



# Qualité de l'air et chauffage au bois en Île-de-France

DIAGNOSTIC ET SCÉNARISATION



# Qualité de l'air et chauffage au bois en Ile-de-France Diagnostic et scénarisation

Travaux d'appui à l'élaboration des plans d'action

septembre 2020

Couverture : Photo by Sergiu Vălenaş on Unsplash

---

## Pour nous contacter

AIRPARIF - Surveillance de la Qualité de l'Air en Île-de-France

7 rue Crillon 75004 PARIS - Téléphone 01.44.59.47.64 - Site [www.airparif.fr](http://www.airparif.fr)

---



# SYNTHESE

La pollution atmosphérique constitue un véritable enjeu sanitaire et d'amélioration du cadre de vie des franciliens. Même si la qualité de l'air s'améliore de manière tendancielle, elle reste insatisfaisante en 2019 en Ile-de-France avec près de 500 000 franciliens exposés à un air qui ne respecte pas la valeur limite réglementaire annuelle en dioxyde d'azote<sup>1</sup>. Un peu moins de 1% franciliens sont concernés par un dépassement de la valeur limite réglementaire journalière<sup>2</sup> en particules PM<sub>10</sub> et les trois quarts sont exposés à un dépassement de la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)<sup>3</sup>. Concernant les PM<sub>2,5</sub>, 6,5 millions de franciliens, soit plus d'un francilien sur 2 sont soumis à un dépassement de l'objectif de qualité français et de la recommandation de l'OMS<sup>4</sup>. La recommandation de l'OMS<sup>5</sup> en moyenne journalière est dépassée sur est dépassée sur la quasi-totalité de la région Île-de-France.

La combustion de biomasse est actuellement une source prépondérante d'émissions de particules primaires en Ile-de-France. Dans son rôle d'appui aux décideurs, Airparif a rassemblé dans un rapport les connaissances sur l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air en Ile-de-France et a mené des travaux théoriques de scénarisation donnant des ordres de grandeur des gains potentiels en émissions en concentrations de polluants atmosphériques.

**Avec une contribution de 28% pour les PM<sub>10</sub> et de 42% pour les PM<sub>2,5</sub>, tous secteurs confondus** (source : AIRPARIF – Inventaire des émissions 2015), **la combustion du bois à usage énergétique en Ile-de-France est aujourd'hui la première source d'émissions régionales de particules, devant le transport routier**. Le chauffage au bois est responsable de 85 % des émissions de PM<sub>10</sub> primaires, et de 86 % des émissions de PM<sub>2,5</sub> primaires du secteur résidentiel alors que ce combustible ne couvre que 5 % des besoins d'énergie de ce secteur. Il convient également de noter l'apport important du chauffage au bois dans les émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), précurseurs de particules secondaires. Ces polluants peuvent détériorer non seulement la qualité de l'air extérieur, mais aussi la qualité de l'air à l'intérieur des logements.

Les émissions du chauffage au bois diffèrent fortement en fonction des usages et des équipements. **2/3 des émissions de particules liées au chauffage au bois sont émises par les usages d'appoint et d'agrément. Les équipements anciens et particulièrement émissifs représentent près des ¾ des émissions particulaires de chauffage au bois.**

Les émissions de particules liées au chauffage au bois ont été réduites de plus de 30% entre 2005 et 2015, grâce notamment à la diminution de l'usage de foyers ouverts et au remplacement des foyers fermés anciens par des appareils plus performants labélisés Flamme Verte. **Cependant, même les équipements de chauffage au bois les plus performants sont plus émetteurs de particules PM<sub>10</sub> que les autres équipements de chauffage résidentiel, quelle que soit la source d'énergie, hors charbon.**

Avec l'appui financier de la DRIEE, 3 scénarios théoriques de réduction des émissions du chauffage au bois étudiés dans le cadre de l'appui aux politiques publiques. Au-delà des gains théoriques d'émission, Airparif a modélisé les gains potentiels de mesures sur le chauffage au bois sur les

---

<sup>1</sup> 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

<sup>2</sup> 50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 jours par an

<sup>3</sup> 50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

<sup>4</sup> 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

<sup>5</sup> 25 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

concentrations de PM<sub>10</sub>, à l'aide d'un outil simplifié, développé en interne. Les scénarios testés sont « extrêmes » avec des hypothèses poussées au maximum afin d'évaluer le potentiel de réduction maximal.

**Le scénario de remplacement de tous les foyers fermés d'avant 2002 utilisés en chauffage principal, impactant environ 30 000 logement, permettrait de réduire de plus d'un 1/4 les émissions de particules liées au chauffage au bois à usage principal.** Cela représente une baisse de 360 tonnes d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> primaires soit une **diminution de 8 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une diminution de 2 % des émissions régionales tous secteurs confondus**. Le gain moyen estimé engendré par ce scénario est de 0.2 µg/m<sup>3</sup> sur les concentrations de fond en moyenne à l'échelle régionale. Il est plus faible dans Paris où le chauffage au bois à usage principal est très réglementé, mais peut atteindre au maximum 0.4 µg/m<sup>3</sup> en dehors de la capitale. Ces gains sont peu élevés au regard des écart-type d'erreur ; ils sont donc à considérer avec précaution. Néanmoins, ces gains sont répartis sur l'ensemble du territoire. De plus, les effets des particules sur la santé étant sans seuil, tout gain de concentration est bénéfique. Par ailleurs, les gains en concentration estimées lors de cet exercice sont exprimées en moyenne annuelle et sont susceptibles d'être plus importants en période hivernale, période durant laquelle l'impact des émissions du chauffage au bois est plus important.

**Le scénario d'arrêt de l'usage des foyers ouverts,** avec un remplacement par du matériel performant pour les usages d'appoint et principaux, engendrerait les gains maximums en émissions de PM<sub>10</sub>. **Il impacterait près de 160 000 équipements en Ile-de-France** et induirait une baisse de 2 000 tonnes d'émissions annuelles régionale de PM<sub>10</sub>. Cela représente **une diminution de 44 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une baisse de 13 % des émissions régionales tous secteurs confondus**. La mise en œuvre de ce scénario engendrerait un gain moyen de 0.5 µg/m<sup>3</sup> sur les niveaux de fond de particules PM<sub>10</sub> à l'échelle régionale. Le gain moyen est plus élevé dans Paris où il atteint 1.3 µg/m<sup>3</sup>, compte-tenu de la densité de logements concernés. Le gain maximal (1.5 µg/m<sup>3</sup>) est observé dans l'agglomération parisienne hors paris, zone qui présente un gain moyen de 0.8 µg/m<sup>3</sup>.

**Le scénario d'arrêt de l'usage du chauffage au bois d'agrément** ne s'accompagnant pas d'un renouvellement des équipements. **Ce scénario concernerait environ 173 000 équipements** et permettrait d'économiser 1170 tonnes d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> régionales. Cela représente une **diminution de 26 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une baisse de 7 % des émissions tous secteurs confondus**. Son impact est plus important au sein de la capitale, zone dans laquelle le chauffage au bois est principalement utilisé en agrément. La mise en œuvre de ce scénario engendrerait un gain moyen de 0.3 µg/m<sup>3</sup> sur les niveaux de fond à l'échelle régionale. Le gain moyen est plus élevé dans Paris où il atteint 0.8 µg/m<sup>3</sup>. Le gain maximal (1 µg/m<sup>3</sup>) est observé dans l'agglomération parisienne hors paris, zone qui présente un gain moyen de 0.8 µg/m<sup>3</sup>. Le gain moyen le moins important (0.2 µg/m<sup>3</sup>) est estimé dans la zone régionale hors agglomération parisienne, zone dans laquelle le chauffage au bois d'agrément représente une part plutôt faible (< ¼) dans les émissions de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois.

# SOMMAIRE

SYNTHESE .....	3
SOMMAIRE .....	5
GLOSSAIRE .....	7
1. INTRODUCTION.....	9
2. QUELLE QUALITÉ DE L’AIR EN ILE-DE-FRANCE EN 2019.....	10
2.1 LES PARTICULES PM <sub>10</sub> .....	10
2.2 LES PARTICULES PM <sub>2,5</sub> .....	12
3. LES SOURCES DE PARTICULES EN ILE-DE-FRANCE .....	13
3.1 LES EMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES PM <sub>10</sub> .....	13
3.2 LES EMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES PM <sub>2,5</sub> .....	16
3.3 LES EMISSIONS DE COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS NON METHANIQUES (COVNM).....	18
3.4 LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DU SECTEUR RESIDENTIEL .....	19
4. LES ÉMISSIONS ATMOSPHERIQUES DU CHAUFFAGE AU BOIS .....	22
4.1 LE CHAUFFAGE INDIVIDUEL AU BOIS EN ILE-DE FRANCE .....	22
4.2 LES FACTEURS D’EMISSION .....	23
4.3 LES EMISSIONS DE PARTICULES DU CHAUFFAGE AU BOIS PAR USAGE ET PAR EQUIPEMENT .....	24
4.3.1 Le chauffage au bois individuel .....	25
4.3.2 Le chauffage au bois collectif .....	28
4.4 LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES EMISSIONS .....	29
5. IMPACT DE SCENARII DE REDUCTION .....	31
5.1 IMPACT SUR LES EMISSIONS : METHODOLOGIE ET HYPOTHESES .....	31
5.2 IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS : METHODOLOGIE .....	32
5.2.1 Méthodologie développée.....	33
5.2.2 Performances.....	33
5.2.3 Limites du modèle.....	34
5.3 IMPACT DU SCENARIO 1 « REMPLACEMENT DES FOYERS FERMES D’AVANT 2002 UTILISES EN CHAUFFAGE PRINCIPAL » .....	35
5.3.1 Cible du scénario 1.....	35
5.3.2 Impact sur les émissions .....	35
5.3.3 Impact sur les concentrations .....	37
5.4 SCENARIO 2 : « ARRET DE L’USAGE DES FOYERS OUVERTS » .....	38
5.4.1 Cible et hypothèses du scénario 2.....	38
5.4.2 Impact sur les émissions .....	38
5.4.3 Impact sur les concentrations .....	40
5.5 SCENARIO 3 : « ARRET DE L’USAGE DU CHAUFFAGE AU BOIS D’AGREMENT ».....	41

5.5.1 Cible et hypothèses du scénario 3 .....	41
5.5.2 Impact sur les émissions .....	41
5.5.3 Impact sur les concentrations .....	43

# Glossaire

## Polluants :

**COVNM** : Composés organiques volatiles non méthaniques

**HAP** : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

**NO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'azote

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote

**PM<sub>10</sub>** : Particules de diamètre inférieur à 10 µm

**PM<sub>2,5</sub>** : Particules de diamètre inférieur à 2,5 µm

**PM<sub>1</sub>** : Particules de diamètre inférieur à 1 µm

## Normes :

**Objectif de qualité (OQ)** : un niveau défini par la réglementation française 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.

**Valeur limite (VL)** : un niveau fixé par la réglementation européenne, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint. Ce sont des valeurs réglementaires contraignantes. En cas de dépassement de valeur limite, des plans d'actions efficaces doivent être mis en œuvre afin de conduire à une diminution rapide des teneurs en dessous du seuil de la valeur limite.

**Valeur cible (VC)** : un niveau fixé par la réglementation européenne, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée. Elle se rapproche dans l'esprit des objectifs de qualité français, puisqu'il n'y a pas de contrainte contentieuse associée à ces valeurs, mais des enjeux sanitaires avérés.

**Recommandations OMS** : l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis en place des lignes directrices relatives à la qualité de l'air dans le but d'évaluer et de réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine et sur les écosystèmes. Ces lignes directrices présentent des recommandations d'ordre général concernant les niveaux d'exposition (valeurs seuils indicatives) pour différents polluants atmosphériques, en dessous desquels les effets sont considérés comme acceptables. Les valeurs recommandées par l'OMS sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord.

## Organismes :

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

**BVA** : Société d'études et conseil en analyse comportementale

**CITEPA** : Centre Interprofessionnel Technique D'études de la Pollution Atmosphérique

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé



Divers :

**PCAET** : Plan Climat Air Énergie Territorial

**PCIT** : Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux

**PPA** : Plan de Protection de l'Atmosphère

**SRCAE** : Schéma Régionale Climat Air Énergie

**SRB** : Schéma Régional Biomasse

# 1. INTRODUCTION

La pollution atmosphérique constitue un véritable enjeu sanitaire et d'amélioration du cadre de vie des franciliens. Même si la qualité de l'air s'améliore, en 2019, elle reste insatisfaisante en Ile-de-France avec des dépassements des valeurs limites réglementaires et des valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé, en particulier pour les particules.

Les secteurs d'activités les plus contributeurs aux concentrations de particules PM<sub>10</sub>, en dehors de l'import extrarégional, sur l'ensemble de l'Ile-de-France sont présentés Figure 1. **Le secteur résidentiel, dont le chauffage au bois, est le premier contributeur aux concentrations de particules dans l'agglomération parisienne et le second contributeur, derrière l'agriculture, dans la zone rurale.** Ces cartographies, issues de travaux de modélisation d'AIRPARIF, montrent l'intérêt d'**agir pour la réduction des émissions liées au chauffage au bois afin d'améliorer la qualité de l'air sur toute l'Ile-de-France.**

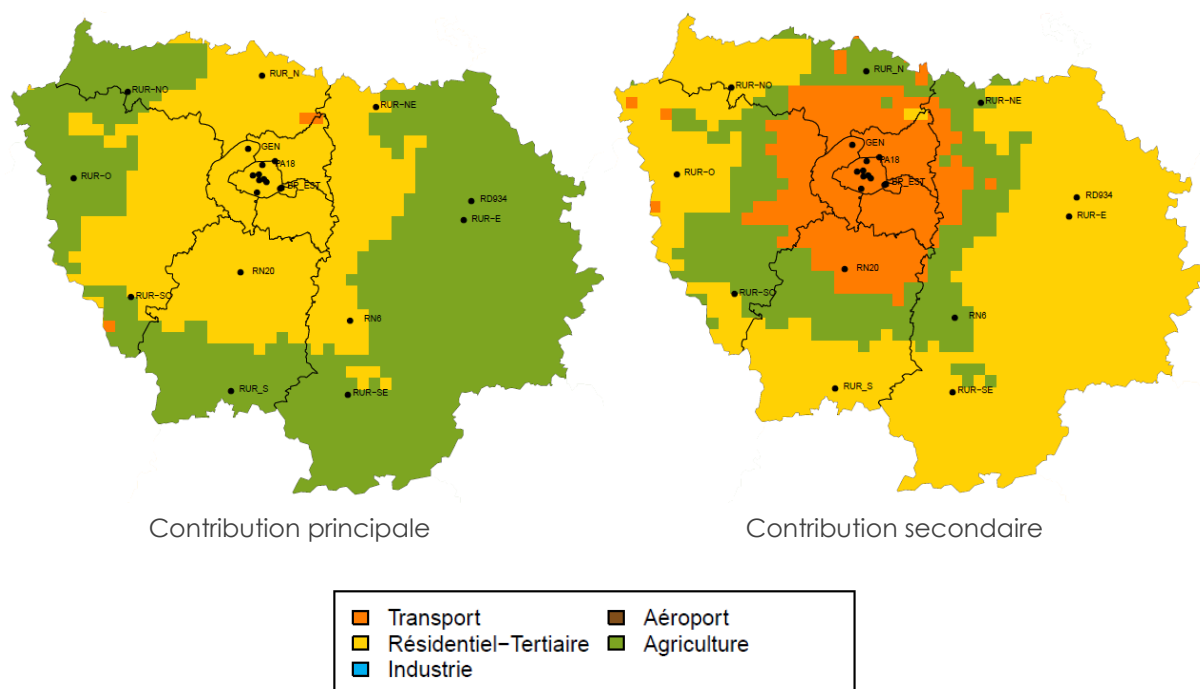


Figure 1 : Première contribution (à gauche) et seconde contribution (à droite) des **secteurs d'activité anthropiques** aux **concentrations moyennes annuelles de fond de PM<sub>10</sub>**.

Dans son rôle d'appui aux décideurs, Airparif a rassemblé dans ce rapport les connaissances sur l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air en Ile-de-France et a mené des travaux théoriques de scénarisation donnant des ordres de grandeur des gains potentiels en émissions en concentrations de polluants atmosphériques.

Après un rappel des principaux enseignements du bilan de la qualité de l'air en Ile-de-France et des émissions franciliennes, ce rapport présente les émissions des différentes pratiques de chauffage au bois. Dans une seconde partie, des scénarios théoriques de réduction des émissions du chauffage au bois sont étudiés afin de fournir des éléments d'aide à la décision aux acteurs du territoire, notamment dans le cadre de la construction de leurs plans d'actions. Pour faciliter cet appui aux décideurs, Airparif a développé un outil de modélisation simplifiée permettant des calculs de concentrations certes moins précis mais beaucoup plus rapides.

Afin d'illustrer les possibilités de l'outil, 3 scénarios ont été testés :

- Scénario 1 : « remplacement des foyers fermés d'avant 2002 utilisés en chauffage principal »
- Scénario 2 : « arrêt de l'usage des foyers ouverts »
- Scénario 3 : « arrêt de l'usage du chauffage en bois d'agrément »

Les scénarios testés sont « extrêmes » avec des hypothèses poussées au maximum afin d'évaluer le potentiel de réduction maximal. Ces résultats ont vocation à éclairer les politiques de planification Air Climat Énergie de l'échelle régionale (PPA, SRCAE, SRB) et à l'échelle locale (PCAET).

## 2. QUELLE QUALITÉ DE L'AIR EN ILE-DE-FRANCE EN 2019

La qualité de l'air en Ile-de-France s'améliore d'année en année pour la plupart des polluants réglementés mais reste insatisfaisante au regard de la réglementation française et plus largement au regard des valeurs recommandées par l'OMS (pour des informations détaillées, voir le bilan régional de la qualité de l'air 2019 - <http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/bilan-2019.pdf>). C'est notamment le cas pour les particules, tel que précisé ci-après.

### 2.1 Les particules PM<sub>10</sub>

Les cartes de la Figure 2 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules PM<sub>10</sub> en 2019 en Ile-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne parisienne.

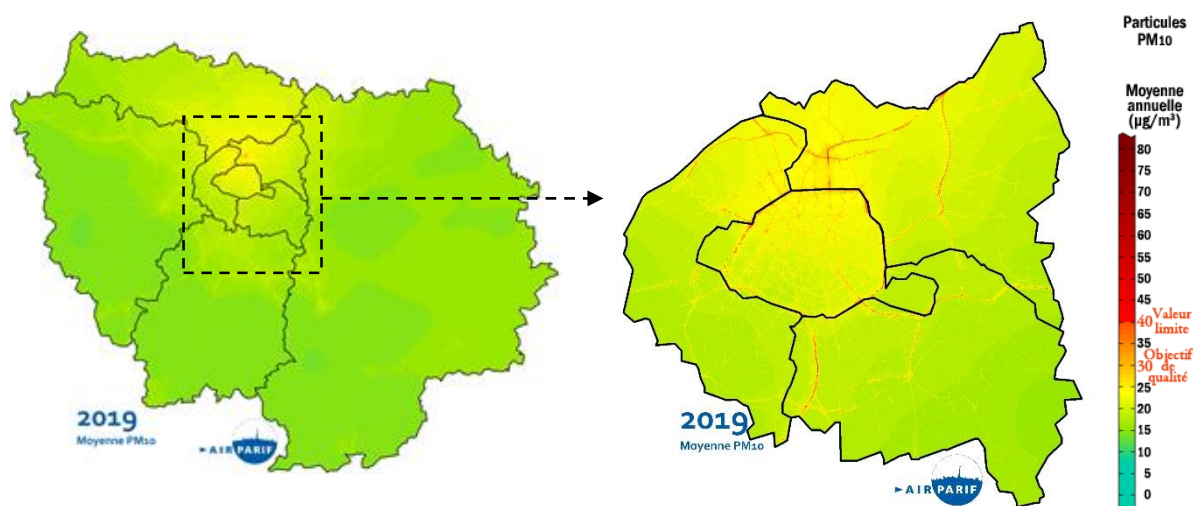


Figure 2 : Concentrations moyennes annuelles de particules PM<sub>10</sub> en Ile-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne en 2019

La valeur limite annuelle en PM<sub>10</sub> (40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne) est respectée sur la quasi-totalité du territoire francilien à l'exception de la proximité immédiate des principaux axes routiers.

La

Figure 3 représente la carte du nombre de jours de dépassement du seuil journalier de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $\text{PM}_{10}$  sur Ile-de-France, avec un zoom sur l'agglomération parisienne pour l'année 2018.

**En 2019, un peu moins de 1% de la population francilienne est potentiellement exposée à un dépassement de la valeur limite journalière et les trois quarts sont exposés à un dépassement de la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)<sup>6</sup>.**

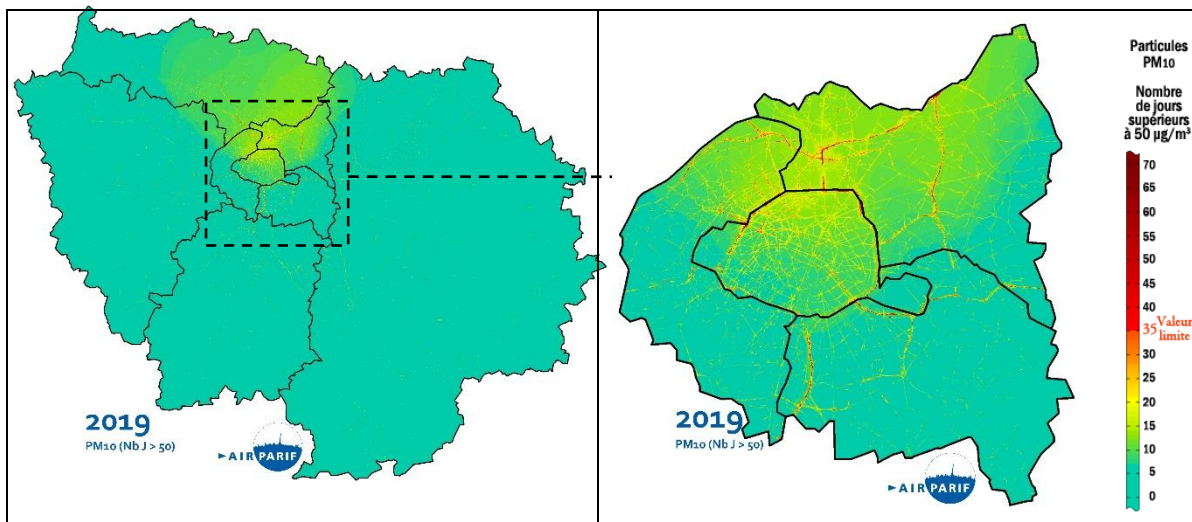


Figure 3 : Nombre de jours de dépassement du seuil journalier de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en particules  $\text{PM}_{10}$  en Ile-de-France, et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne pour l'année 2019

Les concentrations moyennes les plus élevées sont relevées au voisinage des principaux axes routiers régionaux et des axes parisiens. La concentration à proximité des axes routiers est liée à l'impact des émissions directes du trafic routier mais aussi aux concentrations de fond qui sont issues, d'une part, des émissions primaires régionales de particules, toutes sources confondues, et de la formation de particules secondaires ainsi que, d'autre part, de l'import extrarégional.

<sup>6</sup>  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

## 2.2 Les particules PM<sub>2.5</sub>

Les cartes de la Figure 4 illustrent les concentrations moyennes annuelles en particules fines PM<sub>2.5</sub> en 2019 en Ile-de-France, ainsi qu'un zoom sur la petite couronne.

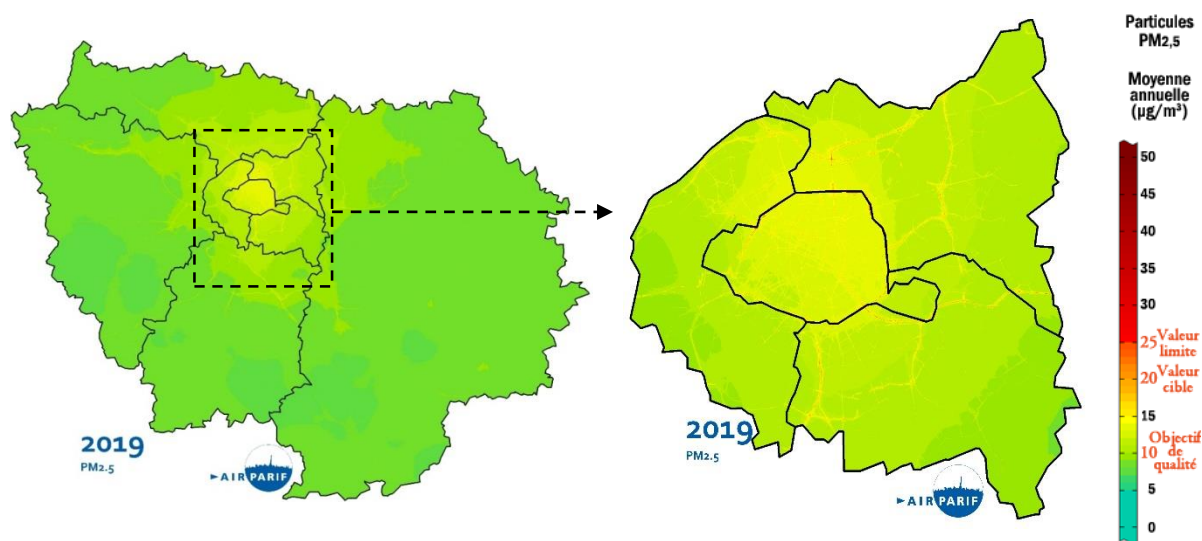


Figure 4 : Concentrations moyennes annuelles de particules fines PM<sub>2.5</sub> en 2019 en Ile-de-France et zoom sur Paris et la petite couronne parisienne

**La valeur limite annuelle en PM<sub>2.5</sub> (25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) est respectée en Ile-de-France**, tout comme la valeur cible (fixée à 20 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle). **En 2019, 6,5 millions de franciliens, soit plus d'un francilien sur 2 sont concernés par un dépassement de l'objectif de qualité français (10 µg/m<sup>3</sup>), qui correspond également à la valeur recommandée par l'OMS.** Ce dépassement est majoritairement constaté dans la zone sensible francilienne et le long de certaines voies de circulation.

**La valeur recommandée par l'OMS en moyenne journalière (25 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) est dépassée sur la quasi-totalité de la région Île-de-France en 2019.**

Les études sanitaires se basant sur les concentrations massiques indiquent clairement qu'**il n'y a pas de seuil en dessous duquel les particules ne sont pas nocives**. Ces différences d'exposition représentent un **enjeu important en termes de santé publique**.

## 3. LES SOURCES DE PARTICULES EN ILE-DE-FRANCE

La gestion de la qualité de l'air à l'échelle des territoires s'appuie en premier lieu sur la maîtrise des émissions des polluants et/ou de leurs précurseurs pour les polluants secondaires. Dans cette optique, il est nécessaire de connaître, pour chaque polluant ou précurseur, le niveau d'émissions par secteur d'activité, afin d'identifier des leviers d'action sur chaque territoire, et de suivre l'efficacité au fil du temps des mesures mises en place.

À cette fin, Airparif réalise régulièrement l'inventaire des émissions régionales de polluants atmosphériques à l'échelle communale. Les émissions sont évaluées pour chaque secteur d'activité. Réalisé selon des méthodologies reconnues et partagées au niveau national voire européen, cet inventaire s'appuie sur les données d'activité et les statistiques les plus fines spatialement et les plus récentes disponibles. Les méthodologies utilisées pour réaliser l'inventaire des consommations d'énergie et les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre reposent sur les prescriptions nationales du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT).

Le chauffage au bois est un émetteur important de particules, de composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Cette note discutant de l'enjeu du chauffage au bois sur les particules, seules les émissions de particules et de COVNM, précurseurs de particules secondaires, sont présentées ici.

### 3.1 Les émissions de particules primaires PM<sub>10</sub>

Les particules sont constituées d'un agrégat de différents composés chimiques de différentes tailles. Les particules PM<sub>10</sub>, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM<sub>2.5</sub>, de diamètre inférieur à 2.5 µm, sont réglementées dans l'air ambiant. Les particules PM<sub>10</sub> intègrent les particules PM<sub>2.5</sub>.

Dans l'air ambiant, les particules secondaires, produites par réactions chimiques ou agglomération de particules plus fines, celles du transport sur de longues distances, ou encore de la remise en suspension des poussières déposées au sol s'ajoutent aux particules primaires, recensées dans l'inventaire des émissions (25 à 30 % des particules peuvent être secondaires<sup>7</sup>).

Les émissions présentées dans ce rapport sont celles de 2015, qui ont servi de référence pour les scénarii d'évolution testés. Les dernières données disponibles à ce jour sont les émissions de 2017<sup>8</sup>. Les enseignements (répartition des émissions, ...) sont similaires pour les deux années.

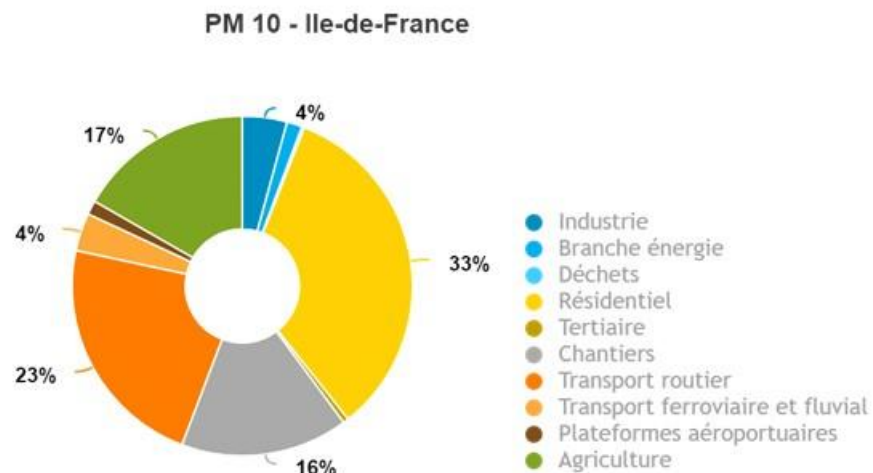
---

<sup>7</sup> [http://www.airparif.asso.fr/\\_pdf/publications/rapport-particules-110914.pdf](http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/rapport-particules-110914.pdf)

<sup>8</sup> <https://demo.airparif.fr/dossiers-fiches-thematiques/2020/emissions-de-polluants-atmospheriques-et-de-gaz-effet-de-serre>

**Les émissions de PM<sub>10</sub> primaires en Ile-de-France en 2015 représentent 15.8 kt** ; la Figure 5 présente la part des différents secteurs dans les émissions de particules primaires PM<sub>10</sub> à l'échelle francilienne en 2015.

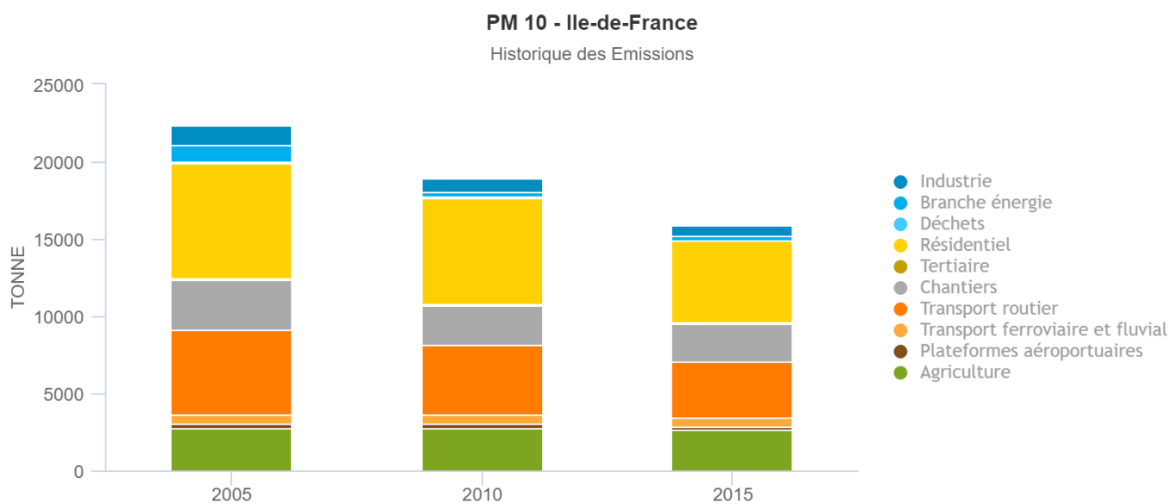
Le secteur du résidentiel tertiaire est le premier contributeur aux émissions de particules PM<sub>10</sub> primaires régionales (33 %), suivi des émissions liées au transport routier (23 %), de celles associées à l'agriculture (17 %) et de celles émises par les activités de chantier (16 %). Les autres secteurs représentent chacun moins de 4 % des émissions régionales de particules PM<sub>10</sub> primaires.



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 5 : Contribution par secteur d'activité aux émissions de particules PM<sub>10</sub> en Ile-de-France pour l'année 2015

Les émissions de PM<sub>10</sub> ont notablement été réduites sur le territoire francilien en 10 ans avec une baisse de 35 % pour le transport routier et 29 % pour le secteur résidentiel (Figure 6).



