

Evaluation de la qualité de l'air autour du centre de traitement des déchets andorrans

Rapport annuel 2021

ETU-2022-181 - Edition Avril 2022

www.atmo-occitanie.org

contact@atmo-occitanie.org

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



CONDITIONS DE DIFFUSION

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

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

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

www.atmo-occitanie.org

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

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

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

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

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

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| SYNTHESE | 1 |
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS | 2 |
| 1.1. CONTEXTE | 2 |
| 1.2. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE..... | 2 |
| 2. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AUTOUR DU CTR EN 2021 | 3 |
| 2.1. POLLUANTS MESURES | 3 |
| 2.2. SITES DE MESURE | 3 |
| 2.3. FONCTIONNEMENT DU CTR | 5 |
| 2.4. TRAVAUX A PROXIMITE | 5 |
| 3. PARTICULES ET METAUX EN AIR AMBIANT..... | 6 |
| 3.1. PARTICULES EN SUSPENSION PM ₁₀ | 6 |
| 3.2. METAUX CONTENUS DANS LES PARTICULES EN SUSPENSION PM ₁₀ | 8 |
| 4. RETOMBEEES ATMOSPHERIQUES TOTALES..... | 11 |
| 4.1. METAUX CONTENUS DANS LES RETOMBEEES ATMOSPHERIQUES | 11 |
| 4.2. DIOXINES CONTENUES DANS LES RETOMBEEES ATMOSPHERIQUES..... | 17 |
| 5. DIOXINES ET METAUX DANS LES FOURRAGES..... | 22 |
| 5.1. CONTEXTE | 22 |
| 5.2. RESULTATS DES METAUX..... | 22 |
| 5.3. RESULTATS DES DIOXINES..... | 23 |
| 5.4. REPARTITION DES CONGENERES..... | 23 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 24 |
| TABLE DES ANNEXES | 24 |

SYNTHESE

Particules et métaux

Respect des valeurs réglementaires et de référence

Les concentrations des **particules PM₁₀** mesurées dans l'air ambiant ainsi que les **métaux** en air ambiant, dans les retombées atmosphériques et dans les fourrages demeurent, **comme les années précédentes, inférieures aux valeurs réglementaires ou valeurs de référence.**

Influence de l'incinérateur limitée aux abords immédiats

Au plus proche de l'incinérateur, à côté du hangar des mâchefers, une influence de son activité est visible avec :

- des retombées de métaux légèrement plus élevées que sur les autres sites étudiés ;
- des concentrations en particules PM₁₀ plus élevées qu'en fond urbain sur le troisième trimestre 2021.

Ces résultats sont proches des suivis réalisés entre 2016 et 2018, avant les travaux de construction du réseau de chaleur à proximité ayant impacté les résultats en 2019 et 2020.

Présence d'autres sources de pollution

Le début d'année 2021 a été marqué par des **épisodes de pollution sur les Pyrénées** avec plusieurs arrivées de **masses d'air chargées en particules PM₁₀ désertiques (Calima)**. Une hausse sur l'ensemble des sites est observée au 1^{er} trimestre 2021 en raison de l'ampleur de ces épisodes par rapport aux années précédentes.

Les niveaux à proximité des premières habitations à 600 mètres au nord-est de l'incinérateur, habituellement parmi les plus faibles, ont augmenté en 2021 en raison de l'influence **des travaux d'extension du British College** à quelques dizaines de mètres du suivi.

Dioxines et furanes

Augmentation significative des dioxines dans les dépôts et les fourrages

Des **valeurs atypiques de dioxines, nettement plus élevées que les années précédentes**, ont été relevées :

- dans les fourrages prélevés en juin 2021 au Nord-Ouest de l'incinérateur, avec une **valeur supérieure aux limites fixées par la Directive Européenne** pour l'alimentation animale.
- dans les retombées atmosphériques, au 3^{ème} trimestre sur 4 des 5 sites proches de l'incinérateur. Les valeurs sur les autres sites, dont celui au niveau des habitations les plus proches, sont faibles et homogènes.

Aucun dysfonctionnement de l'incinérateur

Aucun incident ou dysfonctionnement majeur de l'incinérateur n'a été communiqué par l'exploitant sur ces périodes et les mesures de dioxines à l'émission ne présentent aucune hausse. La source à l'origine de cet impact, uniquement sur les taux de dioxines, n'a pas été précisément identifiée et le croisement avec d'autres données n'a pas permis d'établir la contribution de l'incinérateur à cette augmentation ponctuelle et localisée.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Contexte

1.1.1. Partenariat

Dans le cadre d'une convention cadre de partenariat, Atmo Occitanie assiste – depuis 2001 – le gouvernement andorran dans sa mise en œuvre de la surveillance de la qualité de l'air sur la Principauté. Cette aide porte, notamment, sur la validation de protocoles et de sites de mesure, la rédaction et la relecture experte de projets techniques, études et rapports.

C'est dans ce cadre qu'Atmo Occitanie dresse ici le bilan du suivi de la qualité de l'air réalisé autour du centre de traitement des résidus (CTR) de la Principauté andorrane au cours de l'année 2021.

1.1.2. Historique de la surveillance de la qualité de l'air autour de l'incinérateur

Depuis sa mise en service en 2007, la surveillance de la qualité de l'air autour du CTR fait l'objet de bilans annuels [2], disponibles sur www.atmo-occitanie.org.

Des mesures ont également été effectuées avant sa mise en service, du printemps 2005 au printemps 2006 pour l'état initial [1], et de l'été 2006 au printemps 2007 pour des mesures pendant la période d'essai du CTR.

1.2. Objectifs de la surveillance

- Evaluer l'évolution, depuis la mise en service du CTR, des niveaux de :
 - particules en suspension et métaux dans l'air ambiant,
 - dioxines et métaux dans les dépôts atmosphériques.
- Déterminer la concentration de dioxines et de métaux dans les fourrages proches du CTR, sous le vent dominant.
- Evaluer l'impact du CTR sur ces paramètres.
- Comparer les résultats des mesures avec les valeurs réglementaires actuelles et les teneurs habituellement rencontrées.
- Proposer éventuellement une optimisation du dispositif de surveillance.

2. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AUTOUR DU CTR EN 2021

2.1. Polluants mesurés

L'ensemble de ces polluants est susceptible d'être émis par le CTR.

| | Polluants étudiés en 2021 | Résolution temporelle de la mesure | Période de mesure |
|---|--|------------------------------------|--|
| Particules en suspension | PM ₁₀ | 14 jours | site n°6 : toute l'année site n°3 : 1 ^{er} semestre site n°8 : 2 nd semestre |
| | Métaux dans les PM ₁₀ : As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cr | | site n°6 : 2 semaines par saison site n°3 : 2 semaines en hiver et au printemps site n°8 : 2 semaines en été et en automne |
| Retombées atmosphériques totales (dépôts) | Dioxines dans les retombées | 3 mois (saison) | toute l'année (4 mesures) |
| | Métaux dans les retombées : As, Cd, Ni, Pb, Cr | | |
| Fourrages | Dioxines et métaux | 1 prélèvement par an | 11 juin |

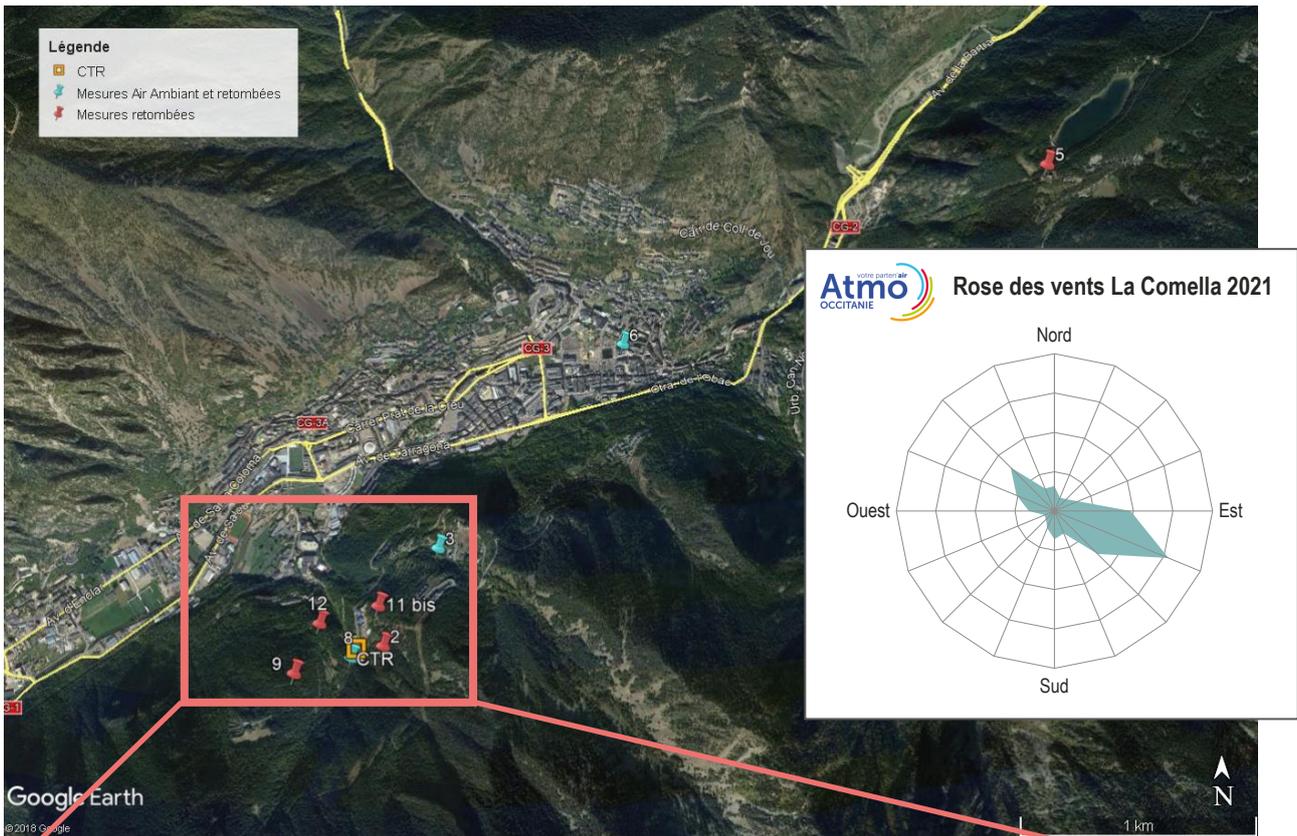
Ces polluants sont susceptibles d'être émis par le CTR mais d'autres activités émettent ces polluants dans l'air ambiant. Les origines et effets de ces différents polluants sont disponibles en annexe 1.

2.2. Sites de mesure

Les différents sites de mesures en 2021 sont présentés dans le tableau ci-dessous et le plan page suivante :

| N° | Nom | Environnement du site et distance par rapport au CTR | Mesures en 2021 | |
|--------|----------------------------------|--|-----------------|--|
| | | | Dépôts | Air ambiant |
| 2 | CTR | Proximité CTR (150 mètres à l'Est) | X | |
| 3 | Hostal La Comella | Lotissement (600 m au Nord-Est) | X | PM10 : 1 ^{er} semestre métaux : 2 semaines en hiver et au printemps |
| 5 | Engolasters | Référence en zone rurale | X | |
| 6 | Les Escaldes | Référence en zone urbaine | X | PM10 : toute l'année dans le cadre de la surveillance pérenne andorrane métaux : 2 semaines à chaque saison |
| 8 | Torrent del Cuc | Proximité immédiate CTR (à côté du hangar des mâchefers) | X | PM10 : 2 nd semestre métaux : 2 semaines en été et en automne |
| 9 | Cal Rosselló | Zone rurale (330 m à l'Ouest) | X | |
| 11 bis | Per sota del Coll de la Trapella | Proximité CTR (200 m au Nord-Est) Emplacement modifié en 2012 | X | |
| 12 | Bosc Bartra | 200 m au Nord-Ouest CTR Site ajouté en 2012 | X | |

Le calendrier des mesures est détaillé en annexe 5.



Le prélèvement des fourrages pour analyses des teneurs en métaux et dioxines est réalisé sous les vents dominants par rapport à l'incinérateur à une centaine de mètres environs.

2.3. Fonctionnement du CTR

En 2021, le fonctionnement du CTR a connu un arrêt programmé pour maintenance du 10 septembre au 5 octobre.

13 arrêts de sécurité sont survenus en 2021, la plupart n'ayant duré moins de 10 minutes, contre 3 heures d'arrêts du fonctionnement pour le plus long d'entre eux (de 18h à 21h le 13 août).

2.4. Travaux à proximité

Des travaux d'envergure ont commencé en 2019 dans les environs de l'incinérateur :

- La **construction d'un réseau de chaleur** pour alimenter un quartier en contrebas, avec notamment des travaux dans le CTR et la construction d'une centrale support au Gaz naturel à côté de l'incinérateur.
- **L'agrandissement du British College** au niveau des habitations les plus proches de l'incinérateur, avec la construction de nouveaux bâtiments et d'un centre sportif.

Ces travaux engendrent des émissions de polluants pouvant influencer le suivi réalisé autour de l'incinérateur. Des éléments détaillés sont disponibles en annexe 4

3. PARTICULES ET METAUX EN AIR AMBIANT

- Respect des valeurs de référence
- Influence de l'incinérateur limité aux abords immédiats de son enceinte
- Présence d'autres sources : retombées de poussières désertiques début 2021 et travaux d'extension du British College à la Comella



3.1. Particules en suspension PM₁₀

3.1.1. Résultats 2021 des mesures de PM₁₀

Site n°6 (Escaldes) : depuis 2009, les mesures de PM₁₀ sont réalisées en continu toute l'année.

