

Caractérisation des perturbateurs endocriniens dans l'air ambiant en Occitanie.

Campagne 2024

ETU-2025-124

Edition Octobre 2025

www.atmo-occitanie.org

contact@atmo-occitanie.org

09 69 36 89 53 (Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)



CONDITIONS DE DIFFUSION

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

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

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

www.atmo-occitanie.org

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

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

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

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

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

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

1. EN UN COUP D'ŒIL.....	3
2. CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
2.1. CONTEXTE.....	4
2.2. OBJECTIFS.....	5
3. LE DISPOSITIF D'ÉVALUATION	6
3.1. COMPOSES RECHERCHES	6
3.2. DISPOSITIF D'ÉVALUATION	8
3.2.1 Sites de mesure.....	8
3.2.2 Période de mesure.....	9
3.2.3 Dispositif de prélèvement.....	9
4. RESULTATS DES MESURES	10
4.1. NOMBRE DE MOLECULES QUANTIFIEES POTENTIELLEMENT PE	11
4.2. CONCENTRATIONS CUMULEES PAR SITE DE MESURE.....	12
4.3. RESULTATS DETAILLES PAR FAMILLE	13
4.3.1 Phtalates	13
4.3.2 HAP.....	17
4.3.3 Alkylphénols : Détergents, plastiques.....	22
4.3.4 Insecticides	26
4.3.5 Les parabènes.....	29
4.3.6 Polychlorobiphényles : PCB	32
4.3.7 Organochlorés : HCB, PeCB, tricolosan et 44'DDE	35
4.3.8 Les muscs synthétiques.....	39
4.3.9 Polybromodiphénylethers (PBDE)	42
5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	43
TABLE DES ANNEXES	44
ANNEXE 1 : METHODOLOGIE DE CONDITIONNEMENT, DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE	45
ANNEXE 2 : LIMITE DE QUANTIFICATION DES MOLECULES.....	48
ANNEXE 3 : REPARTITION DE LA QUANTIFICATION EN PHASE PARTICULAIRE ET PHASE GAZEUSE DES DIFFERENTS COMPOSES	50

1. EN UN COUP D'ŒIL

Les premières mesures de molécules potentiellement perturbateur endocrinien en Occitanie

La stratégie d'amélioration des connaissances des polluants émergents, portée par Atmo Occitanie dans le cadre de l'axe 4 de son projet stratégique « Préparer l'observatoire de demain » se renforce d'année en année. Pour la première fois sur la région, Atmo Occitanie a mis en place des mesures de molécules potentiellement perturbateur endocrinien sur 5 sites différents, dont les 2 plus grandes métropoles de la région, Montpellier et Toulouse. Sur 5 sites de mesures, 56 molécules à enjeux dont des retardateurs de flammes, des conservateurs alimentaires ou encore des substances issues de la dégradation de matières plastiques ont été recherchées dans l'air ambiant.

Une diversité des molécules quantifiées sur le territoire

Les premiers résultats ont mis en évidence entre 46 et 49 molécules quantifiées sur les différents sites de mesures parmi les 56 substances recherchées. Sur l'ensemble des sites, la présence dans l'air ambiant de 8 des 9 familles de molécules a été identifiée. Seule la famille des PBDE, principalement utilisée comme retardateurs de flamme, n'est que très peu quantifiée.

Des composés potentiellement perturbateurs endocriniens présents sur tous les échantillons

La campagne de mesure a permis de montrer la présence de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens sur l'ensemble des sites et toute. Sur 100% des échantillons, au moins une de ces molécules à enjeux a été quantifiée.

Des concentrations de composés plus élevées à certaines périodes de l'année

Ces premières mesures ont également montré une variabilité saisonnière marquée de certaines familles de composés comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les phtalates et un répulsif anti-moustiques (DEET). En effet, des concentrations plus élevées en hiver de HAP ont été mesurées, en raison notamment d'une utilisation accrue à cette période de la combustion de matière organique pour le chauffage. Concernant le répulsif anti-insectes et anti-moustiques le DEET, nous avons observé des concentrations nettement plus élevées en été et notamment sur les sites du littoral méditerranéen, probablement en raison de son utilisation comme anti-moustiques. Pour les phtalates, les résultats mettent en évidence la présence en plus grande quantité de certains composés en été, en raison de leur caractéristique chimique entraînant une volatilisation plus importante dans l'atmosphère lors des périodes chaudes.

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1. Contexte

Les Perturbateurs Endocriniens (PE) sont des substances chimiques d'origine naturelle ou anthropiques qui dérèglent le fonctionnement hormonal des organismes vivants. Ils se retrouvent dans un grand nombre de produits de consommation courante (cosmétiques, alimentation, plastiques...) et dans différents milieux (air, eau, sol). Aujourd'hui en France, il n'existe pas de classification exhaustive reconnue par les autorités sanitaires sur les substances potentielles à caractère « PE » présumé ou avéré.

D'après l'Anses¹, de manière générale, en dessous d'un certain niveau d'exposition, l'organisme déploie des mécanismes de défense afin d'éviter l'apparition d'effets sanitaires, on parle alors d'effet à seuil. Les perturbateurs endocriniens sont suspectés d'agir différemment, sans effet de seuil, pouvant ainsi entraîner des effets même à faibles doses.

Pour appréhender au mieux les effets de perturbateurs endocriniens il est nécessaire de prendre en compte les interactions entre de multiples molécules chimiques au sein de l'organisme, on parle « d'effets cocktails ». Plusieurs projets² de recherche sont actuellement en cours sur ce sujet complexe.

De nombreux acteurs s'engagent dans des programmes d'améliorations des connaissances et politiques de réduction de la présence de ces perturbateurs endocriniens dans divers compartiments environnementaux (eaux, air, sols, alimentation). Parmi l'ensemble des acteurs nous pouvons retrouver :

- L'Anses, qui dans le cadre de la 2^{nde} stratégie nationale pour les perturbateurs endocriniens (SNPE2), met en place une multitude d'actions en matières d'amélioration des connaissances, d'identification des substances PE prioritaires et autres...
- La Région Occitanie qui dans le cadre de la déclinaison du Plan Régional Santé Environnement (PRSE) et de la stratégie régionale PE (plan d'action régional), met en place une dizaine d'engagements dans le but d'améliorer les connaissances et de réduire l'utilisation des PE sur le territoire.
- De nombreuses collectivités territoriales qui se sont engagées ces dernières années à développer des bonnes pratiques afin de réduire l'exposition aux perturbateurs endocriniens. Cet engagement se traduit par la signature d'une charte « Villes et territoires sans perturbateurs endocriniens (VTSPE) », rédigée par le Réseau Environnement Santé, et qui incite les collectivités signataires à agir sur 5 points :
 - Interdire l'usage des produits phytosanitaires et biocides qui contiennent des perturbateurs endocriniens ;
 - Réduire l'exposition aux perturbateurs endocriniens dans l'alimentation ;
 - Favoriser l'information de la population et des professionnels ;
 - Mettre en place des critères d'éco conditionnalité interdisant les perturbateurs endocriniens dans les contrats et les achats publics ;
 - Informer tous les ans les citoyens sur l'avancement des engagements pris.

¹ ANSES : L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail <https://www.anses.fr/fr/content/travaux-et-implication-de-lanses-sur-les-perturbateurs-endocriniens>

² <https://presse.inserm.fr/leffet-cocktail-des-perturbateurs-endocriniens-mieux-compris/41920/>

- La communauté scientifique des établissements universitaires et de recherche qui étudient ces molécules sous différents angles (chimie, biologie, toxicologie, ecotoxicologie...).

En 2018, le baromètre³ de Santé-Environnement — Perception, connaissances et comportements en Occitanie — menée par la CREAL-ORS Occitanie a mis en lumière les principales préoccupations environnementales des habitants de la région. Ainsi, pour limiter les risques environnementaux sur la santé, la lutte contre la pollution atmosphérique est l'action la plus souvent citée par la population interrogée. Face aux interrogations qui se multiplient et à la demande croissante d'action en faveur d'une meilleure qualité de l'air, l'objectif affiché par Atmo Occitanie est d'enrichir le socle de connaissances sur la composition de l'air en substances à caractère perturbateur endocrinien. Pour cela, Atmo Occitanie a lancé une étude de faisabilité entre 2022 et 2024 sur la caractérisation de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens (PE) dans l'air sur Toulouse, dont les résultats se trouvent sur le site internet d'Atmo Occitanie : www.atmo-occitanie.org.

Suite à la confirmation de la faisabilité de mesures de ces molécules à enjeu, Atmo Occitanie a construit en 2023 une stratégie globale régionale sur 3 ans. **Dès 2024, une campagne exploratoire a été mise en place intégrant des mesures molécules potentiellement PE sur 5 environnements, 3 en milieu urbain et 2 en milieu rural. Les mesures seront réalisées au moins pendant 3 ans.**

2.2. Objectifs

L'évaluation de la présence de molécules potentiellement PE dans l'air est une thématique émergente et fait partie intégrante de la stratégie d'Atmo Occitanie « Préparer l'observatoire de demain ». Elle répond aux objectifs suivants :

- Réaliser un état des lieux, qualitatif et quantitatif, de la présence de ces composés dans le compartiment air ambiant.
- Valoriser la surveillance de ces molécules à enjeux dans l'air ambiant. Les résultats de mesures doivent être partagés au plus grand nombre afin de répondre aux interrogations grandissantes sur ce sujet encore trop peu étudié à ce jour. Ils doivent permettre d'emmagasiner des connaissances et de banqueriser des données afin de pouvoir à terme évaluer l'exposition des populations à la présence molécules potentiellement PE dans l'air.
- Pérenniser et développer le suivi de ces molécules en région. La valorisation des résultats de mesures ainsi que la collaboration d'Atmo Occitanie avec les différents acteurs de la thématique doivent permettre d'alimenter les diagnostics des territoires engagés dans des programmes d'action de réduction des perturbateurs endocriniens (signataires de la charte VTSPE, plans régionaux et contrats locaux de santé), de pérenniser la surveillance des PE en Occitanie après 2026.

Ce rapport présente les résultats de l'étude exploratoire des mesures de composés potentiellement perturbateurs endocriniens dans l'air effectuée en Occitanie sur l'année 2024.

³ Baromètre santé & environnement, 2018 : <https://creaiors-occitanie.fr/barometre-sante-environnement-2018-perception-connaissances-et-comportements-en-occitanie/>

3. LE DISPOSITIF D'ÉVALUATION

En l'absence de contexte réglementaire et de guide technique national sur l'évaluation de substances potentiellement à caractère perturbateur endocrinien présumé ou avéré, Atmo Occitanie s'est inspiré du protocole d'évaluation élaboré par Atmo Hauts de France et le laboratoire d'analyse des micropolluants de l'École Pratique des Hautes Études (EPHE) rattaché à l'UMR Metis (Milieux environnementaux, transferts et interactions dans les hydrosystèmes et les sols), dont l'étude sur les perturbateurs endocriniens (PE) de 2015 à 2017 fait référence dans le réseau des AASQA (© Atmo Hauts-de-France – Rapport⁴ N°05/2016/PDES).

Cette étude a permis de mettre en évidence la présence de ces composés dans des environnements divers et tout au long de l'année. Elle a également montré la présence de ces substances en plus grande concentration selon certaines périodes de l'année, selon la famille des composés et des sources d'émissions associées.

3.1. Composés recherchés

Les familles de composés recherchés (56 molécules) ainsi que les sources d'émissions sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Familles	Sources d'émissions	Molécules recherchées
Phtalates	Plastifiants, plastiques, cosmétiques : DEHP étant principalement utilisé dans le chlorure de polyvinyle (PVC) : fenêtres, ballons, colle, lubrifiants, câbles, contenant alimentaire...	DMP, DEP, DIBP, DNBP, BBP, DEHP, DnOP
HAP	Sources de combustion incomplète : fumée de cigarette, émission des moteurs diesels/essence, cheminées, chaudières, incendies...	Acenaphtene, Acenaphtylene, Naphtalene, Anthracene, Fluorene, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo_a_anthracene, Chrysene, Benzo_a_pyrene, Benzo_b_fluoranthene, Benzo_k_fluoranthene, Benzo_g_h_i_perylene, Dibenzo_a_h_anthracene, Indeno_1_2_3-cd_pyrene
Insecticides	Insecticides : contre les insectes, moustiques, etc	Cypermethrin, Deltamethrin, Lindane, DEET
Organochlorés	Organochlorés : Anciens pesticides ou métabolites d'anciens pesticides, 44'DDE, PeCB et HCB. Le PeCB a été utilisé en tant que pesticides, comme retardateurs de flamme ou comme fluides diélectriques (comme les PCB) et est un produit de dégradation de l'HCB. Le 44'DDE est le produit de dégradation de l'insecticide DDT. Le triclosan est un conservateur, antimicrobien et antifongique	44'-DDE, PeCB, HCB, Triclosan
Polychlorobiphényles (PCB)	Fluides diélectriques dans les transformateurs et condensateurs, fluides hydraulique ou caloporteurs	28, 52, 101, 118, 138, 153, 180
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Retardateurs de flammes dans mousse de polyuréthane, plastiques, rembourrage de meubles, tapis, textiles non destinés à l'habillement, isolants électriques, ordinateurs, téléphones et téléviseurs	28, 47, 100, 99, 154, 153
Parabènes	Conservateurs, Antifongiques et antimicrobien dans les cosmétiques, l'alimentaire, les produits ménagers, de soins, industries textile, plastiques	Methyl paraben, Ethyl paraben, Propyl paraben, Butyl paraben
Alkylphénols	Ils sont synthétisés pour leurs propriétés tensioactives qui permettent une meilleure dispersion des liquides et la miscibilité de certaines substances telles que l'huile et l'eau. Ainsi, ils sont largement utilisés dans l'industrie. L'industrie textile les emploie comme agent mouillant, dispersants, émulsifiants ou encore comme détergents. Ils sont également utilisés dans les peintures, la production de pâtes ⁴ et papiers, le traitement des métaux	Octyl (OP), Nonyl (4 NP), OP1EO, OP2EO, NP1EO, NP2EO
Muscs synthétiques	Fragrances dans les produits cosmétiques, les parfums, les désodorisants, les savons, les détergents, les produits d'hygiène, les bougies parfumées...	Galaxolide®, Tonalide®

Cette liste a été définie sur la base du panel de substances étudiées dans le cadre de l'étude des perturbateurs endocriniens 2016-2017 réalisée par Atmo Hauts-de-France, substances appartenant soit à des familles de molécules dangereuses ou prioritaires de la Directive cadre sur l'eau (Directive n°2000/60/CE, 2000), soit à des

⁴ Evaluation des Perturbateurs Endocriniens par Atmo Hauts-de-France : <https://www.atmo-hdf.fr/etude/perturbateurs-endocriniens-interference>

molécules dites émergentes, car encore peu étudiées dans notre environnement, appartenant à la liste⁵ de composés de l'Anses « nécessitant l'acquisition de données relatives à leur occurrence dans l'air ambiant et potentiellement de données sanitaires ».

Informations complémentaires sur les molécules PCB et PBDE recherchées

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés aromatiques organochlorés dérivés du biphényle, synthétisés sous forme de mélanges. Ils forment une famille de composés ayant la même structure chimique. Comme évoqué dans le rapport de l'INERIS⁶ : « Parmi les 209 congénères existants, 7 ont été sélectionnés par le Bureau Communautaire de Référence de la Commission Européenne (Bruxelles) comme étant les composés à rechercher en priorité dans les analyses de matrices organiques (sédiment, sang, chair, graisse) du fait de leur persistance et de leur abondance dans l'environnement ainsi que de leurs propriétés toxicologiques (Dargnat et Fisson, 2010). Les « PCB indicateurs » représentent près de 80 % des PCB totaux ».

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont une suite de 209 produits chimiques bromés différents, utilisés notamment comme retardateur de flamme sur les textiles et les matières plastiques et les textiles. Ils ont aussi été utilisés dans les années 1970 et 1980 pour l'extraction pétrolière. Pour des raisons principalement analytiques, 7 congénères dits PBDE indicateurs ont été analysés dans la plupart des études (source : rapport⁷ de Santé publique France).

⁵ ANSES, 2018 : Polluants « émergents » dans l'air ambiant Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air : <https://www.anses.fr/en/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf>

⁶ INERIS, 2011. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Les polyChloroBiphenyles (PCB), DRC-11-118962-11081A, 89 p. (<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

⁷ Imprégnation de la population française par les retardateurs de flamme bromés. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice : Santé publique France, septembre 2019. 61 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

3.2. Dispositif d'évaluation

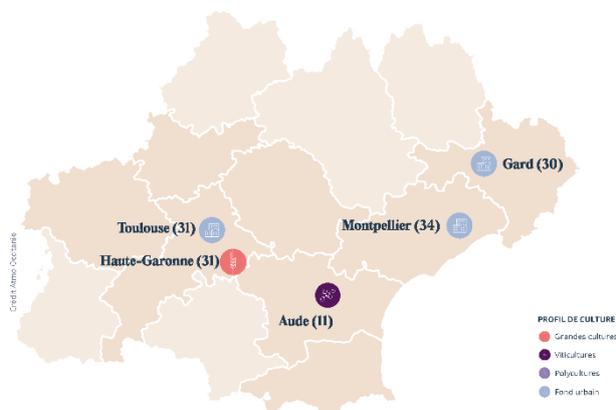
3.2.1 Sites de mesure

Poursuite des mesures sur le site de Toulouse

Les mesures initiées à l'été 2022 lors de l'étude de faisabilité sur le site urbain de Toulouse se poursuivent en 2024.

Mise en place de mesures à Montpellier et Alès (Gard)

- En 2024, des mesures sont réalisées en plein cœur de ville sur Montpellier. Un suivi est donc assuré sur les deux plus grandes agglomérations de la région, Toulouse et Montpellier. Ce suivi en environnement très urbain permet de caractériser le niveau d'exposition des personnes en lien avec la multitude de sources d'émission connues de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens (trafic routier, processus de combustion, secteur résidentiel, activités industrielles ...).
- Des mesures sont également réalisées dans le centre-ville d'Alès (site nommé Gard sur la carte ci-contre). L'objectif de ce suivi est d'évaluer si le bassin industriel dans le Nord-Est du territoire peut avoir une influence sur les mesures de ces substances au centre-ville.



Suivi dans 2 environnements ruraux

Le dispositif comprend également des mesures dans l'environnement de deux sites en milieu rural, dans les départements de l'Aude (Aude rural) et de la Haute-Garonne (Haute-Garonne rural), afin d'évaluer la présence de molécules dans des zones éloignées des principales sources d'émissions (trafic routier, processus de combustion, secteur résidentiel, activités industrielles ...) mais potentiellement exposées au travers des activités agricoles.

Les mesures sur ces 5 sites seront maintenues pendant au moins 3 ans dans le but de s'affranchir de phénomènes climatiques ou conjoncturels exceptionnels pouvant induire un biais sur les mesures.

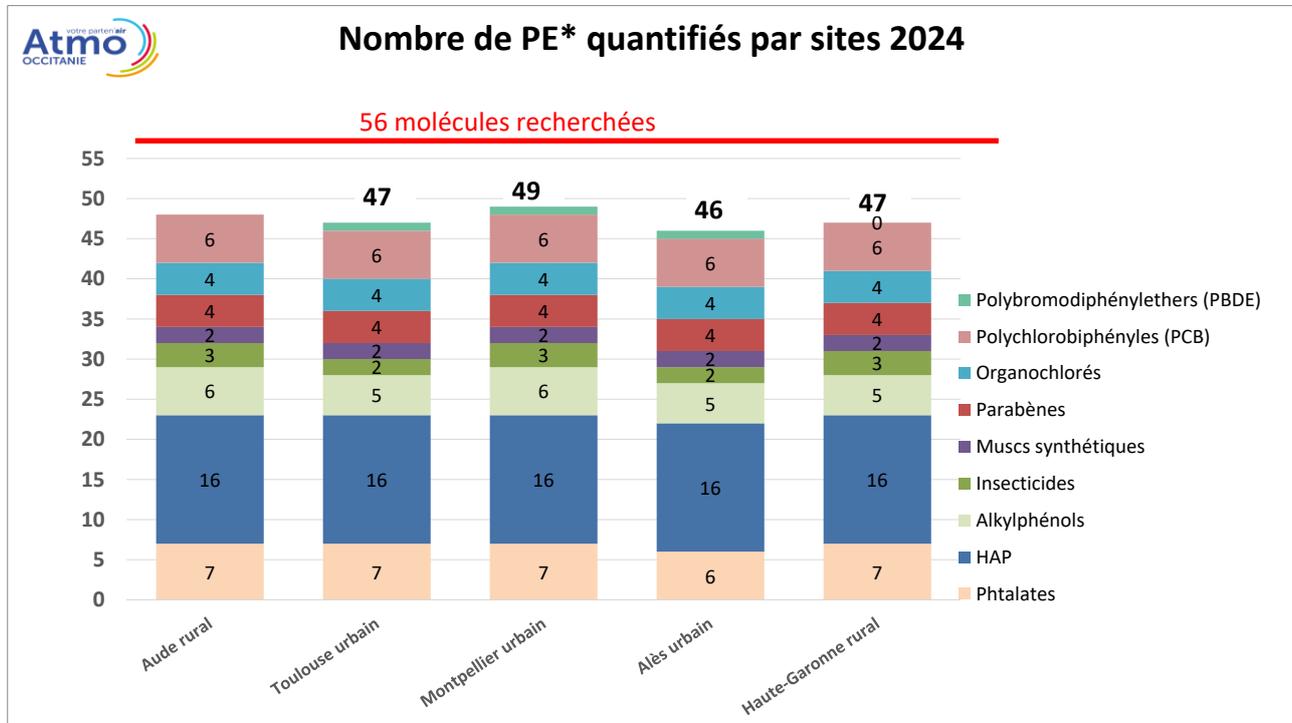
4. RESULTATS DES MESURES

Préambule :

- Les composés potentiellement perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle qui dérèglent le fonctionnement hormonal des organismes vivants. Ils se retrouvent dans un grand nombre de produits de consommation courante (cosmétiques, alimentation, plastiques...) et dans différents milieux (air, eau, sol). Ces molécules peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines
 - issus de l'utilisation de pesticides,
 - issus des dispositifs de combustion qui émettent des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)
 - issus de la dégradation de certains composés comme les matières plastiques qui émettent notamment des phtalates,
 - issus de l'utilisation de produits pour des usages spécifiques (répulsifs anti moustiques, mousses anti feux, production de détergents, de lubrifiants, retardateurs de flamme, etc).
- Les résultats sont exprimés en concentration totale dans l'air, ce qui correspond à la somme des concentrations dans la phase gazeuse et dans la phase particulaire.
- Les composés sont exprimés soit individuellement, soit en somme de composés d'une même famille.
 - Phtalates = somme de 7 phtalates
 - Alkylphénols = somme des alkylphénols (OP + NP)
 - Alkylphénols éthoxylates = somme des 4 alkylphénols éthoxylates
 - HAP = somme des 16 HAP.
 - Parabènes = somme de 4 parabènes
 - PCB ind = somme des 7 PCB indicateurs
 - PBDE = somme des 6 PBDE
- Le nombre et la fréquence de quantification des différents composés recherchés dépendent des limites de quantification qui sont présentées en annexe 2.

