

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



Mesures d'air intérieur dans un bâtiment de logements

Aix-en-Provence (13)

Octobre 2021

RÉSUMÉ :

MESURES D'AIR INTERIEUR DANS UN BATIMENT DE LOGEMENTS

Aix-en-Provence (13)

Suite à des nuisances olfactives relayées par l'Agence Régionale de Santé, AtmoSud est intervenu pour réaliser une campagne de mesure d'air intérieur dans un bâtiment de logements. De fortes odeurs de type « solvant » ont été ressenties de manière simultanée par les occupants des deux appartements du dernier étage, après des travaux d'étanchéité du toit et notamment l'utilisation d'un produit particulier, le Sopradère. Les mesures des polluants faisant partie de la composition de produit ont été réalisées en air intérieur, en trois phases après les premières nuisances olfactives : à 10 jours, 3 mois et 6 mois.

► Une première phase avec des concentrations en éthylbenzène et xylènes non propices à la réintégration des occupants

Parmi les polluants faisant partie de la composition du produit, seul le toluène présente des concentrations éloignées des valeurs guides en air intérieur correspondantes.

Les concentrations en éthylbenzène et xylènes sont telles qu'elles ont saturé les supports de prélèvements sur 7 jours comme sur 24 heures. De ce fait, il n'est pas possible de les quantifier et les différencier. Malgré la saturation des supports de prélèvements sur 7 jours, il est probable que les concentrations observées en éthylbenzène dépassent la valeur guide en air intérieur et très probable que celles en xylènes dépassent la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique.

Dans ce contexte, AtmoSud a recommandé la réalisation d'une nouvelle campagne de mesure après la mise en place d'un renouvellement d'air forcé pendant plusieurs semaines afin d'évacuer au maximum les polluants intérieurs liés à l'application du produit d'étanchéité.

► Une deuxième phase de mesure qui confirme les concentrations importantes en xylènes trois mois après les premières nuisances olfactives

Les concentrations en éthylbenzène ont baissé et sont inférieures à la valeur guide en air intérieur pour une exposition chronique, mais restent bien supérieures à la médiane des concentrations moyennes des logements français. Les concentrations en xylènes sont, quant à elles, très significativement supérieures à la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique.

► Une troisième phase qui montre une baisse significative des concentrations mais pas suffisante

Les concentrations en éthylbenzène ont continué à baisser mais restent bien supérieures à la médiane des concentrations moyennes des logements français. Les concentrations en xylènes ont significativement baissé mais restent encore significativement supérieures à la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique. Les xylènes restent donc en quantité trop importante pour une possible réintégration des locaux.

► La nécessité d'attendre ou de réaliser une expertise de dépollution

AtmoSud recommande la mise en place d'une expertise bâtiment permettant d'identifier précisément les zones et matériaux impactés par le produit à l'origine des nuisances afin de fournir une solution technique de dépollution ou de laisser les locaux inoccupés et aérés pendant une période assez longue pour que les concentrations en xylènes soient inférieures à la VTR chronique correspondante.

Contact

Chargé d'action territoriale : Patricia Lozano patricia.lozano@atmosud.org

Pilote de projet : Mathieu Izard mathieu.izard@atmosud.org

Références

23AI1413 / rapport-03 / MI-RB-ER

Date de parution

05/10/2021

PARTENAIRES

Agence Régionale de Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur
Aviation civile Sud Est

AUTEURS DU DOCUMENT

Mathieu Izard, AtmoSud
Aurélie Stoerkel, AtmoSud
Romain Boissat, AtmoSud
Edwige Révélat, AtmoSud

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude.....	5
2. Descriptif de la situation	5
2.1 Le bâtiment	5
2.2 Les travaux effectués.....	6
3. Description de la campagne de mesure.....	8
3.1 Échantillonnage temporel	8
3.2 Échantillonnage spatial.....	8
3.3 Description des prélèvements réalisés.....	9
4. Valeurs de référence	10
4.1 Comparaison aux valeurs de référence	10
4.2 Comparaison aux concentrations des logements français	10
5. Résultats de la première phase de mesures en janvier 2021	11
5.1 Prélèvements sur 24 heures	11
5.2 Prélèvements sur 7 jours.....	13
5.3 Préconisations suite à la phase 1.....	15
6. Résultats de la deuxième phase de mesures en avril 2021	16
6.1 Résultats	16
6.2 Interprétation pour l'évaluation de l'exposition chronique	17
6.3 Préconisations suite à la phase 2.....	18
7. Résultats de la troisième phase de mesures en juillet 2021	19
7.1 Résultats	19
7.2 Interprétation de l'évolution des concentrations et évaluation de l'exposition chronique	20
8. Synthèse et recommandations.....	22
8.1 Première phase de mesure – janvier 2021.....	22
8.2 Deuxième phase de mesure – avril 2021	22
8.3 Troisième phase de mesure – juillet 2021.....	23
8.4 Préconisations	23
GLOSSAIRE.....	24
ANNEXES	27

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Chromatogrammes des analyses de BTEX sur 24h – Phase 1	28
ANNEXE 2	Chromatogrammes des analyses de BTEX sur 7 jours – Phase 1	30
ANNEXE 3	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS	32

1. Contexte de l'étude

Suite à des nuisances olfactives relayées par l'Agence Régionale de Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur, AtmoSud est intervenu pour réaliser une campagne de mesure d'air intérieur dans un bâtiment de logements à Aix-en-Provence. De fortes odeurs de type « solvant » ont été ressenties de manière simultanée par les occupants des deux appartements du dernier étage, après des travaux d'étanchéité du toit et notamment l'utilisation d'un produit particulier, le Sopradère. Les occupants ont été temporairement relogés par mesure de précaution.

L'objectif de l'étude est d'évaluer si la qualité de l'air intérieur est compatible avec la réintégration des occupants dans leur logement. Elle ne vise pas à quantifier les niveaux d'exposition auxquels ils ont pu être exposés avant relogement.

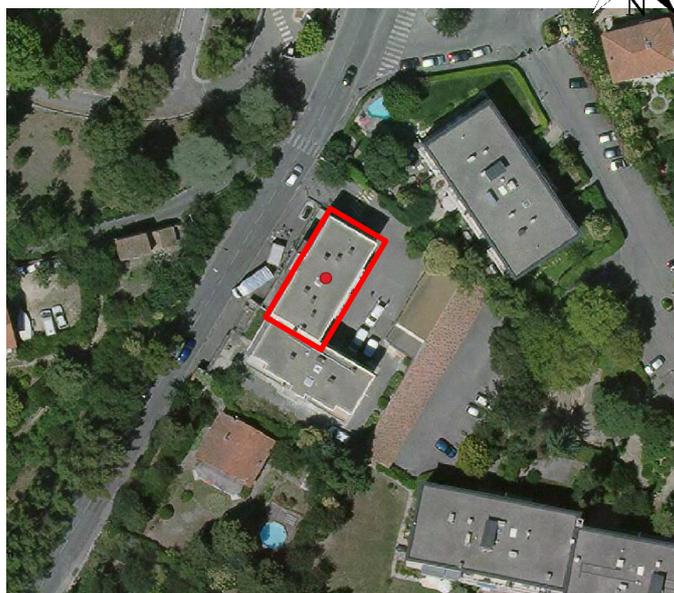
La campagne de mesure s'est déroulée en 3 étapes après les l'apparition des premières nuisances olfactives : à 10 jours, 3 mois et 6 mois.

2. Descriptif de la situation

2.1 Le bâtiment

Le bâtiment, qui date des années 60, possède 2 ailes sur 3 niveaux, du rez-de-chaussée au R+2, avec deux appartements par niveau. L'aile nord est concernée par les nuisances olfactives.

Figure 1 : Localisation du bâtiment de logement.



Ce sont les deux appartements du 2^{ème} étage qui sont concernés par les fortes odeurs :

- Le logement 1 situé au sud de l'aile du bâtiment,
- Le logement 2 situé au nord de l'aile du bâtiment.

