

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

## Rapport

---

### Etude du carbone suie à Rennes

Bilan de la première année de mesure (2019)

Rapport – version du 01/10/2020



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



**Air Breizh**

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

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

### Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant et un lieu donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

### 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.

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

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

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh. Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

### Organisation interne – contrôle qualité

<b>Service Etudes (rédacteurs)</b>	<b>Relecture</b>	<b>Validation</b>
Raphaële FALHUN <i>(Ingénieur d'études)</i>	Olivier LE BIHAN <i>(Responsable Service Etudes)</i>	Gaël LEFEUVRE <i>(Directeur)</i>

Sommaire

<b>I. Contexte.....</b>	<b>6</b>
<b>II. La mesure du carbone suie.....</b>	<b>7</b>
II.1. Propriétés du carbone suie .....	7
II.2. Mesure du carbone suie .....	7
II.3. Méthodologie pour l'estimation de la contribution de la combustion de biomasse et d'hydrocarbures dans les PM10 .....	8
<b>III. Site de mesure.....</b>	<b>9</b>
<b>IV. Suivi des concentrations en 2019.....</b>	<b>9</b>
<b>IV.1. Les conditions météorologiques .....</b>	<b>9</b>
IV.1.1 Direction et vitesse du vent .....	9
IV.1.2 Pluviométrie et température .....	10
<b>IV.2. Taux de couverture.....</b>	<b>11</b>
<b>IV.3. Résultats obtenus.....</b>	<b>12</b>
IV.3.1 Le carbone suie en 2019 .....	12
IV.3.2 Evolution temporelle (jours / saisons) du carbone suie en 2019.....	12
IV.3.3 Rose de pollution en carbone suie en 2019 .....	14
IV.3.4 Estimation de la contribution de la combustion de biomasse et d'hydrocarbures dans la concentration PM10 .....	15
<b>V. Etude de jours marquants en 2019.....</b>	<b>18</b>
V.1. 26 – 27 février 2019 .....	18
V.2. 31 mars – 1er avril 2019.....	18
V.3. 20 – 22 avril 2019 .....	19
V.4. Synthèse.....	20
<b>VI. Conclusion et perspectives.....</b>	<b>21</b>
<b>Annexe I : Présentation d'Air Breizh .....</b>	<b>23</b>
<b>Présentation d'Air Breizh .....</b>	<b>24</b>
Missions d'Air Breizh.....	24
Réseau de surveillance en continu .....	24
Moyens.....	25

## Liste des figures

Figure 1 : Aethalomètre à la station Pays-Bas à Rennes .....	8
Figure 2 : Localisation de la station Pays-Bas à Rennes (Géoportail) .....	9
Figure 3 : Normale de rose des vents et rose des vents en 2019 à Rennes St-Jacques (Météo France) .....	10
Figure 4 : Pluviométrie, températures normales et relevées en 2019 à Rennes St-Jacques.....	11
Figure 5 : Evolution temporelle des concentrations en moyenne journalière en BCwb et BCff .....	13
Figure 6 : Profils journaliers moyens des concentrations en BCff et BCwb pour les jours de la semaine et les week-ends (heure TU) .....	13
Figure 7 : Profils journaliers moyens des concentrations en BCwb et BCff pour les saisons (heure TU).....	14
Figure 8: Roses de pollution de BCwb (gauche) et BCff (droite) en 2019.....	15
Figure 9 : Contributions en moyenne annuelle dans les PM10 en 2019 à Rennes.....	16
Figure 10 : Evolution temporelle en moyenne journalière des concentrations en PMwb et PMff sur le site Pays-Bas à Rennes .....	16
Figure 11 : Concentrations moyennes mensuelles en PM10 et contributions des deux principales sources de combustion sur le site Pays-Bas à Rennes.....	16
Figure 12 : Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartitions journalière en PM10 les 26 - 27 février 2019 pour la station Pays-Bas.....	18
Figure 13 : Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartition journalière en PM10 les 31 mars et 1 <sup>er</sup> avril 2019 pour la station Pays-Bas .....	19
Figure 14: Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartition journalière en PM10 du 19 au 23 avril 2019 pour la station Pays-Bas .....	19
Figure 15 : Synthèse des résultats 2019 à la station Pays-Bas .....	21
Figure 16: Implantation des stations de mesure d’Air Breizh (au 01/01/2020) .....	25

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Moyennes annuelles et maximums horaires et journaliers.....	12
Tableau 2 : Moyennes annuelles et max journaliers en 2019 .....	15

### Glossaire

ACSM	Aerosol Chemical Speciation Monitor
AE33	Aetholomètre multilongueur d'onde : appareil de mesure de carbone suie
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BC	Carbone suie ou « Black Carbon »
BCff	Carbone suie issu de la combustion d'hydrocarbures, «fuel fossile»
BCwb	Carbone suie issu de la combustion de biomasse, « wood burning »
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
Heure TU	L'heure est exprimée en Temps Universel (TU)
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
nm	nanomètre
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
PM1	Particules fines ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 1 µm
PM2.5	Particules fines ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm (PM1 comprises dans les PM2.5)
PM10	Particules fines ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM2.5 comprises dans les PM10)
PMff	Particules issues de la combustion d'hydrocarbures au sein de la fraction PM10
PMwb	Particules issues de la combustion de biomasse au sein de la fraction PM10
µm	micromètre

### I. Contexte

Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en Bretagne dispose d'un réseau de stations de mesure fixes sur l'ensemble de la région afin d'assurer le suivi en continu des polluants réglementés.

Parmi ces polluants réglementés, le suivi réglementaire en air ambiant des particules est basé sur la mesure de la masse des particules dans l'air. La directive 1996/62/CE a établi l'évaluation des concentrations en PM<sub>10</sub>, particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm. Puis la directive 2008/50/CE a complété la réglementation avec les PM<sub>2.5</sub>, particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm.

L'intérêt pour les particules est croissant pour différentes raisons :

- l'impact sur la santé, l'environnement et le climat,
- des épisodes de pollution particulaire apparaissent chaque année,
- des sources diverses (transports, résidentiel, agriculture).

L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), dans son avis sur les polluants « émergents » dans l'air ambiant<sup>1</sup> de 2018, recommande de compléter et de pérenniser l'acquisition de données sur le **carbone suie** dans l'air et préconise ainsi la surveillance de ce composé. Le carbone suie est un composé des particules fines provenant de la combustion de matière carbonée.

Au-delà des attentes réglementaires, Air Breizh, en collaboration avec le LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air), souhaite améliorer les connaissances sur la composition des particules fines en Bretagne.

Dans ce contexte, la station urbaine de fond « Pays-Bas » (Rennes) a été équipée fin 2018 d'un analyseur (AE33) de carbone suie ou Black Carbon (BC). Il permet de suivre en continu la concentration en BC dans les PM<sub>2.5</sub> mais aussi de distinguer et d'évaluer : la fraction issue de la combustion d'hydrocarbures (BC<sub>ff</sub>) et celle issue de la combustion de biomasse (BC<sub>wb</sub>). Un guide méthodologique sur l'utilisation des AE33 rédigé par le LCSQA<sup>2</sup> permet d'harmoniser la mesure du BC avec cet analyseur au niveau national.

Il permet ensuite d'estimer les concentrations en PM<sub>10</sub> attribuables à ces deux sources de combustion (notées respectivement PM<sub>ff</sub> et PM<sub>wb</sub>).

Le présent rapport présente les résultats de la première année de mesure (2019).

---

<sup>1</sup> ANSES, 2018, Polluants « émergents » dans l'air ambiant Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air. Avis et rapport d'expertise collective

<sup>2</sup> LCSQA, 2018, Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par aethalomètre multi-longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant

## II. La mesure du carbone suie

### II.1. Propriétés du carbone suie

Différents polluants atmosphériques gazeux et particulaires sont émis lors de la combustion de matière carbonée (gaz, pétrole, charbon et biomasse) dont les particules ou aérosols carbonés.

Le carbone suie fait partie de cette catégorie de particules, il est formé de trop peu d'hétéroatomes (O, H, N..) pour être considéré comme organique<sup>3</sup>. Il est constitué de carbone (C) et caractérisé par une grande capacité d'absorption du rayonnement lumineux. Dans la littérature scientifique, il est également appelé Black Carbon (BC) ou Elemental Carbon (EC) mais ces deux dénominations recouvrent la même classe de composés chimiques. Ils se distinguent par la méthode de mesure utilisée : mesure optique pour le premier et mesure thermique pour le deuxième<sup>4</sup>.

Il est produit par la combustion incomplète de combustibles d'origine fossile et de la biomasse. Les principales sources sont les moteurs à combustion (diesel et autres carburants fossiles), la combustion résidentielle de bois et de charbon, l'utilisation de fioul lourd ou du charbon, le brûlage de déchets agricoles/végétaux, ainsi que les feux de forêt.

Le BC est majoritairement présent dans les particules fines PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 µm) et se trouve particulièrement dans les PM1 (diamètre aérodynamique inférieure à 1 µm)<sup>4</sup>. Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Du fait de sa petite taille, le BC pénètre profondément dans l'appareil respiratoire puis dans le sang et favorise les risques cardio-vasculaires<sup>4</sup>.

Au-delà de ses propriétés physiques qui lui permettent de pénétrer profondément dans les, poumons, l'impact sanitaire du BC est aussi en lien avec les propriétés chimiques des fractions organiques et métalliques. En effet, la présence du carbone suie s'associe à celle de carbone organique produit lors des processus de combustion incomplète. De plus, il peut être vecteur de produits chimiques à toxicité variable pour le corps humain (HAP, métaux lourds...)<sup>4</sup>.

Les effets de salissures sur les bâtiments sont les impacts sur l'environnement les plus évidents visuellement. Le dépôt de carbone suie sur des surfaces enneigées ou glacées réduit le pouvoir réfléchissant (albédo) et accentue leur fonte. Sa propriété à absorber le rayonnement solaire en fait le seul aérosol caractérisé par un forçage radiatif positif. Autrement dit, sa présence dans l'atmosphère participe au réchauffement climatique<sup>5</sup>.

### II.2. Mesure du carbone suie

L'aéthalomètre multi-longueurs d'onde (de type AE 33) (Figure 1) mesure la concentration en BC en effectuant une mesure de la lumière absorbée par les particules prélevées en continu sur une bande filtrante. La mesure est réalisée dans la fraction PM2.5.

Par différence de mesures de la transmission lumineuse entre la bande filtrante vierge et la bande filtrante chargée en particules, un coefficient d'absorption de la lumière par les particules est déterminé. Cette analyse est réalisée à sept longueurs d'onde réparties entre 370 et 950 nm.

Les concentrations de BC sont calculées avec une haute résolution temporelle (60s) en analysant l'atténuation de la transmission lumineuse au cours du temps.<sup>6</sup>

L'AE 33 commercialisé par Magee Scientific, détermine la concentration de BC avec le coefficient d'absorption à 880 nm. D'autres longueurs d'onde sont utilisées pour estimer les contributions des différentes sources de combustion (BCwb et BCff).

<sup>3</sup> INERIS, 2012, Carbone élémentaire ou black carbon ?

<sup>4</sup> Airparif, 2014, Le carbone suie : enjeu présent et futur, Actualité n°42

<sup>5</sup> Atmo BFC, Janvier 2020, Fiche polluant le black carbon

<sup>6</sup> LCSQA, 2018, Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par aéthalomètre multi-longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant



Figure 1 : Aethalomètre à la station Pays-Bas à Rennes

La concentration en carbone suie est donnée par l'expression suivante :

$$\mathbf{BC = BCff + BCwb}$$

- Où **BC** : Concentration en carbone suie totale  
**BCwb** : Concentration en carbone suie issu de la combustion de biomasse, « wood burning » (chauffage au bois, brûlage de déchets vert et feux de forêt)  
**BCff** : Concentration en carbone suie issu de la combustion d'hydrocarbures, « fuel fossile » (essentiellement issu du transport routier)

### II.3. Méthodologie pour l'estimation de la contribution de la combustion de biomasse et d'hydrocarbures dans les PM10

Deux fractions de carbone suie (BC) ont été distinguées : l'une reliée à la combustion d'hydrocarbures (BCff) et l'autre à la combustion de biomasse (BCwb). Il est ensuite possible d'**estimer** les concentrations de PM10 attribuables à ces deux familles de sources à partir des concentrations en BC mesurées dans les PM2.5 et de coefficients issus de la littérature scientifique et d'études menées par le LCSQA. En l'absence d'information plus précise issue d'étude spécifique sur leurs valeurs, les facteurs appliqués à la station Pays-Bas sont ceux recommandés par défaut par le LCSQA<sup>2</sup>.

$$\mathbf{PMwb = 10 \times BCwb}$$

$$\mathbf{PMff = 2 \times BCff}$$

- Où **PMff** est la concentration massique des particules issues de la combustion d'hydrocarbures  
**PMwb** est la concentration massique des particules issues de la combustion de biomasse

En plus du carbone suie, PMff et PMwb sont constituées principalement d'aérosols organiques primaires. Il faut noter que les émissions primaires à l'échappement automobile sont prises en compte dans la part liée à la combustion d'hydrocarbures (PMff). Par contre ces estimations n'intègrent pas les particules issues de l'abrasion des pneus, des freins, de la chaussée... Elles ne prennent pas en compte non plus l'influence de l'échappement automobile sur la formation d'aérosols secondaires à partir des émissions de précurseurs gazeux (dont les NOx).

Les contributions calculées de PMff et PMwb sont des estimations, il est important de les considérer comme des ordres de grandeurs et non pas des valeurs de mesure précises.

### III. Site de mesure

La mesure de BC sur un site de fond urbain permet de quantifier la part du chauffage et celle du trafic au sein d'une ville. La surveillance du BC est accompagnée de la mesure de particules fines PM2.5 et PM10.

Air Breizh a instrumenté la **station urbaine de fond Pays-Bas**, à Rennes, fin 2018 pour le suivi du carbone suie. Le site Pays-Bas a été mis en service en 2012. La station est située au sud de la ville de Rennes dans un quartier résidentiel, desservi par le métro avec des habitats majoritairement collectifs dont certains reliés au réseau de chaleur de la chaufferie biomasse. La cabine est équipée d'un analyseur de particules PM10, PM2.5 et de préleveurs pour le suivi des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et métaux lourds.

Altitude : 45 m  
Latitude : 48°5'22.74'  
Longitude : -1°39'32.8"

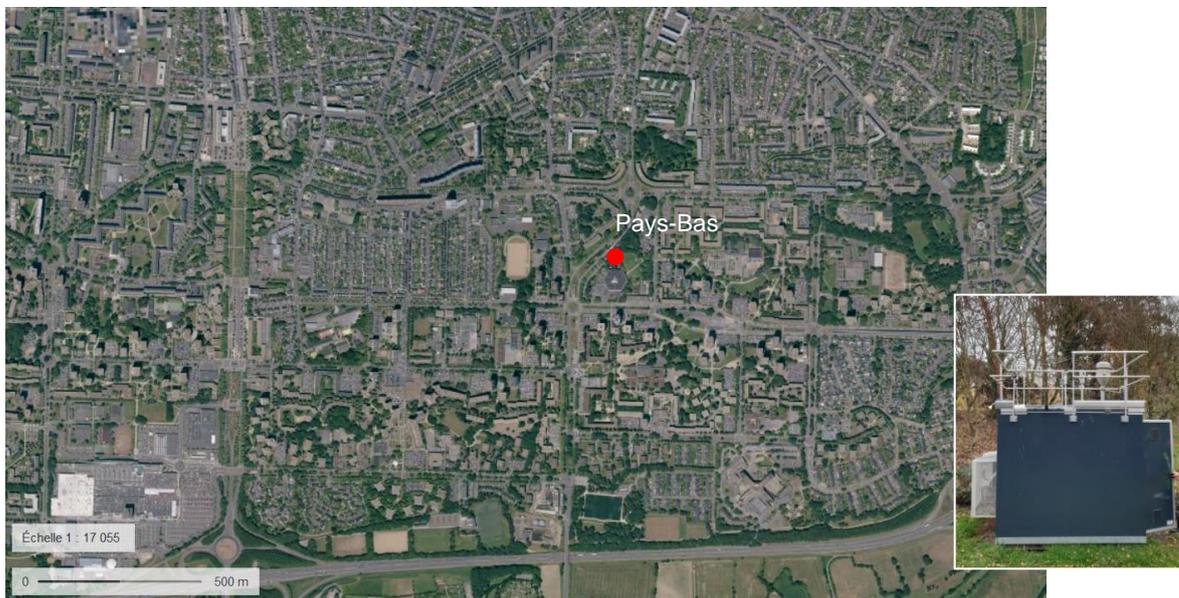


Figure 2 : Localisation de la station Pays-Bas à Rennes (Géoportail)

### IV. Suivi des concentrations en 2019

#### IV.1. Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques, en particulier les vents, jouent un rôle important dans la dispersion ou l'accumulation des polluants.

Les données météorologiques présentées dans le chapitre suivant et dans l'ensemble du rapport, sont tirées des mesures de **la station Météo France de Rennes St-Jacques** (code Météo France 35281001) située à moins de 10 kilomètres de la station Pays-Bas à Rennes.

##### IV.1.1 *Direction et vitesse du vent*

Les conditions de direction et vitesse du vent pendant une période sont souvent représentées par des roses des vents. Celle-ci permet de visualiser sur une *période donnée* :

- le *pourcentage* de vent pour chaque direction, ainsi plus la pàle est de *grande* taille plus les vents venant de cette direction ont été nombreux pendant la période,

- les vitesses des vents venant de chaque direction et leur occurrence : la couleur de chaque pôle indique la classe de vitesse et sa grandeur, le pourcentage de vent avec cette vitesse.

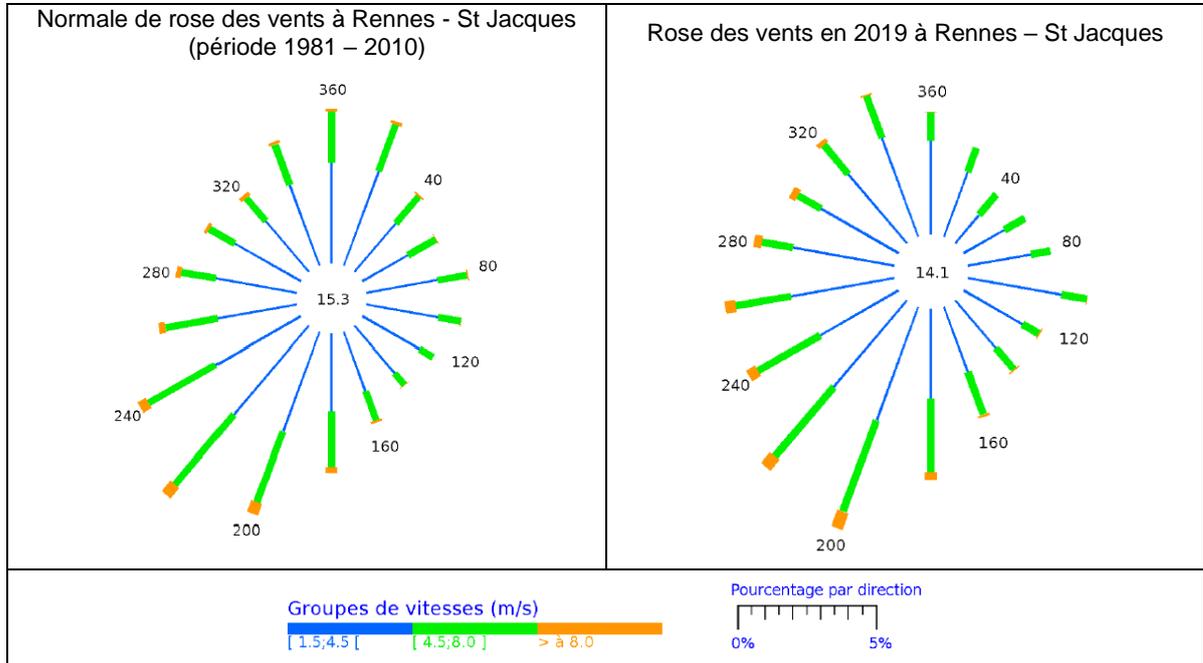


Figure 3 : Normale de rose des vents et rose des vents en 2019 à Rennes St-Jacques (Météo France)

En 2019, les vents relevés à la station Rennes – St Jacques ont été faibles (entre 0 et 1,5 m/s) 14% du temps (la normale étant à 15%).

En 2019, les vents de Nord-Est ont été moins présents par rapport à la normale. Les vents dominants (40%) proviennent d'un large **secteur Sud-Ouest** et sont majoritairement compris pour la plupart entre 1,5 et 8 m/s. Les vents les plus forts (> 8 m/s) sont issus du même secteur.

L'année 2019 ne présente pas de particularité significative, la situation est représentative de la rose des vents observée sur des périodes plus longues.

### IV.1.2 Pluviométrie et température

La température est un paramètre influent sur les teneurs en polluants atmosphériques. Un important écart thermique entre la nuit et le jour, associé à des températures froides, favorise les phénomènes d'inversion thermique qui contribuent à l'accumulation des polluants (phénomène couramment rencontré au printemps). De plus, les températures ont un impact sur certaines activités, le chauffage résidentiel l'hiver par exemple est dépendant des températures. Quant aux précipitations, elles sont favorables à un lessivage de l'atmosphère, permettant une diminution des concentrations en polluants.

Les températures mensuelles (maximales et minimales) et la pluviométrie mensuelle relevées en 2019 sont comparées aux valeurs normales (moyennes mensuelles sur les années 1981 - 2010) (Figure 4).

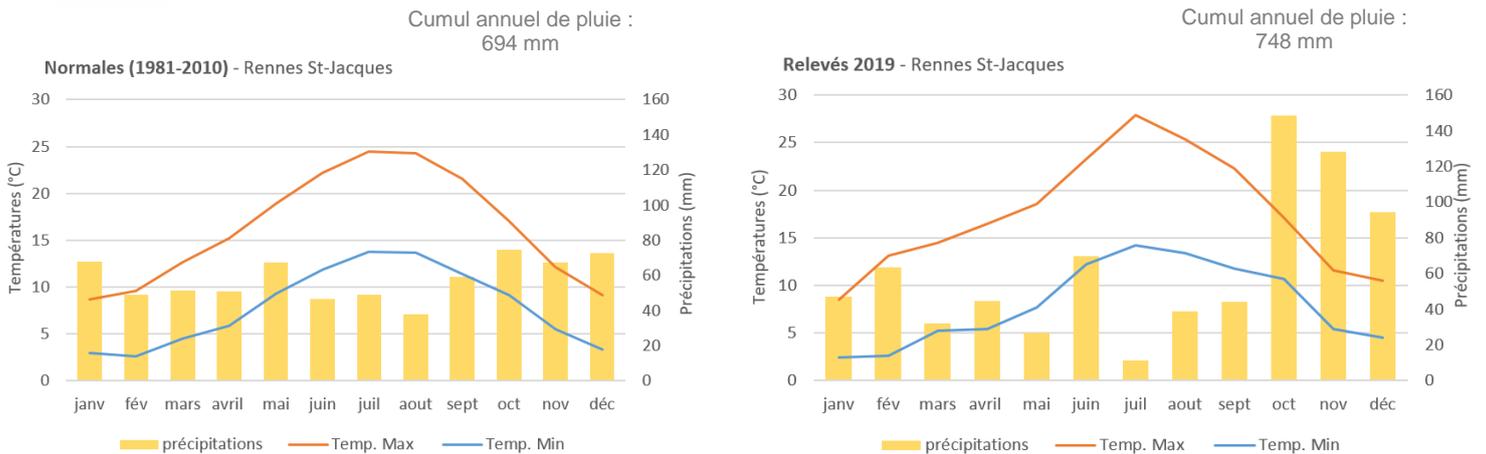


Figure 4 : Pluviométrie, températures normales et relevées en 2019 à Rennes St-Jacques

Les températures minimales relevées en 2019 sont proches des normales. Les mois de mars et octobre présentent des températures minimales plus élevées que les normales. Les températures maximales, en 2019, sont plus élevées que les normales, notamment les mois de février et juillet avec des températures maximales supérieures de plus de 3°C aux normales mensuelles.

Les précipitations mensuelles relevées en 2019 présentent de fortes variations par rapport aux normales mensuelles. Un début d'année, de janvier à mai, moins pluvieux (jusqu'à 40 mm de pluie en moins en mai) sauf le mois de février (+14 mm). La période estivale a été particulièrement sèche, exceptée pour le mois de juin (+23 mm de pluie). Le mois de juillet, en plus de présenter des températures plus élevées que les normales, est également un mois particulièrement sec avec 38 mm de pluie en moins. Les mois d'octobre à décembre ont été très pluvieux (+74, +61 +22 mm de pluie respectivement).