4.1. Nombre de molécules quantifiées potentiellement PE

Le graphique ci-dessous présente le nombre de molécules quantifiées potentiellement PE parmi les 5 sites d'étude.

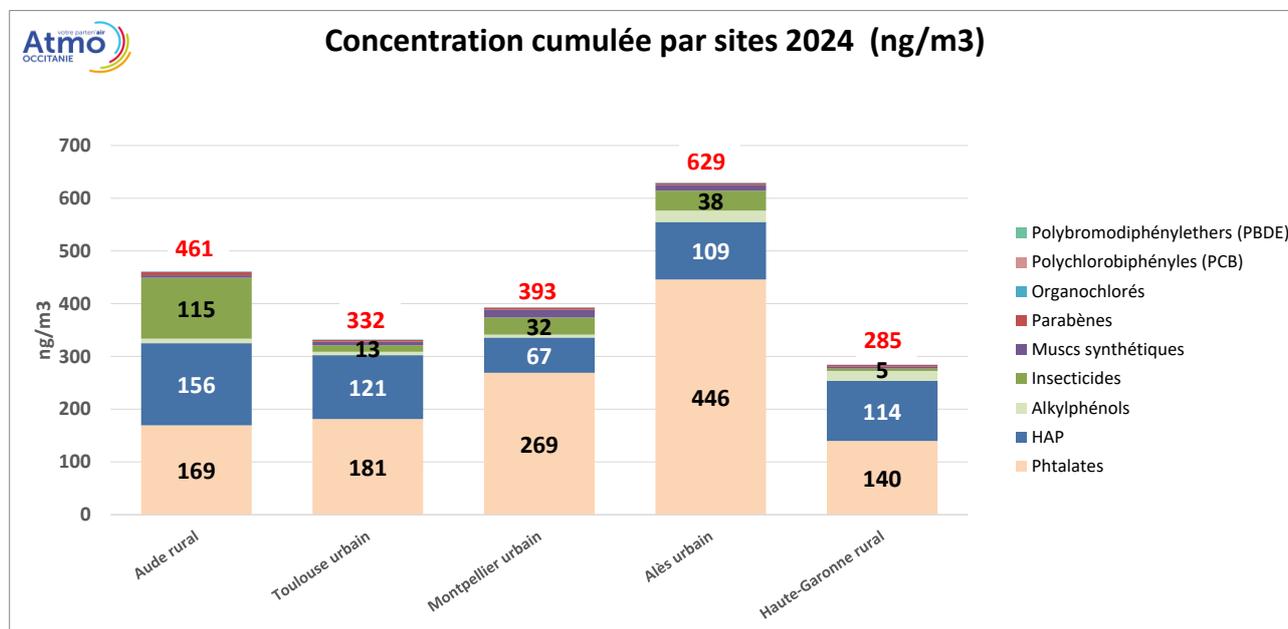


*Molécules potentiellement perturbateur endocrinien

- En 2024 entre 46 et 49 molécules ont été quantifiées sur les différents sites de mesures parmi les 56 substances recherchées.
- Sur l'ensemble des sites, en milieu urbain et rural, les résultats mettent en évidence la présence dans l'air ambiant de 8 des 9 familles de molécules. Seule la famille des PBDE, principalement utilisée comme retardateurs de flamme, n'est pas quantifiée sur les deux sites ruraux. Le détail des taux de quantification pour chaque molécule est présenté dans les paragraphes par famille.

4.2. Concentrations cumulées par site de mesure

Le graphique ci-dessous présente les concentrations cumulées par famille sur les différents sites de mesure.



- Les phtalates, issus principalement des plastifiants et cosmétiques, est la famille de composés quantifiée en plus grande quantité. Elle est suivie des HAP (principalement émis par des processus de combustion) et des insecticides. Concernant les autres familles de molécules, les concentrations totales sont nettement plus faibles.
- C'est sur le site urbain d'Alès que la concentration cumulée des composés potentiellement PE est la plus élevée, en raison principalement des concentrations de phtalates. Sur Aude rural et Montpellier urbain, les concentrations cumulées sont relativement proches. Cependant, les résultats mettent en évidence principalement des phtalates sur Montpellier, alors que sur le site Aude rural ce sont les phtalates, HAP et insecticides qui contribuent essentiellement à la concentration cumulée à part égale. Sur Toulouse urbain et Haute-Garonne rural, les concentrations sont plus faibles avec majoritairement des concentrations de phtalates mesurés.

Comme observé en 2016 sur l'étude⁸ réalisée par Atmo Hauts-de-France, en 2022 sur Paris (par le laboratoire METIS⁹) et en 2023 sur le site Toulouse urbain (par Atmo Occitanie), les phtalates sont les contaminants recherchés les plus abondants dans l'air suivi des HAP.

⁸ Atmo Hauts-de-France : Surveillance dans l'air des départements du Nord et du Pas-de-Calais -2016 - 2017

⁹ Rapport : PIREN-Seine – Rapport de fin de phase VIII – Vol. 10 – Processus biophysicochimiques et interactions biote contaminants à l'échelle locale :

[https://www.piren-](https://www.piren-seine.fr/sites/default/files/piren_documents/rapports_de_phase_8/rapport_piren_ph8_vol10_processus_vf_0_1.pdf)

[seine.fr/sites/default/files/piren_documents/rapports_de_phase_8/rapport_piren_ph8_vol10_processus_vf_0_1.pdf](https://www.piren-seine.fr/sites/default/files/piren_documents/rapports_de_phase_8/rapport_piren_ph8_vol10_processus_vf_0_1.pdf)

4.3. Résultats détaillés par famille

4.3.1 Phtalates

Les phtalates font partie d'une classe de produits chimiques utilisés à grande échelle au niveau industriel et sont présents dans de nombreux produits du quotidien, dans des matériaux de construction et d'ameublement.

Les phtalates de poids moléculaire élevé, tels que le DEHP et le DnOP, sont surtout utilisés¹⁰ comme plastifiants pour conférer de la flexibilité à des matériaux en chlorure de polyvinyle (PVC).

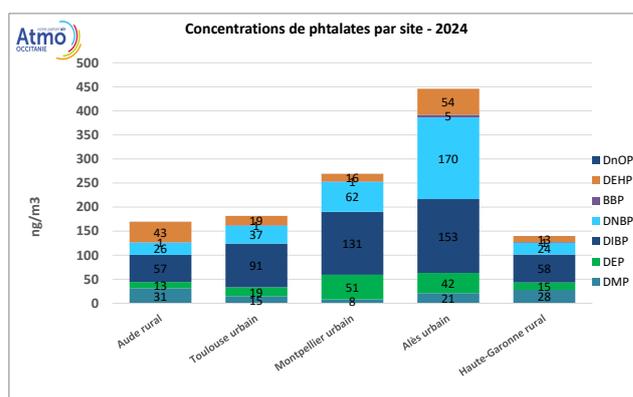
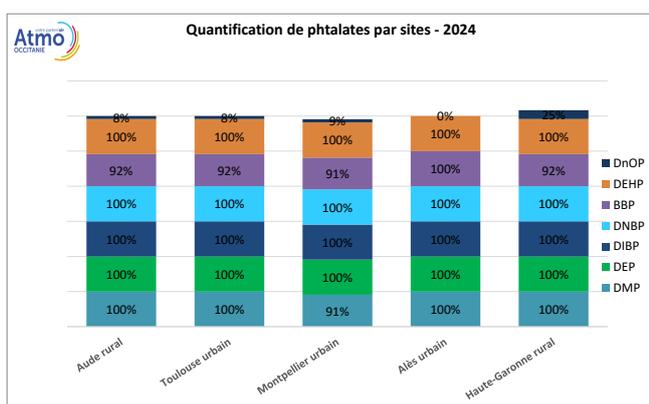
Les cosmétiques sont le deuxième domaine d'application des phtalates où ils sont notamment incorporés comme agents fixateurs afin d'augmenter le pouvoir de pénétration d'un produit sur la peau. Les phtalates de faible poids moléculaire, tel que le DEP, le DNBP, le DiBP sont plutôt employés dans les produits d'hygiène et les cosmétiques.

Ils peuvent également être utilisés pour la fabrication de nombreux produits (peintures, vernis, colles, mastic, laques, encres, produits ménagers, produits phytosanitaires, ...) et sont utilisés par les industries du caoutchouc, de la photographie, des papiers et cartons, du bois, des matériaux de construction et dans l'industrie automobile.

4.3.1.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des phtalates ;
- La somme des concentrations des phtalates sur la période de mesure.



- 6 phtalates sont quantifiées sur la quasi majorité des échantillons sur l'ensemble des sites. Seul le DnOP n'est que très peu quantifié.
- Les principales molécules quantifiées sur les 5 sites sont le phtalate de diisobutyle (DIBP), le phtalate de dibutyle (DNBP) (phtalates volatils) et dans une moindre mesure le phtalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP)

¹⁰ Exposition humaine aux perturbateurs endocriniens par inhalation Stéphanie Laborie 2015 : <https://theses.hal.science/tel-02099667/>

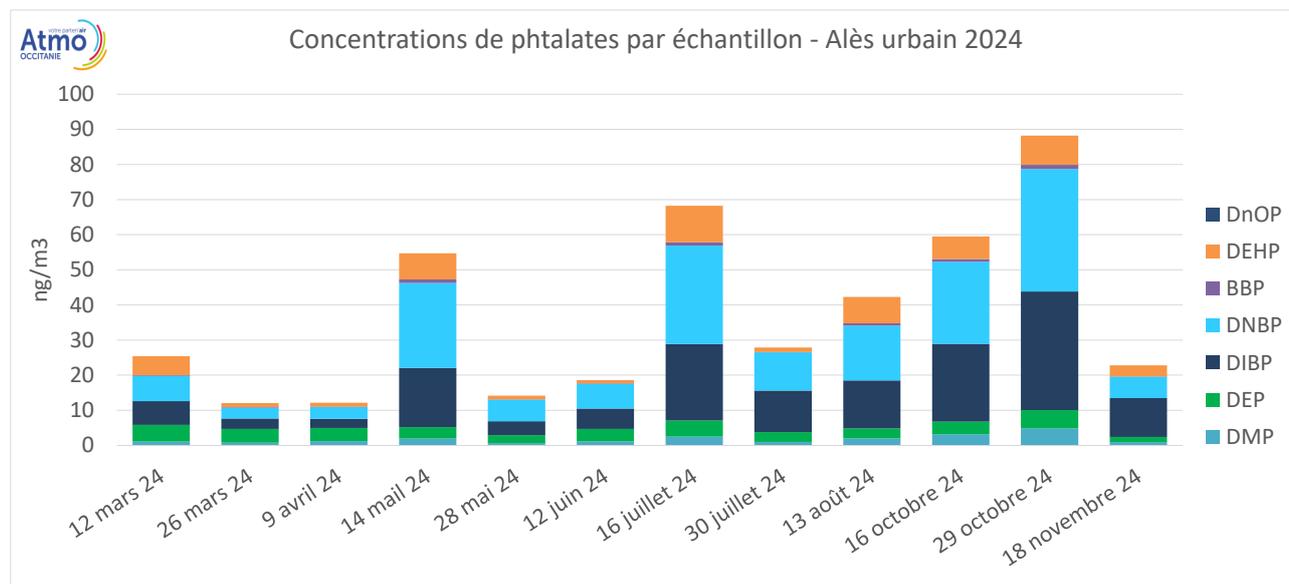
(phtalates non volatil) et le phtalate de diéthyle (DEP) (phtalates volatil). Le phtalate de benzyle (BBP) (phtalates non volatil) et le phtalate Di-n-octyl (DnOP) (phtalates non volatil) n'étant que très peu quantifiés.

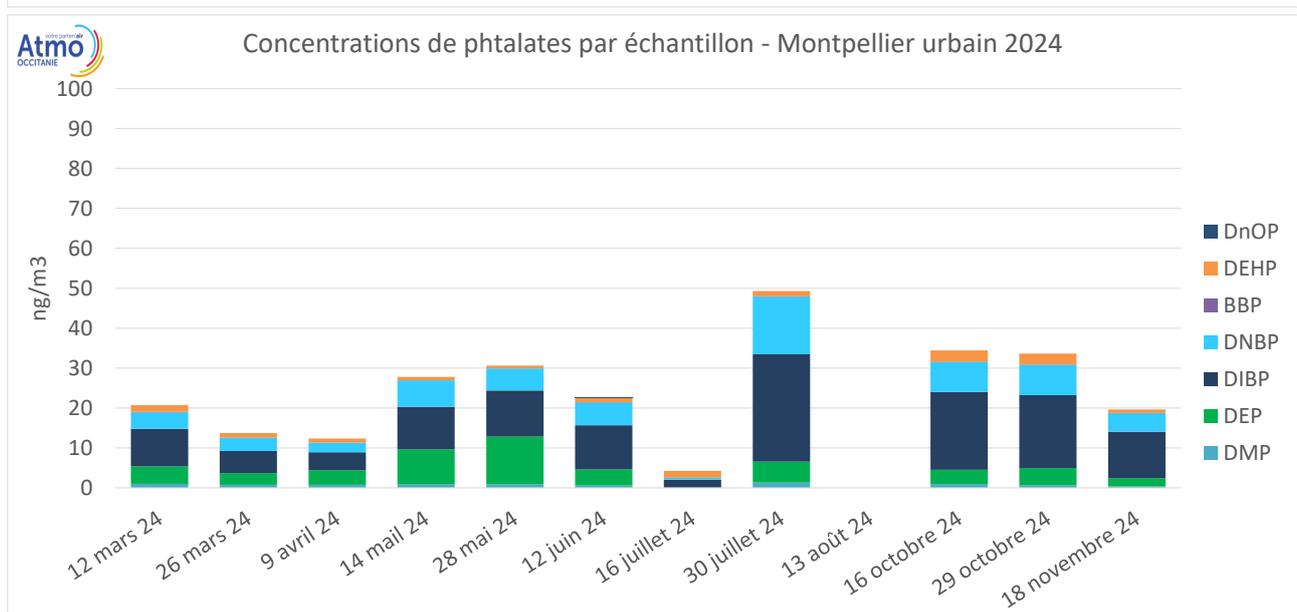
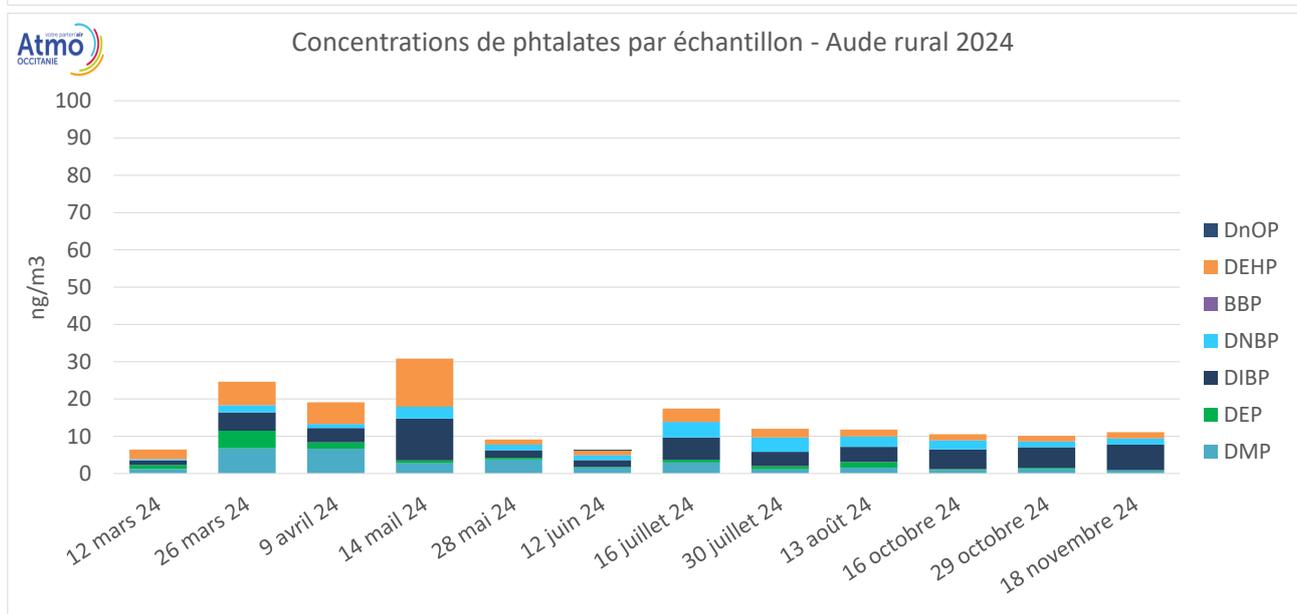
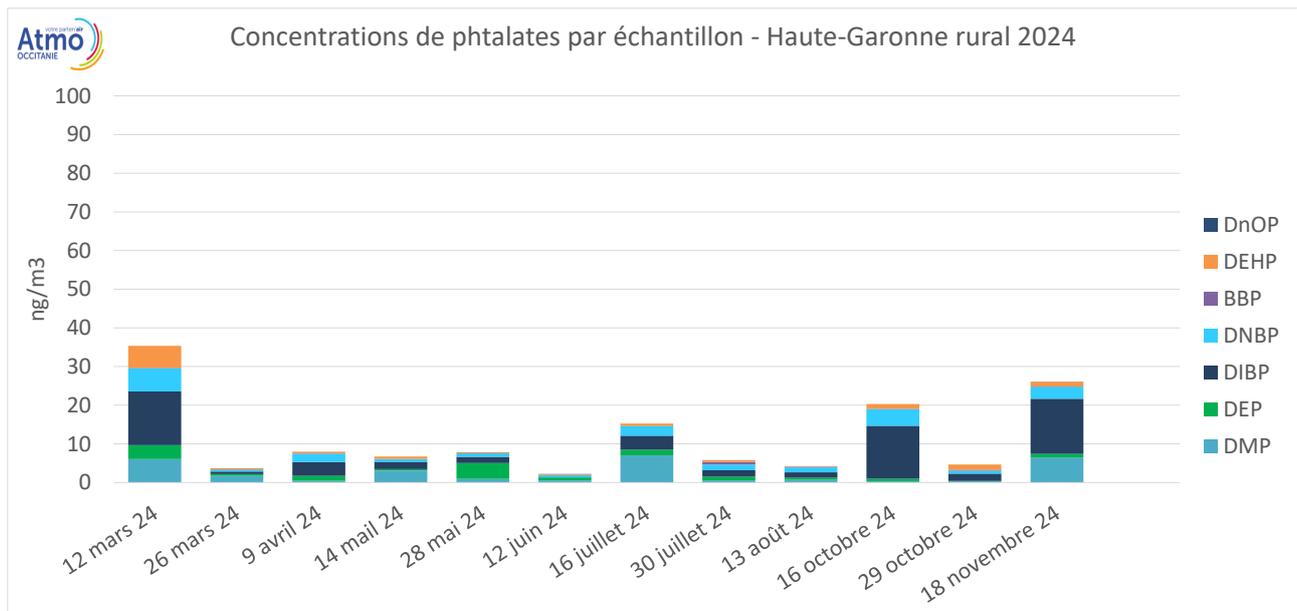
- C'est sur le site d'Alès que les concentrations de phtalates sont les plus importantes en 2024, avec notamment la présence en quantité nettement plus importante en DNBP par rapport aux autres sites de mesures.

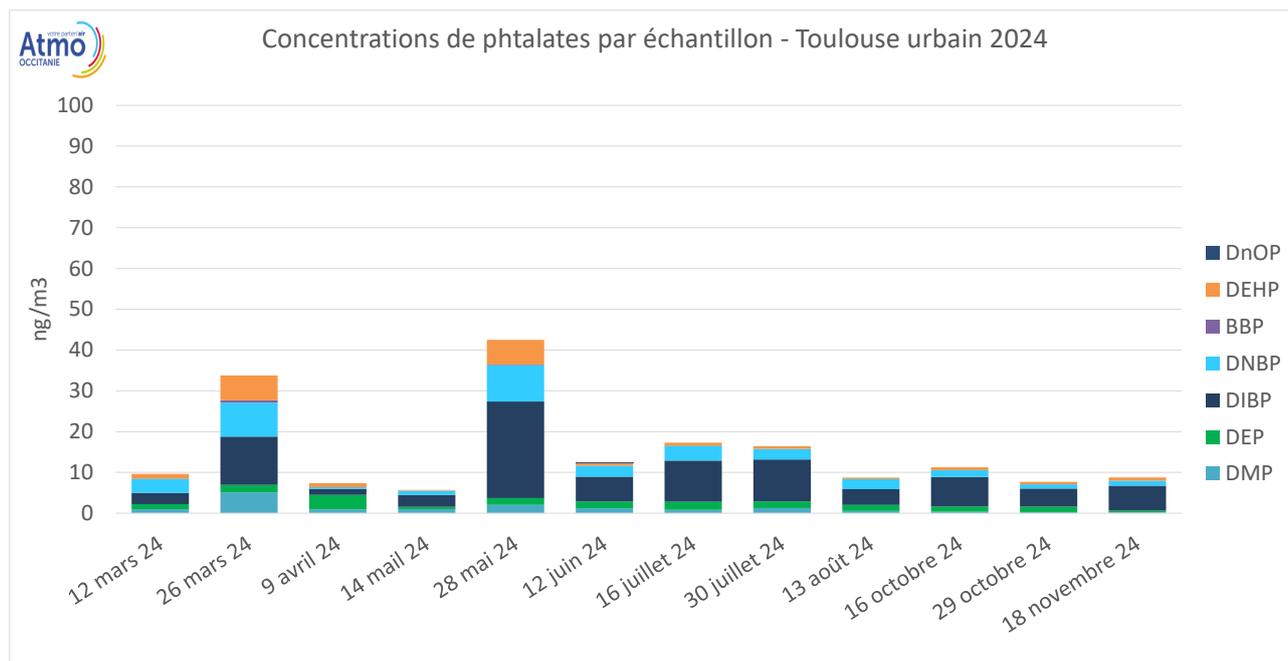
Ces résultats mettent en évidence la présence en plus grande quantité des phtalates légers (faible poids moléculaire) dans l'air ambiant. A ce jour, il n'est pas possible de mettre en évidence une ou des sources d'émissions de phtalates sur nos sites régionaux, comme le DNBP sur le site d'Alès. En revanche, nous avons bien observé des quantités plus importantes de ces composés, principalement issus de la dégradation de matières plastiques, en environnement urbain qu'en milieu rural.

4.3.1.2 Concentrations par échantillon

Les graphiques suivant présentent les concentrations par échantillons et par site de mesure des 7 molécules phtalates recherchées.







- Sur chaque site de mesure, les phtalates sont quantifiés sur l'ensemble des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent donc en évidence une exposition aux phtalates sur l'ensemble de l'année.
- Les phtalates, dont les concentrations sont les plus élevées (DIBP, DNBP et DEP), sont présents d'une manière plus importante en période chaude qu'en période froide. Cela est probablement dû au fait que ces 3 substances sont principalement quantifiées en phase gazeuse (voir annexe 3) et se volatilisent plus facilement dans l'atmosphère sous l'influence de températures chaudes. Cette variation saisonnière avait déjà été observée notamment sur les mesures réalisées en région Ile-de-France (source : rapport¹¹ 2013.). Sur la majorité des sites le DEHP (phtalate lourd) est principalement retrouvé en période froide.

¹¹ Chevreuril, M. (2013) Contamination de l'air ambiant par les perturbateurs endocriniens en Ile-de-France et caractérisation d'effets toxiques associés. Programme PNRPE, Rapport final, 133p

4.3.2 HAP

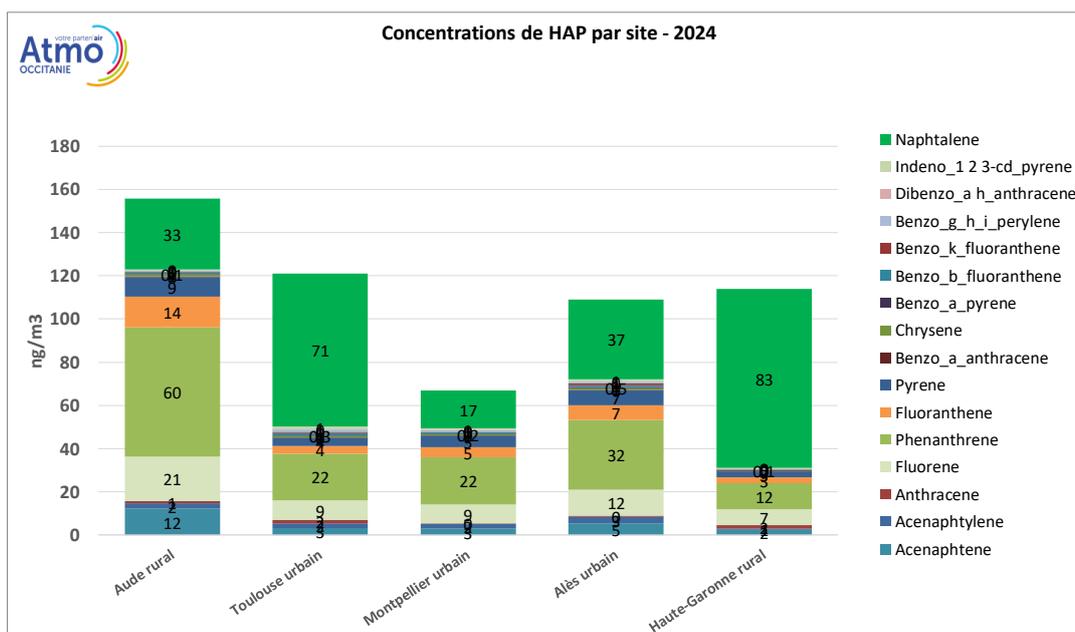
Les sources d'émissions dans l'air des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) sont principalement liées à des activités humaines et particulièrement aux processus de combustion. Ils sont majoritairement émis par le chauffage au bois et au fioul, ainsi que par les véhicules essence et diesel. Ils sont émis lors de la combustion à haute température de charbon, gaz, pétrole et bois dans un environnement pauvre en oxygène, comme durant la combustion domestique et celle du carburant automobile. Certains procédés industriels peuvent également émettre des HAP dans l'atmosphère : raffineries, cokeries, fonderies, production et utilisation de goudron et d'asphalte, usines d'incinération des déchets, production de caoutchouc et de pneumatiques, etc. Dans l'air ambiant, une partie des HAP présents dans l'environnement provient de sources naturelles telles les éruptions volcaniques ou les feux de forêts. Les HAPs se forment aussi lors de la cuisson de grillades et dans les fritures, ils peuvent être présents dans l'alimentation, ou dans certaines habitudes de consommation (le tabac).

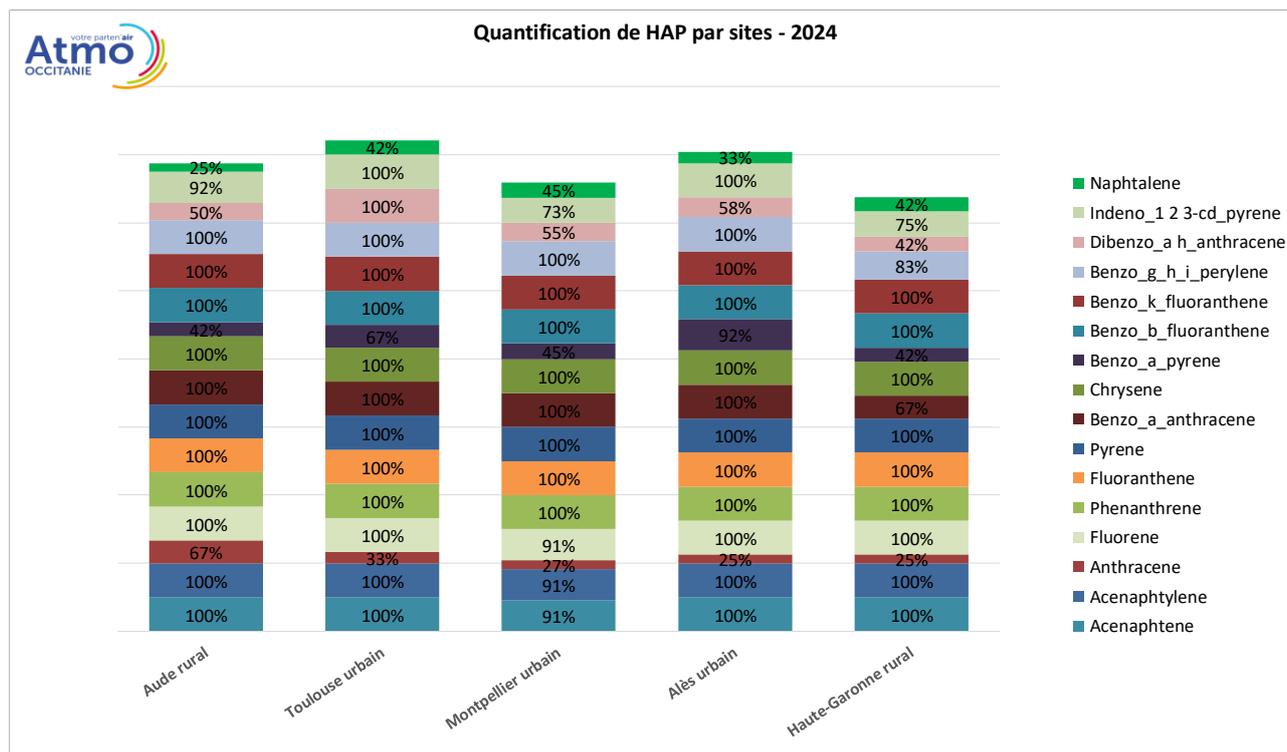
En raison de leur toxicité ainsi que des propriétés mutagènes et/ou cancérigènes de certains d'entre eux, leur émission, leur production et leur utilisation sont réglementés comme le benzo(a)pyrène. Ce composé a été classé comme cancérigène pour l'homme par le CIRC - groupe 1 et sa capacité à induire un cancer du poumon a été reconnue (IARC, 2002) et sa concentration dans l'air est réglementée par une valeur limite pour la protection de la santé.

4.3.2.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des HAP ;
- La somme des concentrations des HAP sur la période de mesure.





- Tous les HAP recherchés sont quantifiés sur au moins 25% des échantillons et 12 sur 15 HAP sont quantifiées plus de 70% du temps.
- Le HAP dont les concentrations sont les plus importantes sur la majorité des sites est le naphtalène. D'après un rapport¹² de l'INERIS, la principale source de naphtalène dans l'air est la combustion domestique de bois et de combustibles d'énergies fossiles. Après avoir échangé avec les chercheurs de l'EPHE de l'UMR Metis, les concentrations de naphtalène sont probablement sous estimées, car étant très volatil, il est à ce jour difficile de réaliser une analyse de cette molécule de manière précise.
- Parmi les autres HAP, on quantifie principalement les HAP semi-volatils Phenanthrene et Fluorène, provenant principalement de la combustion incomplète de matières organiques et d'hydrocarbures. Ces deux composés sont également les plus quantifiés des HAP dans l'étude¹³ sur l'exposition humaine aux perturbateurs endocriniens par inhalation de Stéphanie Laborie. Les HAP non-voaltils comme le benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, ne sont que très peu quantifiés.

¹² Rapport INERIS : <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/91-20-3%20--%20NAPHTALENE%20--%20FTE.pdf>

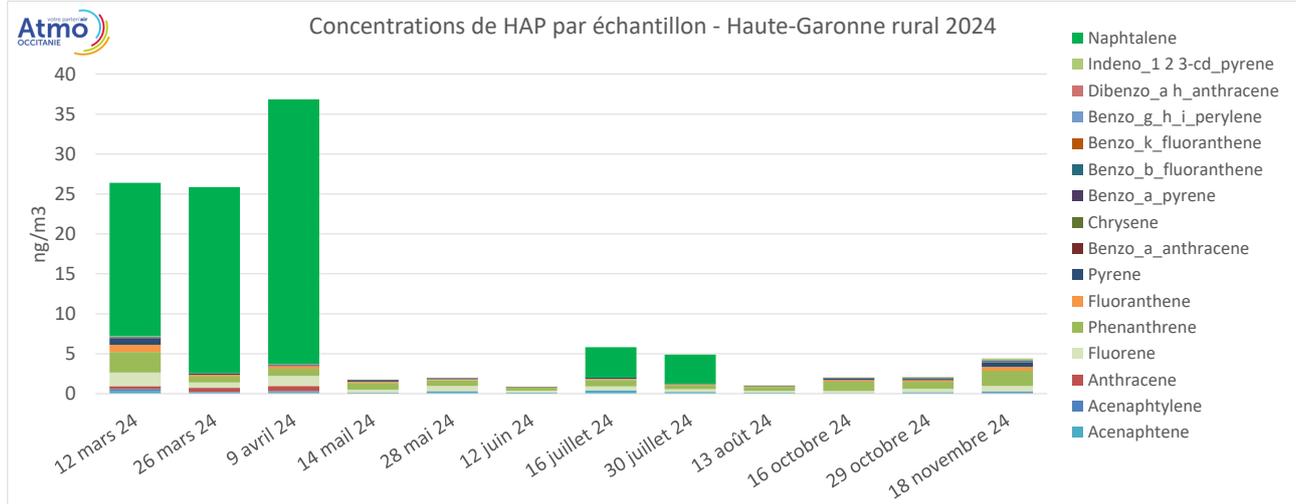
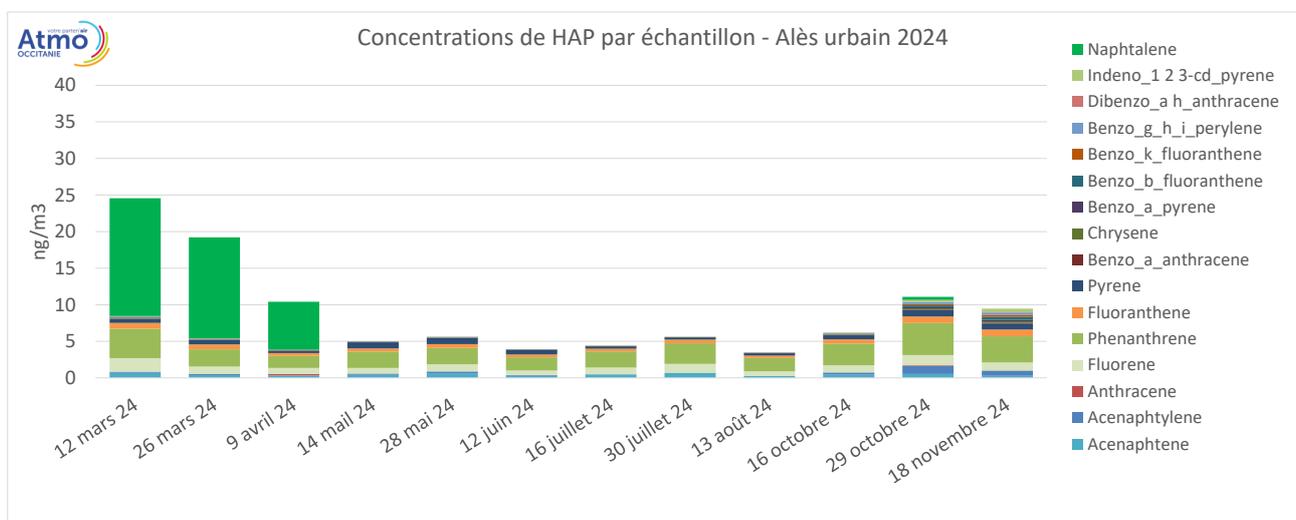
¹³

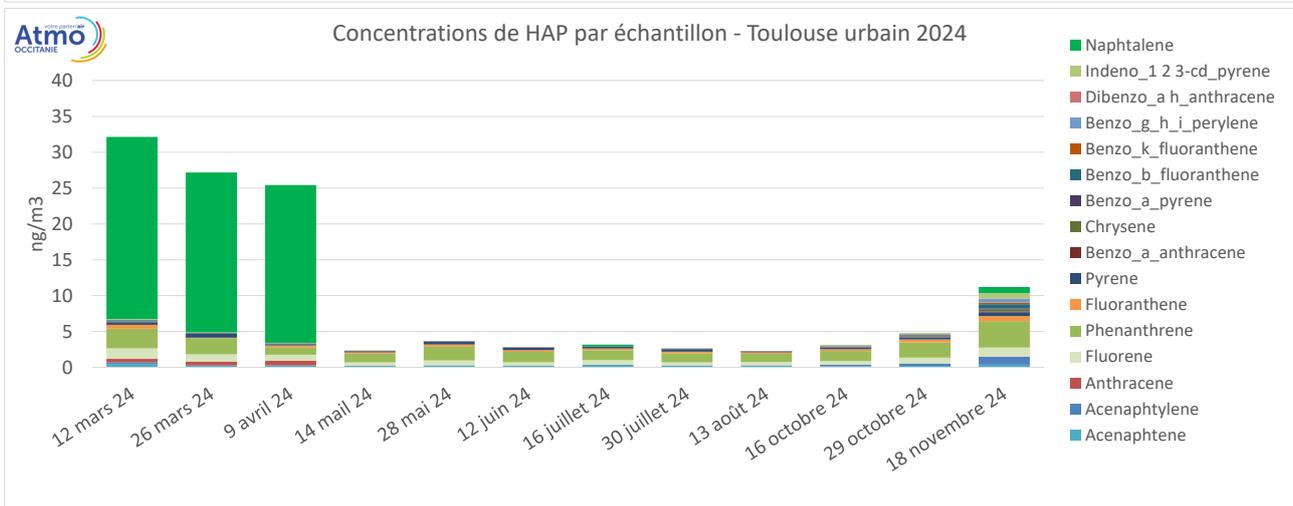
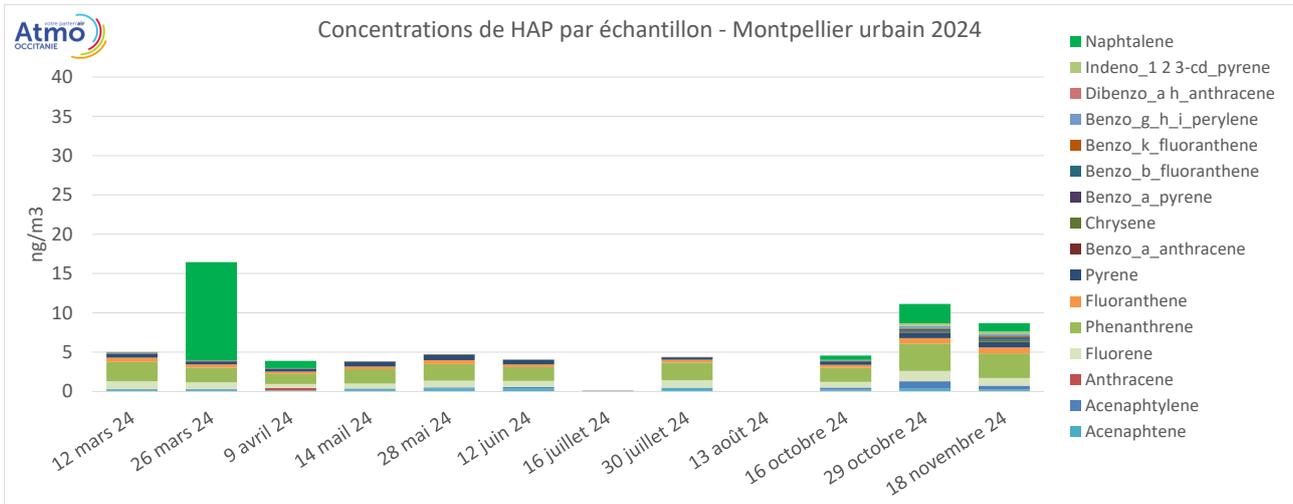
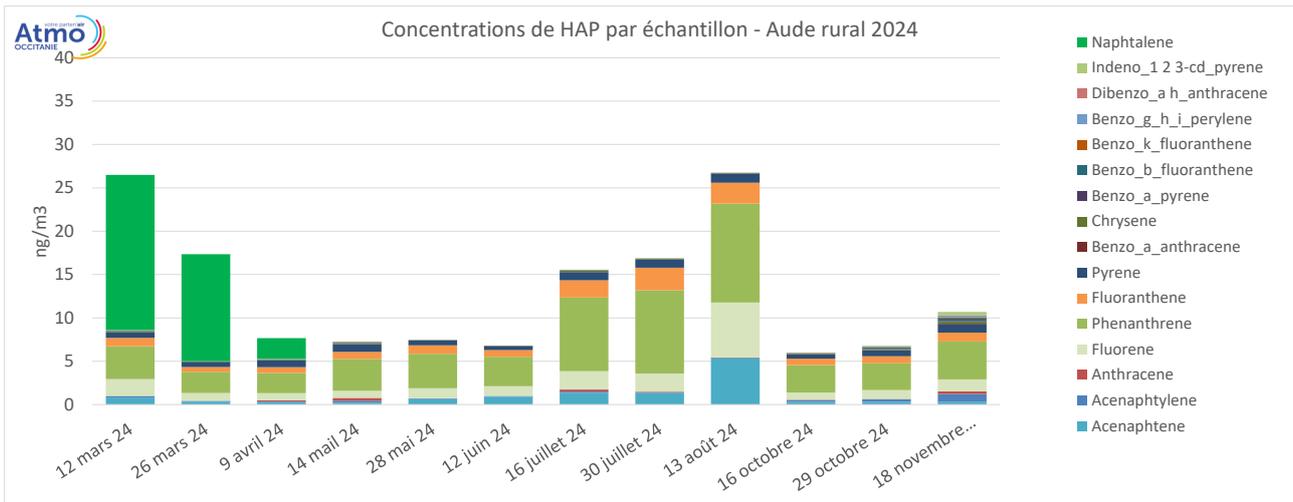
Caractérisation de la contamination de l'air intérieur par analyses chimiques et biologiques in vitro
Par Stéphanie Laborie: <https://theses.fr/2015EPHE3059>

C'est sur le site Aude rural que les concentrations de HAP sont les plus élevées, avec notamment des concentrations au moins deux fois plus importantes des HAP semi-volatils, le Phenanthrene, le Fluorène, le Fluoranthene et l'Acenaphtene, que sur les autres sites. A ce stade le manque de données de référence ne nous permet pas d'apporter des explications à cette situation.

4.3.2.2 Concentration par échantillon

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 16 molécules HAP recherchées.





Sur chaque site de mesure, les HAP sont quantifiés sur l'ensemble des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent donc en évidence une exposition aux HAP sur l'ensemble de l'année.

- Les concentrations totales de HAP par échantillons sont les plus élevées en hiver, en raison notamment d'une utilisation accrue à cette période de la combustion de matière organique pour le chauffage, ce qui s'observe également au niveau national (source : rapport¹⁴ CITEPA). C'est particulièrement le cas pour le naphthalène, dont la principale source dans l'air est la combustion domestique de bois et de combustibles d'énergies fossiles (INERIS¹⁵).
- Sur le site Aude rural, les résultats mettent en évidence des concentrations de phénanthrene plus élevées lors de 3 échantillons entre le 13 juillet et fin août. D'après l'INERIS¹⁶, la présence de phénanthrène dans l'environnement provient le plus souvent de la combustion incomplète de certains composés organiques tels que le bois et les combustibles fossiles. Il est détecté dans la fumée de cigarette, les échappements de moteur diesel ou essence, dans les viandes grillées au charbon de bois, dans les huiles de moteur usagées, etc... A ce jour aucun élément à disposition d'Atmo Occitanie ne permet d'expliquer ces niveaux élevés entre le 13 juillet et fin août.
- Toutes les concentrations par échantillon en B(a)P sont inférieures à la valeur réglementaire de 1 ng/m³.