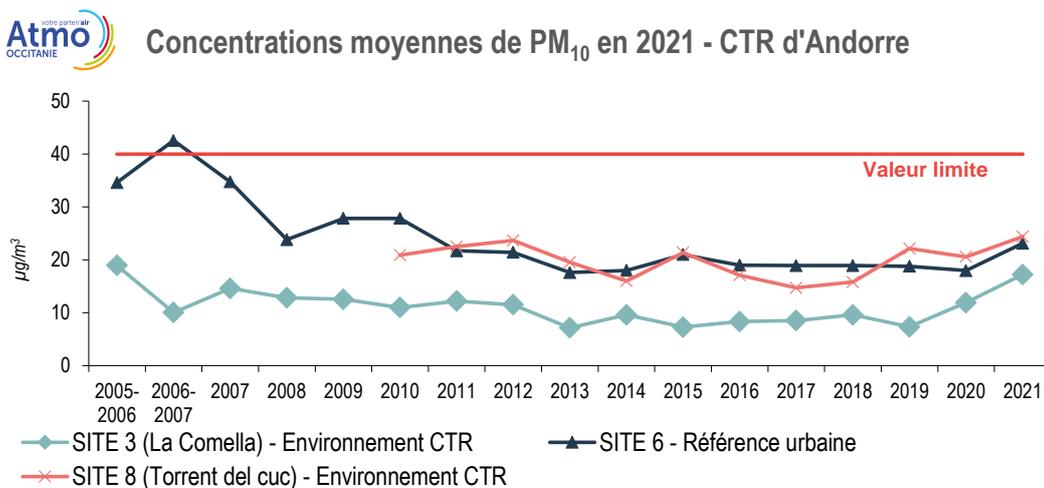
Sites n°3 et n°8 : une estimation de la moyenne annuelle a été calculée à partir des valeurs relevées à chaque saison (hiver et printemps pour le site 3, été et automne pour le site 8) auxquelles une correction¹ a été appliquée à partir des mesures du site 6, étudié toute l'année.

| PM ₁₀ | Concentrations moyennes 2021 de particules PM ₁₀ | | | Réglementation |
|------------------------------|---|---|--|--|
| | Site n°6 (Escaldes – zone urbaine) | Site n°3 (lotissement proche du CTR, 600 m au N-E) | Site n°8 (Sud du CTR, à côté du hangar des mâchefers) | |
| Moyenne en µg/m ³ | 23 | 17 | 24 | Valeur limite : 40 µg/m ³ Objectif de qualité : 30 µg/m ³ |

Sur les 3 sites, les concentrations moyennes de PM₁₀ respectent la valeur limite annuelle.

3.1.2. Évolution par rapport aux années antérieures

Le graphique ci-dessous présente l'historique des concentrations moyennes annuelles sur les 3 sites suivis.



¹ Sur le site n°6, la moyenne hiver-printemps surestime la moyenne annuelle de 15% et la moyenne été-automne sous-estime la moyenne annuelle de 20%

Différentes influences permettent d'expliquer les variations observées depuis 2019 :

Episodes de pollutions liées aux poussières désertiques début 2021

Sur les 3 sites suivis, la concentration de PM₁₀ est en augmentation en 2021 par rapport aux 10 dernières années. Ce résultat s'explique en premier lieu par un début d'année 2021 marqué par des épisodes importants de pollution aux poussières désertiques en provenance du Sahara (Calima). Il y a eu ainsi 9 jours avec des concentrations journalières supérieures au seuil d'alerte 80 µg/m³ en 2021, contre 2 jours en 2020. Il s'agit d'une influence impactant l'ensemble de la principauté, et donc également les environs de l'incinérateur.

Travaux à proximité des sites

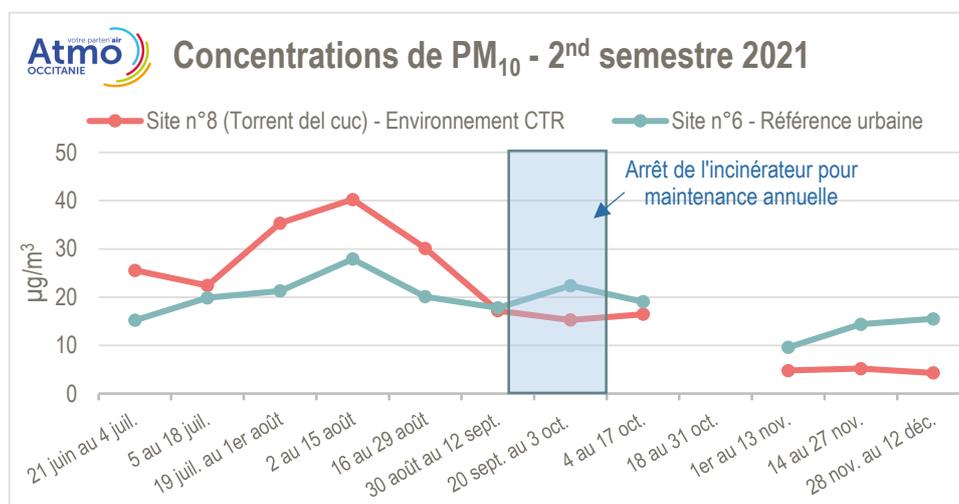
Les travaux réalisés à proximité, détaillés en annexe 4, permettent d'expliquer les hausses des concentrations de particules PM₁₀ :

- en 2019 et 2020 à proximité de l'incinérateur (site n°8), en lien avec la construction du réseau de chaleur et de la centrale au gaz
- depuis 2020 à la Comella en raison des travaux à proximité pour l'agrandissement du British College.

Influence du CTR

Les concentrations à proximité de l'incinérateur restent en 2021 supérieures au fond urbain, contrairement à la période 2014-2018 et malgré une absence de travaux liés au réseau de chaleur.

Cet écart n'est présent que sur la **période estivale**, avant l'arrêt de l'incinérateur pour maintenance annuelle (voir graphique ci-dessous). Les concentrations pendant l'automne 2021 sont en revanche plus faibles à proximité de l'incinérateur qu'en fond urbain.



Au niveau des habitations les plus proches de l'incinérateur (La Comella, site n°3), les concentrations restent inférieures à celles mesurées en fond urbain ou à proximité de l'incinérateur.

3.1.3. Comparaison à d'autres sites de mesure

En Occitanie (France), les concentrations annuelles de PM₁₀ varient, en 2021, de 12 à 28 µg/m³ selon les sites, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

| Classification des stations | | PM ₁₀ en Occitanie – Année 2021 |
|------------------------------|------------------|--|
| Environnement d'implantation | Type d'influence | Moyenne annuelle en µg/m ³ |
| Urbain | Fond | 12 - 15 |
| Urbain | Trafic routier | 15 - 26 |
| Urbain | Industriel | 14 - 16 |

- Site n°6 : comme les années précédentes, en fond urbain à Andorre-la-Vieille (23 µg/m³) ainsi qu'à proximité du CTR, la concentration de PM₁₀ est plus élevée que les valeurs obtenues en fond urbain en Occitanie. L'écart est également plus prononcé du fait des épisodes de pollution en 2021 plus nombreux et plus intenses en Andorre qu'en Occitanie, en lien avec les apports de poussières désertiques du Sahara.
- Site n°8 : à proximité immédiate de l'incinérateur, la moyenne 2021 (24 µg/m³) est plus élevée que des sites urbains de fond ou proches d'industries en Occitanie, mais semblable à des environnements influencés par le trafic routier, ce qui confirme la proximité d'une source de particules PM₁₀, très probablement les travaux de construction de la centrale de cogénération.
- Site n°3 : la concentration moyenne obtenue au niveau des habitations les plus proches de l'incinérateur (17 µg/m³) est similaire aux valeurs obtenues en fond urbain en Occitanie.

3.2. Métaux contenus dans les particules en suspension PM₁₀

3.2.1. Résultats 2021

| MTx | Seuil annuel en ng/m ³ | | Moyenne 2021 en ng/m ³ | | |
|---------|-----------------------------------|------|---|---------------------------------|--|
| | | | Site n°3 (La Comella) Environnement CTR | Site n°6 (Référence urbaine) | Site n°8 (Torrent del Cuc) Environnement CTR |
| Arsenic | | 6 | 0,9 | 0,1 | 0,3 |
| Cadmium | Valeur limite Andorrane | 5 | 0,04 | < 0,03 | 0,04 |
| Nickel | | 20 | 1,0 | 0,5 | 0,6 |
| Plomb | | 500 | 1,2 | 0,7 | 1,7 |
| Chrome | VTR US EPA ² | 100 | 1,1 | 1,6 | 0,8 |
| Mercur | Valeur guide OMS ³ | 1000 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 |

Comme les années précédentes, les concentrations moyennes annuelles 2021 des métaux étudiés sont très largement inférieures aux seuils réglementaires et valeurs guides existants.

² VTR : Valeur Toxicologique de Référence ; US EPA : Ministère de l'environnement des Etats-Unis.

³ Organisation Mondiale de la Santé

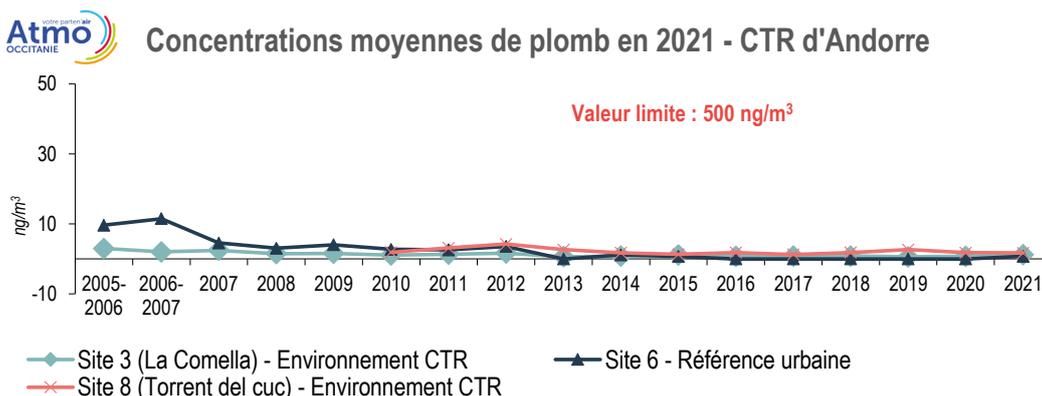
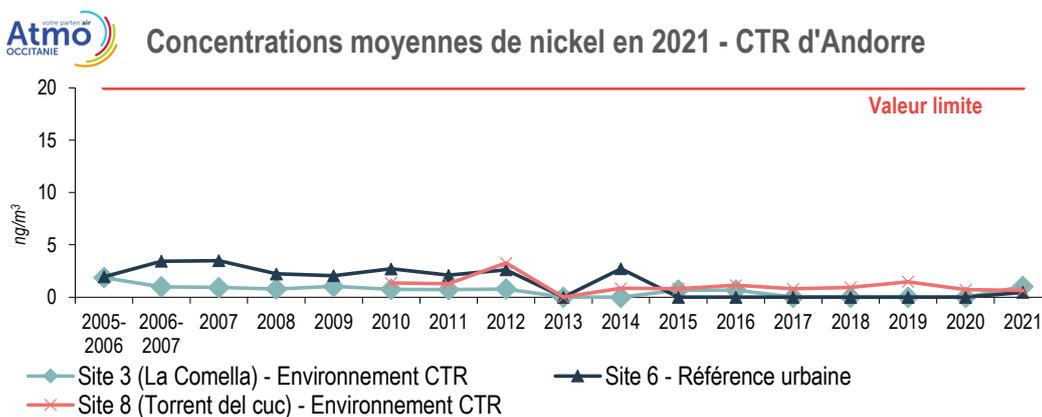
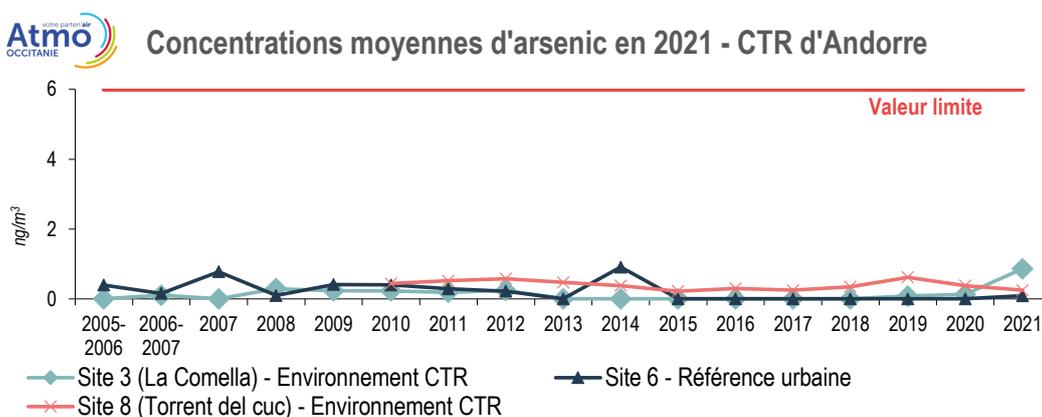
3.2.2. Evolution par rapport aux années antérieures

Les concentrations des métaux suivis sont :

- chaque année, nettement inférieures à la valeur limite ;
- relativement stables entre 2015 et 2020.

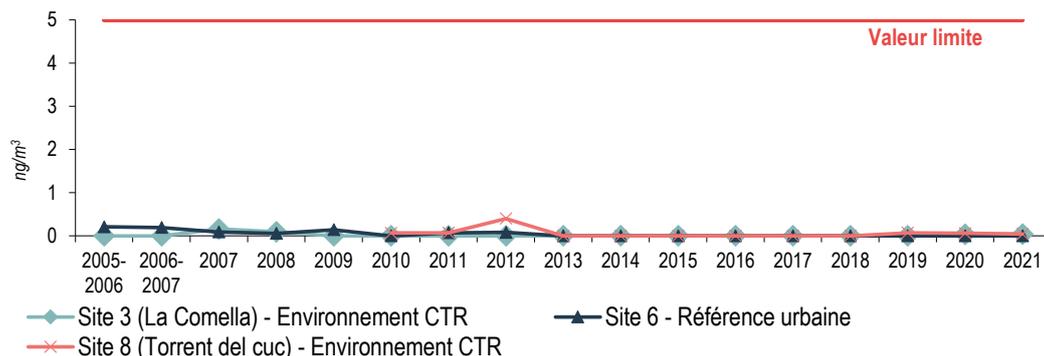
En 2021, les concentrations à La Comella (site n°3) sont légèrement plus élevées que les années précédentes, notamment pour l'arsenic. Cette hausse est uniquement due à des valeurs plus élevées lors de la campagne printanière (du 22 mars au 5 avril), période présentant également une concentration moyenne de PM₁₀ importante (50 µg/m³). Deux facteurs peuvent expliquer la présence de ces particules :

- la fin de cette période est marquée par un épisode de pollution aux particules PM₁₀ en raison d'une arrivée de poussières désertiques,
- les travaux du British College à proximité (cf. annexe 4) ont pu être plus impactant sur cette période et également remettre en suspension les poussières sahariennes qui venait de tomber.

