européenne</u> européenne 2030 **OMS 2021 20** μg/m³ 40 µg/m³ 10 µg/m³ 100 6 000 300 000 **Etat initial 2018** personnes personnes (v2)exposées 100 Fil de l'eau personne 2030 exposé<u>e</u> exposées

Figure 55 : Synthèse de l'exposition au NO₂ -Fil de l'eau 2030



Synthèse des résultats PM10

Les particules fines PM10 sont un polluant multi sources principalement émis par le trafic routier et le secteur résidentiel (chauffage). Ainsi les concentrations sont les plus élevées au niveau des axes routiers et des zones bâties. Entre 2018 (V2) et la simulation 2030, on observe une réduction de l'ordre de 12 % des concentrations sur les axes routiers et de 6 % dans le centre-ville de Rennes. Cette amélioration de la qualité de l'air est principalement imputable à :

- L'évolution du parc de véhicules dont la part des véhicules diesels émetteurs de particules baisse ;
- Aux changements de comportements modélisés par le modèle de trafic de Rennes Métropole.
 En effet, l'inclusion notamment de la nouvelle ligne de métro B et des objectifs PDU influent sur la baisse des TMJA en intra-rocade;
- Aux changements d'énergie de chauffage des logements existants et futurs notamment grâce aux réseaux de chaleur urbain.

La modélisation fil de l'eau 2030 montre un respect de la réglementation européenne actuelle sur l'ensemble du territoire métropolitain. Cependant, la réglementation européenne 2030 (en cours de validation au niveau européen) n'est pas respectée au niveau de certains axes à fort trafic, de la rocade, de certaines routes principales (pénétrantes extra et intra -rocades) et de certaines sources industrielles. Enfin, la valeur guide OMS 2021 est dépassée dans la commune de Rennes et à proximité des principaux axes routiers.

Ainsi, afin de permettre un respect des valeurs réglementaires européennes 2030 et des valeurs guides OMS 2021, des actions complémentaires sur le secteur routier et résidentiel sont nécessaires. Par exemple, une réduction de la circulation des véhicules en centre-ville pourrait permettre de limiter l'impact des PM10 sur les populations résidant en centre-bourg. Enfin, des actions complémentaires sur le chauffage pourraient être mise en place, notamment sur le chauffage au bois individuel. La ZFE et les actions PPA sur les émissions du territoire pourront permettre la baisse de ces concentrations.

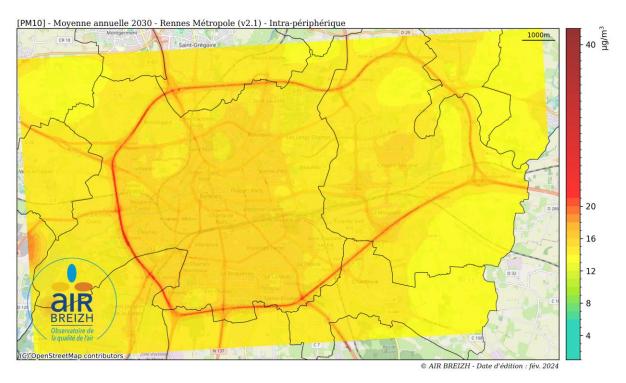
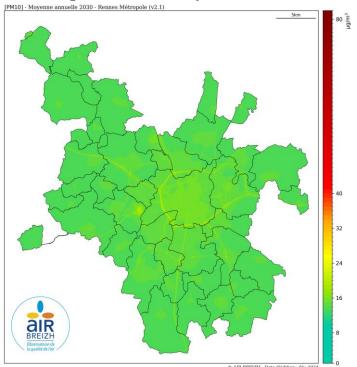


Figure 56: Moyenne annuelle de PM10 - Cœur de Rennes Métropole - Projet de réglementation 2030 - Fil de l'eau 2030

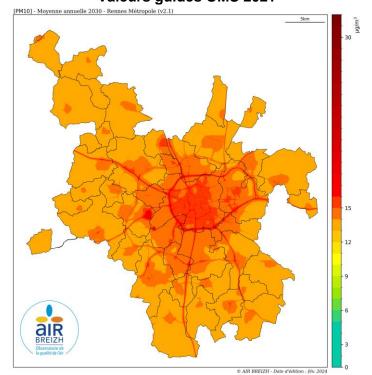




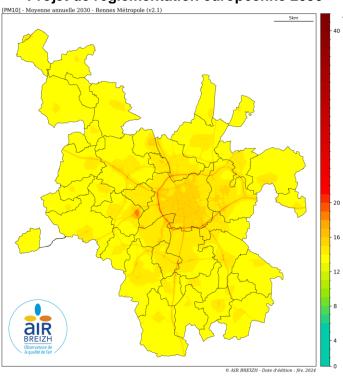
Réglementation européenne actuelle



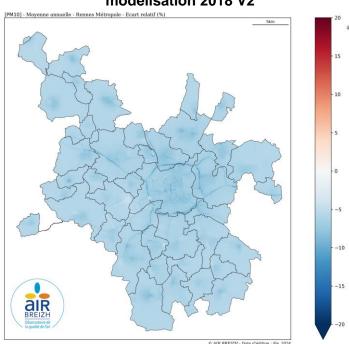
Valeurs guides OMS 2021



Projet de réglementation européenne 2030



Ecart relatif modélisation fil de l'eau 2030 / modélisation 2018 V2

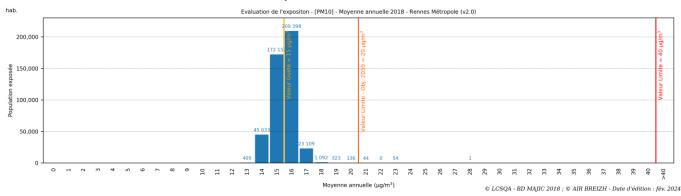


 $Figure~57: Synth\`ese~cartographique~des~r\'esultats~PM10-Fil~de~l'eau~2030$

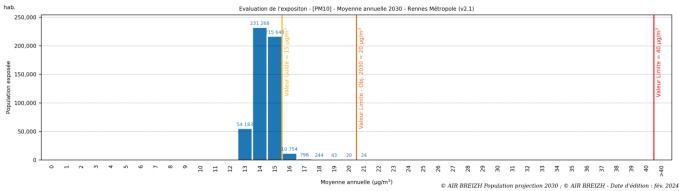


Exposition de la population au PM10

Population MAJIC 2018



Population estimée 2030



2030

2018

Normes européennes et recommandations OMS annuelles				
<u>Version du</u> <u>modèle</u>	<u>Réglementation</u> <u>européenne</u>	Projet de réglementation européenne 2030	<u>Valeurs guides</u> <u>OMS 2021</u>	
	40 μg/m³	20 μg/m³	10 μg/m³	
Etat initial 2018 (v2)	0 personne exposée	100 personnes exposées	235 000 personnes exposées	
Fil de l'eau 2030	0 personne exposée	100 personnes exposées	12 000 personnes exposées	

Figure 58: Synthèse de l'exposition PM10 -Fil de l'eau 2030





Synthèse des résultats PM2.5

Les particules fines PM2.5 sont un polluant multi sources principalement émis le secteur résidentiel / tertiaire et le trafic routier. Ainsi les concentrations sont les plus élevées au niveau des axes routiers et des zones bâties. Entre 2018 (V2) et la simulation 2030, on observe une réduction de l'ordre de 25 % des concentrations sur les axes routiers et de 20 % dans le centre-ville de Rennes. Cette amélioration de la qualité de l'air est principalement imputable à :

- L'évolution du parc de véhicules dont la part des véhicules diesels émetteurs de particules baisse :
- Aux changements de comportements modélisés par le modèle de trafic de Rennes Métropole.
 En effet, l'inclusion notamment de la nouvelle ligne de métro B et des objectifs PDU influent grandement sur la baisse des TMJA en intra-rocade;
- Aux changements d'énergie de chauffage des logements existant et futurs notamment grâce au réseau de chaleur urbain.

La modélisation fil de l'eau 2030 montre un respect de la réglementation européenne actuelle sur l'ensemble du territoire métropolitain. Cependant, la réglementation européenne 2030 (en cours de validation au niveau européen) n'est pas respectée au niveau des axes à fort trafic de la rocade, de certaines routes principales et de certaines sources industrielles. Enfin, la valeur guide OMS 2021 est dépassée sur l'ensemble du territoire de Rennes Métropole.

Ainsi, afin de permettre un respect des valeurs réglementaires européennes 2030 et des valeurs guides OMS 2021, des actions complémentaires sur le secteur routier et résidentiel sont nécessaires. Par exemple, une réduction de la circulation des véhicules en centre-ville pourrait permettre de limiter l'impact des PM2.5 sur les populations résidant en centre-bourg. Enfin, des actions complémentaires sur le chauffage pourraient être mise en place, notamment sur le chauffage au bois individuel. La ZFE et les actions PPA sur les émissions du territoire pourront permettre la baisse de ces concentrations.

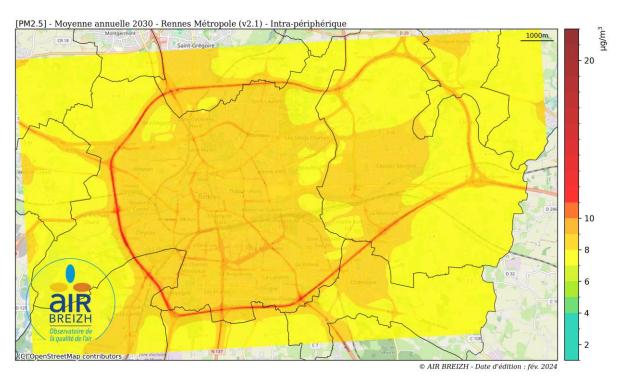
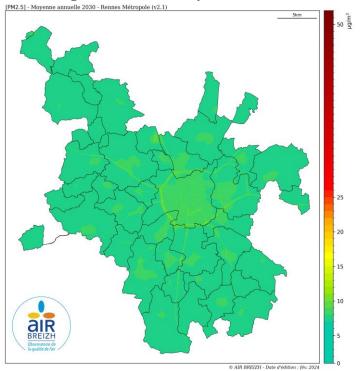


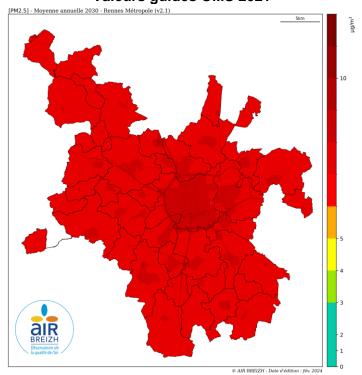
Figure 59 : Moyenne annuelle de PM2.5 – Cœur de Rennes Métropole - Projet de réglementation 2030 - Fil de l'eau 2030



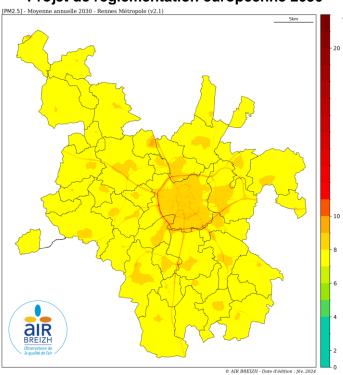
Réglementation européenne actuelle



Valeurs guides OMS 2021



Projet de réglementation européenne 2030



Différence modélisation 2018 V2 / modélisation fil de l'eau 2030

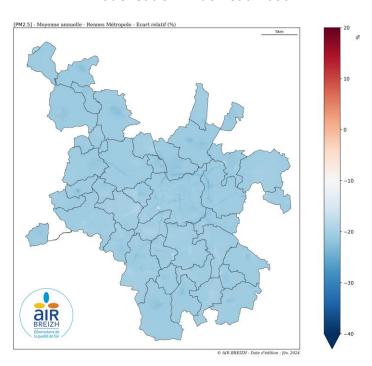
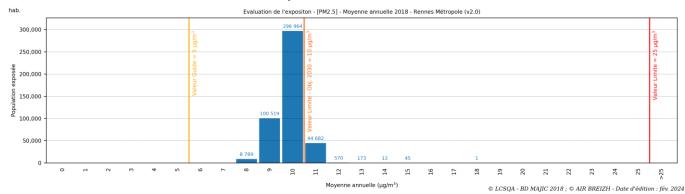


Figure 60: Synthèse cartographique des résultats PM2.5 - Fil de l'eau 2030



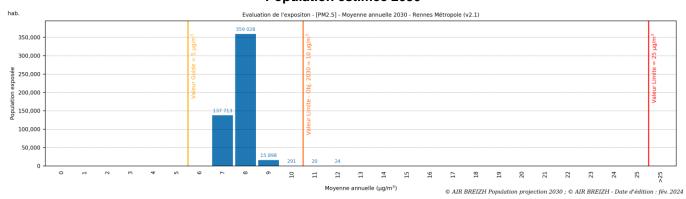
Exposition de la population au PM2.5

Population MAJIC 2018



2018

Population estimée 2030



2030

Normes européennes et recommandations OMS annuelles				
<u>Version du</u> <u>modèle</u>	<u>Réglementation</u> <u>européenne</u>	Projet de réglementation européenne 2030	<u>Valeurs guides</u> <u>OMS 2021</u>	
	25 μg/m³	10 μg/m ³	5 μg/m³	
Etat initial 2018 (v2)	0 personne exposée	45 000 personnes exposées	100% des personnes exposées	
Fil de l'eau 2030	0 personne exposée	100 personnes exposées	100% des personnes exposées	

Figure 61 : Synthèse de l'exposition PM2.5 -Fil de l'eau 2030





VIII. Modélisation prospective 2030 – Actions PPA

Les travaux de modélisation prospective avec la prise en compte de l'effet des actions du Plan de Protection de l'Atmosphère de Rennes Métropole à horizon 2030 seront réalisés au cours de l'année 2024.

IX. Conclusion / Synthèse

La synthèse de l'évaluation des actions de ce 3^{ème} PPA (2022 – 2027) sur la qualité de l'air et l'exposition des populations à la pollution sera réalisée en fin d'année 2024.







lable des tableaux	
Tableau 1: Repères règlementaires (NO ₂ , PM10 et PM2.5) – Réglementation européenne et	
française	
Tableau 2 : Repères réglementaires (NO ₂ - PM10 - PM2.5) - Valeurs guides OMS	11
Tableau 3: Zones administratives de surveillance (superficie et population)	13
Tableau 4: Principaux centres urbains de la région Bretagne (superficie et population)	13
Tableau 5: Sites industriels ICPE (sources ponctuelles) retenus dans le modèle - modèle V2	
2018	33
Tableau 6: Stations et polluants mesurés à Rennes	40
Tableau 7: Comparaison des valeurs d'exposition de la population au NO ₂ entre la V1 et la V2	
du modèle	48
Tableau 8 : Comparaison des valeurs d'exposition de la population au PM10 entre la V1 et la	
V2 du modèle	53
Tableau 9 : Comparaison des valeurs d'exposition de la population au PM2.5 entre la V1 et la	
V2 du modèle	58
Tableau 10 : Échelle synthétique de qualification / de couleurs appliquée par la CSA, se basant	
sur les valeurs limites(VL) réglementaires en vigueur, le projet de révision des valeurs limites -	
Objectif 2030 et les valeurs guides (VG) de l'OMS révisées en 2021	86
Tableau 11: Synthèse des évolutions des données d'entrées entre les modèles 2018(v2) et fil	
de l'eau 2030	72





lable des figures	
Figure 1: Représentation schématique des scénarios prospectifs	7
Figure 2: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes	
Figure 3: Communes de Rennes Métropole	. 14
Figure 4: Répartition des émissions NO _x , PM10 et PM2.5 en 2018 (ISEA v4.1)	. 16
Figure 5: Cas d'utilisation de la modélisation régionale - L'indice de qualité de l'air	. 17
Figure 6: Critère de détermination des rues ouvertes et canyons	. 18
Figure 7: Schéma explicatif du nouveau module de SIRANÉ (v2.2 - rev.155)	
Figure 8: Processus de création de la modélisation de référence 2018	
Figure 9: Représentation schématique des scénarios prospectifs	
Figure 10: Analyse des différences entre la BD TOPO et le modèle de trafic de Rennes	
Métropole	. 26
Figure 11: Illustration du réseau routier optimisé de Rennes Métropole – zoom sur l'intra-rocade	. 27
Figure 12: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »)	. 28
Figure 13: Parc automobile statique par type de véhicule et vignette Crit'air - modèle V2 2018	. 29
Figure 14: Emissions d'oxydes d'azote NO _X totales du réseau routier de Rennes Métropole	
injectées dans la modélisation - modèle V2 2018	. 30
Figure 15: Emissions de NOX, PM10 et PM2.5 par type de véhicule et vignette Crit'air - modèle	
V2 2018	
Figure 16: Exemples de profils temporels horaires du trafic routier	
Figure 17: Localisation des GSP de Rennes Métropole - modèle V2 2018	
Figure 18: Profils temporels mensuels et horaires utilisés pour le cadastre	. 35
Figure 19: Cadastre des émissions de PM10 issues du chauffage résidentiel en 2018 (ISEA	20
V4.1) - modèle V2 2018	. 36
Figure 20: Comparaison des concentrations de NO ₂ en situation de fond rurale (Guipry) et aux	200
	. 38
Figure 21: Conditions météorologiques globales 2018 (station Météo France aéroport Rennes	20
Saint-Jacques)	
Figure 22: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté à Rennes	
Figure 23: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"	
Figure 24: Evaluation du modèle sur l'année 2018 (Target Plot)	
Figure 25: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile	
Figure 26 : Evaluation du modèle sur l'année 2018 (QQ Plot)	
Figure 27: Dispositif implanté à proximité de la rocade de Rennes Métropole - février 2018	
Figure 28: Mesures par tubes passifs à proximité de la rocade de Rennes - février 2018	
Figure 29: Evaluation des résultats NO ₂ du 8 février au 8 mars 2018 (Target-Plot)	. 44
Figure 30 : Comparaison des transects modèle V1 / modèle V2 et mesure à proximité de la	4.5
rocade - fév.2018	_
Figure 31 : Comparaison quantile-quantile modèle / mesures rocade - fév. 2018	. 40
Figure 32: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en N0 ₂ : V1 (à gauche),	40
V2 (à droite) et différence V2 - V1 (en bas)	. 48
	Εſ
haut) - V2 (en bas)Figure 34: Contribution des sources de NO ₂ au niveau de la station "Pays-Bas" - modèle V2	. ວເ
	. 51
2018Figure 35 : Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et	. 51
autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées - modèle V2 2018.	EC
Attention : les échelles sont différentes	. 5∠
Figure 36: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en PM10 : V1 (à	E
gauche), V2 (à droite) et différence V2 – V1 (en bas)	. 54
Figure 37: Exposition de la population au PM10 par rapport à la valeur limite annuelle - V1 (en	E
haut) - V2 (en bas)Figure 38: Contribution des sources de PM10 au niveau de la station "Laënnec" - modèle V2	. ၁၁
20182018	56
∠∪ I ∪	. 00





Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole

Figure 39: Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et	
autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées - modèle V2 2018.	
Attention : les échelles sont différentes	57
Figure 40: Cartographies des concentrations moyennes annuelles 2018 en PM2.5 : V1 (à	
gauche), V2 (à droite) et différence V2 - V1 (en bas)	59
Figure 41: Exposition de la population au PM2.5 par rapport à la valeur limite annuelle - V1 (en	
haut) - V2 (en bas)	60
Figure 42 : Contribution des sources de PM2.5 au niveau de la station "Pays-Bas" - modèle V2 2018	61
Figure 43: Contribution des sources résidentielle / tertiaire (en haut), routières (au milieu) et	
autres transports (en bas) dans les concentrations moyennes modélisées- modèle V2 2018.	
Attention : les échelles sont différentes	62
Figure 44 : Synthèse des résultats NO ₂ - Etat initial 2018 (V2)	64
Figure 45: Synthèses des résultats PM10 - Etat initial 2018 (V2)	65
Figure 46: Synthèses des résultats PM2.5 - Etat initial 2018 (V2)	
Figure 47 : Historique de l'évolution des niveaux moyens annuels de particules (PM10 à gauche	00
et PM2.5 à droite) mesurés à Rennes Métropole par le réseau de mesures fixe d'Air Breizh	60
Figure 48 : La Carte Stratégique Air 2017 – 2019 de Rennes Métropole- modèle V2 2018	
Figure 49: Cartographie de la qualification des routes de Rennes Métropole - Modèle de trafic	10
de Rennes Métropole (2030)de Rennes Métropole (2030)	73
Figure 50: Parc statique par type de véhicule et vignette Crit'air en 2018(haut) et 2030 (bas)	
Figure 51: Emissions de NOx, PM10 et PM2.5 par type de véhicule et par source - Fil de l'eau	
2030	76
Figure 52: Spatialisation des nouveaux bâtiments - Cadastre des émissions résidentielles - Fil	
de l'eau 2030	78
Figure 53 : Moyenne annuelle de NO ₂ – Cœur de Rennes Métropole - Projet de réglementation	
2030 - Fil de l'eau 2030	81
Figure 54: Synthèse cartographique des résultats NO ₂ - Fil de l'eau 2030	
Figure 55 : Synthèse de l'exposition au NO ₂ -Fil de l'eau 2030	
Figure 56: Moyenne annuelle de PM10 – Cœur de Rennes Métropole – Projet de	
réglementation 2030 - Fil de l'eau 2030	84
Figure 57 : Synthèse cartographique des résultats PM10 - Fil de l'eau 2030	
Figure 58: Synthèse de l'exposition PM10 -Fil de l'eau 2030	
Figure 59 : Moyenne annuelle de PM2.5 - Cœur de Rennes Métropole - Projet de	
réglementation 2030 - Fil de l'eau 2030	87
Figure 60: Synthèse cartographique des résultats PM2.5 - Fil de l'eau 2030	
Figure 61 : Synthèse de l'exposition PM2.5 -Fil de l'eau 2030	
Figure 62: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)	
Figure 63: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA)	
Figure 64: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA)	
	104





Liste des références

- Code de l'Environnement R221-1 à R228-1 https://www.legifrance.gouv.fr
- Recensement de la population, Insee, 2019
 https://www.insee.fr/fr/statistiques/1405599?geo=EPCI-243500139
- Plan de Protection de l'Atmosphère 2022-2027 https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/le-ppa-2022-2027-de-rennes-metropole-a5345.html
- Directive n°2008/50/CE du 21/05/2008, dite "Air pur pour l'Europe" https://www.legifrance.gouv.fr/
- Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346555/9789240035423-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Projet de révisions des valeurs réglementaires européennes,
 https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-revision-of-eu-ambient-air-quality-legislation?sid=6801
- Arrêté du 9 mars 2022 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de l'air ambiant https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2022/3/9/TRER2207612A/jo/texte
- Inventaire des Emissions Spatialisées Atmosphériques ISEA https://isea.airbreizh.asso.fr
- Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air
 [LCSQA / INERIS février 2017] https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-françaises-surveillance-qualite-air
- 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 http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/
- Méthodologie de répartition spatiale de la population; Programme 2014 [LCSQA / INERIS avril 2015] <a href="https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2014/ineris/methodologie-repartition-spatiale-population#:~:text=La%20m%C3%A9thode%20de%20spatialisation%20nomm%C3%A9e,fonci%C3%A8re%20d%C3%A9livr%C3%A9e%20par%20la%20DGFiP.
- Méthodologie de calcul des émissions routières : COPERT V European Environment Agency (EEA), https://www.emisia.com/utilities/copert/
- 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] https://www.airbreizh.asso.fr/publication/evaluation-de-la-qualite-de-lair-a-proximite-de-la-rocade-de-rennes-resultats-de-la-campagne-2018/
- Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Rennes Métropole, Modélisation urbaine Rapport final [Air Breizh novembre 2020] https://www.airbreizh.asso.fr/publication/rennes-metropole-evaluation-de-la-qualite-de-lair/
- Exposition des établissements sensibles à la pollution de l'air sur Bordeaux Métropole Année 2019 [Atmo Nouvelle Aquitaine – février 2021] :
 https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/exposition-des-etablissements-sensibles-la-pollution-de-lair-sur-bordeaux-metropole.







- Synthèse du scénario « Avec Mesures Existantes » 2021 (AME 2021) Projection climat et énergie à 2050 [Ministère de la transition écologiques— juin 2021] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Synth%C3%A8se_du_sc%C3%A9nario_AME2021_postQAQC%5B1%5D.pdf
- Plan national de réduction des ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES (PRÉPA)
 [Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer Mai 2017]
 https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan%20nat%20r%C3%A9duction%20polluants%20atmosph%C3%A9riques.pdf
- Recalage du modèle multimodal de déplacements de l'agglomération rennaise [PTV-Group, mai 2021]

[Communication personnelle]

 Scénarios du modèle multimodal de déplacements de l'agglomération rennaise [PTV-Group, juillet 2021]

[Communication personnelle]



Liste des sources de données

Nom/libellé	Année de référence	Version	Producteur(s)	Lien
BD Topo	2018	3.0	IGN	https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/vecteur/bdtopo
Corine Land Cover	2018	-	Copernicus	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
Données trafic	2018		Rennes Métropole	Communication personnelle : Rennes Métropole - Service Mobilité Urbaine le 11/02/2022
Domices trane	2010		DIR Ouest	https://www.dir.ouest.developpement-durable.gouv.fr/les-donnees-trafic-a1636.html
Parc national de véhicules	2018	-	CITEPA	Communication personnelle le 28/04/2021
Inventaire des émissions de polluants atmosphériques	2018	4.1	Air Breizh	https://isea.airbreizh.asso.fr/
Déclaration annuelles des rejets relatifs aux émissions dans l'air, l'eau, le sol et les déchets des installations classées pour l'environnement (ICPE)	2018	-	Ministère en charge de l'environnement	https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/installations-industrielles
Données météorologiques- Mesures RADOME et Modèle Arpège	2018	-	Météo France	https://donneespubliques.meteofrance.fr/
BD population spatialisée selon la méthodologie nationale LCSQA à partir des données MAJIC de la DGFIP	2018	-	LCSQA	https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2015/ineris/fourniture-donnees-population-spatialisees-selon-methodologie-nationale-methode-
Données du recensement de la population	2018	-	INSEE	https://www.insee.fr/fr/information/6444222
PLUi de Rennes Métropole	2019	-	Rennes Métropole	https://metropole.rennes.fr/consulter-les-documents-du-plan-local-durbanisme-intercommunal-plui
Bâtiments des projets d'aménagement	2022	-	Rennes Métropole	Communication personnelle

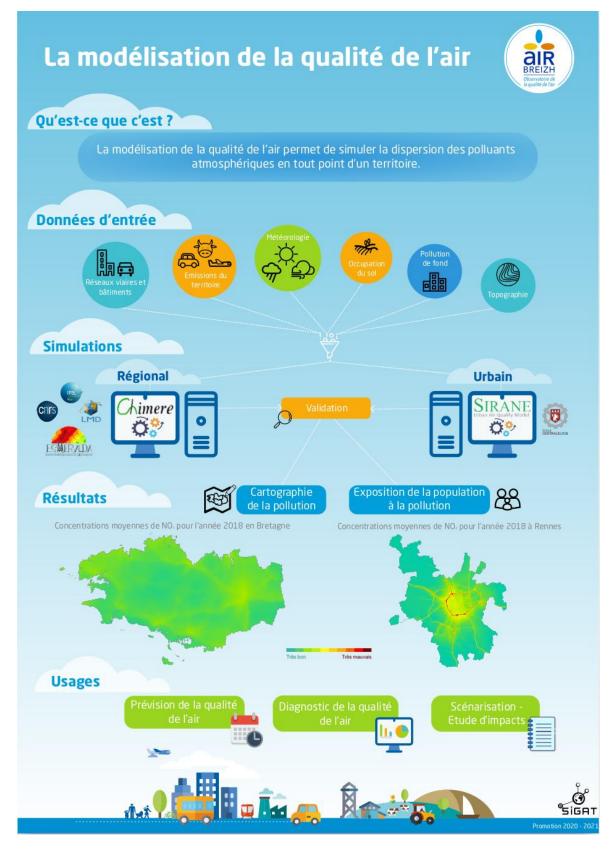




V	A	
X	Annexes	н
Λ.	711116A63	H

Annexe 1 : La modélisation de la qualité de l'air







Annexe 2 : Le modèle SIRANE



Présentation générale de SIRANE

Le modèle SIRANE (http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/) 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.

Les 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.

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 62 :

- 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-NO₂-O₃;
- Transport et dépôts de particules (dépôt sec) ;
- Lessivage des particules par la pluie (dépôt humide).





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 63);
- 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 ».

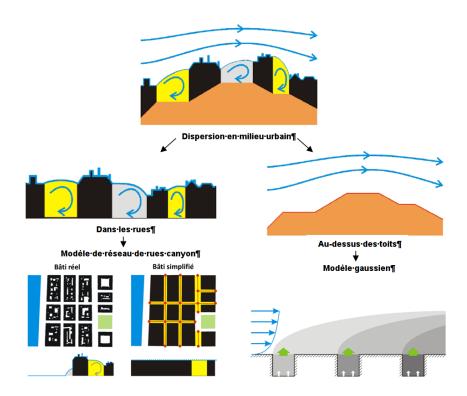


Figure 62: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)



Figure 63: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA)



Les sorties de SIRANE : Grilles et points récepteurs

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.

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.

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 64): 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.

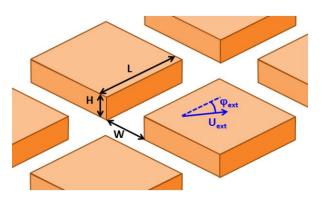


Figure 64: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA)

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.





Annexe 3 : 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 2018), 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_{Bâtiment} = Nombre d'habitants du bâtiment impacté par un dépassement de VL Surface_{Bâtiment} = Surface du bâtiment impacté par un dépassement de VL Surface exposée_{Bâtiment} = Surface exposée du bâtiment impacté par un dépassement de VL

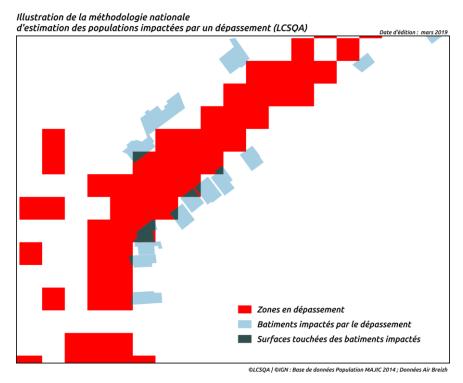


Figure 65: Méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution



Annexe 4 Les vignettes Crit'air





Voitures particulières



NORME EURO

(inscrite sur la carte grise) ou, à défaut, date de 1^{re} immatriculation



Véhicules 100 % électriques et véhicules à hydrogène



Véhicules gaz et véhicules hybrides rechargeables

ESSENCE ET ASSIMILÉS

DIESEL ET ASSIMILÉS



EURO 5 et 6

à partir du 1er janvier 2011



EURO 4

Entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus



EURO 2 et 3

Entre le 1er janvier 1997 et le 31 décembre 2005 inclus





EURO 5 et 6

A partir du 1er janvier 2011

EURO 4

Entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus

EURO 3

Entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2005 inclus

EURO 2

Entre le 1er juillet 1997 et le 31 décembre 2000 inclus



EURO 1 ET AVANT Véhicules non classés pour lesquels il n'y a pas de délivrance de vignettes

Jusqu'au 31 décembre 1996

Le tableau n'est pas contractuel. Pour une information plus précise, consultez l'arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318-2 du code de la route.

Pour obtenir son certificat qualité de l'air certificat-air.gouv.fr







2 roues, tricycles et quadricycles à moteur NORME EURO (inscrite sur la carte grise) ou, à défaut, date de 1^{re} immatriculation





Véhicules 100 % électriques et véhicules à hydrogène



Véhicules gaz et véhicules hybrides rechargeables



à partir du : -1er janvier 2017 pour les motocycles -1er janvier 2018 pour les cyclomoteurs



du 1er janvier 2007 au : - 31 décembre 2016 pour les motocycles - 31 décembre 2017 pour les cyclomoteurs



Du 1er juillet 2004 au 31 décembre 2006



PAS DE NORME TOUT TYPE

Du 1er juin 2000 au 30 juin 2004



PAS DE NORME TOUT TYPE

Véhicules non classés pour lesquels il n'y a pas de délivrance de vignettes

Jusqu'au 31 mai 2000

Le tableau n'est pas contractuel. Pour une information plus précise, consultez l'arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318-2 du code de la route.

Pour obtenir son certificat qualité de l'air certificat-air.gouv.fr





Vignette Crit'Air certificat qualité de l'air Véhicules utilitaires légers

NORME EURO

(inscrite sur la carte grise) ou, à défaut, date de 1^{re} immatriculation







Véhicules 100 % électriques et véhicules à hydrogène



Véhicules gaz et véhicules hybrides rechargeables

ESSENCE ET ASSIMILÉS

DIESEL ET ASSIMILÉS



EURO 5 et 6

à partir du 1er janvier 2011



EURO 4

Entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus



EURO 2 et 3

Entre le 1er octobre 1997 et le 31 décembre 2005 inclus





EURO 4

EURO 5 et 6

Entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus

A partir du 1er janvier 2011

EURO 3

Entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2005 inclus

EURO 2

Entre le 1er juillet 1997 et le 31 décembre 2000 inclus



EURO 1 ET AVANT Véhicules non classés pour lesquels il n'y a pas de délivrance de vignettes

Jusqu'au 30 septembre 1997

Le tableau n'est pas contractuel. Pour une information plus précise, consultez l'arrêté du 21 juin 2016 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques en application de l'article R. 318-2 du code de la route.

Pour obtenir son certificat qualité de l'air certificat-air.gouv.fr







Tous les véhicules gaz et les véhicules hybrides rechargeables

Essence et autres



Diesel





Euro 6

À partir du 1er janvier 2014



Euro 5

Entre le 1^{er} octobre 2009 et le 31 décembre 2013 inclus Euro 6

À partir du 1er janvier 2014



Euro 3 et 4

Entre le 1^{er} octobre 2001 et le 30 septembre 2009 inclus Euro 5

Entre le 1^{er} octobre 2009 et le 31 décembre 2013 inclus



Euro 4

Entre le 1^{er} octobre 2006 et le 30 septembre 2009 inclus



Euro 3

Entre le 1^{er} octobre 2001 et le 30 septembre 2006 inclus



Euro 1, 2 et avant

Jusqu'au 30 septembre 2001

Pour obtenir son certificat qualité de l'air www.certificat-air.gouv.fr



Pour en savoir plus, consultez l'arrêté du 21/06/2017 établissant la nomenclature des véhicules : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032749723&categorieLien=id



Annexe 4 : Le principe de calcul des émissions routières

Evaluation de la qualité de l'air – Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA 2022-2027) 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.

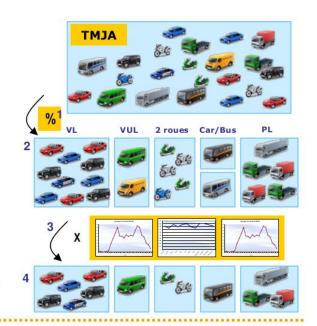
Le % par type de véhicules (2) est aussi renseigné par axe, à partir de données collectées (% PL, % Bus, % Car) ou issues de la littérature (% 2roues, % VUL).

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

Les profils temporels $oldsymbol{(3)}$ 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.

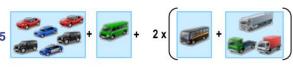
La charge horaire est déterminée en considérant que :

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

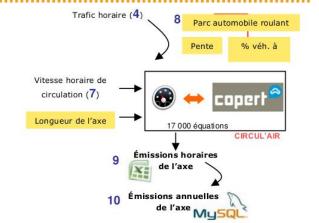
-les 2 roues ne participent pas à l'encombrement de l'axe (5).

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).







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).



Air Breizh L'observatoire régional de l'air

www.airbreizh.asso.fr

3, rue du Bosphore Tour ALMA 8^{ème} étage 35200 Rennes