¹⁴ Rapport CITEPA HAP : <https://www.citepa.org/fr/2020-hap/>

¹⁵ Rapport INERIS : <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/91-20-3%20--%20NAPHTALENE%20--%20FTE.pdf>

¹⁶ Rapport INERIS 2021 : <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/85-01-8%20--%20Ph%20C3%A9nanthr%20C3%A8ne%20--%20FDTE.pdf>

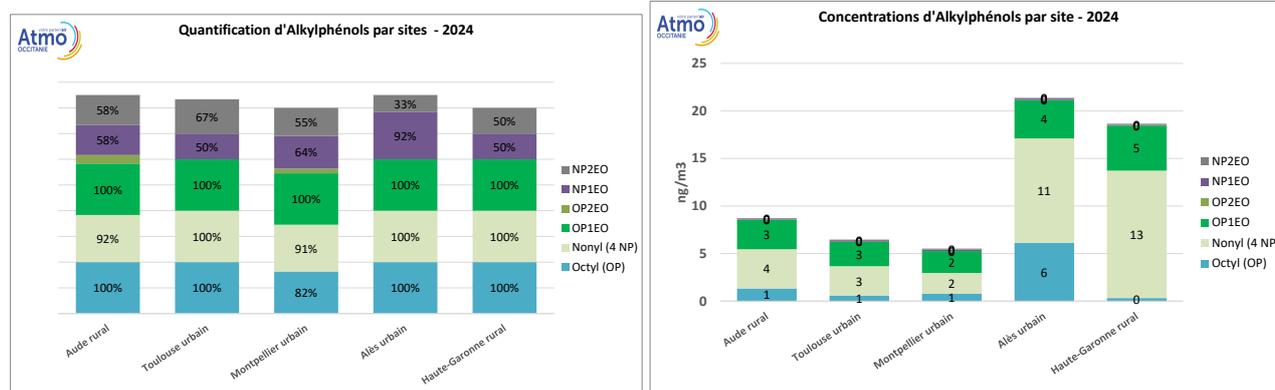
4.3.3 Alkylphénols : Détergents, plastiques

Les alkylphénols éthoxylés (APEO) sont utilisés comme tensio actifs dans des produits de consommation courante comme les détergents, les désinfectants et les nettoyeurs de surface. Dans l'environnement intérieur, les APEO sont biodégradés en Alkylphénol (AP) qui sont plus stables et persistants. Ils sont également utilisés comme agents dispersants dans l'industrie du papier, comme agents émulsifiants dans les peintures latex, dans la colle ou dans les préparations pesticides. Les AP peuvent être utilisés dans la préparation d'antioxydants, en tant que stabilisants thermiques dans les résines polymères et dans quelques cas directement comme antioxydant (étude¹⁷ de Laborie et al., 2015).

4.3.3.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des alkylphénols ;
- La somme des concentrations des alkylphénols sur la période de mesure.



- Tout site confondu, les molécules Octylphénols (OP), Nonylphénols (4 NP) et OP1EO sont quantifiées sur au moins 82% des échantillons. On observe également la présence du NP1EO et NP2EO entre 30 et 90% sur les différents sites de mesures. Seul le OP2EO n'est quantifié que très rarement.
- En termes de concentrations, on quantifie notamment le 4-NP et le OP1EO issus principalement des détergents, cosmétiques, produits de nettoyage et utilisés dans une large gamme de produits industriels et de textile. Ces deux molécules font partie des contaminants les plus volatils des alkylphénols. Le 4-NP est également l'alkylphénol le plus quantifié dans d'autres études (ex : Laborie et al., 2015) en raison notamment de sa plus grande production dans le monde car il représente¹⁸ 80% de la production globale d'alkylphénols dans le monde.

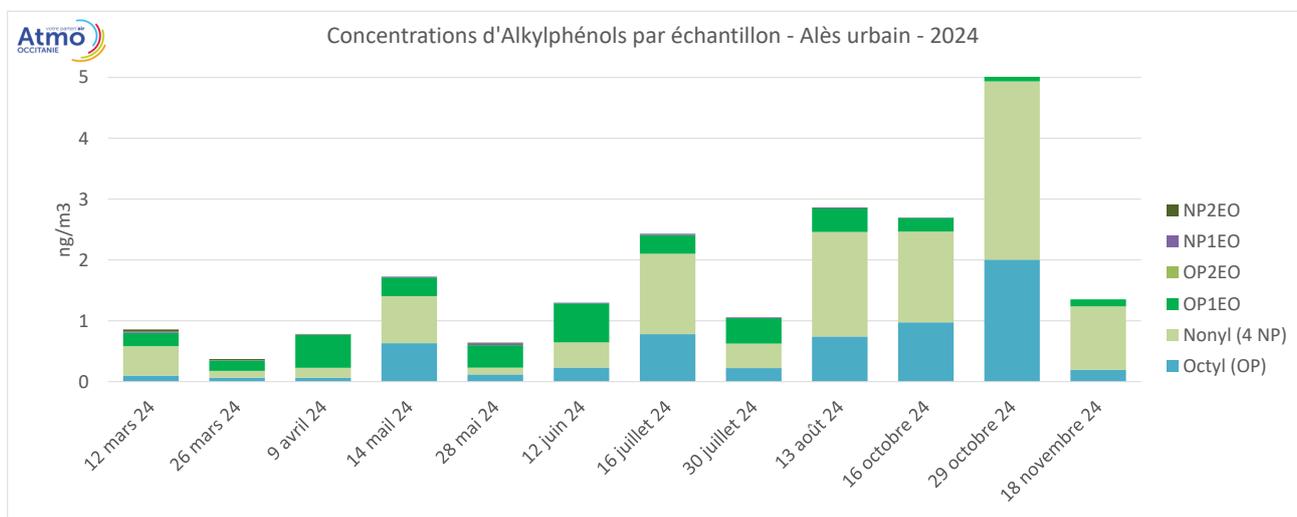
¹⁷ Laborie et al, 2015 : <https://theses.hal.science/tel-02099667/>

¹⁸ Ying, G.G., Williams, B., Kookana, R., 2002. Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates—a review. *Environ. Int.* 28, 215–226.

- Les alkyphénols sont principalement retrouvés sur Alès et Haute-Garonne rural avec notamment une présence importante de 4NP. Selon l'INERIS¹⁹ : « les émissions diffuses dans l'air ambiant de nonylphénols sont principalement liées à l'épandage agricole de boues de station d'épuration. D'autre part, bien que peu documentée, l'utilisation des éthoxylates de nonylphénols dans l'industrie des engrais pourrait entraîner des émissions diffuses de ces substances dans le sol ». Ces informations pourraient expliquer les niveaux mesurés sur le site de Haute-Garonne rural mais aucuns éléments à disposition d'Atmo Occitanie à ce jour ne permet de le confirmer.
- Sur Alès l'Octylphénol est quantifié dans des proportions bien plus importantes que sur les autres sites de mesures.

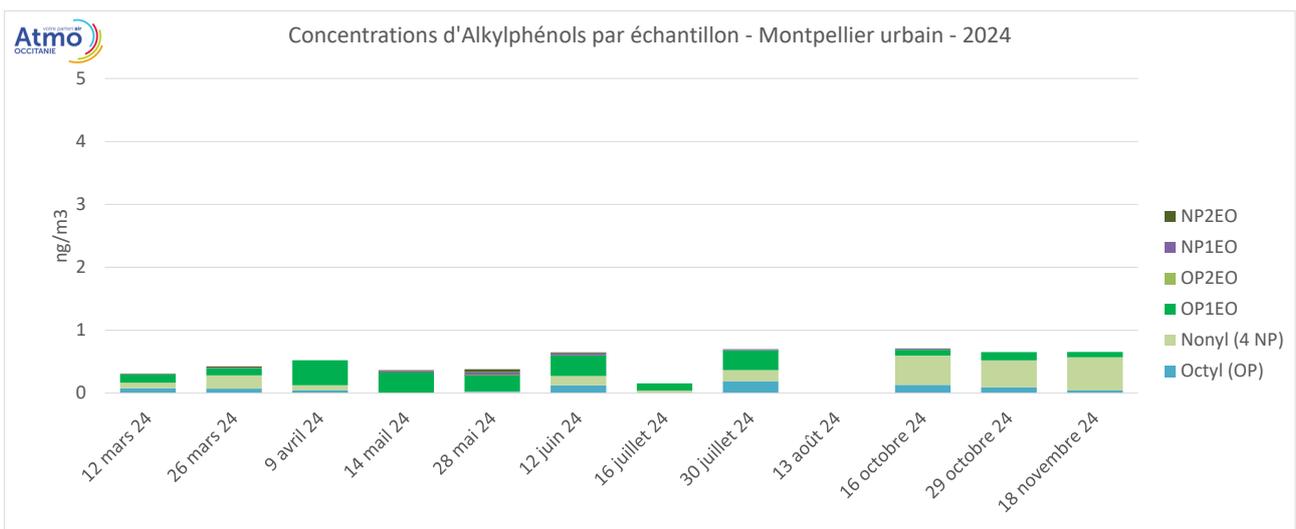
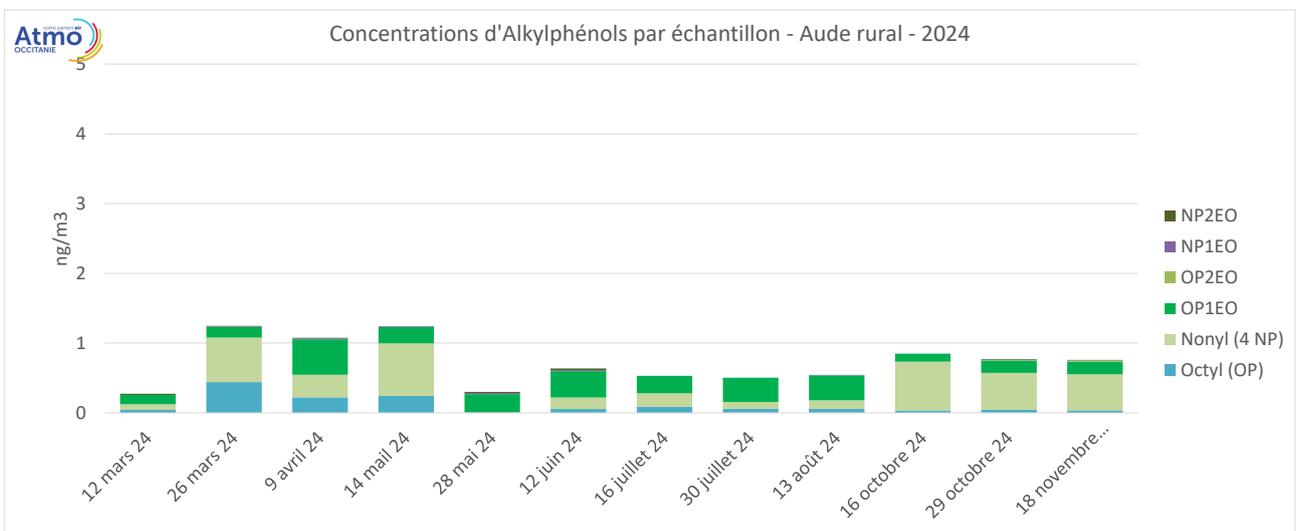
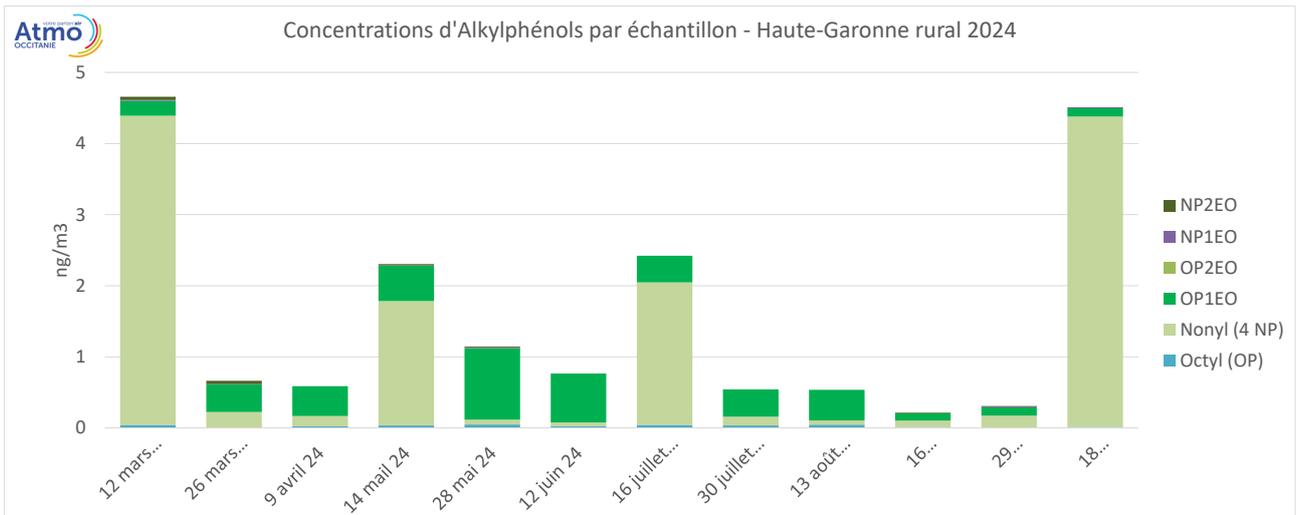
4.3.3.2 Concentration par échantillon

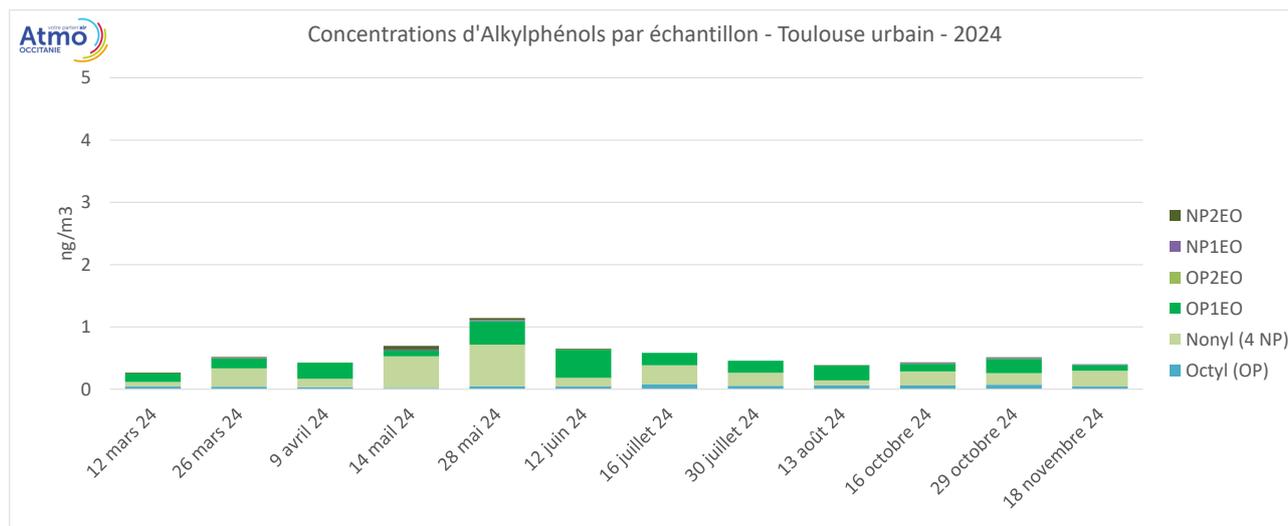
Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 6 molécules alkyphénols recherchées.



¹⁹ Rapport INERIS 2012, <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/25154-52-3%20--%20nonylph%C3%A9nol%20--%20FTE.pdf>

<https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/25154-52-3%20--%20nonylph%C3%A9nol%20--%20FTE.pdf>





- Sur les sites hors Haute-Garonne rural, les alkylphénols sont quantifiés sur l'ensemble des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent donc en évidence une exposition aux alkylphénols sur l'ensemble de l'année.
- Sur le site Haute-Garonne rural, on observe des pics de concentrations de 4NP sur 4 échantillons au cours de l'année, pouvant mettre en évidence une probable utilisation spécifique à certains moments de l'année.
- Les concentrations d'Alkylphénols sont majoritairement plus élevées en période chaudes en raison notamment de la volatilité des molécules, ces variations avaient déjà été observées sur l'étude d'Atmo Hauts-de-France.
- Le site Alès urbain présente un profil de concentration aux alkylphénols différent des autres sites de mesures, avec notamment des concentrations majoritairement supérieures aux niveaux de fond et des concentrations assez élevées sur l'échantillon du 15 au 29 octobre.

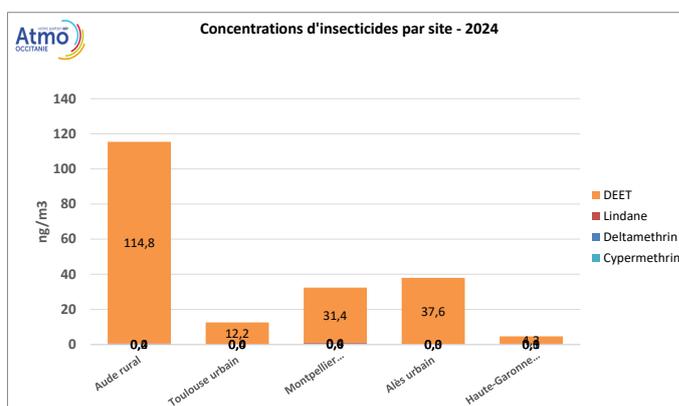
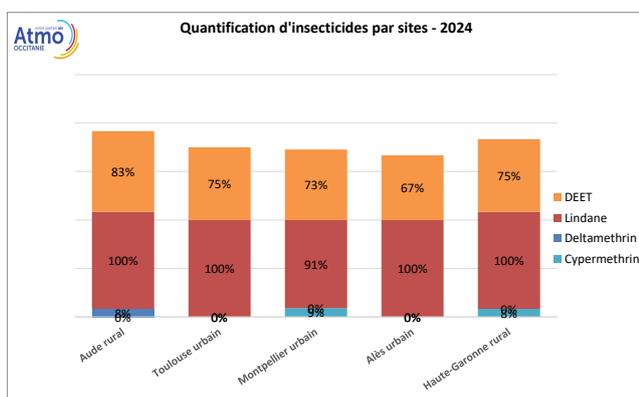
4.3.4 Insecticides

Le **DEET** est un produit chimique utilisé comme répulsif contre les insectes, moustiques, puces, tiques, mouche piquante des étables. La **cyperméthrine** et la **deltaméthrine** (famille des pyréthrinoïdes) sont des insecticides utilisés dans les produits de traitement des bois de construction et surtout dans les préparations insecticides en agriculture. Pour la substance active alpha-cyperméthrine, le produit concerné est retiré du marché au 07/12/2021. Le **lindane** a été autorisé en agriculture jusqu'en 1998 et plus tardivement dans les produits pharmaceutiques pour le traitement de la gale et l'élimination des poux.

4.3.4.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

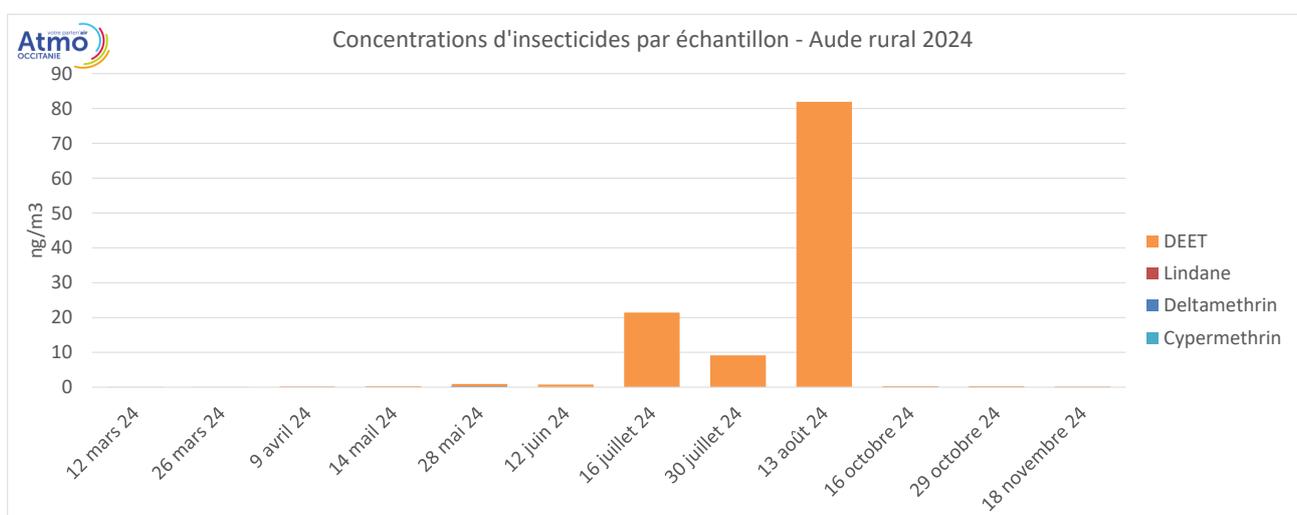
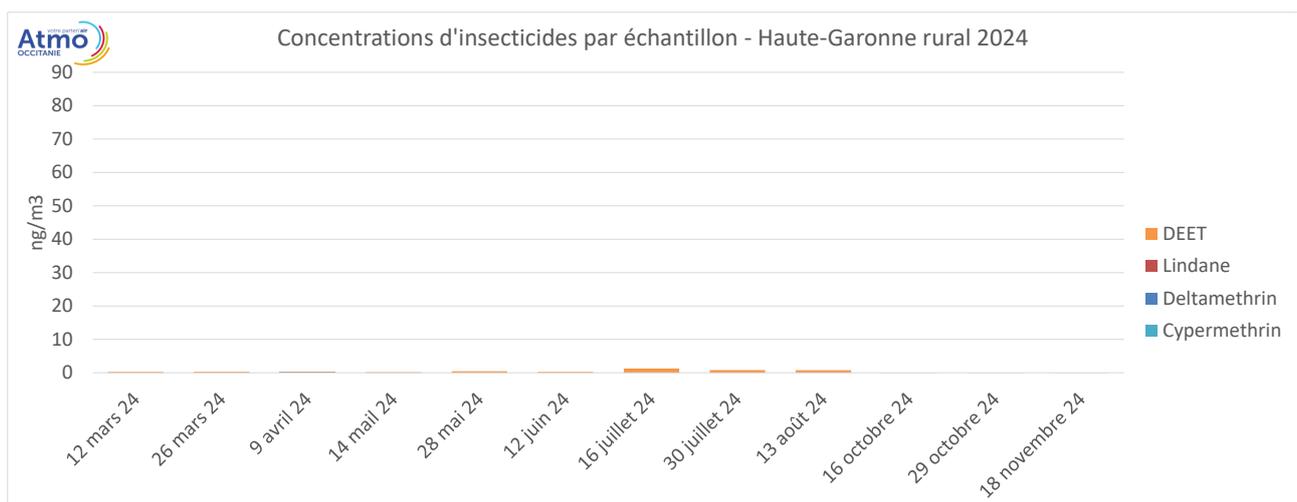
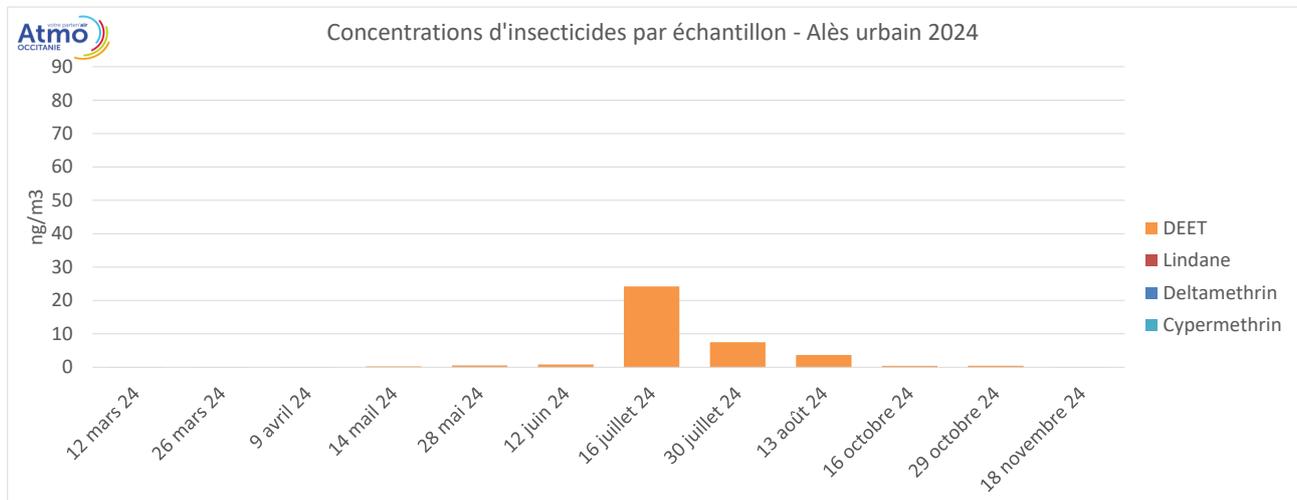
- Le taux de quantification des insecticides ;
- La somme des concentrations des insecticides sur la période de mesure.

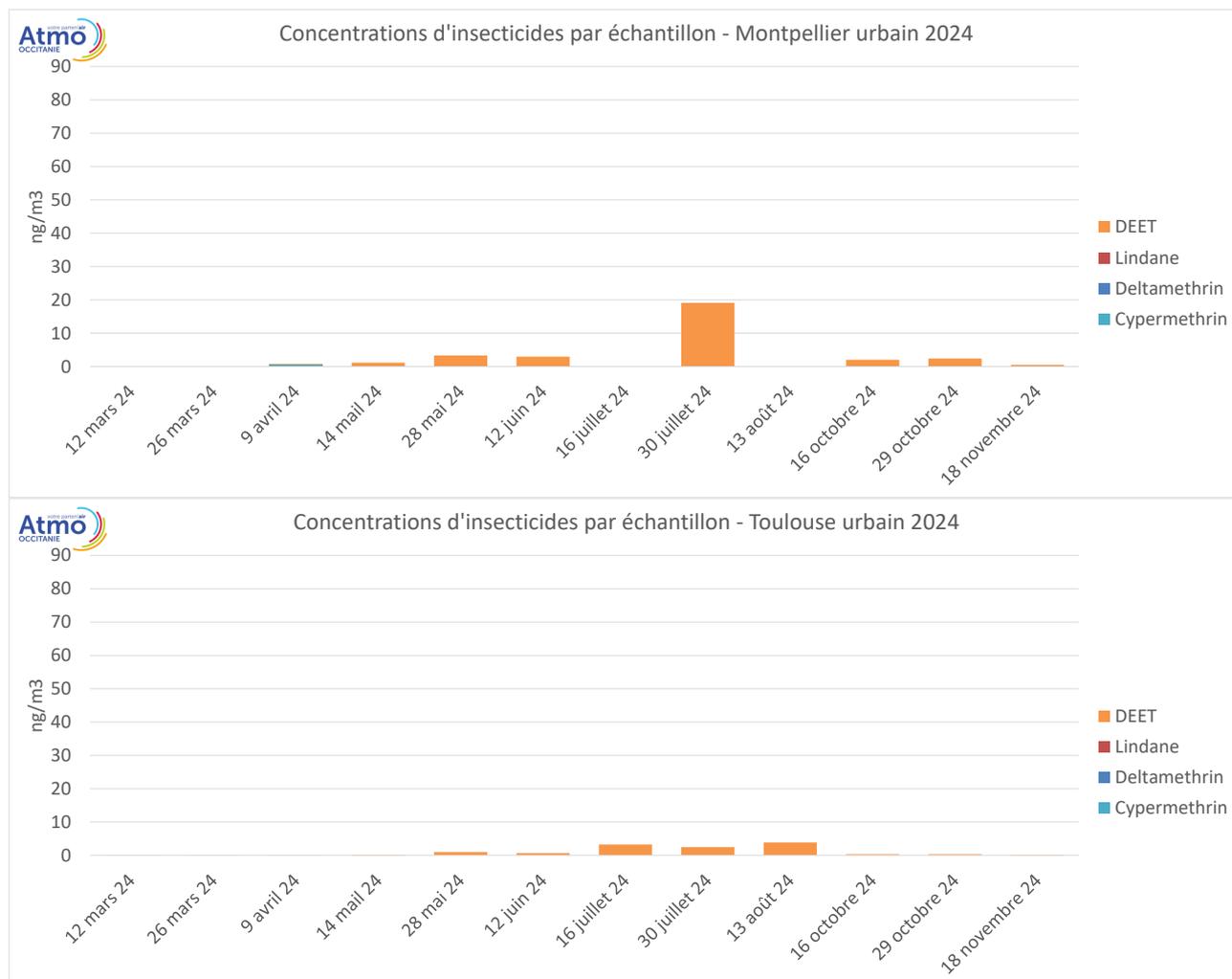


- On observe la présence de lindane ainsi que le DEET dans la majorité des échantillons des 5 sites de mesures. Le lindane est déjà un insecticide quantifié régulièrement depuis plusieurs années sur le territoire dans le cadre des campagnes de mesure de pesticides.
- En termes de concentrations, on quantifie quasi exclusivement le DEET, notamment sur Aude rural et dans une moindre mesure sur Alès et Montpellier urbain. Les deux sites non localisés dans le Languedoc Roussillon (Toulouse urbain et Haute-Garonne rural) présentent des concentrations de DEET nettement moins élevées car ils sont probablement moins impactés par la présence de moustiques.

4.3.4.2 Concentration par échantillon

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des molécules insecticides quantifiées.





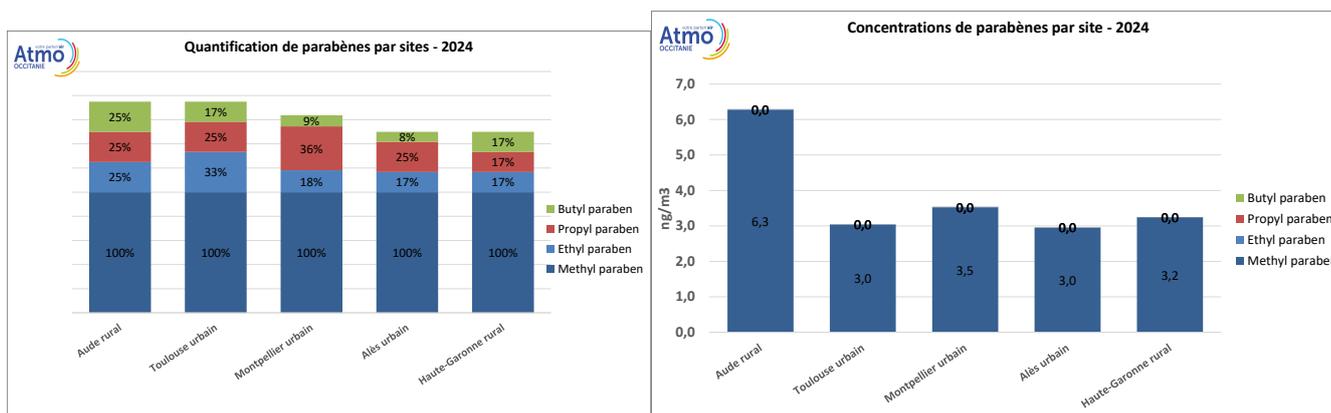
- Les concentrations de DEET ont majoritairement été retrouvées entre juin et août, période propice à l'usage de cet insecticide notamment contre les moustiques.
- La cyperméthrine a été retrouvée à une seule reprise sur les sites Haute-Garonne rural et Montpellier urbain et dans des quantités très faibles. La deltaméthrine a également été retrouvé sur un seul échantillon, sur le site Aude rural, les concentrations sont également très faibles. Ces molécules sont des substances présentant un effet insecticides.

4.3.5 Les parabènes

4.3.5.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des parabènes ;
- La somme des concentrations des parabènes sur la période de mesure.

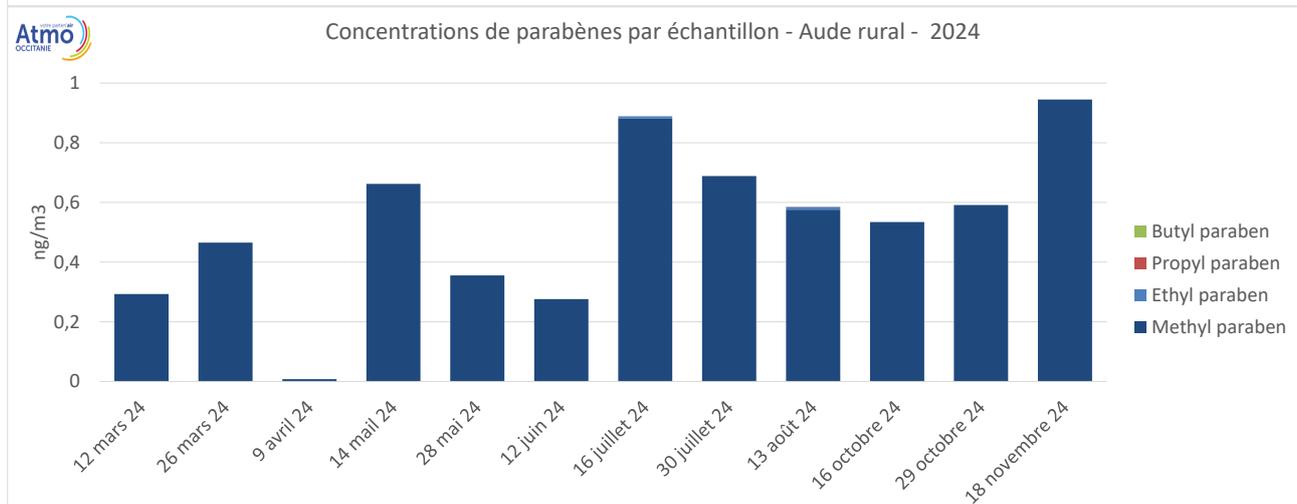
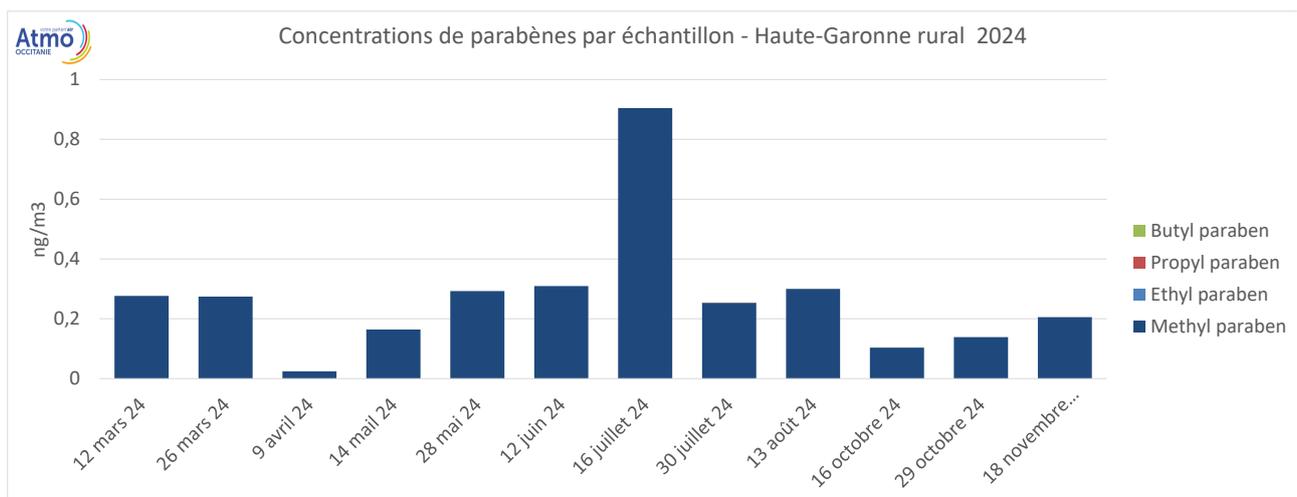
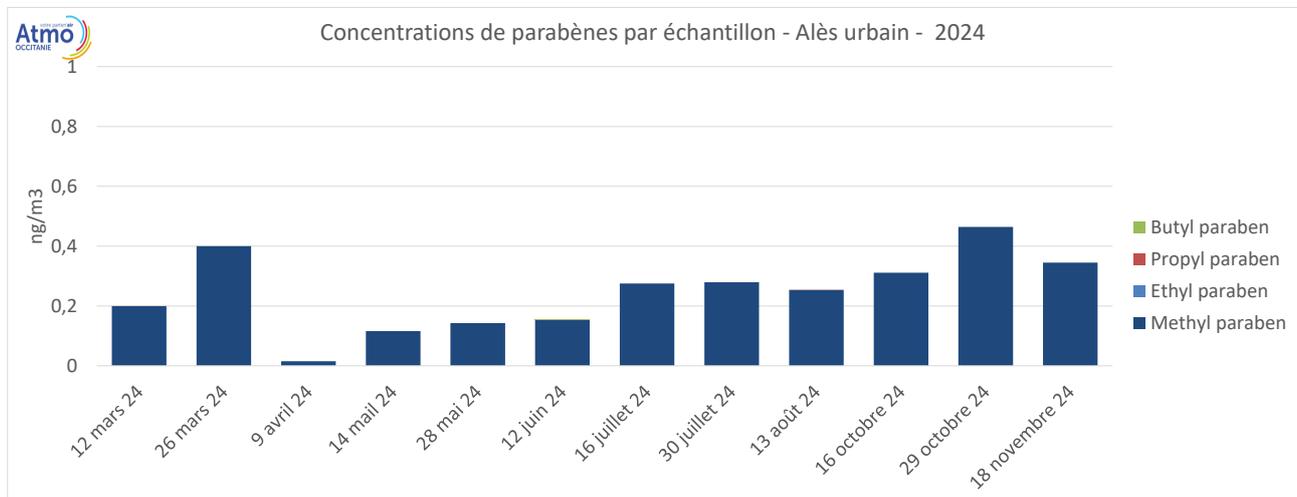


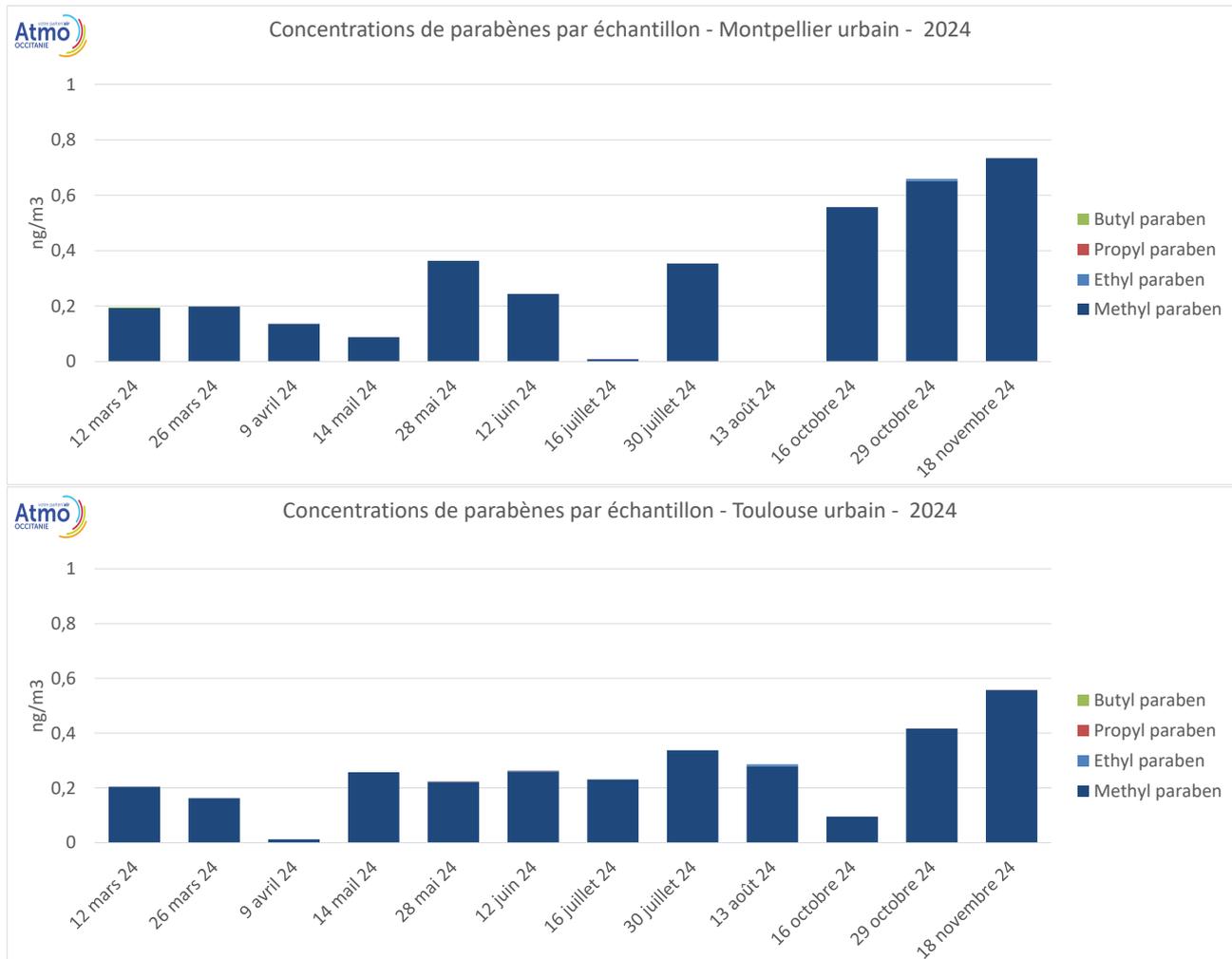
- On observe la présence du méthylparabène dans chaque échantillon des 5 sites d'étude.
- En termes de concentrations, on quantifie de manière prépondérante le méthylparabène, conservateur antimicrobien et antifongique essentiellement utilisé dans les cosmétiques, cette molécule est le parabène le plus utilisé dans le secteur industriel en raison de sa grande solubilité et de son effet synergique. En se basant notamment sur des données provenant des pays scandinaves, on observe que l'usage des parabènes, notamment le méthyl- et le propyl-parabènes, est encore très répandu, notamment dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques avec jusqu'à 80% des produits selon les études sur plusieurs centaines de médicaments en France (source : Ineris²⁰).

²⁰ <https://substances.ineris.fr/substance/99-76-3>

4.3.5.2 Concentration par échantillon

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 4 molécules parabènes recherchées.





- Le methyl parabène est quantifié sur l'ensemble des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent en évidence une exposition aux parabènes sur l'ensemble de l'année.
- Le methyl parabène semble être quantifié de façon plus importante en période froide, cette analyse sera confirmée en 2025 avec la poursuite de l'étude.

4.3.6 Polychlorobiphényles : PCB

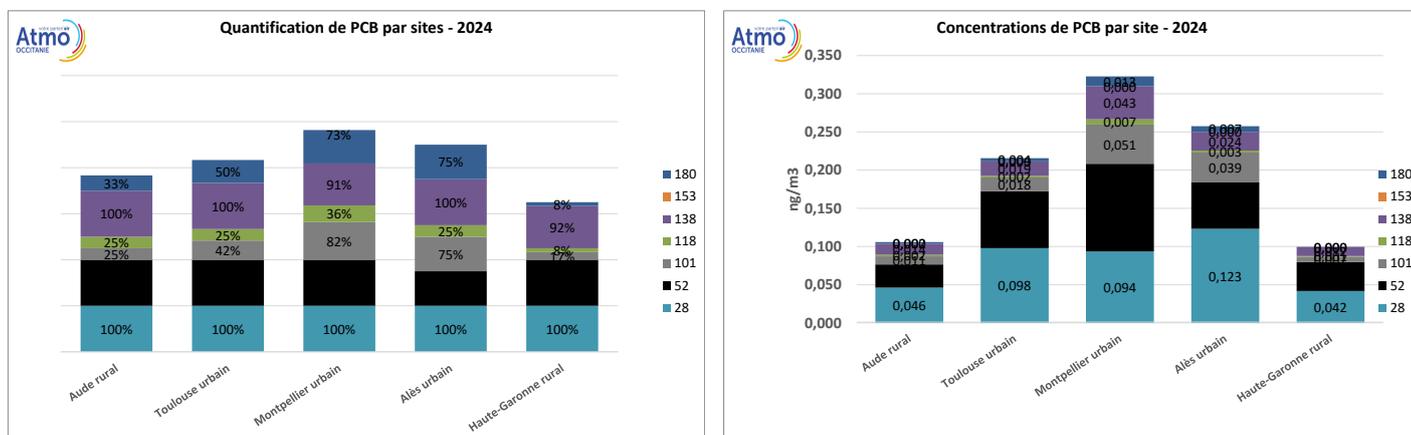
Les PCB constituent une famille de 209 congénères qui sont identifiés sous forme d'un numéro. Ils, ont été utilisés entre 1930 et 1970 comme lubrifiants dans la fabrication de transformateurs électriques et condensateurs, comme isolants et fluides caloporteurs, également comme adjuvants dans les adhésifs, mastics d'étanchéité, peintures, vernis, huiles, papiers carbonés, encres. **Bien qu'interdits en France depuis 1987**, ils sont toujours présents dans l'air, les sols, les tissus et liquides biologiques (sang, lait maternel, ...) et les aliments riches en graisses tels que certains poissons. Ils peuvent encore être émis par des joints d'étanchéité utilisés jusqu'au milieu des années 1970 et toujours en place dans les bâtiments, ou en tant que sous-produits de la fabrication de pigments.

Faiblement biodégradables, avec une longue durée de vie, ils sont classés comme « Polluants Organiques Persistants » (POPs). En raison de leur grande stabilité chimique et physique et de leur caractère rémanent et lipophile (qui est soluble dans les substances grasses), ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire et sont bioaccumulables.

4.3.6.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des PCB ;
- La somme des concentrations des PCB sur la période de mesure.

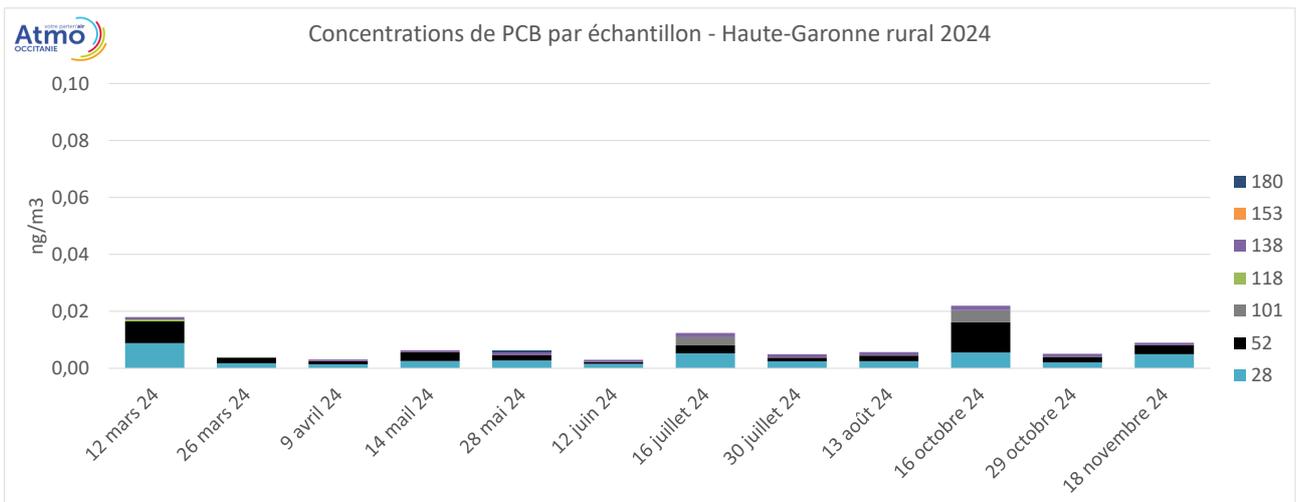
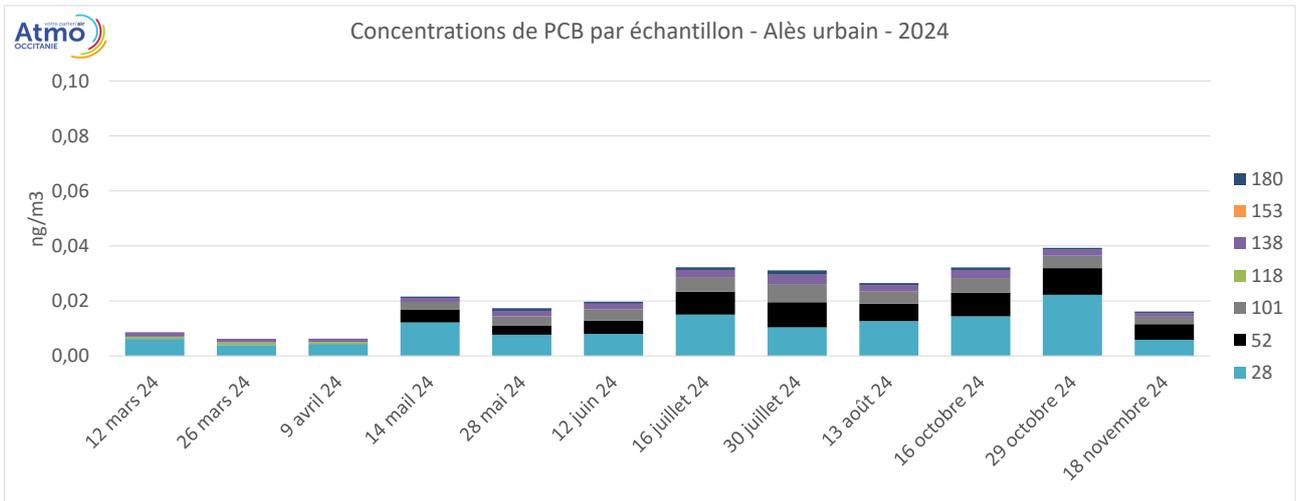


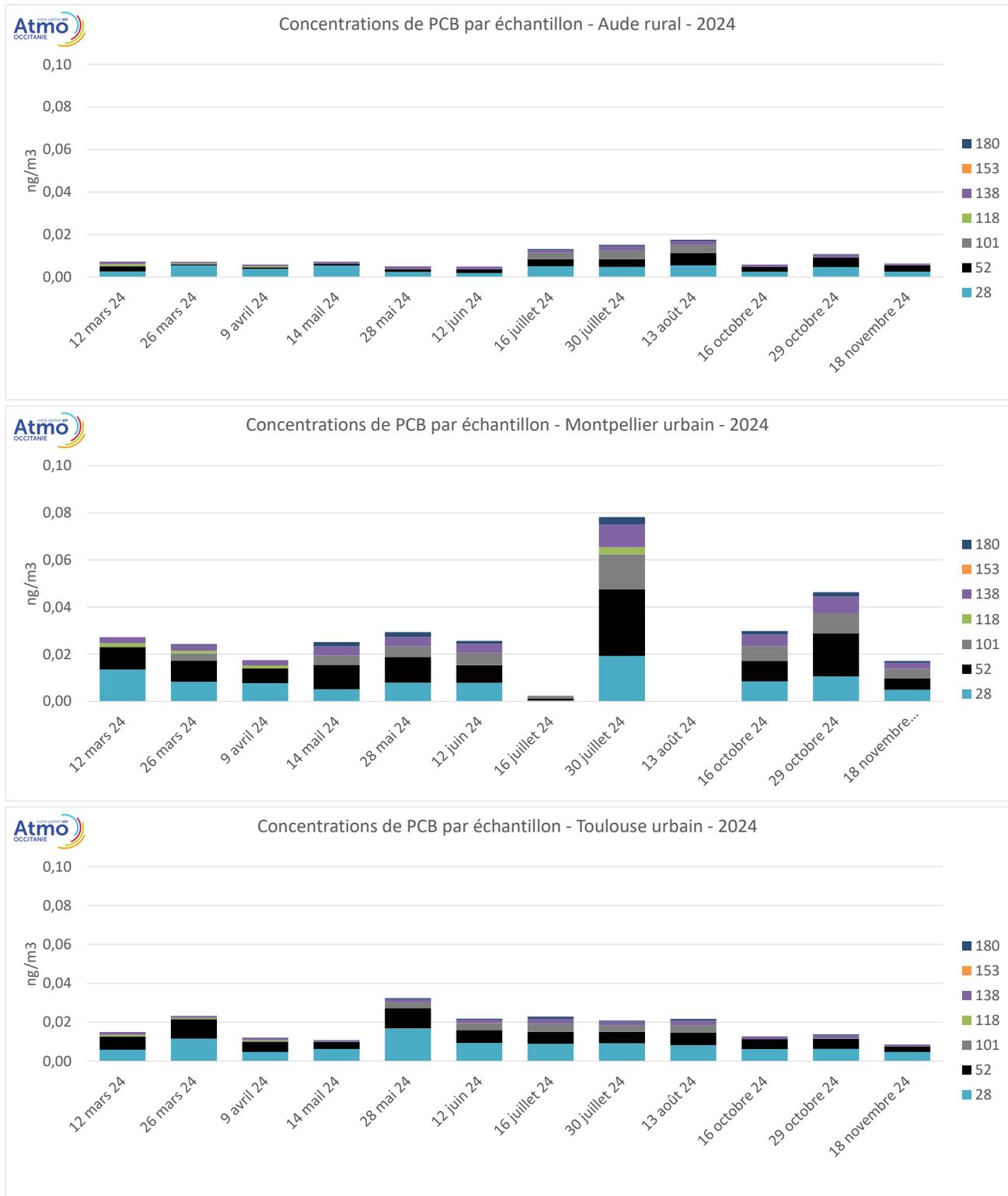
- 3 sur 7 PCB sont présents sur plus de 60% des échantillons de l'ensemble des sites.
- En termes de concentration, le 28 et le 52 sont les PCB principalement quantifiés mais dans des quantités similaires à celles « du bruit de fond » ambiant observé en Europe²¹.

²¹ Schuster et al 2021 : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c01705>

4.3.6.2 Concentration des PCB par échantillons

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 7 PCB indicateurs.





Les PCB sont quantifiés sur l'ensemble des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent en évidence une présence relativement similaire des PCB sur l'ensemble de l'année.

Aucune tendance saisonnière de la présence des PCB dans l'air ne peut être mise en évidence à ce jour.

4.3.7 Organochlorés : HCB, PeCB, triclosan et 44'DDE

La molécule HCB a été utilisée dans l'agriculture, notamment comme fongicides, ainsi que dans le secteur industriel comme l'industrie chimique, la fabrication de colorants, la fabrication d'électrodes. Sa présence actuelle dans l'air extérieur serait principalement due à la poursuite des émissions passives à partir des sols agricoles anciennement contaminés.

De nos jours, le PeCB n'est utilisé dans aucun produit commercial, mais il a été employé par le passé dans les mélanges de chlorobenzène destiné à réduire la viscosité des produits contenant des PCB. Par ailleurs, une grande variété de procédés industriels impliquant du chlore et du carbone peut générer du PeCB en tant que sous-produit qui peut être émis dans l'environnement (Laborie *et al.*, 2015). Le HCB et le PeCB sont des molécules interdites depuis mai 2001 avec la signature de la convention de Stockholm.

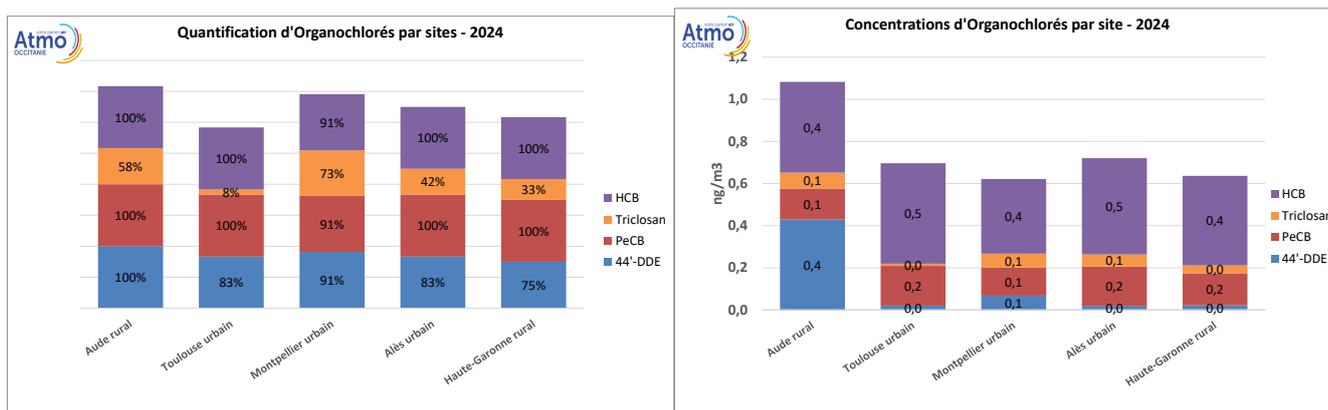
La molécule 4,4'DDE est un produit de dégradation du DDT (un insecticide interdit en 1971).

Le triclosan est un ingrédient ajouté à de nombreux produits de consommation pour réduire ou empêcher la contamination bactérienne. Il peut être retrouvé dans des produits comme les vêtements, les ustensiles de cuisine, les meubles et les jouets. Il peut également être ajouté dans les savons antibactériens, les gels douche, le dentifrice, et dans certains cosmétiques (Laborie, 2015).

4.3.7.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

- Le taux de quantification des organochlorés ;
- La somme des concentrations des organochlorés sur la période de mesure.

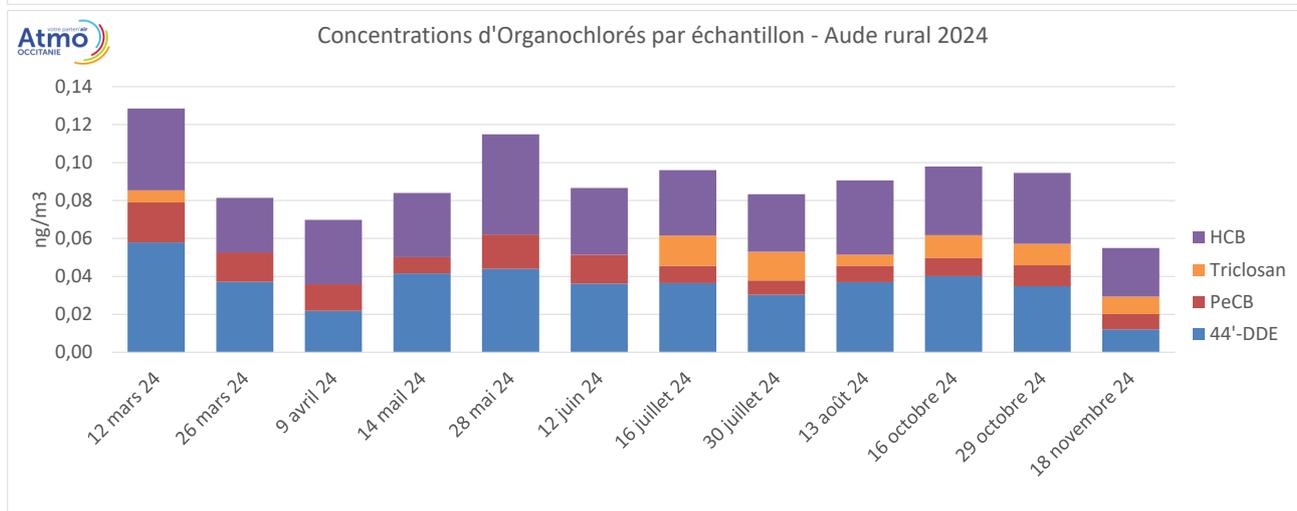
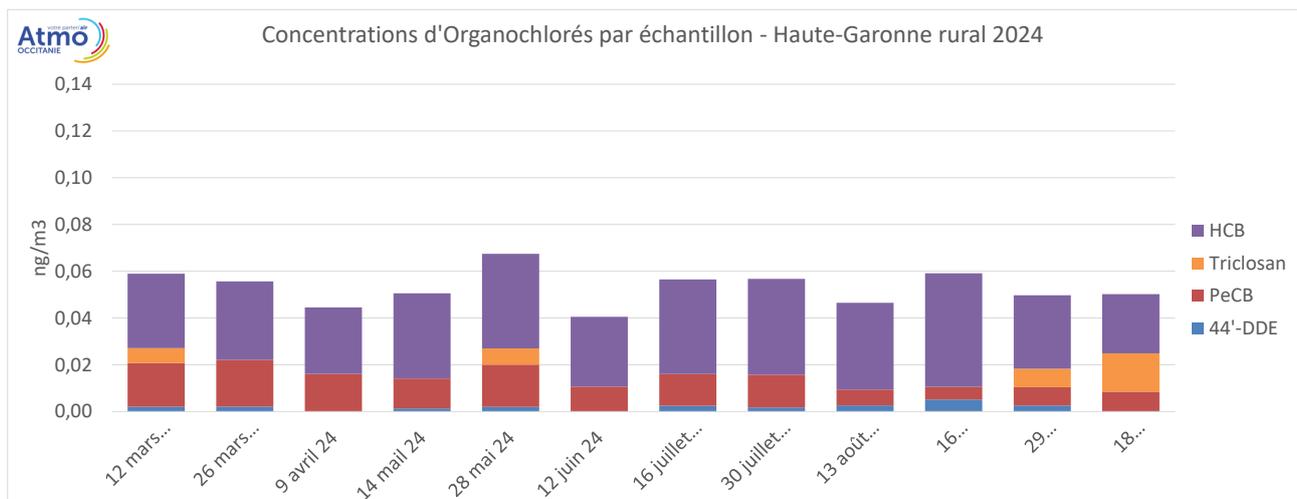
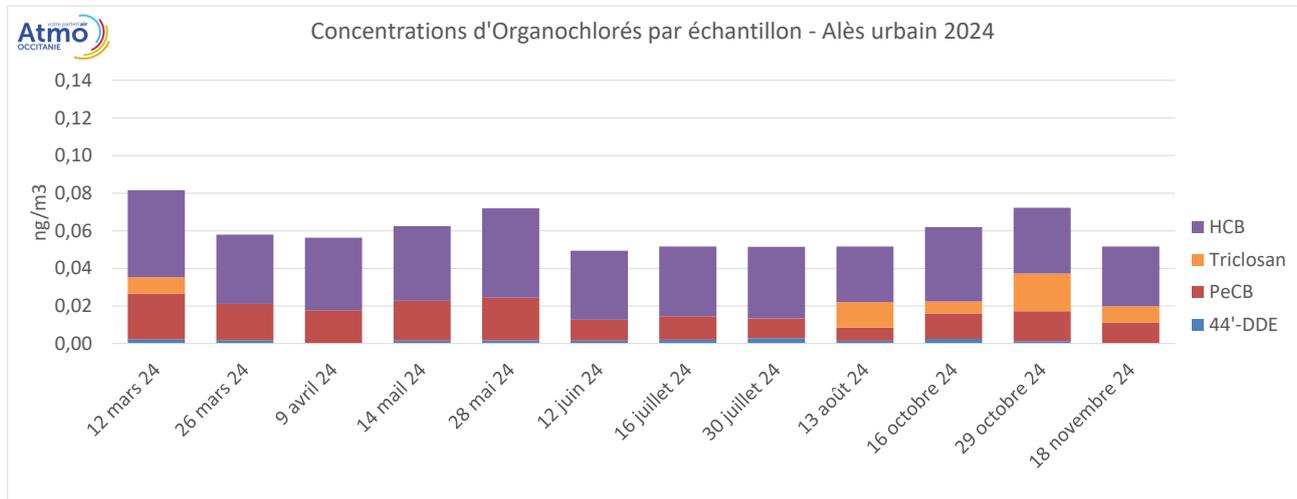


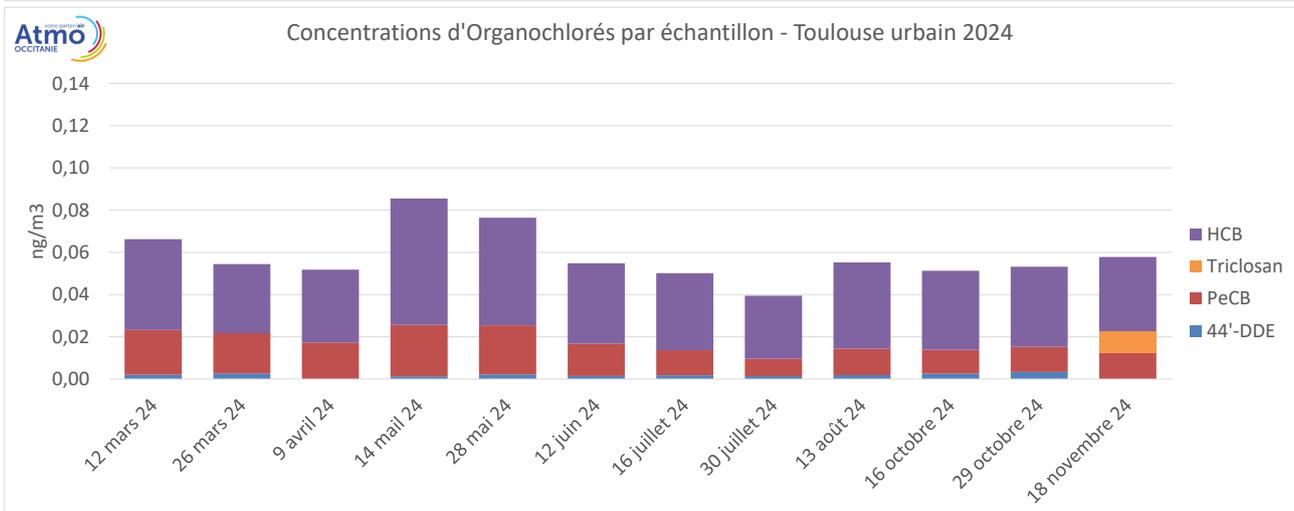
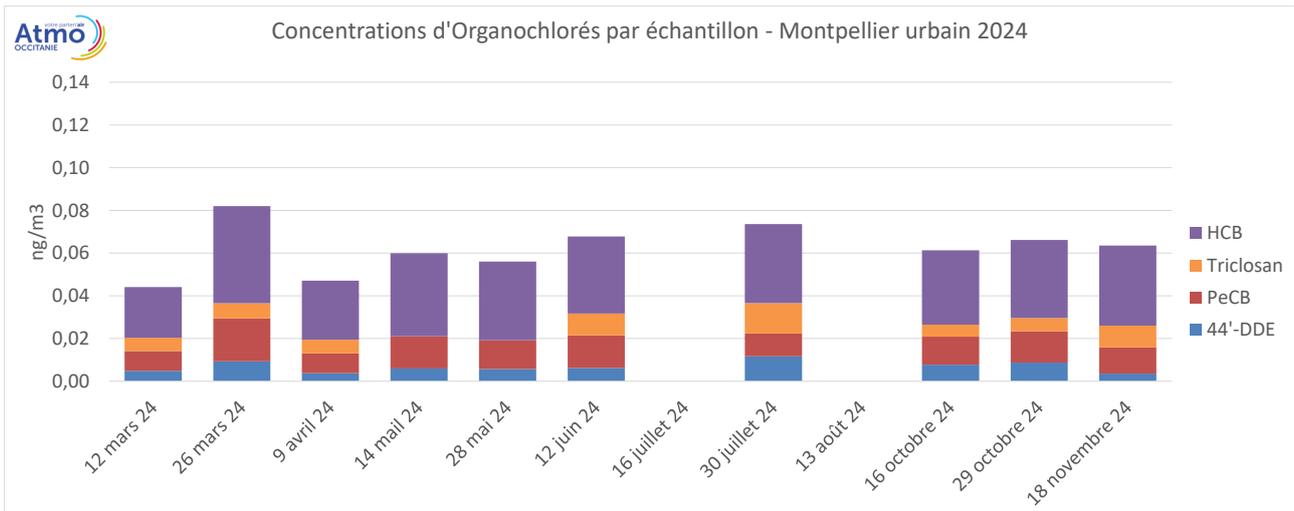
- 3 sur 4 présents dans plus de 60% des échantillons parmi l'ensemble des sites.
- En termes de concentration, on quantifie principalement le HCB comme dans l'étude sur l'exposition humaine aux perturbateurs endocriniens par inhalation de Stéphanie Laborie.

- Le 4,4'DDE, produit de dégradation du DDT (un insecticide interdit en 1971), est quantifié principalement sur le site Aude rural.

4.3.7.2 Concentration des organochlorés par échantillon

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 4 Organochlorés.





- Les organochlorés sont quantifiés sur la majorité des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent en évidence une présence relativement similaire des organochlorés sur l'ensemble de l'année.
- Aucune tendance saisonnière de la présence des organochlorés dans l'air ne peut être mise en évidence à ce jour.

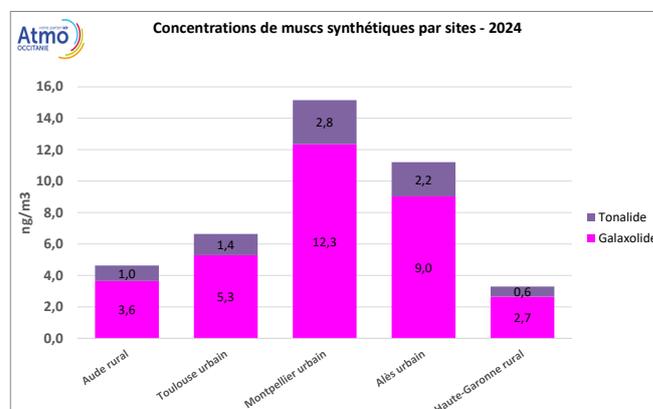
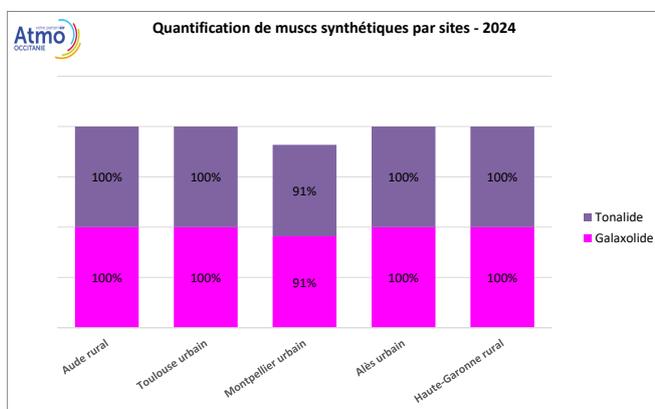
4.3.8 Les muscs synthétiques

Les muscs synthétiques sont des substances synthétiques ayant une odeur musquée. Ils sont principalement utilisés dans une grande quantité de produits domestiques tels que les détergents, les savons, les assouplissants et les produits d'hygiène que sont les cosmétiques ou les shampoings (Reiner et Kannan, 2006). De plus, leur utilisation dans des produits pour parfumer l'environnement, comme les assainisseurs d'air et les bougies parfumées, est aussi très courante.

4.3.8.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Les graphiques ci-dessous présentent par site de mesure :

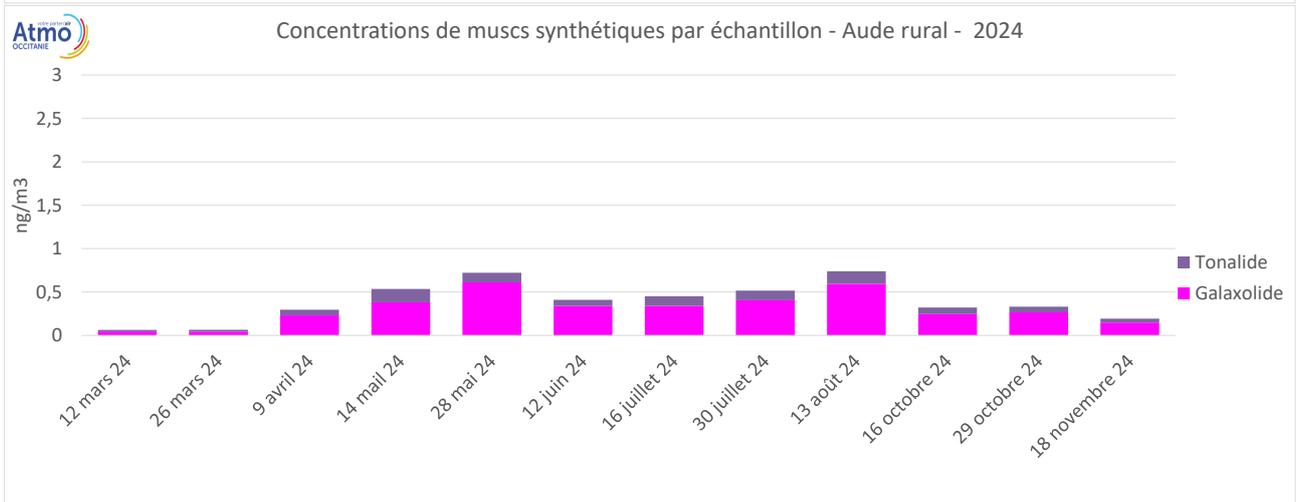
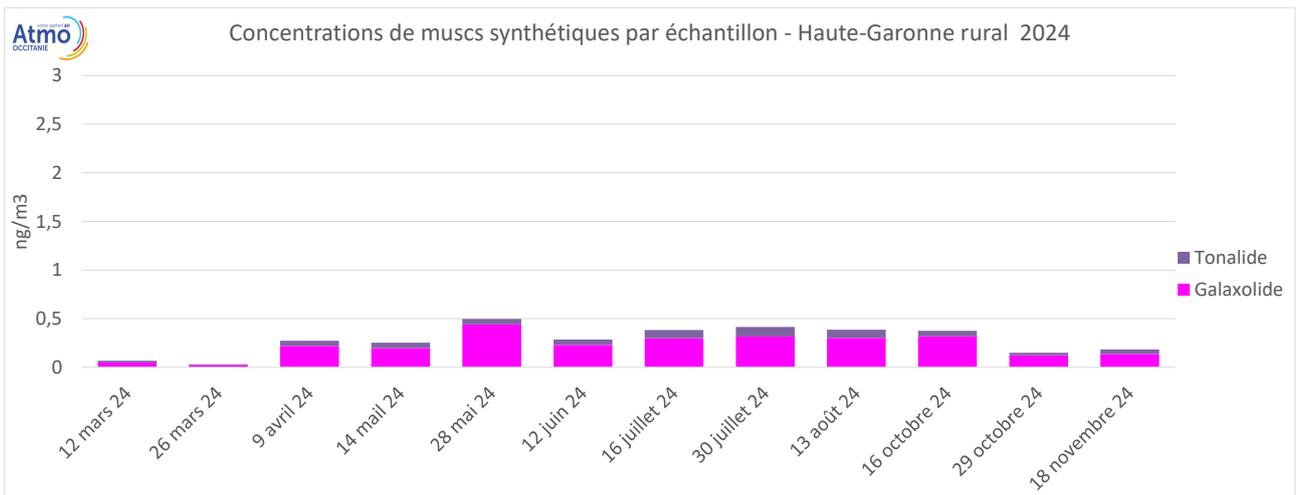
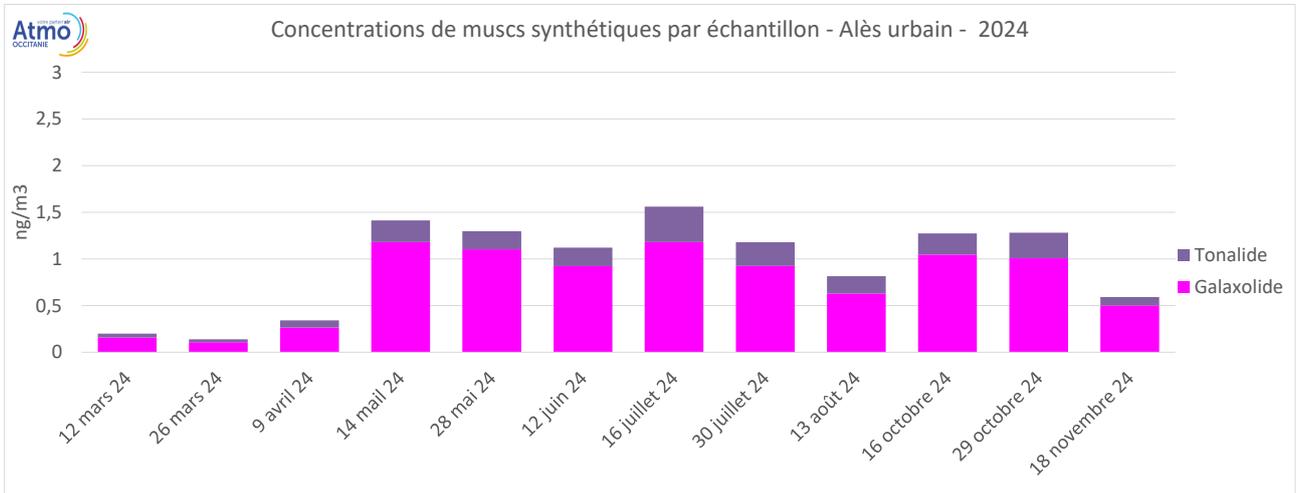
- Le taux de quantification des muscs synthétiques.
- La somme des concentrations des muscs synthétiques sur la période de mesure.

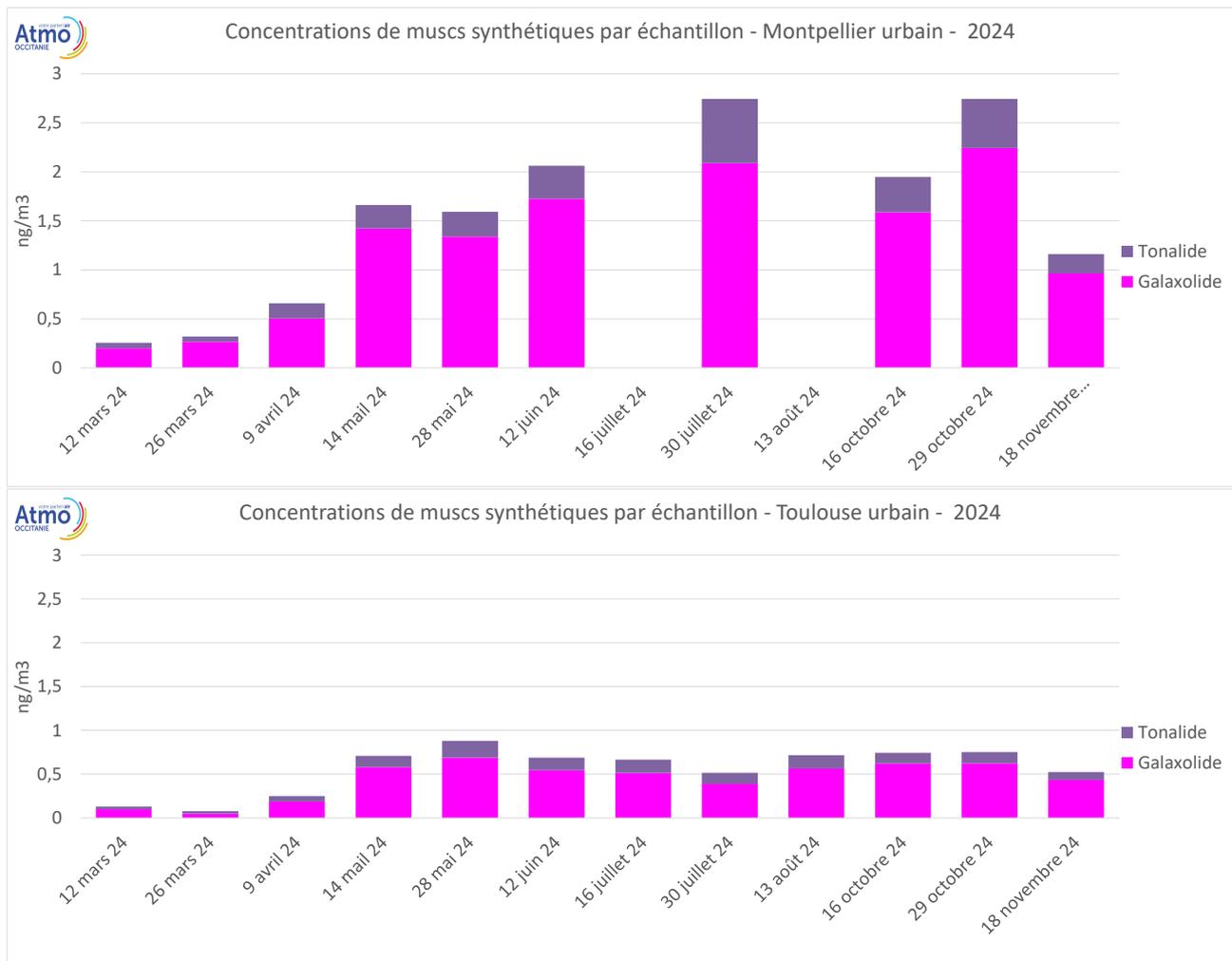


- Les deux molécules sont quantifiées sur chaque échantillon sur tous les sites de mesure.
- En termes de concentrations, on quantifie principalement le Galaxolide et notamment sur Montpellier urbain. Cette molécule, comme le Tonalide, est identifiée pour ces propriétés de persistance dans l'environnement.

4.3.8.2 Concentration par échantillon

Les graphiques suivants présentent les concentrations par échantillons et par sites de mesure des 2 muscs synthétiques recherchés.





- Les muscs synthétiques sont quantifiés sur la majorité des échantillons dans des gammes de concentrations relativement similaires, il n'y a pas d'exposition ponctuelle particulière. Ces résultats mettent en évidence une présence relativement similaire des muscs sur l'ensemble de l'année.
- La présence des muscs synthétiques dans l'air est plus élevée lors des périodes chaudes qu'en périodes froides. La présence plus importante en période chaude est probablement liée à une volatilisation plus forte en période chaude de ces composés principalement quantifiés en phase gazeuse.

4.3.9 Polybromodiphénylethers (PBDE)

Les PBDE sont considérés comme retardateurs de flamme bromés (RFB) et utilisés dans la mousse de polyuréthane, plastiques, rembourrage de meubles, tapis, textiles non destinés à l'habillement, isolants électriques, ordinateurs, téléphones et téléviseurs.

4.3.9.1 Taux de quantification et somme des concentrations par site

Seul le PBDE 47 a été quantifié sur 2 échantillons à Toulouse urbain et 1 échantillon à Montpellier urbain et Alès. Les niveaux sont de l'ordre de la limite de quantification entre 0,0009 et 0,002 ng/m³ et correspondent au bruit de fond.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En phase avec la dynamique nationale et régionale qui impliquent de nombreux acteurs du territoire, Atmo Occitanie réalise une campagne exploratoire de caractérisation de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens dans l'air ambiant entre 2024 et 2026, en collaboration avec l'UMR Metis (Milieux environnementaux, transferts et interactions dans les hydro systèmes et les sols). Au cours de cette campagne, près de 56 molécules, dont des pesticides, des plastifiants, des conservateurs, ont été recherchées sur 5 sites de mesures situés dans des environnements divers.

Les résultats de cette première campagne ont confirmé ce qui avait été observé lors de l'étude de faisabilité sur Toulouse urbain à savoir :

- Les familles de composés étudiées qui prédominent sont les phtalates et les HAP. Ces résultats sont également observés sur d'autres études en France comme dans l'étude sur l'exposition humaine aux perturbateurs endocriniens par inhalation de Stéphanie Laborie.
- Une présence de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens sur l'ensemble des sites et toutes l'année. Sur 100% des échantillons, au moins une de ces molécules à enjeux ont été quantifiées.
- Une variabilité saisonnière marquée de certaines familles de composé comme les HAP, avec des concentrations plus élevées en hiver, en raison notamment d'une utilisation accrue à cette période de la combustion de matière organique pour le chauffage. Les résultats de cette étude ont également pu mettre en évidence des concentrations élevées en été du DEET, probablement en raison de son utilisation comme anti-moustiques.

Sur cette première année de mesure sur 5 environnements différents en Occitanie, les concentrations de ces composés sont plus importantes sur le site d'Alès, en raison principalement des concentrations de phtalates. Sur le site Aude rural et Montpellier, les concentrations cumulées sont relativement proches. Les molécules principalement quantifiées sur Montpellier urbain sont des phtalates alors que sur le site Aude rural les quantités de phtalates, HAP et insecticides sont similaires. Sur Toulouse urbain et Haute-Garonne rural, les concentrations sont plus faibles avec majoritairement des concentrations de phtalates mesurés.

A ce jour, il n'est pas possible de mettre en évidence une ou des sources d'émissions de certaines familles de composés comme les phtalates sur nos sites régionaux, mais leur présence tant en environnement urbain qu'en milieu rural traduit une exposition systématique à des niveaux de fond de ces composés sur la majorité du territoire. Pour les HAP, dont les niveaux ont majoritairement été plus importants en hiver, le lien est clairement établi avec l'usage des dispositifs de chauffage dont ceux fonctionnant à base de biomasse. Les résultats ont également pu mettre en évidence des molécules liées à des usages spécifiques comme l'utilisation du répulsif anti-moustiques, le DEET, dont les niveaux ont été relevés en été et sur les sites situés sur le littoral méditerranéen.

Au cours de cette première année, la campagne multi sites de mesures de molécules potentiellement perturbateurs endocriniens a permis d'établir un premier état des lieux de la situation régionale vis-à-vis de 56 molécules à enjeux. Ces résultats ont pu mettre en évidence des liens entre les concentrations mesurées et les sources d'émissions environnantes mais des questions ont également été soulevées. La stratégie d'Atmo Occitanie sur la caractérisation de ces molécules prévoit la poursuite des mesures au minimum jusqu'à 2027. Les résultats des deux prochaines années permettront ainsi de compléter le suivi et d'affiner l'analyse sur la présence de ces composés sur la région Occitanie.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Méthodologie de conditionnement, de prélèvement et d'analyse

ANNEXE 2 : Limite de quantification des molécules

ANNEXE 3 : Répartition de la quantification en phase particulaire et phase gazeuse des différents composés

ANNEXE 1 : Méthodologie de conditionnement, de prélèvement et d'analyse

Le conditionnement des échantillons

Les filtres quartz sont conditionnés par calcination à 400°C pendant 4h. La résine XAD-2 est conditionnée par 3 extractions avec différents solvants à l'ASE ((methanol, acétone et Hexane/Dichlorométhane 50/50) selon la méthode décrite dans Laborie²² et al, 2016 puis disposés dans les cartouches Teflon par le laboratoire.

Le laboratoire procède à l'assemblage des éléments des dispositifs de piégeage afin qu'ils soient immédiatement fonctionnels à leur réception par Atmo Occitanie. Chaque support de prélèvement est emballé individuellement dans du papier aluminium puis dans un sachet plastique. Le laboratoire indique la date de péremption des supports de prélèvement au moment de l'envoi.

Préalablement à l'envoi de ces dispositifs, la conformité des blancs de lot est communiquée et validée par le laboratoire avec les valeurs de blancs mesurées.

Le dispositif de prélèvement

Le montage type se compose d'une cartouche monobloc en téflon, déjà utilisée sur les sites Phyto.

La partie supérieure renferme le filtre et le tube cylindrique de couleur grise, les micros -billes de résine.

Deux embouts attaches rapides et un filtre de protection 230 µm du débitmètre de la valise de régulation ont été rajoutés.

²² Laborie et al, 2016 : <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01211426>



Dispositif de prélèvement

Préparation, installation et récupération

Une maintenance est réalisée sur le matériel permettant l'échantillonnage :

- pompe : tous les 2 ans
- Le filtre de protection : nettoyage tous les 3 mois
- La ligne : nettoyage tous les ans, la remplacer si nécessaire

Installation du dispositif

Le système de prélèvement est assemblé sur place lors de l'installation. Un test de fuite est effectué avant le démarrage de la campagne, puis le débit est relevé au niveau de la ligne de prélèvement. Le débit est pris en Standard par Litre minute (SL/min).

Récupération et traitement des échantillons

Une fois le prélèvement terminé, un test de fuite est à nouveau réalisé ainsi qu'un contrôle du débit. Tous les prélèvements seront conservés au froid dans une glacière durant le transport. Dès le retour des échantillons et avant envoi au laboratoire d'analyse, les cartouches sont placés au congélateur. La conservation au congélateur

ne doit pas excéder un mois. Les échantillons sont ensuite envoyés au laboratoire d'analyse dans une caisse réfrigérée.

Description des méthodes d'analyse

Les résines et les filtres sont stockés à 4°C dès leur arrivée au laboratoire jusqu'à la réalisation de leurs extractions dans un délai d'une semaine puis leurs analyses

Extraction et préparation des échantillons

Les deux types de matrices (filtres et résines) sont extraits avec un appareil d'extraction automatique d'échantillon (ASE 350, Thermo, Dionex), qui permet la désorption des molécules recherchées avec un mélange de solvants Dichlorométhane/Méthanol (2/1 ; v/v) à température et pression élevées (100°C et 120 bars).

Blancs analytiques

Pour chaque série de huit échantillons, un échantillon « blanc » est réalisé en parallèle à partir de supports de prélèvement (filtre et résine) non utilisés. Si la contamination observée dans l'échantillon « blanc » est supérieure à un quart de la valeur dans l'échantillon, alors celle-ci est corrigée en soustrayant la valeur de l'échantillon « blanc ».

Limites de quantification

Les limites de quantification (LQ) des différents composés analysés sont présentées en Annexe.

La méthode d'analyse

Deux types d'analyse en chromatographie couplée à de la spectrométrie de masse sont ensuite réalisées par le laboratoire, en fonction de la substance à quantifier, la chromatographie en phase gazeuse (GC) ou la chromatographie en phase liquide (LC). La GC s'applique aux molécules volatiles et la phase mobile est un gaz inerte l'Hélium (He), tandis que la LC s'applique aux molécules hydrosolubles à haut poids moléculaire et la phase mobile est un liquide (eau/méthanol).

La chromatographie est une technique séparative de substances chimiques. Le mélange composé de plusieurs espèces chimiques est introduit dans le système de chromatographie, puis est entraîné par une phase mobile dans une colonne contenant une phase solide dite phase stationnaire. En fonction de leur affinité physique et chimique avec cette phase stationnaire, les molécules se déplacent à une vitesse qui leur est propre et se séparent. Dans la plupart des cas, la chromatographie est couplée à un détecteur permettant d'identifier la substance détectée (détecteur de type spectrométrie de masse en tandem).

ANNEXE 2 : Limite de quantification des molécules

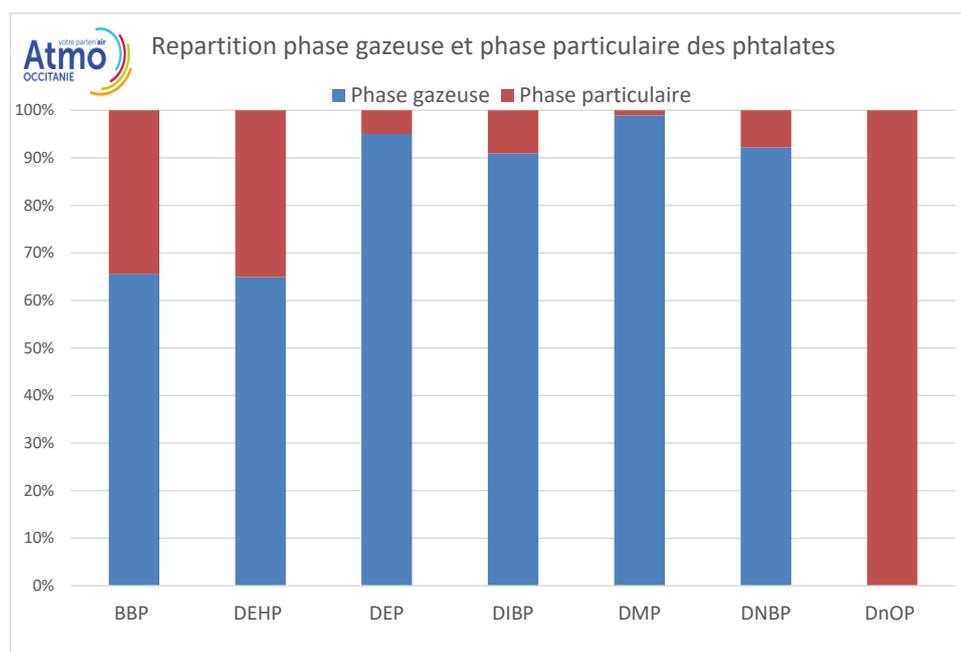
Valeurs LOQ air_atmoOcc		
Famille/composé	ng/m3	
	Phase gaz	Phase particulaire
Phtalates		
DMP	0,009	0,004
DEP	0,011	0,002
DIBP	0,014	0,015
DNBP	0,028	0,013
BBP	0,005	0,008
DEHP	0,005	0,004
DnOP	0,038	0,011
HAP (15)		
Acenaphtene	0,001	0,005
Acenaphtylene	0,002	0,002
Naphtalene	0,013	0,004
Anthracene	0,003	0,003
Fluorene	0,000	0,001
Phenanthrene	0,002	0,002
Fluoranthene	0,001	0,001
Pyrene	0,002	0,001
Benzo_a_anthracene	0,001	0,001
Chrysene	0,001	0,001
Benzo_a_pyrene	0,006	0,008
Benzo_b_fluoranthene	0,004	0,000
Benzo_k_fluoranthene	0,004	0,001
Benzo_g_h_i_ptylene	0,001	0,003
Dibenzo_a_h_anthracene	0,001	0,002
Indeno_1 2 3-cd_pyrene	0,002	0,004
Pyrethrinoides		
Cypermethrin	0,245	0,089
Deltamethrin	0,386	0,172
Organochlorés		
DEET	0,113	0,096
PeCB	0,001	0,003
HCB	0,001	0,002
Lindane	0,001	0,002
44'-DDE	0,001	0,001

PCB		
28	0,000	0,000
52	0,000	0,000
101	0,002	0,001
118	0,000	0,001
138	0,001	0,001
153	0,002	0,007
180	0,000	0,001
PBDE		
28	0,001	0,000
47	0,001	0,002
100	0,001	0,002
99	0,001	0,002
154	0,003	0,007
153	0,005	0,013
Parabènes (4)		
Methyl paraben	0,005	0,000
Ethyl paraben	0,005	0,000
Propyl paraben	0,005	0,000
Butyl paraben	0,005	0,000
Alkylphénols		
Octyl (OP)	0,005	0,001
Nonyl (4 NP)	0,005	0,007
MUSKS		
Galaxolide	0,005	0,010
Tonalide	0,005	0,010
Triclosan	0,005	0,010
Ethoxylates		
OP1EO	0,005	0,050
OP2EO	0,005	0,050
NP1EO	0,005	0,050
NP2EO	0,005	0,050

ANNEXE 3 : Répartition de la quantification en phase particulaire et phase gazeuse des différents composés

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des phtalates

Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations de phtalates mesurés en phase gazeuse et en phase particulaire sur Alès. Cette répartition est globalement similaire sur les autres sites de mesure.

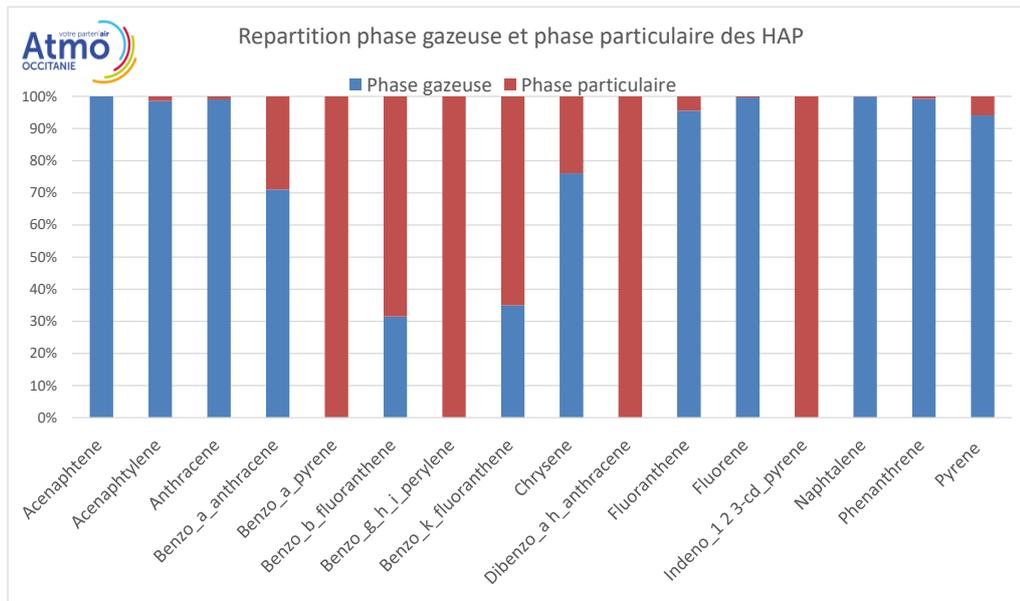


Les phtalates sont majoritairement quantifiés en phase gazeuse, en raison notamment de leurs poids moléculaires faibles et ainsi de leur caractère volatil. Le DEHP (phtalate lourd) est présent de manière plus significative en phase particulaire car en phase gazeuse le DEHP se dégrade très rapidement²³ dans l'atmosphère. Le BBP est également un phtalate lourd qui est présent majoritairement en phase particulaire.

²³ Voir rapport INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques, FTE DEHP, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 207028 - v1.0, 06/06/2023.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des HAP

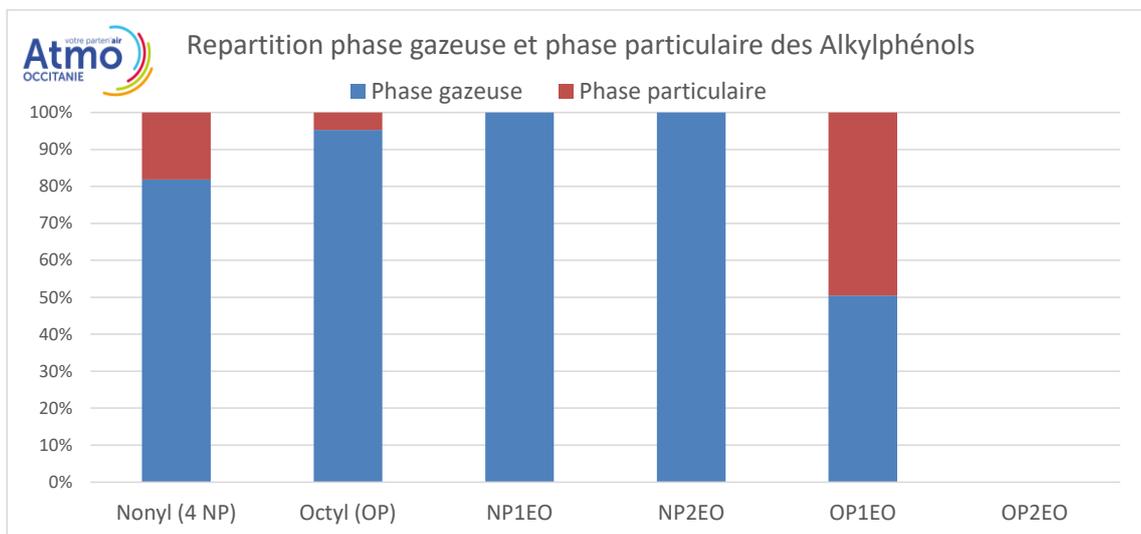
Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations de HAP mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Aude rural. La répartition est globalement similaire sur les autres sites de mesures.



Logiquement, les HAP semi-volatils, Phenanthrene, Fluorene, Fluoranthene et l'Acenaphthene sont quasi exclusivement quantifiés en phase gazeuse, alors que les HAP non volatils le sont principalement en phase particulaire.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des Alkylphénols

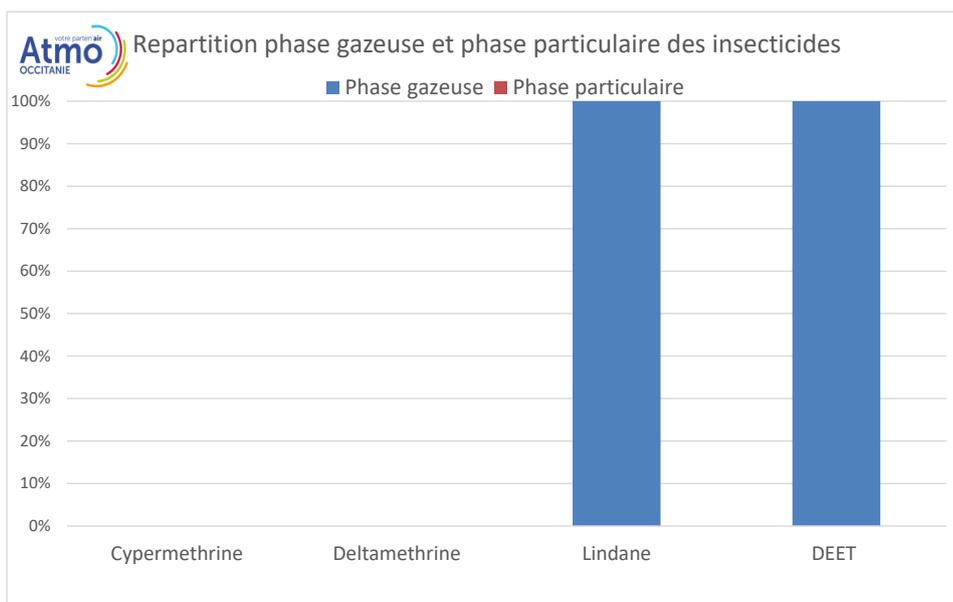
Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations d'alkylphénols mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Alès. La répartition sur les autres sites est similaire.



La majorité des alkylphénols sont principalement quantifiés en phase gazeuse, notamment le plus présent le 4 NP.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des insecticides

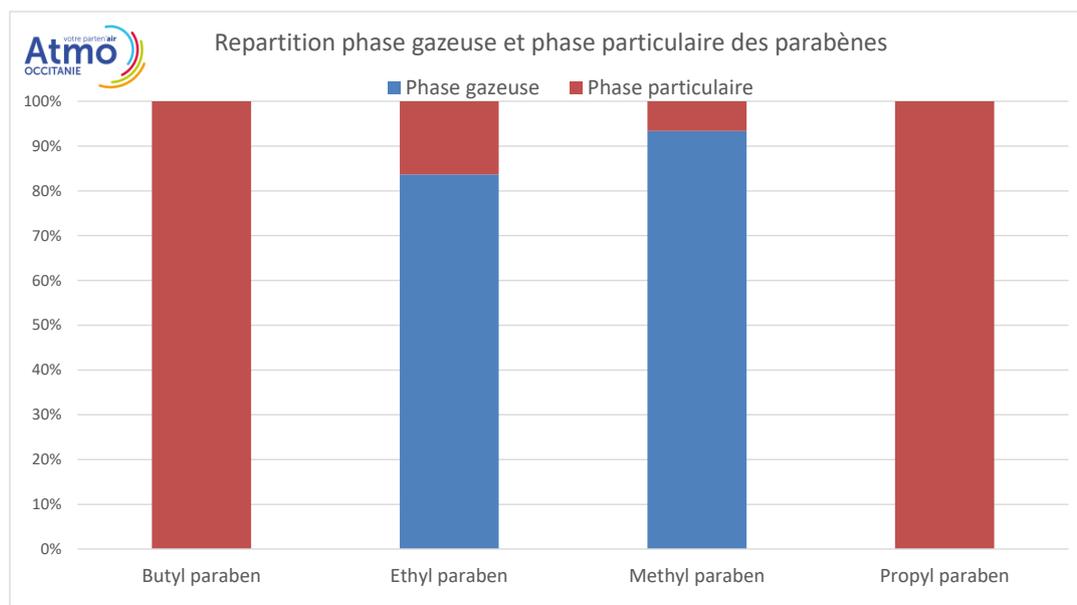
Le graphique ci-dessous présente, pour les deux molécules les plus fréquemment détectées la répartition en pourcentage entre les concentrations des insecticides mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Toulouse urbain. La répartition sur les autres sites est similaire.



Les deux insecticides sont exclusivement quantifiés en phase gazeuse. La perméthrine et la deltaméthrine quantifiées sur d'autres sites en région l'ont été uniquement en phase particulaire.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des parabènes

Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations des parabènes mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Aude rural. Cette répartition est similaire sur les autres sites d'études.

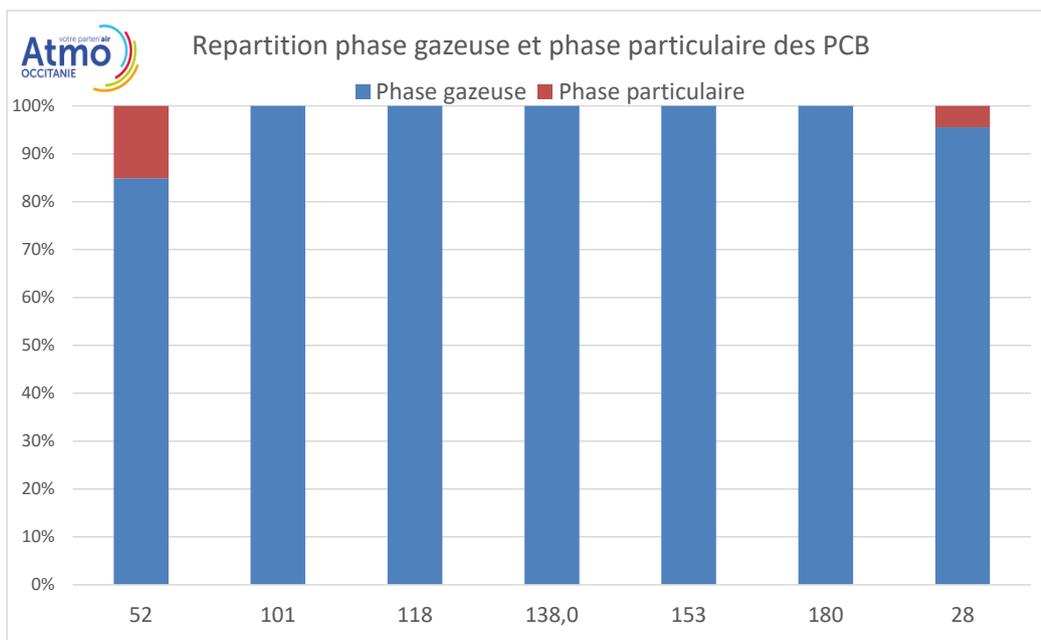


Le méthylparabène, molécule la plus quantifiée parmi les 4 parabènes recherchés, est principalement retrouvé en phase gazeuse en raison notamment de sa volatilité plus importante²⁴ que les 3 autres molécules.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des PCB

Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations des PCB mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Montpellier urbain. La répartition est globalement similaire sur les autres sites de mesures.

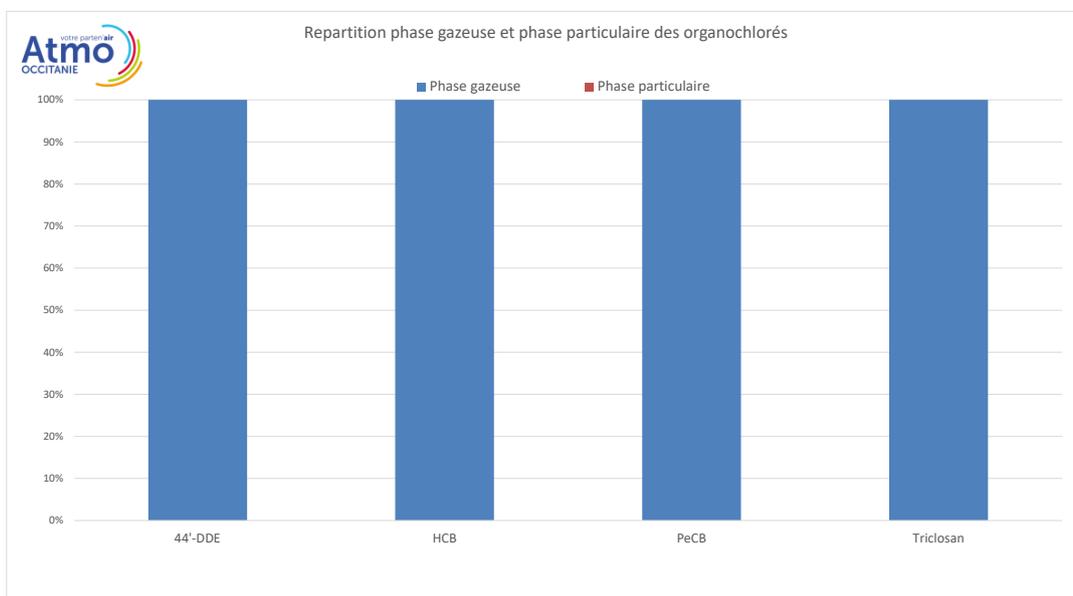
²⁴ INERIS, 2015. *Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Parabènes*, DRC-15-136881-10349A, p. 40 (<http://rsde.ineris.fr/> ou <http://www.ineris.fr/substances/fr/>)



Les PCB sont principalement retrouvés en phase gazeuse.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des organochlorés.

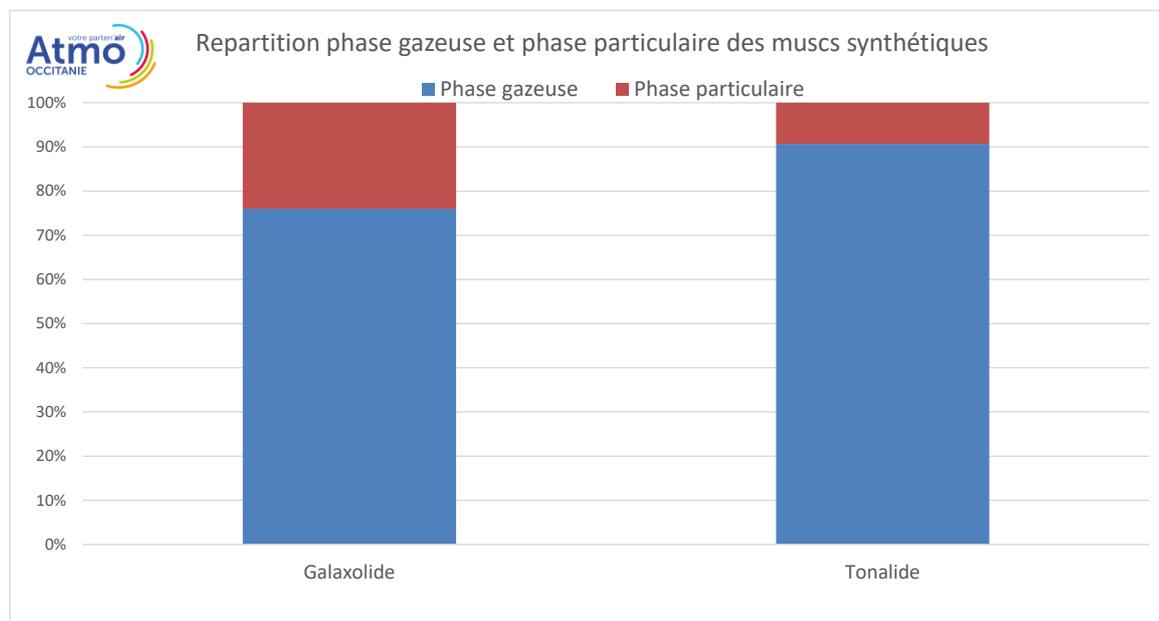
Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations des organochlorés mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire Aude rural. Cette répartition est similaire sur les autres sites de mesures.



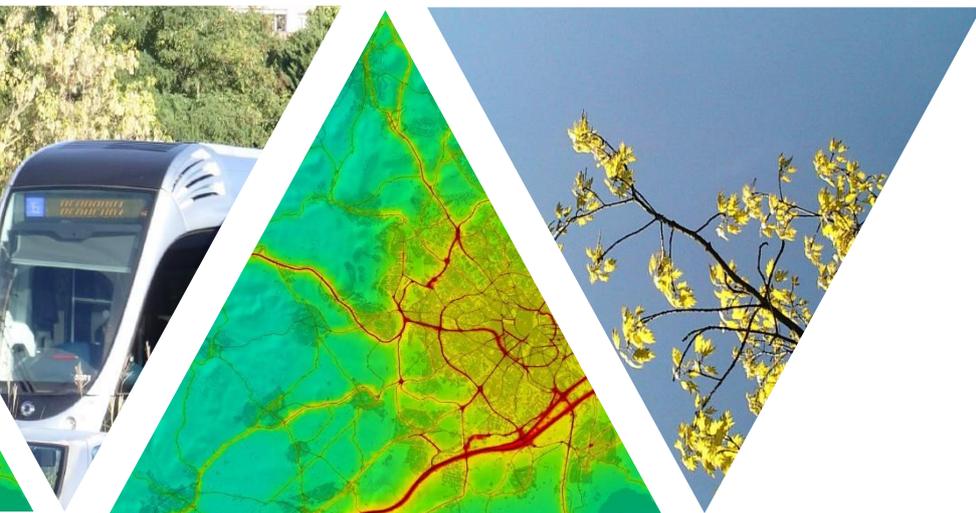
Les organochlorés sont exclusivement retrouvés en phase gazeuse.

Répartition phase gazeuse et phase particulaire des muscs synthétiques

Le graphique ci-dessous présente la répartition en pourcentage entre les concentrations des muscs mesurées en phase gazeuse et en phase particulaire sur Montpellier urbain. La répartition est similaire sur les autres sites d'études.



Les muscs synthétiques sont quasi exclusivement retrouvés en phase gazeuse.



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

www.atmo-occitanie.org



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

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie