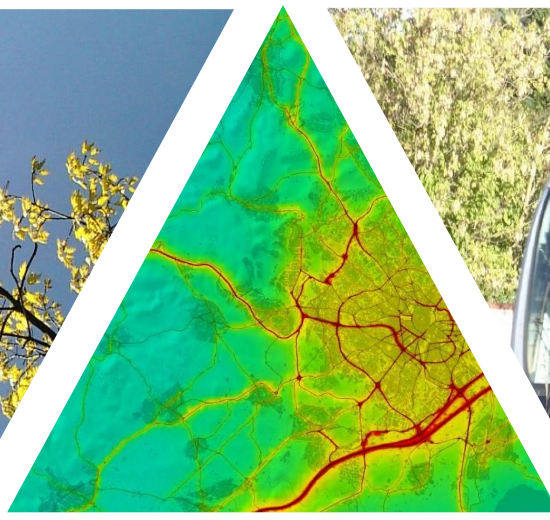
votre parten'air
Atmo
OCCITANIE



Caractérisation des sources de particules sur le département des Hautes-Pyrénées

ETU-2023-175 Édition janvier 2025

www.atmo-occitanie.org
contact@atmo-occitanie.org
09 69 36 89 53 (Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie est une association de type loi 1901 agréée (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la région Occitanie. Atmo Occitanie est adhérent de la Fédération Atmo France.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Atmo Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site :

www.atmo-occitanie.org

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Occitanie.

Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, …) doit obligatoirement faire référence à **Atmo Occitanie.**

Les données ne sont pas systématiquement rediffusées lors d'actualisations ultérieures à la date initiale de diffusion.

Par ailleurs, **Atmo Occitanie** n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec **Atmo Occitanie** par mail :

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

RESUME 3

1. INTRODUCTION 4

2. CONTEXTE 5

2.1. LE BRULAGE DE BIOMASSE PREMIER CONTRIBUTEUR DES EPISODES DE POLLUTION AUX PARTICULES 5

2.2. UNE CONNAISSANCE DES SURFACES BRULEES SUR LE DEPARTEMENT 6

3. PERIMETRE ET METHODE 7

3.1. SITES DE MESURES 7

3.2. DISPOSITIF DEPLOYE 7

4. RESULTATS 9

4.1. DES PROFILS MOYENS DE CONCENTRATIONS CARACTERISTIQUES DES ACTIVITES HUMAINES 9

4.1.1. Les particules et le carbone suie 9

4.1.2. Le benzo(a)pyrène 12

4.1.3. Les dioxines et furanes 14

4.2. MISE EN EVIDENCE DE L'IMPACT D'UN EPISODE DE FEUX PASTORAUX SUR LA QUALITE DE L'AIR 15

4.2.1. Pas d'épisodes de pollution observés simultanément à l'activité des feux pastoraux 15

4.2.2. Une évolution des concentrations en particules et carbone suie atypique 16

4.2.3. Un impact limité sur les niveaux de benzo[a]pyrène 18

4.2.4. Les feux pastoraux sources de dioxines et furanes 19

4.3. DES EPISODES DE POLLUTION D'ORIGINES DIVERSES 25

4.3.1. Principales causes des épisodes de pollution aux particules 25

4.3.2. Présentation des épisodes de pollution dus aux activités humaines 26

5. CONCLUSION 29

Résumé

Un dispositif pour évaluer la contribution des feux pastoraux aux niveaux de particules

Le département des Hautes-Pyrénées est concerné par un nombre important d'épisodes de pollution aux particules dues aux activités humaines. Les pratiques de feux pastoraux sont ainsi régulièrement pointées du doigt comme étant une source non négligeable d'émission de particules dans l'air. Cependant, les mesures pérennes réalisées par Atmo Occitanie sur le département ne permettent pas de déterminer la contribution réelle de ces pratiques sur les niveaux de particules observés dans les vallées pyrénéennes. Atmo Occitanie a donc mis en place un dispositif complémentaire de surveillance des particules et des composés issus de la combustion de biomasse de janvier 2022 à avril 2023 en partenariat avec la Communauté d'Agglomération Tarbes Lourdes Pyrénées, l'Agence Régionale de Santé et la Région Occitanie. Les mesures réalisées ont été croisées avec les surfaces brûlées détectées par satellite. Ainsi, sur la période de mesure, les feux pastoraux ont impacté une surface estimée à 26,7 km^2 plus élevée que celles observées sur les mêmes périodes entre 2018 et 2021. La période étudiée est donc représentative de l'activité de feux pastoraux sur le département des Hautes-Pyrénées.

Ce dispositif renforcé visait à mieux caractériser les sources de particules, notamment les feux pastoraux, et à évaluer l'impact potentiel des mesures de restriction de cette pratique sur la qualité de l'air lors de la persistance d'épisodes de pollution.

Cette étude a mis en évidence l'existence d'un profil typique moyen des concentrations de particules en lien avec les activités humaines de transport et de chauffage.

Un impact occasionnel des feux pastoraux pouvant être ponctuellement significatif

Le 1er mars 2022, un feu pastoral a été signalé détecté par satellite. L'analyse des concentrations de particules a mis en lumière un profil atypique. Les particules émises par ce feu pastoral ont d'abord impacté Argelès-Gazost, avec des niveaux de particules très fines (PM_1) multipliés par quatre, puis, dans un second temps, Lourdes jusqu'à Tarbes à environ de 20 km de la zone, suite à un changement de direction de vent. L'incidence sur les niveaux de concentration de benzo[a]pyrène semble avoir été limitée. Elle parait plus forte pour les quantités de dioxines et furanes présentes dans les retombées totales. Si l'on considère que la quasi-totalité des dioxines et furanes présents dans les retombées totales de Lourdes serait due aux émissions du feu pastoral, il apparait que sa contribution additionnelle serait importante mais très limitée dans le temps.

Bien que les autres feux pastoraux observés pendant cette étude n'aient pas montré d'impacts significatifs sur les profils horaires habituels des particules, leur impact potentiel sur les niveaux de concentration de fond hivernal ne doit pas être négligé.

Des épisodes de pollution majoritairement dus au chauffage au bois

Au cours de la période étudiée, la quasi-totalité des épisodes de pollution atmosphérique a été observée des jours sans activité de feux pastoraux. L'analyse de ces épisodes de pollution a révélé que l'augmentation des concentrations de particules était principalement imputable au chauffage au bois, exacerbé par des conditions météorologiques peu propices à la dispersion des particules émises.

Cette étude met en évidence la complexité des interactions entre les activités humaines, les conditions météorologiques et la qualité de l'air dans la région, soulignant l'importance d'une gestion intégrée pour maintenir une bonne qualité de l'air dans les Hautes-Pyrénées.

1. Introduction

Le département des Hautes-Pyrénées présente des particularités socio-économiques, géographiques et climatiques qui influencent sa qualité de l'air. En effet, les pratiques locales, telles que le chauffage au bois, les feux pastoraux et le transport, et la topographie montagneuse peuvent contribuer de manière significative à l'augmentation des niveaux journaliers de pollution atmosphérique et être à l'origine d'épisodes de pollution.

Si l'origine biomasse des particules est maintenant prouvée[1], les sources de ces particules peuvent être encore liées à des activités humaines diverses : appareils de chauffage au bois individuels, chaudières à bois, brûlages à l'air libre, feux pastoraux, …. Des travaux complémentaires sont nécessaires pour mieux cerner les pratiques locales. Ainsi, en janvier 2022, Atmo Occitanie a déployé un dispositif complémentaire de surveillance des particules et des composés issus de la combustion de biomasse en trois sites : Argelès-Gazost, Lourdes et Tarbes. Cette étude a été menée dans le cadre d'un partenariat entre Atmo Occitanie, la Région Occitanie, l'agglomération Tarbes Lourdes Pyrénées et l'Agence Régionale de la Santé, affirmant une volonté commune d'améliorer de mieux caractériser les sources de particules en périodes d'épisode de pollution et l'impact potentiel des mesures de restriction de la pratique des feux pastoraux sur la qualité de l'air.

L'amélioration des connaissances relatives aux différentes sources d'émissions de particules sur le territoire est nécessaire pour permettre des prises de décisions éclairées en matière de gestion de la qualité de l'air. Elle aidera les autorités locales, les responsables de la santé publique, les acteurs économiques et la population à mieux comprendre les enjeux spécifiques auxquels ils sont confrontés et à mettre en place des stratégies de prévention et de réduction de la pollution de l'air.

[1] Atmo Occitanie - Caractérisation chimique des particules sur le territoire de Lourdes – Hiver 2015 – 20216 (ETU-2016-44)

2. Contexte

2.1. Le brulage de biomasse premier contributeur des épisodes de pollution aux particules

Le **secteur résidentiel est le premier contributeur aux émissions de particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ sur le département des Hautes Pyrénées** au travers des installations de chauffage au bois notamment. Il représente ainsi 45% des émissions de particules PM_{10} et 58% des émissions de particules $PM_{2,5}$ (source '"Inventaire des émissions - Atmo Occitanie - ATMO_IRS_V6_2008_2020" Année 2019).

La pratique des feux pastoraux est autorisée entre le 1er octobre et le 30 avril[2] de l'année suivante. Atmo Occitanie a établi que **ces feux pastoraux contribuaient à hauteur de 1% des émissions annuelles de particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ pour l'année 2019[3].**

Les particules issues du chauffage sont émises essentiellement en période hivernale et contribuent ainsi aux épisodes de pollution aux particules observés à cette saison. En outre, dans des conditions météorologiques défavorables, les pratiques de feux pastoraux peuvent également contribuer de façon significative aux niveaux de concentration de particules dans l'air et participer à augmenter l'exposition aigue de la population.

Malgré la baisse des concentrations annuelles de particules PM_{10} sur le département des Hautes Pyrénées ces dernières années, des épisodes de pollution aux particules sont observés chaque année en période hivernale. Le nombre d'épisodes de pollution varie d'une année à l'autre. Avec 17 jours en 2021 et 10 jours en 2022, le département a enregistré le plus grand nombre d'épisodes de pollution aux particules de la région Occitanie.

En 2016, Atmo Occitanie a réalisé une première étude pour étudier la contribution des différents secteurs d'activité aux concentrations en particules sur le territoire de Lourdes. Celle-ci avait permis d'évaluer qu'en moyenne sur la période hivernale, 60% des particules présentes dans l'air ambiant étaient issues de la combustion de matières végétales : chauffage au bois, brûlage de déchets verts, feux pastoraux. Lors des épisodes de pollution hivernale, cette contribution était encore plus marquée, atteignant 73%. Ainsi, les épisodes de pollution liés aux activités humaines, observés sur Lourdes, étaient essentiellement dus aux émissions de particules par la combustion locale importante de biomasse (chauffage au bois, écobuage et brulage de déchets végétaux) associées à des conditions météorologiques favorisant l'accumulation des polluants émis et une topographie encaissée.

[2] Arrêté préfectoral 65-2021-08-18 relatif à la réglementation des incinérations de végétaux dans le cadre de la prévention des incendies de forêts dans le département des Hautes-Pyrénées

[3] En 2020, la DRAAF a mis à disposition d'Atmo Occitanie des données réelles de surfaces brûlées (étude TERRANIS de télédétection de surfaces brûlées) pour l'année 2019 sur le département des Hautes-Pyrénées. Atmo Occitanie les a intégrés aux outils d'inventaire régionaux, et a ainsi quantifié l'impact de ces pratiques sur les émissions d'un territoire de façon plus cohérente.

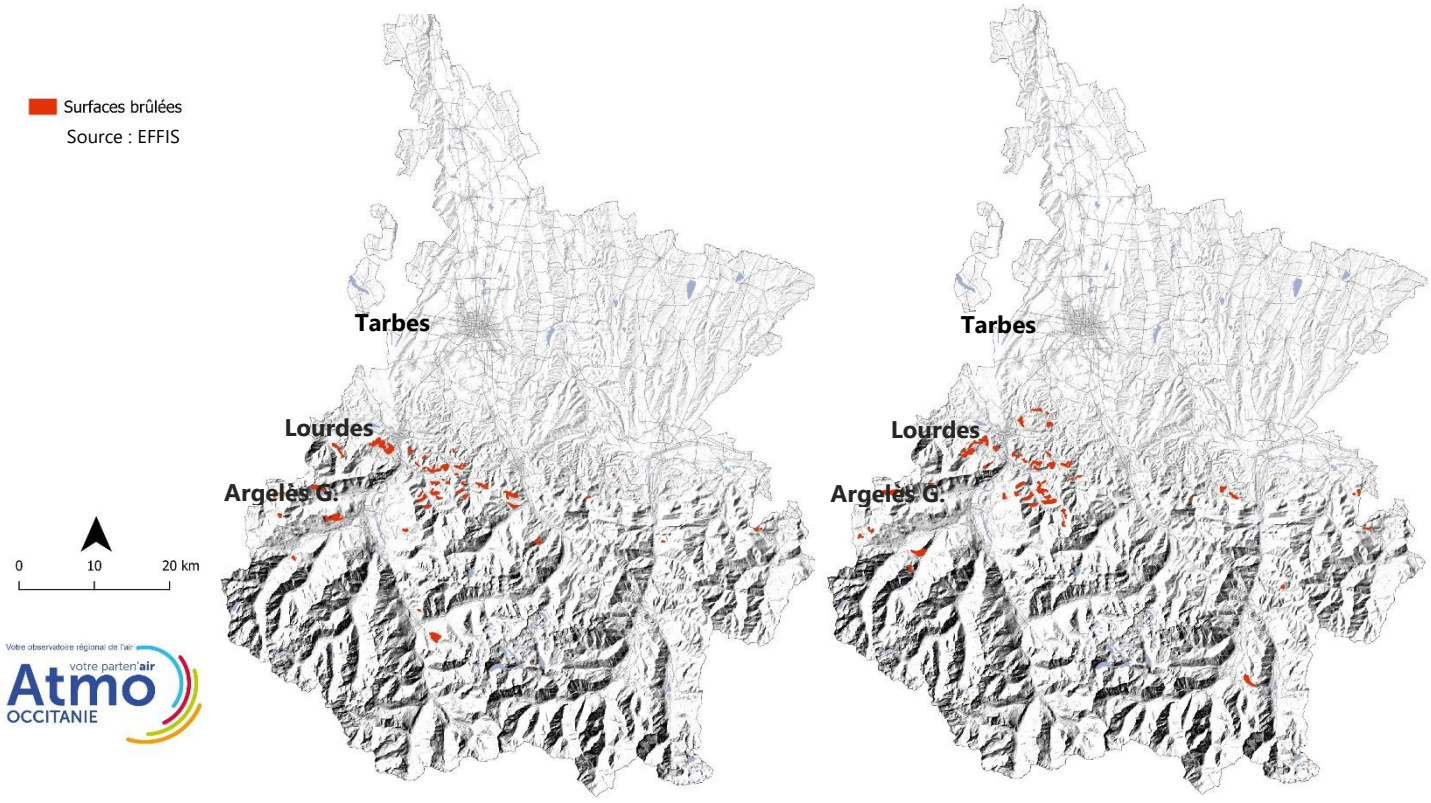
2.2. Une connaissance des surfaces brulées sur le département

Lors d'épisodes de pollution liés aux activités humaines, la combustion de biomasse est donc la principale source des particules dans l'air. Celles-ci peuvent être émises par différents sources : utilisation des dispositifs de chauffage au bois mais également pratique de feux pastoraux. Contrairement aux dispositifs de chauffage dont les usages sont connus, les feux pastoraux ne suivent pas un calendrier prévisible car ils sont influencés par divers facteurs tels que les pratiques agricoles, les conditions météorologiques, et d'autres variables contextuelles.

