



## **SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L’AIR DANS LES VALLEES ALPINES EN REGION SUD**

### **Dynamique de la pollution par les particules fines**

Octobre 2024

#### **Date de parution**

Octobre 2024

#### **Contact**

Chargé d’action territoriale : Mathiot Sébastien ([sebastien.mathiot@atmosud.org](mailto:sebastien.mathiot@atmosud.org))

Pilote de projet : Jacquinot Morgan ([morgan.jacquinot@atmosud.org](mailto:morgan.jacquinot@atmosud.org))

#### **Références**

AFI-000147 / 01 /

Rédacteur : Morgan Jacquinot

Relecteur : Alexis Stepanian

Valideur : Edwige Révélat

#### **Partenaires**

Agence Régionale de Santé

Région Sud

## Résumé

AtmoSud, en partenariat avec l'Agence Régionale de Santé (ARS) et la Région Sud, a mis en place une surveillance des concentrations en particules fines (PM10 et PM2.5) dans la vallée de la Durance, de Gap à Briançon, entre juillet 2023 et juin 2024. L'objectif principal de cette séquence est de mesurer l'impact de différents facteurs géographiques, météorologiques et humains sur la qualité de l'air, en particulier la contribution des activités touristiques et de la combustion de la biomasse. Des stations de mesure de référence à Gap et Briançon ainsi que des microcapteurs répartis dans différents types de zones (urbaines, rurales, touristiques) ont permis d'effectuer cette surveillance afin de mieux comprendre la dynamique de la pollution particulaire.

### ▶ Résultats des mesures de particules fines

Les résultats montrent que les concentrations annuelles de PM2.5 respectent les objectifs de qualité pour la protection de la santé publique ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Seule la station de Gap Commanderie a dépassé cette limite avec  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour les PM10, les concentrations sont également inférieures aux seuils réglementaires, avec une moyenne annuelle inférieure à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur tous les sites. Cependant, des pics de pollution sont observés en hiver, liés aux conditions météorologiques peu dispersives et à l'utilisation du chauffage au bois.

### ▶ Influence des conditions géographiques et météorologiques

L'étude met en évidence que la situation géographique des sites joue un rôle important dans les niveaux de pollution observés. Les sites situés en fond de vallée subissent plus fortement les inversions thermiques en hiver, tandis que ceux en flanc de vallée sont moins affectés par ces phénomènes. La dynamique saisonnière montre une augmentation des particules en hiver, avec des pics marqués en décembre et janvier, dus à la combustion de biomasse et aux conditions météorologiques peu dispersives. En saison estivale, la formation d'aérosols secondaires contribue également à des hausses temporaires des concentrations en particules.

### ▶ Contribution de la biomasse et des activités humaines

La combustion de biomasse, notamment liée au chauffage au bois, est un facteur clé de la pollution aux particules fines dans la vallée. Elle représente en moyenne 33 % des concentrations de PM10 en hiver. Elle atteint parfois 100 % des PM10 à certaines heures durant la période froide. L'effet des flux touristiques durant les périodes de vacances scolaires n'est pas perceptible dans les relevés des différents sites étudiés. La saisonnalité ainsi que les aléas météorologiques dominent cette dynamique.

### ▶ Comparaison avec d'autres régions alpines

Les concentrations en particules fines mesurées dans les Alpes sont comparables au niveau régional à celles de villes comme Manosque, mais restent inférieures aux grandes agglomérations comme Marseille et Nice, à l'exception de la station de Gap qui relève des niveaux supérieurs en PM2.5. Les résultats sont également comparés avec la vallée de l'Arve en Haute-Savoie, dont un site en particulier montre des niveaux de pollution plus élevés que ceux étudiés ici.

### ▶ Épisodes exceptionnels de pollution

Au cours de la période de surveillance, plusieurs épisodes exceptionnels de pollution ont été identifiés, notamment l'arrivée de particules sahariennes en mars 2024, qui a provoqué une augmentation ponctuelle significative des niveaux de PM10 et PM2.5. En août 2024, des incendies au Canada ont également contribué à des pics de pollution mesurés à Gap et Briançon, bien que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans son ensemble n'ait pas été fortement touchée.

## SOMMAIRE

I	introduction .....	4
II	Méthodologie .....	5
II.1	Sites de mesure .....	5
II.2	Matériels et période de mesure .....	7
III	Résultats de mesures.....	8
III.1	Particules PM10 et PM2.5 .....	8
III.2	Contribution de la biomasse dans les PM10.....	11
III.3	Dynamique saisonnière des particules fines (PM10, PM2.5).....	13
III.4	Dynamique journalière en particules.....	15
III.5	Classification statistique des sites étudiés en PM2.5.....	16
III.6	Périodes touristiques.....	17
IV	Evènements particuliers .....	19
IV.1	Episodes sahariens.....	19
IV.2	Vents de sables à Embrun.....	22
IV.3	Incendies canadiens.....	23
V	Conclusion .....	25

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS.....	30
Annexe 2 – Dynamique annuelle des PM10 .....	34
Annexe 3 – Profils journaliers des PM10 .....	35
Annexe 4 – Ozone à Gap et Briançon .....	36
Annexe 5 – Dioxyde d’azote à Gap et Briançon .....	37

## I INTRODUCTION

L'amélioration de la connaissance de la pollution par les particules fines (PM10 et PM2.5) dans les régions alpines passe par la mise en place de moyens de mesures dans ces territoires historiquement peu dotés en protocole de surveillance. Dans ce cadre, AtmoSud, en partenariat avec l'Agence Régionale de Santé (ARS) et la Région Sud, a mis en place une campagne de surveillance de la qualité de l'air dans la vallée de la Durance, de Gap à Briançon, entre juillet 2023 et juin 2024, en complément de la surveillance déjà réalisé depuis plusieurs années à Gap, la plus grande ville du département des Hautes-Alpes. Cette campagne de mesures est également une réponse aux attentes de la ville de Briançon en matière de surveillance de la qualité de l'air sur son territoire.

L'objectif principal est de mesurer l'impact de différents facteurs géographiques, météorologiques et humains sur la distribution des concentrations en particules fines (PM10, PM2.5) et de leur conséquence sur la qualité de l'air, en particulier la contribution des activités touristiques et de la combustion de biomasse.

Des stations de référence à Gap et Briançon ainsi que des microcapteurs répartis dans différents types de zones (urbaines, rurales, touristiques) ont permis d'effectuer cette surveillance afin mieux comprendre la dynamique de la pollution particulaire.

Ce rapport présente les principaux résultats de cette campagne de mesure inédite dans ces territoires. Au-delà de la mesure in situ en différents lieux d'intérêt, l'ensemble des données viendront compléter les bases de données d'AtmoSud, qui contribuent à l'amélioration des moyens de modélisation de la qualité de l'air à l'échelle régionale et des dispositifs opérationnels de prévision.

## II METHODOLOGIE

### II.1 Sites de mesure

Deux stations de référence de fond urbain à Gap et Briançon sont équipées d'appareils mesurant le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), les PM10 et PM2.5 ainsi que le black carbon.

Les sites de mesures sont déployés dans la vallée de la Durance entre Embrun et Briançon (**Figure 1** et **Tableau 1**) durant une année (du 01/07/2023 au 30/06/2024).

Dix sites sont équipés de microcapteurs mesurant les particules PM10 et PM2.5 : 4 en centre-ville, 3 en zone rurale, 1 en situation trafic, 1 en zone touristique, 1 implanté dans de nouveaux quartiers construits récemment :

1. Embrun centre (centre-ville),
2. Embrun parking covoiturage (rural, vallée),
3. Embrun haut, rue des Capucines (nouveaux quartiers, flanc de vallée),
4. Guillestre, place Joseph Salva (centre-ville/influence trafic)
5. Mont-Dauphin, rue Catinat (rural)
6. La Roche-de-Rame (trafic)
7. L'Argentière-la-Bessée centre, av. Charles de Gaule (centre-ville)
8. L'Argentière-la-Bessée haut, av. de la Libération (rural sur les hauteurs)
9. Briançon mairie (vieille ville sur les hauteurs)
10. Saint-Chaffrey/Chantemerle (zone touristique)

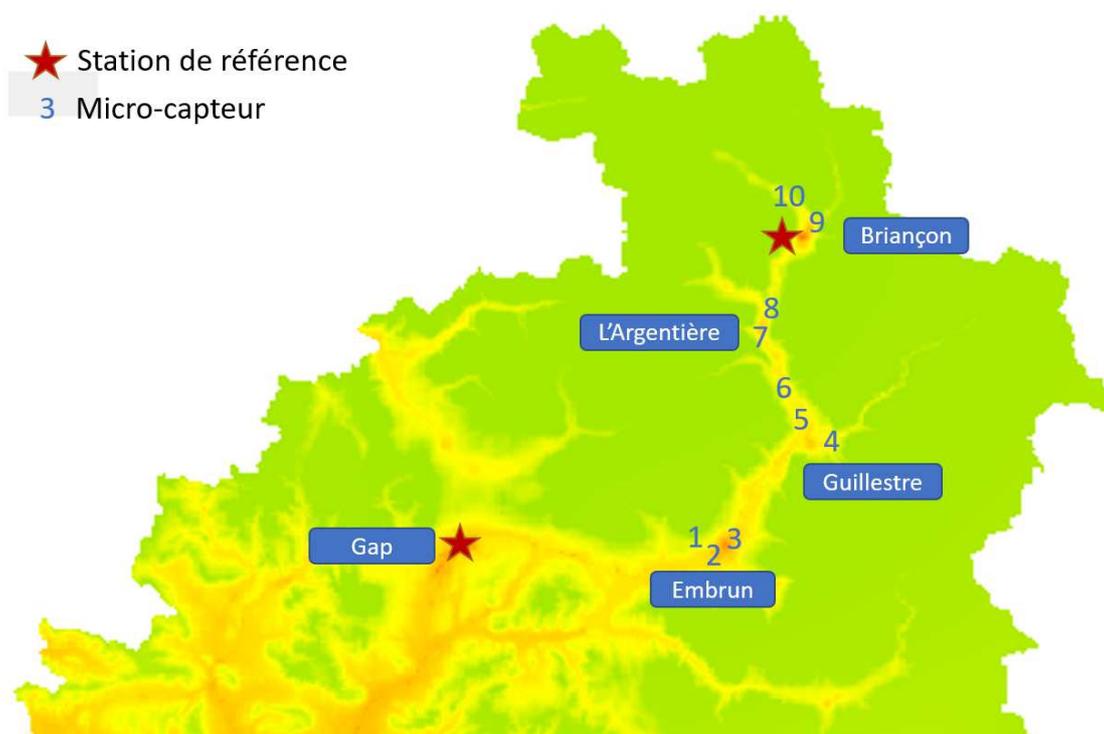


Figure 1 : Localisation des sites de mesures dans la vallée de la Durance

N°	nom site	Identifiant μspot	Latitude (WGS84 décimal)	Longitude (WGS84 décimal)	Alt. (m)	Adresse : ville adresse/lieu-dit	Typologie/influence
1	Embrun centre	BD6B26	44.56534	6.49508	871	Embrun centre, poste 21-23 bd Pasteur	Fond urbain
2	Embrun parking covoiturage	BD6B38	44.5476	6.48524	791	Embrun vallée, relais covoiturage D40 Baratier	Parking rural
3	Embrun haut	BD6B20	44.5636	6.48434	946	Embrun, 33 rue des Capucines	Fond périurbain
4	Guillestre, place Joseph Salva	BD6B18	44.66027	6.65144	1016	Guillestre, face place Joseph Salva	Urbain, influence trafic
5	Mont-Dauphin	BD6B97	44.6767	6.61713	890	Mont-Dauphin/Eygliers, chemin du tennis	Fond rural
6	La Roche-de-Rame	BD6BB8	44.74799	6.57956	943	La Roche-de-Rame, entrée du village, N94 Les Queyras	Influence trafic
7	L'Argentière-la-Bessée centre	BD6B99	44.7944	6.55918	980	L'Argentière-la Bessée, 8 av. Charles De Gaulle	Fond urbain
8	L'Argentière-la-Bessée haut	BD6B3C	44.80051	6.56573	1055	L'Argentière-la Bessée, contre allée sous l'av. de la Libération	Fond rural
9	Briançon mairie	BD6B60	44.898	6.64287	1279	Briançon parking proche de la mairie	Fond urbain
10	St Chaffrey Chantemerle	31511F	44.93654	6.583563	1355	St Chaffrey, 350 All. des Petits Plans	Site touristique, influence trafic
11	Station de Gap Commanderie	BD6B9C	44.5552	6.0731	743	Station de Gap Commanderie	Fond urbain
12	Station Briançon	BD6BB6	44.89665	6.63074	1210	Briançon, ancienne école du Prorel, 9 av. René Froger	Fond urbain

Tableau 1 : Géolocalisation des sites de mesures

## II.2 Matériels et période de mesure

Les deux stations de référence Gap Commanderie et Briançon Prorel mesurent les polluant suivants :

- NO<sub>2</sub> mesuré par thermoluminescence (API 400),
- O<sub>3</sub> mesuré par absorption UV (API 200 et O3 42M),
- PM10 et PM2.5 mesurées par atténuation des rayons bêta (BAM 1020),
- Black carbon ([3] LCSQA, 2020 et [4] Atmo Grand Est, 2019)

Les sites munis de microcapteurs mesurent les PM10 et PM2.5 à l'aide d'un compteur optique de type Nexelec PMO ([6] Nexelec)

La période de mesure étudiée débute le 01/07/2023 et s'achève le 30/06/2024 sauf pour le black carbon à Briançon qui ne commence que le 22/12/2023.



