

Qualité de l'air : quelle contribution du chauffage au bois aux émissions de PM_{2,5} ?

Depuis 1990, les émissions françaises de particules PM_{2,5} ont été réduites de plus de 60% [1] notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire. Ainsi, la France n'est plus rappelée à l'ordre concernant les manquements au respect des seuils européens relatifs aux PM_{2,5} depuis plusieurs années. D'après le bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2021, aucune agglomération n'est concernée par des dépassements de seuils réglementaires fixés [2].

Or, depuis plusieurs années, de nombreuses publications attribuent au chauffage au bois, en général, et au chauffage au bois domestique, en particulier, une part très importante des émissions de PM_{2,5} (43%, en 2021, puis 64% à la suite de la révision des facteurs d'émission proposée par l'étude INERIS-CITEPA [3]). Cette affirmation sur les émissions estimées des appareils et non sur les particules réellement mesurées dans l'air, impacte l'image de la filière du chauffage au bois alors qu'elle est engagée dans une démarche d'amélioration continue de ses performances énergétiques et environnementales [4]. Les émissions du parc d'appareils de chauffage au bois domestiques ont en effet baissé de 62% entre 2000 et 2021.

Afin d'établir un état représentatif de la qualité de l'air respiré par nos concitoyens, le présent avis propose d'analyser les données de concentrations de particules PM_{2,5} relevées en temps réel par les stations de mesures françaises afin de définir la part attribuable aux activités spécifiques hivernales dont le chauffage au bois domestique.

RÉSUMÉ

Cette étude, portant sur les relevés réels de concentrations, révèle que les activités hivernales représentent en moyenne 22,4% des concentrations annuelles de particules fines PM_{2,5}. En conséquence, la part du chauffage au bois domestique dans les concentrations nationales de particules PM_{2,5} est inférieure à la moyenne des activités hivernales et très largement inférieure aux estimations d'émissions de 64%, chiffre issu des rapports annuels SECTEN du CITEPA.

Ces estimations d'émissions de chaque secteur d'activité, dont le taux d'incertitude est très important, conduisent à une appréciation erronée de la contribution du chauffage au bois aux concentrations réelles de PM_{2,5}. Cette appréciation sur les seules estimations influence les politiques publiques en matière de soutien à la filière et de santé publique.

Le chauffage au bois domestique n'est pas le seul émetteur de particules PM_{2,5} pendant la période de chauffe. Sa part dans les concentrations annuelles de particules fines est donc forcément inférieure à 22,4%.

En conclusion de ces travaux, des recommandations sont proposées pour :

- réviser les méthodes de mesure permettant de refléter de façon plus réaliste la qualité de l'air respiré par nos concitoyens,
- communiquer sur l'amélioration des performances du chauffage au bois,
- poursuivre les travaux et actions visant à améliorer les performances énergétiques et environnementales du chauffage au bois domestique.
- Encourager l'acquisition d'appareils de chauffage au bois performants

À ce titre, le Plan d'actions chauffage domestique au bois lancé en 2021 [5] et piloté par la DGEC, comporte déjà une feuille de route en six axes dont l'opérateur principal est l'ADEME. Ces mesures s'inscrivent dans la poursuite des actions des professionnels pour réduire la part contributive du chauffage au bois domestique dans les émissions de particules et plus particulièrement de PM_{2,5}.

EMISSIONS ET CONCENTRATIONS DE PARTICULES

PRÉAMBULE – NE PAS CONFONDRE LES EMISSIONS ET LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS

Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines (origine anthropique) et les émissions d'origine naturelle. Elles sont calculées par le CITEPA à partir des facteurs d'émissions mesurés en laboratoire dans des conditions voulues « réalistes » et des estimations de taux d'utilisation des équipements concernés.

Les concentrations de polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire (mesures des stations), et qui s'expriment le plus souvent en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentration dépend donc de la quantité de polluants émise, mais ces polluants émis vont évoluer de manière variable selon leur origine, leur lieu d'émission (réactions, dispersion, dépôts...) et donc impacter de manière variable la qualité de l'air.



Figure 1 – Illustration des sources de particules dans l'air

L'objet de cette étude est donc de quantifier la part des concentrations de particules $\text{PM}_{2,5}$ liée aux activités hivernales (dont le chauffage au bois domestique fait partie). Cette proportion de concentrations (réellement respirées dans l'air) représente une part inférieure aux estimations d'émissions établies par les organismes mandatés et reprises par les communications officielles.

Pour réaliser cette étude, les données de concentration de particules $\text{PM}_{2,5}$ journalières sur 2 ans, issues de 89 stations d'analyse de qualité de l'air (soit près de 65 000 données) situées en France métropolitaine, ont été analysées. Ces données ont été collectées sur le site Geodair.fr.

Geod'air (GEstion des données d'Observation de la qualité de l'AIR) est la base de données de référence sur la qualité de l'air en France. Cette application est gérée et mise en œuvre par l'INERIS au titre du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA), selon les dispositions de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant. Elle prend en compte les concentrations de particules réellement respirées dans l'air par la population. Elle comptabilise toutes les particules qu'elles soient volatiles ou condensables.

Focus : L'origine des particules atmosphériques

L'activité humaine et animale est à l'origine de l'essentiel des particules qui se diffusent dans l'air. Elles sont issues d'activités mécaniques (effritement de matière, broyage, concassage, transport de matériaux pulvérulents, érosion des sols, etc.) ou d'origine chimique ou thermique (combustion, évaporation, passage à l'état gazeux...) ou encore d'origine biologique (pollens, champignons, bactéries).

Leurs tailles varient de quelques nanomètres à quelques dixièmes de microns.

Elles peuvent être primaires (issues directement de l'activité) ou secondaires (produites par réactions chimiques ou agglomération de particules plus fines). Par exemple, des particules sont remises en suspension lors d'épisodes venteux. Ainsi, la contribution des secteurs d'activités aux émissions primaires ne reflète pas celle qui sera présente dans l'air ambiant (30 à 40 % des particules peuvent être secondaires) [6].

LES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT DU CHAUFFAGE AU BOIS DOMESTIQUE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Lors de sa combustion, le bois libère du carbone (CO_2), de l'eau (H_2O) ainsi que des imbrûlés carbonés qui constituent des poussières que l'on nomme particules (PM).

Pour réduire les émissions de particules, il existe plusieurs leviers intégrés dans le Plan d'actions pour la réduction des émissions issues du chauffage au bois [5] et dans les préconisations de l'ADEME [7]. Il s'agit de :

- Disposer d'un appareil moderne qui possède une chambre de combustion plus isolée, plus étanche, avec plusieurs arrivées d'air et des déflecteurs par exemple ;
- Recourir à du combustible fendu, écorcé et sec (dont l'humidité est inférieure à 23%)¹ ;
- Dimensionner l'appareil et le conduit de fumée pour avoir une puissance qui correspond au besoin thermique du logement (le surdimensionnement peut être une source de moindre performance) ;
- Faire entretenir régulièrement son installation (appareil et conduit) ;
- Recourir à l'allumage par le haut et privilégier l'utilisation à puissance nominale.

Plusieurs études ont démontré que ces leviers sont efficaces pour réduire substantiellement les émissions. On notera notamment l'étude Qualicomb [8] [9] qui démontre que le couple appareil performant / combustible de qualité permet de doubler le rendement énergétique et diviser les émissions par 20 par rapport à un ancien appareil utilisé avec un combustible de moins bonne qualité.

De plus, les émissions de particules ont également été étudiées au regard de la génération des appareils [10]. Il ressort de l'étude suivante que les évolutions technologiques ont permis de diviser par plus de 10 la quantité de particules fines et ultrafines émises, entre un appareil de génération 2000 et 2012. Depuis lors, les performances se sont encore améliorées grâce aux travaux de R&D des fabricants.

¹ La certification NF biocombustibles solides est la garantie idoine pour obtenir ces performances.

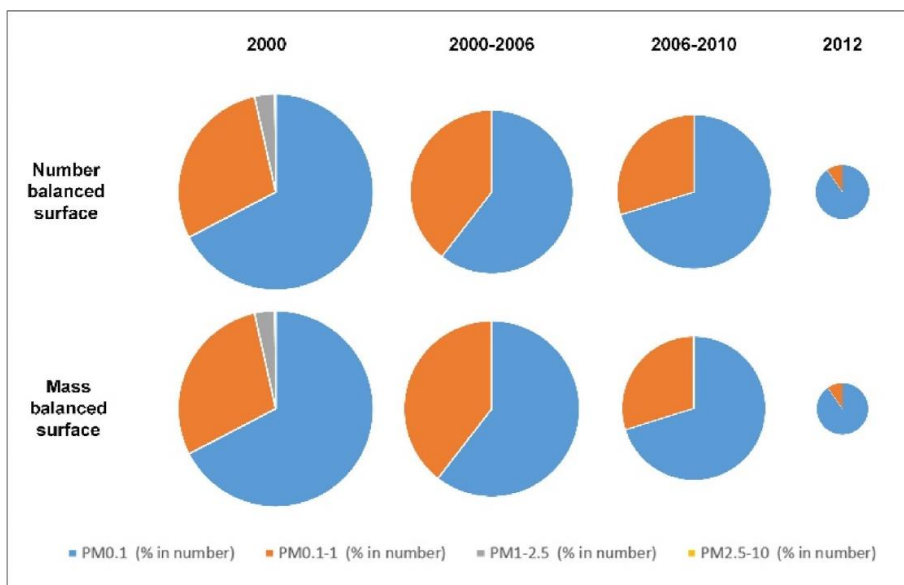


Figure 2 - Évolution de la masse de PM et de leur distribution granulométrique selon la génération du poêle

Les industriels du secteur bois énergie sont engagés dans cette démarche d'amélioration continue des produits. Ainsi, les appareils de chauffage et conduits ont permis d'accroître les rendements de plus de 50% en 20 ans (double combustion, arrivée d'air canalisée, déflecteurs, puissances optimisées, conduits isolés et concentriques, régulation...). L'innovation est notamment encouragée par le Label Flamme Verte (7 étoiles)², porté par l'ADEME et le Syndicat des Énergies Renouvelables.

En parallèle, depuis 2006, les installateurs sont soumis à une formation qualifiante RGE³ permettant aux consommateurs de bénéficier d'une pose et d'un entretien de qualité, de conseils ainsi que d'aides financières.

Une quantité croissante de combustibles de qualité est certifiée NF Biocombustibles ou bénéficie de labels tels que France Bois Bûche, ONF bois de chauffage, etc.

Ces progrès ont permis de réduire la consommation unitaire par appareil. Elle est passée de 8 stères de bois bûches en 2013 à moins de 6 stères en 2023.

En poursuivant cette démarche d'amélioration continue et de remplacement des anciens appareils, il sera possible de diviser par 3 les émissions du parc à horizon 2030, tout en équipant davantage de ménages⁴.

² Le Label Flamme Verte a été créé en 2000 par les fabricants d'appareils domestiques avec le concours de l'Agence de la transition écologique (ADEME). Il a pour vocation de promouvoir l'utilisation du bois par des appareils de chauffage performants dont la conception répond à une charte de qualité exigeante en termes de rendement énergétique et d'émissions polluantes, sur laquelle s'engagent les fabricants, signataires de la charte Flamme Verte. Pour en savoir plus : site www.flammeverte.org

³ Dès 2006, la profession met en place une formation Qualibois pour développer la qualité d'installation des appareils de chauffage au bois. En 2011, cette formation intègre le label « Reconnu Garant de l'Environnement » (RGE) qui permet aux particuliers d'identifier rapidement les signes de qualité reconnus par l'Etat pour s'engager sereinement dans des travaux de rénovation ou d'efficacité énergétique au sein de leur logement. Depuis 2014, le principe de l'éco-conditionnalité a été mis en place : le versement des aides des pouvoirs publics et des déductions fiscales sont accordées aux particuliers qui font appel aux entreprises RGE pour améliorer l'efficacité énergétique de leur logement.

⁴ Il serait possible de passer de 7,5 millions de foyers équipés d'un appareil indépendant de chauffage au bois, à plus de 10 millions en 2035, tout en consommant moins de bois.

Focus : la réglementation relative aux émissions de particules PM_{2,5} applicable au chauffage au bois domestique

Le cadre de référence français pour les émissions de particules se compose de normes internationales (Protocole de Göteborg de 2012, amendé), européennes (Directive 2016/2284 réduction des émissions nationales de certains polluants de 2016) et françaises [Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques de 2017 (PREPA), Plans de protection de l'atmosphère (PPA) qui déclinent le PREPA au niveau local et plans climat, air, énergie territoriaux (PCAET)]. Un objectif de diminution d'émissions de PM_{2,5} de 50% pour le chauffage au bois domestique entre 2020 et 2030 dans les territoires couverts par un PPA a été fixé par l'article 186 de la loi Climat et Résilience.

En complément, la France a lancé un plan d'actions chauffage domestique au bois en 2021. Celui-ci vise à atteindre entre 2020 et 2030, d'une part, une baisse de plus de 30% des émissions annuelles de PM_{2,5} issues du chauffage au bois à l'échelle nationale, en favorisant l'utilisation d'équipements performants et de combustibles de qualité.

La feuille de route de ce plan se décompose en six axes :

- I. Sensibiliser le grand public à l'impact sur la qualité de l'air du chauffage au bois avec des appareils peu performants
 - 1-A organiser une campagne de communication hivernale annuelle nationale pour inciter les usagers à utiliser des appareils performants et à adopter des pratiques d'utilisation moins émettrices ;
 - 1-B lors des ramonages annuels obligatoires, intégrer une obligation de transmission d'information sur les bons usages de l'appareil de chauffage au bois individuel, ainsi que sur les aides au remplacement ;
 - 1-C inclure des informations et recommandations sur les équipements de chauffage au bois dans le diagnostic de performance énergétique (DPE) d'un logement.
- II. Renforcer et simplifier les dispositifs d'accompagnement pour accélérer le renouvellement des appareils de chauffage au bois
 - 2-A abonder les fonds d'air bois existants pour les maintenir au moins jusqu'en 2026 en accord avec les collectivités volontaires ;
 - 2-B permettre de bénéficier des aides du fonds air bois, des certificats d'économies d'énergie et du dispositif MaPrimeRenov' dès la facturation du nouvel équipement ;
 - 2-C créer une plateforme de référence permettant un accès centralisé aux informations utiles pour remplacer un appareil domestique de chauffage au bois.
- III. Améliorer la performance des nouveaux équipements de chauffage au bois
 - 3-A faire évoluer le label Flamme verte avec les progrès technologiques et inciter à la mise en place d'une certification des appareils ;
 - 3-B poursuivre le travail sur la performance des nouveaux équipements.
- IV. Promouvoir l'utilisation d'un combustible de qualité
 - 4-A généraliser l'offre de bois de bonne qualité et aboutir à un label commun ;
 - 4-B réglementer la qualité du bois de chauffage mis sur le marché.
- V. Encadrer le chauffage au bois dans chaque zone PPA, en prenant des mesures adaptées aux territoires pour réduire les émissions de particules fines
- VI. Améliorer les connaissances sur l'impact sanitaire des particules issues de la combustion du bois

LA MÉTHODE DE CALCUL

Partant du postulat que :

- le chauffage au bois domestique contribue aux émissions de $PM_{2,5}$ du secteur résidentiel,
- la période de chauffe des logements s'étend de mi-octobre à mi-avril,

les données hors période de chauffe (de mi-avril à mi-octobre) ont été étudiées pour établir le niveau d'émission de particules $PM_{2,5}$ moyen, pendant cette période. Le niveau moyen constaté servira de base d'émission annuelle de particules de $PM_{2,5}$ hors période de chauffe.

Il est défini que le surcroît d'émissions de particules durant la période de chauffe peut être attribué à des activités hivernales spécifiques qui comprennent :

- l'usage de chauffage au gaz, au fioul et au bois,
- la combustion de végétaux à l'air libre (affouages, tailles...)
- l'augmentation de la production d'électricité d'origine fossile et l'importation de particules (ex. centrales à charbon d'Allemagne).
- la hausse de la contribution de l'activité routière : l'activité routière est plus émettrice en hiver. En effet, l'usure des pneus génère 6 millions de tonnes de particules plus ou moins fines, dont 55% circulent dans l'environnement [11]. Les pneus hiver sont plus émetteurs de particules [12]. À cela s'ajoute une hausse de consommation de carburant par temps froid allant de 10 à 20% [13].

Il est reconnu que la part allouée au chauffage au bois au sein des émissions de $PM_{2,5}$ des activités hivernales, est significative. Pour autant, il n'est pas le seul contributeur.

Les exports des données de concentrations de $PM_{2,5}$ des 89 stations de qualité de l'air sont récupérés en format csv sur le [site Geod'air](#), selon les critères suivants :

- Polluant mesuré : $PM_{2,5}$
- Type de données : moyenne journalière
- Période (sauf exception⁵) : du 1^{er} janvier 2021 00h00 au 31 décembre 2022 23h00
- Typologie du site : tous
- Influence : toutes

⁵ Sauf exception, les années retenues sont 2021 et 2022. Pour certaines villes les données ne sont disponibles que sur une année (ex. Bourg-en-Bresse et Lourdes) ou deux années différentes (ex. Lille : 2019 et 2021).

À partir de ces données (ci-dessous, la station Rouen Proxi Quai de Paris), il est défini une moyenne annuelle des concentrations (TC) et une moyenne des concentrations de fond (CS) correspondant aux activités hors période de chauffe (mi-avril à mi-octobre).

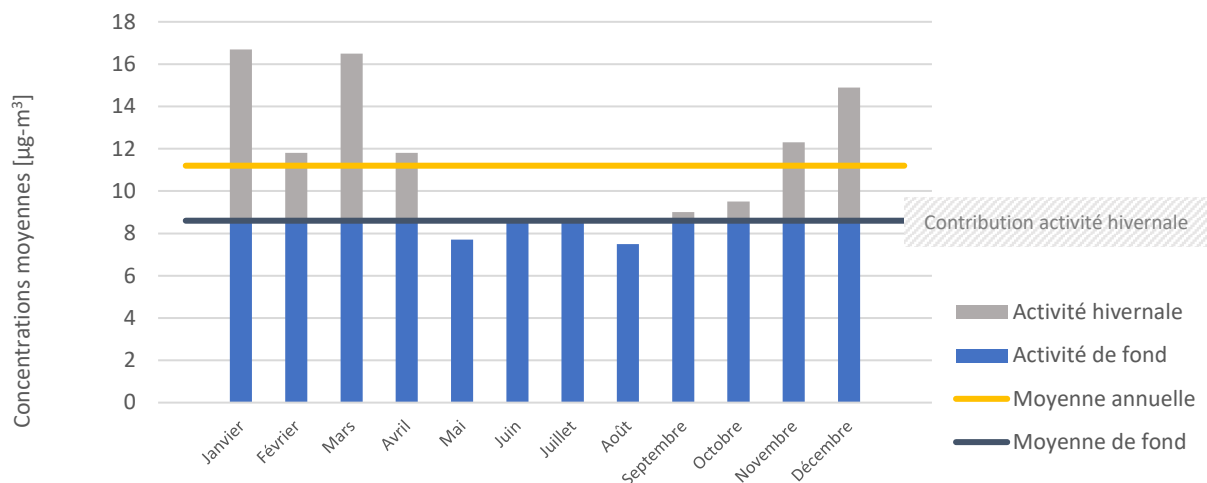


Figure 3 Concentrations moyennes mensuelles pour la station FR25053 - Rouen Proxi Quai de Paris

Il est alors possible de quantifier l'impact des activités hivernales en soustrayant de la moyenne annuelle, la moyenne de concentrations de fond. Pour plus de détails, la méthode de calcul est présentée étape par étape en annexe 1.

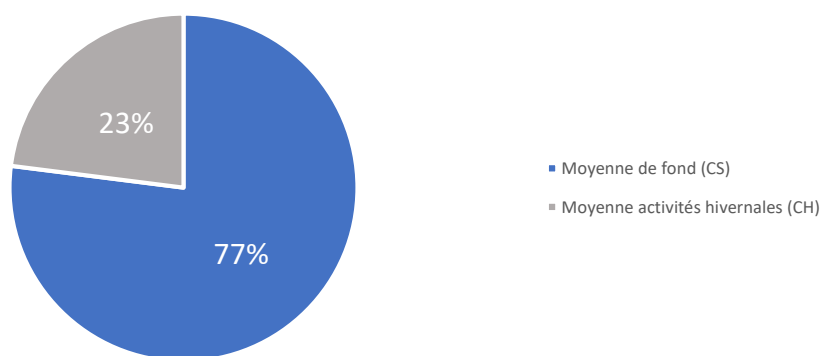


Figure 4 Répartition des concentrations moyennes: Exemple pour la station FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris

LES RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Les résultats de répartition des concentrations moyennes (activité hivernale / moyenne annuelle) sont présentés pour chaque station selon une échelle de couleur. Les données complètes sont détaillées en annexe 2.

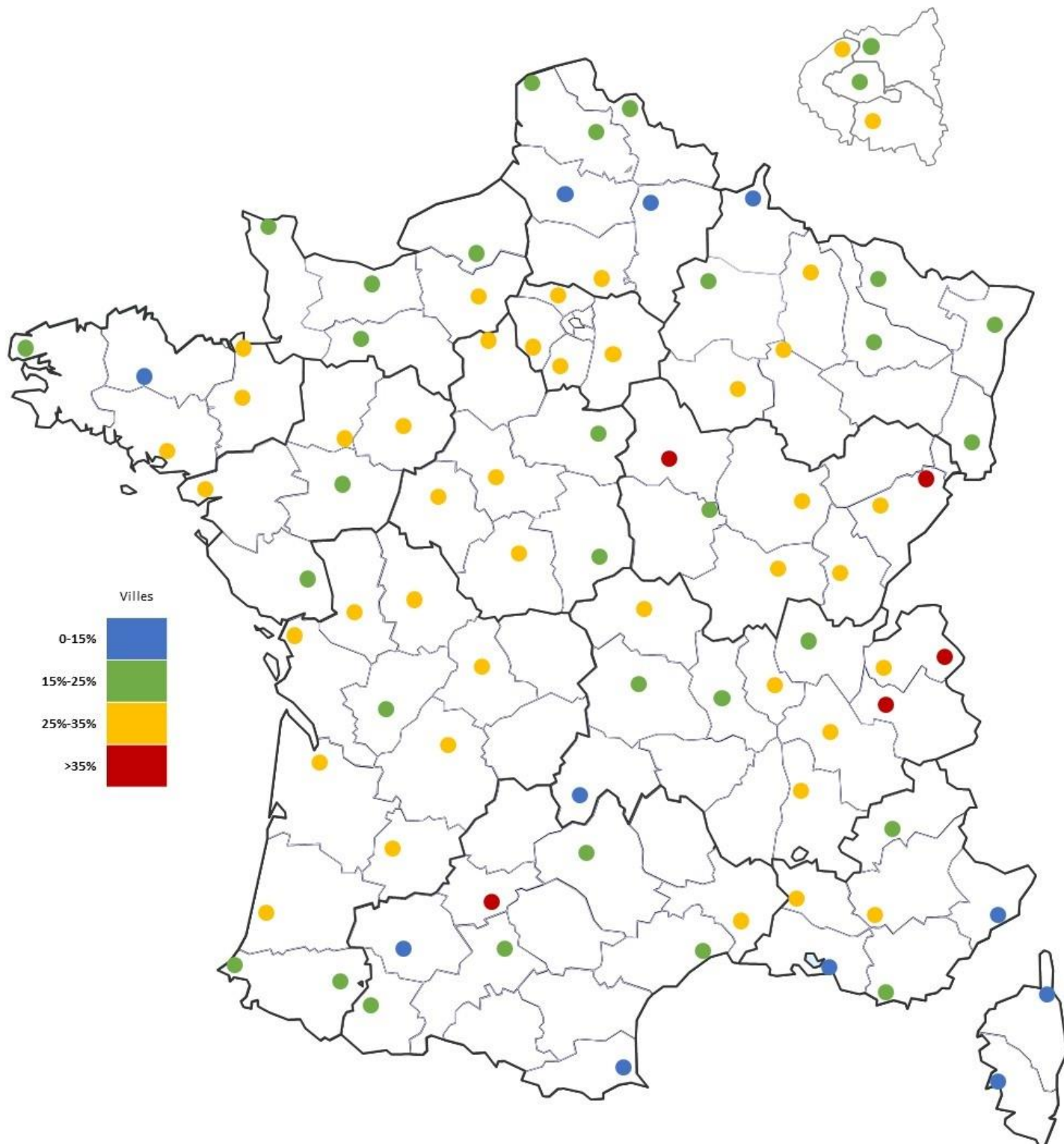


Figure 5 Représentation de la proportion (en %) de concentrations annuelles de particules PM_{2,5} liée aux activités spécifiques hivernales dans 89 villes

LES CONSTATS

Constat 1 : La part du chauffage au bois domestique dans les concentrations nationales de particules PM_{2,5} est inférieure à 22,4%. Elle est largement inférieure aux estimations d'émissions de 64%, chiffre régulièrement communiqué.

L'analyse de qualité de l'air des 89 stations permet de démontrer que les activités hivernales spécifiques représentent en moyenne 22,4% des concentrations de particules PM_{2,5} respirées. Compte tenu des autres activités émettrices de particules fines, on peut raisonnablement estimer que la part du chauffage au bois dans les concentrations annuelles de PM_{2,5} est sensiblement inférieure à 22,4%.

Les rapports SECTEN du CITEPA, inventoriant les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France, précisent que la part du secteur résidentiel et tertiaire dans les estimations d'émissions de PM_{2,5} est de 73% en 2021 et se sont réduites à 70% en 2022 [14]. La contribution du chauffage au bois est de 88% du secteur résidentiel et tertiaire en 2021 soit 64% de l'ensemble des estimations nationales.

Ces données sont régulièrement reprises dans les publications (ex. Avis de l'ADEME sur le bois énergie – novembre 2023 [15]) sans préciser qu'il s'agit d'estimations d'émissions et non de concentrations réellement respirées. En plus de cette approximation, il est rappelé que les incertitudes méthodologiques ne sont également pas reprises alors qu'elles sont importantes et identifiées dans les méthodes de calcul du CITEPA qui précise que pour les PM_{2,5}, le taux d'incertitude sur l'année 2021 (en niveau) est de 66% [4].

Constat 2 : Le nombre d'appareils sur un territoire a peu d'impact sur les concentrations

Selon les dernières études de marché d'Observ'er [16] [17], l'AURA, la Nouvelle-Aquitaine et la Bretagne sont les régions dans lesquelles se vendent le plus d'appareils au bois domestique, impliquant une densité d'appareils supérieure aux autres régions. Pour autant, les taux de concentration particules PM_{2,5} constatés ne sont pas les plus importants. Ce constat vaut aussi pour la région Hauts-de-France, densément peuplée et largement équipée d'appareils de chauffages au bois.

L'accroissement du parc d'appareils ne rime donc pas forcément avec accroissement des émissions de particules.

Si les variations de concentrations ne sont pas liées au nombre d'appareils par région, on peut estimer que les recommandations et usages sont les leviers d'une meilleure qualité de l'air. Ainsi, le renouvellement du parc ancien, l'entretien des appareils et l'usage de combustibles de qualité doivent être encouragés et soutenus.

Constat 3 : La qualité de l'air des grandes villes est peu impactée par les activités hivernales (donc par le chauffage au bois)

La part des activités hivernales dans les concentrations de PM_{2,5} respirées dans les 5 premières villes de France (Paris, Marseille, Lyon, Toulouse et Nice [18]) représente, entre 2% et 30,9%, soit une moyenne de 17% environ.

Dans le cas de l'Île-de-France, zone souvent retenue comme référence à l'échelle nationale, la concentration régionale de particules PM_{2,5} attribuable à l'activité hivernale est inférieure à 25%. En zoomant dans les villes densément peuplées, comme Paris ou Saint-Denis, on constate que cette part est encore plus faible (respectivement 21% et 16,8%). L'activité standard liée au trafic, à la production et autres activités humaines, est donc bien plus importante avec des totaux de concentrations également supérieurs. En effet, la concentration moyenne type de particules PM_{2,5} est de 12,3 µg-m³ pour Paris et 15,4 µg-m³ pour Saint-Denis.

Outre le remplacement des équipements anciens, il est donc possible d'accroître le parc d'appareils de chauffage au bois (avec des équipements performants) sans que cela nuise à la qualité de l'air.

Constat 4 : La topographie et les vents influent sur les concentrations

Si les concentrations de particules PM_{2,5} sont maîtrisées au niveau national, des zones présentent des données supérieures à la moyenne nationale sans toutefois dépasser 35% de contribution pour les activités hivernales. Ces résultats s'expliquent notamment en raison de la topographie des lieux.

Par exemple, la vallée de l'Arve (station Passy, en Auvergne-Rhône Alpes) est une zone encaissée, qui ne bénéficie pas des phénomènes venteux pour évacuer les particules. Elle présente une concentration moyenne type de PM_{2,5} de 14,3 µg·m³ sur 2021/2022. Par ailleurs, en hiver, elle est le point d'accès principal aux stations de ski des Alpes, conduisant à une hausse considérable de l'activité routière dont les particules stagnent aux abords des routes.

Des mesures complémentaires doivent être menées dans ces zones sensibles, avec des Plans de protection de l'atmosphère (PPA) suivis, pour mieux définir les phénomènes d'émissions et de concentrations. Par exemple, avec les fonds air bois ou des coups de pouce spécifiques.

On remarquera par ailleurs que les villes proches des côtes ou situées dans des zones ventées présentent une concentration de particules PM_{2,5} dans l'air inférieure à la moyenne nationale.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

LES CONCLUSIONS

Cette étude a démontré que les concentrations de particules PM_{2,5} issues des activités hivernales, dont une part significative concerne le chauffage au bois domestique, sont 3 fois moins importantes que les estimations d'émissions qui sont communiquées au grand public.

Les mesures déjà prises ont permis de réduire fortement les émissions de particules (-62% de PM_{2,5} entre 2000 et 2021), améliorant la qualité de l'air respiré et donc les concentrations mesurées (-48% de PM_{2,5} entre 2000 et 2021) [19]. Cette dynamique doit se poursuivre notamment grâce à une politique publique adaptée et aux efforts permanents déployés par la filière bois énergie.

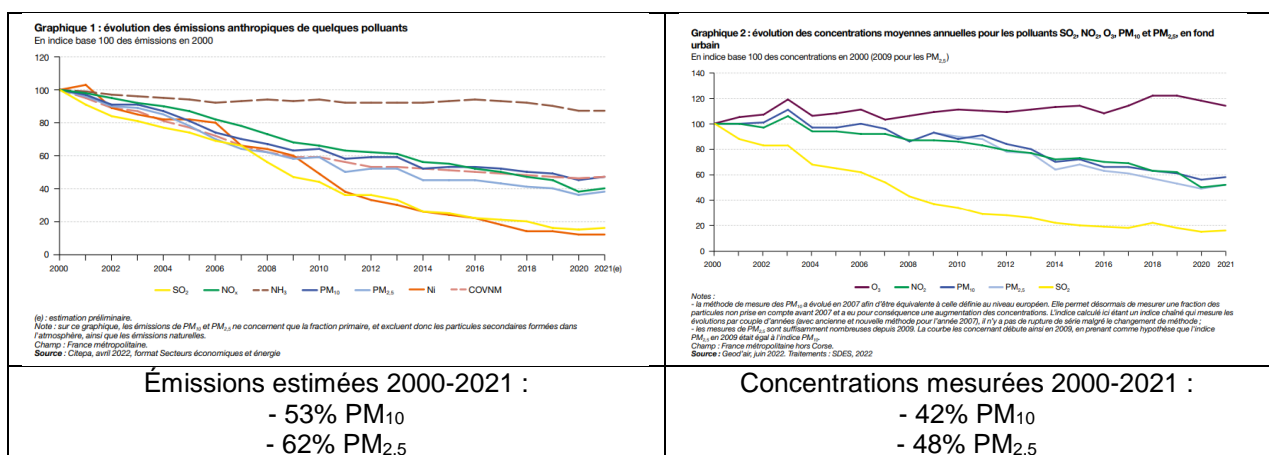


Figure 6 - Evolutions des émissions et des concentrations de polluants - Source : DATALAB Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2021 [19]

LES RECOMMANDATIONS

I_ Communiquer sur les données de concentrations de particules PM_{2,5} réellement respirées par nos concitoyens

En retenant les données de concentrations de particules, il est possible de mieux cibler les causes et d'affiner les stratégies sanitaires pour garantir une bonne qualité de l'air aux Français.

Par ailleurs, il apparaît, pour la bonne compréhension du public, de bien distinguer estimations et concentrations et de communiquer sur ces dernières. Elles reflètent la réalité de la qualité de l'air respiré par les Français.

II_ Approfondir les méthodes de calcul des estimations d'émissions

L'écart entre les estimations d'émissions et les concentrations s'avère très important. Une évolution des hypothèses et des modalités de calcul, avec une pondération prenant en compte les concentrations, pourrait notamment réduire ces écarts.

Ce travail doit notamment être porté au niveau européen dans le cadre d'une révision de la Directive 2016/2284 réduction des émissions nationales de certains polluants de 2016.

III_ Poursuivre le plan d'actions de réduction des émissions issues du chauffage au bois en France

Cette stratégie doit être pilotée par l'ADEME en lien avec les professionnels du secteur. Elle doit permettre la mise en œuvre d'une politique publique qui :

- Renforce les démarches de qualité en matière d'installation et de maintenance des équipements
- Massifie l'offre de combustible de qualité
- Communique auprès du grand public sur les bons usages
- Anticipe les évolutions des seuils à venir (mise en œuvre des recommandations OMS)

IV_ Encourager et soutenir l'installation d'appareils de chauffage au bois performants

Dans le but d'améliorer la qualité de l'air, ce soutien à la conversion vers les meilleures technologies disponibles, via les aides publiques (par exemple MaPrimeRénov'...), doit concerner l'installation en primo-équipement et le remplacement des anciens appareils. Des coups de pouce (CEE ou fonds air bois) pourraient notamment soutenir le remplacement des équipements les moins performants (foyers ouverts, appareils de plus de 20 ans).

REFERENCES

- [1] CITEPA, «Gaz à effet de serre & polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport Secten,» 2023. [En ligne]. Available: www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/2023/Citepa_Secten_ed2023_v1.pdf.
- [2] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, «Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2021 – 2022,» 2023. [En ligne]. Available: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-de-la-qualite-de-lair-exterieur-en-france-en-2022?rubrique=&dossier=204>.
- [3] INERIS, «Réévaluation des facteurs d'émission des particules totales (solide et condensable) du chauffage domestique au bois,» 28 juillet 2022. [En ligne]. Available: www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Inventaire%20d%27%C3%A9mission%20du%20chauffage%20au%20bois%20domestique%20v2.pdf.
- [4] CITEPA, «Gaz à effet de serre & polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport Secten (p.325 à 329),» 2023. [En ligne]. Available: www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/2023/Citepa_Secten_ed2023_v1.pdf.
- [5] M. d. l. t. écologique, «Réduction des émissions issues du chauffage au bois en France,» juillet 2021. [En ligne]. Available: www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan%20d%27action%20chauffage%20au%20bois.pdf.
- [6] AirParif, «Les particules fines,» 2023. [En ligne]. Available: <https://www.airparif.asso.fr/les-particules-fines>.
- [7] ADEME, «Campagne de sensibilisation 2023 pour un chauffage au bois performant,» [En ligne]. Available: <https://presse.ademe.fr/2023/11/chauffage-au-bois-performant-une-nouvelle-campagne-pour-sensibiliser-aux-bonnes-pratiques.html>.
- [8] L. CERIC, «Impact de la qualité du combustible bois bûche et de l'évolution du parc d'appareils à bois sur la qualité de l'air,» juillet 2017. [En ligne]. Available: <https://www.calameo.com/read/005249585b6cad55212bc>.
- [9] ADEME, «QUALICOMB Réduction à la source des émissions issues du chauffage domestique au bois par usage de combustibles de qualité,» 2016. [En ligne]. Available: <https://bibliothèque.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/2346-qualicomb.html>.
- [10] C. R. J. L. D. Y. R. Benoît Brandelet, «Toward a cleaner domestic wood heating by the optimization of firewood stoves ?,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 325, novembre 2021.
- [11] I. C. London, «Etude Tyre wear particles are toxic for us and the environment,» février 2023. [En ligne]. Available: <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/101707/9/Tyre%20wear%20particles%20are%20toxic%20for%20us%20and%20the%20environment%200223-2.pdf>.
- [12] ADAC, «Etude ADAC, automobile-club allemand,» avril 2022. [En ligne]. Available: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/reifenabrieb-mikroplastik/>.
- [13] E. P. A. / EPA, «Fuel Economy in Cold Weather,» 2019. [En ligne]. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/coldweather.shtml>.
- [14] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, «les-rejets-de-polluants-dans-lair-resultats-complementaires-du-bilan-de-la-qualite-de-lair,» décembre 2023. [En ligne]. Available: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-rejets-de-polluants-dans-lair-resultats-complementaires-du-bilan-de-la-qualite-de-lair>.
- [15] ADEME, «Avis de l'ADEME – Le bois énergie,» novembre 2023. [En ligne]. Available: <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6653-avis-de-l-ademe-le-bois-energie.html>.
- [16] Observ'ER, «Etudes Observ'er Suivi du marché et des prix des appareils domestiques de chauffage au bois en France,» 2022. [En ligne]. Available: <https://www.energies-renouvelables.org/observ-er/etudes/Observ-ER-Marche-2021-appareils-chauffage-bois20220519.pdf>.
- [17] Observ'ER, «Etudes Observ'er Suivi du marché et des prix des appareils domestiques de chauffage au bois En France,» 2023. [En ligne]. Available: <https://energies-renouvelables.org/etudes-observer/>.
- [18] INSEE, «Statistiques INSEE,» 2020. [En ligne]. Available: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277602?sommaire=4318291>.
- [19] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, «DATALAB Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2021,» octobre 2022. [En ligne]. Available: https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2022-10/datalab_107_bilan_qualite_air_exterieur_france_2021_octobre2022.pdf.
- [20] CITEPA, «Gaz à effet de serre & polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport Secten (p.22),» 2023. [En ligne]. Available: www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/2023/Citepa_Secten_ed2023_v1.pdf.

ANNEXE 1 : MÉTHODE DE CALCUL DÉTAILLÉE

Les exports des données de concentrations de particules PM_{2,5} des 89 stations de qualité de l'air sont récupérés en format csv sur le [site Geod'air](#), selon les critères suivants :

- Polluant mesuré : PM_{2,5}
- Type de données : moyenne journalière
- Période (sauf exception⁶) : du 1^{er} janvier 2021 00h00 au 31 décembre 2022 23h00
- Typologie du site : tous
- Influence : toutes

À partir de ce fichier, une moyenne mensuelle est calculée en en µg-m³.

Exemple : FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris
Moyenne des concentrations de PM_{2,5} en µg-m³ - Janvier 2021

	A	B	F	G	H	I	N	X
1	Date de déb	Date de fin	code site	nom site	type d'impla	Polluant	valeur	
2	01/01/2021	01/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	49,00	
3	02/01/2021	02/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	43,00	
4	03/01/2021	03/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	24,00	
5	04/01/2021	04/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	15,00	
6	05/01/2021	05/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	17,00	
7	06/01/2021	06/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	26,00	
8	07/01/2021	07/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	21,00	
9	08/01/2021	08/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	24,00	
10	09/01/2021	09/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	27,00	
11	10/01/2021	10/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	45,00	
12	11/01/2021	11/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	24,00	
13	12/01/2021	12/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	5,90	
14	13/01/2021	13/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	9,30	
15	14/01/2021	14/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	5,70	
16	15/01/2021	15/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	22,00	
17	16/01/2021	16/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	24,00	
18	17/01/2021	17/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	12,00	
19	18/01/2021	18/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	16,00	
20	19/01/2021	19/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	7,40	
21	20/01/2021	20/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	9,30	
22	21/01/2021	21/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	5,20	
23	22/01/2021	22/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	9,00	
24	23/01/2021	23/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	8,90	
25	24/01/2021	24/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	11,00	
26	25/01/2021	25/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	10,00	
27	26/01/2021	26/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	17,00	
28	27/01/2021	27/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	12,00	
29	28/01/2021	28/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	5,90	
30	29/01/2021	29/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	8,40	
31	30/01/2021	30/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	7,80	
32	31/01/2021	31/01/2021	FR25053	Rouen Proxi	Urbaine	PM2.5	12,00	17,22

⁶ Sauf exception les années retenues sont 2021 et 2022. Pour certaines villes les données ne sont disponibles que sur une année (ex. Bourg-en-Bresse et Lourdes) ou deux années différentes (ex. Lille : 2019 et 2021).

Les moyennes mensuelles de chaque année d'une station sont reportées dans un tableau résumant les données sur deux années, pour établir les moyennes mensuelles types sur deux années en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Exemple : FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris
Tableau récapitulatif des concentrations de $\text{PM}_{2,5}$ en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – 2021/2022

	A	B	C	D	E
22	FR25053 - Rouen Proxi Quai de Paris - Commune de Rouen ATMO Normandie				
23		Mois	Moyenne 2021	Moyenne 2022	Moyenne année type (moyenne 21 et 22)
24		Janvier	17,2	16,2	16,7
25		Février	13,5	10,0	11,8
26		Mars	14,4	18,6	16,5
27		Avril	13,0	10,5	11,8
28		Mai	7,4	8,0	7,7
29		Juin	8,9	8,2	8,6
30		Juillet	9,3	7,6	8,5
31		Août	7,5	7,5	7,5
32		Septembre	10,5	7,5	9,0
33		Octobre	10,5	8,4	9,5
34		Novembre	15,2	9,4	12,3
35		Décembre	11,8	18,0	14,9

À partir de ces nouvelles données types, il est défini :

- Le total des concentrations moyennes mensuelles (TC) sur une année type en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.
Exemple : TC pour la station FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris : 134,6
- La concentration standard (CS) ou moyenne de fond sur une année type en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, qui moyenne les concentrations de particules durant la période de mi-avril à mi-octobre pour les reporter sur l'année. Il s'agit majoritairement des émissions liées aux activités courantes (trafic, production, agriculture, etc.).
Exemple : CS pour la station FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris
 $[(E7/2 + E8 + E9 + E10 + E11 + E12 + E13/2) / 6 \times 12] = 103,6$
- La concentration spécifique des activités hivernales (CH) en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Elle se définit par la soustraction entre le total des concentrations moyennes mensuelles (TC) et des concentrations standards (CS).
Exemple : CH pour la station FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris
 $134,6 - 103,6 = 31,0$

Enfin, la part contributive des activités hivernales à la concentration de particules $\text{PM}_{2,5}$, exprimée en pourcentage, est calculée selon la formule : CH/TC

Exemple pour la station FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris : $31,0/134,6 = 23 \%$

Exemple : FR25053 – Rouen Proxi Quai de Paris
Données de calcul

TC	134,6	Total concentrations moyennes
CS	103,6	Concentration standard
CH	31,0	Concentration spécifique hiver
%	23,00	Pourcentage contribution

ANNEXE 2 : LES RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES SIMULATIONS

Auvergne-Rhône Alpes							
Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Ain (01)	Bourg-en-Bresse*	FR33305 - Bourg-en-Bresse	Urbaine	106,58	81,02	25,56	24,00%
Allier (03)	Moulins	FR07057 - Moulins Centre	Urbaine	112,03	74,75	37,28	33,30%
Cantal (15)	Aurillac	FR07052 - Aurillac-Lagarde	Urbaine	73,95	65,8	8,15	11,00%
Drôme (26)	Valence	FR36002 - Valence Urb. Centre	Urbaine	130,6	91,65	38,95	29,80%
Isère (38)	Grenoble	FR15043 - Grenoble Les Frenes	Urbaine	126,7	84,55	42,15	33,30%
Loire (42)	Saint-Etienne	FR29424 - Saint-Etienne Sud	Urbaine	104,2	83,65	20,55	19,70%
Puy-de-Dôme (63)	Clermont-Ferrand	FR07034 - Clermont-Esplanade Gare	Urbaine	111,85	90,15	21,7	19,40%
Rhône (69)	Lyon	FR20062 - Lyon Centre	Urbaine	137,05	94,7	42,35	30,90%
Savoie (73)	Chambéry	FR33101 - Pasteur	Urbaine	127,6	81,2	46,4	36,40%
Haute-Savoie (74)	Annecy	FR33201 - Loverchy	Urbaine	121,85	79,4	42,45	34,80%
Haute-Savoie (74)	Passy (Vallée de l'Arve)	FR33220 - Passy	Péri-urbaine	171,6	94,85	76,75	44,70%
						Moyenne région	28,80%

Bourgogne-Franche Comté

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Côte-d'Or (21)	Dijon	FR26005 - Dijon Péjoces	Péri-urbaine	88,1	59,45	28,65	32,50%
Doubs (25)	Besançon	FR82006 - Besançon Prévoyance	Urbaine	104,4	75,8	28,6	27,40%
Doubs (25)	Montbéliard	FR82010 - Montbéliard Centre	Urbaine	108,75	67,4	41,35	38,00%
Jura (39)	Lons-le-Saunier	FR82050 - Lons-le-Saunier CV	Urbaine	84,05	56,85	27,2	32,40%
Nièvre (58)	Saint-Brisson	FR26012 - Morvan	Rurale nationale	74,25	60,35	13,9	18,70%
Saône-et-Loire (71)	Chalon-sur-Saône	FR32001 - Chalon Centre Ville	Urbaine	111	78,25	32,75	29,50%
Yonne (89)	Auxerre	FR26019 - Auxerre	Urbaine	85,5	54,7	30,8	36,00%
Moyenne région							30,60%

Bretagne

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Côtes-d'Armor (22)	Kergoff	FR19020 - Kergoff	Rurale nationale	87,45	75,9	11,55	13,20%
Finistère (29)	Brest	FR19012 - Brest Mace	Urbaine	79,7	67	12,7	15,90%
Ille-et-Vilaine (35)	Saint-Malo	FR19082 - StMalo Rocabey	Péri-urbaine	110,9	73,5	37,4	33,70%
Ille-et-Vilaine (35)	Rennes	FR19017 - Rennes Pays-Bas	Urbaine	109,6	76,2	33,4	30,50%
Morbihan (56)	Vannes	FR19033 - Vannes UTA	Urbaine	108,95	75,2	33,75	31,00%
Moyenne région							24,90%

Centre-Val de Loire

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Cher (18)	Verneuil	FR34038 - Verneuil	Rurale nationale	88,1	66,9	21,2	24,10%
Eure-et-Loir (28)	Dreux	FR34046 - Dreux Centre	Urbaine	107,8	77,15	30,65	28,40%
Indre (36)	Châteauroux	FR34051 - Chateauroux Sud	Urbaine	110,8	80,95	29,85	26,90%
Indre-et-Loire (37)	Joué-Lès-Tours	FR34024 - Joué Lès Tours	Urbaine	107,15	72,75	34,4	32,10%
Loir-et-Cher (41)	Blois	FR34061 - Blois Nord	Urbaine	104,65	74,2	30,45	29,10%
Loiret (45)	Montargis	FR34064 - Montargis_Trafic	Urbaine	112,64	90,47	22,17	19,70%
Moyenne région							26,70%

Corse

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Corse du Sud (2A)	Ajaccio	FR41001 - Ajaccio Canetto	Urbaine	112,4	107,45	4,95	4,40%
Haute-Corse (2B)	Bastia	FR41002 - Bastia Giraud	Urbaine	90,2	88,8	1,4	1,60%
Moyenne région							3,00%

Grand Est

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Ardennes (08)	Les Mazures	FR14008 - Revin	Rurale nationale	80,7	70,35	10,35	12,80%
Aube (10)	Sainte-Savine	FR14033 - Ste Savine	Urbaine	102	67,15	34,85	34,20%
Marne (51)	Reims	FR14011 - Doumer	Urbaine	121,2	96,8	24,4	20,10%
Haute-Marne (52)	Saint-Dizier	FR14042 - St Dizier L. Michel	Urbaine	101,85	75,9	25,95	25,50%
Meurthe-et-Moselle (54)	Nancy	FR30034 - Nancy-Charles III	Urbaine	121,55	101,4	20,15	16,60%
Meuse (55)	Belleville s/ Meuse	FR01065 - Belleville sur Meuse	Urbaine	106,65	76,05	30,6	28,70%
Moselle (57)	Metz	FR01011 - Metz-Centre	Urbaine	115,85	93,6	22,25	19,20%
Bas-Rhin (67)	Strasbourg	FR42010 - Strasbourg Neudorf Ecoquartier Danube	Urbaine	131,35	98,75	32,6	24,80%
Haut-Rhin (68)	Mulhouse	FR16066 - Mulhouse Sud 2	Urbaine	134,55	106,95	27,6	20,50%
						Moyenne région	22,50%

Hauts-de-France

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations standards (CS) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) $\mu\text{g-m}^3$	Part hivernale moyenne *
Aisne (02)	Saint-Quentin	FR18080 - TRAF Saint-Quent 14	Urbaine	140,85	122,65	18,2	12,90%
Nord (59)	Lille*	FR11025 - Lille Fives	Urbaine	151,6	127,5	24,1	15,90%
Oise (60)	Creil	FR18043 - Faiencerie Creil	Urbaine	129,2	96,65	32,55	25,20%
Pas-de-Calais (62)	Béthune	FR28028 - Bethune Stade	Urbaine	132,28	99,95	32,33	24,40%
Pas-de-Calais (62)	Calais	FR10016 - Calais Berthelot	Urbaine	104,15	84,2	19,95	19,20%
Somme (80)	Amiens*	FR18079 - Trafic Amiens	Urbaine	141,1	120,55	20,55	14,60%
Moyenne région							18,70%

Ile-de-France

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations standards (CS) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) $\mu\text{g-m}^3$	Part hivernale moyenne *
Paris (75)	Paris, 1 ^{er} arrond.	FR04055 - Paris 1er Les Halles	Urbaine	147,1	116,25	30,85	21,00%
Seine-et-Marne (77)	Melun	FR04122 - RN6 - Melun	Péri-urbaine	134,9	101,15	33,75	25,00%
Yvelines (78)	Rambouillet	FR04181 - Rambouillet	Pér-iurbaine	110,15	78,75	31,4	28,50%
Essonne (91)	Bois-Herpin	FR04066 - Zone rurale Sud	Rurale régionale	95,9	70	25,9	27,00%
Hauts-de-Seine (92)	Gennevilliers	FR04002 - Gennevilliers	Urbaine	130,95	96,75	34,2	26,10%

Seine-Saint-Denis (93)	Saint-Denis	FR04058 - Auto A1 - Saint-Denis	Urbaine	185,15	154,05	31,1	16,80%
Val-de-Marne (94)	Vitry-sur-Seine	FR04034 - Vitry-sur-Seine	Urbaine	126,55	89,55	37	29,20%
Val-d'Oise (95)	Saint-Martin du Tertre	FR04048 - Zone Rurale Nord	Rurale régionale	111,05	81,8	29,25	26,30%

Moyenne région 25,00%

Normandie

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations standards (CS) $\mu\text{g-m}^3$	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) $\mu\text{g-m}^3$	Part hivernale moyenne *
Calvados (14)	Caen	FR21001 - Caen Chemin-Vert	Urbaine	108,7	88,05	20,65	19,00%
Eure (27)	Evreux*	FR25039 - Evreux Centre	Urbaine	104,7	72,6	32,1	30,70%
Manche (50)	Cherbourg*	FR21038 - Cherbourg Hôtel de Ville	Urbaine	114,3	91,6	22,7	19,90%
Orne (61)	La Coulonche	FR21050 - La Coulonche MERA	Rurale nationale	91,1	73,6	17,5	19,20%
Seine-Maritime (76)	Rouen	FR25053 - Rouen Proxi Quai de Paris	Urbaine	134,55	103,6	30,95	23,00%

Moyenne région 22,40%

Nouvelle Aquitaine

Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Charente (16)	Angoulême	FR09103 - Square Pablo Casals	Urbaine	109,6	83,35	26,25	24,00%
Charente-Maritime (17)	La Rochelle	FR09003 - Place de Verdun	Urbaine	109,1	78,55	30,55	28,00%
Dordogne (24)	Périgueux	FR31033 - Périgueux	Urbaine	106,4	76,85	29,55	27,80%
Gironde (33)	Bordeaux	FR31045 - Bordeaux_Gautier	Urbaine	129,1	95,8	33,3	25,80%
Landes (40)	Dax	FR31036 - Dax	Urbaine	119,35	88,1	31,25	26,20%
Lot-et-Garonne (47)	Marmande	FR31040 - Marmande	Péri-urbaine	101,5	71,6	29,9	29,50%
Pyrénées-Atlantiques (64)	Biarritz	FR31043 - Biarritz-hippodrome	Péri-urbaine	90,55	68,65	21,9	24,20%
Pyrénées-Atlantiques (64)	Billère	FR31013 - Billère	Urbaine	109,74	88,73	21,01	19,10%
Deux-Sèvres (79)	Niort	FR09303 - Niort Venise	Urbaine	106,85	74	32,85	30,70%
Vienne (86)	Poitiers	FR09404 - Poitiers Centre Augouard	Urbaine	108,5	75,7	32,8	30,20%
Haute-Vienne (87)	Limoges	FR35027 - Limoges-Berland	Urbaine	103,95	73,7	30,25	29,10%
						Moyenne région	26,80%

Occitanie							
Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Aveyron (12)	Rodez	FR12095 - Rodez	Urbaine	89,8	71,1	18,7	20,80%
Gard (30)	Nîmes	FR08614 - Nîmes Gauzy	Urbaine	103,6	76,2	27,4	26,40%
Haute-Garonne (31)	Toulouse	FR12054 - Trafic_Toulouse	Urbaine	119,5	94	25,5	21,30%
Gers (32)	Peyrusse	FR12020 - Peyrusse	Rurale nationale	78,9	73,9	5	6,30%
Hérault (34)	Montpellier	FR08016 - Montpellier près d'Arènes	Urbaine	92,6	78,5	14,1	15,20%
Hautes-Pyrénées (65)	Lourdes*	FR12042 - Lourdes Lapacca	Urbaine	106,1	82,5	23,6	22,20%
Pyrénées-Orientales (66)	Perpignan	FR08714 - Perpignan Les Carmes	Urbaine	115,1	105,8	9,3	8,10%
Tarn-et-Garonne (82)	Montauban	FR50060 - Montauban	Urbaine	128,6	81,95	46,65	36,30%
Moyenne région							19,60%

Pays de la Loire							
Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Loire-Atlantique (44)	Donges	FR23178 - Parscau du Plessis	Péri-urbaine	109,35	77,25	32,1	29,40%
Maine-et-Loire (49)	Angers	FR23120 - Beaux Arts	Urbaine	118,2	91,65	26,55	22,50%
Mayenne (53)	Saint-Denis d'Anjou	FR23177 - Saint-Denis D'Anjou	Rurale régionale	107,45	77,3	30,15	28,10%

Sarthe (72)	Le Mans	FR23182 - Sources	Urbaine	111,55	83,65	27,9	25,00%
Vendée (85)	La Tardière	FR23124 - La Tardière	Rurale nationale	86,75	73,6	13,15	15,20%
Moyenne région							24,00%

Provence-Alpes-Côte d'Azur							
Départements	Communes	Stations	Typologies	Total concentrations (TC) µg-m3	Concentrations standards (CS) µg-m3	Concentrations liées aux activités hivernales (CH) µg-m3	Part hivernale moyenne *
Alpes-de-Haute Provence (04)	Manosque	FR24018 - Manosque	Urbaine	103,05	76,45	26,6	25,80%
Hautes-Alpes (05)	Gap	FR24033 - Gap Commanderie	Urbaine	137,03	107,75	29,28	21,40%
Alpes-Maritimes (06)	Nice	FR24035 - Nice Promenade	Urbaine	129,3	126,65	2,65	2,00%
Bouches-du-Rhône (13)	Marseille	FR03014 - Marseille St Louis	Urbaine	136,35	125,05	11,3	8,30%
Var (83)	Toulon	FR03071 - Toulon Claret	Urbaine	98,05	76	22,05	22,50%
Vaucluse (84)	Avignon	FR03080 - Avignon Mairie	Urbaine	130,9	91,7	39,2	29,90%
Moyenne région							18,30%
MOYENNE FRANCE							22,40%

* sauf exception les années retenues sont 2021 et 2022. Pour certaines villes les données ne sont disponibles que sur une année (ex. Bourg-en-Bresse et Lourdes) ou deux années différentes (ex. Lille : 2019 et 2021).

ANNEXE 3 : LEXIQUE

Concentration de particules :	La concentration de particules est la teneur réelle de particules dans l'air respiré. Elle est mesurée par des stations d'analyse de la qualité de l'air en temps réel et dont les données sont consultables sur les sites des organismes gestionnaires. L'ensemble des données est compilé sur le site Geod'air.
Émissions de particules :	Les émissions correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines ou par des sources naturelles. Même si les concentrations mesurées dans l'air dépendent de ces émissions, il n'y a pas de lien simple et direct les deux [20].
Particules condensables :	Les particules condensables sont à leur origine à l'état gazeux (dans la cheminée par exemple) mais se retrouvent ensuite à l'état solide ou liquide dans l'atmosphère par des phénomènes de transformation (condensation liée au refroidissement).
TSP :	Les TSP sont les particules totales en suspension (TSP pour l'acronyme anglais Total Suspended Particles). Elles regroupent l'ensemble des particules.
PM₁₀ :	Les PM ₁₀ sont les particules dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 µm (microns). Elles comprennent les PM _{2,5}
PM_{2,5} :	Les PM _{2,5} sont les particules dont le diamètre est inférieur ou égal à 2,5 µm