Dans ces logements, les odeurs sont particulièrement présentes dans une chambre :

- la chambre nommée « S1 » à l'angle sud-est dans le logement 1, où les odeurs sont les plus présentes,
- la chambre nommée « S2 » à l'angle nord-est dans le logement 2.

Lors de l'apparition des odeurs, le logement 1 était occupé par 2 personnes adultes et le logement 2 par une famille de 4 personnes (2 adultes et 2 adolescents).

Dans chacun des deux logements, les conditions de renouvellement d'air ne sont pas identiques en fonction des pièces. Le principe est une ventilation naturelle (la pression du vent et les différences de température constituent le seul moteur), avec des grilles de transfert dans certaines pièces et des entrées d'air dans les menuiseries de certaines pièces.

► Logement 1

Dans le logement 1, ni le salon ni la pièce S1 ne sont équipés d'entrées d'air passives dans les menuiseries alors que les autres pièces le sont. La salle de bain et les toilettes ont une grille de transfert (débouchant manifestement en toiture). Les occupants font état de mouvements d'air dans le sens entrant dans les toilettes et sortant dans la salle de bain. Par peur d'amplifier le phénomène d'odeurs provenant du toit, les occupants ont bouché les deux grilles de transfert.

► Logement 2

Dans logement 2, l'ensemble des pièces ont des entrées d'air passives, mais seule la salle de bain possède une grille de transfert débouchant en façade nord (les toilettes n'en ont pas). La chambre S2 présente régulièrement des signes d'humidité, notamment des odeurs de types « moisissures ».

Le système de ventilation n'est manifestement pas optimal dans les deux logements, d'autant plus lorsque l'occupant du logement 1 obstrue les grilles de transfert. Cela ne peut pas être à l'origine des odeurs mais cela peut amplifier le phénomène.

2.2 Les travaux effectués

2.2.1 Étapes de travaux et apparition des odeurs

Les nuisances olfactives font suite à des travaux d'étanchéité en toiture. Ces travaux ont consisté à retirer la membrane d'étanchéité, l'isolant thermique et l'ancien produit d'étanchéité, laissant apparaître la dalle béton à nu. Le nouveau produit d'étanchéité a été coulé puis le nouvel isolant et la membrane d'étanchéité. Les odeurs dans les logements sont apparues à la fin de l'étape de coulage du produit d'étanchéité.

Figure 2 : Photographie du toit du bâtiment concerné par les travaux d'étanchéité



La visite du toit a permis de constater que les pièces des deux logements où les odeurs se font le plus sentir correspondent aux points bas du toit et à l'évacuation des eaux de pluies qui passent à travers le muret pour rejoindre les gouttières.

Nb : Il est possible que le trou d'évacuation des eaux (qui a vraisemblablement reçu le produit d'étanchéité) représente une voie d'entrée ou d'imprégnation du produit vers l'intérieur. D'autres voies d'entrées restent possibles par toutes les failles d'étanchéité importantes de la dalle béton.

Figure 3 : Photographies des travaux



2.2.2 Détail du produit d'étanchéité

Le produit d'étanchéité utilisé dans le cadre de ce chantier est le « Sopradere » du fabricant Soprema. Il s'agit d'un enduit d'imprégnation à froid de supports en béton, métal ou à base de bois, permettant d'assurer la bonne adhérence des matériaux d'étanchéité à base de bitumes. Il est appliqué à chaud ou soudé à la flamme, conformément aux prescriptions des DTU¹ 43.

Il est composé d'un mélange de base bitumineuse et de solvants volatils, avec incorporation d'additifs améliorant l'adhésivité. Trois principaux composants contribuant au danger d'exposition du produit sont identifiés dans la fiche de données de sécurité (cf. annexe 1) :

- Les xylènes (isomères ortho, méta et para) : n°CAS 1330-20-7
- L'éthylbenzène : n°CAS 100-41-4
- Le toluène : n°CAS 108-88-3

Les gênes olfactives des occupants sont apparues après des travaux au niveau de la toiture, notamment lors de l'application d'un produit d'étanchéité, le « Sopradere », dont les composants pouvant représenter un danger d'exposition par inhalation sont les xylènes, l'éthylbenzène et le toluène.

¹ Document Technique Unifié (DTU)

3. Description de la campagne de mesure

Suite aux nuisances olfactives, AtmoSud met en place une campagne de mesure d'air intérieur afin d'évaluer les concentrations, dans l'air intérieur, des polluants faisant partie de la composition du produit suspecté d'être à l'origine des odeurs. Pour la 1^{ère} campagne de mesure, les durées de prélèvement sont représentatives de l'exposition aiguë (court terme) et chronique (long terme). Les 2^{ème} et 3^{ème} campagnes ne sont représentatives que d'une exposition chronique.

3.1 Échantillonnage temporel

Le dispositif de surveillance déployé pour cette campagne répond aux besoins pour évaluer l'impact des composants contribuant au risque d'exposition par inhalation du produit d'étanchéité utilisé (toluène, éthylbenzène, xylènes).

La campagne de mesure s'est déroulée en trois phases :

- Phase 1 : 10 jours après les premières nuisances olfactives, en janvier 2021
- Phase 2 : près de trois mois après les premières nuisances olfactives, en avril 2021
- Phase 3 : près de six mois après les premières nuisances olfactives, en juillet 2021

Pour la 1^{ère} phase, deux types de prélèvements sont réalisés :

- Mesures passives sur 24 heures pour caractériser une exposition aiguë (court terme) : du 25/01/21 au 26/01/21
- Mesures passives sur 7 jours en continu pour caractériser l'exposition chronique (long terme) : du 25/01/21 au 01/02/21

Lors des 2^{ème} et 3^{ème} phases, seules des mesures passives sur 7 jours en continu ont été mises en place

- du 21/04/21 au 28/04/21 pour la phase 2
- du 22/07/21 au 29/07/21 pour la phase 3

3.2 Échantillonnage spatial

Les mesures de BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) sont réalisées dans les 2 logements présentant des nuisances olfactives du dernier étage (R+2), dans un logement du rez-de-chaussée sans odeurs (témoin intérieur) et à l'extérieur en façade du bâtiment.

Les 4 points de mesures retenus sont les suivants :

- S1 : Chambre à l'angle sud-est du « logement 1 » situé au sud du 2^{ème} étage,
- S2 : Chambre à l'angle nord-est du « logement 2 » situé au nord du 2^{ème} étage,
- S3 : Chambre à l'angle sud-ouest du logement « témoin » situé au rez-de-chaussée, côté sud,
- Extérieur : Sur la gouttière située à l'angle nord-est du bâtiment.

Figure 4 : Localisation des points de mesures intérieurs et extérieur



Les prélèvements intérieurs sont effectués en centre des pièces à l'intérieur.