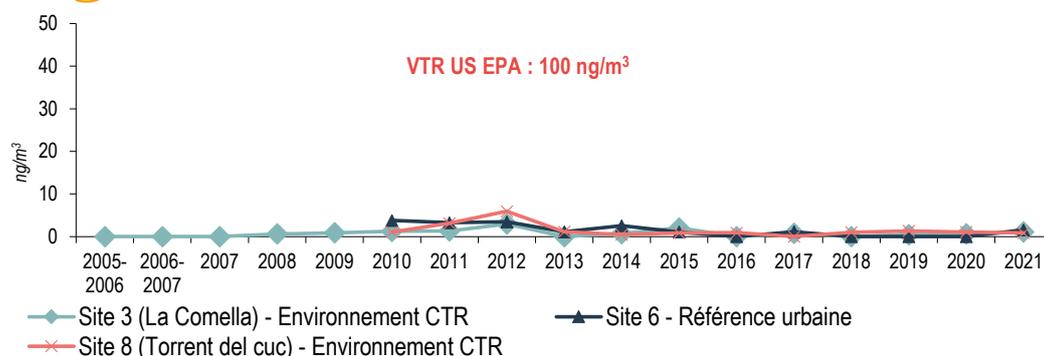




Concentrations moyennes de cadmium en 2021 - CTR d'Andorre



Concentrations moyennes de chrome en 2021 - CTR d'Andorre



3.2.3. Comparaison à d'autres sites de mesure en Occitanie



| | | Période | Concentrations de métaux dans l'air ambiant en ng/m ³ | | | | |
|---|--------------------------------|-------------|--|-------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | As | Cd | Cr | Ni | Pb |
| Andorre | Proximité incinérateur* | 2021 | 0,3 à 0,9 | 0,04 | 0,8 à 1,1 | 0,6 à 1,0 | 1,2 à 1,7 |
| Toulouse (31) | Fond urbain | 2021 | 0,3 | 0,05 | - | 0,5 | 2,0 |
| Peyrusse Vieille (32) | Fond rural | 2020 | 0,2 | 0,04 | - | 0,3 | 1,3 |
| Bessières (31), Calce (66) Lunel (34), Toulouse (31) | Proximité incinérateur | 2021 | 0,2 à 0,4 | 0,05 à 0,07 | 0,6 à 1,3 | 0,4 à 1,1 | 1,4 à 1,8 |

* donc sans tenir compte du site de référence urbain n°6

Les résultats andorrans à proximité du CTR sont proches des niveaux de fond occitans et dans la gamme des concentrations mesurées à proximité d'incinérateurs en Occitanie.

4. Retombées atmosphériques totales

4.1. Métaux contenus dans les retombées atmosphériques

- Respect des valeurs de référence
- Influence de l'incinérateur limité aux abords immédiats de son enceinte
- Présence d'autres sources : retombées de poussières désertiques début 2021 et travaux d'extension du British College à la Comella



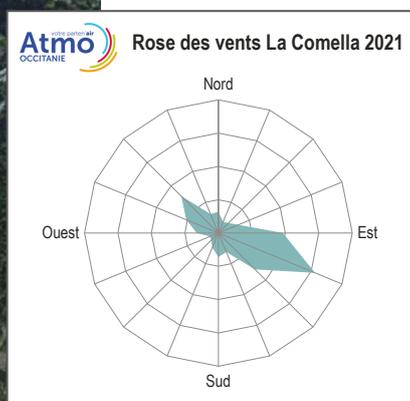
4.1.1. Résultats 2021

Il n'existe pas de directive européenne fixant des valeurs réglementaires pour les métaux contenus dans les retombées atmosphériques. En revanche, certains pays comme l'Allemagne ou la Suisse donnent des valeurs de référence.

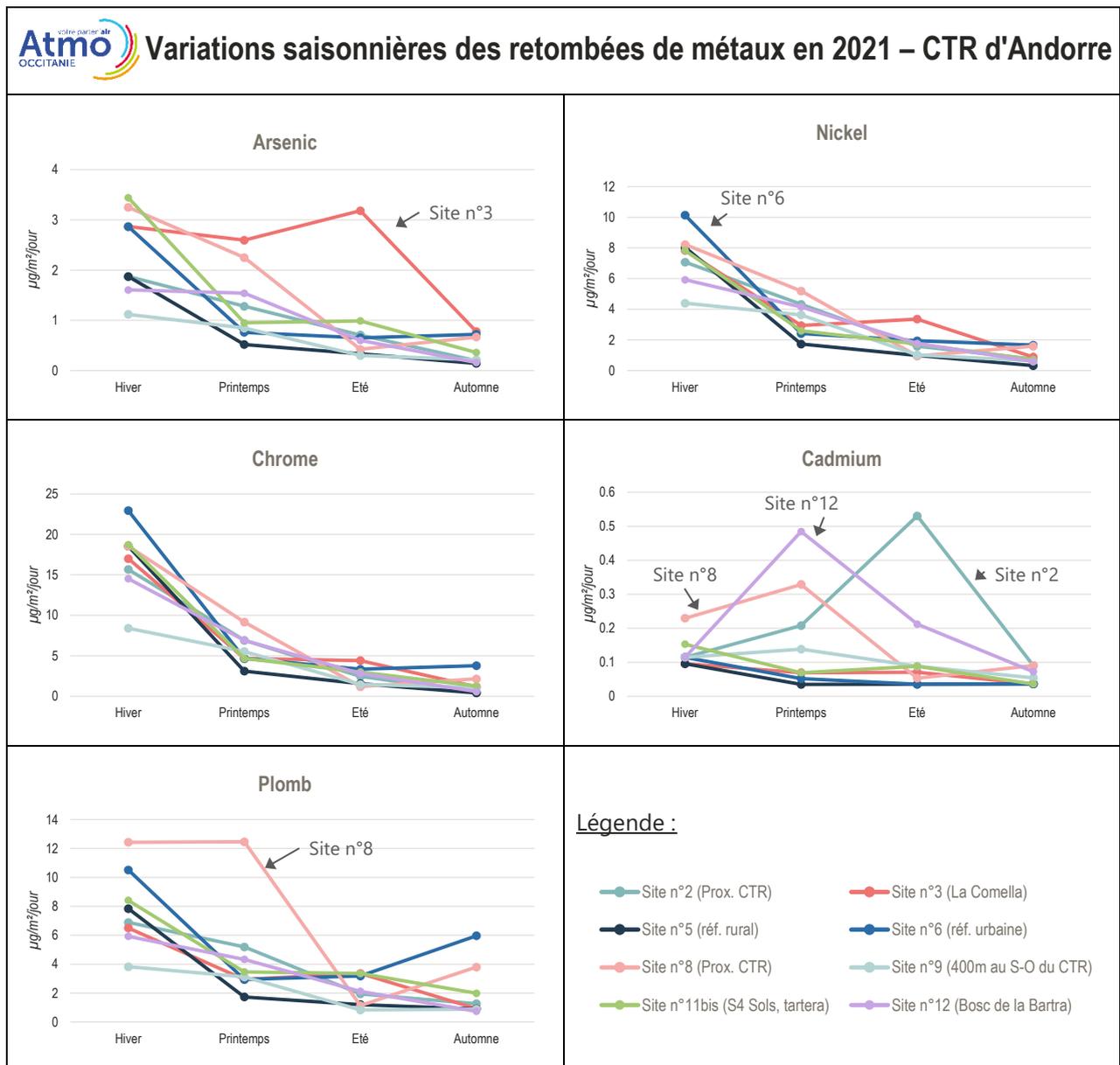
Le tableau suivant présente les concentrations moyennes en 2021 avec en **rouge** et en **bleu** la concentration moyenne annuelle la plus **élevée** et la plus **faible** sur les 8 sites étudiés.

| | Retombées de métaux en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ – Année 2021 | | | | |
|---------------------------------|--|-------------|------------|------------|------------|
| | Arsenic | Cadmium | Nickel | Plomb | Chrome |
| Site n°2 (Prox. CTR) | 1.0 | 0.24 | 3.4 | 3.8 | 6.2 |
| Site n°3 (La Comella) | 2.4 | 0.07 | 3.7 | 3.4 | 6.6 |
| Site n°5 (réf. rural) | 0.7 | 0.05 | 2.7 | 2.8 | 5.7 |
| Site n°6 (réf. urbaine) | 1.2 | 0.06 | 3.9 | 5.5 | 8.4 |
| Site n°8 (Prox. CTR) | 1.6 | 0.18 | 3.9 | 7.4 | 7.6 |
| Site n°9 (Cal Rosselló) | 0.6 | 0.10 | 2.4 | 2.1 | 4.1 |
| Site n°11bis (S4 Sols, tartera) | 1.4 | 0.09 | 3.1 | 4.2 | 6.7 |
| Site n°12 (Bosc de la Bartra) | 1.0 | 0.23 | 3.1 | 3.2 | 6.1 |
| Valeur de référence annuelle | 4 | 2 | 15 | 100 | - |

Les valeurs de référence sont respectées sur l'ensemble des sites.



4.1.2. Saisonnalité



En 2021, les retombées métalliques ont été globalement plus importantes lors de la campagne hivernale et dans une moindre mesure lors de la campagne printanière, aussi bien sur les sites proches du CTR qu'en milieu urbain ou rural de référence. Ces résultats s'expliquent par des retombées de poussières particulièrement importantes sur le début d'année 2021 apportées par des **masses d'air chargées en particules désertiques**.

A cette tendance générale s'ajoutent des variations spécifiques sur certains sites :

- Le **site n°8**, en limite Sud de l'incinérateur, présente généralement des retombées plus élevées que sur les autres sites, notamment au printemps (résultats détaillés au §4.1.5)
- Le **site n°3**, à hauteur des premières habitations à environ 600 mètres au nord-est de l'incinérateur, a connu des retombées plus importantes que sur les autres sites au printemps et en été. Les retombées étaient les années précédentes parmi les plus faibles du suivi en place. Ces résultats spécifiques sont vraisemblablement dus à l'influence des travaux d'extension du British collège, à moins de 50 mètres du point de mesure, et qui se sont arrêtés en septembre 2021.

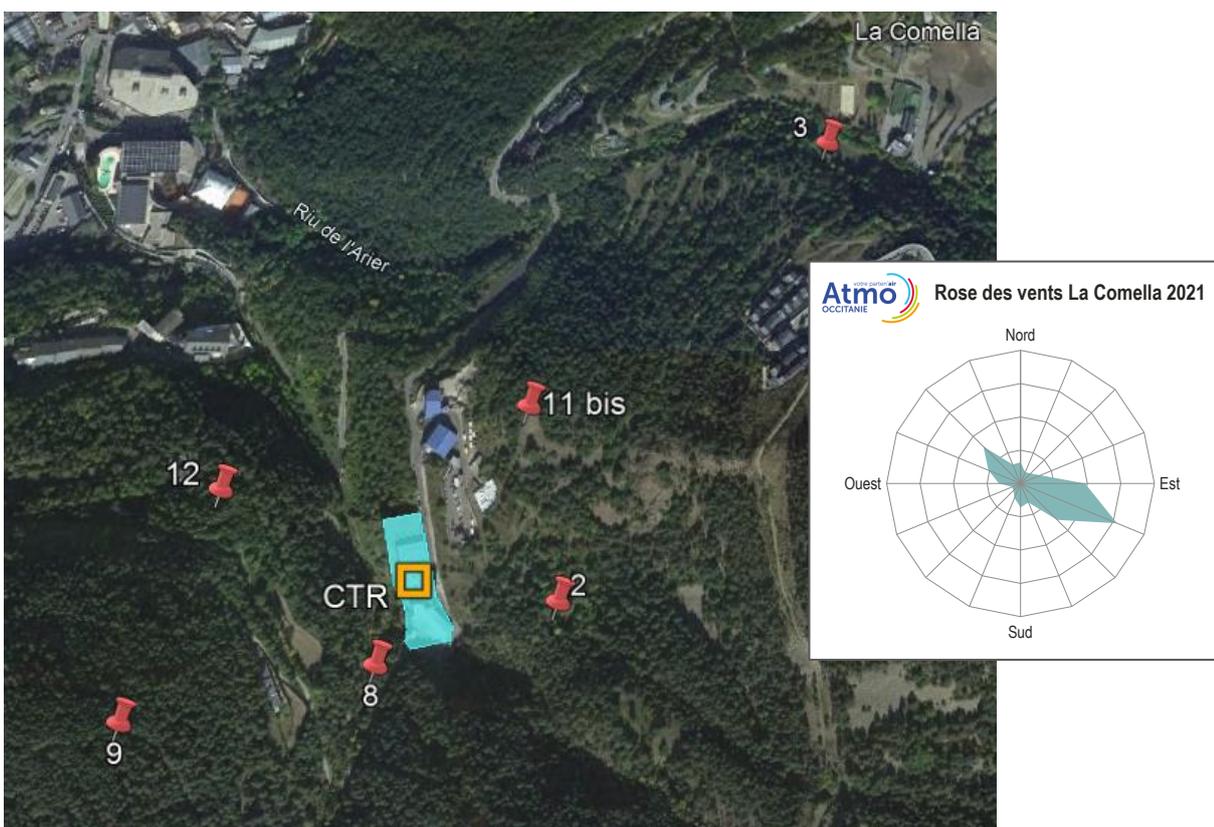
- Les sites n°2 et n°12 ont connu des retombées de cadmium plus importantes respectivement au printemps et à l'automne. Ces variations ponctuelles, qui restent faibles par rapport aux valeurs de références, indiquent la présence de source d'émissions ou de remise en suspension de cadmium à proximité de ces points de mesure, sans que cette influence soit visible sur les autres sites autour du CTR.