L'évaluation de l'impact de cette pratique sur la qualité de l'air nécessite de mieux la connaitre. Le système d'information européen des feux de forêts[4] (Effis) enregistre depuis 2006 les incendies détectés par les images satellites du programme d'observation européen Copernicus. Atmo Occitanie a ainsi exploité les informations fournies par Effis pour situer et évaluer les surfaces brulées sur le département des Hautes-Pyrénées sur les périodes du 1er janvier au 30 avril 2022 et du 1er octobre 2022 au 30 avril 2023. Sur ces deux périodes, ce sont respectivement 12.5 km² et 14.1 km² qui ont brulés soit 26,7 km² au total. Cette surface est la plus élevée détectée par Copernicus sur les 5 dernières années. Ainsi, entre 2018 et 2021, sur les mêmes périodes, entre 16,5 km² et 22,5 km² ont brulé. L'étude a donc été réalisée lors d'une période représentative de l'activité de feux pastoraux sur le département des Hautes-Pyrénées.

Du 1er janvier au 30 avril 2022

Du 1er novembre 2022 au 30 avril 2023



[4] https://effis.jrc.ec.europa.eu/

3. Périmètre et méthode

3.1. Sites de mesures

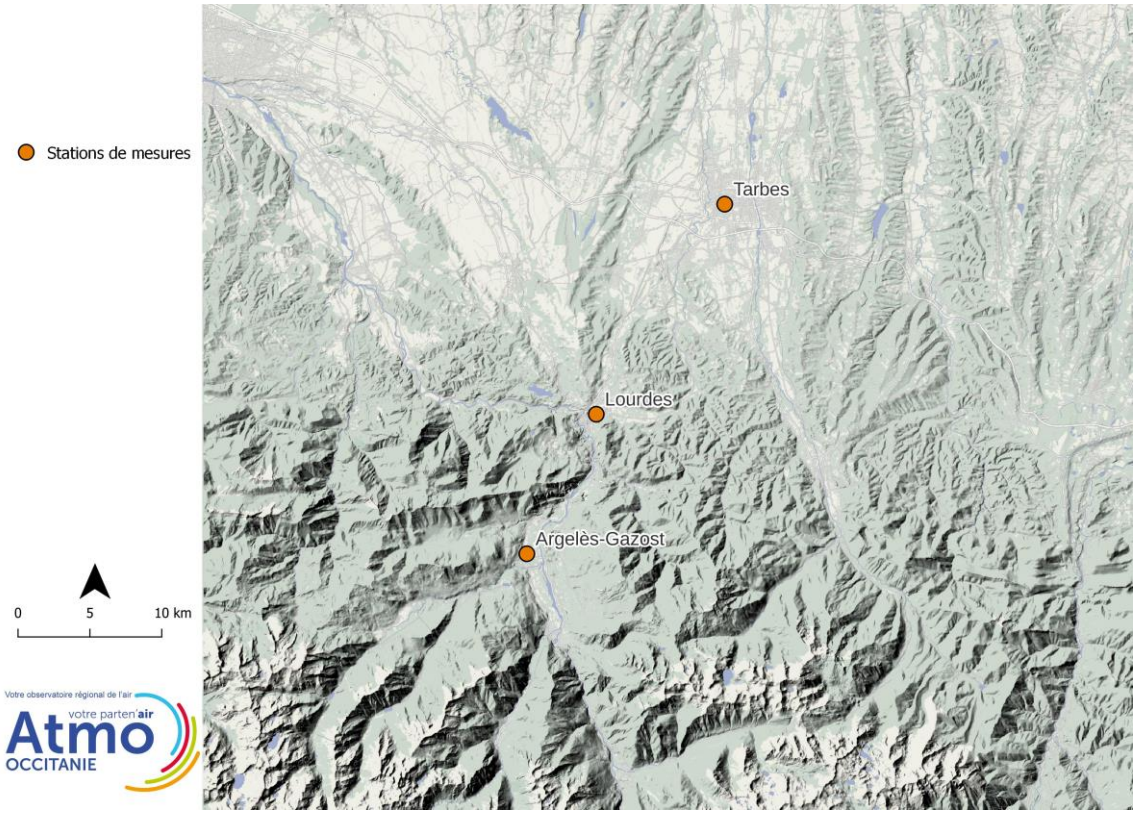
Afin d'évaluer l'impact des différentes activités humaines sur les épisodes de pollution du département des Hautes Pyrénées, Atmo Occitanie a déployé, en janvier 2022, un dispositif complémentaire de surveillance des particules et des composés issus de la combustion de biomasse en trois sites : Argelès-Gazost, Lourdes et Tarbes.

3.2. Dispositif déployé

Sur le département des Hautes-Pyrénées, le dispositif de mesure compte deux sites pérennes de surveillance de la qualité de l'air situées sur le territoire de la Communauté d'Agglomération Tarbes Lourdes Pyrénées. Ces deux stations, implantées au lycée Jean Dupuy à Tarbes et à l'école Lapacca à Lourdes, permettent une surveillance en situation urbaine de fond[5].

Dans le cadre de cette étude, Atmo Occitanie a renforcé le dispositif de mesure existant et l'a complété avec l'installation d'une station de mesure sur la commune d'Argelès-Gazost pendant 16 mois du 1er janvier 2022 au 30 avril 2023.

Emplacement des sites de mesure



[5] Stations représentatives de la qualité de l'air ambiant dans les centres urbains sans cibler l'impact direct d'une source d'émission identifiée. Leur objectif est ainsi le suivi du niveau d'exposition moyen de la population.

Le brûlage de végétaux est une combustion peu performante qui émet notamment des particules fines qui comportent des composés cancérigènes comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dioxines et furanes. Les fumées générées libèrent également des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone et des composés organiques volatils.[6]

Pour caractériser les sources de particules, Atmo Occitanie a équipé les trois sites d'appareils de mesures des particules permettant le suivi simultané de **trois fractions particulaires[7] : PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1**. En outre, Atmo Occitanie a mis en œuvre un suivi du **carbone suie[8] (BC pour "Black Carbon")** sur Tarbes dès le 1er janvier 2022 et sur Lourdes à partir du 5 avril 2022 pour mieux appréhender la composition des particules. Ce dispositif permet de distinguer le carbone suie issu de la combustion des dérivés pétroliers (BC_{ff}), principalement le trafic routier et celui émis par la combustion de la biomasse (BC_{wb}) comme le chauffage au bois, les feux pastoraux…

Atmo Occitanie a complété ce suivi en continu avec des dispositifs de prélèvement du **benzo[a]pyrène dans les particules PM_{10}** (20 prélèvements journaliers par site de mesure) et de **dioxines et furanes dans les retombées totales atmosphériques [9]** déployés pendant les périodes d'autorisation des feux pastoraux.
Les polluants mesurés et les périodes de mesure sont présentés dans le tableau ci-après. L'ensemble des polluants étudiés sont présentés plus en détail en annexe.

	Récapitulatif du dispositif de mesure		
	Tarbes	Lourdes	Argelès-Gazost
Mesures en continu			
Particules PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1	Du 1er janvier 22 au 30 avril 23		
Carbone suie	Du 1er janvier 22 au 30 avril 23	Du 5 avril 22 au 30 avril 23	-
Prélèvements			
Benzo[a]pyrène dans les particules PM_{10}	20 jours analysés choisis dans les prélèvements journaliers réalisés du 1er mars au 30 avril 22 et du 1er novembre 22 au 30 mars 23		
Dioxines et furanes dans les retombées totales atmosphériques	Du 28 février au 25 avril 22 Du 26 octobre 22 au 4 janvier 23 Du 4 janvier au 1er mars 23		

[6] Source : Effets sanitaires liés à la pollution générée par les feux de végétation à l'air libre – Avis de l'ANSES – Rapport d'expertise collective – Mai 2012

[7] Les particules atmosphériques sont désignées à l'aide d'un indice chiffré indiquant la taille maximale de la fraction prise en compte. PM_{10}, $PM_{2.5}$ et PM_1 se réfèrent aux particules dont le diamètre est inférieur à 10, 2,5 et 1 micromètre(s) respectivement. La littérature renvoie à ces trois types à l'aide des expressions « particules en suspension » (PM_{10}), « particules fines » ($PM_{2.5}$) et « particules très fines » (PM_1).

[8] Le carbone suie (BC pour « Black Carbon »), est un polluant particulaire, présent essentiellement dans la fraction fine $PM_{2.5}$. Il est émis par les processus de combustion de biomasse (bois, végétaux…) ou de combustibles fossiles. Bien que non réglementé, les mesures de ce polluant permettent de suivre l'influence de ces sources, et d'estimer leur contribution aux concentrations de particules mesurées.

[9] Les dioxines et furanes sont analysées dans les eaux de pluie recueillies pendant 2 mois dans un dispositif de mesure appelé jauges Owen.

4. Résultats

4.1. Des profils moyens de concentrations caractéristiques des activités humaines

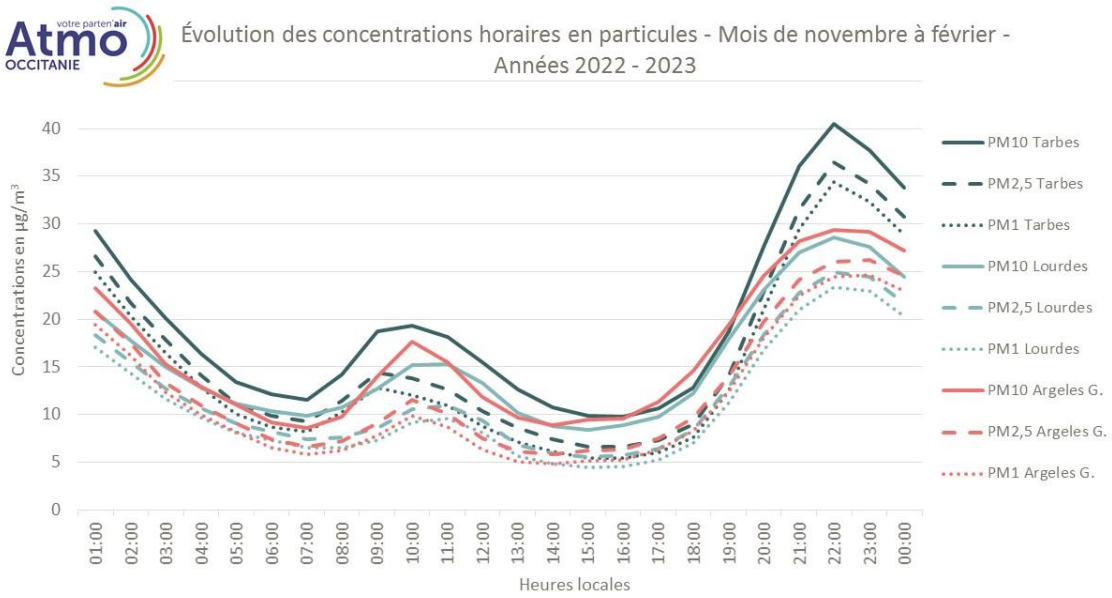
4.1.1. Les particules et le carbone suie

Comme indiqué dans le rapport « Évaluation de la qualité de l'air sur le territoire d'Argelès-Gazost »[10], les concentrations en particules mesurées à Argelès-Gazost sont du même ordre de grandeur que celles mesurées à Lourdes et inférieures à celles mesurées à Tarbes.

Atmo Occitanie a mené une analyse de l'évolution des concentrations de particules et de carbone suie sur deux périodes (avec et sans fonctionnement des dispositifs de chauffage) de l'étude qui s'est déroulée du 1er janvier 2022 au 30 avril 2023. **L'objectif est de mettre en évidence des profils caractéristiques liés aux activités humaines du territoire**. En effet, sur une journée moyenne, les particules présentes dans l'air dans l'environnement des trois sites de mesure suivent la même évolution.

- **Sur les mois d'hiver en période de chauffe (de novembre à février)**, elles sont essentiellement constituées de particules très fines PM_1.
  - Entre 9h et 11h, les concentrations en particules dans l'air augmentent puis diminuent. Les particules PM_{10} sont constitués de particules PM_1 pour 64% sur Tarbes, 60% sur Lourdes et 56% sur Argelès-Gazost.
  - Entre 11h et 18h ; les niveaux de particules sont les plus faibles de la journée. Les particules PM_1 représentent toujours un peu plus de la moitié des particules PM_{10} (57% sur Tarbes, 56% sur Lourdes et 55% sur Argelès-Gazost).
  - A partir de 19h, les concentrations en particules augmentent pour atteindre les niveaux les plus hauts entre 22h et 23h. Ce second pic de la journée est nettement plus marqué que celui observé dans la matinée, les concentrations maximales observées sont deux fois plus élevées. Les concentrations diminuent ensuite progressivement pendant la nuit, le minimum étant atteint vers 6h du matin. La part des particules PM_1 dans les particules PM_{10} augmentent fortement. Elles représentent 80% à 85% des PM_{10} sur les trois territoires.