Figure 5 : Présentation des prélèvements passifs



3.3 Description des prélèvements réalisés

Tableau 1 : Caractéristiques des prélèvements réalisés

Substances	Phase	Type de prélèvement	Nombre de points de mesures	Temps d'exposition	Laboratoire d'analyse
BTEX (Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)	1	Tubes passifs Radiello 145	Air intérieur : 3	24 heures	LIC - SYNAIRGIE
				7 jours	
			Air extérieur : 1	24 heures	
	7 jours				
	2 et 3	Tubes passifs Radiello 145	Air intérieur : 3	7 jours	TERA Environnement
			Air extérieur : 1		
Tubes passifs Radiello 130		Air intérieur : 3			
Air extérieur : 1					

4. Valeurs de référence

4.1 Comparaison aux valeurs de référence

Pour les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes), il existe plusieurs types de valeurs de référence, en fonction des molécules et du type d'exposition (aiguë ou chronique) : des valeurs de guide en air intérieur (VGAI) pour le benzène, toluène, éthylbenzène) ou des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les xylènes. Elles sont détaillées ci-après :

Tableau 2 : Valeurs de référence en air intérieur des polluants ciblés

Composés ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Type de valeur	Exposition aiguë	Exposition chronique
Xylènes (mélange des isomères m, p et o)	VTR ²	8 700	100
Éthylbenzène	VGAI ³	22 000	1 500
Toluène	VGAI ⁴	20 000	
Benzène	VGAI ⁵	30	2

4.2 Comparaison aux concentrations des logements français

La campagne nationale logement de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur réalisée en 2006 dans 567 logements répartis en France fait état des concentrations médianes suivantes :

Tableau 3 : Concentrations médianes des polluants ciblés dans les logements français

Composés ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Médiane des concentrations dans les logements français (OQAI ⁶)
m+p xylène	5,6
o-xylène	2,3
Éthylbenzène	2,3
Toluène	12,2
Benzène	2,1

² Valeurs toxicologiques de référence Les xylènes ANSES 2020 <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2018SA0152Ra.pdf>

³ Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur L'éthylbenzène ANSES 2016 <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2013SA0136Ra.pdf>

⁴ Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur Le toluène ANSES 2018 <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0043Ra.pdf>

⁵ Valeurs guides de qualité d'air intérieur Le benzène ANSES 2008 <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG004Ra.pdf>

⁶ 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_CNLI_Etat-OAI.pdf

5. Résultats de la première phase de mesures en janvier 2021

La première phase de mesure qui s'est déroulée rapidement après les premières nuisances olfactives a consisté à faire des prélèvements de 24 heures et de 7 jours pour évaluer respectivement l'exposition aiguë et chronique aux polluants cibles.

5.1 Prélèvements sur 24 heures

5.1.1 Résultats des mesures

Les prélèvements réalisés sur un pas de temps de 24 heures montrent les tendances suivantes :

- La salle S3 du logement « témoin » présente des concentrations ne dépassant pas $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mis à part pour les m+p xylènes avec une concentration inférieure à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La salle S2 du logement 2, qui présente des odeurs moins importantes que celles ressenties dans la pièce S1, montre :
 - Une concentration en toluène près de 25 fois supérieure à celle observées de la salle témoin S3,
 - Des concentrations significatives pour l'éthylbenzène, les m+p xylènes et le o-xylène avec saturation des mesures. Les niveaux correspondants sont supérieurs aux concentrations affichées dans le tableau.
- Dans la salle S1 du logement 1 où les odeurs sont les plus présentes :
 - La concentration en toluène est plus de 3 fois supérieure à celle de la salle S2,
 - Les concentrations sont importantes en éthylbenzène, m+p xylène et o-xylène, au point qu'il est impossible de les distinguer les unes par rapport aux autres. Les niveaux globalement observés sur ces trois composés semblent significativement plus importants que ceux de la salle S2.

L'analyse de l'échantillon extérieur a été impactée par la mesure des échantillons précédents, empêchant de quantifier le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes.

Tableau 4 : Résultats de mesure des prélèvements sur 24 heures – phase 1

Points de mesures	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	m+p-xylènes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
S1 (logement 1)	< 0,7*	177	Saturation sans distinction possible des molécules entre elles		
S2 (logement 2)	2,8*	52	Saturation > 967	Saturation > 1624	Saturation > 907
S3 (témoin intérieur)	1,9	2,1	6	18	< 5
Extérieur	0,8	Perturbations	Perturbations	Perturbations	Perturbations
Valeur de référence					
VGAI aiguë	30	20 000	22 000	8700 (VTR)	

*la mesure de benzène sur des supports de prélèvement mesurant des concentrations en COV totaux supérieures à $2\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est qu'indicative

Pour les prélèvements sur 24 heures dans les deux logements présentant des odeurs :

- Les concentrations en toluène sont significativement supérieures à celles du logement témoin,
- Les concentrations en éthylbenzène et xylènes ont saturé le support de prélèvement.

Les molécules identifiées comme composant du produit d'étanchéité suspecté d'être à l'origine des nuisances olfactives sont retrouvées dans des concentrations significativement supérieures par rapport au logement témoin.

5.1.2 Interprétation pour l'évaluation de l'exposition aiguë

► Pièce S2 (odeurs présentes)

Dans la pièce S2, où les odeurs sont présentes mais moins marquées que dans la salle S1, la concentration en toluène ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est inhabituelle pour une ambiance intérieure avec un niveau significativement plus important que celui de la médiane des logements français ($12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette concentration reste tout de même très significativement inférieure à la valeur guide en air intérieur (VGAI) pour une exposition aiguë ($20\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour l'éthylbenzène, les m+p xylènes et l'o- xylène, les concentrations ayant saturé, il n'est pas possible de fournir une concentration chiffrée. Néanmoins, les concentrations sont supérieures à $967 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'éthylbenzène, $1624 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les m+p xylènes et $907 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le o-xylène.

Ces dernières n'atteignant pas les concentrations de référence en air intérieur correspondantes pour une exposition aiguë, il n'est pas possible de conclure sur le caractère problématique des concentrations rencontrées pour une exposition court terme.

► Pièce S1 (odeurs présentes en plus grande intensité)

Dans la pièce S1, où les odeurs sont les plus présentes, les analyses du toluène ont été trois fois plus importantes ($177 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que dans la salle S2 mais elles restent significativement inférieures à la VGAI correspondant à une exposition aiguë.

Pour l'éthylbenzène, le m+p xylènes et o- xylène, leur concentration cumulée est tellement importante qu'il est impossible d'évaluer la contribution de chaque composé. Il n'est donc pas possible d'obtenir des niveaux chiffrés de ces composés et donc impossible d'indiquer si les concentrations correspondantes atteignent les valeurs de référence pour une exposition aiguë.

Les niveaux cumulés des 3 composés semblent cependant significativement plus importants dans cette pièce S1 que dans la salle S2. La situation semble donc plus dégradée dans cette pièce.

► Pièce S3 (témoin) et extérieur

La pièce S3 montre des concentrations beaucoup plus habituelles pour des logements, avec des concentrations du même ordre de grandeur que la médiane dans les logements français.

Les mesures de l'extérieur ont montré des perturbations d'analyse vraisemblablement dues à l'analyse préalable des prélèvements passifs des pièces S1 et S2 ayant présenté des concentrations très significatives en éthylbenzène et xylènes. Seul le benzène est quantifiable, avec une concentration habituelle pour de l'air ambiant.

Nb : Les chromatogrammes des prélèvements des « logements 1 et 2 » sur 24 heures, situés en annexe 1, montrent que les composés organiques volatils présents en plus grande quantité sont bien les xylènes, l'éthylbenzène et le toluène. Pour le « logement 1 » il est également observé un pic de mesure de cumène, un autre hydrocarbure aromatique (moins important que ceux de l'éthylbenzène et des xylènes).

Pour l'éthylbenzène et les xylènes, les prélèvements sur 24 heures ont saturé :

- dans le « logement 2 », les pics de chaque molécule sont identifiables, ce qui permet d'indiquer que les concentrations correspondantes sont supérieures à $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il n'est pas possible pour ces molécules d'indiquer si les concentrations ont dépassé les valeurs de référence pour une exposition aiguë,
- dans le « logement 1 », les pics sont tels qu'il est impossible de différencier ces trois molécules. Les niveaux semblent être significativement plus importants que dans le « logement 2 » mais il n'est pas possible de savoir s'ils ont atteint les valeurs de références correspondantes.

Pour le toluène, les niveaux sont supérieurs à la médiane des concentrations intérieures des logements français mais très significativement à la valeur guide en air intérieur pour une exposition aiguë.