Au total, 54 mm de pluie ont été relevées en plus en 2019 par rapport aux normales.

**L'année 2019, à Rennes, a été plus chaude que par le passé, la température moyenne maximale de 2019 s'établit à 17,4°C, soit 1,1°C de plus que les normales.**

### IV.2. Taux de couverture

Afin de garantir une bonne représentativité des mesures sur l'année et assurer leur comparaison aux valeurs repères annuelles, la réglementation française a fixé des durées de mesure minimales sur l'année appelées « Taux de couverture » et exprimées en pourcentage de l'année.

En 2019 sur le site Pays-Bas à Rennes, la représentativité est bonne puisque **le taux couverture de l'AE33 est de 96%**.

Pour les polluants réglementés (PM10, PM2.5, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) la référence est fixée à 85%.

Le carbone suie n'étant pas un paramètre réglementé par la législation actuelle, il n'existe pas de valeur seuil à respecter pour le taux de couverture de sa mesure.

## IV.3. Résultats obtenus

### IV.3.1 Le carbone suie en 2019

La moyenne annuelle ainsi que le maximum horaire et journalier sont présentés pour le BC, le BCff et le BCwb dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Moyennes annuelles et maximums horaires et journaliers

Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
<b>BC</b>	Moyenne annuelle	0,9
	Max horaire	11,8
	Max journalier	3,9 22/10/2019
<b>BCff</b>	Moyenne annuelle	0,7
	Max horaire	9,4
	Max journalier	2,8 22/10/2019
<b>BCwb</b>	Moyenne annuelle	0,2
	Max horaire	4,2
	Max journalier	1,5 17/11/2019

En 2019, la concentration moyenne annuelle du carbone suie est de  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette moyenne est plus faible que celles mesurées sur d'autres sites de même typologie en 2018 et 2019. En effet, pour 2018, Atmo Sud<sup>7</sup>, Atmo Haut-de-France<sup>8</sup> et Atmo Nouvelle Aquitaine<sup>9</sup> rapportent des concentrations de BC, sur des sites urbains de fond à Nice, Marseille, Lille, Creil, Bordeaux et Poitiers comprises entre  $1,1$  et  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En 2019, les concentrations moyennes annuelles mesurées à Paris, Nice et Marseille par Airparif<sup>10</sup> et Atmo Sud<sup>11</sup> sont de  $1,3$  à  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A titre indicatif, à Paris, la concentration moyenne annuelle atteint  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le site trafic le plus chargé en particules (Autoroute A1 Saint-Denis).

Concernant la composition du BC en moyenne annuelle, le trafic constitue la principale source de carbone suie en 2019. Ce constat est identique aux niveaux des autres sites urbains de fond, cités ci-dessus.

**Les moyennes annuelles en BC sont légèrement inférieures aux valeurs mesurées sur d'autres stations de fond urbain françaises. Le BC est majoritairement issu de la combustion d'hydrocarbures (ff).**

### IV.3.2 Evolution temporelle (jours / saisons) du carbone suie en 2019

L'évolution des concentrations journalières en BCff et BCwb sont représentées sur la Figure 5.

<sup>7</sup> Atmo Sud, 2019, Black Carbon, Bilan des mesures de l'année 2018

<sup>8</sup> Atmo Haut de France, 2019, Bilan de la qualité de l'air 2018 Haut-de-France

<sup>9</sup> Atmo Nouvelle Aquitaine, 2019, Les particules Bilan annuel 2018

<sup>10</sup> Airparif, 2020, Bilan de la qualité de l'air Année 2019

<sup>11</sup> Atmo Sud, www.atmosud.org (consulté Juillet 2020)

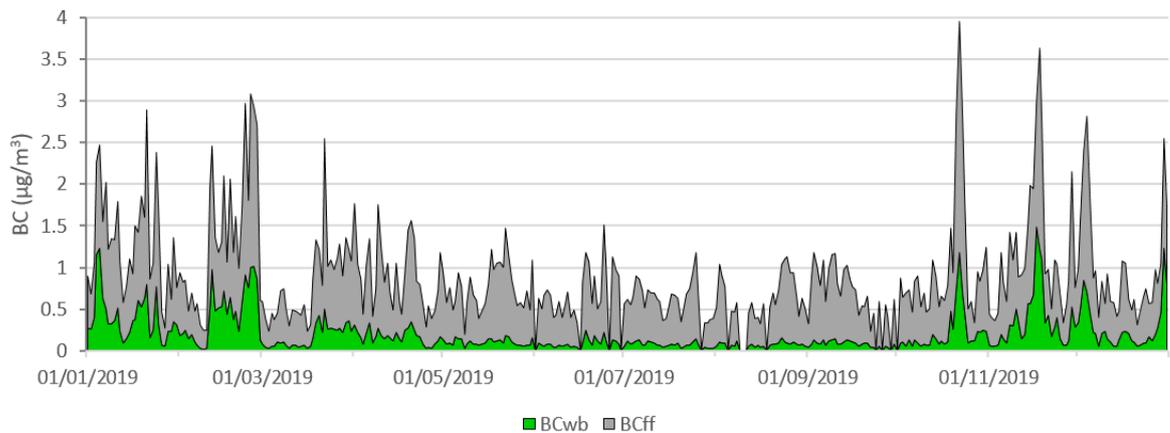


Figure 5 : Evolution temporelle des concentrations en moyenne journalière en BCwb et BCff

Les concentrations en BC varient durant l'année. Pendant l'hiver, une augmentation des concentrations est visible. Cette évolution est liée à la fraction issue de la combustion de la biomasse, avec le chauffage résidentiel au bois. Le mois de mars, plus chaud, présente une baisse des concentrations en BCwb.

La fraction issue de la combustion d'hydrocarbures varie moins dans l'année. Les conditions météorologiques impactent la dispersion des polluants ainsi des conditions stables, des inversions thermiques peuvent entraîner l'augmentation des concentrations en BCff (quelques pics pendant la période hivernale).

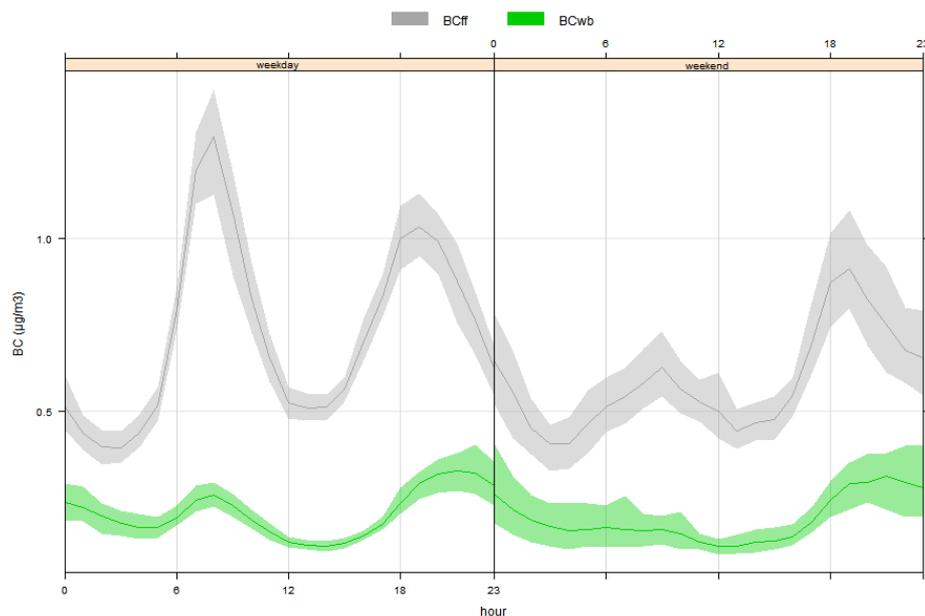


Figure 6 : Profils journaliers moyens des concentrations en BCff et BCwb pour les jours de la semaine et les week-ends (heure TU)

La Figure 6 présente les profils moyens journaliers des concentrations en BCff et BCwb réalisés à partir des données horaires 2019.

Des variations en fonction des jours de la semaine et des week-ends sont à noter.

Du lundi au vendredi, 2 pics de BCff correspondent à l'augmentation du trafic aux heures de pointes : un le matin et un le soir. Le trafic étant moins dense le week-end ces pics sont moins marqués et décalés dans le temps puisque les habitudes sont différentes.

Le profil pour les concentrations en BCwb est différent puisqu'il correspond à celui du chauffage résidentiel (chauffage au bois) qui est allumé aux heures de présence à domicile (matin et soir). Les concentrations sont faibles dans la journée et les niveaux maximums sont atteints la nuit. Le pic du matin est moins marqué le week-end.

Les profils journaliers moyens varient en fonction des saisons (Figure 7). En toutes saisons, les deux pics de concentration en BCff sont présents même s'ils sont moins marqués au printemps et durant l'été (meilleure dispersion des polluants et trafic moins important pendant les vacances de juillet / août). L'augmentation des concentrations de la part issue de la combustion d'hydrocarbures en période hivernale est due aux conditions météorologiques favorables à l'accumulation de polluants (stabilité des masses d'air plus importante).

Le tracé journalier de la concentration en BCwb est très influencé par les saisons puisqu'il présente une augmentation des concentrations en BCwb pendant les saisons froides (automne et hiver) et des niveaux très faibles pendant les saisons chaudes. Cette influence est directement liée à l'usage du chauffage résidentiel en hiver.

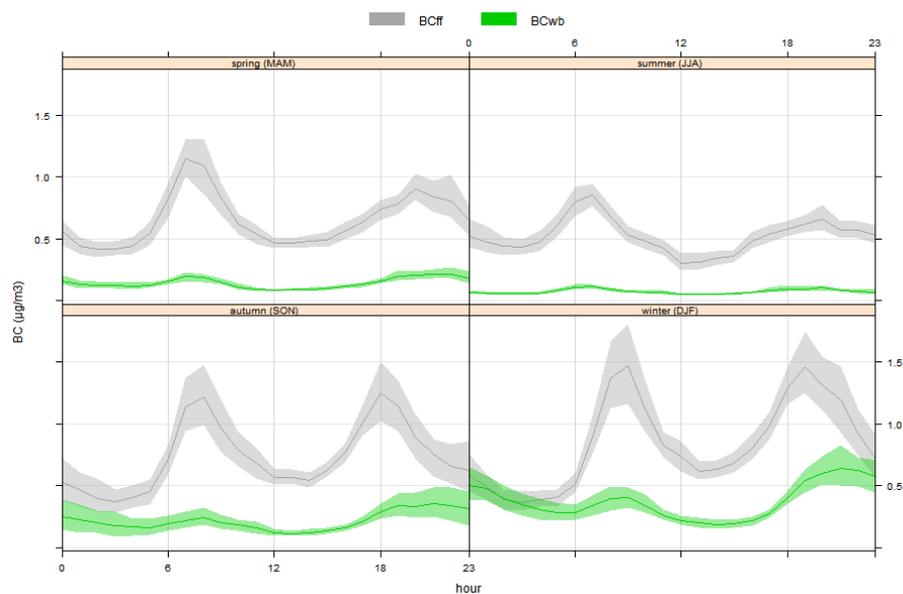


Figure 7 : Profils journaliers moyens des concentrations en BCwb et BCff pour les saisons (heure TU)

**La part reliée au trafic routier reste stable au cours de l'année alors que le BCwb présente une forte influence saisonnière. Les profils journaliers des saisons froides montrent une augmentation des concentrations en BCwb le soir et la nuit en lien avec l'usage du chauffage résidentiel au bois.**

### IV.3.3 Rose de pollution en carbone suie en 2019

La Figure 8 représente les roses de pollution pour le BCwb et le BCff sur le site de Pays-Bas à Rennes en 2019 avec les données Météo France de la station Rennes-St Jacques.

Les roses de pollution permettent de localiser les différences de concentration d'un polluant (échelle de couleurs) en fonction de la direction du vent et de la force du vent (cercles). Un pas de temps horaire a été exploité afin d'étudier un lien potentiel entre ces différents paramètres.

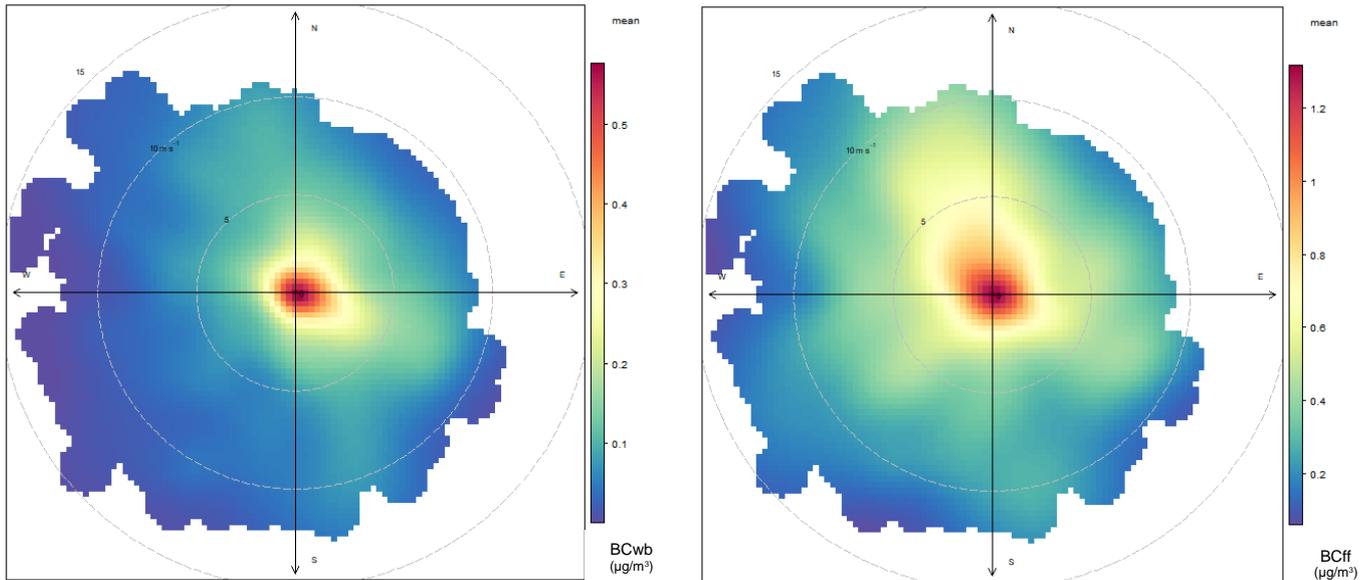


Figure 8: Roses de pollution de BCwb (gauche) et BCff (droite) en 2019

Les plus fortes concentrations en BCwb sont observées par vent faible (<3 m/s) ce qui indique une influence locale pour ce polluant. Le BCff a une origine plus large, de Nord-Ouest notamment (influence du trafic de l'avenue des Pays-Bas) et des vents inférieurs à 10 m/s.

#### IV.3.4 Estimation de la contribution de la combustion de biomasse et d'hydrocarbures dans la concentration PM10

Les valeurs de PMff et PMwb sont des estimations, elles doivent être considérées comme des ordres de grandeurs entachés d'une incertitude associée aux coefficients de conversion moyens utilisés (cf II.3).

La concentration moyenne annuelle en PM10 et les estimations en PMff et PMwb sont présentées dans le tableau 2. Les concentrations annuelles mesurées en 2019 sont faibles.

Tableau 2 : Moyennes annuelles et max journaliers en 2019

<b>Concentration PM10 (µg/m³)</b>	Moyenne annuelle	13,5
	Max journalier	48,7 27/02/2019
<b>Concentration estimée PMff (µg/m³)</b>	Moyenne annuelle	1,4
	Max journalier	5,5 22/10/2019
<b>Concentration estimée PMwb (µg/m³)</b>	Moyenne annuelle	2,1
	Max journalier	14,9 17/11/2019

En 2019, les sources de combustion de biomasse et d'hydrocarbures permettent d'expliquer, en moyenne 27%, des concentrations en PM10 (Figure 9).

La masse restante des PM10 provient **d'autres sources diverses** : embruns marins, poussières crustales, formation de particules secondaires liée à des émissions gazeuses du trafic routier, de l'agriculture...

Contributions en moyenne annuelle dans les PM10 en 2019 (%)

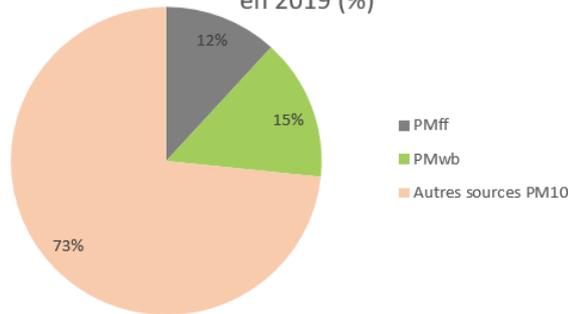


Figure 9 : Contributions en moyenne annuelle dans les PM10 en 2019 à Rennes

La Figure 10 présente l'évolution temporelle des concentrations journalières en PM10 et des fractions issues de la combustion de biomasse et d'hydrocarbures. Les jours grisés sont ceux qui seront analysés dans le chapitre V.

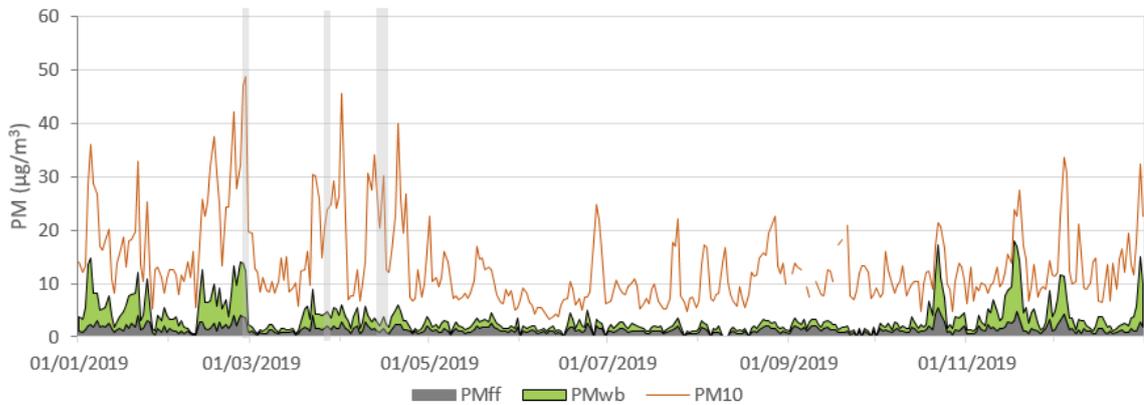


Figure 10 : Evolution temporelle en moyenne journalière des concentrations en PMwb et PMff sur le site Pays-Bas à Rennes

Les plus forts niveaux de PM10 sont atteints sur les mois de novembre à mai. Les concentrations en PMff sont stables durant l'année alors que les PMwb présentent une forte variabilité. Les concentrations en PM10 issues de la combustion de biomasse sont très faibles pendant la période estivale. L'été, la majeure partie de la concentration des PM10 ne provient pas de phénomènes de combustion.

La Figure 11 représente les concentrations en moyenne mensuelle des PM10 ainsi que les contributions moyennes mensuelles des PMff et PMwb dans les PM10.

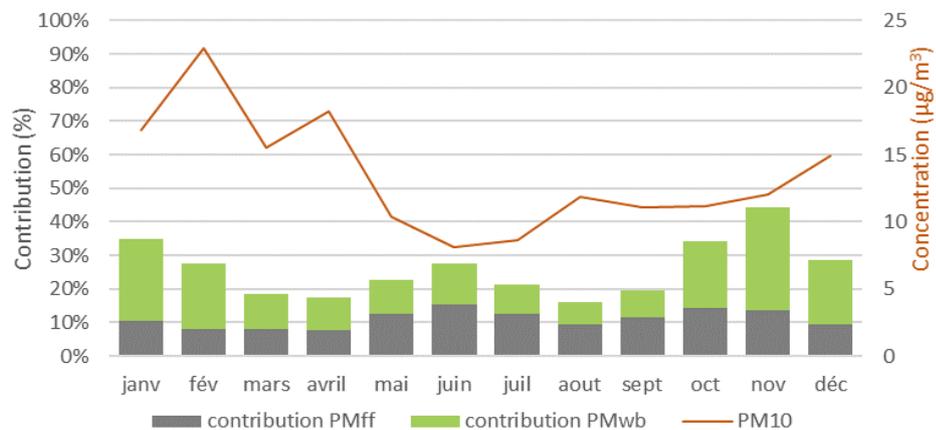


Figure 11 : Concentrations moyennes mensuelles en PM10 et contributions des deux principales sources de combustion sur le site Pays-Bas à Rennes

La part de la combustion d'hydrocarbures varie peu au fil des mois (8 - 16%). La contribution maximale de PM<sub>ff</sub> dans la masse des PM<sub>10</sub> est de 16% en juin, mois où la concentration en PM<sub>10</sub> est la plus faible.

La fraction liée à la combustion de biomasse dans les particules PM<sub>10</sub> est plus importante de octobre à février, en période hivernale, en raison des températures faibles et de l'augmentation de l'usage du chauffage résidentiel au bois. C'est en novembre, que la contribution des particules issues de la combustion de biomasse est maximale (31%). En période estivale, cette contribution reste inférieure à 10%.

En mars, avril, la majeure partie des concentrations en PM<sub>10</sub> ne provient pas des phénomènes de combustion.

D'autres espèces chimiques telles que le nitrate, l'ammonium, les sels marins ou encore des poussières crustales entrent dans la composition des particules fines PM<sub>10</sub>.

**Les principales sources de combustion (biomasse et hydrocarbures), contribuent de façons variables aux concentrations en PM<sub>10</sub> durant l'année. La part liée au trafic routier est relativement stable au fil de l'année alors que la combustion de biomasse impacte la composition des PM<sub>10</sub> plus particulièrement pendant l'hiver. Les conditions météorologiques impactent les émissions de carbone suie mais aussi les niveaux mesurés dans l'air ambiant.**

**Ces résultats obtenus pour les PM<sub>10</sub> sont comparables à ceux obtenus précédemment pour le carbone suie dans les PM<sub>2.5</sub> (cf VI.3.2).**

## V. Etude de jours marquants en 2019

Les jours grisés dans la Figure 10 sont traités séparément dans ce chapitre. Ces jours ont été sélectionnés parmi les jours concernés par un **épisode de pollution particulaire au niveau du département**.

Pour chaque jour étudié, une figure présente les estimations des concentrations moyennes horaires ainsi que les répartitions journalières des principales sources de combustion et des autres sources dans les PM10 sur le site de Pays-Bas.

### V.1. 26 – 27 février 2019

Les journées du 26 et 27 février 2019 présentent des concentrations journalières moyennes en PM10 respectives de 47 et 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ces deux jours ont été concernés par un épisode de pollution aux particules fines dans les Côtes-d'Armor et l'Ille-et-Vilaine.

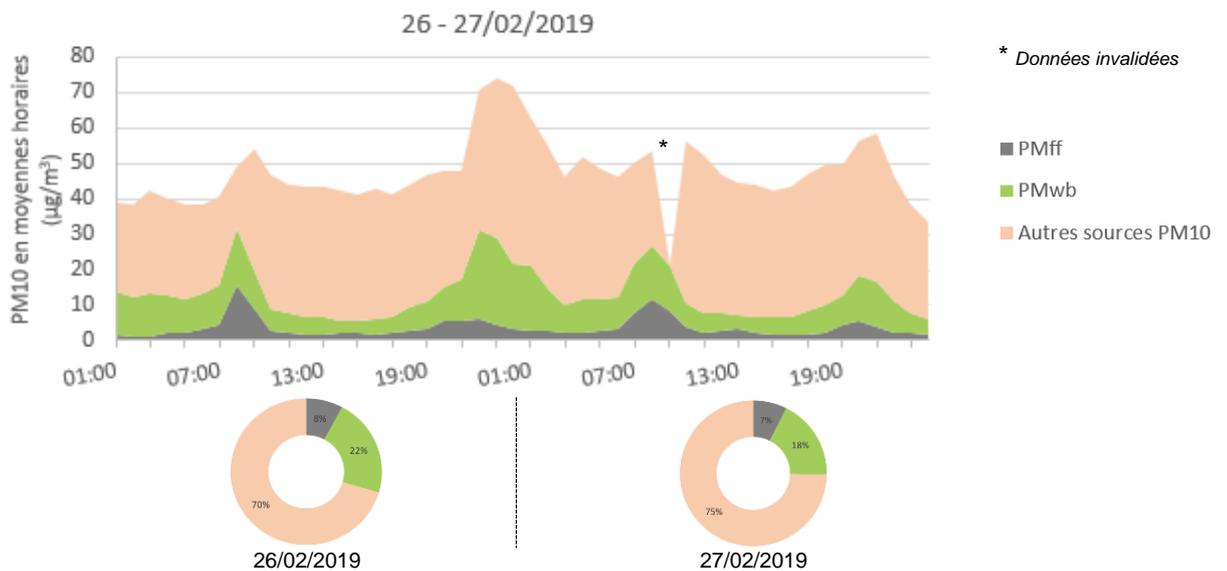


Figure 12 : Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartition journalière en PM10 les 26 - 27 février 2019 pour la station Pays-Bas

Les phénomènes de combustion permettent d'expliquer 30% de la concentration totale des PM10 le 26 février et 25% le 27 février. Les températures froides pendant la nuit du 26 au 27 ( $\sim 3^{\circ}\text{C}$  à 3 h TU le 27/02) donc l'utilisation du chauffage résidentiel expliqueraient le pic des concentrations de PM lié à la combustion de biomasse. Une corrélation est présente entre les pics en PM10 et les pics en PMff et PMwb. Seuls, les phénomènes de combustion n'expliquent pas ces niveaux élevés en PM10, les particules sont impactées par d'autres sources (70 – 75%).

### V.2. 31 mars – 1er avril 2019

La moyenne journalière en PM10 atteint 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 1<sup>er</sup> avril 2019 à la station Pays-Bas à Rennes. Un épisode de pollution particulaire a touché les départements du Finistère, des Côtes-d'Armor et de l'Ille-et-Vilaine durant ces 2 jours.

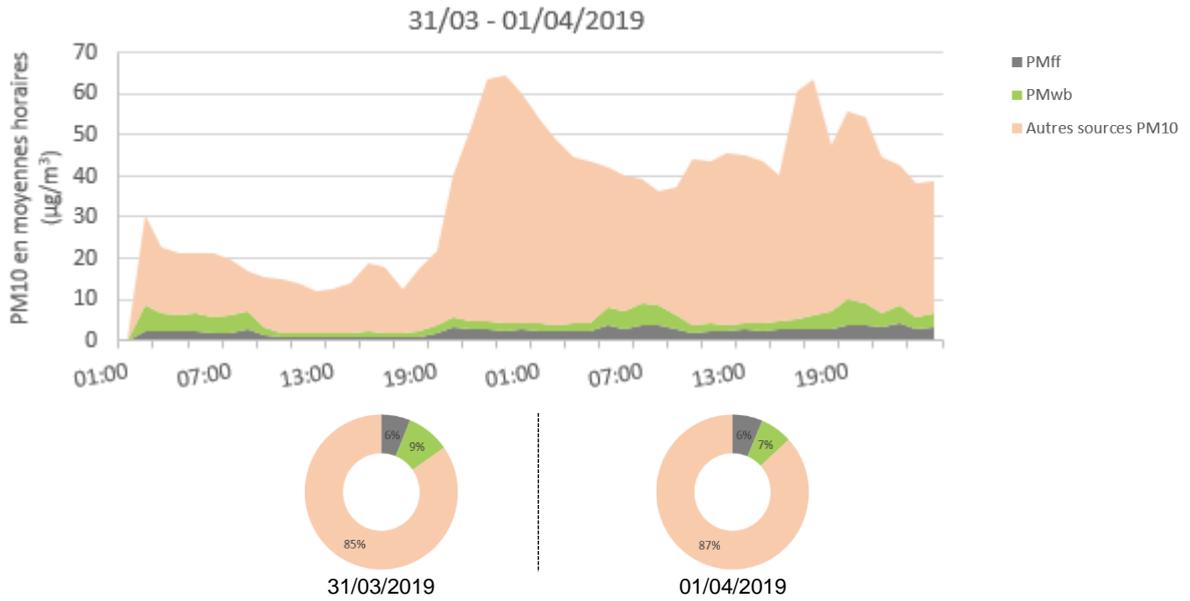


Figure 13 : Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartition journalière en PM10 les 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2019 pour la station Pays-Bas

Le 1<sup>er</sup> avril, la concentration en particules fines PM10 est nettement plus forte que la veille. Cependant les contributions liées à la combustion restent stables (environ 15%) le 31 mars et le 1<sup>er</sup> avril. Les niveaux importants de PM10 mesurés proviennent donc majoritairement d'autres sources que la combustion de biomasse et d'hydrocarbures.

### V.3. 20 – 22 avril 2019

Pendant ces 3 jours, l'Ille-et-Vilaine est concerné par un épisode de pollution aux particules. Cet épisode touche également les départements des Côtes-d'Armor et du Finistère sur une période plus longue (19 - 23 avril).

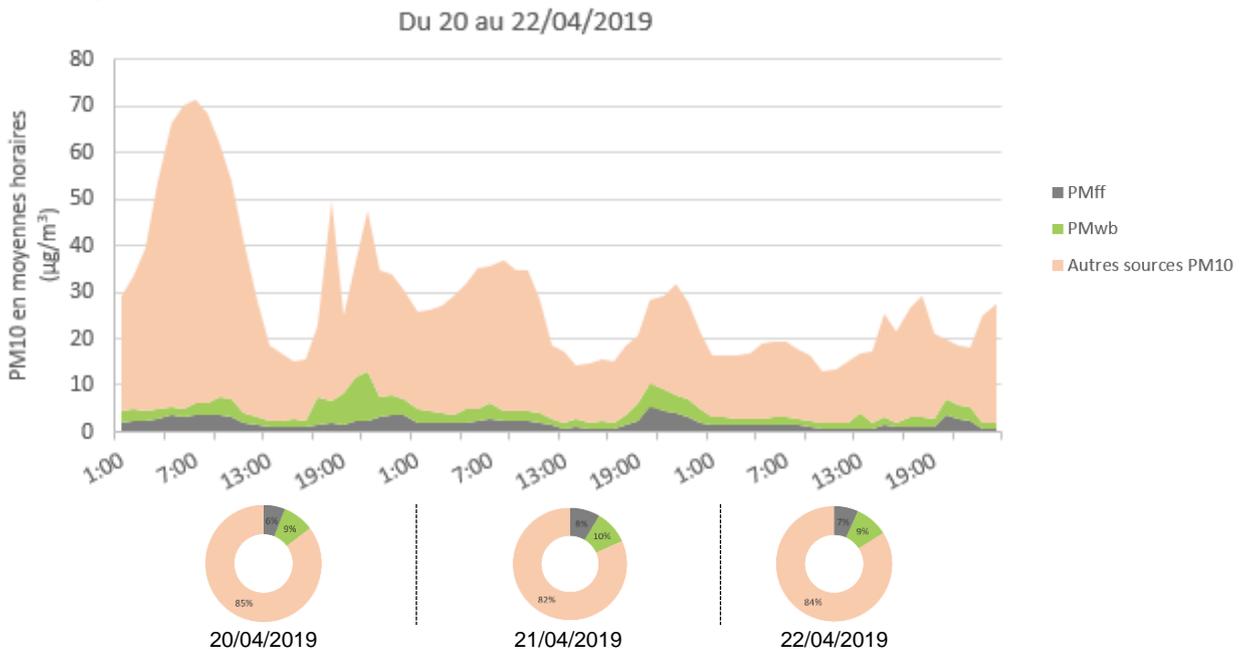


Figure 14: Estimations des concentrations moyennes horaires (heure TU) et répartition journalière en PM10 du 19 au 23 avril 2019 pour la station Pays-Bas

Au cours de ces 3 jours, la plus forte concentration journalière en PM10 a été relevée le 20 avril ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et la contribution journalière des phénomènes de combustion dans les PM10 (biomasse et hydrocarbures) restent stables (15-18%).

Ces quelques jours sont comparables avec ceux de fin mars - début avril c'est-à-dire un impact de la combustion biomasse et hydrocarbures de l'ordre de 15% sur les concentrations de PM10. Les niveaux élevés de PM proviennent donc majoritairement d'autres sources que la combustion.

### V.4. Synthèse

La mesure du carbone suie permet d'apporter des informations sur la nature des épisodes de pollution (sources de combustion).

Trois épisodes de pollution aux particules fines ont été considérés afin de déterminer l'influence potentielle des 2 principales sources de combustion.

La contribution des sources de combustion est minoritaire durant les 2 épisodes de Mars-Avril 2019 (environ 15% des PM10) et significative pendant l'épisode de Février (25 – 30% des PM10).

## VI. Conclusion et perspectives

Le suivi en continu du carbone suie (BC) dans les PM2.5 est réalisé en Bretagne depuis janvier 2019 grâce à l'installation d'un aethalomètre (AE33) sur la station urbaine de fond Pays-Bas à Rennes. Cet appareil permet de distinguer en continu le carbone suie issu de la combustion de biomasse (BCwb) et celui lié à la combustion d'hydrocarbures (BCff). La mesure du BC sur le long terme va permettre de mieux connaître l'impact sur la qualité de l'air des sources de combustion à Rennes.

Cette première année présente une moyenne annuelle en BC ( $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) comparable à des sites de même typologie en France en 2018 et 2019 avec des niveaux à Rennes légèrement inférieurs.

Les profils journaliers des concentrations en BCff correspondent aux augmentations du trafic aux heures de pointe : ils présentent donc deux pics, un le matin et un le soir. Ces pics sont plus marqués en période froide, du fait des conditions météorologiques hivernales favorables à l'accumulation de polluants.

Les profils journaliers du BCwb présentent des niveaux plus élevés pendant les mois d'automne et d'hiver, caractérisés par un pic la nuit correspondant à l'utilisation de chauffage résidentiel au bois.

**L'estimation des contributions (PMwb et PMff) des deux sources principales de combustion dans la concentration massique totale en PM10 est possible en utilisant les facteurs recommandés par le LCSQA.**

Au niveau de la station Pays-Bas, à Rennes, les phénomènes de combustion expliquent en moyenne sur l'année 27% de la concentration massique en PM10.

**La combustion de la biomasse contribue en moyenne à 15% des concentrations en PM10 et elle est très marquée par la saisonnalité** du fait de l'utilisation du chauffage résidentiel au bois l'hiver mais également des conditions météorologiques (masses d'air stables). Ainsi en période froide (janvier, février, novembre, décembre), la fraction liée à la combustion de biomasse a représenté 23% de la masse des PM10 contre 9% pendant la période estivale (juin, juillet, août).

**La part du trafic routier est en moyenne de 12% et reste globalement stable tout au long de l'année.** En effet, la contribution de la combustion d'hydrocarbures est de 10% pendant la période hivernale et de 13% pendant les mois d'été. La contribution du trafic routier est dépendante de la typologie du site ; ainsi la proximité avec un axe routier présentant un fort trafic impacterait plus fortement la composition et les niveaux de particules fines.

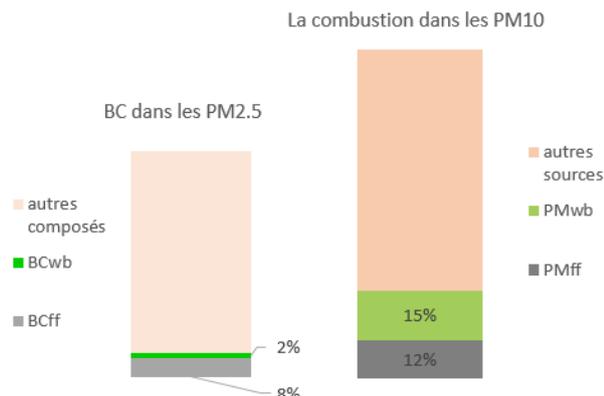


Figure 15 : Synthèse des résultats 2019 à la station Pays-Bas

La quantification des PMwb et PMff en continu permet de caractériser les sources potentielles de PM10. Cela permet notamment de déterminer si l'origine des particules est liée à des phénomènes de combustion. Cependant, une masse restante de PM10 importante, liée à d'autres sources diverses, reste inconnue. En effet, la composition des particules est complexe du fait de la

multitude de sources d'émission et des mécanismes de transformations physico-chimiques impliqués.

C'est pourquoi, afin de continuer à améliorer les connaissances sur les particules, la station Pays-Bas a été équipée en janvier 2020 d'un analyseur ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor) qui va permettre d'analyser, en temps réel, la composition chimique des PM1 (particules ayant un diamètre inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ) non réfractaires (température de volatilisation inférieure à 600°C) soit le carbone organique, le sulfate, le nitrate, l'ammonium et le chlorure.

Afin d'améliorer les estimations réalisées, des prélèvements de particules sur filtre avec des analyses chimiques en laboratoire permettraient de comparer les mesures BCwb à des données analysées indépendamment et de réaliser une estimation du facteur multiplicatif (pour le calcul des PMwb) sur le site de Pays-Bas.

## Annexe I : Présentation d'Air Breizh

### Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, ont pour missions de base, la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose en 2017, de 18 stations de mesure, réparties sur le territoire breton, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

### *Missions d'Air Breizh*

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web...,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation.
- Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant extérieur et intérieur.

### *Réseau de surveillance en continu*

La surveillance de la qualité de l'air pour les polluants réglementés est assurée via des d'analyseurs répartis au niveau des grandes agglomérations bretonnes. Ce dispositif est complété par d'autres outils comme l'inventaire et la modélisation, qui permettent d'assurer une meilleure couverture de notre région.

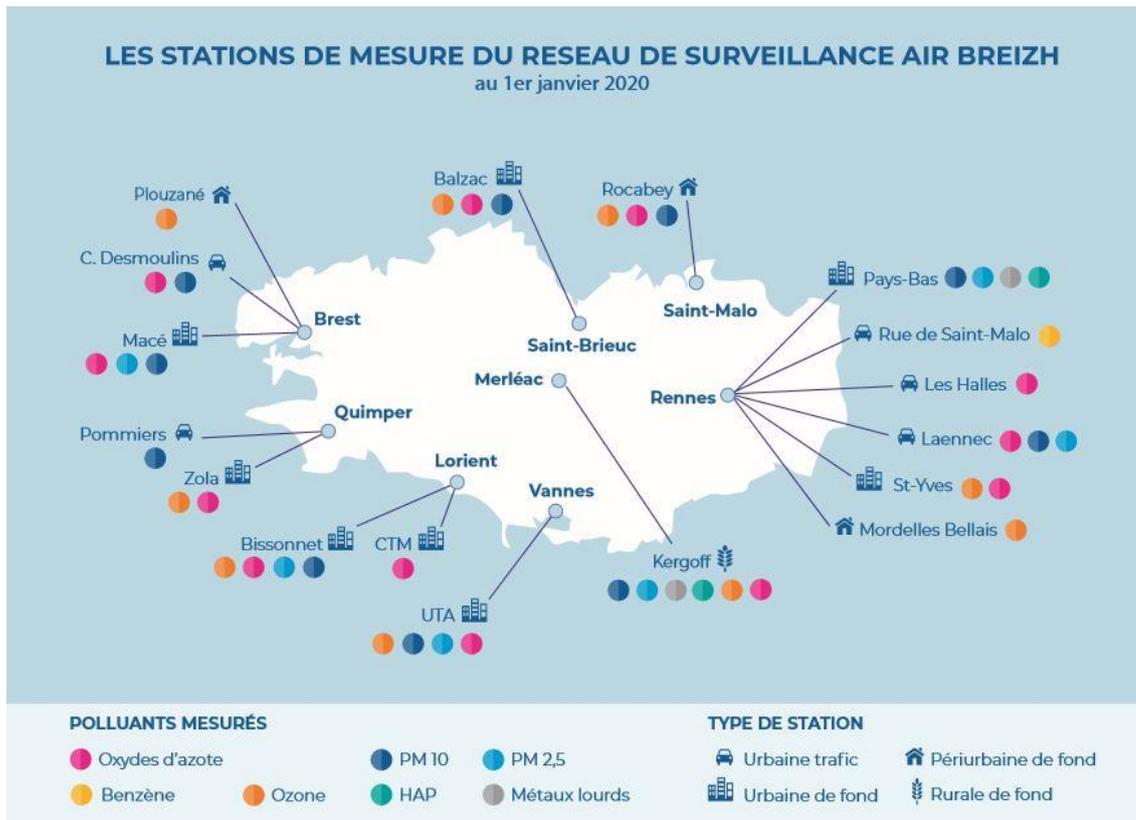


Figure 16: Implantation des stations de mesure d'Air Breizh (au 01/01/2020)

### Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte treize salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,5 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.