



ETUDES DES RETOMBÉES ATMOSPHERIQUES

Aéroport de Cannes-Mandelieu

05/08/2024

Date de parution

01/08/2024

Contact

Chargée d'action territoriale : Maïthé Rosier- maithe.rosier@atmosud.org

Pilote de projet : Florence Péron – florence.peron@atmosud.org

Références

AFI-000200/ retombées_atmosphériques_ACM-01 / FP-ASN- ERT

Résumé

A Cannes-Mandelieu, la trajectoire des avions survolant la vallée de la Siagne est à l'origine de la mobilisation de riverains qui se plaignent de nuisances. En effet, l'Association de Défense contre les Nuisances Aériennes (ADNA) regroupe plusieurs de ces riverains qui observent dans leur jardin, et notamment dans leur piscine, des suies qu'ils supposent provenir des avions.

C'est dans ce contexte qu'AtmoSud, en se basant sur une analyse comparative de 5 sites, dont 3 sites chez des riverains dans la vallée de la Siagne, l'Aéroport de Cannes-Mandelieu et la station urbaine de fond de Cannes-Broussailles, a étudié la composition de ces retombées atmosphériques à la recherche d'une cinquantaine de métaux et HAP. La campagne de mesures s'est déroulée du 26 juillet au 3 octobre 2023, dans des conditions météorologiques représentatives des normales saisonnières.

- ▶ **Une composition des retombées atmosphériques globalement commune aux 5 sites avec des concentrations plus ou moins élevées selon les sites**

25 métaux et 16 HAP sont retrouvés sur l'ensemble des sites dont 6 métaux prédominent (sodium, magnésium, potassium, calcium, bore et aluminium). Les autres métaux ont des concentrations variables dont une dizaine avec de très faibles valeurs. Certains métaux ne sont mesurés que sur un ou deux sites, désignant une source locale proche. Les HAP sont, pour la plupart, présents sur tous les sites. Les sites « Aéroport » et « Riverain 1 » sont les plus exposés aux métaux et HAP alors que le site « Riverain 2 » est le moins exposé.

- ▶ **Pas d'identification précise de l'activité aéroportuaire dans les retombées atmosphériques**

En s'affranchissant du niveau de fond urbain identifié sur le site de Cannes Broussailles non exposé aux retombées atmosphériques aéroportuaires, 7 métaux (calcium, lithium, magnésium, potassium, rubidium, strontium et fer) et 11 HAP ressortent significativement sur le site de l'Aéroport. Cette liste ne comprend pas le Plomb, pourtant contenu dans un carburant destiné aux avions à hélices, dont les concentrations à l'aéroport sont inférieures au niveau de fond urbain. A noter que la proximité d'une industrie aéronautique, et la similitude de composition des carburants, routiers et destinés aux avions, ne permettent pas d'identifier la source exacte des métaux et HAP.

- ▶ **Pas d'impact de l'activité aéroportuaire sur le site riverain 2 et trop de sources locales pour pouvoir confirmer un impact sur les sites riverains 1 et 3**

La comparaison des sites riverains avec l'aéroport ne révèle aucun métal commun à tous les sites. Cependant, 4 métaux (**calcium, fer, magnésium et strontium**) et 3 HAP (**benzo(a)pyrène, pyrène et benzo(a)anthracène**) sont retrouvés à l'Aéroport et sur deux sites riverains indiquant soit une source commune (et potentiellement les avions), soit plusieurs émetteurs locaux communs (trafic routier, ferroviaire, artisanat, ou autre). La présence conjointe de ces 7 éléments n'est pas vérifiée sur le site « Riverain 2 », où aucun métal mesuré à l'aéroport n'est identifié, excluant toute influence aéroportuaire sur ce site.

Ainsi, l'analyse des retombées atmosphériques chez trois riverains, situés sous la trajectoire des avions, n'a pas permis d'identifier de lien entre l'activité aéroportuaire et les dépôts constatés.

REMERCIEMENTS

Atmosud tient à remercier les services Environnement de la SAACA des aéroports de Cannes-Mandelieu et Nice Côte d'Azur pour les informations fournies.

AtmoSud remercie également Benjamin Dermidjian (chercheur au CNRS Université d'Aix-Marseille) pour son aide sur les avancées scientifiques et les connaissances sur le sujet.

PARTENAIRES

SA ACA (Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur)

AUTEURS DU DOCUMENT

Rédaction : Florence Péron, AtmoSud

Vérification : Alexis Stépanian, AtmoSud

Validation : Edwige Révélat, AtmoSud

Accompagnement du territoire : Maïthé ROSIER, AtmoSud

SOMMAIRE

I	Contexte de l'étude	5
II	Etat des connaissances sur la composition des retombées atmosphériques liées à l'aviation	6
III	Descriptif de la zone d'étude	8
III.1	Météorologie	8
III.2	Occupation du sol et population.....	10
III.3	Activités et sources de pollution.....	10
III.4	Inventaire des émissions polluantes sur la zone d'étude	12
IV	Campagne de mesure 2023	14
IV.1	Dispositif de mesure	14
IV.2	Résultats	17
V	Discussion	22
V.1	Caractérisation du niveau de fond urbain hors influence aéroportuaire.....	22
V.2	Quels sont les métaux et les HAP avec des concentrations supérieures au niveau de fond ?	22
V.3	Une signature de l'activité aéroportuaire dans les retombées atmosphériques ?	24
VI	Conclusion	25

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS.....	29
Annexe 2 – Eléments météorologiques	36
Annexe 3 – Typologie du sol	37
Annexe 4 – Emissions disponibles.....	39
Annexe 5 – Résultats bruts	41
Annexe 6 – Caractérisation des sites	44
Annexe 7 – Spécificités des sites.....	49
Annexe 8 – Comparaison des sites avec le site de référence de la station urbaine de Cannes	50

I CONTEXTE DE L'ETUDE

La présente étude porte sur l'origine des retombées atmosphériques constatées chez des riverains de l'aéroport de Cannes. Elle est mise en œuvre dans le cadre de la convention de partenariat liant AtmoSud et les Aéroports de la Côte d'Azur (ACA) pour la période 2023-2025.

Cette plate-forme aéroportuaire, deuxième pour l'aviation d'affaires en France, suscite une forte mobilisation des riverains, qui signalent des nuisances liées l'activité aéroportuaire, notamment à travers l'association ADNA (Association de Défense contre les Nuisances Aériennes).

AtmoSud, en partenariat avec l'ACA et en concertation avec l'ADNA, a ainsi réalisé une analyse des retombées atmosphériques au cours de l'été 2023, pour déterminer dans quelle mesure les suies retrouvées dans les piscines sont effectivement liées au couloir aérien au-dessus de la vallée de la Siagne.

AtmoSud propose ainsi une analyse des éléments des retombées atmosphériques chez les riverains qui subissent des nuisances, en se focalisant sur la recherche de métaux et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les résultats de l'analyse indiqueront la composition des retombées atmosphériques pour chaque site. Leurs différences révéleront leurs spécificités. Néanmoins, la distinction de l'origine de ces retombées ne se base pas sur le type de carburant, puisque certains éléments chimiques sont communs, mais sur la recherche de métaux comme le plomb (tétraéthyle de plomb), présent dans le carburant des avions à hélices¹ ou d'autres métaux qui pourraient ressortir de l'analyse, par la comparaison de différents sites.

L'objectif de cette étude est ainsi d'identifier si les retombées atmosphériques chez les riverains peuvent provenir de l'activité aéroportuaire.

La première étape de la démonstration consiste à évaluer le niveau de fond défini par le site de référence de Cannes, exempt de toute pollution aéroportuaire, pour s'en affranchir et faire émerger pour chaque site, des éléments issus des activités à proximité. Ainsi, excepté si d'autres sources locales existent, les substances retrouvées à l'aéroport sont considérées comme caractéristiques de l'activité aéroportuaire.

Dans un second temps, ces éléments sont alors recherchés sur les sites riverains. Si leur présence est avérée, l'impact de l'activité aéroportuaire sur les habitations au sol, situées au droit de la trajectoire des avions (cycles atterrissage/décollage) serait alors confirmé.

¹ <https://aviation.totalenergies.com/fr/carburants-et-services-aviation/carburant-aviation/jet-a1>

II ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA COMPOSITION DES RETOMBÉES ATMOSPHERIQUES LIÉES A L'AVIATION

Les avions sont répartis en deux catégories de motorisation : les avions à hélices et les avions à réaction. Selon leur catégorie et leur fonction, les avions fonctionnent soit avec des moteurs à pistons soit avec des moteurs à turbines (turboréacteurs ou turbopropulseurs). Les turbopropulseurs et les moteurs à pistons équipent les avions à hélices. Le parc de l'aviation d'affaires comprend ces trois types de moteurs, dont les émissions de polluants atmosphériques diffèrent significativement.

► Les avions à hélices majoritaires dans la flotte de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

La flotte d'avions usagers de l'aéroport de Cannes-Mandelieu est majoritairement composée d'avions à hélices donc équipés de moteur à pistons (77 %) ou de propulseurs (6 %). Mais, en période estivale, le pourcentage d'avions à hélices diminue au profit de jets avec turboréacteurs, alors que le reste de l'année (10 mois), la répartition est en moyenne de 85% /15% (turboréacteurs).

Ainsi, durant la campagne de mesures de l'été 2023, 77 % des avions qui ont emprunté la trajectoire de la zone d'étude (Carte 1) étaient pourvus de moteurs à pistons ou turbopropulseurs et 23 % de turboréacteurs.

► Les études, essentiellement basées sur les turboréacteurs, n'identifient pas encore de traceur spécifique

Dans le cas d'une combustion de carburant dans des moteurs d'avion, la suie et les métaux sont issus de l'échappement alors que les particules minérales proviennent de l'air ambiant et sont souvent mélangées avec du soufre [1].

Les travaux de Dermidjian (2007) révèlent deux fractions dans les suies de réacteurs d'avions : une principale, contenant majoritairement du carbone et un peu d'oxygène, et une seconde composée d'impuretés dans laquelle est observée la présence d'oxygène, de fer, de manganèse, de potassium, de soufre et des traces de lithium [2].

En 2016, une étude sur la composition chimique des particules émises par des turboréacteurs à double flux, révèle la présence de 17 métaux dans les suies d'avion [3]. Des traces de chrome, fer, molybdène, sodium, calcium, aluminium, vanadium, baryum, cuivre, nickel, plomb, magnésium, manganèse, silicium et titane ont été retrouvées dans le kérosène et/ou dans l'huile. Le cobalt et le zirconium ont été détectés en petite quantité sur les aubes de la turbine haute pression mais pas dans le kérosène. Provenant uniquement des moteurs par usure mécanique, ils peuvent caractériser l'activité aéroportuaire, bien que d'autres sources de combustion de particules de suie contenant du cobalt et du zirconium ne soient pas totalement exclues. L'indium, le bore, le sélénium, l'arsenic, l'étain, le wolfram, l'antimoine et le gadolinium n'ont pas été identifiés sur la totalité des particules étudiées. Les autres composés ne peuvent être utilisés comme traceurs car la présence de métaux dans le kérosène est commune aux autres carburants automobiles (essence, diesel).

Les HAP, ainsi que les suies, sont générés lors de la combustion incomplète des hydrocarbures quel que soit le média (moteur de voiture ou d'avion ou combustion de biomasse). La co-combustion d'hydrogène avec les carburants d'aviation a été utilisée ces dernières années et a montré une réduction des émissions de polluants (CO et NOx, notamment) [4,5], en faisant une alternative d'avenir. Néanmoins, l'hydrogène a un effet sur la formation de suies, lié aux propriétés physico-chimiques du carburant utilisé, mais ces mécanismes de génération de suie et de HAP ont été très rarement analysés, contrairement à l'effet de l'hydrogène sur la réduction des émissions. De plus, il apparaît que c'est davantage l'ensemble des HAP (du benzène au pyrène) que des HAP individuels qui favorisent la formation des suies [6]. **Il n'y a donc pas de HAP spécifiques à l'activité aéroportuaire qui ressort de la littérature.**

► Des éléments issus de sources communes

Le carburant utilisé diffère selon le type de propulsion : kérosène pour les moteurs à turbines (turbopropulseurs et turboréacteurs) et essence (avec indice octane élevé et tétraéthyle de plomb) pour les moteurs à pistons. Certains avions (monomoteurs ou avions légers) sont même équipés de moteur diesel. Le kérosène, l'essence et le diesel sont un mélange d'hydrocarbures, dont le nombre d'atomes de carbone varie :

nombre moyen d'atomes de carbone dans les différents carburants



Or, les véhicules liés au transport routier sont eux aussi équipés de moteurs à pistons (essence ou diesel), et les mêmes éléments recherchés pour caractériser l'activité aéroportuaire sont émis par diverses sources.

La Figure 2 regroupe les métaux et HAP habituellement émis selon différents types d'activités, soulevant la difficulté de leur attribuer une source spécifique.

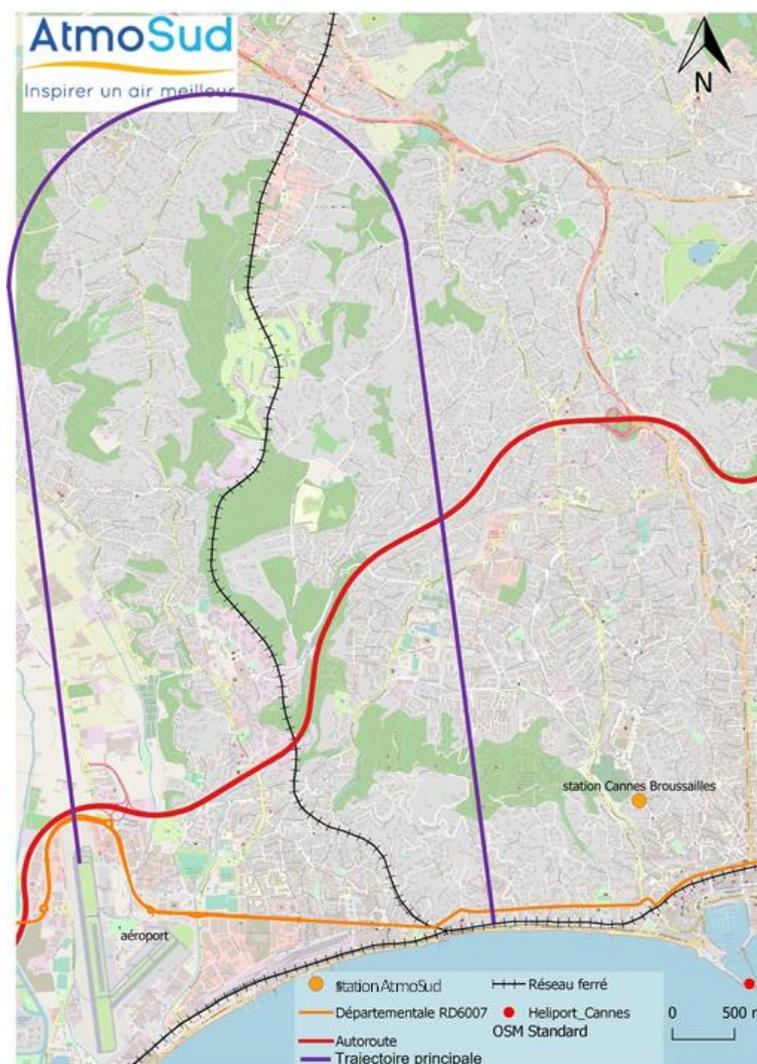


Figure 1 : Regroupement des métaux et HAP selon les sources (non exhaustif)

Le détail des sources par substance est indiqué en Annexe 1.

III DESCRIPTIF DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située sous les trajectoires des avions et s'étend jusqu'au centre-ville de Cannes. Elle inclut la station permanente d'AtmoSud de Cannes Broussailles (fond/urbain), comme site de référence témoin positionné hors de la trajectoire des avions.



Carte 1 : zone d'étude

III.1 Météorologie

Les paramètres météorologiques sont issus de la station Météo France située à l'aéroport de Cannes. Ces données sont étudiées sur une période de 5 ans et comparées avec celles observées durant la campagne de mesure entre le 26 juillet et le 3 octobre 2023, afin de confirmer la représentativité de la période de mesures.

► Régime des vents

La rose des vents établie sur la période de la campagne est similaire à celle établie sur les 5 dernières années (Figure 2). Deux secteurs principaux ressortent de la distribution statistique, Nord et Sud/Sud-Sud-Est, en relation aux phénomènes de brises thermiques alternées sur la bordure littorale (Annexe 2). Les vents proviennent majoritairement du Nord, avec une vitesse inférieure à 3 m/s. Le second régime de vent est de secteur Sud et d'intensité plus soutenue, avec des vitesses supérieures à 6 m/s représentant 6 % des occurrences contre moins de 1 % pour les vents de Nord. Cependant, les vents les plus forts sont essentiellement des vents d'ouest, mais ils restent très peu fréquents. Enfin, 13 % des

vents ont une vitesse inférieure à 1 m/s et sont considérés comme faibles.

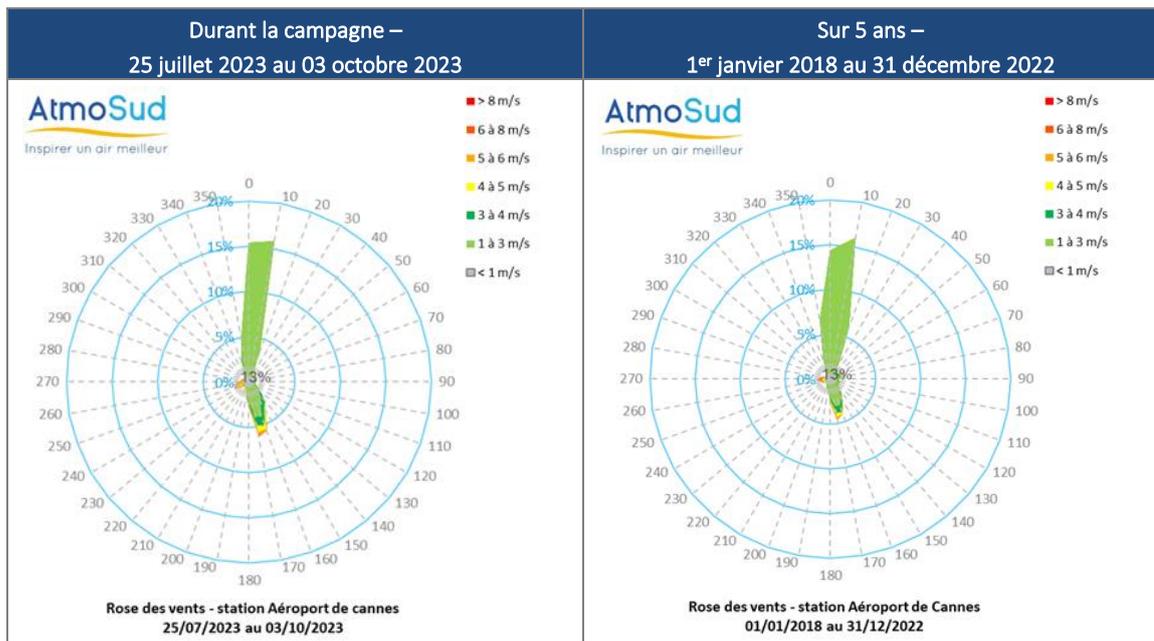


Figure 2 : Roses des vents à la station Météo France de Cannes durant la campagne et sur 5 années

► Température et précipitations

Le profil de température relevé à la station Météo France de Cannes est habituel avec des températures maximales en juillet-août atteignant 25°C et une température minimale en janvier autour de 8°C en moyenne.

Durant la campagne de mesure, les températures correspondent à la moyenne des cinq dernières années. La valeur supérieure à 20°C pour le mois d'octobre 2023 s'explique par la prise en compte seulement des 2 premiers jours.

La pluviométrie moyenne de la période 2018-2022 est caractérisée par un cumul minimal normal en juillet-août, avant les conséquentes pluies d'automne. En août et septembre, elle est déficitaire comparativement aux cinq dernières années, l'excédent mesuré du mois d'août ne compensant pas totalement le manque de précipitations en septembre.

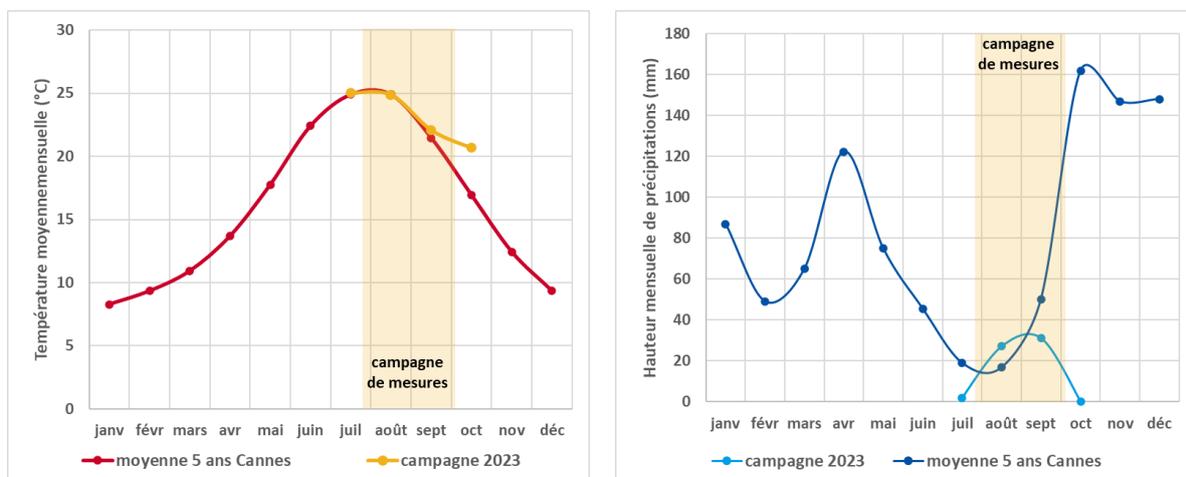
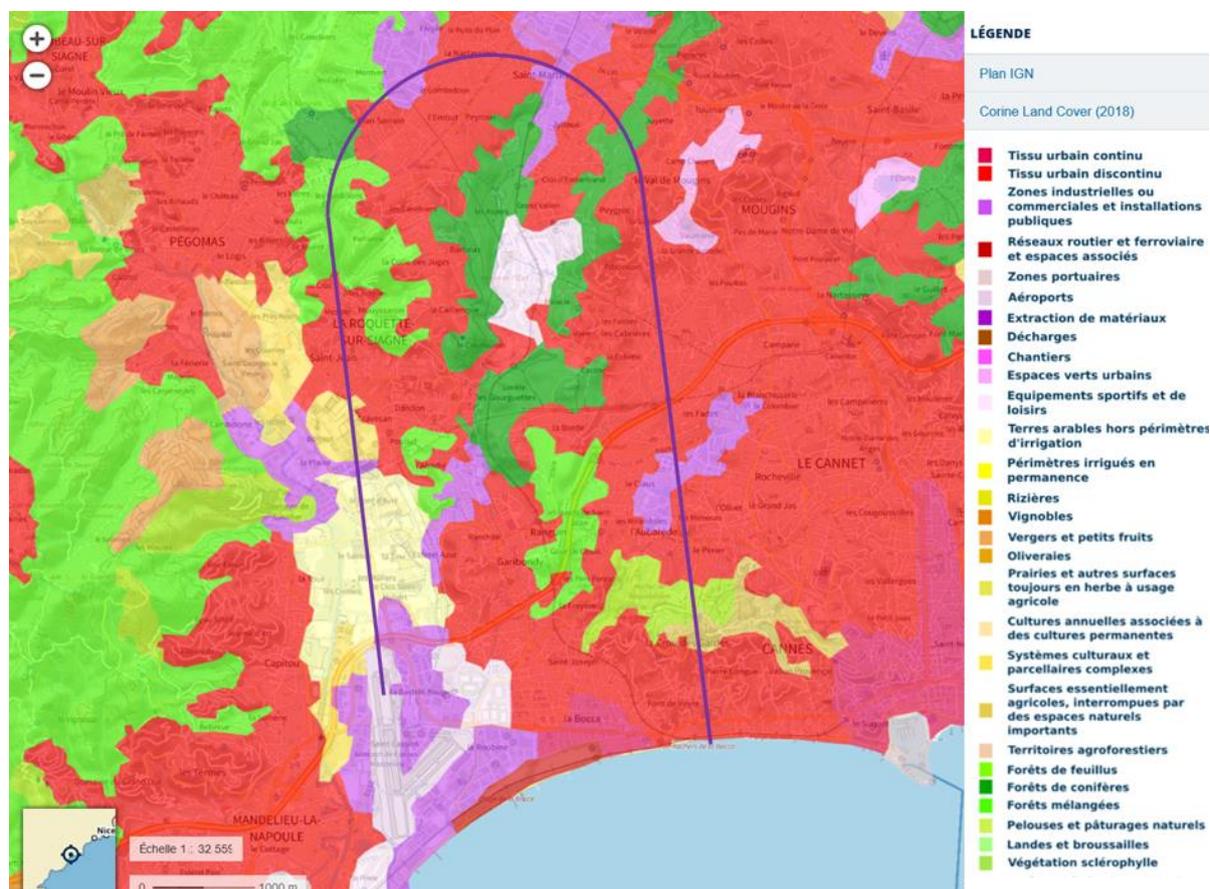


Figure 3 : Evolution de la température et hauteur des précipitations à la station Météo France à Cannes

Les mesures se sont déroulées lors d'une période estivale 2023 où les conditions météorologiques (vents, température et précipitations) ont été similaires à celles généralement observées.