5.2 Prélèvements sur 7 jours

5.2.1 Résultats

Les prélèvements réalisés sur un pas de temps de 7 jours montrent les tendances suivantes :

- La salle S3 du logement « témoin » présente des concentrations du même ordre de grandeur que sur 24 heures.
- La salle S2 du logement 2 montre :
 - Une concentration en toluène inhabituelle en air intérieur ($> 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais moins importante que sur 24 heures. Elle reste près de 8 fois supérieure à celle observées de la salle témoin S3,
 - Des concentrations qui ont saturé et qui sont trop importantes pour pouvoir distinguer l'éthylbenzène, les m+p xylène et le o-xylène.
- Dans la salle S1 du logement 1 où les odeurs sont les plus présentes :
 - La mesure du toluène est trop perturbée par les précédentes mesures pour pouvoir être quantifiée,
 - Les concentrations sont importantes en éthylbenzène, m+p xylène et o-xylène au point qu'il est impossible de les distinguer les unes par rapport aux autres.

L'analyse de l'échantillon extérieur a été impactée par la mesure des échantillons précédents, empêchant de quantifier le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes.

Tableau 5 : Résultats de mesure des prélèvements sur 7 jours – phase 1

Points de mesures	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	m+p-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
S1	Perturbations	Perturbations	Saturation sans distinction possible des molécules entre elles		
S2	Perturbations	26	Saturation sans distinction possible des molécules entre elles		
S3 (témoin intérieur)	1,3	2,6	7	30	< 21
Extérieur	1	2,1	Perturbations	Perturbations	Perturbations
Valeurs de référence					
VGAI long terme	2	20 000	1 500	100 (VTR)	
Campagne Logement OQAI 2005	2,1	12,2	2,3	5,6	2,3

Pour les prélèvements sur 7 jours :

- Les concentrations en toluène dans le « logement 2 » sont significativement supérieures à celles du logement témoin,
- Les concentrations en éthylbenzène et xylènes ont saturé le support de prélèvement.

Les molécules identifiées comme composant du produit d'étanchéité suspecté d'être à l'origine des nuisances olfactives sont retrouvées dans des concentrations telles qu'il n'est pas possible de différencier l'éthylbenzène et les xylènes.

5.2.2 Interprétation pour l'évaluation de l'exposition chronique

▶ Pièce S2 (odeurs présentes)

Dans la pièce S2, où les odeurs sont présentes mais moins marquées que dans la salle S1, la concentration en toluène ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) reste inhabituelle mais est moins importante que sur 24 heures.

Sur cette période de mesure de 7 jours, l'accumulation des polluants a eu pour effet une saturation plus importante du support pour l'éthylbenzène, le m+p xylènes et o- xylène ne permettant pas de distinguer les trois composés. Aucune valeur chiffrée, ni même une concentration supérieure à un certain seuil ne peut donc être estimée pour ces 3 polluants. Il n'est pas possible de conclure de manière précise sur le caractère problématique des concentrations rencontrées pour une exposition long terme. Néanmoins, au vu du profil du chromatogramme associé à l'analyse du prélèvement et en comparaison aux concentrations du prélèvement sur 24 heures, il paraît probable que les valeurs de référence en air intérieur pour une exposition chronique soit dépassée pour l'éthylbenzène ($1\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$), voire très probable pour le mélange des isomères de xylène ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

▶ Pièce S1 (odeurs présentes en plus grande intensité)

Dans la pièce S1, comme pour le prélèvement sur 24 heures, la concentration cumulée de l'éthylbenzène, du m+p xylènes et du o- xylène ne permet pas d'évaluer la contribution de chaque composé. Il n'est donc pas possible d'obtenir des niveaux chiffrés de ces composés et donc impossible d'indiquer si les concentrations correspondantes atteignent les valeurs de référence pour une exposition chronique.

Néanmoins, comme pour la salle S2, il paraît probable que les concentrations en éthylbenzène atteignent la VGAI long terme correspondante et très probable que la concentration en xylènes dépasse la valeur toxicologique de référence (VTR) pour une exposition chronique.

▶ Pièce S3 (témoin) et extérieur

Comme sur 24 heures de prélèvement, la pièce S3 montre des concentrations beaucoup plus habituelles pour des logements, avec des concentrations du même ordre de grandeur que la médiane dans les logements français.

L'analyse du prélèvement passif de l'extérieur a été perturbée par celle des pièces S1 et S2, réalisée préalablement et ayant présenté des concentrations très significatives en éthylbenzène et xylènes. Seul le benzène et le toluène sont quantifiables, avec des concentrations habituelles pour de l'air ambiant.

Nb : Les chromatogrammes des prélèvements des « logements 1 et 2 » sur 7 jours, situés en annexe 2, confirment que les composés organiques volatils présents en plus grande quantité sont bien les xylènes, l'éthylbenzène et le toluène. Pour les deux logements, un pic de cumène est également observé (moins important que ceux de l'éthylbenzène et des xylènes).

Pour l'éthylbenzène et les xylènes pour 7 jours de prélèvement, les « logements 1 et 2 » présentent des concentrations telles qu'il est impossible de différencier ces trois molécules. Il paraît probable que les niveaux en éthylbenzène dépassent la VGAI pour une exposition chronique de $1\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et que les concentrations en xylènes dépassent la valeur toxicologique de référence de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pour le toluène, les niveaux sont supérieurs à la médiane des concentrations intérieures des logements français mais très significativement inférieurs à la valeur guide en air intérieur pour une exposition chronique.

5.3 Préconisations suite à la phase 1

Les concentrations en éthylbenzène et xylènes sont si importantes, qu'elles ont saturé les supports de mesure. Ainsi, il est probable que les concentrations observées en éthylbenzène dépassent la valeur guide en air intérieur et très probable que celles en xylènes dépassent la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique.

Dans ce contexte, AtmoSud a recommandé la réalisation d'une nouvelle campagne de mesure après la mise en place d'un renouvellement d'air forcé pendant plusieurs semaines afin d'évacuer au maximum les polluants intérieurs liés à l'application du produit d'étanchéité.

C'est ainsi qu'une nouvelle campagne de mesure a été réalisée par AtmoSud trois mois après la première afin de vérifier si la réintégration des occupants est possible après une longue phase d'inoccupation et d'aération forcée.

6. Résultats de la deuxième phase de mesures en avril 2021

La deuxième phase de mesures s'est déroulée près de trois mois après la première, après une phase d'installation d'aérateurs ayant permis de réduire les odeurs présentes. Par la suite, le logement 2 a été rénové (enduits et peintures).

L'objectif étant d'évaluer si la réintégration des occupants est possible, la campagne de mesure a consisté en des prélèvements sur 7 jours pour évaluer l'exposition chronique.

Deux types de prélèvements ont été effectués en chaque point de mesure :

- Des prélèvements sur des supports identiques à la première phase de mesure (Radiello 145), qui permettent une quantification précise des concentrations habituelles (relativement basses) mais avec un risque de saturation à haute concentration.
- Des prélèvements sur des supports qui permettent de quantifier des concentrations beaucoup plus hautes sans saturation mais qui sont moins précis dans les concentrations basses (Radiello 130), afin de disposer d'une estimation de la concentration pour les substances mesurées en cas de saturation des Radiello 145.

6.1 Résultats

Les prélèvements réalisés sur un pas de temps de 7 jours montrent les tendances suivantes :

- Les concentrations extérieures en BTEX présentent des niveaux relativement faibles.
- La salle S3 du logement « témoin » présente des concentrations du même ordre de grandeur que lors de la première phase de mesure, avec toutefois des concentrations en éthylbenzène et xylènes légèrement supérieures à la médiane des concentrations dans les logements français.
- La salle S1 du logement 1 montre :
 - Une concentration en toluène supérieure à la concentration dans le logement témoin et légèrement supérieure à la médiane des concentrations dans les logements français.
 - Une concentration en éthylbenzène quantifiable sur les deux types de supports : de l'ordre de 350 à 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Des concentrations en m+p xylènes et o-xylène qui restent significatives : respectivement de 1150 et 530 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le support Radiello 130, alors qu'elles occasionnent une saturation sur le Radiello 145.
- La salle S2 du logement 2 montre :
 - Une concentration en toluène inférieure à ce qui a été observé lors de la première phase de l'étude et légèrement supérieure à la concentration du logement témoin.
 - Une concentration significative en éthylbenzène plus importante que dans le logement 1, de l'ordre de 1 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Des concentrations en m+p xylènes et o-xylène très significatives : respectivement de 5 780 et 2 770 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 6 : Résultats de mesure des prélèvements sur 7 jours – phase 2

	Points de mesures	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	m+p-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Radiello 145*	S1***	0,66	19,2	395	>1000	>500
	S2***	0,38	12,2	>400	>2000	>500
	S3 (témoin intérieur)	2,2	9,8	5,9	21,5	9,4
	Extérieur	1,3	1,5	1,2	3,1	1,3
Radiello 130**	S1	<LQ	21,6	357	1 146	526
	S2	<LQ	33,4	1 349	5 780	2 773
	S3 (témoin intérieur)	<LQ	4,9	<LQ	4,4	<LQ
	Extérieur	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Valeurs de référence						
VGAI long terme		2	20 000	1 500	100 (VTR)	
Campagne Logement OQAI 2005		2,1	12,2	2,3	5,6	2,3

*Limite de quantification : $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Limite de quantification : $2,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$

***Echantillon hors du domaine d'utilisation des radiello 145 (COV > $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

6.2 Interprétation pour l'évaluation de l'exposition chronique

► Pièce S1

Après 3 mois, la concentration en **éthylbenzène** est moins importante que lors de la première phase puisque les niveaux sont cette fois-ci quantifiables sur le support Radiello 145. Elles respectent la valeur guide en air intérieur de $1\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mais restent cependant anormalement élevées (350 à $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) au regard de la médiane des concentrations dans les logements français ($2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les concentrations en **xylènes** sont importantes puisqu'elles montrent des niveaux cumulés de m+p et o-xylène de plus de $1\,600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est très significativement supérieur à la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

► Pièce S2

Lors de cette deuxième phase, le niveau **d'éthylbenzène** est plus important que dans la salle S1, avec une concentration de près de $1\,350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui respecte, de peu, la valeur guide en air intérieur de $1\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations en **xylènes** sont très importantes puisqu'elles montrent des niveaux cumulés de m+p et o xylène de plus de $8\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est très significativement supérieur à la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ce logement présente des concentrations plus importantes que celles du logement 1. Ayant été le seul à avoir été rénové après les infiltrations et les nuisances d'odeurs, il est possible que les travaux effectués participent aux niveaux de pollution observés dans le logement 2.

▶ Pièce S3 (témoin) et extérieur

Comme lors de la première phase, la **pièce S3** montre des concentrations en **BTEX habituelles** pour des logements, avec des concentrations du même ordre de grandeur que la médiane dans les logements français.

Le **point de mesure extérieur** montre des concentrations en **BTEX habituelles** en air ambiant.

Lors de cette deuxième phase de mesure, les concentrations en toluène et éthylbenzène ont baissé mais celles en éthylbenzène restent beaucoup plus importantes que celles observés dans les logements français.

Les concentrations en xylènes restent importantes et dépassent très largement la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique.

Dans le logement 2, des travaux de rénovation ont pu contribuer aux concentrations observées. Pour le logement 1, les niveaux observés en éthylbenzène et xylènes ne peuvent être liés qu'au phénomène de nuisances olfactives faisant suite aux travaux en toitures.

6.3 Préconisations suite à la phase 2

Les concentrations en éthylbenzène ont baissé mais restent supérieures à ce qui est observé dans les logements français. Les niveaux de xylènes restent significativement supérieurs à la valeur toxicologique de référence correspondante pour une exposition chronique.

Ainsi, il s'avère que les niveaux encore observés en xylènes ne sont pas propices à la réintégration des locaux après trois mois d'inoccupation et une phase d'aération forcée. Les concentrations en éthylbenzène restent bien supérieures aux valeurs généralement observées dans les logements français. Cela semble indiquer que les matériaux impactés par le produit d'étanchéité n'ont pas fini d'émettre les polluants ciblés.

Dans ce contexte, AtmoSud recommande la mise en place d'une expertise bâtiment permettant d'identifier précisément les zones et matériaux impactés par le produit à l'origine des nuisances afin de fournir une solution technique de dépollution.

Avant de réaliser une expertise bâtiment plus poussée, la maîtrise d'ouvrage a souhaité réaliser une nouvelle campagne 6 mois après les premières nuisances afin de confirmer ou infirmer le caractère pérenne de la situation de pollution intérieure.

7. Résultats de la troisième phase de mesures en juillet 2021

La troisième phase de mesures s'est déroulée près de six mois après la première, après une phase d'inoccupation des locaux.

L'objectif est d'évaluer si la pollution intérieure observée reste constante ou diminue significativement pour que la réintégration des occupants soit possible. La campagne de mesure a consisté en de nouveaux prélèvements sur 7 jours.

La campagne de mesure de cette 3^{ème} phase est en tout point identique à celle de la 2^{ème} phase, à savoir :

- Des prélèvements sur des supports Radiello 145, qui permettent une quantification précise des concentrations habituelles (relativement basses) mais avec un risque de saturation à haute concentration.
- Des prélèvements sur des supports qui permettent de quantifier des concentrations beaucoup plus hautes sans risque de saturation mais qui sont moins précis dans les concentrations basses (Radiello 130), afin de disposer d'une estimation de la concentration pour les substances mesurées en cas de saturation des Radiello 145.

7.1 Résultats

Les prélèvements réalisés sur un pas de temps de 7 jours montrent les tendances suivantes :

- Les concentrations extérieures en BTEX présentent des niveaux relativement faibles.
- La salle S3 du logement « témoin » présente des concentrations du même ordre de grandeur que lors de la deuxième phase de mesure, avec des concentrations en éthylbenzène et xylènes légèrement supérieures à la médiane des concentrations dans les logements français.
- Pour les salles S1 et S2 :
 - Bien que les prélèvements réalisés sur les Radiello 145 n'ait pu être exploitée, les teneurs mesurées en benzène sur le support Radiello 130 ont été inférieures à la limite de quantification, d'où une estimation très faible des niveaux dans les deux appartements, et bien inférieure à la VGAI long terme de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Les concentrations en toluène sont inférieures à la concentration médiane des logements français de 12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ils ont de plus bien diminué depuis la 2^{ème} campagne d'avril.
 - L'éthylbenzène, le m+p-xylène et l'o-xylène, ont été mesurés dans des concentrations significativement plus faibles que lors de la précédente campagne.
 - La diminution des niveaux est d'autant plus marquée pour la salle 2 qui obtient des teneurs de 10 à 23 fois plus faibles selon les polluants (exemple du m+p-xylène à 5780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lors de la campagne 2, contre 251 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour cette 3^{ème} campagne). Toutefois, ces niveaux d'éthylbenzène et xylènes restent largement supérieurs à la moyenne des concentrations rencontrées dans les logements, et restent 2 à 5 fois plus hautes que la valeur toxicologique de référence de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les xylènes.

Tableau 7 : Résultats de mesure des prélèvements sur 7 jours – phase 3

	Points de mesures	Benzène (µg/m³)	Toluène (µg/m³)	Éthylbenzène (µg/m³)	m+p- xylène (µg/m³)	o- xylène (µg/m³)
Radiello 145*	S1	Non analysé par le laboratoire au vu des concentrations sur le Radiello 130				
	S2	Non analysé par le laboratoire au vu des concentrations sur le Radiello 130				
	S3 (témoin intérieur)	0.7	10.4	5.6	13.7	6.7
	Extérieur	0.7	2.7	0.4	2.3	0.7
Radiello 130**	S1	< LQ	5.3	254	487	377
	S2	< LQ	3.8	127	251	195
	S3 (témoin intérieur)	< LQ	4.5	< LQ	< LQ	< LQ
	Extérieur	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Valeurs de référence						
VGAI long terme		2	20 000	1 500	100 (VTR)	
Campagne Logement OQAI 2005		2,1	12,2	2,3	5,6	2,3

*Limite de quantification : 0,01 µg/m³

**Limite de quantification : 2,65 µg/m³

7.2 Interprétation de l'évolution des concentrations et évaluation de l'exposition chronique

Tableau 8 : Evolution des concentrations en BTEX au cours des 3 phases de mesures

	Support	Benzène (µg/m³)		Toluène (µg/m³)		Ethylbenzène (µg/m³)		M+P-xylènes (µg/m³)		O-Xylènes (µg/m³)	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Phase 1 janvier 2021	Radiello 145	Perturbations		Perturb.	26	Saturation		Saturation		Saturation	
Phase 2 avril 2021	Radiello 130	< LQ	< LQ	22	33	357	1349	1146	5780	526	2773
Phase 3 juillet 2021	Radiello 130	< LQ	< LQ	5.3	3.8	254	127	487	251	377	195
VGAI long terme	-	2		20 000		1 500		100 (VTR)			
Campagne Logement OQAI 2005	-	2.1		12.2		2,3		5.6		2.3	

► Pièces S1 et S2

Après 6 mois, les niveaux en **éthylbenzène** ont significativement baissé (notamment en ce qui concerne le logement 2), ils respectent la valeur guide en air intérieur de $1\,500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ mais restent cependant anormalement élevées (130 à $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) au regard de la médiane des concentrations dans les logements français ($2,3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les concentrations en **xylènes** ont également significativement baissé, avec des niveaux cumulés de m+p et o-xylène compris entre 450 et $860\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, contre 1670 à $8550\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la précédente campagne. Ces niveaux restent cependant significativement supérieurs à la valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique de $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Lors de cette 3^{ème} campagne, les concentrations entre les deux logements sont du même ordre de grandeur, avec toutefois des concentrations légèrement plus importantes dans le logement 1, comme lors de la première campagne. De ce fait, il est probable que les travaux effectués dans le logement 2 avant la 2^{ème} phase de la campagne aient significativement participé aux niveaux de pollution observés dans ce dernier lors de la précédente campagne de mesure.

► Pièce S3 (témoin) et extérieur

Comme lors des deux précédentes phases, la **pièce S3** montre des concentrations en **BTEX habituelles** pour des logements, avec des concentrations du même ordre de grandeur que la médiane dans les logements français.

Le **point de mesure extérieur** montre des concentrations en **BTEX habituelles** en air ambiant.

En comparaison avec la 2^{ème} phase de l'étude (avril 2021), les concentrations en éthylbenzène et xylènes ont significativement baissé. Les concentrations de ces composés restent encore plus importantes que celles observées dans les logements français lors de la campagne OQAI de 2005.

Pour les xylènes, les concentrations relevées lors de cette troisième campagne de juillet 2021, bien qu'en baisse, dépassent encore la valeur toxicologique de référence (VTR) correspondante pour une exposition chronique, d'un facteur 2 à 4.

La situation s'est donc améliorée mais les niveaux rencontrés restent encore significatifs notamment pour les xylènes. Les concentrations actuelles ne semblent donc pas encore compatibles avec une réintégration des logements.

8. Synthèse et recommandations

8.1 Première phase de mesure – janvier 2021

Lors de la première phase de mesures, les BTEX dans les deux logements ont montré des concentrations importantes sur 7 jours et 24 heures de prélèvement de sorte que les supports ont saturé pour l'éthylbenzène et les xylènes, et qu'il n'est pas possible de les différencier entre eux.

▶ Mesures sur 24 heures

Seul le prélèvement dans le « logement 2 » sur 24 heures permet d'indiquer que les concentrations en éthylbenzène, m+p xylène et o-xylène étaient respectivement supérieures à 967, 1624 et 907 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

Il n'est pas possible de savoir si les concentrations en éthylbenzène et xylènes sur 24 heures des deux logements dépassaient alors les valeurs de référence correspondantes pour une exposition aiguë.

▶ Mesures sur 7 jours

Pour les prélèvements sur 7 jours, il paraît probable que les concentrations en éthylbenzène aient dépassé la valeur de référence pour une exposition chronique de 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et très probable que les concentrations en xylènes (isomères m, p et o) aient dépassé la valeur de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le détail des chromatogrammes confirme que les concentrations les plus notables concernent essentiellement les molécules identifiées comme composant du produit Sopradère dans la fiche de données de sécurité : toluène, éthylbenzène et xylènes. Il est donc très probable que les concentrations observées soient dues à l'application du produit Sopradère en toiture.

Lors de cette première phase, les résultats de mesure sur 7 jours, correspondant à l'évaluation de l'exposition chronique, n'étaient pas propices à une réintégration des locaux.

Dans ce contexte, AtmoSud a recommandé la réalisation d'une nouvelle campagne de mesure après la mise en place d'un renouvellement d'air forcé pendant plusieurs semaines afin d'évacuer au maximum les polluants intérieurs liés à l'application du produit d'étanchéité.

8.2 Deuxième phase de mesure – avril 2021

Trois mois après la première phase de mesure et après une période d'aération forcée des locaux, une nouvelle campagne de mesure a été effectuée par AtmoSud afin de vérifier si la réintégration des occupants est possible.

Malgré des niveaux bien supérieurs à la médiane des logements français, les concentrations en éthylbenzène des deux logements ayant présenté des odeurs sont inférieures à la valeur guide en air intérieur pour une exposition chronique.

Les concentrations en xylènes sont quant à elles significativement supérieures à la valeur toxicologique de référence correspondante pour une exposition chronique.

Il s'avère que les niveaux encore observés en xylènes ne soient pas propices à la réintégration des locaux après trois mois d'inoccupation et une phase d'aération forcée. Cela semble indiquer que les matériaux impactés par le produit d'étanchéité n'aient pas fini d'émettre les polluants cibles.

AtmoSud recommande la mise en place d'une expertise bâtiment permettant d'identifier précisément les zones et matériaux impactés par le produit à l'origine des nuisances afin de fournir une solution technique de dépollution.

Avant de réaliser une expertise bâtiment plus poussée, la maîtrise d'ouvrage a souhaité réaliser une nouvelle campagne 6 mois après les premières nuisances afin de confirmer ou infirmer le caractère pérenne de la situation de pollution intérieure.

8.3 Troisième phase de mesure – juillet 2021

Six mois après la première phase de mesure, une nouvelle campagne a été effectuée par AtmoSud afin de vérifier si la réintégration des occupants est possible.

Concernant les 2 logements exposés, les niveaux en éthylbenzène ont baissé, et sont inférieurs à la valeur guide en air intérieur mais restent significativement supérieurs à la médiane des logements français.

Les concentrations en xylènes ont également significativement baissé mais restent significativement supérieures à la valeur toxicologique de référence correspondante pour une exposition chronique.

Il s'avère que les niveaux encore observés en xylènes ne soient pas encore propices à la réintégration des locaux après six mois d'inoccupation. Néanmoins, la baisse progressive des concentrations peut laisser penser qu'elles reviendront très progressivement à des niveaux tolérables.

8.4 Préconisations

AtmoSud recommande la mise en place d'une expertise bâtiment permettant d'identifier précisément les zones et matériaux impactés par le produit à l'origine des nuisances afin de fournir une solution technique de dépollution ou de laisser les locaux inoccupés et aérés pendant une période assez longue pour que les concentrations en xylènes soient inférieures à la valeur toxicologique de référence correspondante.

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 (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH₃), 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/m³ (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m³ pour la période du 1^{er} 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 Biotopie.

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/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air
(1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C₆H₆ : Benzène

Cd : Cadmium

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : 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 / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

O₃ : 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

SO₂ : 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

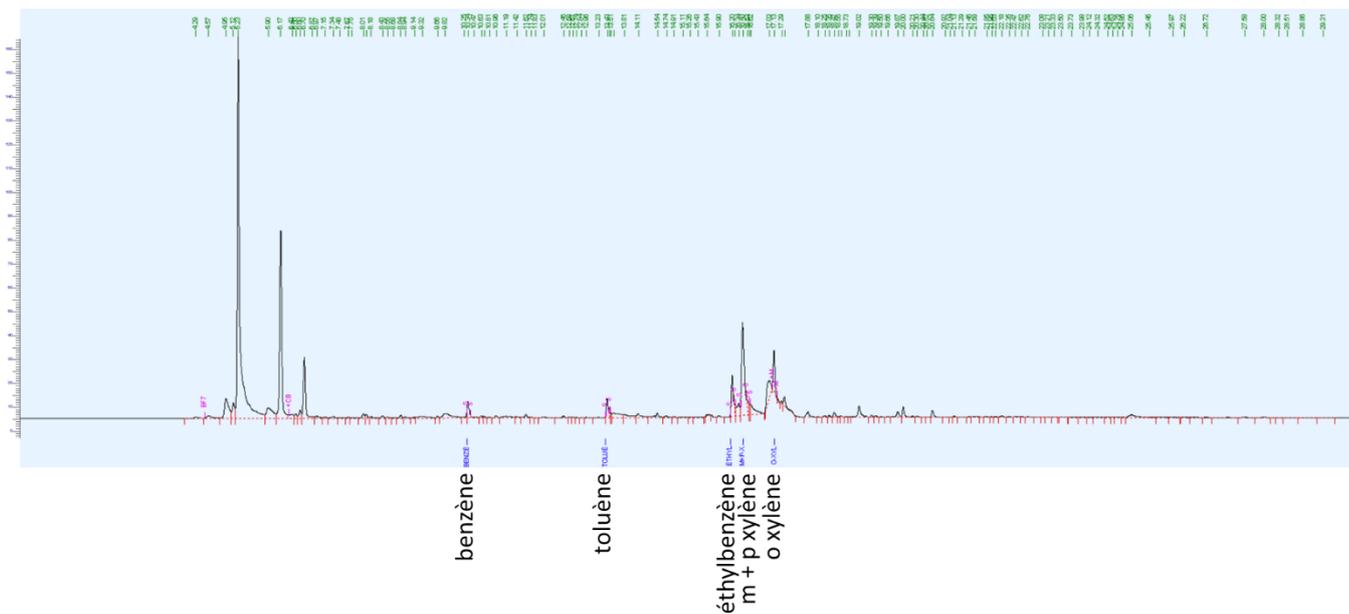
- **Implantation urbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- **Implantation périurbaine** : Elle correspond 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 km²,

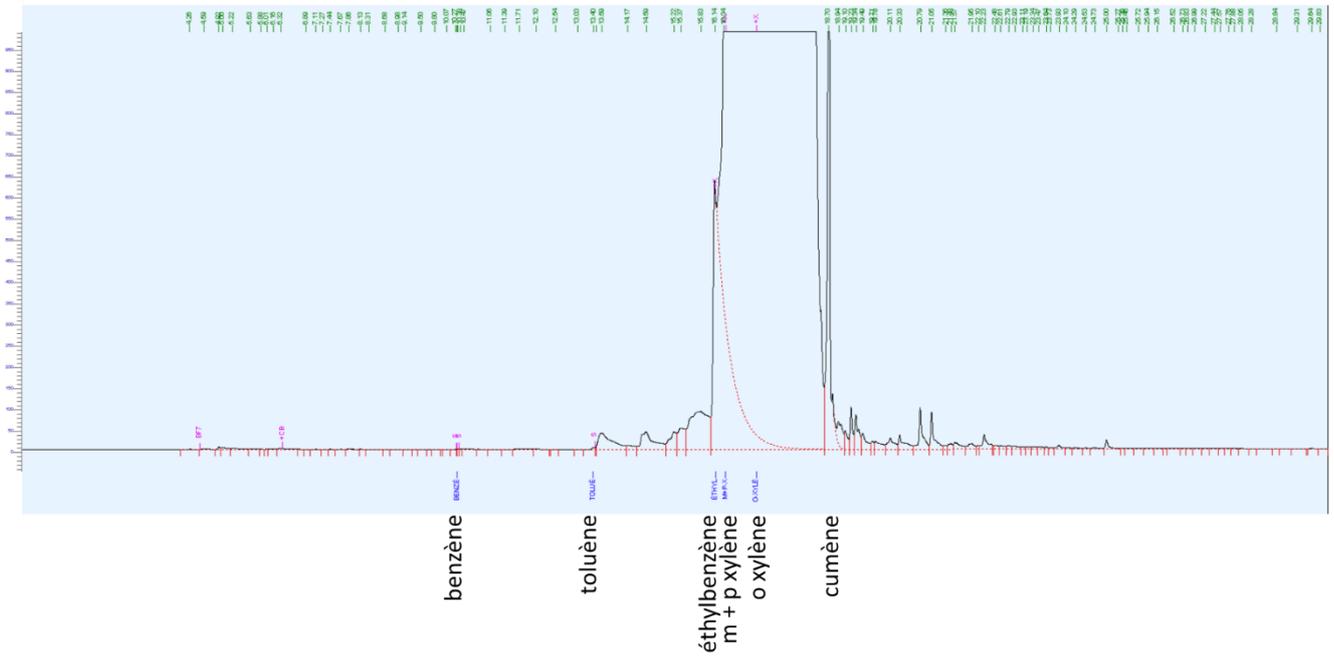
ANNEXES

Prélèvement sur 24 heures : Logement 3 (témoin), pièce S3

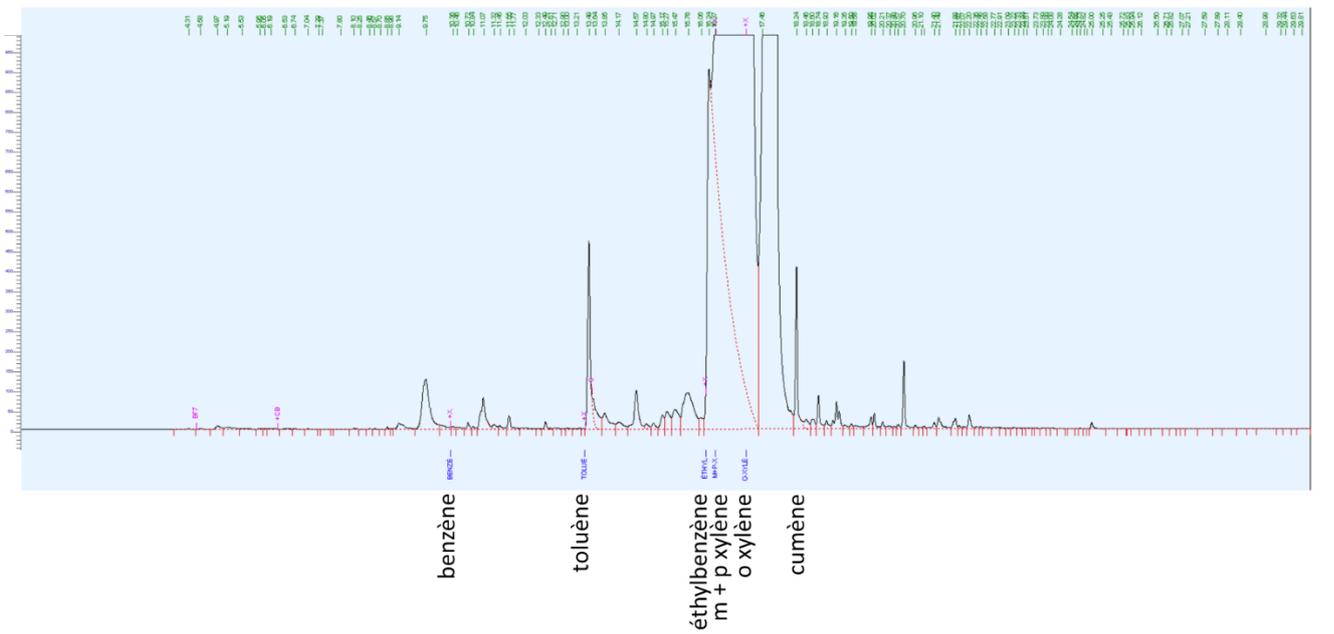


ANNEXE 2 Chromatogrammes des analyses de BTEX sur 7 jours – Phase 1

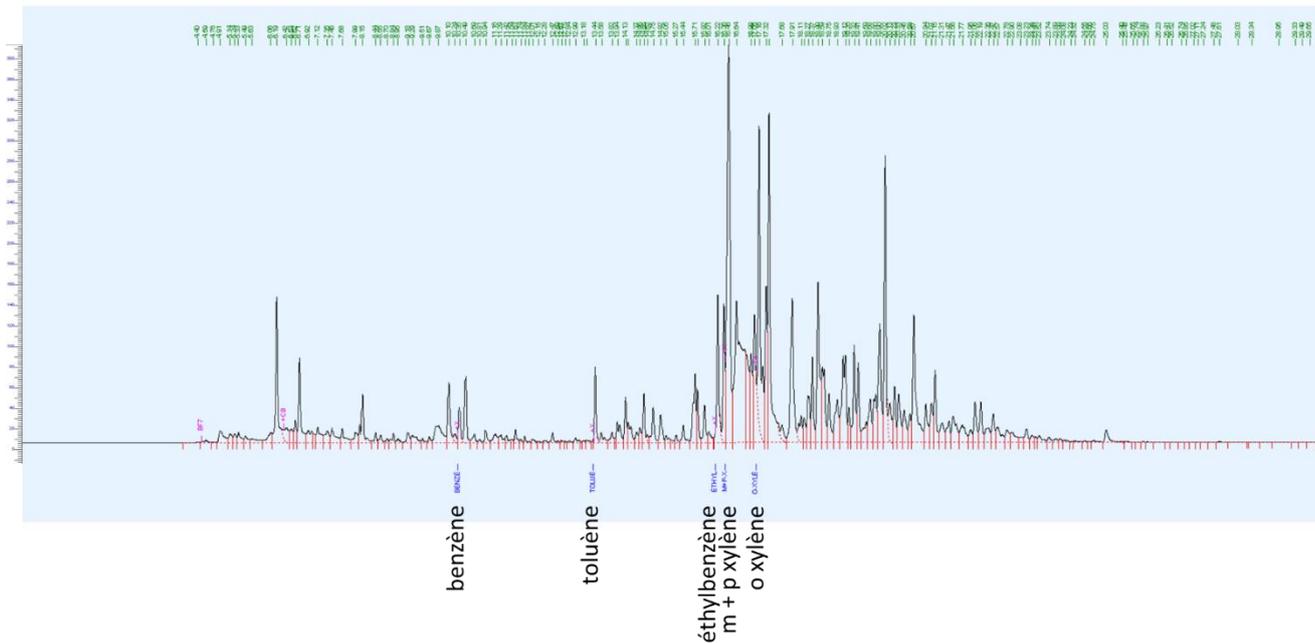
Prélèvement sur 7 jours : Logement 1, pièce S1



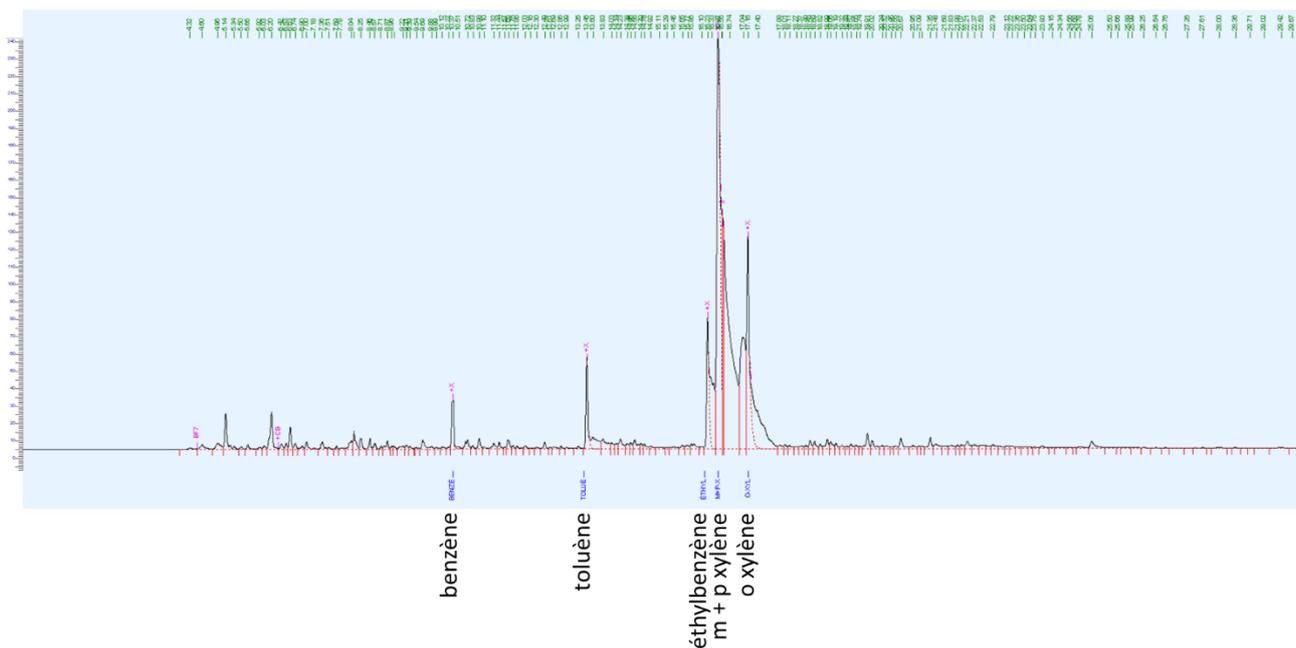
Prélèvement sur 7 jours : Logement 2, pièce S2



Prélèvement sur 7 jours : Logement 3 (témoin), pièce S3



Prélèvement sur 7 jours : Extérieur



ANNEXE 3 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines,

Polluants	Sources principales
O₃ Ozone	L'ozone (O ₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution, C'est un polluant secondaire formé à partir des NO _x et des COV,
Particules en suspension (PM)	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),
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion,
SO₂ Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO ₂) 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,
COV dont le benzène Composés organiques volatils	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,
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	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,
CO Monoxyde de carbone	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 ₃ Ozone	<ul style="list-style-type: none"> - Irritation des yeux - Diminution de la fonction respiratoire 	<ul style="list-style-type: none"> - Agression des végétaux - Dégradation de certains matériaux - Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension	<ul style="list-style-type: none"> - Irritation des voies respiratoires - Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Effets de salissures sur les bâtiments - Altération de la photosynthèse
NO _x Oxydes d'azote		<ul style="list-style-type: none"> - Pluies acides - Précurseur de la formation d'ozone - Effet de serre - Déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO ₂ Dioxyde de soufre		<ul style="list-style-type: none"> - Pluies acides - Dégradation de certains matériaux - Dégradation des sols
COV dont le benzène Composés organiques volatils		<ul style="list-style-type: none"> - Formation de l'ozone
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu dégradables - Déplacement sur de longues distances
Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité par bioaccumulation - Effets cancérigènes 	<ul style="list-style-type: none"> - Contamination des sols et des eaux
CO Monoxyde de carbone	<ul style="list-style-type: none"> - Prend la place de l'oxygène - Provoque des maux de tête - Létal à concentration élevée 	<ul style="list-style-type: none"> - 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
O₃ 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
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO₂ 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	
C₆H₆ 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 sante, 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O ₃ Ozone	- Impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM10 Particules	- Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM2,5 Particules		20	1 an
PM2,5 Particules		25	24 heures
		10	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	- Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO ₂ Dioxyde de soufre	- Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb Plomb	- Niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd Cadmium	- Impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO Monoxyde de carbone	- 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.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - contact.air@atmosud.org



Suivez-nous sur