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 6 : Évolution entre 2005 et 2015 des émissions de PM<sub>10</sub> en Ile-de-France par secteur d'activité

Les graphiques des Figure 7 et Figure 8 présentent la temporalité mensuelle et la contribution saisonnière des différents secteurs d'activités aux émissions de PM<sub>10</sub>. Si les émissions de certains secteurs varient peu au fil des mois (transport routier, industrie, transport ferroviaire et fluvial, plateformes aéroportuaires, traitement des déchets...), celles d'autres secteurs présentent une temporalité plus marquée : le résidentiel, le tertiaire, la branche énergie, davantage émetteurs les mois d'hiver, en raison du chauffage et de la production d'énergie qui en résulte au niveau des

centrales. Inversement, les émissions issues de l'agriculture sont très faibles l'hiver, avec des pics d'émissions au printemps et à l'automne.

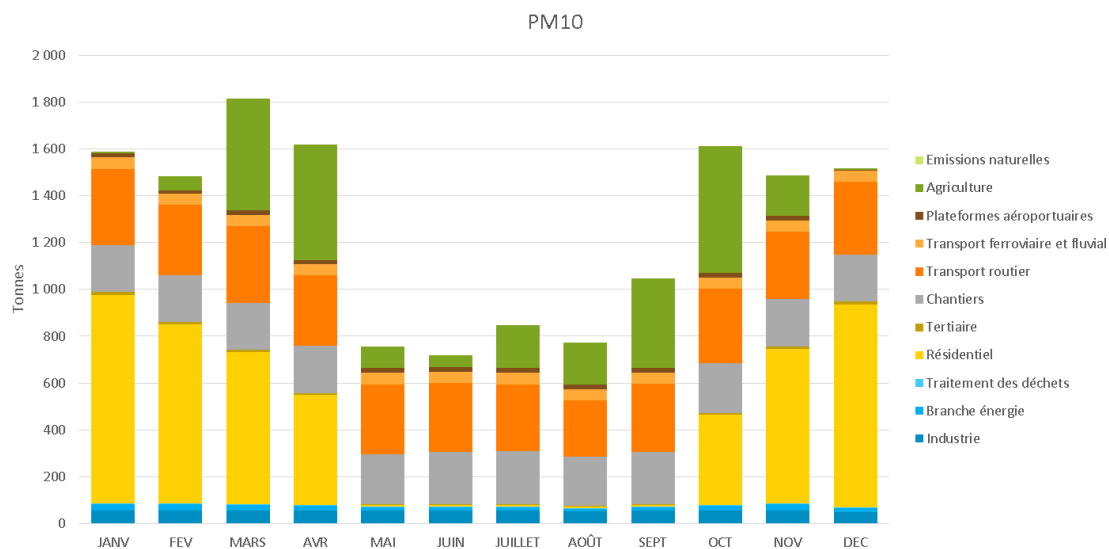


Figure 7 : Variation mensuelle des émissions de particules PM<sub>10</sub> primaires en 2015 à l'échelle de l'Ile-de-France

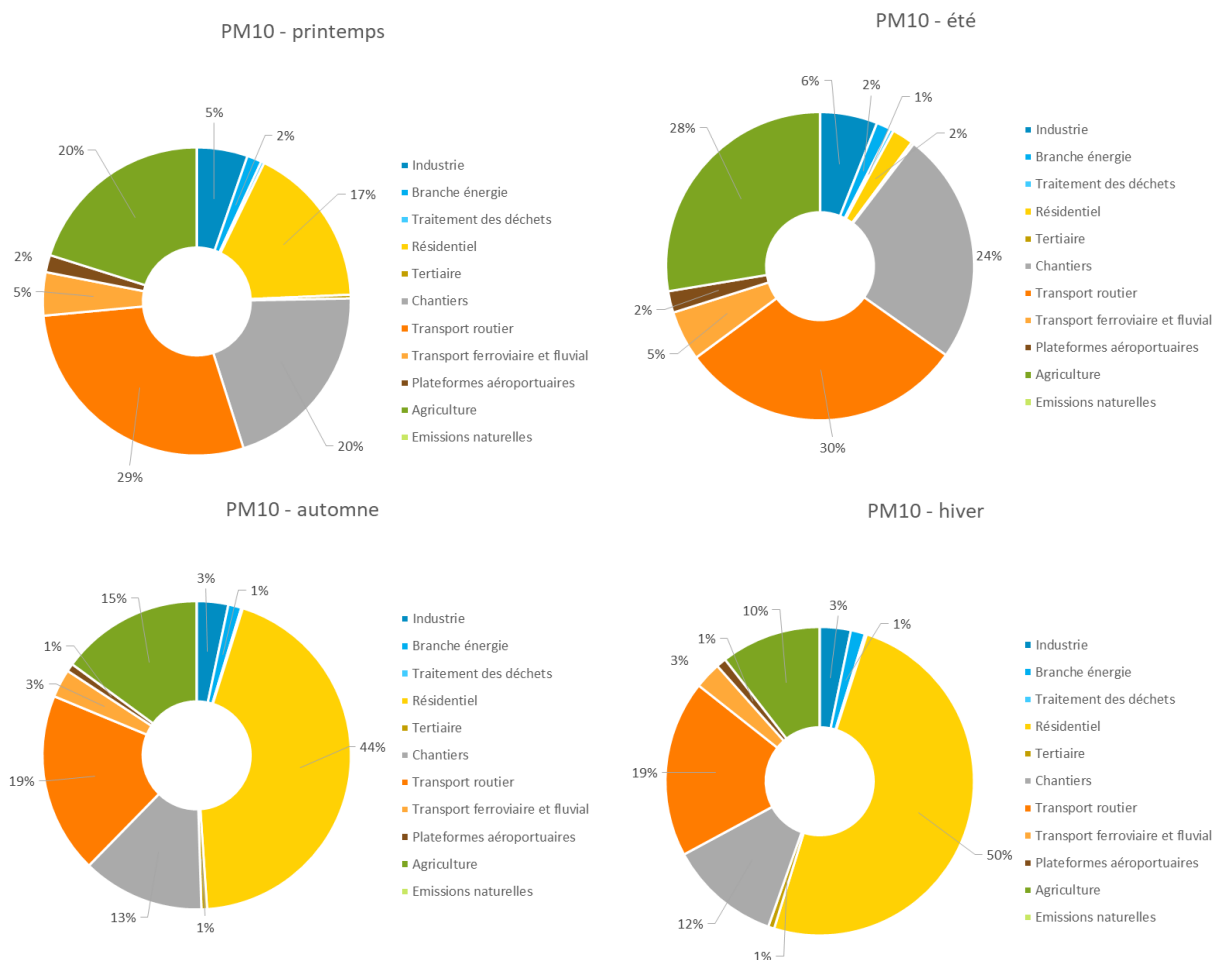


Figure 8 : Émissions des particules PM<sub>10</sub> primaires par saison en 2015 à l'échelle de l'Ile-de-France

La contribution des secteurs d'activités aux émissions de PM<sub>10</sub> est ainsi très variable d'une saison à l'autre : **la contribution du secteur résidentiel est très importante en automne/hiver (jusqu'à 50%), en raison du chauffage au bois notamment, réduisant de ce fait la contribution du transport routier**

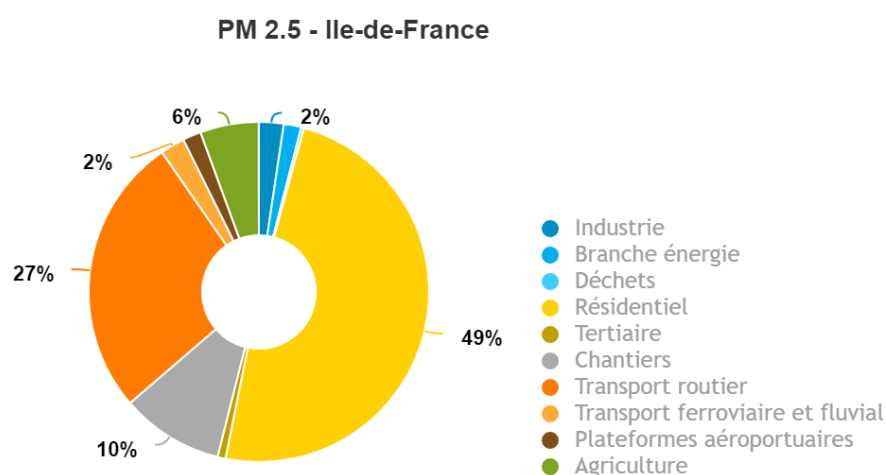


à 19 %. A l'inverse, en période printanière/estivale, le transport routier contribue à hauteur d'environ 30 %, contre seulement 2 % l'été pour le résidentiel.

## 3.2 Les émissions de particules primaires PM<sub>2.5</sub>

Les émissions de PM<sub>2.5</sub> primaires en Ile-de-France en 2015 représentent 10.4 kt ; la Figure 9 présente la part des différents secteurs dans les émissions de particules primaires PM<sub>2.5</sub> à l'échelle francilienne en 2015.

Les principaux secteurs d'émissions régionales de particules primaires PM<sub>2.5</sub> sont les même que ceux identifiés pour les PM<sub>10</sub>. Avec 49 % des émissions régionales, le résidentiel est le secteur contribuant majoritairement aux émissions régionales de particules primaires PM<sub>2.5</sub>. Le transport routier contribue à hauteur de 27 % ; la part des chantiers est de 10 % et celles des activités agricoles de 6 %.



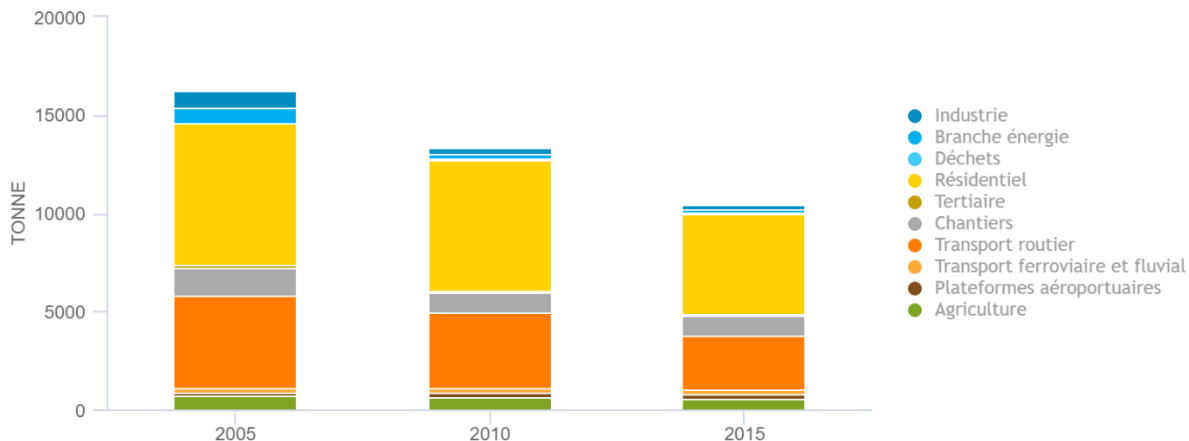
AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 9 : Contribution par secteur aux émissions de particules PM<sub>2.5</sub> en Ile-de-France pour l'année 2015

Les émissions de PM<sub>2.5</sub> ont notablement été réduites sur le territoire d'Ile-de-France en 10 ans avec une baisse de 41 % pour le transport routier, de 29 % pour le secteur résidentiel, et de 27 % pour les chantiers (Figure 10).

### PM 2.5 - Ile-de-France

Historique des Emissions



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 10 : Évolution entre 2005 et 2015 des émissions de PM<sub>2.5</sub> en Ile-de-France par secteur d'activité

Les graphiques des Figure 11 et Figure 12 présentent la temporalité mensuelle et la contribution saisonnière des différents secteurs d'activités aux émissions de PM<sub>2.5</sub>.

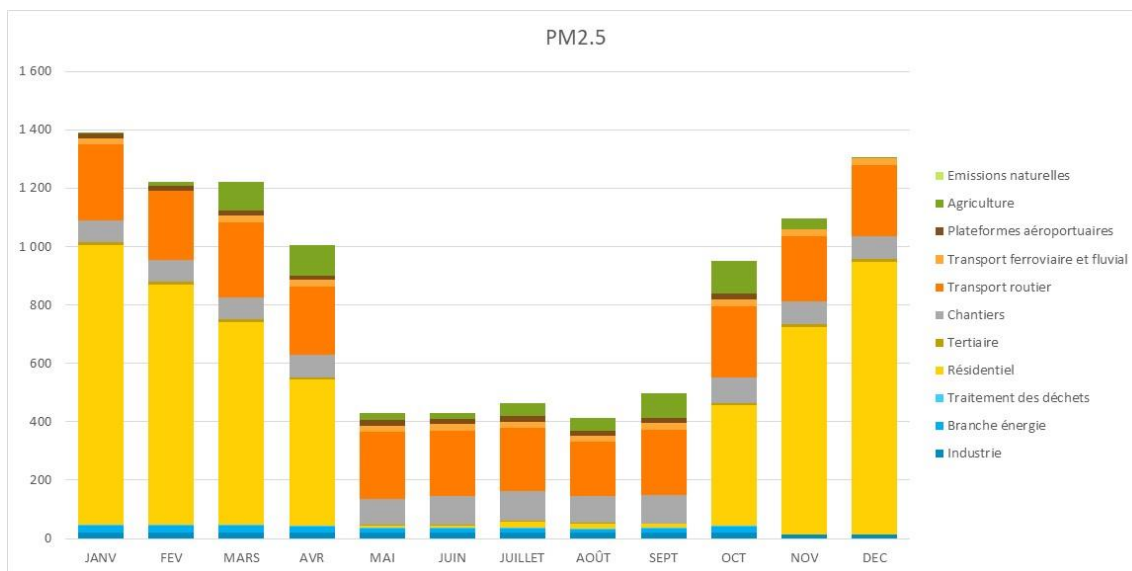
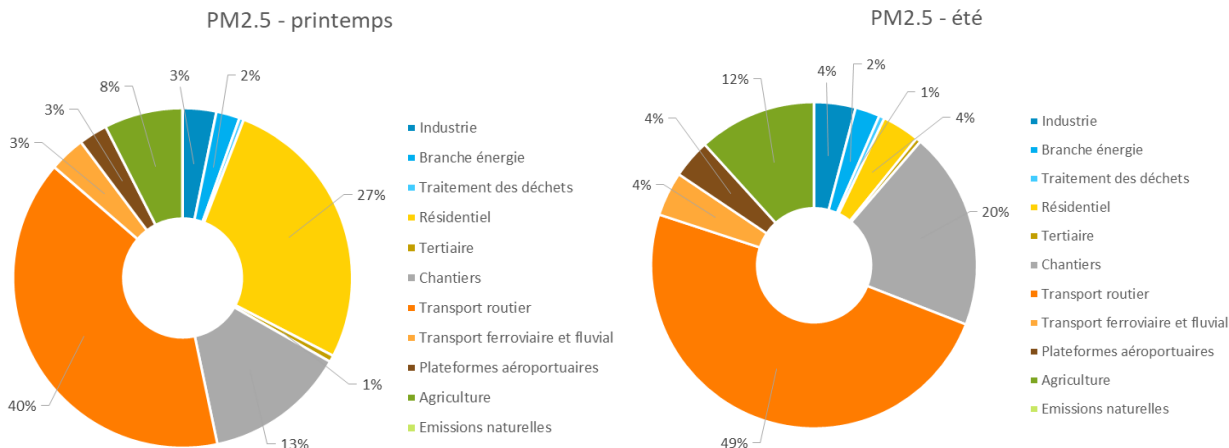


Figure 11 : Variation mensuelle des émissions de particules PM<sub>2.5</sub> primaires en 2015 à l'échelle de l'Ile-de-France



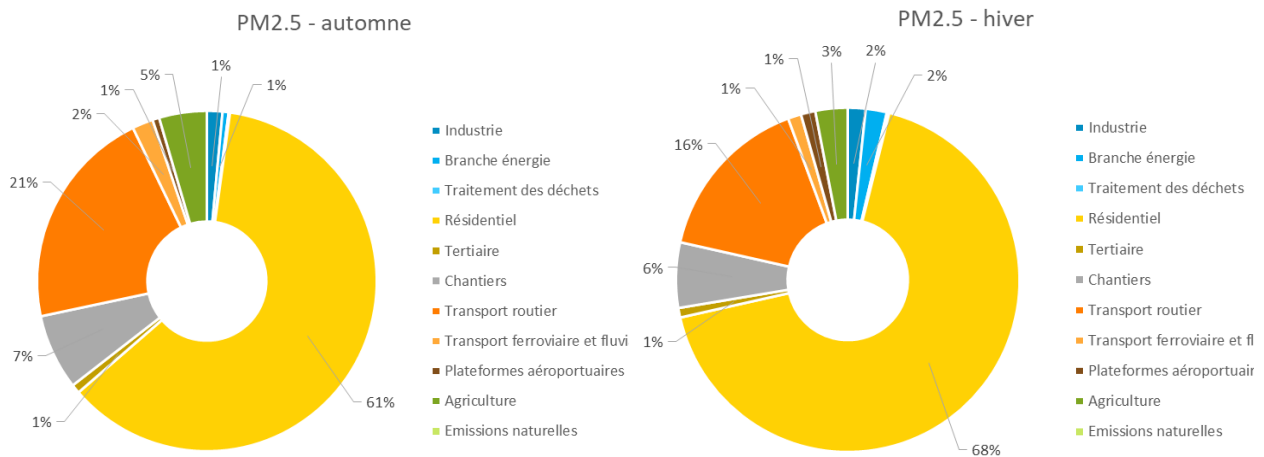


Figure 12 : Émissions des particules PM<sub>2.5</sub> primaires par saison en 2015 à l'échelle de l'Ile-de-France

La contribution des secteurs d'activités aux émissions de PM<sub>2.5</sub> est ainsi très variable d'une saison à l'autre : **la contribution du secteur résidentiel est très importante en automne/hiver (jusqu'à 68 %), en raison du chauffage au bois notamment, réduisant de ce fait la contribution du transport routier à 16 %. A l'inverse, en période printanière/estivale, le transport routier contribue à hauteur d'environ 49 %, contre seulement 4 % l'été pour le résidentiel.**

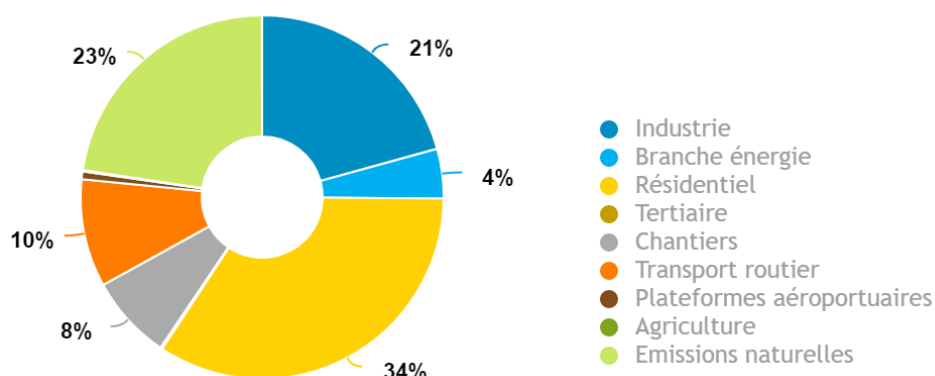
### 3.3 Les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Les Composés Organiques Volatils (COV) constituent un large éventail d'espèces organiques réparties sur plus d'une centaine de familles chimiques. Ils ont une origine primaire (substances directement rejetées dans l'atmosphère) anthropique (liée aux activités humaines : le trafic routier, l'évaporation et la distribution du carburant, le chauffage résidentiel, l'utilisation domestique ou industrielle de solvants ou de peinture) ou biogéniques (liée aux émissions naturelles : la végétation continentale). Les COV peuvent également avoir une origine secondaire dans la mesure où ils sont susceptibles d'être transformés dans l'atmosphère à la suite de multiples réactions physico-chimiques et contribuer à la formation de nouveaux composés, tels que les Aérosols Organiques Secondaires (AOS, particules) ou encore l'ozone troposphérique.

**Les émissions de COVNM en Ile-de-France en 2015 représentent 75 kt** ; la Figure 13 présente la part des différents secteurs dans les émissions de COVNM à l'échelle francilienne en 2015.

**Avec une part de 34 %, le résidentiel est le principal contributeur aux émissions régionales de COVNM, suivi par les émissions naturelles (23 %).** Avec des activités émettrices de COVNM, le secteur de l'industrie contribue à hauteur de 21 % aux émissions régionales de ce polluant. Enfin, la part du transport routier est de 10 % et celles des chantiers de 8 %.

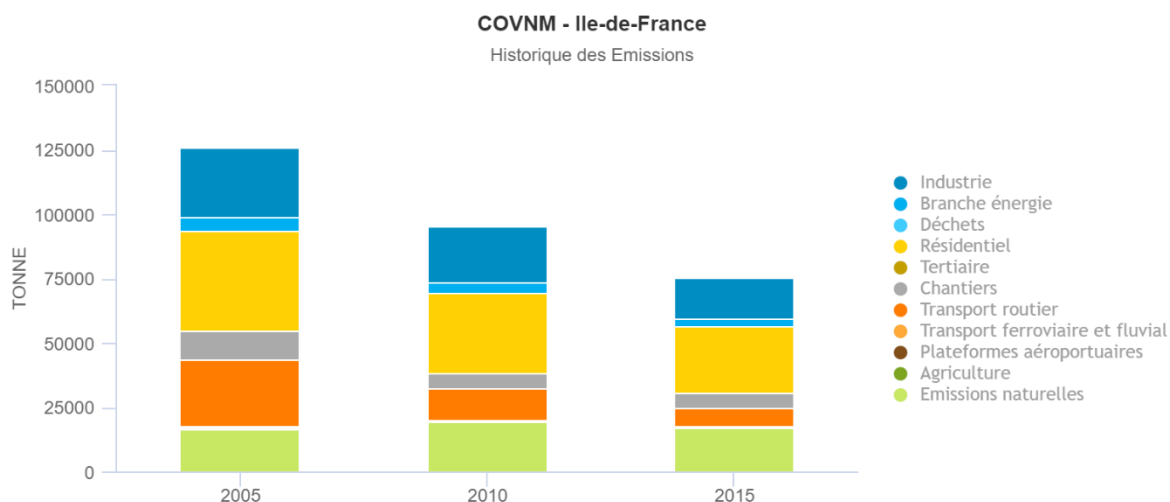
## COVNM - Ile-de-France



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 13 : Contribution par secteur d'activité aux émissions de COVNM en Ile-de-France pour l'année 2015

Les émissions de COVNM ont notablement été réduites sur le territoire Ile-de-France en 10 ans avec des baisses de 34 % pour le secteur résidentiel et 43 % pour l'industrie (Figure 14).



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 14 : Évolution entre 2005 et 2015 des émissions de COVNM en Ile-de-France par secteur d'activité

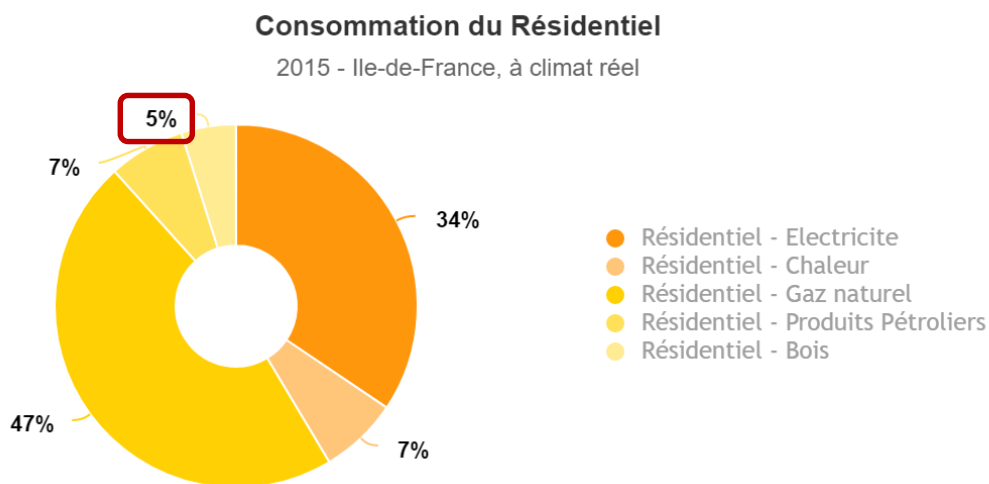
## 3.4 Les émissions atmosphériques du secteur résidentiel

**Le chauffage au bois résidentiel est à l'origine de 28 % des émissions franciliennes de PM<sub>10</sub>, tous secteurs confondus, et de 42 % des émissions franciliennes de PM<sub>2.5</sub>, tous secteurs confondus.**

Les figures ci-dessous montrent, au sein du secteur résidentiel, la répartition des consommations énergétiques par source d'énergie et les émissions de polluants atmosphériques associées. Il en ressort **que le chauffage au bois est responsable de 85 % des émissions de PM<sub>10</sub> primaires, de 86 % des émissions de PM<sub>2.5</sub> primaires, de 35 % des émissions de COVNM du secteur résidentiel** et de 13 %

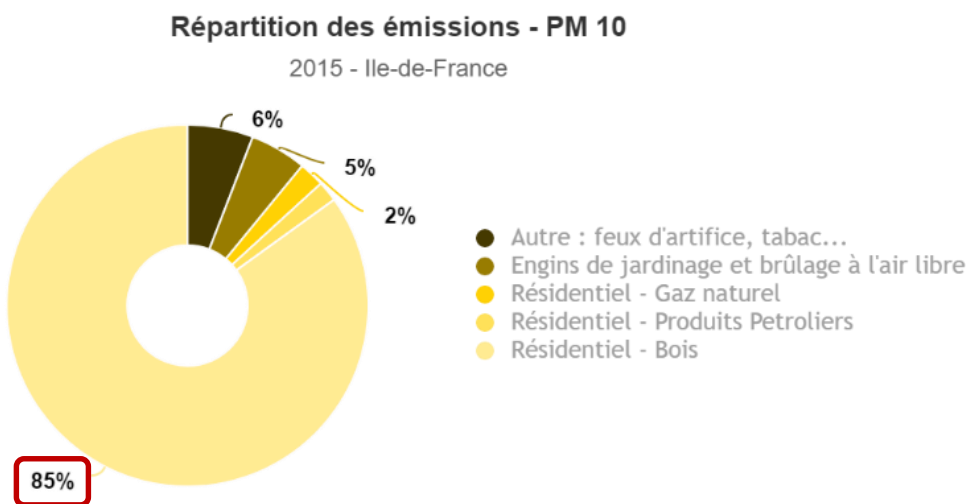
des émissions d'oxydes d'azote, alors que ce combustible ne **couvre que 5 % des besoins d'énergie de ce secteur.**

Bien que la consommation de bois soit en hausse de 18 % entre 2005 et 2015 (non corrigée des effets du climat, soit + 25 % à climat normal), les émissions de particules du chauffage au bois diminuent de 31 % sur la même période. Cette baisse est liée à l'amélioration des équipements et au recul de l'usage des foyers ouverts ; néanmoins le chauffage au bois reste la première source des émissions de particules en Ile-de-France.



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 15 : Contribution par source d'énergie aux consommations énergétiques du secteur résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015

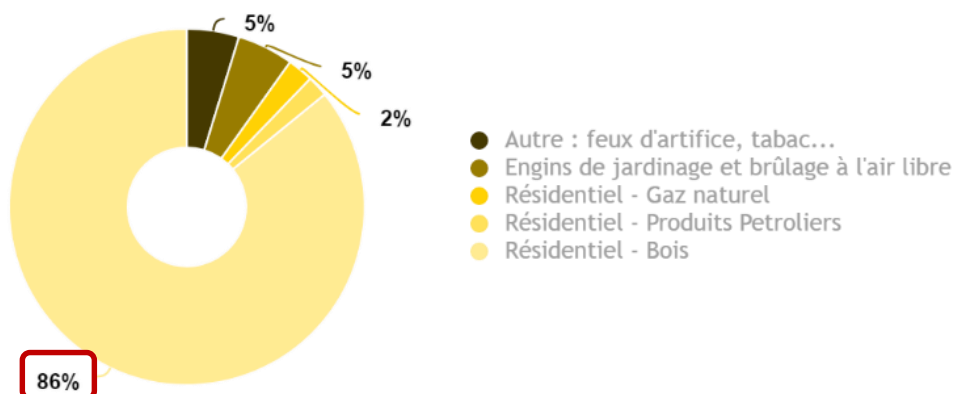


AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 16 : Contribution aux émissions de PM<sub>10</sub> primaires du secteur résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015

### Répartition des émissions - PM 2.5

2015 - Ile-de-France

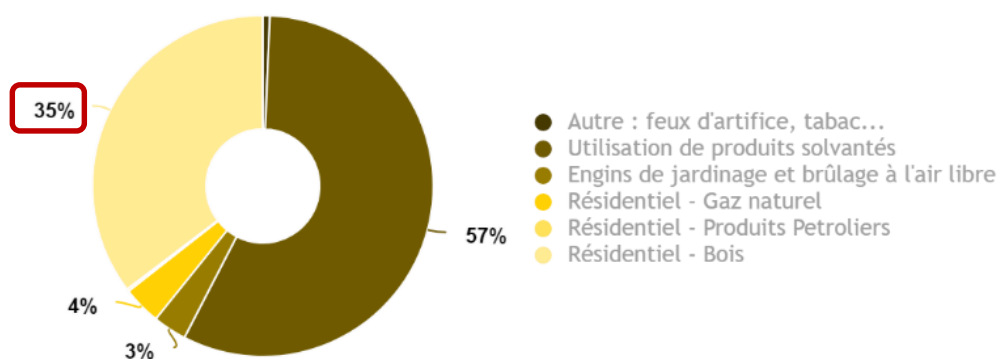


AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 17 : Contribution aux émissions de PM<sub>2.5</sub> primaires du secteur résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015

### Répartition des émissions - COVNM

2015 - Ile-de-France



AIRPARIF DECEMBRE 2018

Figure 18 : Contribution aux émissions de COVNM du secteur résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015

# 4. LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DU CHAUFFAGE AU BOIS

## 4.1 Le chauffage individuel au bois en Ile-de-France

En 2014, une enquête ADEME et BVA sur le chauffage au bois a été réalisée en Ile-de-France. Une enquête similaire a été menée que dans les départements de l'Essonne et de la Seine et Marne respectivement en 2016 et en 2017. Ces données ont été prises en compte dans les calculs de l'inventaire des émissions d'AIRPARIF et ont permis d'obtenir les résultats présentés ci-dessous.

L'enquête « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France » a été réalisée en décembre 2014 auprès d'un échantillon de 1406 personnes représentatif de la région Ile-de-France. Un sur-échantillon de 675 utilisateurs de bois de chauffage a permis de qualifier spécifiquement l'usage du bois.

Cette enquête offre de nombreux enseignements pour caractériser l'usage et les typologies d'usagers du bois de chauffage. Seules les données utiles à la quantification de la consommation de bois et des émissions de particules associées sont présentées et analysées dans ce document.

L'enquête permet de quantifier la part des ménages utilisant le bois pour le chauffage par zone géographique (cf. Tableau 1).

Zone géographique	Part des logements utilisant le bois	Nombre estimé de ménages utilisant le bois
Paris	7 %	82 000
Agglomération parisienne hors Paris	16 %	530 000
Zone régionale hors agglomération	39 %	200 000
<b>Ile-de-France</b>	<b>16 %</b>	<b>812 000</b>

Tableau 1 : Part des logements franciliens utilisant le bois de chauffage – source Enquête « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France »

**Le Tableau 1 montre que selon l'enquête ADEME-BVA régionale, environ 800 000 ménages franciliens ont eu recours au chauffage au bois au moins une fois au cours de l'année 2014, soit 16 % des logements en Ile-de-France.**

L'enquête permet également de dresser les profils des usages du bois pour le chauffage ainsi que de quantifier les consommations annuelles moyennes par logement. Ces informations sont proposées selon :

- la zone géographique : Paris, l'agglomération parisienne hors paris, et le reste de l'Ile-de-France ;
- l'usage du bois de chauffage : chauffage principal, chauffage d'appoint, chauffage d'agrément ;
- l'équipement : foyer ouvert, foyer fermé d'avant 2002, foyer fermé entre 2002 et 2007, foyer fermé d'après 2007. La notion de foyer fermé est ici prise au sens large et inclut les inserts, les poêles, les cuisinières et les chaudières.

D'autres sources de données permettant de quantifier le parc de logements ayant recours au chauffage au bois ont également été étudiées. Dans le cadre d'étude de préfiguration de mise en

place d'un fond air bois départemental, les départements de Seine et Marne et de l'Essonne ont fait réaliser par BVA des enquêtes similaires sur leur territoire. Ces deux enquêtes montrent des taux de pénétration de l'usage du bois sensiblement plus bas que les résultats de l'enquête régionale permettaient d'approcher sur ces départements de grande couronne. Une enquête similaire sur Paris permettrait d'affiner les connaissances, notamment la répartition géographique.

Par ailleurs, dans le rapport CEREN « Bilans régionaux du chauffage au bois en 2006 », le nombre de logement utilisant le bois en Ile-de-France est estimé à près de 400 000.

Les résultats de ces études mettent les besoins importants d'études complémentaires pour estimer plus précisément le nombre de francilien utilisant le chauffage au bois.

**Le parc logement utilisant le bois construit par AIRPARIF pour évaluer les émissions associées a été construit au regard de l'ensemble de ces enquêtes et le nombre de logements retenus par zone est présenté dans le Tableau 2.**

2015 - Référence	Nombre de logements
Paris	56 100
Agglomération parisienne hors Paris	312 000
IDF hors agglomération parisienne	154 300
<b>Total IDF</b>	<b>522 300</b>

Tableau 2 : Nombre de logement utilisant le chauffage au bois en Ile-de-France – source AIRPARIF

Ces données de parc logements, construit par source d'énergie, usage et équipement, sont croisées avec les consommations moyennes annuelles par logement<sup>9</sup> en fonction du type d'usage et de l'équipement, afin de calculer les consommations énergétiques annuelles. Pour déterminer les émissions associées, les consommations énergétiques de bois sont croisées avec des facteurs d'émissions de chaque polluant, variant fortement en fonction du type d'équipement utilisé.

## 4.2 Les facteurs d'émission

La Figure 19 montre la diversité des facteurs d'émissions de PM<sub>10</sub> en fonction de la source d'énergie, d'une part, et de l'équipement de chauffage au bois, d'autre part. Avant de les détailler, il est important de noter qu'il s'agit de **facteurs d'émissions moyens** qui peuvent fortement varier en fonction de l'entretien des équipements, des conditions d'utilisation (allumage, charge, débit d'air,...) et de la qualité du bois (en particulier le taux d'humidité).

<sup>9</sup> Source « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France » BVA-ADEME 2014



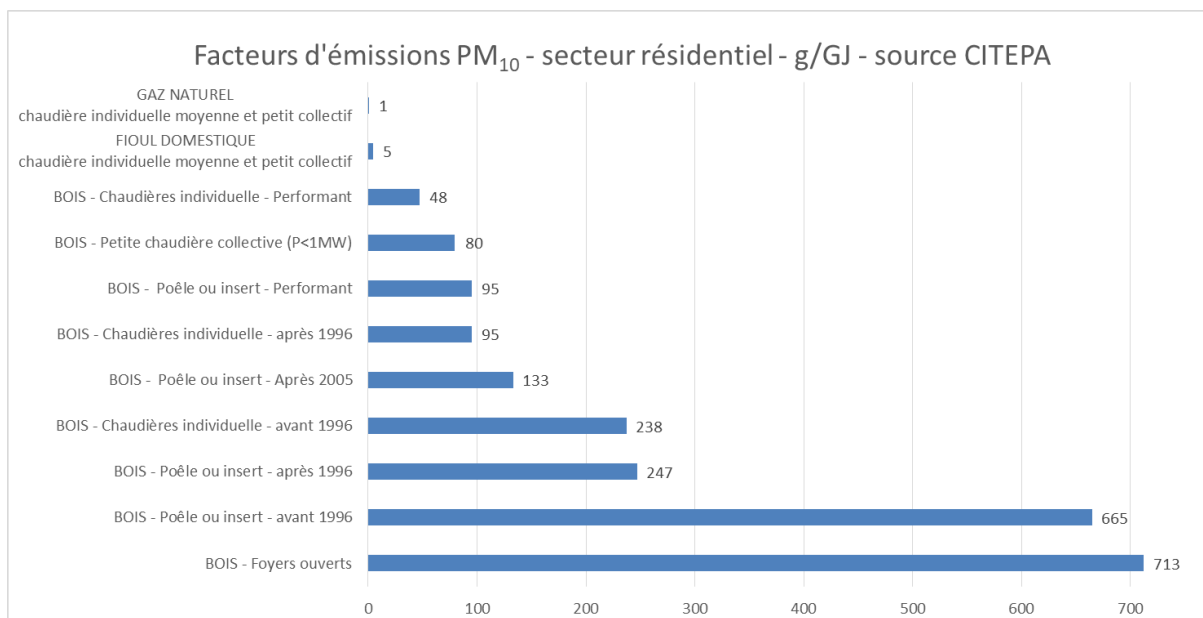


Figure 19 : Facteurs d'émissions moyens de PM<sub>10</sub> par type d'équipement et par source d'énergie pour le chauffage résidentiel - Source : CITEPA

Cette figure met en évidence la grande diversité des facteurs d'émissions entre, d'une part, un foyer ouvert et un foyer fermé ancien (avant 1996) et, d'autre part, un foyer fermé performant. Cela montre le potentiel gisement important de réduction des émissions. **Cependant, même les équipements de chauffage au bois les plus performants sont plus émetteurs de particules PM<sub>10</sub> que les autres équipements de chauffage résidentiel, quelle que soit la source d'énergie, hors charbon.**

### 4.3 Les émissions de particules du chauffage au bois par usage et par équipement

A partir des éléments précédents, les émissions de PM<sub>10</sub> (répartitions valable également pour les PM<sub>2,5</sub>) peuvent être détaillées par usage (chauffage principal, chauffage d'appoint et chauffage d'agrément ou « récréatif ») (Figure 20) et par type d'équipement (Figure 21).

### Répartition par usage, des logements, consommations et émissions de particules liées au chauffage résidentiel au bois - IDF 2015

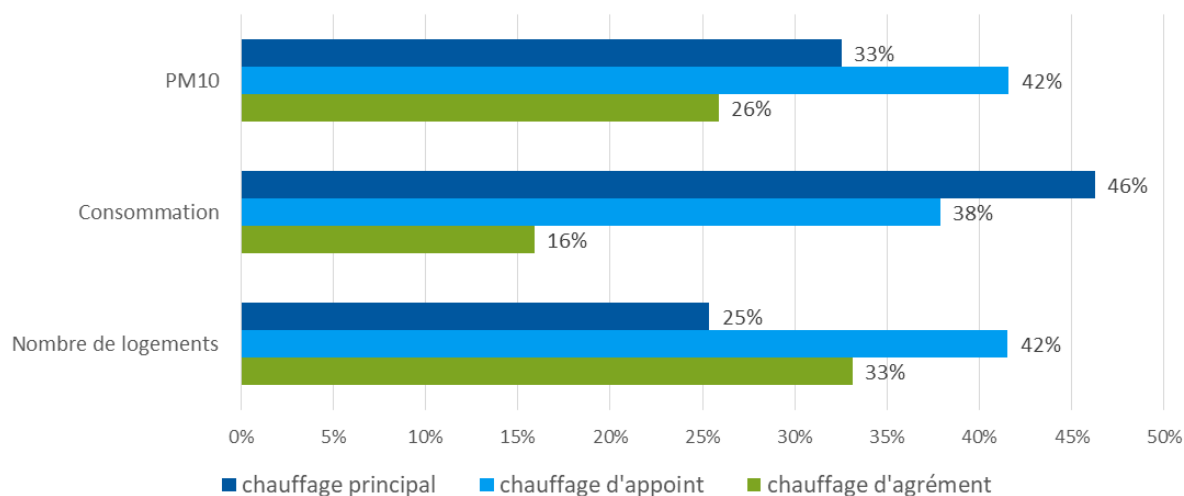


Figure 20 : Répartition par usage du nombre de logements, des consommations énergétiques et des émissions de particules liées au chauffage au bois en Ile-de-France pour l'année 2015

### Répartition par équipement, des logements, consommations et émissions de particules liées au chauffage résidentiel au bois - IDF 2015

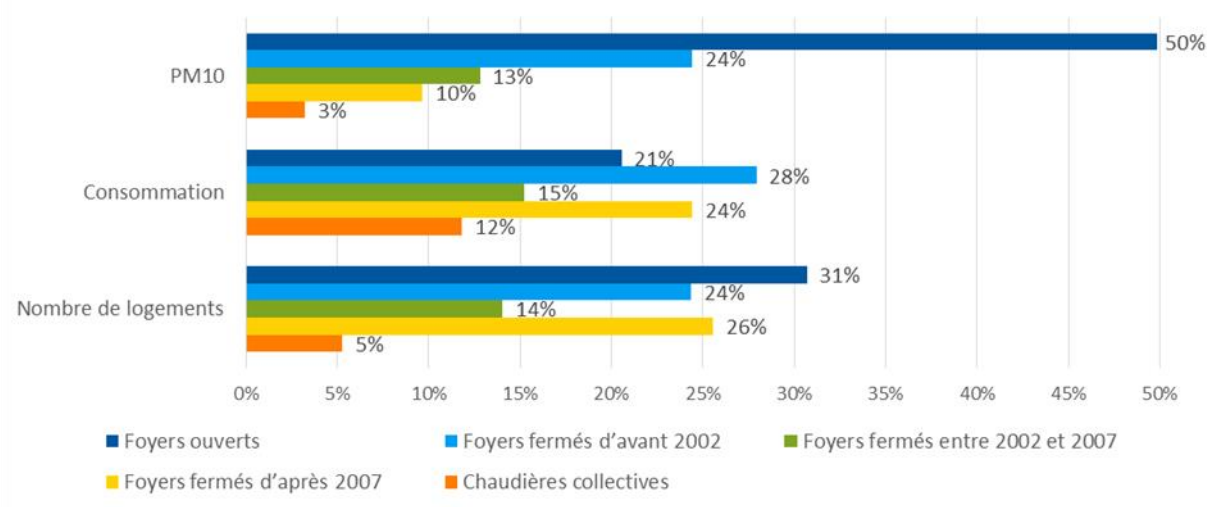


Figure 21 : Répartition par équipement du nombre de logements, des consommations énergétiques et des émissions de particules liées au chauffage au bois en Ile-de-France pour l'année 2015


## 4.3.1 Le chauffage au bois individuel

La Figure 20 montre que les 2/3 des émissions de particules liées au chauffage au bois sont émises par les usages d'appoint et d'agrément (42 % en appoint et 26 % sont liées à un usage d'agrément).

La Figure 21 montre que la moitié des émissions régionales liées au chauffage au bois sont produites par la combustion de bois dans des foyers ouverts alors que cela ne concerne que 31 % des logements franciliens utilisant le chauffage au bois. En ajoutant la contribution des foyers fermés d'avant 2002 (24 %), **les équipements anciens et particulièrement émissifs représentent près des ¾ des émissions particulières de chauffage au bois.**

## Chauffage au bois individuel et réglementation

L'arrêté inter-préfectoral du 31 janvier 2018 approuvant la révision du Plan de Protection de l'Atmosphère fixe les conditions d'utilisation du chauffage au bois selon les secteurs géographiques et interdit certaines utilisations.

 **Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Ile-de-France**

		Paris	zone sensible (hors Paris) (1)	hors zone sensible
<b>FOYERS OUVERTS</b>	→ chauffage principal →	<b>interdit</b>	<b>interdit</b>	<b>interdit</b>
	→ chauffage d'appoint ou agrément →	<b>autorisé</b>	<b>autorisé</b>	<b>autorisé</b>
<b>EQUIPEMENTS EXISTANTS A FOYER FERME</b>	→ chauffage principal →	<b>poussières ≤ 16 mg/m<sup>3</sup> (2)</b>	<b>autorisé</b>	<b>autorisé</b>
	→ chauffage d'appoint ou agrément →	<b>rendement ≥ 65%</b>	<b>autorisé</b>	<b>autorisé</b>
<b>FOYERS FERMES NEUFS</b>	→ chauffage principal →	<b>poussières ≤ 16 mg/m<sup>3</sup> (2)</b>	<b>Flamme Verte 5* (3)</b>	<b>autorisé</b>
	→ chauffage d'appoint ou agrément →	<b>Flamme Verte 5* (3)</b>	<b>Flamme Verte 5* (3)</b>	<b>autorisé</b>

(1) la liste des communes de la zone sensible est annexée à l'arrêté inter-préfectoral du 31/01/2018  
 (2) mesure à 13% d'oxygène  
 (3) ou rendement ≥ 70% (taux de CO ≤ 0,12% (à 13% d'oxygène))

Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Ile-de-France  
 – source : DRIEE

Par ailleurs, la directive éco-conception prévoit l'application de critères d'efficacité énergétique et de valeurs limites d'émission à respecter pour les appareils neufs. À partir de 2020, elle sera effective pour les chaudières biomasse de moins de 500 kW ; à partir de 2022, elle s'appliquera aux dispositifs de chauffage biomasse décentralisés de puissance inférieure à 50 kW. Elle devrait permettre de limiter les émissions dans le secteur des appareils individuels neufs et du petit collectif. Cette mesure n'étant pas rétroactive, elle ne concerne pas le parc d'équipement actuel.

## Chauffage au bois individuel et recommandations

Les facteurs d'émissions utilisés dans cette étude sont des facteurs d'émissions moyens par type et âge d'équipement et peuvent fortement varier autour de ces valeurs en fonction de nombreux paramètres. Plusieurs études sur l'influence des paramètres d'utilisation d'équipements individuels au bois ont été publiées avec notamment :

- QUALICOMB : Réduction à la source des émissions issues du chauffage domestique au bois par usage de combustibles de qualité (ADEME, Avril 2016).
- « Enseignement des études à l'émission » réalisées par l'INERIS sur la combustion du bois en foyers domestique (INERIS, Septembre 2018).

Il en ressort qu'au-delà du type d'équipement qui influe fortement sur les niveaux d'émissions, il existe de nombreux paramètres de fonctionnement qui sont également des facteurs d'influence :

- **L'humidité** du bois est considérée comme ayant un impact fort sur les émissions. Au-delà de 25% d'humidité, les émissions augmentent et le rendement énergétique diminue. Il est donc fortement recommandé d'utiliser un bois sec.
- **L'allure de fonctionnement** influe également de manière importante. Un équipement individuel doit être dimensionné à la taille de la pièce et aux besoins de chauffage afin de fonctionner le plus souvent à allure nominale. Une sous charge de l'équipement entrainera des sur-émissions.
- **L'allumage** est la phase la plus émissive de particules imbrulées, il est donc préconisé de pratiquer un allumage par le haut permettant une augmentation progressive de la température du foyer.
- **Le tirage et l'apport d'air** sont des paramètres qui influent sur la qualité de la combustion et donc sur les émissions, il est recommandé de régler les débits d'air selon les prescriptions de l'appareil.
- **L'entretien et le vieillissement** des équipements sont aussi classés comme ayant un impact fort, il est donc conseillé d'entretenir régulièrement son installation (ramonage, étanchéité des joints,...).
- **La taille des bûches**, le **type d'essence** et la **présence d'écorces** jouent également sur les niveaux d'émissions mais avec un degré moindre. Un bois sans écorce peut-être à privilégier et chaque essence de bois aura besoin d'un apport d'air plus au moins important pour assurer une combustion de qualité. De manière générale il est tout de même conseillé de se tourner vers un bois issu d'arbres feuillus. Concernant la taille des bûches, il est recommandé de lire la notice d'utilisation de l'appareil.

Par ailleurs, l'analyse des interactions a montré que lors de **la dégradation simultanée de deux de ces paramètres, des effets néfastes supplémentaires sur les émissions peuvent être observés.**

### 4.3.2 Le chauffage au bois collectif

Le chauffage au bois collectif est en 2015 très peu présent en Ile-de-France. Selon le parc logements modélisé par AIRPARIF, il représente 5 % des logements utilisant le chauffage au bois et 3 % des émissions résidentielles de particules PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois (Figure 21). Le parc de chaudières est peu connu en termes de puissance installée, de type de bois utilisé et de performance. Par défaut les facteurs d'émissions moyens produits par le CITEPA sont considérés (80 g/GJ pour les PM<sub>10</sub>, cf. Figure 19).

Une vigilance sera à porter dans les années à venir sur ce secteur, des développements de l'usage de la biomasse dans des équipements collectifs étant prévus, et notamment les installations de faible puissance non réglementées à l'émission.

Ces résultats ne prennent pas en compte les émissions des réseaux de chaleur, dont certains utilisent de la biomasse. En 2015, un peu plus d'une centaine de réseaux de chaleur biomasse est recensée en Ile-de-France. Les émissions afférentes sont recensées dans le secteur production d'énergie et non dans le secteur résidentiel. Elles ne font pas l'objet de la présente étude.

#### **Chauffage au bois collectif et réglementation**

Les appareils collectifs de chauffage au bois de plus de 1 MW sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) à la rubrique 2910-A (ou 3110 pour les appareils de plus de 50 MW). Ils doivent respecter des valeurs limites d'émissions ainsi que des critères d'efficacité énergétique. Ces valeurs limites d'émissions peuvent être renforcées par le PPA d'Ile-de-France pour les émissions de particules et de NO<sub>2</sub>. Un vide réglementaire est toutefois observé pour les appareils dont les puissances sont comprises entre 500 kW et 1 MW, qui ne sont actuellement pas soumis à des valeurs limites d'émissions.

## 4.4 La répartition géographique des émissions

Les Figure 22 et Figure 23 apportent des éclairages sur la répartition géographique des émissions de particules liées au chauffage au bois. Elles sont à analyser au regard l'une de l'autre car les enseignements sont complémentaires.

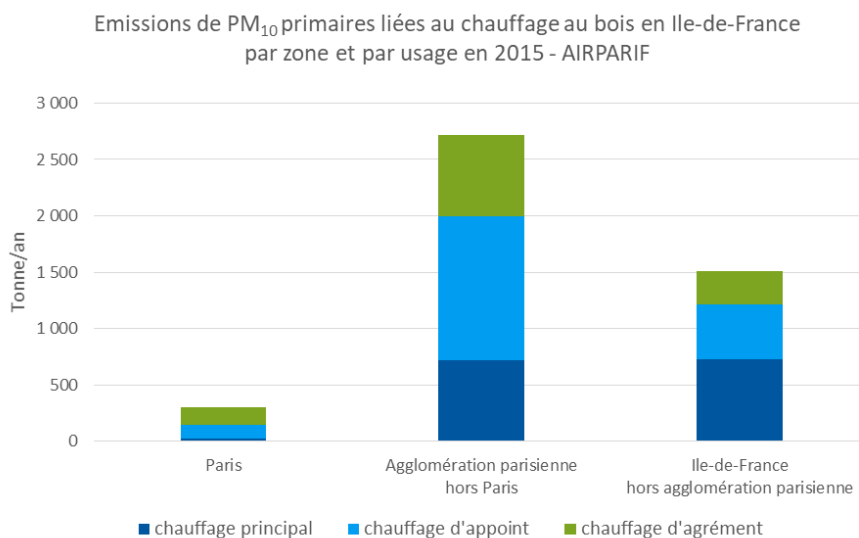


Figure 22 : Répartition par usage et par zone géographique des émissions de particules liées au chauffage au bois en Ile-de-France pour l'année 2015

### Densité d'émissions de PM<sub>10</sub> primaires liées au chauffage au bois en Ile de France - 2015

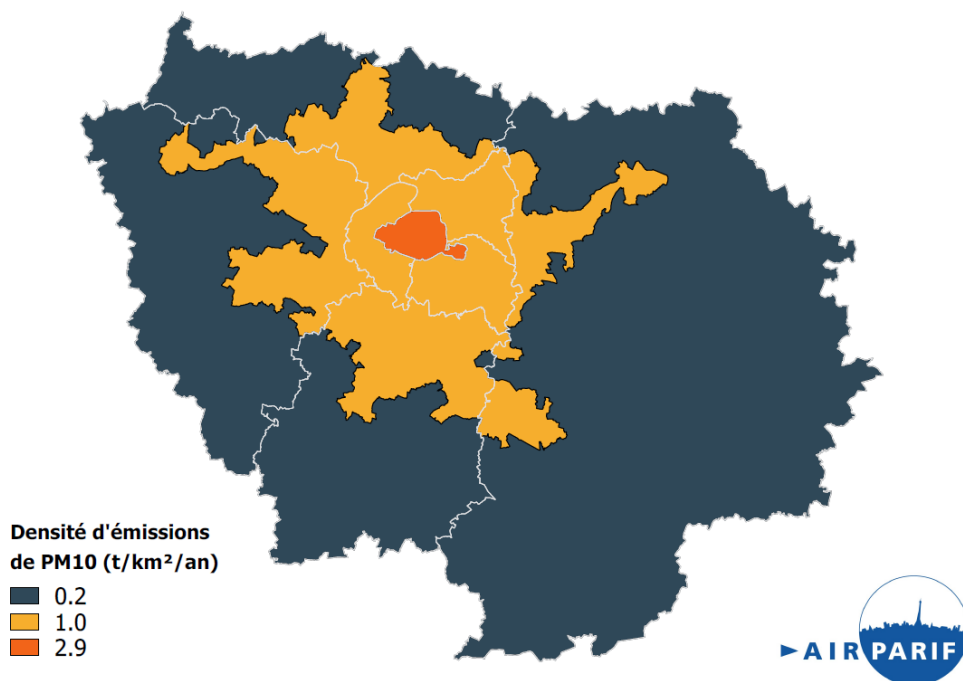


Figure 23 : Cartographie des densités d'émissions de PM<sub>10</sub> primaires liées au chauffage au bois en Ile-de-France, selon les zones Paris, agglomération parisienne hors Paris et zone régionale hors agglomération.

La Figure 22 montre que les plus grands gisements de réduction des émissions régionales de particules liées au chauffage au bois se situent sur toute l'Ile-de-France hors Paris, du fait notamment du recours notable du bois pour le chauffage principal.

La Figure 23 présente les densités d'émissions primaires de PM<sub>10</sub> surfaciques liées à l'usage de chauffage au bois au sein des trois zones (Paris, agglomération parisienne hors Paris et Ile-de-France hors zone sensible). Pour ce faire, les émissions communales annuelles de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois ont été sommées par zone puis divisées par la superficie de la zone concernée. Cette représentation montre que **les densités d'émissions de PM<sub>10</sub> primaires liées au chauffage au bois sont plus importantes dans l'agglomération parisienne.**

Cette répartition géographique s'explique par une densité urbaine plus importante et par un usage du chauffage au bois dans cette zone principalement lié à l'appoint et l'agrément pour lesquels les foyers ouverts et les foyers fermés anciens – plus émissifs – sont les plus utilisés.

## 5. IMPACT DE SCENARII DE REDUCTION

Afin d'éclairer les décideurs, notamment dans la construction de plans d'actions, Airparif a évalué l'impact de scénarios théoriques d'évolution de l'utilisation du chauffage au bois.

Trois scénarios théoriques de réduction des émissions du chauffage au bois ont été testés. Les émissions associées aux scénarios ont été calculées, évaluées et spatialisées puis intégrées dans le méta-modèle afin de définir l'impact de ces scénarios sur les concentrations de fond. Le chauffage au bois étant principalement émetteur de particules, les résultats des scénarios testés sont présentés pour les PM<sub>10</sub>.

*NB : Ces scénarios sont « extrêmes » avec des hypothèses poussées au maximum afin d'évaluer le potentiel de réduction maximale. Ces résultats ont vocation à éclairer les politiques de planification Air Climat Énergie de l'échelle régionale (PPA, SRCAE, SRB) et à l'échelle locale (PCAET).*

### 5.1 Impact sur les émissions : méthodologie et hypothèses

Pour le calcul des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre du secteur résidentiel, Airparif dispose d'une chaîne de modélisation qui, à partir de la description fine du parc de logement à l'échelle communale, calcule les consommations énergétiques et les émissions associées. De nombreux paramètres sont pris en compte tels que le type de logements, leur surface ainsi que les sources d'énergie, les usages de l'énergie et même le type d'équipements utilisés. Il est donc possible de tester l'impact de modifications du parc de logements sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre et d'évaluer la sensibilité de chacune des variables et les gisements de réduction possibles.

Les résultats des scénarios proposés dans cette étude :

- Scénario 1 : « remplacement des foyers fermés d'avant 2002 utilisés en chauffage principal »
- Scénario 2 : « arrêt de l'usage des foyers ouverts »
- Scénario 3 : « arrêt de l'usage du chauffage au bois d'agrément »

sont étudiés au regard de la situation de référence des émissions liées au chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015, présentées dans le tableau ci-dessous.

Référence	PM <sub>10</sub> (t/an)	PM <sub>2.5</sub> (t/an)	PM <sub>1</sub> (t/an)
<b>Paris</b>	301	293	288
<b>Agglomération parisienne (hors Paris)</b>	2 714	2 638	2 592
<b>IDF (hors agglomération parisienne)</b>	1 509	1 475	1 458
<b>Total IDF</b>	<b>4 524</b>	<b>4 406</b>	<b>4 339</b>

Tableau 3 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France pour l'année 2015

Ces scénarios portent sur le chauffage résidentiel individuel ; ils testent l'impact du renouvellement d'équipements anciens au bois. La consommation énergétique annuelle de bois considérée pour



les nouveaux équipements est celle déclarée dans l'enquête ADEME-BVA pour un foyer fermé d'après 2007 (classe la plus récente). Concernant les facteurs d'émissions, un traitement différent a été appliqué aux nouveaux équipements à Paris et dans le reste de l'Ile-de-France. En effet, le PPA francilien en vigueur définit que seule l'installation de nouveaux équipements émettant moins de 16 mg/Nm<sup>3</sup> (soit 8 g/GJ) est autorisée à Paris. Cette valeur étant très difficile à atteindre sans système de traitement des fumées, les quelques équipements bois utilisés en chauffage principal dans Paris ont été remplacés par des équipements peu émetteurs de particules. Le facteur d'émissions utilisé pour le reste de l'Ile-de-France est celui proposé par le CITEPA pour qualifier les équipements individuel les plus performants (100 g/GJ) pour qualifier les émissions des appareils individuels récents.

**Remarque :** Dans la plupart des cas les évolutions relatives des émissions de particules sont égales quelle que soit la taille des particules. En effet la spéciation des particules totales en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> est considérée inchangée quel que soit l'équipement individuel de combustion du bois, aucune information sur les évolutions de ces répartitions par classe granulométrique n'étant disponible.

À noter que les émissions du chauffage au bois ont majoritairement lieu durant les mois hivernaux. Les gains estimés énoncés sont des gains annuels et sous-estiment donc les gains atteignables durant la saison de chauffe.

## 5.2 Impact sur les concentrations : méthodologie

Un méta-modèle a été construit à Airparif pour évaluer **l'impact des mesures de réduction des émissions sur les concentrations de fond**.

Il s'agit d'un modèle statistique construit sur des sorties du modèle déterministe de chimie-transport CHIMERE, intégré dans la chaîne de modélisation d'Airparif, ESMERALDA. Cette chaîne de modélisation étant lourde à mettre en œuvre, le but de ce méta-modèle est de **réduire le temps de calcul afin de simplifier les travaux de scénarisation** qu'Airparif déploie dans le cadre de sa mission d'appui aux politiques publiques. Grâce au temps de calcul largement réduit, l'outil est prévu pour évaluer de manière simple l'efficacité de différents plans d'action, lors de la phase de réflexion des mesures envisagées, pour guider les décideurs dans le choix des mesures à mettre en œuvre.

Le méta-modèle a été développé sur la base des résultats des modélisations prospectives 2020 effectuées lors des travaux de révision du PPA, ainsi que des tests de « coupures ». Ces scénarios de coupures consistent à mettre à zéro toutes les émissions d'un secteur sur l'ensemble du territoire afin de déterminer la contribution de celui-ci sur les concentrations de fond à l'échelle régionale.

Il a été développé pour tester les **mesures de réduction des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de particules PM<sub>10</sub> sur les concentrations de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de PM<sub>10</sub>**.

Le méta-modèle de **3 km de résolution** permet de caractériser les **concentrations de fond**.

*NB : conçu dans un premiers temps pour tester des scénarios de réduction d'émissions liées au chauffage au bois, **cette version de l'outil permet de tester l'impact de réductions d'émissions sur les concentrations de fond**. Les concentrations de polluants associées à la proximité directe du trafic routier sont ajoutées après le calcul des baisses de concentrations induites par les réductions des émissions ; elles sont donc constantes quel que soit le scénario.*

Une prochaine version devrait être plus finement résolue (1km de résolution) et intégrer l'impact du trafic routier. Elle permettra ainsi de tester également des scénarios de réductions des émissions associées au trafic routier.

## 5.2.1 Méthodologie développée

Le méta-modèle est basé sur une régression multilinéaire, faisant un lien direct entre les émissions sur un ensemble de mailles, et la concentration d'une maille cible.

Le nombre de mailles à prendre en compte a été déterminé à l'aide de tests de sensibilité, en cherchant à réduire au maximum l'erreur de reconstitution des concentrations par validation croisée.

## 5.2.2 Performances

Les performances du modèle ont été évaluées sur sa capacité à reproduire une partie du jeu de données préalablement sortie du jeu de données d'apprentissage. La capacité du modèle à reproduire les scénarios attendus est bonne<sup>10</sup> :

- Concernant les PM<sub>10</sub>, le biais relatif varie entre - 1 % et près de 1 % en prenant toute l'Ile-de-France en compte, et entre - 2 % et de 1 % sur la zone Paris et petite couronne. Cela représente une différence maximale de 0.30 µg/m<sup>3</sup> et concerne le scénario coupure des émissions agricoles, dans la zone Paris et petite couronne. Au vu de la valeur de la « moyenne cible » (16 µg/m<sup>3</sup>) le biais est peu important.
- La RMSE la plus élevée en PM<sub>10</sub> est atteinte pour le scénario « coupure de l'agriculture » : elle est de 0.17 µg/m<sup>3</sup>, à l'échelle du territoire régionale pour une moyenne annuelle de 14.4 µg/m<sup>3</sup>, et de 35 µg/m<sup>3</sup> sur la zone Paris et petite couronne où la moyenne annuelle est de 16µg/m<sup>3</sup>. Ces valeurs de RMSE traduisent une bonne reconstitution des concentrations par le méta-modèle.

Le **biais relatif** est la différence relative entre la moyenne « cible » (moyenne issue du modèle CHIMERE, que le méta-modèle cherche à reconstituer) et la moyenne « reconstituée » par le méta-modèle.

La **RMSE** est un estimateur statistique permettant de caractériser la précision d'un ensemble de valeurs. La RMSE est l'écart-type des résidus (erreurs de prévision). Les résidus représentent la distance entre les points prédits et la droite de régression. La RMSE indique dans quelle mesure les données sont concentrées autour de la régression linéaire ; elle permet de mettre en évidence une dispersion importante des données autour de la droite de régression. Une RMSE plus petite indique une reconstitution de meilleure qualité.

Les écarts-types d'erreur en PM<sub>10</sub> sont moins élevés que ceux en NO<sub>2</sub> mais davantage répartis géographiquement (Figure 24). Les valeurs élevées s'observent au niveau deux zones : l'agglomération parisienne et le bassin agricole de l'est du territoire. La première présente les niveaux de PM<sub>10</sub> les plus élevés et une dispersion des valeurs importante rendant la reconstitution moins précise. La seconde présente également une dispersion importante des émissions, mal

---

<sup>10</sup> Indicateurs de performances disponibles sur demande à Airparif

représentées à cette résolution et se situe en périphérie du territoire où les importantes valeurs d'écart types d'erreurs s'expliquent par l'absence, pour le méta-modèle, de données d'émissions des régions limitrophes.

**Cartographie des écarts-types d'erreur de reconstitution des concentrations de PM10 par le modèle à 3 km**

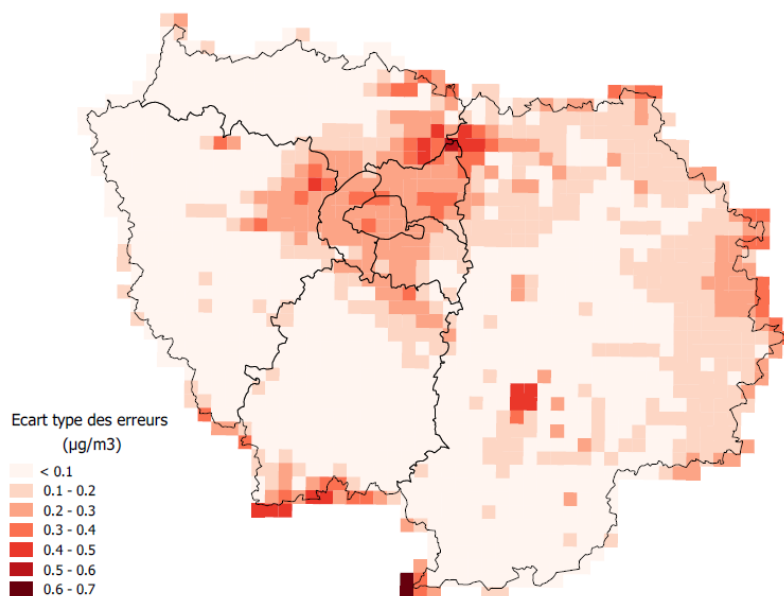


Figure 24 : Cartographie des écarts-types d'erreur de reconstitution des concentrations de PM<sub>10</sub> par le modèle à 3 km

### 5.2.3 Limites du modèle

- La régression multi-linéaire utilisée par cet outil repose sur l'hypothèse de linéarité entre les émissions et les concentrations. L'approche statistique permet de limiter les impacts de cette simplification.
- Les particules secondaires sont prises en compte dans les sorties d'ESMERALDA (scénarios de coupures) utilisées pour l'apprentissage du méta-modèle. En revanche, l'hypothèse de linéarité entre émissions et concentrations implique que les variations de particules secondaires associées aux baisses d'émissions de polluants varient également de manière linéaire.
- Les calculs d'émissions sont faits sur l'inventaire des émissions 2015, le plus récent disponible ; les gains en concentration sont estimés pour 2020. Ainsi, l'évolution du parc de logement n'est pas prise en compte ; de ce fait, les gains en concentrations sont potentiellement légèrement surestimés à l'horizon 2020.

**Ce modèle ne doit pas être considéré comme un outil d'évaluation mais il constitue un outil d'aide à la décision.**

## 5.3 Impact du scénario 1 « remplacement des foyers fermés d'avant 2002 utilisés en chauffage principal »

Dans ce scénario est évalué l'impact du remplacement de l'ensemble des foyers fermés individuels de chauffage au bois utilisés en chauffage principal et mis en service avant 2002 par des équipements récents performants.

**Une saison de chauffage au bois d'une maison avec un insert ou un poêle ancien émet autant de particules qu'une voiture diesel Crit'Air 5 faisant plus de 200 aller-retour Paris-Marseille. Avec un appareil performant de chauffage au bois, les émissions sont équivalentes à 30 aller-retour Paris-Marseille.**

### 5.3.1 Cible du scénario 1

Selon le parc logements modélisé par AIRPARIF, **30 000 équipements en Ile-de-France sont concernés** (foyers fermés individuels de chauffage au bois utilisés en chauffage principal et mis en service avant 2002). **Ils représentent près de 500 tonnes de particules PM<sub>10</sub> primaires, soit 20 % des émissions résidentielles de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois.** Leurs émissions en 2015 sont rapportées dans le Tableau 4.

Cibles du scénario 1	PM <sub>10</sub> (t/an)	PM <sub>2.5</sub> (t/an)	PM <sub>1</sub> (t/an)	Nombre de foyers
Paris	<10	<10	<10	500
Agglomération parisienne (hors Paris)	220	220	210	14 300
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	270	260	260	17 500
<b>Total IDF</b>	<b>490</b>	<b>480</b>	<b>470</b>	<b>32 300</b>

Tableau 4 : Émissions associées aux foyers fermés individuels (d'avant 2002) de chauffage au bois utilisés en chauffage principal – référence (2015).

### 5.3.2 Impact sur les émissions

Le Tableau 5 présente les émissions de particules associées au scénario 1, selon différentes zones de l'Ile-de-France, ainsi que les gains en émissions par rapport à la situation actuelle.

Scénario 1	PM <sub>10</sub> (t/an)		PM <sub>2.5</sub> (t/an)		PM <sub>1</sub> (t/an)		Différence/référence (%)
	Référence	Sc 1	Référence	Sc 1	Référence	Sc 1	
Paris	300	300	290	290	290	280	-1%
Agglomération parisienne (hors Paris)	2 710	2 550	2 640	2 480	2 590	2 440	-6%
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	1 510	1 310	1 480	1 280	1 460	1 270	-13%
<b>Total IDF</b>	<b>4 520</b>	<b>4 160</b>	<b>4 410</b>	<b>4 050</b>	<b>4 340</b>	<b>3 990</b>	<b>-8%</b>

Tableau 5 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France – Scénario 1

À l'échelle de l'Ile-de-France, ce scénario « remplacement des foyers fermés d'avant 2002 utilisés en chauffage principal » permettrait d'économiser 360 tonnes d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> primaires soit une diminution de 8 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une diminution de 2 % des émissions régionales tous secteurs confondus.

Le gain maximal est observé au sein de la zone Ile-de-France hors zone sensible, où il atteint 13 %, en raison d'une plus grande part de logements ayant recours au chauffage principal au bois. Il est minimal dans Paris (1 %) où le chauffage au bois à usage principal n'est autorisé qu'avec des équipements très performants.

Ce scénario permettrait de réduire de plus d'un 1/4 les émissions de particules liées au chauffage au bois à usage principal (Tableau 6). Le scénario 1 visant exclusivement le chauffage au bois à usage principal, l'impact sur les autres types d'usages est nul.

Scénario 1	PM <sub>10</sub> (t/an)		PM <sub>2.5</sub> (t/an)		PM <sub>1</sub> (t/an)		Diff/Ref (%)
	Référence	Scénario 1	Référence	Scénario 1	Référence	Scénario 1	
<b>Principal</b>	1 470	1 110	1 420	1 060	1 380	1 030	-25%
<b>Tous usages</b>	<b>4 520</b>	<b>4 160</b>	<b>4 410</b>	<b>4 050</b>	<b>4 340</b>	<b>3 990</b>	<b>-8%</b>

Tableau 6 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France selon les usages – Scénario 1

**Ce gain de 360 tonnes de particules PM<sub>10</sub> économisées à l'échelle régionale représente plus de 70 % du gisement d'émissions ciblées par le scénario 1.**

En appliquant le renouvellement à l'ensemble des équipements individuels pour le chauffage principal quelle que soit leur ancienneté, le gain en émissions de PM<sub>10</sub> serait d'environ 520 tonnes, soit 12 % des émissions du chauffage au bois et 3 % des émissions régionales tous secteurs confondus. Cela concernerait près de 100 000 logements franciliens.

#### Test de sensibilité des facteurs d'émissions des équipements individuels performants

Les facteurs d'émission peuvent fortement varier en fonction de l'entretien des équipements, des conditions d'utilisation et de la qualité du bois (en particulier le taux d'humidité). Le facteur d'émission utilisé dans les calculs pour les équipements individuels performants est celui du CITEPA. C'est un facteur d'émissions moyen relatif aux particules totales de 100 g/GJ.

Afin d'évaluer l'impact de ce choix, le calcul a également été fait avec les attendus de l'homologation Flamme Verte 7\* pour un appareil individuel à bûches, soit des émissions de particules ne dépassant pas 40 mg/Nm<sup>3</sup> (20 g/GJ environ). Ce facteur d'émissions, pour la meilleure technologie disponible, est considéré dans des conditions d'utilisation optimisées. Le scénario 1 permettrait, avec ces hypothèses, de réduire de 10 % les émissions du chauffage au bois résidentiel, soit une diminution de 3 % des émissions régionales tous secteurs confondus.

La Figure 25 présente les émissions annuelles, tous secteurs confondus, et les gains en émissions engendrés par le scénario 1. Cette information spatialisée (en t/km<sup>2</sup>/an) permet de visualiser la répartition géographique des gains, distribués sur l'ensemble du territoire, à l'image des sources ciblées par le scénario 1. Les gains sont davantage concentrés au sein de l'agglomération, zone de plus forte densité de logements, engendrant des émissions et des gains en émissions plus

importants. Le gain maximum, de 0.3 t/km<sup>2</sup>/an, est observé au sein de l'agglomération parisienne hors Paris.

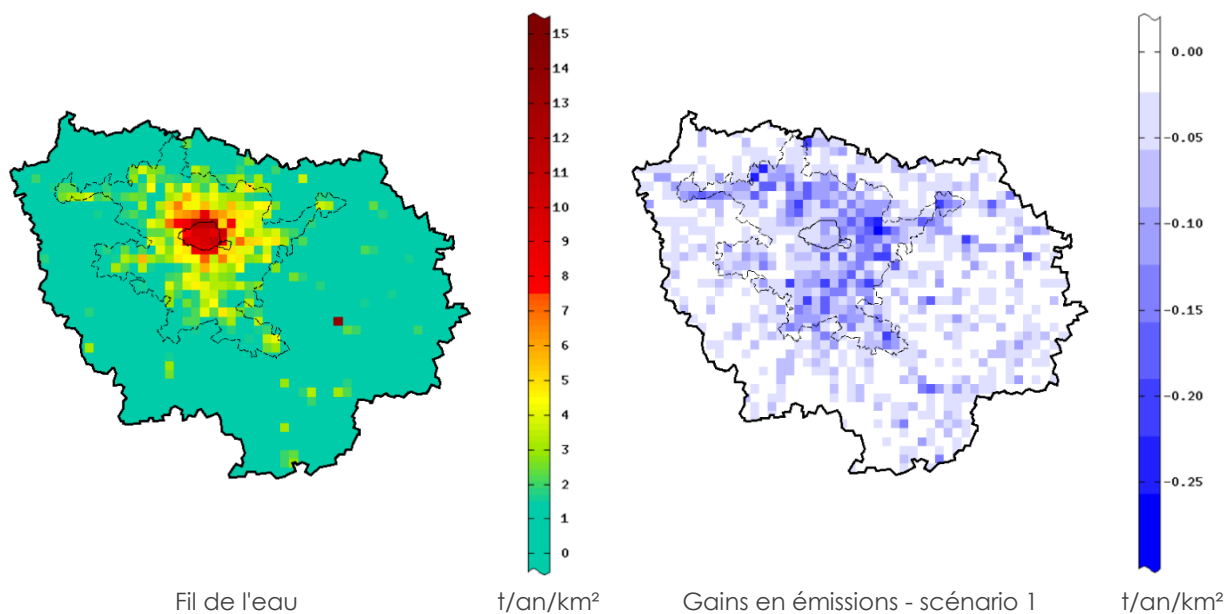


Figure 25 : A gauche : cartographie des émissions annuelles de PM<sub>10</sub>, tous secteurs confondus, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les émissions annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 1.

### 5.3.3 Impact sur les concentrations

La Figure 26 présente les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> du scénario fil de l'eau 2020 et les gains en concentrations de PM<sub>10</sub> apportés par le scénario 1.

Tout comme les cibles du scénario et les gains en émissions, les gains en concentrations sont répartis sur l'ensemble du territoire.

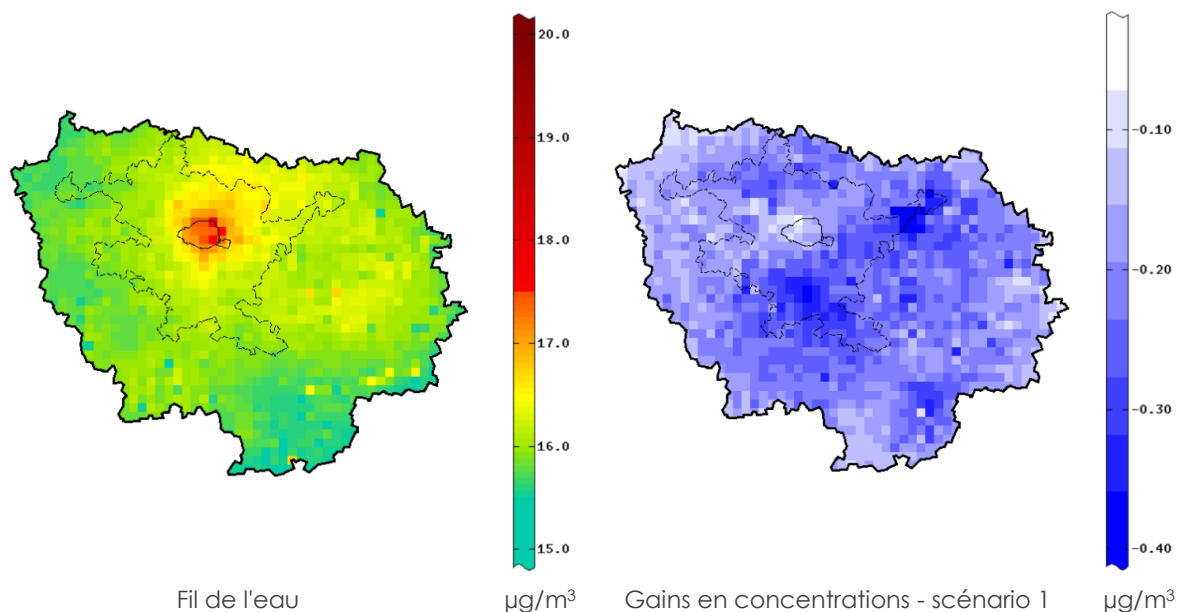


Figure 26 : A gauche : cartographie des concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub>, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 1.

Le Tableau 7 ci-dessous présente les gains moyens, minimum et maximum, selon les différentes zones. Le gain considéré est moyenné sur toutes mailles de la zone concernée ; les gains minimum et maximum sont les maxima enregistrés dans la zone au sein d'une maille de 3 km. Le gain moyen estimé engendré par ce scénario est de 0.2 µg/m<sup>3</sup> sur les concentrations de fond à l'échelle régionale. Il est plus faible dans Paris où le chauffage au bois à usage principal est très réglementé et atteint au maximum 0.4 µg/m<sup>3</sup> en dehors de la capitale.

Zone	Gain moyen (µg/m <sup>3</sup> )	Gain minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Gain maximal (µg/m <sup>3</sup> )
Paris	0.1	0	0.2
Agglomération parisienne (hors Paris)	0.2	0	0.4
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	0.2	< 0.1	0.4
Ile-de-France totale	0.2	0	0.4

Tableau 7 : Gains en concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> associés au scénario 1, selon les différentes zones d'intérêt

Ces gains sont peu élevés au regard des écart-type d'erreur ; ils sont donc à considérer avec précaution. Néanmoins, il est important de noter que les effets des particules sur la santé étant sans seuil, tout gain de concentration est bénéfique.

De plus, les gains sont répartis sur l'ensemble du territoire.

## 5.4 Scénario 2 : « arrêt de l'usage des foyers ouverts »

L'objectif de ce scénario est d'évaluer l'impact de l'arrêt complet de l'utilisation de cheminées ou « foyers ouverts » sur les émissions atmosphériques.

**Un après-midi de chauffage au bois d'agrément en foyer ouvert équivaut en émissions de PM<sub>10</sub> à 3 trajets Paris-Marseille avec un véhicule particulier diesel Crit'air 5.**

### 5.4.1 Cible et hypothèses du scénario 2

Selon le parc logements consolidé par AIRPARIF, cela concerne environ 160 000 équipements en Ile-de-France et 2 260 tonnes de particules PM<sub>10</sub> primaires. **L'utilisation de cheminées ou « foyers ouverts » est responsable de la moitié des émissions régionales de particules liées au chauffage au bois.**

Il a été considéré que les foyers ouverts utilisés en chauffage principal ou en appoint sont remplacés par des appareils de type foyers fermés performants ; l'usage en agrément est lui totalement arrêté dans ce calcul.

### 5.4.2 Impact sur les émissions

Le Tableau 8 présente les émissions de particules associées au scénario 2, sur différentes zones de l'Ile-de-France, ainsi que les gains en émissions apportés par sa mise en œuvre.

Scénario 2	PM <sub>10</sub> (t/an)		PM <sub>2.5</sub> (t/an)		PM <sub>1</sub> (t/an)		Diff/Ref (%)
	Référence	Sc 2	Référence	Sc 2	Référence	Sc 2	
Paris	300	90	290	90	290	90	-69%
Agglomération parisienne (hors Paris)	2 710	1 500	2 640	1 450	2 590	1 420	-45%
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	1 510	920	1 480	900	1 460	890	-39%
<b>Total IDF</b>	<b>4 520</b>	<b>2 520</b>	<b>4 410</b>	<b>2 440</b>	<b>4 340</b>	<b>2 400</b>	<b>-44%</b>

Tableau 8 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France – Scénario 2

**L'arrêt de l'usage des foyers ouverts permettrait d'économiser 2 000 tonnes d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> primaires à l'échelle francilienne, soit une diminution de 44 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une diminution de 13 % des émissions régionales tous secteurs confondus.**

L'impact de ce scénario est plus important au sein de la capitale, car selon l'enquête BVA-ADEME, les foyers ouverts sont plus répandus à Paris où ils sont utilisés en appoint et agrément.

En comparant par type d'usage (Tableau 9), il apparaît que le gain le plus important est apporté par l'arrêt des foyers ouverts à usage d'agrément : les émissions du chauffage au bois d'agrément seraient diminuées de près de 80 % par la mise en œuvre de cette restriction et de 26 % pour les foyers ouverts à usage principal.

Scénario 2	PM <sub>10</sub> (t/an)		PM <sub>2.5</sub> (t/an)		PM <sub>1</sub> (t/an)		Diff/Ref (%)
	Référence	Scénario 2	Référence	Scénario 2	Référence	Scénario 2	
Principal	1 470	1 080	1 420	1 040	1 380	1 010	-26%
Appoint	1 880	1 180	1 840	1 150	1 820	1 140	-37%
Agrément	1 170	250	1 150	250	1 130	250	-78%
<b>Tous usages</b>	<b>4 520</b>	<b>2 520</b>	<b>4 410</b>	<b>2 440</b>	<b>4 340</b>	<b>2 400</b>	<b>-44%</b>

Tableau 9 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France selon les usages – Scénario 2

La Figure 27 présente les émissions annuelles, tous secteurs confondus, et les gains en émissions induits par le scénario 2.

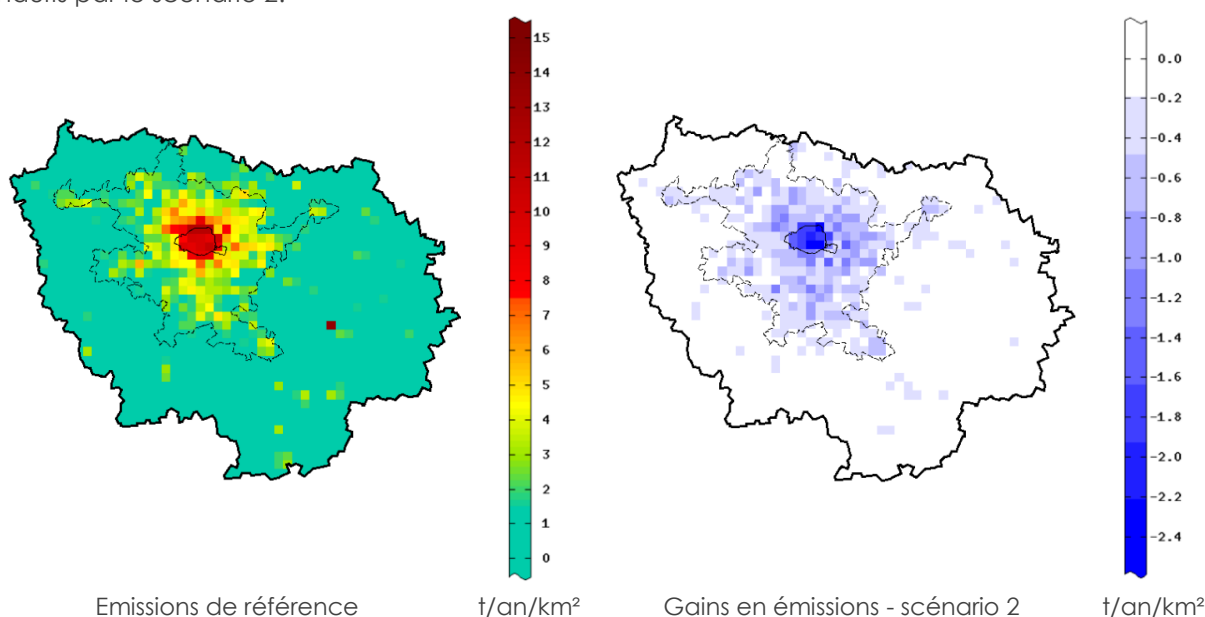


Figure 27 : A gauche : cartographie des émissions annuelles de PM<sub>10</sub>, tous secteurs confondus, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les émissions annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 2.



Les gains en émissions sont principalement observés dans l'agglomération parisienne, et notamment au sein de la capitale où le gain moyen atteint 1.7 t/km<sup>2</sup>/an. Le gain maximum, de 2.4 t/km<sup>2</sup>/an, est observé dans Paris et légèrement au-delà, compte-tenu de la densité de logements concernés. En dehors de l'agglomération parisienne, les gains rapportés à la surface sont faibles (gain moyen inférieur à 0.1 t/km<sup>2</sup>/an) ; à l'échelle du territoire le gain moyen est de 0.2 t/km<sup>2</sup>/an (Tableau 10).

Zone	Gain moyen (t/km <sup>2</sup> /an)	Gain minimum (t/km <sup>2</sup> /an)	Gain maximal (t/km <sup>2</sup> /an)
Paris	1.7	0.4	2.4
Agglomération parisienne (hors Paris)	0.4	0	2.4
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	< 0.1	0	0.8
Ile-de-France totale	0.2	0	2.4

Tableau 10 : Gains d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> associés au scénario 2, selon les différentes zones d'intérêt

Parmi les trois zones considérées, l'agglomération parisienne hors paris est la zone la plus émettrice de particules PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois en Ile-de-France : plus de 2500 tonnes y sont émises annuellement contre environ 1500 tonnes dans le reste de l'Ile-de-France. Paris intramuros est une zone peu émettrice relativement aux deux autres zones, mais présente la densité d'émissions de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois la plus élevée de la région. Ceci explique la répartition géographique des gains en émissions engendrés par ce scénario.

### 5.4.3 Impact sur les concentrations

La Figure 28 présente les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> du scénario fil de l'eau 2020 et les gains en concentrations de PM<sub>10</sub> apportés par le scénario 2.

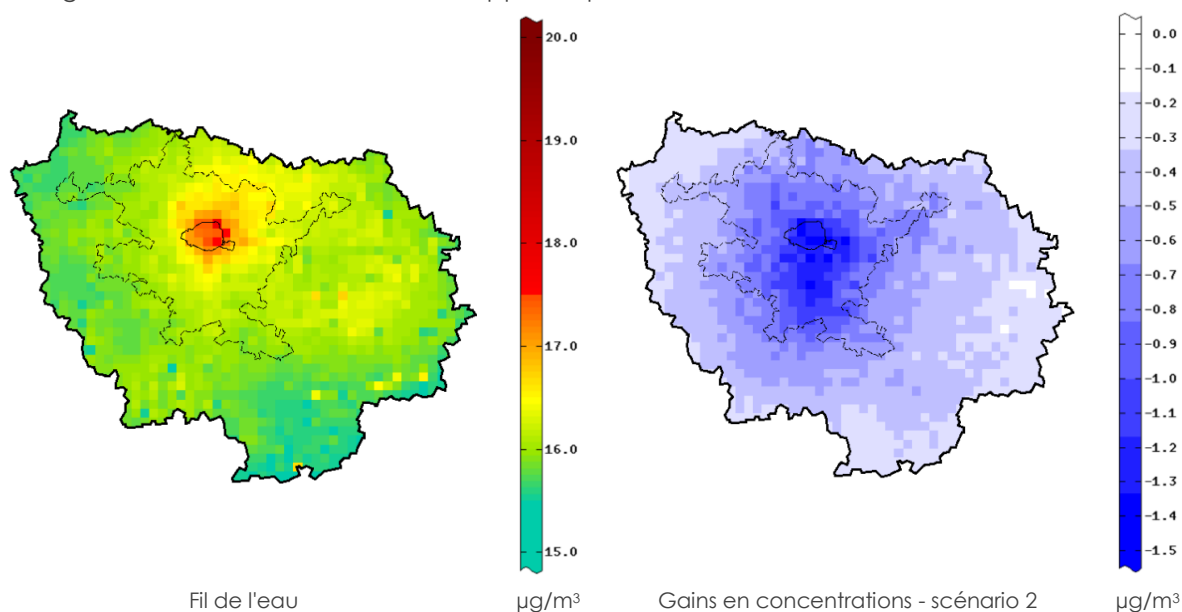


Figure 28 ; A gauche : cartographie des concentrations annuelles de PM<sub>10</sub>, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 2.

La cartographie des gains met en évidence un gradient de gains, élevés en zone urbaine dense et diminuant vers les zones périphériques de la région. Les gains les plus importants sont observés au sein de l'agglomération parisienne, notamment dans sa partie sud.

La mise en œuvre de ce scénario engendrerait un gain moyen de 0.5 µg/m<sup>3</sup> sur les niveaux de fond à l'échelle régionale. Le gain moyen est plus élevé dans Paris où il atteint 1.3 µg/m<sup>3</sup>, compte-tenu de la densité de logements concernés. Le gain maximal (1.5 µg/m<sup>3</sup>) est observé dans l'agglomération parisienne hors paris, zone qui présente un gain moyen de 0.8 µg/m<sup>3</sup> (Tableau 11).

Zone	Gain moyen (µg/m <sup>3</sup> )	Gain minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Gain maximal (µg/m <sup>3</sup> )
Paris	1.3	0.9	1.4
Agglomération parisienne (hors Paris)	0.8	0.3	1.5
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	0.4	< 0.1	1.1
Ile-de-France totale	0.5	< 0.1	1.5

Tableau 11 : Gains en concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> associés au scénario 2, selon les différentes zones d'intérêt

## 5.5 Scénario 3 : « arrêt de l'usage du chauffage au bois d'agrément »

### 5.5.1 Cible et hypothèses du scénario 3

Selon le parc logements consolidé par AIRPARIF, l'usage du bois représenterait environ 173 000 équipements en Ile-de-France et 42 % des émissions de particules PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois.

L'usage du bois en agrément est par définition un usage récréatif du chauffage au bois. Pour ce scénario « arrêt de l'usage du chauffage au bois d'agrément », l'arrêt de cette pratique ne s'accompagne d'aucun renouvellement d'équipement.

### 5.5.2 Impact sur les émissions

Le Tableau 12 ci-dessous montre l'impact par zone sur les émissions résidentielles liées au chauffage au bois de l'arrêt de l'usage d'agrément.

Scénario 3	PM <sub>10</sub> (t/an)		PM <sub>2.5</sub> (t/an)		PM <sub>1</sub> (t/an)		Diff/Ref (%)
	Référence	Sc 3	Référence	Sc3	Référence	Sc3	
Paris	300	140	290	140	290	140	-52%
Agglomération parisienne (hors Paris)	2 710	1 990	2 640	1 930	2 590	1 890	-27%
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	1 510	1 220	1 480	1 190	1 460	1 170	-19%
<b>Total IDF</b>	<b>4 520</b>	<b>3 350</b>	<b>4 410</b>	<b>3 260</b>	<b>4 340</b>	<b>3 210</b>	<b>-26%</b>

Tableau 12 : Émissions de particules du chauffage au bois résidentiel en Ile-de-France – Scénario 3

L'arrêt de l'usage du chauffage au bois d'agrément permettrait d'économiser 1170 tonnes d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> à l'échelle francilienne, soit une diminution de 26 % des émissions du chauffage au bois résidentiel et une diminution de 7 % des émissions régionales tous secteurs confondus.

L'impact de ce scénario est plus important au sein de la capitale (-52 %), zone dans laquelle le chauffage au bois est principalement utilisé en agrément.

La Figure 29 présente les émissions annuelles, tous secteurs confondus, et les gains en émissions induits par le scénario 3.

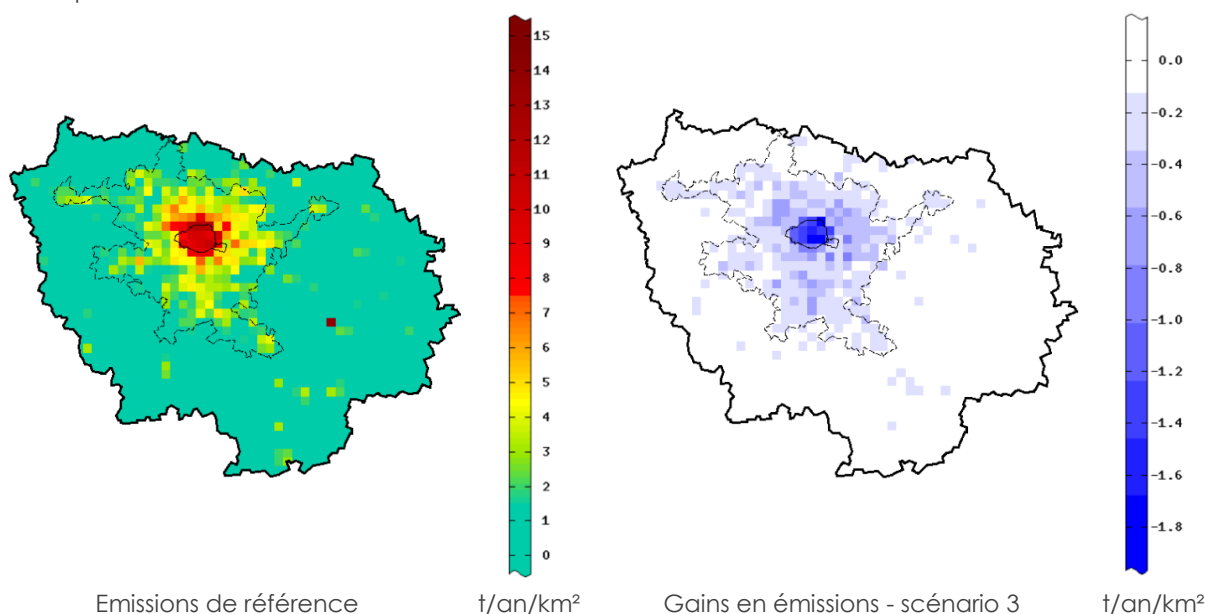


Figure 29 : A gauche : cartographie des émissions annuelles de PM<sub>10</sub>, tous secteurs confondus, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les émissions annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 3.

Les gains en émissions sont principalement observés au sein de la capitale où le gain moyen atteint 1.3 t/km<sup>2</sup>/an (Tableau 13). Le gain maximum, de 1.8 t/km<sup>2</sup>/an, est observé dans Paris et légèrement au-delà. A Paris, le chauffage d'agrément représente environ la moitié des émissions de PM<sub>10</sub> primaires liées au chauffage au bois, d'où l'impact important de ce scénario dans la capitale.

Zone	Gain moyen (t/km <sup>2</sup> /an)	Gain minimum (t/km <sup>2</sup> /an)	Gain maximal (t/km <sup>2</sup> /an)
Paris	1.3	0.2	1.8
Agglomération parisienne (hors Paris)	0.3	0	1.8
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	< 0.1	0	0.5
Ile-de-France totale	0.1	0	1.8

Tableau 13 : Gains d'émissions annuelles de PM<sub>10</sub> associés au scénario 3, selon les différentes zones d'intérêt

Dans l'agglomération parisienne hors paris, le gain moyen est de seulement 0.3 t/km<sup>2</sup>/an et en dehors de cette zone, il est inférieur à 0.1 t/km<sup>2</sup>/an.

### 5.5.3 Impact sur les concentrations

La Figure 30 présente les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> du scénario fil de l'eau 2020 et les gains en concentrations de PM<sub>10</sub> apportés par le scénario 2.

La cartographie des gains met en évidence un gradient de gains, élevés en zone urbaine dense et diminuant vers les zones périphériques de la région. Les gains les plus importants sont observés au sein de l'agglomération parisienne, notamment dans sa partie sud.

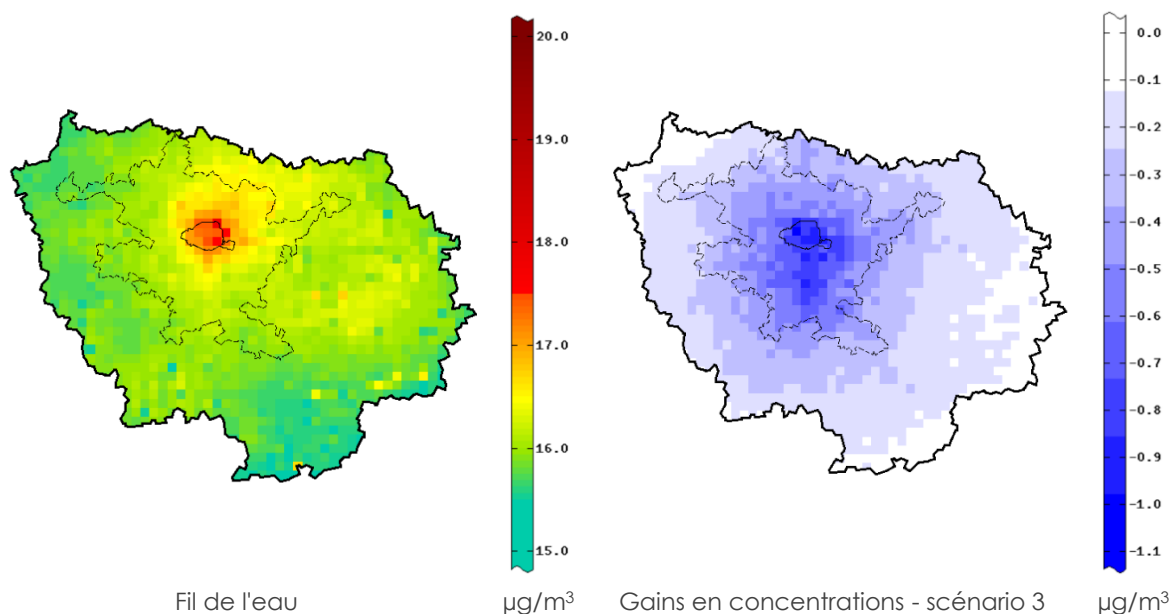


Figure 30 : A gauche : cartographie des concentrations annuelles de PM<sub>10</sub>, pour la situation de référence (fil de l'eau 2020) ; à droite : cartographie des différences entre les concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> de référence et celles associées au scénario 3.

La mise en œuvre de ce scénario engendrerait un gain moyen de 0.3 µg/m<sup>3</sup> sur les niveaux de fond à l'échelle régionale. Le gain moyen est plus élevé dans Paris où il atteint 0.8 µg/m<sup>3</sup>. Le gain maximal (1 µg/m<sup>3</sup>) est observé dans l'agglomération parisienne hors Paris, zone qui présente un gain moyen de 0.8 µg/m<sup>3</sup>. Le gain moyen le moins important (0.2 µg/m<sup>3</sup>) est estimé dans la zone régionale hors agglomération parisienne, zone dans laquelle le chauffage au bois d'agrément représente une part plutôt faible (< 1/4) dans les émissions de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois (Tableau 14).

Zone	Gain moyen (µg/m <sup>3</sup> )	Gain minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Gain maximal (µg/m <sup>3</sup> )
Paris	0.8	0.6	1
Agglomération parisienne (hors Paris)	0.5	0.1	0.9
Zone régionale (hors agglomération parisienne)	0.2	< 0.1	0.6
Ile-de-France totale	0.3	< 0.1	1

Tableau 14 : Gains en concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> associés au scénario 3, selon les différentes zones d'intérêt