III.2 Occupation du sol et population

L'occupation des sols montre un tissu urbain continu du Sud et au Nord, le long des départementales D9 et D409, ainsi que plusieurs zones industrielles ou commerciales. La végétation est néanmoins présente avec quelques forêts et des terres arables dans la vallée de la Siagne.



Carte 2 : Occupation du sol dans la zone d'étude et trajectoire (source Corine Land Cover 2018. geoportail.gouv.fr)

La population totale sur la zone est importante (Tableau 1) et la densité de population l'est tout autant avec des différences notables entre Cannes et Mandelieu-la-Napoule (respectivement 3 691 habitants/km² et 694 habitants/km²).

Tableau 1 : Nombre d'habitants des communes intégrées dans la zone d'étude (source INSEE – année 2022)

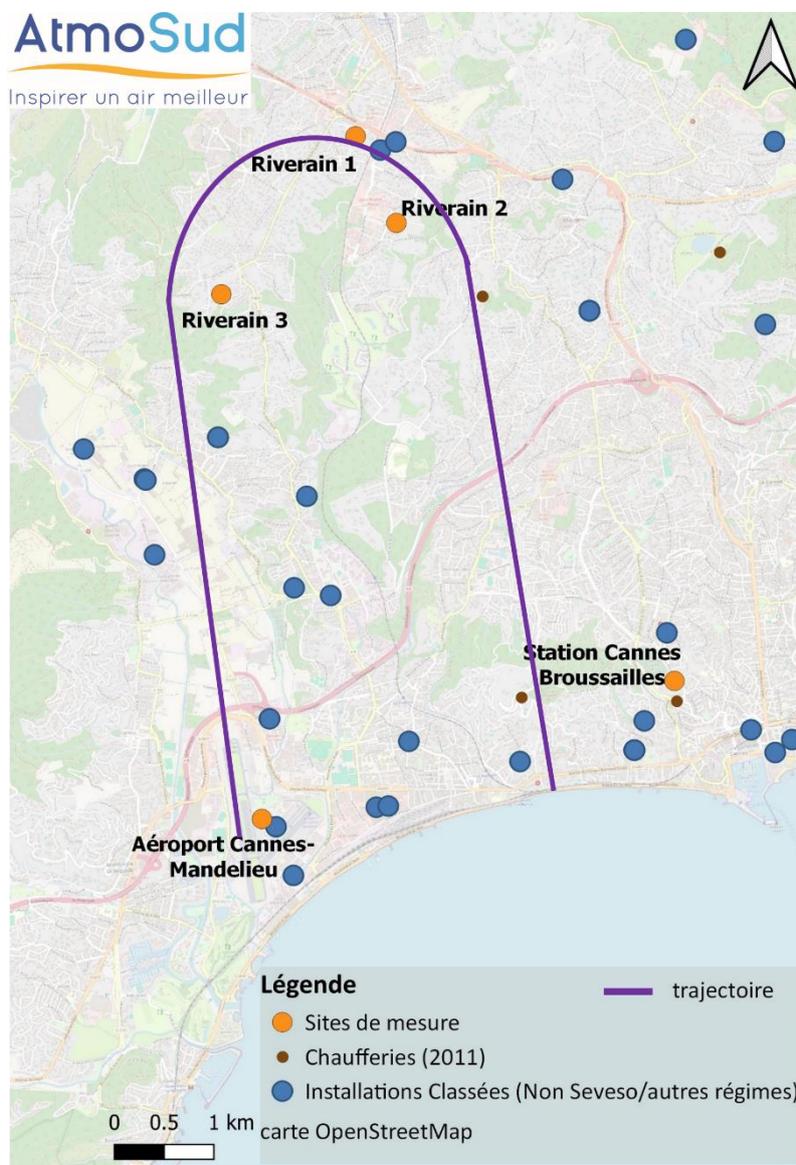
	Cannes	Mandelieu-la-Napoule	Mougins	Mouans-Sartoux	la Roquette-sur-Siagne	Pégomas
Nombre d'habitants	73 159	22 067	20 626	10 397	5 509	8 047
Densité de population (hab/km ²)	3 691,9	694	787,1	755,5	857,8	705,3

III.3 Activités et sources de pollution

Les sources de pollution atmosphériques dépendent principalement des transports, des activités industrielles et du résidentiel.

Les principales infrastructures de transport à proximité du secteur d'étude sont les axes routiers avec l'autoroute A8 et la pénétrante Cannes-Grasse (D6285) et les voies ferrées, remontant vers Grasse et longeant le bord de mer. Les principales activités industrielles potentiellement émettrices sont les sites

classés ICPE quel que soit leur régime (y compris non Seveso) et les industries des zones industrielles et commerciales à côté de l'aéroport de Cannes-Mandelieu ou de la D6285. Une quinzaine de sites classés [7] est comptabilisée dans le périmètre de la trajectoire des avions (Carte 3).



Carte 3 : localisation des sources industrielles classées (source www.georisques.gouv.fr)

AtmoSud dispose d'un inventaire des émissions régionales géolocalisées (CIGALE) réparties par secteur et par commune pour une centaine de polluants. Pour les polluants recherchés (métaux et HAP), les données sont disponibles dans l'état actuel des connaissances et des calculs réalisés et pour certains d'entre eux l'information n'est pas disponible (Annexe 4). Les émissions sur les communes proches des sites de mesure sont détaillées au paragraphe III.4

La zone d'étude est située dans un tissu urbain continu, qui part du littoral et remonte la basse Vallée de la Siagne.

Elle se caractérise par une population importante et dense dans sa partie sud, avec un réseau de transport conséquent, routier, ferroviaire et aéroportuaire. Les principales sources de pollution atmosphérique sur la zone sont le transport routier et le résidentiel.

III.4 Inventaire des émissions polluantes sur la zone d'étude

Les données d'émissions d'AtmoSud sont issues de la base CIGALE² (Consultation d'Inventaires Géolocalisé Air-climat-Energie).

► **le résidentiel et le transport routier, les sources d'émissions majoritaires à proximité des sites**

Les Tableau 2 et Tableau 3 suivants regroupent la répartition des émissions de métaux et de HAP recherchés par secteurs d'activités, pour les 3 communes accueillant les 5 points de mesures (riverain 1 et riverain 2 : Mougins / riverain 3 : La Roquette / station Cannes Broussailles et Aéroport : Cannes).

Tableau 2 : répartition des émissions de certains métaux recherchés par secteurs d'activités et par commune - source CIGALE

Métaux	Mougins	La Roquette / Siagne	Cannes
Arsenic - As	81 % transport routier 16 % résidentiel 2 % industrie	49 % transport routier 48 % résidentiel 3 % industrie	59 % transport routier / 22 % résidentiel 13 % production d'énergie / 3 % industrie / 3% tertiaire
Baryum – Ba	100% industrie	100% industrie	92 % industrie / 8% production d'énergie
Cadmium - Cd	98 % transport routier 2 % résidentiel	92 % transport routier 8 % résidentiel / 1 % industrie	94 % transport routier 4 % résidentiel / 2% production d'énergie
Chrome - Cr	66 % résidentiel 34 % transport routier	91 % résidentiel 8 % transport routier	69 % résidentiel 30 % transport routier
Chrome total	89 % transport routier 9 % résidentiel / 1 % industrie	68 % transport routier 30 % résidentiel / 2 % industrie	74 % transport routier / 15 % résidentiel 7 % production d'énergie 3 % industrie / 1 % tertiaire
Cuivre – Cu	93 % transport routier 6 % ferroviaire / 1 % résidentiel	96 % transport routier 3 % résidentiel	69 % transport routier 28 % ferroviaire / 1 % résidentiel
Mercure - Hg	76 % transport routier 14 % tertiaire 8 % résidentiel / 1 % industrie	58 % transport routier 37 % résidentiel 4 % industrie / 1 % tertiaire	63 % tertiaire 25 % transport routier / 8 % résidentiel 3 % production d'énergie / 1 % industrie
Manganèse - Mn	83 % transport routier 17 % résidentiel	55 % transport routier 45 % résidentiel	78 % transport routier 21 % résidentiel / 1 % tertiaire
Nickel – Ni	91 % transport routier 8 % résidentiel 1 % industrie	70 % transport routier 28 % résidentiel 2 % industrie / 1 % tertiaire	70 % transport routier 16 % résidentiel / 7 % industrie 6 % production d'énergie / 2 % tertiaire
Plomb - Pb	91 % transport routier 7 % résidentiel 1 % tertiaire / 1 % industrie	72 % transport routier 25 % résidentiel 2 % industrie / 2 % tertiaire	68 % aérien 24 % transport routier / 4 % résidentiel 2 % production d'énergie / 1 % tertiaire
Sélénium – Se	50 % transport routier 42 % résidentiel 7 % industrie / 1 % tertiaire	75 % résidentiel 19 % transport routier 5 % industrie	45 % résidentiel / 25 % transport routier 21 % production d'énergie 4 % industrie / 4 % tertiaire
Vanadium – V	94 % transport routier 4 % résidentiel 2 % tertiaire	82 % transport routier 13 % résidentiel 3 % tertiaire / 2 % industrie	66 % transport routier 18 % résidentiel 11 % tertiaire / 4 % industrie
Zinc -Zn	97 % transport routier 3 % résidentiel	88 % transport routier 12 % résidentiel	87 % transport routier 11 % résidentiel / 1 % production d'énergie

Le transport routier est le principal émetteur de pollution métallique dans les 3 communes concernées. Le secteur résidentiel arrive en second, excepté pour le chrome, polluant pour lequel il est le contributeur majoritaire ou le sélénium à La Roquette et à Cannes. L'industrie est l'unique source de baryum (complétée par la production d'énergie à Cannes) et le

² Les données des inventaires AtmoSud sont issues de divers calculs utilisant les sources locales/régionales et les méthodologies de guides existants pour la réalisation d'inventaires territoriaux. Les méthodes employées reposent sur l'état de l'art des connaissances sur les émissions et l'énergie. Pour les émissions de polluants elles suivent les recommandations du guide PCIT (Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux), élaboré conjointement avec les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQAs), le CITEPA, l'INERIS et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), et validées par le Ministère en charge de l'environnement.

ferroviaire est le second émetteur de cuivre.

Dans le transport routier, le plomb est majoritairement émis par le mécanisme de frottement via l'usure des freins (72 %) et des pneus (25 %).

Le secteur aérien ressort à Cannes pour les émissions de plomb, liées à la combustion d'un type de carburant, utilisé spécifiquement pour les avions équipés de moteurs à pistons.

Concernant les HAP (Tableau 3), le secteur résidentiel est le premier contributeur pour la majorité des substances, hormis pour benzo(j)fluoranthène (BjF) dont la totalité des émissions provient du transport routier³. Ce secteur est aussi l'émetteur principal de naphthalène et de plusieurs autres HAP (benzo(g,h,i)pérylène (BghiP), benzo(k)fluoranthène (BkF), dibenzo(a,h)anthracène (DBahA), acénaphène et fluoranthène) à Mougins.

La contribution de l'industrie est faible (moins de 2 % en moyenne) mais présente pour l'ensemble des HAP, tout comme le secteur tertiaire.

La production d'énergie, l'agriculture et le maritime ne ressortent que sur la commune de Cannes.

Tableau 3 : répartition des émissions de certains HAP recherchés par secteurs d'activités et par commune - source CIGALE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Mougins	La Roquette / Siagne	Cannes
Benzo(a)anthracène - BaA	58 % résidentiel 42 % transport routier	86 % résidentiel 12 % transport routier 1 % industrie	67 % résidentiel 31 % transport routier 1 % industrie
Benzo(a)pyrène - BaP	61 % résidentiel 38 % transport routier	87 % résidentiel 11 % transport routier 2 % industrie	74 % résidentiel / 22 % transport routier 2 % production d'énergie 1 % industrie / 1 % maritime
Benzo(g,h,i)pérylène - BghiP	68 % transport routier 30 % résidentiel 2 % industrie	61 % résidentiel 31 % transport routier 8 % industrie	59 % résidentiel / 36 % transport routier 3 % industrie / 1 % maritime 1 % agriculture
Benzo(b)fluoranthène – BbF	57 % résidentiel 42 % transport routier 1 % industrie	85 % résidentiel 12 % transport routier 3 % industrie	71 % résidentiel 25 % transport routier 2 % industrie / 1 % maritime
Benzo(j)fluoranthène – BjF	100 % transport routier	100 % transport routier	100 % transport routier
Benzo(k)fluoranthène - BkF	52 % transport routier 47 % résidentiel 1 % industrie	81 % résidentiel 16 % transport routier 3 % industrie	59 % résidentiel / 37 % transport routier 2 % industrie / 1 % maritime 1 % agriculture
Dibenzo(a,h)anthracène - DBahA	62 % transport routier 36 % résidentiel 1 % industrie	71 % résidentiel 24 % transport routier 5 % industrie	55 % transport routier / 34 % résidentiel 4 % industrie / 3 % production d'énergie 1 % maritime / 1 % agriculture / 1 % tertiaire
Indeno(1,2,3-cd)pyrène - I123cdP	51 % résidentiel 48 % transport routier 1 % industrie	81 % résidentiel 16 % transport routier 3 % industrie	68 % résidentiel 28 % transport routier 2 % industrie / 1 % maritime
Acénaphène	61 % résidentiel 37 % transport routier 2 % industrie	74 % résidentiel 24 % transport routier 2 % industrie	43 % résidentiel / 40 % transport routier 12 % production d'énergie 3 % industrie / 2 % tertiaire
Acénaphthylène	90 % résidentiel 10 % transport routier	98 % résidentiel 2 % transport routier	87 % résidentiel / 8 % transport routier 3 % production d'énergie / 1 % industrie
Anthracène	86 % résidentiel 14 % transport routier	97 % résidentiel 3 % transport routier	87 % résidentiel 12 % transport routier
Fluorène	92 % résidentiel 7 % transport routier	99 % résidentiel 1 % transport routier	95 % résidentiel 5 % transport routier

³ Ces données sont à prendre avec précaution, l'inventaire n'étant pas exhaustif sur ce polluant

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Mougins	La Roquette / Siagne	Cannes
Fluoranthène	61 % transport routier 38 % résidentiel 1 % industrie	72 % résidentiel 23 % transport routier 4 % industrie	49 % résidentiel / 47 % transport routier 3 % industrie / 1 % maritime 1 % agriculture
Naphtalène	81 % transport routier 16 % résidentiel 3 % tertiaire	53 % transport routier 42 % résidentiel 3 % tertiaire / 1 % industrie	63 % transport routier 23 % résidentiel 12 % tertiaire / 1 % agriculture
Phénanthrène	62 % résidentiel 38 % transport routier	89 % résidentiel 11 % transport routier	63 % résidentiel / 35 % transport routier 1 % production d'énergie
Pyrène	58 % résidentiel 42 % transport routier	88 % résidentiel 12 % transport routier	61 % résidentiel 39 % transport routier

Le transport aérien n'apparaît pas comme une source importante d'émissions de HAP. Néanmoins, en l'absence de traceur spécifique à l'activité aéroportuaire, l'analyse des HAP vise à rechercher si une combinaison de plusieurs HAP émerge sur le site aéroport.

IV CAMPAGNE DE MESURE 2023

Les prélèvements ont été effectués en été, pendant la période de plus grande activité de l'aéroport. Le matériel a été installé du 25 juillet au 3 octobre 2023.

IV.1 Dispositif de mesure

▸ Des jauges Owen pour évaluer les retombées atmosphériques

Les jauges Owen ont été utilisées pour le prélèvement (Figure 4). Elles permettent de collecter les retombées atmosphériques, poussières sédimentables et pluie.

Une analyse en laboratoire détermine la masse naturellement déposée par unité de surface et de temps. Le temps d'exposition est d'un mois minimum.



Figure 4 : dispositif de mesure utilisé : la jauge Owen

Il n'existe pas de seuil réglementaire en vigueur associé à ce type de mesure mais des valeurs de référence, définies à partir d'études réalisées en France, sont disponibles pour quelques substances.

► Une cinquantaine de substances recherchées

Les métaux analysés sont les 4 métaux lourds réglementés en air ambiant : l'**arsenic (As)**, le **cadmium (Cd)**, le **nickel (Ni)**, le **plomb (Pb)** ainsi que ceux du Tableau 4 ci-après :

Tableau 4 : Liste des métaux lourds recherchés

Métaux réglementés	Autres métaux analysés, non réglementés
Arsenic (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Mercure (Hg)	Argent (Ag), Aluminium (Al) ; Bore (B) ; Baryum (Ba) ; Béryllium (Be) ; Calcium (Ca) ; Cérium (Ce) ; Chrome (Cr) ; Césium (Cs) ; Fer (Fe) ; Gallium (Ga) ; Potassium (K) ; Lanthane (La) ; Lithium (Li) ; Magnésium (Mg) ; Molybdène (Mo) ; Sodium (Na) ; Palladium (Pd) ; Platine (Pt) ; Rubidium (Rb) ; Scandium (Sc) ; Sélénium (Se) ; Etain (Sn) ; Strontium (Sr) ; Tellure (Te) ; Titane (Ti) ; Thallium (Tl) ; Uranium (U) ; Zinc (Zn) ; Zirconium (Zr).

18 HAP sont analysés dont 10 habituellement suivis (*souligné*) et le **benzo(a)pyrène**, seul HAP réglementé (Tableau 5) :

Tableau 5 : Liste des HAP recherchés

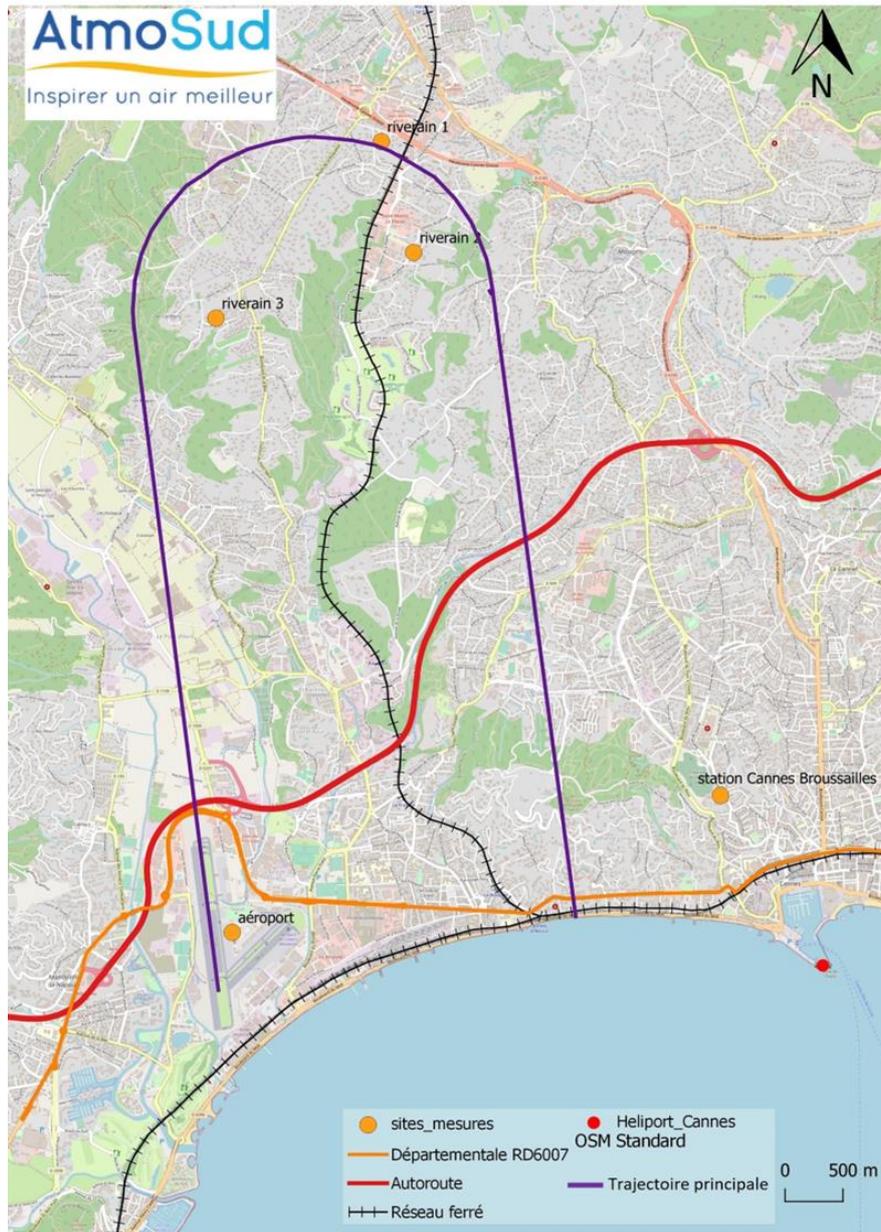
HAP réglementé	Autres HAP analysés, non réglementés
Benzo(a)pyrène (B(a)P)	Acénaphthylène; Acénaphtène; Anthracène; <u>Benzo(a)anthracène (BaA)</u> ; <u>Benzo(e)pyrène (BeP)</u> ; <u>Benzo(b)fluoranthène (BbF)</u> ; <u>Benzo(i)fluoranthène (BjF)</u> ; <u>Benzo(k)fluoranthène (BkF)</u> ; <u>Benzo(g,h,i)pérylène (BghiP)</u> ; Chrysène; Dibenzo(a,h)anthracène (DBahA); Fluoranthène; Fluorène; <u>Indeno(1,2,3-cd)pyrène (I123cdP)</u> ; Naphtalène; Phénanthrène; Pyrène .

► 5 sites de prélèvements dont 3 chez les riverains

Cinq sites de prélèvements ont été équipés de 2 jauges Owen :

- un site à l'aéroport de Cannes, site le plus exposé aux pollutions aéroportuaires, ;
- un site à la station AtmoSud de Cannes Broussailles , site de référence, avec une exposition de fond globale ;
- trois sites de recherche des retombées atmosphériques, implantés chez des particuliers bénévoles.

La station urbaine de fond de Cannes est implantée depuis 1998 dans le quartier des Broussailles. Cette station suit en permanence les niveaux de 4 polluants réglementés : les oxydes d'azote NOx et NO₂, l'ozone O₃, les particules de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM10) et à 2,5 micromètres (PM2.5).



Carte 4 : emplacement des 5 sites de prélèvement

Le site « riverain 1 » est à proximité de la voie ferrée et de la pénétrante et les pollutions liées au trafic routier et ferroviaire pourraient éventuellement perturber les résultats.

Remarques post-campagnes

- Le site « riverain 2 » est le lieu de travaux de rénovation (inox et carrelage) qui étaient en cours à moins de 3 mètres du point de prélèvement.
- Sur le site « riverain 3 », un barbecue était présent, à proximité du point de mesure. Il n'y a pas d'information quant à son utilisation pendant les mesures mais il semble probable que cet appareil ait servi pendant l'été.
- Les données de ces deux derniers sites sont conservées à titre indicatif mais une pollution des échantillons n'est pas à exclure.

IV.2 Résultats

IV.2.1 Les métaux

Tous les métaux analysés sont naturellement présents dans l'environnement. Ils font partie du fond géochimique produit de l'érosion des roches et des sols, dans des proportions différentes en fonction de la nature des roches, en particulier l'aluminium, le fer, le calcium, le sodium, le magnésium et le potassium [8]. Certains sont contenus dans l'eau de mer (sodium, calcium, potassium et magnésium).

► Résultats bruts

10 métaux recherchés sont absents des résultats : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), césium (Cs), mercure particulaire (Hg), palladium (Pd), platine (Pt), scandium (Sc), sélénium (Se) et thallium (Tl).

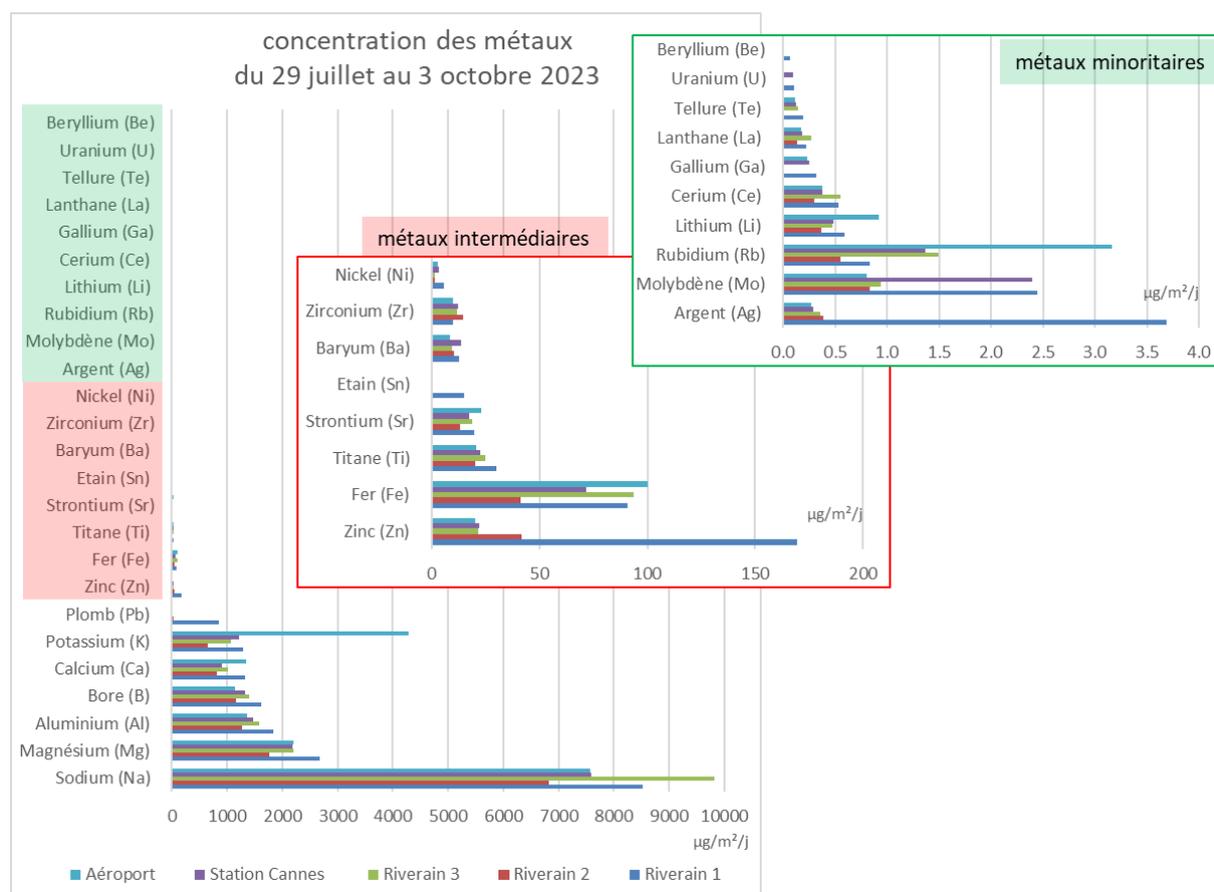


Figure 5 : concentration des métaux du 29 juillet au 3 octobre

Les concentrations en métaux sont très variables et 3 groupes (majoritaires, intermédiaires, minoritaires) peuvent être identifiés en fonction des concentrations.

- **6 métaux majoritaires représentent 90 % du total sur tous les sites : sodium, magnésium, potassium, calcium et aluminium, et bore.**

Toutes fractions confondues (Figure 6), le site « riverain 1 » est celui regroupant le plus de métaux avec près de 18 500 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, suivi par le site « aéroport » (18 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$). Le site « riverain 2 » est celui dont l'exposition aux métaux est la plus faible avec 12 600 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$.

La concentration en potassium dans les retombées sur le site « Aéroport » est 4 fois plus forte que sur les autres sites.

Seul le site « riverain 1 » se distingue avec l'intégration du plomb dans les métaux principaux.

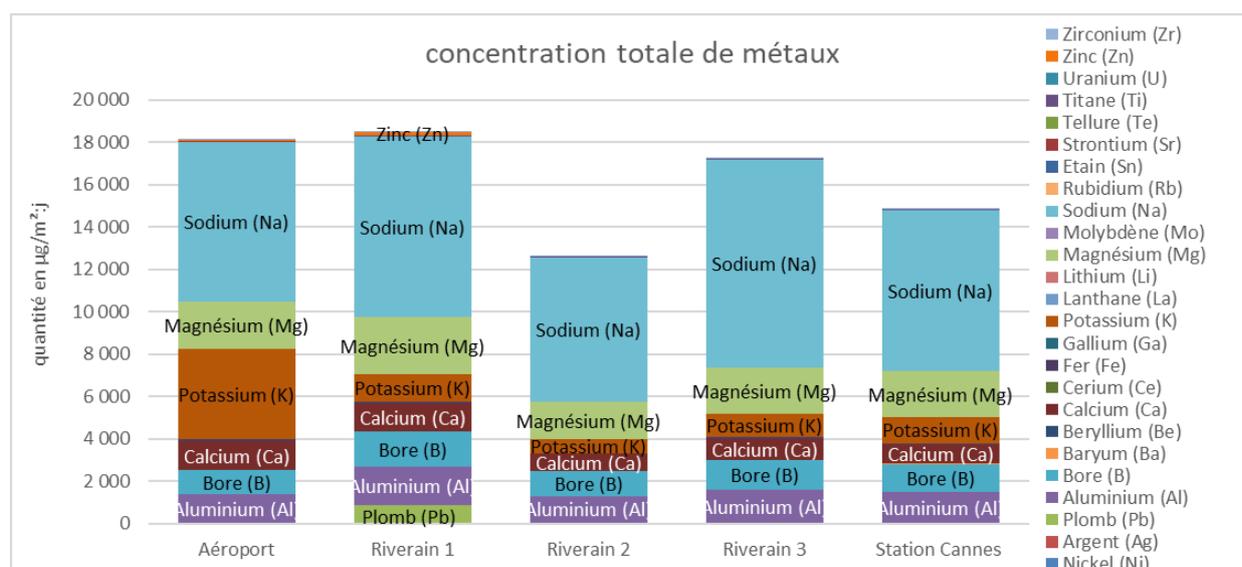


Figure 6 : concentrations totales brutes de métaux (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) relevées sur les cinq sites de mesures

6 métaux majoritaires (sodium, magnésium, potassium, calcium, bore et aluminium) sont identifiés sur tous les sites confirmant la composition homogène des retombées atmosphériques dans la zone.

Le site « Riverain 1 » se distingue des autres sites par la présence forte de plomb.

Le site « Aéroport » se distingue par une concentration plus forte de potassium dans les retombées.

- **8 métaux pour lesquels les concentrations sont considérées intermédiaires (supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$) : fer, étain, titane, baryum, strontium, zirconium, nickel et zinc.**

Le site « Riverain 1 » se distingue par davantage de zinc et la présence d'étain.

- **10 métaux pour lesquels les concentrations sont jugées minoritaires : rubidium, cérium, lanthane, lithium, gallium, molybdène, argent, uranium, béryllium et tellure.**

Les concentrations dans les retombées sont très faibles et non significatives (inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$).

Le site « Aéroport » se distingue par les concentrations en rubidium et lithium les plus élevées.

Sur le site « Riverain 1 », une forte concentration en argent et en molybdène comparée aux autres sites est observée.

Le site « Riverain 2 » présente la concentration la plus faible.

► Comparaison aux valeurs de référence

Des valeurs de référence [9,10] sont disponibles pour seulement quelques métaux⁴ mesurés dans les retombées atmosphériques, dont les 5 métaux lourds réglementés dans l'air ambiant (Annexe 1).

Il n'y a pas de traces d'arsenic, de cadmium et de chrome et de mercure dans les échantillons analysés. Le cuivre et le manganèse ne sont pas dans la liste des métaux recherchés.

Le nickel, le plomb et le zinc ont été retrouvés et sont donc comparés aux niveaux de différentes typologies de sites (proximité de source, urbain, rural) indiqués en Annexe 1 et disponibles actuellement.

⁴ Arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn)

Ainsi, pour le nickel et le zinc, les niveaux moyens durant la campagne sont inférieurs au niveau urbain, respectivement ($4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ et $119 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur 4 sites. Seul le site « Riverain1 » dépasse le niveau urbain mais n'atteint pas la concentration observée en grande proximité de sources ($11.3 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ pour le nickel, valeur à 0 pour le zinc).

Pour le plomb, les niveaux moyens durant la campagne sont comparables aux concentrations moyennes de bruit de fond relevées en France, en zone rurale et urbaine, variant entre 7 et $26 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur 3 sites. Le site « Riverain 2 » affiche une valeur comprise entre le niveau urbain et celui de proximité ($70 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$). Pour le site « Riverain 1 », ce dernier est très largement dépassé, indiquant une source à moins de 100 m.

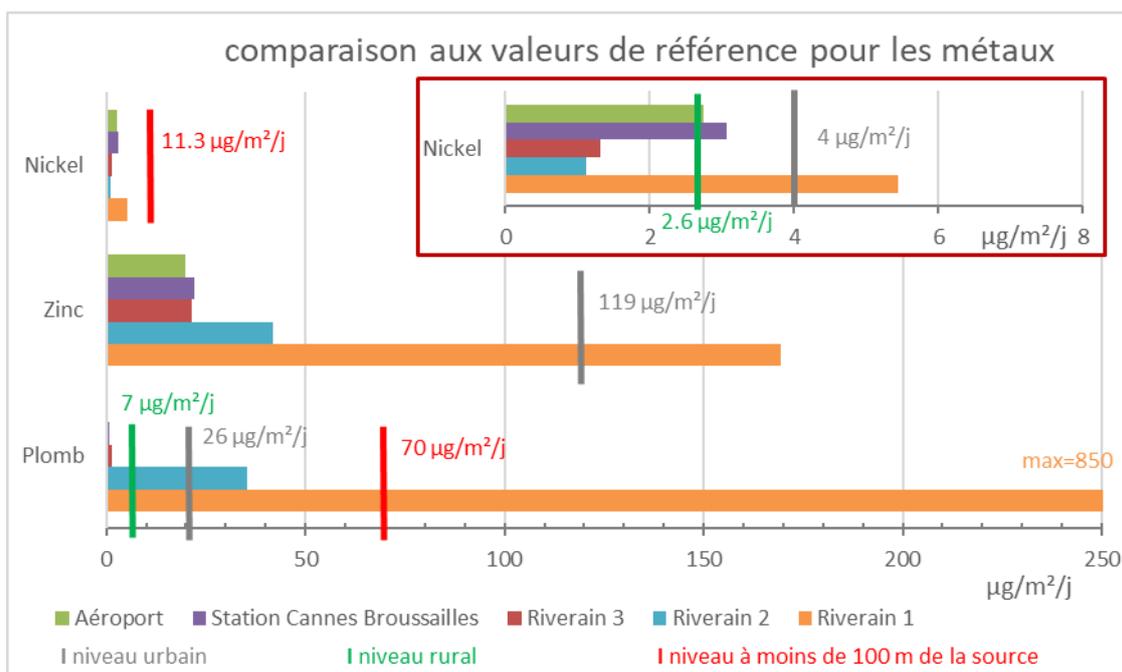


Figure 7 : comparaison des concentrations de métaux aux valeurs de référence disponibles

Les concentrations de métaux mesurées au cours de cette campagne sont inférieures à celles constatées en zone de typologie urbaine pour 4 sites.

Pour le site « Riverain 1 », l'exposition est plus forte. Les concentrations sont supérieures à celles observées en zone de typologie urbaine pour le zinc et le niveau de plomb indique la présence de sources, à moins de 100 m.

IV.2.2 Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

► Résultats bruts

16 HAP sont quantifiés sur les échantillons (Figure 8).

Les concentrations sont plus élevées sur le site « Aéroport » avec des niveaux de pyrène, phénanthrène [11] et fluoranthène plus élevés que sur les autres sites.

Les profils de concentrations pour les 4 sites (Riverain 1, Riverain 2, Riverain 3 et Cannes Broussailles) sont comparables.

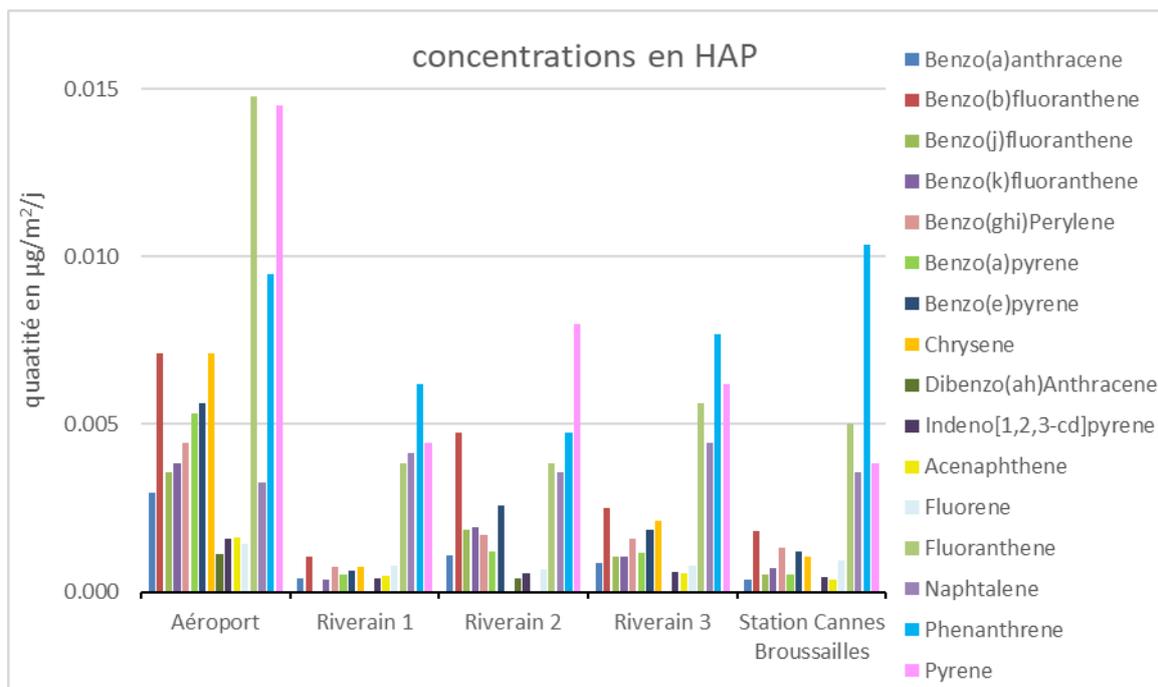


Figure 8 : concentrations d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) relevées sur les cinq sites de mesures du 26 juillet au 3 octobre 2023

► Comparaison aux valeurs de référence

Le benzo(a)pyrène est le seul HAP réglementé dans l'air ambiant (Annexe 1). Mais il n'existe aucune valeur de gestion pour les HAP mesurés dans les retombées atmosphériques. En revanche, des comparaisons avec les données de HAP disponibles dans la littérature permettent de discuter les résultats de la présente étude.

Ainsi, le dispositif MERA⁵ (mesures de dépôts atmosphériques en zone rurale, qui prend en compte 449 données mensuelles capitalisées entre 2014 et 2021) indique, en zone rurale, un flux de dépôts atmosphériques moyen de :

- 7,3 $\text{ng}/\text{m}^2/\text{j}$ pour le benzo(a)pyrène ,
- 49 $\text{ng}/\text{m}^2/\text{j}$ pour la somme des 7 HAP (B[a]P, B[a]A, B[b]F, B[j]F, B[k]F, IP, D[ah]A) **[12,13]**.

De plus, pour une comparaison plus robuste, ces valeurs sont également mises en perspective avec celles réalisées par AtmoSud dans différents projets, essentiellement industriels. Ainsi, les 5 sites de mesure respectent la valeur de référence (49 $\text{ng}/\text{m}^2/\text{j}$) pour la somme des 7 HAP en zone rurale (Figure 9).

⁵ <https://www.lcsqa.org/fr/le-dispositif-mera>

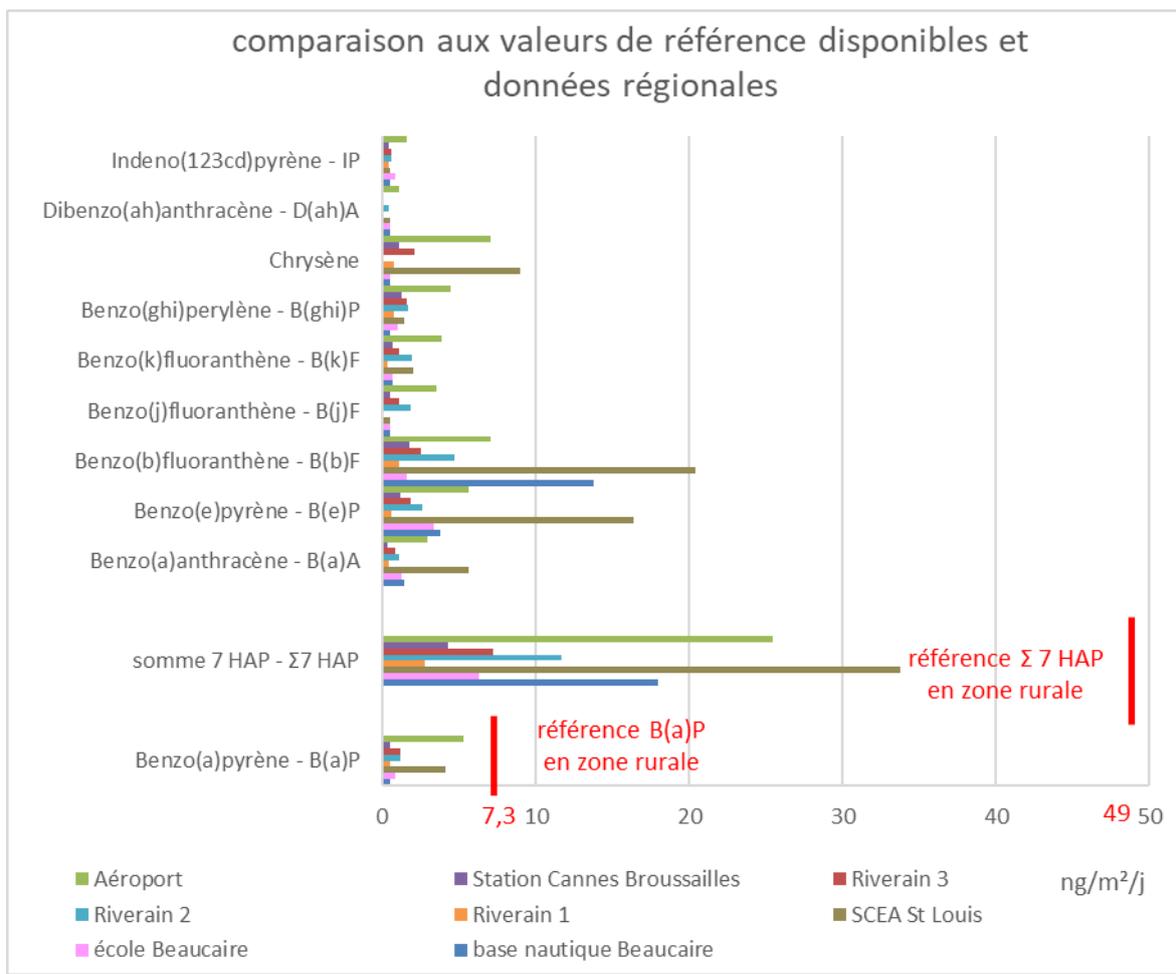


Figure 9 : comparaison aux valeurs de référence disponibles et aux données régionales

Les niveaux de HAP relevés pendant cette campagne correspondent à des niveaux observés en zone rurale.

V DISCUSSION

V.1 Caractérisation du niveau de fond urbain hors influence aéroportuaire

La station de Cannes Broussailles a été choisie comme site de référence car l'interdiction du survol de la ville l'exempte de toute exposition aux pollutions aéroportuaires. Les concentrations mesurées sur ce site caractérisent donc le niveau de fond urbain.

Les retombées atmosphériques à Cannes Broussailles révèlent la présence de 4 métaux (baryum, galium, uranium et molybdène) et de phénanthrène concernant les HAP, liés à des sources spécifiques proches.

V.2 Quels sont les métaux et les HAP avec des concentrations supérieures au niveau de fond ?

L'écart de concentration entre les sites de mesures et Cannes Broussailles, permet de les positionner par rapport au niveau de fond urbain :

- un écart négatif signifie que la concentration relevée sur ce site, est inférieure au niveau de fond urbain.
- En revanche, un écart positif traduit une source supplémentaire de ce métal en proximité. Son identification se fera par comparaison avec les émissions locales pour trouver l'origine de cette concentration atypique.

V.2.1 Les métaux

Pour les métaux, les écarts de concentrations sont reportés dans la Figure 10. Le détail des métaux pour chaque site est indiqué en Annexe 8.

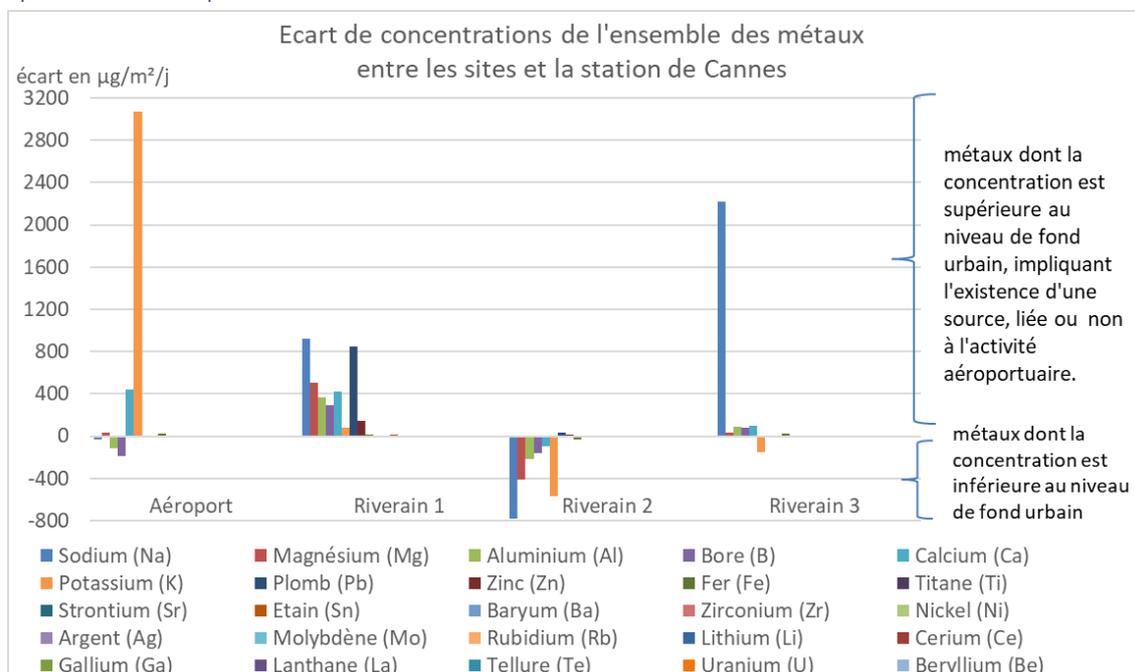


Figure 10 : écart des concentrations de métaux entre les sites et la station Cannes Broussailles

Le site « Riverain 1 » se caractérise par des niveaux en métaux plus élevés que le niveau de fond urbain.

Le site « Riverain 2 » semble éloigné de toute source de pollution.

Le site « Riverain 3 » se distingue par une forte concentration en sodium.

Quelques métaux ressortent au niveau du site « Aéroport » dont le potassium et le calcium. Le calcium est retrouvé dans les mêmes proportions sur le site « riverain 1 » mais pas sur les autres sites.

Le site « Riverain 1 » présente une signature différente de tous les autres sites dont le site « Aéroport ». Ainsi, l'influence de l'activité aéroportuaire n'est pas avérée.

En revanche les niveaux observés confirment l'influence de sources locales, comme les zones d'activités et les nombreuses infrastructures routières et ferroviaire à proximité.

V.2.2 Les HAP

Pour les HAP, les écarts de concentrations sont reportés dans la Figure 11. Le détail des HAP pour chaque site est indiqué en Annexe 8.

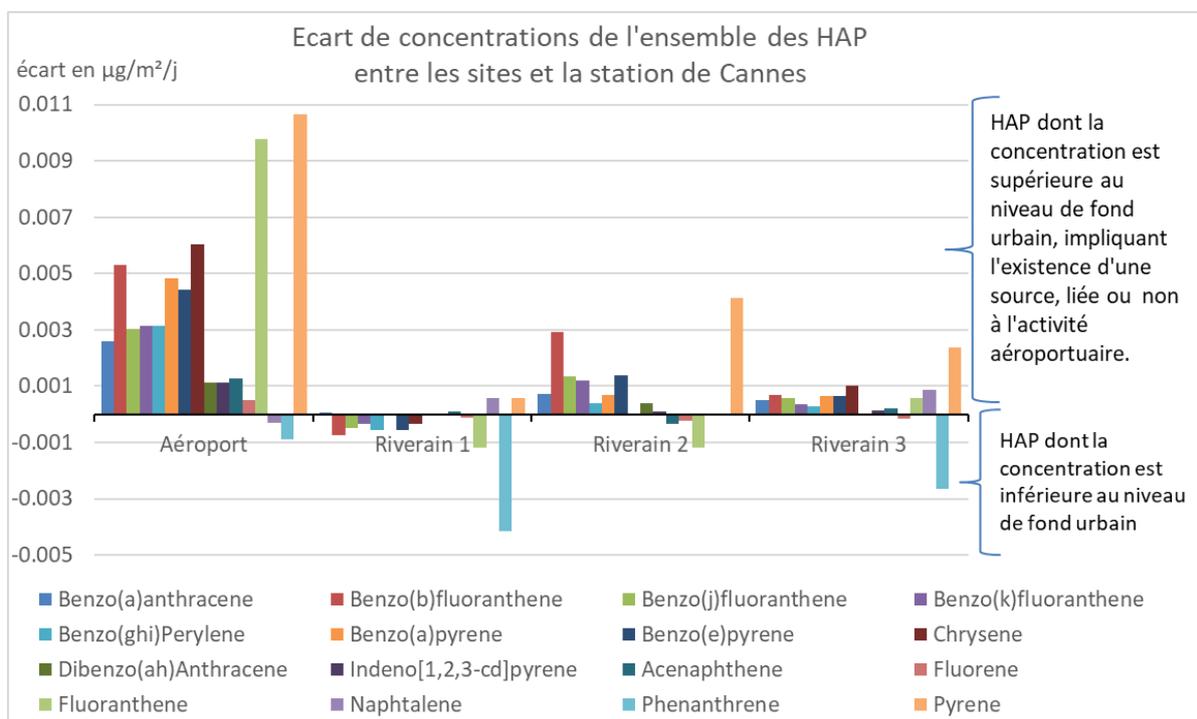


Figure 11 : écart des concentrations de HAP entre les sites et la station Cannes Broussailles

Après retrait du niveau de fond urbain, le site « Aéroport » se distingue par la présence de 14 HAP, qui peuvent caractériser l'impact de son activité.

