

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

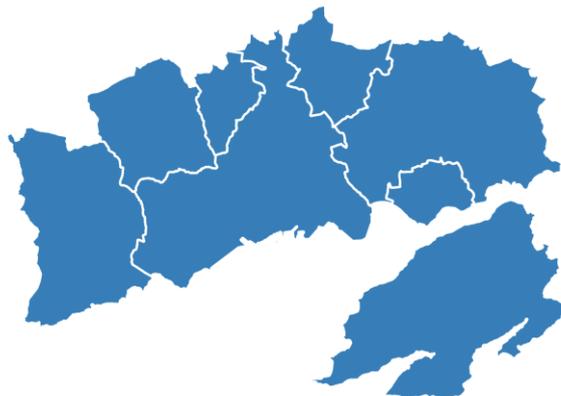
## ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

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

Période étudiée :  
1 janvier 2016 – 31 décembre 2018

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

*Version finale*



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

[www.airbreizh.asso.fr](http://www.airbreizh.asso.fr)



# ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR :

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

### Étude réalisée par Air Breizh

#### Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1<sup>er</sup> aout 2016 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/](http://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 (2019) *Modélisation et évaluation de la pollution atmosphérique à Brest Métropole, Modélisation urbaine.*

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

#### Organisation interne – contrôle qualité

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date
Simon Leray <i>(Chef de projet Modélisation/SIG)</i>	Manuel Chevé <i>(Ingénieur modélisation et numérique)</i>	Gaël Lefeuvre <i>(Directeur)</i>	Version finale mars 2019

## Sommaire

<b>I. <u>OBJET DE L'ETUDE : EVALUER L'EXPOSITION DES HABITANTS DE BREST METROPOLE A LA POLLUTION DE L'AIR</u></b>	<b>7</b>
<b>II. <u>LA ZONE D'ETUDE : BREST METROPOLE OCEANE</u></b>	<b>10</b>
II. 1. LA NOTION DE « ZONAGE »	10
II. 2. LES EMISSIONS DU TERRITOIRE DE BREST METROPOLE	12
<b>III. <u>REPERES REGLEMENTAIRES</u></b>	<b>14</b>
<b>IV. <u>LE MODELE SIRANE</u></b>	<b>16</b>
IV. 1. PRESENTATION GENERALE DE SIRANE	16
IV. 2. LAS APPLICATIONS DE SIRANE	16
IV. 3. LES SPECIFICITES DE SIRANE	16
IV. 4. LES LIMITES DE SIRANE	18
<b>V. <u>METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION D'UN MODELE URBAIN</u></b>	<b>19</b>
V. 1. CONTRAINTES LIEES A LA MODELISATION « HAUTE RESOLUTION »	20
V. 2. CONSTITUTION D'UN RESEAU DE RUES INTERCONNECTEES	20
V. 3. CALCUL DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC AUTOMOBILE	23
V. 4. MODULATION DU TRAFIC ROUTIER	24
V. 5. CADASTRAGE DES EMISSIONS - HORS ROUTIER - ISSUES DE L'INVENTAIRE DES EMISSIONS	25
V. 6. DETERMINATION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES	26
V. 7. DETERMINATION DE LA POLLUTION DE FOND ET DE PROXIMITE	27
V. 8. GRILLE ET POINTS RECEPTEURS DE CALCUL	29
<b>VI. <u>VALIDATION DU MODELE : COMPARAISON DU MODELE AVEC LES MESURES DE TERRAIN</u></b>	<b>30</b>
VI. 1. LOCALISATION DES STATIONS DE MESURE DU RESEAU DE SURVEILLANCE D'AIR BREIZH	30
VI. 2. VALIDATION NATIONALE DU MODELE SUR LA PERIODE ETUDIEE	31
VI. 3. ILLUSTRATION DE LA COMPARAISON HORAIRE MESURE / MODELE	32
<b>VII. <u>EXPOSITION DES HABITANTS DE LA METROPOLE A LA POLLUTION DE L'AIR</u></b>	<b>33</b>
VII. 1. METHODOLOGIE D'ELABORATION DES SYNTHESES PLURIANNUELLES	33
VII. 2. LE DIOXYDE D'AZOTE NO <sub>2</sub> : SYNTHESE 2016 – 2018	35
VII. 3. LES PARTICULES FINES PM10 : SYNTHESE 2016 – 2018	41
VII. 4. LES PARTICULES TRES FINES PM2.5 : SYNTHESE 2016 – 2018	46
<b>VIII. <u>« CARTE STRATEGIQUE AIR » : APPLICATION SUR BREST METROPOLE</u></b>	<b>50</b>
VIII. 1. ENJEUX ET OBJECTIF DE LA CSA	50
VIII. 2. LA CARTE STRATEGIQUE AIR DE BREST METROPOLE	52
VIII. 3. CARTES D'EXPOSITION DES LIEUX SENSIBLES A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	56
<b><u>ANNEXE 1 : COURRIER OFFICIEL DE LA DGEC CONCERNANT L'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR (OCTOBRE 2018)</u></b>	<b>58</b>
<b><u>ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIES DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE 2018</u></b>	<b>61</b>

### Figures

Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes.....	11
Figure 2: Géolocalisation et composition de Brest Métropole.....	11
Figure 3: Répartition des émissions de NO <sub>x</sub> , PM10 et PM2.5 sur le territoire.....	12
Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA).....	17
Figure 5: Illustration des volumes de rue-canyons dans SIRANE (source : ECL – LMFA).....	17
Figure 6: Description des volumes des rues (source : ECL – LMFA).....	18
Figure 7: Processus de création d'un modèle urbain.....	19
Figure 8: Réseau routier de Brest Métropole.....	20
Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »).....	21
Figure 10: Caractérisation des rues : « ouverte » ou « canyon ».....	22
Figure 11: Illustration des émissions d'oxydes d'azote NO <sub>x</sub> issues du trafic routier.....	23
Figure 12: Exemple des profils temporels horaires de la nationale N12.....	24
Figure 13: Cadastre des émissions annuelles 2014 de particules fines PM10.....	25
Figure 14: Conditions météorologiques globales.....	26
Figure 15: Illustration de la pollution de fond rurale comparée aux mesures urbaines.....	27
Figure 16: Estimation de la pollution de fond particulaire à partir de la modélisation régionale.....	28
Figure 17: Dispositif de surveillance implanté sur Brest Métropole.....	30
Figure 18: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot".....	31
Figure 19: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (Target-Plot).....	31
Figure 20: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile.....	32
Figure 21: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot).....	32
Figure 22: Illustration de la méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution.....	34
Figure 23: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> - Brest Métropole.....	36
Figure 24: Exposition chronique 2016-2018 au NO <sub>2</sub> - Brest Métropole.....	36
Figure 25: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> - Zoom sur la ville de Brest.....	37
Figure 26: Exposition chronique 2016-2018 au NO <sub>2</sub> – Zoom sur la ville de Brest.....	37
Figure 27: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO <sub>2</sub> - Zoom sur le centre-ville de Brest.....	38
Figure 28: Exposition chronique 2016-2018 au NO <sub>2</sub> – Zoom sur le centre-ville de Brest.....	38
Figure 29: Exposition au NO <sub>2</sub> en situation de pollution aigue pour l'année 2018.....	39
Figure 30: Identification des sources de pollution du NO <sub>2</sub> au niveau de la station DESMOULINS.....	40
Figure 31: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 - Brest Métropole.....	42
Figure 32: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 - Zoom sur la ville de Brest.....	42
Figure 33: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigue pour l'année 2018.....	43
Figure 34: Identification des sources de pollution des PM10 au niveau de la station DESMOULINS.....	44
Figure 35: Cartographies de dispersion 2017 des PM10 – Maxima horaires annuels modélisés.....	44
Figure 36: Exposition chronique 2016-2018 aux PM10 – Zoom sur la ville de Brest.....	45
Figure 37: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 - Brest Métropole.....	47
Figure 38: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 - Zoom sur la ville de Brest.....	47
Figure 39: Identification des sources de pollution des PM2.5 au niveau de la station MACE.....	48
Figure 40: Cartographies de dispersion 2017 des PM2.5 – Maxima horaires annuels modélisés.....	48
Figure 41: Exposition chronique 2016-2018 aux PM2.5 – Zoom sur la ville de Brest.....	49
Figure 42: Nombre de jours de dépassement de la valeur guide OMS pour les PM2.5.....	49
Figure 43: Carte Stratégique Air - Brest Métropole.....	53
Figure 44: Carte Stratégique Air - Zoom sur la ville de Brest.....	54
Figure 45: Carte Stratégique Air - Zoom sur le centre-ville de Brest.....	55
Figure 46: Carte Stratégique Air - Identification des lieux recevant du public sensible.....	56

### Tableaux

Tableau 1: Détail des zones administratives de surveillance (superficie et population).....	10
Tableau 2: Détail des centres urbains de la zone régionale (superficie et population).....	10
Tableau 3: Repères réglementaires.....	15
Tableau 4: Stations et polluants mesurés quotidiennement sur la métropole de Brest.....	30
Tableau 5: Définition des typologies de station dans le cadre du dispositif de surveillance.....	30
Tableau 6: Echelle de couleurs réglementaire nationale pour la modélisation.....	33
Tableau 7: Définition de l'échelle de couleurs à quatre niveaux de la Carte Stratégique Air.....	51
Tableau 8: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole brestoise à la pollution.....	57

### Glossaire

#### Unités de mesure

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramme ( $10^{-6}$ g) par mètre cube (d'air)
$\text{g}/\text{s}/\text{km}$	Gramme par seconde et par kilomètre

#### Polluants

NO	Monoxyde d'azote
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
NO <sub>x</sub> (NO + NO <sub>2</sub> )	Oxydes d'azote
O <sub>3</sub>	Ozone
PM10	Particules fines de diamètre inférieur à 10 microns ( $\mu\text{m}$ )
PM2.5	Particules fines de diamètre inférieur à 2.5 microns ( $\mu\text{m}$ )

#### Abréviations

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
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
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
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PLUi	Plan Local d'Urbanisme intercommunal
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
OQ / OLT	Objectif de Qualité / Objectif à Long Terme
ORSB	Observatoire Régional de Santé Bretagne
PAI	Points d'Activités et d'Intérêts
SIG	Système d'Information Géographique
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
UVE	Unité de Valorisation Énergétique
VC	Valeur Cible
VL	Valeur Limite
ZAG	Zone à risques – Agglomération
ZAR	Zones À Risques – hors agglomération
ZR	Zone Régionale

## I. Objet de l'étude : Evaluer l'exposition des habitants de Brest Métropole à la pollution de l'air

### Les enjeux de la pollution atmosphérique

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

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

**Les effets sanitaires ne surviennent pas uniquement lors des épisodes de pollution, l'exposition est aussi chronique.** La pollution de l'air touche également les zones rurales. Elle agit au niveau respiratoire et cardiovasculaire, mais également sur des troubles de la reproduction et du développement de l'enfant, des maladies endocriniennes ou encore neurologiques.

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

Améliorer la qualité de l'air, c'est ainsi contribuer à une amélioration de la qualité de vie et de la santé des citoyens.

### Le contexte de l'étude

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

En complément, dans le cadre de ses activités et de son Plan Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA), **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 aujourd'hui possible grâce aux techniques de simulation et 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 permet de répondre aux questions suivantes :

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

<sup>1</sup> Baromètre Santé-Environnement, ORSB 2014

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

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

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

Ces modélisations de la qualité de l'air dites à « haute résolution » seront réalisées sur les agglomérations bretonnes de plus de 100 000 habitants d'ici 2021. La définition « haute résolution » correspond à l'échelle d'un quartier.

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

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

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

### La métropole brestoise

La métropole brestoise est la seconde agglomération bretonne avec ses plus de 200 000 habitants, répartis dans les huit communes qui la compose. Elle inclut un important complexe portuaire avec notamment le 2<sup>ème</sup> port militaire français. Un dispositif de surveillance par le biais de la mesure est effectif depuis 1999. Trois stations de qualité de l'air mesurent en quasi temps-réel plusieurs polluants réglementés dans des situations urbaines de fond et de proximité automobile.

### Déroulement de l'étude

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

- La constitution d'une base de données nécessaire à la modélisation et l'analyse des données d'émission, météorologiques et de pollution de fond.
- L'application et la validation du modèle sur la métropole via une comparaison des résultats modélisés avec les données de terrain mesurées (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 la métropole, 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 se base sur les trois dernières années civiles (1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2018), afin de s'affranchir de conditions météorologiques exceptionnelles.

---

<sup>4</sup> INSEE 2016

### « 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 dans les projets d'urbanisme pendant les trois prochaines années (Plan de Déplacement Urbain (PDU), Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi), ...).**

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

## II. La zone d'étude : Brest Métropole Océane

### II. 1. La notion de « zonage »

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

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

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

**Ces zones de surveillance administratives pilotent le dispositif de surveillance de mesure 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 est l'agglomération de Brest Métropole Océane, cœur de la Zone Administrative de Surveillance (ZAS) du pays de Brest, dite « Zone À Risques » (ZAR). Cette dernière est représentée par la zone orange sur les figures page suivante.

La métropole Brestoïse est la seconde agglomération bretonne avec ces plus de 200 000 habitants, répartis dans les huit communes qui la compose : Brest, Plouzané, Guilers, Bohars, Gouenou, Guipavas, Le Relecq-Kerhuon et Plougastel-Daoulas.

**La métropole de Brest est le centre urbain de la ZAR du Pays de Brest. Elle représente 53% de la population de la ZAR, pour seulement 13% de son territoire.**

ZAS	Population et superficie			
	Superficie (km <sup>2</sup> ) (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 %
<b>dont Brest Métropole</b>	<b>218</b>	<b>13 %</b>	<b>207 210</b>	<b>53 %</b>

Tableau 1: Détail des zones administratives de surveillance (superficie et population)

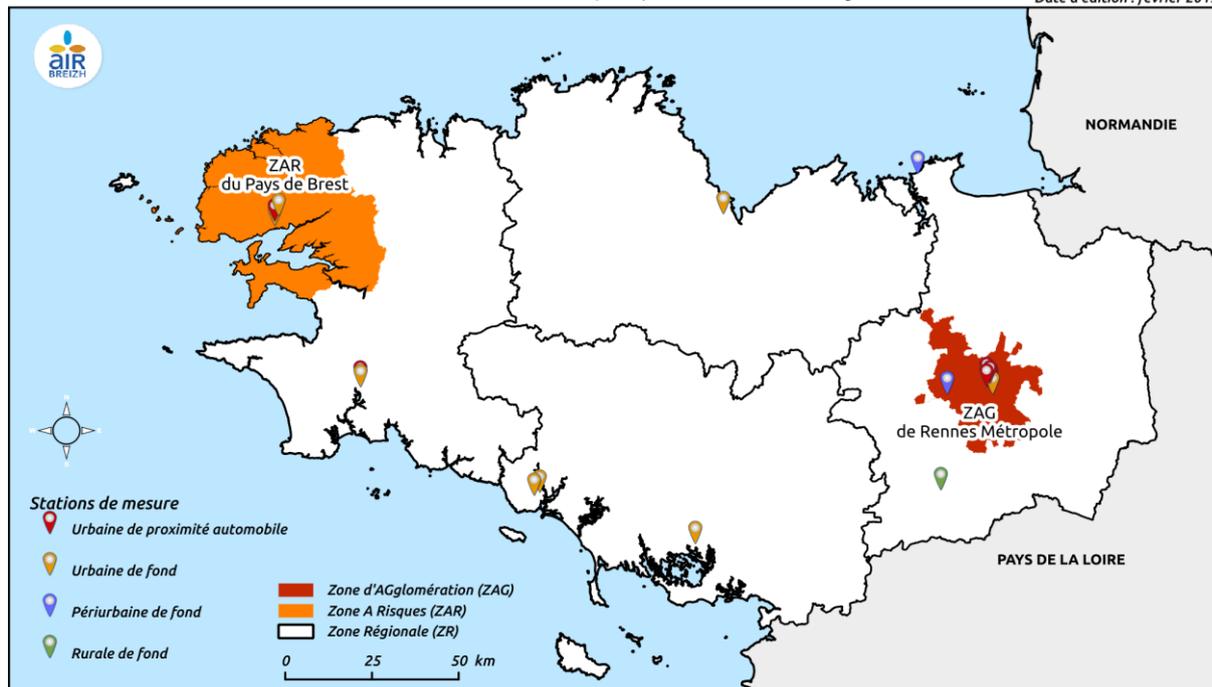
Centres urbains de la ZR – Bretagne	Population et superficie			
	Superficie (km <sup>2</sup> ) (INSEE)	% Superficie / ZR	Population (INSEE 2016)	% Population / ZR
CA Lorient Agglomération	739	3 %	201 024	8 %
CA du Golfe du Morbihan	807	3 %	163 178	7 %
CA Saint-Brieuc Agglomération Baie d'Armor	601	2 %	115 882	5 %
CA de Quimper Bretagne Occidentale	479	2 %	98 682	4 %
CA du Pays de Saint Malo	246	1 %	80 229	3 %
<b>Total des centres urbains de la ZR</b>	<b>3 795</b>	<b>14 %</b>	<b>1 292 707</b>	<b>27 %</b>

Tableau 2: Détail des centres urbains de la zone régionale (superficie et population)

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

Périmètre des Zones Administratives de Surveillance (ZAS) bretonnes au 1er janvier 2017

Date d'édition : février 2019



© IGN - ADMIN EXPRESS Edition 2018 ; Données Air Breizh

Figure 1: Découpage administratif des zones de surveillance bretonnes

Localisation de Brest Métropole dans la Zone A Risques de surveillance (au 1er janvier 2017)

Date d'édition : février 2019



© IGN - ADMIN EXPRESS Edition 2018 ; Données Air Breizh

Les huit communes de la métropole brestoise (au 1er janvier 2017)

Date d'édition : février 2019



© IGN - ADMIN EXPRESS Edition 2018 ; Données Air Breizh

Figure 2: Géolocalisation et composition de Brest Métropole

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

Les émissions utilisées dans cette étude proviennent de l'inventaire régional des émissions d'Airbreizh version 2.2, pour l'année de référence 2014, la plus récente disponible.

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

Les émissions de polluants de la métropole brestoise proviennent majoritairement du Transport et des bâtiments résidentiels (maisons, appartements) et tertiaires (zones commerciales, ...) du territoire :

- **NO<sub>x</sub>** : 75 % des émissions d'oxydes d'azote sont issues du Transport,
- **Particules fines** : Les sources de pollution particulaire (PM10 et PM2.5) sont principalement issues du transport routier et du chauffage urbain résidentiel et tertiaire.

L'activité agricole ressort moins qu'à l'échelle de la Bretagne compte tenu de l'urbanisation importante du territoire de Brest Métropole.

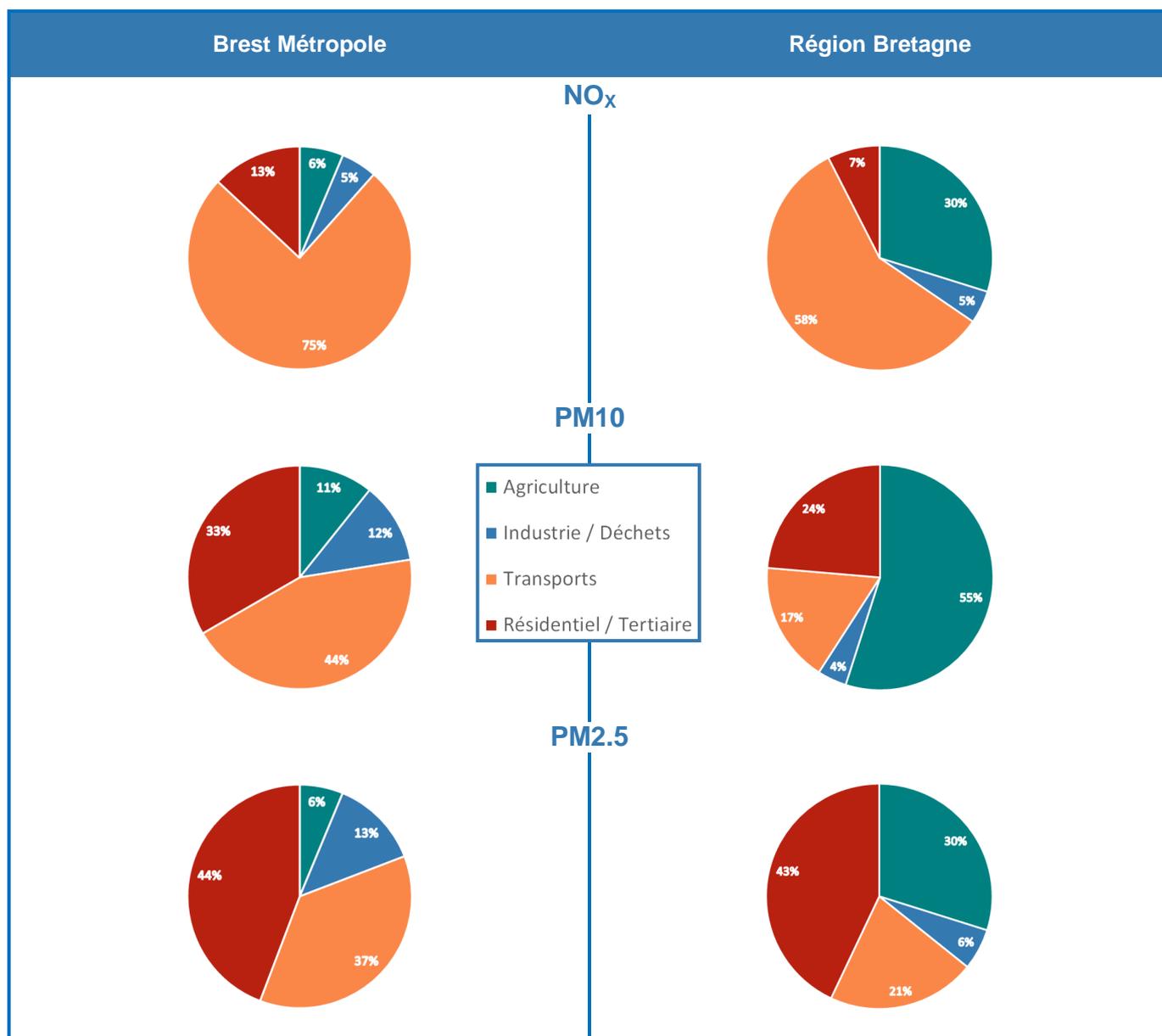


Figure 3: Répartition des émissions de NO<sub>x</sub>, PM10 et PM2.5 sur le territoire

### Zoom sur l'activité portuaire de Brest, 1<sup>er</sup> port de Bretagne

Les émissions issues des activités maritimes sont intégrées dans l'inventaire des émissions dans le secteur industriel (industries portuaires) et dans celui des transports, qui inclut entre autres les transports routier, aérien et maritime.

Le transport maritime se traduit principalement par les flux de bateaux. Les principaux bateaux recensés dans la rade de Brest sont :

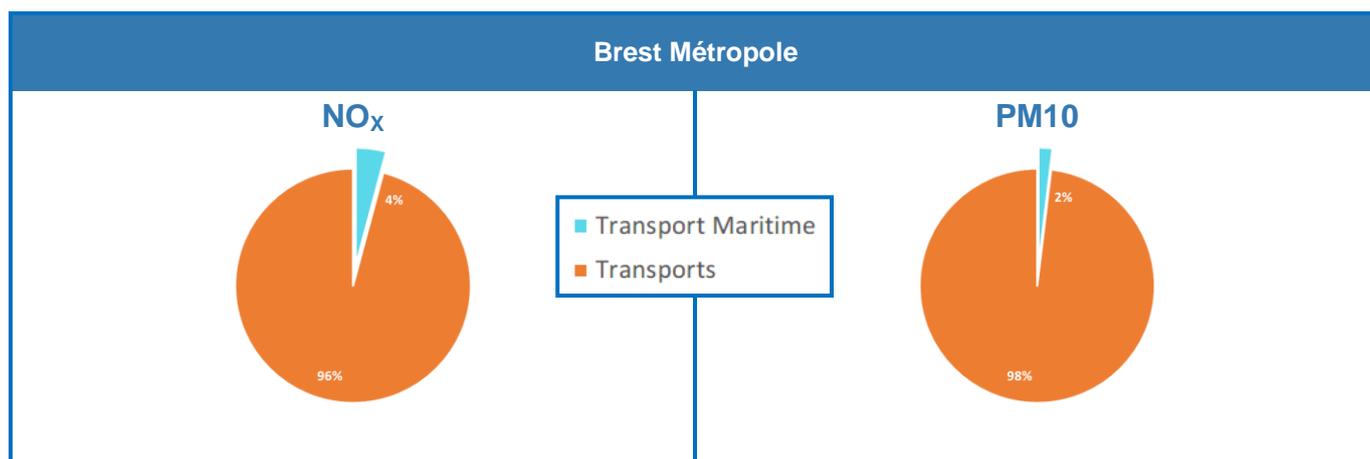
- des porte-conteneurs,
- des pétroliers et méthaniers,
- des vraquiers secs.

**Attention particulière** : Seules les manœuvres qui ont lieu dans le port de Brest (à quai) sont intégrées. **Ne sont pas connues ou non prises en compte dans l'inventaire** :

- Les phases de navigation en mer (non incluses dans le domaine modélisé),
- Les phases d'ancrage en mer,
- **L'activité maritime militaire.**

Les émissions connues du transport maritime du port de Brest représentent 4 % des émissions d'oxydes d'azote et 2% des émissions de PM10 du secteur des transports du territoire de Brest Métropole.

**Remarque** : L'estimation des émissions de PM2.5 issues du transport maritime n'est pas disponible dans la version 2.2 de l'inventaire. Ces émissions seront intégrées en 2020 dans la nouvelle version de l'inventaire régional (version 3.0).



### 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 références pour les polluants mesurés sont synthétisées dans le tableau page suivante.

Afin de comprendre le tableau, des éléments de contexte sont nécessaires :

#### Réglementation en vigueur

A 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.

#### 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) recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation.

Polluants	Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur Décrets N°98-360, 2002-2113, 2003-1479, 2007-1479, 2008-1152, 2010-1250 Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE			Seuils des procédures d'alerte en air extérieur en vigueur Procédures préfectorales ...		Valeurs guides OMS (2006)
	Valeurs limites	Valeurs cibles	Objectifs de qualité	Seuil IR	Seuil Alerte	
Dioxyde d'azote <b>NO<sub>2</sub></b>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>200 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de <b>18 heures/an</b></p>	-	-	<p><b>200 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire</p>	<p><b>400 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire</p>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Particules en suspension <b>PM10</b>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de <b>35 jours/an</b></p>	-	<p><b>30 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière</p>	<p><b>80 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière</p>	<p><b>20 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de <b>3 jours/an</b></p>
Particules en suspension <b>PM2.5</b>	<p><b>25 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><b>20 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><b>10 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><i>Non inclus dans la procédure préfectorale</i></p>	<p><i>Non inclus dans la procédure préfectorale</i></p>	<p><b>10 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>25 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de <b>3 jours/an</b></p>

Tableau 3: Repères réglementaires

### IV. Le modèle SIRANE

#### IV. 1. Présentation générale de SIRANE

Le modèle SIRANE est développé depuis une quinzaine d'année par l'équipe AIR - Atmosphere, Impact & Risk du Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL). SIRANE est aujourd'hui utilisé dans plus de 10 villes en France et en Europe : Paris, Lyon, Grenoble, St-Etienne, Valence, Chambéry, Annecy, Limoges, Rouen, Le Havre, Milan ou Turin.

**SIRANE est un logiciel de modélisation de la dispersion des polluants en milieu urbain, adapté à l'échelle d'un quartier ou d'une agglomération.** Compte tenu des phénomènes physiques pris en compte, le logiciel 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.

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).

**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

Les applications de SIRANE concernent l'étude des conséquences de 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 logiciel SIRANE permet de prendre en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants en milieu urbain. Une distinction de deux phénomènes est réalisée :

- **Ce qui se passe au niveau des rues dans la « canopée urbaine » :** Modèle de « canopée urbaine » à partir d'une approche de réseau de rues :
  - ✓ Rues canyons avec confinement des polluants entre les bâtiments,
  - ✓ Echanges de polluants au niveau des intersections des rues,
- **Ce qui se passe au-dessus des toits dans « l'atmosphère libre » :** Modèle de dispersion à bouffée gaussienne au-dessus de la canopée urbaine.

Un modèle d'échange entre la canopée urbaine et l'atmosphère libre extérieure au-dessus du niveau des toits est également implémenté dans SIRANE.

Un Pré-processing météorologique et une caractérisation de la stabilité atmosphérique est effectuée pour chaque pas de temps horaire modélisé :

- Simulation de la structure verticale de la couche limite via les paramètres météorologiques principaux (vitesse, température, turbulence),
- Paramétrage continu de la dispersion turbulente,

Une modélisation de certains processus physico-chimiques connus ayant lieu dans l'atmosphère est aussi prise en compte :

- ✓ Transformations chimiques du cycle de Chapman  $\text{NO}-\text{NO}_2-\text{O}_3$ ,
- ✓ Transport et dépôts de particules (dépôt sec),
- ✓ Lessivage des particules par la pluie (dépôt humide).

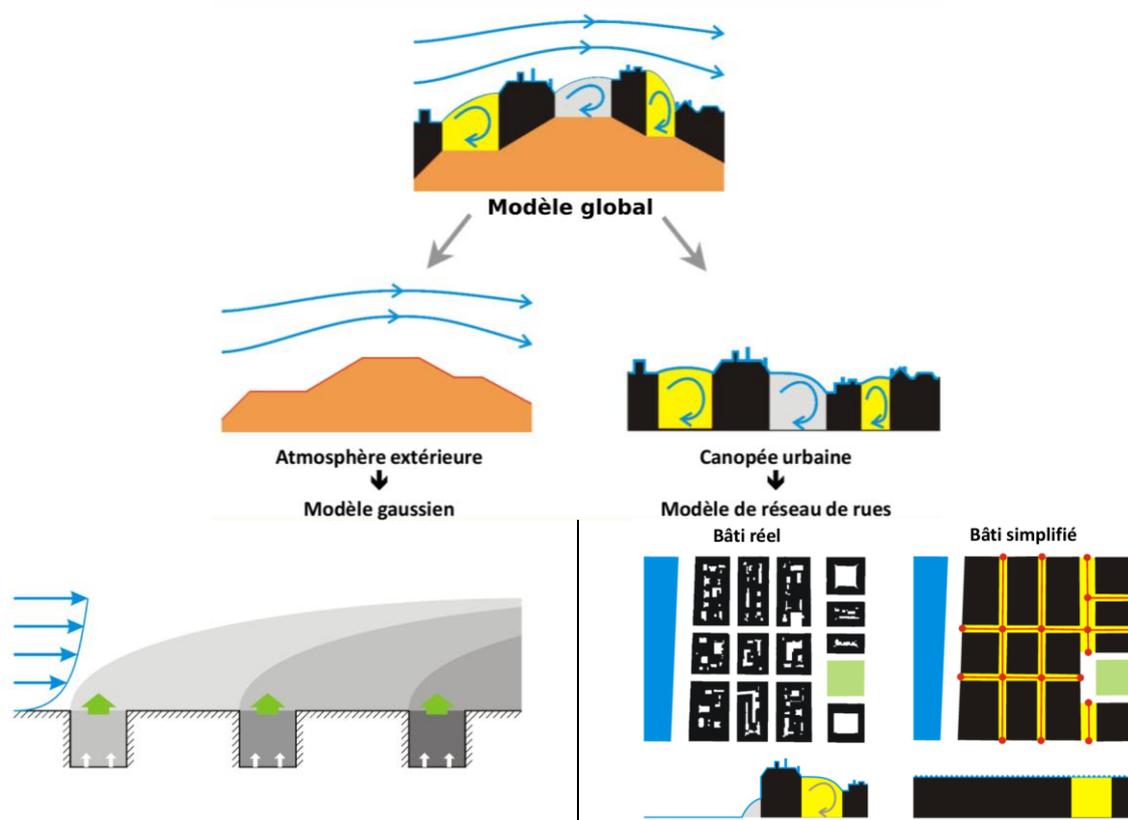


Figure 4: Modèle conceptuel du fonctionnement de SIRANE (source : ECL – LMFA)



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

Afin de concrétiser ce modèle conceptuel, SIRANE utilise un grand nombre de données d'entrée :

- **Un Réseau de rues interconnectées** comprenant les caractéristiques de ces dernières,
- 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 ».

#### IV. 4. Les limites de SIRANE

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

- 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).

En raison des hypothèses suivantes, **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 : 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.

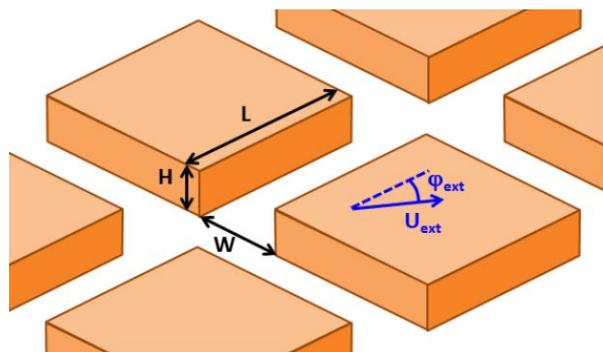


Figure 6: Description des volumes des rues  
(source : ECL – LMFA)

Ainsi, **SIRANE est un outil "opérationnel", qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées capables de représenter de manière réaliste ces différents phénomènes.**

### V. Méthodologie de construction d'un modèle urbain

Le processus de création d'une plate-forme de modélisation nécessite un nombre conséquent de données d'entrée :

- Un réseau de rues interconnectées,
- Des émissions linéiques associées à ce réseau de rues optimisé,
- Un cadastrage des émissions – hors routier – sur la zone modélisée en tant que source ponctuelle pour les industries majeures du territoire et source surfacique pour les émissions des autres secteurs d'activité,
- Les conditions météorologiques sur le domaine modélisé 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.



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 fine échelle (SIRANE) nécessitent un réseau routier optimisé :

- le réseau routier ne doit pas être exhaustif mais 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 découpe pas les habitations.

#### Le calcul d'exposition de la population

Le calcul d'exposition de la population s'appuie sur la base de données « MAJIC », 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 méthodologie implique une précision à l'échelle du bâtiment. La population habitant dans le bâtiment touché par un dépassement de valeur limite (zone > 100 % de VL) est ensuite ventilée en fonction de la surface du bâtiment impactée par le dépassement.

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 NO<sub>2</sub>, émis principalement par le trafic routier.

#### Les préconisations du LCSQA

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

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

Sur la base de préconisations du LCSQA, le réseau de rues a été élaboré à partir du réseau viaire BD TOPO de l'agglomération de Brest Métropole. Le réseau de route a été simplifié et optimisé pour le besoin de la modélisation.

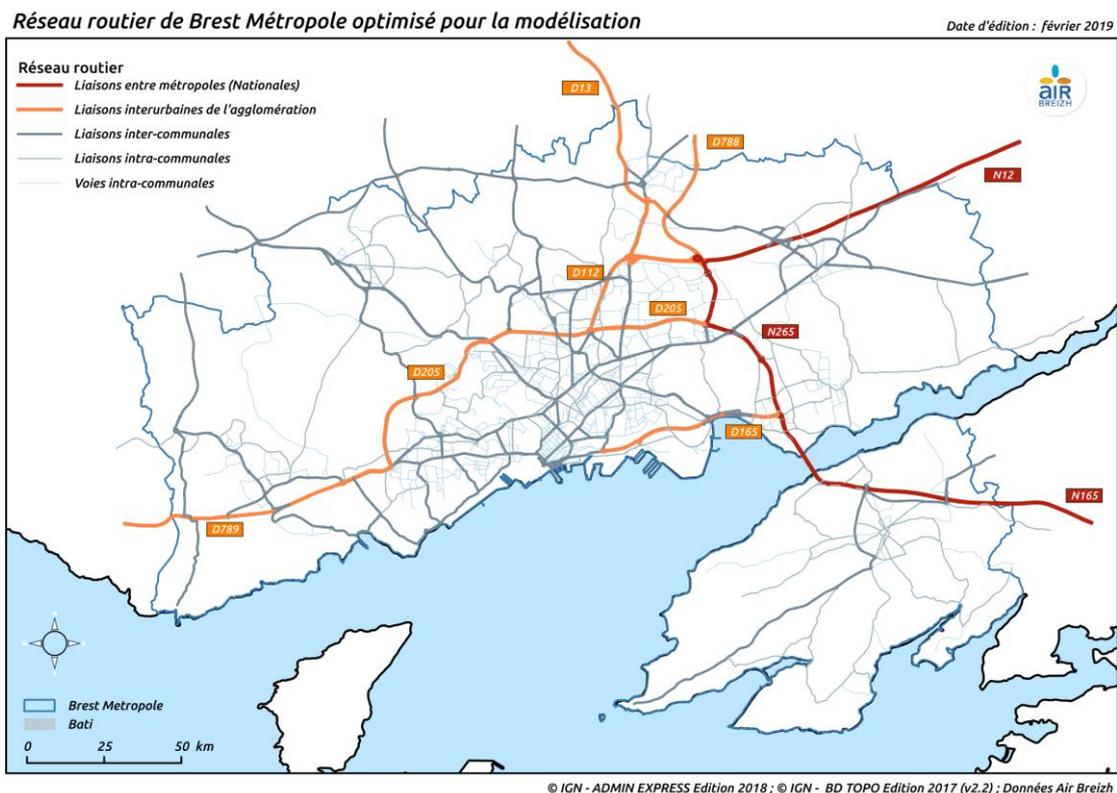


Figure 8: Réseau routier de Brest Métropole

Détermination des caractéristiques des rues : longueur L, largeur W et hauteur H

Une fois le réseau SIRANE constitué, les caractéristiques géométriques de chaque tronçon routier ont été déterminées afin de modéliser correctement le confinement des polluants entre les bâtiments :

- la longueur L des tronçons est définie par leur objet géométrique (linéaire),
- la largeur moyenne W des tronçons est obtenue à partir des informations stockées dans le réseau routier de la BD TOPO,
- la hauteur moyenne H des bâtiments qui bordent le réseau de rues est calculée en prenant en compte la moyenne des hauteurs de bâtiments bordant chaque tronçon routier (opération réalisée à partir de la BD TOPO avec des outils SIG).

#### Les types de rues définies dans SIRANE

En plus de la hauteur moyenne de bâti, une rue doit être caractérisée par un attribut supplémentaire permettant de distinguer deux types de géométries :

- le **type « canyon »** qui correspond à une situation de confinement du tronçon avec des bâtiments de chaque côté,
- le **type « ouvert »** qui correspond aux rues en zone dégagée (places larges, rues non bordées ou bordées d'un seul côté ...).

**NB** : La notion du « rue » est utilisée ici par simplification. Le réseau viaire de rue de la BD TOPO est décomposé en tronçons routiers. Chaque tronçon doit faire l'objet de ce travail.

#### 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 :

- Les rues présentant une hauteur moyenne nulle à gauche ou à droite sont considérées « ouvertes » (cas d'une rue semi-bordée). Exemple : Tronçon routier de la rue Yves Collet en centre-ville de Brest, bordé par des bâtiments d'un côté et par le cimetière de Saint-Martin de l'autre.
- Les rues pour lesquelles la largeur W est supérieure à trois fois la hauteur moyenne de bâti H, soit un rapport  $W/H > 3$  (équivalent à  $W > 3H$ ), sont considérées « ouvertes ». Exemple : Avenue Foch en centre-ville de Brest, en bordure du Lycée-Collège de l'Harteloire.
- Toutes les autres rues (rapport  $W/H < 3$  et bordées de bâtiments des deux côtés) sont considérées « canyons ». Exemple : Rue Victor Hugo en centre-ville de Brest.

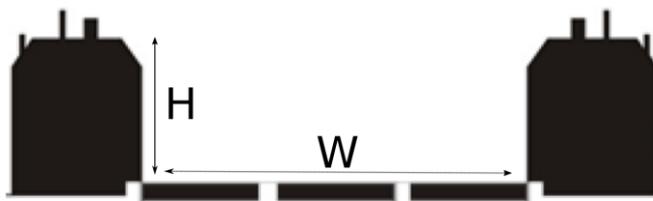


Figure 9: Critère de détermination des rues (« ouverte » ou « canyon »)

#### Validation du réseau de rues

Cette sélection est alors validée et affinée par une comparaison des résultats (visualisés grâce à un logiciel SIG) avec les photos aériennes disponibles.

**Le réseau obtenu compte finalement 18908 tronçons routiers dont 669 de type "canyon", soit 3.5% du réseau de rue de la métropole** représenté sur la figure page suivante. **Les rues de type "ouvert" prédominent largement dès que l'on s'éloigne du centre-ville.**

#### Constitution du réseau de rues secondaire

Les émissions des tronçons routiers non sélectionnés dans le réseau de rues de SIRANE (voies intra-communales restantes d'importance mineure, où TMJA < ~300 véhicules) ont été intégrées en tant que source surfacique lors du cadastrage des émissions – hors routier – de l'inventaire régional d'Air Breizh.

### Identification des rues de type "canyon" (bordées de bâtiments)

Date d'édition : février 2019

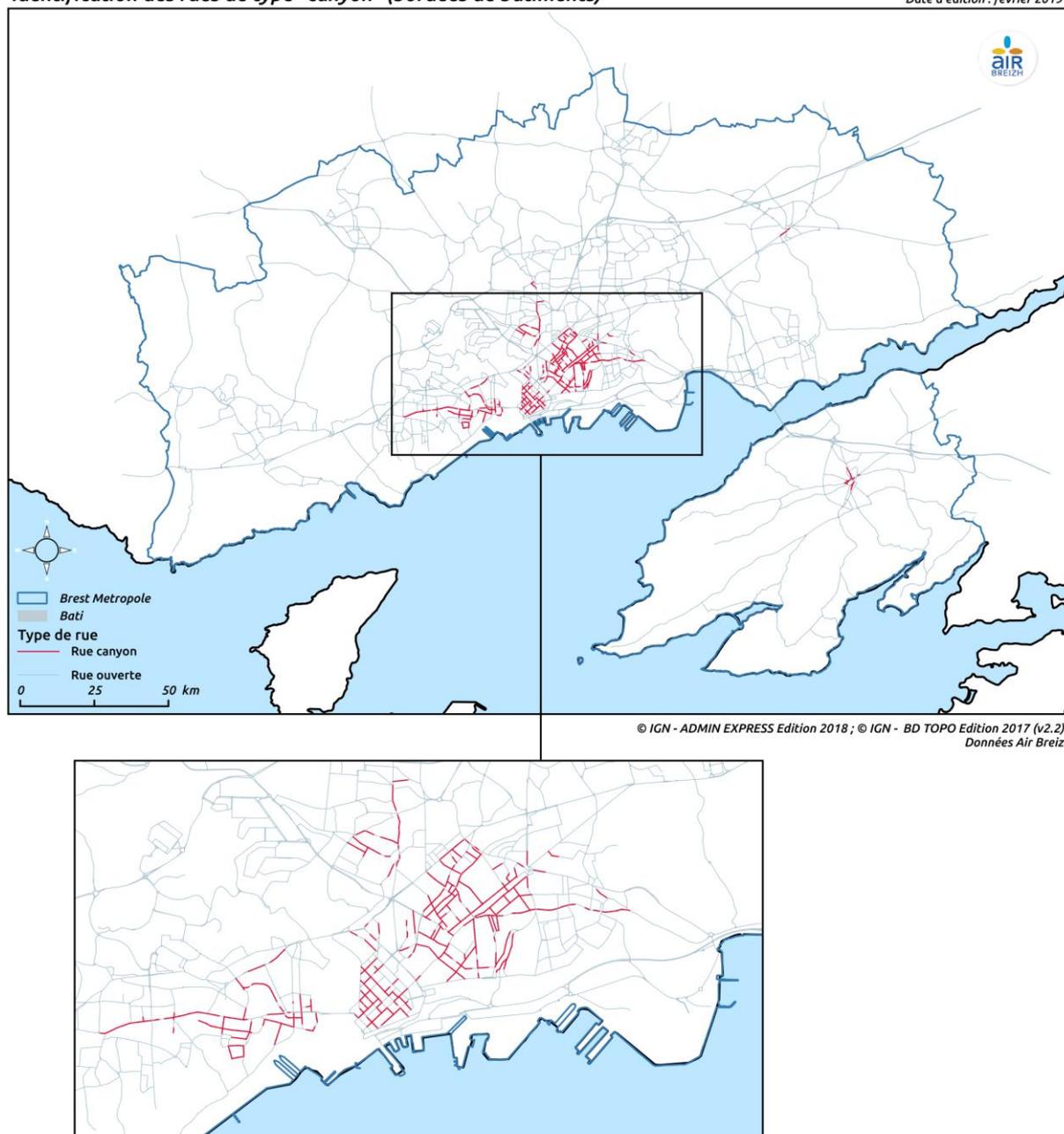


Figure 10: Caractérisation des rues : « ouverte » ou « canyon »

### V. 3. 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 du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) a été réalisé via le logiciel Circul'Air 4.0 en utilisant la méthodologie COPERT V 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 Brest Métropole 2018 :

- 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

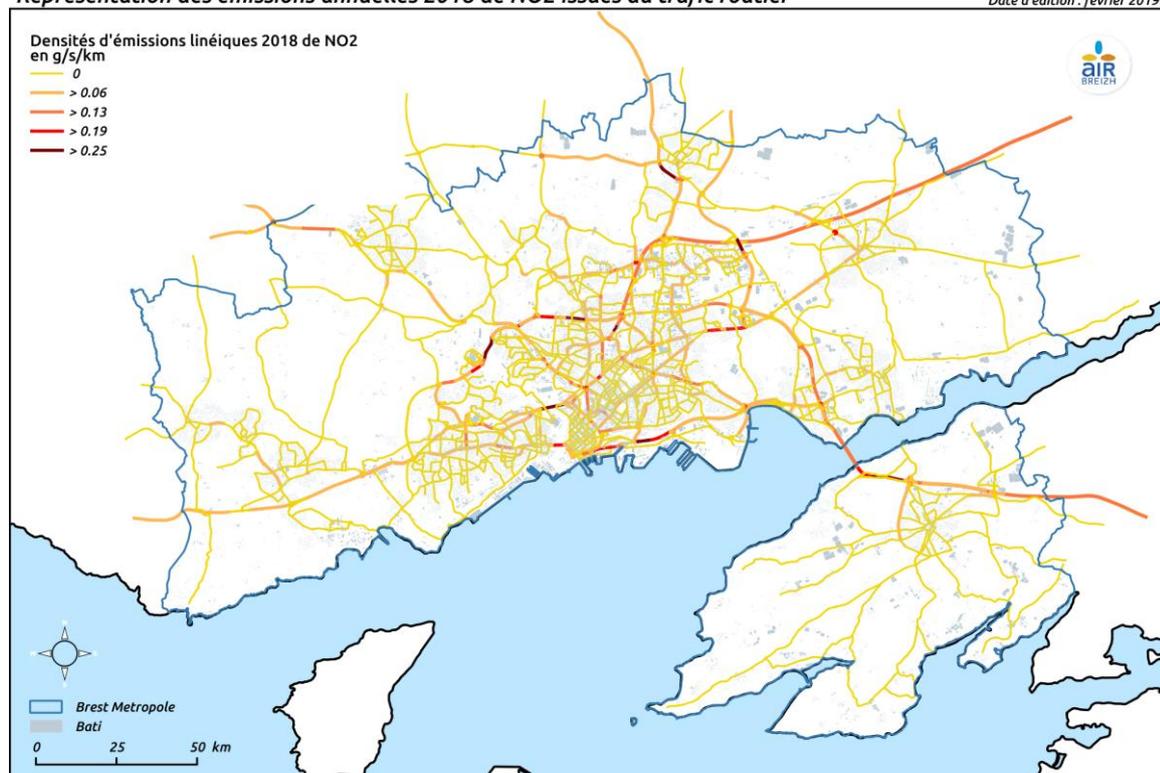
Les paramètres géométriques nécessaires tels les longueurs des tronçons, leur largeur (nombre de voies sur la chaussée), leur sens de circulation (direct, indirect ou double) et leur pente sont fournis par la BD TOPO de l'IGN.

#### Parc automobile de véhicule

**Le parc automobile utilisé correspond à l'année de référence 2016** (parc automobile national le plus récent disponible issu du CITEPA).

#### Représentation des émissions annuelles 2018 de NO<sub>2</sub> issues du trafic routier

Date d'édition : février 2019



© IGN - ADMIN EXPRESS Edition 2018 ; © IGN - BD TOPO Edition 2017 (v2.2) ; Données Air Breizh

Figure 11: Illustration des émissions d'oxydes d'azote NO<sub>x</sub> issues du trafic routier

### V. 4. 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. Il faut donc considérer le débit de véhicules adéquat à chaque pas de temps horaire simulé par SIRANE.

Les profils temporels utilisés pour la répartition des trafics moyens journaliers annuels (TMJA) proviennent de postes de comptage permanents implantés en 2013 et 2015 dans la Métropole Brestoïse au niveau de routes nationales (N12 reliant Brest à Saint-Brieuc et N265 reliant la N12 et la N165) et départementales (pénétrantes D112 et boulevard ceinture D205).

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 :

$$\text{Coefficient } C(m,j,h) = \text{coef}(m) * \text{coef}(j, h)$$

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-août) et non estivale (le reste de l'année).

Ainsi, il est possible de modéliser le trafic d'une année entière (débit de véhicule) à partir de la répartition précédemment déterminée.

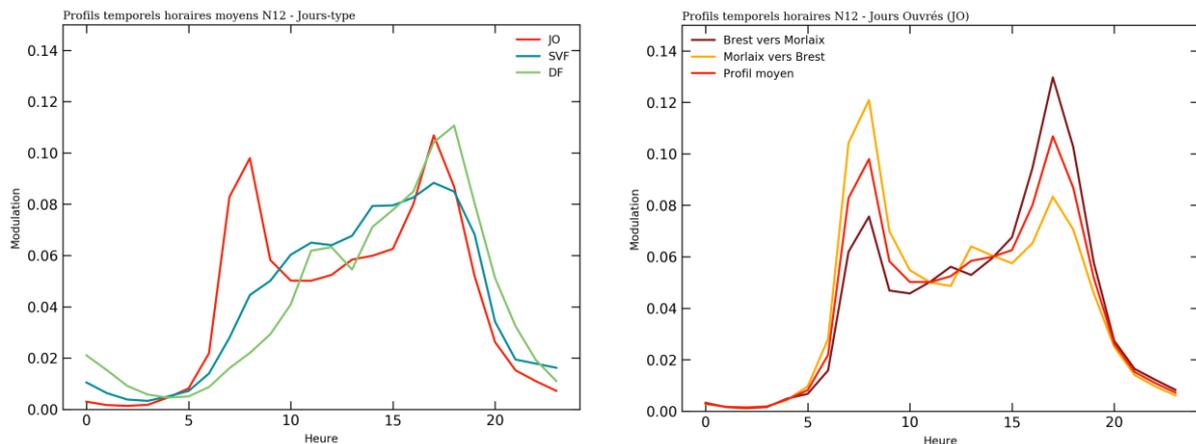


Figure 12: Exemple des profils temporels horaires de la nationale N12

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

- Neuf profils de modulation sont appliqués pour l'ensemble des rues (7 profils pour les nationales, 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). Mais une modulation horaire sur chacun des tronçons du réseau se serait avérée trop lourde à mettre en place.
- La modulation est appliquée directement aux émissions, sans tenir compte de l'effet sur la vitesse des véhicules (une baisse de trafic pouvant engendrer une augmentation de la vitesse moyenne des véhicules, par exemple).

### V. 5. Cadastrage des émissions - hors routier - issues de l'inventaire des émissions

#### Cadastrage de l'inventaire des émissions 2014 (v2.2)

Les émissions communales des autres secteurs d'activités (hors routier) ont été spatialisées à partir de la nature des sols (zones résidentielles, zones industrielles, zones commerciales, zone portuaire, ...). Ces données sont fournies par la base de données Corine Land Cover (CLC Edition 2012).

- Une zone identifiée comme étant du bâti résidentiel se voit attribuée en fonction de sa surface un volume d'émissions issu du secteur Résidentiel (chauffage urbain)
- Une zone identifiée comme étant des terrains agricoles se voit attribuée en fonction de sa surface un volume d'émissions issues du secteur de l'Agriculture, ...

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) de Brest Métropole ont été extraites du cadastre puis intégrées séparément en tant que source ponctuelle. Le module de source ponctuelle de SIRANE permet de modéliser la surélévation des panaches due aux cheminées.

Les émissions ponctuelles industrielles se basent sur les déclarations officielles d'émissions 2016, année de référence la plus récente disponible. Six industriels soumis à déclaration sont implantés sur le territoire. Parmi ces six sources, trois sites ont déclarés émettre des émissions d'oxydes d'azote et/ou de particules fines :

- L'Unité de Valorisation Energétique « UVE » et la chaufferie biomasse du Spennot,
- L'usine de soja et d'huile de colza CARGILL installée sur le port de Brest.

Les émissions des autres sources ont été estimées dans l'inventaire puis intégrées dans le cadastre.

Le cadastrage des émissions de PM10, illustré ci-après, met en évidence l'impact du chauffage résidentiel et tertiaire, source principale de particules fines avec le transport routier. En effet, les émissions de PM10 sont maximales dans les centres urbains de Brest et des autres communes de l'agglomération. L'impact des embruns marins (sels de mer) et des activités agricoles sur les émissions de particules fines sont aussi observables sur cette cartographie.

Représentation des émissions annuelles 2014 de PM10 issues du cadastre des émissions - hors routier

Date d'édition : février 2019

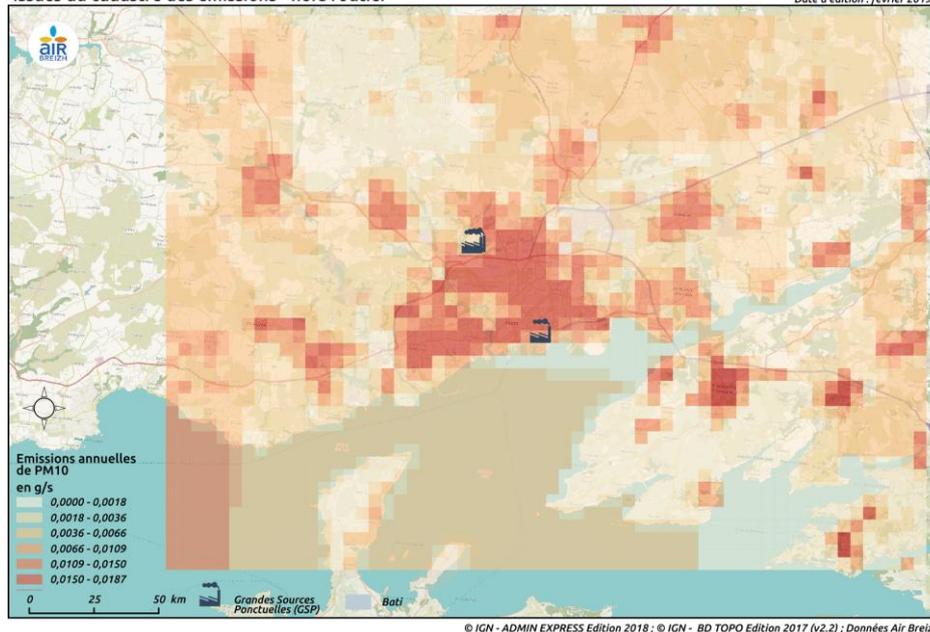


Figure 13: Cadastre des émissions annuelles 2014 de particules fines PM10

#### 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 chauffe et des conditions météorologiques observées sur la période d'étude. Concernant les sources ponctuelles, leurs émissions ont été considérées constantes dans le temps (les périodes d'arrêt d'usine ne sont pas en compte dans la modélisation).

### V. 6. 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 Guipavas. En cas d'absence de données, 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 Guipavas)

Les vitesses de vent inférieures à 1 m/s (vent considéré comme calme et non suffisant pour obtenir des mesures météorologiquement fiables) ont été supprimées des calculs. Elles représentent 2.6 % des mesures (693 données horaires sur 26 304). Les pas de temps horaires non connus sur la période 2016 – 2018 représentent 10.4% des mesures (2 743 données horaires sur 26 304).

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

Les vents ont été majoritairement de quart Sud-Ouest, puis de Nord-Est. Environ 10% des vents ont été enregistrés à vitesse supérieure à 8 m/s (>30 km/h).

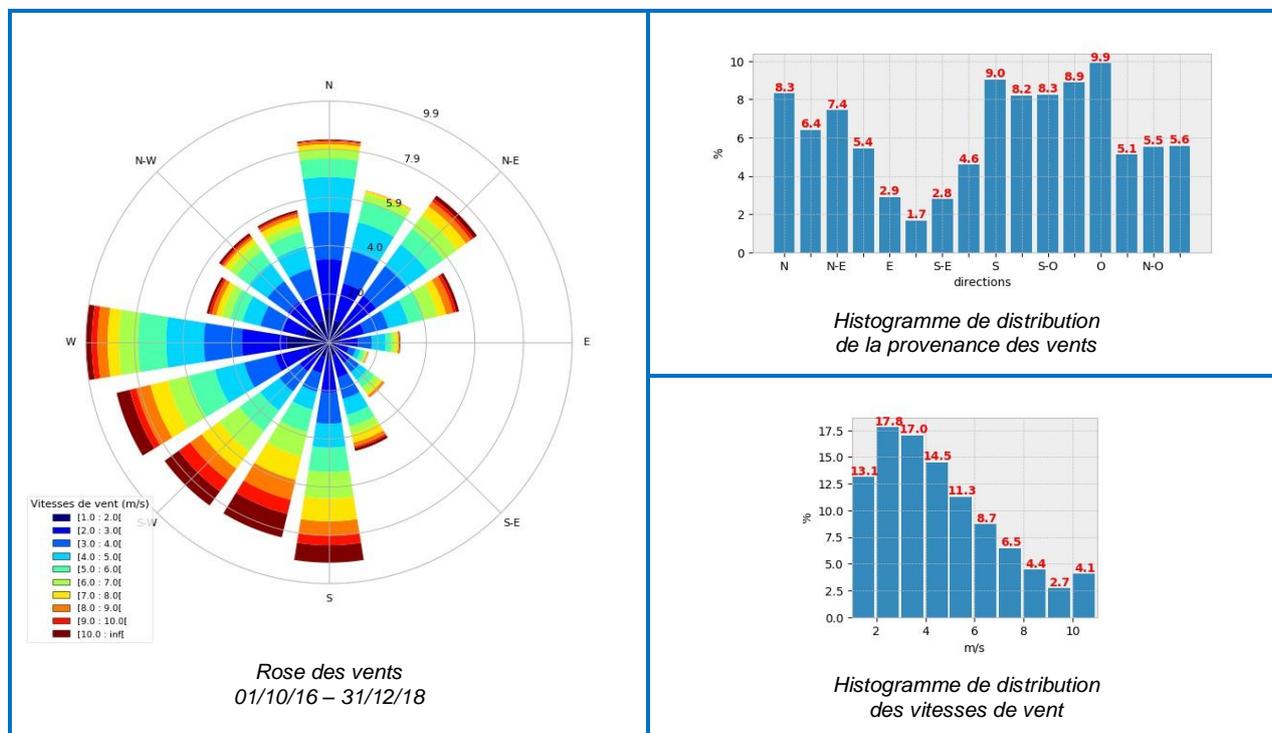


Figure 14: Conditions météorologiques globales

### V. 7. Détermination de la pollution de fond et de proximité

Le calcul de la concentration effectué par le modèle SIRANE prend en compte la concentration de fond, et ajoute la contribution due à la dispersion des émissions (ponctuelles, linéiques et surfaciques). **Cette concentration de fond est supposée uniforme sur l'ensemble du domaine d'étude.** Ainsi, les données de fond implémentées dans le modèle doivent être de typologie rurale et d'influence de fond. La prise en compte de capteurs implantés dans des zones urbaines surévaluerait les concentrations.

**Attention particulière :** La typologie rurale de fond est ici opposée à la typologie urbaine de fond. Elle correspond à la pollution de fond résiduel en dehors du centre urbain.

Le dispositif de surveillance d'Air Breizh dispose d'une station rurale de fond, implantée sur la commune de Guipry-Messac en Ile-et-Vilaine. Elle mesure le couple  $\text{NO}_x - \text{O}_3$  nécessaire pour modéliser le dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  ainsi que les particules fines  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2.5}$ . 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 résiduelle de leur territoire (stations implantées dans les départements de Mayenne, de la Vendée et de l'Orne).

#### $\text{NO}_x - \text{Ozone}$ : Pollution de fond rurale extraite de capteurs

Les oxydes d'azote  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) 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  $\text{NO}_2$  est gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il est formé à partir du  $\text{NO}$  et d'oxydants tels que l'ozone  $\text{O}_3$  et le dioxygène  $\text{O}_2$  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  $\text{NO}_x$  sont généralement très faibles au regard de la réglementation européenne. A l'inverse, les niveaux d'ozone sont maximums en situation de fond rural, le puits azoté étant minoritaire.

La constitution de la pollution de fond pour le couple  $\text{NO}_x - \text{O}_3$  a été élaborée de la façon suivante :

- **$\text{NO}_2$**  : Minimum horaire mesuré entre les stations rurales de fond du grand Ouest (région Normandie, Pays de la Loire et Bretagne).
- **$\text{O}_3$**  : Maximum horaire mesuré entre les stations rurales de fond du grand Ouest (région Normandie, Pays de la Loire et Bretagne).

Cette méthode permet également d'obtenir des mesures pour chaque pas de temps horaire étudié.

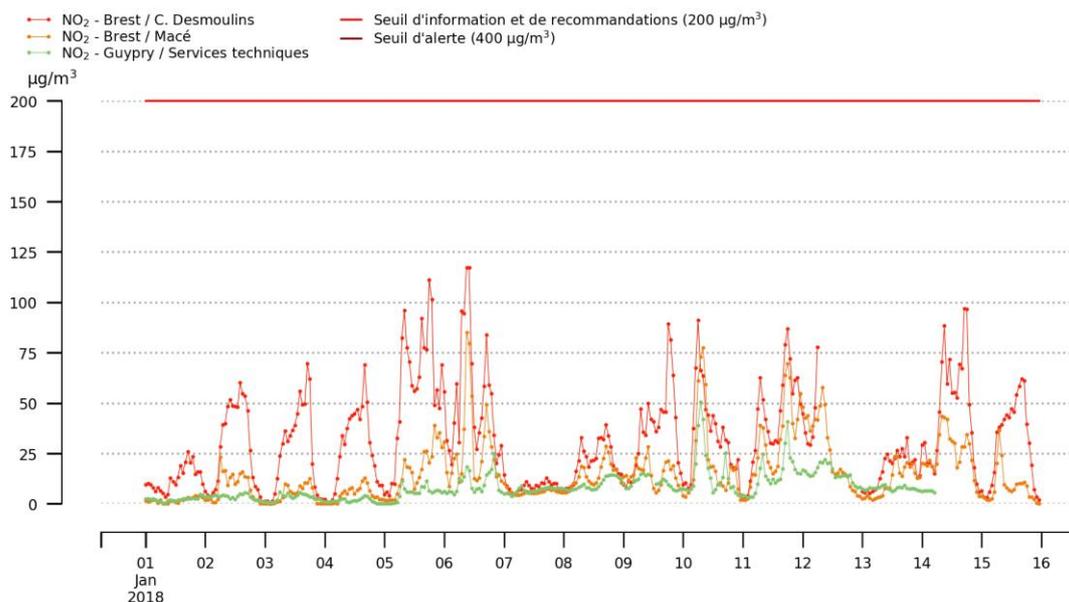


Figure 15: Illustration de la pollution de fond rurale comparée aux mesures urbaines

PM10 – PM2.5 : Pollution de fond rurale extraite du modèle interrégional ESERALDA  
 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) et nécessite des conditions aux limites plus adaptées au territoire.

Les mesures de particules issues de la station rurale bretonne (implantée à 40 km au sud de Rennes) n'étant pas représentatives de la pollution de fond particulaire du pays de Brest, les sorties horaires de la plate-forme de modélisation interrégionale ESERALDA ont été extraites sur la période étudiée en fonction de l'origine des vents.

**Attention particulière :** L'utilisation de sorties de modèles régionaux implique toutefois une baisse de la qualité de la modélisation par rapport à l'utilisation de données locales de fond issues de capteurs.

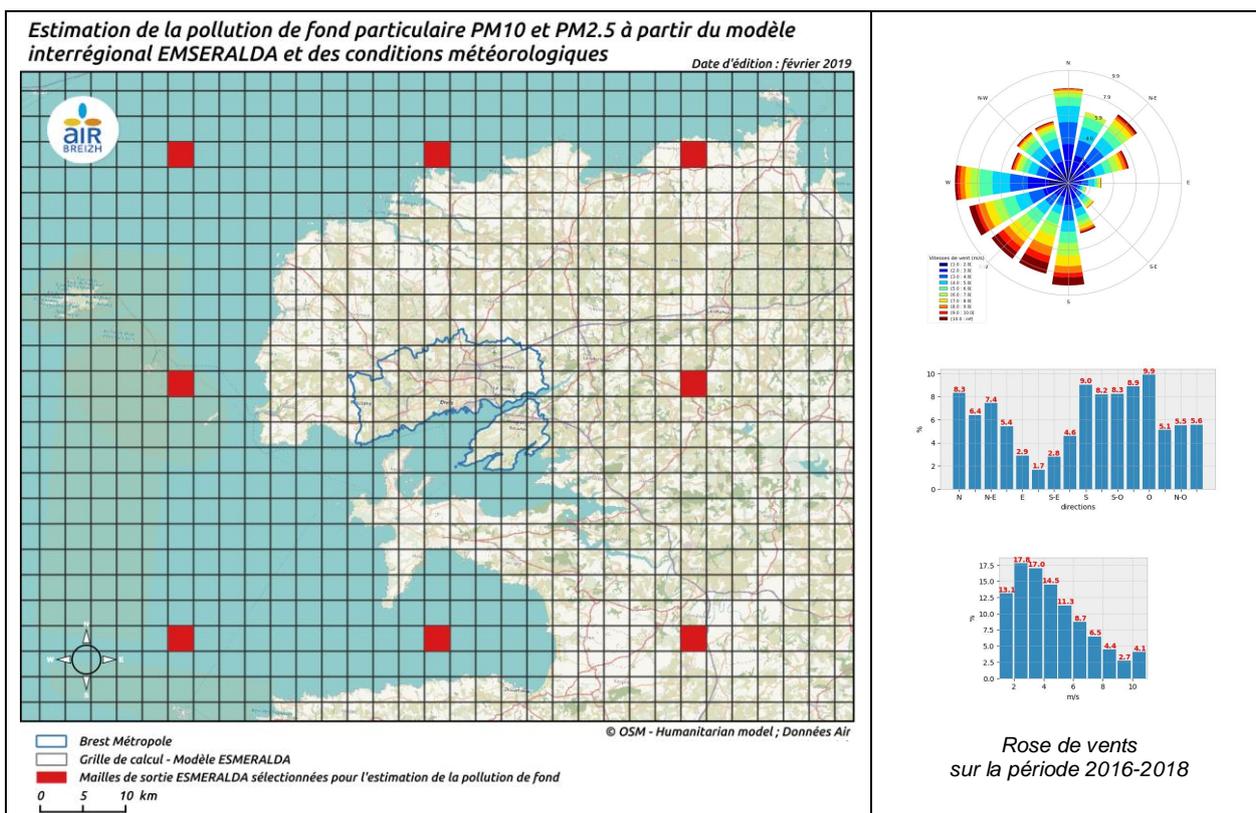


Figure 16: Estimation de la pollution de fond particulaire à partir de la modélisation régionale

#### V. 8. Grille et points récepteurs de calcul

Le logiciel SIRANE utilise une grille de points réguliers sur l'ensemble du domaine étudié. Sa résolution a été fixée à 10 mètres (un point tous les 10 m) afin d'obtenir des cartes à haute résolution.

**Attention particulière :** Le modèle de 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 10 mètres (pixel de 10m par 10m). La description des rues est simplifiée via une largeur moyenne de la rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent. Ainsi, l'échelle de la rue (dizaine de mètres) ne peut pas être finement modélisée. Le modèle SIRANE fournit toutefois une tendance du niveau de qualité de l'air possible au niveau de la rue.

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 stations de surveillance du 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 la métropole. Pour cela, des points de calcul spécifiques (appelés « points récepteurs ») ont été déterminés aux coordonnées géographiques des stations de mesure du territoire.

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

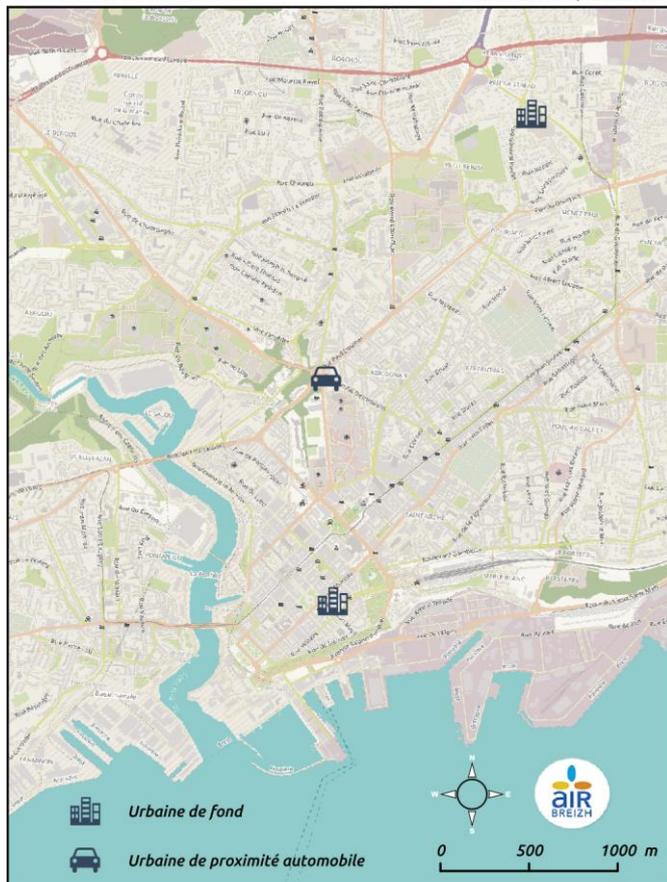
#### VI. 1. Localisation des stations de mesure du réseau de surveillance d'Air Breizh

Trois stations de qualité de l'air mesurent en quasi temps-réel plusieurs polluants réglementés dans des situations urbaines de fond et de proximité automobile.

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

#### Stations de mesure

Date d'édition : février 2019



© OSM - Humanitarian Model ; Données Air Breizh

Figure 17: Dispositif de surveillance implanté sur Brest Métropole

Stations de mesure		Concentrations (µg/m <sup>3</sup> )			
		NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	PM10	PM25
<b>MACE</b> Urbaine de fond (centre-ville)	2016	X	X	X	X
	2017	X	X	X	X
	2018	X	X	X	X
<b>PEN AR STREAT</b> Urbaine de fond	2016	X	X		
	2017		X		
	2018		X		
<b>DESMOULINS</b> Urbaine de proximité automobile	2016	X		X	
	2017	X		X	
	2018	X		X*	

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

Tableau 4: Stations et polluants mesurés quotidiennement sur la métropole de Brest

-  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 5: Définition des typologies de station dans le cadre du dispositif de surveillance

### VI. 2. Validation nationale du modèle sur la période étudiée

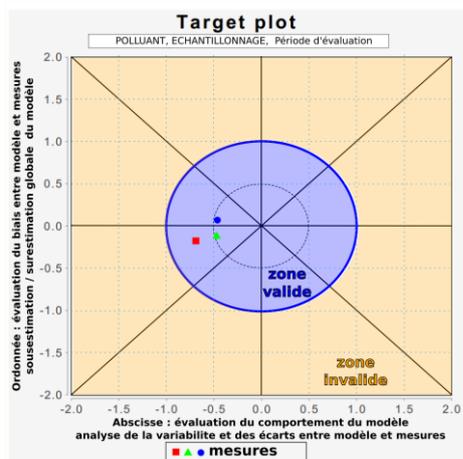


Figure 18: Illustration et signification d'une cible d'évaluation "Target Plot"

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 :** La modélisation est considérée « validée » si 90 % résultats des comparaisons entre le modèle et les mesures aux stations de surveillance du territoire, représentés sous forme de marqueurs colorés, sont inclus dans le cercle bleu de la cible illustrée ci-contre. Le modèle reproduit exactement la mesure lorsque les marqueurs sont au cœur de la cible.

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

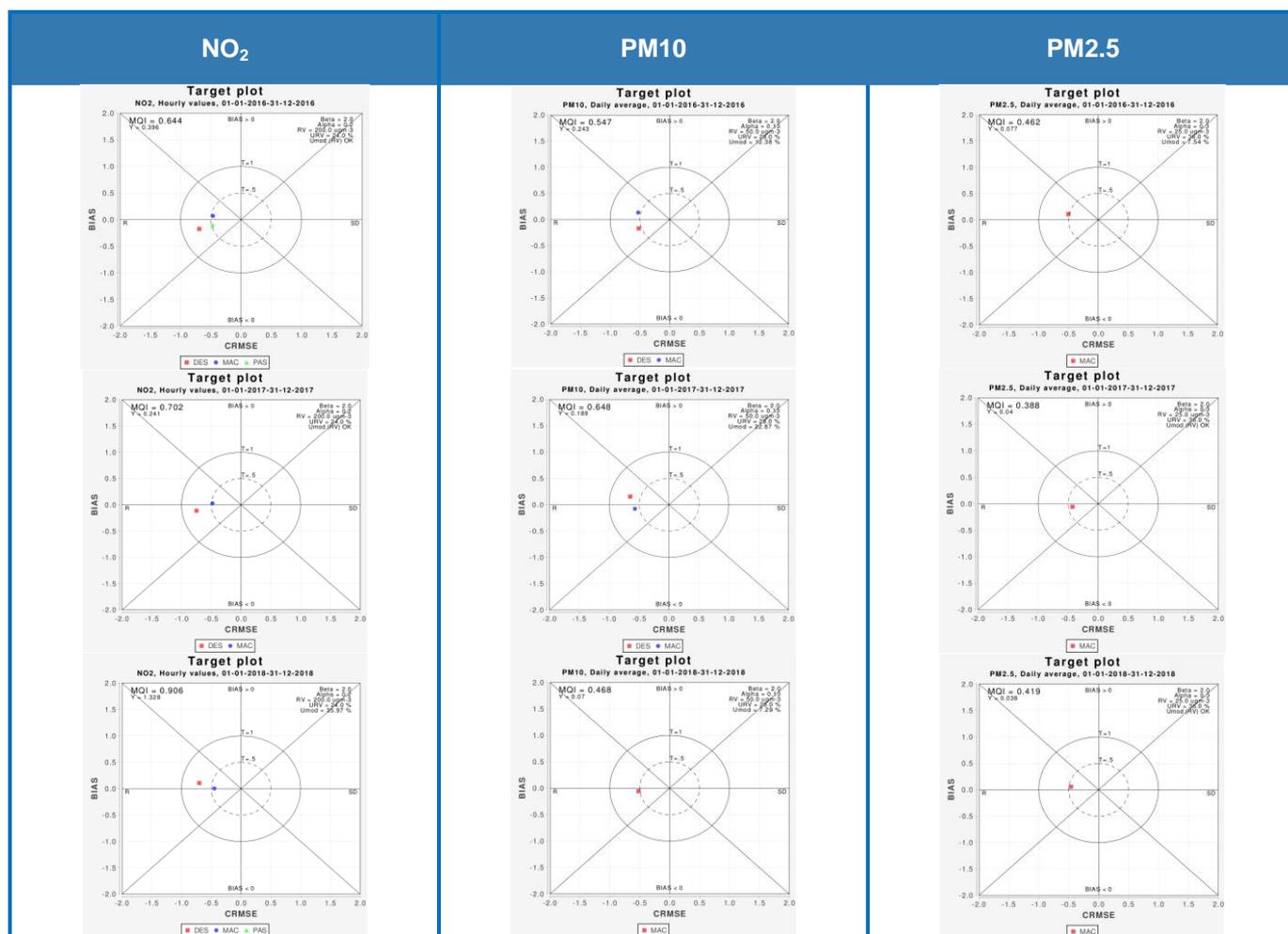


Figure 19: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (Target-Plot)

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.

### VI. 3. Illustration de la comparaison horaire mesure / modèle

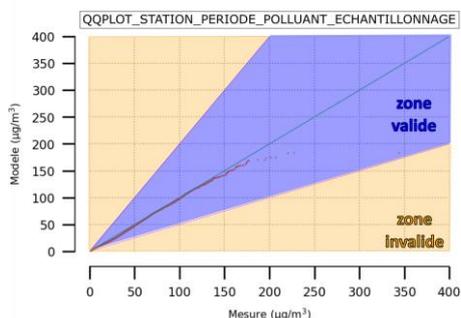


Figure 20: Illustration et signification d'une figure Quantile-Quantile

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 événements (tri par ordre croissant).

**Interprétation :** La modélisation est considérée « validée » si les concentrations modélisées sont comprises entre +/- 50 % de la mesure observée (critères d'évaluation basés sur la directive européenne en vigueur).

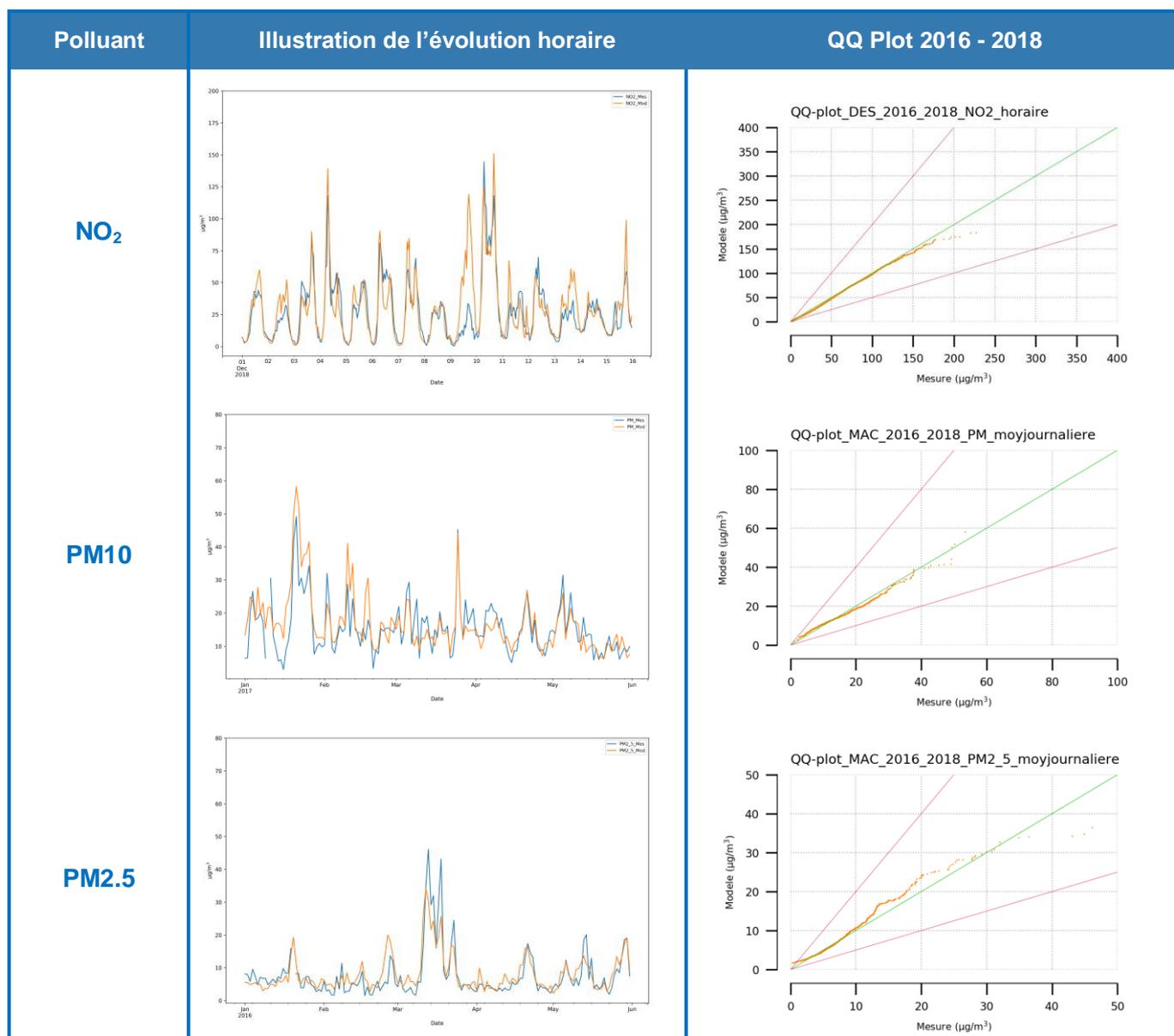


Figure 21: Evaluation du modèle pour les polluants étudiés sur la période 2016-2018 (QQ-Plot)

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

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

**Les niveaux de pollution modélisés résultent de la concentration de fond qui provient d'ailleurs 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) » : % VL

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

$$\% \text{ VL} = C_{px} / \text{VL}_p$$

Avec  $\left\{ \begin{array}{l} C_{px} \\ \text{VL}_p \end{array} \right.$  = Concentration moyenne au point de grille « x » du polluant « p »  
= Valeur limite réglementaire du polluant « p »

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

2-Extraction 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 s'affranchit des conditions météorologiques exceptionnelles.

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/m <sup>3</sup> ) 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 VL		Très Mauvais	>80	>80	>50

Tableau 6: 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 2014), 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 est conçue pour décrire la répartition de la population sur l'ensemble des bâtiments de la zone d'étude. Un bâtiment est considéré « impacté » par un dépassement de 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 le bâtiment impacté par un dépassement de valeur limite (zone > 100 % de VL) est ensuite ventilée en fonction de la surface du bâtiment impactée par le dépassement.

$$\text{Exposition}_{\text{LCSQA}} = \sum_{\text{Bâtiment}} \{ \text{Population}_{\text{Bâtiment}} \times \text{Ratio} ( \text{Surface}_{\text{Bâtiment exposée}} / \text{Surface}_{\text{Bâtiment}} ) \}$$

Avec {

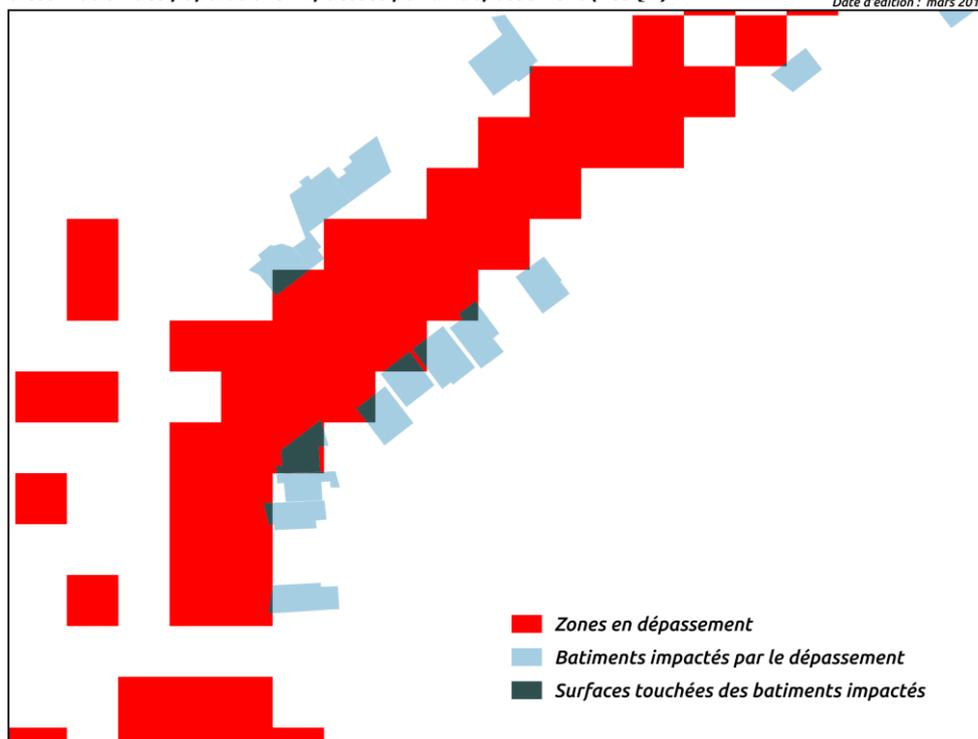
- Population<sub>Bâtiment</sub> = Nombre d'habitant du bâtiment impacté par un dépassement de VL
- Surface<sub>Bâtiment exposée</sub> = Surface du bâtiment impacté par un dépassement de VL
- Surface<sub>Bâtiment</sub> = Surface touchée du bâtiment impacté par un dépassement de VL

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

#### Illustration de la méthodologie nationale

#### d'estimation des populations impactées par un dépassement (LCSQA)

Date d'édition : mars 2019



©LCSQA | ©IGN : Base de données Population MAJIC 2014 ; Données Air Breizh

Figure 22: Illustration de la méthodologie d'estimation des populations exposées à la pollution

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

**Les oxydes d'azotes proviennent principalement du transport routier et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), respectivement 70 % et 13 % des émissions de la métropole brestoise.**

Les seuils réglementaires de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> sont :

- La valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m<sup>3</sup> (en moyenne annuelle),
- La valeur limite horaire fixée à 200 µg/m<sup>3</sup> (en moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.

**Attention particulière :** Le modèle de 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 10 mètres (pixel de 10m par 10m). La description des rues est simplifiée via une largeur moyenne de la rue et une hauteur moyenne des bâtiments qui la bordent. Ainsi, l'échelle de la rue (dizaine de mètres) ne peut pas être finement modélisée. Le modèle SIRANE fournit toutefois une tendance du niveau de qualité de l'air possible au niveau de la rue.

#### 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, le dioxyde d'azote ressort au niveau des axes routiers. Sa durée de vie étant très courte, les concentrations chutent très rapidement à mesure que l'on s'éloigne des voies de circulation.

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

- Les voies rapides à fort trafic (entre 30 000 et 50 000 véhicules par jour en moyenne) reliant la métropole de Brest aux agglomérations de Quimper Bretagne Occidentale (N165 direction Sud-Est) et de Morlaix Communauté (N12 direction Nord-Est),
- La pénétrante Nord (D112) et la ceinture de la métropole (D165, D205, N265) soumises à trafics intenses (environ 30 000 véhicules par jour en moyenne),
- Les principaux échangeurs de Brest Métropole :
  - ✓ L'échangeur de Kervao N265/N12/D112 (Nord-Est direction Morlaix,
  - ✓ L'échangeur de Kergardec D112/D788 (Nord direction Le Gouesnou)
  - ✓ L'échangeur de Le Relecq-Kerhuon D165/N265 /N12 (Sud-Est direction Quimper).

Les boulevards et avenues du centre-ville de Brest, avec des trafics quotidiens de l'ordre de 10 000 à 20 000 véhicules par jour en moyenne annuelle, 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 modélisées.

- Les places centrales (carrefours giratoires) d'Albert 1<sup>er</sup> et de Strasbourg,
- Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
  - ✓ La rue Montaigne reliant le nord de Brest à la place Albert 1<sup>er</sup>,
  - ✓ Les rues Sébastopol, Yves Collet, Victor Hugo, Duplex et Kerabecam reliant la place de Strasbourg au centre-ville de Brest,
  - ✓ La pénétrante Ouest rue Anatole France reliant l'entrée Ouest de Brest (direction Plouzané) au centre-ville.

Les niveaux de NO<sub>2</sub> dans les zones moins peuplées de la métropole (couronne de Brest) sont inférieurs à 8 µg/m<sup>3</sup> (< 20% de VL) tandis que le niveau de fond urbain de la ville de Brest est autour de 13 µg/m<sup>3</sup> (environ 30% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans l'enceinte de l'école primaire Jean Macé en centre-ville de Brest.

**La majorité de la population réside dans des zones faiblement polluées par le dioxyde d'azote.** Cependant certains habitants sont exposés à des dépassements de la valeur limite en moyenne annuelle à leur domicile. Ils représentent 0.1 % de la population de l'agglomération : la modélisation permet donc d'identifier environ 200 personnes exposées parmi les 3000 habitants résidants dans les 400 bâtiments impactés (selon la méthodologie LCSQA décrite dans le § VII.1).

[NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest Métropole

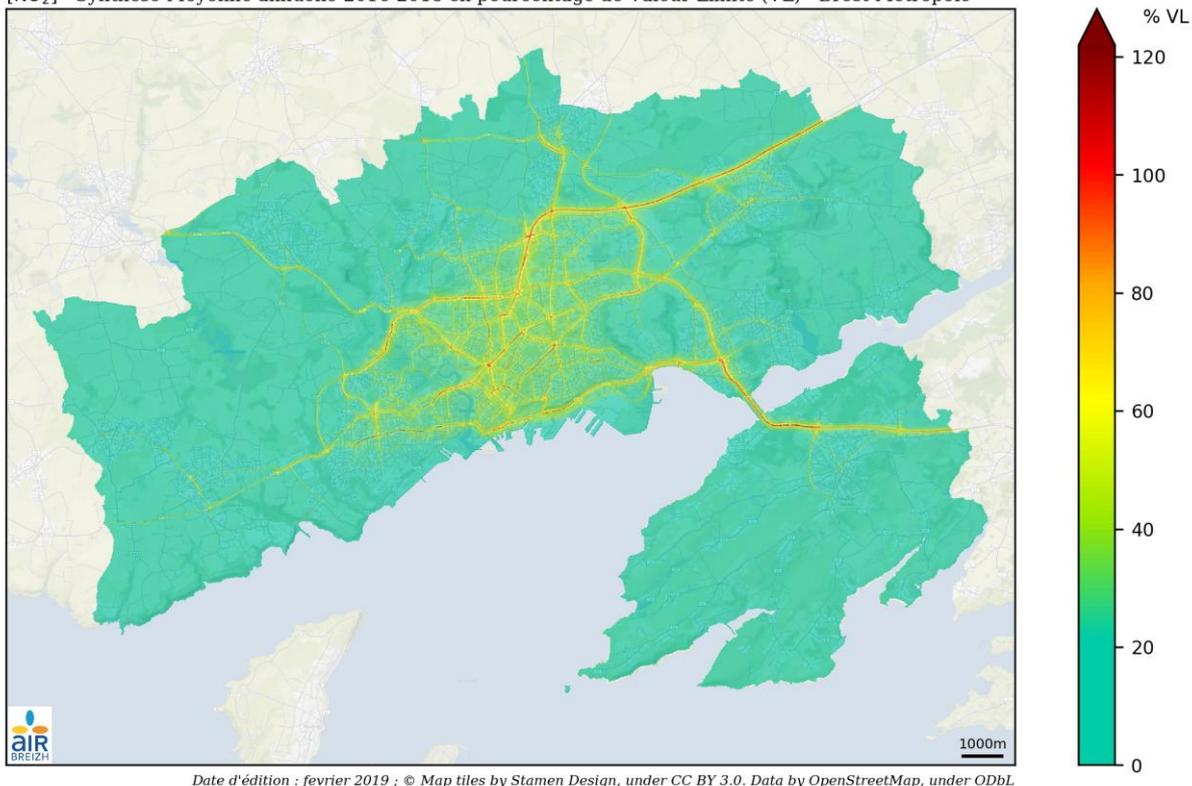


Figure 23: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO<sub>2</sub> - Brest Métropole

Zone en dépassement et Exposition [NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle - 2016-2018 - Brest Métropole

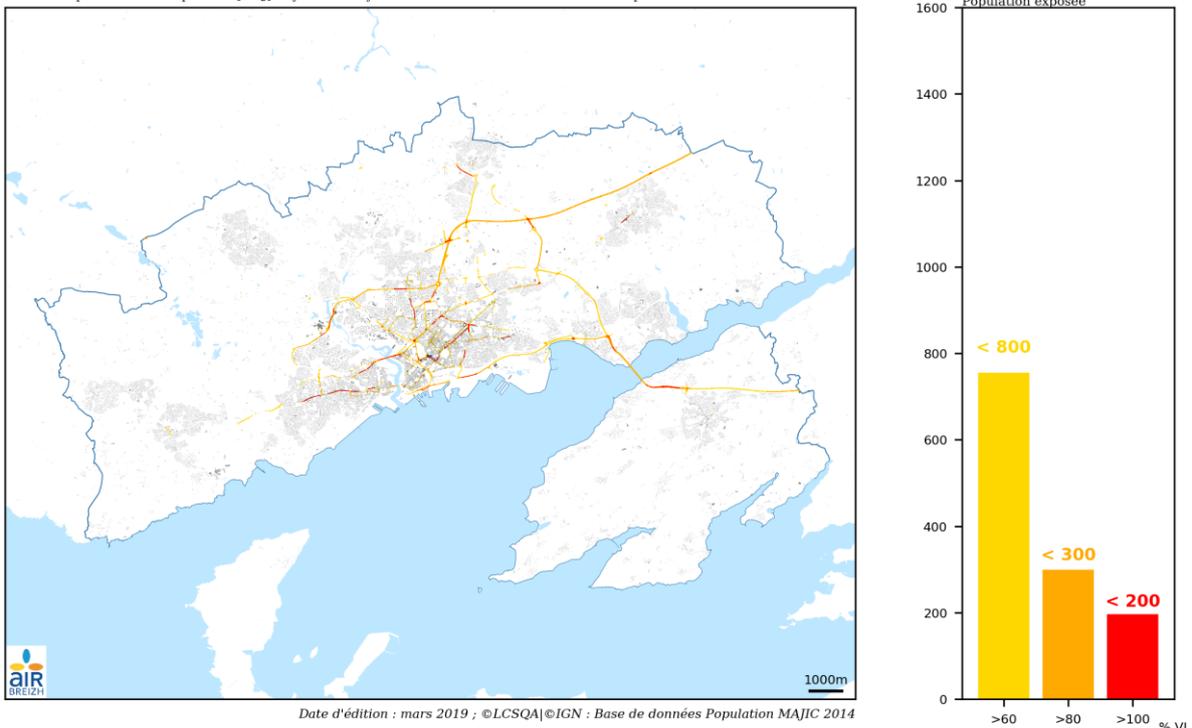


Figure 24: Exposition chronique 2016-2018 au NO<sub>2</sub> - Brest Métropole

[NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest

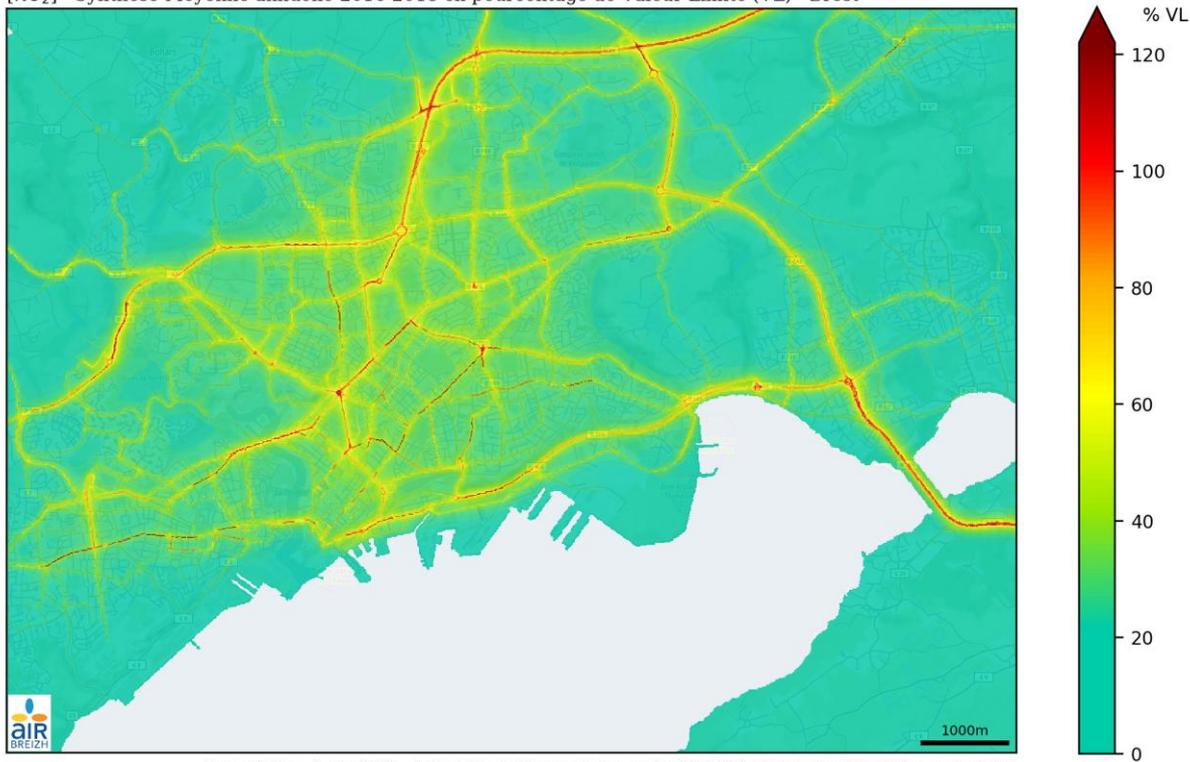


Figure 25: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO<sub>2</sub> - Zoom sur la ville de Brest

Zone en dépassement et Exposition [NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle - 2016-2018 - Brest

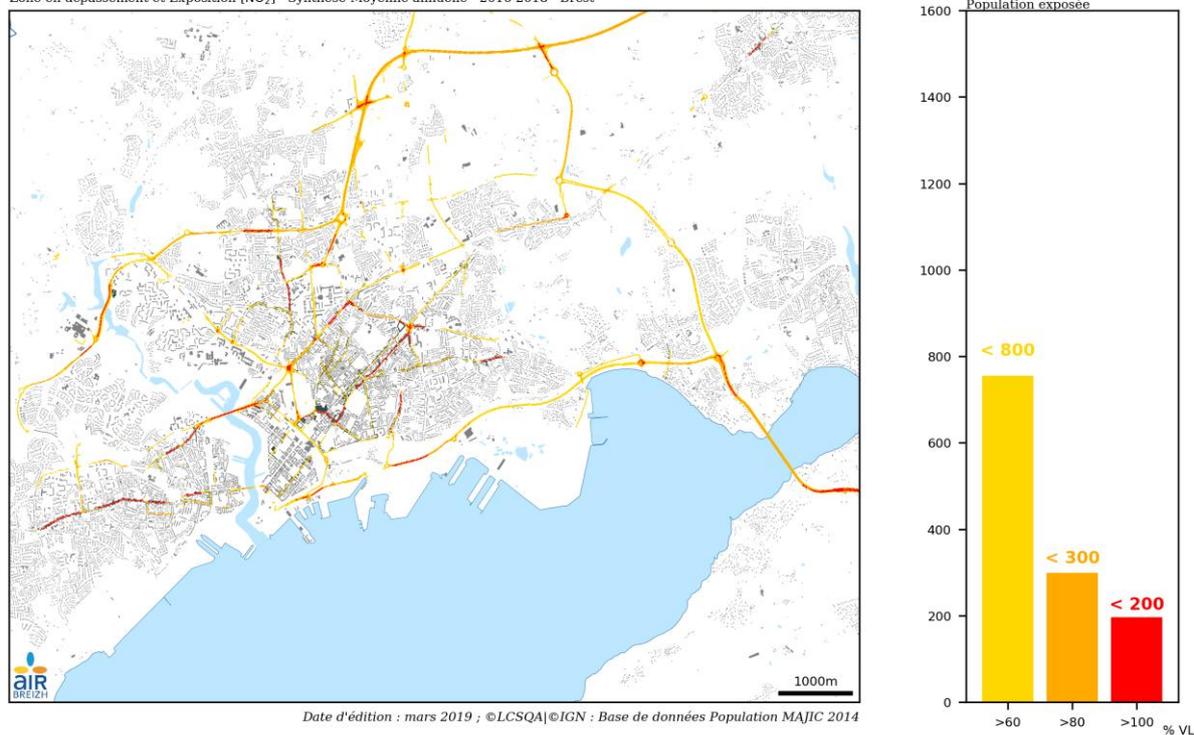
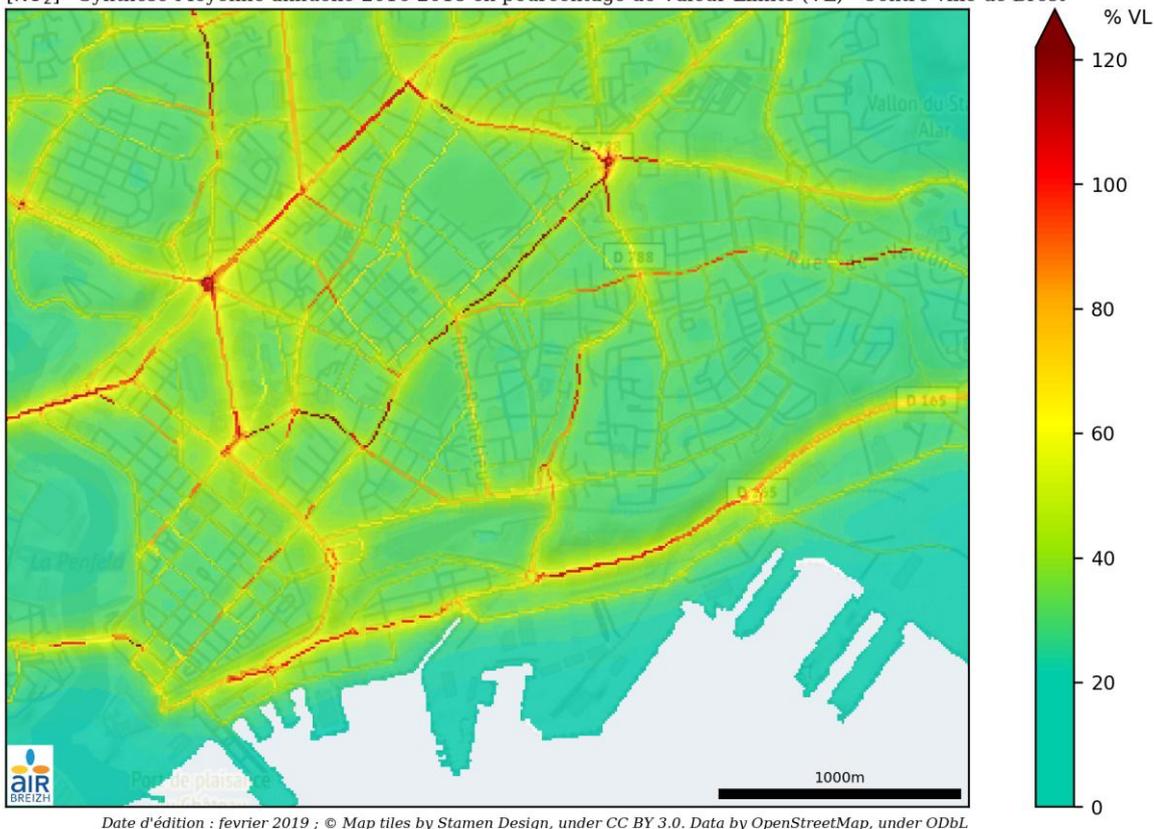


Figure 26: Exposition chronique 2016-2018 au NO<sub>2</sub> – Zoom sur la ville de Brest

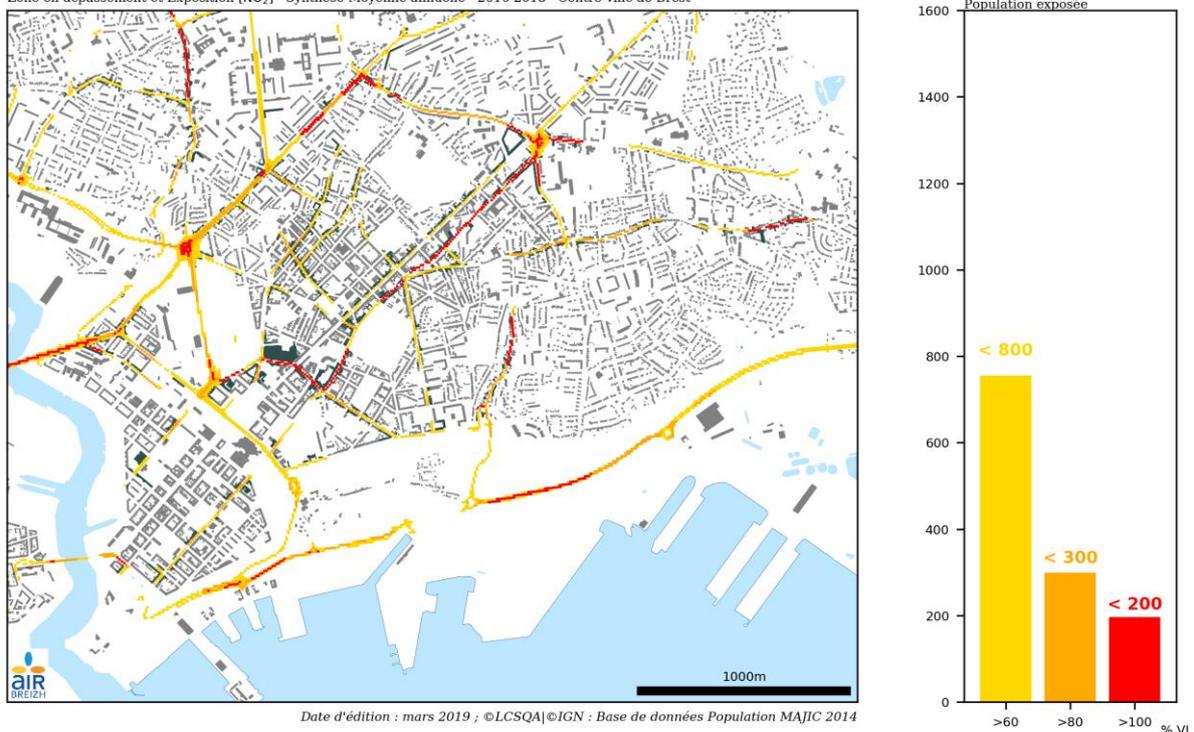
[NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Centre-ville de Brest



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

Figure 27: Cartographies de dispersion 2016-2018 du NO<sub>2</sub> - Zoom sur le centre-ville de Brest

Zone en dépassement et Exposition [NO<sub>2</sub>] - Synthèse Moyenne annuelle - 2016-2018 - Centre-ville de Brest



Date d'édition : mars 2019 ; © LCSQA | © IGN : Base de données Population MAJIC 2014

Figure 28: Exposition chronique 2016-2018 au NO<sub>2</sub> - Zoom sur le centre-ville de Brest

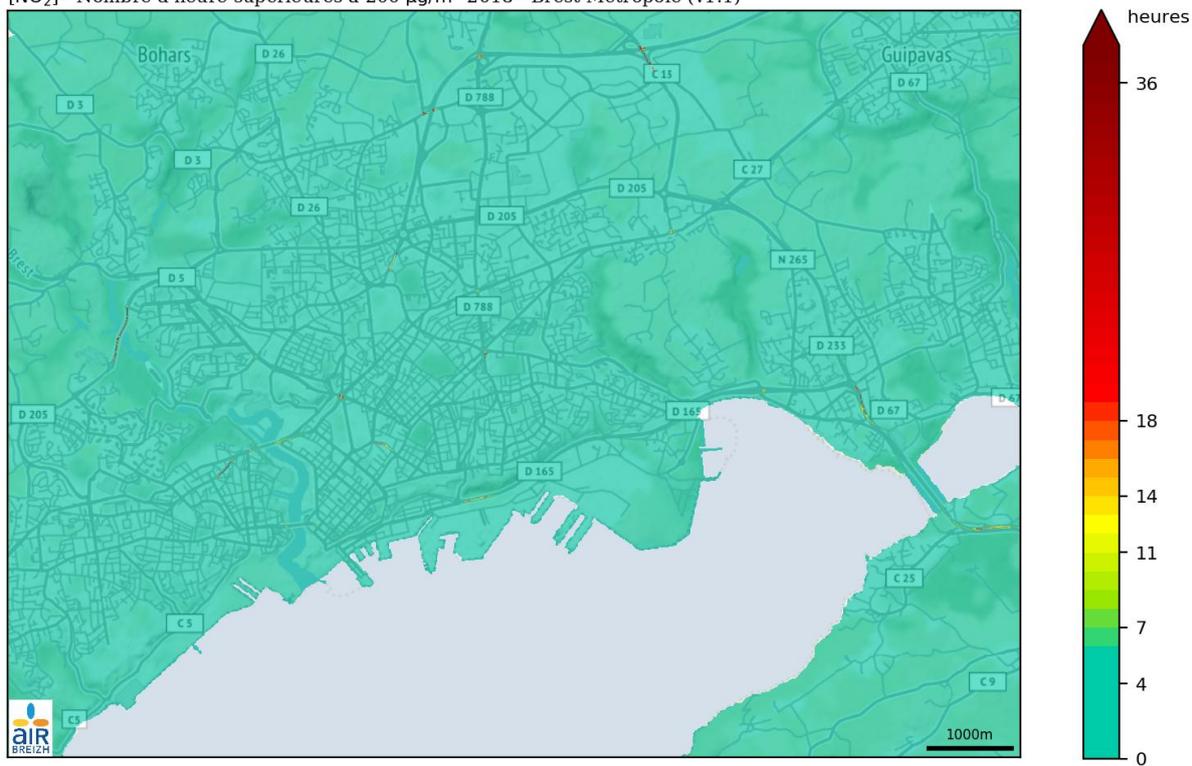
Episode de pollution au NO<sub>2</sub> : Quel état des lieux sur la métropole Brestoïse ?

La figure ci-dessous 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/m<sup>3</sup>.

**La valeur limite horaire fixée à 18 heures de dépassement autorisées du seuil d'information et de recommandations (200 µg/m<sup>3</sup>) est respectée sur le territoire de Brest Métropole. Seules quelques heures de dépassement sont observées au cœur des principaux axes routiers.**

Ce résultat est cohérent avec le dispositif de surveillance implantée dans la métropole, où aucun épisode de pollution n'a été constaté via les mesures effectuées quotidiennement en situation de fond urbain. Sur la période 2016 - 2018, seuls cinq dépassements du seuil horaire d'information et de recommandations ont été constatés en situation de proximité automobile (station de mesure implantée à proximité de la place Albert 1<sup>er</sup>), dont quatre au cours du mois de janvier 2017.

[NO<sub>2</sub>] - Nombre d'heure supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup> 2018 - Brest Métropole (v1.1)



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

Figure 29: Exposition au NO<sub>2</sub> en situation de pollution aigue pour l'année 2018

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

La figure ci-dessous illustre l'origine des sources de pollution du dioxyde d'azote pour le mois de janvier 2017, au niveau de la station de mesure de proximité automobile implantée place Albert 1<sup>er</sup>. 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 (l'apport extérieur), représentée en vert.

La mesure de dioxyde d'azote 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 démontre l'influence du transport routier sur les concentrations de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> respirées. Le trafic routier contribue en 2017 à hauteur de 80% des concentrations respirées au niveau de la station de proximité automobile « Desmoulins » et de 50% au niveau de la station urbaine de fond « Macé ». La figure montre également le caractère très local du dioxyde d'azote, l'apport extérieur d'azote (la pollution de fond) est très faible.**

Le modèle urbain n'a pas été en mesure reproduire le pic de pollution mesuré le 4 janvier 2017 au niveau de la place Albert 1<sup>er</sup>. Seulement 101 µg/m<sup>3</sup> simulé lors du pic enregistré à 201 µg/m<sup>3</sup>.

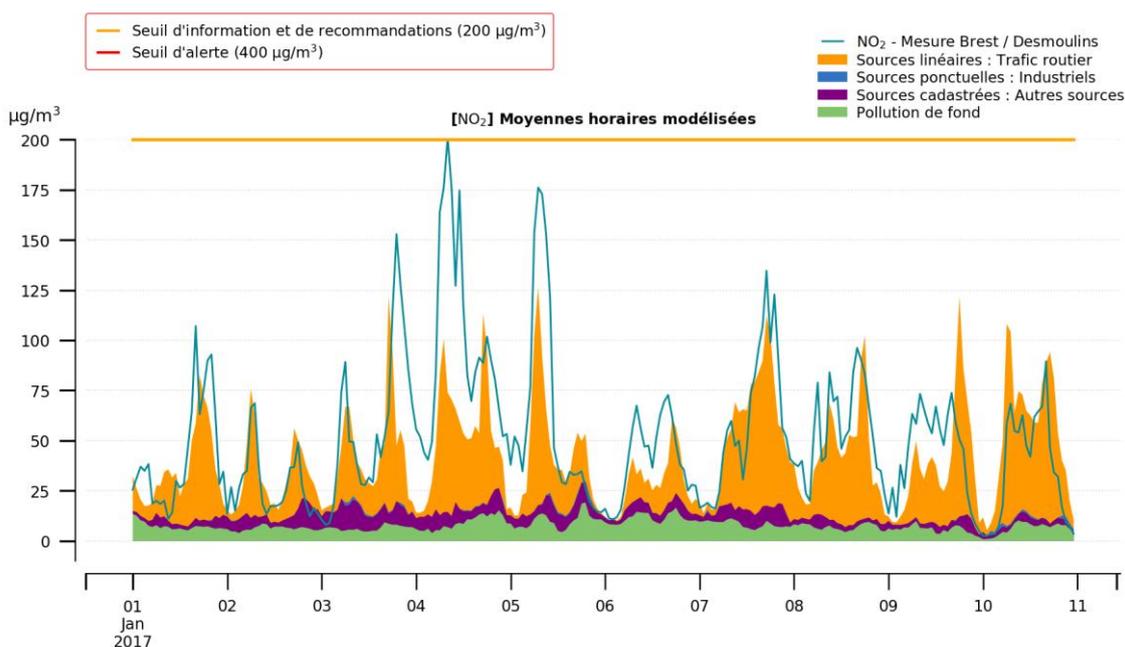


Figure 30: Identification des sources de pollution du NO<sub>2</sub> au niveau de la station DESMOULINS

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

### Comparaison des résultats avec les seuils préconisés par l'OMS

Les valeurs guides établies par l'OMS, au-dessous desquels 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.

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

**Les particules fines PM10 proviennent principalement du transport routier et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), respectivement 44% et 33% des émissions de la métropole brestoise.**

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

- La valeur limite annuelle fixée à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle),
- L'objectif de qualité annuel fixé à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle),
- La valeur limite journalière fixée à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.

#### 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. **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 la métropole est autour de  $12\text{-}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (32% de VL),
- Le niveau de fond urbain de la ville de Brest est autour de  $13\text{-}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (environ 35% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans l'enceinte de l'école primaire Jean Macé en centre-ville de Brest,
- Le niveau simulé en situation de proximité automobile varie autour de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cohérence avec le dispositif de mesure implanté au niveau de la place Albert 1<sup>er</sup>.

---

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  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 100 % de VL),
  - Respect de l'objectif de qualité fixé à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 75 % de VL).
-

[PM10] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest Métropole

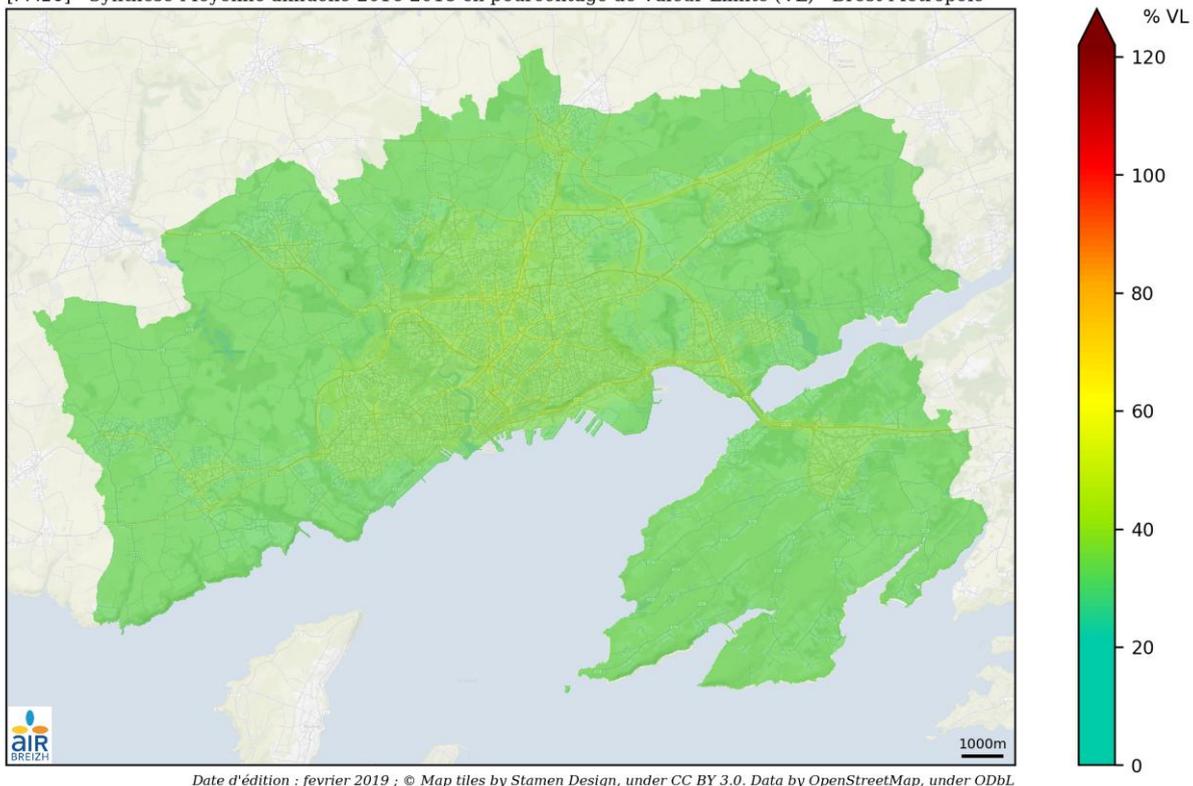


Figure 31: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 - Brest Métropole

[PM10] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest

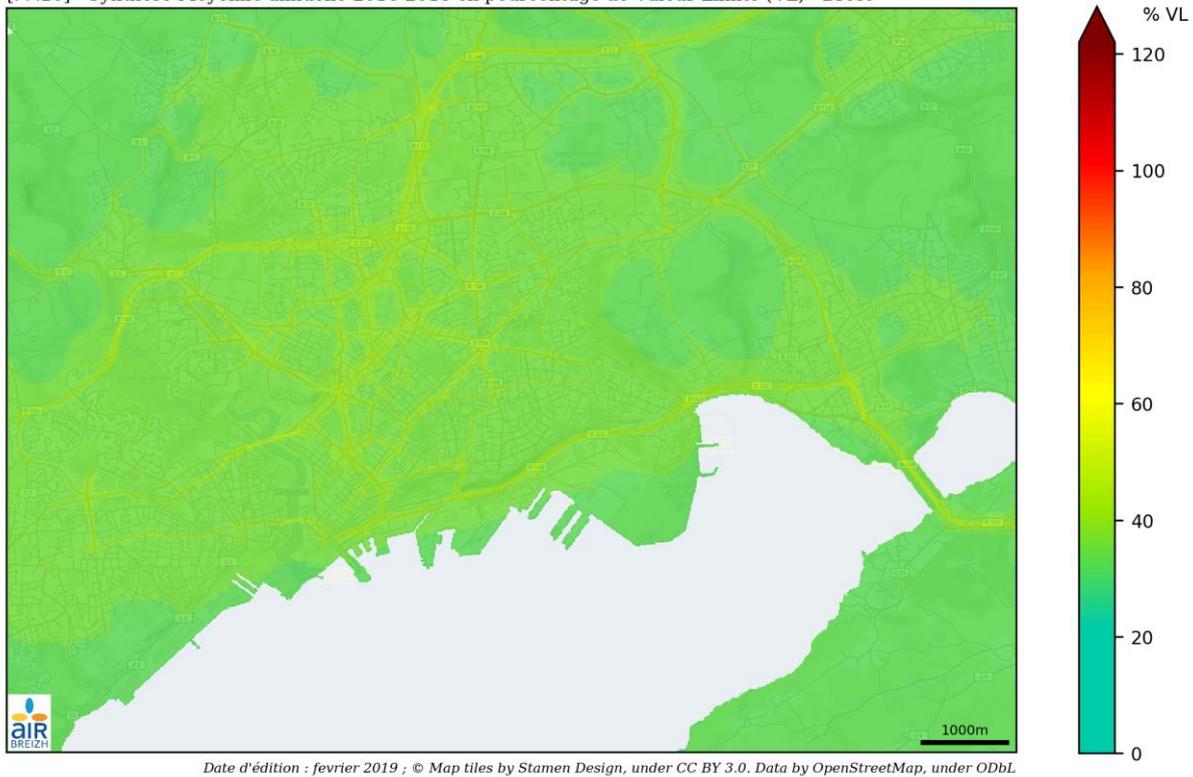


Figure 32: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM10 - Zoom sur la ville de Brest

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

La figure ci-dessous illustre le nombre de jours de dépassement simulé du seuil d'information et de recommandations pour l'année de référence 2018, fixé à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière.

**La valeur limite journalière fixée à 35 jours de dépassement autorisés du seuil d'information et de recommandations ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière) est respectée sur le territoire de Brest Métropole.** Quelques pics de pollution particulaire ont eu lieu au cours de la période 2016 – 2018 dans le territoire de Brest Métropole, sur la base des seuils réglementaires en vigueur.

Ce résultat est cohérent avec le dispositif de surveillance implantée dans la métropole, où seuls quelques pics de pollution ont été constatés via les mesures effectuées quotidiennement en situation de fond urbain.

[PM10] - Nombre de jours supérieurs à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  2018 - Brest Métropole (v1.1)

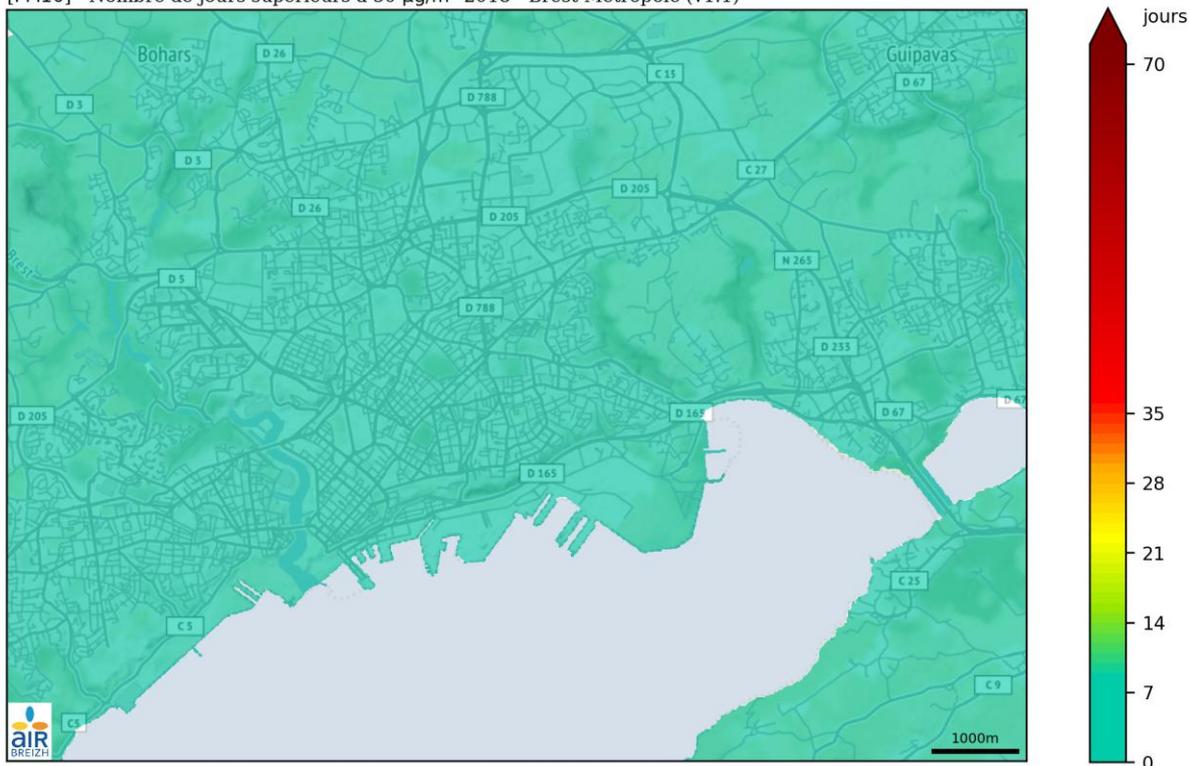


Figure 33: Exposition aux PM10 en situation de pollution aigüe pour l'année 2018

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

La figure ci-dessous illustre l'origine des sources de pollution des particules fines pour le mois de janvier 2017, au niveau de la station de mesure de proximité automobile implantée place Albert 1<sup>er</sup>. 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 (l'apport extérieur), représentée en vert.

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

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

Le dispositif de surveillance de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA), qui sera implanté à moyen terme dans l'agglomération rennaise, permettra d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire.

Le modèle urbain a bien reproduit le pic de pollution mesuré le 21 janvier 2017 sur le territoire de Brest Métropole (49 µg/m<sup>3</sup> place Albert 1<sup>er</sup> et 45 µg/m<sup>3</sup> dans l'enceinte de l'école Jean Macé).

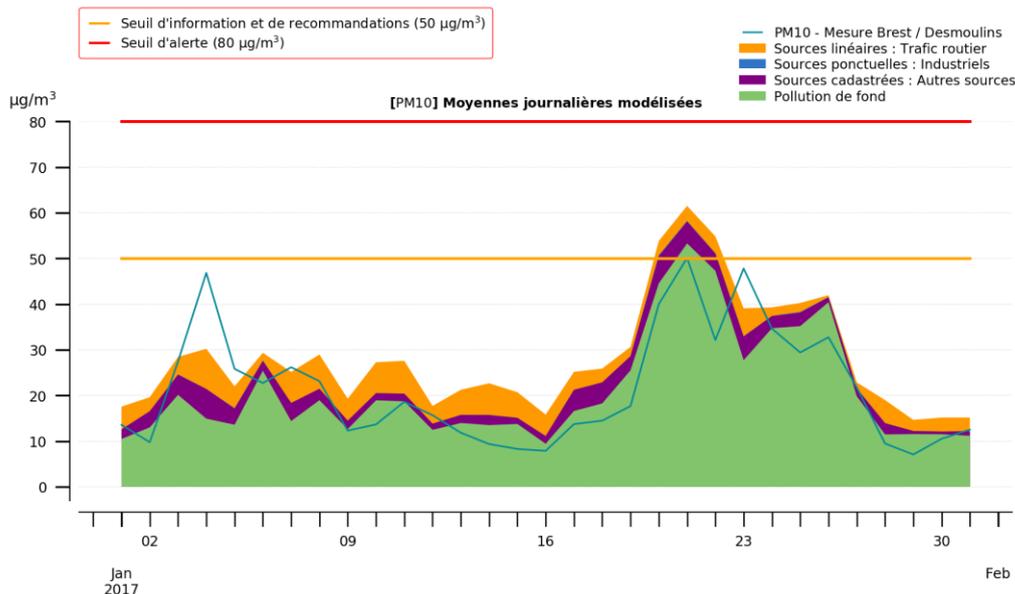
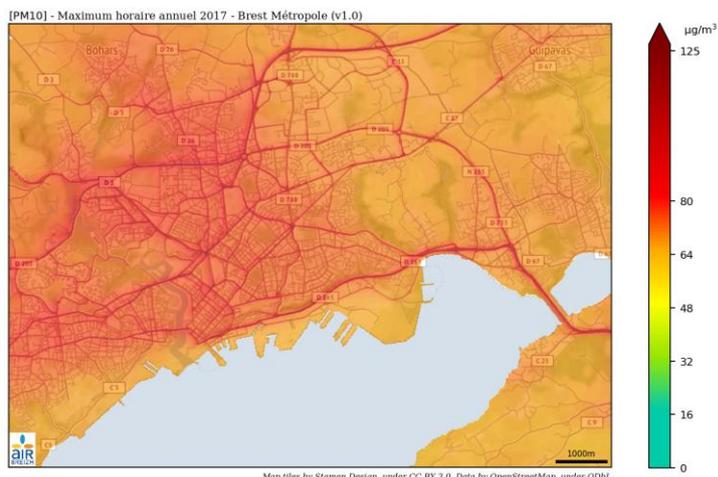


Figure 34: Identification des sources de pollution des PM10 au niveau de la station DESMOULINS

Agir sur les sources d'émission telles que le trafic routier et le chauffage urbain pourrait réduire les niveaux de pollution respirés quotidiennement par les habitants de la métropole, comme le montre la cartographie ci-contre de la pollution aux particules fines en situation la plus défavorable pour l'année de référence 2017.

Figure 35: Cartographies de dispersion 2017 des PM10 – Maxima horaires annuels modélisés



### Comparaison des résultats avec les seuils préconisés par l'OMS

Afin d'éviter des problèmes sanitaires, le seuil annuel de recommandations fixé par l'OMS est établi à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, soit 50 % de la valeur limite européenne en vigueur sur le territoire français ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Quelques tronçons des rues Anatole France (pénétrante Ouest de Brest) et Sébastopol (boulevard reliant la place de Strasbourg au centre-ville) pourraient ne pas respecter la valeur guide fixée à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par l'OMS. Ce constat est en adéquation avec les zones d'impact maximal provoquées par le dioxyde d'azote.

Cette zone regroupe moins d'une centaine de personnes, soit 0.05% des habitants de la Métropole, réparties sur une centaine de bâtiments impactés où résident au total 1 500 habitants (selon la méthodologie LCSQA décrite dans le § VII.1).

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  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 100 % de VL),
- Respect de l'objectif de qualité fixé à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 75 % de VL).

Zone en dépassement et Exposition [PM10] - Synthèse Moyenne annuelle - 2016-2018 - Brest Métropole

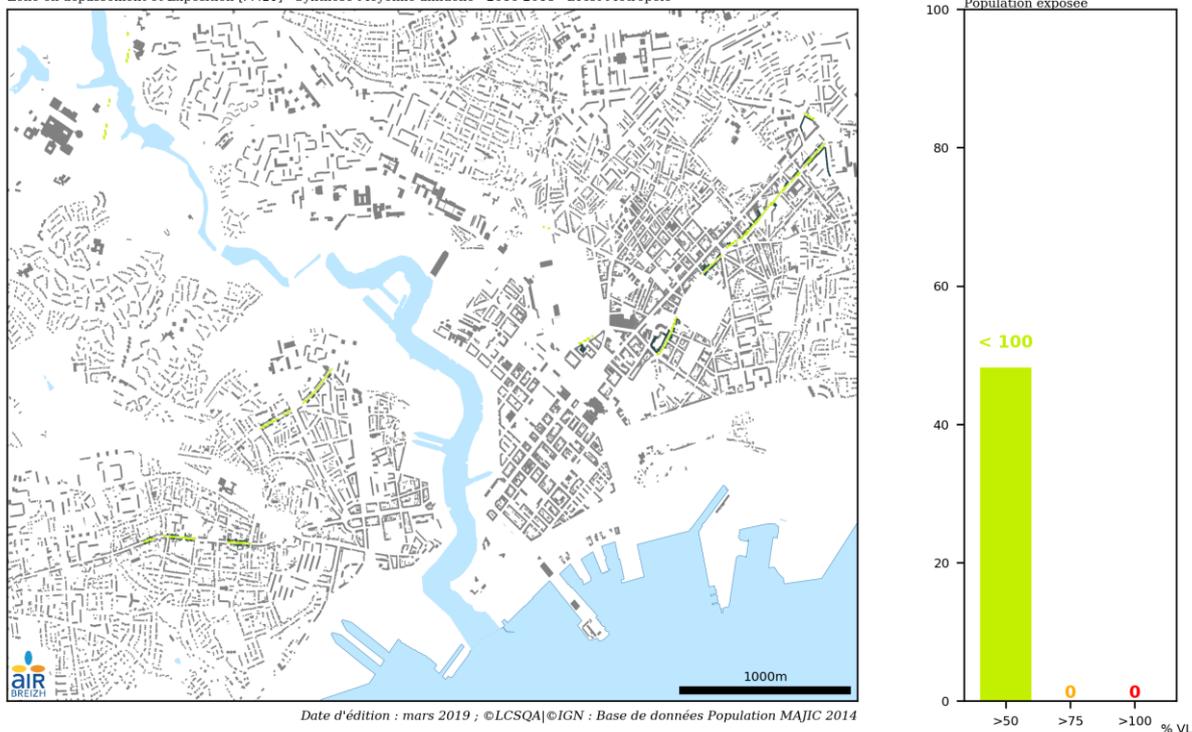


Figure 36: Exposition chronique 2016-2018 aux PM10 – Zoom sur la ville de Brest

### Concernant les niveaux en situation d'exposition aigue :

La valeur guide OMS est établie à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (au lieu de 35 jours de dépassement autorisés par la réglementation européenne en vigueur). Elle n'a pas été respectée au cœur des axes routiers sur les années 2016 et 2017, en adéquation avec les zones d'impact maximal identifiées ci-dessus.

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

**Comme les particules fines, les particules très fines PM2.5 proviennent principalement du transport routier et du chauffage urbain (résidentiel et tertiaire), respectivement 37% et 44% des émissions de la métropole brestoise.**

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

- La valeur limite annuelle fixée à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle),
- La valeur cible annuelle fixée à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle),
- L'objectif de qualité annuel fixé à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle),

#### Situation chronique : Synthèse de la moyenne annuelle 2016-2018

Les deux principales sources d'émissions de particules très fines apparaissent légèrement sur la cartographie de pollution de l'air. **La qualité de l'air dans les zones densément peuplées et à proximité des axes routiers sont jugées bon (<40 % de VL) à moyen (40 à 60 % de VL) selon la réglementation en vigueur.**

Le spectre des niveaux de particules très fines modélisé est étroit :

- Le niveau de fond périurbain dans les zones peu habitées de la métropole est autour de  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (28% de VL),
- Le niveau de fond urbain de la ville de Brest est autour de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (environ 32% de VL), en cohérence avec le dispositif de mesure implanté dans l'enceinte de l'école primaire Jean Macé en centre-ville de Brest,
- Le niveau simulé en situation de proximité automobile varie autour de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**D'après la simulation, aucun habitant n'est exposé à un dépassement de la valeur limite annuelle en vigueur, fixée à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

[PM2.5] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest Métropole

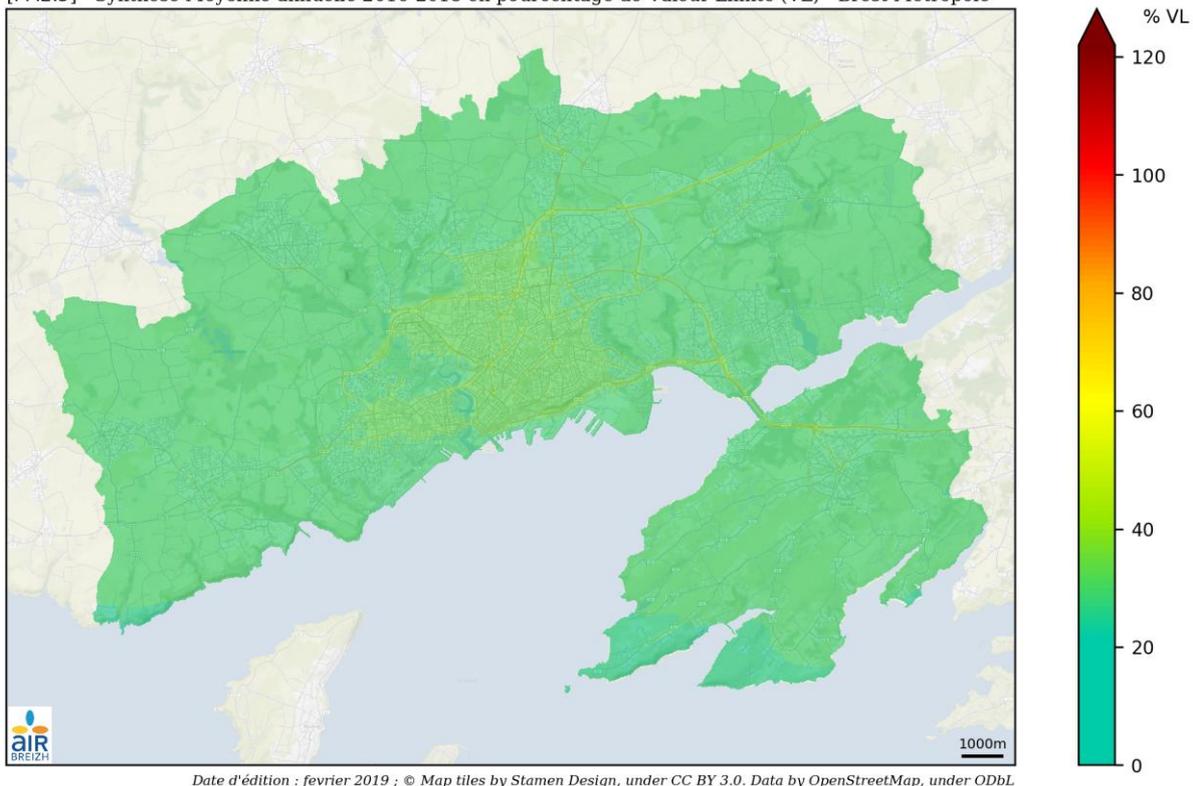


Figure 37: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 - Brest Métropole

[PM2.5] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest

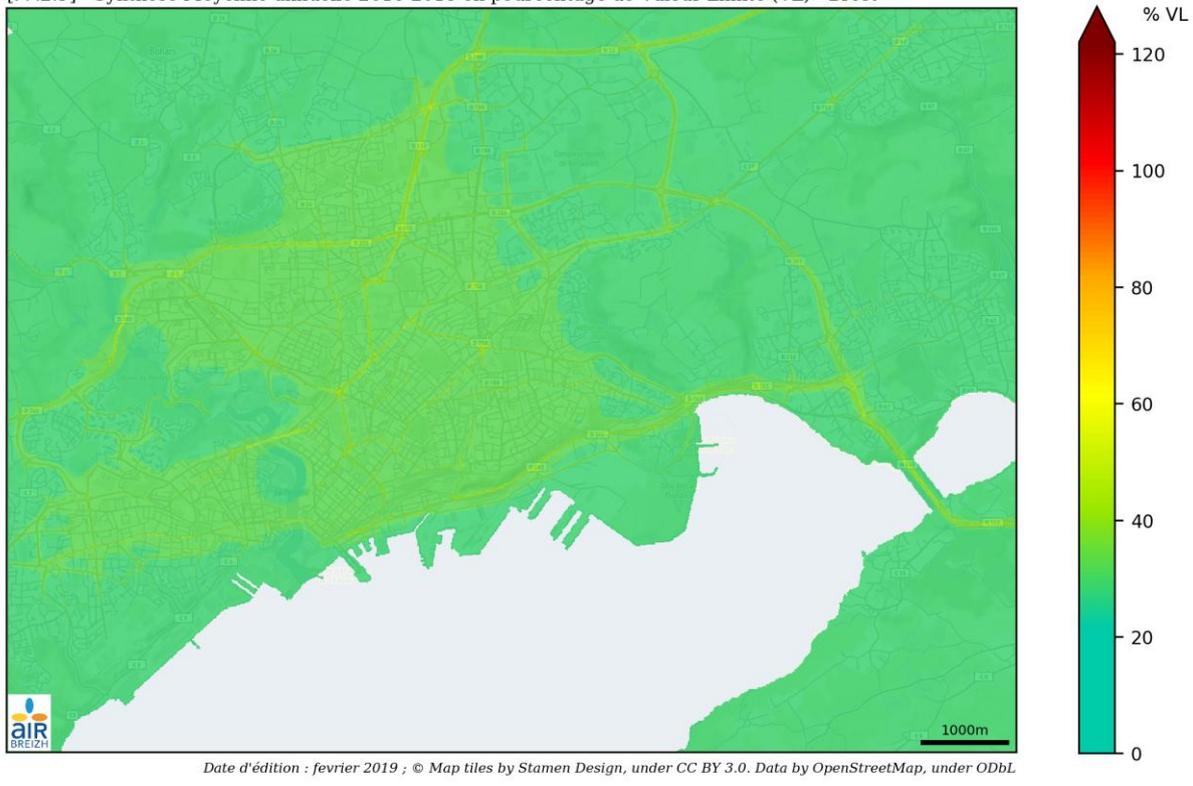


Figure 38: Cartographies de dispersion 2016-2018 des PM2.5 - Zoom sur la ville de Brest

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

La figure ci-dessous illustre l'origine des sources de pollution des particules très fines pour l'année 2018, au niveau de la station urbaine de fond implantée en centre-ville de Brest. 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 (l'apport extérieur), représentée en vert.

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

La figure ci-dessous démontre l'influence de l'apport extérieur sur les concentrations de particules très fines respirées quotidiennement. Contrairement au dioxyde d'azote, **le trafic routier n'est pas le contributeur principal des concentrations de PM2.5, environ 10%, jusqu'à 20% en proximité de trafic.**

Le dispositif de surveillance de caractérisation de la composition chimique des particules (programme CARA), qui sera implanté à moyen terme dans l'agglomération rennaise, permettra d'aller plus loin dans l'identification et la compréhension des sources de pollution particulaire.

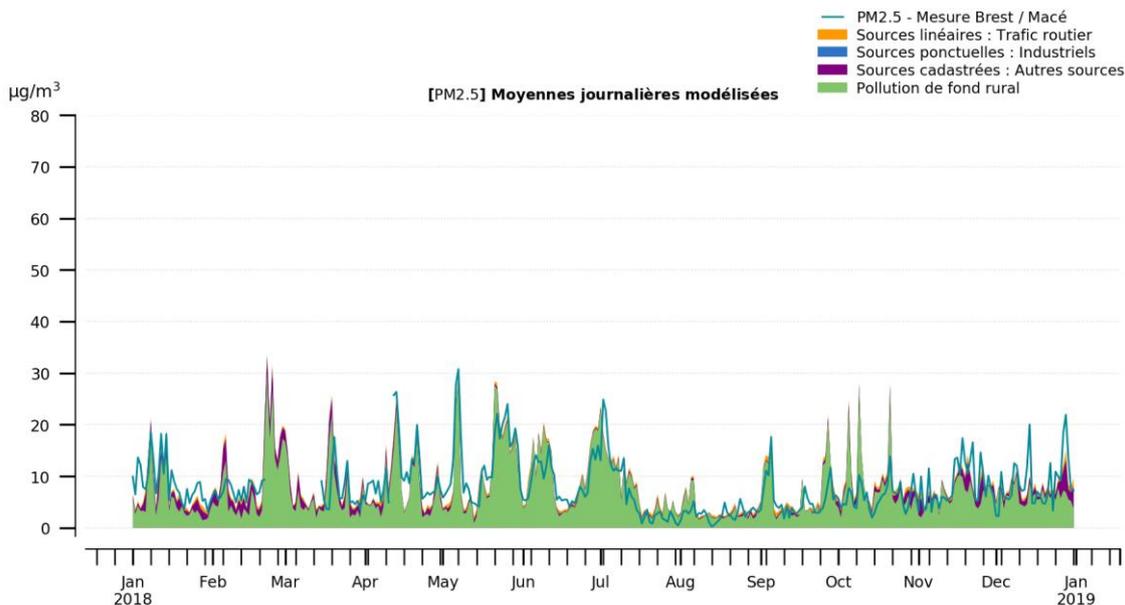
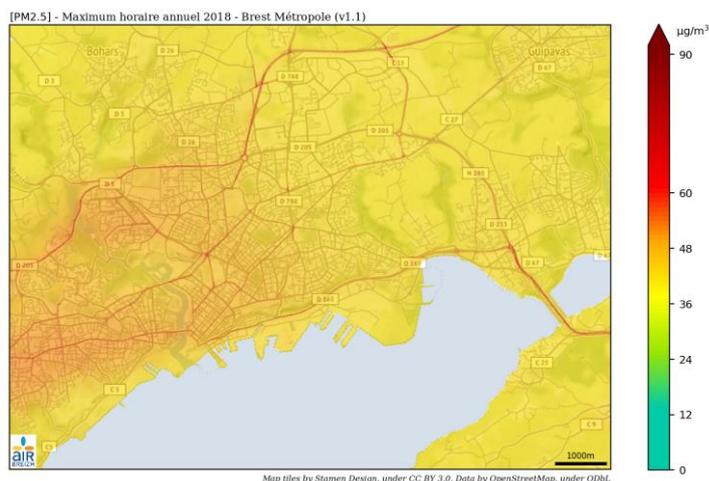


Figure 39: Identification des sources de pollution des PM2.5 au niveau de la station MACE

Cependant, agir sur les sources d'émission telles que le trafic routier et le chauffage urbain pourrait réduire les niveaux de pollution respirés quotidiennement par les habitants de la métropole, comme le montre la cartographie ci-contre de la pollution aux particules fines en situation la plus défavorable pour l'année de référence 2018.

Figure 40: Cartographies de dispersion 2017 des PM2.5 – Maxima horaires annuels modélisés



### Comparaison des résultats avec les seuils préconisés par l'OMS

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

Les principaux axes routiers du centre-ville pourraient ne pas respecter la valeur guide fixée à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par l'OMS. Ce constat est en adéquation avec les zones d'impact maximal provoquées par le dioxyde d'azote.

Cette zone regroupe moins de 300 personnes, soit 0.1% des habitants de la Métropole, réparties sur environ 400 bâtiments impactés où résident au total 4 000 habitants (selon la méthodologie LCSQA décrite dans le § VII.1).

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

- Respect de la valeur limite fixée à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 100 % de VL),
- Respect de la valeur cible fixée à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (équivalent à 80 % de VL).

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

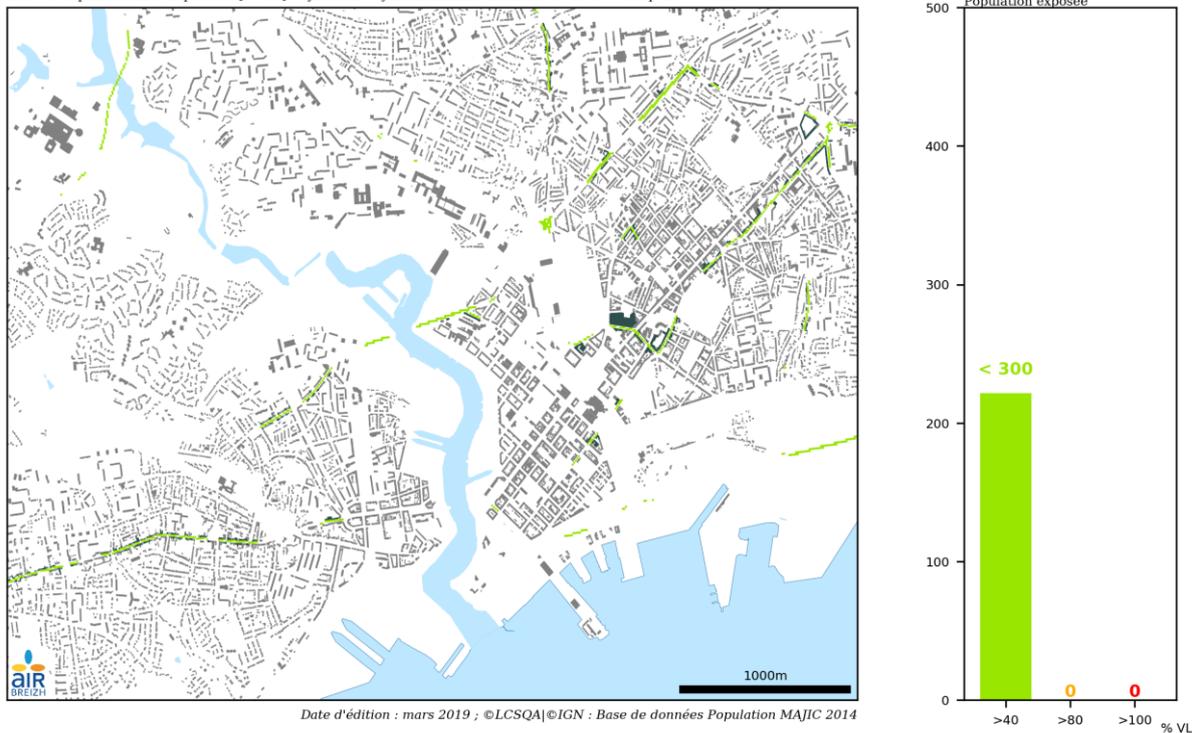
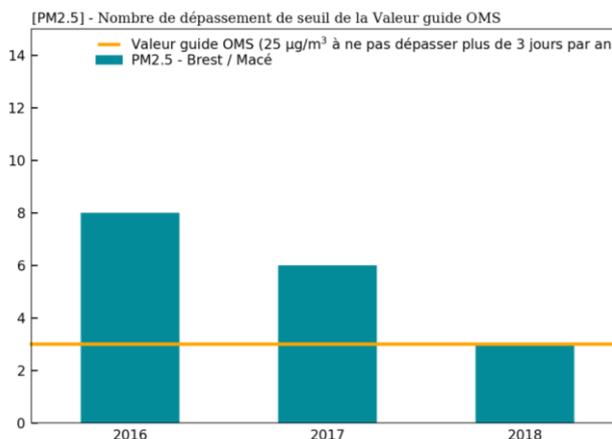


Figure 41: Exposition chronique 2016-2018 aux PM2.5 – Zoom sur la ville de Brest

Concernant les niveaux en situation d'exposition aigue, la valeur guide OMS est établie à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. Le modèle SIRANE ne permet pas encore de calculer l'indicateur du nombre de jours de dépassement d'un certain seuil. Cependant, d'après le dispositif de surveillance des PM2.5 implanté dans l'enceinte de l'école Jean Macé (situation de fond urbain), la valeur guide OMS a été dépassée pour les années 2016 et 2017.

Figure 42: Nombre de jours de dépassement de la valeur guide OMS pour les PM2.5



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

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

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

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

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

La Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) demande, dans un courrier d'octobre 2018 (Cf. Annexe 1), que les Cartes Stratégiques Air (si elles existent) des territoires couverts par un Plan de Protection de l'Atmosphère ou des territoires de plus de 100 000 habitants, soient transmises aux Directions 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 Brest Métropole, cœur de la « Zone Administrative de Surveillance » (ZAS) du pays de Brest, dite « Zone À Risques » (ZAR), 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* » - en version v1.4 de 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 Brest Métropole diffusée dans ce rapport s'appuie sur les modélisations réalisées pour la période d'étude 2016 – 2018. Ainsi, elle sera valable sur une période de trois ans, soit de 2019 à 2021.**

### 1-Collecte des données d'entrées

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

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

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

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

$$\% \text{ VL (de 0 à XX\%)} = C_{px} / VL_p$$

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-Extraction 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 météorologiques 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 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 7: Définition de l'échelle de couleurs à quatre 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. 2. La Carte stratégique Air de Brest Métropole

La réalisation de la Carte Stratégique Air sur la métropole de Brest permet de cerner les principales zones problématiques ou non 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 Brest Métropole présentée ci-après, il ressort les éléments suivants :

- La majeure partie de la carte est représentée par la **classe 1**, non touchée par un dépassement réglementaire, où vit **99.8 % de la population de Brest Métropole**. 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 le cadre de vie en termes de qualité de l'air dans cette zone.
- La **classe 2** représente **0.1 % de la population de Brest Métropole, soit environ 200 personnes**. Il s'agit d'une zone définie comme « fragilisée » où au moins une valeur limite réglementaire est en dépassement potentiel. Cette classe regroupe :
  - ✓ les grands axes routiers d'accès à la métropole où aucun habitant ne vit. Ce sont les voies rapides reliant Brest à Morlaix (N12) et à Quimper (N165) ainsi que la pénétrante nord (D112) et le boulevard ceinture de Brest (D205), dans une bande d'une vingtaine de mètres de part et d'autres des tronçons. Cette bande d'influence pourrait être précisé par une étude spécifique de spatialisation via un dispositif de mesure adapté.
  - ✓ Les axes structurants de la ville de Brest où des citoyens peuvent être impactés par un dépassement de valeur limite réglementaire à leur domicile.
- 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 **0.1 % de la population de Brest Métropole, soit environ 200 personnes**, au niveau des axes structurant de la ville de Brest :
  - ✓ Les places centrales (ronds-points) de Brest Albert 1<sup>er</sup> et de Strasbourg,
  - ✓ Les rues et boulevards bordés de bâtiments :
    - Les places centrales (carrefours giratoires) d'Albert 1<sup>er</sup> et de Strasbourg,
    - Les rues Sébastopol, Yves Collet, Victor Hugo, Duplex et Kerabecam reliant la place de Strasbourg au centre-ville de Brest,
    - La pénétrante Ouest rue Anatole France reliant l'entrée Ouest de Brest (direction Plouzané) au centre-ville.

Les principaux échangeurs de Brest Métropole sont également impactés par des niveaux dégradés de la qualité de l'air :

  - L'échangeur de Kervao N265/N12/D112 (Nord-Est direction Morlaix,
  - L'échangeur de Kergaradec D112/D788 (Nord direction Le Gouesnou)
  - L'échangeur de Le Relecq-Kerhuon D165/N265 /N12 (Sud-Est direction Quimper).

**La majorité des personnes exposées vivent au sein de la commune de Brest.**

### Carte Stratégique Air – Brest Métropole

**Date d'édition :**  
mars 2019

**Période d'application :**  
2019 – 2021

**Années prises en compte :**  
2016 – 2018

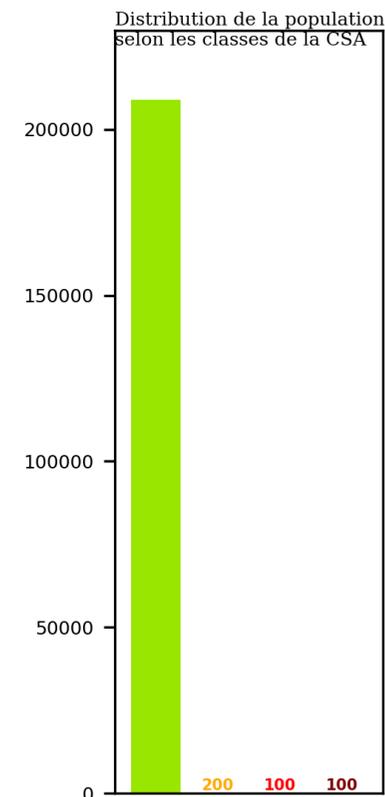
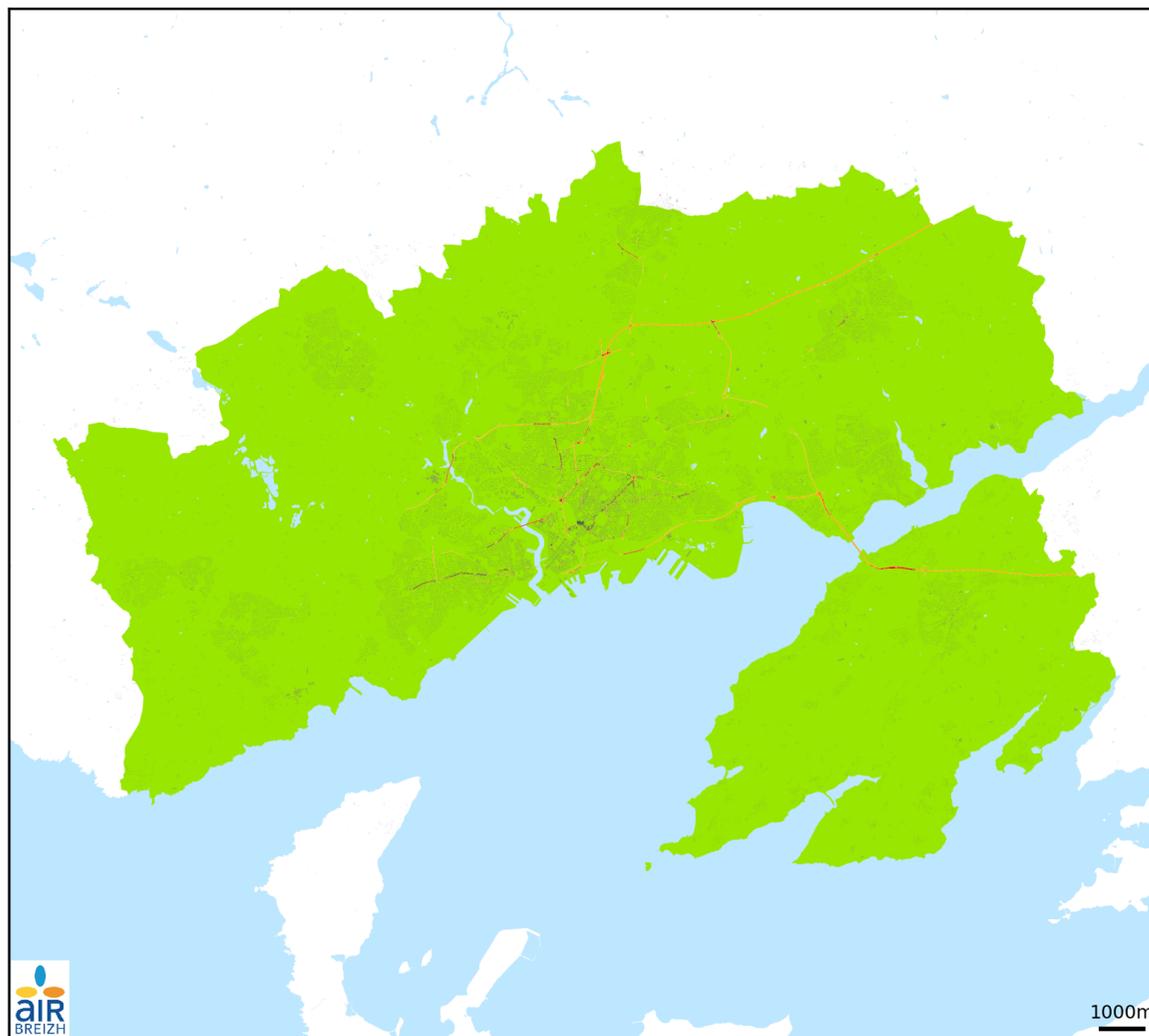
**Méthode :**  
Application de la méthode décrite dans le guide « Qualité de l'air et urbanisme – Guide méthodologique d'élaboration de la Carte Stratégique Air – v1-4 – mai 2016 »

**Valeurs limites (VL) prises en compte :**  
VL annuelle et horaire concernant le NO<sub>2</sub>, VL annuelle et journalière concernant les PM<sub>10</sub> et la VL annuelle pour les PM<sub>2.5</sub>

**Zone « Air » prioritaire**  
Valeur de l'indicateur multi-polluant : 112% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Brest Métropole)

**Réalisation technique :**  
Air Breizh

Figure 43: Carte Stratégique Air - Brest Métropole



- Zone non touchée par un dépassement réglementaire
- Zone "fragilisée" en dépassement réglementaire potentiel
- Zone en dépassement réglementaire
- Zone "air" prioritaire

©LCSQA|©IGN - Base de données Population MAJIC 2014

### Carte Stratégique Air – Brest

**Date d'édition :**

mars 2019

**Période d'application :**

2019 – 2021

**Années prises en compte :**

2016 – 2018

**Méthode :**

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

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

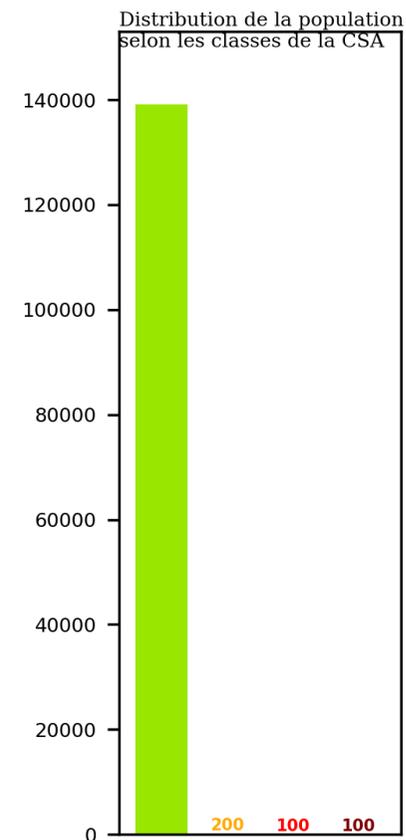
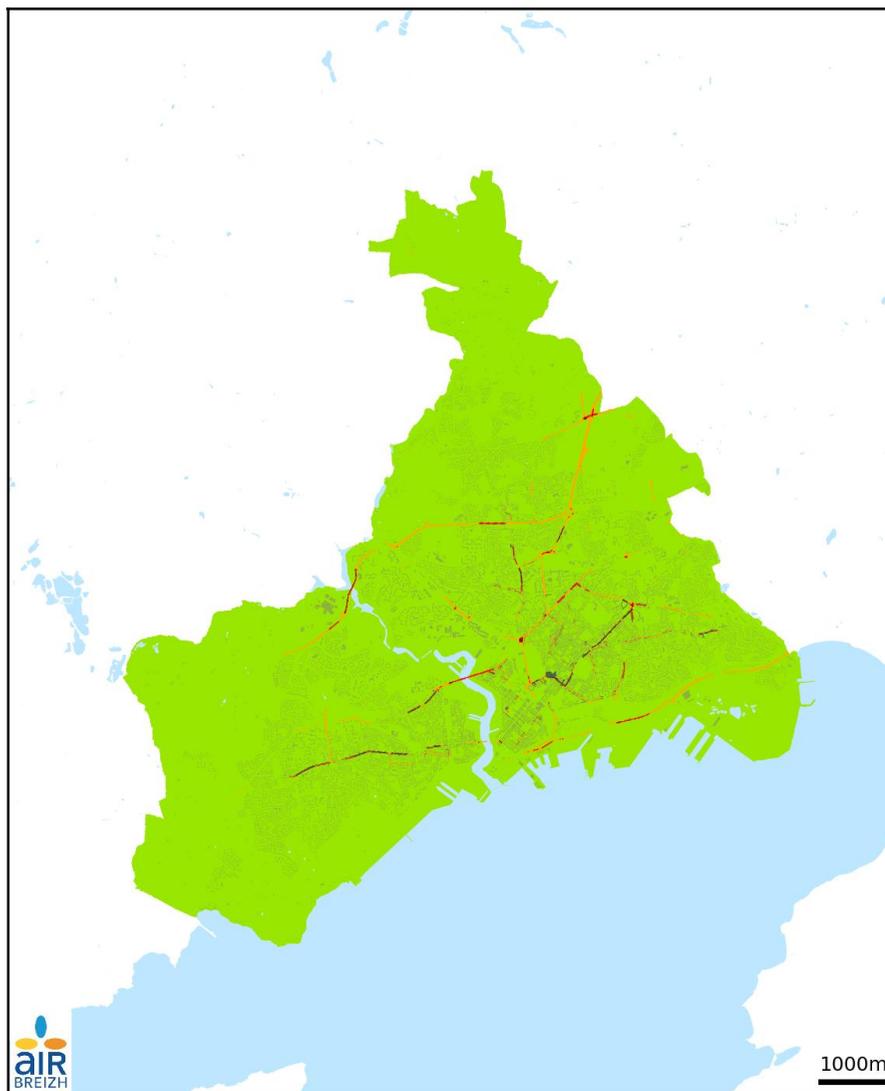
VL annuelle et horaire concernant le NO<sub>2</sub>, VL annuelle et journalière concernant les PM<sub>10</sub> et la VL annuelle pour les PM<sub>2.5</sub>

**Zone « Air » prioritaire**

Valeur de l'indicateur multi-polluant : 112% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Brest Métropole)

**Réalisation technique :**

Air Breizh



- Zone non touchée par un dépassement réglementaire
- Zone "fragilisée" en dépassement réglementaire potentiel
- Zone en dépassement réglementaire
- Zone "air" prioritaire

Figure 44: Carte Stratégique Air - Zoom sur la ville de Brest

### Carte Stratégique Air – Brest : zoom sur le centre-ville

**Date d'édition :**

mars 2019

**Période d'application :**

2019 – 2021

**Années prises en compte :**

2016 – 2018

**Méthode :**

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

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

VL annuelle et horaire concernant le NO<sub>2</sub>, VL annuelle et journalière concernant les PM<sub>10</sub> et la VL annuelle pour les PM<sub>2.5</sub>

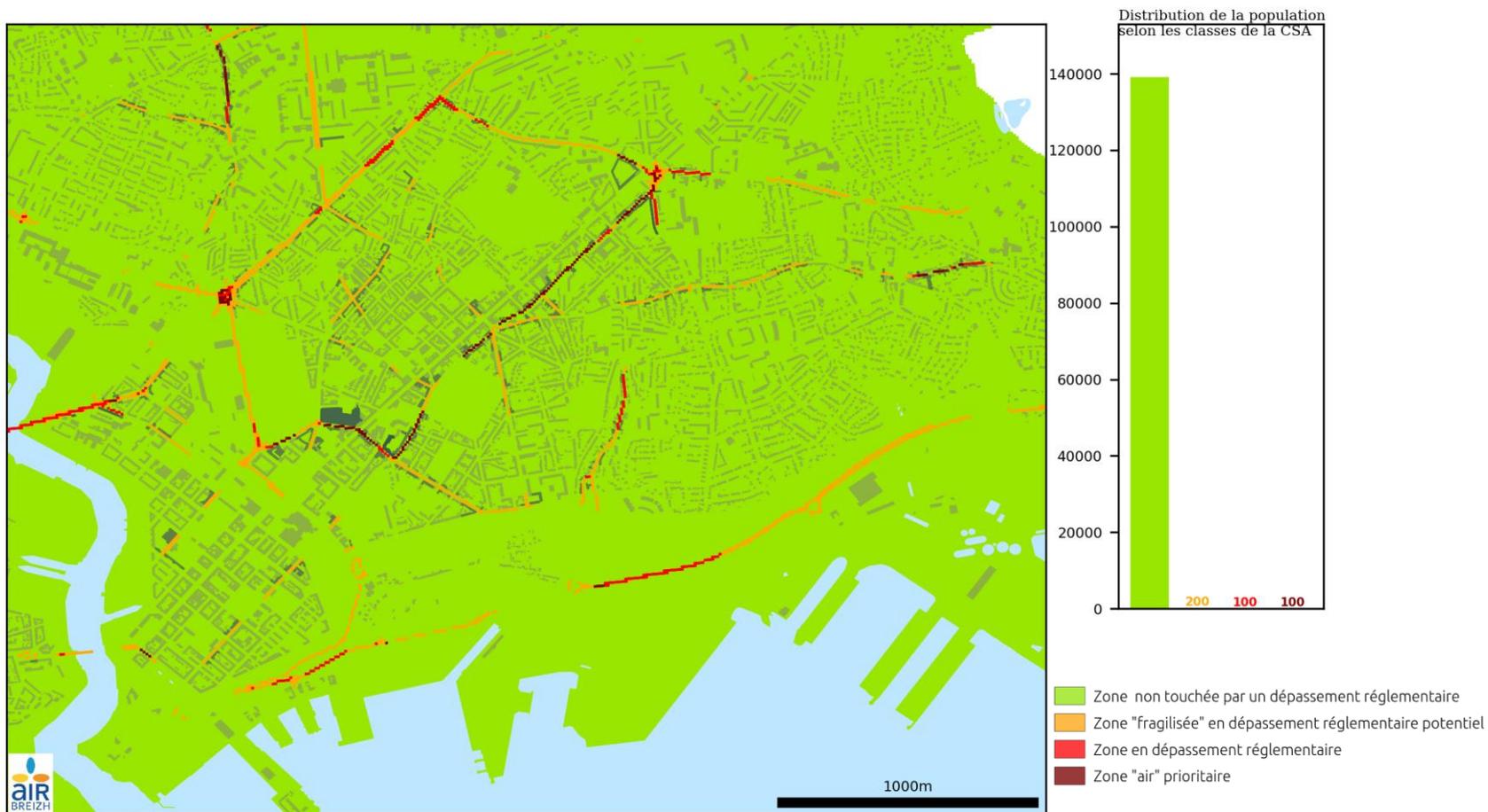
**Zone « Air » prioritaire**

Valeur de l'indicateur multi-polluant : 112% (correspondant aux 40 % de la surface les plus exposés de la zone en dépassement réglementaire de Brest Métropole)

**Réalisation technique :**

Air Breizh

Figure 45: Carte Stratégique Air - Zoom sur le centre-ville de Brest



©LCSQA|©IGN - Base de données Population MAJIC 2014

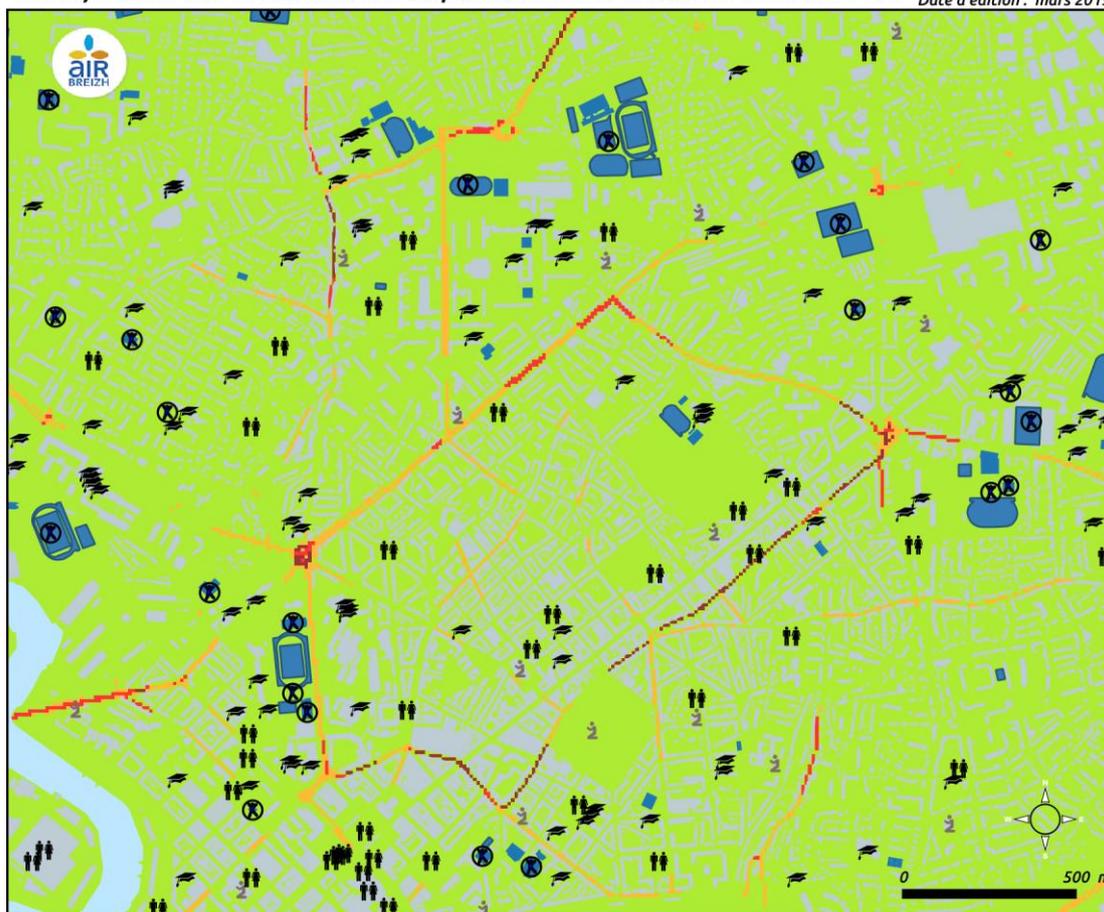
### VIII. 3. Cartes d'exposition des lieux sensibles à la pollution atmosphérique

Sont ici superposés à la Carte Stratégique Air les lieux ou établissements recevant un public particulièrement sensible à la pollution de l'air, soit de par leur activité (sport) ou de par leur fragilité (jeunes enfants, personnes malades ou âgées, ...).

Les lieux sensibles ont été identifiés à partir des données des Points d'Activités et d'Intérêts (PAI) de la BD TOPO (version 2.2 - 2017) de l'IGN. Elles permettent d'identifier les catégories suivantes :

- PAI\_SCIENCE\_ENSEIGNEMENT : Désignation d'un établissement d'enseignement ou de recherche (primaire, secondaire ou supérieur).
- PAI\_SANTE : Désignation d'un établissement thermal ou de type hospitalier.
- PAI\_SPORT : Désignation d'un établissement ou lieu spécialement aménagé pour la pratique d'une ou de plusieurs activités sportives.
- PAI\_RELIGIEUX : Désignation d'un bâtiment réservé à la pratique d'une religion.
- PAI\_CULTURE\_LOISIRS : Désignation d'un établissement ou lieu spécialement aménagé pour une activité culturelle, touristique ou de loisirs.

*Identification des lieux recevant du public sensible en centre-ville de Brest* Date d'édition : mars 2019



©LCSQA | ©IGN : Base de données Population MAJIC 2014 ; © IGN - BD TOPO Edition 2017 (v2.2) ; Données Air Breizh

#### Lieux recevant du public

- |   |  |
|---|--|
|  PAI_SANTE           |  PAI_SCIENCE_ENSEIGNEMENT |
|  PAI_RELIGIEUX       |  PAI_SPORT                |
|  PAI_CULTURE_LOISIRS |  TERRAIN_SPORT            |
|   |  Bati                     |

#### Classes CSA

- |   |  |
|---|--|
|  | Zone non touchée par un dépassement réglementaire        |
|  | Zone "fragilisée" en dépassement réglementaire potentiel |
|  | Zone en dépassement réglementaire                        |
|  | Zone "air" prioritaire                                   |

Figure 46: Carte Stratégique Air - Identification des lieux recevant du public sensible

## Conclusion

La réalisation de cette étude de modélisation sur la métropole de Brest a permis d'identifier les principales zones problématiques ou non en termes de qualité de l'air, synthétisées dans un porter à connaissance : la « Carte Stratégique Air ». Cette carte a pour vocation de préciser les zones prioritaires où des actions d'urbanisme pourraient être mises en œuvre.

Dans le cadre d'aménagements urbains, deux approches sont possibles :

- Pour les aménagements déjà existants implantés dans les zones fragilisées et en dépassement réglementaire, une modification des infrastructures peut être envisageable comme déplacer les prises d'aération des bâtiments dans des zones moins polluées. Une préconisation sur les bons gestes est également possible : ouverture des fenêtres, décalage des heures des récréations pour les établissements accueillants des enfants, ...
- Pour les aménagements urbains en projet, des fiches prescriptives indiquant les actions à mettre en œuvre pourraient être intégrées avant autorisation des travaux. Dans ce cadre, des modélisations haute résolution à l'échelle d'un quartier (modèle urbain SIRANE) ou à très haute résolution en 3D à l'échelle de la rue (modèle spécifique) permettraient de réaliser des cartes de pollution avant/après en fonction des projets proposés. Des études spécifiques couplant la modélisation et la mesure pourraient être menées.

**L'amélioration de la qualité de l'air de l'agglomération, via notamment la modernisation du parc de véhicule et une diminution du trafic routier, permettrait de limiter progressivement les zones en dépassement.**

**Par ailleurs, les valeurs limites européennes en vigueur en 2019 seront à termes révisées et très vraisemblablement abaissées pour tendre vers les valeurs guides établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.**

Les particules très fines PM2.5 sont jugées préoccupantes selon ces valeurs guides, compte tenu des concentrations simulées et mesurées sur le territoire.

La valeur guide des particules fines PM2.5, fixée par l'OMS à 3 journées de dépassement tolérées du seuil journalier 25 µg/m<sup>3</sup>, n'a pas été respectée au cours des années 2016 et 2017 sur la métropole de Brest, avec respectivement 8 et 6 dépassements mesurés par la station urbaine de fond du territoire.

Polluants	Bilan d'exposition à la pollution de l'air	
	Réglementation française	Valeurs guides OMS
Dioxyde d'azote <b>NO<sub>2</sub></b>		
Particules fines <b>PM10</b>		
Particules très fines <b>PM2.5</b>		

Tableau 8: Synthèse de l'exposition des habitants de la métropole brestoise à la pollution

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



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Direction générale de l'énergie et du climat

Paris le

19 OCT. 2018

Service du climat et de l'efficacité énergétique

Le Directeur général de l'énergie et du climat

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

aux

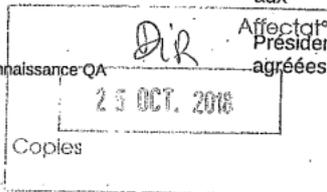
Bureau de la qualité de l'air

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



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

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 :

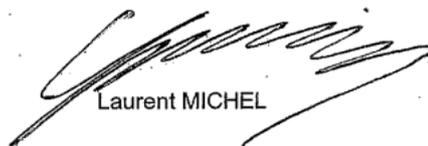
1. les résultats de la surveillance (comme les moyennes annuelles pour le dioxyde d'azote et les particules), le bilan régional sur la qualité de l'air et les cartes annuelles descriptives des situations de dépassement (article 18 de l'arrêté du 19 avril 2017) ;
2. les données d'émissions de polluants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

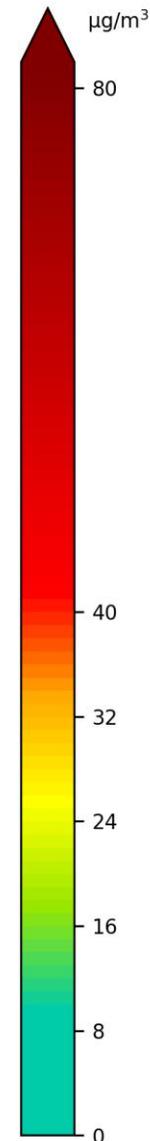
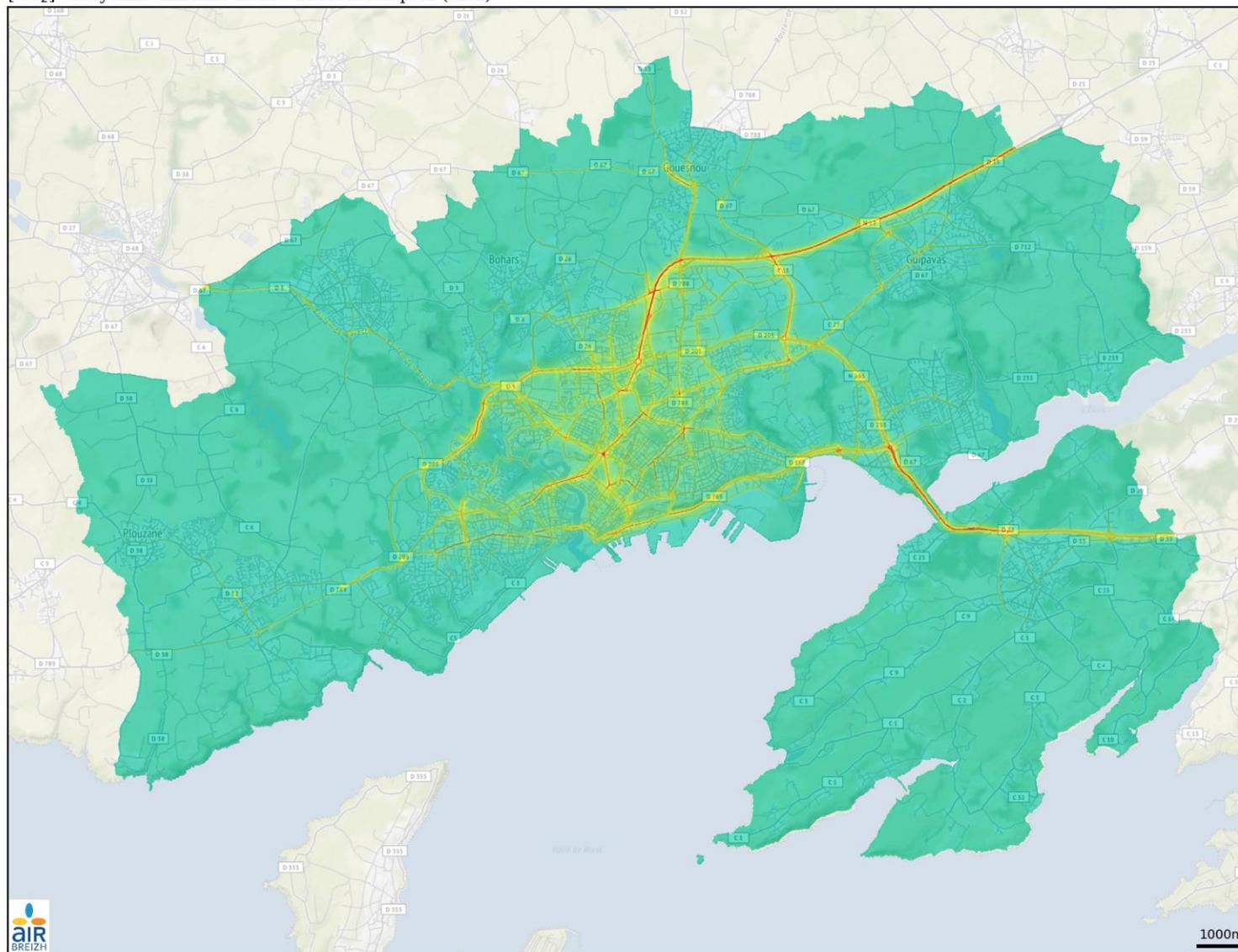


Laurent MICHEL

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.

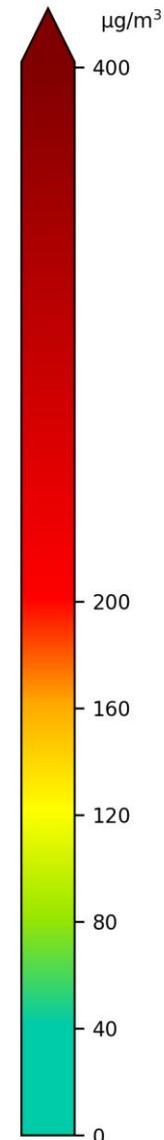
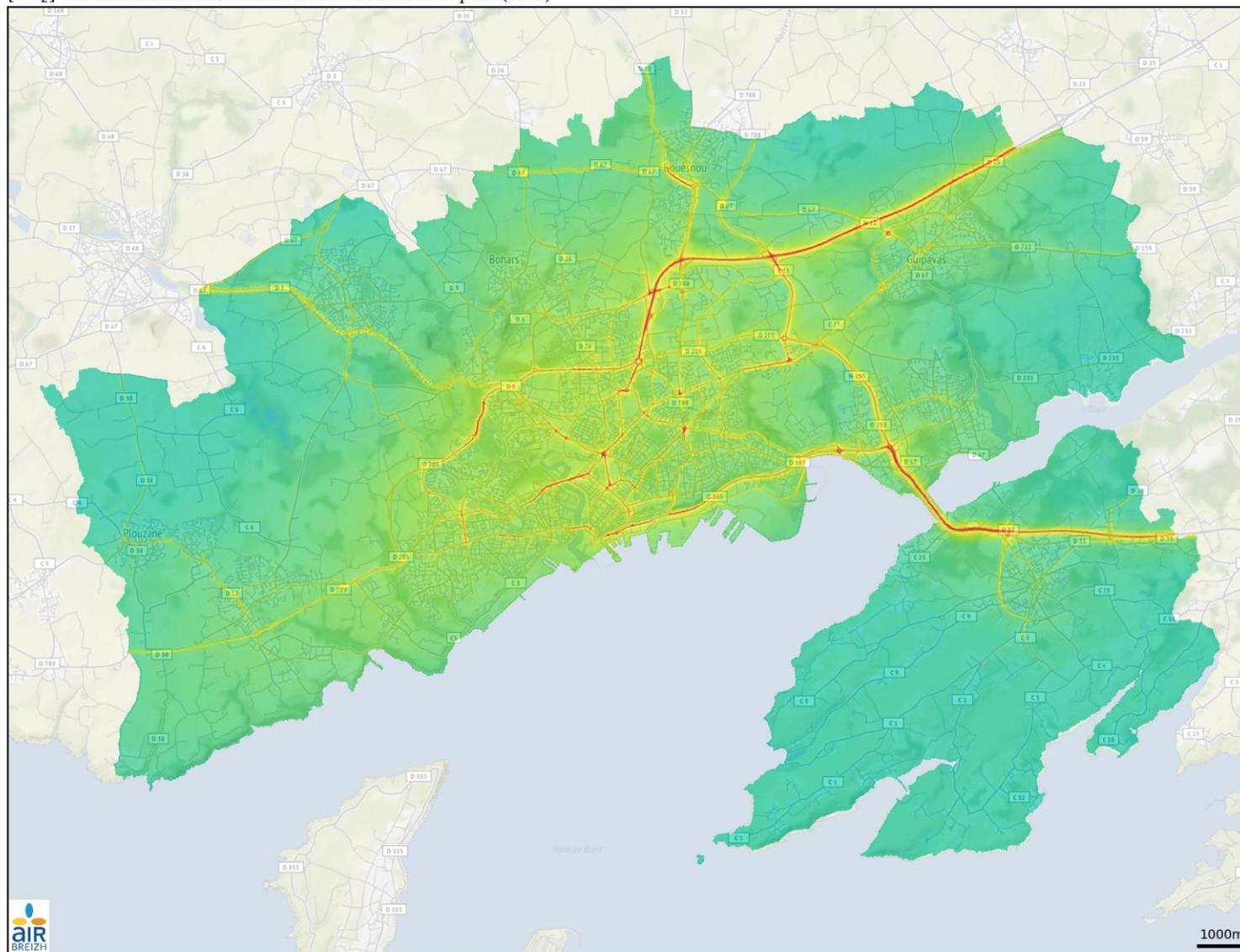
Annexe 2 :  
Cartographies de pollution atmosphérique 2018

[NO<sub>2</sub>] - Moyenne annuelle 2018 - Brest Métropole (v1.1)



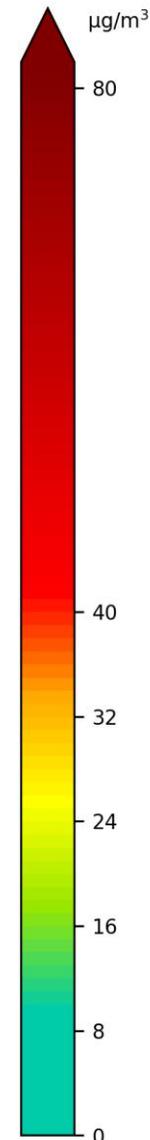
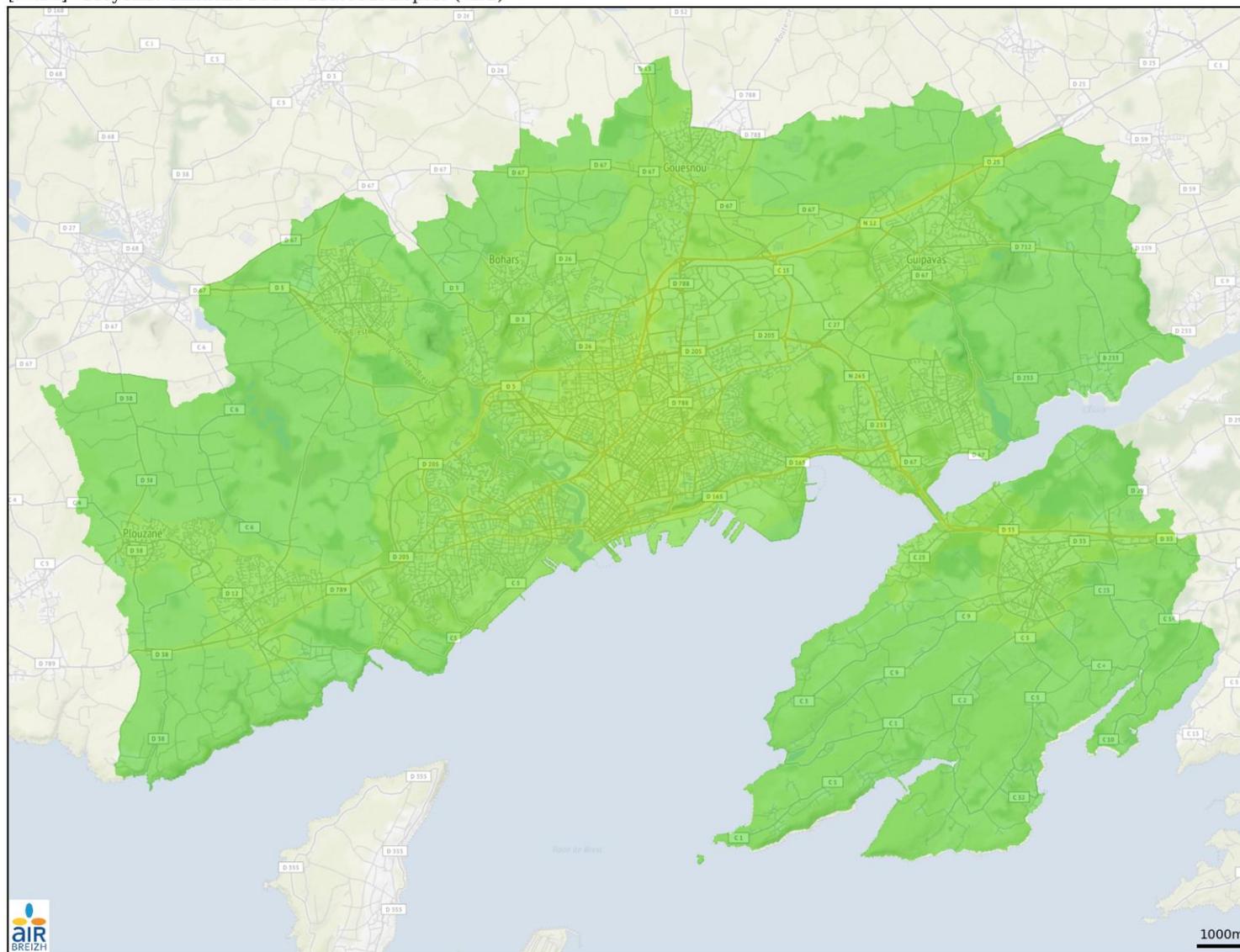
Date d'édition : février 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[NO<sub>2</sub>] - Maximum horaire annuel 2018 - Brest Métropole (v1.1)



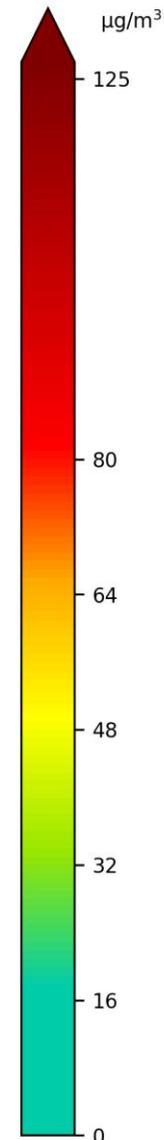
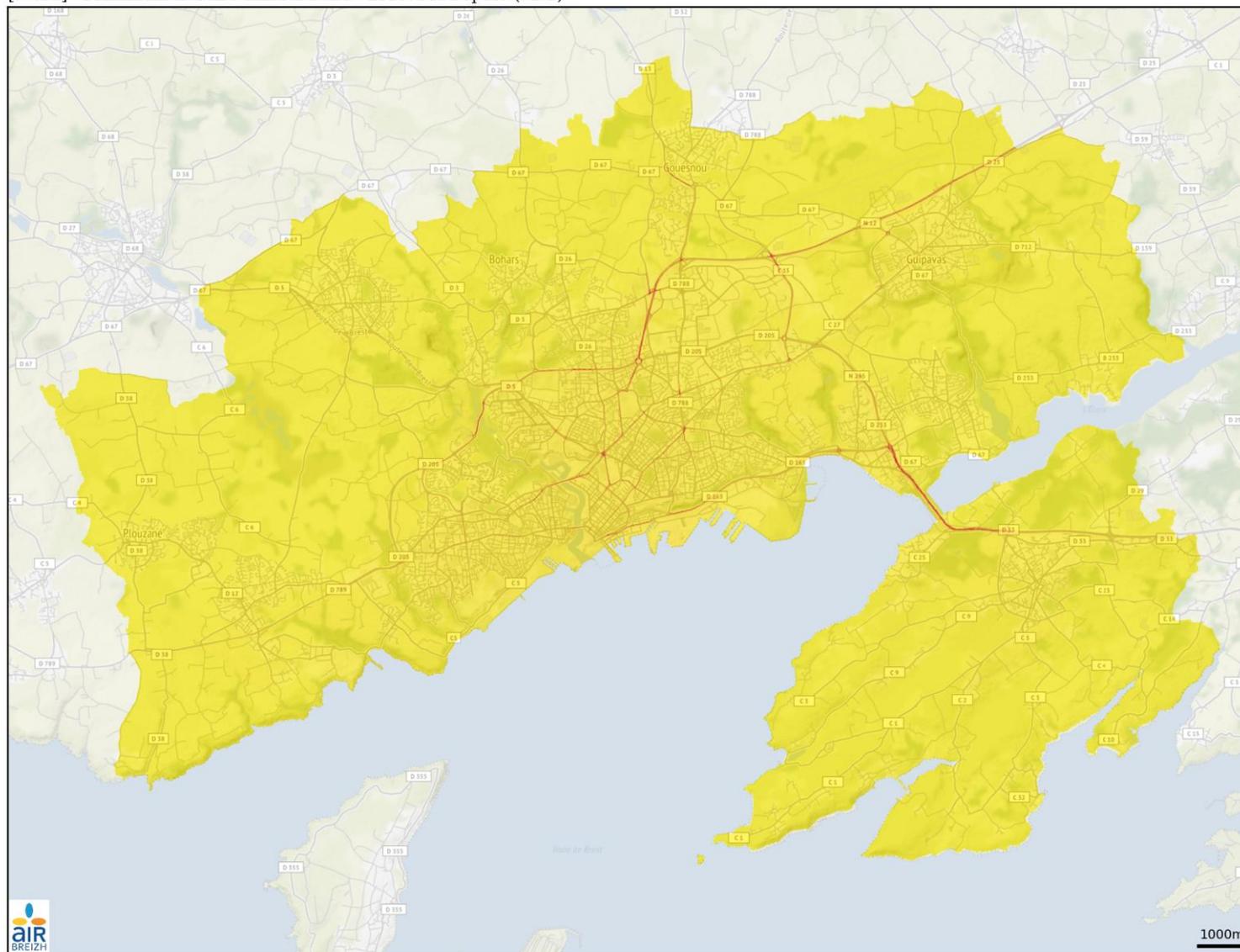
Date d'édition : février 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[PM10] - Moyenne annuelle 2018 - Brest Métropole (v1.1)



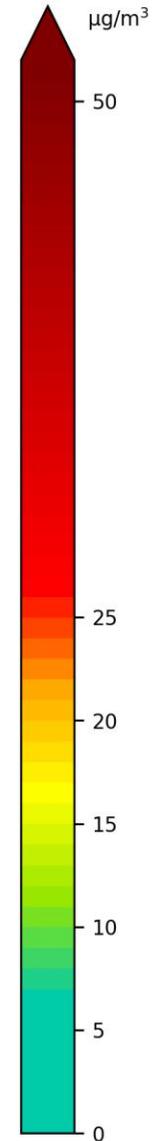
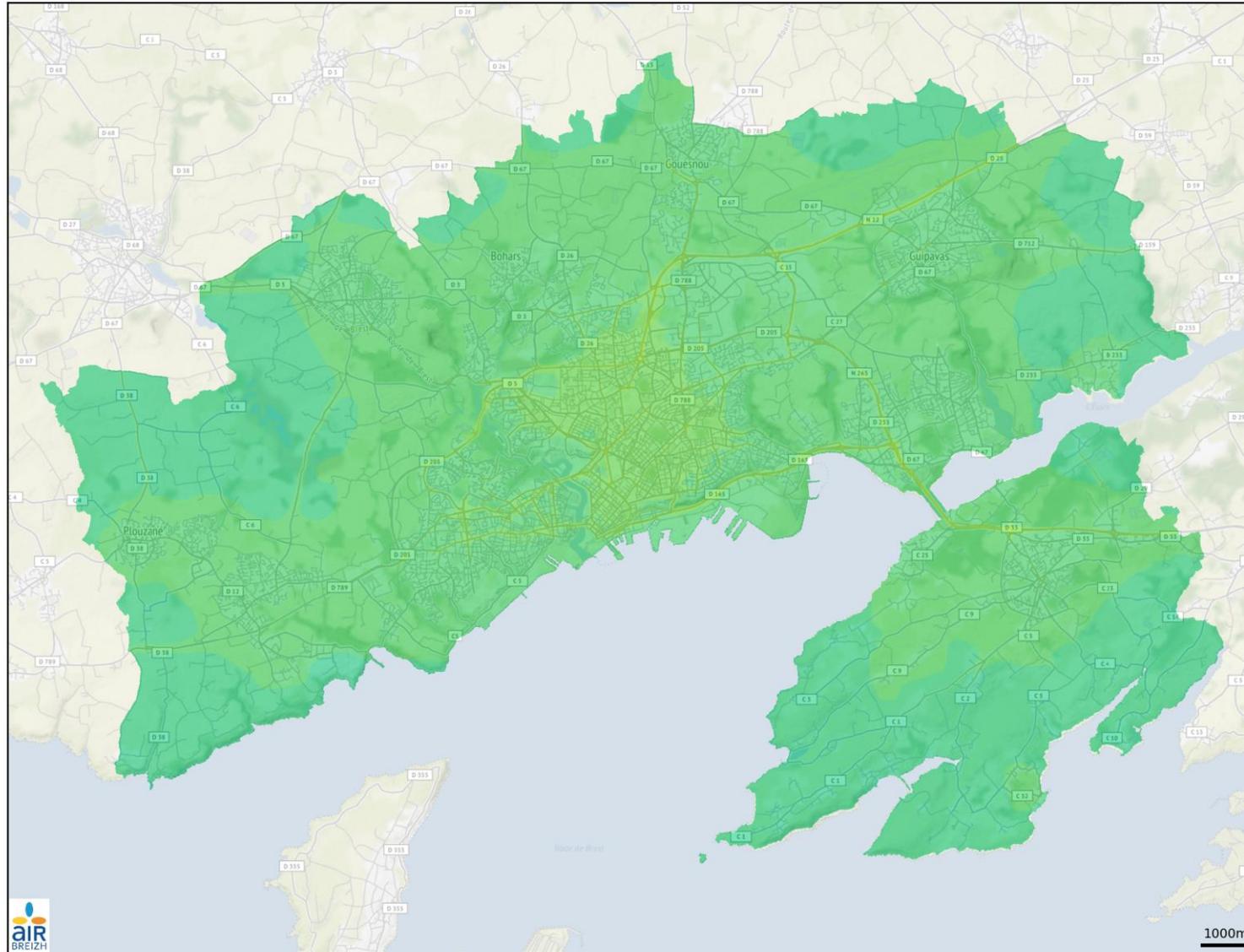
Date d'édition : février 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[PM10] - Maximum horaire annuel 2018 - Brest Métropole (v1.1)



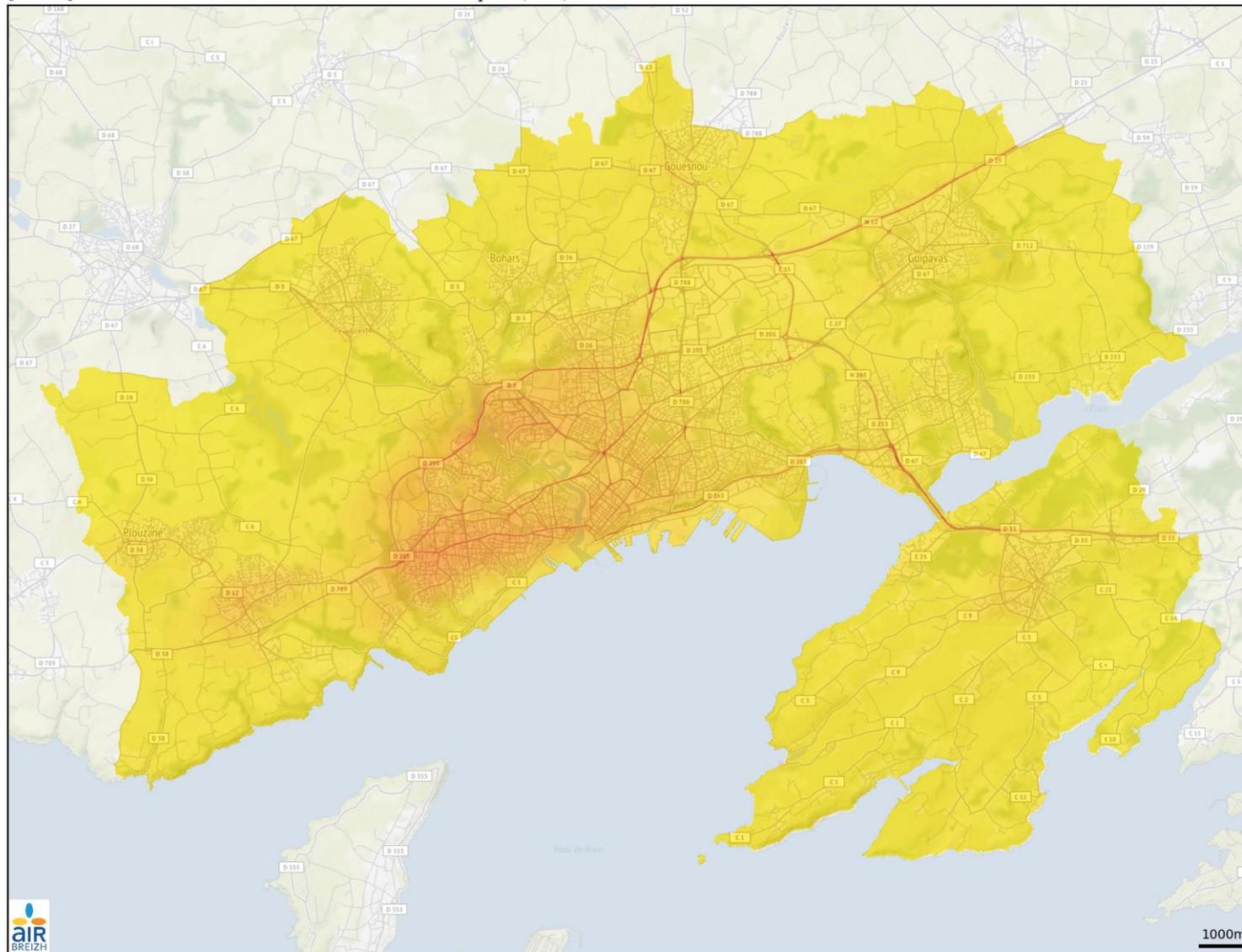
Date d'édition : février 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

[PM2.5] - Moyenne annuelle 2018 - Brest Métropole (v1.1)



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

[PM2.5] - Maximum horaire annuel 2018 - Brest Métropole (v1.1)



Date d'édition : février 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](http://www.airbreizh.asso.fr)

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