



## **CAMPAGNE DE MESURES INTERIEURES**

### **Cabinets médicaux de la Région PACA**

Juillet 2024

#### **Date de parution**

Juillet 2024

#### **Contact**

Chargé d'action territoriale : Laëtia Mary – [laetitia.mary@atmosud.org](mailto:laetitia.mary@atmosud.org)

Pilote de projet : Mathieu Izard - [mathieu.izard@atmosud.org](mailto:mathieu.izard@atmosud.org)

#### **Références**

AFE-000137 / rapport-01 / MID-ASN-ERT

## Résumé

En collaboration avec l'Union Régionale des Professionnels de Santé Médecins Libéraux PACA, AtmoSud, a participé à la mise en place d'une campagne de mesures d'air intérieur dans 46 cabinets médicaux de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les mesures effectuées à l'aide de microcapteurs multipolluants connectés ont abouti sur l'analyse des données de 35 cabinets sur une période de mesures de deux semaines.

- ▶ **Une proportion importante de manque de renouvellement d'air, propice à la transmission des maladies infectieuses**

Pour le dioxyde de carbone, la totalité des cabinets dépassent la valeur repère de 800 ppm recommandée par le Haut Conseil de Santé Publique et une majorité (75 %) dépassent également la valeur d'action rapide de 1 500 ppm. Le calcul de l'indice de confinement sur les heures d'ouverture des cabinets montre que 40 % des cabinets médicaux ont des conditions de renouvellement d'air très insuffisantes, avec des niveaux de confinement élevés (3), très élevés (4) ou extrême (5).

- ▶ **Des concentrations globalement faibles en formaldéhyde malgré le confinement**

A l'exception d'un cabinet, la mesure de formaldéhyde montre des concentrations basses, significativement inférieures à la valeur guide provisoire du Haut Conseil de Santé Publique de 30 µg/m<sup>3</sup>.

- ▶ **Des COV totaux en concentrations non négligeables qui peuvent nécessiter une recherche de source et une amélioration des conditions de renouvellement d'air**

Pour les COV totaux, près de 40 % des cabinets médicaux présentent des concentrations supérieures à 1 000 µg/m<sup>3</sup> correspondant au niveau 2 de l'Agence Fédérale Allemande pour l'Environnement.

- ▶ **Des concentrations faibles en particules fines PM2.5 et PM10**

Les cabinets médicaux présentent des concentrations en particules fines faibles, significativement inférieures à la valeur cible en air intérieur pour les PM2.5 et les PM10, respectivement de 10 et 15 µg/m<sup>3</sup>.

- ▶ **Des conditions hygrothermiques qui montrent des températures non adaptées aux salles d'examen dans certains cabinets**

Les conditions hygrothermiques montrent un respect relatif des taux d'humidité relative recommandés (de 40 à 60 %) mais montrent des températures qui peuvent s'avérer trop froides ou trop chaudes pour le confort des occupants qui peuvent être amenés à se dévêtir pour les besoins de la consultation.

- ▶ **La nécessité d'améliorer les conditions de renouvellement d'air des cabinets**

La proportion importante de cabinets médicaux présentant un confinement de l'air important montre la nécessité d'améliorer leurs conditions de renouvellement d'air par une pratique plus fréquente de l'ouverture des fenêtres et/ou par la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée.

## **REMERCIEMENTS**

AtmoSud remercie l'Union Régionale des Professionnels de Santé Médecins Libéraux PACA (URPS ML PACA), l'Association Santé Environnement France (ASEF), l'Agence Régionale de Santé PACA ainsi que tous les cabinets médicaux ayant participé à l'étude.

## **PARTENAIRES**

Agence Régionale de Santé PACA et la délégation territoriale des Alpes Maritimes

## **AUTEURS DU DOCUMENT**

Rédaction : Mathieu Izard – AtmoSud

Relecture : Alexis Stépanian – AtmoSud

Validation : Edwige Révélat – AtmoSud

## SOMMAIRE

I	Contexte .....	5
II	Réalisation de la campagne de mesures .....	5
II.1	Méthodologie .....	5
II.2	Moyens mis en œuvre .....	6
II.3	Echantillonnage spatial et temporel .....	6
III	Valeurs de référence utiles .....	7
III.1	Comparaison aux valeurs de référence .....	7
III.2	.....	8
III.3	Comparaison aux autres typologies de bâtiments français .....	8
IV	Résultats et discussion .....	8
IV.1	Confinement .....	9
IV.2	COV totaux .....	10
IV.3	Formaldéhyde .....	11
IV.4	Particules fines .....	12
IV.5	Humidité relative .....	14
IV.6	Température .....	14
V	Conclusion .....	16

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Résultats des concentrations moyennes 24h/24h de l'ensemble des cabinets et des polluants mesurés .....	20
Annexe 2 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS – Style Annexe .....	23

## I CONTEXTE

La pollution de l'air est la première cause de mortalité d'origine environnementale. Santé publique France a évalué son impact à 48 000 le nombre de décès et des études plus récentes (Harvard<sup>1</sup>) l'évaluent à près de 97 000 décès.

D'après les travaux de la commission d'enquête du Sénat, le coût économique et financier annuel de la pollution de l'air pour la société française est évalué à 101 milliards d'euros par an dont 19 milliards pour l'air intérieur.

Il s'agit donc d'un enjeu sanitaire et économique majeur ; connaître les mécanismes de cette pollution et ses cibles sanitaires permet aux praticiens de proposer à leurs patients des stratégies d'évitement, d'atténuation et les adaptations thérapeutiques nécessaires à leur état de santé.

L'Union Régionale des Professionnels de Santé Médecins Libéraux PACA (URPS ML PACA), par sa présence au plus près des médecins libéraux, l'Association Santé Environnement France (ASEF), par son expertise sur les sujets environnementaux et AtmoSud, par son expertise sur la qualité de l'air, poursuivent leur collaboration pour mieux appréhender ces facteurs de risque en développant la collecte de données sur la pollution de l'air intérieur et évaluer les améliorations éventuelles liées à une meilleure information des patients.

Les objectifs du projet sont :

- mesurer, bancariser et analyser la qualité de l'air des cabinets médicaux de la région via des capteurs qui tourneraient aussi sur les différents cabinets en intérieur ;
- sensibiliser les médecins et la patientèle des cabinets médicaux de la région PACA à la qualité de l'air via des outils de sensibilisation, des webinaires (25 avril sur les enjeux de qualité de l'air<sup>2</sup>, 15 mai sur l'impact santé de la qualité de l'air intérieur<sup>3</sup>) et des capteurs pédagogiques mis en place dans les cabinets.

Les étapes de sensibilisation ont permis une meilleure prise en compte des enjeux de qualité de l'air intérieur en impliquant un changement des comportements de la patientèle et du personnel médical pour une meilleure qualité de l'air à l'intérieur des cabinets.

Le présent document rassemble les résultats de la campagne de mesures dans les cabinets médicaux de la Région afin de réaliser un état des lieux des principales problématiques de pollution intérieure des cabinets échantillonnés.

Cette campagne a fait l'objet de deux thèses de médecine (Valentine Lefranc et Cécile Vo Ngoc Assesseur)<sup>4</sup> portant sur l'analyse des résultats de mesures en lien avec les caractéristiques des cabinets médicaux, les activités pratiquées et les habitudes du personnel.

## II REALISATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES

### II.1 Méthodologie

La méthodologie appliquée consiste à mettre en place un capteur de mesures à visée de diagnostic pendant 2 semaines suivi d'un appareil de mesure pédagogique les deux semaines suivantes.

La première période permet de réaliser des mesures sans influencer le comportement des usagers pour faire un **état des lieux de la pollution intérieure qui soit représentatif de l'exposition habituelle aux polluants de l'air**. Le but est ici d'objectiver les niveaux de qualité de l'air intérieur.

La deuxième période permet :

- aux médecins d'apprendre et comprendre par eux-mêmes l'influence des caractéristiques des bâtiments, des activités pratiquées et des habitudes de renouvellement d'air sur la qualité de

<sup>1</sup> Global Mortality from Outdoor Fine Particle Pollution Generated by Fossil Fuel Combustion : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121000487?via%3Dihub>

<sup>2</sup> <https://www.urps-ml-paca.org/les-enjeux-de-la-qualite-de-de-lair-interieur-et-exterieur>

<sup>3</sup> <https://www.urps-ml-paca.org/qualite-de-lair-de-votre-cabinet-et-impact-sur-la-sante-dernier-volet>

<sup>4</sup> Étude de la qualité de l'air intérieur des cabinets de médecine générale de la région Sud PACA : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04361221>

- l'air dans un environnement réel,
- d'impliquer un changement des comportements du personnel des cabinets médicaux pour une amélioration de la qualité de l'air en leur sein,
- de sensibiliser la patientèle pour qu'ils puissent mettre en place des bonnes pratiques pour leur exposition de tous les jours.

L'objectif était de réaliser des mesures dans une cinquantaines de cabinet médicaux répartis dans les 6 départements de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le nombre de capteurs étant limité, ces derniers ont été déplacés de cabinets en cabinets par des référents régionaux, sous la supervision des doctorantes.

## II.2 Moyens mis en œuvre

Deux dispositifs de mesures sont mis en place dans le cadre de cette campagne (Figure 1) :

- Un capteur multipolluant « Nexelec Atmo » à visée de diagnostic. Il enregistre les données au pas de temps 10 minutes, à distance par communication radio bas débit LoRa, sans affichage d'information de la qualité de l'air. Il mesure les paramètres suivants : formaldéhyde, COV totaux, particules fines (PM10, PM2.5, PM1), CO<sub>2</sub>, humidité relative, température.
- Un capteur multipolluant pédagogique « Module Air » qui affiche les mesures à un pas de temps de 2 minutes, associé à un message et un code couleur. Il mesure les paramètres suivants : COV totaux, particules fines (PM10, PM2.5, PM1), CO<sub>2</sub>, humidité relative, température.



Figure 1 : Appareils de mesure d'air intérieur utilisés au cours du projet

## II.3 Echantillonnage spatial et temporel

Près de 46 cabinets médicaux ont été recrutés initialement, mais 11 cabinets n'ont pas eu de réseau LoRa assez puissant à l'intérieur des locaux pour communiquer à distance et avoir suffisamment de données. Seules les séquences de mesure présentant 75% des données au pas de temps 10 minutes sont traitées, ce qui représente **35 cabinets**.

Les appareils de mesure ont été mis en place dans les salles de consultation des médecins.

La période d'analyse correspond à une période de deux semaines de mesures pour chaque cabinet, s'étalant de mars à octobre 2023.

### III VALEURS DE REFERENCE UTILES

#### III.1 Comparaison aux valeurs de référence

Il existe plusieurs types de valeurs de référence, en fonction des molécules et du type d'exposition (aigüe ou chronique) :

- des valeurs de guide en air intérieur (VGAi) de l'ANSES ;
- des valeurs repères de gestion du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) ;
- des valeurs toxicologiques de référence (VTR) de l'ANSES, l'INERIS ou d'autres instances internationales ;
- des valeurs réglementaires dans les établissements recevant du public ;
- Des lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Elles sont détaillées dans le Tableau 1 ci-après :

Tableau 1 : Valeurs de référence en air intérieur des polluants mesurés

Composés ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Type de valeur	Exposition chronique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Formaldéhyde	Valeur de gestion provisoire long terme (HCSP)	30
	Valeur repère de qualité d'air intérieur (4h)	100
PM10	Valeur cible air intérieur long terme (HCSP)	15
	Ligne directrice OMS	15
PM2.5	Valeur cible air intérieur long terme (HCSP)	10
	Ligne directrice OMS	5

Pour le CO<sub>2</sub>, deux types de valeurs de référence sont définies pour l'évaluation du confinement :

- Les valeurs de gestion du Haut Conseil de Santé Publique<sup>5</sup> :
  - Une **valeur repère d'aide à la gestion** pour une concentration de **800 ppm** de CO<sub>2</sub> comme objectif d'un renouvellement de l'air satisfaisant des locaux occupés, par apport d'air neuf, en prenant en compte les performances cognitives des occupants et la dilution et l'élimination des polluants intérieurs, dont les agents infectieux aéroportés ;
  - Une **valeur d'action rapide** pour une concentration de **1 500 ppm**, témoignant d'un confinement de l'air non acceptable au regard des éléments de la littérature scientifique et nécessitant des actions correctives (diminution de la jauge d'occupation ou évacuation du local, modification des moyens techniques d'aération et de ventilation...).
- L'indice de confinement ICONE basé sur les concentrations en CO<sub>2</sub> lors des phases d'occupation des locaux, dont les classes sont qualifiées tel qu'indiqué dans le protocole de mesures en continu de CO<sub>2</sub> dans l'air publié par le CSTB<sup>6</sup> et détaillé dans le Tableau 2 :

Tableau 2 : Qualificatif du niveau de confinement de chaque classe d'indice ICONE

Indice ICONE	Nature du confinement de l'air
0	nul

<sup>5</sup> Avis relatif à la mesure du dioxyde de carbone dans l'air intérieur des établissements recevant du public : <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1154>

<sup>6</sup> Protocole de mesure en continu du dioxyde de carbone dans l'air (indice de confinement icone) dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : [https://www.oqai.fr/media/download/732/Protocole\\_Surveillance\\_Confinement\\_ERP\\_2023\\_version\\_2.pdf](https://www.oqai.fr/media/download/732/Protocole_Surveillance_Confinement_ERP_2023_version_2.pdf)

1	faible
2	moyen
3	élevé
4	très élevé
5	extrême

Pour les COV totaux, seule l'Agence fédérale allemande pour l'environnement fixe des niveaux de qualité d'air en fonction de la concentration en COV totaux (Tableau 3).

Tableau 3 : Niveaux de qualité de l'air en fonction des concentrations intérieures en COV totaux – Agence fédérale Allemande pour l'environnement (2007)

Niveaux	Concentrations moyennes ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Recommandations
1	< 300	Valeur cible, pas d'impact sur l'hygiène
2	> 300 - 1000	Pas d'impact spécifique, mais augmentation de la ventilation recommandée
3	> 1000 - 3000	Quelques impacts sur l'hygiène. Niveau toléré pendant un maximum de 12 mois. Recherche des sources, augmentation de la ventilation recommandée
4	> 3000 - 10 000	Impacts majeurs. Ne peut être toléré plus d'un mois. Recherche des sources, intensification de la ventilation nécessaire
5	> 10 000 - 25 000	Situation inacceptable

### III.2 Comparaison aux autres typologies de bâtiments français

La campagne nationale de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), réalisée en 2013 dans 560 logements répartis en France, a permis de déterminer des valeurs de concentrations qui peuvent servir de base de comparaison des mesures de la présente étude (Tableau 4).

Tableau 4 : Concentrations médianes des polluants ciblés dans les logements français

Composés ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentration médiane - logements français (OQAI)		Concentration médiane - écoles françaises (OQAI)	Concentration médiane - bâtiments de bureaux (OQAI)
	2005 <sup>7</sup>	2020-2023 <sup>8</sup>	2013-2017 <sup>9</sup>	2013-2017 <sup>10</sup>
Formaldéhyde	20	14	19	14
PM10	31	-	-	-
PM2.5	19	13	18	-

## IV RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de chaque paramètre de mesure sont présentés sous forme de boîte à moustache permettant de présenter les données statistiques de mesure. Le détail des données affichées est présenté en Figure 2.

<sup>7</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur - campagne nationale logements : état de la qualité de l'air dans les logements français rapport final - [https://www.oqai.fr/media/download/216/1\\_LOG\\_CN11\\_Etat-QAI.pdf](https://www.oqai.fr/media/download/216/1_LOG_CN11_Etat-QAI.pdf)

<sup>8</sup> La CNL 2 : une nouvelle campagne nationale dans les logements - <https://www.oqai.fr/fr/campagnes/campagne-nationale-logements-2>

<sup>9</sup> Campagne Nationale Ecoles : le rapport final est disponible ! : <https://www.oqai.fr/fr/actualites/campagne-nationale-ecoles-le-rapport-final-est-disponible>

<sup>10</sup> Campagne nationale "Bureaux" (Les 20 ans de l'OQAI) - <https://www.oqai.fr/fr/media/autres/4-1-bureaux-campagne-nationale-oqai>

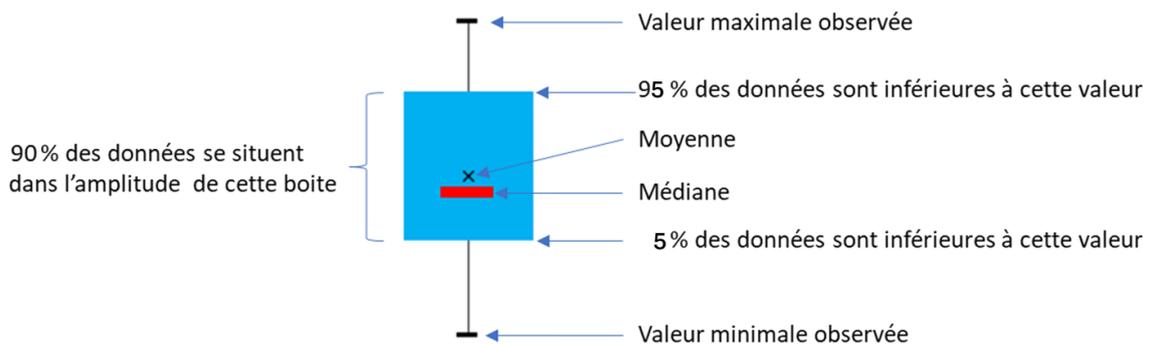


Figure 2 : Schéma explicatif du diagramme en boîte à moustache

Les résultats sont présentés par ordre chronologique du mois de mars 2023 jusqu'à janvier 2024 et sont anonymisés. Chaque séquence de mesure, qui correspond à un cabinet différent, est identifiée par le numéro du capteur utilisé suivi des dates de mesures (ex : E431\_040323au130323).

Dans le corps du rapport sont présentées les concentrations moyennes des deux semaines de mesure sur les périodes d'ouverture des cabinets (8h à 19h). Les résultats des concentrations 24h/24h sont présentés en annexe 1.

L'ensemble des statistiques de mesures de formaldéhyde, particules fines (PM1, PM2.5, PM10), COV totaux, température et humidité relative est calculé sur la base des données horaires intégrées à partir des données au pas de temps brut de 10 minutes.

Pour le CO<sub>2</sub>, les statistiques de mesures sont calculées sur les données au pas de temps brut afin de correspondre aux valeurs de gestion du Haut Conseil de Santé Publique à ne pas dépasser sur le pas de temps 10 minutes.

## IV.1 Confinement

La mesure de CO<sub>2</sub> est utilisée comme indicateur de confinement. Elle met en évidence le manque de renouvellement d'air. Un confinement trop important provoque des phénomènes de somnolence et une perte de vigilance mais favorise également l'accumulation des polluants d'origine intérieure et la transmission des maladies infectieuses.

La totalité des cabinets a montré des concentrations maximales supérieures à la valeur repère (VR) de 800 ppm (Figure 3). La très grande majorité d'entre eux (75 %) a également dépassé la valeur d'action rapide de 1 500 ppm, et seuls trois ne la dépassent pas.

Certains cabinets montrent des concentrations maximales très importantes, proches de la limite supérieure de la gamme de mesure des capteurs (5 000 ppm).

Le calcul de l'indice ICONNE, réalisé sur la base des horaires d'ouverture estimés (9h à 18h), montre une répartition des indices de confinement suivant :

- 26 % (9 cabinets) avec un confinement nul à faible (0 à 1) ;
- 34 % (12 cabinets) avec un confinement moyen (2) ;
- 37 % (13 cabinets) avec un confinement élevé à très élevé (3 à 4) ;
- 3 % (1 cabinet) avec un confinement extrême (5).

Ainsi, près de 40 % des cabinets manquent de renouvellement d'air. Dans les cabinets concernés, ceci favorise l'accumulation des polluants d'origine intérieure et la transmission de maladies infectieuses. Il est observé une période au cours de laquelle les indices de confinement ont été plus bas, du mois de mai au mois de juin, périodes qui correspondent habituellement aux températures extérieures propices à l'aération des locaux. A contrario, les périodes de chauffe et les périodes estivales n'y sont pas propices en raison des trop grandes différences de températures extérieure et intérieure et de l'utilisation du

chauffage ou de la climatisation.

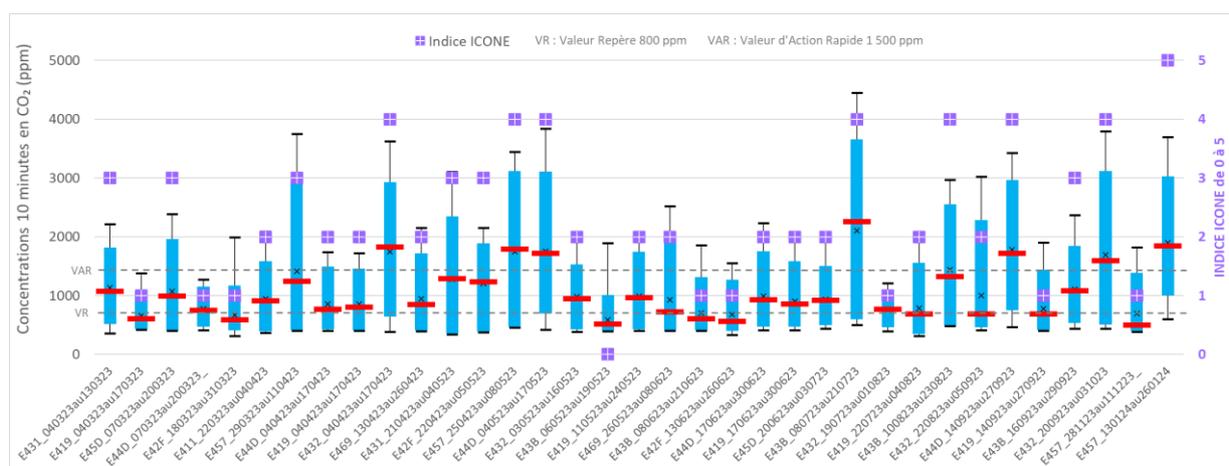


Figure 3 : Statistiques de mesures 10 minutes en CO<sub>2</sub> et indice de confinement des différents cabinets médicaux

L'ensemble des cabinets médicaux montre des concentrations maximales supérieures à la valeur repère du Haut Conseil de Santé Publique de 800 ppm et une majorité dépasse également la valeur d'action rapide de 1 500 ppm. Ceci dénote un manque de renouvellement d'air dans la très grande majorité des cabinets médicaux.

De manière complémentaire, près de 40 % d'entre eux montrent des indices de confinement élevés à extrêmes, particulièrement propice à la transmission des maladies infectieuses par voie aérienne.

Cette proportion importante montre la nécessité d'améliorer les conditions de renouvellement d'air des cabinets médicaux, par une pratique plus fréquente de l'ouverture des fenêtres et/ou par la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée.

## IV.2 COV totaux

Les résultats de COV totaux correspondent à la mesure cumulée de l'ensemble des composés organiques volatils (COV) de longueur de chaînes carbonées C6 à C12. Cette mesure est donc un indicateur de la charge globale en COV, sans distinction possible de chaque molécule. La majorité des COV présente des concentrations significativement plus importantes dans les ambiances intérieures qu'en air ambiant en lien avec la très grande diversité des sources internes.

La moyenne des concentrations en COV totaux de l'ensemble des établissements est de 975 µg/m<sup>3</sup>.

La Figure 4 présentant les résultats individuels des cabinets sur les périodes d'ouverture montre, selon les critères de l'Agence Fédérale Allemande pour l'Environnement, une répartition des niveaux de qualité de l'air suivants :

- 100 % des cabinets médicaux présentent des concentrations moyennes en COV totaux supérieures à la valeur cible de 300 µg/m<sup>3</sup> (niveau 1) ;
- 60 % des cabinets présentent des concentrations moyennes entre 300 et 1 000 µg/m<sup>3</sup>, ce qui correspond au niveau 2 de qualité de l'air ;
- 40 % des cabinets présentent des concentrations entre 1 000 µg/m<sup>3</sup> et 3 000 µg/m<sup>3</sup> (moyenne maximale observée de 1 700 µg/m<sup>3</sup>). Ceci correspond au niveau 3 de qualité de l'air pour lequel il est recommandé une amélioration du renouvellement d'air et une recherche de sources.

En complément de la contribution des matériaux de construction/décoration, de l'ameublement et des activités de ménage, les cabinets médicaux peuvent avoir une source complémentaire de COV par l'utilisation de gel hydroalcoolique.

Même si de manière générale, les COV d'origine intérieure s'accumulent dans des mauvaises conditions de renouvellement d'air et qu'ils sont très efficacement évacués lors des phases d'aération, il n'est pas observé de proportionnalité entre niveaux de confinement observés et concentrations moyennes en COV totaux. L'explication la plus probable réside dans la multiplicité des sources internes en COV qui est propre à chaque environnement intérieur, et la proportion importante de cabinets médicaux qui manquent de renouvellement d'air.

Il n'est pas observé d'évolution saisonnière des niveaux de concentrations en COV totaux. Seule la période des mois de juin à août semble montrer des concentrations globalement plus faibles, sans que l'on puisse en trouver une explication.

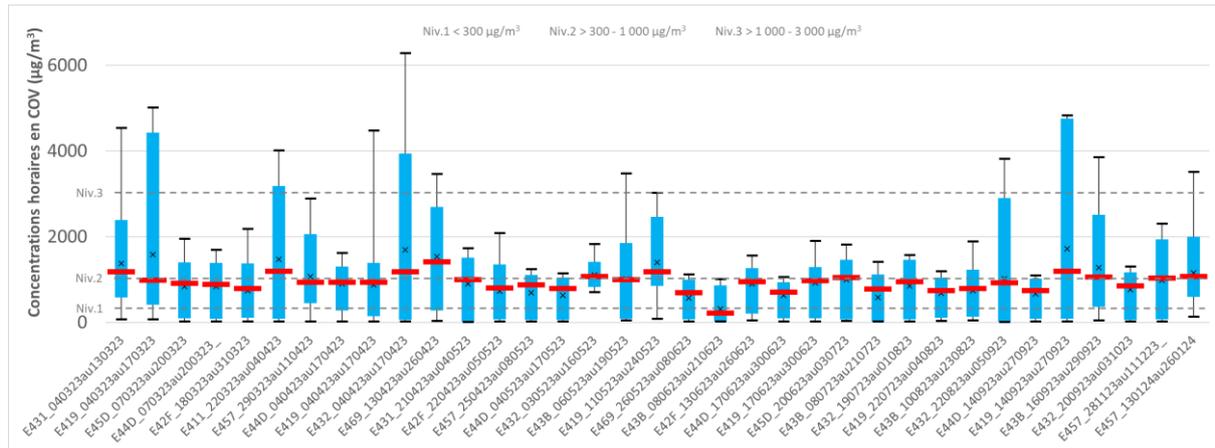


Figure 4 : Statistiques de mesures horaires en COV totaux des différents cabinets médicaux

La totalité des cabinets médicaux montre des concentrations moyennes en COV totaux supérieures à la valeur cible de l'Agence Fédérale Allemande pour l'Environnement de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Près de 40 % d'entre eux présentent des concentrations de niveaux 3 pour lesquelles, selon les recommandations de l'AFAE, il est recommandé d'améliorer le renouvellement d'air et de réaliser une recherche des sources de COV.

Cette proportion pourrait être expliquée en partie par l'utilisation intensive de gels hydroalcooliques dans certains cabinets en complément des sources habituelles que sont les matériaux internes, l'ameublement et l'utilisation de produits d'entretien.

### IV.3 Formaldéhyde

Le formaldéhyde est un Composé Organique Volatil (COV) cancérigène certain qui est très présent en air intérieur en lien avec les très nombreuses sources internes aux bâtiments (matériaux de construction/décoration ameublement, produits d'entretien...). On le dit spécifique aux ambiances intérieures parce que ces concentrations sont très significativement supérieures à celles que l'on rencontre en air ambiant.

Les résultats individuels des concentrations en formaldéhyde des cabinets médicaux montrent que les concentrations horaires maximales sont très en deçà de la valeur repère de qualité d'air intérieur de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de l'ANSES pour 4h d'exposition (Figure 5). A l'exception d'un cabinet, l'ensemble des concentrations moyennes en formaldéhyde sont significativement inférieures à la valeur guide provisoire du Haut Conseil de Santé Publique de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le cabinet avec les concentrations en formaldéhyde les plus importantes (capteur E43B/ 8-21 juillet)

présente un indice de confinement « très élevé ». Ceci signifie que des sources internes en formaldéhyde sont plus importantes que dans les autres cabinets qui présentent un confinement du même ordre.

La concentration moyenne en formaldéhyde des cabinets ayant un confinement nul à moyen est de  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alors que celle des cabinets ayant un confinement élevé à extrême est de  $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ceci semble montrer l'impact du manque de renouvellement d'air sur l'accumulation intérieure de formaldéhyde, même avec des sources internes peu importantes.

Il est également observé une influence des températures intérieures sur les concentrations en formaldéhyde (cf. paragraphe IV.6 Température).

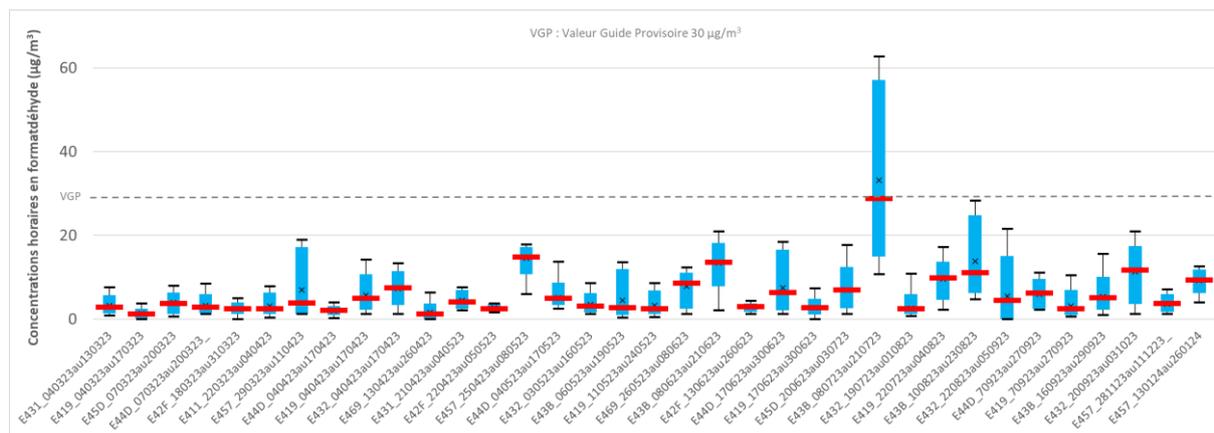


Figure 5 : Statistiques de mesures horaires en formaldéhyde des différents cabinets médicaux

Les cabinets médicaux présentent des concentrations en formaldéhyde globalement basses, significativement inférieures à la valeur guide provisoire de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , à l'exception d'un cabinet qui la dépasse légèrement.

Il est observé une influence à la hausse du niveau de confinement sur les concentrations intérieures en formaldéhyde.

#### IV.4 Particules fines

La concentration en particules fines est un des paramètres de mesures en air intérieur essentiels en raison de leur impact sanitaire et de leur présence dans les bâtiments, en lien avec des sources internes ou externes.

Les concentrations individuelles en PM<sub>2.5</sub> présentées montrent que l'ensemble des cabinets médicaux présentent des concentrations moyennes en PM<sub>2.5</sub> inférieures à la valeur cible en air intérieur de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figure 6). Seuls 4 cabinets montrent des concentrations moyennes supérieures à la ligne directrice OMS de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il n'est pas observé de différence entre les cabinets avec un confinement nul à moyen et ceux avec un confinement élevé à extrême.

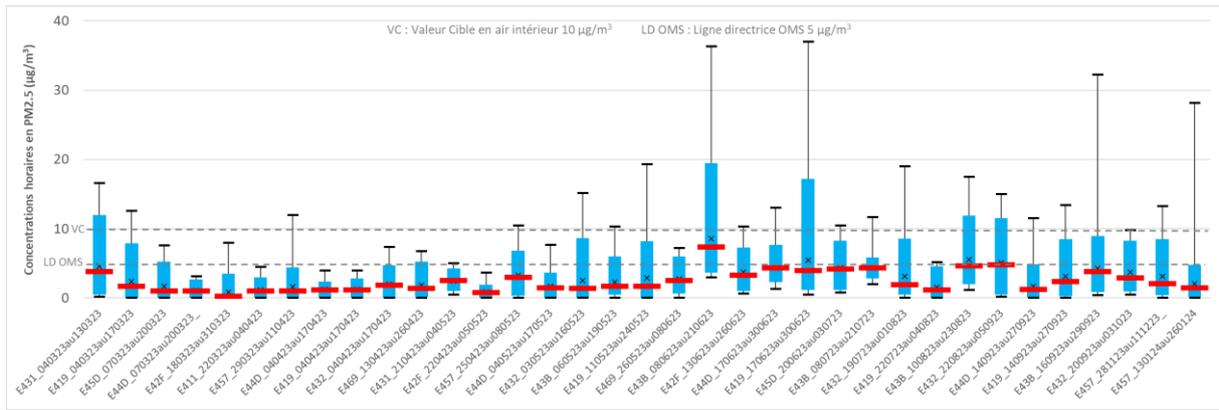


Figure 6 : Statistiques de mesures horaires en PM2.5 des différents cabinets médicaux

Les concentrations individuelles en PM10 présentées en Figure 7 montrent que l'ensemble des cabinets médicaux présentent des concentrations moyennes en PM10 inférieures à la valeur cible en air intérieur de 15 µg/m<sup>3</sup>. Il n'est pas non plus observé de différences entre les cabinets avec ou sans confinement.

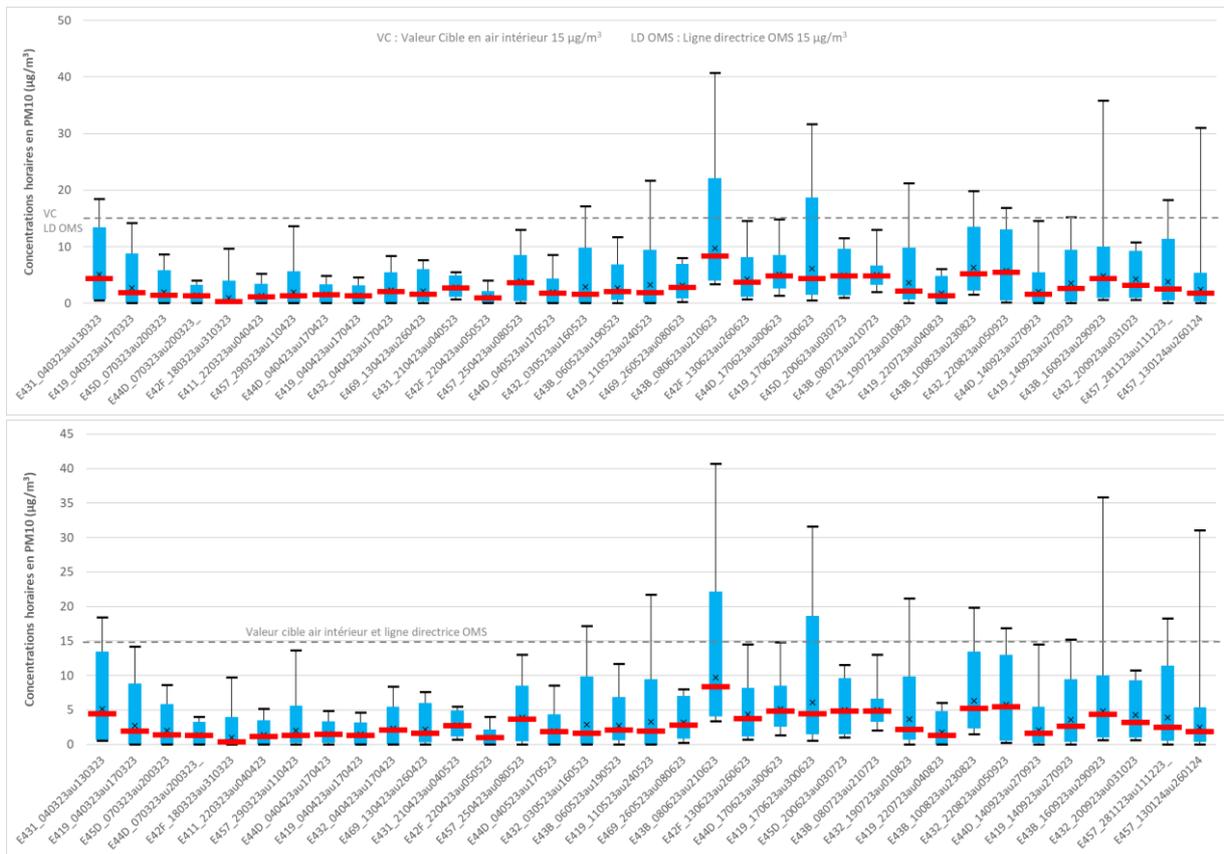


Figure 7 : Statistiques de mesures horaires en PM10 des différents cabinets médicaux

Les cabinets médicaux présentent des concentrations en particules fines globalement faibles, significativement inférieures à la valeur cible en air intérieur pour les PM10 et les PM2.5.

Seuls 4 cabinets sur 35 ont montré un léger dépassement de la ligne directrice OMS de 5 µg/m<sup>3</sup> en PM2.5.

Il n'est observé d'influence du niveau de confinement sur les concentrations intérieures en particules fines.

## IV.5 Humidité relative

Les taux d'humidité relative recommandés en air intérieur sont compris entre 40 % et 60 %. L'air est considéré comme trop sec en dessous de 40%, il provoque un assèchement des muqueuses et peut occasionner des sensations de picotement des yeux et des voies respiratoires. Au-delà de 60 %, l'air est considéré comme trop humide et peut induire le développement de moisissures dans le bâtiment.

La Figure 8 montre que 82 % des cabinets médicaux (29/35) présentent une humidité relative moyenne qui est conforme aux recommandations. 5 cabinets ont un air trop sec (< 40 %) et un cabinet un air trop humide (> 60 %).

La variation du taux d'humidité relative ne semble pas avoir d'influence notable sur les mesures de formaldéhyde, COV et particules fines. En effet, la moyenne des concentrations des cabinets dont les taux d'humidité relative sont inférieurs à 50 % est sensiblement similaire à celle des cabinets présentant un taux d'humidité relative supérieur à 50 %.

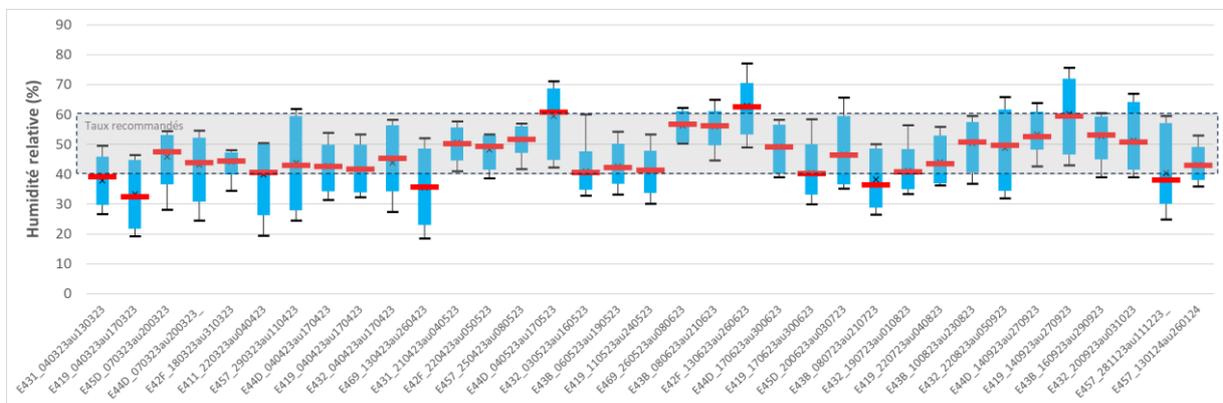


Figure 8 : Statistiques de mesures horaires de l'humidité relative des différents cabinets médicaux

Plus de 80% des cabinets médicaux n'ont pas de problème d'humidité de l'air, en respectant les taux moyens recommandés de 40 à 60%.

Le taux d'humidité relative ne semble pas avoir d'influence sur les concentrations en formaldéhyde, COV totaux ou particules fines.

## IV.6 Température

En matière de confort thermique dans la salle d'examen, 3 objectifs sont à poursuivre :

- celui du patient, qui peut être amené à se déshabiller pendant l'examen ;
- celui des proches qui l'accompagnent ;
- celui du praticien, qui ne quitte quasiment pas la salle de la journée.

Ainsi, la température minimale recommandée dans les salles d'examen est supérieure à celle des bureaux (> 22°C) pour respecter la neutralité thermique<sup>11</sup> des patients.

En hiver, l'arrêté du 25 juillet 1977<sup>12</sup>, impose de ne pas dépasser 24°C dans les salles de consultation.

La RE2020 définit un seuil de température adaptatif que la température diurne intérieure ne doit pas dépasser pour éviter tout inconfort : seuil de température adaptatif entre 26° et 28°C. **Nous retenons**

<sup>11</sup> Etat d'équilibre entre les caractéristiques physiologiques liées au métabolisme et à la thermorégulation de la personne et les caractéristiques thermiques de l'environnement. Dans cet état n'interviennent ni sudation, ni frisson - <https://www.medecine-des-arts.com/>

<sup>12</sup> Arrêté du 25 juillet 1977 relatif à la limitation de la température de chauffage de locaux où s'exercent des activités à caractère scientifique, sportif, artisanal, industriel, commercial ou agricole - <https://www.legifrance.gouv.fr/download/securePrint?token=kyTzh6QdMjy7GL08RLj>

dans le cadre de cette étude la température de 27°C.

La Figure 9 montre des températures moyennes intérieures situées entre 17 et 29 °C. Celles-ci fluctuent en fonction de la saison, avec des températures plus élevées en période estivale. Sur cette période chaude, les températures sont relativement raisonnables (maximum des températures moyennes sur la période de 26 °C), à l'exception du cabinet équipé du capteur E43B du 8 au 21 juillet. Celui-ci a montré des températures trop élevées pour le confort des occupants au regard des températures maximales recommandées en été.

9 cabinets montrent des températures moyennes qui peuvent s'avérer peu trop froides pour le confort des patients dans des salles d'examen où les patients peuvent être amenés à se dévêtir. Néanmoins, le ressenti des températures correspondant à la moyenne de la température de l'air et de la température des parois, certaines des situations entre 20 et 22°C peuvent s'avérer confortables si les parois ne sont pas froides.

Les températures moyennes ont une influence sur les concentrations en formaldéhyde qui sont plus importantes (8 µg/m<sup>3</sup>) dans les cabinets dont la température est supérieure 23 °C que dans les cabinets dont la température est inférieure (4,5 µg/m<sup>3</sup>).

Cette différence en fonction des températures n'est pas observée sur les concentrations en COV totaux ou en particules fines.

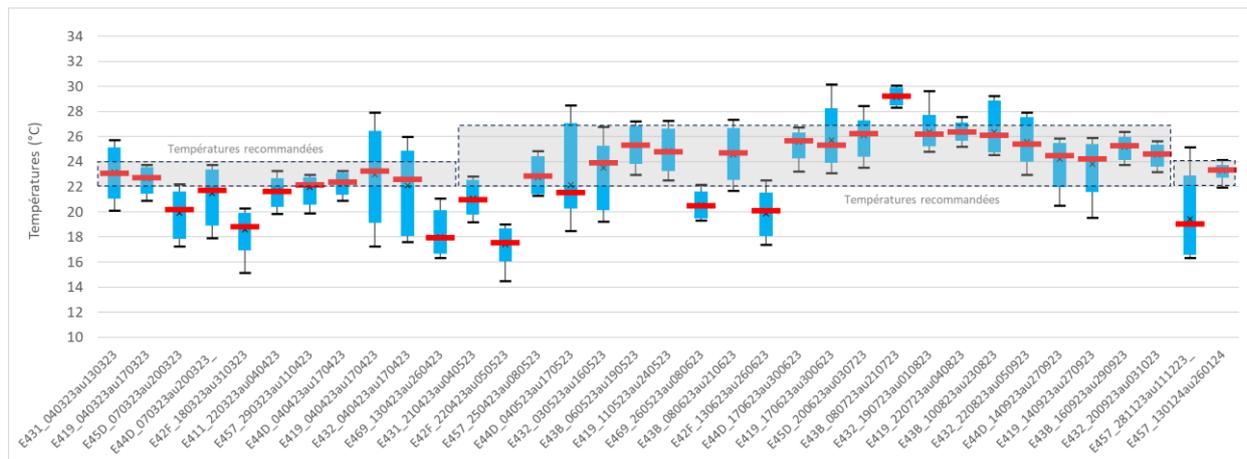


Figure 9 : Statistiques de mesures horaires de la température des différents cabinets médicaux

9 cabinets médicaux montrent des températures qui peuvent s'avérer trop froides pour le confort des patients qui peuvent être amenés à se dévêtir dans la salle d'examen.

Un cabinet a montré des températures en été qui ne permettent pas d'assurer le confort thermique des occupants.

## V CONCLUSION

Dans le cadre de sa collaboration avec l'Union Régionale des Professionnels de Santé Médecins Libéraux PACA, AtmoSud a mis à disposition 10 capteurs d'air intérieur multipolluants connectés à visée de diagnostic et 10 capteurs d'air intérieur pédagogiques. Ils ont été mis en place dans 46 cabinets médicaux de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. En complément, des actions de formation/sensibilisation du personnel médical ont été mises en place par l'organisation de webinaires (25 avril<sup>13</sup> et 15 mai 2024<sup>14</sup>) et l'élaboration de supports de communication.

En raison de la qualité des réseaux de communication par onde radio LoRa à l'intérieur de certains cabinets médicaux, les résultats de mesure ont pu être analysés dans les 35 cabinets médicaux qui ont fourni au moins 75% des données sur la période de mesure de deux semaines planifiées.

Pour le dioxyde de carbone, la totalité des cabinets dépasse la valeur repère de 800 ppm recommandée par le Haut Conseil de Santé Publique et une majorité (75 %) dépasse également la valeur d'action rapide de 1 500 ppm. Le calcul de l'indice de confinement sur les heures d'ouverture des cabinets montre que 40 % des cabinets médicaux ont des conditions de renouvellement d'air très insuffisantes, avec des niveaux de confinement élevés (3), très élevés (4) ou extrême (5), conditions particulièrement propices à la transmission des maladies infectieuses et l'accumulation des polluants intérieurs.

Malgré la proportion importante de cabinets dont l'air n'est pas assez renouvelé, à l'exception d'un cabinet, la mesure de formaldéhyde montre des concentrations basses, significativement inférieures à la valeur guide provisoire du Haut Conseil de Santé Publique de 30 µg/m<sup>3</sup>.

En ce qui concerne les COV totaux, près de 40 % des cabinets la totalité des cabinets médicaux présentent des concentrations supérieures à 1 000 µg/m<sup>3</sup> correspondant au niveau 3 de l'Agence Fédérale Allemande pour l'Environnement qui recommande une amélioration du renouvellement d'air et une recherche des sources de COV.

Les cabinets médicaux présentent des concentrations en particules fines faibles, significativement inférieures à la valeur cible en air intérieur pour les PM10 et les PM2.5.

Les conditions hygrothermiques montrent un relatif respect des taux d'humidité relative recommandés (de 40 à 60 %) mais montrent des températures qui peuvent s'avérer trop froides ou trop chaudes pour le confort des occupants qui peuvent être amenés à se dévêtir pour les besoins de la consultation.

**La proportion importante de cabinet médicaux présentant un confinement de l'air important montre la nécessité d'améliorer leurs conditions de renouvellement d'air, par une pratique plus fréquente de l'ouverture des fenêtres et/ou par la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée.**

---

<sup>13</sup> <https://www.urps-ml-paca.org/les-enjeux-de-la-qualite-de-de-lair-interieur-et-exterieur>

<sup>14</sup> <https://www.urps-ml-paca.org/qualite-de-lair-de-votre-cabinet-et-impact-sur-la-sante-dernier-volet>

## 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

**NOx** : 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.

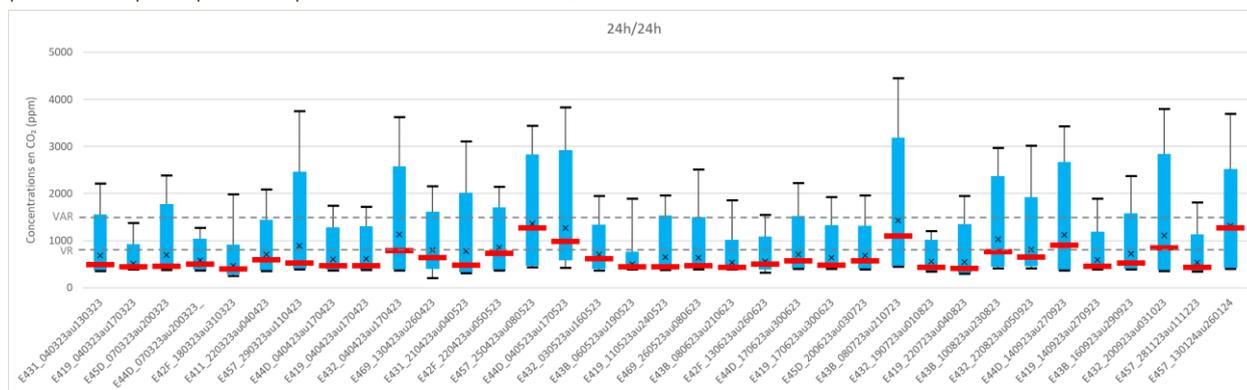
### Influence des sources

- 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 – RESULTATS DES CONCENTRATIONS MOYENNES 24H/24H DE L'ENSEMBLE DES CABINETS ET DES POLLUANTS MESURES

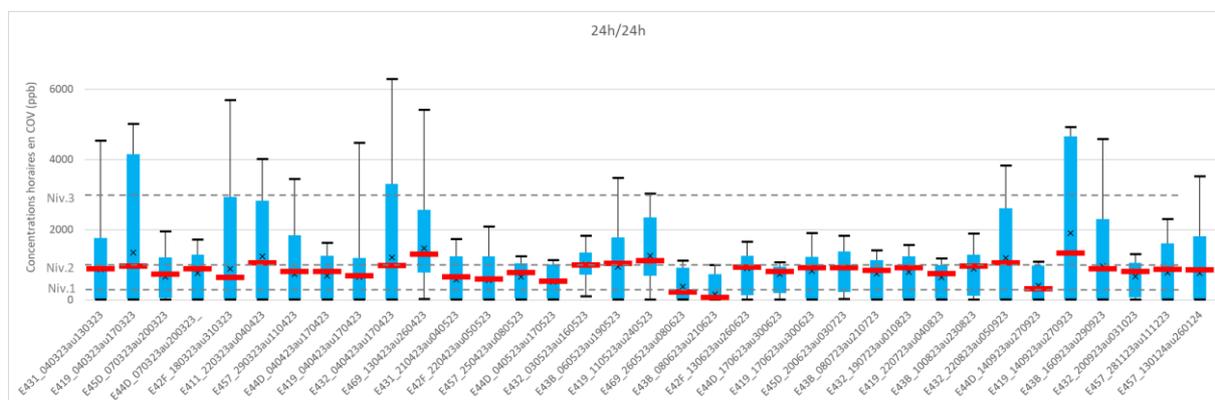
### Confinement

Les statistiques des concentrations en CO<sub>2</sub> 24h/24h montre des niveaux globalement plus faibles puisqu'elles prennent en compte les heures de fermeture du cabinet, période pendant laquelle il n'y a pas d'occupant pour respirer et émettre du CO<sub>2</sub> à l'intérieur.



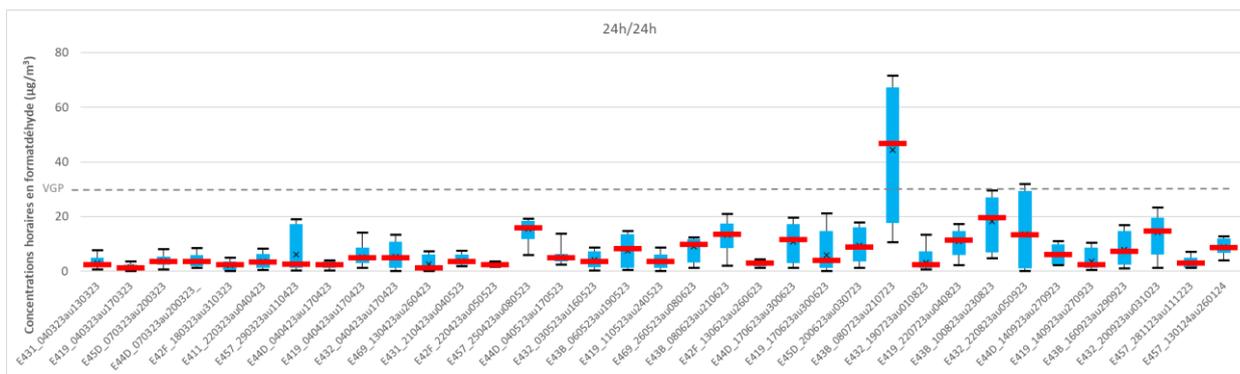
### COV totaux

Les statistiques des concentrations en COV totaux 24h/24h montrent des niveaux légèrement plus faibles que sur la période occupée. Cela signifie que les concentrations en COV totaux semblent influencées par les activités de la période d'ouverture des cabinets.



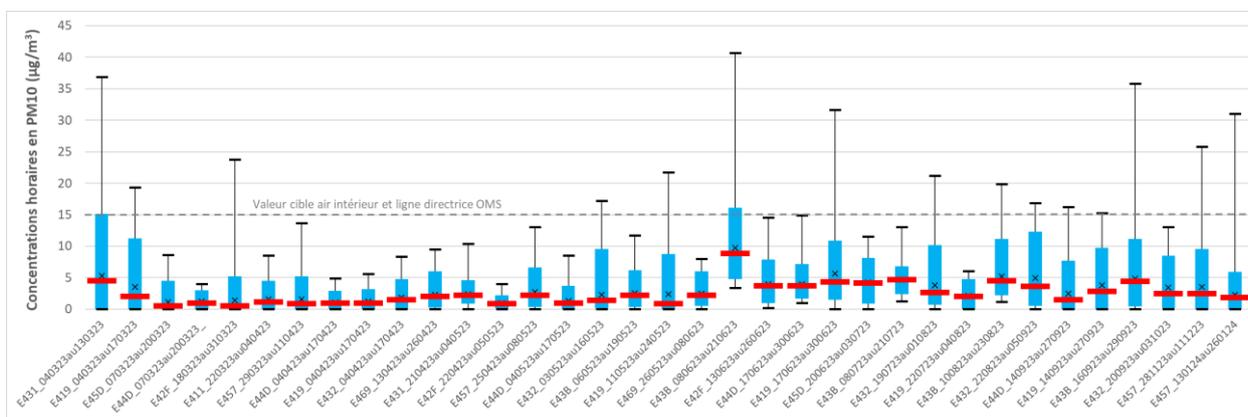
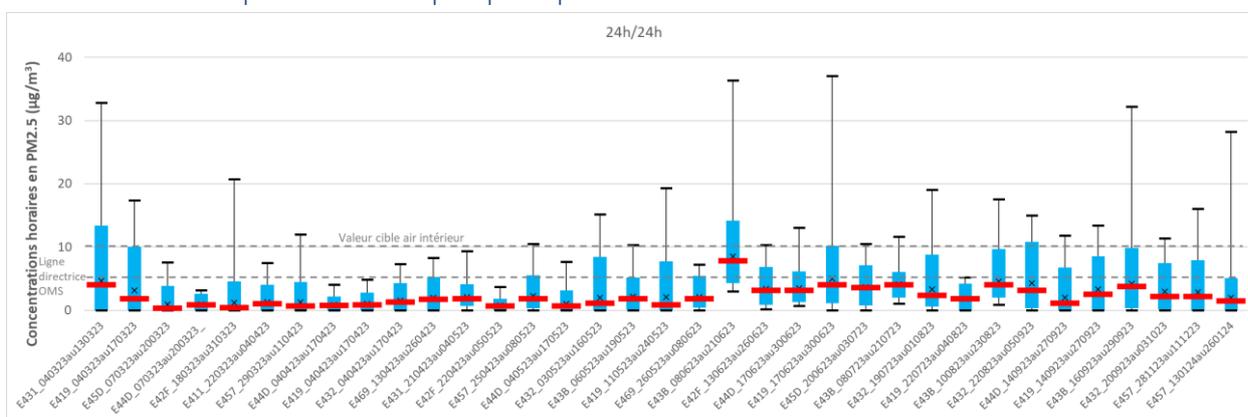
### Formaldéhyde

Les statistiques des concentrations en formaldéhyde 24h/24h montrent des niveaux légèrement plus importants que sur la période occupée. Cela peut être influencé par un renouvellement d'air moins important sur la période d'inoccupation mais cela semble indiquer que les sources en formaldéhyde semblent majoritairement liées au bâtiment qu'aux activités qui y sont pratiquées.



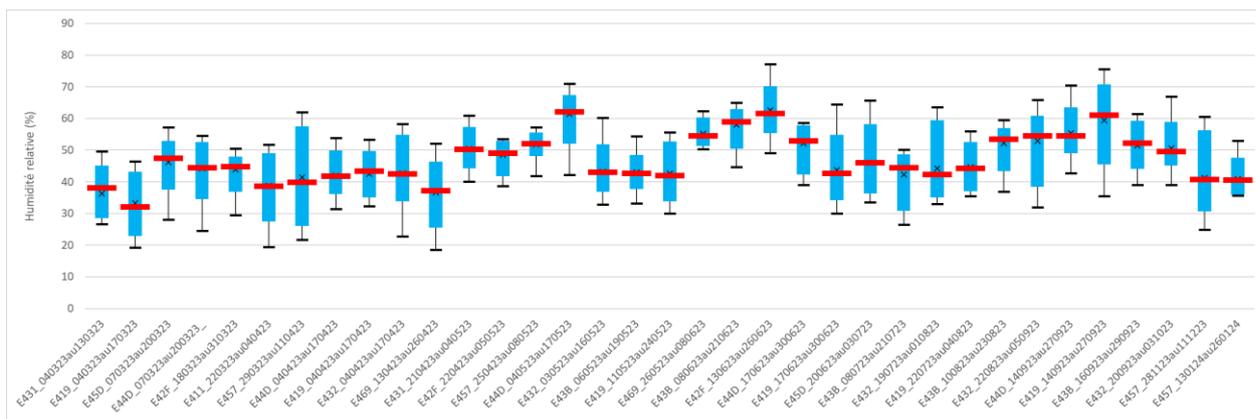
## Particules fines

Les statistiques des mesures des particules fines PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> 24h/24h montrent des niveaux moyens similaires à ceux ne prenant en compte que la période d'ouverture.



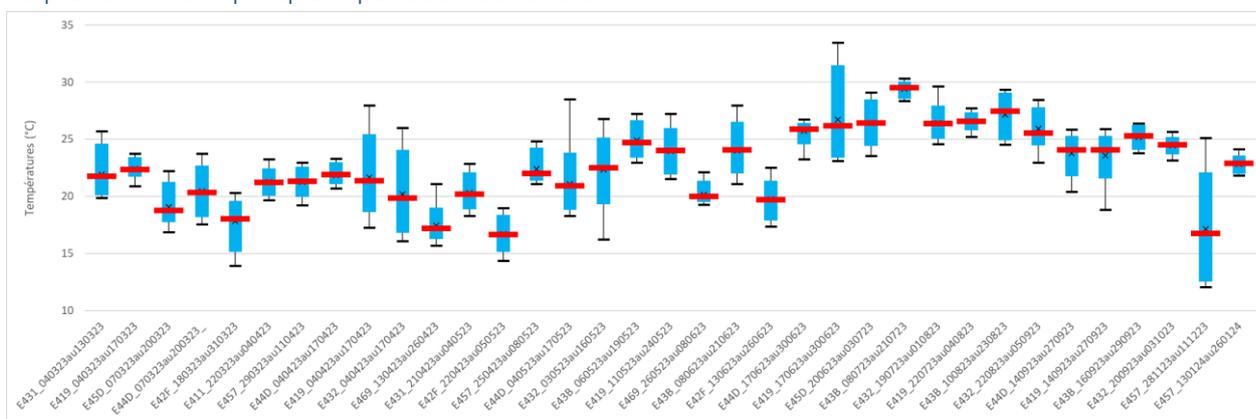
## Humidité relative

Les statistiques des mesures de l'humidité relative 24h/24h montrent des niveaux moyens similaires à ceux ne prenant en compte que la période d'ouverture.



## Température

Les statistiques des mesures des températures 24h/24h montrent des niveaux moyens similaires à ceux ne prenant en compte que la période d'ouverture.



## ANNEXE 2 – SOURCES DE POLLUTION, EFFETS SUR LA SANTE, REGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS OMS – STYLE ANNEXE

### 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>	Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné	Formation de l'ozone
HAP <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>		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		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



## 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 Nive

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