Sur les sites riverains, plusieurs HAP ont des concentrations supérieures au niveau de fond, notamment le pyrène et ses dérivés. Néanmoins, pour plus de la moitié d'entre eux, les teneurs sont très faibles, en deçà de $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$.

A l'inverse des métaux, le site « Riverain 2 » est le plus exposé aux HAP et le site « Riverain 1 » le moins exposé.

L'exposition aux métaux et HAP est différent selon les sites : le plus exposé en nombre de métaux est le site « Riverain 1 » alors que pour les HAP il s'agit du site « Aéroport ».

Les métaux et HAP retrouvés à l'aéroport ne sont pas présents sur tous les sites riverains

V.3 Une signature de l'activité aéroportuaire dans les retombées atmosphériques ?

Le site « Aéroport » peut être caractérisé par la présence de **7 métaux** (calcium, fer, lithium, magnésium [14], potassium, strontium [15] et rubidium) et de **11 HAP**, en lien avec le pyrène et ses dérivés dont le fluoranthène.

La comparaison entre les informations issues de la littérature relatives à la composition des suies issues des moteurs d'avions et les mesures indique que **le fer, le potassium et le lithium ainsi que le magnésium et le calcium peuvent caractériser l'impact de l'activité aéroportuaire sur le site « Aéroport »**. En revanche, le strontium et le rubidium, sont retenus comme possiblement typiques de l'activité aéroportuaire, les hypothèses pour les autres sources n'étant pas vérifiables. Pour les HAP, l'absence de référence précise dans la littérature ne permet pas d'identifier une substance spécifique mais **la présence conjointe de plusieurs HAP peut être liée à l'activité aéroportuaire**. Le phénanthrène et le pyrène sont évoqués dans la littérature mais le phénanthrène ne ressort pas sur les mesures à l'aéroport. Le pyrène et ses dérivés (le fluoranthène est un isomère du pyrène) pourraient avoir un lien avec une source aéroportuaire.

Tous les métaux et HAP présents à l'aéroport ne sont pas mesurés ensemble sur tous les sites riverains :

- Seuls 4 métaux sont communs aux sites « aéroport », « riverain 1 » et « riverain 3 », pouvant indiquer une source commune (calcium, fer, magnésium et strontium) ;
- 3 HAP sont identifiés sur l'aéroport et l'ensemble des sites riverains (benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène et pyrène).

Considérant que l'activité aéroportuaire est définie par la présence conjointe de ces 7 substances, le site « Riverain 2 » n'est pas concerné par un quelconque impact de l'activité aéroportuaire et de fait, les HAP observés sur ce site ne peuvent provenir de cette même source. S'agissant des mêmes substances que celles de l'aéroport, les HAP mesurés à l'aéroport et sur les 2 autres sites riverains ne sont donc pas uniquement issus de l'activité aéroportuaire.

Le site « Aéroport » est caractérisé par la présence de 4 métaux (fer, calcium, strontium et magnésium) **et 3 HAP** (benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène et pyrène). Cette combinaison d'éléments n'est pas retrouvée sur l'ensemble des 3 sites riverains.

Sur les sites riverain 1 et 3, les substances mesurées sur le site « Aéroport » sont retrouvées en moindre quantité, mais d'autres sources locales à proximité des sites contribuent aux concentrations en métaux et HAP. Il est donc impossible d'affirmer que l'origine des retombées mesurées sur les sites « Riverain 1 » et « Riverain 3 » est liée à l'activité aéroportuaire.

Sur le site riverain 2, **seuls les HAP sont mesurés mais aucun métal, ce qui exclut de fait un lien entre l'activité aéroportuaire**. De plus, les éléments sont mesurés en quantité supérieure par rapport au niveau de fond de Cannes Broussailles, située hors exposition aéroportuaire

VI CONCLUSION

En réponse à des plaintes répétées de riverains, suspectant le couloir aérien de l'aéroport de Cannes-Mandelieu d'être à l'origine des suies retrouvées dans leurs propriétés, AtmoSud a réalisé au cours de l'été 2023 des mesures des retombées atmosphériques, en collaboration avec la société des Aéroports de la Côte d'Azur (ACA) et en concertation avec l'Association de Défense contre les Nuisances Aériennes (ADNA).

De fin juillet à début octobre 2023, 35 métaux et 18 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été analysés dans les retombées atmosphériques recueillies sur 5 sites échantillonnés, dont 3 se trouvent chez des riverains dans la Vallée de la Siagne, un se trouve au niveau de la station de mesure AtmoSud de Cannes Broussailles et un dernier est au niveau des pistes de l'aéroport de Cannes-Mandelieu. L'analyse s'appuie ainsi sur la comparaison des concentrations mesurées en référence avec le site témoin de fond urbain (à la station de mesure Cannes Broussailles) et le site de l'aéroport.

- **Une composition des retombées atmosphériques globalement commune aux 5 sites mais avec des expositions diverses**

Les retombées atmosphériques montrent une prédominance de 6 éléments : sodium, magnésium, potassium, calcium, bore et aluminium. Ces métaux sont naturellement présents dans le sol et l'eau de mer, et représentent plus de 90 % de la concentration totale des métaux. Certains autres métaux ne sont retrouvés que sur un ou deux sites, supposant un apport local supplémentaire.

La répartition des HAP est plus homogène, une dizaine étant mesurée sur la plupart des sites. Certains sites sont plus exposés que d'autres, en lien avec les sources présentes dans leur environnement proche.

Les plus grandes quantités de métaux et HAP sont ainsi relevées sur les sites « Aéroport » et « Riverain 1 » alors que le site « Riverain 2 » est le moins exposé.

- **Les retombées atmosphériques à l'Aéroport ne permettent pas de caractériser spécifiquement l'activité aéroportuaire**

Le site « Aéroport » peut être caractérisé par la présence de 7 métaux (calcium, fer, lithium, magnésium, potassium, strontium et rubidium) et 11 HAP, en lien avec le pyrène et ses dérivés

Les 5 premiers métaux mesurés sur le site « Aéroport » sont potentiellement émis par l'industrie aéronautique proche. De plus, en raison de la similitude entre les carburants (kérosène, essence), il n'est pas possible d'identifier la source du fer, calcium, strontium et magnésium, qui peuvent provenir aussi bien de l'activité aéroportuaire que des transports routiers. De même, le pyrène et ses dérivés sont probablement liés à l'activité aéroportuaire, mais aucune étude ne peut le confirmer précisément.

- **Le site « Riverain 2 » n'est pas influencé par l'activité aéroportuaire et pas de certitude pour les autres sites riverains en raison de la présence d'autres sources locales.**

Les éléments mesurés sur le site « Aéroport » ont été comparés à ceux des 3 sites riverains. Seuls 4 métaux (calcium, fer, magnésium et strontium) et 3 HAP (benzo(a)pyrène, pyrène et benzo(a)anthracène) identifiés à l'« Aéroport » sont relevés sur les sites « Riverain 1 » et « Riverain 3 », pouvant indiquer une source commune.

Bien que l'ensemble de ces métaux et HAP soient potentiellement liés à l'activité aéroportuaire car ils sont présents dans les carburants et huiles des avions, **la présence d'autres sources émettrices à proximité des sites, comme l'autoroute A8 et la pénétrante Cannes-Grasse, ne permet pas d'affirmer avec certitude que les retombées mesurées sur les sites « Riverain 1 » et « Riverain 3 » proviennent uniquement de l'activité aéroportuaire.**

Enfin, l'association conjointe de ces éléments n'est pas vérifiée sur le site « Riverain 2 » où aucun des

métaux présents à l'Aéroport n'est retrouvé, de même pour les HAP. **Ce site ne peut donc être considéré comme sous influence de l'activité aéroportuaire.**

L'analyse des retombées atmosphériques chez trois riverains situés sous la trajectoire des avions n'a donc pas permis d'établir un quelconque lien entre l'activité aéroportuaire et les dépôts constatés à l'origine des plaintes des riverains.

La recherche d'un indicateur de l'activité aéroportuaire dans les retombées atmosphériques reste d'actualité et la littérature s'accorde sur la difficulté d'identifier un traceur chimique lié aux carburants en raison de leur utilisation dans multiples secteurs.

Peu de publications existent sur la composition spécifique des retombées atmosphériques, même si des travaux ont évoqué la piste d'une association Cobalt-Zirconium, métaux contenus dans les aubes des turboréacteurs à double flux. La faible représentation de ces moteurs (moins de 20 %) dans la flotte de l'aéroport de Cannes-Mandelieu ne justifie pas à un renouvellement de ces analyses.

En revanche, aujourd'hui la meilleure alternative pour déterminer la contribution de l'activité aéroportuaire à la pollution atmosphériques reste la mesure en nombre des PUF, particules ultra-fines de diamètre inférieur à 0,1 μm . AtmoSud et les Aéroports de la Côte d'Azur se sont engagés dans cette perspective depuis 2020 avec une première campagne sur la plateforme de Nice. Depuis avril 2023, un compteur de particules est installé à la station de l'aéroport de Nice afin de suivre en continu les évolutions des PUF.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cynthia H. Twohy and Bruce W. Gandrud, *Electron microscope analysis of residual particles from aircraft contrails* - GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, (1998) VOL. 25, NO. 9, PAGES 1359-1362,
- [2] B. Demirdjian & D. Ferry & J. Suzanne & O. B. Popovicheva & N. M. Persiantseva & N. K. Shonija, *Heterogeneities in the Microstructure and Composition of Aircraft Engine Combustor Soot: Impact on the Water Uptake* - J Atmos Chem (2007)
- [3] Manuel Abegglen, B.T. Brem, M. Ellenrieder, L. Durdina, T. Rindlisbacher, J. Wang, U. Lohmann, B. Sierau, *Chemical characterization of freshly emitted particulate matter from aircraft exhaust using single particle mass spectrometry* - Atmospheric Environment 134 (2016) 181-197
- [4] Frenillot JP, Cabot G, Cazalens M, Renou B, Boukhalfa MA. *Impact of H2 addition on flame stability and pollutant emissions for an atmospheric kerosene/air swirled flame of laboratory scaled gas turbine*. Int J Hydrogen Energy; (2009) 34(9):3930–44.
- [5] Burguburu J, Cabot G, Renou B, Boukhalfa AM, Cazalens M. *Effects of H2 enrichment on flame stability and pollutant emissions for a kerosene/air swirled flame with an aeronautical fuel injector*. P Combust Inst (2011) ;33(2):2927–35.
- [6] Shirong Xin, Yong He, Wubing Weng, Yanqun Zhu, Zhihua Wang, *Effects of hydrogen on PAH and soot formation in laminar diffusion flames of RP-3 jet kerosene and its surrogate* - Fuel 358 (2024) – 130220
- [7] <https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/installations-industrielles> pour les installations industrielles de la carte
- [8] **Abondance des éléments** (en) William M. Haynes, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, vol. 97, CRC Press/Taylor and Francis, 2016, 2652 p. (ISBN [1498754287](https://www.isbn-international.org/product/9781498754287)), « Abundance of elements in the Earth's crust and in the sea », p. 2402 (14-17).
- [9] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Niveaux des dépôts atmosphériques totaux métaux et PCDD/F mesurés autour d'ICPE en France (1991–2012)* – Décembre 2012 – réf. INERIS-DRC-12-120273-13816A
- [10] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux* (2013 – mise à jour 2016 et 2020)
- [11] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Phénanthrène*, Ineris - 200845 - 2224225 - v1.0 18/01/2021
- [12] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées - Retombées des émissions atmosphériques*, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 201065 -2172207 - v1.0, décembre 2021. Disponible à partir de l'URL : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_Surveillancedans%27Air_Guide_2021-%237_Web.pdf
- [13] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques* Verneuil-en-Halatte : Ineris - 213434] - 2783846 - 0.1 décembre 2023. Fiche associée au rapport "Surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques, impacts des activités humaines sur les milieux". Disponible à partir de l'URL : <https://www.ineris.fr/fr/hydrocarbures-aromatiques-polycycliques-hap>
- [14] <https://www.aixhardware.com/fr/utilisations-et-domaines-dapplication-du-magnesium/>
- [15] Yassine, Y. A., Saissi, S., Zentalla, E., Aguzir, A., Saad, E., Ibnlfassi, A., ... & Bouirden, L. *Mécanismes de durcissement structural des alliages plomb-cadmium-strontium-étain pour grilles de batterie*. Metallurgical Research & Technology, 2017 - 114(3), 313
- [16] **Institut national de l'environnement industriel et des risques**, *Chrysène*, Ineris - 204119 - 2431318 - v1.0 18/01/2022
- [17] **INRS**, *Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES, Aluminium et composés minéraux* - INRS, Edition : Avril 2021.
- [18] **INRS**, *Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES, Béryllium et composés minéraux* - INRS, Edition : Mars 2022.
- [19] **INRS**, *Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES, Dioxyde de Titane* - INRS, Edition : Janvier 2022.

GLOSSAIRE

Définitions

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.

Sigle

ADNA : Association de Défense contre les Nuisances Aériennes

SAACA : Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur

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.

Unité de mesures

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube d'air
($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g} = 0,000001 \text{ g}$)

ng/m^3 : nanogramme par mètre cube d'air
($1 \text{ ng} = 10^{-9} \text{ g} = 0,000000001 \text{ g}$)

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

Cd : Cadmium

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

Ni : Nickel

Pb : Plomb

Influence des sources

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

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

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources et utilisations principales
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	<p>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.</p> <p><u>Benzo(a)pyrène</u> : il est naturellement présent dans les feux de forêts et les éruptions volcaniques, mais a aussi une origine anthropique. Il est émis lors de la combustion de matériaux fossiles, de carburants, d'huile, d'aliments grillés au charbon de bois et se retrouve dans les goudrons, la fumée de cigarette, les gaz d'échappements. Le secteur résidentiel est son principal émetteur.</p> <p><u>Chrysène</u> [16] : Il est retrouvé en majorité dans les émissions particulières issues des incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique, notamment ceux utilisant la combustion du bois. Il n'a pas d'utilisation connue mais il se retrouve notamment dans la créosote, utilisée pour protéger les traverses des voies ferrées ou dans le brai, utilisé sur les toitures pour l'étanchéité.</p> <p><u>Naphtalène</u> : autrefois utilisé comme antimites, il est aujourd'hui principalement utilisé dans les résines, teintures, agents plastifiants, insecticides ou dans la fabrication du béton et des plaques de plâtre.</p> <p><u>Phénanthrène</u> : émis lors d'une mauvaise combustion des hydrocarbures, du bois ou du charbon (inserts, foyers fermés faiblement alimentés en air), il se retrouve de fait dans la fumée de tabac, les échappements de moteur Diesel ou à essence, dans les viandes grillées au charbon de bois (barbecue), dans les huiles moteur usagées, etc. Il peut être utilisé dans la production de colorants, d'explosifs, de produits pharmaceutiques mais aussi comme base pour la fabrication de conducteurs électriques utilisés dans les batteries et les cellules photovoltaïques.</p> <p><u>Pyrène</u> : a plusieurs utilisation dans l'industrie. Il est aussi bien utilisé pour la fabrication de teintures que comme additif dans les huiles d'isolation électrique. Il est apprécié pour ses propriétés fluorescentes et on le retrouve notamment dans les azurants optiques utilisés pour leur brillance (pour corriger l'absorption de certaines longueurs d'ondes et donner de l'éclat de blancheur dans le visible). Il est utilisé pour la production de colorants, de plastiques et de pesticides.</p>
Métaux (positionnement abondance dans la croûte terrestre)	<p><u>Aluminium</u> (3) : à performances techniques équivalentes, il est plus léger que l'acier et réduit le poids de tous types de véhicules (terrestre, nautique, spatiale, aérien ou souterrain) en remplacement de matériaux plus lourd tel le cuivre. Il est donc souvent, dans les alliages, associé à d'autres métaux comme le cuivre, le silicium, le zinc, le magnésium, le manganèse ou bien le chrome, le lithium, le titane. Beaucoup d'industries ont recours à l'aluminium comme l'industrie aéronautique (pièces d'avion, câbles électriques aériens), l'industrie du bâtiment (portes et fenêtres), l'industrie automobile (pièces moulées résistantes et usinables), les constructions navale et ferroviaire, mais il sert également à la fabrication de panneaux de signalisation routière, d'emballages, d'ustensiles de cuisine et de produits destinés au conditionnement de denrées alimentaires (sous forme de feuilles d'aluminium ou de barquettes). Il entre dans la composition des poudres en pyrotechnie (couleur blanc, argenté et étincelles) et de certaines peintures. [17]</p> <p><u>Argent</u> (68) : utilisé pour assurer la protection de matériau et l'étanchéité. Il est également présent dans les vilebrequins de locomotives diesel en raison de sa résistance à l'effort. Pour ses propriétés autolubrifiantes, il est également utilisé dans les roulements à billes des turbines.</p> <p><u>Baryum</u> (14) : Il est utile dans l'industrie du verre pour son absorption des rayons X et gamma notamment. Le sulfate de baryum (blanc fixe), il est utilisé aussi dans les peintures et vernis. Enfin en pyrotechnie, il donne une coloration vert pomme à la flamme.</p> <p><u>Béryllium</u> (48) : Utilisé pour sa résistance à la corrosion, pour ses propriétés de dureté ou sa haute conductivité (thermique et électrique), il est principalement employé dans les alliages : associé au Cuivre, pour l'industrie du verre et l'industrie aéronautique et associé à l'aluminium ou au nickel pour des applications de haute technologie (industrie aérospatiale ou aéronautique), étant plus léger que l'aluminium. [18]</p> <p><u>Bore</u> (37) : il est majoritairement employé pour la fabrication de fibre de verre isolante sous forme de</p>

	<p>borax, ou pour produire des verres borosilicatés (Pyrex). Il peut être associé au titane dans la métallurgie et se retrouve dans de nombreux semi-conducteurs. Il est utilisé comme agent de blanchiment ou pour obtenir la couleur verte dans les feux d'artifices. Il entre dans la composition des lessives et aussi des fongicides.</p> <p><u>Calcium (5)</u> : il est présent dans les mortiers, ciments, enduits, pigments, agents fondants, charges minérales, est aussi utilisé dans de nombreuses peintures, encres, polymères plastiques et caoutchouc, etc. L'industrie du verre et de la céramique y a également recours. (carbonates de calcium et de magnésium) ainsi que l'industrie papetière pour l'aspect lisse des papiers glacés. Il entre également dans la fabrication de la gélatine.</p> <p>Il peut aussi être utilisé dans les menuiseries PVC comme additif du PVC pour substituer le plomb ou le cadmium (très toxiques et plus chers) ou dans des appareils électroniques (téléphones portables et autres) pour remplacer le lithium et le cobalt (toxiques, explosif pour le lithium et plus rares). Il est à l'origine de la couleur orange des feux d'artifices</p> <p><u>Cérium (25)</u> : l'industrie du verre l'utilise notamment dans la phase de polissage sous forme de dioxyde de cérium (CeO₂). Ce même composé a également des propriétés de protection contre l'ionisation. Il se retrouve aussi dans les pots d'échappement pour diminuer les émissions nocives des moteurs Diesel (filtre à particules)</p> <p><u>Étain (51)</u> : utilisation dans l'alliage plomb-étain pour la brasure (aussi nommée à tort soudure), qui assure l'étanchéité. En raison de sa toxicité, le plomb a été remplacé par du cuivre mais la proportion d'étain a augmenté. D'autres alliages comportant de l'étain, associé au zinc, sont utilisés pour la robinetterie.</p> <p><u>Fer (4)</u> : Il est à l'origine de l'acier (mélange de fer et de carbone) et de fait est présent quasi partout : dans le secteur du bâtiment avec les grandes infrastructures, dont les rails de chemins de fer (acier), dans la construction mécanique, l'industrie automobile (60 % dans la carrosserie, 12 % dans la suspension), l'électroménager, les équipements domestiques mais aussi les autres transports (train, bateau, avion), en plus de l'industrie métallurgique.</p> <p><u>Gallium (35)</u> : il est majoritairement utilisé pour la fabrication de divers matériaux semi-conducteurs, notamment en imagerie médicale.</p> <p><u>Lanthane (28)</u> : Via l'oxyde de lanthane, il est utilisé comme catalyseur pour moteur à essence, plus économique que le platine et le palladium. Toujours en oxyde il permet d'augmenter la réfraction des verres optiques. Il est également présent dans les alliages magnétiques, dans des composés supraconducteurs, dans les tubes cathodiques, dans les cristaux pour lasers comme dopant et pour ses propriétés fluorescentes.</p> <p><u>Lithium (32)</u> : Sa principale utilisation est pour les piles et les batteries en raison de son potentiel électrochimique. L'industrie du verre et de la céramique y a parfois recours. Il est utilisé dans la fabrication des graisses lubrifiantes à haute température. En métallurgie, son alliage avec l'aluminium est utilisé pour des pièces d'aéronefs de haute performance (Rafale)</p> <p><u>Magnésium (7)</u> : Son utilisation est fortement appréciée en alliage car il génère un gain de poids important. Avec l'aluminium et le zinc il est utilisé pour de nombreuses pièces de l'industrie aéronautique et automobile (les carters moteurs, boîte de vitesse, les stators compresseurs, les sièges, les portes, les roues d'avion, les boîtiers d'instruments de bord). Associé au Zirconium, au Zinc et au Thorium, il sert à fabriquer les pièces des réacteurs.</p> <p><u>Molybdène (58)</u> : Utilisé en alliage, il augmente la résistance à la chaleur et à la corrosion du métal et des aciers notamment contenu dans l'acier inoxydable et les garnitures de voitures. Il est aussi présent dans l'industrie aéronautique pour les moteurs à réactions. Il est également utilisé en électronique dans les semi-conducteurs, comme filament et en imagerie médicale. En raison de sa couleur orange, il se retrouve dans les peintures, les encres, les plastiques et les caoutchoucs. Il est recommandé comme élément chauffant pour les fours sous vide ou ambiance gazeuse à haute température pour les pièces contenant du titane. Les réactions d'oxydation sélective font appel à des catalyseurs d'oxyde mixte à base de molybdène.</p> <p><u>Nickel (23)</u> : Il est à la base des superalliages comme le nichrome, dont la résistance à la corrosion sèche à haute température et les propriétés mécaniques (limite d'élasticité élevée, résistance au fluage) sont particulièrement efficaces. De fait il est utilisé dans la fabrication de pièces pour l'industrie automobile et aéronautique où ces matériaux sont très appréciés pour les turboréacteurs et certaines chaudières. Certains sont utilisés dans la fabrication des turbines à gaz et des pour leur résistance aux fortes pressions et aux hautes températures. Il est également utilisé par l'industrie automobile. Il est utilisé pour fabriquer les aciers inoxydables et également comme revêtement anti-corrosion pour recouvrir le Fer. Les combustibles liquides comme le fioul lourd en contiennent à l'état de traces. Il est émis dans l'atmosphère par la combustion des carburants et d'une partie de l'huile dans les moteurs et par l'abrasion des routes et l'usure des freins.</p>
--	---

	<p><u>Plomb (36)</u> : Interdit depuis 2000 dans les essences, il reste néanmoins présent à faible teneur dans certains carburants de l'aviation, notamment pour les moteurs à pistons. Il est essentiellement produit pour les batteries pour l'automobile et l'industrie.</p> <p><u>Potassium (8)</u> : Présent dans la nature, c'est l'un des éléments les plus abondants de la croûte terrestre (environ 2,58 % du poids total). Il est utilisé dans la fabrication du verre sous forme de carbonate de potassium et en agriculture comme fertilisant, il est le constituant principal de la potasse ou dans les engrais NPK (azote-phosphore-potassium) ;</p> <p><u>Rubidium (22)</u> : il se retrouve dans le domaine photovoltaïque en alliage avec le Césium et dans certains verres de sécurité. Les minéraux riches en Rubidium le sont généralement en potassium. Il est utilisé pour obtenir la couleur violette dans les feux d'artifices.</p> <p><u>Sodium (6)</u> : il est présent dans des utilisations du quotidien comme le savon, la soude et l'eau de javel et se retrouve aussi dans les pesticides. L'industrie y a recours pour les alliages afin d'améliorer leur structure ou le transfert thermique (alliage de sodium et de potassium), pour la fabrication du silicium utilisé dans l'électronique ou les panneaux solaires. Les batteries sodium-soufre en contiennent évidemment.</p> <p><u>Strontium (15)</u> : Il peut être utilisé avec des alliages d'aluminium ou de Plomb. Il sert de vernis dans la céramique. Il est à l'origine de la couleur rouge des feux d'artifices et des fusées de détresse.</p> <p><u>Tellure (77)</u> : il est utilisé, essentiellement sous forme de composé (oxyde de tellure) et se retrouve notamment dans certains verres dédiés à l'optique infrarouge et comme colorants en céramique. En agriculture par usage dispersif, il est contenu parfois dans des fongicides, algicides, parasitocides.</p> <p><u>Titane (9)</u> : Sous forme de dioxyde de titane [19], il est présent dans de nombreuses applications domestiques ou industrielles : peintures, laques, vernis, enduits, plastique, caoutchouc, cuir, colorant alimentaires, semi-conducteurs, produits cosmétiques (notamment protection solaire) fabrication de ciments et de verres. Sa résistance à la chaleur et la corrosion en font un métal apprécié dans l'industrie aéronautique où il sert pour les éléments moteurs amis aussi les petites pièces. Il est également utilisé pour le blanchiment de la pâte à papier. Dans l'industrie automobile, soupapes, bielles et ressorts sont souvent en titane. En pyrotechnie, il est à l'origine des étincelles blanches.</p> <p><u>Uranium (49)</u> : Il peut servir à produire de radioéléments utilisé comme traceurs en imagerie médicale.</p> <p><u>Zinc (24)</u> : utilisé pour la protection des matériaux et se retrouve donc sous forme d'acier galvanisé dans l'automobile, la construction (notamment pour la toiture : chéneaux, descentes d'eaux pluviales, faitières, gouttières, rives, solins, ...) l'électroménager, les équipements industriels, etc. Le procédé visant à une utilisation massive du zinc est le zingage du fer.</p> <p><u>Zirconium (18)</u> : l'oxyde de zirconium est un constituant des sondes de mesure de la teneur en oxygène associées aux catalyseurs des moteurs à essence et utilisées dans les fours de traitement thermique des métaux. Il est présent dans certains alliages d'aluminium comme anti-recristallisant. L'industrie métallurgique l'utilise également comme pigment, additif ou réactif et en tant que dopant de supraconducteurs, dans des composés céramiques.</p>
--	---

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
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné	Peu dégradables Déplacement sur de longues distances
ML Métaux lourds	Toxicité par bioaccumulation Effets cancérigènes	Contamination des sols et des eaux

Réglementation

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

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
BaP Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
Pb Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
As Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
Cd Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
Ni Nickel	Valeur cible	0,02	Année

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

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

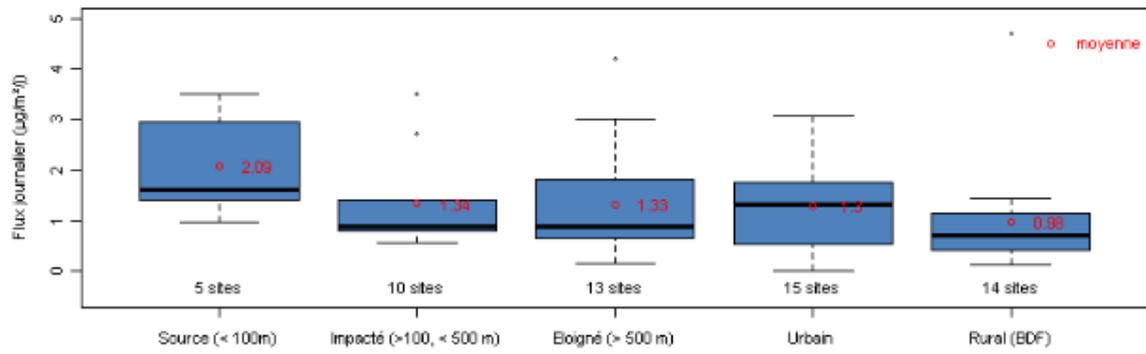
Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse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

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
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

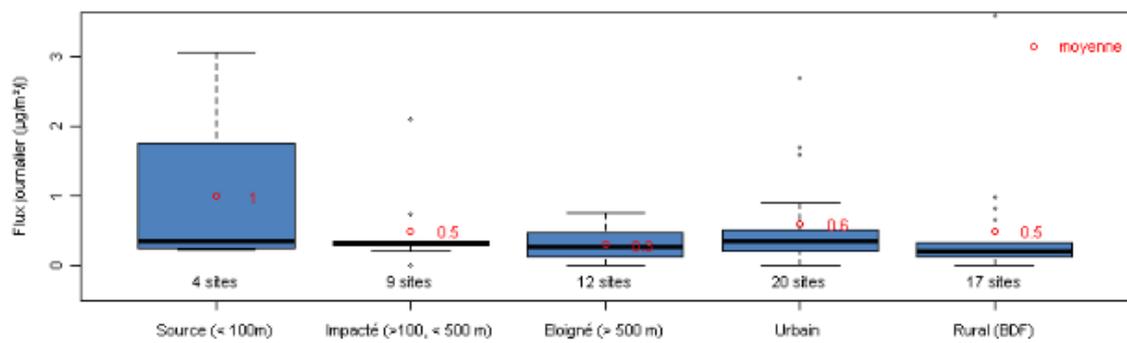
Valeurs de référence dans les retombées atmosphériques – INERIS - Rapports d'appui / guides.pdf 14 décembre 2021

Les valeurs de comparaison présentées sont celles issues des études (INERIS, 2013 maj 2021) [10, 12] qui établissent des niveaux de références de retombées autour des UIOM en France mesurés dans différentes typologie pour respectivement quelques métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb et Zn).

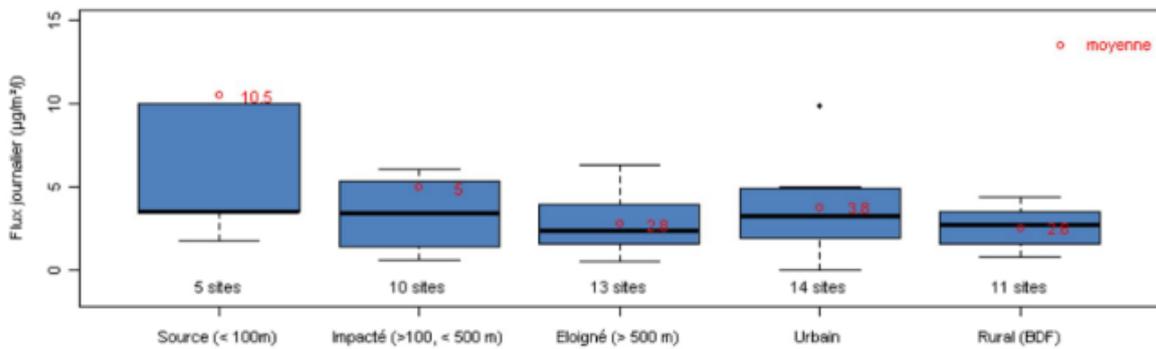
Arsenic (maj 2012)



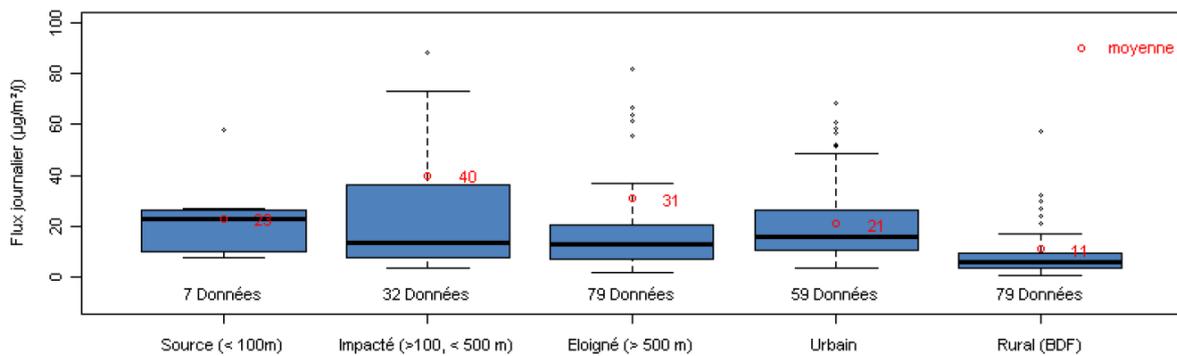
Cadmium (maj 2021)



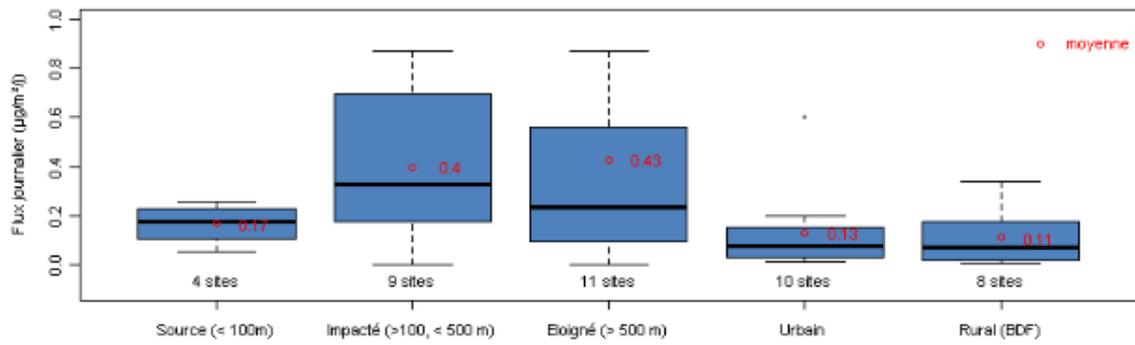
Chrome (maj 2021)



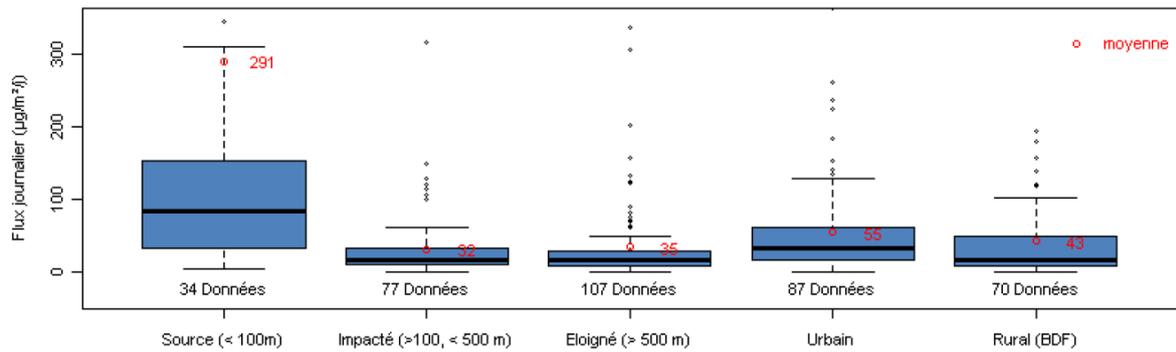
Cuivre (2013)



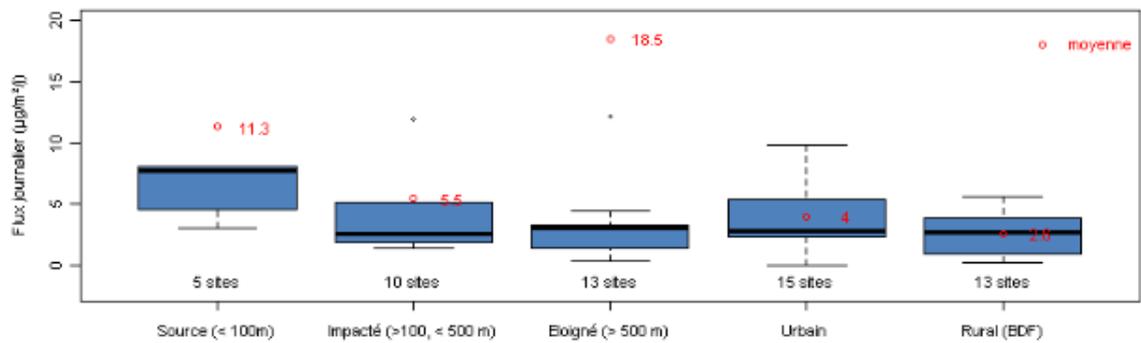
mercure (maj 2021)



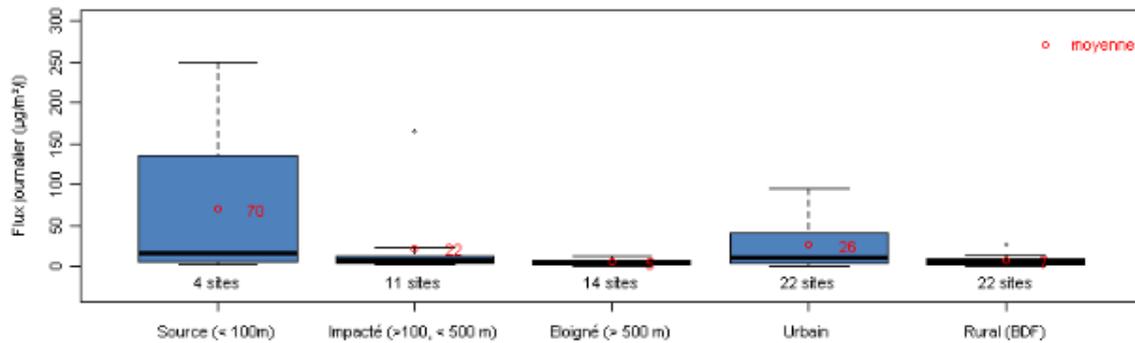
Manganèse (2013)



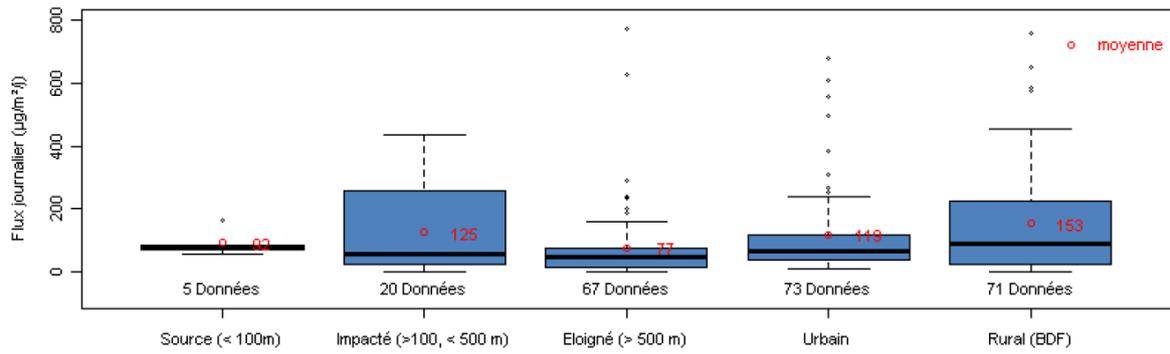
Nickel (maj 2021)



Plomb (maj 2021)



Zinc (2013)

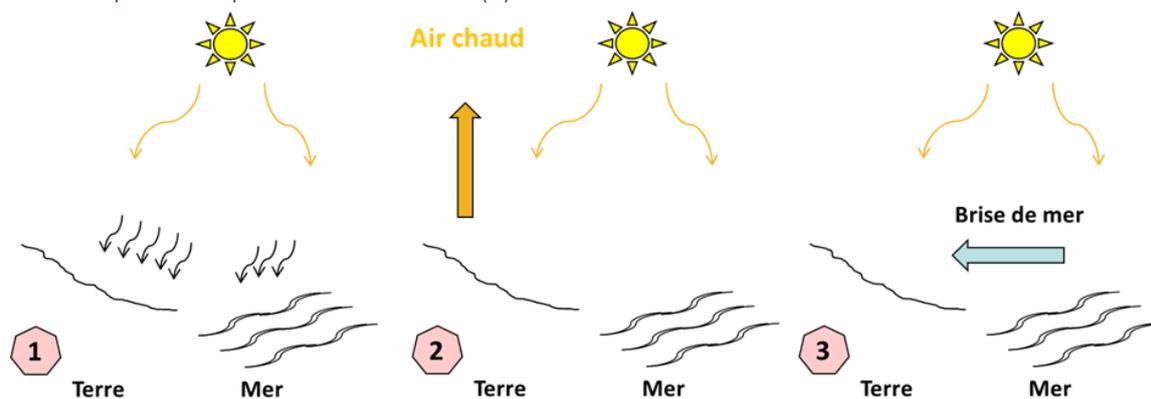


ANNEXE 2 – ELEMENTS METEOROLOGIQUES

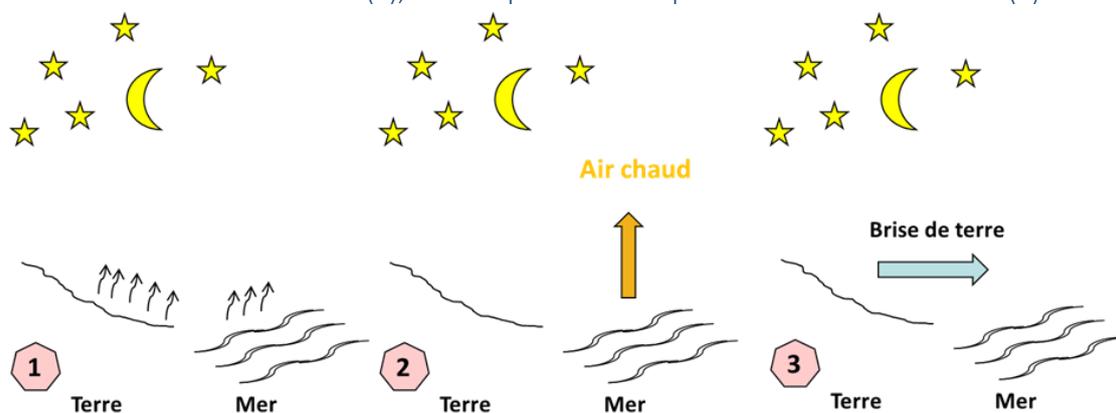
Brises thermiques

Les caractéristiques des brises alternées dépendent de la différence de température entre la terre et l'eau, de la force et de la direction du vent, de la rugosité et de la pente du terrain, de la rugosité et de l'eau, de la courbure de la côte et de l'humidité au-dessus de la terre.

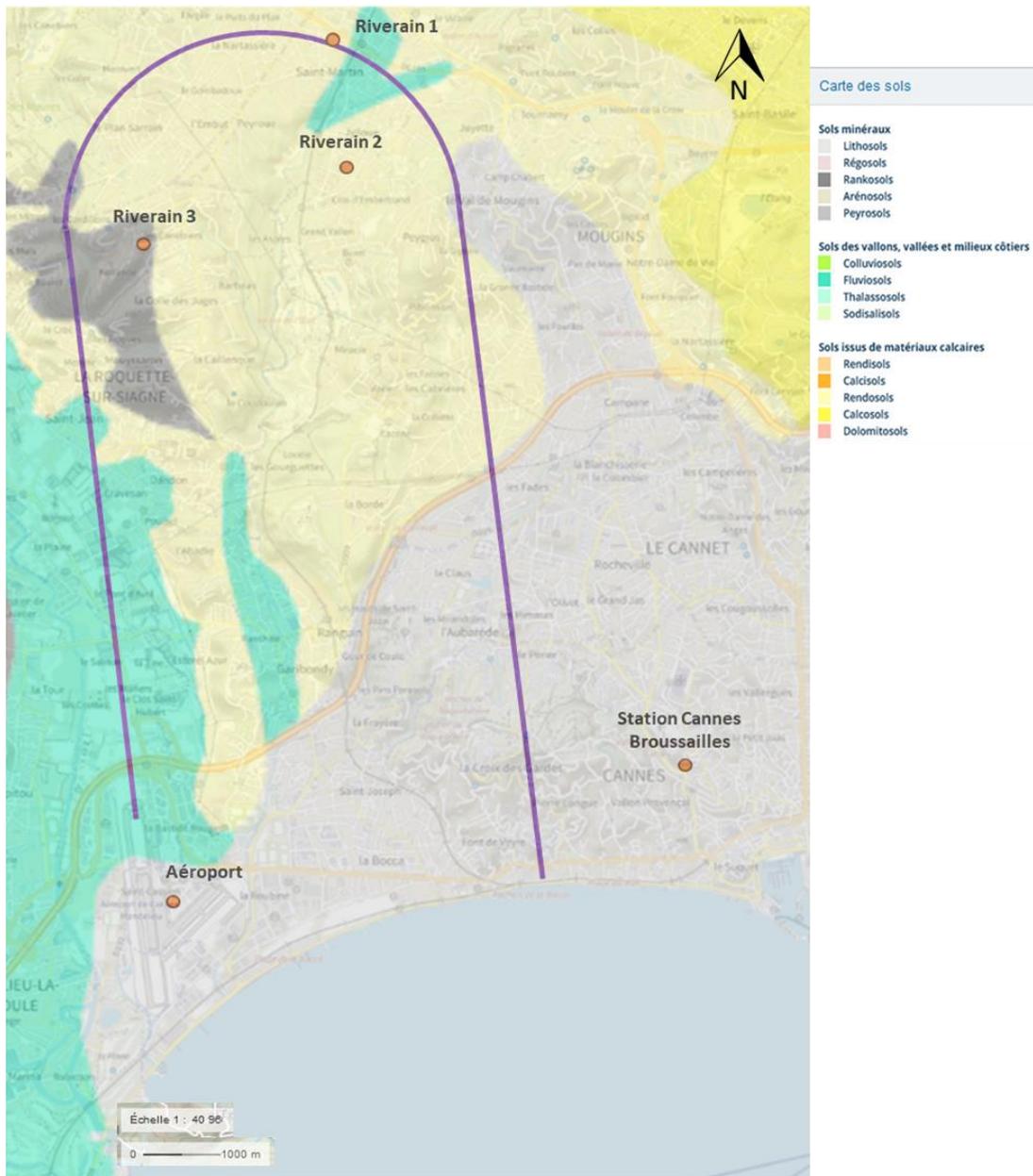
Brise de mer : La journée, la terre se réchauffe plus vite que la mer (1). La masse d'air au-dessus de la terre étant plus chaude, elle s'élève générant ainsi un courant ascendant (2). Cet air est alors remplacé par de l'air plus froid provenant de la mer (3).



Brise de terre : La nuit, c'est l'inverse : la terre se refroidit plus vite que la mer (1), la masse d'air chaude est au-dessus de la mer et s'élève (2), laissant place à un air plus froid venant de la terre (3).



ANNEXE 3 – TYPOLOGIE DU SOL



Calcosols (jaune foncé) : Les calcosols sont des sols moyennement épais à épais (plus de 35 cm d'épaisseur) développés à partir de matériaux calcaires. Ils sont riches en carbonates de calcium sur toute leur épaisseur, leur pH est donc basique. Ils sont fréquemment argileux, plus ou moins caillouteux, plus ou moins séchants, souvent très perméables. Ils se différencient des calcisols par leur richesse en carbonates.

Rendosols (jaune clair) : Les rendosols sont des sols peu épais (moins de 35 cm d'épaisseur), reposant sur une roche calcaire très fissurée et riche en carbonates de calcium. Ce sont des sols au pH basique, souvent argileux, caillouteux, très séchants et très perméables. Ils se différencient des rendisols par leur richesse en carbonates.

Fluviosols (vert) : Les fluviosols sont des sols issus d'alluvions, matériaux déposés par un cours d'eau. Ils sont constitués de matériaux fins (argiles, limons, sables) pouvant contenir des éléments plus ou moins

grossiers (galets, cailloux, blocs). Situés dans le lit actuel ou ancien des rivières, ils sont souvent marqués par la présence d'une nappe alluviale et sont généralement inondables en période de crue.

Rankosols (gris) : Les rankosols sont des sols peu épais (moins de 30 cm d'épaisseur), peu différenciés, développés à partir de roches non calcaires. Ce sont donc des sols plutôt acides. Les horizons des rankosols contiennent de nombreux éléments grossiers (graviers, cailloux, pierres...) issus de la fragmentation ou de l'altération de la roche sous-jacente

Référence : J. C. LACASSIN, 2010. **Pédopaysages des Alpes-Maritimes (Etude n°25006)**

ANNEXE 4 – EMISSIONS DISPONIBLES

Emissions de métaux / secteurs (kg/an)	communes	Arsenic - As	Baryum – Ba	Cadmium - Cd	Chrome - Cr	Chrome total	Cuivre – Cu	Mercuré - Hg	Manganèse - Mn	Nickel – Ni	Plomb - Pb	Sélénium – Se	Vanadium – V	Zinc -Zn
Aérien	Mougins / La Roquette / Mouans-Sartoux / Mandelieu													
	Cannes										87.6			
Agriculture	Mougins / La Roquette / Cannes / Mouans-Sartoux / Mandelieu													
Biogénique	Mougins / La Roquette / Cannes / Mouans-Sartoux													
	Mandelieu							0.1						
Ferroviaire	Mougins						8.7							
	La Roquette													
	Cannes						54.2							
	Mouans-Sartoux						3.1							
	Mandelieu						10.6							
Industrie	Mougins	0.05	0.02	0.01		0.2	0.2			0.05	0.4	0.03	0.01	1.4
	La Roquette	0.01	0.01			0.04	0.02			0.01	0.07	0.01	0.01	0.2
	Cannes	0.05	0.4	0.01		0.5	0.2	0.01		0.3	0.5	0.04	0.2	1.5
	Mouans-Sartoux	0.2	0.01	0.02	0.01	0.8	0.5	0.01		0.2	1.5	0.11		4.7
	Mandelieu	0.01	0.1			0.05	0.04			0.01	0.1	0.01	0.07	0.3
Maritime	Mougins / La Roquette / Cannes / Mouans-Sartoux / Mandelieu													
Production d'énergie	Mougins/ La Roquette / Mouans-Sartoux / Mandelieu													
	Cannes	0.2	0.03	0.03	0.02	1.2	0.8	0.02		0.3	2.2	0.2	0.02	7.2
Résidentiel	Mougins	0.3		0.05	4.1	1.5	1.3	0.03	2.2	0.4	2.9	0.2	0.1	20.4
	La Roquette	0.1		0.02	1.3	0.5	0.4	0.01	0.7	0.1	1	0.07	0.04	6.1
	Cannes	0.4		0.07	2.7	2.7	2.7	0.05	2.8	0.8	5.1	0.4	0.8	57.6
	Mouans-Sartoux	0.1		0.02	1.6	0.6	0.5	0.01	0.9	0.2	1.2	0.09	0.07	9.2
	Mandelieu	0.1		0.02	1.8	0.7	0.8	0.01	0.99	0.2	1.4	0.1	0.2	16.7
Tertiaire	Mougins	0.01				0.04	0.2	0.05	0.03	0.02	0.3	0.01	0.06	0.3
	La Roquette						0.04				0.07		0.01	0.04
	Cannes	0.05		0.01		0.2	0.6	0.4	0.1	0.08	1.2	0.03	0.5	1.3
	Mouans-Sartoux					0.02	0.08	0.07	0.01	0.01	0.2		0.03	0.1
	Mandelieu	0.01				0.04	0.2	0.05	0.03	0.02	0.3	0.01	0.09	0.3
Transports routier	Mougins	1.6		2.6	2.1	15.2	143	0.3	11.2	4.5	36.9	0.3	2.9	659
	La Roquette	0.1		0.2	0.1	1.2	11.6	0.01	0.9	0.3	2.8	0.02	0.2	46.1
	Cannes	1.0		1.7	1.2	12.7	132.1	0.2	10.5	3.3	31.3	0.2	2.7	438.8
	Mouans-Sartoux	0.3		0.5	0.3	2.7	24.9	0.04	1.9	0.8	6.4	0.04	0.5	117.8
	Mandelieu	1.0		1.6	1.4	8.7	81.0	0.2	6.4	2.6	21.2	0.2	1.6	393.6

Emissions de HAP / secteurs (kg/an)	communes	Benzo(a)anthracène	Benzo(a)pyrène	Benzo(g,h,i)pérylène	Benzo(b)fluoranthène	Benzo(j)fluoranthène	Benzo(k)fluoranthène	Dibenzo(a,h)anthracène	Indeno(1,2,3-cd)pyrène	Acénaphthène	Acénaphthylène	Anthracène	Fluorène	Fluoranthène	Naphtalène	Phénanthrène	Pyrène
		(BaA)	(BaP)	(BghiP)	(BbF)	(BjF)	(BkF)	(DBa,hA)	(I2,3cdP)								
Aérien	Mougins																
	La Roquette																
	Cannes																
Agriculture	Mougins														0.3		
	La Roquette														0.2		
	Cannes	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01		0.01					0.09	7.4	0.01	
Ferroviaire	Mougins							8.7									
	La Roquette																
	Cannes							54.2									
Industrie	Mougins	0.01	0.01	0.03	0.02		0.01		0.01	0.4	0.3		0.01	0.2	2.4	0.07	0.01
	La Roquette	0.01	0.01	0.02	0.01		0.01		0.01	0.05	0.05		0.00	0.1	0.8	0.01	
	Cannes	0.02	0.03	0.06	0.03		0.03	0.01	0.02	0.4	0.4		0.01	0.3	2.3	0.07	0.01
Maritime	Mougins																
	La Roquette																
	Cannes	0.01	0.01	0.02	0.01		0.01		0.01					0.1			
Production d'énergie	Mougins																
	La Roquette																
	Cannes		0.03							1.85	1.69	0.01	0.04	0.02	1.4	0.3	0.05
Résidentiel	Mougins	1.5	1.1	0.5	1.1		0.6	0.08	0.6	6.2	70.7	8.2	17.4	6.07	102.0	31.7	12.7
	La Roquette	0.5	0.3	0.2	0.4		0.2	0.03	0.2	2.0	22.6	2.6	5.5	1.92	28.7	10.1	4.1
	Cannes	1.4	1.3	1.2	1.4		0.6	0.05	0.9	6.5	47.8	5.3	11.2	6.11	123.1	20.9	8.3
Tertiaire	Mougins									0.06	0.05		0.01		18.8	0.03	
	La Roquette														2.0		
	Cannes	0.01								0.3	0.2	0.01	0.03	0.02	62.9	0.1	0.01
Transports routier	Mougins	1.1	0.7	1.2	0.9	0.6	0.7	0.1	0.6	10.1	7.6	1.3	1.4	9.9	532.3	19.3	9.1
	La Roquette	0.07	0.04	0.08	0.05	0.02	0.04	0.01	0.04	0.6	0.5	0.08	0.05	0.6	35.9	1.2	0.6
	Cannes	0.6	0.4	0.7	0.5	0.3	0.4	0.08	0.4	6.1	4.6	0.7	0.6	5.9	334.9	11.6	5.3

ANNEXE 5 – RESULTATS BRUTS

► Métaux

Somme totale (soluble + insoluble) en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$

Numéro CAS	Composés	Aéroport	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3	Station Cannes
7440-02-0	Nickel (Ni)	2.74	5.44	1.13	1.31	3.06
7440-22-4	Argent (Ag)	0.27	3.69	0.39	0.36	0.29
7439-92-1	Plomb (Pb)	0.59	850.28	35.45	1.27	0.62
7429-90-5	Aluminium (Al)	1365.46	1844.15	1262.73	1574.06	1480.16
7440-42-8	Bore (B)	1134.67	1616.55	1161.41	1399.75	1319.82
7440-39-3	Baryum (Ba)	8.37	12.80	10.20	9.15	13.44
7440-41-7	Béryllium (Be)		0.07			
7440-70-2	Calcium (Ca)	1343.76	1323.99	811.98	1006.70	904.93
7440-45-1	Cérium (Ce)	0.38	0.53	0.30	0.55	0.38
7439-89-6	Fer (Fe)	100.42	90.78	41.25	93.74	71.69
7440-55-3	Gallium (Ga)	0.23	0.31			0.25
7440-09-7	Potassium (K)	4287.56	1295.39	644.99	1064.83	1216.13
7439-91-0	Lanthane (La)	0.17	0.22	0.13	0.27	0.18
7439-93-2	Lithium (Li)	0.92	0.59	0.36	0.48	0.48
7439-95-4	Magnésium (Mg)	2207.95	2682.09	1764.15	2207.28	2176.75
7439-98-7	Molybdène (Mo)	0.80	2.45	0.84	0.94	2.39
7440-23-5	Sodium (Na)	7571.90	8517.38	6819.26	9818.88	7598.80
7440-17-7	Rubidium (Rb)	3.16	0.83	0.55	1.49	1.37
7440-31-5	Etain (Sn)		15.01			
7440-24-6	Strontium (Sr)	22.83	19.76	13.16	18.65	17.43
13494-80-9	Tellure (Te)	0.12	0.19		0.14	0.12
7440-32-6	Titane (Ti)	20.38	30.10	20.04	24.66	22.32
7440-61-1	Uranium (U)		0.10			0.09
7440-66-6	Zinc (Zn)	19.96	169.53	41.85	21.40	22.09
7440-67-7	Zirconium (Zr)	9.56	9.78	14.59	11.72	12.18

Fraction soluble en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$

Numéro CAS	Composés	Aéroport	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3	Station Cannes
7440-02-0	Nickel (Ni)	1.6	2.2			
7440-22-4	Argent (Ag)					
7439-92-1	Plomb (Pb)	0.6	850.3	35.4	1.3	0.6
7429-90-5	Aluminium (Al)	34.6	62.4	24.1	0.0	0.3
7440-42-8	Bore (B)	9.9	2.7	2.9	4.1	7.7
7440-39-3	Baryum (Ba)	2.7	3.9	4.5	2.0	7.5
7440-41-7	Béryllium (Be)					
7440-70-2	Calcium (Ca)	989.4	778.7	430.4	555.1	487.2

7440-45-1	Cérium (Ce)					
7439-89-6	Fer (Fe)	17.4	29.5	7.7	10.4	10.2
7440-55-3	Gallium (Ga)					
7440-09-7	Potassium (K)	4 000.4	914.9	389.8	745.9	912.7
7439-91-0	Lanthane (La)					
7439-93-2	Lithium (Li)	0.5				
7439-95-4	Magnésium (Mg)	769.1	688.0	342.3	455.9	532.1
7439-98-7	Molybdène (Mo)					
7440-23-5	Sodium (Na)	2 461.7	1 498.8	1 298.7	2 913.2	1 891.5
7440-17-7	Rubidium (Rb)	2.4			0.7	0.6
7440-31-5	Etain (Sn)		12.6			
7440-24-6	Strontium (Sr)	17.8	12.2	8.0	12.3	11.5
13494-80-9	Tellure (Te)					
7440-32-6	Titane (Ti)		0.6			
7440-61-1	Uranium (U)					
7440-66-6	Zinc (Zn)	13.9	163.6	25.8	13.0	17.1
7440-67-7	Zirconium (Zr)					

Fraction insoluble en µg/m²/j

Numéro CAS	Composés	Aéroport	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3	Station Cannes
7440-02-0	Nickel (Ni)	1.2	3.3	1.1	1.3	3.1
7440-22-4	Argent (Ag)	0.3	3.7	0.4	0.4	0.3
7439-92-1	Plomb (Pb)					
7429-90-5	Aluminium (Al)	1 330.9	1 781.8	1 238.6	1 574.0	1 479.9
7440-42-8	Bore (B)	1 124.8	1 613.8	1 158.5	1 395.6	1 312.1
7440-39-3	Baryum (Ba)	5.7	8.9	5.7	7.1	6.0
7440-41-7	Béryllium (Be)		0.1			
7440-70-2	Calcium (Ca)	354.4	545.3	381.6	451.6	417.8
7440-45-1	Cérium (Ce)	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4
7439-89-6	Fer (Fe)	83.0	61.2	33.6	83.3	61.5
7440-55-3	Gallium (Ga)	0.2	0.3			0.3
7440-09-7	Potassium (K)	287.1	380.5	255.1	319.0	303.4
7439-91-0	Lanthane (La)	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2
7439-93-2	Lithium (Li)	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5
7439-95-4	Magnésium (Mg)	1 438.9	1 994.1	1 421.9	1 751.4	1 644.6
7439-98-7	Molybdène (Mo)	0.8	2.4	0.8	0.9	2.4
7440-23-5	Sodium (Na)	5 110.2	7 018.6	5 520.5	6 905.7	5 707.3
7440-17-7	Rubidium (Rb)	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7
7440-31-5	Etain (Sn)		2.4			
7440-24-6	Strontium (Sr)	5.1	7.5	5.2	6.4	5.9
13494-80-9	Tellure (Te)	0.1	0.2		0.1	0.1
7440-32-6	Titane (Ti)	20.4	29.5	20.0	24.7	22.3
7440-61-1	Uranium (U)	0.0	0.1			0.1

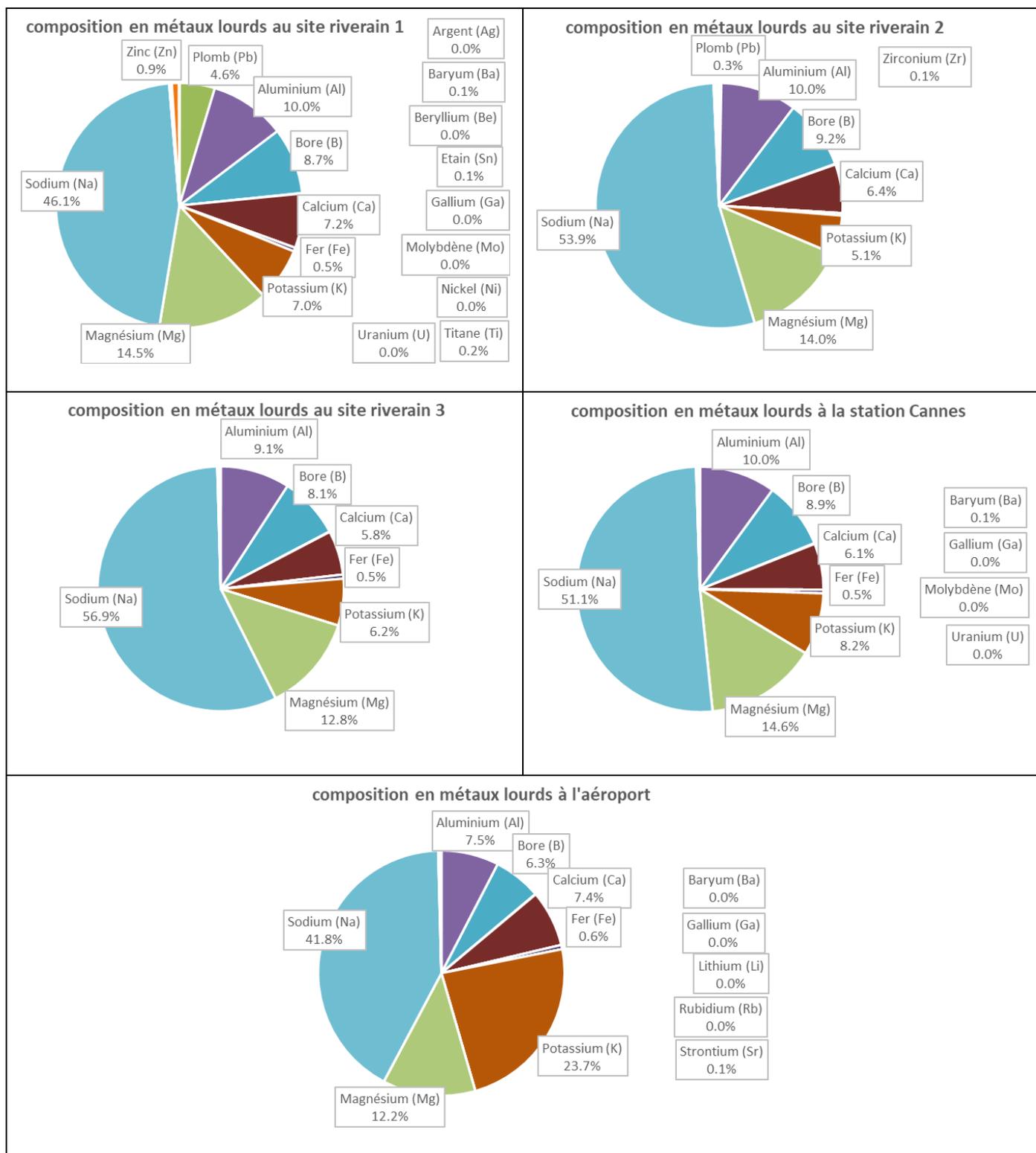
7440-66-6	Zinc (Zn)	6.0	5.9	16.1	8.4	5.0
7440-67-7	Zirconium (Zr)	9.6	9.8	14.6	11.7	12.2

► **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)**

Numéro CAS	Composés	Aéroport	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3	Station Cannes
56-55-3	Benzo(a)anthracène	0	0	0	0	0
205-99-2	Benzo(b)fluoranthène	0.01	0	0	0	0
205-82-3	Benzo(j)fluoranthène	0	0	0	0	0
207-08-9	Benzo(k)fluoranthène	0	0	0	0	0
191-24-2	Benzo(ghi)Pérylène	0	0	0	0	0
50-32-8	Benzo(a)pyrène	0.01	0	0	0	0
192-97-2	Benzo(e)pyrène	0.01	0	0	0	0
218-01-9	Chrysène	0.007	0.001	0	0.002	0.001
200-181-8	Dibenzo(ah)Anthracène	0	0	0	0	0
193-39-5	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	0	0	0	0
83-32-9	Acénaphène	0	0	0	0	0
208-96-8	Acénaphylène	0	0	0	0	0
120-12-7	Anthracène	0	0	0	0	0
86-73-7	Fluorène	0	0	0	0	0
206-44-0	Fluoranthène	0	0	0	0	0
91-20-3	Naphtalène	0	0	0	0	0
85-01-8	Phénanthrène	0.01	0.01	0	0.01	0.01
129-00-0	Pyrène	0.01	0	0	0	0

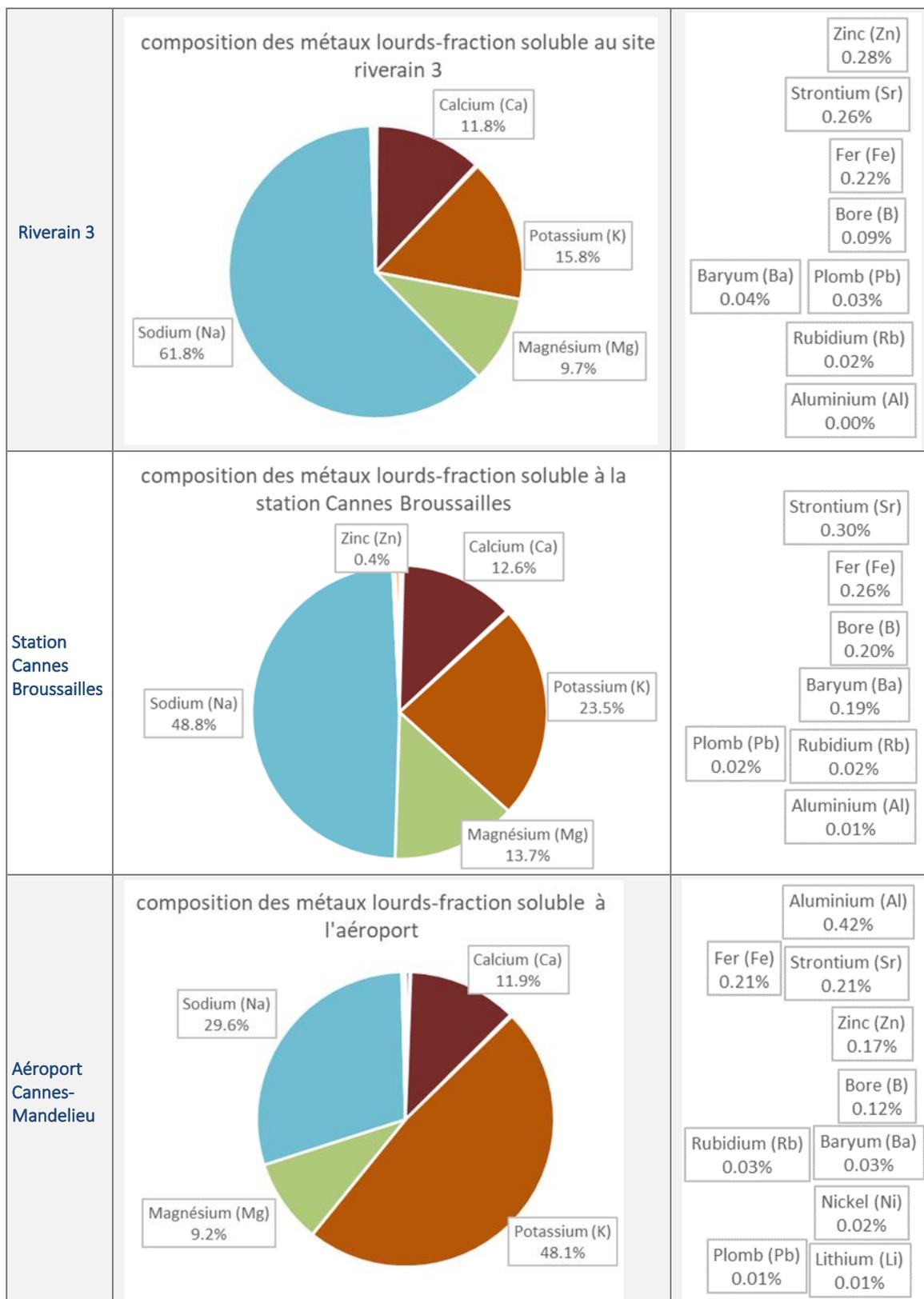
ANNEXE 6 – CARACTERISATION DES SITES

Composition en métaux lourds (fraction soluble + insoluble)



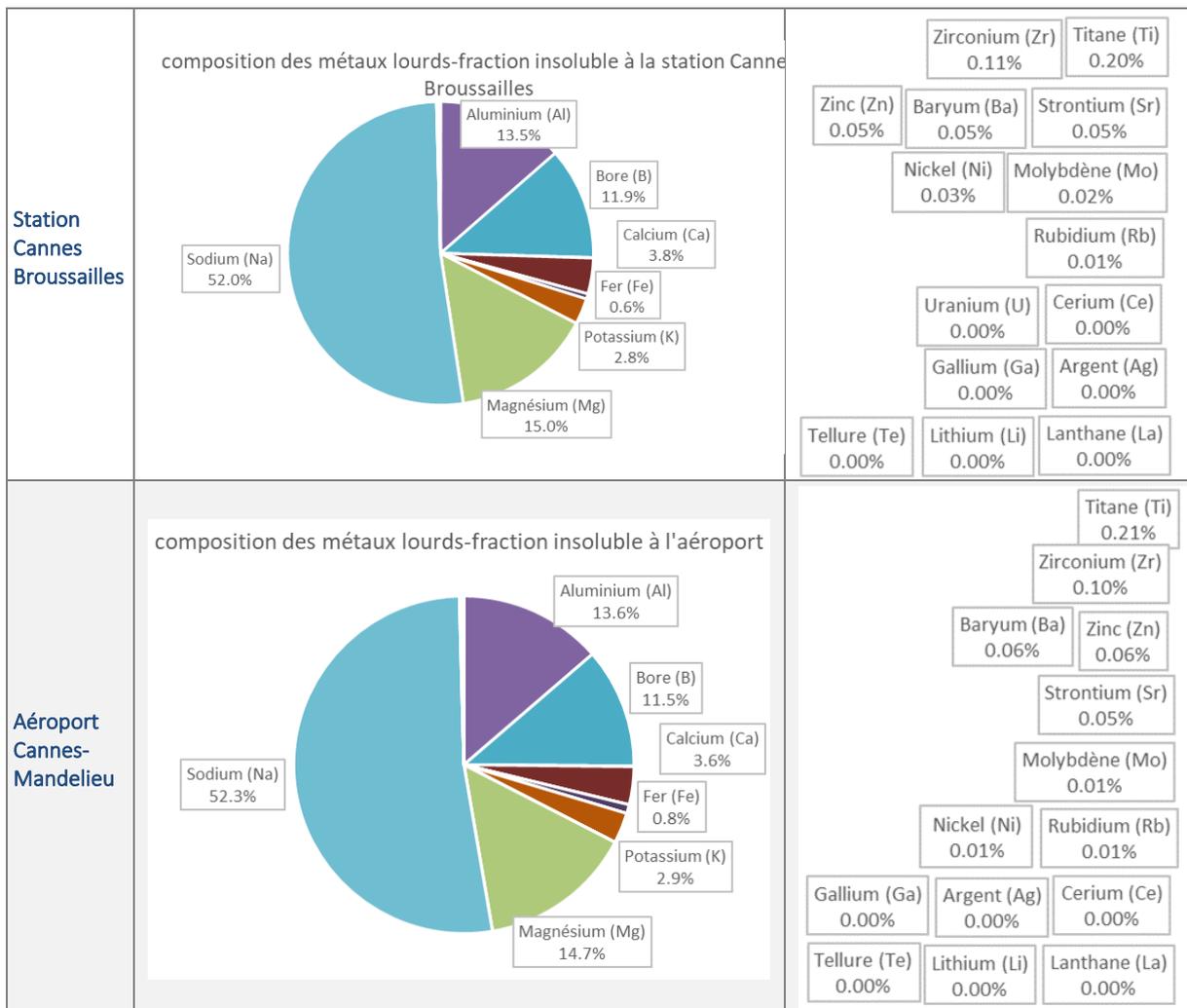
► Fraction soluble

Site	Principaux métaux lourds en fraction soluble	Métaux lourds secondaires en fraction soluble																																
Riverain 1	<p>composition des métaux lourds-fraction soluble au site riverain 1</p> <table border="1"> <caption>Composition des métaux lourds-fraction soluble au site riverain 1</caption> <thead> <tr> <th>Métal</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodium (Na)</td><td>29.9%</td></tr> <tr><td>Zinc (Zn)</td><td>3.3%</td></tr> <tr><td>Plomb (Pb)</td><td>16.9%</td></tr> <tr><td>Aluminium (Al)</td><td>1.2%</td></tr> <tr><td>Calcium (Ca)</td><td>15.5%</td></tr> <tr><td>Fer (Fe)</td><td>0.6%</td></tr> <tr><td>Potassium (K)</td><td>18.2%</td></tr> <tr><td>Magnésium (Mg)</td><td>13.7%</td></tr> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.24%</td></tr> </tbody> </table>	Métal	Pourcentage	Sodium (Na)	29.9%	Zinc (Zn)	3.3%	Plomb (Pb)	16.9%	Aluminium (Al)	1.2%	Calcium (Ca)	15.5%	Fer (Fe)	0.6%	Potassium (K)	18.2%	Magnésium (Mg)	13.7%	Strontium (Sr)	0.24%	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Etain (Sn)</td><td>0.25%</td></tr> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.24%</td></tr> <tr><td>Baryum (Ba)</td><td>0.08%</td></tr> <tr><td>Bore (B)</td><td>0.05%</td></tr> <tr><td>Nickel (Ni)</td><td>0.04%</td></tr> <tr><td>Titane (Ti)</td><td>0.01%</td></tr> </tbody> </table>	Etain (Sn)	0.25%	Strontium (Sr)	0.24%	Baryum (Ba)	0.08%	Bore (B)	0.05%	Nickel (Ni)	0.04%	Titane (Ti)	0.01%
Métal	Pourcentage																																	
Sodium (Na)	29.9%																																	
Zinc (Zn)	3.3%																																	
Plomb (Pb)	16.9%																																	
Aluminium (Al)	1.2%																																	
Calcium (Ca)	15.5%																																	
Fer (Fe)	0.6%																																	
Potassium (K)	18.2%																																	
Magnésium (Mg)	13.7%																																	
Strontium (Sr)	0.24%																																	
Etain (Sn)	0.25%																																	
Strontium (Sr)	0.24%																																	
Baryum (Ba)	0.08%																																	
Bore (B)	0.05%																																	
Nickel (Ni)	0.04%																																	
Titane (Ti)	0.01%																																	
Riverain 2	<p>composition des métaux lourds-fraction soluble au site riverain 2</p> <table border="1"> <caption>Composition des métaux lourds-fraction soluble au site riverain 2</caption> <thead> <tr> <th>Métal</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodium (Na)</td><td>50.5%</td></tr> <tr><td>Zinc (Zn)</td><td>1.0%</td></tr> <tr><td>Aluminium (Al)</td><td>0.9%</td></tr> <tr><td>Plomb (Pb)</td><td>1.4%</td></tr> <tr><td>Calcium (Ca)</td><td>16.7%</td></tr> <tr><td>Potassium (K)</td><td>15.2%</td></tr> <tr><td>Magnésium (Mg)</td><td>13.3%</td></tr> </tbody> </table>	Métal	Pourcentage	Sodium (Na)	50.5%	Zinc (Zn)	1.0%	Aluminium (Al)	0.9%	Plomb (Pb)	1.4%	Calcium (Ca)	16.7%	Potassium (K)	15.2%	Magnésium (Mg)	13.3%	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.31%</td></tr> <tr><td>Fer (Fe)</td><td>0.30%</td></tr> <tr><td>Baryum (Ba)</td><td>0.18%</td></tr> <tr><td>Bore (B)</td><td>0.11%</td></tr> </tbody> </table>	Strontium (Sr)	0.31%	Fer (Fe)	0.30%	Baryum (Ba)	0.18%	Bore (B)	0.11%								
Métal	Pourcentage																																	
Sodium (Na)	50.5%																																	
Zinc (Zn)	1.0%																																	
Aluminium (Al)	0.9%																																	
Plomb (Pb)	1.4%																																	
Calcium (Ca)	16.7%																																	
Potassium (K)	15.2%																																	
Magnésium (Mg)	13.3%																																	
Strontium (Sr)	0.31%																																	
Fer (Fe)	0.30%																																	
Baryum (Ba)	0.18%																																	
Bore (B)	0.11%																																	



► fraction insoluble

Site	Principaux métaux lourds en fraction insoluble	Métaux lourds secondaires en fraction insoluble																																																		
Riverain 1	<p>composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 1</p> <table border="1"> <caption>Composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 1</caption> <thead> <tr> <th>Métal</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodium (Na)</td><td>52.1%</td></tr> <tr><td>Magnésium (Mg)</td><td>14.8%</td></tr> <tr><td>Aluminium (Al)</td><td>13.2%</td></tr> <tr><td>Bore (B)</td><td>12.0%</td></tr> <tr><td>Potassium (K)</td><td>2.8%</td></tr> <tr><td>Fer (Fe)</td><td>0.5%</td></tr> <tr><td>Calcium (Ca)</td><td>4.0%</td></tr> </tbody> </table>	Métal	Pourcentage	Sodium (Na)	52.1%	Magnésium (Mg)	14.8%	Aluminium (Al)	13.2%	Bore (B)	12.0%	Potassium (K)	2.8%	Fer (Fe)	0.5%	Calcium (Ca)	4.0%	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Titane (Ti)</td><td>0.22%</td></tr> <tr><td>Zirconium (Zr)</td><td>0.07%</td></tr> <tr><td>Baryum (Ba)</td><td>0.07%</td></tr> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.06%</td></tr> <tr><td>Zinc (Zn)</td><td>0.04%</td></tr> <tr><td>Argent (Ag)</td><td>0.03%</td></tr> <tr><td>Molybdène (Mo)</td><td>0.02%</td></tr> <tr><td>Etain (Sn)</td><td>0.02%</td></tr> <tr><td>Nickel (Ni)</td><td>0.02%</td></tr> <tr><td>Rubidium (Rb)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Cerium (Ce)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Uranium (U)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Tellure (Te)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Gallium (Ga)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Beryllium (Be)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lithium (Li)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lanthane (La)</td><td>0.00%</td></tr> </tbody> </table>	Titane (Ti)	0.22%	Zirconium (Zr)	0.07%	Baryum (Ba)	0.07%	Strontium (Sr)	0.06%	Zinc (Zn)	0.04%	Argent (Ag)	0.03%	Molybdène (Mo)	0.02%	Etain (Sn)	0.02%	Nickel (Ni)	0.02%	Rubidium (Rb)	0.01%	Cerium (Ce)	0.00%	Uranium (U)	0.00%	Tellure (Te)	0.00%	Gallium (Ga)	0.00%	Beryllium (Be)	0.00%	Lithium (Li)	0.00%	Lanthane (La)	0.00%
Métal	Pourcentage																																																			
Sodium (Na)	52.1%																																																			
Magnésium (Mg)	14.8%																																																			
Aluminium (Al)	13.2%																																																			
Bore (B)	12.0%																																																			
Potassium (K)	2.8%																																																			
Fer (Fe)	0.5%																																																			
Calcium (Ca)	4.0%																																																			
Titane (Ti)	0.22%																																																			
Zirconium (Zr)	0.07%																																																			
Baryum (Ba)	0.07%																																																			
Strontium (Sr)	0.06%																																																			
Zinc (Zn)	0.04%																																																			
Argent (Ag)	0.03%																																																			
Molybdène (Mo)	0.02%																																																			
Etain (Sn)	0.02%																																																			
Nickel (Ni)	0.02%																																																			
Rubidium (Rb)	0.01%																																																			
Cerium (Ce)	0.00%																																																			
Uranium (U)	0.00%																																																			
Tellure (Te)	0.00%																																																			
Gallium (Ga)	0.00%																																																			
Beryllium (Be)	0.00%																																																			
Lithium (Li)	0.00%																																																			
Lanthane (La)	0.00%																																																			
Riverain 2	<p>composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 2</p> <table border="1"> <caption>Composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 2</caption> <thead> <tr> <th>Métal</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodium (Na)</td><td>54.8%</td></tr> <tr><td>Magnésium (Mg)</td><td>14.1%</td></tr> <tr><td>Aluminium (Al)</td><td>12.3%</td></tr> <tr><td>Bore (B)</td><td>11.5%</td></tr> <tr><td>Potassium (K)</td><td>2.5%</td></tr> <tr><td>Fer (Fe)</td><td>0.3%</td></tr> <tr><td>Calcium (Ca)</td><td>3.8%</td></tr> </tbody> </table>	Métal	Pourcentage	Sodium (Na)	54.8%	Magnésium (Mg)	14.1%	Aluminium (Al)	12.3%	Bore (B)	11.5%	Potassium (K)	2.5%	Fer (Fe)	0.3%	Calcium (Ca)	3.8%	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Titane (Ti)</td><td>0.20%</td></tr> <tr><td>Zinc (Zn)</td><td>0.16%</td></tr> <tr><td>Zirconium (Zr)</td><td>0.14%</td></tr> <tr><td>Baryum (Ba)</td><td>0.06%</td></tr> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.05%</td></tr> <tr><td>Molybdène (Mo)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Nickel (Ni)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Rubidium (Rb)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Argent (Ag)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Cerium (Ce)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lithium (Li)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lanthane (La)</td><td>0.00%</td></tr> </tbody> </table>	Titane (Ti)	0.20%	Zinc (Zn)	0.16%	Zirconium (Zr)	0.14%	Baryum (Ba)	0.06%	Strontium (Sr)	0.05%	Molybdène (Mo)	0.01%	Nickel (Ni)	0.01%	Rubidium (Rb)	0.01%	Argent (Ag)	0.00%	Cerium (Ce)	0.00%	Lithium (Li)	0.00%	Lanthane (La)	0.00%										
Métal	Pourcentage																																																			
Sodium (Na)	54.8%																																																			
Magnésium (Mg)	14.1%																																																			
Aluminium (Al)	12.3%																																																			
Bore (B)	11.5%																																																			
Potassium (K)	2.5%																																																			
Fer (Fe)	0.3%																																																			
Calcium (Ca)	3.8%																																																			
Titane (Ti)	0.20%																																																			
Zinc (Zn)	0.16%																																																			
Zirconium (Zr)	0.14%																																																			
Baryum (Ba)	0.06%																																																			
Strontium (Sr)	0.05%																																																			
Molybdène (Mo)	0.01%																																																			
Nickel (Ni)	0.01%																																																			
Rubidium (Rb)	0.01%																																																			
Argent (Ag)	0.00%																																																			
Cerium (Ce)	0.00%																																																			
Lithium (Li)	0.00%																																																			
Lanthane (La)	0.00%																																																			
Riverain 3	<p>composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 3</p> <table border="1"> <caption>Composition des métaux lourds-fraction insoluble au site riverain 3</caption> <thead> <tr> <th>Métal</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodium (Na)</td><td>55.1%</td></tr> <tr><td>Magnésium (Mg)</td><td>14.0%</td></tr> <tr><td>Aluminium (Al)</td><td>12.5%</td></tr> <tr><td>Bore (B)</td><td>11.1%</td></tr> <tr><td>Potassium (K)</td><td>2.5%</td></tr> <tr><td>Fer (Fe)</td><td>0.7%</td></tr> <tr><td>Calcium (Ca)</td><td>3.6%</td></tr> </tbody> </table>	Métal	Pourcentage	Sodium (Na)	55.1%	Magnésium (Mg)	14.0%	Aluminium (Al)	12.5%	Bore (B)	11.1%	Potassium (K)	2.5%	Fer (Fe)	0.7%	Calcium (Ca)	3.6%	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Titane (Ti)</td><td>0.20%</td></tr> <tr><td>Zirconium (Zr)</td><td>0.09%</td></tr> <tr><td>Zinc (Zn)</td><td>0.07%</td></tr> <tr><td>Baryum (Ba)</td><td>0.06%</td></tr> <tr><td>Strontium (Sr)</td><td>0.05%</td></tr> <tr><td>Molybdène (Mo)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Nickel (Ni)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Rubidium (Rb)</td><td>0.01%</td></tr> <tr><td>Argent (Ag)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Cerium (Ce)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Tellure (Te)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lithium (Li)</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>Lanthane (La)</td><td>0.00%</td></tr> </tbody> </table>	Titane (Ti)	0.20%	Zirconium (Zr)	0.09%	Zinc (Zn)	0.07%	Baryum (Ba)	0.06%	Strontium (Sr)	0.05%	Molybdène (Mo)	0.01%	Nickel (Ni)	0.01%	Rubidium (Rb)	0.01%	Argent (Ag)	0.00%	Cerium (Ce)	0.00%	Tellure (Te)	0.00%	Lithium (Li)	0.00%	Lanthane (La)	0.00%								
Métal	Pourcentage																																																			
Sodium (Na)	55.1%																																																			
Magnésium (Mg)	14.0%																																																			
Aluminium (Al)	12.5%																																																			
Bore (B)	11.1%																																																			
Potassium (K)	2.5%																																																			
Fer (Fe)	0.7%																																																			
Calcium (Ca)	3.6%																																																			
Titane (Ti)	0.20%																																																			
Zirconium (Zr)	0.09%																																																			
Zinc (Zn)	0.07%																																																			
Baryum (Ba)	0.06%																																																			
Strontium (Sr)	0.05%																																																			
Molybdène (Mo)	0.01%																																																			
Nickel (Ni)	0.01%																																																			
Rubidium (Rb)	0.01%																																																			
Argent (Ag)	0.00%																																																			
Cerium (Ce)	0.00%																																																			
Tellure (Te)	0.00%																																																			
Lithium (Li)	0.00%																																																			
Lanthane (La)	0.00%																																																			



ANNEXE 7 – SPECIFICITES DES SITES

Concentrations de métaux atypiques en comparaison aux autres sites

Le tableau suivant met en évidence certains métaux dont les concentrations atypiques nécessitent des précisions et une comparaison avec les émissions disponibles pour identifier la présence de sources supplémentaires. Le détail de la caractérisation des sites est indiqué en Annexe 6.

Spécificités / concentrations	Métaux	Émissions disponibles	Aéroport	Station Cannes	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3
Sur un site unique	Béryllium	Non			X		
	Étain	Non			X		
Sur deux sites	Uranium	Non		X	X		
Sur trois sites	Gallium	Non	X	X	X		
Sur tous les sites	Aluminium	Non			X		
	Argent	Non			X		
	Baryum	Oui		X	X		
	Bore	Non			X		
	Calcium	Non	X		X		
	Fer	Non	X				
	Lithium	Non	X				
	Magnésium	Non			X		
	Molybdène	Non			X	X	
	Nickel	Oui			X		
	Plomb	Oui			X	X	
	Potassium	Non	X				
	Rubidium	Non	X				
	Sodium	Non					X
	Strontium	Non	X				
Titane	Non				X	X	
Zinc	Oui				X		
Zirconium	Non					X	

Les émissions issues de l'inventaire d'Atmosud, ne sont pas disponibles pour l'ensemble des métaux retrouvés, aussi des précisions ne pourront être apportées que pour le Baryum, le Nickel, le Plomb et le Zinc. Les informations sur le Baryum sont issues de calcul théorique par application de coefficient et non de déclaration d'industriels. Pour les autres métaux, la recherche de source se réfère aux informations issues de la base de données Géorisques [4] et à la littérature et leurs utilisations possibles.

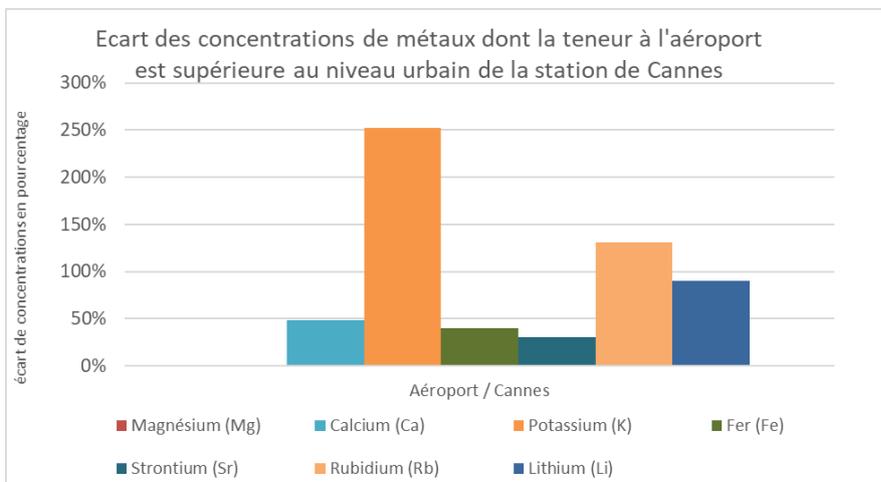
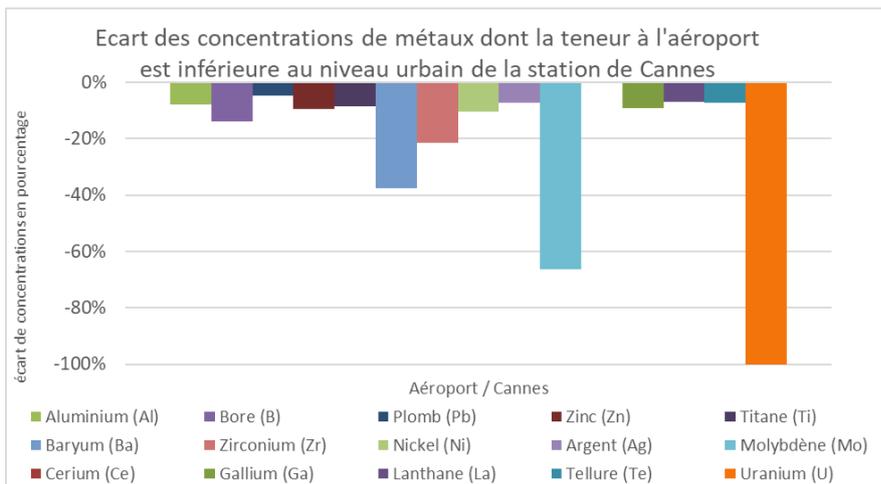
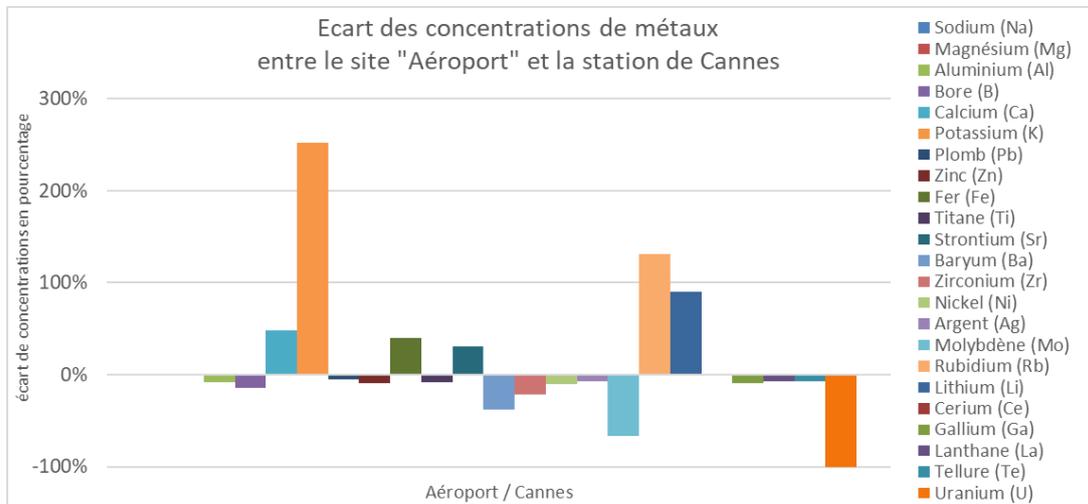
Concentrations ou présence de HAP atypiques en comparaison aux autres sites

Le tableau suivant met en évidence certains HAP présents uniquement sur un site ou pour lequel la concentration est nettement supérieure aux autres.

Spécificités / concentrations	HAP	Émissions disponibles	Aéroport	Station Cannes	Riverain 1	Riverain 2	Riverain 3
Sur un site unique	Benzo(b)fluoranthène	Oui	X				
	Benzo(a)pyrène	Oui	X				
	Benzo(e)pyrène	Oui	X				
	Pyrène	Oui	X				
Sur quatre sites	Chrysène	Oui	X				X
	Phénanthrène	Oui					

ANNEXE 8 – COMPARAISON DES SITES AVEC LE SITE DE REFERENCE DE LA STATION URBAINE DE CANNES

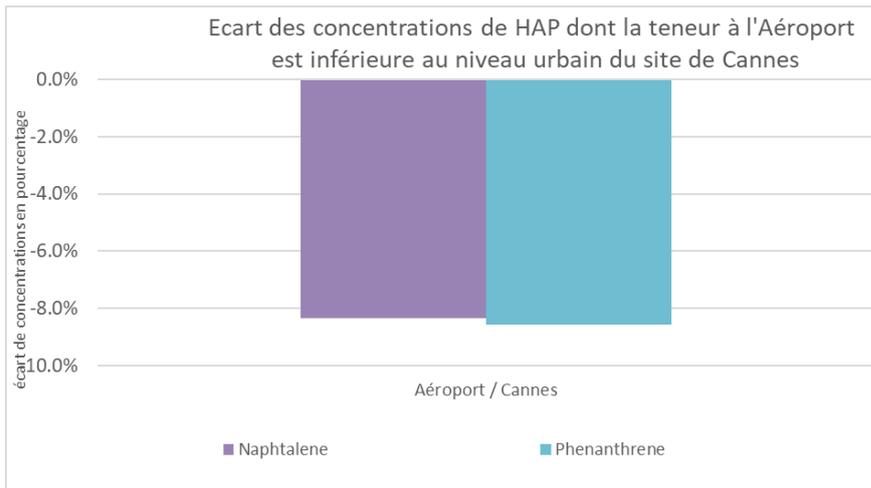
comparaison des écarts des concentrations avec le site « Aéroport »



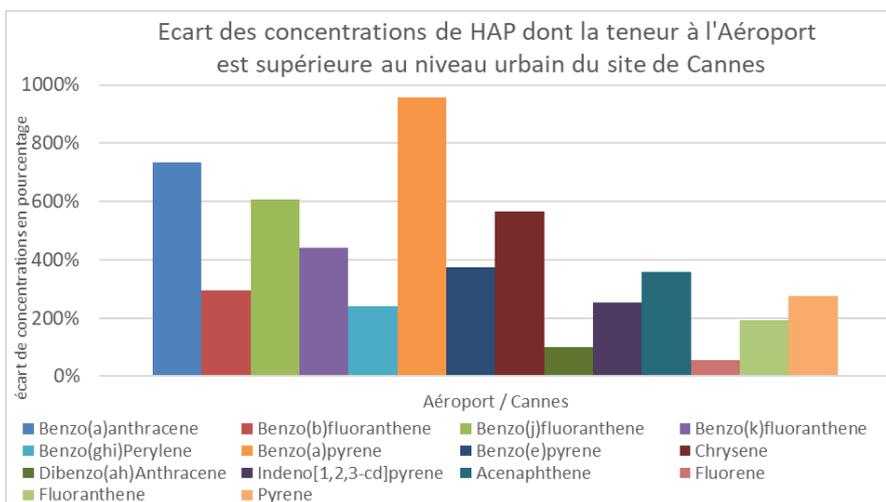
Une quinzaine de métaux (écart négatif) ne peut caractériser le site « Aéroport » car les concentrations relevées sur la plateforme sont inférieures à celles du site urbain de référence à Cannes Broussailles.

Néanmoins ce site a des spécificités (Baryum, Molybdène, Gallium et Uranium).

En revanche 6 métaux ont des concentrations supérieures au site de référence. Ces niveaux peuvent être issus de sources spécifiques à l'activité aéroportuaire.

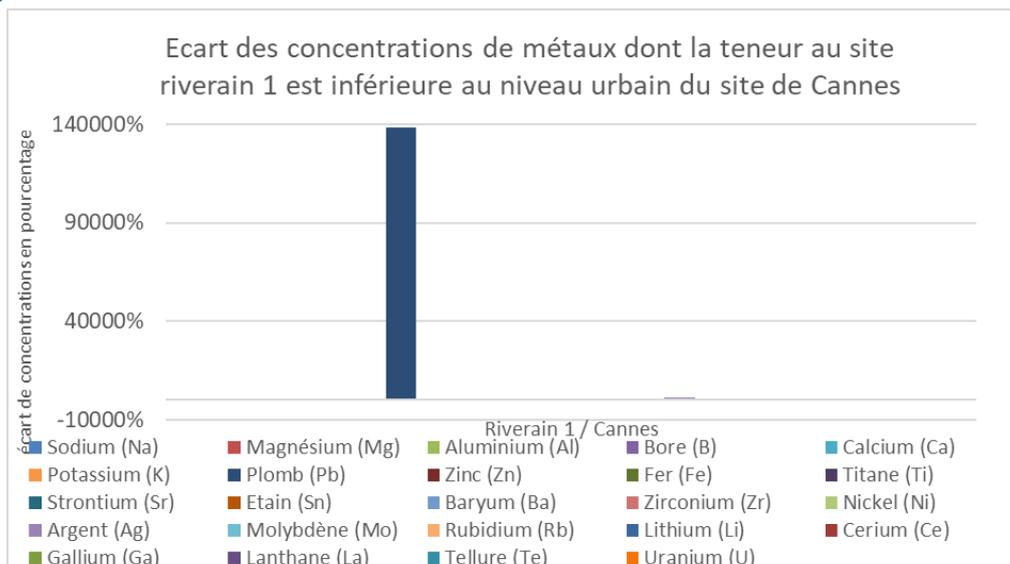


2 HAP seulement, le phénanthrène, et le naphthalène, affichent un écart négatif. Ces HAP ne peuvent donc pas caractériser l'activité aéroportuaire, bien que le phénanthrène soit évoqué dans la littérature.

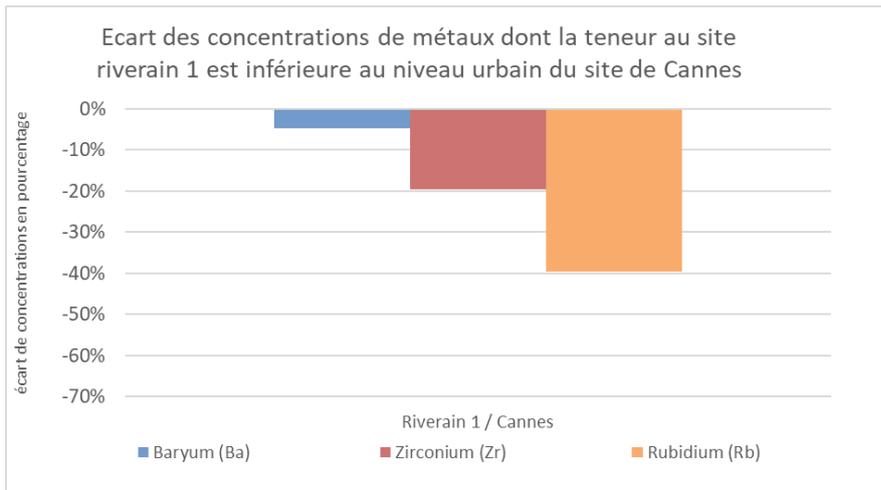


14 HAP ont des concentrations supérieures au site de Cannes. Ces niveaux peuvent être liés à l'activité de l'aéroport en raison de leur ratio important. 3 HAP ont des sources spécifiques (pesticides ou voie ferrée) et le Dibenzo(a)anthracène est mesuré à l'aéroport mais pas à Cannes.

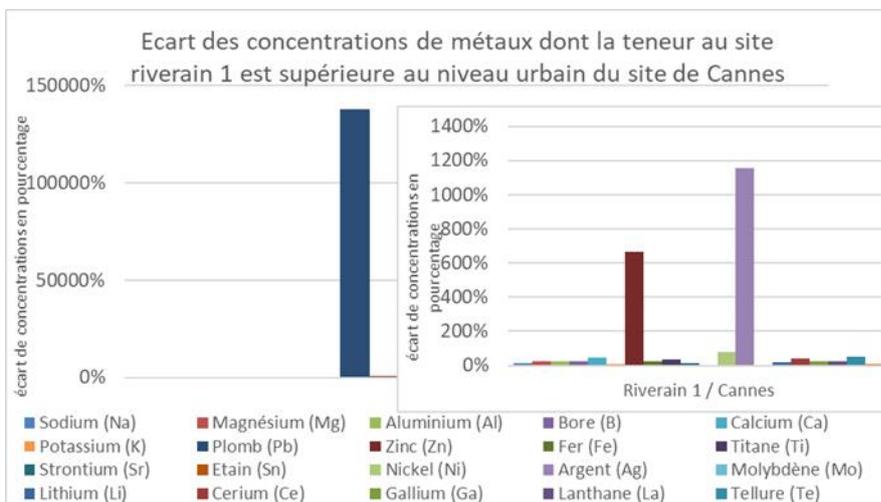
► comparaison des écarts des concentrations avec le site « Riverain 1 »



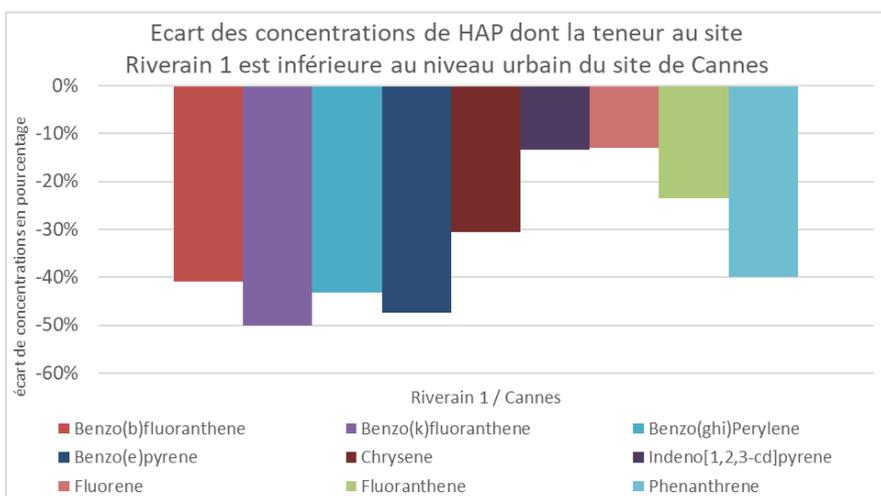
La comparaison avec le site de référence de Cannes met en évidence le Plomb, métal retrouvé à très faible concentration sur le site de Cannes.



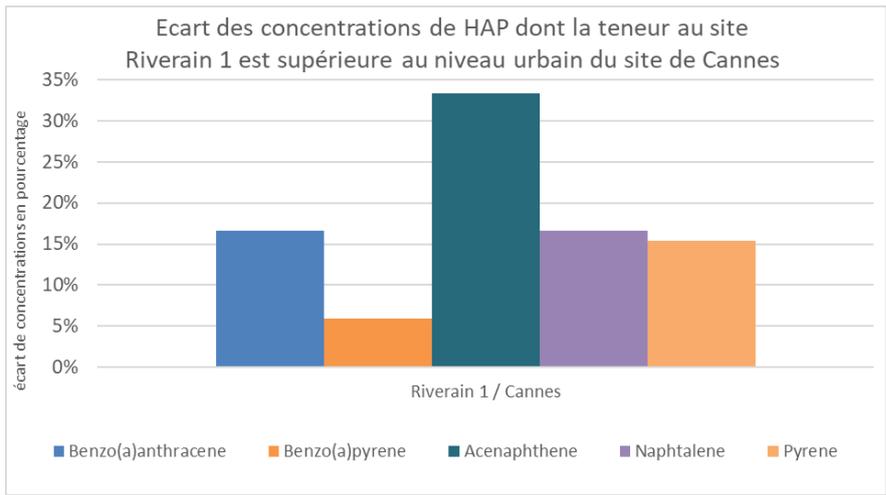
3 métaux seulement présentent une concentration inférieure à celle du site urbain de référence à Cannes Broussailles, dont le Baryum, pour lequel le niveau à Cannes est atypique et ne constitue pas une référence.



20 métaux ont des concentrations supérieures au site de référence, dont 3 (Plomb, Zinc, Argent) ressortent nettement. Ces niveaux sont issus de sources proches spécifiques aux activités locales et potentiellement à l'activité aéroportuaire.

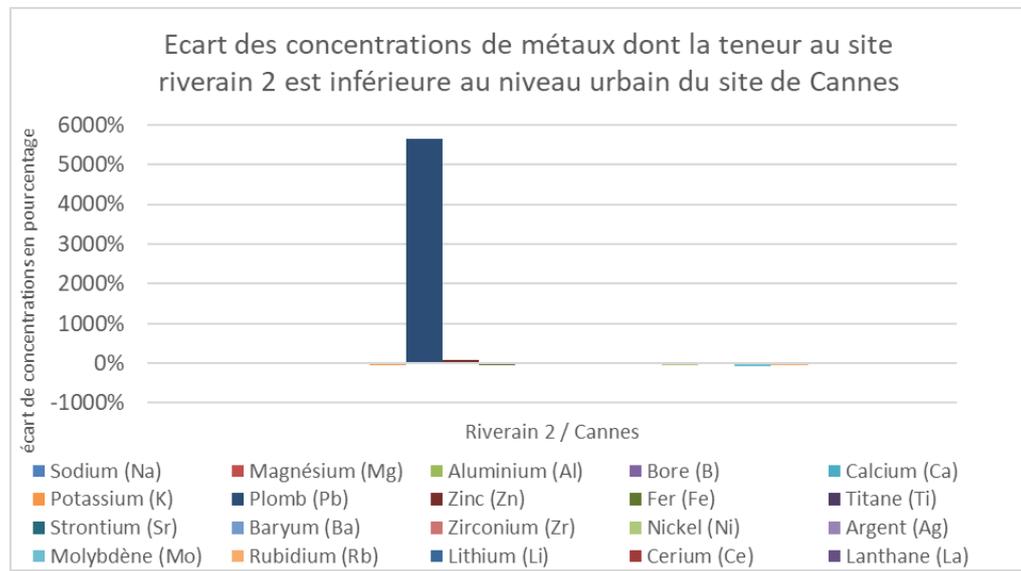


9 HAP mesurés sur le site riverain 1 ont des niveaux inférieurs à ceux du site urbain de référence à Cannes Broussailles, et parmi eux le fluoranthène et ses dérivés et 2 dérivés du pyrène.

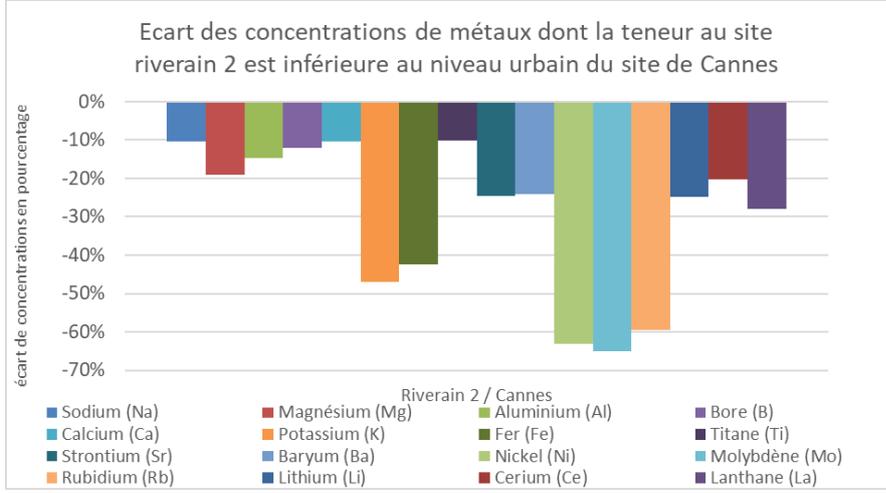


5 HAP présentent des concentrations plus élevées que celles du site de Cannes, pouvant donc être en lien avec l'activité aéroportuaire.

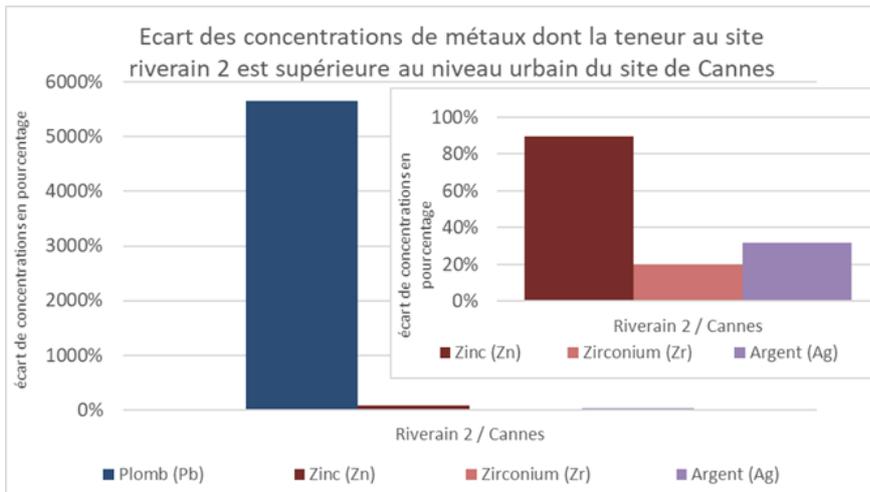
► comparaison des écarts des concentrations avec le site « Riverain 2 »



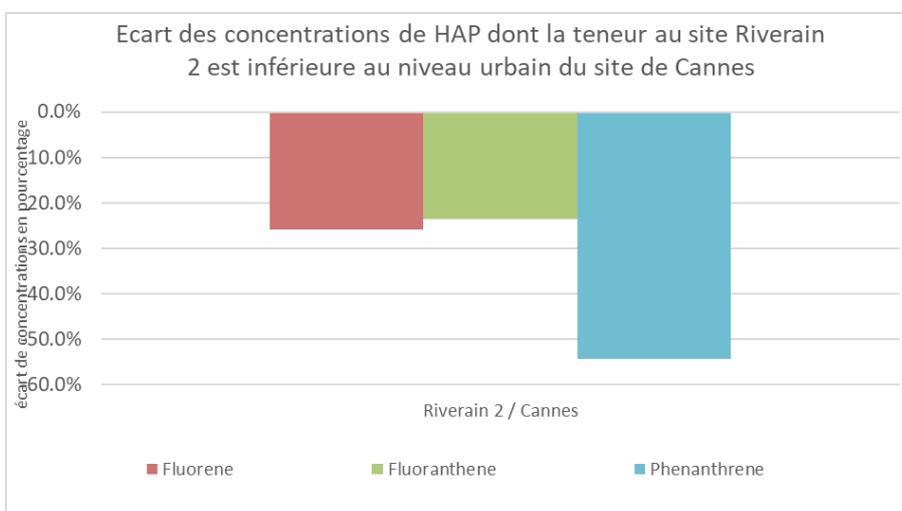
Comme pour le site Riverain 1, la comparaison avec le site de référence de Cannes met en évidence le Plomb, métal retrouvé à très faible concentration sur le site de Cannes.



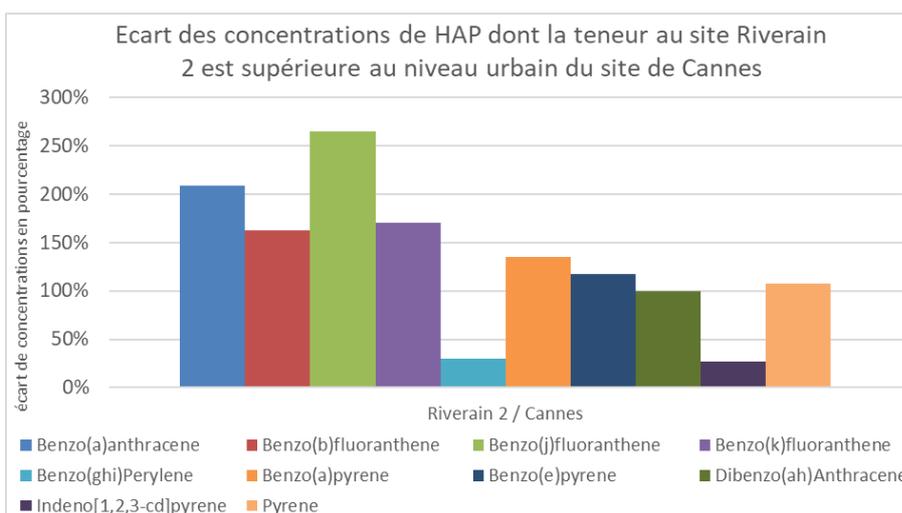
16 métaux présentent un écart négatif, indiquant des concentrations inférieures à celles du site urbain de référence à Cannes Broussailles, dont le Baryum et le Molybdène, métaux dont les niveaux à Cannes sont atypiques.



En revanche 4 métaux ont des niveaux supérieurs au site de Cannes. Ces teneurs sont liées à des sources proches spécifiques aux activités locales et potentiellement à l'activité aéroportuaire.

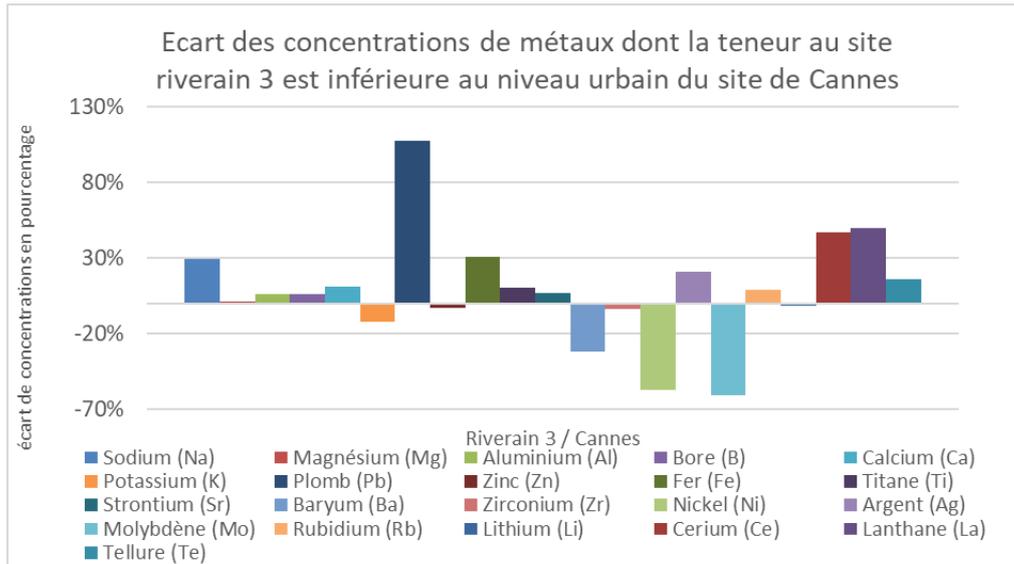


3 HAP présentent un écart négatif, indiquant des concentrations inférieures à celles du site urbain de référence à Cannes Broussailles.

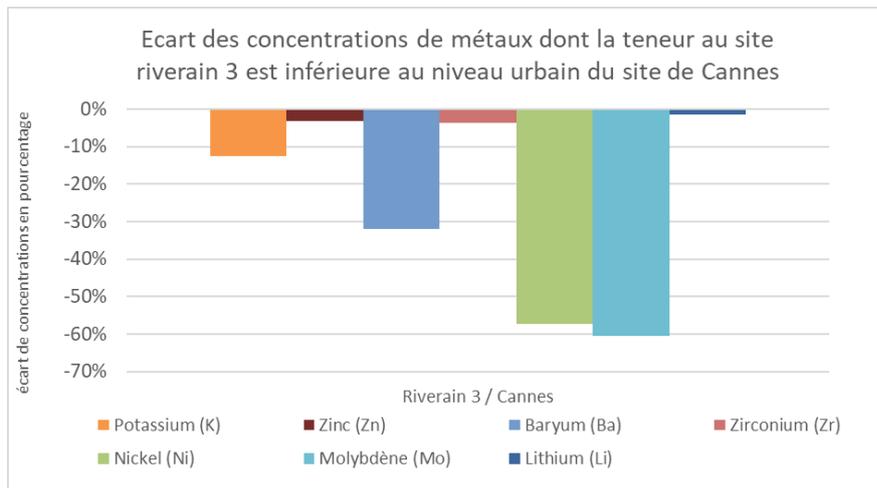


En revanche, 10 HAP ont des niveaux supérieurs au site de Cannes. Ces teneurs sont liées à des sources proches spécifiques aux activités locales et potentiellement à l'activité aéroportuaire.

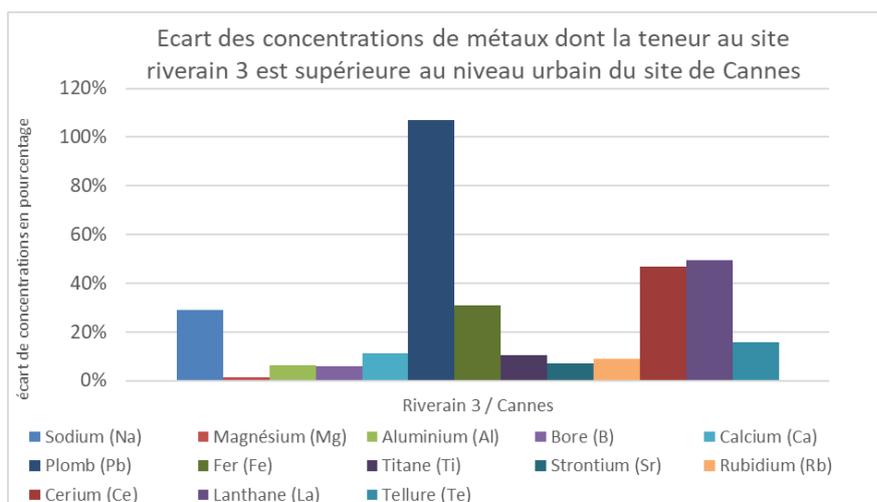
comparaison des écarts des concentrations avec le site « Riverain 3 »



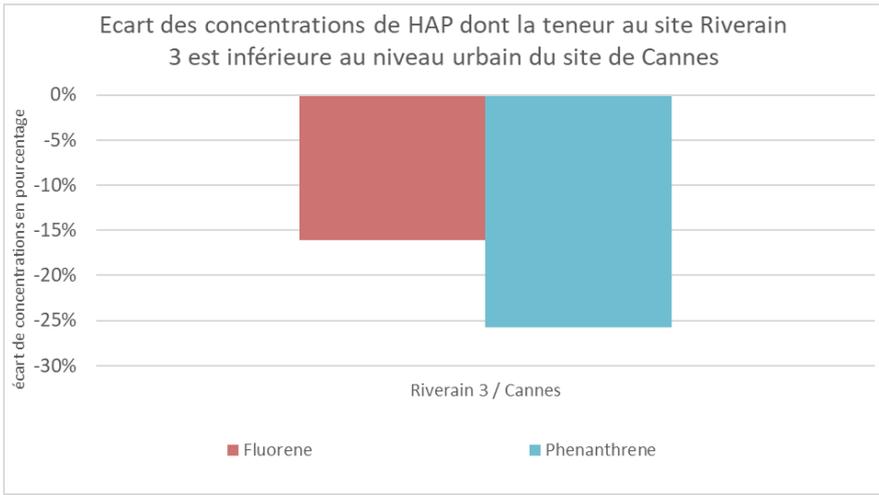
Comme pour les autres sites Riverain, mais dans une proportion différente, la comparaison avec le site de référence met en évidence le Plomb, métal retrouvé à très faible concentration sur le site de Cannes.



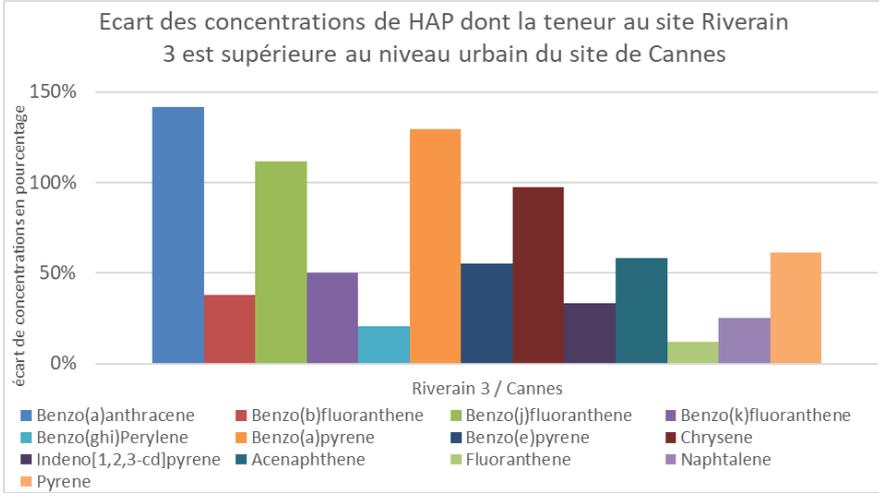
7 métaux affichent des niveaux plus faibles que ceux du site urbain de référence à Cannes Broussailles, dont le Baryum et le Molybdène, spécifique à l'environnement du site de référence.



En revanche, 14 métaux ont des concentrations supérieures au site de référence. Ces niveaux proviennent de sources proches spécifiques aux activités locales et potentiellement à l'activité aéroportuaire.



Seulement 2 HAP, le phénanthrène et le fluorène, présentent un écart négatif, indiquant des concentrations inférieures à celles du site urbain de référence à Cannes Broussailles, dont le phénanthrène et le chrysène.



En revanche 13 HAP ont des niveaux supérieurs au site de Cannes, issus de divers sources dont potentiellement l'activité aéroportuaire.

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



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

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

Des missions d'intérêt général

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

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

Recevez nos bulletins

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

Conditions de diffusion

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

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



www.atmosud.org

A propos d'AtmoSud

Siège social

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

Etablissement de Martigues

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

Etablissement de Nive

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

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

AtmoSud
Inspirer un air meilleur