

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

---

## Rapport annuel 2023

ETU-2024-129 - Edition Avril 2023



# 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](http://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](mailto:contact@atmo-occitanie.org)

# SOMMAIRE

---

<b>EN UN COUP D'ŒIL.....</b>	<b>3</b>
<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
1.1. CONTEXTE.....	4
1.2. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE.....	4
<b>2. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AUTOUR DU CTR EN 2023 .....</b>	<b>5</b>
2.1. SITES DE MESURE .....	5
2.2. POLLUANTS MESURES .....	5
2.3. DONNEES D'ACTIVITES A PROXIMITE DES POINTS DE MESURES.....	7
<b>3. PARTICULES ET METAUX EN AIR AMBIANT.....</b>	<b>8</b>
3.1. PARTICULES EN SUSPENSION PM <sub>10</sub> .....	8
3.2. METAUX CONTENUS DANS LES PARTICULES EN SUSPENSION PM <sub>10</sub> .....	10
<b>4. RETOMBES ATMOSPHERIQUES TOTALES.....</b>	<b>13</b>
4.1. METAUX CONTENUS DANS LES RETOMBES ATMOSPHERIQUES .....	13
4.2. DIOXINES CONTENUES DANS LES RETOMBES ATMOSPHERIQUES.....	18
<b>5. DIOXINES ET METAUX DANS LES FOURRAGES.....</b>	<b>21</b>
5.1. CONTEXTE.....	21
5.2. RESULTATS DES DIOXINES.....	21
5.3. RESULTATS DES METAUX.....	22
<b>6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>23</b>
<b>TABLE DES ANNEXES .....</b>	<b>23</b>

# EN UN COUP D'ŒIL

---

Atmo Occitanie assiste le gouvernement andorran dans la mise en œuvre de la surveillance de la qualité de l'air sur la Principauté, et notamment dans le suivi de la qualité de l'air autour de l'usine d'incinération des déchets (appelée CTR), en fonctionnement depuis le printemps 2007.

## Respect des valeurs réglementaires et de référence

Les **concentrations des polluants mesurées en 2023** dans l'air ambiant (PM<sub>10</sub>, métaux), dans les retombées atmosphériques (métaux, dioxines) et dans les fourrages (dioxines et métaux) sont **inférieures aux valeurs réglementaires ou valeurs de référence**. C'était également le cas les années précédentes à l'exception de valeurs atypiques de dioxines dans les retombées au second semestre 2021.

## Influence de l'incinérateur limitée aux abords immédiats

L'influence de son activité est visible au plus proche de l'incinérateur, **à côté du hangar de stockage des mâchefers**, avec :

- des **retombées de métaux légèrement plus élevées** que sur les autres sites étudiés ;
- des **concentrations en particules en suspension PM<sub>10</sub> plus élevées qu'au niveau des premières habitations**, mais qui restent **plus faibles qu'en fond urbain**.

Ces résultats sont proches de ceux observés en 2022 et entre 2016 et 2018. Les résultats avaient été impactés entre 2019 et 2021 par les travaux de construction du réseau de chaleur à proximité.

**Sur l'ensemble des autres sites et paramètres suivis, en particulier les dioxines et furanes en air ambiant, dans les retombées atmosphériques ou dans les fourrages, aucune influence du CTR n'a été mise en évidence.**

## Diminution des niveaux en 2023

Les **concentrations moyennes sur 2023 sont globalement en diminution** par rapport aux années précédentes pour les **métaux et particules en air ambiant**, ainsi que pour les **métaux dans les retombées atmosphériques**.

Les niveaux sont ainsi **parmi les plus faibles depuis le début des mesures** sur les différents sites suivis, aussi bien aux alentours de l'incinérateur qu'en fond urbain à Andorre-la-Vieille.

Les concentrations les plus élevées qui ont pu être observées ces dernières années ont été, en partie, liées à des travaux de construction ou démolition à proximité des sites, ainsi qu'à des épisodes particulièrement importants de pollution aux poussières sahariennes.

# 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 2023 sur la base des résultats transmis par le gouvernement Andorran.

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

Suite à un premier rapport présentant les résultats de mesures réalisées avant la mise en service de l'incinérateur en 2007 [1], la surveillance de la qualité de l'air autour du CTR fait l'objet de bilans annuels [2] disponibles sur [www.atmo-occitanie.org](http://www.atmo-occitanie.org).

De plus, l'Ineris a été sollicité par le gouvernement Andorran en 2011 pour réaliser une expertise du plan de surveillance autour de l'incinérateur [5].

## 1.2. Objectifs de la surveillance

- Comparer les résultats des mesures avec les valeurs réglementaires actuelles et les teneurs habituellement rencontrées.
- Etudier l'évolution, depuis la mise en service du CTR, des niveaux des :
  - particules en suspension PM<sub>10</sub> 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 polluants.
- Proposer éventuellement une optimisation du dispositif de surveillance.

## 2. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AUTOUR DU CTR EN 2023

### 2.1. Sites de mesure

Les différents sites de mesures en 2023 sont présentés dans le tableau ci-dessous et sur le plan page suivante :

N°	Nom	Environnement du site et distance par rapport au CTR	Mesures en 2023	
			Dépôts	Air ambiant
2	CTR	Proximité CTR (150 mètres à l'Est)	X	
3	British College La Comella	Lotissement (600 m au Nord-Est)	X	X
5	Engolasters	Référence en zone rurale	X	
6	Les Escaldes	Référence en zone urbaine	X	X
8	Torrent del Cuc	Proximité immédiate CTR (à côté du hangar des mâchefers)	X	X
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	

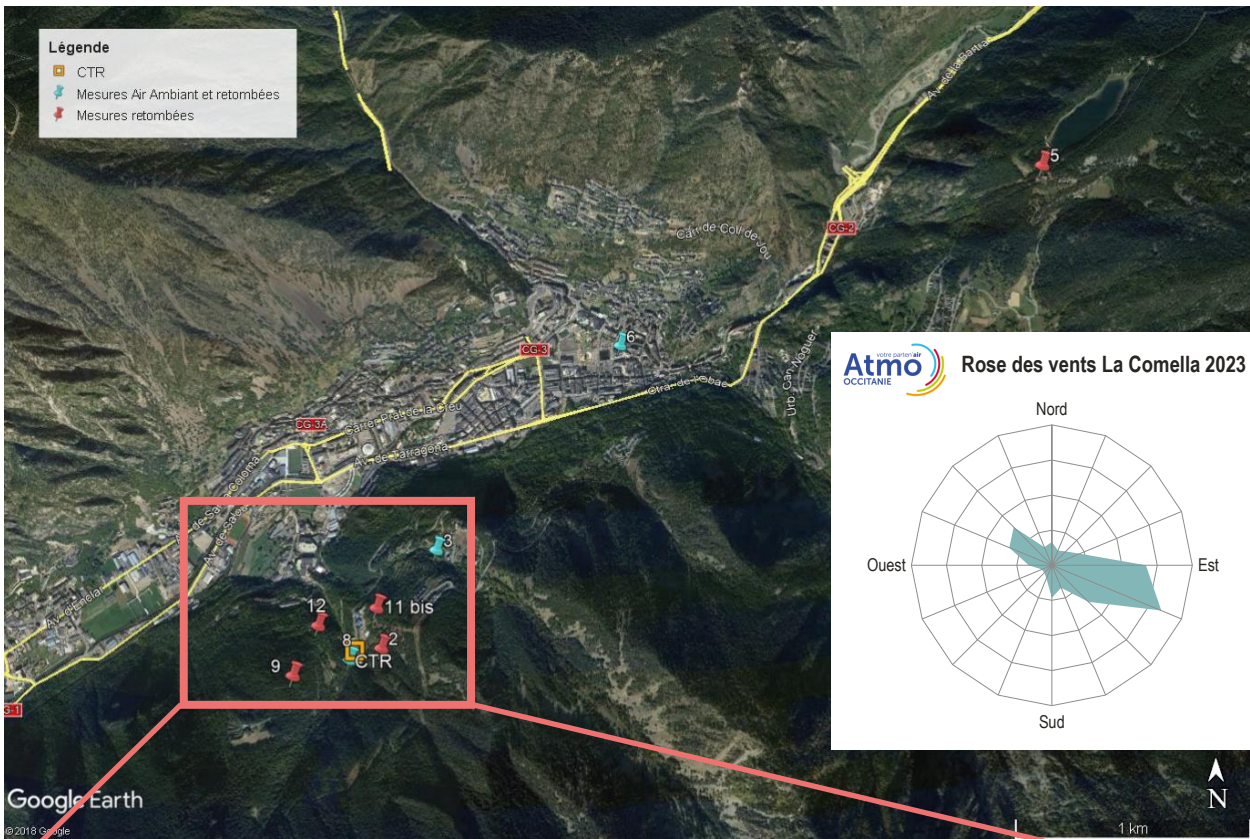
De plus, un prélèvement des fourrages pour analyses des teneurs en métaux et dioxines est réalisé chaque année, sous les vents dominants par rapport à l'incinérateur à une centaine de mètres environ.

### 2.2. Polluants mesurés

	Polluants étudiés en 2023	Résolution temporelle de la mesure	Période de mesure
Particules en suspension	PM <sub>10</sub>	1 jour	site n°6 : toute l'année
		14 jours	site n°3 : 1 <sup>er</sup> semestre site n°8 : 2 <sup>nd</sup> semestre
	Métaux dans les PM <sub>10</sub> : As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cr	14 jours	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	-

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.

Le calendrier des mesures est détaillé en annexe 5.



## 2.3. Données d'activités à proximité des points de mesures

### 2.3.1. Fonctionnement du CTR

En 2023, le fonctionnement du CTR a connu deux arrêts programmés pour maintenance :

- Du 23 au 27 juin ;
- Du 15 septembre au 20 octobre pour la maintenance annuelle.

Il y a également eu deux arrêts imprévus de quelques jours, du 11 au 12 juillet et du 28 août au 1<sup>er</sup> septembre.

Enfin, 8 arrêts de sécurité sont survenus en 2023, pour des durées n'excédant jamais une heure.

### 2.3.2. Travaux à proximité

Depuis 2019, des travaux de démolition et de construction de bâtiments se déroulent à proximité de certains des sites de mesures, aussi bien à proximité de l'incinérateur qu'en fond urbain. Ces activités temporaires sont sources de plusieurs des polluants suivis dans le cadre de la surveillance du CTR, notamment les particules PM<sub>10</sub> et poussières atmosphériques.

La plupart des chantiers décrits se sont terminés avant 2023. Un détail des travaux et le calendrier associé est présenté en annexe 4.



## 3. PARTICULES ET METAUX EN AIR AMBIANT

- Respect des valeurs de référence
- Influence de l'incinérateur limitée aux abords immédiats de son enceinte
- Niveaux parmi les plus faibles de ces dernières années




### 3.1. Particules en suspension PM<sub>10</sub>

#### 3.1.1. Concentrations mesurées en 2023

**Site n°6 (Escaldes)** : depuis 2009, les mesures de PM<sub>10</sub> sont réalisées en continu toute l'année.

**Sites n°3 et n°8** : les concentrations n'étant mesurées que la moitié de l'année (hiver et printemps pour le site 3, été et automne pour le site 8), une estimation de la moyenne annuelle est réalisée. Les concentrations du site 6, étudié toute l'année, permettent de comparer les moyennes sur 6 mois et la moyenne annuelle, et d'appliquer cette correction<sup>1</sup> pour les moyennes 6 mois des sites n°3 et n°8.

	Concentrations moyennes 2023 de particules PM <sub>10</sub>			Réglementation
	Site n°3 (lotissement proche du CTR, 600 m au N-E)	Site n°8 (Sud du CTR, à côté du hangar des mâchefers)	Site n°6 (Escaldes, référence urbaine)	
Moyenne en µg/m <sup>3</sup>	6	13	18	Valeur limite pour la protection de la santé : 40 µg/m <sup>3</sup>

**Sur les 3 sites, les concentrations moyennes de PM<sub>10</sub> respectent la valeur limite annuelle pour la protection de la santé.**

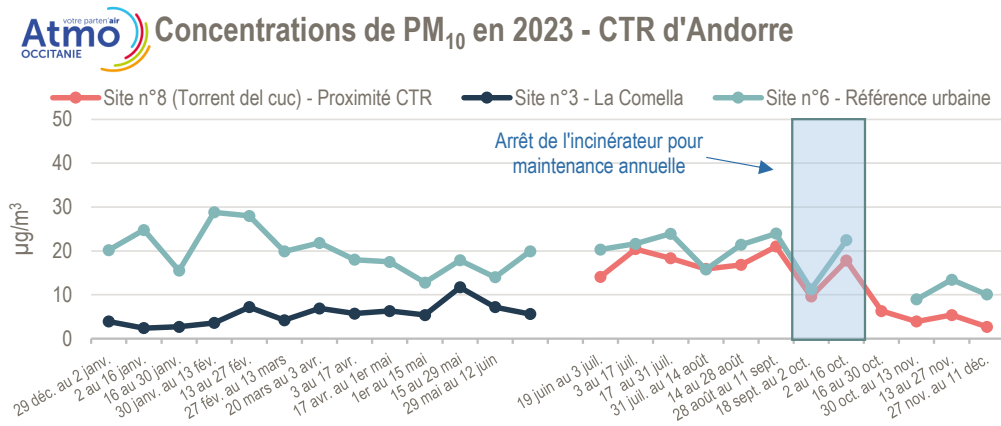
Les **niveaux de particules à proximité immédiate de l'incinérateur** (Torrent del Cuc, site n°8) sont **supérieurs à ceux mesurés au niveau des habitations les plus proches** (La Comella, site n°3). Les concentrations restent **nettement plus faibles qu'en fond urbain** dans la vallée, à Andorre-la-Vieille (Escaldes – site n°6).

#### 3.1.2. Influence du CTR sur les concentrations en PM<sub>10</sub>

Les niveaux à la Comella (site n°3) restent nettement plus faibles qu'en fond urbain tout au long du 1<sup>er</sup> semestre. A proximité de l'incinérateur (site n°8), les écarts avec le fond urbain sont plus faibles, ce qui montre la **présence de sources émettrices de particules PM<sub>10</sub> aux environs immédiats du CTR**. Cette influence reste plus faible que celle observée en fond urbain influencée par les activités humaines environnantes (circulation routière, chauffage...).

<sup>1</sup> Sur le site n°6, la moyenne hiver-printemps surestime la moyenne annuelle de 8% et la moyenne été-automne sous-estime la moyenne annuelle de 6%.

Cet écart ne diminue pas lors de la maintenance annuelle de l'incinérateur, entre le 15 septembre et le 20 octobre 2023 : **l'influence observée aux environs immédiats de l'incinérateur sur les niveaux de PM<sub>10</sub> ne s'explique pas uniquement par les émissions du four.**

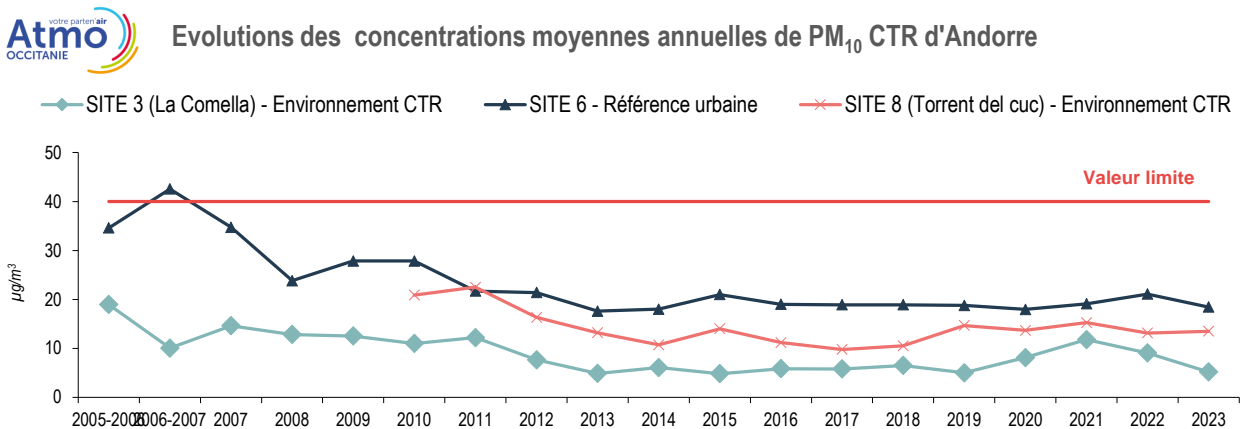


### 3.1.3. Évolution par rapport aux années antérieures



**Pour rappel, l'historique des concentrations sur les sites n°3 et n°8 a été modifié en 2022 suite à la mise en conformité du calcul réalisé.** Plus spécifiquement, l'expression du volume d'air échantillonné n'avait pas suivi l'évolution des normes d'usage. Cette correction, détaillée en annexe 7, conduit à une diminution des niveaux de près de 30%.

Comme l'illustre le graphique page suivante, **les niveaux restent stables en 2023 à proximité de l'incinérateur et diminuent à la Comella** ainsi qu'en 'en fond urbain à Andorre-la-Vieille.



Les valeurs plus élevées entre 2019 et 2022 s'expliquent principalement par deux facteurs :

- Les travaux réalisés à proximité des sites (cf. annexe 4) tels que la construction du réseau de chaleur et de la centrale au gaz à proximité de l'incinérateur (site n°8), les travaux d'agrandissement du British College à La Comella (site n°3) ainsi que la construction ou la démolition d'immeubles proches du site Urbain à Escaldes (site n°6).
- Les importants épisodes de pollution liés aux poussières désertiques en provenance du Sahara (aussi appelés Calima) début 2021.

### 3.1.4. Comparaison à d'autres sites de mesure

En Occitanie (France), les concentrations annuelles de PM<sub>10</sub> en milieu urbain varient, en 2023, de 11 à 27 µg/m<sup>3</sup> selon les sites, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Classification des stations		PM <sub>10</sub> en Occitanie – Année 2023
Environnement d'implantation	Type d'influence	Moyenne annuelle en µg/m <sup>3</sup>
Urbain	Fond	11 - 15
Urbain	Trafic routier	16 - 27
Urbain	Industriel	15 - 17

Les concentrations observées en fond urbain à Andorre-la-Vieille en 2023 (18 µg/m<sup>3</sup>) sont relativement élevées par rapports à celles mesurées en Occitanie, pour des stations équivalentes. Ce résultat peut en partie s'expliquer par des travaux dans les environs (cf. annexe 4).

A proximité immédiate de l'incinérateur, la moyenne 2023 (13 µg/m<sup>3</sup>) est plus faible que les niveaux mesurés aux alentours d'industries en Occitanie. La différence avec les concentrations à La Comella (6 µg/m<sup>3</sup>) confirme cependant la proximité d'une source de particules PM<sub>10</sub>.

## 3.2. Métaux contenus dans les particules en suspension PM<sub>10</sub>

### 3.2.1. Concentrations en 2023

MTx	Seuil annuel en ng/m <sup>3</sup>		Moyenne 2023 en ng/m <sup>3</sup>		
			Site n°3 (La Comella) Environnement CTR	Site n°6 (Référence urbaine)	Site n°8 (Torrent del Cuc) Environnement CTR
<b>Arsenic</b>	Valeur limite Andorrane	6	0,1	0,02	0,2
<b>Cadmium</b>		5	0,02	0,01	0,03
<b>Nickel</b>		20	0,3	0,1	0,5
<b>Plomb</b>		500	0,5	0,1	1,2
<b>Chrome</b>	VTR ATSDR <sup>2</sup>	100	0,5	0,3	0,9
<b>Mercur</b>	Valeur guide OMS <sup>3</sup>	1000	0,02	0,01	0,02

*en italique : concentrations moyennes inférieures à la limite de détection de la mesure*

**Comme les années précédentes, les concentrations moyennes annuelles 2023 des métaux étudiés sont très largement inférieures aux seuils réglementaires et valeurs guides existants.**

<sup>2</sup> VTR : Valeur Toxicologique de Référence ; ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) : agence fédérale de santé publique américaine.

<sup>3</sup> Organisation Mondiale de la Santé

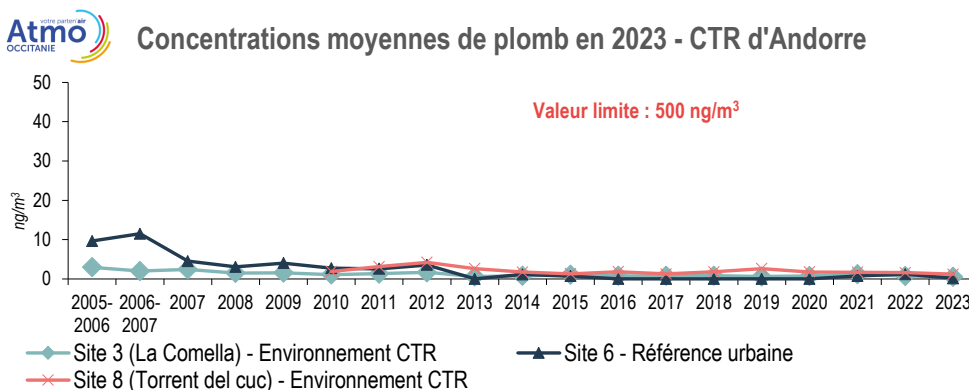
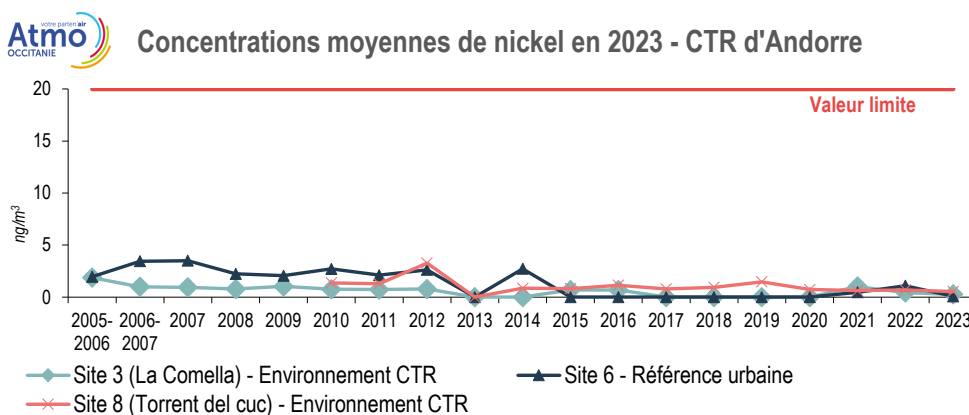
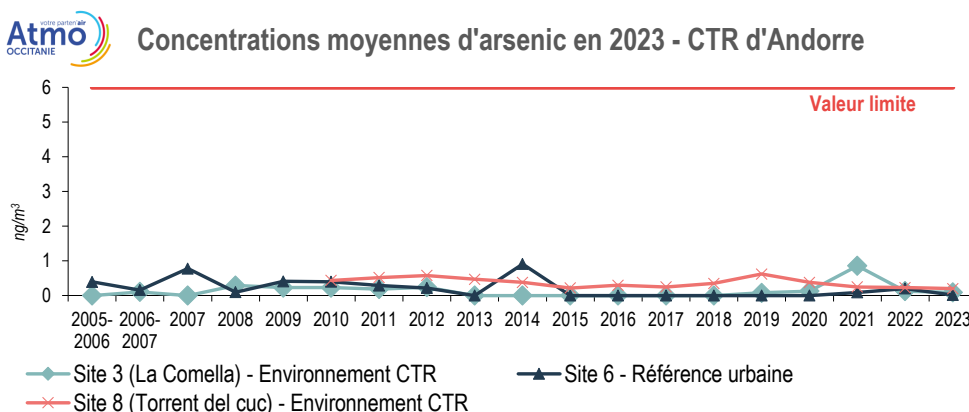
### 3.2.2. Evolution par rapport aux années antérieures

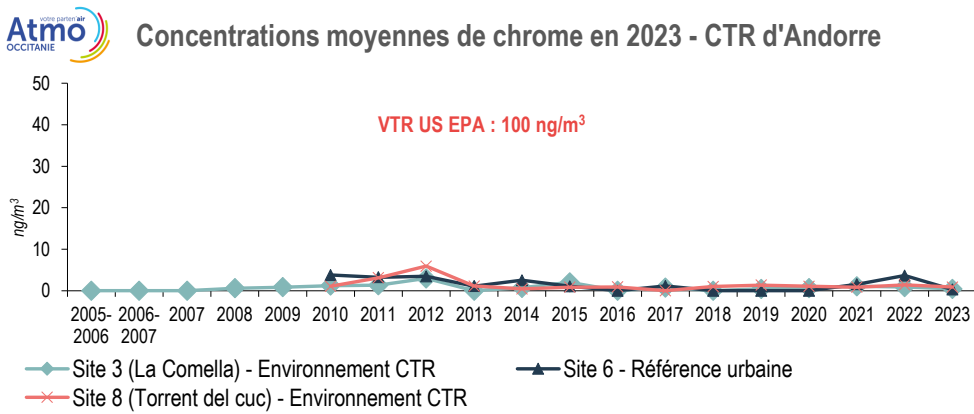
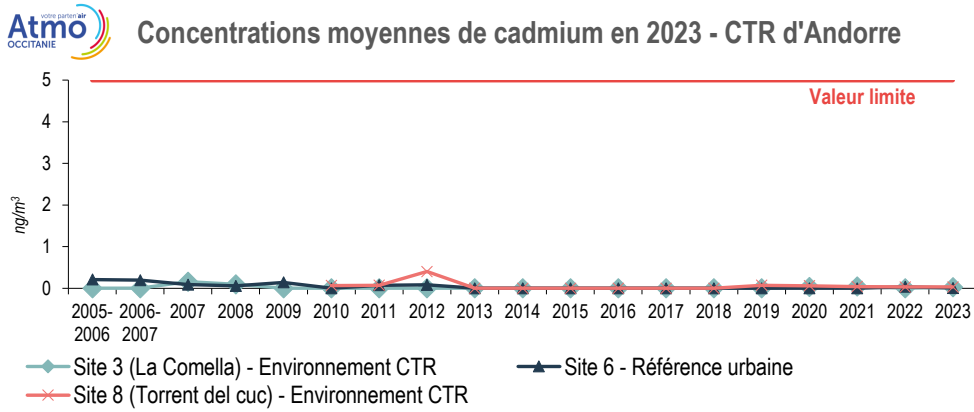
Les concentrations des métaux suivis sont :

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


**Les concentrations moyennes 2023 sont parmi les plus faibles depuis le début des mesures** pour les 6 métaux lourds sur les 3 sites suivis.

Les variations observées les années précédentes s'expliquent, comme pour les PM<sub>10</sub> (cf. 3.1.1), par des travaux ponctuels à proximité des sites. Ainsi, après la légère augmentation mesurée sur le site de fond urbain en 2022 (site n°6), les concentrations sont revenues, en 2023, aux niveaux observés les années précédentes, confirmant le caractère ponctuel de cette hausse.





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

		Période	Concentrations de métaux dans l'air ambiant en ng/m <sup>3</sup>				
			As	Cd	Cr	Ni	Pb
<b>Andorre</b>	<b>Proximité incinérateur*</b>	2023	0,1 à 0,2	0,02 à 0,03	0,5 à 0,9	0,3 à 0,5	0,5 à 1,2
<b>Toulouse (31)</b>	Fond urbain	2023	0,3	0,04	-	0,5	1,8
<b>Peyrusse Vieille (32)</b>	Fond rural	2022	0,2	0,04	-	0,4	1,3
<b>Bessières (31), Calce (66) Lunel (34), Toulouse (31)</b>	Proximité incinérateur	2023	0,2 à 0,4	0,04 à 0,07	0,7 à 3,4	0,4 à 1,5	1,4 à 1,9

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

en italique : concentrations moyennes inférieures à la limite de détection de la mesure

**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
- Diminution des niveaux en 2023 aux alentours, à l'exception du site le plus proche du hangar des mâchefers



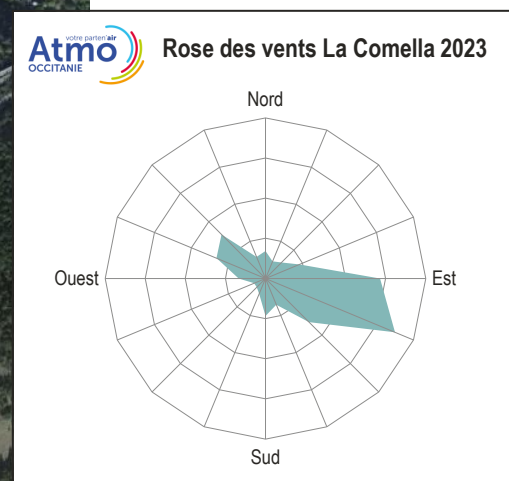
#### 4.1.1. Concentrations en 2023

Il n'existe pas de directive européenne fixant des valeurs réglementaires pour les métaux contenus dans les retombées atmosphériques. En revanche, la réglementation allemande (TA Luft) ou Suisse (OPair) fixent des valeurs réglementaires annuelles, utilisées ici comme valeur de référence.

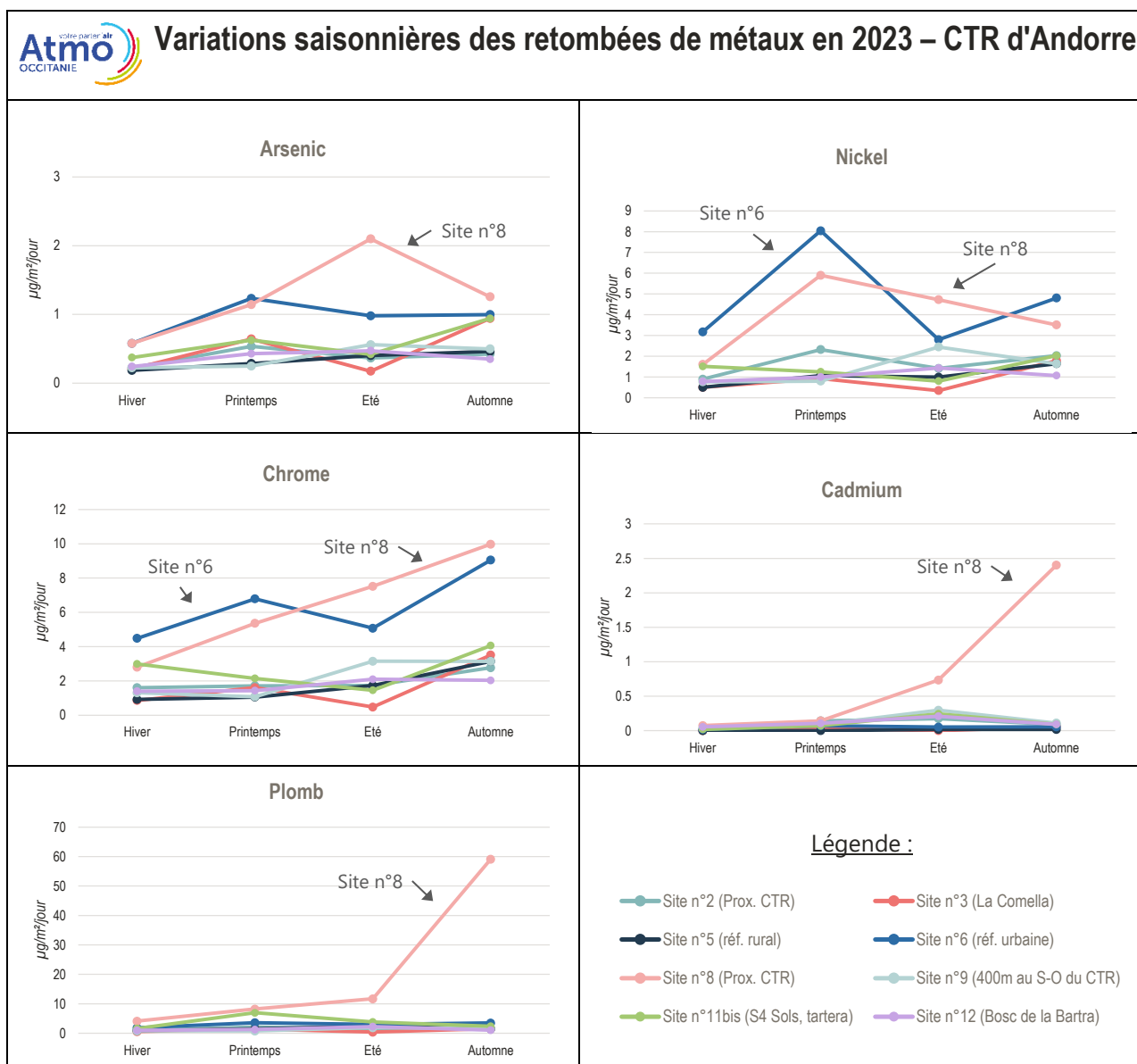
Le tableau suivant présente les concentrations moyennes en 2023 avec en **rouge** et en **bleu** la concentration moyenne annuelle la plus **élevée** et la plus **faible** sur les 8 sites étudiés.

	Retombées de métaux en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ – Année 2023				
	Arsenic	Cadmium	Nickel	Plomb	Chrome
Site n°2 (Prox. CTR)	0.4	0.11	1.7	1.6	2.0
Site n°3 (La Comella)	0.5	0.03	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>1.6</b>
Site n°5 (réf. rural)	<b>0.3</b>	<b>0.01</b>	1.1	1.6	1.7
Site n°6 (réf. urbaine)	1.0	0.05	<b>4.7</b>	3.0	6.3
Site n°8 (Prox. CTR)	<b>1.3</b>	<b>0.83</b>	4.0	<b>20.6</b>	<b>6.4</b>
Site n°9 (Cal Rosselló)	0.4	0.14	1.4	1.3	2.2
Site n°11bis (S4 Sols, tartera)	0.6	0.11	1.4	3.8	2.6
Site n°12 (Bosc de la Bartra)	0.4	0.12	1.1	1.4	1.7
Valeur de référence annuelle	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	-

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



### 4.1.2. Saisonnalité

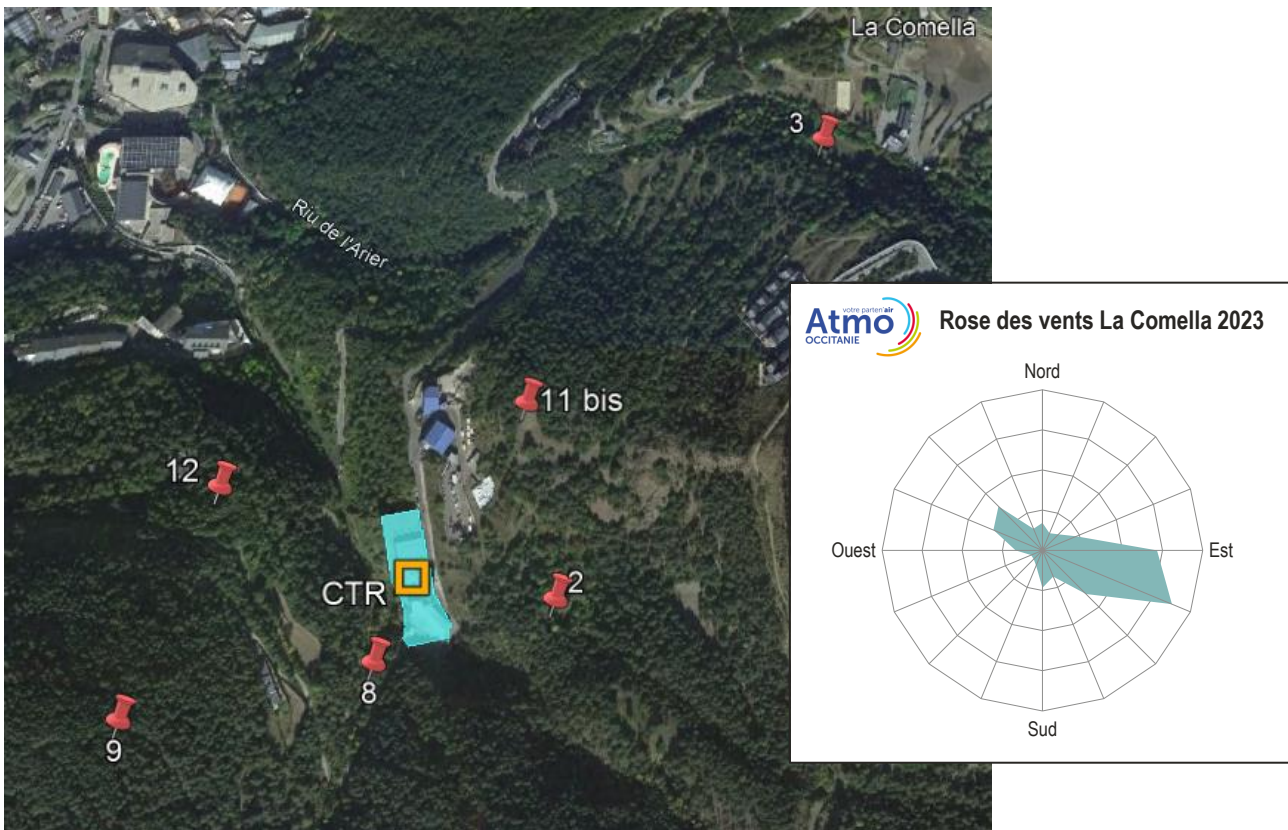


A proximité du hangar des mâchefers (site n°8), les retombées de métaux sont généralement plus élevées que sur les autres sites. En particulier, les retombées de plomb et de cadmium sont près de 10 fois plus importantes à l'automne 2023 que sur les autres saisons. Ce résultat illustre, comme les années précédentes, l'influence de l'incinérateur sur les retombées métalliques dans ses environs immédiats sur certaines périodes.

Sur les autres sites autour de l'incinérateur (sites n°2, 3, 9, 11bis et 12), les retombées sont faibles et globalement homogènes, proches du fond rural (site n°5). L'influence de l'incinérateur sur les retombées métalliques est limitée aux abords du hangar des mâchefers.

Le **fond urbain présente des retombées d'arsenic, de nickel et de chrome** proches de celles mesurées à proximité du hangar des mâchefers (site n°8), et globalement **2 à 3 fois** plus élevées que sur les autres sites.

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.



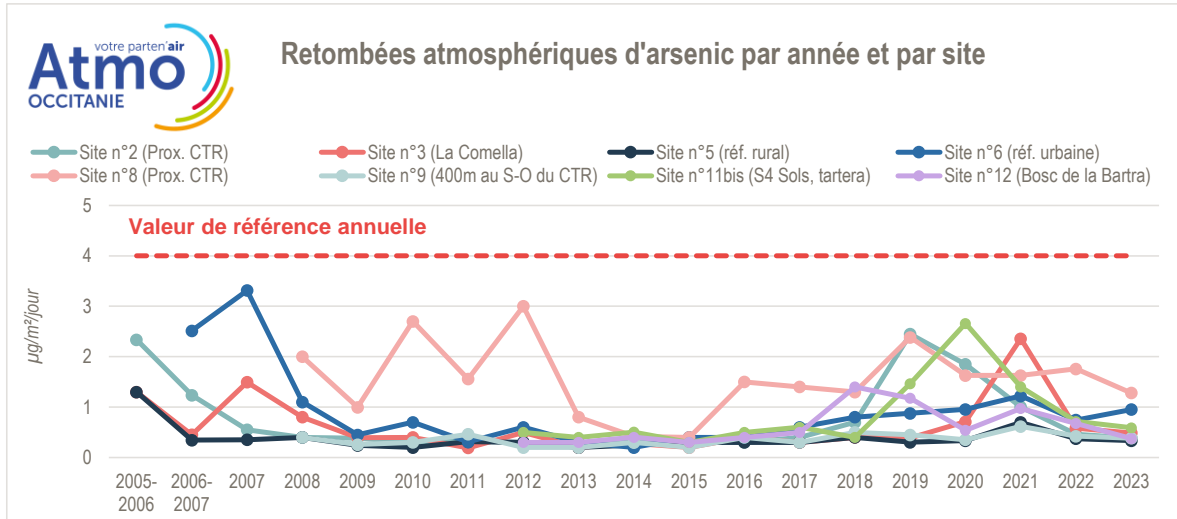
De tous les sites étudiés, le site n°12, mis en place en 2012 à environ 250 mètres au Nord-Ouest du CTR, est le plus fréquemment sous le vent de l'installation (voir annexe 2), particulièrement lors des mois froids.

**Comme vu au paragraphe précédent, les retombées métalliques sur ce site ne se distinguent pas de celles des autres sites.**



### 4.1.3. Évolution par rapport aux années antérieures

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des moyennes annuelles des retombées d'arsenic depuis le début de la surveillance. Les mêmes éléments sont disponibles en annexe 6 pour les autres métaux (cadmium, nickel, plomb et chrome).



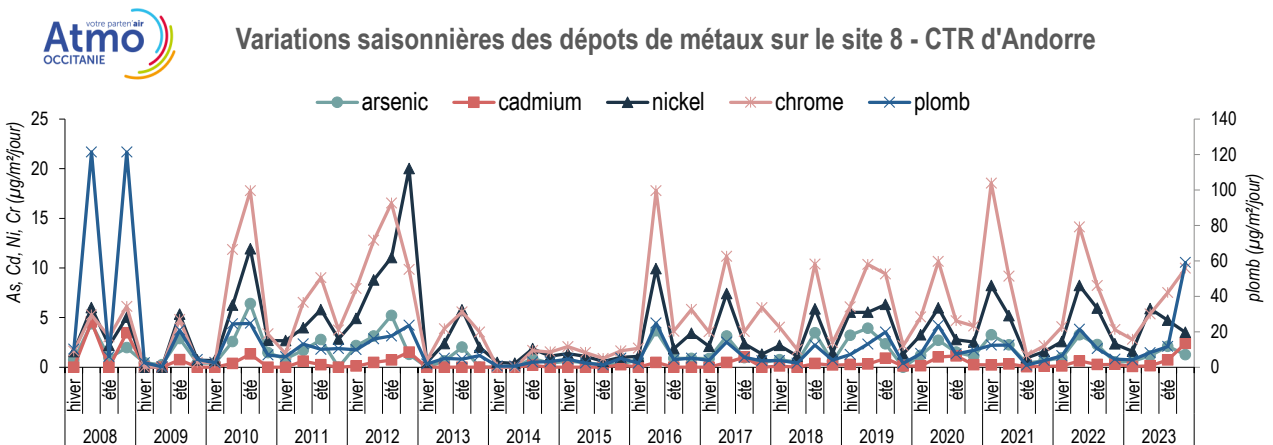
Les principales conclusions des années précédentes restent vérifiées en 2023, à savoir :

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

Les **retombées métalliques diminuent en 2023** sur la quasi-totalité des sites aux alentours de l'incinérateur. Elles sont particulièrement homogènes, à l'exception du site n°8, détaillé dans le paragraphe suivant. Si cette tendance à la baisse s'observe également en fond rural, le fond urbain au centre-ville d'Andorre-la-Vieille présente des retombées en légère hausse par rapport à 2022.

### 4.1.4. Particularités du site n°8

A l'exception de 2013, 2014 et 2015, **le site n°8 présente des retombées métalliques parmi les plus élevées de la zone d'étude, associées à de fortes variations saisonnières**.



Le site n°8 est implanté 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 provenance de ce hangar (si celui-ci reste ouvert par moments) ou depuis la cour jouxtant ce même hangar.

Si les retombées entre les métaux suivis sont habituellement relativement bien corrélées, la hausse observée à l'automne 2023 ne s'observe pas sur l'arsenic et le nickel. Ce résultat, confirmé par le laboratoire d'analyse, semble traduire l'influence d'une activité spécifique au cours de cette période. Cependant, aucune action n'a pu pour l'instant être identifiée comme origine potentielle de cette augmentation des retombées sur le site n°8.



**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.**

#### 4.1.5. Comparaison à d'autres sites de mesures

Dépôts ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ )	Types de site	As	Cd	Ni	Pb	Cr
<b>Sites andorrans (année 2023)</b>	Proximité du CTR ( <i>sites n°2, 3, 8, 9, 11bis et 12</i> )	0,4 à 1,3	0,03 à 0,83	0,9 à 4,0	1,0 à 20,6	1,6 à 6,4
	Urbain ( <i>site n° 6</i> )	1,0	0,05	4,7	3,0	6,3
	Rural ( <i>site n° 5</i> )	0,3	0,01	1,1	1,6	1,7
Proximité Fonderie Haute-Garonne	2017 à 2023	0,4 à 2,4	0,03 à 0,4	1,2 à 31,6	0,9 à 8,5	-
Proximité incinérateur Hérault	2 mois été 2023	0,7 à 1,7	0,06 à 0,1	1,3 à 2,7	1,4 à 2,8	1,8 à 4,2
Références INERIS [4]	Moyenne fond urbain	1,3	0,6	4	26	3,8
	Moyenne fond rural	0,38	0,23	0,93	1,79	2,6

**Pour les métaux mesurés (arsenic, cadmium, plomb, nickel et chrome),** les résultats 2023 andorrans sont de l'ordre de grandeur de ceux mesurés en Occitanie et sont proches des moyennes de fond urbain établies par l'INERIS [4].

## 4.2. Dioxines contenues dans les retombées atmosphériques

- **Respect des valeurs de référence**
- **Retombées de dioxines faibles et homogènes autour de l'incinérateur, sans mise en évidence d'une influence de ce dernier**
- **Valeur légèrement plus élevée pendant l'hiver 2023 sur la référence rurale, illustrant l'impact ponctuel d'autres sources anthropiques en Andorre**



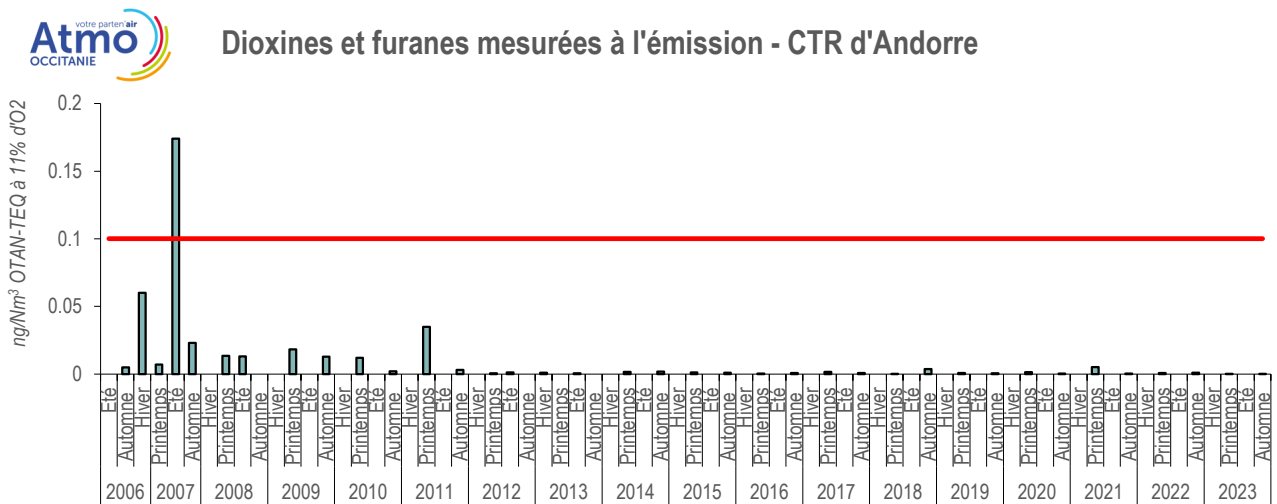
### 4.2.1. Origine

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 par un organisme indépendant 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/Nm<sup>3</sup>).

Des mesures mensuelles à l'émission sont également réalisées par l'exploitant de l'incinérateur.

## 4.2.3. Résultats 2023 dans les retombées atmosphériques

### 4.2.3.1. Résultats en I-TEQ

	Retombées de métaux en pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /jour – Année 2023				
	Hiver	Printemps	Eté	Automne	2023
Site n°2 (Prox. CTR)	3,0	2,9	2,8	3,0	<b>2,9</b>
Site n°3 (La Comella)	3,0	2,9	2,8	3,0	<b>2,9</b>
Site n°5 (réf. rural)	8,0	3,8	2,8	3,0	<b>4,4</b>
Site n°6 (réf. urbaine)	3,0	3,0	2,8	3,1	<b>3,0</b>
Site n°8 (Prox. CTR)		2,9	3,8	3,0	<b>3,2</b>
Site n°9 (Prox. CTR)	3,0	2,9	2,8	3,0	<b>2,9</b>
Site n°11bis (S4 Sols, tartera)	3,1	3,0	3,2	3,0	<b>3,1</b>
Site n°12 (Bosc de la Bartra)	3,0	2,9	2,9	3,0	<b>2,9</b>

Pour la majorité des mesures en 2023, les **retombées de dioxines sont globalement faibles et homogènes** (proches de 2,8 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour, valeur minimale quand aucun congénère n'est détecté).

Une **valeur plus élevée** est observée **lors de la campagne hivernale** (22 décembre 2022 - 20 mars 2023) **au niveau de la référence rurale** (site n°5), avec 8 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour. Ce site, est positionné à distance de l'incinérateur, afin de pouvoir comparer les mesures à proximité de l'incinérateur avec une zone rurale non influencée par ce dernier. Cette valeur plus élevée début 2023 sur ce site montre ainsi l'existence sur la zone de sources ponctuelles pouvant être à l'origine de retombées de dioxines à proximité, (feux de végétaux par exemple).

### 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 analyses bibliographiques d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes [3] et de l'Ineris [4] ont recensé les résultats de différentes études pour proposer des valeurs de référence, 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/m<sup>2</sup>/jour pour une exposition moyenne sur 2 mois
- 10 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour pour une exposition moyenne annuelle.

#### **Valeurs de référence de l'INERIS (2012)**

Typologie	Moyenne des dépôts atmosphériques totaux en PCDD/F (pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /jour)
Bruit de fond rural	1,7
Bruit de fond urbain	3,0
A moins de 100m sous le vent de l'incinérateur	15,7

## Commentaires

- Les retombées de dioxines et furanes autour du CTR correspondent à un bruit de fond et aucune influence n'est mise en évidence.
- A l'image de la mesure pendant l'hiver 2023 sur le fond rural, des activités anthropiques ponctuelles peuvent influencer les retombées atmosphériques de dioxines et furanes en Andorre.

### 4.2.4. Évolution par rapport aux années antérieures

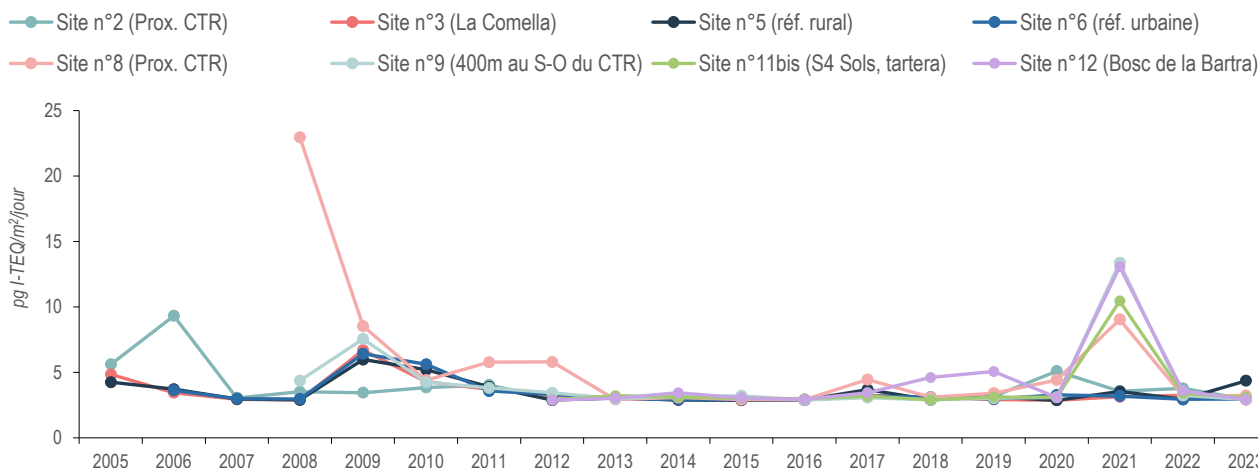
Comme détaillé en annexe 3, les limites de quantification des dioxines dans les retombées atmosphériques, fournies par le laboratoire d'analyse, ont évolué : à partir de l'automne 2016, dans l'hypothèse où aucun congénère n'est détecté, la valeur minimale attribuée aux retombées de dioxines est de 2,8 pg ITEQ/m<sup>2</sup>/jour.

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.



#### Evolution des retombées annuelles de dioxines - 2005-2023

Données recalculées avec les limites de détection depuis 2017



En 2021, des valeurs élevées atypiques ont été mesurées pour 4 des 5 sites autour du CTR pendant l'été 2021, sans dysfonctionnement identifié au niveau de l'incinérateur.

En 2022 et 2023, les retombées de dioxines autour de l'incinérateur ont retrouvé un niveau similaire aux années précédentes sur l'ensemble des sites, entre 3 et 4 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour. **Les valeurs 2023 sont ainsi similaires au niveau de fond observé sur les sites références.**

## 5. Dioxines et métaux dans les fourrages

- Dioxines et furanes non détectées dans l'échantillon 2023
- Teneurs inférieures aux valeurs réglementaires chaque année



### 5.1. Contexte

Si le sol ne paraît pas être 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 [6]), 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).

Pour rappel, en 2021, ce prélèvement n'avait pu être réalisé car les fourrages avaient déjà été coupés lors du passage.

### 5.2. Résultats des dioxines

**Trois congénères sur les 17 recherchés ont été détectés dans l'échantillon de fourrage prélevé en 2023.**

Par rapport aux années précédentes, aucune tendance globale des évolutions de teneurs en dioxines et furanes dans les fourrages n'est visible.

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	2022	2023	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	-	0	<b>0,004</b>	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	-	0,132	<b>0,079</b>		

\* En juin 2015 le prélèvement a été réalisé sur un site proche du site de prélèvement habituel.

\*\* 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

Les résultats des prélèvements sont, **chaque année, inférieurs à la teneur maximale et au seuil d'intervention de la Directive 2002/32/CE** en matière de substances indésirables dans les aliments pour animaux.

### 5.3. Résultats des métaux

Teneurs en métaux en mg / kg de matière brute pour une teneur en humidité de 12%									
	Métaux								Directive 2002/32/CE
	2016	2017	2018	2019	2020	2021*	2022	2023	Teneur maximale
<b>Arsenic</b>	0,025	0,098	0,156	0,053	0,028	-	0,043	0,174	2
<b>Cadmium</b>	0,023	0,130	0,093	<0,04	0,032	-	0,075	0,119	1
<b>Plomb</b>	0,039	0,251	0,376	0,053	0,025	-	0,053	0,152	30
<b>Chrome</b>	<0,047	0,631	2,010	0,562	0,133	-	0,379	< 0,25	-
<b>Nickel</b>	0,056	0,346	2,254	0,614	0,128	-	0,612	0,694	-

\*prélèvement non réalisé

En 2023, 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 aux années précédentes, aucune tendance globale des évolutions de teneurs en métaux n'est visible.

## 6. Conclusions et perspectives

En 2023, les concentrations des polluants mesurées autour de l'incinérateur des déchets d'Andorre sont inférieures aux valeurs réglementaires ou valeurs de référence, aussi bien en air ambiant que dans les retombées atmosphériques ou dans les fourrages. L'influence de l'incinérateur reste limitée, comme les années précédentes, aux environs immédiats : à côté du hangar de stockage des mâchefers. Les niveaux moyens observés sont globalement en diminution sur l'ensemble des sites, et sont parmi les plus faibles depuis le début des mesures.

Ces résultats seront présentés comme chaque année à la commission d'information et de suivi (CIV), qui regroupe les pouvoirs publics (ministères et paroisses), l'exploitant et les riverains et associations. La surveillance de la qualité de l'air aux alentours du CTR se poursuivra en 2024 selon les mêmes modalités qu'en 2023.

## 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 2022 ; Atmo Occitanie
- [3] Air Rhône-Alpes (2012) « Surveillance des dioxines et des métaux lourds – Synthèse des mesures effectuées en 2010 et 2011 »
- [4] Surveillance dans l'air autour des installations classées - Ineris-201065-2172207-v1.0
- [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 à proximité des sites de mesures depuis 2019**

**ANNEXE 5 : Calendrier des mesures**

**ANNEXE 6 : Historique des retombées atmosphériques de métaux**

**ANNEXE 7 : Modification de l'historique des concentrations de particules**



# ANNEXE 1 : ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS

## MESURES

### 1. PARTICULES EN SUSPENSION PM<sub>10</sub>

---

#### 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 PM<sub>10</sub>) ou 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>). Elles sont souvent associées à d'autres polluants (SO<sub>2</sub>, 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 ».

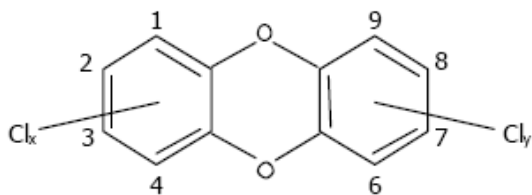
## 3. DIOXINES ET FURANES

---

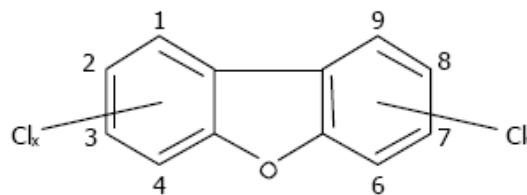
Le terme « dioxines » désigne 2 grandes familles de composés :

- 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

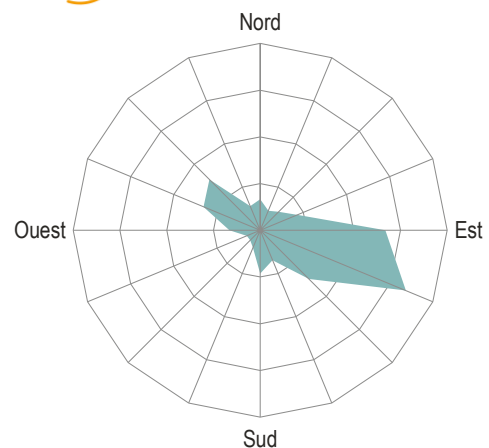
# ANNEXE 2 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES 2023

## STATION LA COMELLA

### Conditions de vent



Rose des vents La Comella 2023



La rose des vents ci-contre présente les régimes de vent observés en 2023.

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%
Année 2022	11%	6%	10%	35%
Année 2023	14%	6%	11%	33%

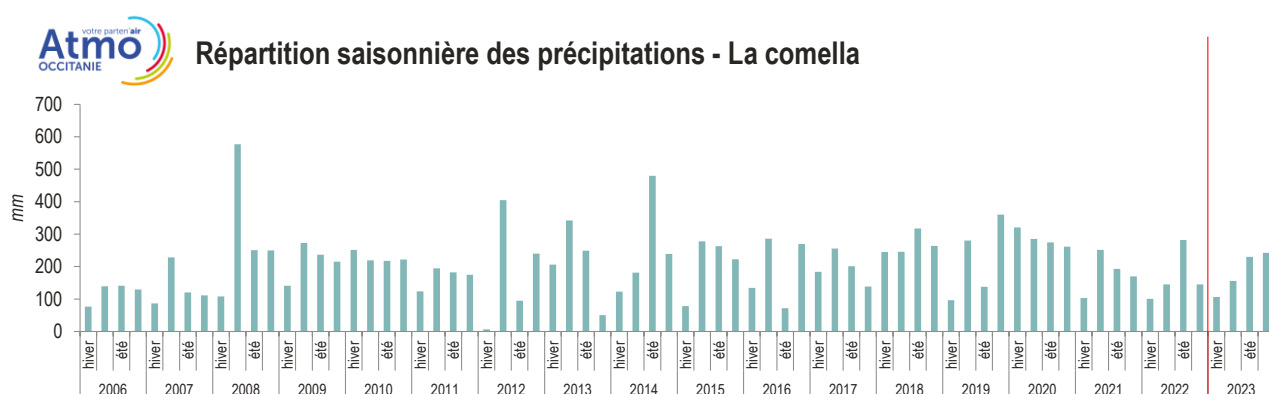
**Le site 12**, ajouté en 2012 suite aux recommandations de l'INERIS [6], est celui qui est le plus fréquemment sous le vent du CTR (entre 33% et 40% du temps).

**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	2022	2023	Moyenne
594	546	1184	864	910	675	745	847	1022	841	762	779	1071	874	1140	716	673	733	826

\* 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 2023 :**

- 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 <sup>3</sup> /h
<b>Arsenic</b>	0,025	0,08 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmium et mercure</b>	0,010	0,03 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nickel, plomb et chrome</b>	0,100	0,3 ng/m <sup>3</sup>

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
<b>Nickel</b>	0,05	0,1 µg/m <sup>2</sup> /jour
<b>Arsenic et cadmium</b>	0,01	0,02 µg/m <sup>2</sup> /jour
<b>Plomb et chrome</b>	0,10	0,2 µg/m <sup>2</sup> /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/m<sup>2</sup>/jour pour une exposition de 3 mois des jauges.

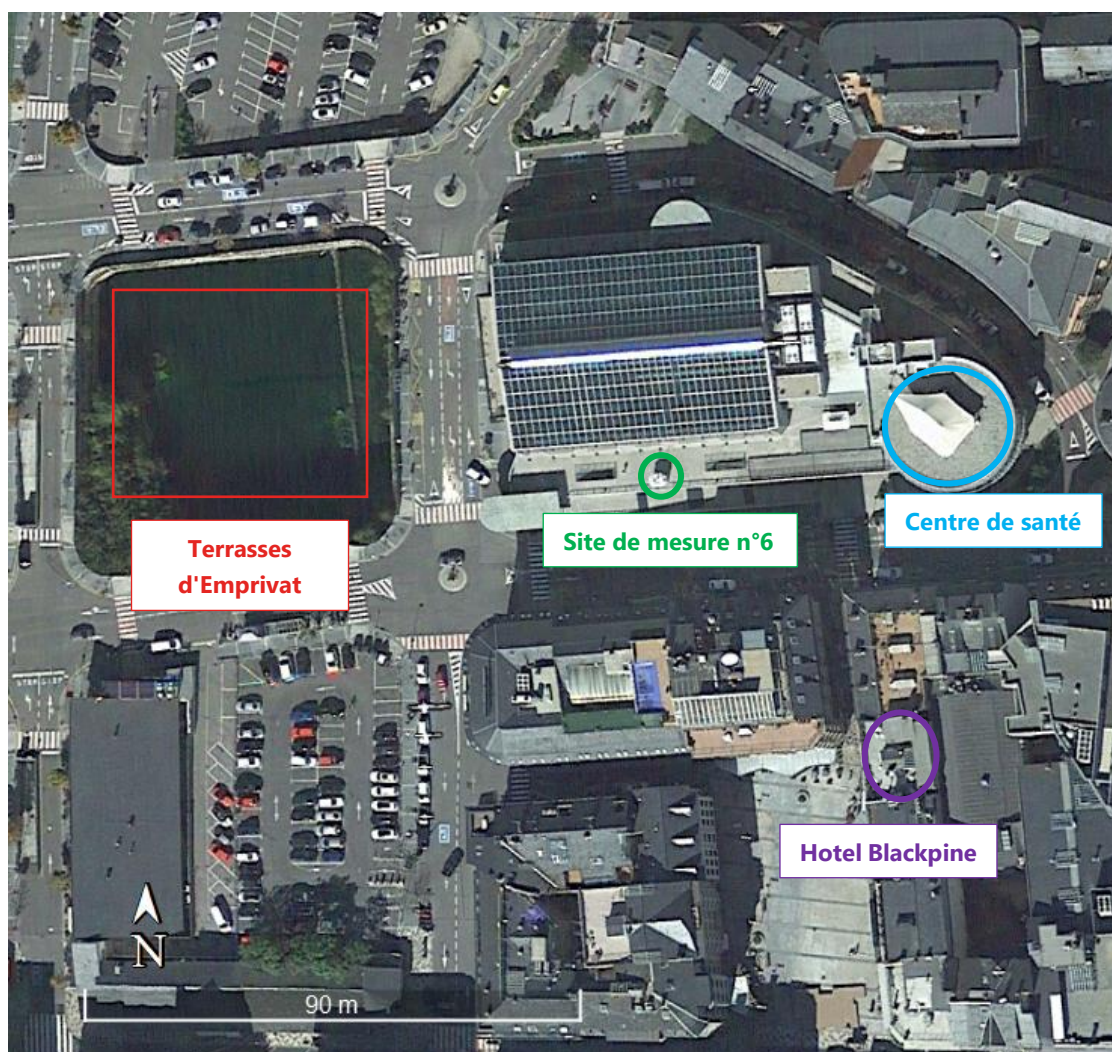
	Limite de quantification en pg ITEQ/jauge	Limite de quantification pour une exposition de 3 mois
<b>Dioxines et furanes</b>	1,5	2,9 pg ITEQ/m <sup>2</sup> /jour



## ANNEXE 4 : TRAVAUX A PROXIMITE DES SITES DE MESURES DEPUIS 2019

Entre 2019 et 2022, des travaux d'envergure se sont déroulés à proximité des points de mesures. Les activités réalisées sont sources de pollution avec l'émission de poussières et de particules, ainsi que la remise en suspension des poussières.

### Projets immobiliers à Escaldes



Les trois projets immobiliers et les principales phases des travaux sont indiqués page suivante.

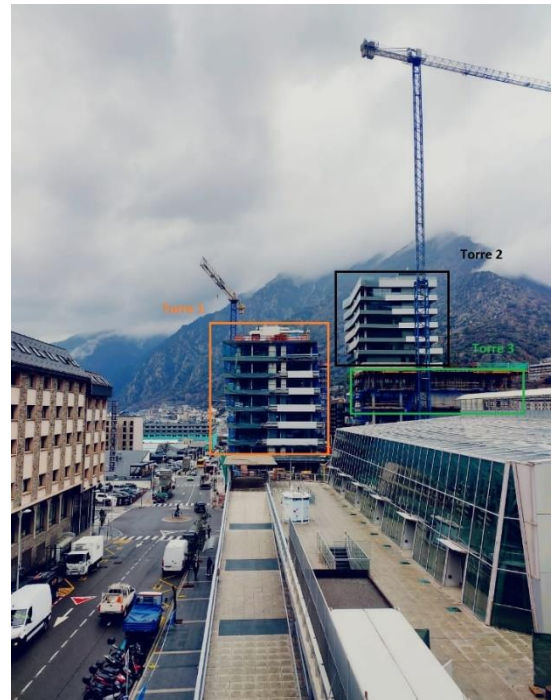
## Terrasses d'Emprivat :

Construction d'un complexe immobilier de 3 tours, de 10, 15 et 20 étages à 50 mètres environ à l'ouest du site de mesure.

Tour 1 (10 étages) : Gros œuvre entre août 2021 et mars 2022.  
Second œuvre jusqu'en décembre 2022.

Tour 2 (15 étages) : Gros œuvre en 2021. Second œuvre jusqu'en mars 2022.

Tour 3 (20 étages) : Gros œuvre débuté en février 2021 et toujours en cours.



## Démolition du centre de santé :

Démolition de l'ancien bâtiment en octobre et novembre 2022.

Gros œuvre prévu entre décembre 2022 et juillet 2023.

Second œuvre entre juillet et août 2023.



## Construction Hotel Blackpine :

Démolition du bâtiment précédent entre avril 2022 et janvier 2023

Construction du nouveau bâtiment à partir de février 2023.



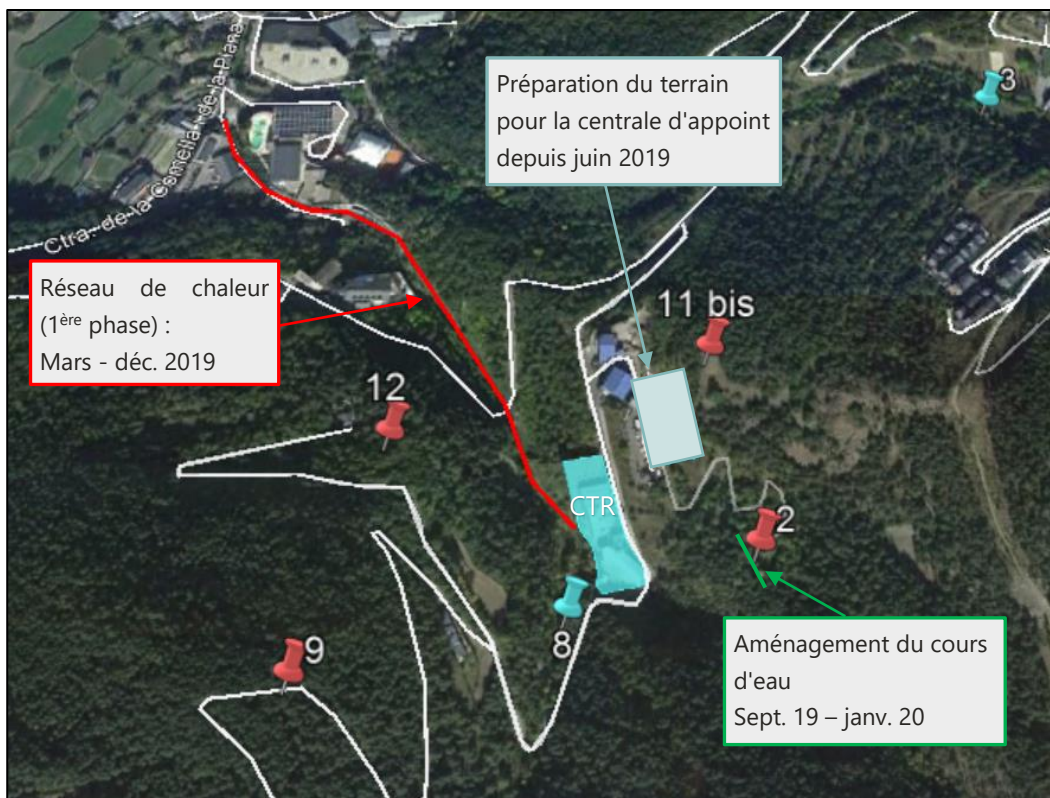
# Travaux pour la construction du réseau de chaleur

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 2022 et 2023, 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.

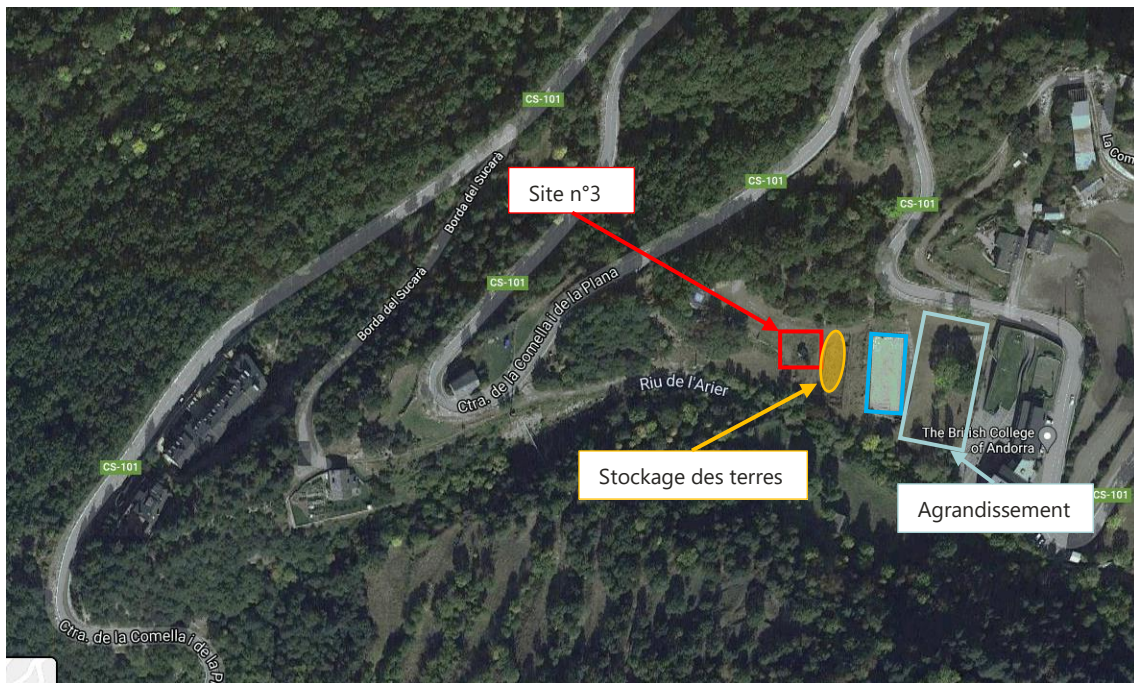
## **Phase 2 (Eté 2019 à septembre 2020)**

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).



**En 2023, aucune activité n'a eu lieu à proximité du CTR concernant ces travaux.**

## ANNEXE 5 : CALENDRIER DES MESURES

Le tableau ci-dessous présente, pour l'année 2023, les périodes de mesures (en bleu) des particules PM<sub>10</sub> 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 (2,3,5,6,8,9,11bis, 12)
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							

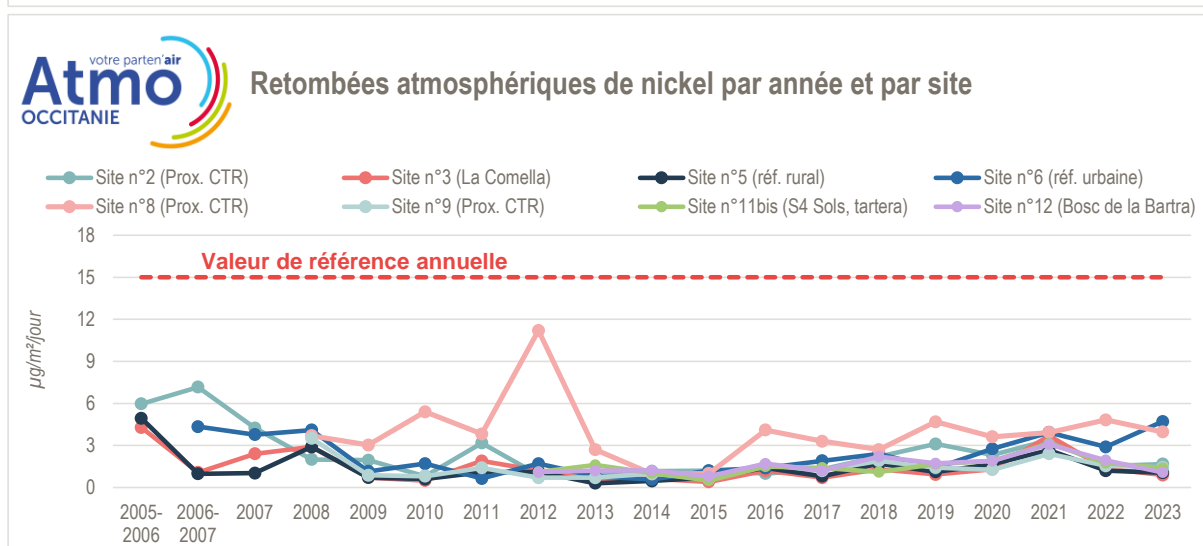
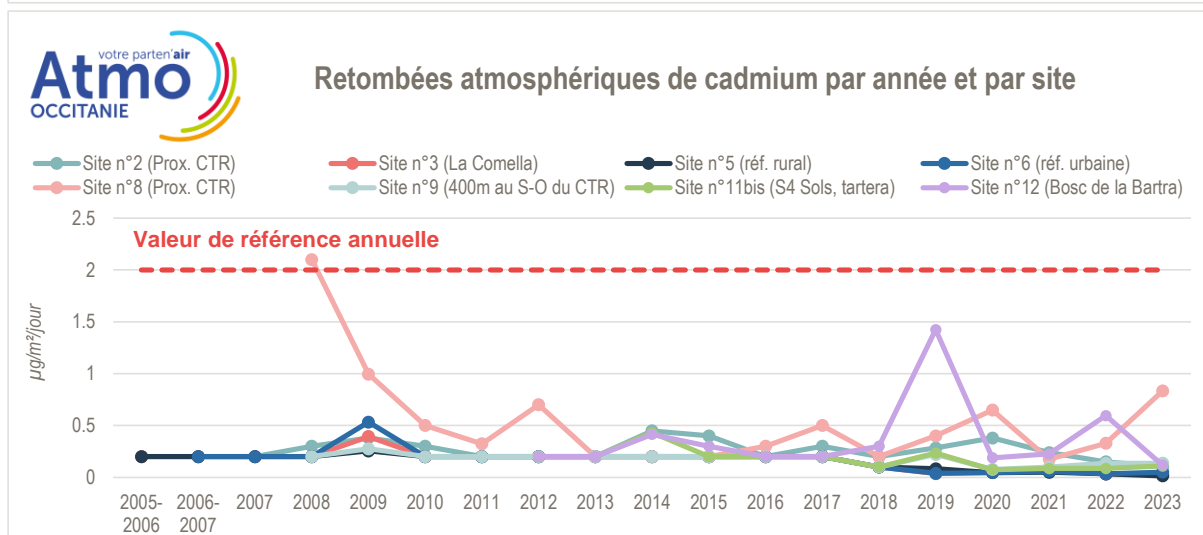
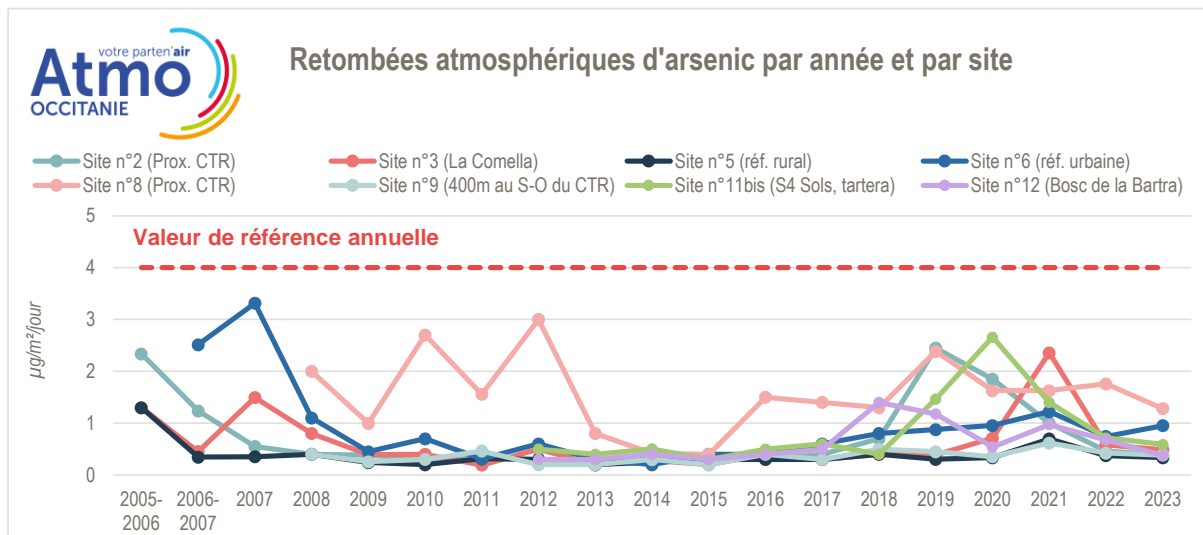
Les mesures en air ambiant sur les sites 3 et 8 ont eu lieu sur deux saisons différentes. Sur le site 6, les mesures ont été réalisées toute l'année.

Les mesures des métaux et dioxines dans les retombées atmosphériques ont été effectuées sur les 8 sites suivis par périodes de 3 mois (chaque saison) sur toute l'année 2023.

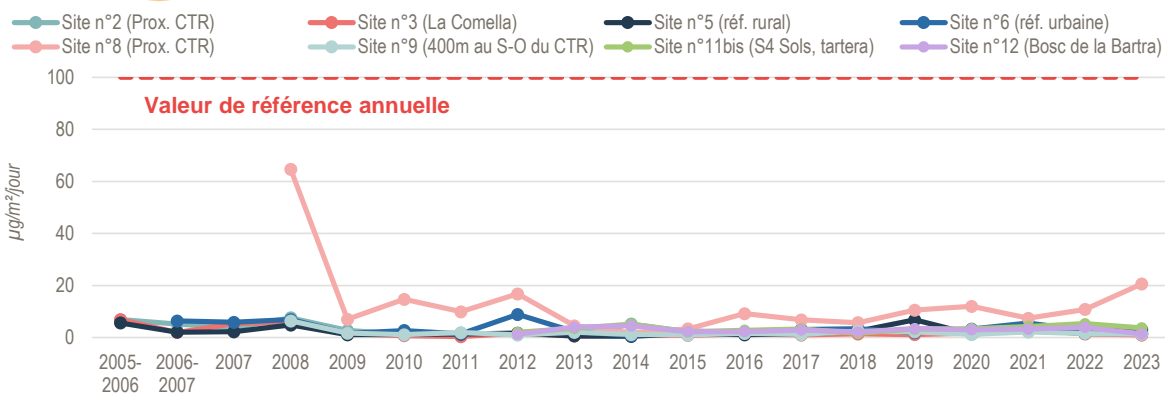
Enfin, concernant les fourrages, le prélèvement a été réalisé le 24 mai 2023.

# ANNEXE 6 : HISTORIQUE DES RETOMBÉES ATMOSPHERIQUES DE METAUX

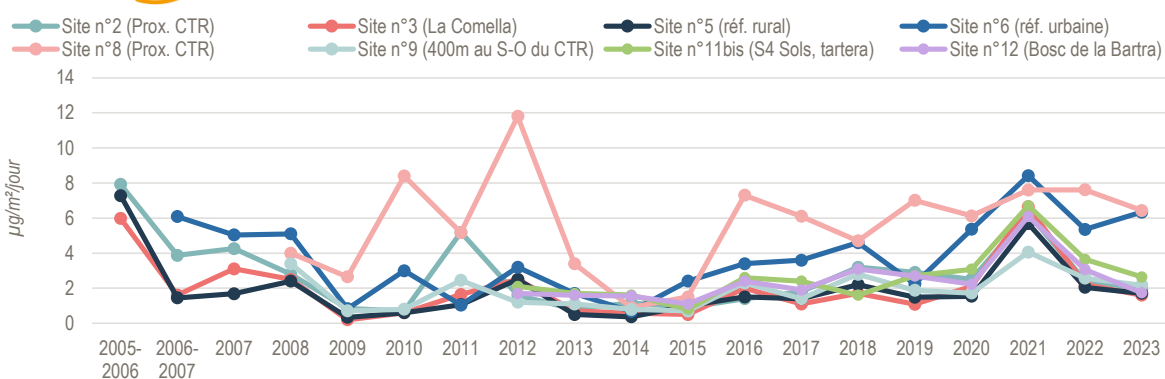
Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des moyennes annuelles des retombées des différents métaux depuis le début de la surveillance.



### Retombées atmosphériques de plomb par année et par site



### Retombées atmosphériques de chrome par année et par site





# ANNEXE 7 : MODIFICATION DE L'HISTORIQUE DES CONCENTRATIONS DE PARTICULES

## Contexte

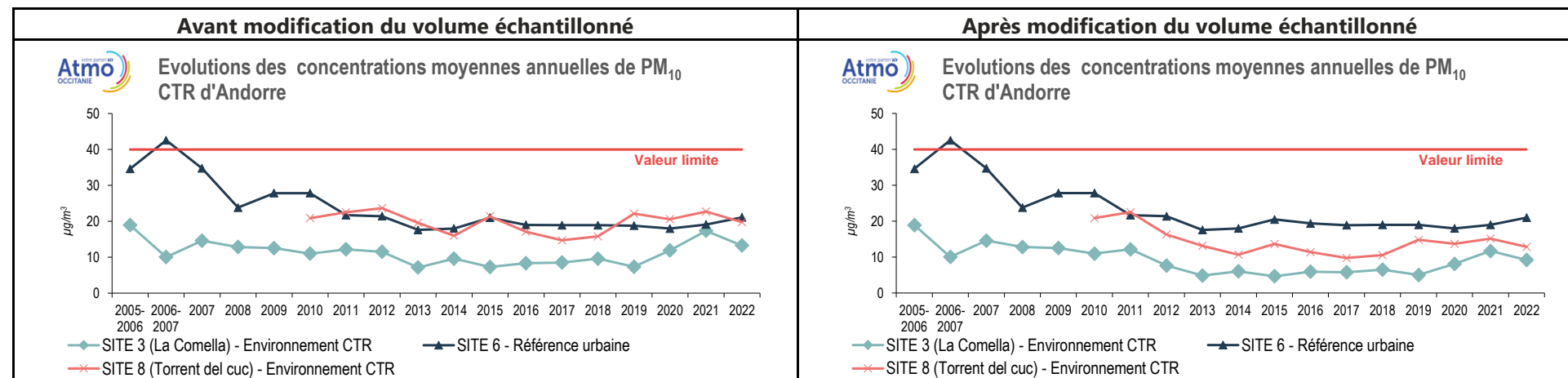
La surveillance des particules sur la principauté d'Andorre a commencé il y a près de 20 ans. Afin de moderniser et de sécuriser la mesure, certains des équipements montrant des signes de faiblesse, les dispositifs de suivi de ces polluants sont progressivement renouvelés depuis 2021.

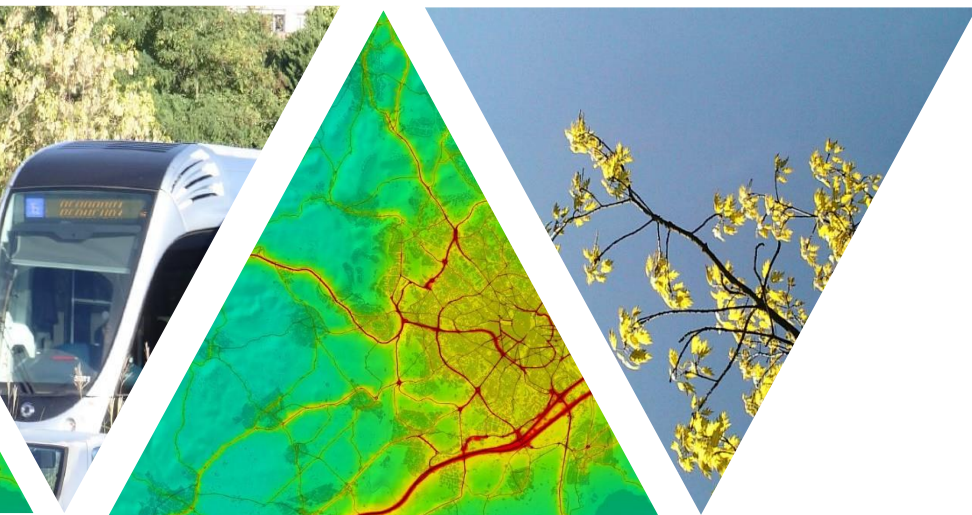
Ces opérations ont permis de mettre en lumière en 2023 un problème dans l'expression des concentrations obtenues sur les sites aux alentours du CTR. En effet, la concentration moyenne est obtenue en divisant la masse de particules par le volume échantillonné. C'est la valeur de ce dernier, qui n'était pas calculé selon les bonnes conditions météorologiques ambiantes extérieures, conformément aux dernières évolutions des normes et usages européen.

## Influence de la modification sur l'historique de mesure

La **correction du volume échantillonné conduit à une diminution d'environ 30% des concentrations** calculées sur les sites n°3 (La Comella) et n°8 (proximité CTR). Les années avant 2012 n'ont pu être recalculés, mais l'impact devrait être théoriquement du même ordre.

Les deux graphiques ci-dessous illustrent l'impact de cette correction sur les concentrations moyennes entre 2012 et 2022.





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

[www.atmo-occitanie.org](http://www.atmo-occitanie.org)

Atmo  
OCCITANIE  
votre partenaire  
Votre observatoire régional de l'air

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