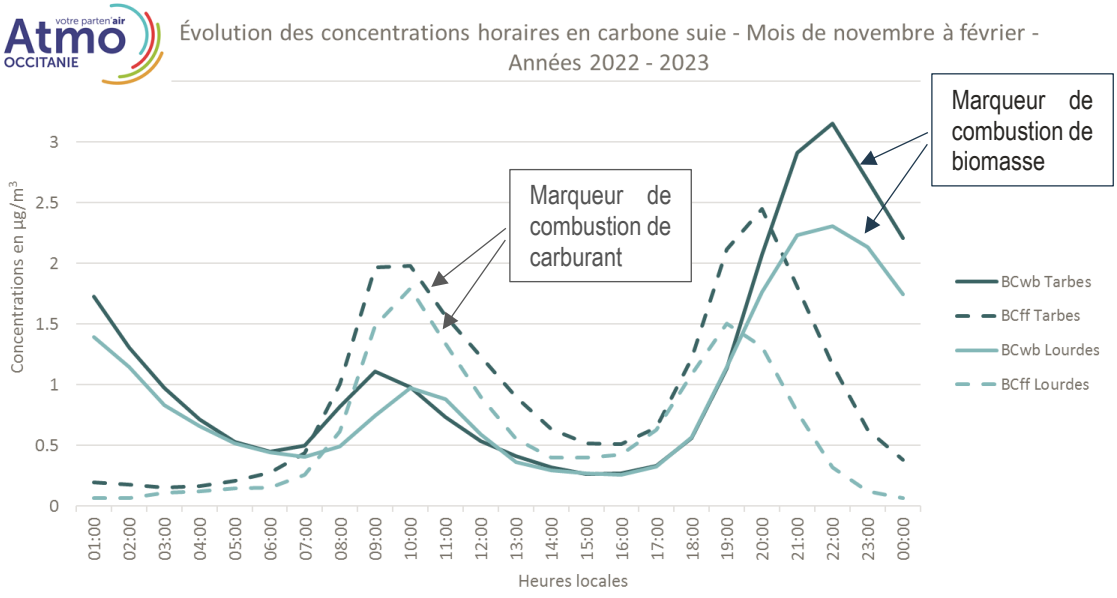
[10] https://www.atmo-occitanie.org/argeles-gazost-evaluation-de-la-qualite-de-lair-2023



Les profils horaires des concentrations du carbone suie apportent des informations sur les activités émettrices de particules. Le carbone suie est émis par les processus de combustion de biomasse (bois, végétaux…) ou de combustibles fossiles : il est alors noté respectivement BC_{wb} et BC_{ff}.

Il apparait ainsi que :

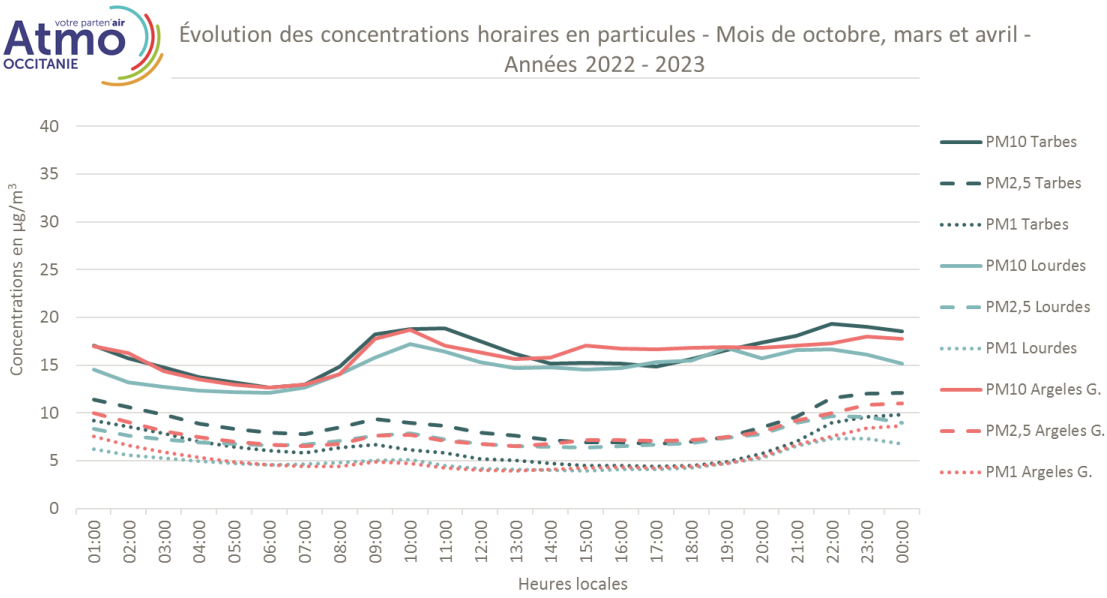
- Le 1er pic de particules plus chargé en particules en suspension PM_{10} observé entre 9h et 11h est essentiellement dû au trafic routier auquel s'ajoute en moindre mesure des particules issues du chauffage au bois ;
- Le second pic du soir constitué essentiellement de particules très fines PM_1 correspond aux horaires de fonctionnement des dispositifs de chauffage au bois.



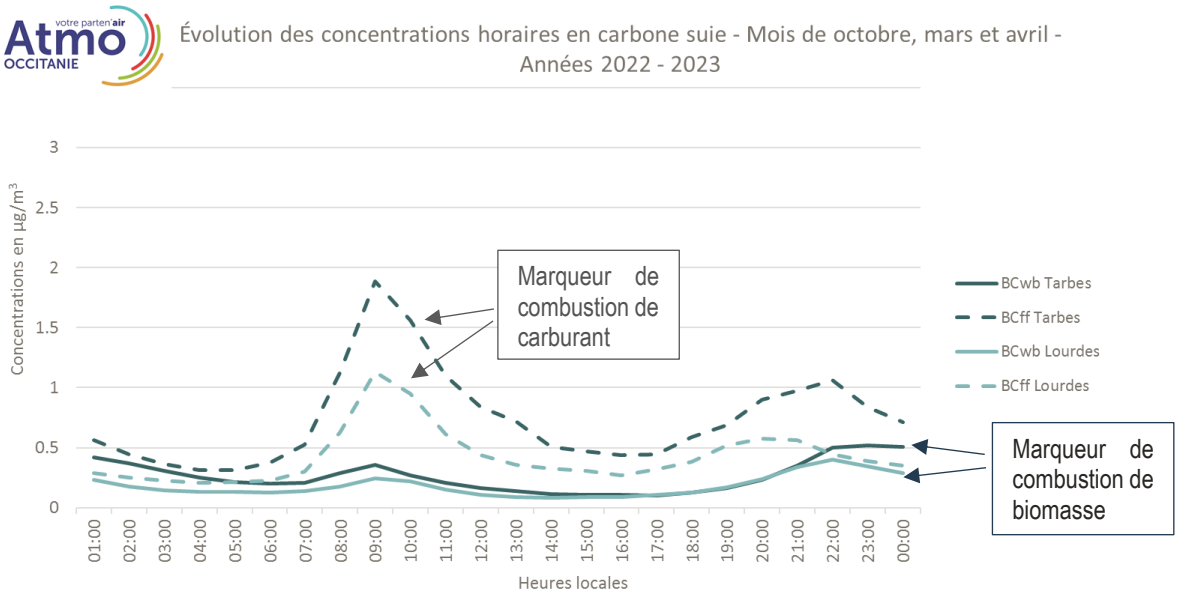
En période hivernale, les profils horaires des concentrations du carbone suie mettent en évidence que la source principale de particules dans l'air ambiant est la combustion de biomasse.

Sur les mois hors période de chauffe (octobre, mars et avril) : les concentrations moyennes en particules diminuent et leurs profils horaires évoluent. Les pics de concentrations disparaissent quasiment. Cependant, on note toujours une variation de la part des particules PM_1 dans les particules PM_{10} au cours de la journée :

- Entre 9h et 18h, les PM_1 représentent en moyenne entre 34% (Argelès-Gazost) et 43% (Tarbes) des particules PM_{10}.
- Dans la nuit, la part des PM_1 augmente jusqu'à atteindre au maximum 59% (Argelès-Gazost) et 67% (Tarbes) des PM_{10}.



Hors période de chauffe, les profils horaires des concentrations du carbone suie mettent en évidence que la source principale de particules est le trafic routier. La combustion de biomasse contribue également aux concentrations mais dans des proportions nettement moindres que pendant la période novembre – février.



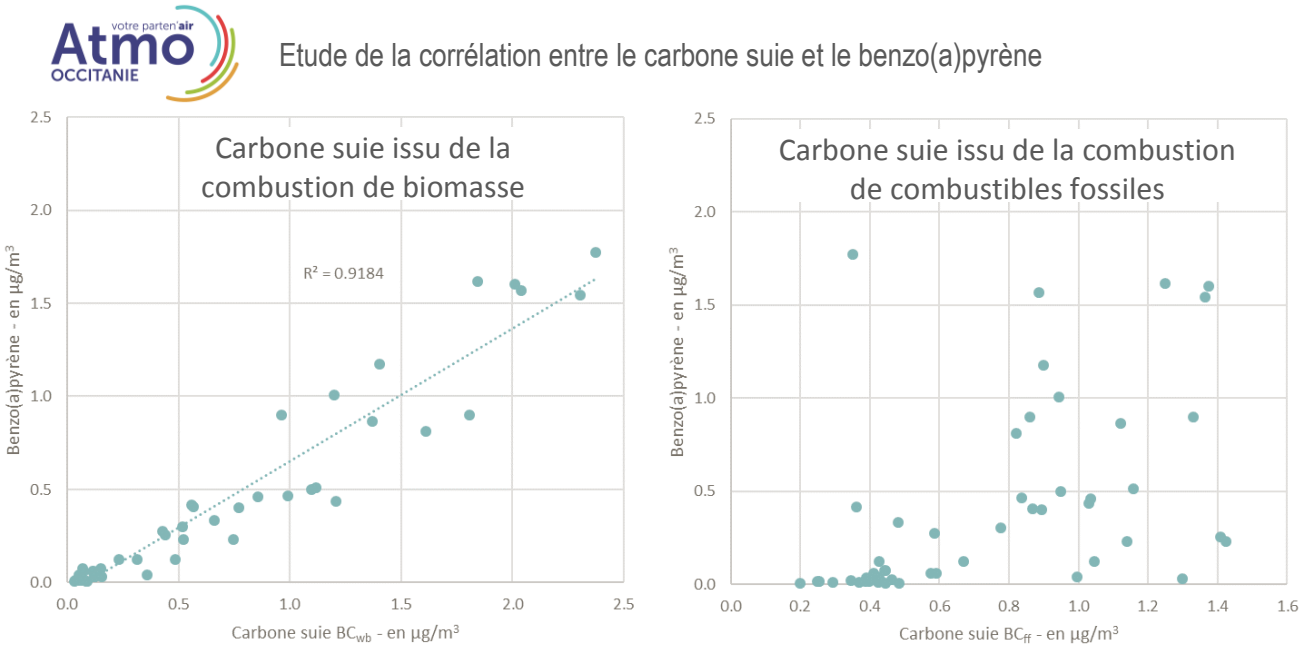
Il n'existe pas de polluant marqueur des émissions de particules dues aux feux pastoraux. **L'impact de ces pratiques peut en revanche être mis en évidence par la comparaison des profils journaliers des particules, notamment PM_1 et du carbone suie issu de la combustion de la biomasse, avec les profils moyens journaliers établis ci-dessus.** En effet, les feux pastoraux ont lieu normalement dans la journée, à la différence du chauffage résidentiel qui fonctionne principalement le soir et le matin.

4.1.2. Le benzo(a)pyrène

4.1.2.1. Un polluant marqueur de la combustion de biomasse

En 2016, dans le cadre de l'évaluation de la contribution des différents secteurs d'activité aux concentrations en particules sur le territoire de Lourdes[11], nous avions mis en évidence une très forte corrélation entre le benzo(a)pyrène et le lévoglucosan, composé reconnu comme traceur non ambigu de la combustion de biomasse. **Cette corrélation indiquait que le benzo(a)pyrène pouvait être utilisé sur le territoire comme un marqueur de la combustion de biomasse.**

Le benzo(a)pyrène est mesuré depuis plusieurs années sur la commune de Tarbes. Nous présentons, dans les graphes ci-dessous, les corrélations existant entre ce polluant et les concentrations de carbone suie BC_{wb} et BC_{ff} pour la période allant du 1er janvier 2022 au 1er septembre 2023. Le graphe de corrélation entre benzo(a)pyrène et carbone suie issu de la combustion de biomasse (BC_{wb}) met en évidence une très forte corrélation entre ces deux polluants, indiquant l'origine commune de ces composés. A contrario, le graphe de corrélation entre benzo(a)pyrène et carbone suie issu de la combustion de combustibles fossiles (BC_{ff}) met en évidence une absence de corrélation.



La combustion de biomasse dans les zones montagneuses engendre bien des émissions de composés spécifiques : les particules très fines PM_1, le carbone suie, le benzo(a)pyrène… Nous pouvons supposer

[11] Atmo Occitanie - Caractérisation chimique des particules sur le territoire de Lourdes – Hiver 2015 – 2016 (ETU-2016-44)

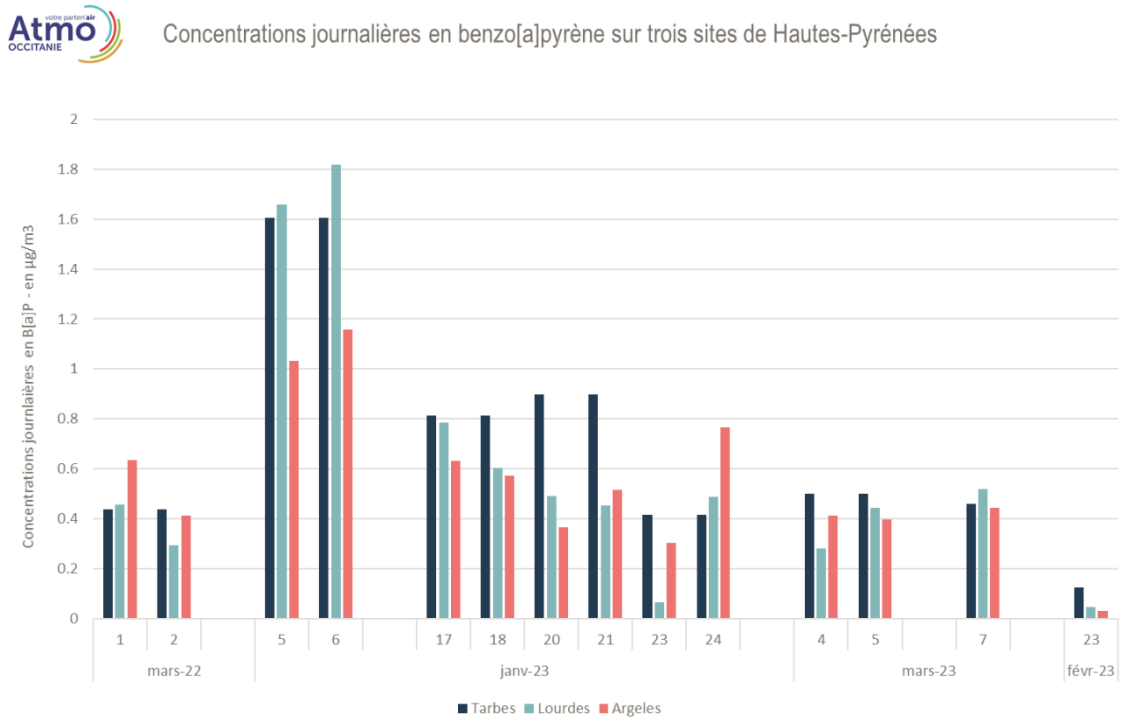
que la population est également exposée à d'autres hydrocarbures polycycliques émis par la combustion de biomasse.

4.1.2.2. Des niveaux similaires sur les trois sites de mesure

Atmo Occitanie a réalisé des prélèvements de benzo[a]pyrène simultanément sur les trois sites de mesures à 14 reprises entre mars 2022 et février 2023. Les journées choisies étaient celles présentant des concentrations de particules élevées c'est-à-dire propices à l'émission de benzo[a]pyrène.

Le benzo[a]pyrène est le seul hydrocarbure aromatique polycyclique réglementé dans l'air ambiant avec une valeur cible[12] de 1 ng/m^3 en moyenne annuelle.

Bien que les communes de Lourdes et Argelès-Gazost soient nettement plus petites que celle de Tarbes, les concentrations observées sont assez similaires. Elles sont, en moyenne, de 0,55 µg/m^3 pour Argelès-Gazost, 0,60 µg/m^3 pour Lourdes et 0,71 µg/m^3 pour Tarbes.



Nous constatons des concentrations élevées de benzo[a]pyrène lors des journées présentant des concentrations importantes en particules. De plus, compte tenu des concentrations mesurées, les niveaux annuels devraient rester en dessous de la valeur cible fixée pour ce polluant.

[12] Valeur cible : un niveau de concentration de substances polluantes fixé 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.

4.1.3. Les dioxines et furanes

Des prélèvements de dioxines et furanes dans les retombées totales atmosphériques ont également été réalisés pendant cette campagne de mesure. Les échantillons sont collectés sur une période de 2 mois puis analysés par un laboratoire.

Nous présentons ci-dessous les concentrations mesurées sur les trois sites pendant la campagne de mesure.

(en pg/m²/jour I-TEQ OMS 2005[13])	**Quantité de dioxines et furanes dans les retombées[14]**		
	Du 28/02/22 au 25/04/22	Du 26/10/22 au 04/01/23	Du 04/01/23 au 01/03/23
Tarbes	1,0	Dégradation du prélèvement	0,7
Lourdes	3,0	1,2	0,5
Argelès-Gazost	0,8	1,3	0,6

Atmo Occitanie réalise chaque année, sur la période novembre - décembre, des mesures de dioxines et furanes en fond urbain toulousain. Les quantités de dioxines et furanes mesurées dans les retombées sont comprises entre 0,5 et 0,7 pg/m²/jour I-TEQ OMS 2005. **Les quantités observées dans les Pyrénées au cours des différents bimestres de mesure sont du même ordre de grandeur (période du 04/01/23 au 01/03/23) ou supérieures à celles mesurées en fond urbain toulousain.**

En France, il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur de référence nationale pour les dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques, dans la mesure où il est admis que la contamination directe par inhalation est jugée mineure (environ 5%) comparativement à la voie alimentaire et plus particulièrement à l'ingestion de graisse animale[15].

L'organisme de surveillance de la qualité de l'air de la région Auvergne-Rhône-Alpes (Atmo AuRA) a établi, en 2010, deux valeurs de référence[16] à partir de données d'observation :

- 40 pg/m²/jour en moyenne sur deux mois,
- 10 pg/m²/jour en moyenne sur un an.

Ces valeurs de référence utilisées ci-dessous représentent des seuils au-delà desquels les niveaux sont susceptibles d'avoir été influencés directement par un événement (augmentation globale des niveaux de dioxines liée à un pic de particules) ou par une source spécifique (brûlage de câbles par exemple).

Les niveaux de dioxines et de furanes rencontrés dans les vallées pyrénéennes sont inférieurs à ces valeurs de référence.

---

[13] L'unité I-TEQ (Toxicity Equivalency Quotient) est une mesure utilisée pour évaluer la toxicité relative d'un mélange de dioxines et furanes par rapport à la toxicité du 2,3,7,8-TCDD (tétrachlorodibenzo-p-dioxine), qui est considéré comme le composé le plus toxique de cette famille. Ainsi, la concentration de dioxines et furanes est exprimée en unités I-TEQ OMS 2005, offrant une évaluation plus précise de la toxicité potentielle du mélange par rapport à la référence du 2,3,7,8-TCDD. Les espèces non quantifiées sont prises en compte dans les calculs de l'I-TEQ-OMS 2005, la concentration étant alors égale à la limite de quantification de la méthode d'analyse.

[15] INSERM - expertise collective – dioxines dans l'environnement, Quels risques pour la santé ? Synthèse et recommandations - 2000

[16] Ces valeurs de référence sont exprimées en équivalent toxique I-TEQ (OMS 97). Elles sont issues du rapport « Dioxines et métaux lourds dans l'air ambiant – Bilan des mesures réalisées entre 2006 et 2009 publié en 2010

4.2. Mise en évidence de l'impact d'un épisode de feux pastoraux sur la qualité de l'air

4.2.1. Pas d'épisodes de pollution observés simultanément à l'activité des feux pastoraux

Pendant la campagne de mesure 2022 - 2023, le département des Hautes-Pyrénées a ainsi été impacté par 10 épisodes de pollution aux particules PM_{10} : 4 procédures d'information et de recommandation et 6 procédures d'alerte ont été déclenchées. Nous listons ci-dessous ces différents épisodes de pollution et indiquons leur cause principale.

Episodes de pollution particulaire sur le département des Hautes -Pyrénées		
Date	**Procédure déclenchée**	**Cause principale**
27/01/2022	**Information**	**Activités humaines**
28/01/2022	**Alerte**	**Activités humaines**
29/01/2022	**Alerte**	**Activités humaines**
30/01/2022	**Alerte**	**Activités humaines**
15/03/2022	Information	Particules désertiques
16/03/2022	Alerte	Particules désertiques
28/03/2022	Information	Particules désertiques
29/03/2022	Alerte	Particules désertiques
21/02/2023	Information	Particules désertiques
22/02/2023	**Alerte**	**Activités humaines**

Nous avons établi que pour **4 épisodes de pollution liés aux activités humaines sur les 5 recensés**, aucun feu pastoral n'a été enregistré à proximité des trois sites de mesure par le système européen Effis (voir 2.2).

En revanche, le 27 janvier 2022, le système Effis a détecté un incendie ayant touché une surface de 8 hectares à 3 km au sud-est de la commune de Lourdes (9 km au nord-est de la commune d'Argelès-Gazost).

Cependant, l'évolution des concentrations des particules très fines (PM_1) mesurées dans l'environnement des trois sites de mesure ne met pas en évidence de hausses des concentrations en dehors du pic dû au trafic routier le matin et le pic dû au chauffage au bois le soir.

Durant la période étudiée (janvier 22 à avril 23), le chauffage au bois associé à des conditions météorologiques défavorables à la dispersion des particules émises, semble être la cause principale des épisodes de pollution dus aux activités humaines dans les Hautes-Pyrénées.

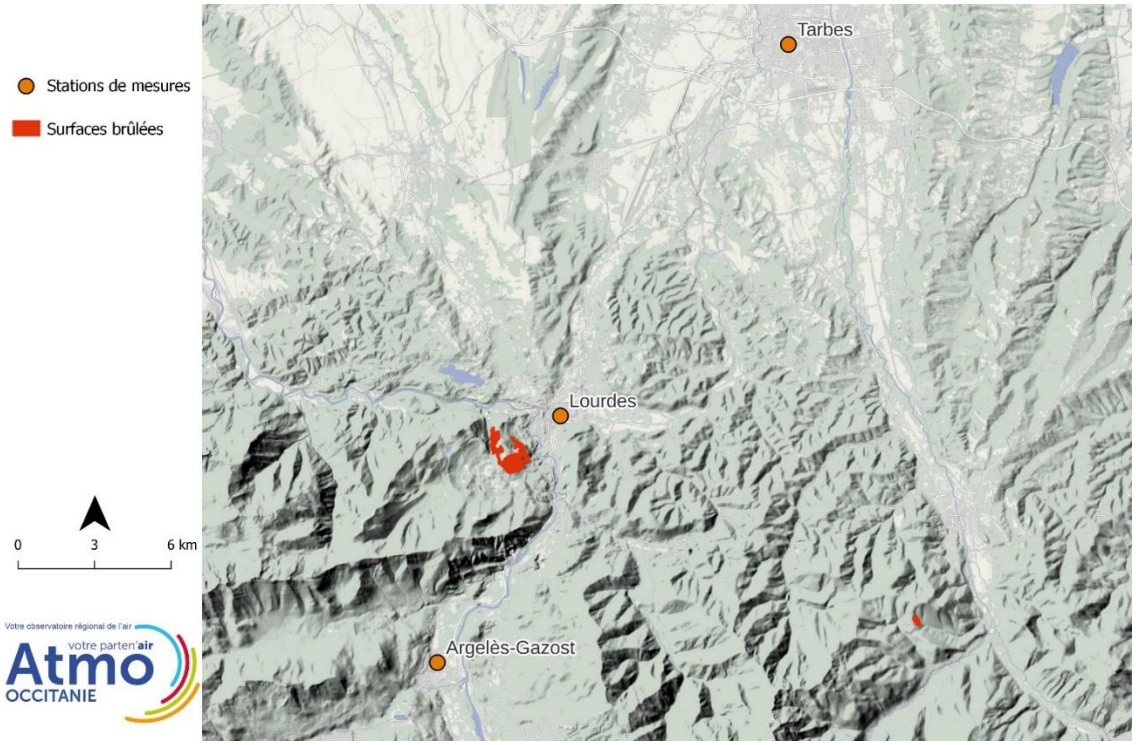
4.2.2. Une évolution des concentrations en particules et carbone suie atypique

Bien que nous n'ayons pas mis en évidence d'épisodes de pollution lors de feux pastoraux, ceux-ci peuvent induire ponctuellement des hausses non négligeables de particules et notamment de particules très fines.

Sur la période de mesures, nous avons étudié l'évolution des concentrations en particules mesurées pour chaque jour où un feu pastoral a été recensé par le système européen Effis. Pour la quasi-totalité de ces évènements, nous n'avons pas mis en évidence de profil atypique excepté pour un feu pastoral ayant eu lieu le 1er mars 2022.

Ce jour, le système Effis a détecté un incendie au sud-Ouest de la commune de Lourdes. Celui-ci a touché 110 hectares.

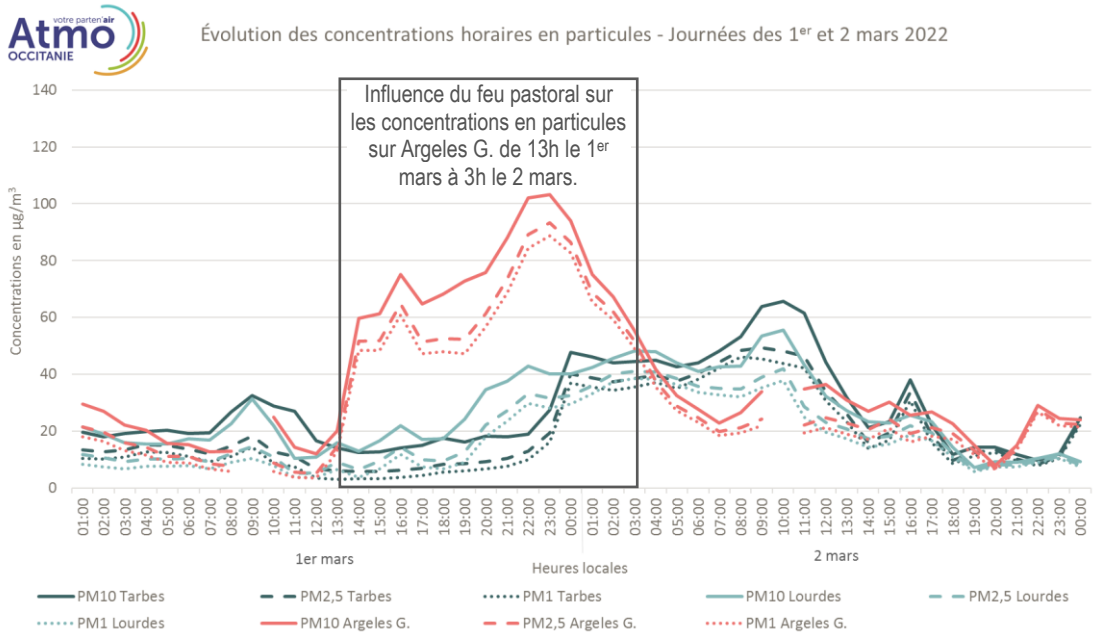
Situation du feu pastoral du 1er mars 2022



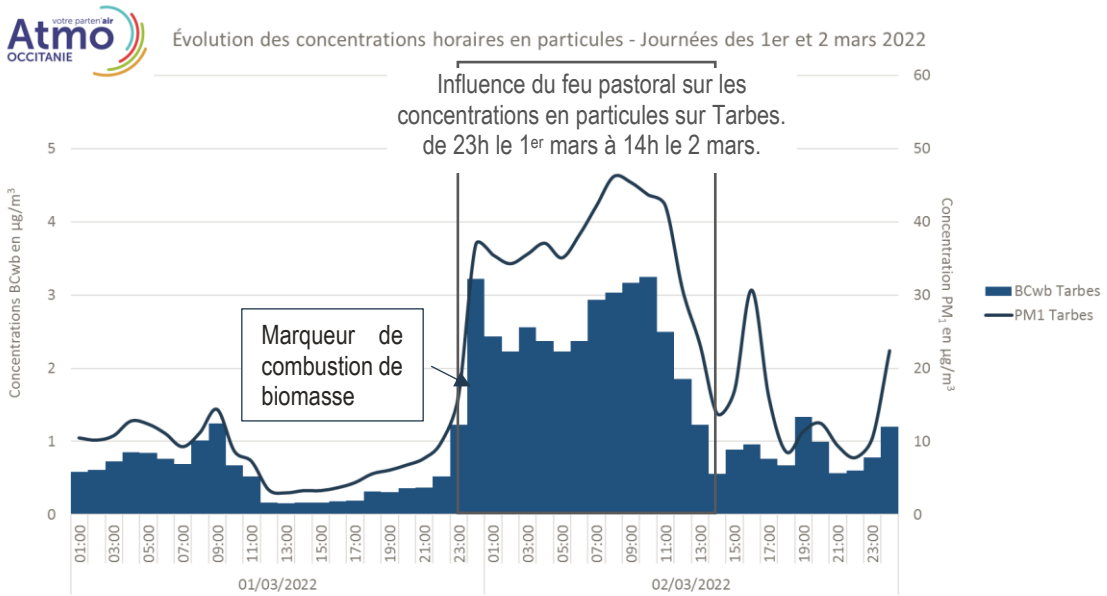
Entre 11h et 19h heures locales, le vent s'est orienté au nord-ouest entrainant les masses d'air chargées en particules vers le sud, remontant la vallée vers Argelès-Gazost. Les concentrations en particules observées sur Argelès-Gazost augmentent fortement à partir de 14h avec 80% de particules très fines PM_1. Cette augmentation n'est pas détectée pendant l'après-midi sur Tarbes et Lourdes, avec des niveaux de particules qui restent stables jusqu'à 18h. Sur ces quelques heures, les concentrations en particules observées dans l'environnement d'Argelès-Gazost sont près de 5 fois plus élevées pour les PM_{10} et 13 fois plus élevées pour les PM_1.

Après 19h, le vent tourne et souffle du sud jusqu'à 8h le lendemain. Les masses d'air chargées en particules passées sur Argelès-Gazost plus tôt dans la journée sont ramenées sur le territoire. Les niveaux de particules augmentent à nouveau pour atteindre leur niveau maximum à 23h (maximum horaire : 103 µg/m^3 pour les PM_{10}, 89 µg/m^3 pour les PM_1). Les masses d'air descendent la vallée en direction de Lourdes qu'elles atteignent

vers 19h puis Tarbes vers 23h. La topographie de ces deux territoires permettant la dispersion d'une partie des particules, les niveaux mesurés sont près de deux fois inférieurs à ceux observés auparavant à Argelès-Gazost.



Sur cette période, le carbone suie était uniquement suivi sur le territoire de Tarbes. Son profil d'évolution, corrélé à celui des particules PM_1, sur ce même territoire, confirme que ces dernières sont dues à la combustion de biomasse.



Le feu pastoral du 1er mars 2022 a eu un impact important sur les niveaux de particules PM_{10}, sans entrainer de dépassement systématique du seuil de 50 µg/m³ sur une journée caractérisant un épisode de pollution. Cependant, il contribue à l'augmentation des concentrations en particules ainsi qu'en carbone suie dans l'air.

La concentration moyenne journalière en particules très fines PM_1 a ainsi été de 37 µg/m³ sur Argelès-Gazost soit près de 4 fois plus élevée que celles mesurées sur Lourdes et Tarbes (respectivement, 12 et 11 µg/m³). C'est ainsi la concentration journalière la plus élevée mesurée sur ce site pendant les périodes de feux pastoraux étudiées. Bien que les particules se soient progressivement dispersées, cet impact a été visible jusque sur la commune de Tarbes située à près de 20 km de la zone brûlée.

Sur les nombreux feux pastoraux enregistrés par le système européen Effis sur le département des Hautes-Pyrénées[17], notamment au mois de février 2023, nous n'avons quasiment pas constaté de profils atypiques d'évolution des concentrations en particules PM_1 et en carbone suie issu de la combustion de la biomasse. Les particules émises semblent avoir un impact direct limité sur les variations des concentrations observées sur les 3 centres urbains. Ces émissions s'ajoutent cependant à la pollution diffuse présente dans la vallée, et contribue aux concentrations de particules hivernales.

4.2.3. Un impact limité sur les niveaux de benzo[a]pyrène

Le 1er mars 2022, la, concentration moyenne de benzo[a]pyrène mesurée sur le site d'Argelès-Gazost est l'une des plus élevées mesurée pendant la campagne de mesure, elle est 40% plus élevée que celles relevées sur Lourdes et Tarbes.

jour	Concentrations en B[a]P en ng/m³		
	Tarbes	Lourdes	Argelès-Gazost
01/03/2022	0,44	0,46	0,63

Elle est cependant nettement inférieure à celles mesurées les 5 et 6 janvier 2023 indiquées dans le tableau ci-dessous. Ces deux jours ont été marqués par des conditions météorologiques anticycloniques, des températures nocturnes et diurnes et une hauteur de couche limite[18] faibles. Les particules constituées à 80% de particules très fines et le carbone suie issu de la combustion de biomasse s'accumulent dans l'atmosphère. La concentration moyenne journalière en particules PM_1 observée le 6 janvier est ainsi de l'ordre de 24 µg/m³ pour Tarbes et Lourdes et de 15 µg/m³ pour Argelès-Gazost. **Aucun feu pastoral n'ayant été détecté par le système européen Effis sur le mois de janvier, il apparait que les niveaux de particules très fines, le carbone suie et le benzo[a]pyrène observés sont essentiellement émis par les dispositifs de chauffage au bois.**

jour	Concentrations en B[a]P en ng/m³		
	Tarbes	Lourdes	Argelès-Gazost
05/01/2023	1,60	1,66	1,03
06/01/2023		1,82	1,16

[17] Les feux pastoraux observés par le système européen Effis sur les départements voisins n'ont pas été analysés dans cette étude.

[18] La hauteur de la couche limite influence la manière dont les polluants sont transportés et dispersés dans l'atmosphère. Une couche limite plus basse peut entraîner une concentration plus élevée de polluants près du sol, car elle limite la dispersion verticale des substances polluantes. Cela peut aggraver les conditions de qualité de l'air à la surface. En revanche, une couche limite plus élevée offre davantage d'espace pour la dispersion verticale des polluants, contribuant ainsi à une dilution plus importante.

L'épisode de feu pastoral observé sur les concentrations de particules PM_1 semble avoir un impact du même ordre de grandeur sur les niveaux de benzo[a]pyrène. Cependant, les concentrations les plus élevées de benzo[a]pyrène sont mesurées en dehors d'un épisode de feu pastoral confirmant que ce polluant est un indicateur plus adapté à la surveillance de l'impact de la combustion de bois par les dispositifs de chauffage.

4.2.4. Les feux pastoraux sources de dioxines et furanes

Les dioxines et furanes regroupent une grande diversité de composés. L'analyse de la composition de ce mélange[19] peut nous permettre d'identifier des sources d'émission et de rapprocher certains échantillons en terme d'impact.

Nous présentons ci-dessous, pour chaque période de prélèvement, les graphiques de répartition :

- des concentrations des homologues[20] observées sur les trois territoires étudiés ainsi que le profil observé au cours de l'hiver 2022 en fond urbain toulousain, non impacté par d'éventuels feux pastoraux.
- De proportion en homologues dans le mélange.

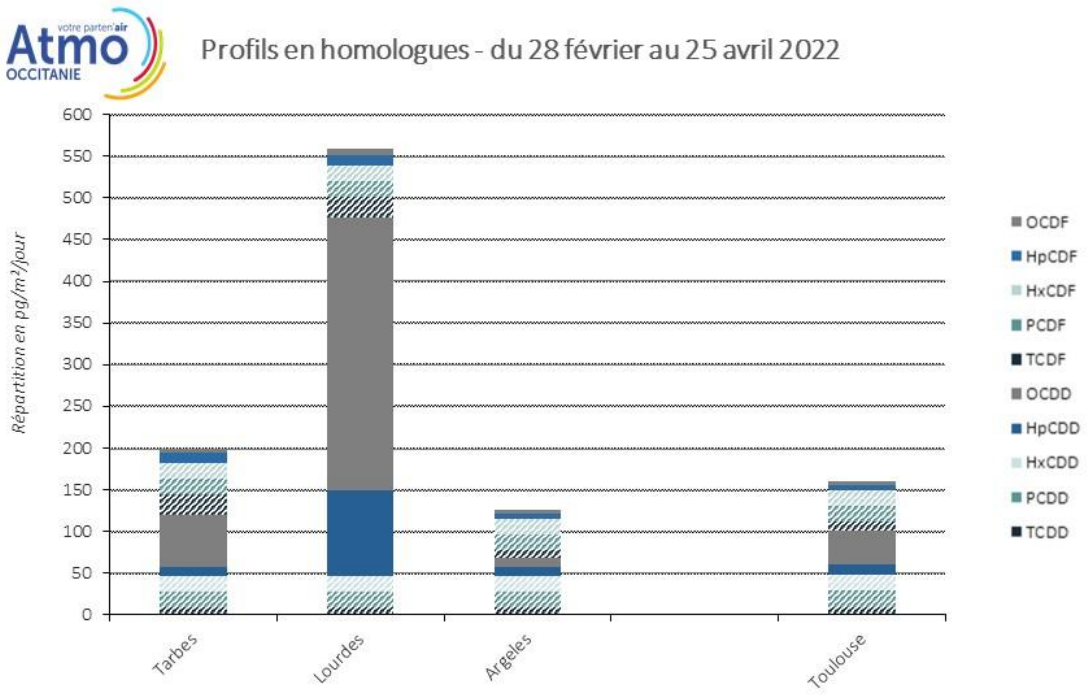
[19] La totalité des dioxines et furanes a été recherchée (y compris ceux qui ne sont pas considérés comme toxiques). Ils sont identifiés par groupes « homologues ».

[20] Un profil d'émissions en homologues est une représentation détaillée des différentes formes ou homologues spécifiques des dioxines (PCDD) et furanes (PCDF). Il comprend une liste des différentes congénères (ou homologues) de ces composés, chacun caractérisé par le nombre et la position des atomes de chlore sur la molécule (Nombre d'atomes de chlore : TCD : 4, PCD : 5, HxCDD : 6, HpCDD : 7, OCDD : 8). Ces profils détaillent la distribution relative des différents homologues.

4.2.4.1. Du 28 février au 25 avril 2022

Le graphe suivant présente la concentration des différents types d'homologues des dioxines et furanes (PCDD/F) répartis en fonction de leur classe chimique mesurés sur les trois sites pendant cette période.

Le profil de Lourdes met en évidence des concentrations 8 fois plus élevées en hpCDD (Heptachlorodibenzodioxines) et en OCDD (Octachlorodibenzodioxines) que sur Toulouse. Un évènement particulier, principalement émetteur de dioxine, est ainsi mis en évidence.



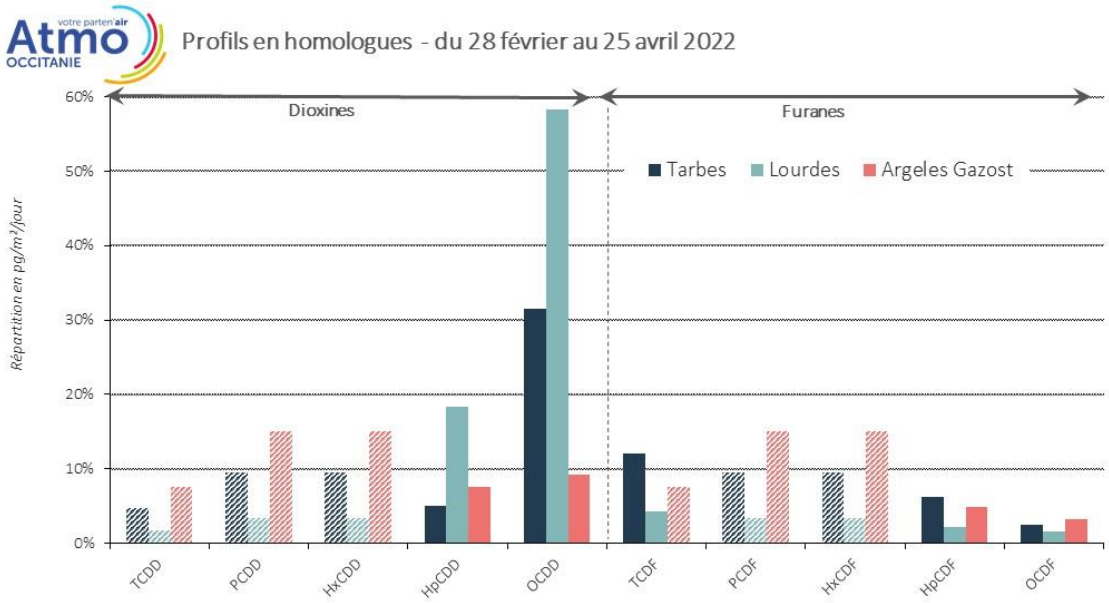
Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

Pendant la période du 28 février au 25 avril 2022, le système européen Effis a enregistré plusieurs feux pastoraux. Compte tenu de leur situation géographique, il apparait cependant que seul celui ayant eu lieu le 1er mars a pu potentiellement avoir un impact sur les niveaux de dioxines et furanes.

Alors que les concentrations de particules les plus fortes ont été mesurées sur Argelès-Gazost, les retombées en dioxines et furanes les plus élevées ont été relevées sur le site de Lourdes (3,0 pg/m²/jour I-TEQ OMS_{05}). Les dioxines et furanes présentes dans les retombées se déposent à la suite de processus atmosphériques qui sont accélérés en période de pluie. Or, lorsque les masses d'air chargées en polluants en raison du feu pastoral étaient sur le territoire d'Argelès-Gazost, aucune précipitation n'a été relevée. En revanche, le lendemain, alors que les masses d'air descendaient la vallée en passant par Lourdes puis Tarbes, des précipitations ont été relevées. Celles-ci ont permis le lessivage de l'atmosphère et la collecte des dioxines et furanes dans les eaux de pluie.

Le graphe suivant présente les profils de répartition en homologues observés sur cette période. On note que la répartition des dioxines et furanes de Lourdes et de Tarbes présente un profil particulier avec une forte contribution des OCDD (Octachlorodibenzodioxines) représentant près de 60% de la totalité des dioxines-furanes). Dans son avis « Effets sanitaires liés à la pollution générée par les feux de végétation à l'air libre », l'ANSES de Mai 2012 présente plusieurs études ayant mis en évidence ce type de profil lors du brûlage de

biomasse (forêts, récoltes, pailles, herbes…) tandis que la combustion typique de bois est caractérisée par une majorité de furanes par rapport aux dioxines.



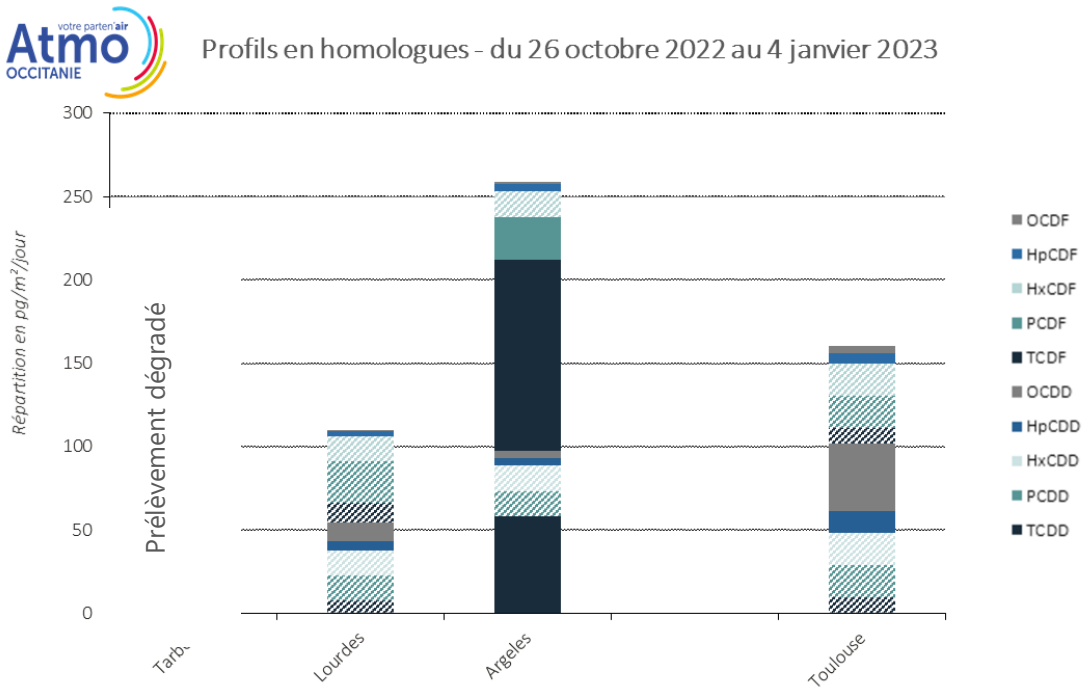
Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

Ces références bibliographiques semblent confirmer que les quantités plus élevées de dioxines et furanes observées sur Lourdes et dans une moindre mesure sur Tarbes pourraient être dues au feu pastoral du 1er mars.

4.2.4.2. Du 26 octobre 2022 au 4 janvier 2023

Comme illustré ci-dessous, sur cette seconde période, les profils de répartition en homologues observés diffèrent de ceux obtenus pour la période du 28 février au 25 avril 2022.

Le profil de Lourdes est similaire à celui mesuré sur Toulouse. En revanche, celui d'Argelès-Gazost met en évidence une concentration totale en dioxines et furanes 2,4 fois supérieures à celles de Lourdes ainsi que la présence de certains homologues non détectés sur Lourdes et Toulouse.



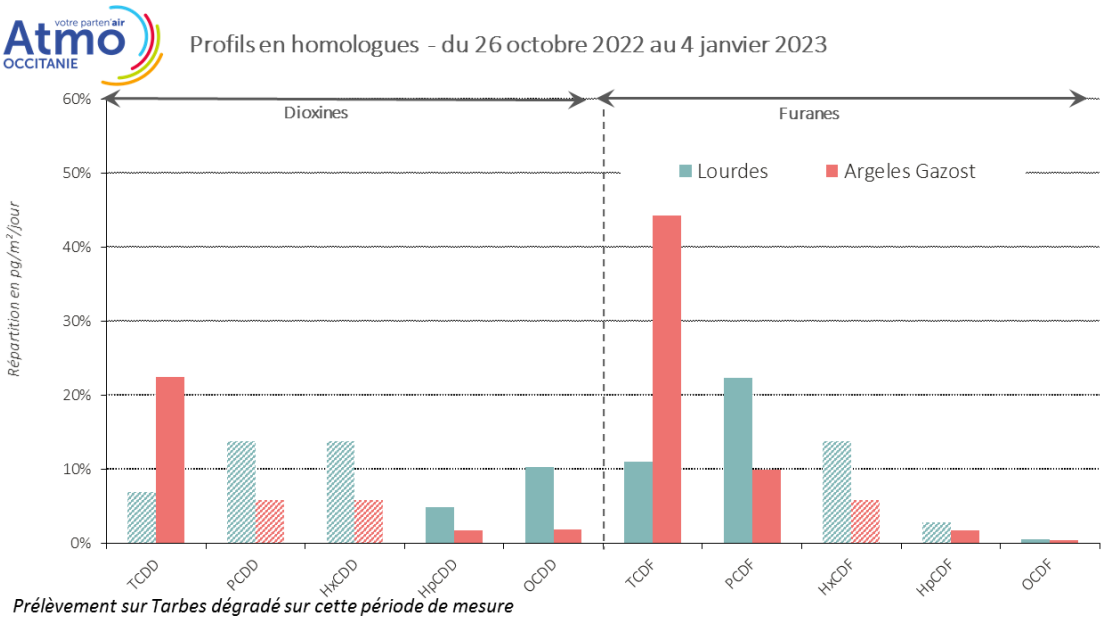
Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

Le système européen Effis n'a pas détecté de feux pastoraux pendant la seconde période de mesure portant du 26 octobre 22 au 4 janvier 23. La contribution des différents homologues analysés sur le site de Lourdes (graphe ci-dessous) ne met pas en évidence de particularités.

En revanche, le profil d'Argelès-Gazost est caractérisé par une majorité de furanes par rapport aux dioxines avec une décroissance progressive de la répartition des homologues :

- de TCDF (tétrachlorodibenzo-p-furane) à OCDF (octachlorodibenzofurane) ;
- de TCDD (tétrachlorodibenzo-p-dioxine) à OCDD (octachlorodibenzodioxine).

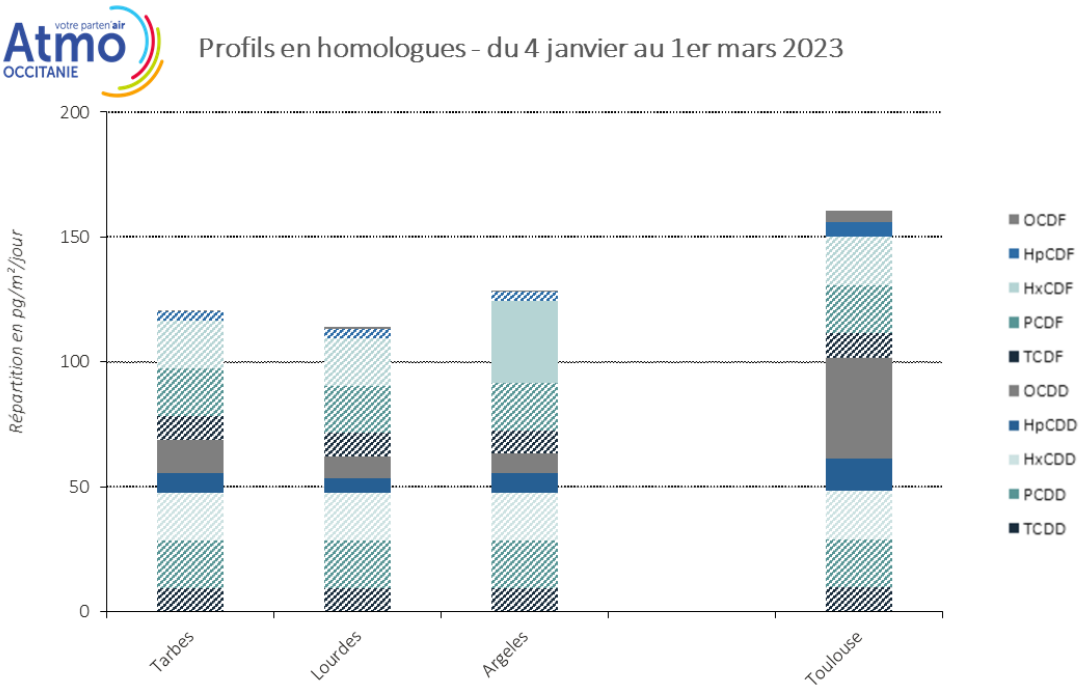
Ainsi, les congénères les plus lourds présentent un nombre d'atome de chlore plus importants (8 atomes pour OCDD et OCDF), sont présents en moins grande proportion par rapport aux congénères plus légers (4 atomes de chlore pour TCDD et TCDF). Ce profil est, selon l'avis de l'ANSES, caractéristique de la combustion de bois.



Prélèvement sur Tarbes dégradé sur cette période de mesure
Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

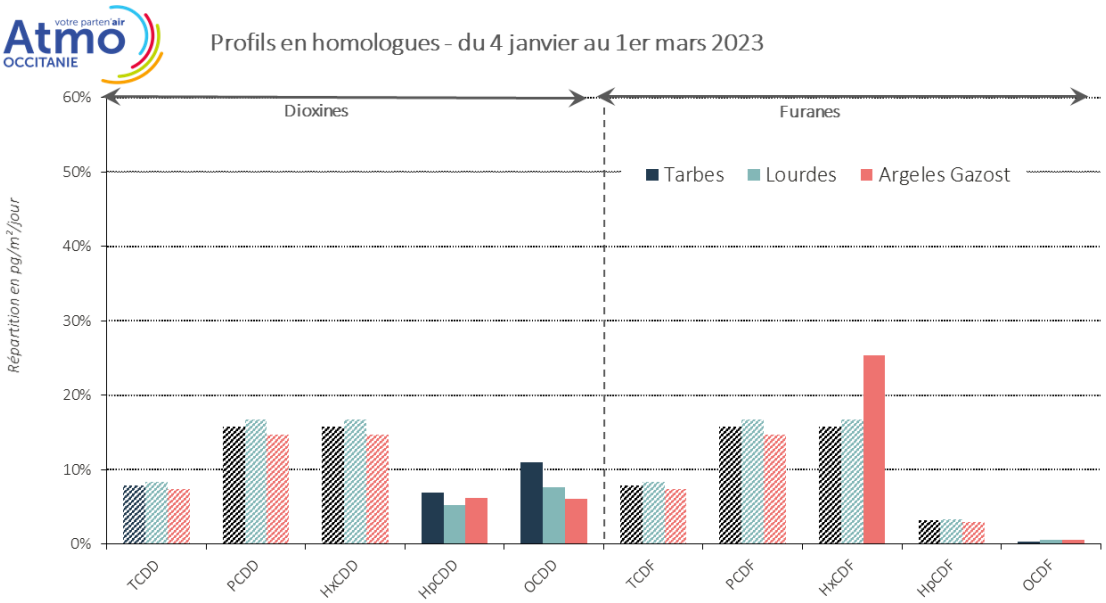
4.2.4.3. Du 4 janvier au 1er mars 2023

Sur cette dernière période, les profils de répartition des homologues en concentration observés sur les trois sites de Hautes-Pyrénées sont similaires. Peu d'homologues sont détectés



Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

Le réseau européen Effis a enregistré plusieurs feux pastoraux à proximité de Lourdes notamment. Cependant, les profils en homologues observés sur les trois sites ne mettent pas en évidence de fortes contributions des OCDD caractéristiques du brûlage de biomasse (forêts, herbes…) ni de majorité de furanes caractéristiques de la combustion de bois de chauffage.



Les homologues représentés en hachuré ont des concentrations inférieures à la limite de quantification

Seules les mesures faites lors de la période du 28 février au 25 avril 2022 semblent mettre en évidence l'impact d'un feu pastoral sur les quantités de dioxines et furanes présentes dans les retombées totales.

Si l'on considère que la quasi-totalité des dioxines et furanes présents dans les retombées atmosphériques totales de Lourdes serait due aux émissions du feu pastoral, il apparait que sa contribution additionnelle serait importante mais très limitée dans le temps.

4.3. Des épisodes de pollution d'origines diverses

4.3.1. Principales causes des épisodes de pollution aux particules

Au cours des hivers 2013-2014 et 2014-2015, Atmo Occitanie a mené deux études[21] pour caractériser les particules, notamment lors des épisodes de pollution, en divers sites du territoire régional.

Ces études ont mis en évidence deux types d'épisode de pollution aux particules :

- En **périodes automnale et hivernale**, lorsque les conditions météorologiques sont peu favorables à la dispersion (anticyclone, inversion thermique, températures faibles, peu de vent), **les particules émises localement par les activités humaines (chauffage, transport, feux pastoraux…) s'accumulent dans l'atmosphère**. En outre, la topographie du territoire joue un rôle en impactant l'écoulement des masses d'air. Une topographie en « cuvette » ou une vallée enserrée entre deux massifs va considérablement amplifier le phénomène d'accumulation des polluants car la dispersion horizontale des polluants sera contrainte. A contrario, les zones de plaine ou le long des grands fleuves bénéficieront d'une dispersion verticale et horizontale maximale[22].
- **Au début du printemps**, **l'ammoniac issu de l'épandage d'engrais azoté sur les parcelles cultivées, les oxydes d'azote émis par le transport, le dioxyde de soufre et les Composés Organiques Volatils émis par les dispositifs de chauffage et les industries se recombinent sous forme de particules dites « secondaires »**. Ces épisodes printaniers de pollution sont globalement caractérisés par leur étendue : ils impactent de larges territoires.

Enfin, ces dernières années, l'Occitanie, et plus généralement l'Europe, connait régulièrement des **épisodes de pollution dues à des particules désertiques**. Ainsi, dans certaines conditions, des dépressions se forment sur le désert saharien et des vents violents mettent en suspension des grains de sable. En percutant les sols, ceux-ci pulvérisent les argiles et de grandes quantités de particules sont mises en suspension. Les particules sont alors généralement transportées entre 1 et 5 kilomètres d'altitude sur des distances pouvant dépasser les 2 000 kilomètres. Lorsque ces masses d'air polluées parviennent au sol, ce phénomène d'import de particules désertiques se traduit par une hausse marquée des concentrations de particules en suspension (PM_{10}).

Au cours de ces épisodes sahariens, les concentrations en particules fines ($PM_{2,5}$) et très fines (PM_1) augmentent peu car ces dernières sont davantage liées aux activités anthropiques (notamment combustions)[23]. Lors des

[21] Atmo Occitanie – Caractérisation chimique des particules en trois sites de Midi-Pyrénées (ETU-2015-20)
Atmo Occitanie - Caractérisation chimique des particules sur le territoire de Lourdes – Hiver 2015 – 2016 (ETU-2016-44)
[22] https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/actualite/quoi-sont-dus-les-episodes-de-pollution-hivernaux
[23] L'Institut de Veille Sanitaire a produit une note de synthèse présentant les caractéristiques essentielles des particules désertiques (origine, trajectoire, composition, effets sur la santé). Ce document est accessible en version numérique à l'adresse suivante : https://www.corse.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-02/Etude_InVS_CIRE_vents_de_sable.pdf

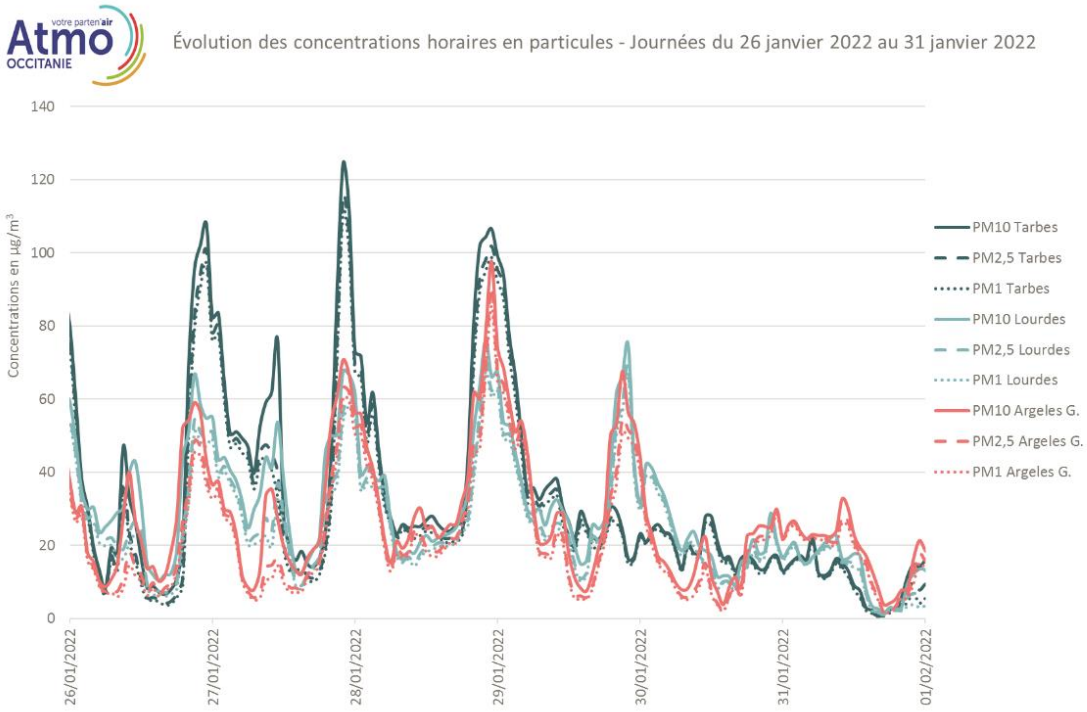
épisodes de pollution liés aux particules désertiques, les particules importées s'ajoutent aux autres types de particules déjà présentes au niveau local.

4.3.2. Présentation des épisodes de pollution dus aux activités humaines

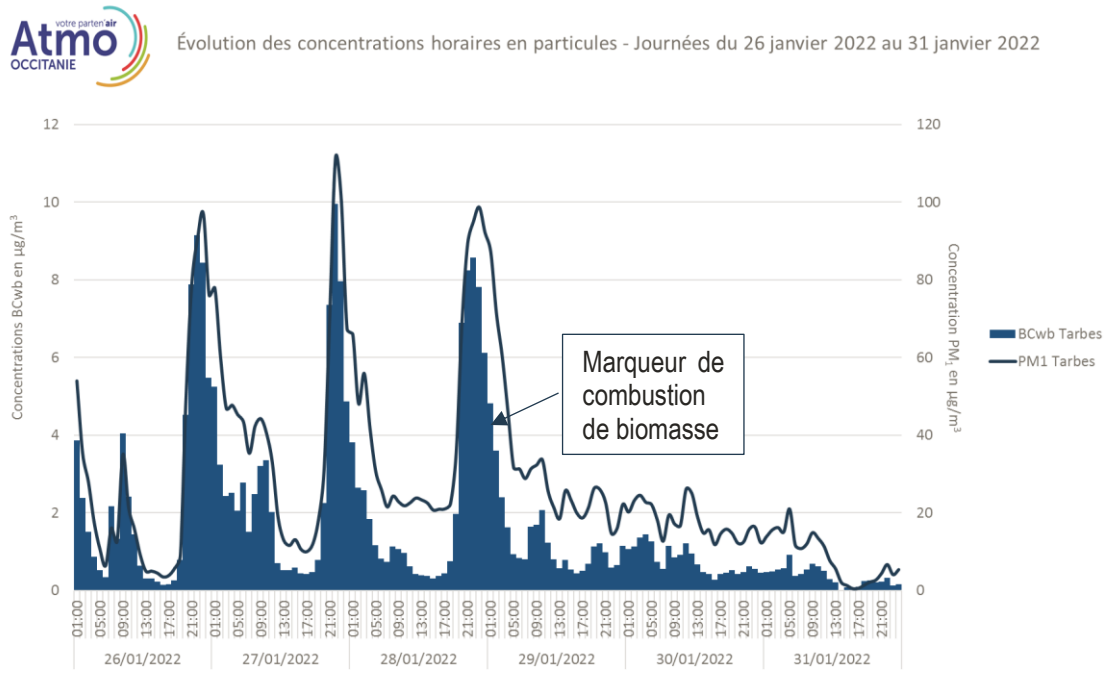
Nous détaillons ci-dessous les deux épisodes de pollution dus aux activités humaines ayant eu lieu pendant la période de de mesure.

4.3.2.1. Épisode de pollution observé du 27 au 30 janvier 2022

En janvier 2022, des conditions anticycloniques s'installent durablement sur la région. Les particules PM_{10} s'accumulent progressivement dans l'air. Le seuil d'information et de recommandation est déclenché le 27 janvier et le seuil d'alerte du 28 au 30 janvier du fait de la persistance de l'épisode de pollution. L'épisode s'achève le 31 janvier grâce à des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants atmosphériques. Comme le montre le graphique ci-dessous, sur les trois sites de mesures, les particules PM_1 représentent l'essentiel de la concentration massique de particules PM_{10} mesurée.

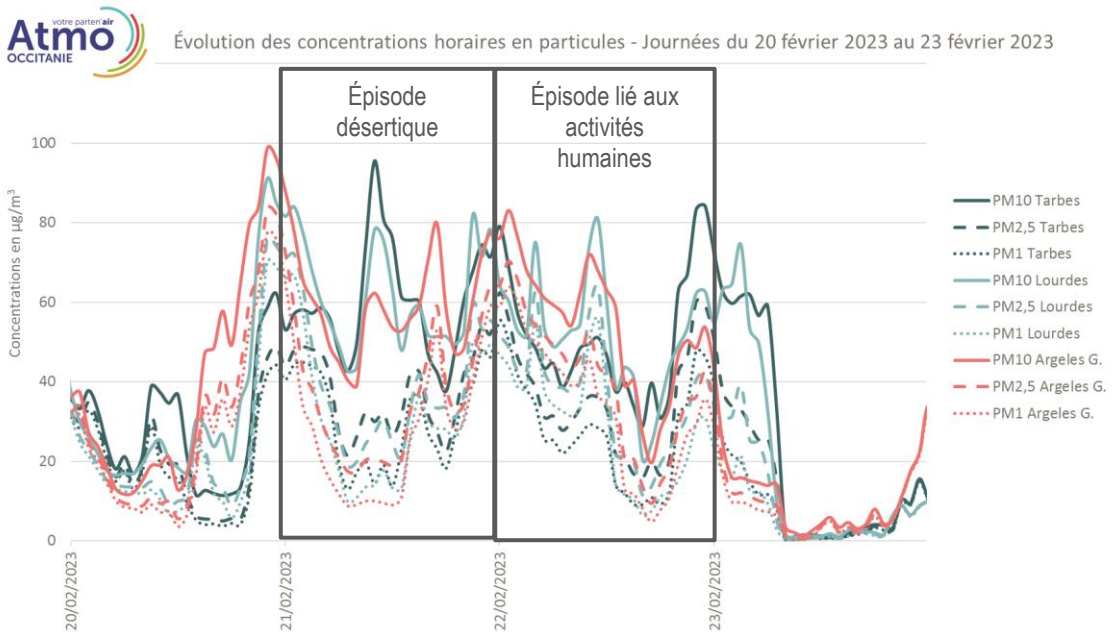


La comparaison de l'évolution des particules PM_1 et du carbone suie liées à la combustion de biomasse sur le site de Tarbes met en évidence que les maximas de concentrations de particules PM_1 sont constituées quasi-exclusivement de particules de carbone liées à la combustion de biomasse. Cette observation confirme le rôle joué par les dispositifs de chauffage au bois au cours de ces 4 jours d'épisodes de pollution.



4.3.2.2. Épisode de pollution observé les 21 et 22 février 2023

Le 21 février 2022, le seuil d'information et de recommandation est déclenché en raison de la prévision de l'arrivée sur le département d'une masse d'air chargée en particules désertiques. Celle-ci traverse rapidement le département dans la journée. Comme le montre le graphique ci-après, sur les trois sites de mesures, les concentrations de particules PM_{10} augmentent fortement entre 8h et 14h tandis que les concentrations de particules $PM_{2,5}$ et PM_1 restent faibles. Puis dans la soirée, les niveaux de particules $PM_{2,5}$ et PM_1 augmentent. Elles représentent alors la majorité de la masse des particules PM_{10} mettant ainsi en évidence la forte contribution du chauffage au bois.



L'épisode de pollution s'achève le 23 février grâce à des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants atmosphériques. Les concentrations en particules diminuent fortement.

5. Conclusion

Le département des Hautes-Pyrénées est concerné par un nombre important d'épisodes de pollution aux particules. La présente étude avait pour but d'améliorer les connaissances relatives aux différentes sources d'émissions de particules sur ce territoire et notamment de tenter d'évaluer l'impact de la pratique de feux pastoraux sur la qualité de l'air, bien qu'il n'existe pas de polluant marqueur spécifique de cette activité.

Un dispositif complémentaire de surveillance des particules et des composés issus de la combustion de biomasse (carbone suie, benzo[a]pyrène et dioxines et furanes dans les retombées) a ainsi été mis en place en trois sites : Argelès-Gazost, Lourdes et Tarbes sur les périodes du 1er janvier au 30 avril 2022 et du 1er octobre 2022 au 30 avril 2023. Les mesures réalisées ont été croisées avec les surfaces brûlées détectées par satellite via le système d'information européen des feux de forêts. Ainsi, sur la période de mesure, les feux pastoraux ont impacté une surface estimée à 26,7 km^2 plus élevée que celles observées sur les mêmes périodes entre 2018 et 2021. La période étudiée est donc représentative de l'activité de feux pastoraux sur le département des Hautes-Pyrénées. Cependant, l'influence des feux pastoraux sur les départements limitrophes n'a pas été étudiée.

Cette étude a mis en évidence l'existence d'un profil typique des concentrations de particules en lien avec les activités humaines de transport et de chauffage. En outre, il existe une corrélation forte entre le carbone suie issu de la combustion de la biomasse et le benzo[a]pyrène. Enfin, les quantités de dioxines et furanes mesurées dans les retombées totales sont du même ordre de grandeur ou supérieures au fond urbain toulousain. Elles sont inférieures aux valeurs de référence représentant des seuils au-delà desquels les niveaux sont susceptibles d'avoir été influencés directement par un événement.

L'analyse des concentrations de particules lors des jours où des feux pastoraux ont été observés a mis en lumière un profil atypique le 1er mars 2022. Lors de cette journée, les masses d'air chargées en polluants émis par le feu pastoral ont été poussées vers Argelès-Gazost puis, du fait du changement de la direction des vents, elles ont été rabattues vers Lourdes puis Tarbes.

Ce feu pastoral a entraîné des niveaux de particules nettement plus élevés à Argelès-Gazost qu'à Lourdes et Tarbes. En outre, son impact a été visible jusqu'à Tarbes à près de 20 km de la zone brûlée. En revanche, le feu pastoral semble avoir eu un impact plus limité sur les niveaux de benzo[a]pyrène. Enfin, il semble être la source d'émissions de dioxines et furanes qui sont retombées dans les pluies survenues lorsque les masses d'air survolaient Lourdes puis Tarbes.

Les prélèvements de dioxines et furanes ont été menés sur des périodes de 2 mois tandis qu'un épisode de feu pastoral ne dure que quelques heures. Sa contribution additionnelle aux quantités de dioxines et furanes peut donc être forte mais elle reste très limitée dans le temps au regard des autres sources d'émission.

Bien que les autres feux pastoraux observés pendant cette étude n'aient pas montré d'impacts significatifs sur les profils horaires habituels des particules, leur impact potentiel sur les niveaux de concentration de fond hivernal ne doit pas être négligé.

Enfin, la quasi-totalité des épisodes de pollution particulaires ont été observés pendant des journées sans feux pastoraux. Leur analyse a révélé que la hausse des concentrations était principalement imputable au chauffage au bois, exacerbé par des conditions météorologiques peu propices à la dispersion des particules émises.

Cette étude met en évidence la complexité des interactions entre les activités humaines, les conditions météorologiques et la qualité de l'air dans la région, soulignant l'importance d'une gestion intégrée pour maintenir une bonne qualité de l'air dans les Hautes-Pyrénées .

ANNEXE : Présentation des polluants étudiés

Particules

Sources

Les particules en suspension, ou aérosols atmosphériques, sont constituées d'un mélange complexe de substances carbonées, métalliques et ioniques en suspension dans l'air, sous forme solide ou liquide. Ces particules se distinguent par leur composition chimique et leur granulométrie. Une distinction est faite entre les particules PM_{10}, $PM_{2.5}$ et PM_1, de diamètre inférieur respectivement à 10 µm, 2,5 µm et 1 µm. Les émissions de particules PM_{10} intègrent celles de particules $PM_{2.5}$, qui intègrent elles-mêmes celles de PM_1.

Les propriétés physico-chimiques de cette matière particulaire (PM, Particulate Matter) sont fortement liées à leurs sources d'émission naturelles (poussières minérales, biogéniques, cendres volcaniques, etc.) ou anthropiques (particules issues de l'utilisation de combustibles fossiles, des activités industrielles, du chauffage domestique, etc.) mais également à leurs évolutions dans l'atmosphère.

Deux types d'aérosols peuvent être distingués selon leur processus de formation : les aérosols primaires émis directement dans l'atmosphère par différents mécanismes (action mécanique du vent sur les roches, les sols ou les sables, par des processus de combustion tels que les feux de forêts ou les unités d'incinération, par les éruptions volcaniques, par des processus biologiques conduisant à l'émission de pollens ou de débris végétaux, par des activités industrielles telles que la construction de bâtiments ou encore par usure de matériaux de synthèse tels que les pneus et les revêtements des routes), les aérosols secondaires formés dans l'atmosphère par des processus de transformation et de condensation de composés gazeux. Certains composés gazeux, appelés précurseurs d'aérosols, peuvent conduire, à travers diverses transformations chimiques, telles que l'oxydation, à des composés de plus faibles tensions de vapeur se condensant et formant la matière particulaire. Les principaux précurseurs gazeux conduisant à la formation de la matière particulaire sont les Composés Organiques Volatils (COV), les oxydes de soufre et d'azote (SO_X, NO_X) et l'ammoniac.

Effets sur la santé

Les effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement de ces particules sont aujourd'hui reconnus. Même à faible concentration, la pollution aux particules a une incidence sanitaire : il n'existe pas de seuil connu en dessous duquel il n'y a pas d'impact sur la santé. Il existe un lien étroit et quantitatif entre l'exposition à des concentrations élevées en particules et un accroissement des taux de mortalité et de morbidité.

La nocivité des particules dépend en partie de leur granulométrie (taille) : si les particules de taille plus importante sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures, les particules les plus fines peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire. Cette progression vers les bronchioles et alvéoles pulmonaires entraîne une irritation des voies aériennes inférieures et une altération de la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des problèmes cardio-vasculaires.

De plus, la composition de ces particules rentre également en compte car elles peuvent véhiculer des composés toxiques, allergènes, mutagènes ou cancérigènes tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les pesticides, les dioxines ou les métaux lourds, pouvant atteindre les poumons puis être absorbés par le sang et les tissus.

- **Effets sur l'environnement**

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus visibles. Le coût économique induit par leur remise en état (nettoyage, ravalement) est considérable. Au niveau européen, le chiffrage des dégâts provoqués sur le bâti serait de l'ordre de neuf milliards d'euros par an.

Carbone suie

- **Sources**

Le carbone suie appartient à la famille des particules. Deux propriétés principales le caractérisent : c'est un composé constitué de carbone (C) dont la couleur noire absorbe le rayonnement lumineux. Le carbone suie mesuré est un type de particules, produit exclusivement par les combustions incomplètes de combustibles d'origine fossile et biomassique, débarrassé de sa fraction organique. Il appartient aux particules fines $PM_{2,5}$ (diamètre inférieur à 2,5 µm), mais se retrouve principalement dans la partie la plus petite de celles-ci, les PM_1, dont le diamètre est égal ou inférieur à 1 µm (plus petite qu'une bactérie).

- **Effets sur la santé**

Sa structure fine et particulaire lui permet de pénétrer profondément dans les voies respiratoires lorsqu'il est inhalé. Il a de nombreux effets potentiels sur la santé humaine tels que l'inflammation des voies respiratoires, des effets cardiovasculaires et un affaiblissement du système immunitaire.

La présence de carbone suie est toujours associée à la présence de carbone organique lors des processus de combustion incomplètes comme les hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) considérés comme des agents cancérigènes. Le carbone suie peut également être le vecteur de métaux lourds et de métaux de transition (fer, cuivre...) qui sont susceptibles de générer des radicaux libres. Ces molécules chimiques très instables et réactives provoquent des dommages aux macromolécules biologiques avec des conséquences sur certaines fonctions métaboliques du corps humain.

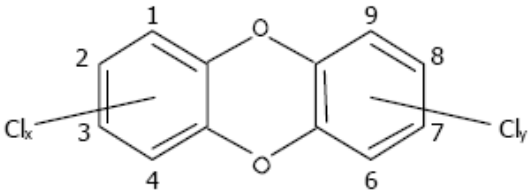
Dioxines et furanes

Description

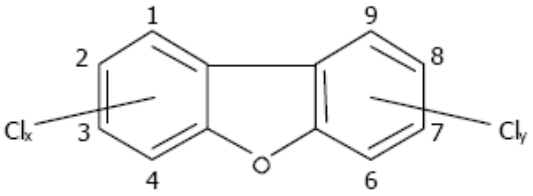
Le terme « dioxines » désigne 2 grandes familles de composés :

- les polychlorodibenzodioxines (PCDD) ;
- les polychlorodibenzofuranes (PCDF)

Leur structure moléculaire est très proche, voir schéma ci-dessous :



Structure générale des PCDD



Structure générale des PCDF

Les positions numérotées peuvent être occupées par des atomes d'hydrogène ou de chlore. Il existe donc un grand nombre de combinaisons liées au nombre d'atomes de chlore et de la position qu'ils occupent. On dénombre ainsi 75 congénères de PCDD et 135 de PCDF.

Les PCDD et les PCDF ont en commun d'être stables jusqu'à des températures élevées, d'être fortement lipophiles (solubles dans les solvants et les graisses) et peu biodégradables, d'où une bioaccumulation dans la chaîne alimentaire et donc, en final, chez l'homme (tissus adipeux, foie, laits maternels…).

Les dioxines font partie des 12 Polluants Organiques Persistants (POP) recensés par la communauté internationale. Les POPs sont des composés organiques, d'origine anthropique essentiellement, particulièrement résistants à la dégradation, dont les caractéristiques entraînent une longue persistance dans l'environnement et un transport sur de longues distances. Ils sont présents dans tous les comportements de l'écosystème et, du fait de leurs caractéristiques toxiques, peuvent représenter une menace pour l'homme et l'environnement.

Sources

Les PCDD et PCDF ne sont pas produits intentionnellement, contrairement à d'autres POP, comme les PCB (PolyChloroBiphényles). Ce sont des sous-produits non intentionnels formés lors de certains processus chimiques industriels comme la synthèse chimique des dérivés aromatiques chlorés. Ils apparaissent également lors du blanchiment des pâtes à papier, ainsi que lors de la production et du recyclage des métaux.

Enfin, ils sont formés au cours de la plupart des processus de combustion naturels et industriels, en particulier des procédés faisant intervenir des hautes températures (300-600°C). Pour que les dioxines se forment, il faut qu'il y ait combustion de matière organique en présence de chlore. Il existe plusieurs voies de formation des PCDD/F, mais il semble qu'ils soient majoritairement produits sur les cendres lors du refroidissement des fumées.

- **Voies de contamination**

Voie respiratoire

Du fait des faibles concentrations de dioxines généralement observées dans l'air inhalé, la voie d'exposition respiratoire est mineure (environ 5%) comparativement à l'exposition alimentaire pour la population générale.

Voie digestive

On peut distinguer deux voies potentielles d'exposition par ingestion :

- l'exposition par ingestion directe de poussières inhalées ou de sols contenant des PCDD/PCDF ;
- l'ingestion indirecte par le transfert des contaminants au travers de la chaîne alimentaire. Il est admis que l'exposition via l'eau potable est négligeable, du fait du caractère hydrophobe des dioxines et des furanes.

Pour la population générale, c'est la voie alimentaire qui constitue la principale voie de contamination en raison de l'accumulation de ces composés dans la chaîne alimentaire. Les PCDD/PCDF émis dans l'atmosphère se déposent au sol, en particulier sur les végétaux. Ces derniers entrent dans l'alimentation animale, les PCDD et PCDF se fixant alors dans les graisses. Les capacités d'élimination étant faibles, elles se concentrent le long de la chaîne alimentaire. Il est admis que l'exposition moyenne s'effectue à 95% par cette voie, en particulier par l'ingestion de graisses animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons, œufs).

- **Effets sur la santé**

Des incertitudes demeurent dans l'évaluation du risque associé aux dioxines, qu'il s'agisse de l'appréciation de la nocivité intrinsèque des dioxines, des risques ramenés à un niveau d'exposition ou de dose, voire du niveau d'exposition des populations.

Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a classé la 2,3,7,8 TCDD (dite dioxine de Seveso) dans les substances cancérigènes pour l'homme. En revanche, l'EPA (agence américaine de l'environnement) a évalué le 2,3,7,8 TCDD comme cancérigène probable pour l'homme. Les autres formes de dioxines sont considérées comme des substances non classifiables en ce qui concerne leur cancérogénicité.

Globalement, on peut observer plusieurs effets sur la santé : cancérigène, chloracné, hépatotoxicité, immunosuppresseur, perturbateur endocrinien, défaut de développement et reproduction, diabète…

- **Évaluation de la toxicité d'un mélange (facteur équivalent toxique)**

Les dioxines et furanes présentent des toxicités très variables, en fonction du nombre et du positionnement des atomes de chlore. Parmi les 210 composés existants, 17 ont été identifiés comme particulièrement toxiques pour les êtres vivants. Ils comportent au minimum 4 atomes de chlore occupant les positions 2, 3, 7 et 8.

Les résultats des analyses d'un mélange de PCDD et PCDF sont généralement exprimés en utilisant le calcul d'une quantité toxique équivalente (I-TEQ pour International-Toxic Equivalent Quantity). La toxicité potentielle des 17 congénères est exprimée par rapport au composé le plus toxique (2,3,7,8 TCDD), en assignant à chaque congénère un coefficient de pondération appelé I-TEF (International-Toxic Equivalent Factor). Ainsi, la molécule de référence (2,3,7,8 TCDD) se voit attribuer un I-TEF égal à 1.

La quantité toxique équivalente I-TEQ est obtenue par la somme des concentrations de chaque congénère pondéré par son TEF soit :

$$I-TEQ=\sum(C_i\ xTEF_i)$$

Où C_i et TEF_i sont la concentration et le TEF du congénère i contenu dans le mélange.

Il existe 3 systèmes d'équivalents toxiques : 1 défini par l'OTAN en 1989 et 2 définis par l'OMS, en 1997 et 2005.

Le benzo[a]pyrène

Le benzo[a]pyrène est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP).

- **Sources**

Il est présent dans l'environnement en raison de diverses sources d'origine anthropique, principalement issues de la combustion incomplète de matières organiques. Ces sources incluent les émissions provenant des véhicules à moteur, des processus industriels tels que la production d'acier, la combustion de combustibles fossiles et la combustion de biomasse, y compris le chauffage au bois. Il est également généré naturellement lors des incendies de forêt.

- **Effets sur la santé**

Le benzo[a]pyrène est reconnu comme étant cancérogène pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC). Il a ainsi été associé au développement de cancers, en particulier ceux liés aux voies respiratoires, suite à une exposition prolongée par inhalation ou ingestion.

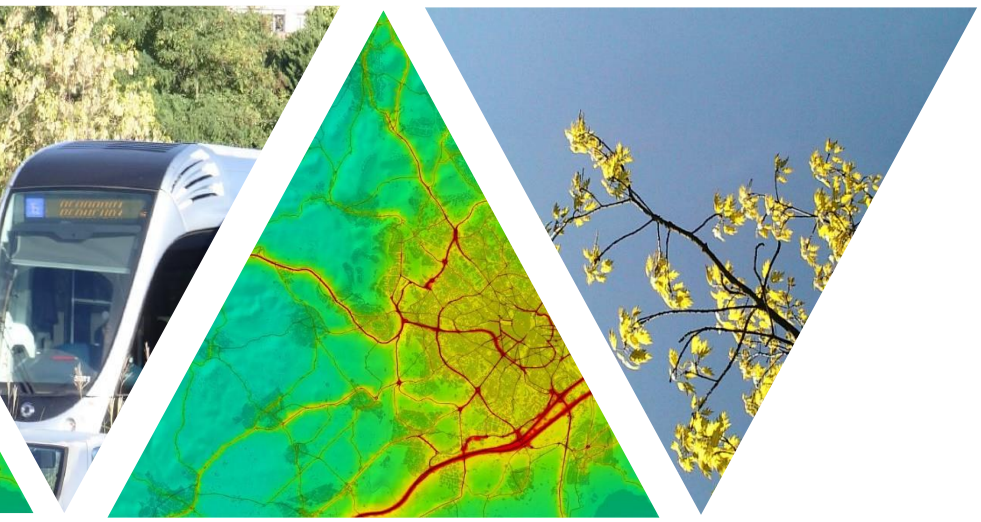
En plus de ses propriétés cancérigènes, il est également mutagène, ce qui signifie qu'il a la capacité de provoquer des mutations génétiques. Les mutations génétiques peuvent entraîner des altérations permanentes dans l'ADN, pouvant potentiellement conduire à des anomalies génétiques et à des problèmes de santé.

Par ailleurs, il est reprotoxique, ce qui signifie qu'il peut avoir des effets néfastes sur la reproduction. Une exposition pendant la grossesse peut présenter des risques pour le développement du fœtus, pouvant entraîner des anomalies congénitales.

Enfin, le benzo[a]pyrène a été associé à des effets néfastes sur le système respiratoire, provoquant des irritations pulmonaires et exacerbant les conditions respiratoires préexistantes.

- **Effets sur l'environnement**

Le benzo[a]pyrène est également toxique pour l'environnement. Ils contaminent les sols, eaux et aliments en génèrent du stress oxydant dans les organismes vivants.



L'information sur la qualité de l'air en Occitanie

www.atmo-occitanie.org

votre parten'air
Atmo
OCCITANIE
Votre observatoire régional de l'air

Agence de Montpellier
(Siège social)
10 rue Louis Lépine
Parc de la Méditerranée
34470 PEROLS

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie