

## AVANT-PROPOS

**Ce document, produit par un ou plusieurs chercheurs de l'Université Savoie Mont Blanc dans le cadre du Grand [La]BO, retranscrit un regard indépendant.**

**L'un des objectifs du projet est d'amener un éclairage extérieur sur Le Grand-Bornand.**

**Le Conseil Municipal peut ne pas toujours partager les observations et conclusions des chercheurs.**

**Par volonté de transparence et d'ouverture, les éléments réceptionnés, issus du travail des chercheurs et des étudiants, sont diffusés sans intervention municipale.**

---

# QUALITE DE L'AIR HIVERNALE

---

*Jean-Luc BESOMBES, Manon CAMY (stagiaire), Christine PIOT, Mathieu PIN (assistant -ingénieur)*

## Contexte et mesures effectuées

### Contexte

Les territoires savoyards, en particulier les vallées, sont soumis en hiver à de nombreux épisodes de pollutions atmosphériques par les particules fines (appelées PM). Ces épisodes hivernaux s'accompagnent également de forts niveaux de concentrations de certains polluants organiques persistants classés Cancérigène Mutagène et Reprotoxique tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

La quantité de particules fines présentes dans l'atmosphère mais également leur composition chimique influencent directement la qualité de l'air. Plusieurs sources d'émissions de particules sont responsables des niveaux d'exposition en PM : combustion de biomasse, émissions véhiculaires, industrie, combustion de gaz naturel, apports crustaux, débris végétaux, émissions culinaires.... A ces sources primaires d'émission doivent également s'ajouter les processus secondaires de formation des aérosols encore mal connus et en partie dus aux interactions gaz-particules.

La commune du Grand Bornand n'ayant à ce jour jamais réalisé d'étude de qualité de l'air de son territoire, une étude a été proposée à la commune en période hivernale dans le cadre du projet GRAND La[BO] et en partenariat avec l'AASQA AtmoAuRA. Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'impact de la fréquentation touristique (émissions atmosphériques dues au transport) et du chauffage au bois sur la qualité de l'air sur un site de fond urbain représentatif de la qualité de l'air à laquelle est exposée la population en hiver. Cette étude est complémentaire aux différentes études déjà réalisées en vallées alpines depuis 20 ans par EDYTEM et AtmoAuRA (vallées de l'Arve, de la Maurienne, de Grenoble). De plus cette étude permettait l'opportunité de réaliser, en parallèle des mesures de la qualité de l'air ambiant, une étude de la qualité de l'air intérieure dans l'école privée de la commune réalisée par le laboratoire LOCIE, non présentée dans ce rapport.

## Mesures réalisées

Afin d'étudier la qualité de l'air sur la commune, AtmoAuRA a déployé une station mobile de mesures de la qualité de l'air sur un site de fond urbain. Le choix du site a été fait conjointement avec la commune afin d'instrumenter un site dit de fond urbain représentant : (i) l'air que respire la population locale du village, (ii) pas de proximité directe d'une source d'émissions de polluants atmosphériques telle que les bords de route, (iii) accès à un branchement électrique pour la station mobile d'AtmoAuRA. Le site instrumenté fut donc le parking de l'école privée Saint Jean Baptiste située en plein cœur du village, au milieu de résidences principales et secondaires et sans proximité immédiate d'une route/rue. De plus ce site présentait l'avantage d'être un lieu de passage pour les habitants afin de les sensibiliser à la qualité de l'air via des visuels affichés sur la station mobile (photos du site et des visuels en figure 1).



Figure 1 : Photos du site et des visuels

La station mobile d'AtmoAuRA complétée d'un appareil de mesure du carbone suie fourni par EDYTEM a permis de réaliser des mesures en continu (données enregistrées avec un pas de temps à la minute) des principaux polluants atmosphériques réglementés : gaz ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  ; la somme des deux étant appelée  $\text{NO}_x$ ) et particules fines ( $\text{PM}_{10}$  : particules de diamètre inférieur à  $10\text{ }\mu\text{m}$  et carbone suie contenu dans les  $\text{PM}$ ) et d'échantillonner les particules fines pour analyser leur composition chimique avec un focus sur la composition de la matière organique particulaire. Pour ces prélèvements, le pas de temps d'échantillonnage était de 24 heures avec des débits de pompage de l'air ambiant de  $30\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . La campagne de prélèvements s'est déroulée du 9 décembre 2022 au 7 mars 2023 avec 89 échantillons des particules fines collectés. De plus, des prélèvements témoin (« blanc de terrain ») ont également été réalisés afin d'évaluer la qualité et la propreté des prélèvements.

## Résultats

### Dynamique temporelle des polluants majeurs : NOx et PM<sub>10</sub>

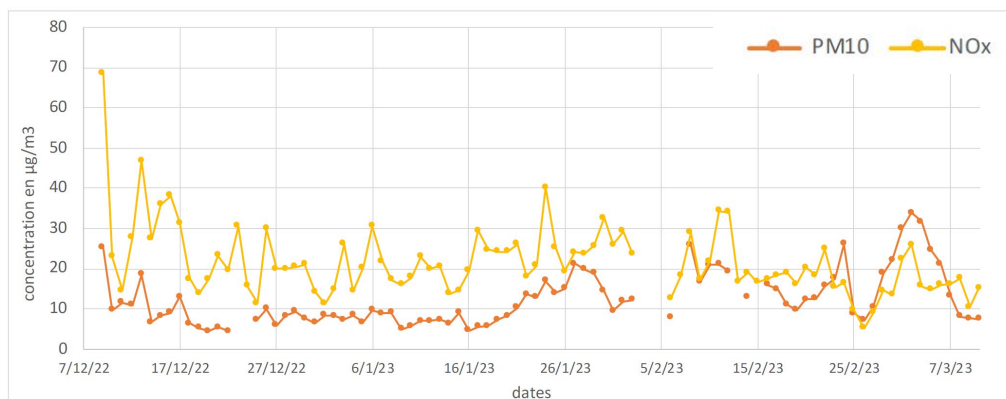


**Figure 2 :**  
Evolutions  
temporelles des  
concentrations en  
PM<sub>10</sub> et NOx au Grand  
Bornand à l'hiver

D'après la figure 2, sur l'ensemble de la période d'étude les concentrations en PM<sub>10</sub> et en NOx sont inférieures aux valeurs seuils réglementés (les valeurs seuils en moyenne journalière sont de : 45 µg.m<sup>-3</sup> pour les PM<sub>10</sub> et 25 µg.m<sup>-3</sup> pour NO<sub>2</sub>). Les dynamiques temporelles des PM<sub>10</sub> et NOx sont similaires et dépendent de la météorologie : les événements de précipitations lessivent l'atmosphère et entraînent une diminution des concentrations en polluants alors que des conditions anticycloniques hivernales de beau temps et température froide favorisent l'accumulation de polluants.

Les dynamiques temporelles et niveaux de concentrations en NOx et PM<sub>10</sub> mesurées au Grand Bornand ont été comparées à celles mesurées sur d'autres stations de qualité de l'air de vallées alpines de la région et cette comparaison est présentée pour les PM<sub>10</sub> en figure 3.

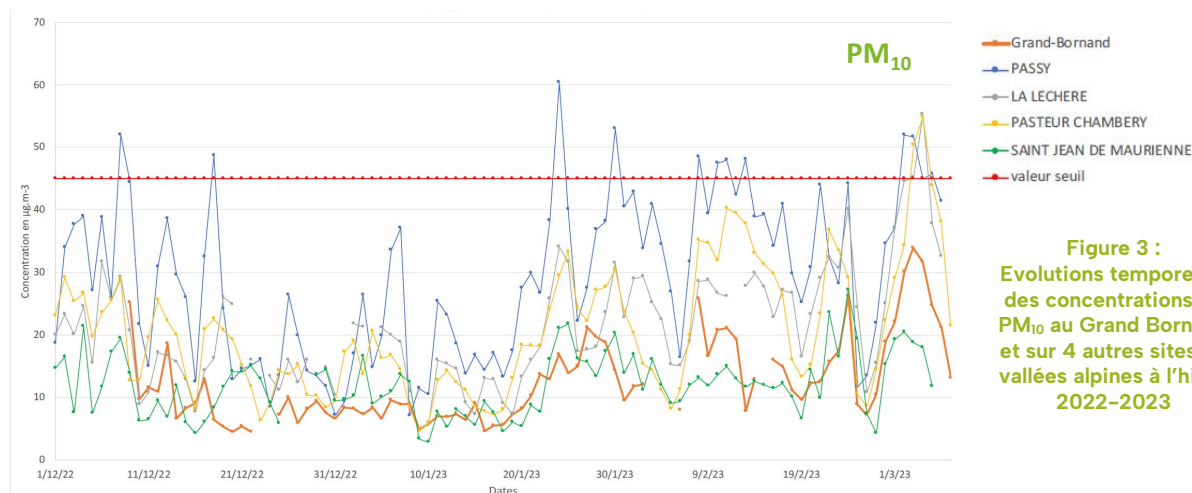


**Figure 3 :**  
Evolutions temporelles  
des concentrations en  
PM<sub>10</sub> au Grand Bornand  
et sur 4 autres sites de  
vallées alpines à l'hiver  
2022-2023

Les concentrations en  $PM_{10}$  mesurées au Grand Bornand à l'hiver 2022-2023 sont inférieures à celles des 4 autres sites des vallées alpines et suivent la même dynamique temporelle. Les mêmes observations ont été faites pour  $NO_2$  (figure non présentée dans ce rapport).

## Composition majeure des $PM_{10}$

Les particules fines (PM) sont composées d'une fraction organique et d'une fraction inorganique. La fraction organique peut être quantifiée globalement par la mesure du carbone organique (OC) et du carbone élémentaire (EC). A partir de la mesure de l'OC, il est possible de calculer la quantité de matière organique particulaire (OM ou MOP) présente dans les PM en multipliant la concentration en OC par un facteur issu de la littérature. Le facteur utilisé pour les données du Grand Bornand en hiver est de 1,8 et est caractéristique des PM en étude hivernale en vallée alpine. A l'échelle moléculaire, l'OM est composée de différentes grandes familles chimiques tels que les acides, alcanes, HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), méthoxyphénols, sucres (dont les monosaccharides, traceurs des émissions de combustion de biomasse), etc. Dans la fraction inorganique de l'aérosol, nous identifions les ions majeurs (sulfates, ammonium et nitrates) et d'autres espèces ioniques tels que le calcium permettant de calculer la part de poussières crustales appelée « dust » ou le sodium permettant de calculer la part de sels marins « sea-salt » ou de sels de route en hiver. La fraction inorganique est composée également d'espèces chimiques non identifiées dans cette étude, telles que les métaux.

Une caractérisation globale de l'aérosol est réalisée en étudiant les parts respectives de chacune des espèces quantifiées à la concentration massique en  $PM_{10}$ . La composition chimique moyenne des  $PM_{10}$  sur l'ensemble de la campagne hivernale est présentée ci-après (figure 4 gauche) et en comparaison celle mesurée à Passy en janvier-février 2020 (figure 4 droite). Les données de Passy ont été obtenues dans le cadre du projet ECAP1 réalisé en collaboration avec AtmoAuRA.

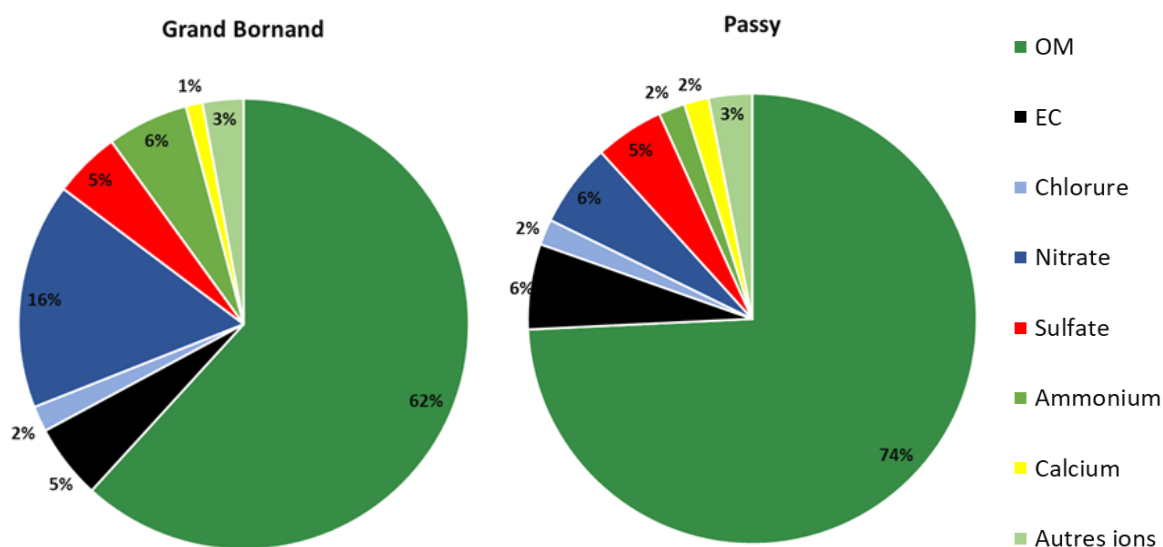


**Figure 4 :**  
Bilan de masse des PM<sub>10</sub> en moyenne sur la période hivernale ; à gauche au Grand Bornand en 2022-2023 et à droite à Passy en 2020

L'OM représente la fraction majoritaire des PM<sub>10</sub> en hiver au Grand Bornand. Le même constat est réalisé sur l'ensemble des sites de vallées alpines en hiver. Les sources majoritaires en hiver sont donc des sources émettrices de MOP telles que les combustions. La fraction moyenne d'OM est nettement plus faible en comparaison avec un site comme Passy. Cependant au cours de la période d'observation elle a évolué de 42 à 82%. Le bilan de masse au Grand Bornand se caractérise par une fraction en nitrate et en ammonium bien plus importante qu'à Passy (16% de la masse) qui pourrait être due à un apport de masse d'air plus externe à la vallée.

Une étude plus large de la composition de la matière organique des particules atmosphériques a également été réalisée sur les échantillons de collecte des PM<sub>10</sub> au Grand Bornand en hiver. Loin d'être totalement exhaustive, la spéciation réalisée sur la composante organique avait pour objectif essentiel d'identifier et de quantifier les principaux composés organiques ayant un intérêt environnemental ou de marqueurs de sources d'émissions de PM. Ainsi, 90 composés organiques ont été quantifiés représentant en moyenne 9% de la matière organique. Les contributions moyennes au bilan de masse de chaque famille de composés organiques sur l'ensemble de la période hivernale sont représentées sur la figure 5 (à gauche) et en comparaison le même bilan réalisé à Passy à l'hiver 2020 (figure 5 droite).

La fraction liée aux monosaccharides anhydres (traceurs des émissions de combustion de biomasse) est plus faible au Grand Bornand par comparaison avec Passy. L'influence liée à la combustion de biomasse est donc bien présente comme sur de nombreux sites de vallées alpines.

Une fraction d'oxalate bien plus importante (10,8 mg.g<sup>-1</sup><sub>OM</sub>) pourrait confirmer l'observation sur les nitrates et l'ammonium et un apport secondaire de masses d'air extérieures au site plus important par rapport à un site comme Passy plus influencé en hiver par des émissions locales.

La contribution des HAP à l'OM reste équivalente aux observations faites à Passy ( $\text{mg.g}^{-1}_{\text{OM}}$ ) et montre l'influence de sources de combustion autres que la combustion de biomasse. Ce résultat semble en accord avec la fraction d'EC (carbone suite) à la masse des PM qui ne montre pas de différence notable avec le site de Passy. Il en est de même pour les hopanes qui sont des traceurs des émissions véhiculaires.

En revanche les méthyl-HAP et les HAP souffrés contribuent moins à l'OM sur le site du grand Bornand que sur le site de Passy, ces composés provenant d'émissions industrielles spécifiques du site de Passy.

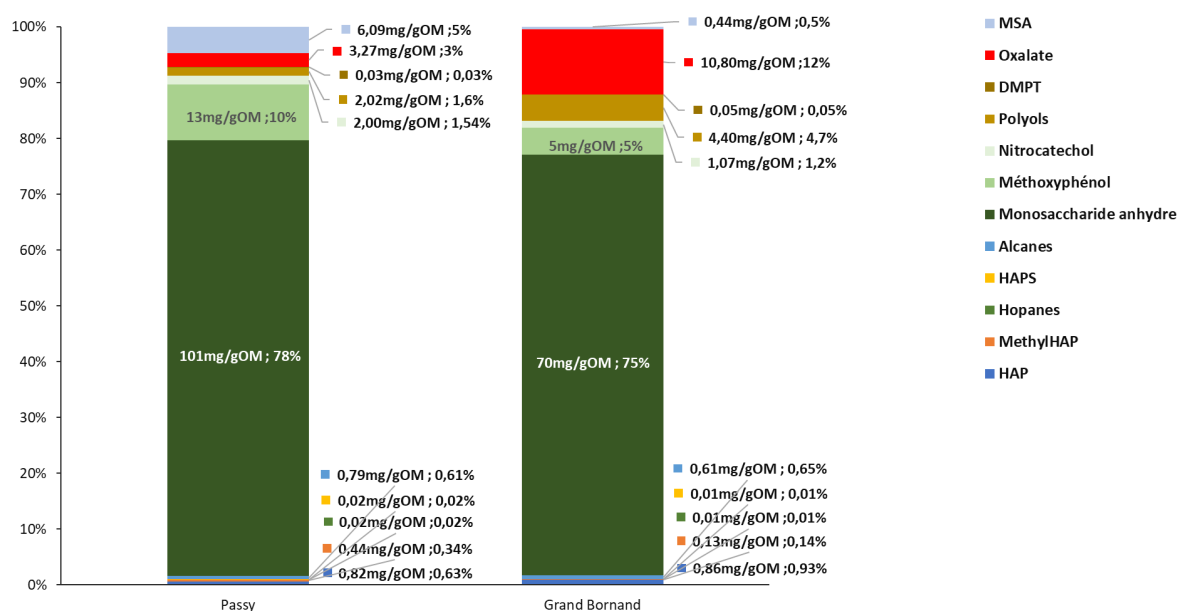


**Figure 5 :**  
Bilan de masse de la matière organique des PM<sub>10</sub> en moyenne sur la période hivernale ; à gauche au Grand Bornand en 2022-2023 et à droite à Passy en 2020

La somme des concentrations en HAP a été comparée à celle mesurée sur d'autres sites de vallées alpines en hiver (données issues de la thèse de Florie Chevrier, thèse Université Grenoble Alpes, 2016) et cette comparaison est présentée sur la figure 6. Cette somme au Grand Bornand est inférieure à celles mesurées dans d'autres vallées alpines, indiquant que le site du Grand Bornand serait moins impacté en hiver par des émissions de PM par les combustions (biomasses et véhiculaires) que les autres sites de vallées alpines. Cependant les concentrations des autres sites ayant été mesurées au cours d'autres hivers au cours desquels les conditions météorologiques étaient différentes de celles de l'hiver 2022-2023 pouvant favoriser des épisodes d'accumulation en PM dans l'air, la comparaison avec les concentrations mesurées au Grand Bornand peut être biaisée. Parmi les HAP quantifiés, le benzo[a]pyrène (BaP) est le seul HAP soumis à réglementation avec une concentration en moyenne annuelle qui ne doit pas dépasser  $1 \text{ ng.m}^{-3}$  en moyenne

annuelle des moyennes journalières. Sur la période hivernale étudiée au Grand Bornand la concentration en BaP est en moyenne de  $0,5 \text{ ng.m}^{-3}$  et varie entre  $0,1$  et  $1,5 \text{ ng.m}^{-3}$  (elle peut dépasser les  $10 \text{ ng.m}^{-3}$  en hiver sur le site de Passy), ces valeurs étant caractéristiques de conditions hivernales en vallées.

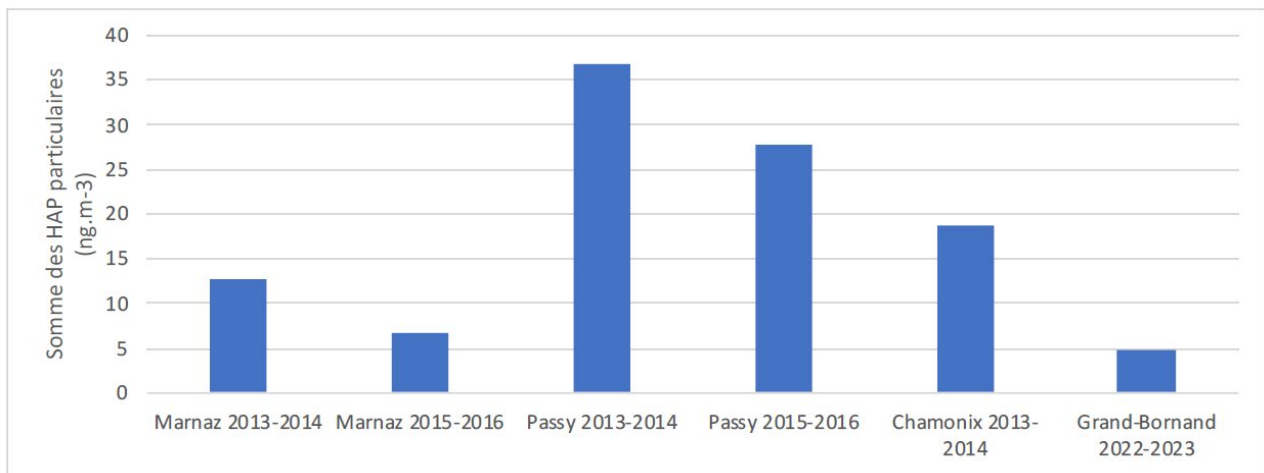


**Figure 6 :**  
Somme des concentrations en HAP en phase particulaire présents dans les PM<sub>10</sub> en moyenne sur la période hivernale au Grand Bornand en 2022-2023 et sur d'autres sites de vallées alpines