Photo 1 : Cabine de Briançon installée à l'ancienne école Prorel



Photo 2 : Microcapteur installé sur le parking de co-voiturage à Embrun

### III RESULTATS DE MESURES

#### III.1 Particules PM10 et PM2.5

##### ► PM2.5

Sur la période du 01/07/2023 au 30/06/2024, l'objectif de qualité pour la protection de la santé, seuil de 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, n'a pas été dépassée sauf pour la station de fond urbaine de Gap Commanderie qui a mesuré **11 µg/m<sup>3</sup> en valeur annuelle**. En effet, c'est l'agglomération la plus importante avec 40 000 habitants. Mises à part Briançon avec 11 300 habitants et Embrun 6 500 habitants, les autres villes de la vallée ne dépassent pas 3 000 habitants.

Pour la station de Briançon la concentration moyenne annuelle est de 8 µg/m<sup>3</sup> (Tableau 2). L'ensemble des sites en fond de vallée munis de microcapteurs donnent les mêmes niveaux, qu'ils soient en zone rurale, péri-urbaine ou urbaine. Seul le site de Saint-Chaffrey/Chantemerle fournit une concentration plus élevée notamment en hiver, en lien avec sa fréquentation touristique (domaine skiable de Serre Chevalier). Parmi les trois microcapteurs situés à flanc de vallée ou sur les hauteurs, deux relèvent 7 µg/m<sup>3</sup>. Le troisième (Embrun haut) mesurant 8 µg/m<sup>3</sup> en valeur annuelle est situé dans un quartier résidentiel pavillonnaire avec une influence du chauffage au bois plus significative.

Les moyennes sur l'hiver permettent de mieux différencier les sites sous l'influence du tourisme ou du trafic avec des écarts de 2 µg/m<sup>3</sup> par rapport aux valeurs annuelles (Tableau 2). Pour les autres sites cet écart est d'au plus 1 µg/m<sup>3</sup>.

On remarque que la situation géographique au sein de la vallée et l'aspect touristique/trafic exercent une influence sur les concentrations annuelles et hivernales plus importante que la typologie des sites.

Situation géographique	Typologie, influence	Site de mesures	Moyenne annuelle	Moyenne hiver
Fond de vallée	Stations fixes de fond urbain	Gap Commanderie	11	13
		Briançon	8	9
Fond de vallée	Site touristique/trafic	Saint-Chaffrey/Chantemerle	9	11
Fond de vallée	Urbain, influence trafic Influence trafic	Guillestre place Joseph Salva	8	10
		La Roche-de-Rame	8	10
Fond de vallée	Fond urbain	Embrun centre	8	9
	Parking rural	Embrun Relais Covoit	8	9
	Fond rural	Mont-Dauphin rue Catinat	8	9
	Fond urbain	L'Argentière-la Bessée centre	8	9
Flanc de vallée	Fond périurbain	Embrun haut	8	9
Flanc de vallée	Fond rural	L'Argentière-la Bessée haut	7	7
	Fond urbain	Briançon mairie	7	7

Tableau 2 : Moyennes annuelles (du 01/07/2023 au 30/06/2024) et hivernales (du 01/11/2023 au 15/03/2024) des mesures microcapteurs et stations de références en PM25

► **PM10**

L'objectif de qualité de 30 µg/m<sup>3</sup> en valeur annuelle pour les PM10 est respecté pour l'ensemble des sites de mesures.

On observe le même regroupement que pour les PM2.5 : les microcapteurs en fond de vallée donnent des niveaux proches du site de Briançon entre 13 µg/m<sup>3</sup> et 14 µg/m<sup>3</sup> sauf le site touristique de Saint-Chaffrey/Chantemerle dont la concentration est proche de celle de Gap autour de 16 µg/m<sup>3</sup>. Sur les 3 sites à flanc de vallée, deux ont les niveaux annuels les plus faibles (**Tableau 3**).

De même que pour les PM2.5, les sites situés sur les flancs de vallée montrent peu de différence entre les moyennes hivernales et annuelles, et semblent moins sujets aux inversions thermiques hivernales.

Situation géographique	Typologie, influence	Site de mesures	Moyenne annuelle	Moyenne hiver
Fond de vallée	Stations fixes de fond urbain	Gap Commanderie	16	18
		Briançon	13	14
Fond de vallée	Site touristique/trafic	Saint-Chaffrey/Chantemerle	16	19
Fond de vallée	Urbain, influence trafic	Guillestre place Joseph Salva	14	16
	Influence trafic	La Roche-de-Rame	15	16
Fond de vallée	Fond urbain	Embrun centre	14	15
	Parking rural	Embrun Relais Covoit	14	15
	Fond rural	Mont-Dauphin rue Catinat	13	15
	Fond urbain	L'Argentière-la Bessée centre	13	15
Flanc de vallée	Fond périurbain	Embrun haut	14	14
Flanc de vallée	Fond rural	L'Argentière-la Bessée haut	12	12
	Fond urbain	Briançon mairie	12	12

Tableau 3 : Moyennes annuelles (du 01/07/2023 au 30/06/2024) et hivernales (du 01/11/2023 au 15/03/2024) des mesures microcapteurs et stations de références en PM10

Concernant les PM10, l'objectif de qualité de 30 µg/m<sup>3</sup> en valeur annuelle est respecté pour l'ensemble des sites de mesures.

Concernant le dépassement journalier du 50 µg/m<sup>3</sup> (à ne pas dépasser plus de 35 jour/an), le site de Gap en mesure 4, le site de Briançon en mesure 2, et Guillestre et Embrun Relais Covoit en mesurent un seul. Aucun dépassement journalier n'est mesuré pour les autres sites.

Remarque : même en tenant compte de l'incertitude sur les valeurs journalières mesurées par les microcapteurs, le seuil de 50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 j/an est respecté.

### ► Comparaison aux autres sites régionaux

Les concentrations annuelles en PM2.5 et PM10 mesurées à Briançon avec  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sont comparables à celles des villes d'Aix-en-Provence et Manosque (**Figure 2**). Les grandes agglomérations de la région comme Marseille et Nice ont des niveaux significativement plus élevés en particulier en PM10. La ville de Gap avec  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2.5 surpasse les villes de Marseille et Nice probablement en raison de sa situation géographique encaissée et sa météorologie moins dispersive. Le site de l'Observatoire de Haute-Provence (OHP), localisé en zone rurale loin de toutes sources anthropiques, nous donne un niveau de fond rural régional autour de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2.5 et  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10.

Les valeurs moyennes annuelles en PM2.5 et PM10 à Briançon sont proches de celles mesurées à Manosque. Le site de Gap donne des niveaux plus élevés que ceux de Marseille et Nice en PM2.5.

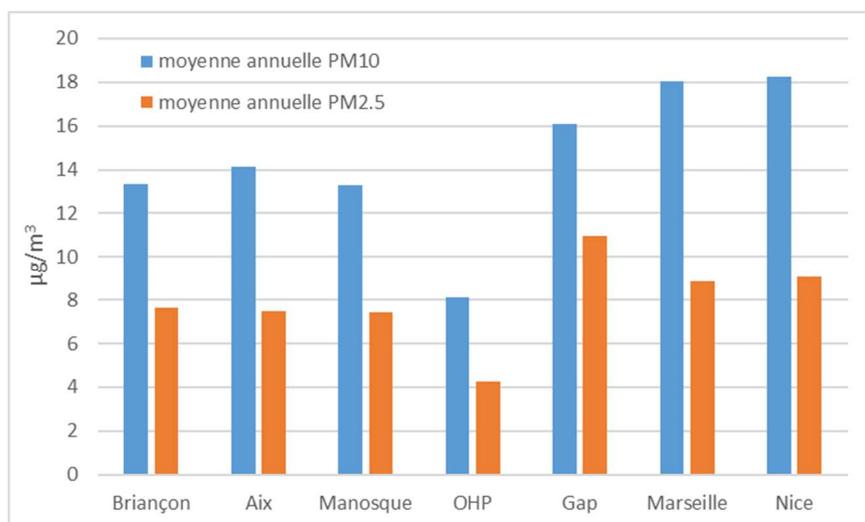


Figure 2 : Moyennes annuelles en PM10 et PM2.5 à Briançon et d'autres villes de la région

Afin d'ouvrir cette analyse sur des mesures réalisées dans les autres régions alpines, la **Figure 3** présente les moyennes annuelles et hivernales (de novembre à mars) en PM2.5 des sites de Gap et Briançon au regard du site de Passy, situé dans la vallée de l'Arve en Haute-Savoie ([5] Données d'Atmo AURA).

Les concentrations en hiver sont systématiquement plus élevées qu'en valeur annuelle. Ceci est dû principalement au chauffage au bois et aux situations météorologiques plus stables en saison hivernale.

Les différences entre les sites sont plus marquées en hiver avec des valeurs de  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour Briançon et Gap et de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le site de la vallée de l'Arve.

Les sites de mesures des Hautes-Alpes ont des concentrations plus faibles notamment en hiver que le site de Passy dans la vallée de l'Arve en Haute-Savoie.

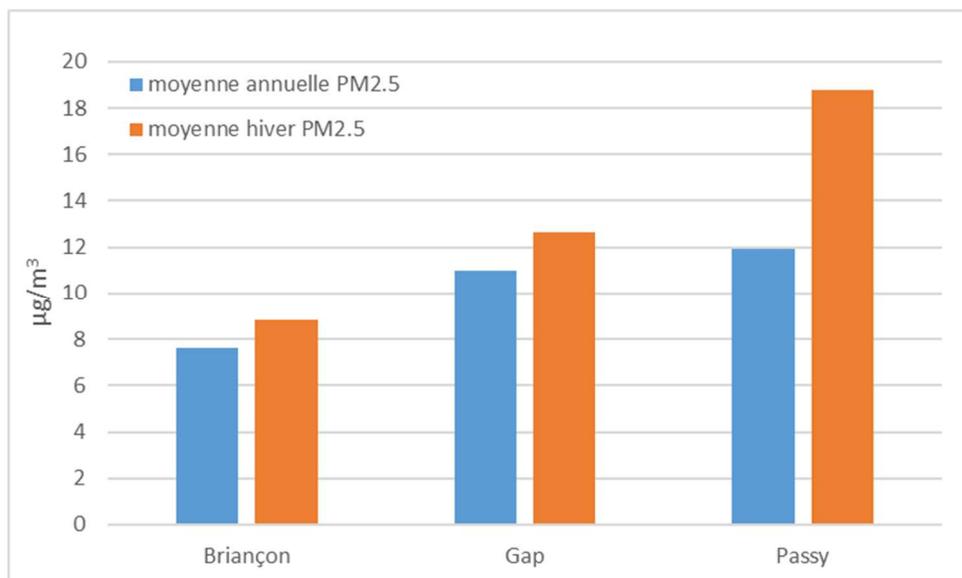


Figure 3 : Moyennes annuelles et hivernales en PM2.5 à Gap, Briançon et le site de Passy en Haute-Savoie

### III.2 Contribution de la biomasse dans les PM10

À l'aide des mesures du black carbon, on dispose d'une estimation de la contribution totale de la combustion de biomasse au sein des PM10 ([4] Atmo Grand Est, 2019).

Sur la période du 22 décembre 2023 au 15 mars 2024, les contributions aux PM10 de la combustion de biomasse s'élevaient en moyenne à 29 % pour Gap, à 33 % pour Briançon et à 36 % Marseille (Tableau 4).

Les deux sites alpins ont des contributions de combustion de la biomasse plus faibles que celle de Marseille. Pour mémoire, les émissions en PM10 liées au bois dans le secteur résidentiel en 2022 sont de 2 800 tonnes dans les Bouches-du-Rhône et 1 100 tonnes dans les Hautes-Alpes ([8] AtmoSud).

		Gap	Briançon	Marseille
Contribution de la combustion de biomasse en %	Moyenne hiver	29 %	33 %	36 %
	Moyenne annuelle	20 %	23 %	25 %

Tableau 4 : Contributions hivernales (22/12/2023 au 15/03/2024) et annuelles (22/12/2023 au 30/06/2024) en % de la combustion de biomasse au sein des PM10

La contribution horaire reste élevée de décembre à mars et peut parfois représenter 100 % des PM10. Les valeurs glissantes sur 3 jours montrent qu'au mois de janvier, elle représente entre 30% et 60 % des PM10 à Briançon (Figure 4).

On constate un pic de la part de la combustion de biomasse en décembre/janvier puis une décroissance continue jusqu'en avril où la contribution se stabilise autour de 10%.

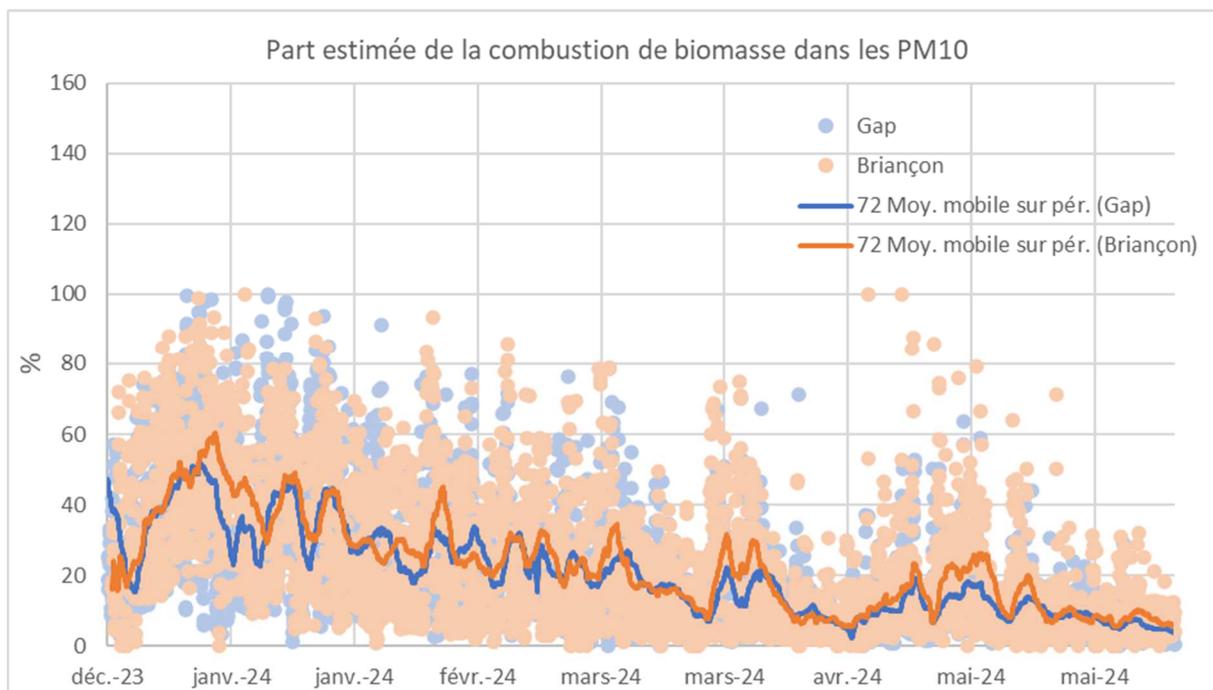


Figure 4 : Contribution en % de la combustion de biomasse au sein des PM10 (valeurs horaires notées par les points, moyennes sur 72h notées par les lignes)

Bien que les valeurs moyennes à Briançon soient plus élevées qu'à Gap, leur dynamique est très proche (Figure 4).

Les valeurs estimées à Briançon et Marseille sont proches avec 23 % et 25 % des PM10, respectivement. Pourtant, les pics n'apparaissent pas au même moment. Les aléas météorologiques, expliquent ces différences, et en particulier, les inversions thermiques à Briançon et les périodes de mistral à Marseille (Figure 5).

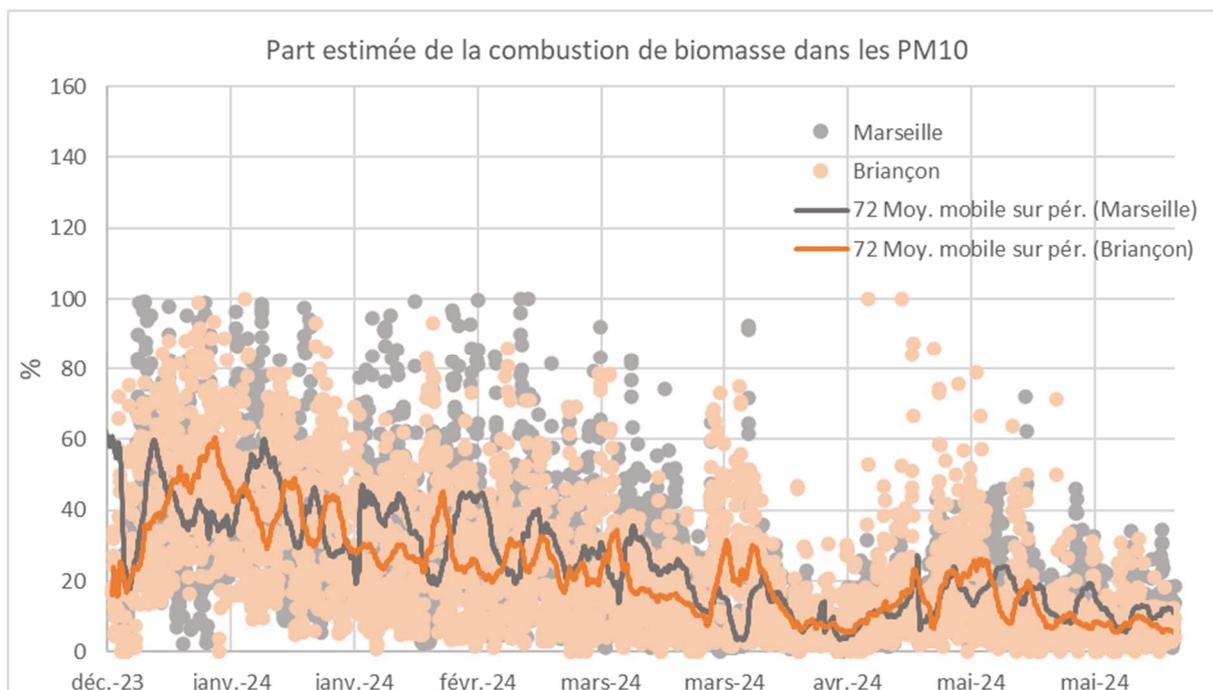
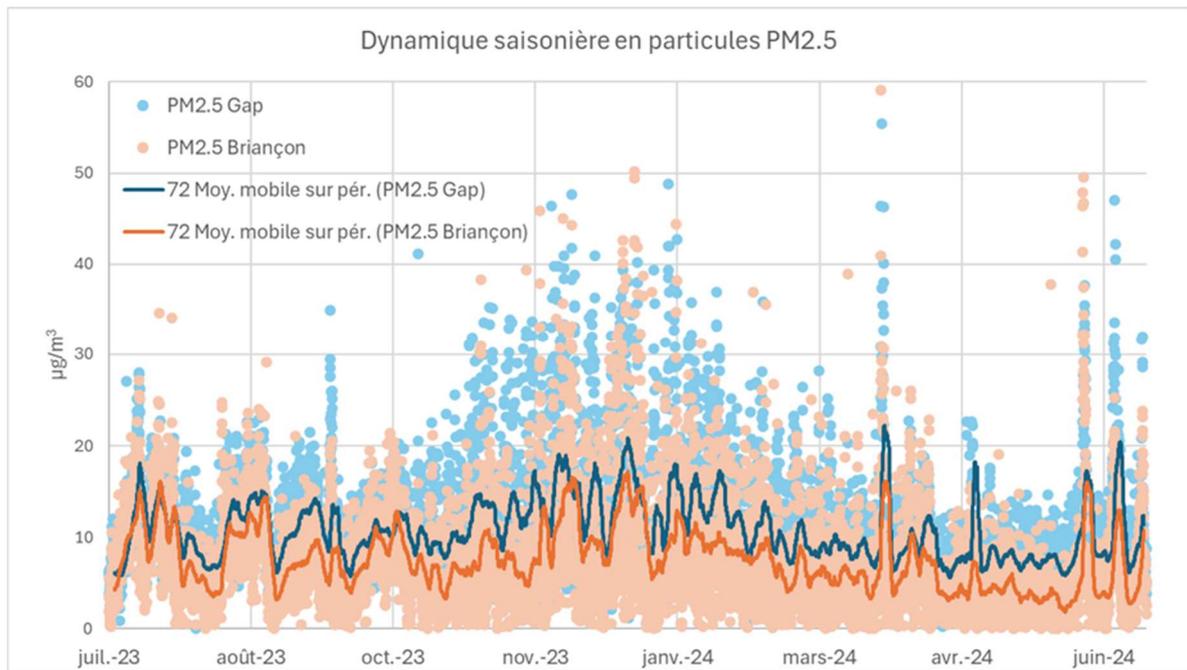


Figure 5 : Contribution en % de la combustion de biomasse au sein des PM10 (valeurs horaires notées par les points, moyenne sur 72h notées par les lignes)

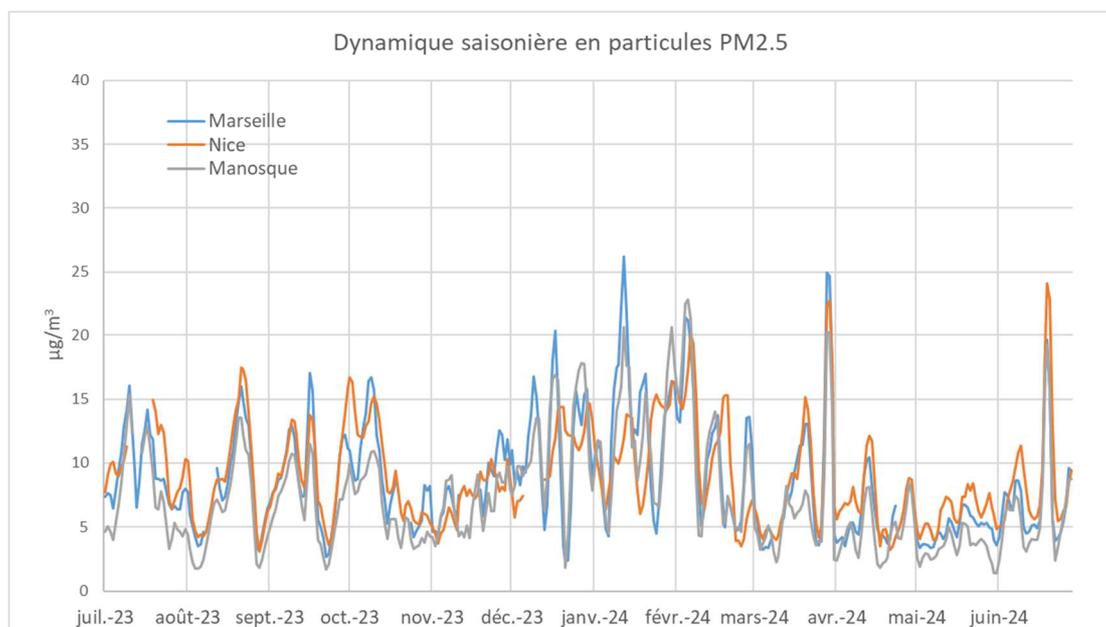
### III.3 Dynamique saisonnière des particules fines (PM10, PM2.5)

Les profils annuels montrent une élévation des PM2.5 de novembre à février (Figure 6).



De même que pour la contribution de la biomasse, on observe un pic en décembre/janvier puis une décroissance continue jusqu'au printemps.

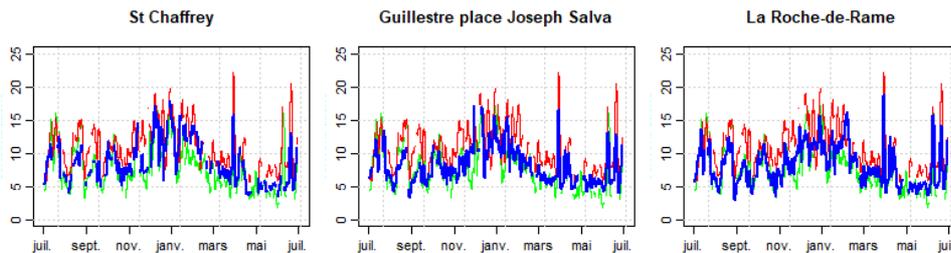
En juillet et août 2023, des pics importants sont visibles en moyenne glissante, bien que les valeurs horaires soient inférieures à celles de l'hiver. Ces pics estivaux sont en partie liés à la formation d'aérosols secondaires par réactions photochimiques. Ils sont présents en été de façon récurrente sur l'ensemble de la région comme le montre les moyennes glissantes des concentrations en PM2.5 à Marseille, Nice et Manosque (Figure 7).



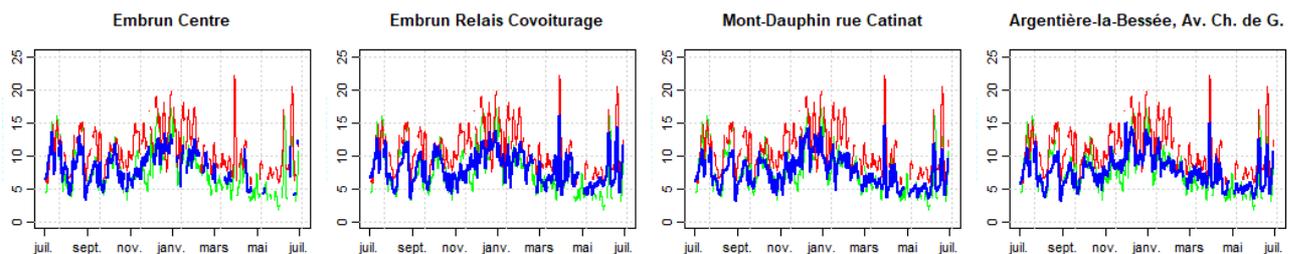
Les pics d'avril et de juin sont dus aux épisodes sahariens, également mesurés sur l'ensemble de la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (voir IV.1 Episodes saharien).

Les sites de mesures munis de microcapteurs indiquent des profils similaires qui se distinguent les uns des autres par leur position dans la vallée (**Figure 8**). En effet, on constate que les sites en fond de vallées (1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> ligne de la figure 8) ont l'écart hiver/été plus marqué que les sites à flanc de vallée tels que Embrun haut (Capucines), Argentière haut (Libération) et Briançon mairie.

#### Sites de fond de vallée sous influence touristique/trafic



#### Sites de fond de vallée



#### Sites à flanc de vallée

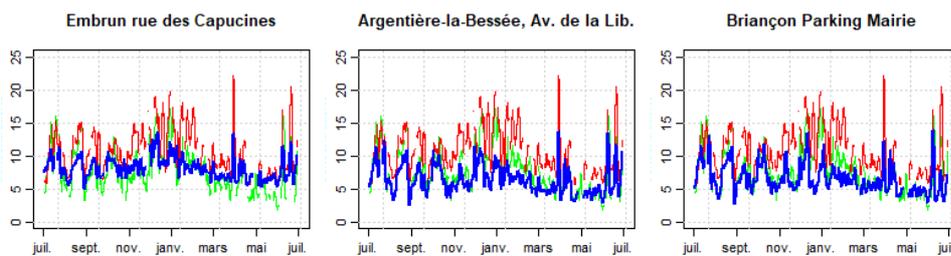


Figure 8 : Dynamique annuelle des PM2.5 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de juillet 2023 à juin 2024 (moyenne glissante sur 72 h) : en bleu le microcapteur, en rouge Gap et en vert Briançon

Des profils similaires à ceux des PM2.5 se dessinent pour les PM10 (Annexe 2).

### III.4 Dynamique journalière en particules

La figure **Figure 9** représentent ces profils journaliers en PM2.5 calculés sur l'hiver (du 01/11/2023 au 15/03/2024). Pour chaque site, les profils en PM2.5 et en PM10 sont similaires, seule leur amplitude change (Annexe 3). On distingue deux pics quotidiens, un le matin et un deuxième plus important en fin de journée.

Les trois sites sous influence trafic et/ou touristique (Saint Chaffrey, Guillestre et La Roche de Rame) présentent une variabilité quotidienne plus importante, proche du profil de Gap représenté en rouge. Durant la journée, ils varient de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM2.5 avec un pic à 8h et 19h.

Les sites en fond de vallée (deux sites d'Embrun, Mont Dauphin et L'Argentière centre av. Ch.de G.) ont des profils avec des amplitudes plus proches de la station de Briançon représentée en vert.

Enfin, les sites situés sur les flancs de vallée (Embrun haut rue des Capucine, l'Argentière haut av. de la libération et Briançon Mairie) ont une amplitude très faible avec le pic du matin presque inexistant, notamment en PM2.5.

Les profils permettent également une classification des sites basée sur la situation géographique au sein de la vallée et l'aspect touristique/trafic qui rejoint celle faite à partir des moyennes annuelles.

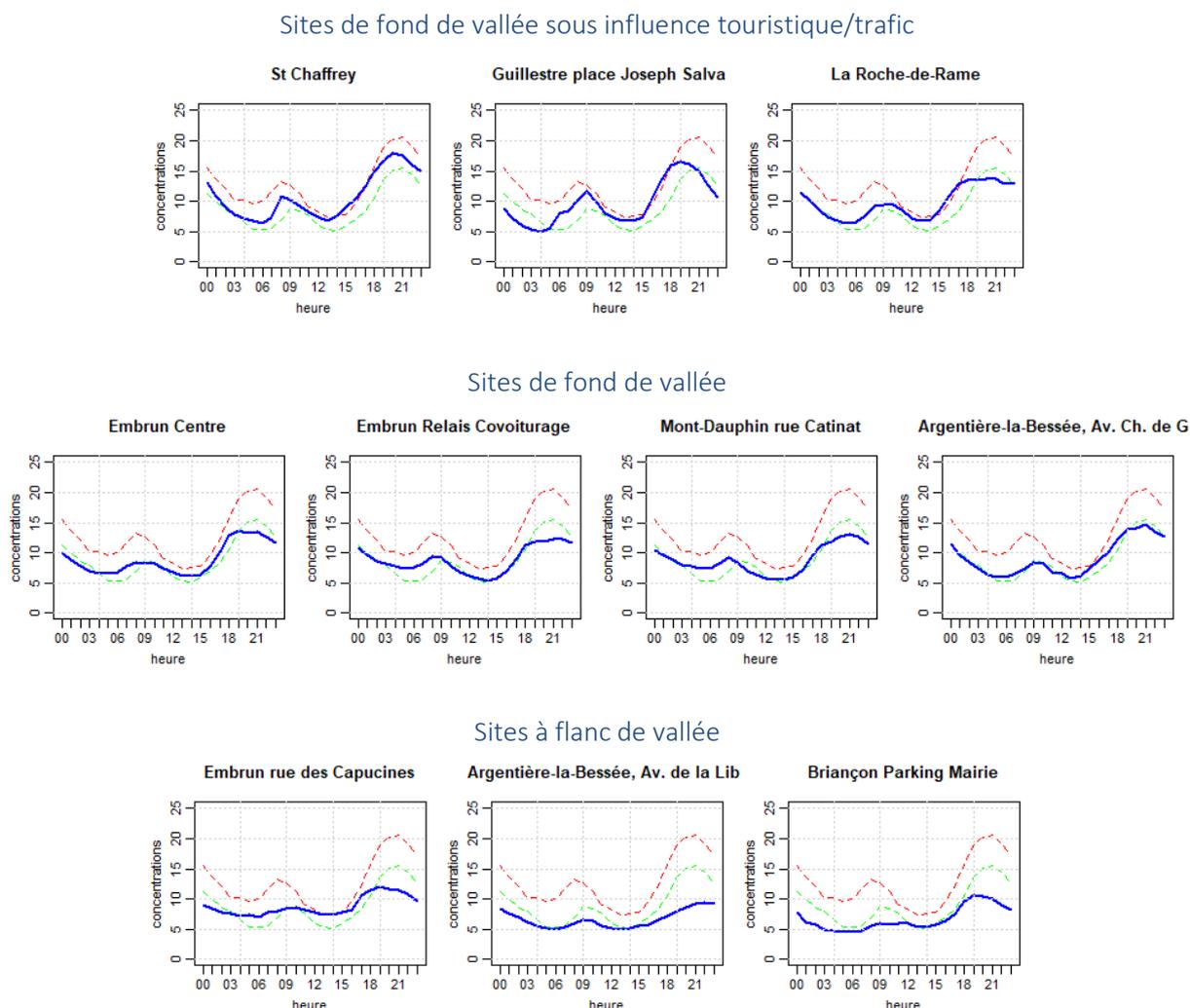


Figure 9 : Profils journaliers des PM2.5 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  calculés de novembre 2023 à mars 2024 (période hivernale) : en bleu le microcapteur, en rouge Gap et en vert Briançon (heure en TU)

### III.5 Classification statistique des sites étudiés en PM2.5

Afin de vérifier que les regroupements entre sites de mesures, visibles dans les moyennes annuelles ainsi que dans les profils journaliers, se retrouvent dans la dynamique journalière en PM2.5, une classification des sites a été réalisée à partir des mesures journalières. La méthode utilisée est une classification hybride entre les méthodes hiérarchiques et les centres mobiles ([7] Classification).

La **Figure 10** présente les résultats en 4 classes :

- La station de Gap compose une classe seule du fait de la distance géographique et des différences météorologiques associées ;
- Le second groupe est constitué des 2 sites situés sur les flancs de vallée (Argentière haut et Briançon mairie), qui ont été également mis en avant lors de l'étude des profils journaliers et des moyennes annuelles ;
- Un troisième groupe est composé de Saint Chaffrey et Briançon Prorel, tous les deux proches géographiquement et situés en fond de vallée ;
- Un dernier groupe rassemble les sites restants, majoritairement situés en fond de vallée à l'exception de Embrun haut. Ce dernier site, de même que la Roche de Rame, est situé en marge du groupe dans le plan des composantes principales qui décrivent 66% de la variabilité observée (**Figure 11**).

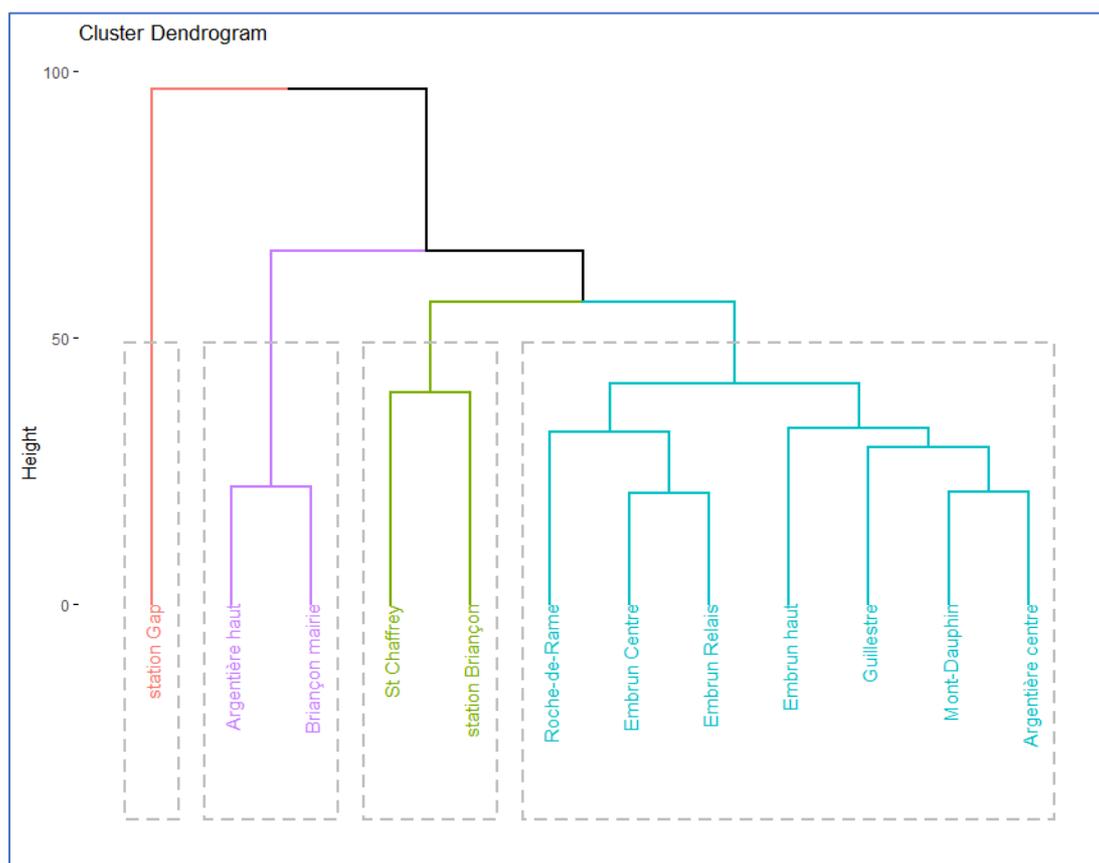


Figure 10 : Les groupes formés par la classification

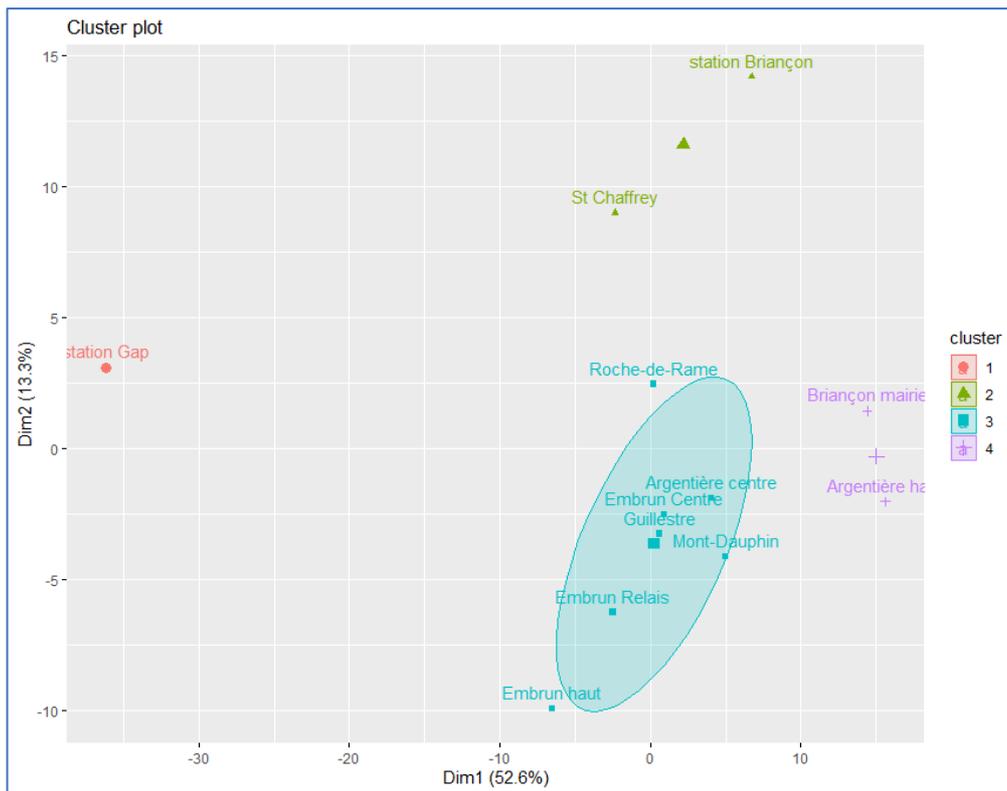


Figure 11 : Les sites de mesures dans le plan des composantes principales

### III.6 Périodes touristiques

Les périodes de vacances scolaires en hiver se caractérisent par un afflux de vacanciers important avec les accès aux stations de sport d'hiver. Afin de quantifier l'impact sur la qualité de l'air, le **Tableau 5** montre les moyennes mesurées durant 3 périodes successives hivernales alternant vacances scolaires et période de reprise : vacances de Noël toutes zones (du 23/12/2023 au 08/01/2024), reprise scolaire (08/01/2024 au 23/02/2024) et vacances d'hiver zone B (du 24/02/2024 au 11/03/2024).

Sur les vacances de Noël et la période de reprise scolaire, les concentrations en PM10 sont identiques, autour de  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**Tableau 5**). Elles chutent ensuite durant la période des vacances d'hiver. Les moyennes en PM2.5 diminuent de façon continue avec le temps, quelle que soit la période considérée. Un comportement similaire est observé sur les sites muni de microcapteurs.

Les variations en PM10 et PM2.5 ne semblent pas être liées aux périodes de vacances scolaires mais suivent une dynamique saisonnière.

	Concentration en PM10	Concentration en PM2.5	Pression atmosphérique	Température
<b>Vacances de Noël</b>	16.8	12.7	868	1.4
<b>Reprise scolaire</b>	16.9	9.2	873	2.6
<b>Vacances d'hiver</b>	12.5	6.9	861	2.7

Tableau 5 : Sur les différentes périodes, moyenne des concentrations en PM10 en PM2.5 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Briançon, de la pression atmosphérique en hPa et de la température en degrés C (mesurées à Villar Saint Pancrace par Météo France)

La part moyenne de la combustion de biomasse est de 52 % lors des vacances de Noël (**Tableau 6**). Elle chute à 31 % hors vacances, pour diminuer de nouveau lors des vacances d'hiver. Concernant la part

de combustion d'hydrocarbures, leur comportement est identique avec une baisse continue avec le temps.

	Part de la biomasse	Part d'hydrocarbure	Concentration en PM10	Concentration en PM2.5
<b>Vacances de Noël</b>	52%	14%	16.8	12.7
<b>Reprise scolaire</b>	31%	10%	16.9	9.2
<b>Vacances d'hiver</b>	24%	9%	12.5	6.9

Tableau 6 : Sur les différentes périodes, moyenne de la part de combustion de biomasse et d'hydrocarbure en % au sein des PM10 et des concentrations en PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Aucune corrélation n'a pu être établie entre les périodes d'affluence touristique, les concentrations en particules ou la part de combustion de biomasse.

## IV EVENEMENTS PARTICULIERS

### IV.1 Episodes sahariens

Le 29/03/2024, la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur a été touchée par un épisode de particules sahariennes (<https://www.atmosud.org/actualite/episode-de-pollution-aux-particules-desertiques>). Les concentrations en PM10 et PM2.5 ont considérablement augmenté durant 2 jours. Le 29/03 les concentrations en PM10 et PM2.5 de la région atteignent 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2.5, alors que les sites alpins (Gap Commanderie, Gap Jaurès et Briançon) sont déjà à plus de 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 et 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2.5 (Figure 12 et Figure 13). Le lendemain, la situation s'inverse : les concentrations en particules des sites alpins diminuent progressivement, alors que le reste de la région atteint les valeurs des sites alpins mesurées la veille (Figure 14 et Figure 15).

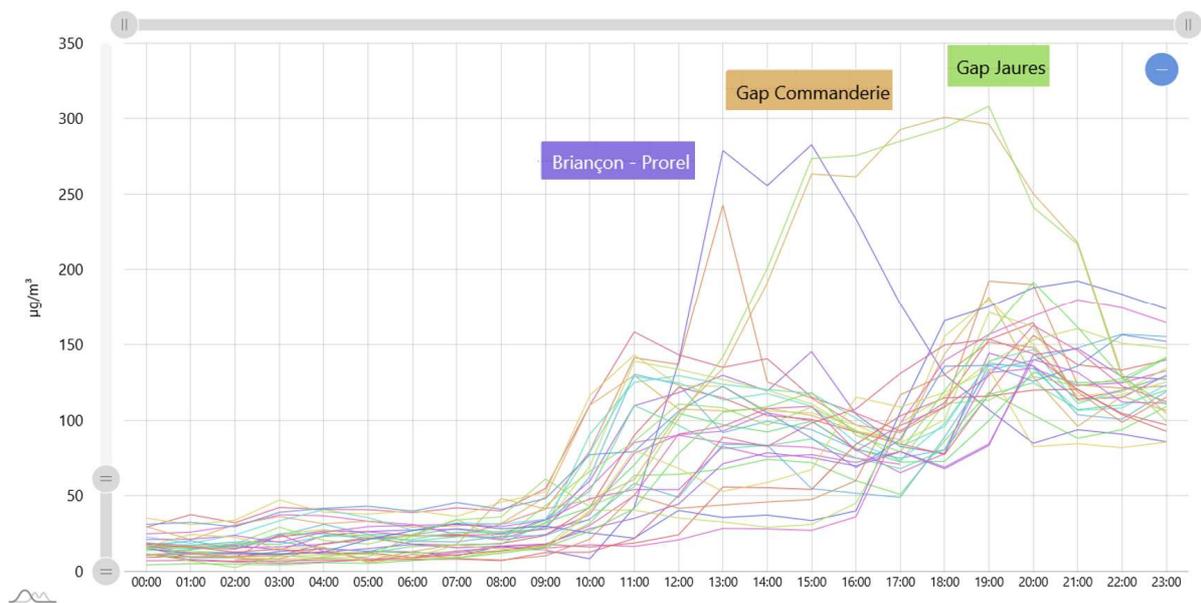


Figure 12 : Concentrations en PM10 le 29/03/2024 sur l'ensemble des stations de la région Sud

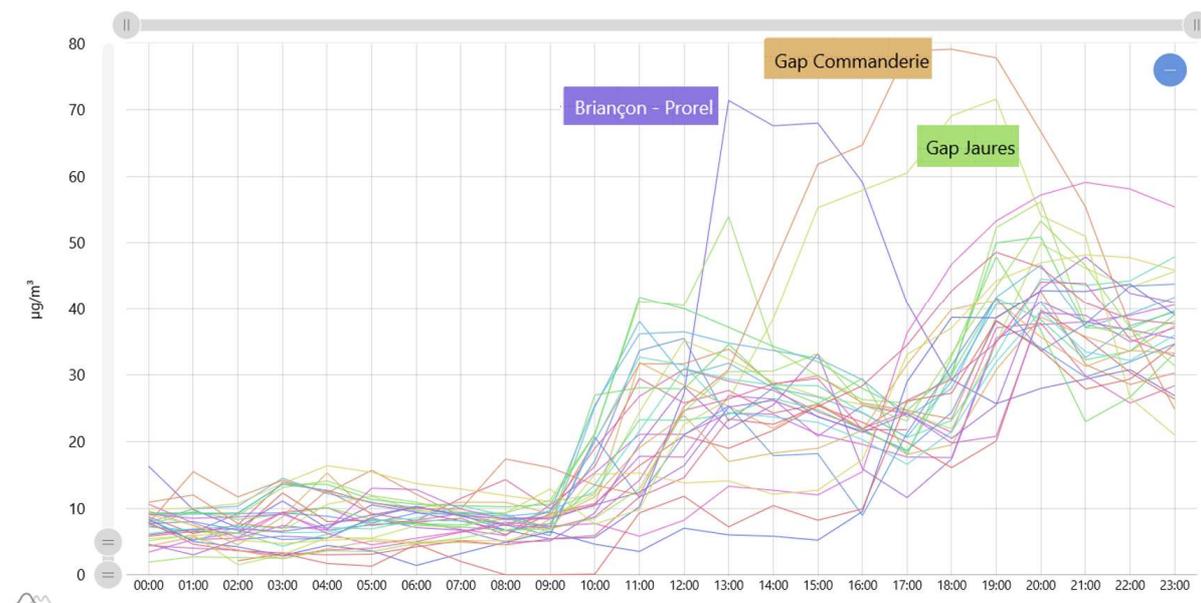


Figure 13 : Concentrations en PM2.5 le 29/03/2024 sur l'ensemble des stations de la région Sud

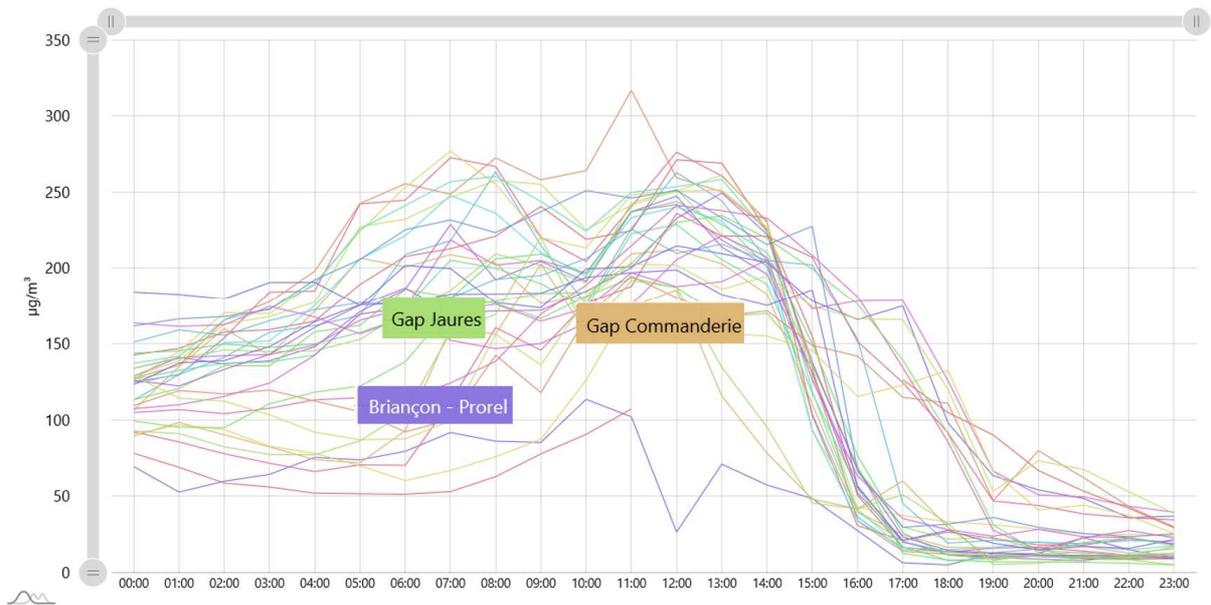


Figure 14 : Concentrations en PM10 le 30/03/2024 sur l'ensemble des stations de la région Sud

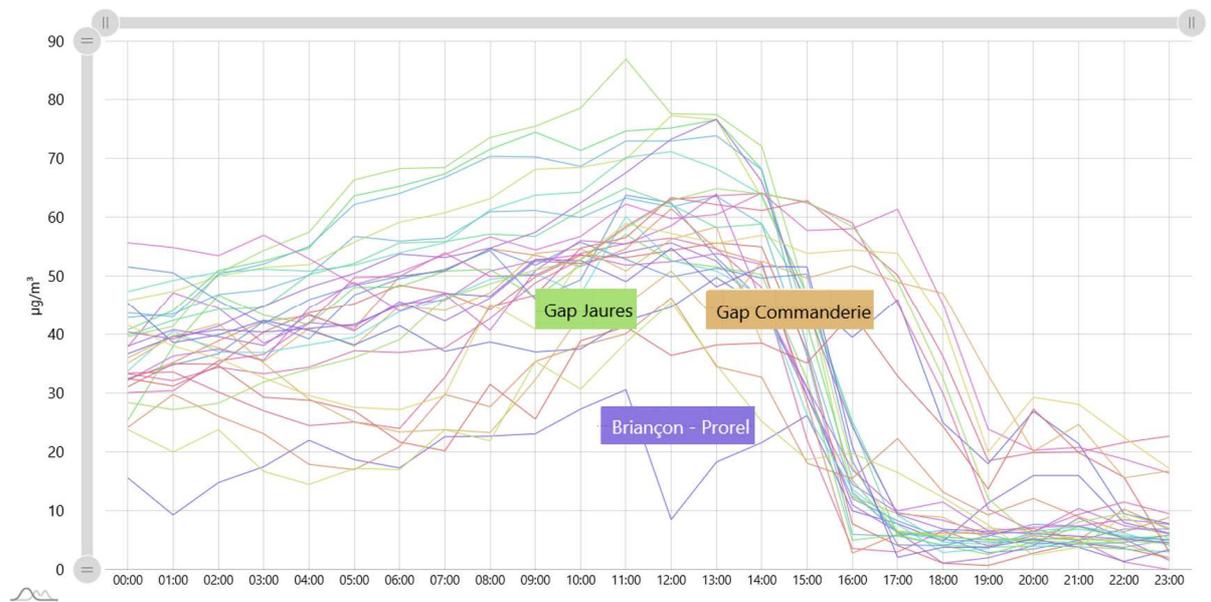


Figure 15 : Concentrations en PM2.5 le 30/03/2024 sur l'ensemble des stations de la région Sud

Simultanément, l'ensemble des sites équipés de microcapteurs ont réagi avec la même ampleur en PM2.5 et façon moindre en PM10 (Figure 16 et Figure 17).

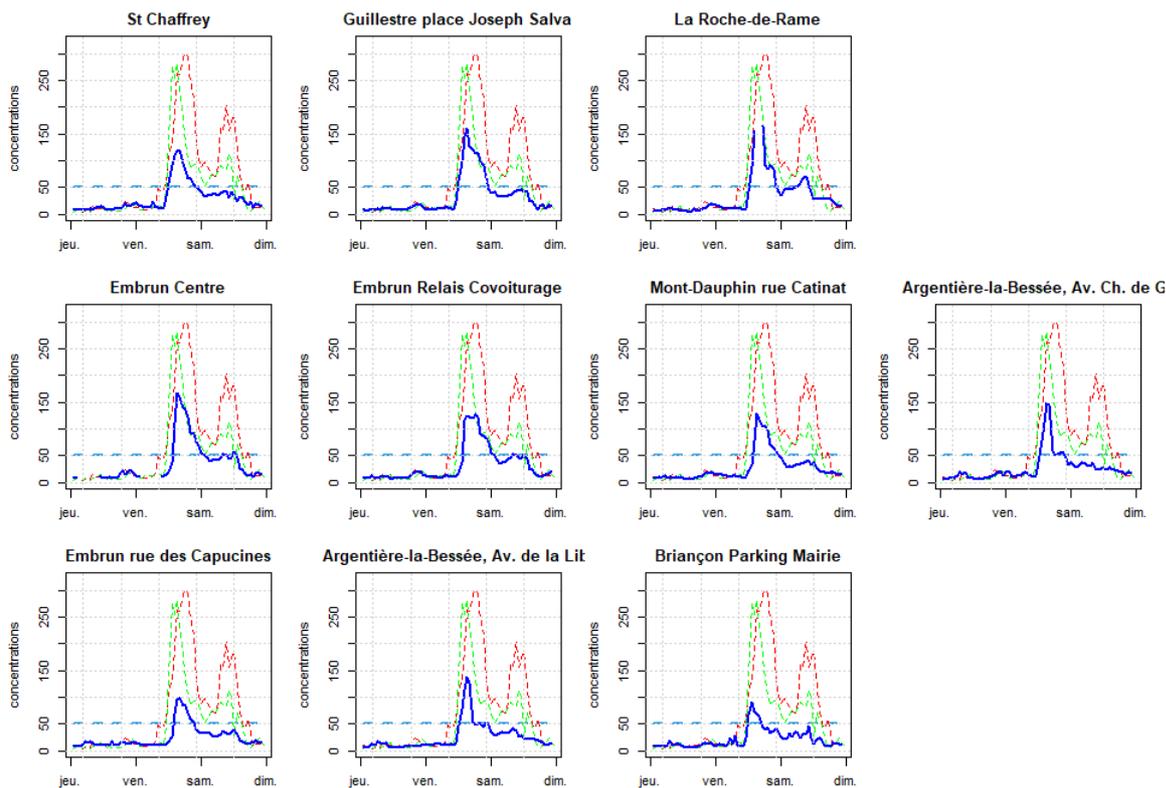


Figure 16 : Concentrations en PM10 entre le 28/03 et 30/03 sur les sites équipés de microcapter en bleu, Gap en rouge et Briançon en vert.

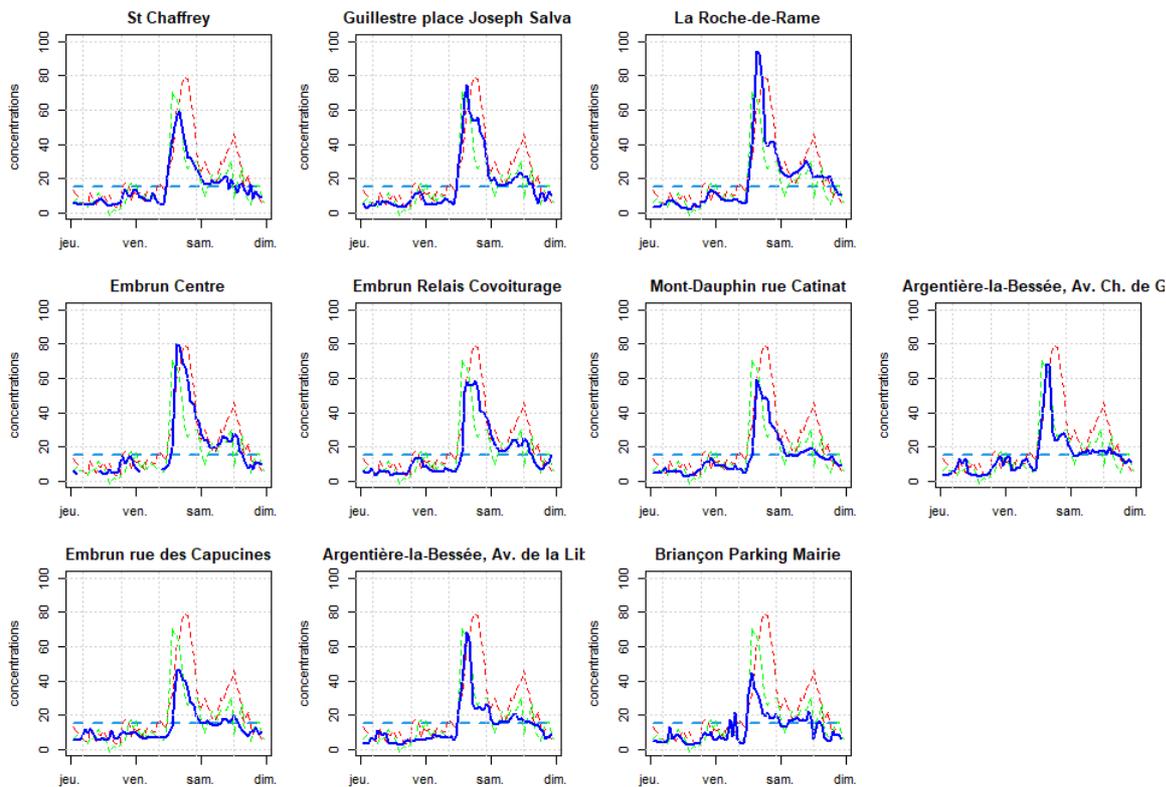


Figure 17 : Concentrations en PM2.5 entre le 28/03 et 30/03 sur les sites équipés de microcapter en bleu, Gap en rouge et Briançon en vert.

Les épisodes sahariens sont observés plusieurs fois par an dans la région. Ils débutent souvent dans les Alpes. Les sites de mesures déployés montrent que le phénomène est relativement homogène de Gap à Briançon.

## IV.2 Vents de sables à Embrun

Les 23/03/2024, des riverains ont informé AtmoSud de vents de sable en queue de retenue<sup>1</sup> de Serre-Ponçon. L'épisode de particules PM10 a été observé à Embrun uniquement (**Figure 18**). Il a marqué essentiellement le fond de vallée (site relais co-voiturage) avec des concentrations horaires atteignant 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le centre d'Embrun a été peu impacté avec 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$  et le site des Capucines sur les hauteurs d'Embrun n'a pas été touché. Une élévation plus modeste a été observée en PM2.5 (**Figure 19**).

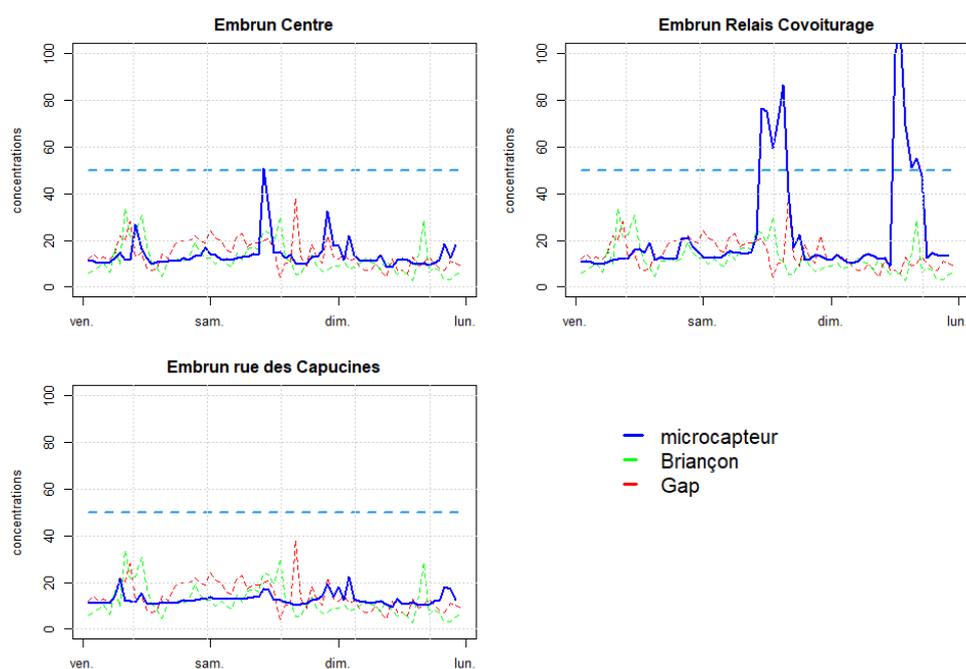


Figure 18 : Concentrations en PM10 entre le vendredi 22/03/2024 et le dimanche 24/04 sur les sites d'Embrun

<sup>1</sup> Désigne les berges de la retenue d'eau situées à en amont du barrage.

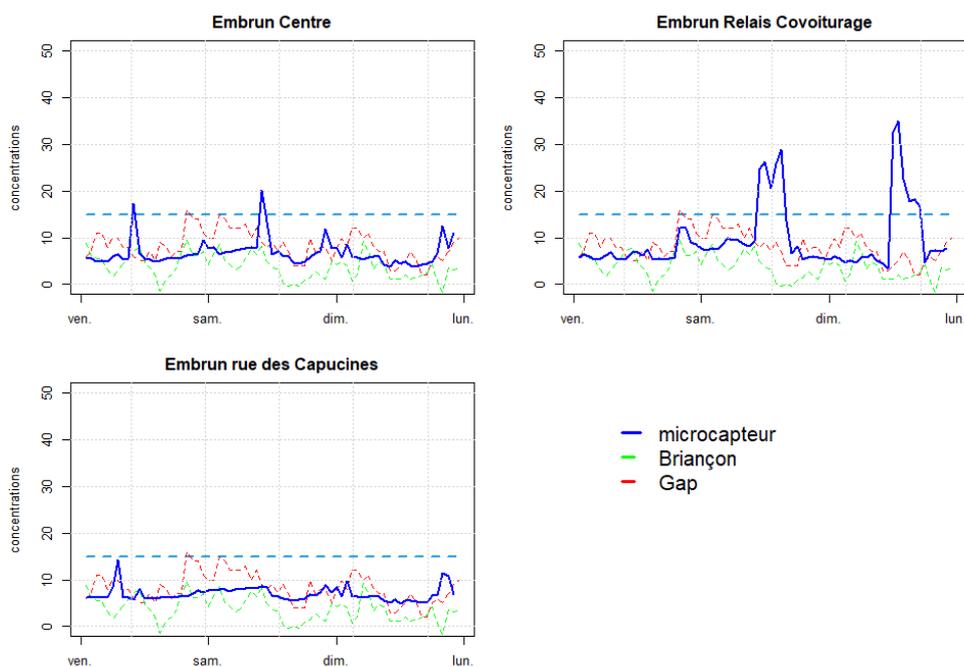


Figure 19 : Concentrations en PM2.5 entre le vendredi 22/03/2024 et le dimanche 24/04 sur les sites d'Embrun

Les vents de sable liés à la retenue de Serre-Ponçon génèrent des concentrations importantes en particules, jusqu'à 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM2.5 et plus de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10. Cependant le phénomène est principalement cantonné en fond de la vallée et impacte peu la ville d'Embrun.

### IV.3 Incendies canadiens

De même qu'en juin 2023, les incendies sévissent au Canada en août 2024, entraînant le passage d'un nuage de particules au-dessus du territoire français (<https://www.atmosud.org/actualite/limpact-des-incendies-canadiens-visible-jusque-dans-les-alpes-francaises>).

L'influence du nuage de particules a commencé à être visible sur les stations de mesure d'AtmoSud les plus en altitude, Briançon, Gap et OHP (**Figure 20**). Cette hausse est principalement mesurée dans les particules PM2.5. Les valeurs en PM10 n'ont pas augmenté significativement.

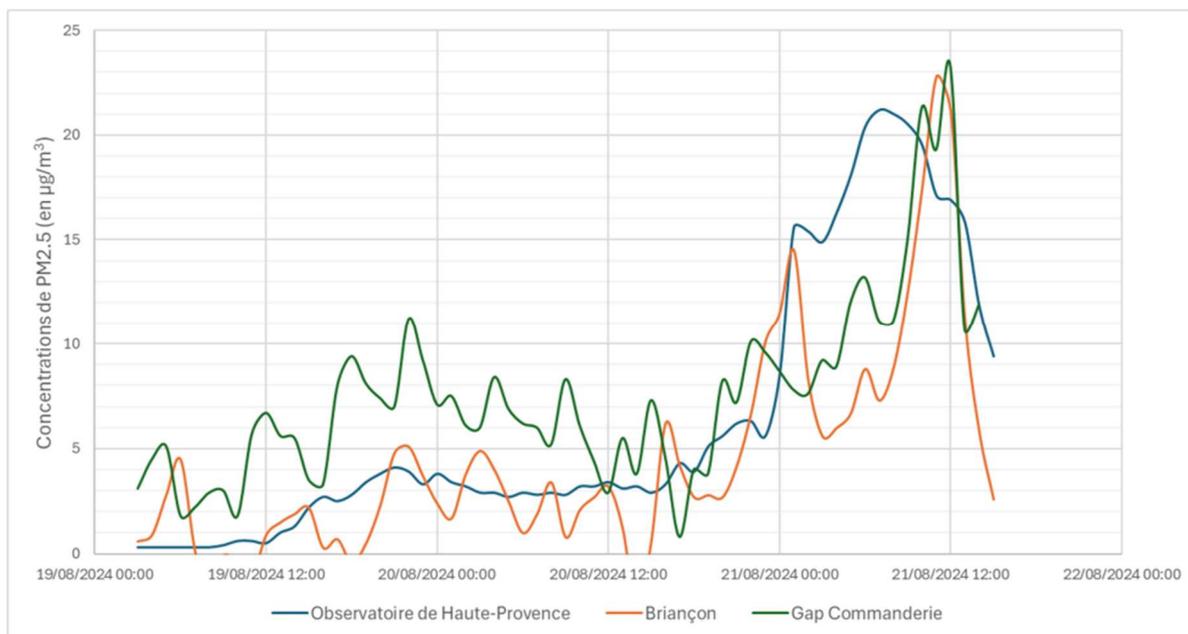


Figure 20 : Concentrations en PM2.5 entre le lundi 19/08/2024 et le mercredi 21/08/2024 sur les sites les plus en altitude d'AtmoSud

Le nuage a également été mesuré par les sites équipés de microcapteurs (Figure 21). Les niveaux de particules PM25 enregistrés sont de même ampleur que ceux des stations de Gap pour les sites situés entre Briançon et la Roche-de-Rame. Les concentrations diminuent à partir de Guillestre. Plus bas, le nuage est plus concentré dans le fond de vallée, visible grâce au gradient d'altitude des trois sites d'Embrun.

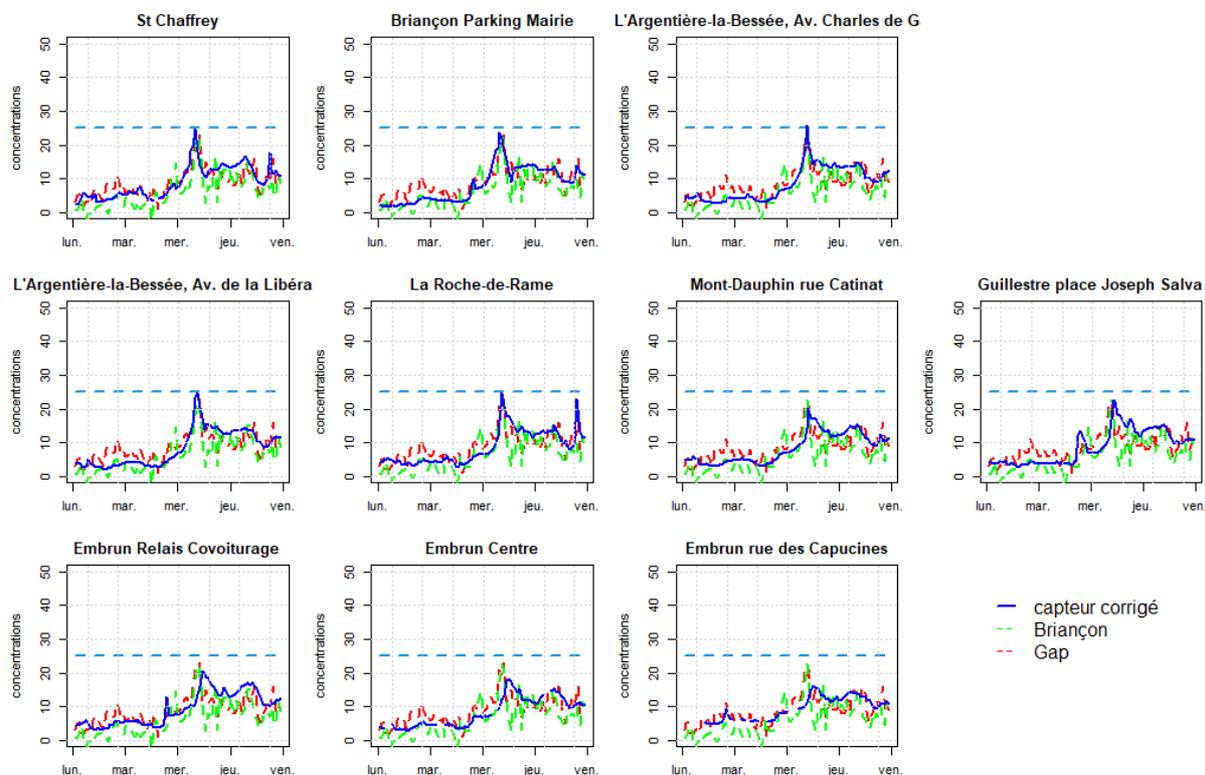


Figure 21 : Concentrations en PM2.5 entre le lundi 19/08/2024 et le jeudi 22/08/2024 sur les sites munis de microcapteurs

Le transport des particules sur de longues distances concerne également les grands incendies canadiens qui impactent les Alpes principalement en PM2.5

## V CONCLUSION

Cette étude a permis de mieux comprendre la dynamique de la pollution aux particules PM10 et PM2.5 dans les Alpes, en particulier dans la vallée de la Durance.

Les résultats montrent que **la pollution atmosphérique reste généralement en dessous des seuils réglementaires**, à l'exception de certains pics hivernaux, principalement dus à l'usage du chauffage au bois et aux conditions météorologiques spécifiques, comme les inversions thermiques en fond de vallée.

La contribution de la biomasse, notamment du chauffage au bois, se révèle être une source majeure de pollution, représentant jusqu'à 33 % des PM10 en moyenne en hiver. Toutefois, l'augmentation des concentrations en particules et la contribution de la biomasse semblent suivre une dynamique saisonnière, en étant pas ou peu sensibles aux périodes de forte affluence touristique.

Les comparaisons avec d'autres régions alpines et les événements exceptionnels, tels que les épisodes sahariens ou les feux de forêt, montrent que la qualité de l'air dans cette zone montagneuse est très sensible à des phénomènes à la fois globaux et locaux.

Enfin, les éléments relevés dans cette étude, en particulier les distributions des concentrations en particules en lien avec la topographie et la dynamique saisonnière, permettront d'améliorer les outils de modélisation spatio-temporelle de la qualité de l'air développés et maintenus opérationnels par AtmoSud, dans le cadre de sa mission d'observatoire de référence de la qualité de l'air.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Pascal M., de Crouy Chanel P., Corso M., Medina S., Wagner V., Gorla S., *et al.* Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice : Santé publique France ; 2016. 158 p. Disponible à partir de l'URL : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Air-et-sante/Publications>
- [2] DREAL PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR. Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône ; 2013. 192 p. Disponible à partir de l'URL : [http://www.Provence-Alpes-Côte-d'Azur.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_PPA13\\_version\\_finale\\_signee\\_17052013\\_cle577b2e.pdf](http://www.Provence-Alpes-Côte-d'Azur.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_PPA13_version_finale_signee_17052013_cle577b2e.pdf).
- [3] LCSQA\_Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant (Version 2020).
- [4] Atmo Grand Est. Formules XR pour le calcul des paramètres BCwb, BCff, PMwb, PMff, 2019
- [5] AtmoAura, <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/dataviz/mesures-aux-stations>.
- [6] Nexelec, [https://nexelec.eu/wp-content/uploads/2024/07/D924A\\_FR-Datasheet-PMO.pdf](https://nexelec.eu/wp-content/uploads/2024/07/D924A_FR-Datasheet-PMO.pdf)
- [7] Classification, <https://www.datanovia.com/en/lessons/hierarchical-k-means-clustering-optimize-clusters/>
- [8] AtmoSud, Inventaire v11.1, <https://cigale.atmosud.org/extraction.php>

## GLOSSAIRE

### Définitions

**Lignes directrices OMS :** Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

**Maximum journalier de la moyenne sur huit heures :** Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne ainsi calculée sur huit heures est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

**Pollution de fond et niveaux moyens :** La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

**Pollution de pointe :** La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

**Procédures préfectorales :** Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

**Seuil d'alerte à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

**Seuil d'information-recommandations à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

**Objectif de qualité :** Un niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

**Valeur cible :** Un niveau de concentration 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.

**Valeur limite :** Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

**Couche limite :** Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

**Particules d'origine secondaires :** Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

**AOT 40 :** Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m<sup>3</sup> pour la période du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

**Percentile 99,8 (P 99,8) :** Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

## Sigles

**AASQA** : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**ANTS** : Association Nationale des Techniques Sanitaires

**ARS** : Agence Régionale de Santé

**CSA** : Carte Stratégique Air

**CERC** : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

**DRAAF** : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**EPCI** : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

**EQAIR** : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**IARC** : International Agency for Research on Cancer

**ISA** : Indice Synthétique Air

**LCSQA** : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR** : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**PCAET** : Plan climat air énergie territorial

**PDU** : Plan de Déplacements Urbains

**PLU** : Plan local d'Urbanisme

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

**PRSA** : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

**SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**ZAS** : Zone Administrative de Surveillance

## Unité de mesures

**mg/m<sup>3</sup>** : milligramme par mètre cube d'air  
(1 mg = 10<sup>-3</sup> g = 0,001 g)

**µg/m<sup>3</sup>** : microgramme par mètre cube d'air  
(1 µg = 10<sup>-6</sup> g = 0,000001 g)

**ng/m<sup>3</sup>** : nanogramme par mètre cube d'air  
(1 ng = 10<sup>-9</sup> g = 0,000000001 g)

**TU** : Temps Universel

## Polluants

**As** : Arsenic

**B(a)P** : Benzo(a)Pyrène

**BTEX** : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** : Benzène

**Cd** : Cadmium

**CO** : Monoxyde de carbone

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**COV** : Composés Organiques Volatils

**COVNM** : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**ML** : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

**Ni** : Nickel

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

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

**O<sub>3</sub>** : Ozone

**Pb** : Plomb

**PM non volatile** : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

**PM volatile** : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

**PM 10** : Particules d'un diamètre < 10 µm

**PM 2.5** : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre

### **Classification des sites de mesure**

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres : leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

#### **Environnement d'implantation**

- Implantation urbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- Implantation périurbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre
- Implantation rurale : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

#### **Influence des sources**

- Influence industrielle : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- Influence trafic : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- Influence de fond : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km<sup>2</sup>.

## ANNEXE 1 – SOURCES DE POLLUTION, EFFETS SUR LA SANTE, REGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS OMS

### Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
<b>O<sub>3</sub></b> <b>Ozone</b>	L'ozone (O <sub>3</sub> ) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO <sub>x</sub> et des COV.
<b>Particules en suspension (PM)</b>	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
<b>NO<sub>x</sub></b> <b>Oxydes d'azote</b>	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
<b>SO<sub>2</sub></b> <b>Dioxyde de soufre</b>	Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
<b>COV dont le benzène</b> <b>Composés organiques volatils</b>	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
<b>HAP</b> <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
<b>CO</b> <b>Monoxyde de carbone</b>	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

## Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	Irritation des yeux Diminution de la fonction respiratoire	Agression des végétaux Dégradation de certains matériaux Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
<b>Particules en suspension</b>	Irritation des voies respiratoires Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires	Effets de salissures sur les bâtiments Altération de la photosynthèse
NO <sub>x</sub> <b>Oxydes d'azote</b>		Pluies acides Précurseur de la formation d'ozone Effet de serre Déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>		Pluies acides Dégradation de certains matériaux Dégradation des sols
COV dont le benzène <b>Composés organiques volatils</b>		Formation de l'ozone
HAP <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>	Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné	Peu dégradables Déplacement sur de longues distances
<b>Métaux lourds</b>	Toxicité par bioaccumulation Effets cancérigènes	Contamination des sols et des eaux
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	Prend la place de l'oxygène Provoque des maux de tête Létal à concentration élevée	Formation de l'ozone Effet de serre

## Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,

La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,

L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée d'exposition
O <sub>3</sub> Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible	120	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
PM10 Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
PM2.5 Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO <sub>2</sub> Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO <sub>2</sub> Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
Pb Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
CO Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
BaP Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
As Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
Cd Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
Ni Nickel	Valeur cible	0,02	Année

### Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur recommandée par l'OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée moyenne d'exposition
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	Impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM10 <b>Particules</b>	Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM2.5 <b>Particules</b>		20	1 an
NO <sub>2</sub> <b>Dioxyde d'azote</b>	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	25	24 heures
		10	1 an
NO <sub>2</sub> <b>Dioxyde d'azote</b>	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>	Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb <b>Plomb</b>	Niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd <b>Cadmium</b>	Impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	Niveau critique de CO Hb < 2,5 % Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

## ANNEXE 2 – DYNAMIQUE ANNUELLE DES PM10

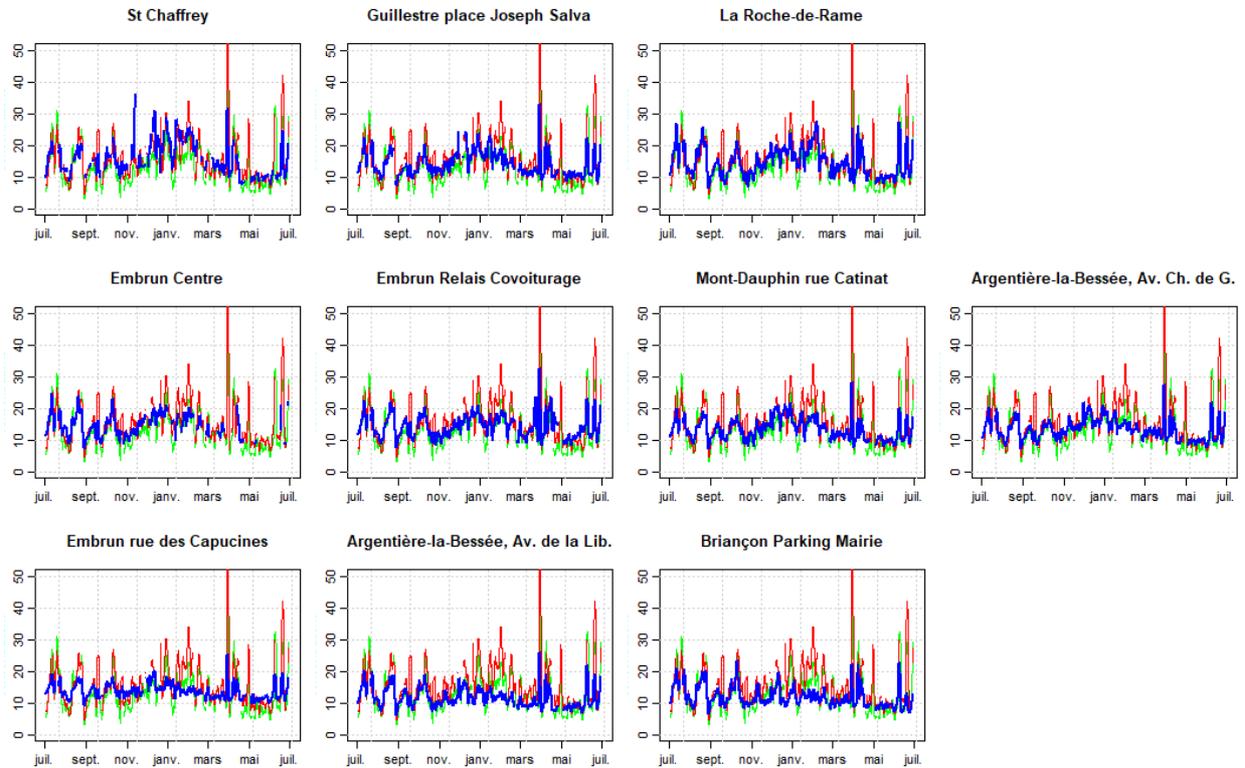


Figure 22 : Dynamique annuelle des PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de juillet 2023 à juin 2024 (moyenne glissante sur 72 h) : en bleu le microcapteur, en rouge Gap et en vert Briançon

## ANNEXE 3 – PROFILS JOURNALIERS DES PM10

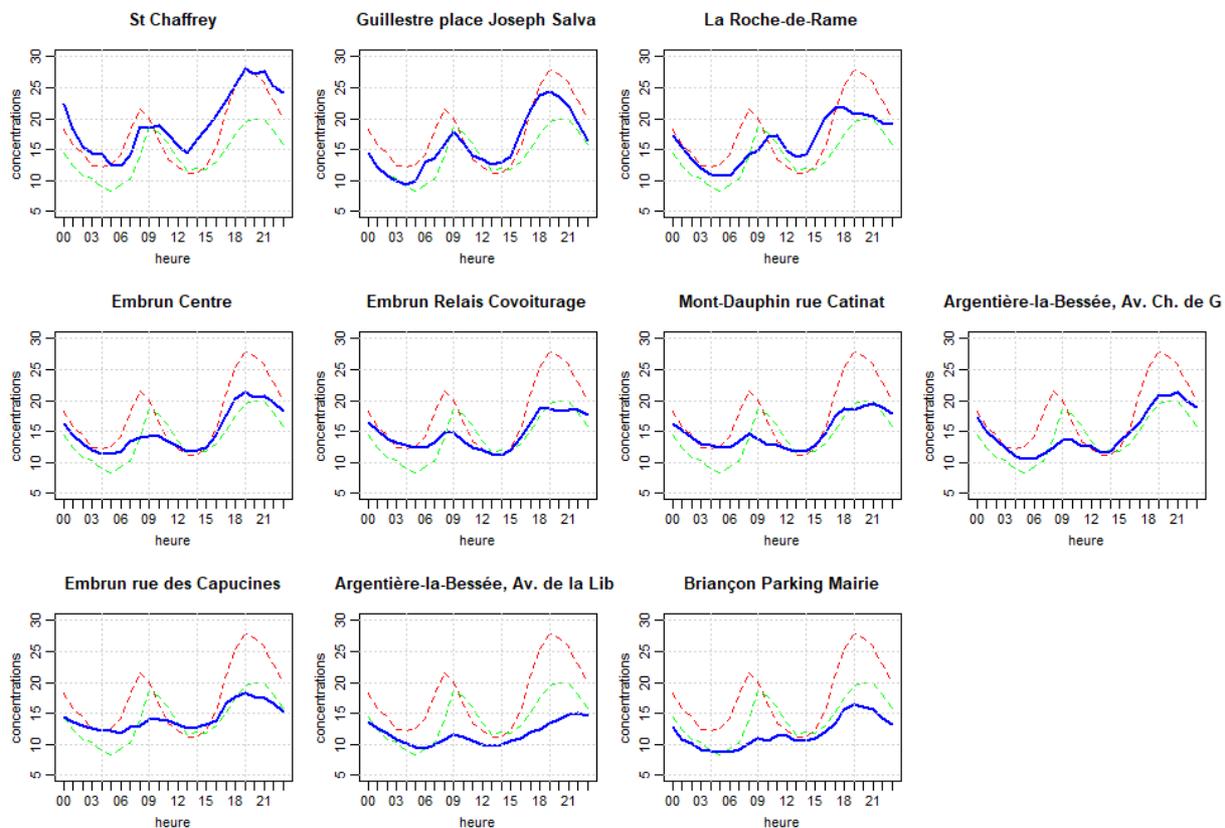


Figure 23 : Profils journaliers des PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  calculés de novembre 2023 à mars 2024 (période hivernale) : en bleu le microcapteur, en rouge Gap et en vert Briançon (heure en TU)

## ANNEXE 4 – OZONE A GAP ET BRIANÇON

Pour l’ozone, aucun dépassement du seuil réglementaire journalier du  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n’a été mesuré sur les stations de Gap et Briançon (**Figure 24**). Les concentrations sont similaires, légèrement plus faibles dans la ville de Gap, en lien avec un tissu urbain plus important et moins favorable à la pollution par l’ozone.

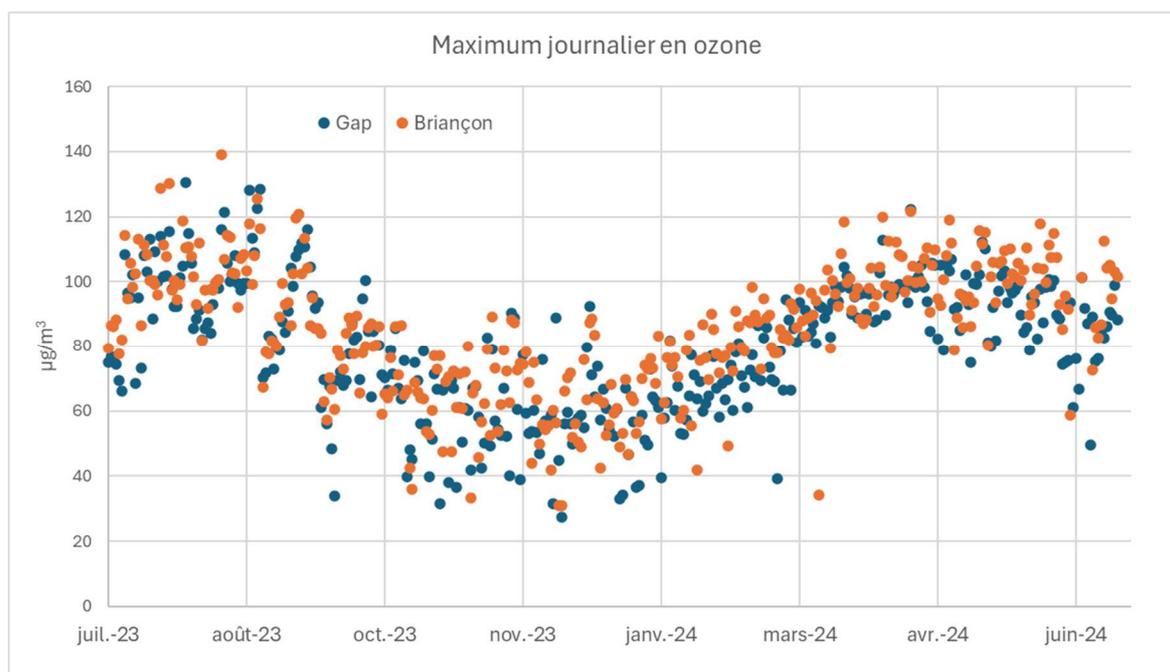


Figure 24 : Évolution des concentrations du maximum horaire journalier en ozone

Concernant le nombre de jours de dépassement de la moyenne sur 8h ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 25 jour par an), Gap et Briançon mesurent respectivement 1 et 2 jours (**Tableau 7**). À titre de comparaison, le site de Manosque en mesure 18 et le site de fond rural OHP 29 jours.

dépassement des $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les concentrations d’ozone sur 8 heures	OHP	Manosque	Gap	Briançon
<b>Nombre de jours</b>	29	18	1	2

Tableau 7 : Nombre de jours de dépassement des  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les concentrations d’ozone sur 8 heures

La pollution photochimique par l’ozone est moins présente dans Hautes Alpes que dans les Alpes-de-Haute-Provence et moins encore que celle rencontrée dans les territoires plus méridionaux de la région. La principale raison est la moindre importance des précurseurs anthropiques (oxydes d’azote et composés organiques volatiles) nécessaires à la formation d’ozone.

## ANNEXE 5 – DIOXYDE D'AZOTE A GAP ET BRIANÇON

S'agissant des concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub>, la valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> est respectée pour les deux sites alpins (Tableau 8).

La valeur limite horaire de 200 µg/m<sup>3</sup> est également respectée (Figure 25)

Concentration en µg/m <sup>3</sup>	Gap	Briançon	Marseille
Moyenne annuelle	16	10	21

Tableau 8 : Concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub>

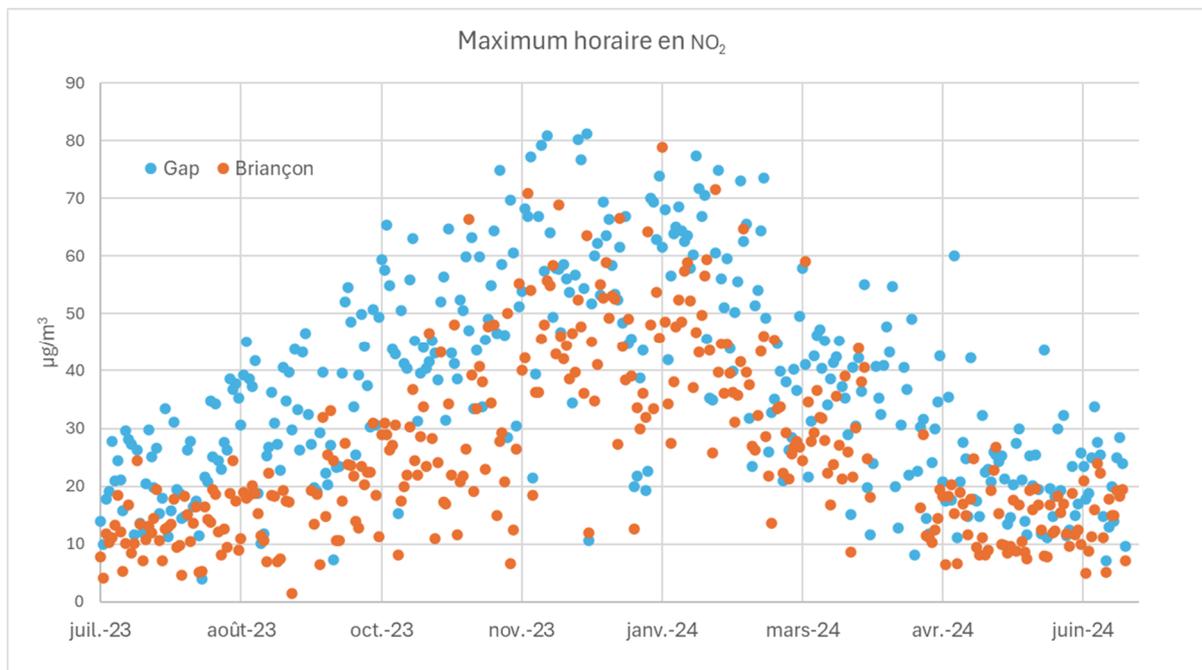


Figure 25 : Maximums horaires journaliers en NO<sub>2</sub> mesurés à Gap et Briançon

## AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



### Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

### Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances\*

### Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

### Conditions de diffusion

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

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



[www.atmosud.org](http://www.atmosud.org)

**AtmoSud**

Inspirer un air meilleur

#### A propos d'AtmoSud

##### Siège social

146 rue Paradis « Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex  
Tel. 04 91 32 38 00  
Fax 04 91 32 38 29  
[Contact.air@atmosud.org](mailto:Contact.air@atmosud.org)

##### Etablissement de Martigues

06Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tel. 04 42 13 01 20  
Fax 04 42 13 01 29

##### Etablissement de Nice

37 bis avenue Henri Matisse  
06200 Nice  
Tel. 04 93 18 88 00

SIRET : 324 465 632 00044 – APE – NAF : 7120B – TVA intracommunautaire : FR 65 324 465 632