Comme les années précédentes, le suivi des retombées atmosphériques met en évidence :

- Des niveaux qui respectent les valeurs de référence annuelles sur l'ensemble des sites.
- Une légère influence de l'incinérateur à proximité du hangar des mâchefers (site n°8), proche de ce qui est observé en milieu urbain.
- La présence d'autres sources de polluants sur la zone d'étude, notamment en 2021 les épisodes de pollution aux particules désertiques et les travaux du british collège.

4.1.3. Etude en fonction du vent

Comme les années précédentes, le vent majoritaire provient de la direction Est/Sud-Est. Durant le printemps et l'été, les températures plus élevées favorisent la mise en place d'une brise de montagne ascendante le long de la montagne le jour, descendante la nuit.

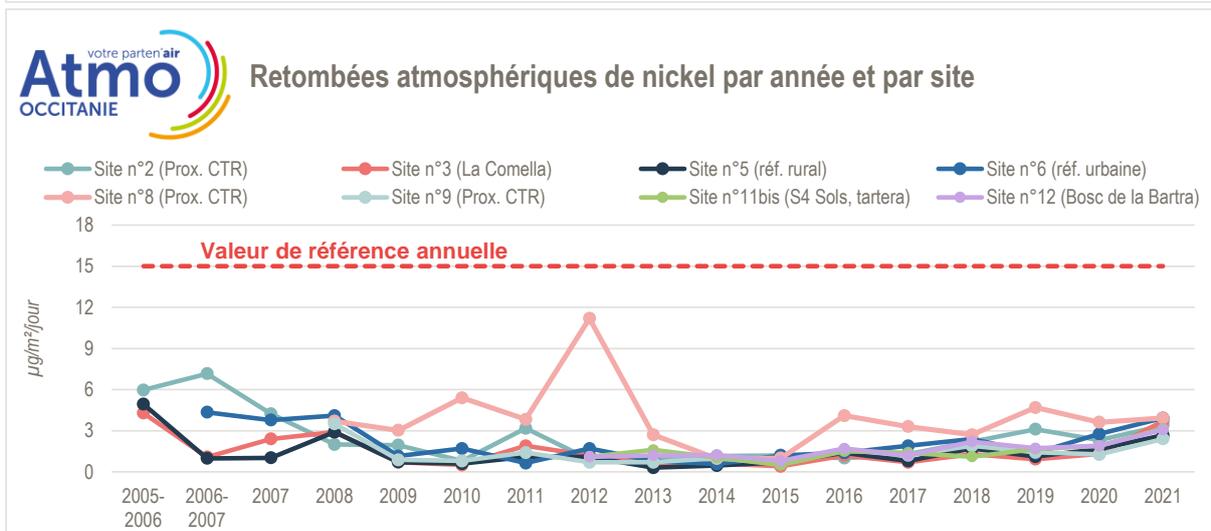
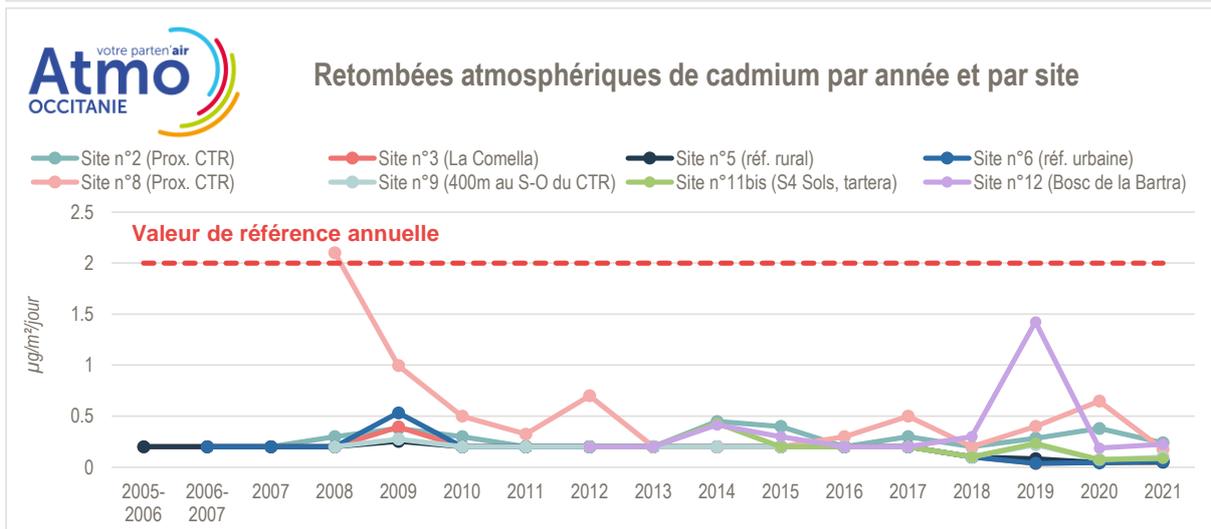
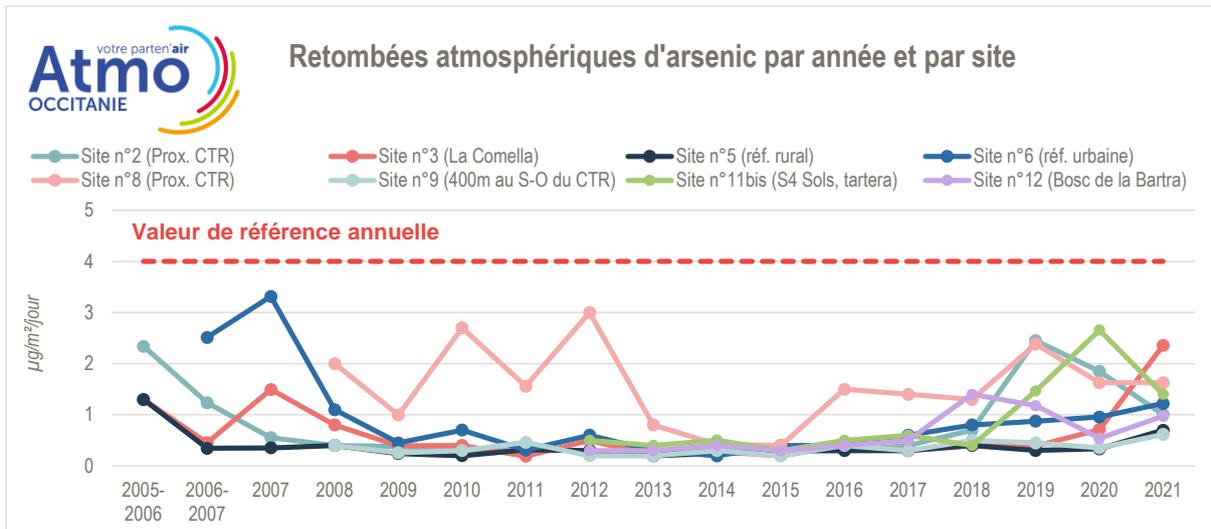


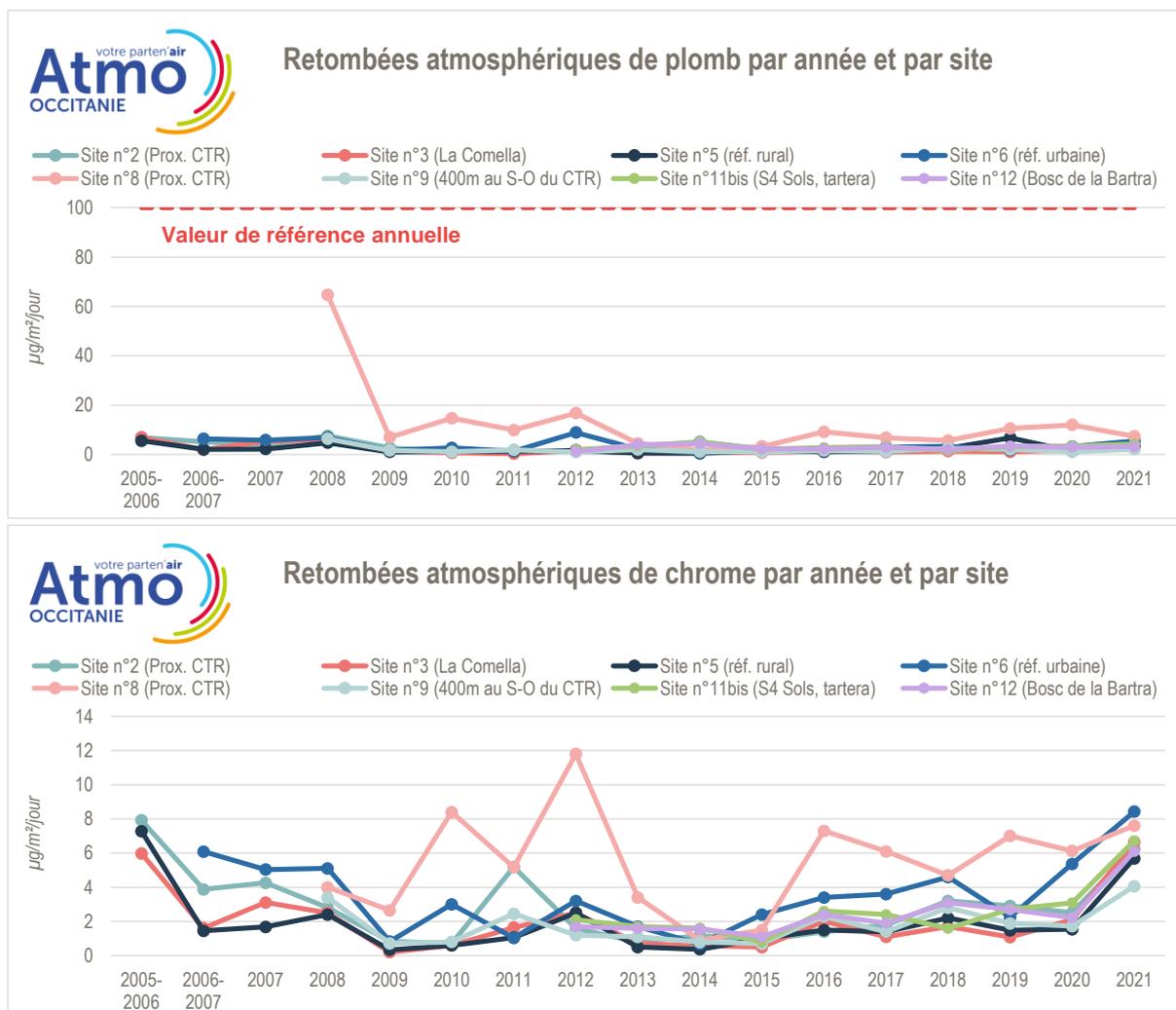
De tous les sites étudiés, le site n°12, mis en place en 2012 à environ 250 mètres au Nord-Ouest du CTR, est le plus fréquemment sous le vent de l'installation (voir annexe 2), particulièrement lors des mois froids.

Comme vu au paragraphe précédent, les retombées d'arsenic, plomb, nickel et chrome sur ce site ne se distinguent pas de celles des autres sites. Pour le cadmium en revanche, elles sont plus importantes lors du printemps et de l'été, période de l'année avec les vents de Sud-Est les moins fréquents. Les variations saisonnières du régime de vent semblent donc indiquer qu'une autre source que l'incinérateur serait responsable de ces retombées de cadmium légèrement plus fortes.

4.1.4. Évolution par rapport aux années antérieures

Les graphiques ci-dessous présentent pour les différents métaux suivis l'évolution des moyennes annuelles depuis le début de la surveillance.





Les principales conclusions des années précédentes restent vérifiées en 2021, à savoir :

- Sur tous les sites étudiés, les retombées **sont inférieures aux valeurs de référence**.
- Le **site n°8 présente des retombées de nickel, plomb et chrome légèrement supérieures** aux niveaux relativement homogènes des autres sites autour de l'incinérateur.

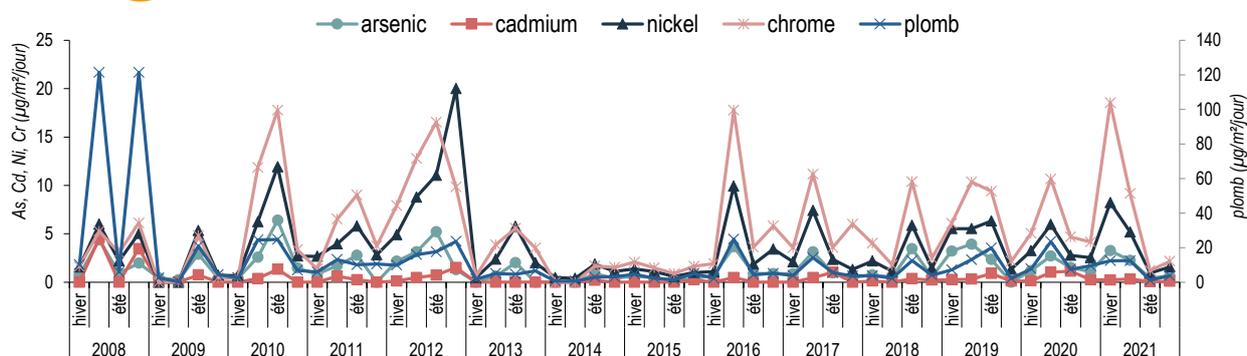
Les graphiques des moyennes annuelles permettent également de mettre en avant les spécificités de 2021 :

- Les **retombées de chrome et de nickel sont en hausse en raison des arrivées de poussières désertiques sur le début d'année 2021**, aussi bien à proximité du CTR que sur les sites de référence.
- Concernant **les retombées d'arsenic**, une hausse est également observée sur les sites références et les sites à l'ouest de l'incinérateur, en lien avec les épisodes de Calima en début d'année. Les variations les plus marquées sont cependant dues à **l'impact de travaux à proximité de 3 sites** :
 - **Sites 2 et 11bis** : les niveaux d'arsenic ont baissé en 2021 après une augmentation entre juillet 2019 et mars 2020, en lien avec les **travaux de construction de la centrale de cogénération**.
 - **Site 3** : Comme pour les niveaux de particules et métaux en air ambiant, les retombées d'arsenic sont en hausse à la Comella en 2021, en lien avec les **travaux d'extension du British College**.
- Enfin, les **retombées de cadmium et de plomb en 2021 sont parmi les plus faibles de ces dernières années**.

4.1.5. Particularités du site n°8



Variations saisonnières des dépôts de métaux sur le site 8 - CTR d'Andorre



A l'exception de 2013 et 2015, **le site n°8 présente des valeurs parmi les plus élevées de la zone d'étude, associées à de fortes variations saisonnières.**

Le site n°8 est positionné à proximité du hangar de stockage des Mâchefers (voir photographie ci-contre datant de 2011). Les plus fortes valeurs pourraient être dues aux envols de poussières en provenances de ce hangar (si celui-ci reste ouvert par moments) ou depuis la cour jouxtant ce même hangar.



Entre 2013 et 2015, cette influence avait nettement diminué, en lien avec différentes mesures mises en œuvre par le gestionnaire depuis 2011 pour limiter les émissions de poussières.

Depuis 2016, sans éléments d'explication en possession d'Atmo Occitanie, **les retombées de métaux semblent de nouveau influencées par les envols de la zone de stockage des mâchefers.**

Le CTR a donc une influence significative sur les dépôts de métaux mesurés sur le site 8. Les niveaux restent cependant nettement inférieurs aux valeurs de référence annuelles.

4.1.6. Comparaison à d'autres sites de mesures

| Dépôts (µg/m²/jour) | Types de site | As | Cd | Ni | Pb | Cr |
|-------------------------------------|---|-----------|-------------|------------|------------|-----------|
| Sites andorrans (année 2021) | Proximité du CTR (<i>sites n°2, 3, 8, 9, 11bis et 12</i>) | 0,6 à 2,4 | 0,07 à 0,24 | 2,4 à 3,9 | 2,1 à 7,4 | 4,1 à 7,6 |
| | Urbain (<i>site n° 6</i>) | 1,2 | 0,06 | 3,9 | 5,5 | 8,4 |
| | Rural (<i>site n° 5</i>) | 0,7 | 0,05 | 2,7 | 2,8 | 5,7 |
| Proximité Fonderie Haute-Garonne | 2017 à 2020 | 0,4 à 2,4 | <0,1 à 0,3 | 1,8 à 48,9 | 1,5 à 8,5 | - |
| Proximité incinérateur Hérault | 2 mois été 2021 | 0,3 à 1,2 | <0,2 à 0,35 | <2,0 à 5,2 | 0,9 à 19,8 | 0,7 à 5,9 |
| Références INERIS | Urbain | 6,7 | 0,4 | 5 | 10 | 3,6 |
| | Fond rural | 0,4 à 6 | <0,06 à 0,3 | 1,8-5 | 2-20 | 1,6 à 5,4 |

Pour les métaux mesurés (arsenic, cadmium, plomb, nickel et chrome), les résultats 2021 andorrans sont de l'ordre de grandeur de ceux mesurés en Occitanie et sont proches des références rurales établies par l'INERIS.

4.2. Dioxines contenues dans les retombées atmosphériques

- ▀ Valeurs élevées atypiques pour 4 des 5 sites autour du CTR pendant l'été 2021, sans dysfonctionnement identifié au niveau de l'incinérateur
- ▀ Retombées au niveau des premières habitations similaires au niveau de fond et aux années précédentes

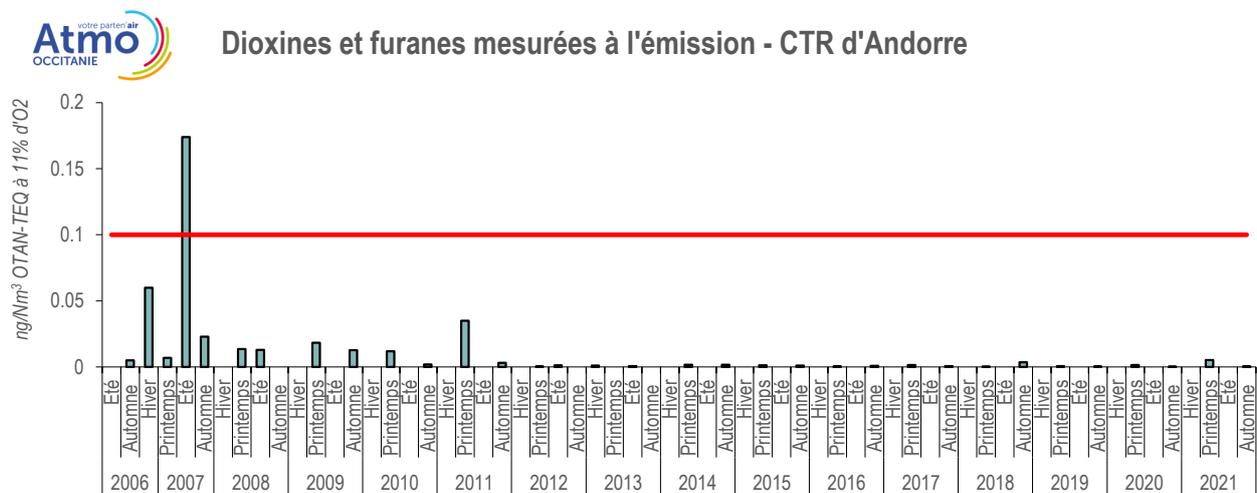
4.2.1. Origine

Les dioxines et furanes sont essentiellement émis lors de processus de combustion naturels et industriels de produits contenant du chlore. Les dioxines dans l'air peuvent, également, provenir de brûlages de bois ou de matériaux.

Pour plus de détails, se reporter à l'annexe 1.

4.2.2. Emissions du CTR

L'incinération des déchets produit des dioxines ; durant la première année de fonctionnement, les dioxines et furanes ont été mesurées chaque trimestre à l'émission dans la cheminée du CTR andorran. Depuis, les mesures sont semestrielles.



Depuis 2008, lors des campagnes de mesures, les émissions de dioxines du CTR sont faibles et nettement inférieures à la norme (0,1 ng/Nm³).

4.2.3. Résultats 2021 dans les retombées atmosphériques

Comme détaillé en annexe 3, les limites de quantification des dioxines dans les retombées atmosphériques, fournies par le laboratoire d'analyse, ont évolué : à partir de l'automne 2016, dans l'hypothèse où aucun congénère n'est détecté, la valeur minimale attribuée aux retombées de dioxines est de 2,9 pg ITEQ/m²/jour.

4.2.3.1. Résultats en I-TEQ

| | Retombées de métaux en pg I-TEQ/m ² /jour – Année 2021 | | | | |
|---------------------------------|---|-----------|-------------|---------|-------------|
| | Hiver | Printemps | Eté | Automne | 2021 |
| Site n°2 (Prox. CTR) | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 5.5 | 3.6 |
| Site n°3 (La Comella) | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 3.1 |
| Site n°5 (réf. rural) | 3.1 | 2.8 | 2.8 | 5.5 | 3.5 |
| Site n°6 (réf. urbaine) | 3.1 | 2.8 | 2.8 | 4.1 | 3.2 |
| Site n°8 (Prox. CTR) | 3.1 | 2.8 | 24.2 | 5.7 | 9.0 |
| Site n°9 (Prox. CTR) | 3.1 | 2.8 | 41.7 | 5.2 | 13.4 |
| Site n°11bis (S4 Sols, tartera) | 3.3 | 2.8 | 31.4 | 3.8 | 10.4 |
| Site n°12 (Bosc de la Bartra) | 3.1 | 2.8 | 40.6 | 5.1 | 13.1 |

Les retombées de dioxines sont **faibles et homogènes sur le premier semestre 2021** (proche de 2,8 pg I-TEQ /m²/jour, valeur minimale prise en compte quand aucun congénère n'est détecté).

En revanche, lors de la campagne estivale, **de fortes valeurs ont été détectées sur 4 des sites proches de l'incinérateur**. Les retombées de dioxines et furanes sont plus de 10 fois supérieures à celles observées sur les autres sites, dont le site n°2 également installé à proximité de l'incinérateur (à 150 mètres à l'est). Un zoom est fait sur ces valeurs atypiques page suivante.

Enfin, plusieurs congénères ont été détectés dans les retombées pendant l'automne 2021, mais de manière homogène sur l'ensemble des sites, autour du CTR comme sur les sites de référence.

4.2.3.2. Comparaison à des valeurs de référence

Il n'existe pas en Andorre ou en France de valeurs réglementaires concernant les retombées totales de dioxines et furanes. Néanmoins, des analyse bibliographiques d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes [3] et de l'Ineris [4] ont recensé les résultats de différentes études pour proposer des valeurs de références, qui représentent des seuils au-delà desquels les niveaux sont susceptibles d'avoir été influencés directement par un événement (augmentation générale des niveaux de dioxines associée à un pic de particules) ou une source (brûlage de câbles, etc.)

Valeurs de référence Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- 40 pg I-TEQ/m²/jour pour une exposition moyenne sur 2 mois
- 10 pg I-TEQ/m²/jour pour une exposition moyenne annuelle.

Valeurs de référence de l'INERIS

| Typologie | Dépôts atmosphériques totaux en PCDD/F (pg I-TEQ/m ² /jour) |
|--|--|
| Bruit de fond urbain et industriel | 0 – 5 |
| Environnement impacté par des activités anthropiques | 5 – 16 |
| Proximité d'une source | 16 |

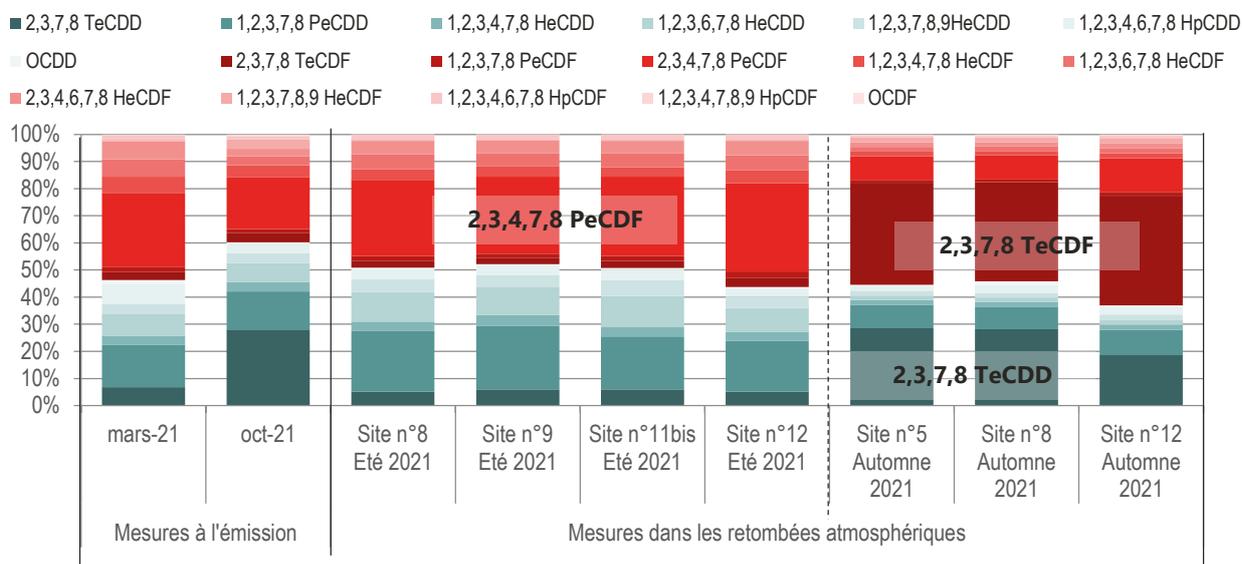
Commentaires

- **Les retombées de dioxines et furanes plus élevées pendant l'été traduisent une influence prononcé d'une source d'émissions.**
- **Les autres valeurs correspondent à un bruit de fond et aucune influence n'est mise en évidence.**

4.2.3.3. Profils dans les retombées et à l'émission



Répartition des congénères dioxines et furanes en I-TEQ



Le graphique précédent compare les profils 2021 des dioxines et furanes mesurés :

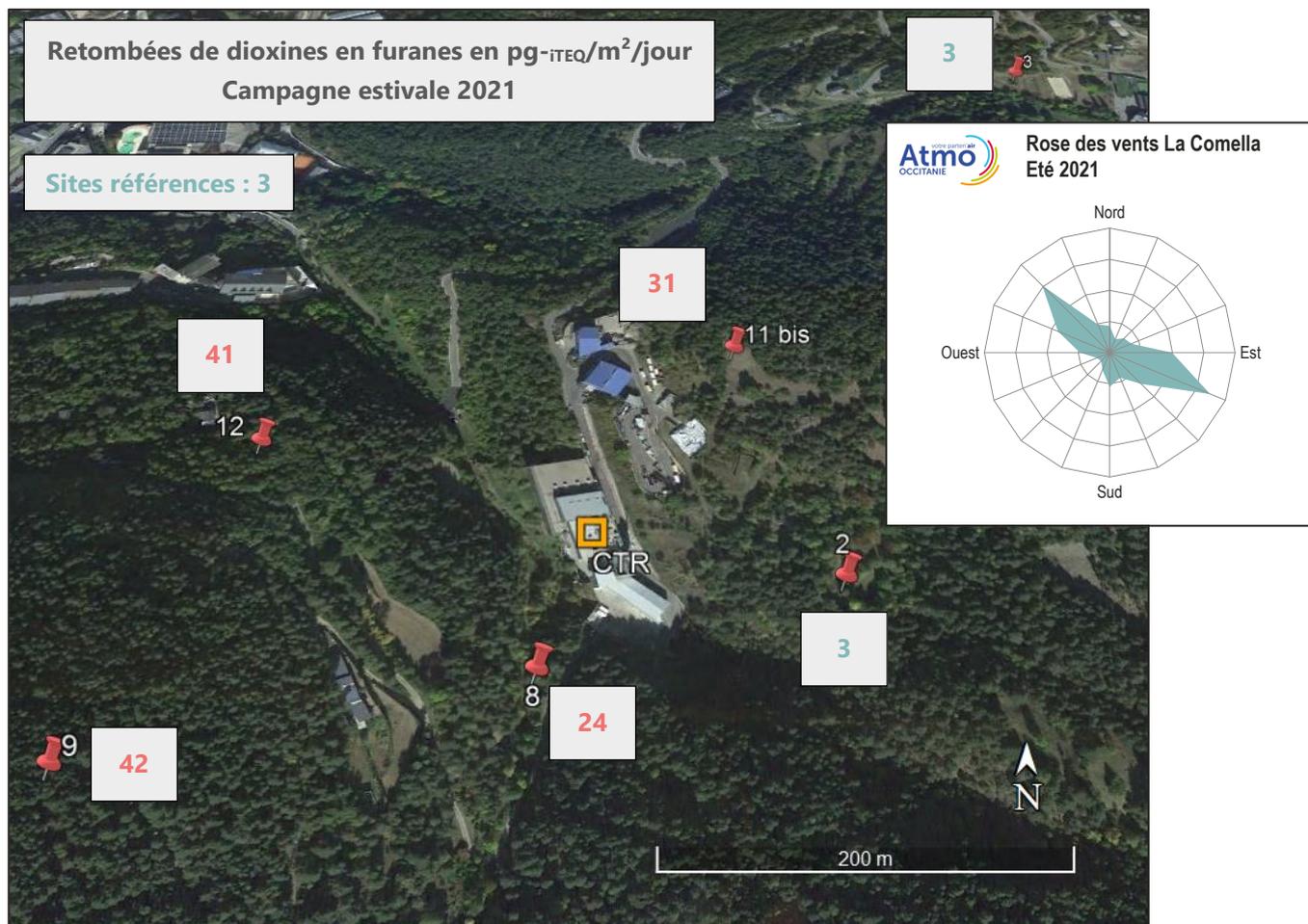
- A l'émission lors des deux contrôles, en mars et octobre 2021
- Pour les 4 valeurs de retombées les plus élevées mesurées pendant l'été 2021.
- Pour trois mesures de retombées à l'automne, sur les sites historiquement les plus exposés (sites n°8 et n°12) aux émissions du CTR ainsi que sur la référence rurale (site n°5).

Les **retombées de dioxines pendant l'été 2021**, présentent des **profils relativement similaires entre eux et proches de celui mesuré à l'émissions en mars 2021**. Le profil de la mesure à l'émission d'octobre 2021 diffère légèrement en raison d'un plus faible nombre de congénères détectés.

Les retombées en dioxines et furanes à l'automne 2021 présentent un profil relativement différent de celui mesuré à l'émission, et relativement homogène sur l'ensemble des sites dans l'environnement. **Cette différence de profils illustre ici la contribution d'autres sources, présentes à plus grande échelle, aux retombées de dioxines mises en évidence dans les environs de l'incinérateur (par exemple la combustion de biomasse).**

4.2.3.4. Zoom sur la campagne estivale

Pendant l'été 2021, les retombées de dioxines et furanes sur 4 des 5 sites proches de l'incinérateur traduisent une **influence prononcée d'une source proche**. De plus, les **profils des dioxines et furanes mesurés sont cohérents avec celui à l'émission de la cheminée de l'incinérateur** lors du contrôle semestriel en mars 2021.



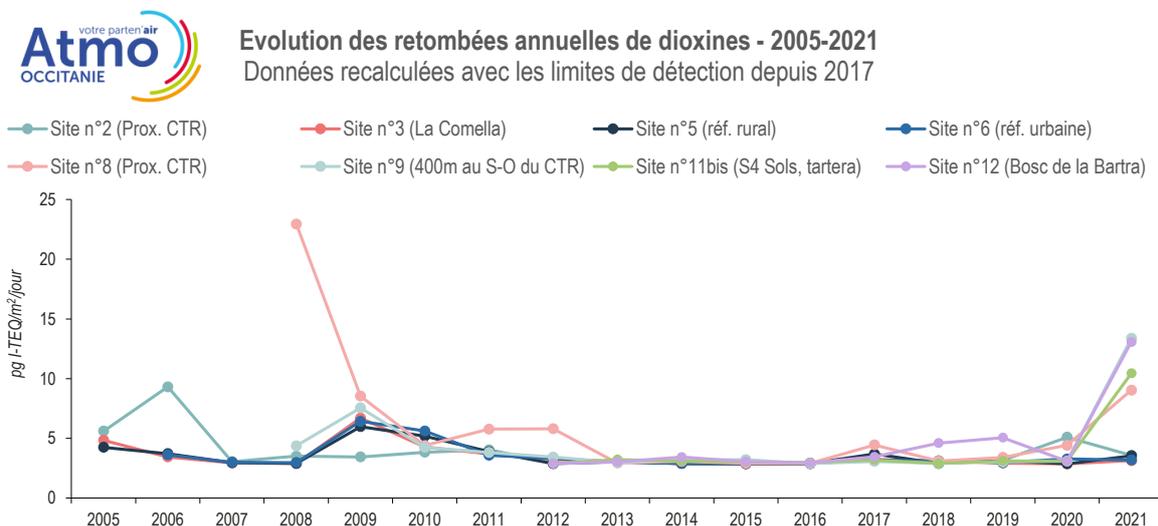
L'analyse de l'éventuelle influence directe des activités du CTR sur ces niveaux de dioxines a permis de mettre en avant que :

- le **site n°2 également très proche du CTR, ne fait apparaître aucune influence visible** bien que, comme le montre la rose des vents ci-dessus, la saison estivale est propice à l'établissement de brises de montagne de secteur nord-ouest, exposant davantage ce site aux émissions de l'incinérateur.
- Les **autres polluants suivis**, particules en air ambiant, métaux dans les retombées et en air ambiant **ne présentent pas de valeurs atypiques** sur la même période.
- Aucun incident ou dysfonctionnement spécifique sur l'incinérateur n'a été communiqué par l'exploitant sur cette période** pouvant expliquer cette augmentation.

Ainsi la source à l'origine de ces retombées de dioxines plus importantes qu'à l'accoutumé n'a pas été précisément identifiée, et le croisement avec d'autres données n'a pas permis d'évaluer la contribution éventuelle de l'incinérateur à cette augmentation ponctuelle et localisée.

4.2.4. Évolution par rapport aux années antérieures

Afin de s'affranchir d'une hausse liée aux capacités des laboratoires à quantifier les dioxines dans les retombées, les valeurs des années précédentes ont été représentées ci-dessous en appliquant les limites de détection utilisées depuis 2017.



- Les retombées annuelles de dioxines en 2021 sont en nette hausse sur les 4 sites marqués par des valeurs estivales importantes.
- Sur les autres sites, dont les premières habitations à la Comella, les retombées en 2021 sont similaires au niveau de fond observé sur les sites références ou lors des années précédentes.

5. Dioxines et métaux dans les fourrages

- Augmentation importante en 2021 des dioxines dans les fourrages, et non-respect de la Directive pour l'alimentation animale
- Résultats faibles pour les métaux en 2021, nettement inférieurs aux teneurs maximales de la Directive



5.1. Contexte

Si le sol n'apparaît pas comme un bon indicateur de l'impact potentiel du fonctionnement de l'actuel CTR (voir le bilan de l'année 2013 [2]), en revanche, le prélèvement de fourrages pourrait l'être.

Conformément à la recommandation de l'INERIS (voir [5]), lors de la récolte, un prélèvement de fourrages présents au Nord-Ouest du CTR (sous les vents dominants) est réalisé depuis 2012 pour vérifier le respect de la réglementation concernant la teneur en dioxines et en métaux des fourrages (directive 2002/32/CE du parlement Européen et du Conseil du 7 mai 2002 sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux).

5.2. Résultats des métaux

| | Teneurs en métaux en mg / kg de matière brute pour une teneur en humidité de 12% | | | | | | Directive 2002/32/CE |
|------------------|---|-------|-------|--------|-------|--------------|----------------------|
| | Métaux | | | | | | |
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Teneur maximale |
| Arsenic | 0,025 | 0,034 | 0,032 | 0,014 | 0,028 | 0,141 | 2 |
| Cadmium | 0,023 | 0,045 | 0,019 | <0,010 | 0,032 | 0,032 | 1 |
| Plomb | 0,039 | 0,087 | 0,077 | 0,014 | 0,025 | 0,066 | 30 |
| Chrome | <0,047 | 0,219 | 0,412 | 0,149 | 0,132 | 0,055 | - |
| Nickel | 0,056 | 0,12 | 0,462 | 0,163 | 0,127 | 0,141 | - |
| Manganèse | 4,240 | 6,165 | 7,842 | 9,303 | 8,049 | - | - |

En 2021, les résultats des prélèvements restent largement inférieurs aux teneurs maximales de la Directive 2002/32/CE en matière de substances indésirables dans les aliments pour animaux.

Par rapport à l'année précédente, aucune tendance globale des évolutions de teneurs en métaux n'est visible.

5.3. Résultats des dioxines

| Teneurs en dioxines en ng I-TEQ (OMS 1998) / kg de matière pour une teneur en humidité de 12% | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|-------|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-----------------|--------------------|
| Dioxines dans fourrages | | | | | | | | | | | Directive 2002/32/CE | | |
| | 2012 | 2013 | 2014 | Juin 2015* | Août 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Teneur maximale | Seuil intervention |
| Seuil bas* | 0,04 | 0,20 | 0,062 | 0,148 | 0,015 | 0,011 | 0,031 | 0,008 | 0,012 | 0,011 | 4,317 | 0,75 | 0,5 |
| Seuil haut* | 0,44 | 0,23 | 0,094 | 0,202 | 0,178 | 0,033 | 0,052 | 0,033 | 0,046 | 0,041 | | | |

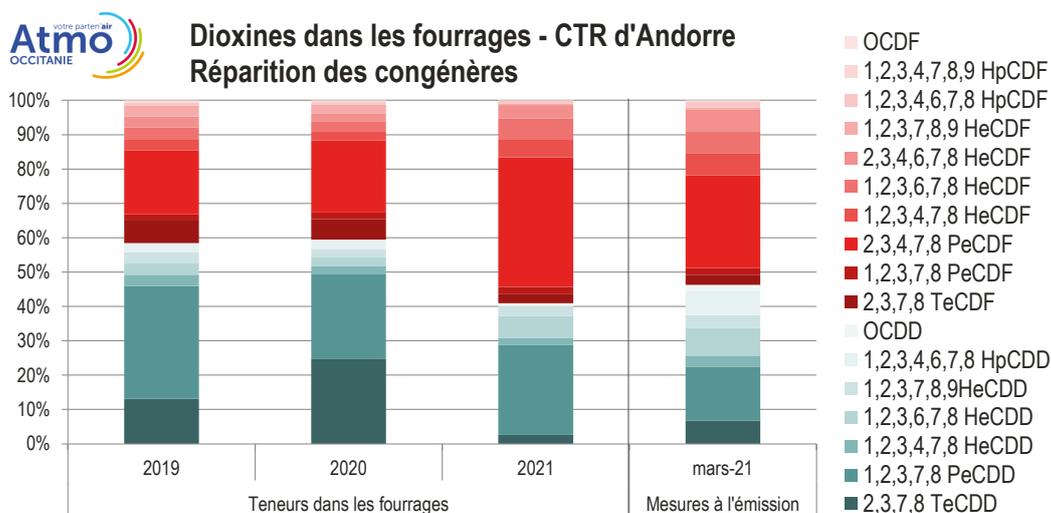
* L'indice "seuil bas" signifie que la contribution au TEQ de chaque congénère non détecté est égale à zéro.

L'indice "seuil haut" signifie que la contribution au TEQ de chaque congénère non détecté est égale à la limite de détection

En 2021, la teneur en dioxines est nettement plus importante que les autres années, et ne respecte pas la directive 2002/32/CE. Cette hausse n'est pas observée sur les teneurs en métaux.

5.4. Répartition des congénères

Le graphique ci-dessous compare les profils des dioxines et furanes mesurés dans les fourrages depuis 2019 ainsi qu'à l'émission dans la cheminée de l'incinérateur lors du contrôle réalisé en mars 2021.



En 2021, le profil des dioxines et furanes dans le prélèvement de fourrage est différent des années précédentes, avec notamment une part majoritaire des furanes (en dégradé de rouge sur le graphique précédent). **Il présente ainsi des similarités avec le profil à l'émission de l'incinérateur, ce qui ne permet pas d'exclure une influence du CTR.**

Cette situation est proche de celle constatée avec les résultats estivaux de retombées de dioxines et furanes plus élevées sur 4 des 5 sites proches de l'incinérateur. **Au vu des périodes de mesures, les deux résultats ne sont cependant a priori directement pas reliés.** En effet, le prélèvement de fourrage a été réalisé le 11 juin 2021, à la fin de la période printanière, soit avant l'augmentation des dioxines dans les retombées estivales (du 21 juin au 22 septembre), donc avant un possible transfert des dioxines présentes dans le compartiment aérien vers les sols et l'assimilation par la végétation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Seguiment ambiental al voltant del Centre de tractament tèrmic de residus de la Comella ; Document technique ; Gouvernement andorran ; 2007
- [2] Bilans de la surveillance de la qualité de l'air autour du CTR andorran – Années 2007 à 2020 ; Atmo Occitanie
- [3] Air Rhône-Alpes (2012) « Surveillance des dioxines et des métaux lourds – Synthèse des mesures effectuées en 2010 et 2011 »
- [4] Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM ; INERIS ; Décembre 2001
- [5] Expertise sur le plan de surveillance environnementale de l'U.I.O.M d'Andorra-la-Vella, Rapport d'Etude, INERIS, n°DRC-11-122244-11024-A du 23 mars 2012

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Présentation des dioxines et furanes

ANNEXE 2 : Conditions météorologiques

ANNEXE 3 : Limites de quantification

ANNEXE 4 : Travaux dans l'environnement du CTR depuis 2019

ANNEXE 5 : Calendrier des mesures

ANNEXE 1 : ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS

MESURES

1. PARTICULES EN SUSPENSION PM₁₀

1.1. Origine

Les particules en suspension ont de nombreuses origines, tant naturelles qu'humaines. Elles proviennent principalement de la combustion incomplète des combustibles fossiles, du transport routier (gaz d'échappement, usure, frottements) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, cimenterie, incinération...). Les particules en suspension ont une très grande variété de tailles, de formes et de compositions.

Les particules mesurées par les analyseurs automatiques utilisés dans les AASQA ont un diamètre inférieur à 10 µm (elles sont appelées PM₁₀) ou 2,5 µm (PM_{2,5}). Elles sont souvent associées à d'autres polluants (SO₂, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques...).

1.2. Effets

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes.

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

2. METAUX TOXIQUES

2.1. Origine

Les métaux toxiques proviennent de la combustion de charbon, de pétrole, des ordures ménagères et de certains procédés industriels particuliers. Dans l'air, ils se retrouvent généralement sous forme de particules (sauf le mercure qui est principalement gazeux).

2.2. Effets

Effets sur la santé

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires ou autres.

- **L'arsenic (As)** : les principales atteintes d'une exposition chronique sont cutanées. Des effets neurologiques, hématologiques ainsi que des atteintes du système cardio-vasculaire sont également signalés. Les poussières arsenicales entraînent une irritation des voies aériennes supérieures. L'arsenic et ses dérivés inorganiques sont des cancérigènes pulmonaires.
- **Le cadmium (Cd)** : une exposition chronique induit des néphrologies (maladies des reins) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. L'effet irritant observé dans certains cas d'exposition par inhalation est responsable de rhinites, pertes d'odorat, broncho-pneumopathies chroniques. Sur la base de données expérimentales, le cadmium est considéré comme un agent cancérigène, notamment pulmonaire.
- **Le chrome (Cr)** : par inhalation, les principaux effets sont une irritation des muqueuses et des voies aériennes supérieures et parfois inférieures. Certains composés doivent être considérés comme des cancérigènes, en particulier pulmonaires, par inhalation, même si les données montrent une association avec d'autres métaux.
- **Le mercure (Hg)** : en cas d'exposition chronique aux vapeurs de mercure, le système nerveux central est l'organe cible (tremblements, troubles de la personnalité et des performances psychomotrices, encéphalopathie) ainsi que le système nerveux périphérique. Le rein est l'organe critique d'exposition au mercure.
- **Le plomb (Pb)** : à fortes doses, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux et peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire.

Effets sur l'environnement

Les métaux toxiques **contaminent les sols et les aliments**. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques.

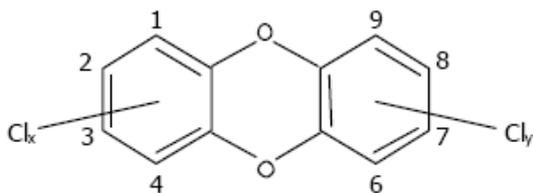
Certains lichens ou mousses sont couramment utilisés pour surveiller les métaux dans l'environnement et servent de « bio-indicateurs ».

3. DIOXINES ET FURANES

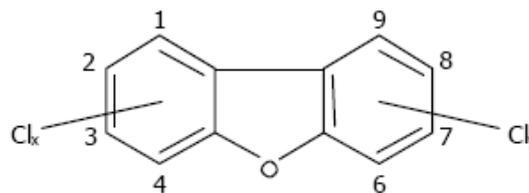
Le terme « dioxines » désigne 2 grandes familles de composés :

- les polychlorodibenzodioxines (PCDD) ;
- les polychlorodibenzofuranes (PCDF)

Leur structure moléculaire est très proche (voir schéma ci-dessous)



Structure générale des PCDD



Structure générale des PCDF

Les positions numérotées peuvent être occupées par des atomes d'hydrogène ou de chlore. Il existe donc un grand nombre de combinaisons liées au nombre d'atomes de chlore et de la position qu'ils occupent. On dénombre ainsi 75 congénères de PCDD et 135 de PCDF.

3.1. Propriétés physiques et chimiques

Les PCDD et les PCDF ont en commun d'être stables jusqu'à des températures élevées, d'être fortement lipophiles (solubles dans les solvants et les graisses) et peu biodégradables, d'où une bioaccumulation dans la chaîne alimentaire et donc, en final, chez l'homme (tissus adipeux, foie, laits maternels...).

Les dioxines font partie des 12 Polluants Organiques Persistants (POP) recensés par la communauté internationale. Les POP sont des composés organiques, d'origine anthropique essentiellement, particulièrement résistants à la dégradation, dont les caractéristiques entraînent une longue persistance dans l'environnement et un transport sur de longues distances. Ils sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème et, du fait de leurs caractéristiques toxiques, peuvent représenter une menace pour l'homme et l'environnement.

3.2. Sources

Les PCDD et PCDF ne sont pas produits intentionnellement, contrairement à d'autres POP, comme les PCB (PolyChloroBiphényles). Ce sont des sous-produits non intentionnels formés lors de certains processus chimiques industriels comme la synthèse chimique des dérivés aromatiques chlorés. Ils apparaissent également lors du blanchiment des pâtes à papier, ainsi que lors de la production et du recyclage des métaux.

Enfin, ils sont formés au cours de la plupart des processus de combustion naturels et industriels, en particulier des procédés faisant intervenir des hautes températures (300-600°C). Pour que les dioxines se forment, il faut qu'il y ait combustion de matière organique en présence de chlore. Il existe plusieurs voies de formation des PCDD/F, mais il semble qu'ils soient majoritairement produits sur les cendres lors du refroidissement des fumées.

3.3. Voies de contamination

Voie respiratoire

Du fait des faibles concentrations de dioxines généralement observées dans l'air inhalé, la voie d'exposition respiratoire est mineure (environ 5%) comparativement à l'exposition alimentaire pour la population générale.

Voie digestive

On peut distinguer deux voies potentielles d'exposition par ingestion :

- l'exposition par ingestion directe de poussières inhalées ou de sols contenant des PCDD/PCDF,
- l'ingestion indirecte par le transfert des contaminants au travers de la chaîne alimentaire. Il est admis que l'exposition via l'eau potable est négligeable, du fait du caractère hydrophobe des dioxines et des furanes.

Pour la population générale, c'est la voie alimentaire qui constitue la principale voie de contamination en raison de l'accumulation de ces composés dans la chaîne alimentaire. Les PCDD/PCDF émis dans l'atmosphère se déposent au sol, en particulier sur les végétaux. Ces derniers entrent dans l'alimentation animale, les PCDD et PCDF se fixant alors dans les graisses. Les capacités d'élimination étant faibles, elles se concentrent le long de la chaîne alimentaire. **Il est admis que l'exposition moyenne s'effectue à 95% par cette voie, en particulier par l'ingestion de graisses animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons, œufs).**

3.4. Effets sur la santé

Des incertitudes demeurent dans l'évaluation du risque associé aux dioxines, qu'il s'agisse de l'appréciation de la nocivité intrinsèque des dioxines, des risques ramenés à un niveau d'exposition ou de dose, voire du niveau d'exposition des populations.

Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a classé la 2,3,7,8 TCDD (dite dioxine de Seveso) dans les substances cancérigènes pour l'homme. En revanche, l'EPA (agence américaine de l'environnement) a évalué le 2,3,7,8 TCDD comme cancérigène probable pour l'homme. Les autres formes de dioxines sont considérées comme des substances non classifiables en ce qui concerne leur cancérogénicité.

Globalement, on peut observer plusieurs effets sur la santé : cancérigène, chloracné, hépatotoxicité, immunosuppresseur, perturbateur endocrinien, défaut de développement et reproduction, diabète...

3.5. Évaluation de la toxicité d'un mélange (facteur équivalent toxique)

Les dioxines et furanes présentent des toxicités très variables, en fonction du nombre et du positionnement des atomes de chlore. Parmi les 210 composés existants, 17 ont été identifiés comme particulièrement toxiques pour les êtres vivants. Ils comportent au minimum 4 atomes de chlore occupant les positions 2, 3, 7 et 8.

Les résultats des analyses d'un mélange de PCDD et PCDF sont généralement exprimés en utilisant le calcul d'une quantité toxique équivalente (I-TEQ pour International-Toxic Equivalent Quantity). La toxicité potentielle des 17 congénères est exprimée par rapport au composé le plus toxique (2,3,7,8 TCDD), en assignant à chaque congénère un coefficient de pondération appelé I-TEF (International-Toxic Equivalent Factor). Ainsi, la molécule de référence (2,3,7,8 TCDD) se voit attribuer un I-TEF égal à 1.

La quantité toxique équivalente I-TAQ est obtenue par la somme des concentrations de chaque congénère pondérées par leur TEF soit :

$$I - TEQ = \sum (C_i \times TEF_i)$$

où C_i et TEF_i sont la concentration et le TEF du congénère i contenu dans le mélange.

Il existe 3 systèmes d'équivalents toxiques : 1 défini par l'OTAN en 1989 et 2 définis par l'OMS en 1997 et 2005 (voir tableau ci-dessous).

| Congénère | Facteur international d'équivalent toxique pour les 17 congénères | | |
|--|---|------------------|------------------|
| | I-TEF OTAN (1989) | I-TEF OMS (1997) | I-TEF OMS (2005) |
| 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine | 1 | 1 | 1 |
| 1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzodioxine | 0,5 | 1 | 1 |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzodioxine | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzodioxine | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzodioxine | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenodioxine | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Octachlorodibenzodioxine | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 |
| 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofurane | 0,05 | 0,05 | 0,03 |
| 2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofurane | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofurane | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofurane | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlorodibenzofurane | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Octachlorodibenzofurane | 0,001 | 0,0001 | 0,0003 |

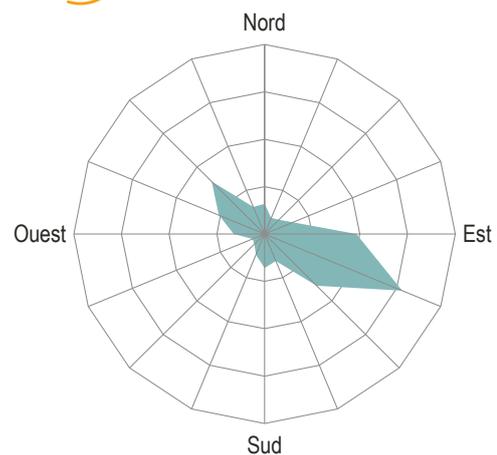
ANNEXE 2 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES 2020

STATION LA COMELLA

Conditions de vent



Rose des vents La Comella 2021



La rose des vents ci-contre présente les régimes de vent observés en 2021.

Comme les années précédentes, le vent dominant provient du Sud-Est.

Lors des mois chauds, un régime de brise de montagne se met en place avec un vent ascendant de secteur Nord-Ouest en journée, et un vent descendant de secteur Sud-Est la nuit.

Une estimation des pourcentages de temps pendant lesquels les sites de mesures « air » sont sous les vents du CTR est présentée dans le tableau ci-dessous.

| | Pourcentage de temps sous les vents par site | | | |
|-------------------------------------|--|---|-----------------------------|--------------------------------|
| | Site n°2 prox. CTR | Sites n°3 (La Comella) et n°11 (prox. CTR) | Sites n°8 et 9 prox. CTR | Site n°12 Bosc de la Bartra |
| Année 2012 | 12% | 6% | 9% | 40% |
| Année 2013 (janvier à octobre) | 12% | 7% | 9% | 41% |
| Année 2014 | 11% | 6% | 9% | 40% |
| Année 2015 | 12% | 6% | 9% | 41% |
| Année 2016 | 12% | 7% | 9% | 36% |
| Année 2017 (20 juil. au 31 déc.) | 16% | 7% | 7% | 36% |
| Année 2018 (21 fév. au 20 déc.) | 16% | 6% | 9% | 35% |
| Année 2019 | 15% | 7% | 9% | 34% |
| Année 2020 | 13% | 7% | 9% | 36% |
| Année 2021 | 13% | 7% | 10% | 35% |

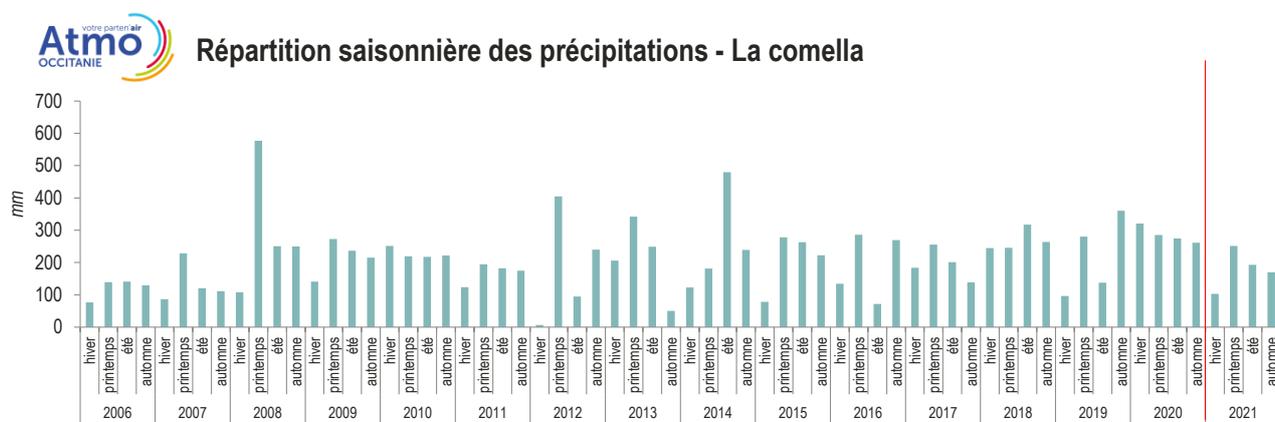
Le site 12, ajouté en 2012 suite aux recommandations de l'INERIS [6], est celui qui est le plus fréquemment sous le vent du CTR (entre 34% et 40% du temps).

Les autres sites sont nettement moins fréquemment sous le vent du CTR (entre 6 et 16 % du temps).

Pluviométrie

| Pluviométrie en mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013* | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Moyenne |
| 594 | 546 | 1184 | 864 | 910 | 675 | 745 | 847 | 1022 | 841 | 762 | 779 | 1071 | 874 | 1140 | 716 | 836 |

* la Station météo de la Comella était en panne du 17 octobre 2013 au 14 janvier 2014. Sur la période manquante, les données sont issues de de la station "Roc de Sant Pere" située au milieu de la vallée centrale.



En 2021 :

- le cumul annuel des précipitations est proche de la moyenne sur ces 15 dernières années,
- le cumul par saison est relativement homogène.

ANNEXE 3 : LIMITES DE QUANTIFICATION

Les limites de quantification, valeurs à partir desquelles il est possible de quantifier la masse d'un composé dans un échantillon, sont fournies par le laboratoire effectuant les analyses.

Métaux dans les particules en suspension

| | Limite de quantification en µg/filtre | Limite de quantification pour une exposition de 2 semaines à un débit d'air de 1 m ³ /h |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Arsenic | 0,025 | 0,08 ng/m ³ |
| Cadmium et mercure | 0,010 | 0,03 ng/m ³ |
| Nickel, plomb et chrome | 0,100 | 0,3 ng/m ³ |

Pour les mesures de métaux dans les particules en suspension, l'incertitude de l'analyse est de l'ordre de 15 %.

Métaux dans les dépôts

| | Limite de quantification en µg/jauge | Limite de quantification pour une exposition de 3 mois |
|---------------------------|--------------------------------------|--|
| Nickel | 0,05 | 0,1 µg/m ² /jour |
| Arsenic et cadmium | 0,01 | 0,02 µg/m ² /jour |
| Plomb et chrome | 0,10 | 0,2 µg/m ² /jour |

Dioxines dans les dépôts

En 2016, la méthode de calcul des limites de détection des dioxines par le laboratoire d'analyse a évolué. A partir de la fin d'année 2016, les limites de détection de chaque congénère augmentent et sont les mêmes pour tous les échantillons. Pour rappel, les retombées de dioxines sont exprimées dans le système d'équivalent toxique international (I-TEQ), avec le référentiel OTAN. Cet I-TEQ (exprimé en pg ITEQ par échantillon est un indice "seuil haut", c'est-à-dire qu'il a été calculé, comme depuis 2008 :

- en considérant que la contribution au TEQ de chaque congénère non détecté est égale à la limite de détection ;
- en soustrayant le "blanc minimum", c'est-à-dire que, pour les analyses du "blanc", la contribution au TEQ d'un congénère non détecté a été prise égale à zéro.

Ce mode de calcul maximise l'I-TEQ.

A partir d'automne 2016, dans l'hypothèse où aucun congénère n'est détecté, la limite de quantification est de 1,5 pg ITEQ/jauge soit 2,9 pg ITEQ/m²/jour pour une exposition de 3 mois des jauges.

| | Limite de quantification en pg ITEQ/jauge | Limite de quantification pour une exposition de 3 mois |
|----------------------------|---|--|
| Dioxines et furanes | 1,5 | 2,9 pg ITEQ/m ² /jour |

ANNEXE 4 : TRAVAUX DANS L'ENVIRONNEMENT DU CTR DEPUIS 2019

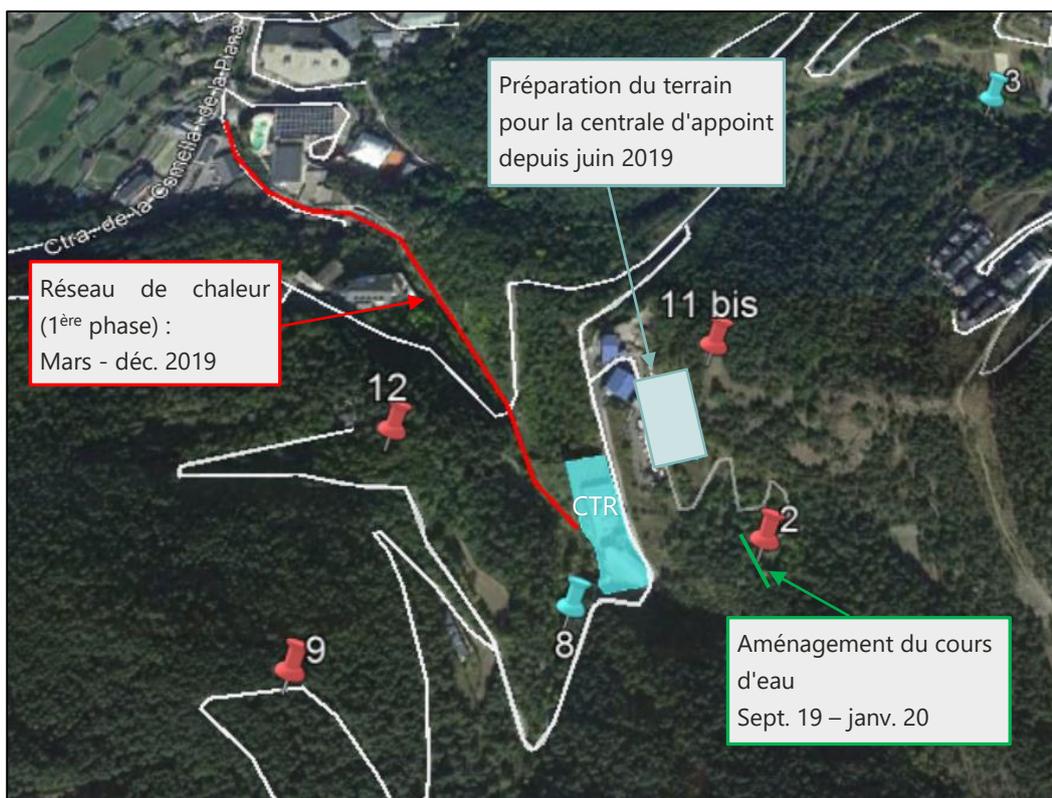
Travaux pour la construction du réseau de chaleur

Afin de valoriser au mieux l'énergie produite par l'incinérateur, la construction d'un réseau de distribution de chaleur au quartier en contrebas a commencé en 2019, pour au moins 4 ans. Les différents chantiers comprennent :

- les équipements pour la cogénération dans le CTR (2019)
- une centrale support au Gaz naturel à côté de l'incinérateur pour suppléer la production de chaleur ponctuellement (2019-2021)
- un réseau alimentant le quartier en chaleur (2019-2022 en plusieurs phases).

Ces travaux sont susceptibles d'impacter le suivi des polluants autour du CTR, par l'émission directe de polluants ou la remise en suspension de polluants contenus dans les sols des environs.

La carte ci-dessous présente plus précisément les travaux menés depuis 2019 vis-à-vis du dispositif de mesure.



En 2021, aucune activité n'a eu lieu à proximité du CTR concernant ces travaux.

Agrandissement du British College

Le point n°3 est situé au lotissement la Comella, à environ 650 mètres au Nord-Est de l'incinérateur, à proximité du British College. Depuis l'été 2019, des travaux sont réalisés à proximité qui ont pu impacter les mesures de retombées atmosphériques et les particules en air ambiant.

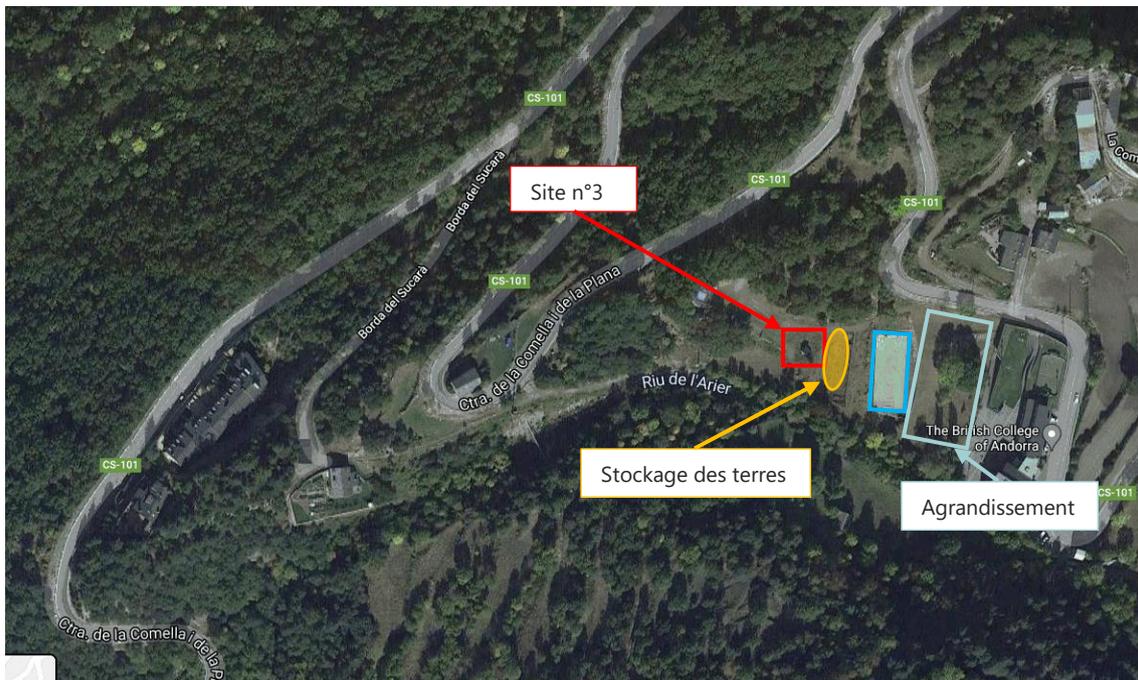
Phase 2 (Été 2019 à septembre 2020)

Construction d'un centre sportif à environ 20 mètres du site de mesure.



Phase 3 (mi-février 2020 à septembre 2021)

Agrandissement de l'école. De la terre a été stockée juste à côté des sites de mesures (cf. plan et photographie ci-dessous).



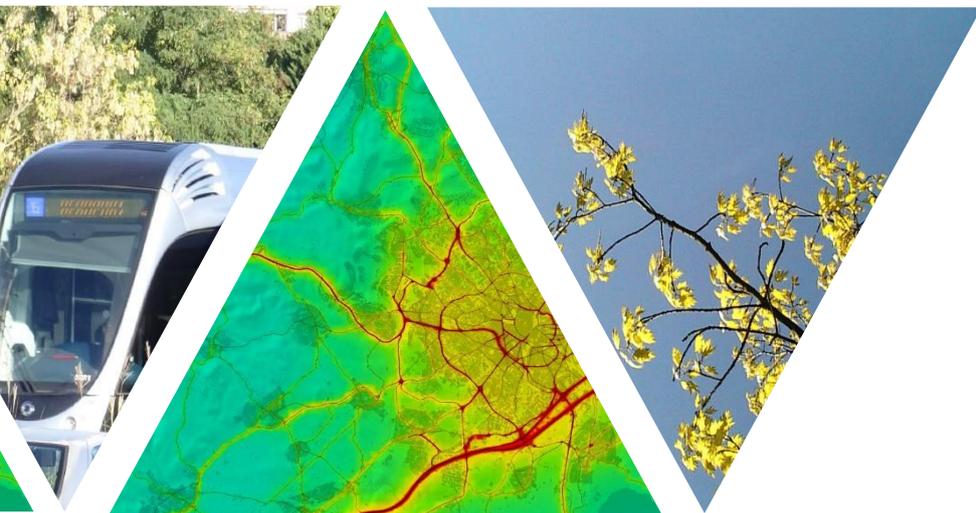
ANNEXE 5 : CALENDRIER DES MESURES

Le tableau ci-dessous présente, pour l'année 2021, les périodes de mesures (en bleu) des particules PM₁₀ et des métaux dans les particules en suspension sur les 3 sites étudiés, ainsi que les mesures dans les retombées atmosphériques.

| Saison | Semaine | Mesures dans l'air ambiant | | | | | | Mesures dans les dépôts |
|-----------|---------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| | | PM 10 | | | Métaux | | | Métaux et dioxines |
| | | site 3 | site 6 | site 8 | site 3 | site 6 | site 8 | Tous les sites |
| Hiver | S1 | | | | | | | |
| | S2 | | | | | | | |
| | S3 | | | | | | | |
| | S4 | | | | | | | |
| | S5 | | | | | | | |
| | S6 | | | | | | | |
| | S7 | | | | | | | |
| | S8 | | | | | | | |
| | S9 | | | | | | | |
| | S10 | | | | | | | |
| | S11 | | | | | | | |
| | S12 | | | | | | | |
| | S13 | | | | | | | |
| Printemps | S14 | | | | | | | |
| | S15 | | | | | | | |
| | S16 | | | | | | | |
| | S17 | | | | | | | |
| | S18 | | | | | | | |
| | S19 | | | | | | | |
| | S20 | | | | | | | |
| | S21 | | | | | | | |
| | S22 | | | | | | | |
| | S23 | | | | | | | |
| | S24 | | | | | | | |
| | S25 | | | | | | | |
| | S26 | | | | | | | |
| | Eté | S27 | | | | | | |
| S28 | | | | | | | | |
| S29 | | | | | | | | |
| S30 | | | | | | | | |
| S31 | | | | | | | | |
| S32 | | | | | | | | |
| S33 | | | | | | | | |
| S34 | | | | | | | | |
| S35 | | | | | | | | |
| S36 | | | | | | | | |
| S37 | | | | | | | | |
| S38 | | | | | | | | |
| S39 | | | | | | | | |
| Automne | | S40 | | | | | | |
| | S41 | | | | | | | |
| | S42 | | | | | | | |
| | S43 | | | | | | | |
| | S44 | | | | | | | |
| | S45 | | | | | | | |
| | S46 | | | | | | | |
| | S47 | | | | | | | |
| | S48 | | | | | | | |
| | S49 | | | | | | | |
| | S50 | | | | | | | |
| | S51 | | | | | | | |
| | S52 | | | | | | | |

Les mesures en air ambiant sur les sites 3 et 8 ont eu lieu sur deux saisons différentes. Sur le site 6, les mesures ont été réalisées toute l'année.

Les mesures des métaux et dioxines dans les retombées atmosphériques ont été effectuées par périodes de 3 mois (chaque saison) sur toute l'année 2021.



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

www.atmo-occitanie.org



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

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie