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

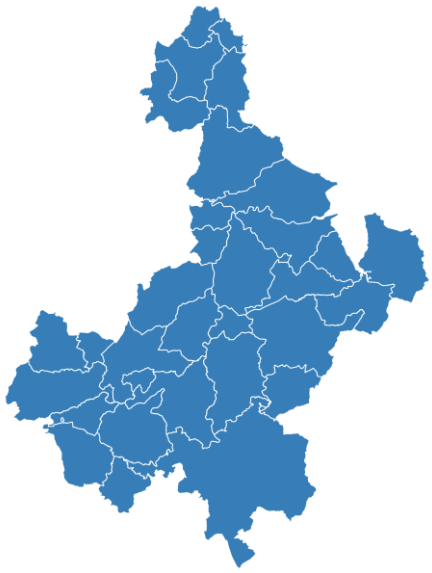
ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Saint-Brieuc Armor Agglomération

Période étudiée :
1 janvier 2016 – 31 décembre 2018

Polluants étudiés : NO_2 et PM10

Version finale



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

Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR :
Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Saint-Brieuc Armor Agglomération

Étude réalisée par Air Breizh

Conditions de diffusion

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

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

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Breizh. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh dans les termes suivants : © *Air Breizh (2020) Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Saint-Brieuc Armor Agglomération, Modélisation urbaine.*

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

Organisation interne – contrôle qualité

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date
Marjolaine Justin *(Ingénieure chargée d'étude modélisation)*	Simon Leray *(Chef de projet modélisation/SIG)*	Gaël Lefeuvre (Directeur)	Version finale Mars 2020

Glossaire

Unités de mesure

µg/m^3	Microgramme (10^{-6} g) par mètre cube (d'air)
kg/km	Kilogramme (10^3 g) par kilomètre

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
CA	Communauté d'Agglomération
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CJUE	Cour de Justice de l'Union Européenne
CLC	Corine Land Cover
CSA	Carte Stratégique Air
DDTM	Direction Départementales des Territoires et de la Mer
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ECL	Ecole Centrale de Lyon
GSP	Grande Source Ponctuelle
IGN	Institut National de l'information Géographique et forestière
IEM	Indicateur d'Exposition Moyenne
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
LMFA	Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique
MTES	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
OQ / OLT	Objectif de Qualité / Objectif à Long Terme
ORSB	Observatoire Régional de Santé Bretagne
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PLUi	Plan Local d'Urbanisme intercommunal
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
SIG	Système d'Information Géographique
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
UVE	Unité de Valorisation Énergétique
VC	Valeur Cible
VG	Valeur Guide
VL	Valeur Limite
ZAG	Zone à risques – Agglomération
ZAR	Zones À Risques – hors agglomération
ZR	Zone Régionale

Sommaire

GLOSSAIRE 4

I. OBJET DE L'ETUDE : EVALUER L'EXPOSITION DES HABITANTS DE L'AGGLOMERATION DE SAINT-BRIEUC A LA POLLUTION DE L'AIR 7

II. LA ZONE D'ETUDE : SAINT-BRIEUC ARMOR AGGLOMERATION 10

II. 1. LA NOTION DE ZONAGE REGLEMENTAIRE 10
II. 2. LES EMISSIONS DU TERRITOIRE DE L'AGGLOMERATION DE SAINT-BRIEUC 12

III. REPERES REGLEMENTAIRES 13

IV. LE MODELE SIRANE 15

IV. 1. PRESENTATION GENERALE DE SIRANE 15
IV. 2. LES APPLICATIONS DE SIRANE 15
IV. 3. LES SPECIFICITES DE SIRANE 15
IV. 4. LES LIMITES DE SIRANE 17

V. METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION D'UN MODELE URBAIN 18

V. 1. CONTRAINTES LIEES A LA MODELISATION « HAUTE RESOLUTION » 19
V. 2. CONSTITUTION D'UN RESEAU DE RUES INTERCONNECTEES 20
V. 3. CARACTERISATION DES RUES AVEC L'OUTIL URBAN TRAFFIC 21
V. 4. CALCUL DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC AUTOMOBILE 24
V. 5. MODULATION DU TRAFIC ROUTIER 26
V. 6. CADASTRAGE DES EMISSIONS - HORS ROUTIER - ISSUES DE L'INVENTAIRE DES EMISSIONS 27
V. 7. DETERMINATION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES 30
V. 8. DETERMINATION DE LA POLLUTION DE FOND 32
V. 9. GRILLE ET POINTS RECEPTEURS DE CALCUL 35

VI. VALIDATION DU MODELE : COMPARAISON DU MODELE AVEC LES MESURES DE TERRAIN 36

VI. 1. VALIDATION A PARTIR DU RESEAU DE STATIONS DE MESURES PERMANENTES DE SAINT-BRIEUC 36

VII. EXPOSITION DES HABITANTS DE L'AGGLOMERATION A LA POLLUTION DE L'AIR 39

VII. 1. METHODOLOGIE D'ELABORATION DES SYNTHESES PLURIANNUELLES 39
VII. 2. LE DIOXYDE D'AZOTE NO_2 : SYNTHESE 2016 – 2018 41
VII.3 LES PARTICULES FINES PM10 : SYNTHESE 2016 – 2018 47

VIII. « CARTE STRATEGIQUE AIR » : APPLICATION SUR SAINT-BRIEUC ARMOR AGGLOMERATION 56

VIII. 1. ENJEUX ET OBJECTIF DE LA CSA 56
VIII. 2. METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION D'UNE CSA 57
VIII. 3. LA CARTE STRATEGIQUE AIR DE L'AGGLOMERATION DE SAINT-BRIEUC 59
VIII. 4. LA CARTE STRATEGIQUE AIR DE SAINT-BRIEUC ARMOR AGGLOMERATION SUR LA BASE DES VALEURS GUIDES ETABLIES PAR L'OMS 62

CONCLUSIONS 65

LISTE DES FIGURES 70

LISTE DES TABLEAUX 71

LISTE DES SOURCES DE DONNEES 72

LISTE DES REFERENCES 73

ANNEXE 1 : COURRIER OFFICIEL DE LA DGEC CONCERNANT L'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR (OCTOBRE 2018) 75

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIES DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE 2018 78

I. Objet de l'étude : Evaluer l'exposition des habitants de l'agglomération de Saint-Brieuc à la pollution de l'air

Les enjeux de la pollution atmosphérique

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

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

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

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

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

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

Le contexte de l'étude

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

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

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

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

[1] *Baromètre Santé-Environnement [ORSB – 2014]*
[2] *Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique [Santé Publique France – 2016]*
[3] *Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité de la France continentale [O.CHANEL, CNRS, AMSE-GREQAM et IDEP – 2017]*

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

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

Les évaluations seront effectuées pour à deux polluants réglementés, qui sont également des indicateurs de la pollution atmosphérique à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules fines (PM10).

Attention particulière : les particules très fines (PM2.5) n'ont pas été modélisées au cours de cette étude en raison de l'absence de mesures sur l'agglomération. Un capteur de PM2.5 sera installé dans la station de mesure existante « Balzac » au cours du troisième trimestre 2020 pour pallier ce manque.

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

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

L'agglomération de Saint-Brieuc

L'agglomération de Saint-Brieuc est la cinquième plus grande agglomération de la région Bretagne comptant près de 150 000 habitants répartis sur 32 communes. Un dispositif de surveillance par le biais de la mesure est effectif depuis 2000. L'agglomération briochine dispose d'une station urbaine de fond implantée dans l'école maternelle Balzac à Saint-Brieuc, hors influence de sources directes d'émission (trafic automobile, industries).

La présente étude renforce le dispositif de surveillance. La modélisation urbaine de l'agglomération briochine permet de connaitre la dispersion de la pollution en tout point du territoire, et ainsi d'évaluer l'exposition à la pollution des populations riveraines de sources d'émissions (véhicules, industries, chauffage résidentiel / tertiaire).

[4] *INSEE 2016*

Déroulement de l'étude

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

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

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

« La Carte Stratégique Air »

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

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

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

II. La zone d'étude : Saint-Brieuc Armor Agglomération

II. 1. La notion de zonage réglementaire

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

Depuis le 1er janvier 2017, de nouvelles **ZAS** ont été mises en place, classées en trois catégories[5] :

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

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

Périmètre de l'étude

La zone étudiée dans le présent rapport est le territoire de l'Agglomération de Saint-Brieuc, composée de 32 communes. Cette dernière est représentée par la zone grise sur la Figure 2: . **Avec ses 150 000 habitants, elle représente 5% de la population régionale.**

- ✓ **1** costamoricain sur **10** vit dans l'agglomération de Saint-Brieuc,
- ✓ **2** bretons sur **5** vivent dans une des sept principales zones urbaines de Bretagne.

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

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

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

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

[5] *Arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de l'air ambiant*

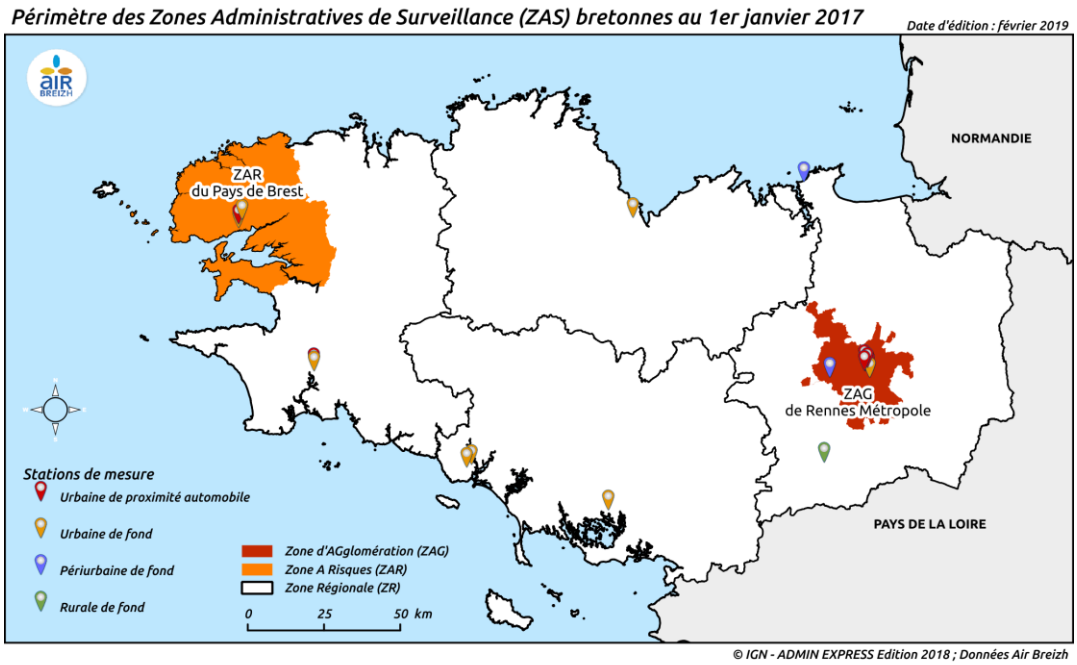


Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes

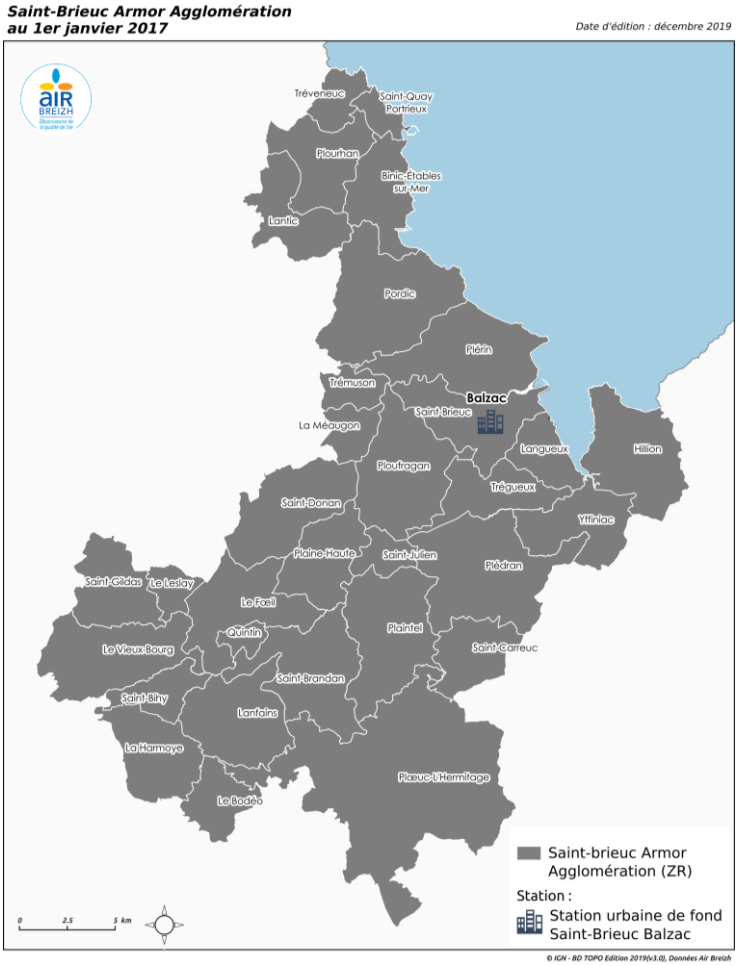


Figure 2: Communes de Saint-Brieuc Armor Agglomération

II. 2. Les émissions du territoire de l'agglomération de Saint-Brieuc

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

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

Les émissions de polluants de l'agglomération de Saint-Brieuc, illustrées sur la figure Figure 3, proviennent majoritairement du transport et des bâtiments résidentiels (maisons, appartements) et tertiaires (zones commerciales, …) du territoire :

- **NO_X** : 71 % des émissions d'oxydes d'azote sont issues du transport,
- **Particules fines et très fines** : Les sources de pollution particulaire (PM10 et PM2.5) sont principalement issues du chauffage urbain résidentiel et tertiaire et du transport routier. L'agglomération de Saint-Brieuc se démarque des autres agglomérations bretonnes avec une part plus importante d'émissions de PM10 issues de l'agriculture.

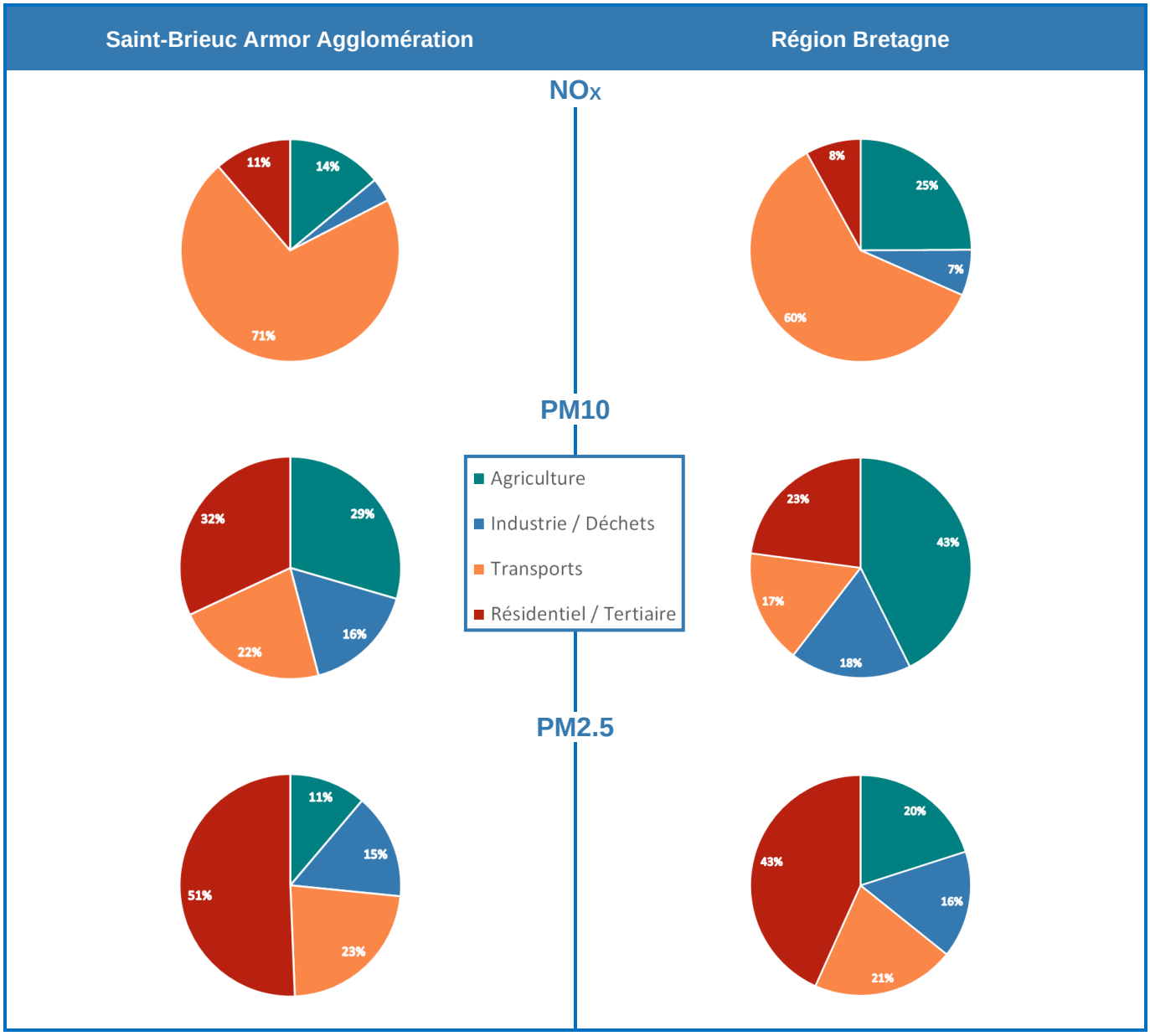


Figure 3: Répartition des émissions de NO_X, PM10 et PM2.5

III. Repères réglementaires

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

Afin de comprendre des éléments de contexte sont nécessaires :

Réglementation en vigueur

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

- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

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

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

La directive 2008/50/CE précise que l'IEM « est utilisé afin de calculer l'objectif national de réduction de l'exposition et l'obligation en matière de concentration relative à l'exposition ». Dans le cadre de cette dernière, l'objectif de réduction des concentrations atmosphériques en particules fines PM2.5 à respecter en 2020 et calculé grâce à l'IEM est de 14,7 microgrammes par mètre cube (µg/m^3) en ce qui concerne la France.

Procédure d'alerte

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

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

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

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.

Polluants	**Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur** Code de l'Environnement R221-1 à R228-1			**Seuils des procédures d'alerte en air extérieur en vigueur** Procédures préfectorales		**Valeurs guides OMS** (2005)
	Valeurs limites	**Valeurs cibles**	**Objectifs de qualité**	**Seuil IR**	**Seuil Alerte**	
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	-	-	**200** µg/m³ en moyenne horaire	**400** µg/m³ en moyenne horaire	**40** µg/m³ en moyenne annuelle
Particules en suspension **PM10**	**40** µg/m³ en moyenne annuelle **50** µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de **35** jours/an	-	**30** µg/m³ en moyenne annuelle	**50** µg/m³ en moyenne journalière	**80** µg/m³ en moyenne journalière	**20** µg/m³ en moyenne annuelle **50** µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de **3** jours/an
Particules en suspension **PM2.5**	**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*	**10** µg/m³ en moyenne annuelle **25** µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de **3** jours/an

Tableau 3: Repères réglementaires (NO_2, PM10, PM2.5)

Année pour laquelle le seuil doit être respecté	**IEM – PM2.5 (Indicateur d'Exposition Moyenne)**	
	Obligation en matière de concentration relative à l'exposition	**Période de calcul**
2015	**20** µg/m³	**2013 - 2015**
2020	**14.7** µg/m³	**2018 - 2020**

Tableau 4: IEM et objectif national de réduction de l'exposition

IV. Le modèle SIRANE

IV. 1. 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.

IV. 2. 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.

IV. 3. Les spécificités de SIRANE

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

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

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

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

Quelques processus physico-chimiques sont aussi pris en compte :

- Réactions chimiques NO-NO_2-O_3 ;
- 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 5) ;
- L'évolution horaire des données d'**émissions** provenant des sources d'émissions connues du territoire telles que les voies de circulation ou les équipements de chauffage ;
- L'évolution horaire et spatiale des **variables météorologiques** principales (vitesse et direction du vent, température, précipitations, rayonnement solaire, ...) ;
- L'évolution horaire du **niveau de pollution de fond. Cela représente l'apport extérieur au domaine étudié** issu de capteurs de fond rural et/ou de données modélisées adéquates ;
- L'évolution horaire des **mesures de pollution de proximité** issues des stations de mesure du territoire a également été utilisée à des fins de comparaison avec les sorties du modèle.

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

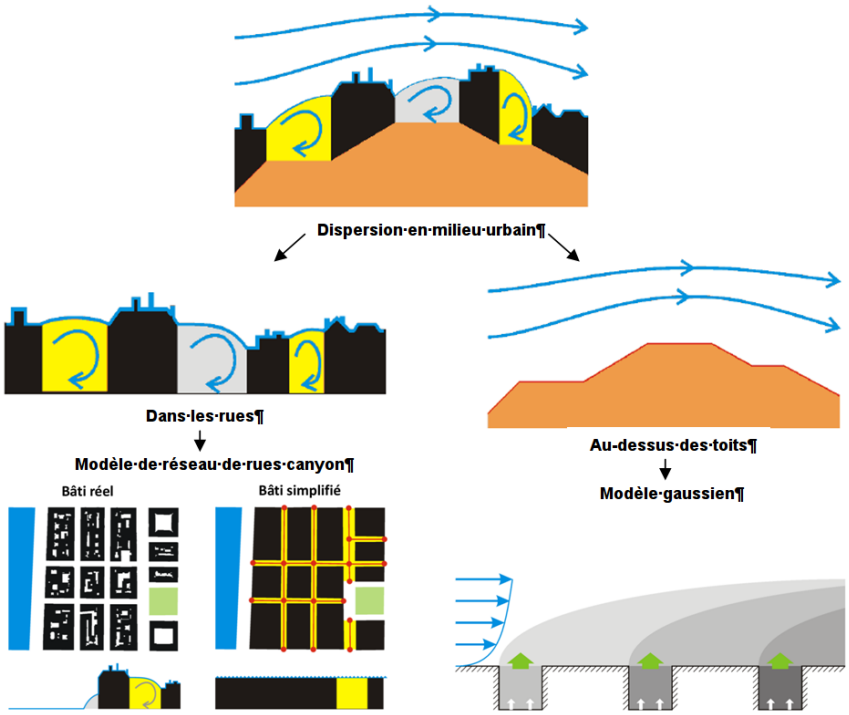


Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)

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

IV. 4. Les limites de SIRANE

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

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

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

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

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

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

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

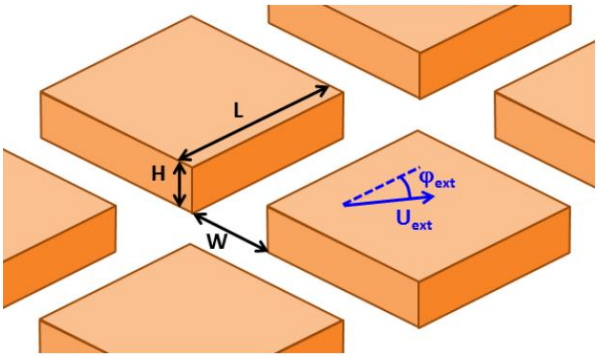


Figure 6: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA)

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

V. Méthodologie de construction d'un modèle urbain

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

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

Le logigramme ci-dessous décrit le processus complet d'élaboration du modèle urbain de Saint-Brieuc, de l'acquisition et du traitement des données d'entrée à l'exploitation des données de sorties.

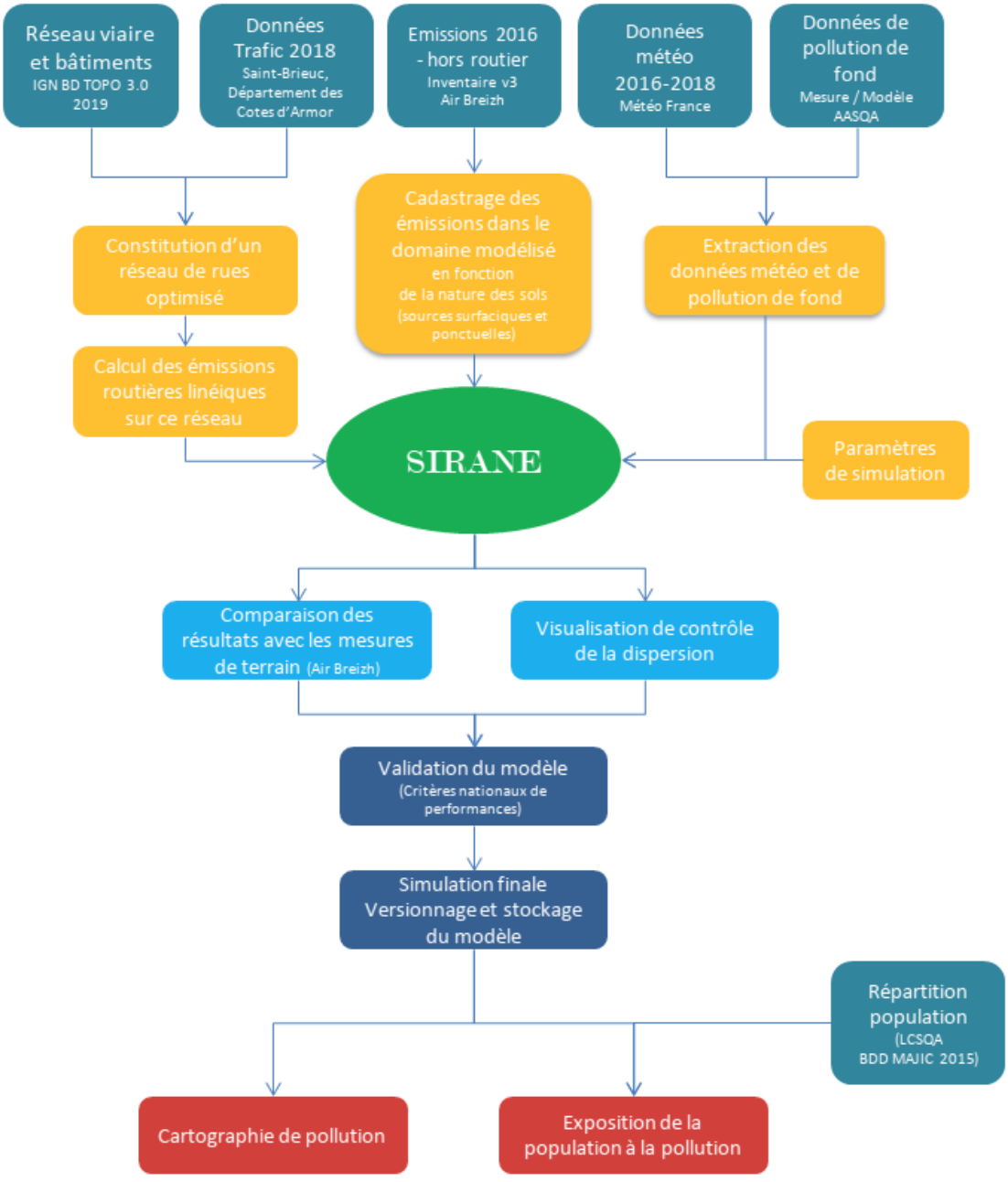


Figure 7: Processus de création d'un modèle urbain

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

Les contraintes des outils de modélisation

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

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

Le calcul d'exposition de la population

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

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

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

La population habitant dans un bâtiment situé dans une zone en dépassement de valeur limite (> 100 % de VL) est ventilée en fonction de la surface du bâtiment affectée par ce dépassement. La méthodologie est expliquée précisément dans la section « VIII. 2VII. 1 Méthodologie d'élaboration des synthèses pluriannuelles ».

Le bâti exposé à un dépassement de valeur limite (surface en dépassement) est généralement très majoritairement localisé en bordure de voirie (périphériques, pénétrantes, grands axes routiers), du fait de la problématique du NO_2, 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).

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

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

- Sélection des routes départementales principales et des voies communales de Saint-Brieuc avec points de comptage ;
- Pour les tronçons ne comportant pas de données de comptage, une estimation a été faite à partir des données disponibles (37% des tronçons totaux ne comportaient pas de données de comptage réels).

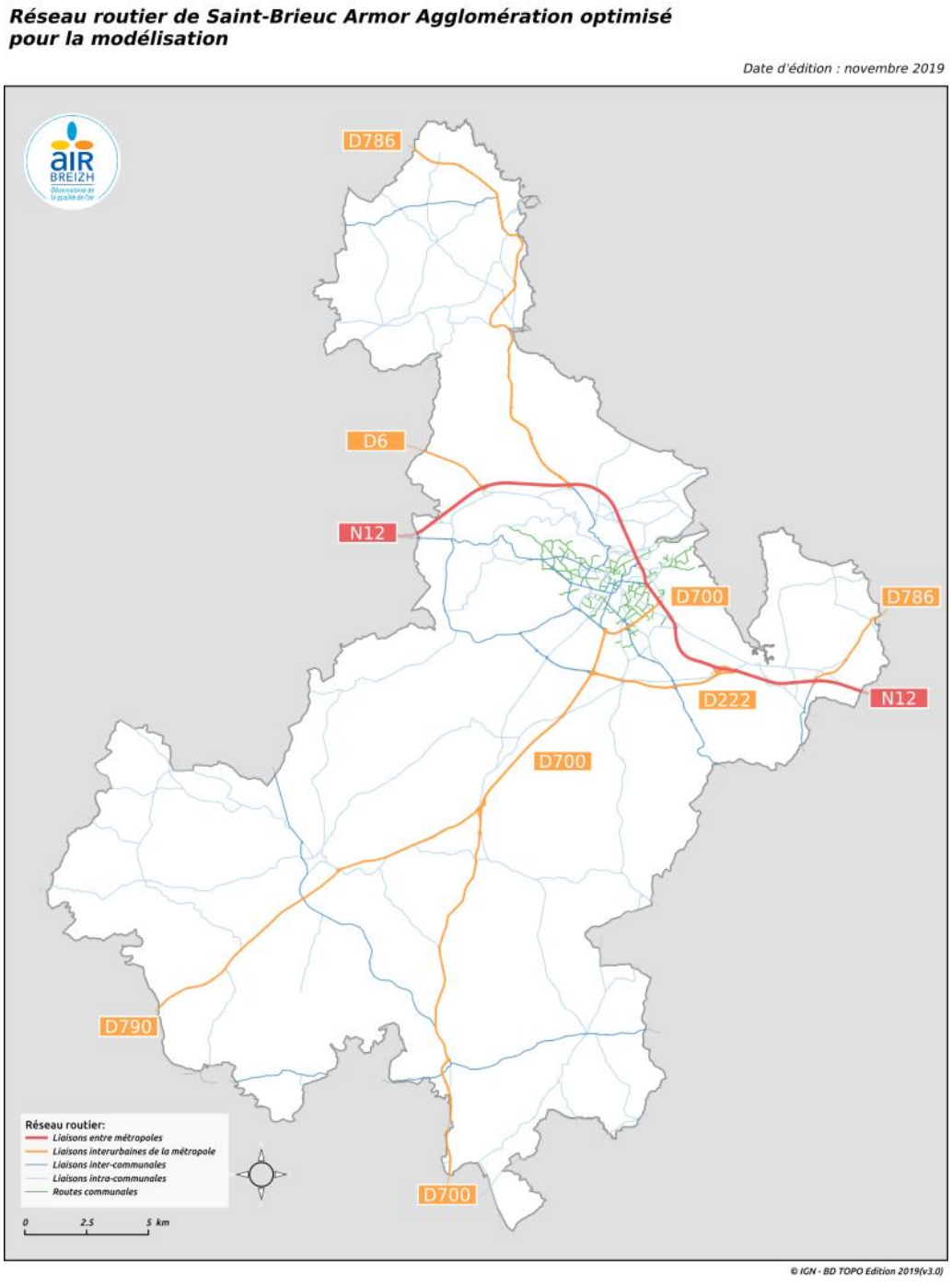


Figure 8: Réseau routier optimisé de Saint-Brieuc Armor Agglomération

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

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

Principes généraux d'URBAN TRAFFIC

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

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

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

- Les rues présentant une hauteur de bâti moyenne nulle à gauche et/ou à droite sont considérées « ouvertes » (cas d'une rue semi-bordée de bâtiments).
  Exemple : Rue Auguste Pavie, longeant le bois Boissel, bordée 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 : Boulevard Pasteur, boulevard pénétrant de la N12 à l'Est de Saint-Brieuc.

- Toutes les autres rues (rapport W/H < 3 et bordées de bâtiments des deux côtés) sont considérées de type « canyon ».
  Exemple : Rue des Trois Frères Le Goff menant à la place de la Grille.

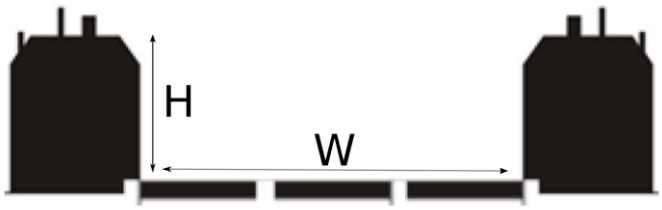


Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »)

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

Détermination du type de rues et leurs caractéristiques : longueur L, largeur W et hauteur H

L'outil URBAN TRAFFIC permet de déterminer si une rue est de type « canyon » ou non et de caractériser sa géométrie.

- le **type « canyon »** qui correspond à une situation de confinement du tronçon avec des bâtiments de chaque côté, caractérisé par un volume parallélépipédique de dimension Hauteur H x Largeur W x Longueur L.

- le **type « ouvert »** qui correspond aux rues en zone dégagée (places larges, rues non bordées ou bordées d'un seul côté ...), caractérisé par une surface plane de dimension Largeur W x Longueur L. La longueur L est issue de la largeur de route fournie par la BD TOPO.

Le réseau obtenu compte finalement 710 kilomètres de voies, dont environ 31 km de type "canyon", soit 4,4% du réseau optimisé de rues de l'agglomération, représenté sur la Figure 10: Identification des rues : « ouverte » ou « canyon »**. Les rues de type "ouvert" prédominent largement dès que l'on s'éloigne du centre-ville.**

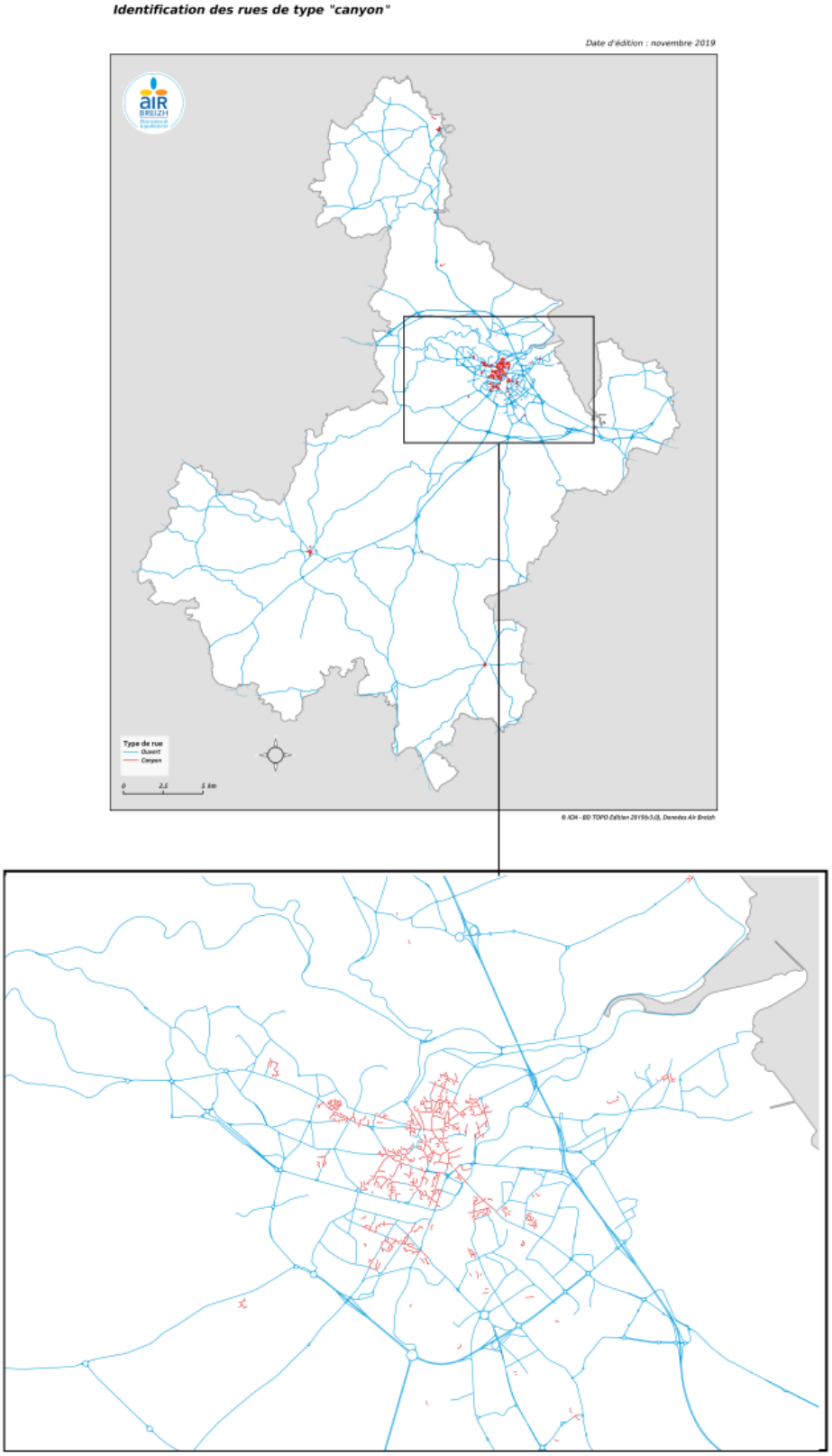


Figure 10: Identification des rues : « ouverte » ou « canyon »

V. 4. Calcul des émissions liées au trafic automobile

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

Le calcul des émissions a été réalisé via le logiciel Circul'Air 4.0 (C. Schillinger – Atmo Grand Est) en utilisant la méthodologie COPERT V (« The industry standard emissions calculator » ; 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.

Données Trafics et vitesses réglementaires autorisées

Le calcul des émissions s'est appuyé sur la base de données de trafic de l'agglomération de Saint-Brieuc 2017 (comptages réels) :

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

Caractérisation du réseau routier

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

Parc automobile de véhicule

Le parc automobile utilisé correspond à l'année de référence 2019 (parc automobile national le plus récent disponible issu du CITEPA).

Emissions linéiques de NO_x de l'agglomération de Saint-Brieuc

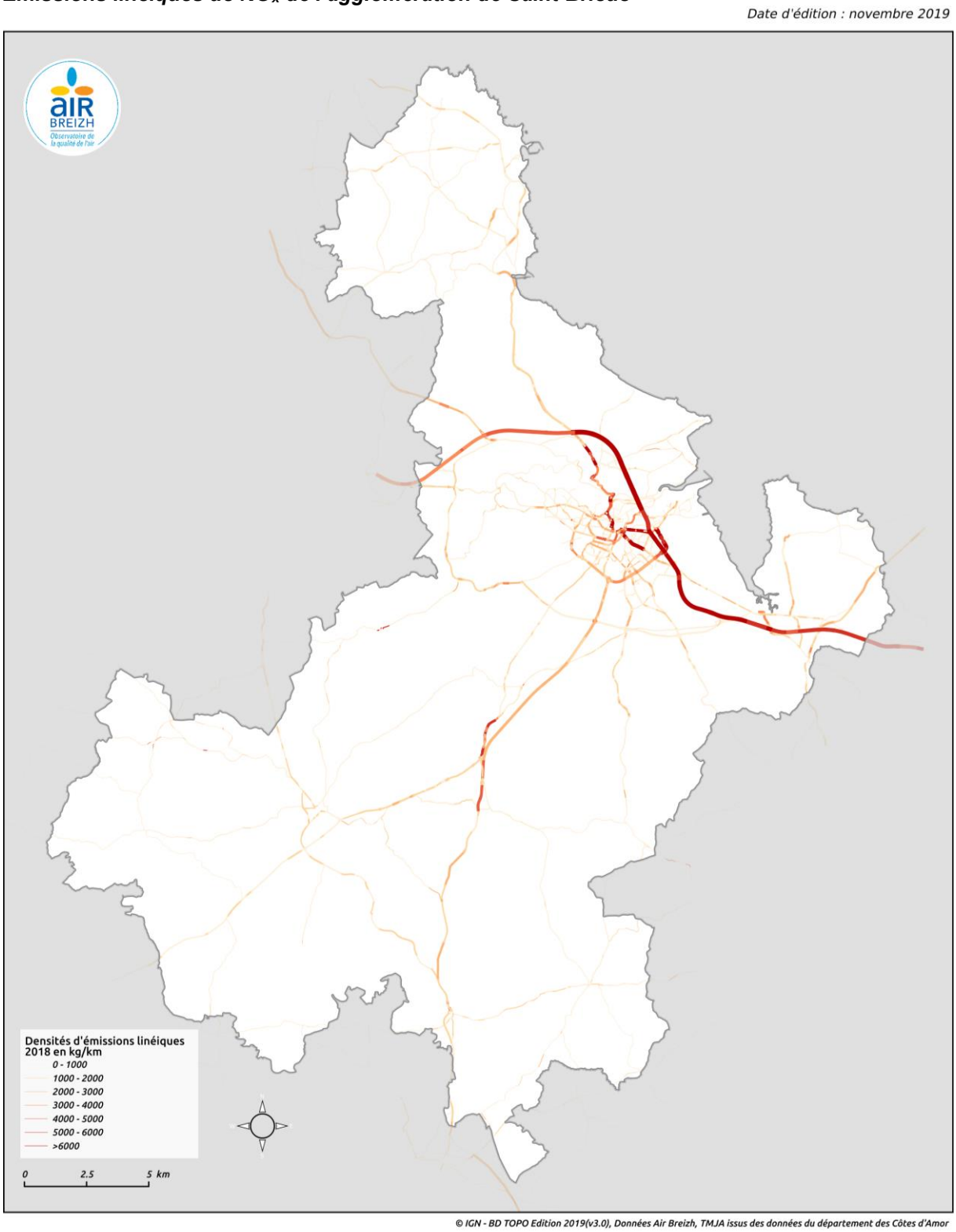


Figure 11: Emissions d'oxydes d'azote NO_X du réseau routier de Saint-Brieuc Armor Agglomération

V. 5. Modulation du trafic routier

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

Les TMJA utilisés sont issus des données du département des Côtes d'Armor pour les routes départementales et nationales. Dans la commune de Saint-Brieuc, des points de comptage ont été installés par la commune en centre-ville. Les profils temporels sont des profils normalisés (routes communales, routes départementales et routes nationales) faute de points de comptage permanents dans le département des Côtes d'Armor.

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

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

Avec

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

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

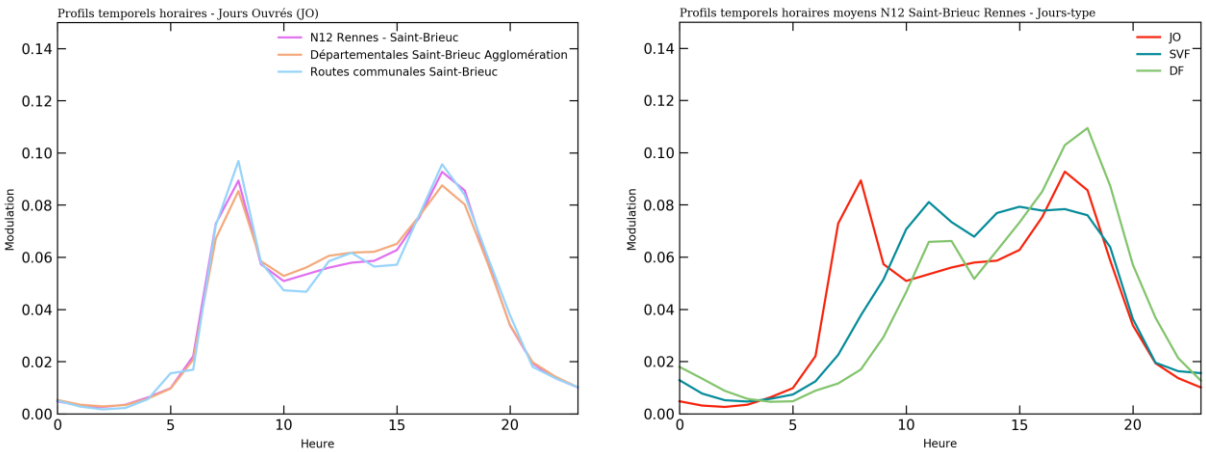


Figure 12: Exemple de profils temporels horaires du trafic routier

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

- 3 profils horaires de modulation sont appliqués pour l'ensemble des rues (1 profils pour la nationale, 1 pour les départementales et 1 autres pour les autres routes).
  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.

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

Cadastrage de l'inventaire des émissions 2016 (v3)

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

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

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

- Manoir Saint-Brieuc avec une activité métallurgique
- L'Hôpital le Foll pour ses émissions chaudière
- L'entreprise Europlacage, spécialisée dans le secteur d'activité de la fabrication de placage et de panneaux de bois et non-ICPE, a été implémentée en tant que source ponctuelle au niveau du sol dans le modèle.
  En effet, les émissions issues de l'activité de fabrication de panneaux agglomérés sont estimées dans l'inventaire régional spatialisé à partir :
  - De bases de données répertoriant le nombre d'entreprises et de salariés par secteur d'activité (respectivement les bases SIRENE et CLAP de l'INSEE) ;
  - De facteurs d'émissions, définis au niveau national par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), les AASQAs et l'INERIS, avec le guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques.

  Europlacage étant le seul industriel concerné par cette activité au sein de l'agglomération de Saint-Brieuc, le choix de sa représentation sous forme ponctuelle s'est imposé afin de localiser au mieux les émissions de particules fines PM10.

Sites	Numéro d'inspection	Activité
Hôpital le Foll (chaufferie)	0055.00382	Centre hospitalier
Manoir Saint-Brieuc	0055.00400	Fonderie
Entremont	0055.00070	Fabrication de fromage
Geotexia	0055.14692	Usine de méthanisation (fermée en juillet 2019)
Kermene	0055.00035	Préparation industrielle de produits à base de viande
Le Gouessant Noies	0055.00108	Fabrication d'aliments pour animaux
Le Gouessant ZI	0055.00104	Fabrication d'aliments pour animaux
Norvegie	0055.00224	Traitement et élimination de déchets
Secanim	0055.00334	Récupération de déchets triés

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

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

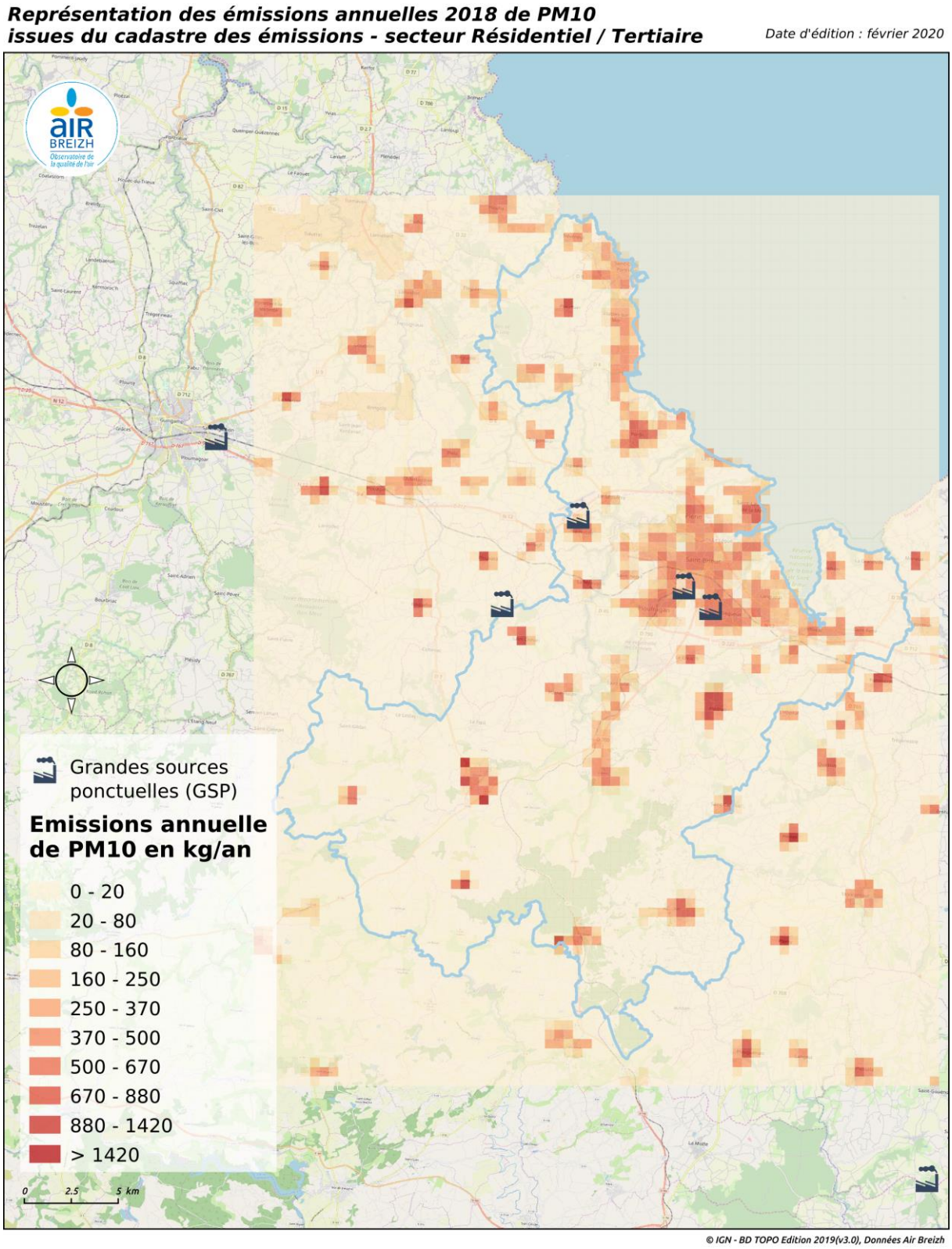


Figure 13: Cadastre résidentiel/tertiaire des émissions annuelles 2018 de particules fines PM10

Temporalisation du cadastre des émissions

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

Concernant les sources ponctuelles, leurs émissions ont été considérées comme constantes dans le temps. Les périodes d'arrêt d'usine ne sont pas prises en compte dans la modélisation.

V. 7. Détermination des conditions météorologiques

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

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

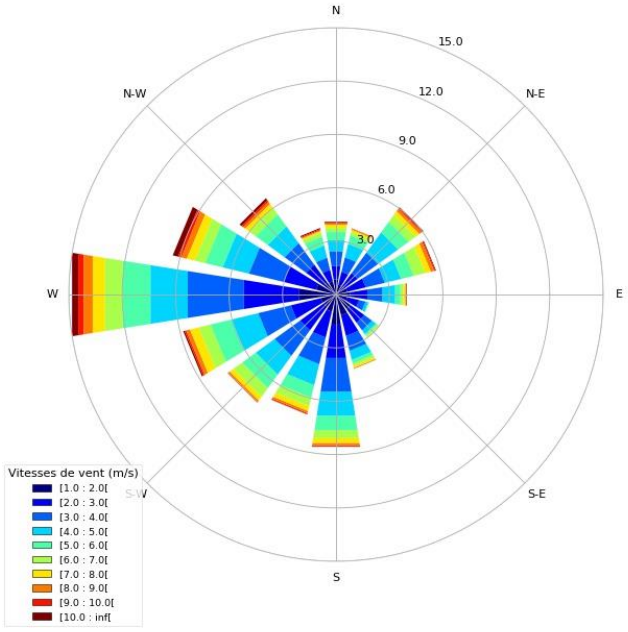
Ces paramètres sont fournis par des mesures de terrain et/ou par des données issues de modèles météorologiques. Les autres données météorologiques essentielles à la modélisation (turbulence, vitesse du vent à l'intérieur des rues, ...) sont calculées par le préprocesseur météo de SIRANE.

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

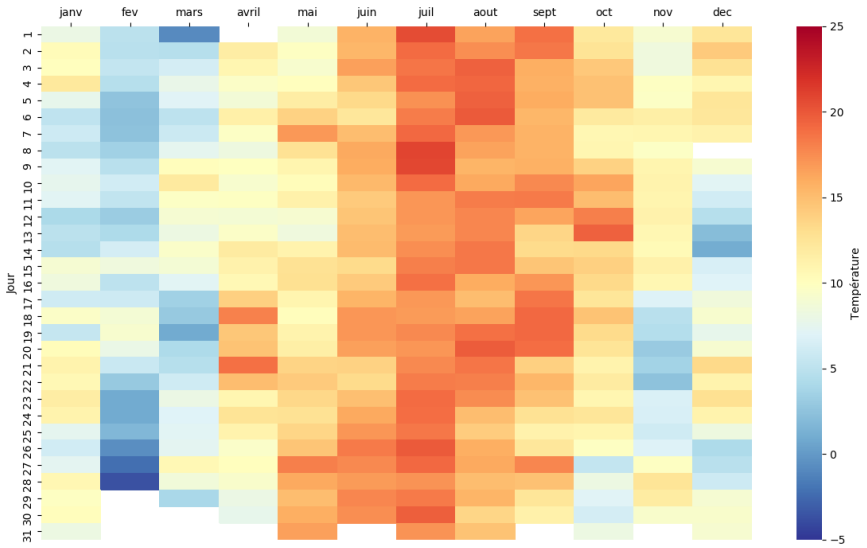
Rose des vents moyenne sur la période 2016-2018 (station Météo France Aéroport de Saint-Brieuc)

Les vitesses de vent inférieures à 1 m/s (vent considéré comme calme et non suffisant pour obtenir des mesures métrologiquement fiables) ont été supprimées des calculs. Elles représentent 9.5% des mesures (2478 données horaires sur 26 135). Les pas de temps horaires non connus sur la période 2016 – 2018 représentent 0.5 % des mesures (145 données horaires de 2016 et 2017 sur 26 135). La Figure 14 indique que les vents ont été majoritairement d'Ouest.

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.



Rose des vents 01/01/16 – 31/12/18



Températures journalières moyennes de l'année 2018

Figure 14: Conditions météorologiques globales (station Météo France de l'aéroport de Saint-Brieuc)

V. 8. Détermination de la pollution de fond

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

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

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

Le dispositif de surveillance d'Air Breizh comporte une station rurale de fond, implantée sur la commune de Guipry-Messac en Ille-et-Vilaine. Elle mesure le couple NO_X – O_3, nécessaire pour modéliser le dioxyde d'azote NO_2, ainsi que les particules fines PM10 et PM2.5. Les régions voisines des Pays de La Loire et de Normandie possèdent également des stations rurales de fond, permettant de mesurer la pollution de fond de leur territoire (stations implantées dans les départements de Mayenne, de la Vendée et de l'Orne).

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

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

Couple NO_x – 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 NO_2 - O_3 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 (O_3) horaire mesuré entre les autres stations rurales de fond du grand Ouest est effectué.

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

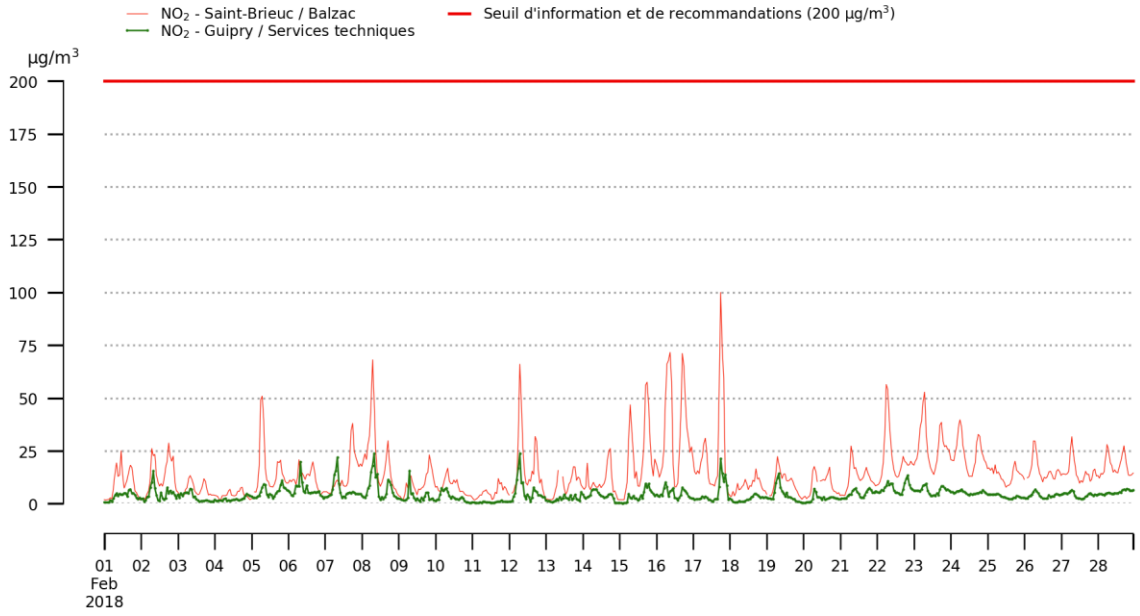


Figure 15: Comparaison de la pollution de fond rurale (Guipry) avec les concentrations mesurées à Saint-Brieuc

Les PM10 :

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

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

- Des données issues d'instruments de références implantées en situation de fond rural dans le grand Ouest (cf. paragraphe précédent « Couple NO_X – O_3 ») ;
- Des données issues des modèles régionaux de la qualité de l'air disponibles sur la région Bretagne. La sélection des concentrations issues du modèle est basée sur l'origine des vents (8 secteurs de vents).

Le territoire de l'agglomération de Saint-Brieuc présente des particularités (distance aux stations rurales, situation littorale…) qui ne permettent pas l'utilisation des données stations pour la modélisation de la pollution de fond particulaire. Les données modélisées ESMERALDA (modèle régional) ont donc été utilisées. Les mailles de sorties du modèle ont été sélectionnées en fonction de l'origine des vents afin de modéliser au mieux le transport des particules.

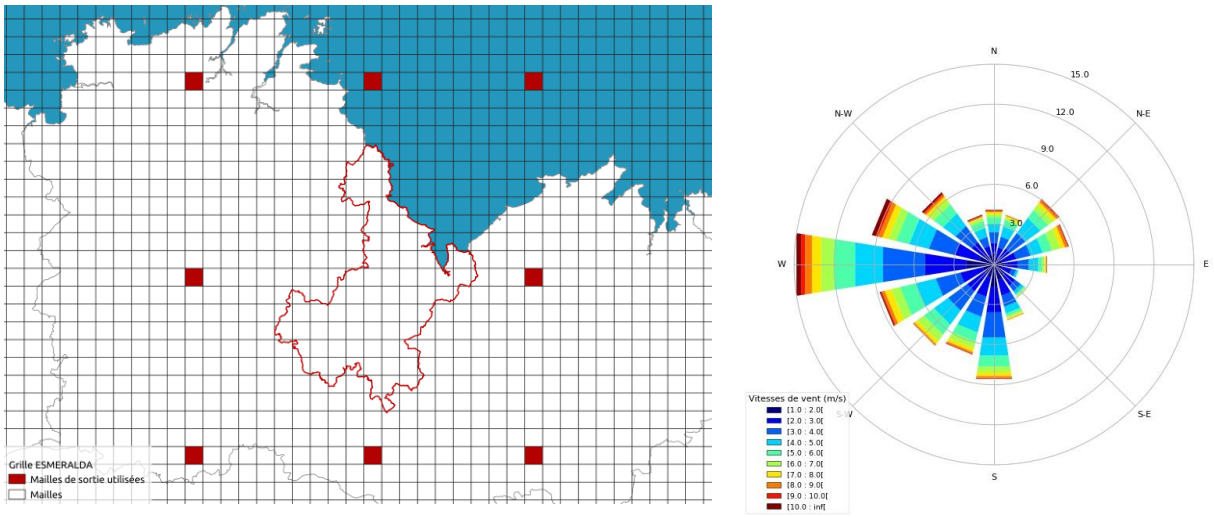


Figure 16: Estimation de la pollution de fond particulaire PM10 à partir du modèle interrégional ESMERALDA et des conditions météorologiques

V. 9. Grille et points récepteurs de calcul

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

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

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

VI. Validation du modèle : Comparaison du modèle avec les mesures de terrain

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

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

VI. 1. Validation à partir du réseau de stations de mesures permanentes de Saint-Brieuc

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

Une station de surveillance de la qualité de l'air mesure en continu (pas de temps horaire) les niveaux de concentrations de plusieurs polluants réglementés dans des situations urbaines de fond.

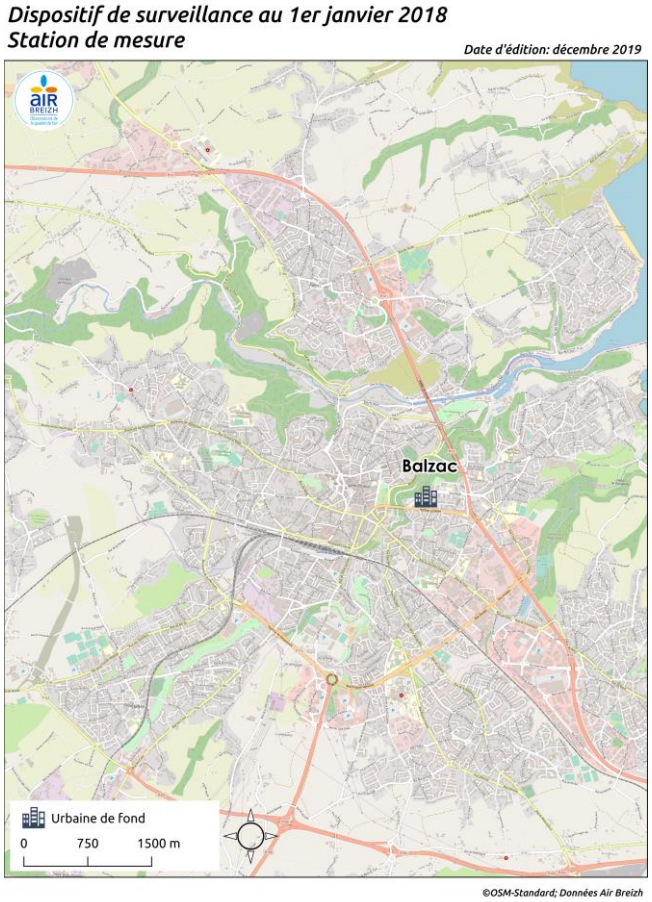


Figure 15: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté à Saint Brieuc-Armor Agglomération

Stations de mesure		Concentrations (µg/m³)		
		NO_X	O_3	PM10
BALZAC	2016	X	X	X
Urbaine de fond	2017	X	X	X
(centre-ville)	2018	X	X	X

Tableau 6: Stations et polluants mesurés quotidiennement

Les stations « urbaines de fond » sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de l'agglomération,

Les stations « rurales nationales de fond » sont représentatives au niveau national de la pollution de zones peu habitées,

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

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

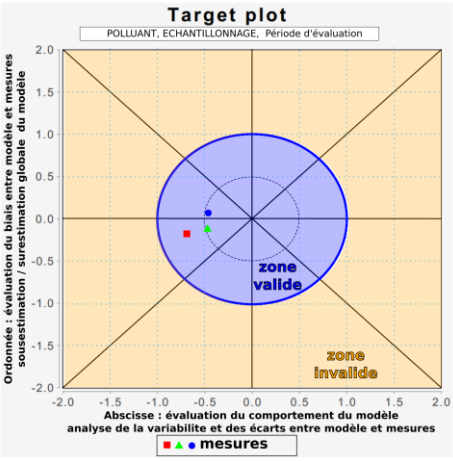


Figure 16: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"

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

Interprétation : Les résultats de la modélisation sont valides si 90 % des comparaisons horaires entre le modèle et les mesures aux stations de surveillance du territoire sont situées dans le cercle bleu de la cible illustrée Figure 16.
Le modèle reproduit exactement la mesure lorsque les marqueurs sont au cœur de la cible. Le modèle est dans l'intervalle de l'incertitude de la mesure si les marqueurs sont inclus dans le cercle plus restreint en pointillé.

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

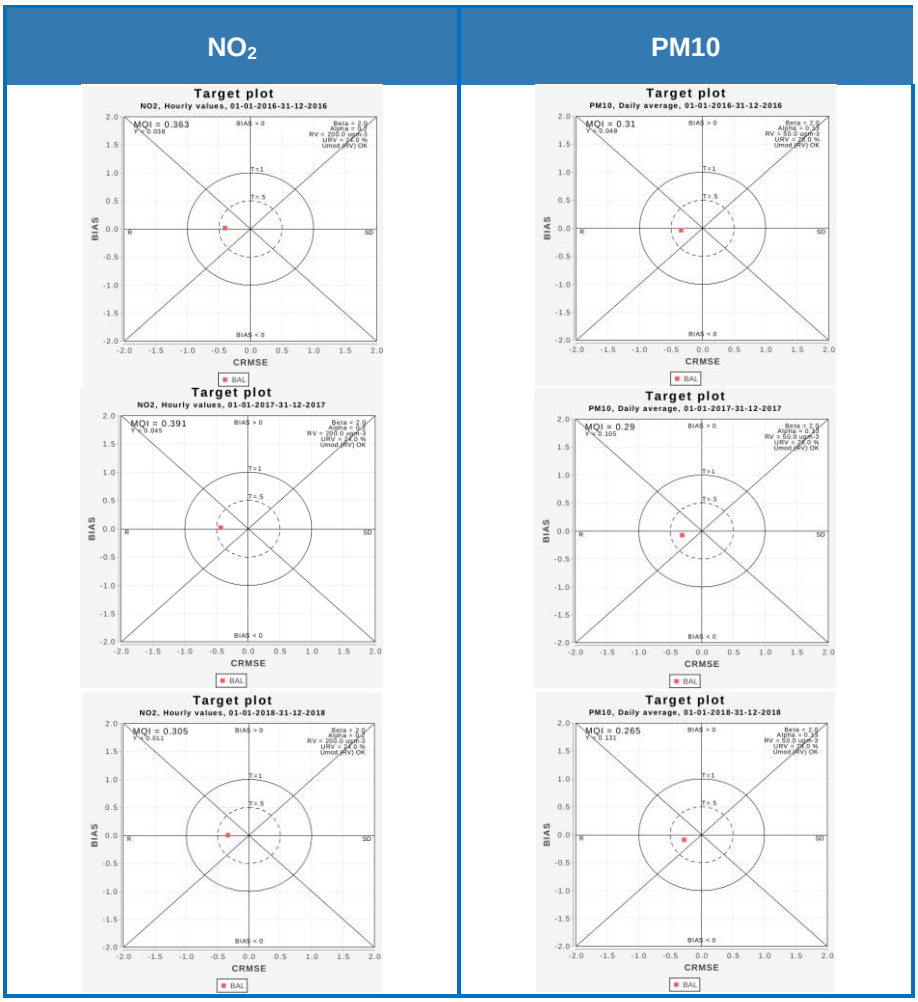


Figure 17: Evaluation du modèle sur la période 2016-2018 (Target-Plot)

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

Illustration de la comparaison horaire mesure / modèle

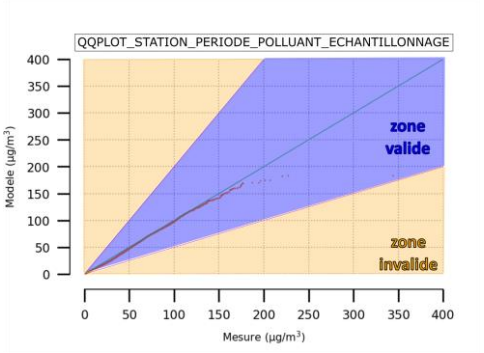


Figure 18: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile

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

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

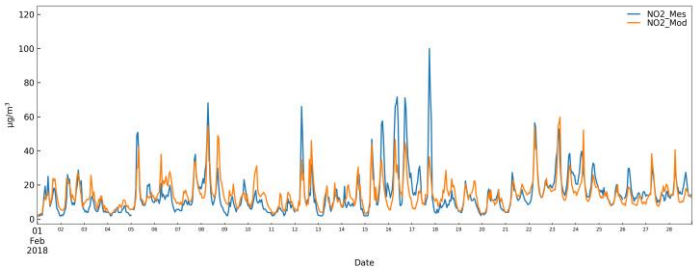
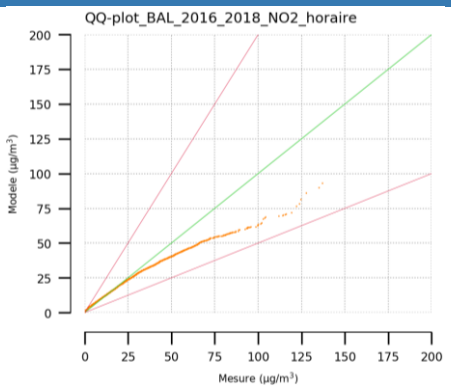
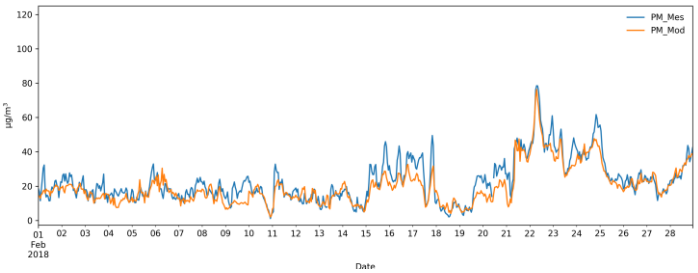
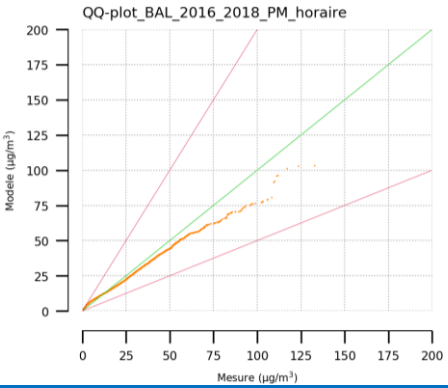
Polluant	Illustration de l'évolution horaire	QQ Plot 2016 - 2018
NO_2		
PM10		

Figure 19: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot)

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

Les cartes de ce chapitre représentent les synthèses pluriannuelles 2016 - 2018 pour deux polluants réglementés, indicateurs de la pollution de l'air ambiant à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : le dioxyde d'azote NO_2 et les particules fines PM10.

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

VII. 1. Méthodologie d'élaboration des synthèses pluriannuelles

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

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

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

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

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

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

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

3-Définition de l'échelle de couleur

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

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

Tableau 8: Echelle de couleurs réglementaire nationale pour la modélisation

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

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

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

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

$$Exposition_{LCSQA} = \left| \sum_{Batiment} Population_{Batiment} \left\{ \frac{Surface\ exposée_{Batiment}}{Surface_{Batiment}} \right\} \right.$$

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

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

Les deux indicateurs (réglementaire et non réglementaire) seront présentés dans le rapport sous forme de fourchette : Exposition LCSQA – Population totale vivant dans les bâtiments touchés.

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

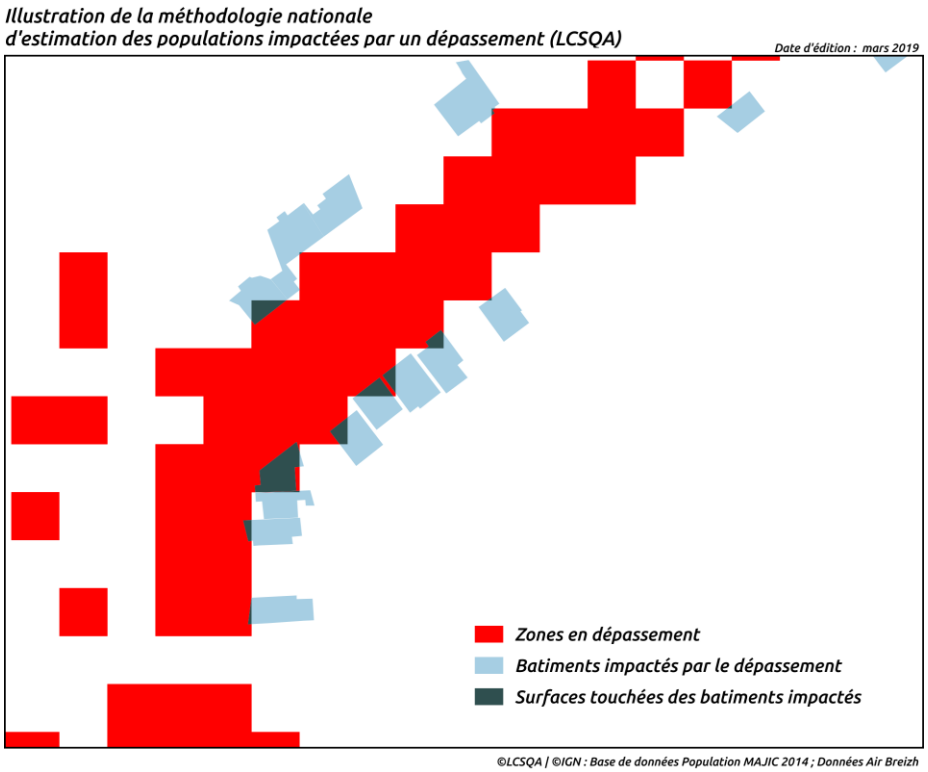


Figure 20: Méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution

VII. 2. Le dioxyde d'azote NO_2 : synthèse 2016 – 2018

Les oxydes d'azotes proviennent principalement du transport routier, des activités agricoles et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), représentant respectivement 71%, 14% et 11% des émissions de l'agglomération briochine.

Les **seuils réglementaires** de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote NO_2 sont :

- La valeur limite annuelle fixée à **40** µg/m^3 (moyenne annuelle) ;
- La valeur limite horaire fixée à **200** µg/m^3 (moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de **18 heures** par an.

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

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

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

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

Situation chronique : Synthèse de la moyenne annuelle 2016-2018

En cohérence avec la répartition de ses sources d'émissions et de son niveau de pollution de fond très faible, les concentrations de NO_2 sont plus élevées au niveau des axes routiers (Cf. Figures Figure 21, Figure 22). Sa durée de vie étant très courte, les concentrations chutent très rapidement à mesure que l'on s'éloigne des voies de circulation.

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

- La voie rapide N12 à fort trafic (70 000 véhicules par jour en moyenne) reliant l'agglomération de Saint-Brieuc aux métropoles de Rennes et Brest ;
- Les voies d'accès au pôle universitaire de l'IUT de Saint-Brieuc et à la zone industrielle rue Chaptal depuis la N12 ;
- L'axe D700 reliant la N12 à la zone commerciale de Brezillet avec 20 000 véhicules par jour en moyenne (composée des rues Monge, Ampère, Guillaume Apollinaire…) ;
- L'axe D700 reliant la zone commerciale de Brezillet à Plaintel (direction Loudéac) avec plus de 20 000 véhicules par jour ;
- L'axe D712 reliant Saint-Brieuc à Guingamp avec 20 000 véhicules y circulant chaque jour.

Les boulevards et avenues du centre-ville de Saint-Brieuc, avec des trafics quotidiens de l'ordre de 10 000 à 20 000 véhicules par jour, peuvent également être exposés à de forts niveaux de concentration de dioxyde d'azote au regard de la réglementation en vigueur. L'effet de confinement des polluants dû à la présence de bâtiments de chaque côté peut accentuer les concentrations :

- La place du Gueslin ;
- Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
  - ✓ Les axes pénétrants reliant la N12 au centre-ville de Saint-Brieuc : l'avenue Corneille et l'avenue d'Armor reliant la sortie de la N12 à la place du Gueslin ;
  - ✓ Rue de Gouédic qui relie l'église Saint-Thérèse à la place du Gueslin ;
  - ✓ Le Boulevard Clémenceau allant de l'allée des Champs de Mars à l'Esplanade Alfred Jarry ;
  - ✓ Les rues étroites du centre-ville où la circulation est autorisée à faible vitesse (zones 30) bordées par des bâtiments.

Les niveaux de NO_2 dans les zones moins peuplées de l'agglomération (couronnes de Saint-Brieuc) sont inférieurs à 8 µg/m^3 (< 20% de VL) tandis que le niveau de fond urbain de la ville de Saint-Brieuc est autour de 12 µg/m^3, en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans l'agglomération.

La majorité de la population réside dans des zones faiblement exposées au dioxyde d'azote. Cependant, entre 100 et 1000 personnes sont exposées à des dépassements de la valeur limite en moyenne annuelle à leur domicile.

Au sein de l'agglomération briochine, entre 200 et 1 900 personnes sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser la valeur limite européennes en vigueur (> 80% de VL). La majorité des personnes exposées vit dans la zone intra-périphérique de l'agglomération.

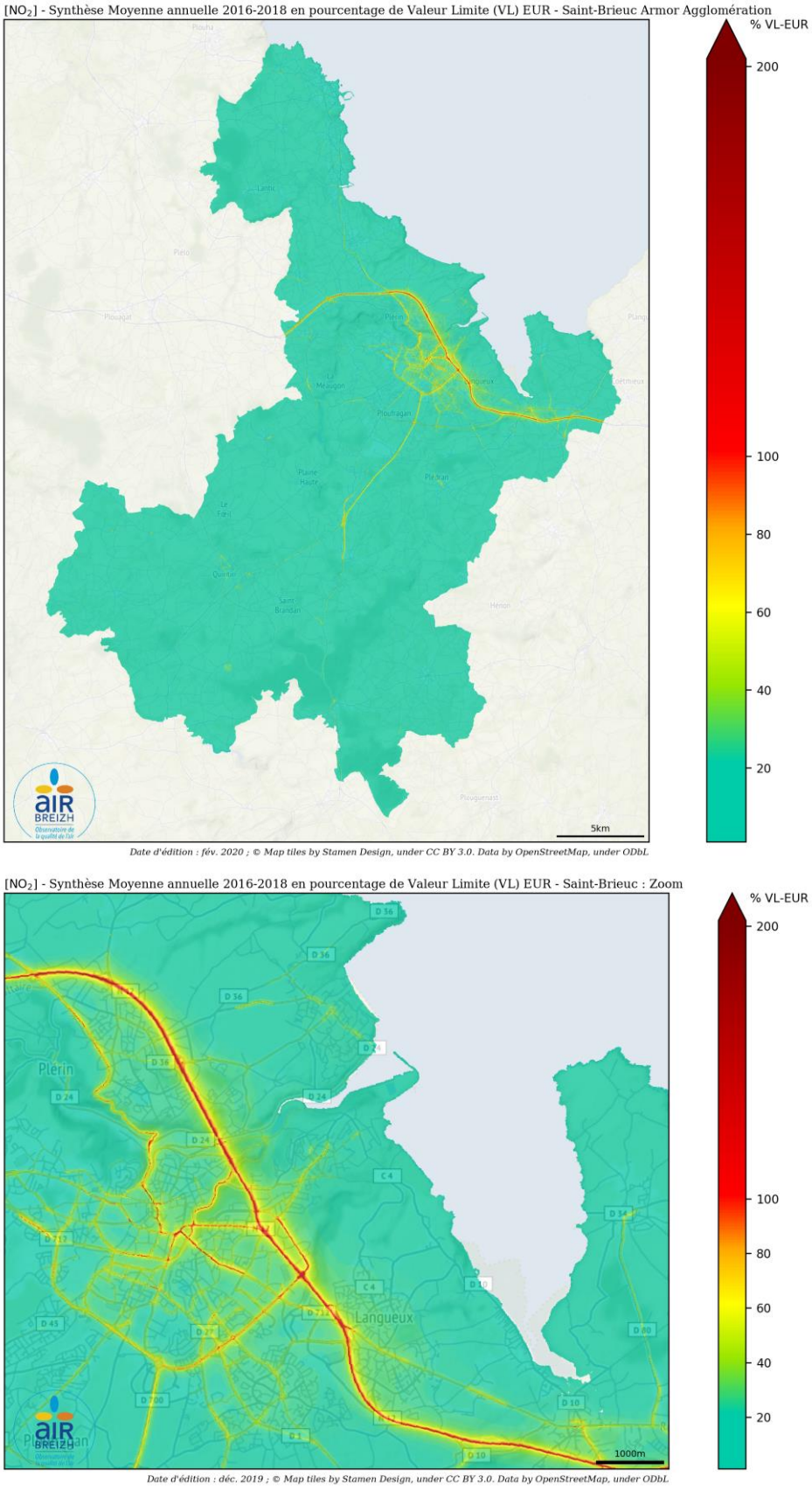


Figure 21: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO_2 – Saint-Brieuc Armor Agglomération

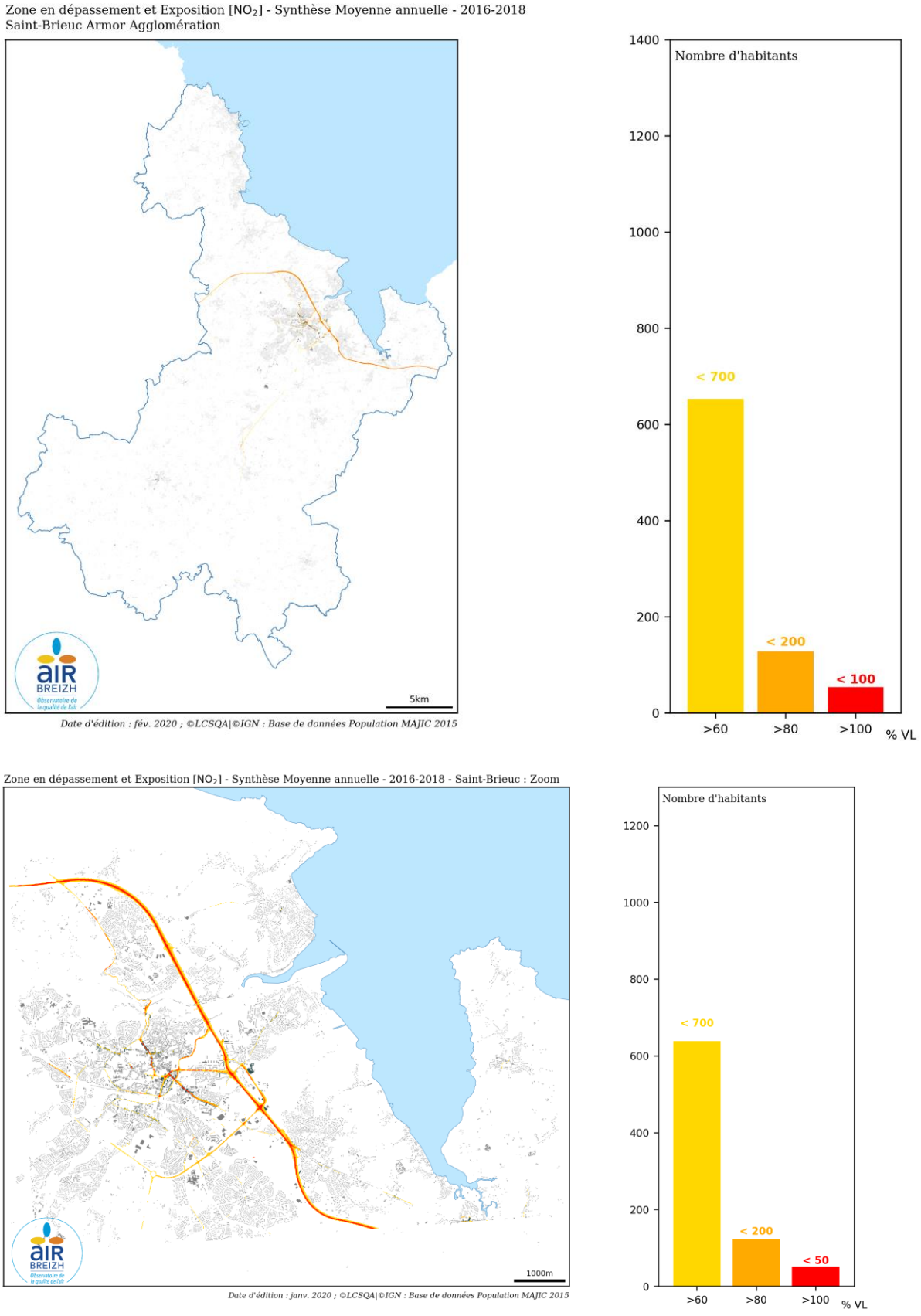


Figure 22: Exposition chronique 2016-2018 au NO2 – Saint-Brieuc Armor Agglomération

Origine de la pollution au NO2 : Quel est l'impact des principales sources de pollution sur la qualité de l'air?

La Figure 23 illustre l'origine des sources de pollution du dioxyde d'azote pour le mois de de mars 2017, au niveau de la station de mesure de fond urbain « Balzac », située dans l'école maternelle du même nom.

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

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

La mesure de NO_2 est également représentée en trait bleu sur la figure, afin de pouvoir comparer les concentrations simulées (somme des aires colorées) aux concentrations réelles respirées.

La Figure 23 montre l'influence du transport routier sur les concentrations atmosphériques de dioxyde d'azote NO_2. Le trafic routier contribue en 2017 à hauteur de 62% des concentrations respirées au niveau de la station de fond urbaine « Balzac».

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

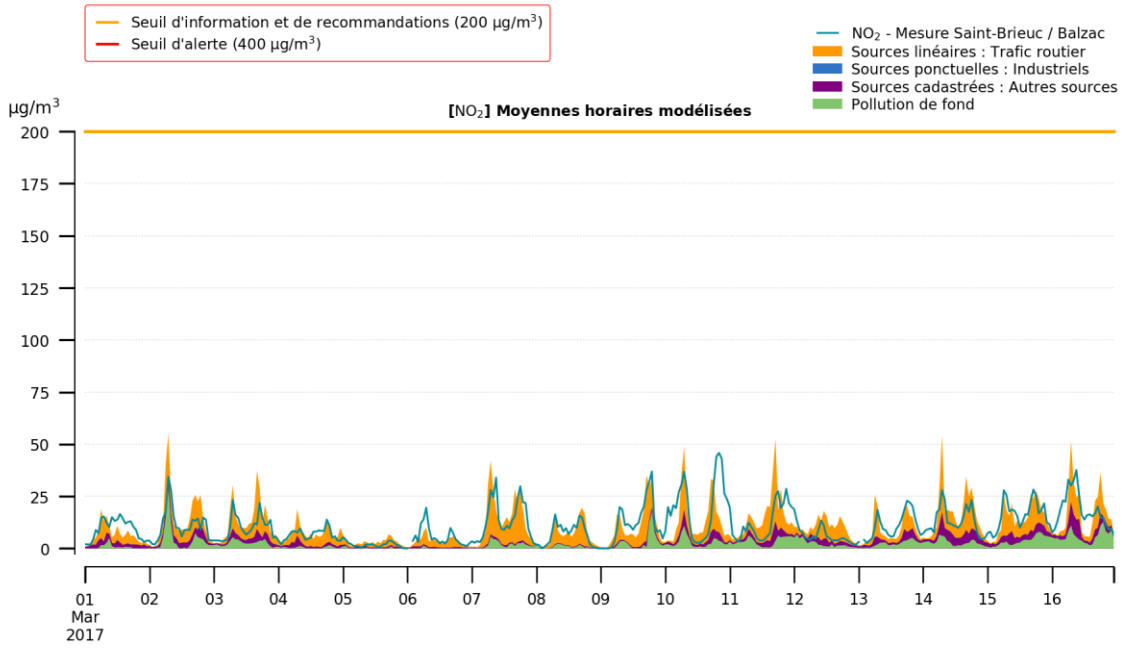


Figure 23:Contribution des sources de NO_2 au niveau de la station « Balzac »

Episode de pollution au NO_2 : Quel état des lieux dans l'agglomération briochine ?

La Figure 24 illustre le nombre d'heure de dépassement du seuil d'information et de recommandations simulé pour l'année de référence 2018, fixé à 200 µg/m³.

La valeur limite horaire fixée à 18 heures de dépassement autorisées du seuil d'information et de recommandations (200 µg/m³) n'est pas respectée au niveau du tronçon N12 Plérin-Trégueux et de quelques rues du centre-ville.

La modélisation est en adéquation avec le dispositif de surveillance implantée dans l'agglomération :

- La station de fond urbain Balzac (hors proximité automobile, donc non influencée directement par le trafic routier) ne mesure aucun dépassement du seuil d'information et de recommandations établi pour le NO_2.

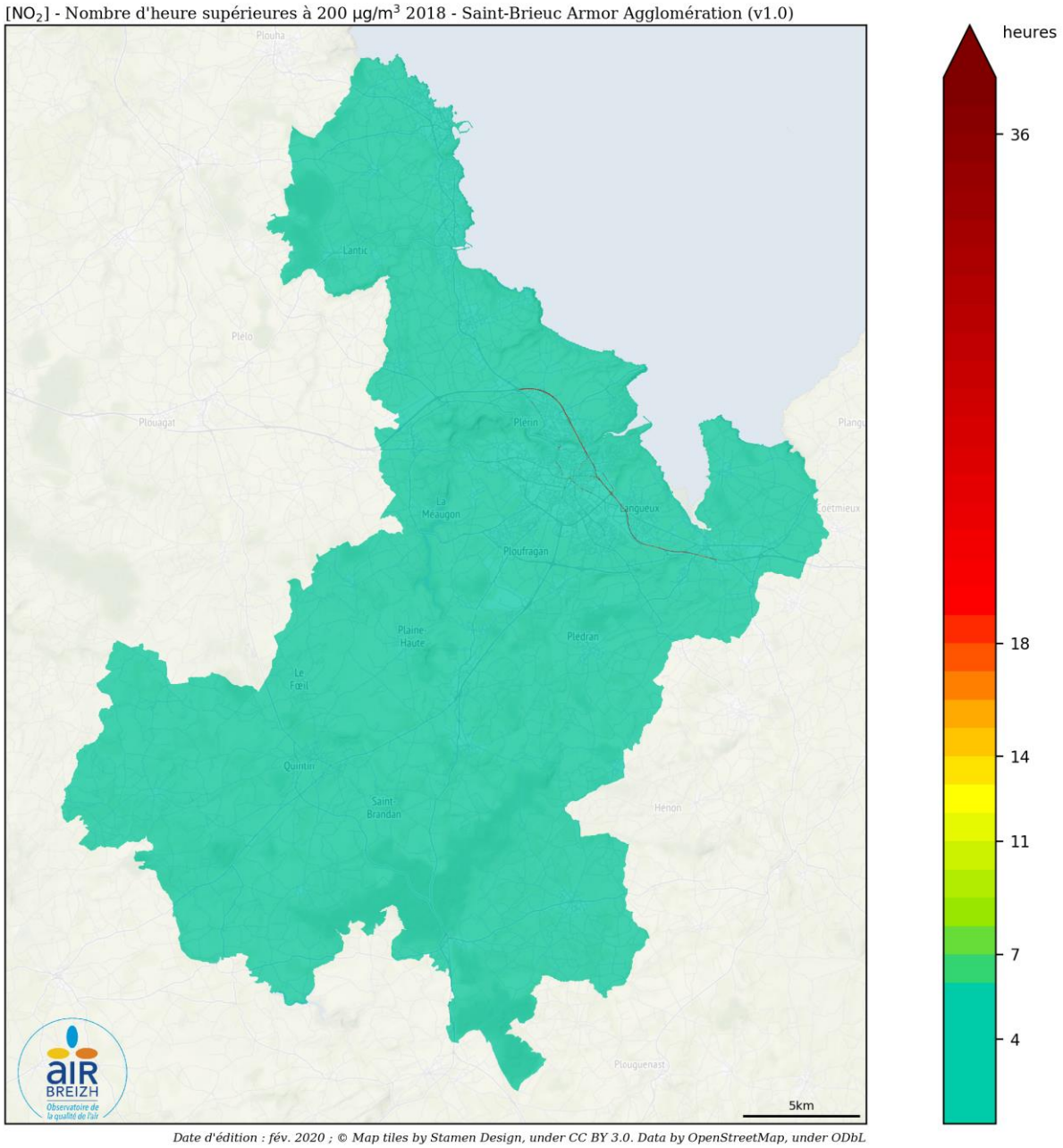


Figure 24: Exposition au NO_2 en situation de pollution aigue pour l'année 2018

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

Le chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), les activités agricoles et les transports routiers émettent respectivement 32%, 29% et 22% des émissions de particules fines PM10 de l'agglomération briochine.

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

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

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

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

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

Situation chronique : Synthèse de la moyenne annuelle 2016-2018

Les deux principales sources d'émissions de particules fines apparaissent légèrement sur la cartographie de pollution de l'air (Cf. Figure 25, Figure 26). La qualité de l'air dans les zones densément peuplées et à proximité des axes routiers est jugée bonne (<40 % de VL) à moyenne (40 à 60 % de VL) selon la réglementation en vigueur.

Le spectre des niveaux de particules fines modélisé est étroit :

- Le niveau de fond périurbain dans les zones peu habitées de l'agglomération est autour de 17 µg/m³ (environ 42% de VL),
- Le niveau de fond urbain de la ville de Saint-Brieuc est autour de 18 µg/m³ (environ 45% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans un environnement isolé (station « BALZAC»)
- Le niveau simulé en situation de proximité automobile varie autour de 24 µg/m³ (environ 60% de VL)
- Les niveaux maxima sont observés dans le centre-ville de la commune de Saint-Brieuc (82% de VL) dans les rues canyons (par exemple la rue de Rohan avec 23 000 véhicules par jour). Dans la ZAC Les Hautières à Trémuson, l'inventaire des émissions recense de fortes émissions de particules fines liées à l'industrie des panneaux de bois.

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

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

Cependant, entre 200 et 2 200 personnes sont exposées quotidiennement à des concentrations pouvant potentiellement dépasser la valeur guide établie par l'OMS (20 µg/m³ en moyenne annuelle soit 50% de la VL en vigueur).

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

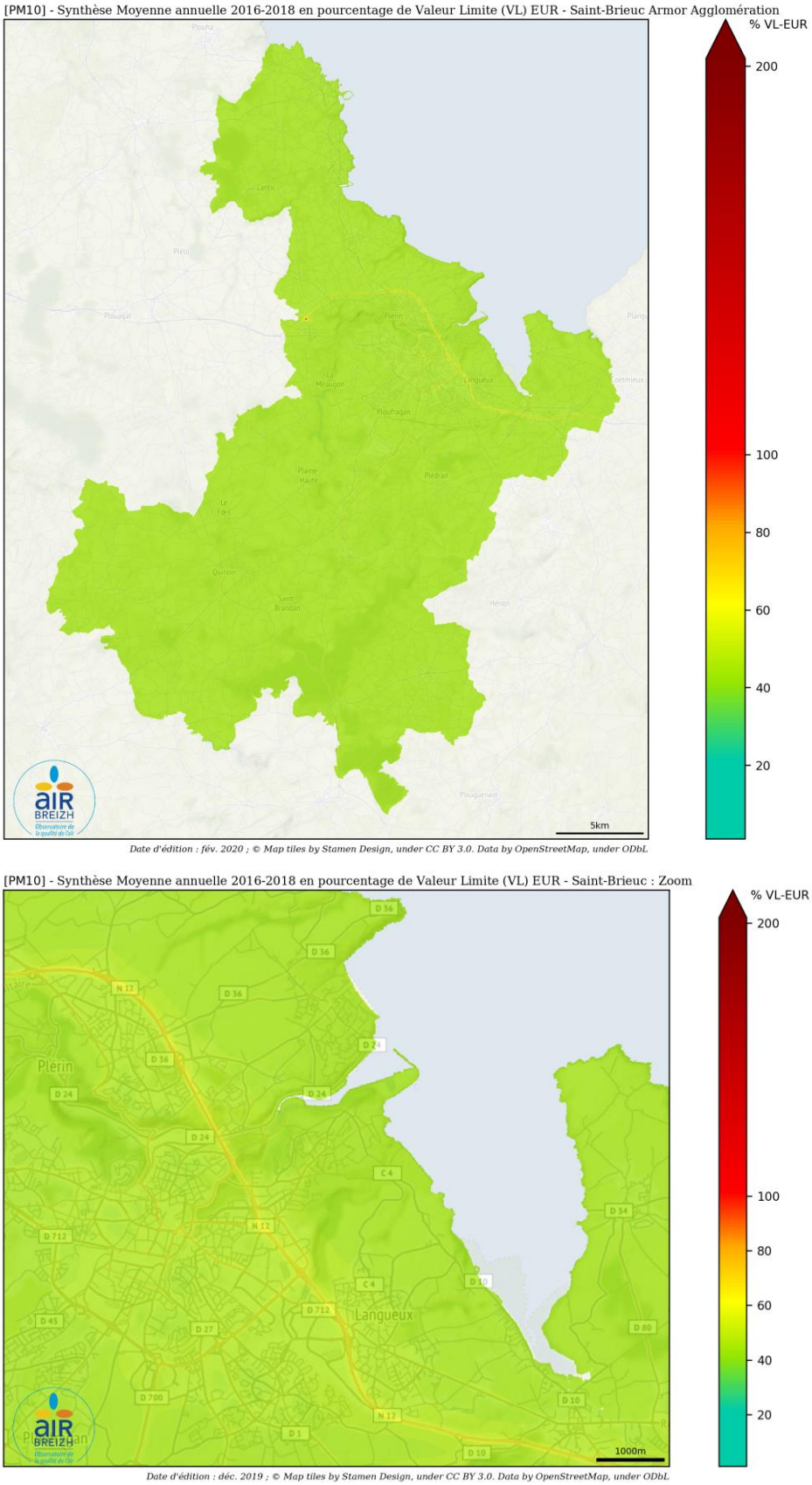


Figure 25: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 – Saint-Brieuc Armor Agglomération

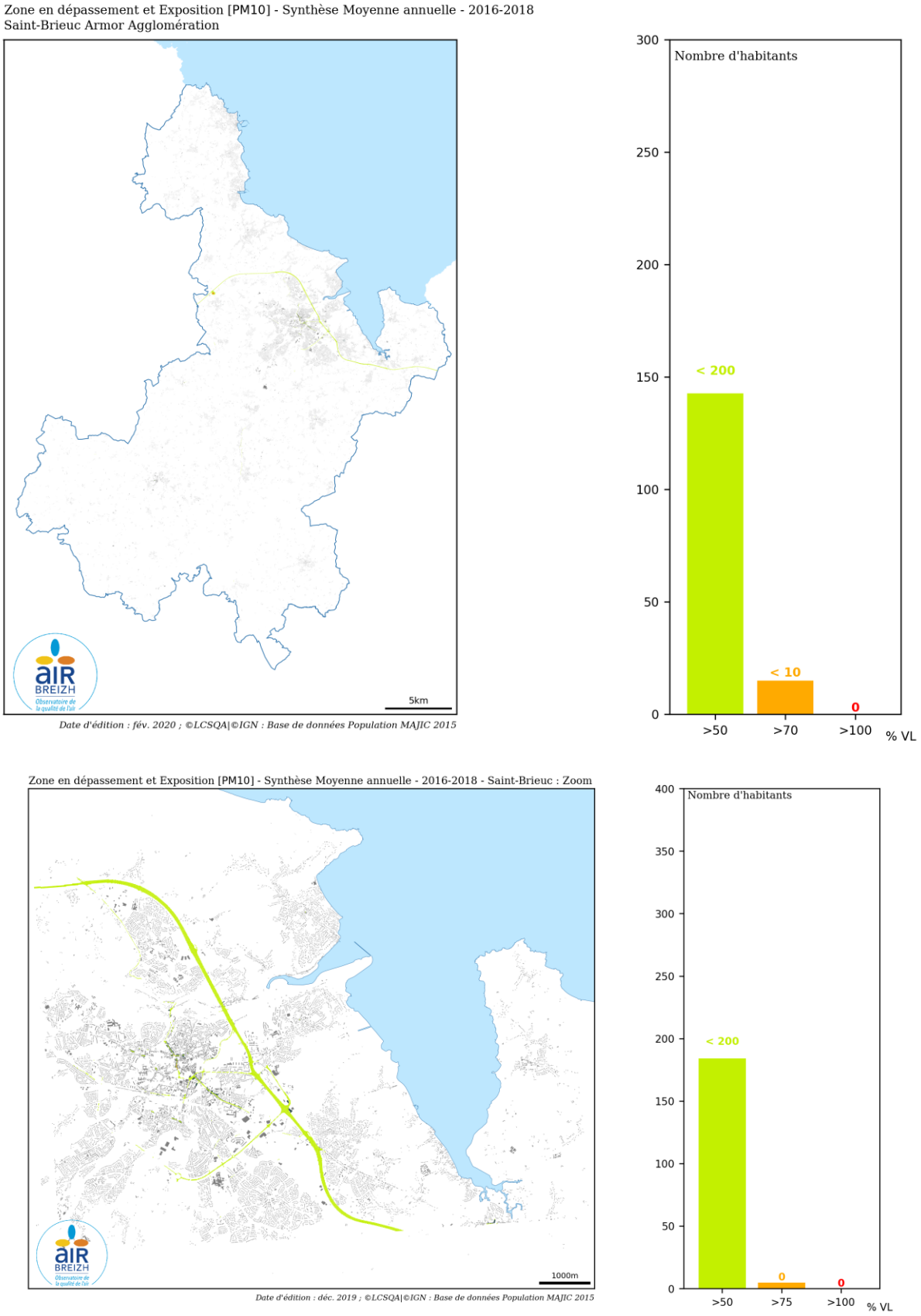


Figure 26: Exposition chronique 2016-2018 aux PM10 – Saint-Brieuc Armor Agglomération

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

La Figure 27 illustre l'origine des sources de pollution des particules fines pendant les mois de février et de mars 2018, propice à la pollution particulaire. Les concentrations sont modélisées au niveau de la station de mesure urbaine de fond, implantée dans l'école maternelle Balzac.

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

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

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

L'évolution des sources de pollution démontre l'influence de l'apport extérieur sur les concentrations de particules fines respirées quotidiennement. Contrairement au dioxyde d'azote, le trafic routier de l'agglomération n'est pas le contributeur principal des concentrations de PM10. Il représente environ 5% des concentrations modélisées, jusqu'à 50% en proximité trafic. Les autres sources, dont principalement les équipements de chauffage, contribuent à hauteur d'environ 3% dans les concentrations respirées.

Le modèle urbain a bien reproduit les pic de pollution mesuré le 22 février 2018 sur le territoire de l'agglomération de Saint-Brieuc (54 µg/m³ le 22 février station « Balzac » en moyenne journalière).

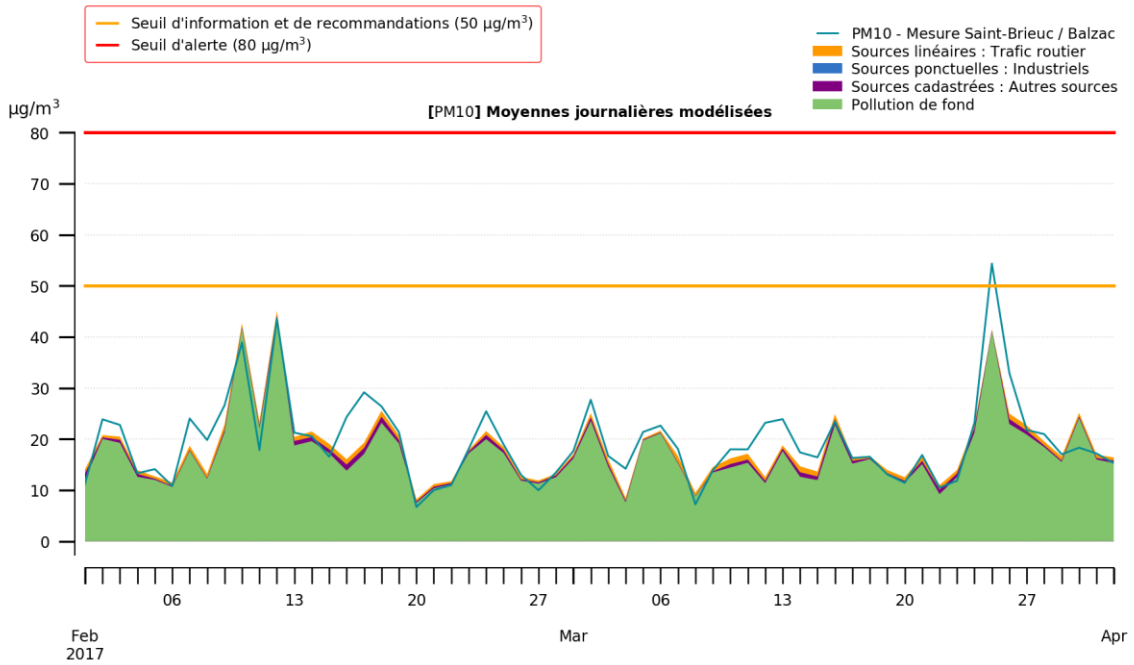


Figure 27: Identification des sources de PM10 au niveau de la station « Balzac » entre le 1er février et 1er avril 2017

Episode de pollution particulaire : Quel état des lieux sur l'agglomération briochine ?

La Figure 28 illustre le nombre de jours de dépassement simulé du seuil d'information et de recommandations pour l'année de référence 2018, fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière.

La valeur limite journalière fixée à 35 jours de dépassement autorisés du seuil d'information et de recommandations (50 µg/m³ en moyenne journalière) est respectée sur le territoire de l'agglomération de Saint-Brieuc. Plusieurs épisodes de pollution particulaire ont eu lieu au cours de la période 2016 – 2018 dans le territoire de l'agglomération, sur la base des seuils réglementaires en vigueur.

Ce résultat est cohérent avec le dispositif de surveillance implantée dans l'agglomération, où seulement quelques épisodes de pollution (moyenne journalière > 50 µg/m³) ont été constatés sur la période 2016 - 2018 en situation de fond urbain.

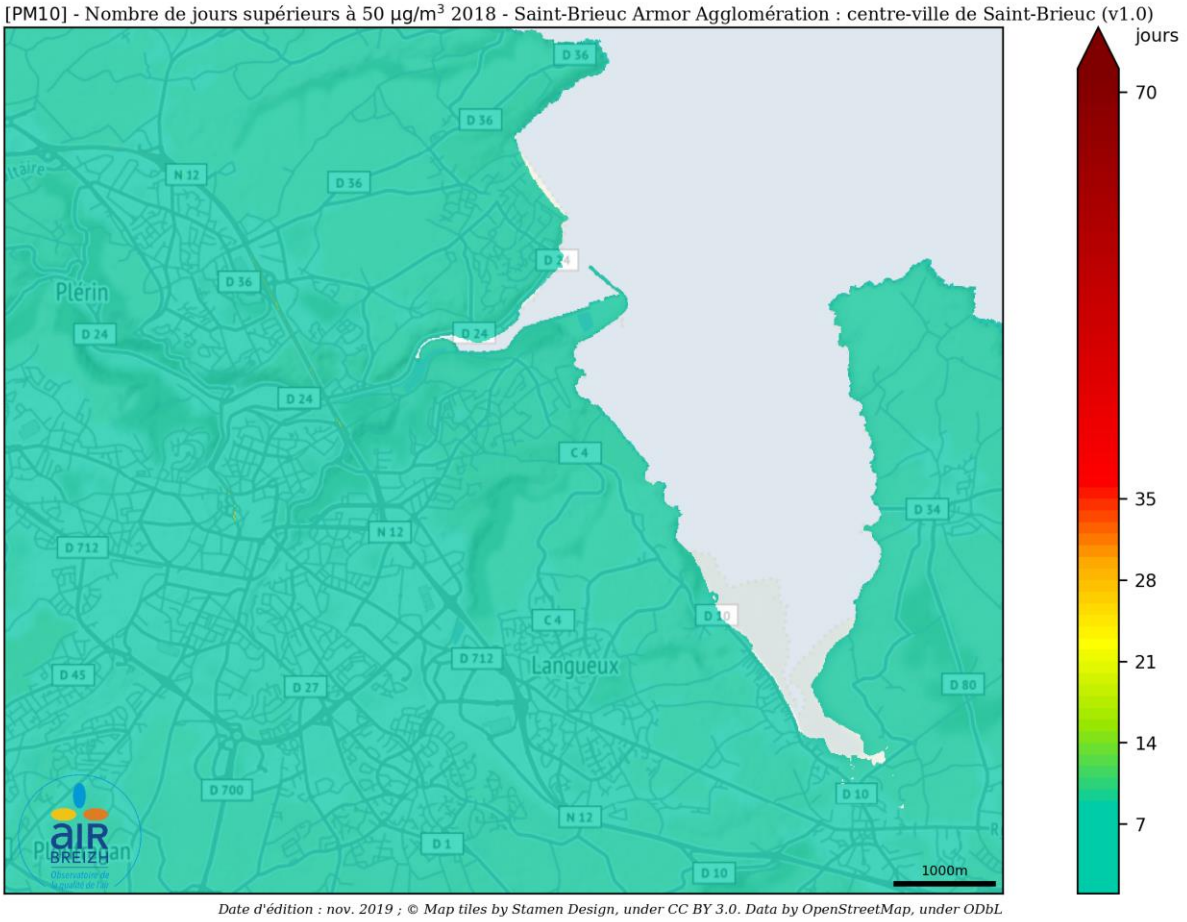


Figure 28: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigue pour l'année 2018

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

Afin de limiter des problèmes sanitaires, le seuil annuel de recommandations fixé par l'OMS est établi à 20 µg/m^3 en moyenne annuelle, soit 50 % de la valeur limite européenne en vigueur sur le territoire français (40 µg/m^3).

Une comparaison cartographique de la synthèse 2016 -2018 en moyenne annuelle est effectuée Figure 29, avec :

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

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

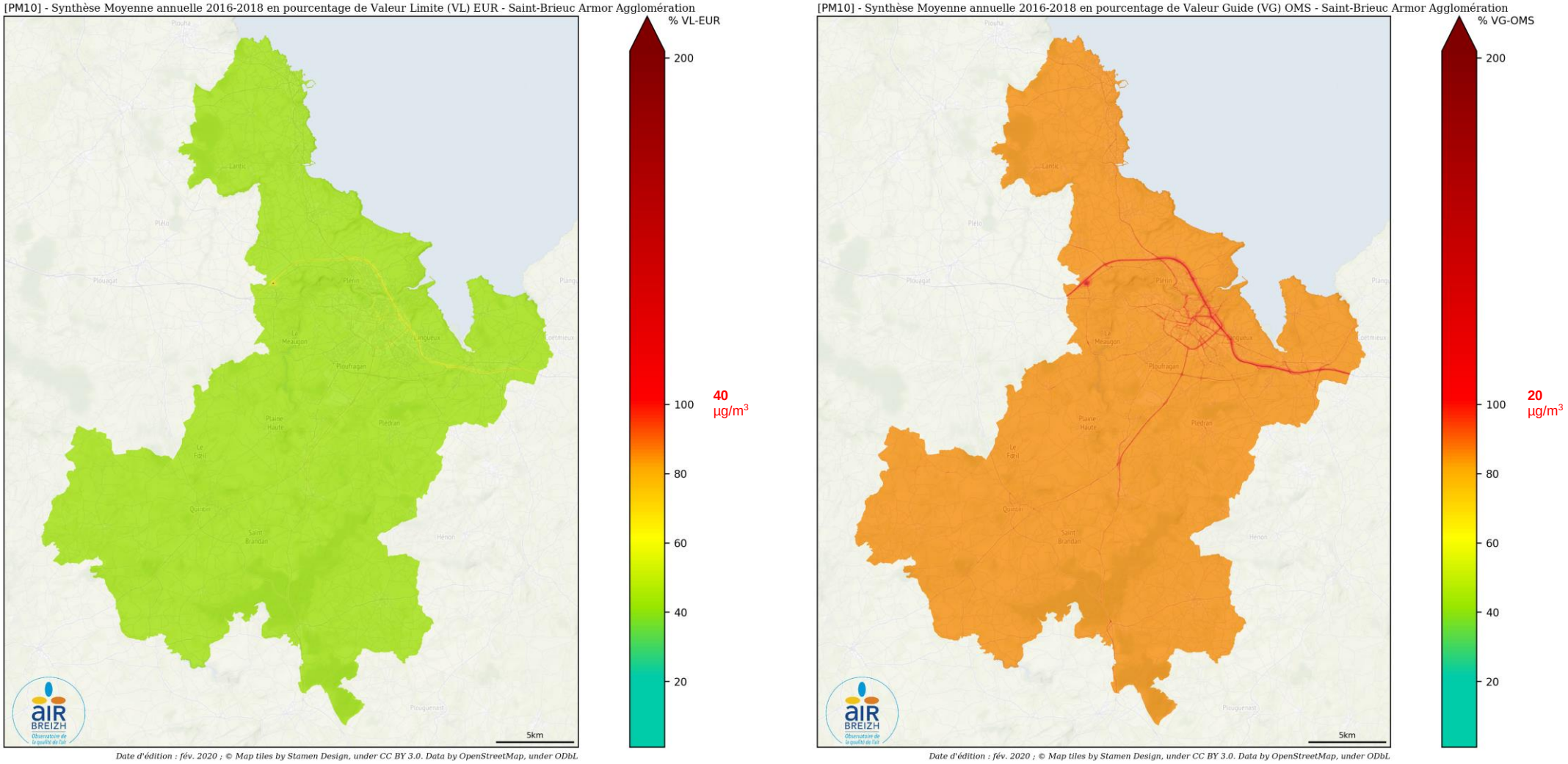


Figure 29: Comparaison PM10 – synthèse annuelle 2016 - 2018 - réglementaire (à gauche) vs. OMS (à droite)

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

La valeur guide OMS est établie à 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (au lieu de 35 jours de dépassement autorisés par la réglementation européenne en vigueur). La Figure 31 illustre cet indicateur sur la période 2016 – 2018.

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

Nombre de jours de dépassement PM10 par le biais de la mesure :

L'agglomération de Saint-Brieuc ne dispose que d'une station urbaine de fond mesurant les PM10 sur la période 2016 – 2018.

En cohérence avec les sorties de la modélisation, l'année 2017 a enregistrée le nombre de jours de dépassement du seuil journalier 50 µg/m³ le plus élevé, suite aux épisodes de pollution particulière qui ont touché la Bretagne

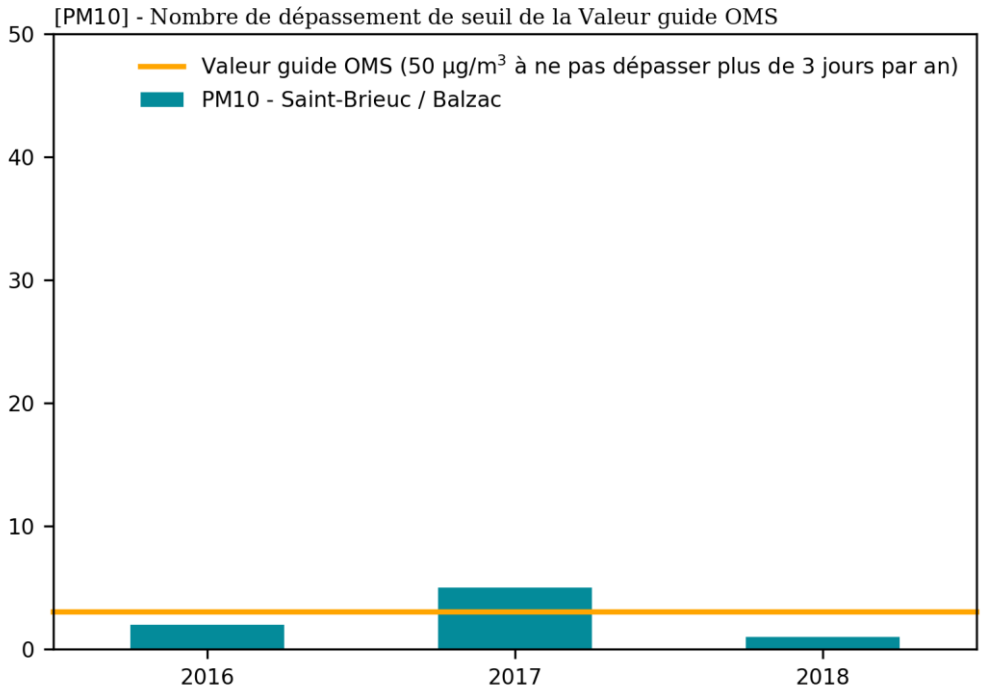


Figure 30: Nombre de jours de dépassement de la valeur guide OMS mesuré pour les PM10

2016 2017 2018

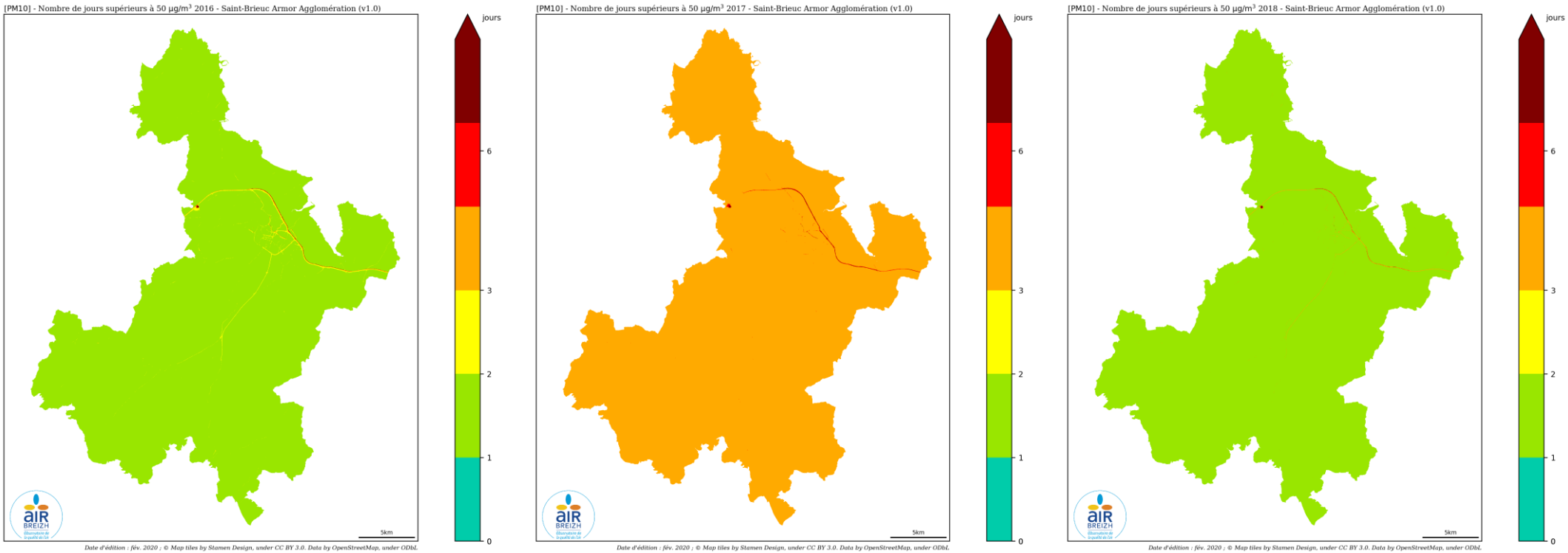


Figure 31: Comparaison PM10 – nombre de jours de dépassement du seuil journalier 50 µg/m³ par rapport aux préconisations de l'OMS.

VIII. « Carte Stratégique Air » : application sur Saint-Brieuc Armor Agglomération

VIII. 1. Enjeux et objectif de la CSA

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

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

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

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

Méthodologie d'élaboration d'une CSA

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

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

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

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

VIII. 2. Méthodologie de construction d'une CSA

1-Collecte des données d'entrées

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

- Les cartes de deux polluants réglementés, indicateurs de la pollution atmosphérique à laquelle les habitants sont exposés en milieux urbain et péri-urbain : **le dioxyde d'azote NO_2 et les particules fines PM10.**
- Les cartes **des 3 dernières années disponibles** (période 2016 – 2018)
- Les valeurs limites suivantes :
  - ✓ **NO_2** : La **valeur limite annuelle** fixée à 40 µg/m³ et la **valeur limite horaire** fixée à 18 heures de dépassement du seuil 200 µg/m³ ;
  - ✓ **PM10** : La **valeur limite annuelle** fixée à 40 µg/m³ et la **valeur limite journalière** fixée à 35 jours dépassement du seuil 50 µg/m³ ;

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

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

$$\%\, VL_{(de\ 0\ à\ XX\%)} = \frac{Cp_x}{VL_p}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 9: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air

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

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

VIII. 3. La Carte stratégique Air de l'agglomération de Saint-Brieuc

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

De la Carte Stratégique Air de Saint-Brieuc Armor agglomération présentée ci-après, il ressort les éléments suivants :

- La majeure partie de la carte est représentée par la **classe 1**, non touchée par un dépassement réglementaire, où vit **99.8 % de la population de l'agglomération de Saint-Brieuc**. Elle regroupe les zones résidentielles urbaines et périurbaines. Il est, à priori, non nécessaire de mettre en place des actions spécifiques dans les projets d'urbanisme pour améliorer la qualité de l'air.

- La **classe 2** regroupe **environ 300 habitants de Saint-Brieuc Armor Agglomération**. Il s'agit d'une zone définie comme « fragilisée » où au moins une valeur limite réglementaire est en dépassement potentiel.

- Les **classes 3** et **classe 4** montrent les zones en dépassement réglementaire d'une ou plusieurs valeurs limites. Il s'agit de zones où les niveaux de pollution sont élevés en termes de qualité de l'air. Elles regroupent environ **moins de 100 habitants de Saint-Brieuc Armor agglomération.**

Les classes 2,3 et 4 regroupent :

- des grands axes routiers d'accès à l'agglomération. Ce sont :
  - ✓ les voies rapides à fort trafic (70 000 véhicules par jour en moyenne) reliant l'agglomération de Saint-Brieuc aux agglomérations environnantes (N12),
  - ✓ le périphérique (D700, D712) de l'agglomération soumis à des trafics intenses (jusqu'à 20 000 véhicules par jour en moyenne), les échangeurs et les pénétrantes associés (Boulevard Sévigné, Avenue Corneille, Rue du Docteur Rahuel…).

  L'exposition se situe dans une bande d'une cinquantaine de mètres de part et d'autres des tronçons. Cette bande d'influence pourrait être précisée par une étude spécifique de spatialisation via un dispositif de mesure adapté.
- des axes structurant de la ville de Saint-Brieuc :
  - ✓ La place du Guesclin (25 000 véhicules par jour en moyenne) ;
  - ✓ Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
    - La rue de Gouédic ;
    - Les rues des 3 frères le Goff, des 3 frères Merlin, de Rohan et des Lycéens Martyrs (jusqu'à 20 000 véhicules par jour) ;
    - Le boulevard Clémenceau avec 7 000 véhicules en moyenne par jour ;
    - Le Boulevard Clémenceau allant de l'allée des Champs de Mars à l'Esplanade Alfred Jarry ;
    - Les rues étroites du centre-ville où la circulation est autorisée à faible vitesse (zones 30) bordées par de haut bâtiments.

La majorité des personnes exposées vivent au sein de la commune de Saint-Brieuc.

Carte Stratégique Air – Saint-Brieuc Armor Agglomération

Date d'édition :
Janvier 2020

Période d'application :
2019 – 2021

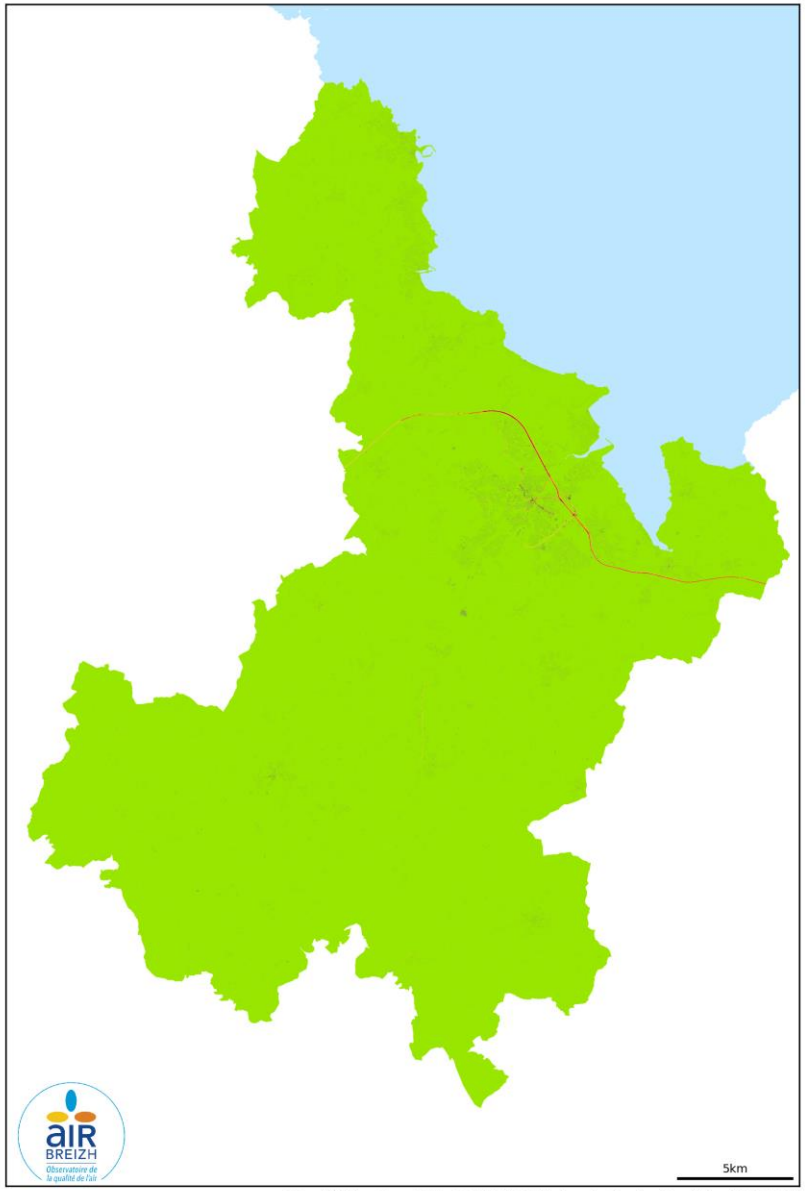
Années prises en compte :
2016 – 2018

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

Valeurs limites (VL) prises en compte :
VL annuelle et horaire concernant le NO2, VL annuelle et journalière concernant les PM10

Zone « Air » prioritaire
Valeur de l'indicateur multi-polluant : 194% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Saint-Brieuc Armor Agglomération)

Réalisation technique :
Air Breizh



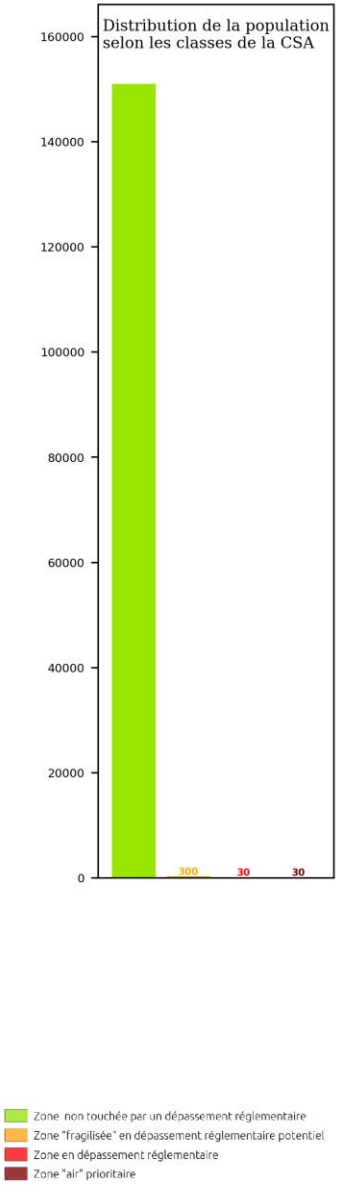


Figure 32: Carte Stratégique Air – Saint-Brieuc Armor Agglomération

Carte Stratégique Air – Saint-Brieuc Armor agglomération : Zoom périphérique

Date d'édition :
Janvier 2020

Période d'application :
2019 – 2021

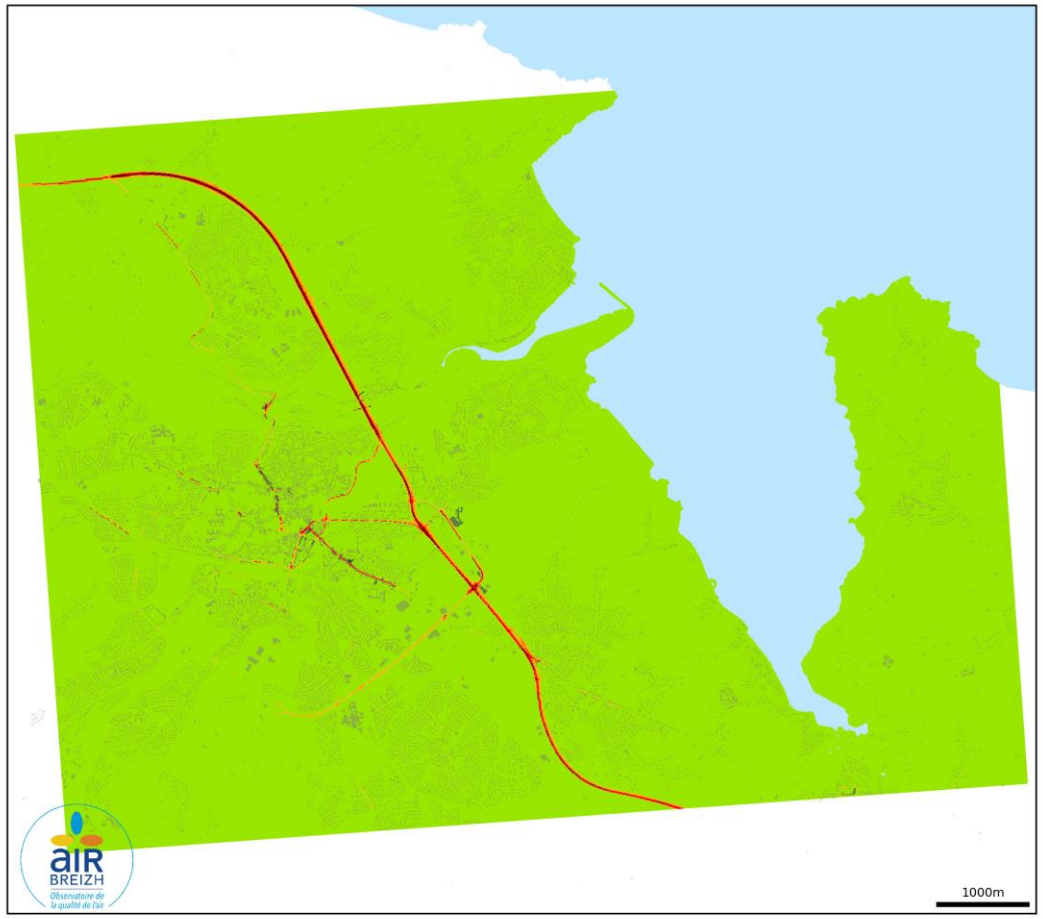
Années prises en compte :
2016 – 2018

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

Valeurs limites (VL) prises en compte :
VL annuelle et horaire concernant le NO2, VL annuelle et journalière concernant les PM10

Zone « Air » prioritaire
Valeur de l'indicateur multi-polluant : 194% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Saint-Brieuc Armor Agglomération)

Réalisation technique :
Air Breizh



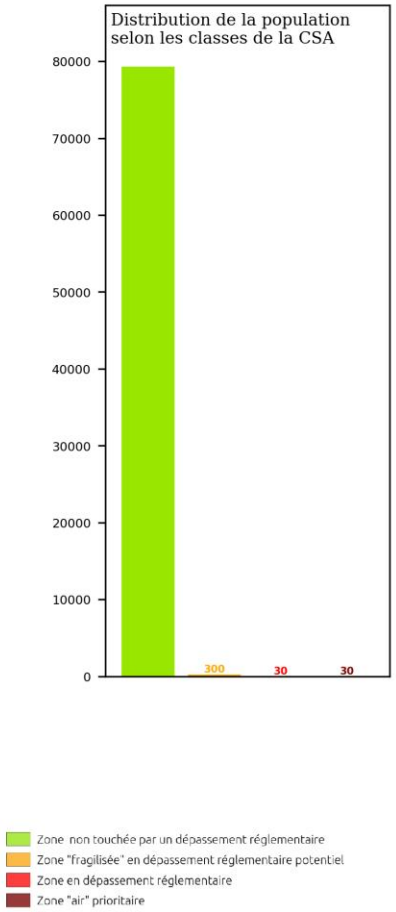


Figure 33: Carte Stratégique Air – Zoom périphérique de Saint-Brieuc

VIII. 4. La Carte stratégique Air de Saint-Brieuc Armor agglomération sur la base des valeurs guides établies par l'OMS

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

- **NO_2** : La **valeur guide annuelle** fixée à 40 µg/m³ ;
- **PM10** : La **valeur guide annuelle** fixée à 20 µg/m³ et la **valeur guide journalière** fixée à 3 jours dépassement du seuil 50 µg/m³ ;

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

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

La Carte Stratégique Air permet de cerner les principales zones problématiques en termes de qualité de l'air vis-à-vis des préconisations de l'OMS. La réalisation de cette CSA « OMS » sur l'agglomération de Saint-Brieuc est principalement guidée par la confrontation des concentrations des particules PM10 au seuil établit par l'OMS.

- La **classe 2** représente **99% de la population de Saint-Brieuc Armor agglomération**. Il s'agit d'une zone définie comme « fragilisée » où au moins une valeur guide recommandée par l'OMS est en dépassement potentiel.

- Les **classes 3** et **classe 4** montrent les zones en dépassement d'une ou plusieurs valeurs guides recommandées par l'OMS. Il s'agit de zones où les niveaux de pollution sont élevés vis-à-vis des seuils recommandés par l'OMS. Elles regroupent le **reste de la population de Saint-Brieuc.**

L'ensemble du territoire de l'agglomération est dans une zone en dépassement potentiel de la valeur guide annuelle « OMS » des PM10.
La majorité des personnes exposées vivent dans la zone intra-périphérique de l'agglomération briochine.

Carte Stratégique Air « OMS » – Saint-Brieuc Armor Agglomération

Date d'édition :
Janvier 2020

Période d'application :
2019 – 2021

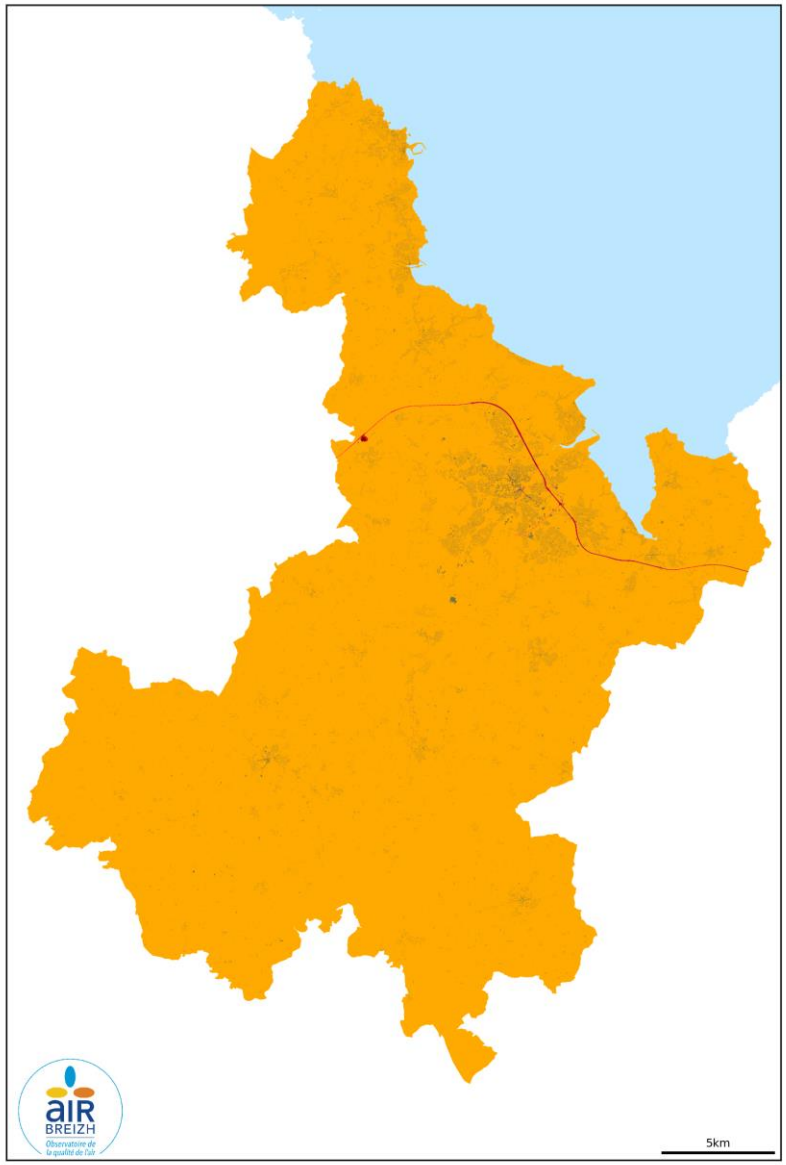
Années prises en compte :
2016 – 2018

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

Valeurs Guides (VG) prises en compte :
VG annuelle concernant le NO2, VG annuelle et journalière concernant les PM10

Zone « Air » prioritaire
Valeur de l'indicateur multi-polluant : 167% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Saint-Brieuc Armor Agglomération)

Réalisation technique :
Air Breizh



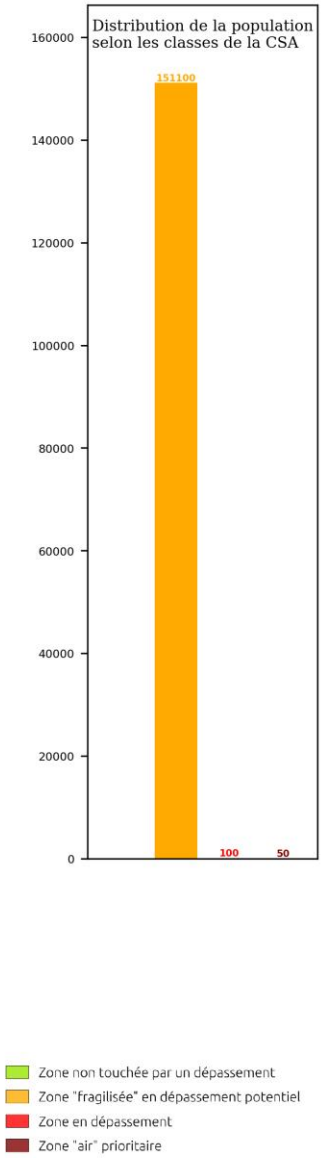


Figure 34: Carte Stratégique Air version OMS – Saint-Brieuc Armor Agglomération

Carte Stratégique Air « OMS » –Saint-Brieuc Armor agglomération : Zoom périphérique

Date d'édition :
Janvier 2020

Période d'application :
2019 – 2021

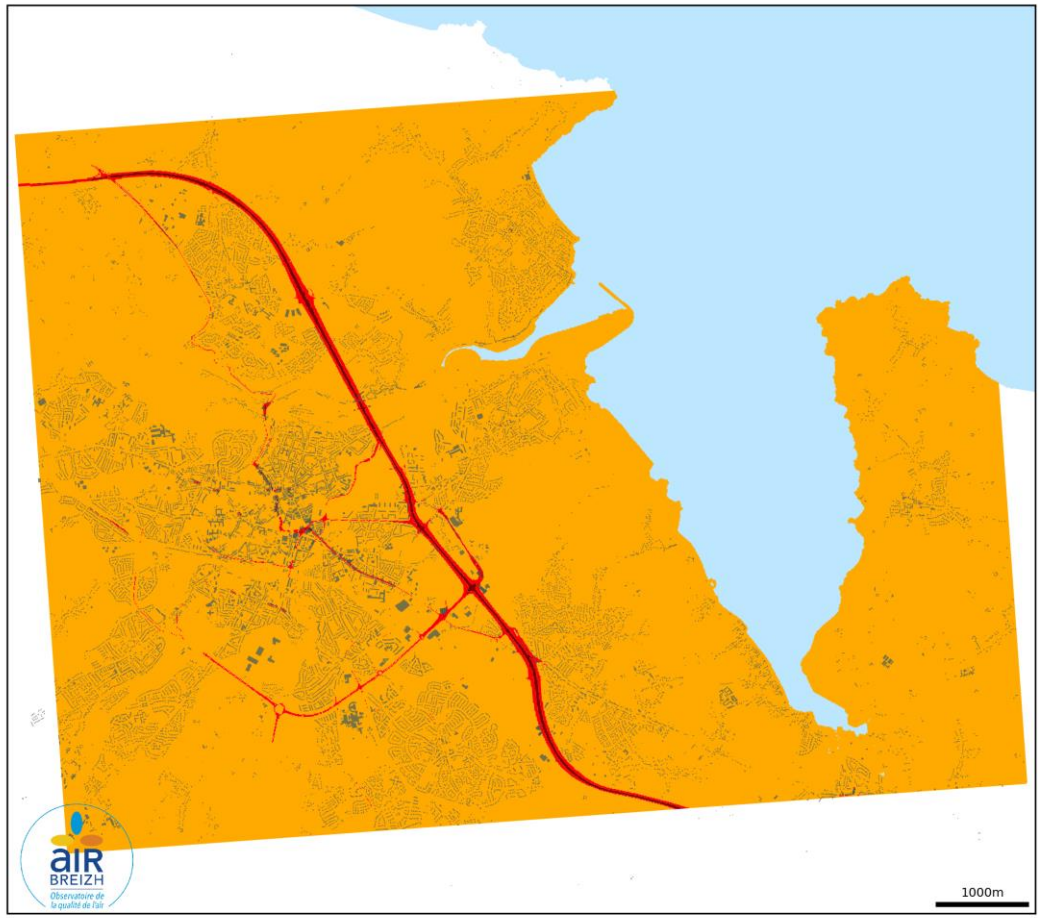
Années prises en compte :
2016 – 2018

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

Valeurs Guides (VG) prises en compte :
VG annuelle concernant le NO2, VG annuelle et journalière concernant les PM10

Zone « Air » prioritaire
Valeur de l'indicateur multi-polluant : 167% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Saint-Brieuc Armor Agglomération)

Réalisation technique :
Air Breizh



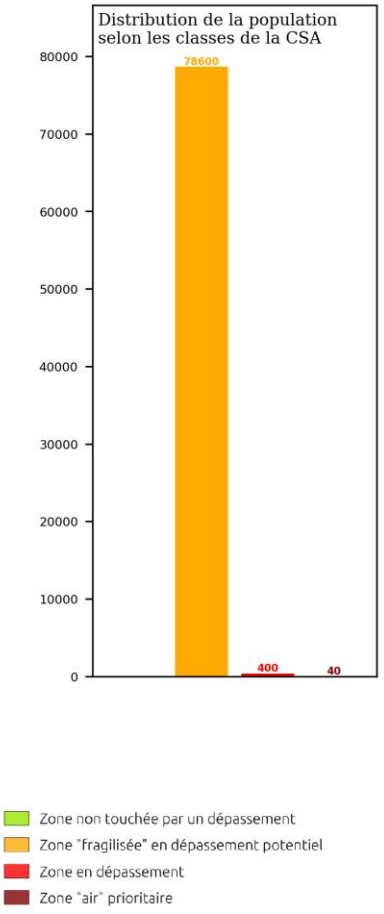


Figure 35: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom périphérique de Saint-Brieuc

Conclusions

1. L'étude de modélisation de deux polluants atmosphériques sur l'agglomération de Saint-Brieuc a permis d'identifier les principales zones problématiques en termes de qualité de l'air, pouvant être synthétisées dans la « Carte Stratégique Air ». Cette carte a pour vocation de préciser les zones prioritaires où des actions d'urbanisme pourraient être mises en œuvre.

2. La modélisation de la qualité de l'air a identifié uniquement des dépassements de la valeur limite réglementaire établie pour le dioxyde d'azote. Les secteurs en dépassement ou en dépassement potentiel sont principalement identifiés à proximité d'axes routiers très empruntés ou d'axes de type « canyon » confinés entre des bâtiments hauts. Ces dépassements sont en adéquation avec les sources d'émissions d'oxydes d'azote : la circulation automobile est responsable d'environ 70% des émissions d'oxydes d'azote de l'agglomération briochine.

Les principaux axes identifiés comme « sensibles » où des habitants résident sont des boulevards et des avenues du centre-ville de Saint-Brieuc, avec des trafics quotidiens de l'ordre de 5 000 à 20 000 véhicules par jour. L'effet de confinement des polluants dû à la présence de bâtiments hauts de chaque côté peut accentuer les concentrations. Les axes sont les suivants :

- L'avenue de la Libération ;
- Les axes pénétrants reliant la N12 au centre-ville de Saint-Brieuc : l'avenue Corneille et l'avenue d'Armor reliant la sortie de la N12 à la place du Gueslin ;
- Rue de Gouédic qui relie l'église Saint-Thérèse à la place du Gueslin ;
- Le Boulevard Clémenceau allant de l'allée des Champs de Mars à l'Esplanade Alfred Jarry ;
- Les rues étroites du centre-ville où la circulation est autorisée à faible vitesse (zones 30) bordées par de hauts bâtiments.

3. Des études de spéciation des particules permettraient de mieux connaitre leurs origines et d'estimer plus précisément la participation du trafic routier à la pollution particulaire.
L'amélioration de la qualité de l'air, via notamment la modernisation du parc de véhicules et une diminution du trafic routier, permettrait de limiter progressivement les zones en dépassement.

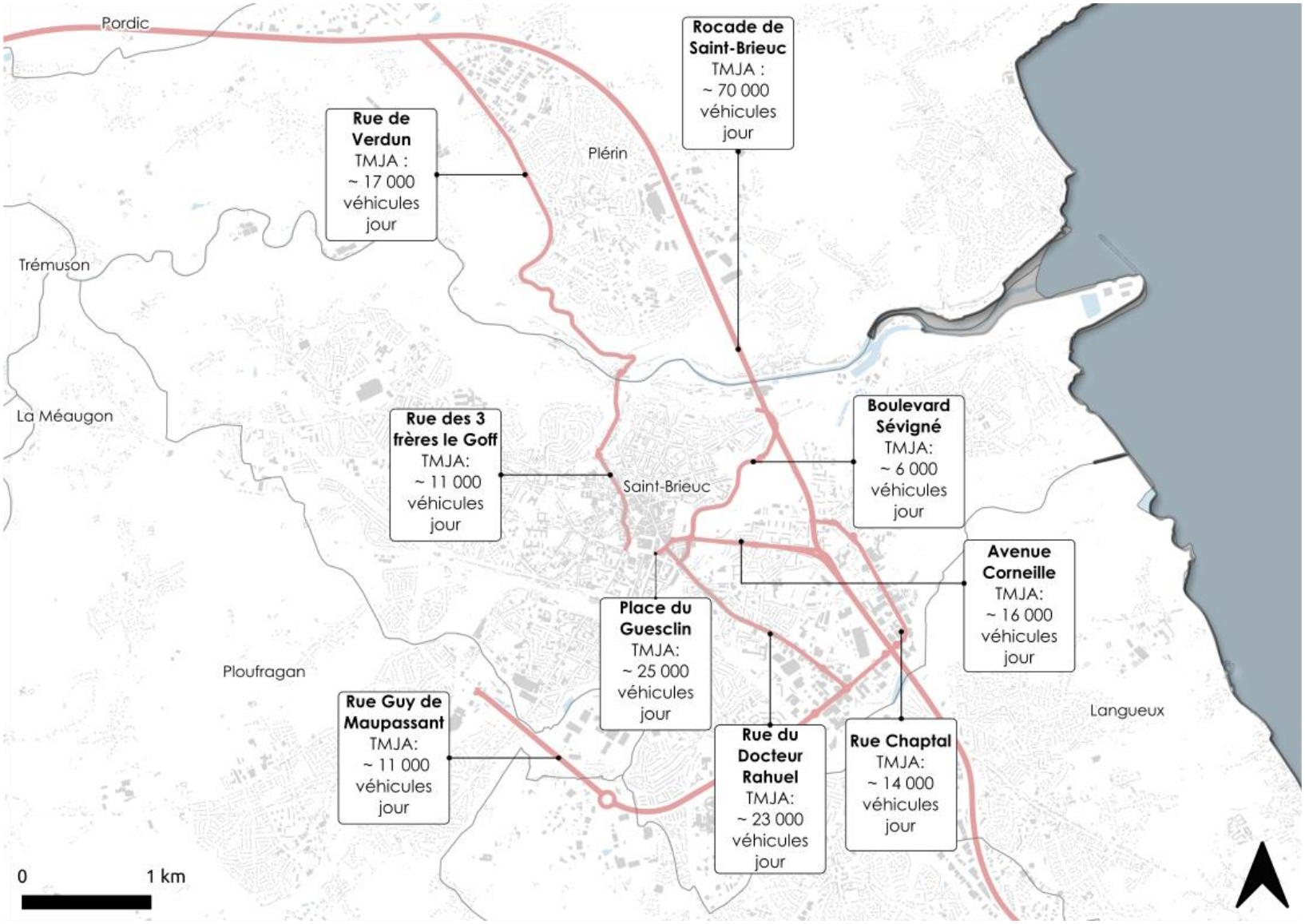


Figure 36: Carte des secteurs mis en évidences par la modélisation à Saint-Brieuc Armor Agglomération

4. Les particules très fines (PM2.5), polluant jugé préoccupant selon l'OMS, n'ont pas été modélisées au cours de cette étude en raison de l'absence de mesures sur l'agglomération. Un capteur de PM2.5 sera installé dans la station de mesure existante « Balzac » au cours du troisième trimestre 2020 pour pallier ce manque. Une station ou des campagnes de mesure de proximité trafic mesurant les polluants étudiés permettrait d'améliorer les travaux de modélisation.

5. Par ailleurs, les valeurs limites européennes en vigueur en 2019 pendant l'écriture de ce rapport seront à court termes révisées et très vraisemblablement abaissées pour tendre vers les valeurs guides établies par l'Organisation Mondiale de le Santé.

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

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

Cet arrêté, s'appuie sur un indicateur défini à la fois par les règlementations européenne et nationale, à savoir l'indicateur d'exposition moyenne (IEM). La directive 2008/50/CE précise que l'IEM « est utilisé afin de calculer l'objectif national de réduction de l'exposition et l'obligation en matière de concentration relative à l'exposition ». Dans le cadre de cette dernière, l'objectif de réduction des concentrations atmosphériques en particules fines PM2.5 à respecter en 2020 et calculé grâce à l'IEM est de 14,7 µg/m^3 (en moyenne sur 3 ans) en ce qui concerne la France.

L'arrêté publié est plus ambitieux que la directive précitée puisqu'il fixe l'objectif de respecter en 2030 la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m^3, avec un objectif intermédiaire de 11.2 µg/m^3 en 2025.

La Carte Stratégique Air basée sur les valeurs guides OMS montre des niveaux de particules fines (PM10 préoccupants au regard de ces valeurs guides, qui tendent à devenir réglementaires. Concernant les niveaux de PM2.5, ils pourront être évalués vis-à-vis de la réglementation actuelle et des valeurs guides OMS avec l'ajout d'un capteur de mesure sur le territoire de l'agglomération de Saint-Brieuc.

6. Les particules très fines (PM2.5) seront également intégrées dans le calcul d'indice Atmo quotidien courant 2020. Le seuil à partir duquel l'air sera qualifié de « mauvais » a été fixé en adéquation avec la valeur guide OMS, établie à 25 µg/m^3. Ainsi, l'indice Atmo prendra en compte les problématiques environnementales liées aux PM2.5 et risque de qualifier plus régulièrement l'état de l'air dégradé voire mauvais.

7. La modélisation urbaine calcule les concentrations de polluants réglementés (NO_2, PM10 et PM2.5), indicateurs de l'état de la qualité de l'air en agglomération. Cependant d'autres polluants, actuellement non réglementés dans l'air ambiant, peuvent être à l'origine de problématiques environnementales :

- L'ammoniac (NH3), polluant issu des activités agricoles et précurseur majeur des particules fines atmosphériques, est responsable au printemps d'une part importante des niveaux de particules observées. Les émissions de NH_3 sur le territoire breton représentent 14% des émissions françaises.

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

  L'ammoniac NH_3 ne faisant pas partie des polluants réglementés dans l'air ambiant (Code de l'environnement R221-1), sa mesure n'est pas intégrée à ce jour au réseau de surveillance régionale d'Air Breizh[6]. En revanche, la Directive européenne 2016/2284/ fixe des objectifs de réduction des émissions de NH_3 par pays aux horizons 2020 et 2030. Des études scientifiques sur l'ammoniac montrent en effet que des pays européens, comme la France, les Pays-Bas, la Suisse ou l'Italie, comportent de larges zones de fortes émissions d'origine agricole.

  En raison de la forte activité agricole en Bretagne, ce polluant fera l'objet dès 2020 d'une surveillance rapprochée :
  - ✓ Installation d'un appareil de mesure de l'ammoniac en centre Bretagne à la station rurale de fond « Kergoff » implantée dans les Côtés d'Armor sur la commune de Merléac ;
  - ✓ Installation du dispositif de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA) dans l'agglomération rennaise (quartier du Blosne). Il permettra d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire.

- Le sulfure d'hydrogène (H_2S), gaz incolore et odorant, produit de la décomposition des algues vertes est l'objet de plaintes récurrentes des riverains du port du Légué de Saint-Brieuc. Un programme de surveillance annuel en partenariat avec l'ARS Bretagne et Saint-Brieuc Armor Agglomération a été mis en place en 2017 par Air Breizh afin de surveiller l'évolution des concentrations de H_2S[7].

[6] Stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne [Air Breizh – Décembre 2019]
[7] Campagnes de mesures de la qualité de l'air – Port du Légué – Saint-Brieuc (22) [Air Breizh – Décembre 2019]

Polluants	Bilan d'exposition à la pollution de l'air	
	Réglementation française	Valeurs guides OMS
Dioxyde d'azote **NO_2**	Exposition proximité trafic	Exposition proximité trafic
Particules fines **PM10**	Episodes de pollution	Dépassement des valeurs guides

Tableau 11: Synthèse de l'exposition des habitants de l'agglomération à la pollution de l'air

Liste des figures

Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes 11
Figure 2: Communes de Saint-Brieuc Armor Agglomération 11
Figure 3: Répartition des émissions de NO_X, PM10 et PM2.5 12
Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA) 16
Figure 5: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA) 16
Figure 6: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA) 17
Figure 7: Processus de création d'un modèle urbain 18
Figure 8: Réseau routier optimisé de Saint-Brieuc Armor Agglomération 20
Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon ») 21
Figure 10: Identification des rues : « ouverte » ou « canyon » 23
Figure 11: Emissions d'oxydes d'azote NO_X du réseau routier de Saint-Brieuc Armor Agglomération 25
Figure 12: Exemple de profils temporels horaires du trafic routier 26
Figure 13: Cadastre résidentiel/tertiaire des émissions annuelles 2018 de particules fines PM10 28
Figure 14: Conditions météorologiques globales (station Météo France de l'aéroport de Saint-Brieuc) 31
Figure 15: Dispositif de surveillance de la qualité de l'air implanté à Saint Brieuc-Armor Agglomération 36
Figure 16: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot" 37
Figure 17: Evaluation du modèle sur la période 2016-2018 (Target-Plot) 37
Figure 18: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile 38
Figure 19: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot) 38
Figure 20: Méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution 40
Figure 21: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO_2 – Saint-Brieuc Armor Agglomération 43
Figure 22: Exposition chronique 2016-2018 au NO2 – Saint-Brieuc Armor Agglomération 44
Figure 23:Contribution des sources de NO_2 au niveau de la station « Balzac » 45
Figure 24: Exposition au NO_2 en situation de pollution aigue pour l'année 2018 46
Figure 25: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 – Saint-Brieuc Armor Agglomération 48
Figure 26: Exposition chronique 2016-2018 aux PM10 – Saint-Brieuc Armor Agglomération 49
Figure 27: Identification des sources de PM10 au niveau de la station « Balzac » entre le 1er février et 1er avril 2017 50
Figure 28: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigue pour l'année 2018 51
Figure 29: Comparaison PM10 – synthèse annuelle 2016 - 2018 - réglementaire (à gauche) vs. OMS (à droite) 53
Figure 30: Nombre de jours de dépassement de la valeur guide OMS mesuré pour les PM10 54
Figure 31: Comparaison PM10 – nombre de jours de dépassement du seuil journalier 50 µg/m³ par rapport aux préconisations de l'OMS. 55
Figure 32: Carte Stratégique Air – Saint-Brieuc Armor Agglomération 60
Figure 33: Carte Stratégique Air – Zoom périphérique de Saint-Brieuc 61
Figure 34: Carte Stratégique Air version OMS – Saint-Brieuc Armor Agglomération 63
Figure 35: Carte Stratégique Air version OMS – Zoom périphérique de Saint-Brieuc 64
Figure 36: Carte des secteurs mis en évidences par la modélisation à Saint-Brieuc Armor Agglomération 66

Liste des tableaux

Tableau 1: Zones administratives de surveillance (superficie et population) 10
Tableau 2:Principaux centres urbains de la région Bretagne (superficie et population) 10
Tableau 3: Repères réglementaires (NO_2, PM10, PM2.5) 14
Tableau 4: IEM et objectif national de réduction de l'exposition 14
Tableau 5: Sites industriels ICPE (sources ponctuelles) retenus dans le modèle 27
Tableau 6: Stations et polluants mesurés quotidiennement 36
Tableau 7: Définition des typologies de station dans le cadre du dispositif de surveillance 36
Tableau 8: Echelle de couleurs réglementaire nationale pour la modélisation 39
Tableau 9: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air 57
Tableau 10: Définition de l'échelle de couleurs à 4 niveaux de la Carte Stratégique Air « OMS » 62
Tableau 11: Synthèse de l'exposition des habitants de l'agglomération à la pollution de l'air 69

Liste des sources de données

Nom / Libellé	Année de référence	Version	Auteur(s)	Lien
BD TOPO® Base de données Topographiques	2018	3.0	IGN	http://professionnels.ign.fr/bdtopo
ADMIN-EXPRESS® Base de données Administratives	2018	1.1	IGN	http://professionnels.ign.fr/adminexpress
Corine Land Cover	2018	-	IGN	http://professionnels.ign.fr/corine-land-cover
Données Trafics – Réseau de postes de comptage	2018	-	Commune de Saint-Brieuc/ Département des Côtes-d'Armor	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/trafic-routier-sur-le-reseau-departemental-costarmoricain/#_ / Communication personnelle Saint-Brieuc Armor Agglomération - **D**irection **A**ménagement et **D**éplacements
Inventaire des émissions de polluants atmosphériques	2016	3	Air Breizh	https://www.airbreizh.asso.fr/observatoire/emissions/
Déclaration annuelle des rejets relatifs aux émissions de polluants dans l'air, l'eau, le sol et les déchets des installations classées pour l'environnement (ICPE).	2016	-	MTES	http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Declaration-annuelle-des-rejets.html
Données météorologiques – Mesures RADOME et Modèle ARPEGE	2016 - 2018	-	Météo France	http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/moyens/les-stations-au-sol
BD Population spatialisées selon la méthodologie nationale MAJIC Base de données Population	2015	-	INERIS	https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2015/ineris/fourniture-donnees-population-spatialisees-selon-methodologie-nationale-methode-
INSEE Base de données Population	2016	-	INSEE	https://www.insee.fr/fr/statistiques/3677855

Liste des références

- Baromètre Santé-Environnement [ORSB 2014] https://orsbretagne.typepad.fr/ors_bretagne/baromtre_sant_environnement/ *(accès le 26/11/2019)*
- Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique [Santé Publique France ; 2016] https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impacts-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-en-france-continentale-et-analyse-des-gains-en-sante-de-plusieurs-scenarios *(accès le 26/11/2019)*
- Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité de la France continentale [O.CHANEL ; CNRS, AMSE-GREQAM et IDEP – 2017] https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-27052-etude-invs-impact-sanitaires-pollution-air.pdf *(accès le 26/11/2019)*
- Code de l'Environnement R221-1 à R228-1 https://www.legifrance.gouv.fr *(accès le 26/11/2019)*
- Arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de l'air ambiant https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033735017&categorieLien=id *(accès le 26/11/2019)*
- SIRANE – Urban Air Quality Model, developé par l'équipe AIR (Atmosphere Impact & Risk) du Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) – UMR CNRS 5509 / Ecole Centrale de Lyon / UCB Lyon / INSA http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/ *(accès le 26/11/2019)*
- Exposition dynamique de la population à la pollution atmosphérique [LCSQA 2016] https://www.lcsqa.org/system/files/lcsqa2015-note_etude_biblio_expo_population_pollution_vf-drc-16-152371-04841a.pdf *(accès le 26/11/2019)*
- Méthodologie de calcul des émissions routières : COPERT V - European Environment Agency (EEA), https://www.emisia.com/utilities/copert/ *(accès le 26/11/2019)*
- The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III : Validation against NO2 yearly concentration measurements in a large urban agglomeration, [Elsevier Ltd. All rights reserved – 2017] http://air.ec-lyon.fr/SIRANE/, rubrique Publications *(accès le 26/11/2019)*
- Qualité de l'air et urbanisme - guide méthodologique d'élaboration de la carte stratégique air - 2015 - version v1.4 [Atmo France - mai 2016]. *(rapport interne Air Breizh)*
- Directive n°2008/50/CE du 21/05/2008, dite "Air pur pour l'Europe" https://www.legifrance.gouv.fr/ *(accès le 26/11/2019)*
- Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre) [LCSQA / INERIS – juin 2018] https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf *(accès le 26/11/2019)*
- Stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne [Air Breizh – Décembre 2019] *(rapport interne Air Breizh)*
- Campagnes de mesures de la qualité de l'air – Port du Légué – Saint-Brieuc (22) [Air Breizh – Décembre 2019] *(rapport interne Air Breizh)*

Annexe 1 :
Courrier officiel de la DGEC concernant l'évaluation de la qualité de l'air (octobre 2018)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Direction générale de l'énergie et du climat

Service du climat et de l'efficacité énergétique

Sous-direction de l'efficacité énergétique et de la qualité de l'air

Bureau de la qualité de l'air

Nos réf. : 18-0142 5B ErD AASQA et porter-à-connaissance QA
Affaire suivie par : Éric DODEMAND
eric.dodemand@developpement-durable.gouv.fr
Tél. : 01 40 81 93 44

Paris le 19 OCT. 2018

Le Directeur général de l'énergie et du climat

aux

Affectat°

Présidentes et Présidents des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air

DIR
25 OCT. 2018
Copies

Madame la Présidente, Monsieur le Président,

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

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

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

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

1. les résultats de la surveillance (comme les moyennes annuelles pour le dioxyde d'azote et les particules), le bilan régional sur la qualité de l'air et les cartes annuelles descriptives des situations de dépassement (article 18 de l'arrêté du 19 avril 2017) ;

2. les données d'émissions de polluants atmosphériques (article 14) permettant de cibler les secteurs majoritairement contributeurs ;

3. si elles existent, les « cartes stratégiques sur l'air » ou équivalentes qui identifient les zones de vigilance en matière d'exposition de la population à la pollution atmosphérique ;

4. les nuisances olfactives éventuellement identifiées à partir de plaintes des riverains, si votre AASQA dispose d'un dispositif de suivi ;

5. les résultats de la surveillance des pollens, si votre AASQA dispose de ces informations.

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

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

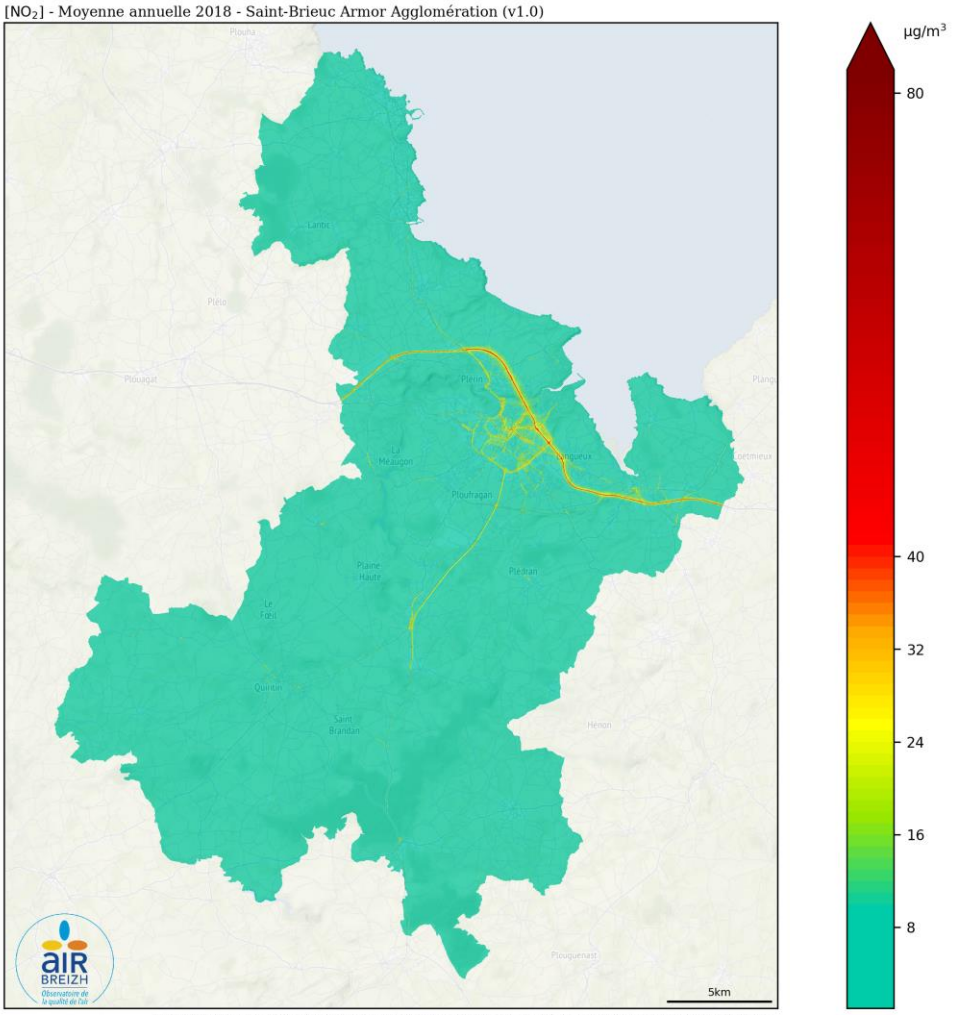
Le directeur général de l'énergie
et du climat

Laurent MICHEL

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

Annexe 2 :
Cartographies de pollution atmosphérique 2018

[NO_2] - Moyenne annuelle 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération (v1.0)

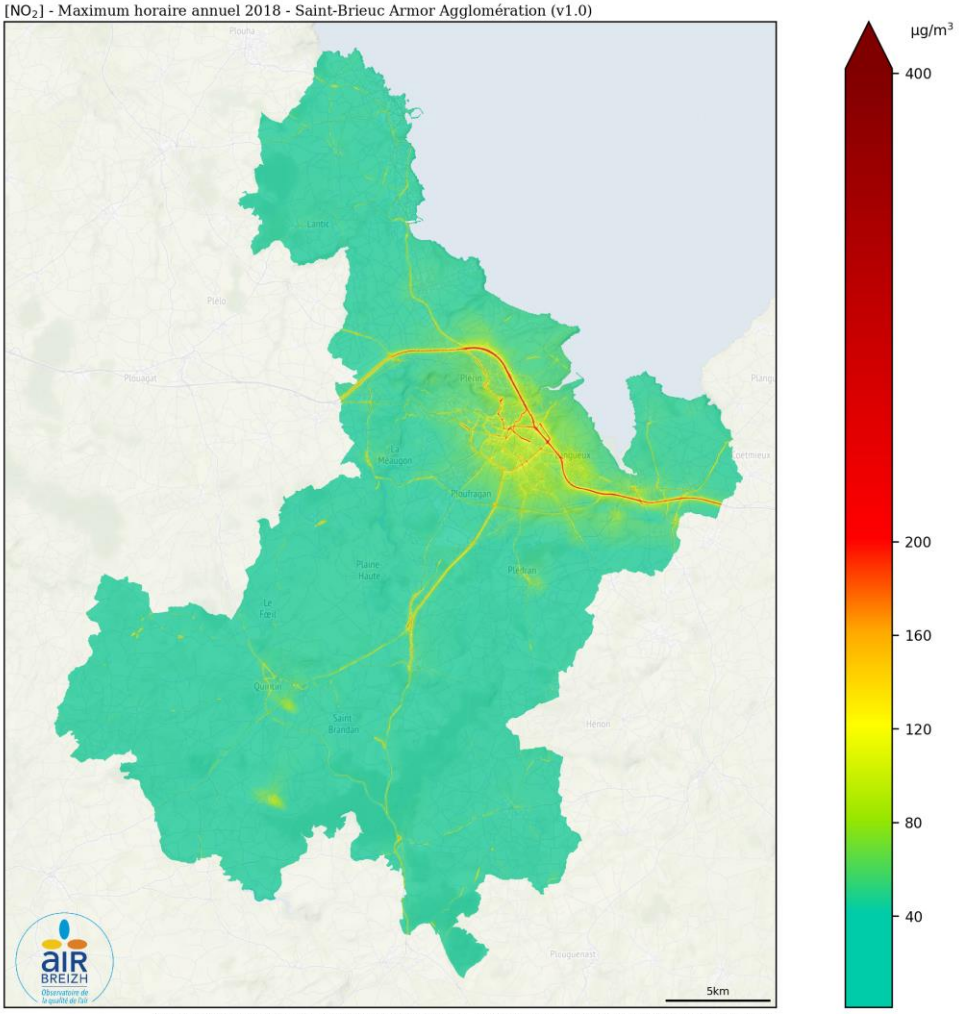


Date d'édition : fév. 2020 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[NO_2] - Moyenne annuelle 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération : centre-ville de Saint-Brieuc (v1.0)

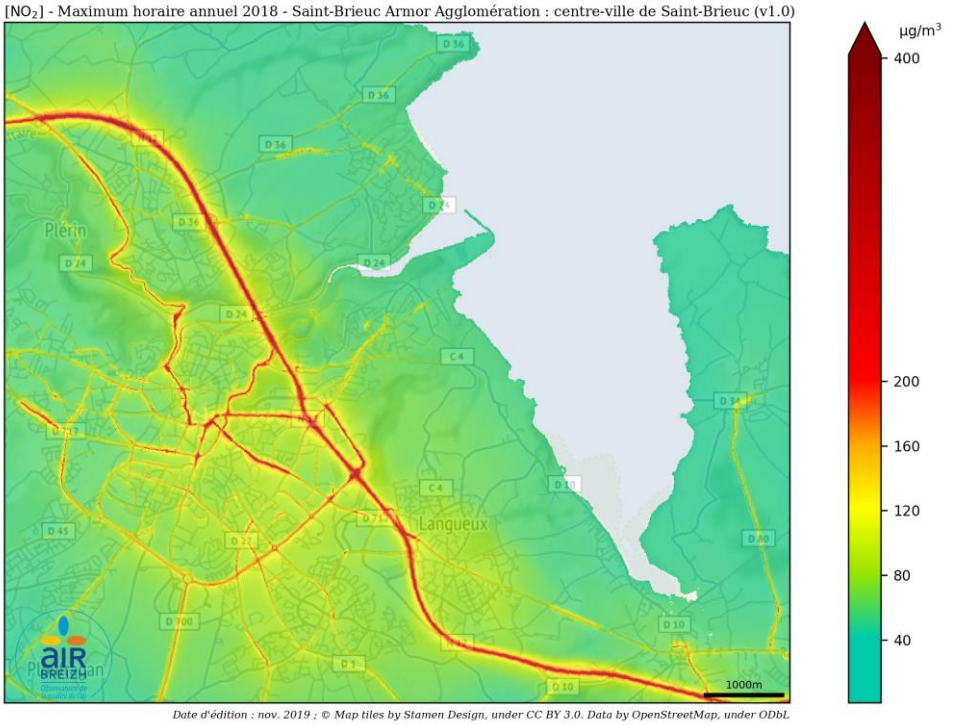
Date d'édition : nov. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[NO_2] - Maximum horaire annuel 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération (v1.0)



Date d'édition : fév. 2020 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[NO_2] - Maximum horaire annuel 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération : centre-ville de Saint-Brieuc (v1.0)

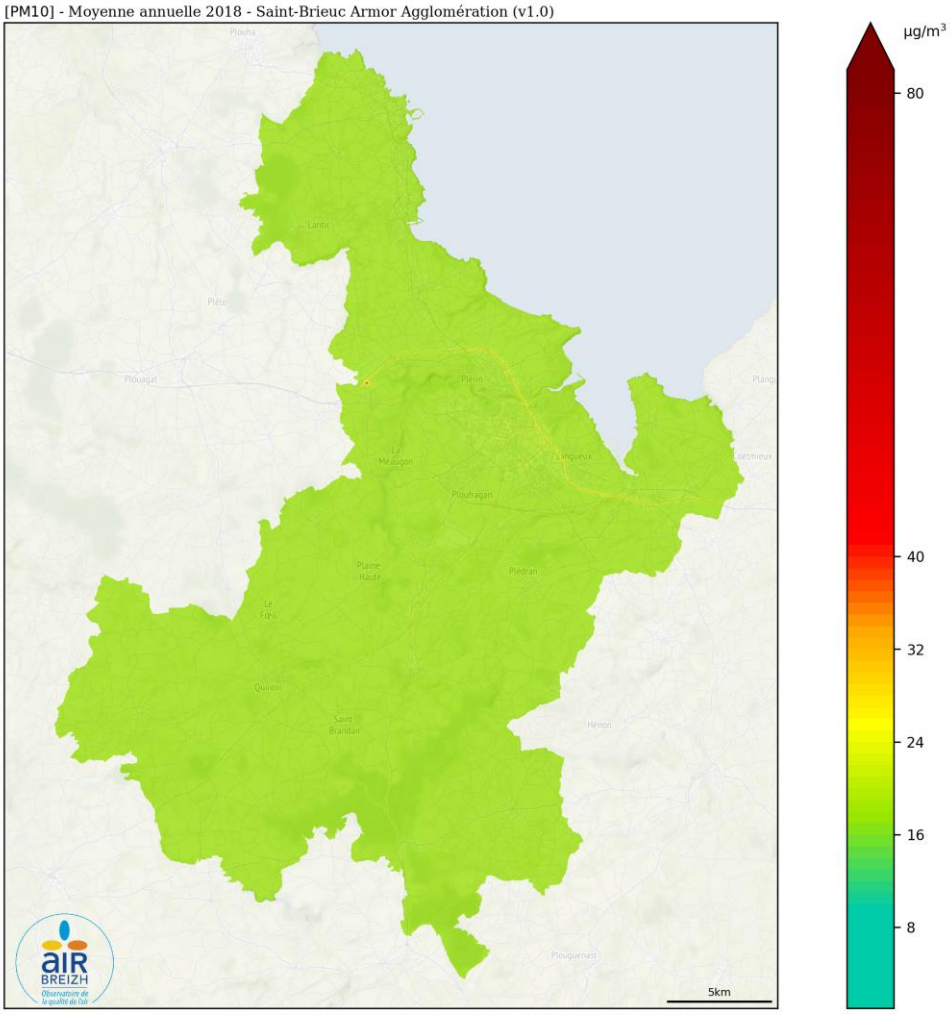


Date d'édition : nov. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR :

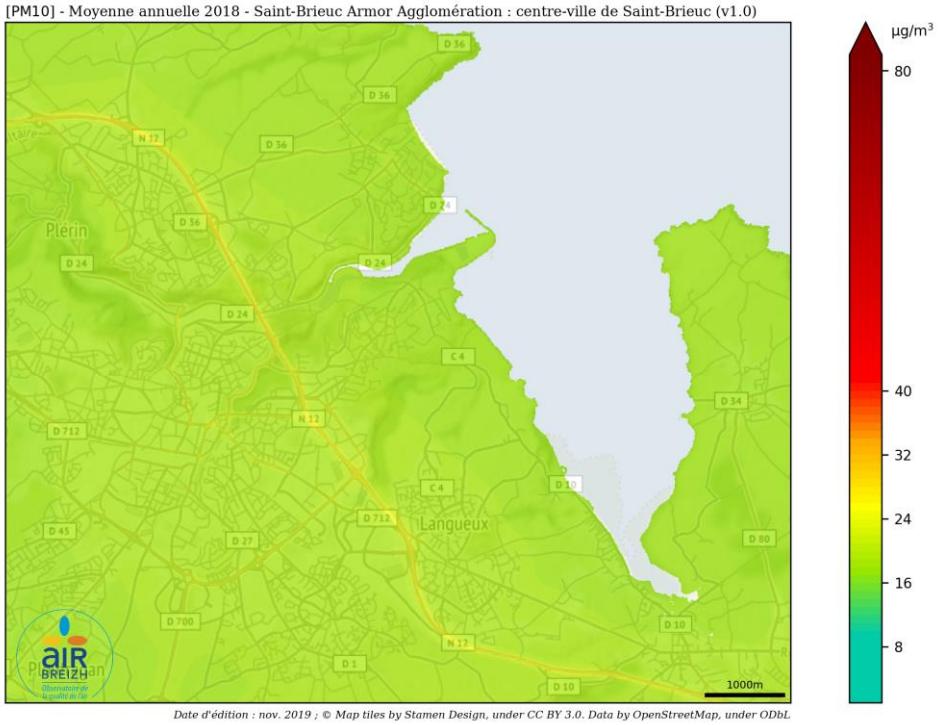
Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Saint-Brieuc Armor Agglomération

[PM10] - Moyenne annuelle 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération (v1.0)



Date d'édition : fév. 2020 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[PM10] - Moyenne annuelle 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération : centre-ville de Saint-Brieuc (v1.0)

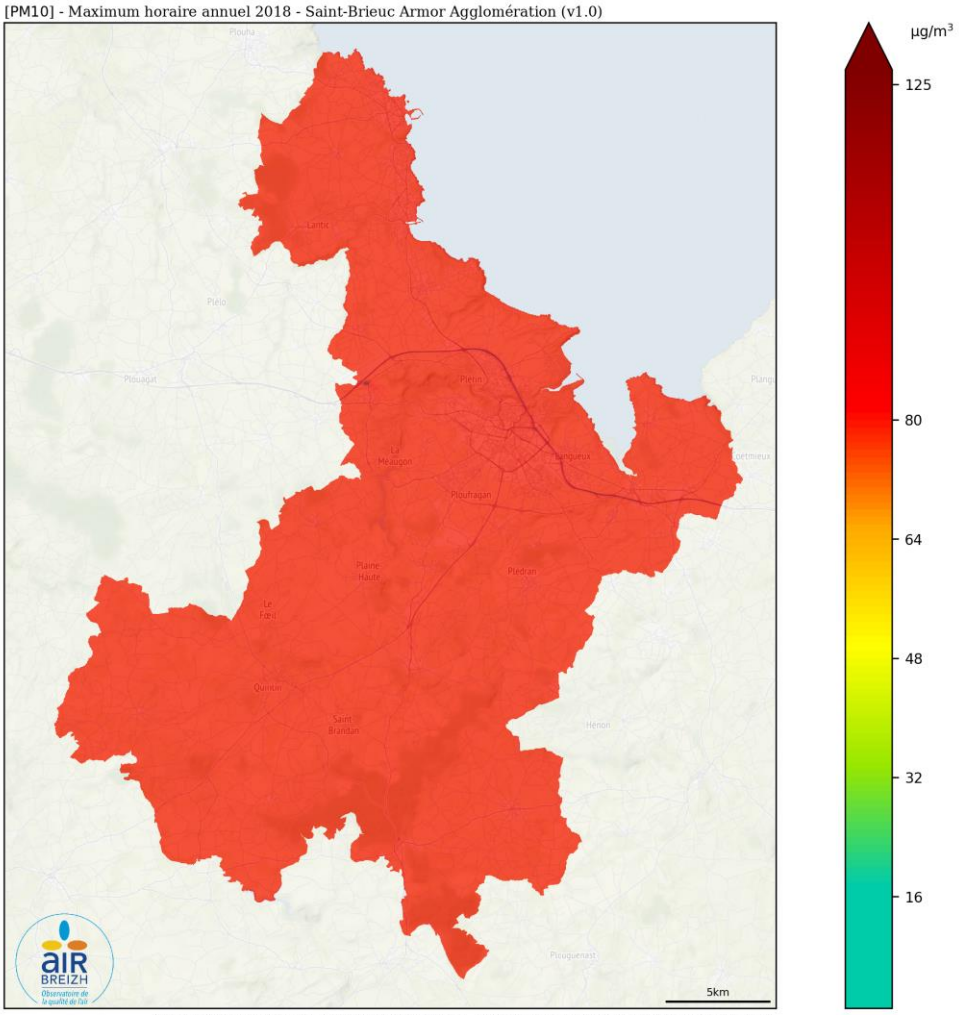


Date d'édition : nov. 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR :

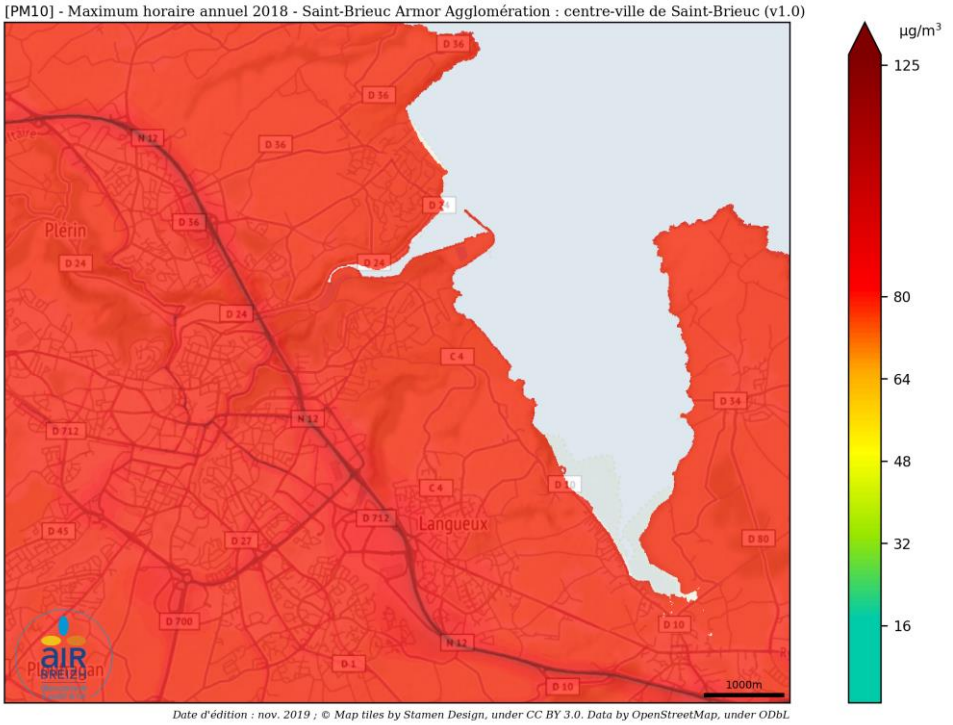
Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Saint-Brieuc Armor Agglomération

[PM10] - Maximum horaire annuel 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération (v1.0)



Date d'édition : fév. 2020 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[PM10] - Maximum horaire annuel 2018 - Saint-Brieuc Armor Agglomération : centre-ville de Saint-Brieuc (v1.0)



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

Air Breizh
L’observatoire régional de l’air

www.airbreizh.asso.fr

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