



BIO-TOX

Toxicologie – Ecotoxicologie,
Sécurité Produits et Environnement




RAPPORT DE SYNTHESE



**Surveillance de l'impact dans
l'environnement de l'UVE de Thau
agglo**

*Suivi des retombées atmosphériques,
analyses dans les sols, les végétaux et
les aiguilles de pins*

23 janvier 2020

 BIO-TOX Surveillance Environnementale Service Protection et Environnement	REDACTION	VERIFICATION ET APPROBATION
Nom	Julie TABERLY	Marine Saint-Denis
Qualité	<i>Chargée de mission</i>	<i>Co-gérante, Direction scientifique</i>
Date	06/01/2020	23/01/2020
Visa		

Sommaire

1.	Objet 6	
2.	Archivage des données	6
3.	Date de réalisation des différentes étapes de l'étude	6
4.	Les contraintes réglementaires : les arrêtés du 20/09/2002 et du 03/08/2010	6
4.1.	Les arrêtés en vigueur	6
4.2.	L'arrêté préfectoral	7
5.	Introduction	7
6.	Inventaire des émissions de dioxines et furanes, PCB, HAP et métaux lourds... ..	7
7.	Modes opératoires de la surveillance environnementale	10
7.1.	Composés analysés.....	10
7.2.	Les matrices étudiées.....	11
8.	Stratégie d'échantillonnage et prélèvements.....	13
8.1.	Choix des localisations	13
8.2.	Localisations des points en 2019	14
8.3.	Exposition des points de prélèvement.....	19
9.	Valeurs de références.....	19
9.1.	Jauges	19
9.2.	Les sols.....	21
9.3.	Les végétaux	23
9.4.	Les aiguilles	23
10.	Emissions et fonctionnement de l'usine pendant la période d'exposition	24
11.	Résultats	26
11.1.	Données météorologiques	26
11.2.	Analyse dans les jauges	27
11.3.	Analyse dans les sols.....	33
11.4.	Analyse dans les végétaux	39
11.5.	Analyse dans les aiguilles de pin.....	41
12.	Synthèse de l'étude et conclusion	46
12.1.	Résultats concernant les sols et végétaux.....	46
12.2.	Résultats concernant la qualité de l'air	47
12.3.	Bilan	48

ANNEXE 1 Compte-rendu d'exposition des jauges et de prélèvement des sols, végétaux et aiguilles de pin en 2019

ANNEXE 2 Données météorologiques 2019

ANNEXE 3 : Rapports d'analyse (CARSO) : PCDD/F et ETM dans les jauges

ANNEXE 4 Teneurs en PCDD/F dans les jauges

ANNEXE 5 Rappel des résultats précédents sur les métaux dans les jauges

ANNEXE 6 Rapports d'analyse (CARSO) : PCDD/F et ETM dans les sols

ANNEXE 7 Teneurs en PCDD/F dans les sols

ANNEXE 8 Rappel des résultats précédents des ETM dans les sols

ANNEXE 9 Rapports d'analyse (CARSO) : PCDD/F et ETM dans les végétaux

ANNEXE 10 Rapports d'analyse (CARSO) : PCDD/F et ETM dans les aiguilles de pin

ANNEXE 11 Teneurs en PCDD/F dans les aiguilles de pin

Liste des figures

Figure 1 : Estimation des émissions de dioxines et furanes en France par secteurs.....	9
Figure 2 : Localisation des points de prélèvement en 2019	15
Figure 3 : Localisation des points de prélèvement en 2019 (dispersion ANTEA en arrière-plan.....)	16
Figure 4 : Localisation des points de prélèvement en 2019 (dispersion BURGEAP en arrière-plan).....	17
Figure 5: Profils des dioxines et furanes à l'émission en pourcentage massique.....	25
Figure 6 : Répartition des métaux à l'émission.....	25
Figure 7 : Rose des vents de la station de Sète du 16/07 au 18/09/19.....	26
Figure 8 : Dépôts de dioxines et furanes en 2019 suivant l'axe et la distance à l'UVE.....	27
Figure 9 : Répartition massique des dioxines et furanes.....	28
Figure 10 : Dépôts de PCDD/F dans les jauges depuis 2007.....	28
Figure 11 : Dépôts de métaux dans les jauges.....	30
Figure 12 : Répartition des métaux dans les jauges et à l'émission.....	30
Figure 13 : Dépôts cumulés de métaux dans les jauges depuis 2007.....	31
Figure 14 : Métaux dans les jauges depuis 2009.....	32
Figure 15 : Concentrations en PCDD/F dans les sols hors jardins et des jardins cheminots depuis 2012.....	34
Figure 16 : Répartition des congénères de PCDD/F dans les sols en 2019.....	34
Figure 17 : Localisation des sols sur la carte géologique.....	35
Figure 18 : Localisation du prélèvement S3ter entre 2017 et 2019.....	36
Figure 19 : Cumuls des métaux dans les sols depuis 2012 (2 échelles différentes).....	38
Figure 20 : Concentrations en PCDD/F dans les aiguilles de pins en 2019.....	41
Figure 21: Répartition des différents congénères dans les aiguilles de pin en 2019.....	42
Figure 22 : PCDD/F dans les aiguilles de pins depuis 2016.....	42
Figure 23 : Métaux cumulés dans les aiguilles de pins en 2019.....	43
Figure 24 : Répartition massique des métaux dans les aiguilles de pins et à l'émission en 2019.....	44
Figure 25 : Concentrations en métaux dans les aiguilles de pins depuis 2016.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Estimation des émissions de certains polluants et contribution de l'incinération (CITEPA, 2019).....	10
Tableau 2 : Liste des congénères de PCDD/F et facteurs de toxicité (TEF).....	11
Tableau 3 : Caractéristiques des sols prélevés.....	18
Tableau 4 : Caractéristiques des végétaux prélevés.....	18
Tableau 5 : Description des stations où sont placées les jauges.....	19
Tableau 6 : Référentiel des PCDD/F dans les jauges (Bodenan et al., 2011).....	20
Tableau 7 : Valeurs limites allemandes et suisses dans les dépôts atmosphériques.....	20
Tableau 8 : Dépôts de métaux lourds dans les jauges d'après l'INERIS et Atmo AURA.....	21
Tableau 9: Valeurs guide allemandes d'utilisation des sols.....	21
Tableau 10 : Concentrations en PCDD/F dans les sols français.....	22
Tableau 11 : Fourchettes de concentrations en métaux dans des sols français.....	22
Tableau 12 : Référentiels des métaux dans les aiguilles de pin.....	24
Tableau 13 : Concentrations en PCDD/F à l'émission entre juin et septembre 2019.....	24
Tableau 14 : Dépôts de dioxines et furanes dans les jauges en 2019.....	27
Tableau 15 : Concentrations en métaux dans les jauges en 2019.....	29
Tableau 16 : Concentrations en PCDD/F dans les sols depuis 2012.....	33
Tableau 17 : Concentrations en métaux dans les sols en 2019.....	37
Tableau 18 : Concentrations en PCDD/F dans les végétaux en 2019.....	39
Tableau 19 : Concentrations en métaux dans les végétaux en 2019.....	40
Tableau 20 : Concentrations en métaux dans les aiguilles de pin en 2019.....	43

Index

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (désormais appelé ANSES)
As	Arsenic
BAPPET	Base de données sur les teneurs en Eléments Traces métalliques de Plantes Potagères
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
Cd	Cadmium
CITEPA.....	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
Co.....	Cobalt
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
ETM	Elément trace métallique
Hg:	Mercure
IME :	Interprétation de l'Etat des Milieux
INERIS.....	Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels
IREP	Registre Français des Emissions Polluantes
LQ	Limite de quantification
MF	Matière fraîche
Mn	Manganèse
MS	Matière sèche
ng	Nanogramme 10 ⁻⁹ gramme
Ni:	Nickel
OMS	Organisation Mondiale de la Santé (WHO : World Health Organisation)
OTAN / NATO :	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
Pb	Plomb
PCB.....	Polychlorobiphényles (PCB-DL : PCB « dioxinlike »)
PCDD	Polychlorodibenzodioxines (ou dioxines)
PCDD/F	Dioxines et furanes
PCDF	Polychlorodibenzofuranes (ou furanes)
pg	Picogramme 10 ⁻¹² gramme
Sb.....	Antimoine
Se.....	Sélénium
Sn.....	Etain
Te.....	Tellure
TEF.....	Toxic Equivalent Factor
TEQ	Toxic Equivalent Quantity
Tl	Thallium
UIOM	Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères
UVE	Unité de Valorisation Energétique
V	Vanadium
VCI :	Valeur de Constat d'Impact
VDSS :	Valeur de Définition de Source Sol
VLI.....	Valeur Limite d'Immission
Zn.....	Zinc

1. Objet

Ce rapport concerne l'analyse et l'interprétation des résultats de la campagne de mesure 2019 dans des dépôts atmosphériques (jauges), des sols, des végétaux et des aiguilles de pins autour de l'usine d'incinération de Thau agglo (34).

2. Archivage des données

Toutes les observations sont reportées dans un classeur et seront conservées sous forme numérique pendant 5 ans à Bio-Tox.

3. Date de réalisation des différentes étapes de l'étude

Exposition des jauges.....	du 16/07 au 18/09/2019
Prélèvement de sol, végétaux, aiguilles.....	12, 16 et 17/07/2019
Réception des derniers résultats d'analyses.....	02/10/2019
Réception des données d'émission.....	15/11/2019
Analyse des résultats, et rédaction du rapport de synthèse	du 27/08/2019 au 17/01/2020

4. Les contraintes réglementaires : les arrêtés du 20/09/2002 et du 03/08/2010

4.1. Les arrêtés en vigueur

L'arrêté du 20 septembre 2002 (relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux) prévoit une surveillance sous la responsabilité et aux frais de l'exploitant :

Cette surveillance doit porter sur :

1. les rejets atmosphériques,
2. les rejets aqueux,
3. la qualité des aquifères,
4. les effets sur l'environnement au voisinage de l'installation.

Les contraintes sur la nature et la fréquence des analyses sont parfaitement fixées pour les trois premiers alinéas. Cependant, pour le point 4, la réglementation n'indique que des idées générales sans imposer de méthodologie particulière.

L'usine doit également respecter l'arrêté du 03 août 2010, qui impose notamment de procéder à une mesure semi-continue des dioxines et furanes (en plus des 2 mesures annuelles) à partir du 1er juillet 2014. Des valeurs limites sont également fixées non plus seulement en termes de concentration, mais également en termes de flux, et doivent être précisées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

4.2. L'arrêté préfectoral

L'arrêté complémentaire de 2004 (n°2004-1-232) reprend les modalités de l'arrêté de 2002.

5. Introduction

Thau Agglo conduit depuis 2006 un programme de suivi des retombées particulières de l'UVE dans son environnement conformément à l'arrêté préfectoral d'exploitation 2004- 1-232 du 2 février 2004. Les mesures portent sur les dioxines et furanes et les métaux lourds.

Suite à une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets de l'UVE et de la caractérisation de l'impact environnemental actuel du site, un plan de surveillance a été mis en place en 2008.

Depuis 2012, la mise en place de jauges et des analyses des dépôts ont été confiées au laboratoire CARSO, et depuis 2014, Bio-Tox est chargée de réaliser l'interprétation et la communication de ces résultats.

Une campagne annuelle de mesure des sols et végétaux a également été ajoutée en 2012, afin de mesurer l'influence potentielle de l'UVE sur les sols et les végétaux proches du site (jardins cheminots, sols hors zone de jardins et sol dans zone d'influence potentielle des émissions).

Cette mission est la 8^{ème} campagne de mesure de l'influence potentielle de l'usine de valorisation énergétique sur l'air, les sols et les végétaux.

Notons que l'étude des concentrations dans les sols apporte des informations sur la pollution historique autour d'un site, et sur l'impact potentiel des émissions antérieures, et non pas sur les émissions annuelles de l'installation.

D'après l'INERIS (2009), les outils les plus sensibles doivent désormais être privilégiés pour détecter l'impact de ce type d'installation. Au vu des faibles émissions des installations d'incinération depuis leur mise aux normes fin 2005, et du retour d'expérience sur le suivi de nombreux UIOM, il apparaît que l'étude des concentrations en dioxines et furanes et en métaux dans les sols ne constitue pas un outil suffisamment sensible. Elle peut en revanche permettre d'évaluer l'impact passé des émissions d'une installation d'incinération avant sa mise aux normes.

Dans le guide INERIS (2013), les analyses de sols sont recommandées comme une des méthodes d'Utilisation du Milieu Environnant (UME) avec une fréquence réduite, par exemple tous les 3 ans, et les mesures de végétaux dans des jardins de particuliers ne sont pas retenus.

Depuis 2016, un nouvel outil de biosurveillance apportant des informations sur la qualité de l'air a été ajoutée pour la surveillance de l'UVE de Thau : les aiguilles de pins.

6. Inventaire des émissions de dioxines et furanes, PCB, HAP et métaux lourds...

De nombreuses sources de ces composés existent, et participent à la pollution de l'air (que l'on peut aussi appeler « le bruit de fond »). Aucun de ces composés n'est spécifiquement émis par les incinérateurs d'ordures ménagères. Il est par conséquent difficile de pouvoir déterminer la contribution de l'installation que l'on surveille par rapport à ce bruit de fond.

La connaissance des émissions de ces composés au niveau national, et mieux encore au niveau régional voir local est donc essentielle.

Cependant, il faut bien avoir à l'esprit qu'il n'y a pas de lien simple entre les émissions (la quantité de polluant rejeté) et les concentrations (ce que l'on respire) compte tenu du rôle de la météo entre les deux, qui peut être aggravant ou dispersif selon les cas. Ainsi par exemple, des conditions météorologiques anticycloniques peuvent conduire à une augmentation des niveaux de pollution et à des épisodes de pollution, malgré une diminution des émissions (cas de la situation lors de la suspension du trafic aérien en avril 2010¹). Il y a en outre des apports de pollution provenant des régions et pays avoisinants, eux aussi soumis à des niveaux plus élevés de pollution. La responsabilité de chacun de ces facteurs ne peut être déterminée par les seuls résultats de stations de mesure qui ne font pas la distinction entre ces différentes sources de pollution (certains composés peuvent parcourir des distances importantes) et ne peuvent faire abstraction du rôle de la météo.

Il existe un Inventaire National des Emissions polluantes en France réalisé par le CITEPA², toutes sources confondues et détaillé par secteur économique, qui est mis à jour annuellement.

Concernant les dioxines et furanes, cet inventaire traduit une forte baisse des émissions globales depuis 1994 (toutes sources confondues). Celles-ci sont en effet passées d'environ 1900 grammes en 1994 à 98 grammes en 2018, soit une baisse de 95% (Figure 1).

Les baisses d'émissions observées depuis 1994 viennent des progrès réalisés dans les secteurs de l'incinération des déchets (contribuant pour 97.4% aux émissions de dioxines et furanes du secteur transformation d'énergie en 1995) et de la métallurgie (industrie manufacturière), et les actions menées par les autorités européennes, nationales et locales.

En 2018, la contribution des émissions de PCDD/F selon les principaux secteurs d'après le rapport SECTEN du CITEPA 2019 était de 52% pour le résidentiel/tertiaire (dont les ¾ proviennent du brûlage illicite de câbles), 13.4% pour l'industrie manufacturière, 14.6% pour le transport, 13.4% pour la transformation d'énergie dans lequel sont incluses les émissions des installations d'incinération avec récupération d'énergie et 0.7% pour le traitement centralisé des déchets dans lequel sont incluses les émissions des installations d'incinérations sans récupération d'énergie. Les 2 sous-secteurs incluant les installations d'incinération (avec et sans récupération d'énergie) représentent un peu moins de 2% des émissions totales en France en 2017.

L'incinération est donc devenue, depuis 2006, une source mineure de dioxines et furanes en France.

¹ http://www.airparif.asso.fr/pages/actualites/eruption_volcanique2

² Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Population Atmosphérique (https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution_emi_gd_secteurs)

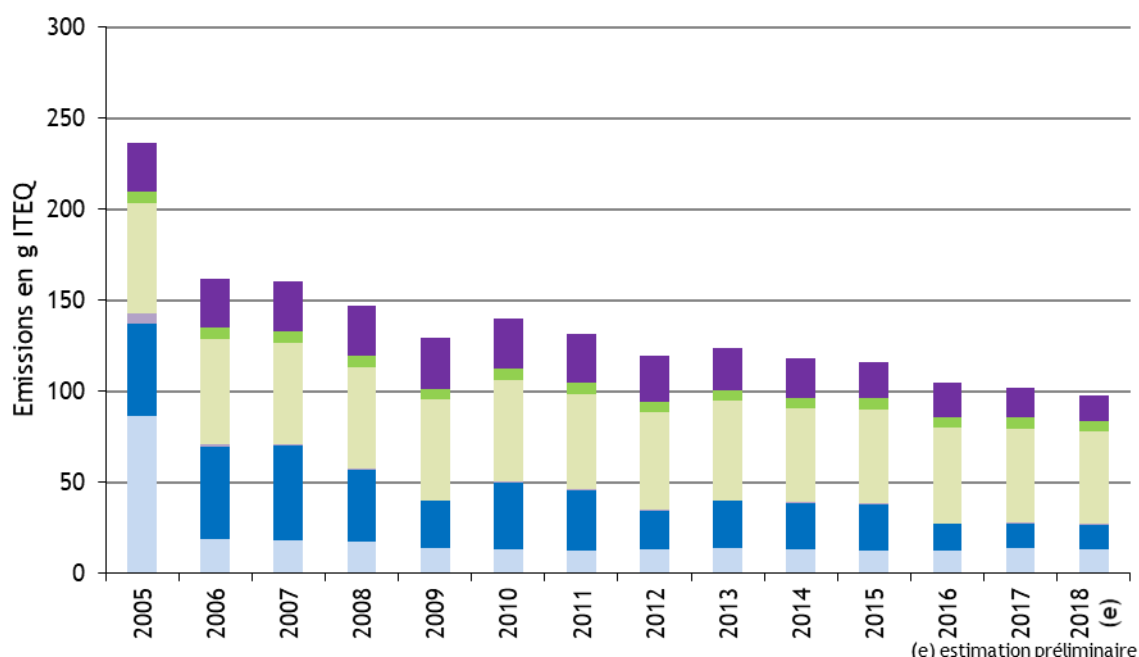
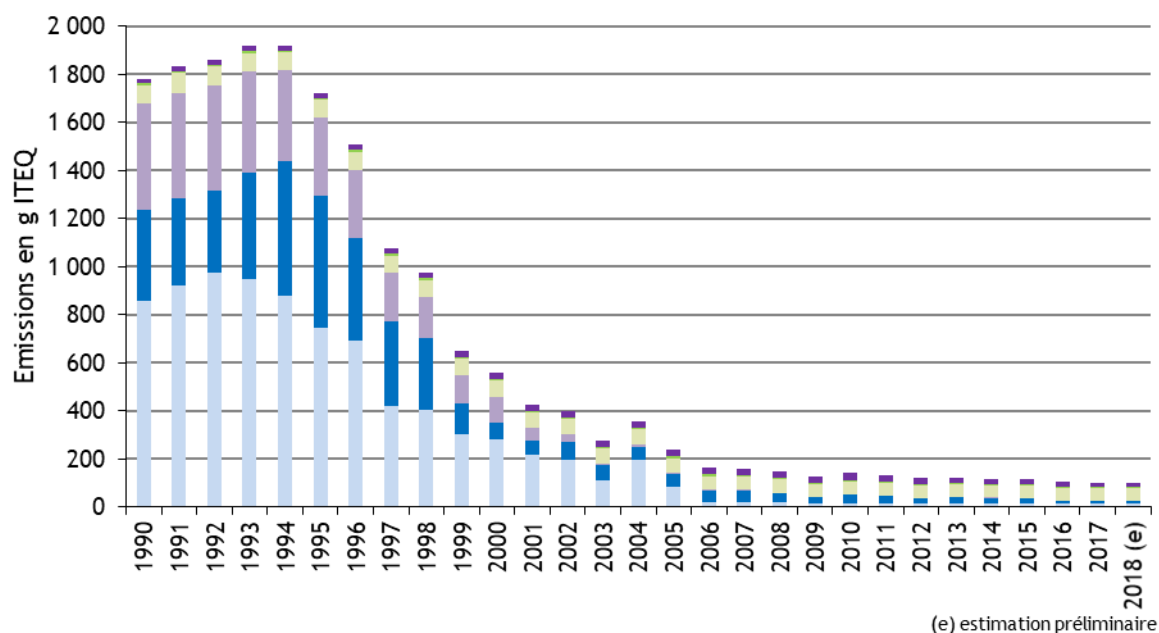


Figure 1 : Estimation des émissions de dioxines et furanes en France par secteurs.

(CITEPA, 2019)

La baisse des émissions concerne également la majorité des autres composés, dont les métaux (Tableau 1). Le secteur « Transformation d'Énergie » est constitué de plusieurs sous-secteurs, dont le sous-secteur « transformation d'énergie autre » qui comprend les émissions de l'incinération des déchets ménagers avec récupération d'énergie et du charbon de bois. Le secteur « Traitement centralisé des déchets » est également constitué de plusieurs sous-

secteurs, dont le sous-secteur « incinération sans récupération d'énergie » qui comprend les émissions de l'incinération des boues résiduelles, des traitements des eaux, des huiles usagées, ainsi que des déchets domestiques, industriels et hospitaliers. La somme de ces deux sous-secteurs incluant chacun l'incinération des déchets peut représenter l'incinération totale (bien que surestimée).

Nous pouvons noter que pour la plupart de ces composés, la contribution de l'incinération totale est faible à très faible. En 2017, les seuls composés pour lesquels la contribution des deux sous-secteurs est significative et non négligeable concerne le mercure Hg (17.5%) et le cadmium Cd (7.1%), bien que ces sous-secteurs ne soient pas majoritaires (45% des émissions de mercure et 50% des émissions de cadmium proviennent du secteur industriel).

Tableau 1 : Estimation des émissions de certains polluants et contribution **de l'incinération** (CITEPA, 2019).

Composé	Total émissions			Incinération totale*			Incinération totale* en % du total		
	1990	2005	2017	1990	2005	2017	1990	2005	2017
SO ₂ (kt)	1283	460	144	9,3	2,0	1,4	0,7%	0,4%	1,0%
NO _x (kt)	1969	1420	807	17,4	21,1	11,3	0,9%	1,5%	1,4%
HAP (t)	46	26	18	1,2	0,2	0,2	2,5%	0,9%	1,0%
As (t)	17	12	5	0,9	0,5	0,1	5,2%	4,4%	1,2%
Cd (t)	21	6	3	8,2	0,9	0,2	39,4%	15,6%	7,1%
Cr (t)	392	45	21	4,5	3,2	0,5	1,1%	6,9%	2,5%
Hg (t)	26	7	4	11,7	1,9	0,7	46,0%	25,7%	17,5%
Pb (t)	4293	172	113	95,5	7,8	3,1	2,2%	4,5%	2,7%
Zn (t)	2219	577	495	153,7	13,5	9,5	6,9%	2,3%	1,9%
PCDD/F (g TEQ)	1782	236	102	1276,7	74,9	1,7	71,6%	31,7%	1,7%
PCB (kg)	177	67	43	75,9	4,9	0,8	42,9%	7,3%	1,9%
PM 2.5 (kt)	432	260	164	3,8	0,5	0,3	0,9%	0,2%	0,2%
PM 10 (kt)	557	361	254	4,9	0,7	0,4	0,9%	0,2%	0,2%

* Secteurs Transformation d'énergie autre + Incinération sans récupération d'énergie

7. Modes opératoires de la surveillance environnementale

7.1. Composés analysés

Les composés chimiques suivants ont été analysés : les dioxines et furanes (PCDD/F) et les métaux : antimoine (Sb), arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), étain (Sn), manganèse (Mn), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), tellure (Te), thallium (Tl), vanadium (V) et zinc (Zn).

Les 17 congénères de dioxines et furanes (PCDD/F) analysés sont détaillés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Liste des congénères de PCDD/F et facteurs de toxicité (TEF).

Congénère	TEF NATO 1989	TEF OMS 1998	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 Heptachlorodibenzodioxine	0.1	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

Les résultats sont exprimés avec LQ (dans les rapports CARSO : « nd = upperbound ») ou sans LQ (dans les rapports CARSO : « nd = lowerbound »). Lorsque les résultats sont exprimés avec LQ, si un congénère n'est pas détecté, la valeur retenue pour le calcul en TEQ n'est pas zéro mais le seuil de quantification (résultat majorant).

Les analyses des dioxines et métaux lourds sont exigées par la réglementation (arrêté de 2002).

En effet, d'une part les dioxines et furanes, de par leur stabilité physique et chimique, sont un traceur de choix de ce type d'installation, et d'autre part, elles présentent un caractère dangereux. Elles sont émises sous forme gazeuse et particulaire, mais ce sont majoritairement les composés particuliers qui vont se déposer au voisinage du site.

Concernant les métaux, ceux-ci sont majoritairement adsorbés sur les particules contenues dans les fumées. Bien que certains métaux soient naturellement présents dans les sols (comme le plomb), la plupart d'entre eux présentent un caractère dangereux.

7.2. Les matrices étudiées

Sols

Les sols sont le réceptacle ultime des dépôts de contaminants (dioxines et furanes mais également métaux lourds ou autres). Les dioxines et furanes sont des composés fortement rémanents, ils sont donc présents dans les sols pour une durée très longue (demi-vie estimée à plusieurs dizaines d'années en sous-sol et une dizaine d'années en surface). Les dioxines et

furanes sont peu transférables à partir du sol puisque 80% se retrouvent dans les 15 premiers centimètres du sol. (Brzuzy et Hites, 1995). Ce milieu ne peut être utilisé pour suivre des variations à court terme de dépôts de dioxines et reflète une pollution cumulée. Les mesures dans le sol permettront de connaître l'impact du fonctionnement passé de l'installation et des autres sources de dioxines, et éventuellement de suivre la décroissance des concentrations puisque l'installation a été modifiée pour respecter la réglementation.

Il n'existe pas pour l'instant de valeur réglementaire en France qui fixerait des seuils à ne pas dépasser pour les dioxines. Cependant les seuils allemands sont habituellement utilisés par les instances réglementaires françaises. Des valeurs guides existent également en Grande-Bretagne, basées sur une évaluation des risques sanitaires, elles concernent les PCDD/F et les PCB-DL.

Concernant les métaux, les valeurs guides du Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) (VDSS et VCI) ont été abrogées fin 2006. Désormais, le fond géochimique local et la nature du sol doivent être utilisés pour réaliser l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IME). Des bases de données nationales ou régionales peuvent également être utilisées.

Végétaux

Plusieurs types de mesures, qui répondent à des objectifs différents, peuvent être réalisés. Des mesures dans les parties aériennes des végétaux permettent d'évaluer les dépôts de poussières sur lesquelles peuvent être adsorbées des contaminants. Des mesures dans des organes particuliers des végétaux (tubercules par exemple) permettent d'évaluer les transferts des composés qui se sont déposés sur les sols.

Les jardins potagers de particuliers faisant l'objet de pratiques individuelles variables et dont la contribution aux résultats mesurés peut être déterminante, des renseignements concernant les pratiques et les traitements, et si possible l'historique, ont été pris auprès des propriétaires des jardins concernés, dans la mesure du possible.

Les végétaux présentent la plupart du temps l'intérêt d'avoir une surface d'échange beaucoup plus importante que les collecteurs de précipitation. En contrepartie, cette surface est mal connue et elle évolue dans le temps. Les concentrations mesurées en pg/g de végétal ne peuvent donc pas être traduites en pg/m² ou en pg/m³.

Les valeurs réglementaires ou recommandations dans les végétaux destinés à l'alimentation concernent les composés suivants mesurés dans cette étude : dioxines et furanes, plomb, mercure et cadmium. Il existe également des valeurs disponibles pour de nombreux métaux dans la base de données BAPPET (qui concerne des sols pollués), et dans l'étude ADEME (2005), mais il ne s'agit pas de valeurs de référence.

Aiguilles de pins

Des analyses dans les parties aériennes des végétaux permettent d'évaluer les dépôts de poussières sur lesquelles peuvent être adsorbées des contaminants. Le cas des pins, et des résineux d'une façon générale, est particulier puisque la surface foliaire varie peu et que les aiguilles sont peu ou pas consommées par les animaux. La mesure dans des aiguilles de l'année apporte des informations sur les émissions de l'année en cours.

La partie cireuse des aiguilles de pins peut servir de bioindicateurs de la déposition de polluants et permettre notamment de mesurer les composés organiques lipophiles présents dans l'air

dont les polychlorobiphényles (PCB) (Kozul & Romanic, 2008 ; Loganathan & Kumar, 2008), les pesticides organochlorés (comme le DDT) ou les PCDD/F. Les métaux sont également accumulés dans les aiguilles (Gratton et al., 2000 ; UN/ECE 2001).

Les polluants particuliers et gazeux peuvent pénétrer dans les aiguilles via les stomates ou la cuticule. Ceci justifie leur utilisation en complément des jauges qui ne mesurent que la fraction particulaire.

Il n'existe pas de valeurs réglementaires pour ces bioindicateurs. Toute comparaison avec des valeurs limites (cas des métaux) ou des recommandations (cas des dioxines) dans des végétaux comestibles n'est pas pertinente.

Les aiguilles de pins sont cependant utilisées par de nombreux pays (notamment européens et d'Amérique du Nord), ce qui permet d'avoir des informations sur les gammes de concentrations mesurées dans différents environnements (rural, urbain, industriel, fortement pollué...). Il existe également des recommandations dans le cas des métaux lourds et éléments essentiels.

Retombées atmosphériques

L'échantillonnage passif à l'aide de collecteurs de retombées (de type jauges Owen) consiste en un entonnoir surmontant un récipient de collecte monté sur un trépied.

Ces mesures sont assez représentatives de ce qui est déposé sur le sol, cependant la fraction gazeuse et les particules fines seront faiblement captées par ce type de système passif.

Cette méthode est recommandée par l'INERIS (2001, 2013). Elle est utilisée pour le suivi de nombreuses UIOM et installations, des référentiels existent pour l'interprétation des résultats de dioxines et furanes et métaux.

Le temps d'exposition doit être d'au moins 1 mois, et peut aller jusqu'à 2 mois. Cela permet d'avoir un suivi sur un temps relativement long. En revanche, le matériel doit être protégé de la population générale, et la manipulation comme les dosages doivent être réalisés par des personnes compétentes.

Les mesures s'appuient sur la norme NF X43-014, en utilisant des jauges Owen d'une contenance de 10 litres (jauges en verre pour les dioxines, en PEHD pour les métaux).

8. Stratégie d'échantillonnage et prélèvements

Les informations concernant la pose/dépose des jauges ainsi que la stratégie d'échantillonnage, la collecte et les caractéristiques des échantillons de sols, de végétaux et d'aiguilles de pin sont détaillées dans le compte-rendu de prélèvements présenté en ANNEXE 1.

8.1. Choix des localisations

Le choix des localisations des différents points a été effectué après examen de la rose des vents et des études de dispersion des émissions de l'usine.

Dans le cas des jardins cheminots, la localisation des prélèvements n'était pas dépendante des zones d'impact des émissions de l'UVE, mais avait pour objectif d'étudier différents jardins proches ou non de l'UVE.

Il existe 2 études de dispersion des émissions de l'usine (présentées dans les Figure 3 et Figure 4). La 1^{ère} a été réalisée en 2005 par ANTEA à partir du modèle ISCST3 (basé sur une méthode gaussienne) avec les données météorologiques de la station de Sète de l'année 2002 (nous n'avons pas trouvé de précision sur la prise en compte des vents calmes). La 2^{nde} a été réalisée par BURGEAP en 2007 à partir du modèle ADMS 3.3 de type gaussien et les données météorologiques de la station de Sète de 2004 à 2007 (les vents faibles, représentant moins de 3% des vents totaux, ont été assimilés à des vents multidirectionnels).

Nous pouvons noter que les résultats de ces 2 études sont différents, la zone d'influence dans l'étude de 2007 est beaucoup plus réduite et située essentiellement au sud-est de l'usine, de plus cette zone d'influence est plus proche de l'usine que celle de l'étude de 2005.

Notons également que la zone autour de l'incinérateur de déchets ménagers est soumise à d'autres sources potentielles d'émissions polluantes (trafic, brûlage, voies de chemin de fer...).

8.2. Localisations des points en 2019

La Figure 2, Figure 3 et Figure 4 représentent la localisation des points de prélèvement de sols, végétaux et aiguilles de pin ainsi que la position des jauges, sans et avec les études de dispersion en arrière-plan respectivement.

Depuis 2012 ; deux types de prélèvements ont été effectués dans le cas des sols :

- 1/ des sols situés dans des jardins cheminots ou familiaux afin de répondre à l'objectif « améliorer la connaissance de la qualité des sols et des végétaux dans la zone des jardins cheminots »,
- 2/ des sols situés hors des zones de jardins et placés dans des zones d'influence potentielle des émissions de l'usine d'après l'étude de dispersion afin de répondre à l'objectif « impact potentiel des émissions de l'usine sur la qualité des sols ».

L'étude 2019 se base sur un total de 8 analyses de sols, 8 analyses de végétaux, 6 échantillons d'aiguilles de pin et 7 stations de jauges. Nous avons choisi d'analyser 2 espèces de végétaux par jardin, pour un total de 4 jardins analysés, dont 3 jardins dans la zone des jardins cheminots, et 1 jardin familial hors de la zone des jardins cheminots et hors de la zone d'influence potentielle des émissions de l'usine (jardin Calade).

La localisation des prélèvements de sols et végétaux consommables en 2019 est presque identique à celle de 2018. La parcelle n°67 (jardins cheminots) et les jardins du site de la Calade sont identiques à 2018. Les deux autres jardins cheminots (parcelles 2 et 37) ne correspondent pas aux parcelles de l'année précédente mais sont comparables en termes d'exposition potentielle aux émissions l'usine.

L'emplacement des dispositifs de prélèvement des retombées atmosphériques (Jauges Owen) est inchangé par rapport à 2018.

A noter également :

- Le sol S2 a été déplacé plusieurs fois depuis 2012, et depuis 2015 est renommé S2 bis ;
- Avant d'être déplacé en 2017 dans le site Vossloh, le sol S3 avait déjà été déplacé en 2014 tout en restant dans l'enceinte de la caserne, et avait alors été renommé S3'.



A : aiguille de pin ; V : végétaux ; S : sols ; V/S : végétaux et sols, J : jauge, UVE : Unité de Valorisation Energétique

Figure 2 : Localisation des points de prélèvement en 2019

Dépôts modélisés de PCDDF en 2005 en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$; A : aiguille de pin ; V : végétaux ; S : sols ; V/S : végétaux et sols, J : jauge ; UVE : Unité de Valorisation Energétique



Figure 3 : Localisation des points de prélèvement en 2019 (dispersion ANTEA en arrière-plan).



Figure 4 : Localisation des points de prélèvement en 2019 (dispersion BURGEAP en arrière-plan).

Le Tableau 3 et le Tableau 4 représentent respectivement les caractéristiques des sols et des végétaux prélevés.

Tableau 3 : Caractéristiques des sols prélevés.

Index terrain	Description	Autres précisions
S2 ^{bis}	Sol caillouteux, peu de végétation	Zone proche d'habitations et d'un potager
S3 ^{1er}	Sol sableux avec nombreuses racines, sec, présence de déchets	Dans l'enceinte de la société Vossloh
S4	Sol caillouteux, peu de végétation	
S5	Devant une école, près du terrain de tennis	Sol sec, meuble, peu enherbé, peu de cailloux
SV2	Sol noir, aéré	Apport fumier brebis, eau de la ville
SV37	Sol noir, aéré	Arrosage eau de puit, fumier de cheval + bouillie bordelaise
SV67	Sol de potager	Eau de ville, fumier de cheval et de mouton + bouillie bordelaise
S Calade	Sols aérés	Eau de puit, apport de fumier de cheval + sulfatage. (En cas de fortes pluies, arrivée d'eau de ruissellement en provenance des cultures de vignes à proximité)

Le flacon contenant le sol S5 a été cassé pendant le transport et l'échantillon S5 n'a donc pas pu être analysé cette année.

Tableau 4 : Caractéristiques des végétaux prélevés.

Index terrain	Description
V2a	Tomates Légume-fruit
V2b	Salades Légume-feuille
V37a	Tomates Légume-fruit
V37b	Salades Légume-feuille
V67a	Pommes de terre Tubercule
V67b	Figues Fruit
V Calade a	Tomates Légume-fruit
V Calade b	Blettes Légume feuille

Les localisations des collecteurs sont les mêmes que celles des années précédentes. La description des stations où sont placées les jauges est présentée dans le Tableau 5.

Enfin, les localisations des points de prélèvement des aiguilles de pin (d'Alep) sont les mêmes qu'en 2018.

Tableau 5 : Description des stations où sont placées les jauges.

Jauge	Distance (m)	Direction (°)	Axe	Contexte/influence
J2	1 140	230	SO	Zone portuaire, chemin de fer, brûlages, UVE ?
J3ter	2509	250	OSO	Zone urbaine, trafic, UVE ?
J4	1 114	273	O	Zone industrielle, UVE ?
J1	160	113	E	Zone industrielle, jardins ouvriers, chemin de fer, brûlages, trafic routier, UVE ?
J5	800	31	NNE	Zone urbaine, proche de la route, UVE ?
J6	2 850	38	NE	Zone urbaine, zone viticole
J7	500	125	SE	Zone portuaire, industrielle, UVE

Cette année, les prélèvements de retombées atmosphériques ont été réalisés avec des jauges Owen (1 jauge pour les métaux et une jauge pour les PCDD/F). Les années précédentes les prélèvements ont été effectués avec des jauges Bergerhoff.

8.3. Exposition des points de prélèvement

Suivant l'étude de dispersion considérée, les points situés dans les directions nord-est, nord-ouest, et sud-ouest, sont sous impact faible (étude ANTEA) ou hors impact (étude BURGEAP). La jauge 1 est soit peu ou pas influencée (effet « parapluie » mis en évidence par l'étude ANTEA), soit située dans la zone d'influence maximale (étude BURGEAP). La station 7 est dans la zone d'impact maximal au sud/sud-est. Le point 6 est hors influence (témoin).

L'étude des conditions météorologiques pendant la période d'exposition des jauges permettra de déterminer si ces conditions sont conformes à la rose des vents générale, et de déterminer l'exposition réelle des jauges aux vents provenant de la source.

Notons que d'autres sources de pollution actuelles sont présentes autour de l'UVE (comme par exemple le trafic et le port vraquier), et qu'il existe également des pollutions historiques constatées au niveau des sols (notamment liées aux activités ferroviaires et de stockage de matériaux dans la zone des jardins cheminots).

9. Valeurs de références

9.1. Jauges

Dioxines et furanes

Il n'existe pas de niveau réglementaire en France ou en Europe, mais des valeurs typiques qui peuvent servir de référence à l'interprétation des résultats.

En 2011, le référentiel a été mis à jour suite au recueil des résultats des surveillances autour des installations d'incinération en France entre 2006 et 2009 (BRGM et INERIS). Ce travail a concerné plus de 1 000 mesures dans des jauges Owen autour de 49 UVE.

Tableau 6 : Référentiel des PCDD/F dans les jauges (Bodenan et al., 2011).

Type de zone	pg TEQ/m ² /j
Bruit de fond urbain et industriel	< 5
Zone impactée par les activités humaines	Entre 5 et 16
Source proche à confirmer et rechercher	> 16

D'après les nombreuses données récoltées par Atmo AURA dans le cadre du programme « Dioxines/Métaux lourds », le niveau moyen des retombées est de 11 pg TEQ/m²/j. La valeur de référence, au-delà duquel un prélèvement pourra être caractérisé comme influencé par une source, est fixée à 40 pg TEQ/m²/j en moyenne sur 2 mois, et à 10 pg TEQ/m²/j en moyenne annuelle. Une valeur maximale de 531 pg TEQ/m²/j a été mesurée sur un site de l'agglomération Grenobloise.

Métaux

Il n'existe pas de valeurs limites européennes ou françaises relatives aux métaux lourds dans les retombées atmosphériques, mais des valeurs allemandes et Suisses.

Tableau 7 : Valeurs limites allemandes et suisses dans les dépôts atmosphériques.

µg/m ² /j sauf les poussières en mg	Valeur Limite d'Immission VLI (moyenne annuelle)
Poussières mg/m ² /j	200 (OPair)- 350 (TA Luft)
Cd	2
Hg	1
As	4
Pb	100
Ni	15
Tl	2
Zn	400 (OPair)

Les valeurs limites allemandes proviennent du TA luft 2002 (« Technical Instruction on Air Quality », Loi sur l'air), ce sont des valeurs à ne pas dépasser (objectif sanitaire). Les valeurs limites Suisses sont issues de l'Ordonnance sur la Protection de l'Air (OPair, 1985, dernière mise à jour 2008) fixées par le Conseil Fédéral Suisse.

Notons que ces valeurs de référence sont des valeurs annuelles. Il est donc possible que des valeurs représentatives de 2 mois d'exposition soient au-dessus.

Le Tableau 8 présente des valeurs mesurées dans des jauges dans différentes zones en France d'après l'INERIS (2013) et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (mesures 2009-2013).

Tableau 8 : **Dépôts de métaux lourds dans les jauges d'après l'INERIS et Atmo AURA.**

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	INERIS / Atmo AURA		
	rural	urbain	Impacté (<100m)
Antimoine		1.0	
Arsenic	0.9	1.3	2.8
Cadmium	0.4	0.5	2.8
Chrome	2.5	4.9	29.5
Cobalt		1.0	
Cuivre	11	21	23
Manganèse	43	55	291
Mercure	0.1	0.1	0.2
Nickel	3.2	4.0	25.9
Plomb	7	20	217
Thallium		0.4	
Vanadium		1.6	
Zinc	153	119	92

9.2. Les sols

Pour rappel, le flacon du sol S5 a été cassé avant analyse.

Dioxines et furanes

L'AFSSA indique qu'un sol dont la contamination serait supérieure à 40 pg TEQ/g de matière sèche serait impropre à l'élevage de bovin compte tenu du risque de contamination de la chaîne alimentaire. Ce seuil est issu de valeurs de concentrations en dioxines et furanes, fixant l'utilisation des sols en Allemagne (Tableau 9).

Tableau 9: **Valeurs guide allemandes d'utilisation des sols.**

Utilisation	Niveau
Valeur cible	5
La culture de produits alimentaires n'est pas limitée. Cependant, la mise en culture de plantes sensibles au transfert des dioxines (pâturage...) devra être évitée si des niveaux croissants de dioxines sont détectés dans les produits issus de ces sols.	5 à 40
Restriction des cultures à des produits à faible capacité de transfert des dioxines (maïs...)	> 40

(pg TEQ/g MS)

Les valeurs des concentrations en dioxines et furanes dans les sols français ont été mises à jour en 2013 (BRGM, 3^{ème} état des lieux). Les sols ont été regroupés en 4 classes selon leur concentration (Tableau 10).

Tableau 10 : Concentrations en PCDD/F dans les sols français (BRGM, 2013).

Classes de sols	PCDD/F
Sols ruraux et quelques sols urbains	2
Sols urbains et sols sous influence industrielle	2-8
Sols sous influence industrielle	8-17
Sols atypiques	> 17

En ng TEQ OMS₉₈/kg MS, sans LQ

Métaux

Les anciennes valeurs guides pour les métaux lourds du BRGM (2002)³ ne sont plus d'usage.

Les teneurs en métaux dans les sols dépendent du fond pédogéochimique, lui-même lié à la concentration en métaux originels du sous-sol sur lequel se développe le sol. Ainsi, le fond pédogéochimique d'un sol naturel non contaminé peut varier d'environ un à trois pour un même métal à l'échelle du territoire français compte tenu de la grande diversité géologique de notre pays.

Des études historiques et documentaires (des bases de données sont proposées par le BRGM⁴) ainsi que des mesures locales doivent définir l'état des milieux.

Nous avons cité pour indication (Tableau 11) la fourchette de valeur des métaux dans les sols français « ordinaires » (hors anomalies) provenant du programme ASPITET⁵ portant sur l'acquisition et l'interprétation des teneurs en éléments traces (ETM) et les valeurs locales proches de Thau en Bas-Languedoc du GIS Sol⁶.

Le manganèse (Mn) est un élément minéral majeur des sols, il n'existe pas de valeur limite, les valeurs moyennes des sols français sont comprises entre 270 et 9 200 mg/kg MS.

Le vanadium (V) est également un élément naturellement présent dans les sols, la concentration moyenne de la croûte terrestre est de 100 mg/kg MS (fiche INERIS, 2012).

Tableau 11 : Fourchettes de concentrations en métaux dans des sols français.

	As	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Co	Se	Tl
GIS Sol Bas-Languedoc *	-	30.2 (62.2)	68.4 (189.2)	0.04 (0.18)	23.7 (44.3)	26.3 (54)	63.1 (157.8)	0.24 (0.55)			
ASPITET	1- 25	10-90	2-20	0.02- 0.10	2-60	9-50	10-100	0.05- 0.45	2- 23	0.1- 0.7	0.1- 1.7

En mg/kg MS, * médiane et entre parenthèse vibrasse supérieure. Région Sud-Est, zone 471, plaine viticole du Bas-Languedoc, ** sols « ordinaires » de toutes granulométries (< 2 mm)

³Guide Méthodologique « Gestion des sites (potentiellement) pollués – version 2 » BRGM, décembre 2002.

⁴Bases de données relatives à la qualité des sols. Contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués. BRGM 2007.

⁵<http://etm.oreans.inra.fr/webetm2.htm>

⁶Le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol a été créé en 2001. Il regroupe le MAAP, le MEEDDM, L'INRA, L'Ademe, l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'Inventaire Forestier National (IFN).

http://www.gissol.fr/programme/bdetm/_rapport_anademe/rapport/8/carto-idf.php

9.3. Les végétaux

Les valeurs réglementaires ou recommandations dans les végétaux destinés à l'alimentation concernent les dioxines et furanes, le plomb et le cadmium.

Dioxines et furanes

Il n'existe pas de valeur réglementaire concernant les dioxines et furanes dans les végétaux, mais un niveau d'intervention dans la Recommandation 2013/711/UE de la Commission du 3 décembre 2013. La valeur en dioxines (PCB de type dioxine exclus) est de 0,3 ng TEQ OMS 2005/kg de produit frais (PF), pour les fruits, les légumes et les céréales.

Métaux

Le règlement (CE) N°466/2001 de la Commission du 8 mars 2001 fixe les valeurs suivantes à ne pas dépasser :

- Plomb : 0.1 mg/kg PF pour les légumes, et 0.3 mg/kg PF pour les légumes feuilles
- Cadmium : 0.05 mg/kg PF dans les légumes et fruits sauf légumes feuilles ; 0.1 mg/kg PF dans les légumes tiges, racines et pommes de terre ; et 0.2 mg/kg PF dans les légumes feuilles.

9.4. Les aiguilles

Il n'existe pas de valeur réglementaire en Europe concernant les aiguilles de pin. Toute comparaison avec des valeurs limites (cas des métaux) ou des recommandations (cas des dioxines et furanes) dans des végétaux comestibles n'est pas pertinente.

Cette matrice est néanmoins utilisée pour la biosurveillance par de nombreux pays (notamment européens et d'Amérique du Nord), ce qui permet d'avoir des informations sur les gammes de concentrations mesurées dans différents environnements (rural, urbain, industriel, fortement pollué...). Il existe également des recommandations dans le cas des métaux lourds et éléments essentiels.

Dioxines et furanes

Les teneurs moyennes dans les aiguilles de pin sont comprises entre 0.3 et 1.9 pg TEQ/g de matière sèche (Commission Européenne DG Environnement, 1999). Un maximum de 100 pg TEQ/g MS a été mesuré aux abords de sites contaminés. Les concentrations en dioxines et furanes augmentent avec l'âge des aiguilles. Une majorité de dioxines est mesurés dans les aiguilles de pin (peu de furanes), et les composés les plus importants sont les plus chlorés (Di Guardo et al., 1999).

Métaux

Une étude canadienne (Gratton et al., 2000) a mesuré les teneurs en métaux dans des aiguilles de pin (*Pinus banksiana*) âgées d'un an dans différents sites témoins et dans des zones minières (Tableau 12).

Cette étude fait également référence à des valeurs guides dans les tissus végétaux provenant du Ministère de l'Environnement de l'Ontario (OMEE) dont nous n'avons pu nous procurer le document original.

Un rapport de la Commission Economique des Nations Unies (UN/ECE) réalisé par le Centre Fédéral de Recherche pour la forêt et les produits forestiers (BFH) en 2001 fournit également des valeurs maximales (au-delà desquelles les plantes peuvent subir des dommages), extrêmes (concentrations les plus fortes mesurées près de fonderies ou de mines) et des recommandations (valeurs à ne pas dépasser). L'âge des aiguilles n'est pas précisé mais ce rapport souligne que ce paramètre est une source de variabilité des résultats (notamment il y aurait une diminution des teneurs en Zn et Cu avec l'âge).

Tableau 12 : Référentiels des métaux dans les aiguilles de pin.

	Gratton et al. (2000)			UN/ECE (2001)			EC-UN/ECE, 1995
	Sites témoins	Sites miniers	Valeurs guide OMEE	médiane	Valeur max	Valeurs extrêmes	
Cd	0.05 - 0.14	0.22 - 0.31			5 - 10		1 - 3
Cu	3.1 - 3.4	10.3 - 28.6	20	3 - 3.5	15 - 20	50	7 - 20
Mn	125 - 600	145 - 880					1000 - 4000
Ni	3.3 - 4.5	28.9 - 50.8	30				
Pb	0.5 - 0.6	1.8 - 5.9	30		20 - 35	70	4 - 30
Zn	43 - 66	10.4 - 20.7		41	200 - 300	175	50 - 100

En mg/kg MS, les recommandations sont en vert.

10. Emissions et fonctionnement de l'usine pendant la période d'exposition

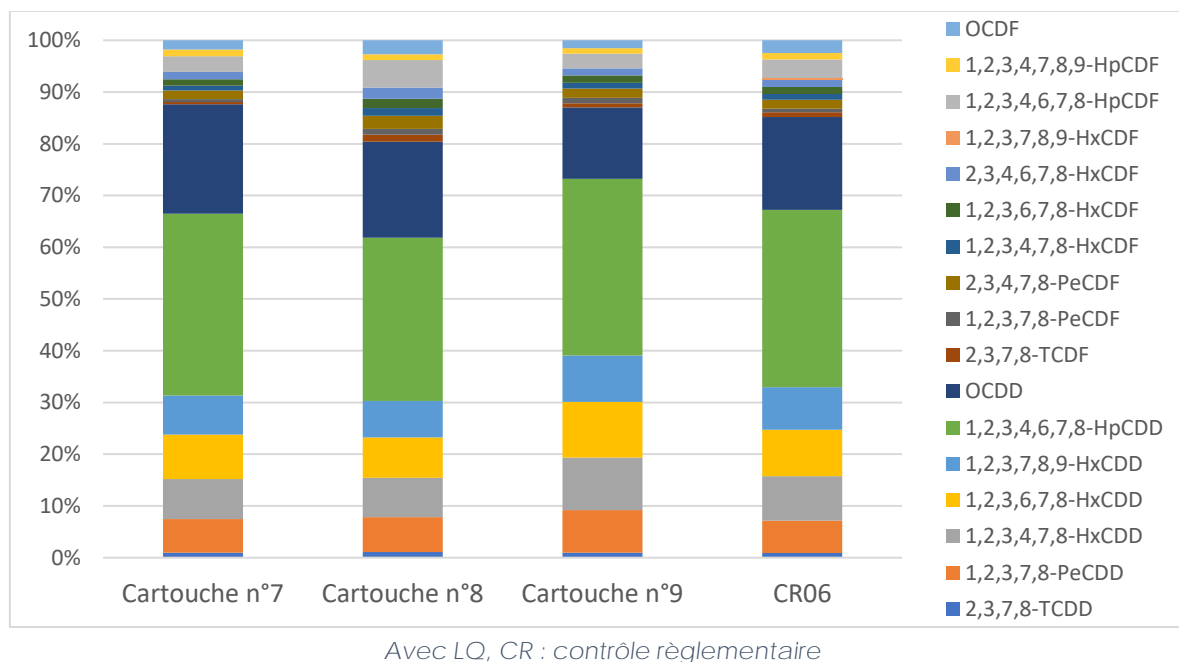
Les données ont été fournies par Thau agglo. Le pourcentage de fonctionnement du four entre juillet et septembre 2019 (pendant l'exposition des jauges) est de 94% (entre 91% et 96%).

Tableau 13 : Concentrations en PCDD/F à l'émission entre juin et septembre 2019.

Type de mesure	ng TEQ/Nm ³
CR du 17 juin 2019	0.04400
Cartouche 07 (21/06 au 19/07/2019)	0,04298
Cartouche 08 (19/07 au 16/08/2019)	0,03991
Cartouche 09 (16/08 au 13/09/2019)	0.04799

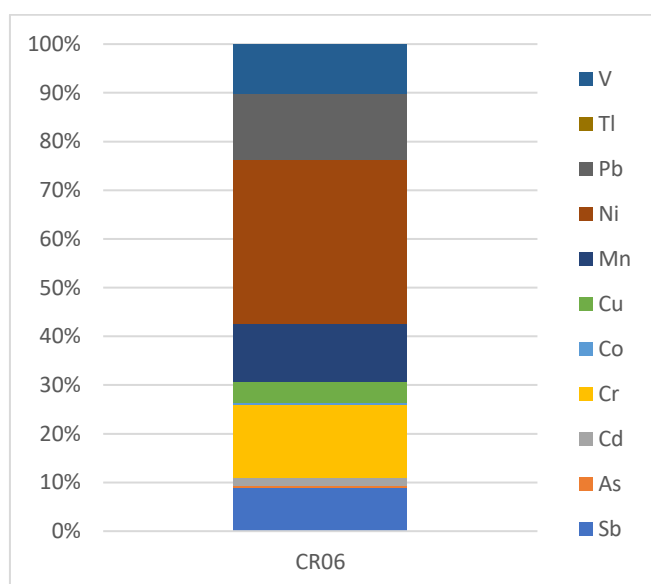
Les résultats sont très en-dessous de la valeur réglementaire de 0.1 ng/Nm³.

Les profils des dioxines et furanes à l'émission sont présentés dans la Figure 5. Les dioxines sont majoritaires (85% en moyenne), et les profils relativement homogènes.

Figure 5: **Profils des dioxines et furanes à l'émission en pourcentage massique.**

La répartition des métaux dans le contrôle réglementaire de juin est présentée dans la Figure 6. Le zinc n'a pas été analysé.

Les métaux les plus dominants sont : Ni (34%) > Cr (15%) > Pb (14%) > Mn (12%).

Figure 6 : **Répartition des métaux à l'émission.**

En % massique.

11. Résultats

11.1. Données météorologiques

Le rapport complet concernant les données météorologiques est en ANNEXE 2

La rose des vents (données Météo France) est présentée dans la Figure 7. Deux secteurs peuvent être considérés comme dominants : un secteur nord-ouest (entre 310 et 330° avec 25% des vents totaux) et un secteur sud-ouest (entre 200 et 210° représentant 9% des vents totaux).

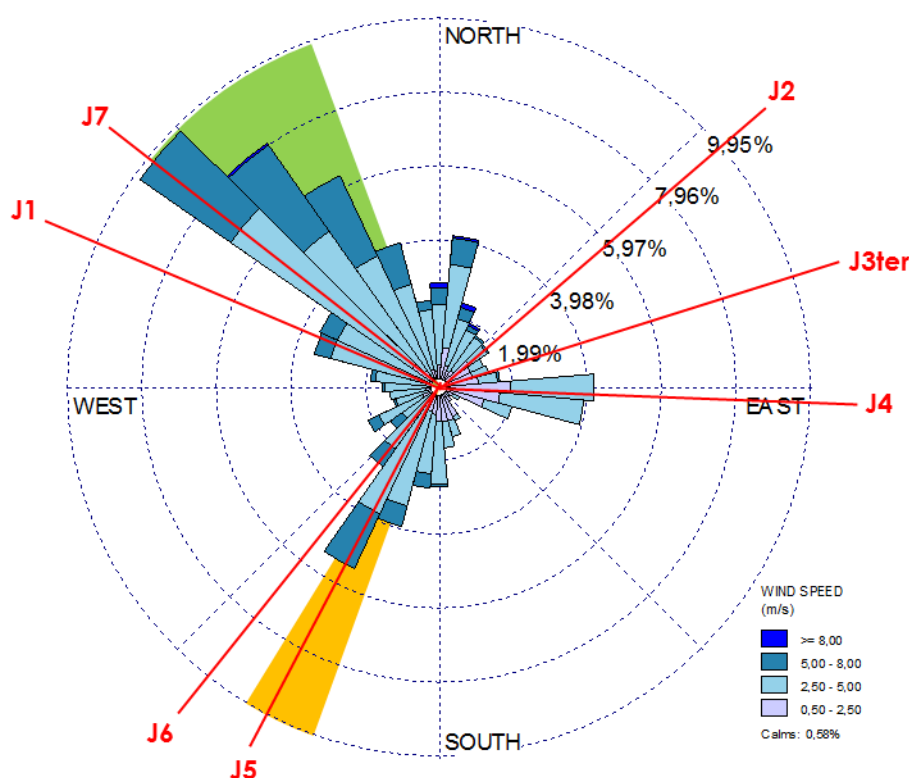


Figure 7 : Rose des vents de la station de Sète du 16/07 au 18/09/19.

En résumé, des pluies quasi inexistantes sur la période de prélèvements et une température moyenne de 21°C bien que variable (amplitude de 17°C) constituent des conditions favorables à la dispersion des particules. Celle-ci est toutefois limitée compte tenu d'une grande majorité de vents faibles à très faibles. Les vents modérés et forts ne sont que très peu représentés.

En tenant compte de la force des vents et de la distance des points jauges à la cheminée, ceux-ci sont impactés dans l'ordre suivant (selon l'intensité d'impact) :

$$J1 > J7 > J5 > J4 > J2 > J6 > J3ter$$

Pour rappel, l'exposition du point J1 est entachée d'incertitude en raison de sa proximité avec la cheminée et de la hauteur de cette dernière (effet « parapluie » possible).

11.2. Analyse dans les jauges

Les rapports originaux des analyses (PCDD/F et métaux lourds) sont présentés en ANNEXE 3. La répartition des différents congénères de PCDD/F en pourcentage massique, en pg/jauge, en pg TEQ OMS 2005/m²/j et en pg TEQ OTAN/m²/j est présentée en ANNEXE 4.

Dioxines et furanes

Les résultats sont présentés dans le Tableau 14 et la Figure 8.

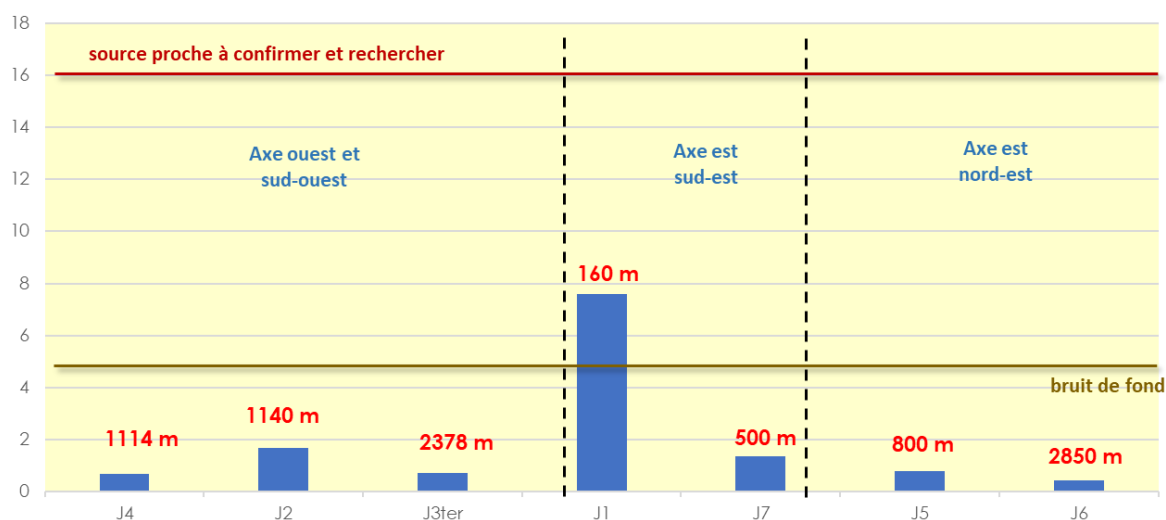


Figure 8 : Dépôts de dioxines et furanes en 2019 **suivant l'axe et la distance à l'UVE.**

En pg TEQ OTAN/m²/j, sans LQ.

Tableau 14 : Dépôts de dioxines et furanes dans les jauges en 2019.

pgTEQ _{OTAN} /m ² /j	Distance (m)	Avec LQ	Sans LQ
J4	1114	0.69	0.59
J2	1140	1.70	1.70
J3ter	2378	0.71	0.62
J1	160	7.60	7.60
J7	500	1.37	1.25
J5	800	0.79	0.69
J6	2850	0.43	0.26
moyenne		1.90	1.82
minimum		0.43	0.26
maximum		7.60	7.60

avec LQ, en vert et gras : minimum, en bleu et gras : maximum.

La majorité des congénères (85%) est détectée.

La moyenne des 7 jauges est faible, de 1.82 pg TEQ OTAN/m²/j (sans LQ). Les dépôts en 2019 sont compris entre 0.26 et 7.60 pg TEQ/m²/j, ils sont en-dessous de la valeur cible de 5 pg TEQ/m²/j et donc compris dans le « bruit de fond », excepté en J1. La valeur maximale est mesurée dans la jauge 1, et la plus faible dans la jauge 6. Aucune valeur ne dépasse la valeur atypique de 16 pg TEQ/m²/j.

La Figure 9 présente les profils des dioxines et furanes (avec LQ). Les dioxines sont majoritaires (83% en moyenne). La répartition des dioxines est un peu différente en J1 et J7 (avec notamment plus de dioxines penta, hexa et heptachlorées et moins d'OCDD), ce qui suggère des sources différentes de celles des autres stations. Les profils des dioxines à l'émission sont différents avec notamment une majorité de 1234678HpCDD, et une contribution nettement plus faible de l'OCDD (Figure 5).

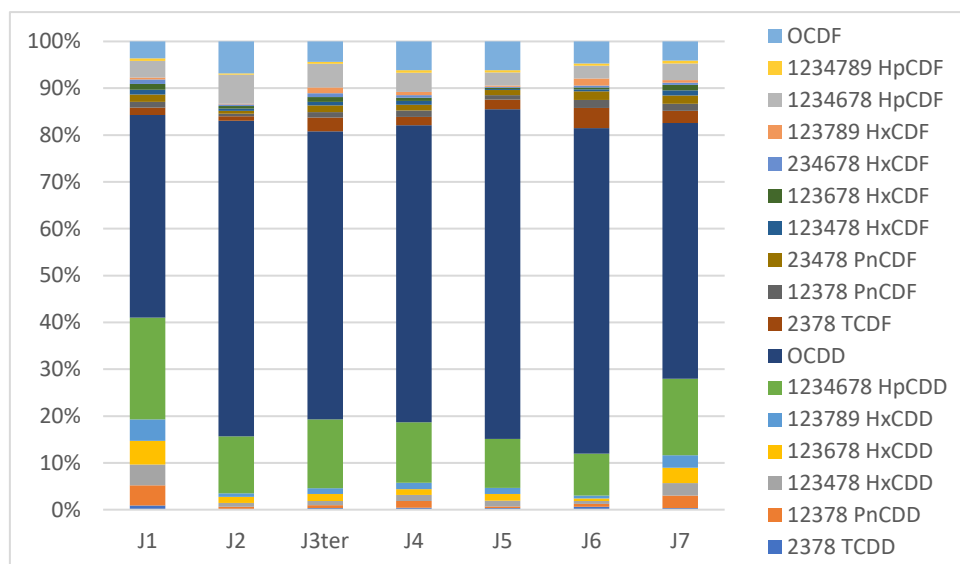
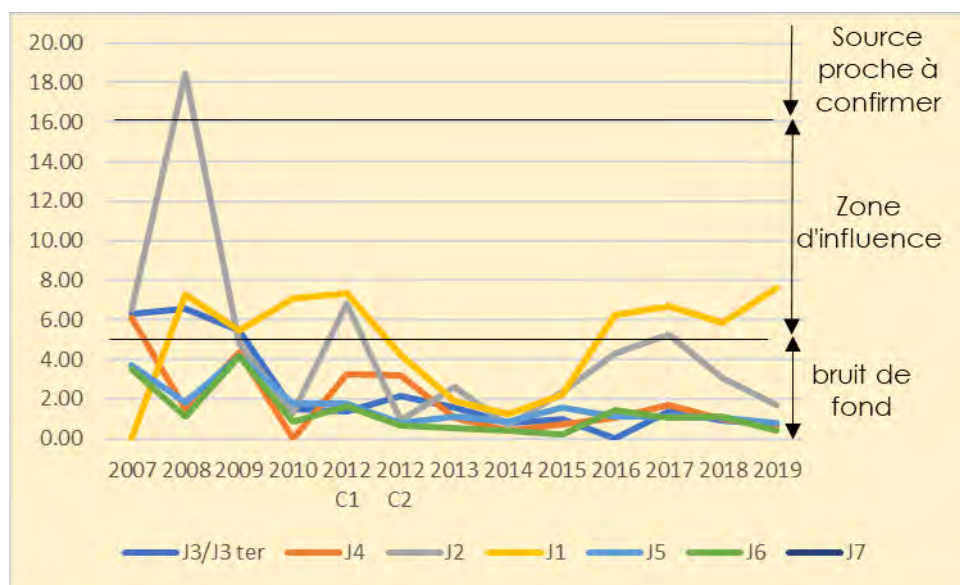


Figure 9 : Répartition massique des dioxines et furanes.

La Figure 10 représente les dépôts de dioxines et furanes dans les jauges depuis 2007.

Figure 10 : Dépôts de PCDD/F dans les jauges depuis 2007.



En pg TEQ OTAN/m²/j, avec LQ

L'évolution des concentrations de 2008 à 2014 met en évidence une tendance à la baisse, irrégulière. En revanche, les dépôts augmentent légèrement depuis 2015.

Des dépassements de la 1^{ère} valeur repère sont parfois mesurées dans les jauges 1, 2 et 3, et un dépôt au-dessus de 16 pg TEQ/m²/j est mis en évidence en 2008 dans la jauge 2.

Métaux lourds dans les jauges

Les dépôts de métaux dans les jauges en 2019 sont présentés dans le Tableau 15 et la Figure 11. Le mercure, le tellure, le sélénium et le thallium ne sont pas détectés.

Les dépôts maxima sont mesurés dans la jauge 1 (Cd, Cu, Pb, Sb, Sn, Zn) et la jauge 2 (As, Co, Cr, Mn, Ni, V), et les valeurs dans la jauge 6 (excepté Pb en J7).

Les concentrations sont inférieures aux Valeurs Limites d'Immission (VLI) à l'exception du nickel dans la jauge 2. Rappelons cependant que ces VLI sont des moyennes annuelles et non des valeurs bimensuelles. Si l'on examine la moyenne des dépôts de Ni en J2 de 2008 à 2019, elle est inférieure à la VLI. En revanche la moyenne depuis 2014 (les 6 dernières mesures) est au-dessus (22 µg/m²/j).

Les moyennes sont le plus souvent inférieures à celles d'une zone urbaine précisées par l'INERIS ou Atmo AURA, excepté pour Ni, V et Cr. La valeur élevée du Ni et Cr en J2 suffit à expliquer la moyenne plus élevée que celle du référentiel, et dans le cas du vanadium les valeurs en J1, J2 et J3ter. Les dépôts dans les jauges J4, J5, J6 et J7 (cette dernière dans une zone d'impact important) ne sont pas élevés.

Tableau 15 : Concentrations en métaux dans les jauges en 2019

µg/m ² /j	J1	J2	J3ter	J4	J5	J6	J7	MOY	MIN	MAX	VLI	Moyenne urbaine
As	0.99	1.40	0.59	0.20	0.26	0.10	0.23	0.54	0.10	1.40	4	1.3
Cd	0.22	0.18	0.05	0.02	<LQ	0.02	0.01	0.08	-	0.22	2	0.5
Co	0.99	3.11	1.17	0.23	0.18	0.08	0.12	0.84	0.08	3.11		1.0*
Cr	5.87	21.21	5.87	1.49	0.99	0.45	0.54	5.20	0.45	21.21		4.9
Cu	27.53	26.63	12.19	7.22	4.15	2.17	3.88	11.97	2.17	27.53		21
Hg	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-	1	0.1
Mn	47.39	111.03	44.23	11.74	10.38	3.61	4.24	33.23	3.61	111.03		55
Ni	6.77	21.21	6.77	1.31	0.95	0.50	0.59	5.44	0.50	21.21	15	4
Pb	12.64	7.67	7.22	1.72	1.22	0.41	0.37	4.46	0.37	12.64	100	20
Sb	1.26	0.50	0.41	0.68	0.20	0.07	0.38	0.50	0.07	1.26		1.0*
Se	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-		
Sn	2.39	1.08	1.26	0.54	0.34	0.19	0.22	0.86	0.19	2.39		
Te	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-		
Tl	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	-	2	0.4*
V	7.22	13.99	5.42	1.31	1.13	0.54	0.99	4.37	0.54	13.99		1.6*
Zn	66.35	39.27	25.28	32.95	11.28	4.51	24.82	29.21	4.51	66.35	400	119

LQ : limite de quantification, moy : moyenne, min : minimum, max : maximum, en vert et gras : minimum, en bleu et gras : maximum, * : moyenne Atmo AURA (sinon INERIS), case rosée : sup aux VLI ; case bleutée : au-dessus des moyennes urbaines

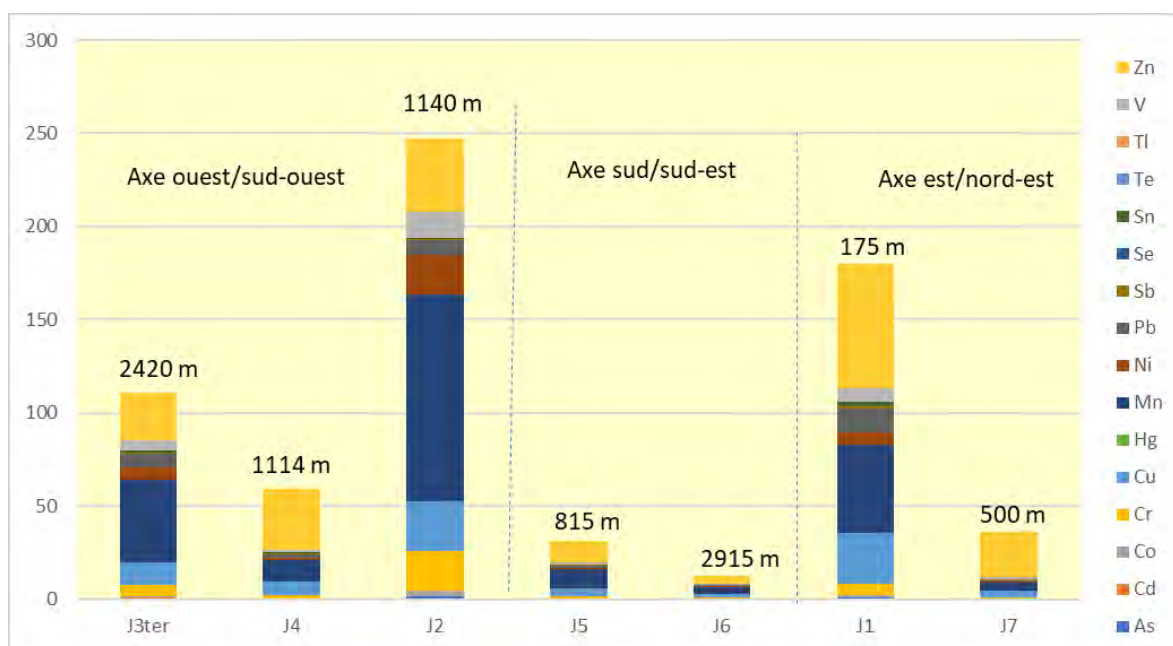
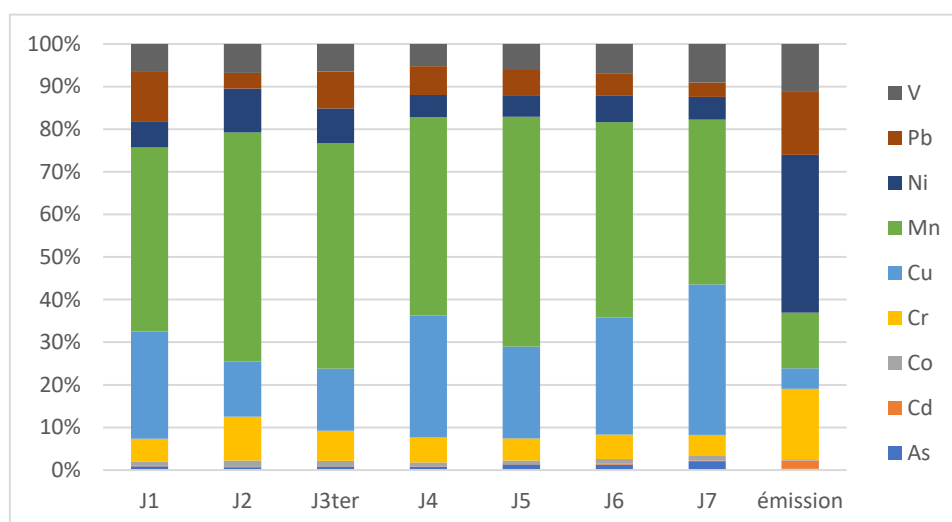


Figure 11 : Dépôts de métaux dans les jauges.

En $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, avec LQFigure 12 : Répartition des métaux dans les jauges **et à l'émission**.

La répartition des métaux à l'émission est différente de celle des jauges (Figure 12), notamment avec plus de nickel et de plomb et moins de cuivre et de manganèse.

Les concentrations en métaux depuis 2007 sont détaillées en ANNEXE 5. La Figure 13 représente le cumul des métaux, et la Figure 14 les métaux individuels.

Quelles que soient les années, les métaux cumulés sont nettement plus élevés dans les jauges J1 et J2 que dans les autres jauges, et ce essentiellement en raison de la contribution élevée de Zn et. Des pics en particulier sont notamment observés en 2009 et 2017.

Ces résultats ne mettent pas en évidence de tendance nette à la baisse ou à la hausse mais des variations irrégulières, à l'exception de la jauge J2 où une augmentation de la

concentration en métaux est observée entre 2014 et 2017 pour de nombreux métaux (Sb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, V et Zn), suivie d'une baisse depuis 2018.

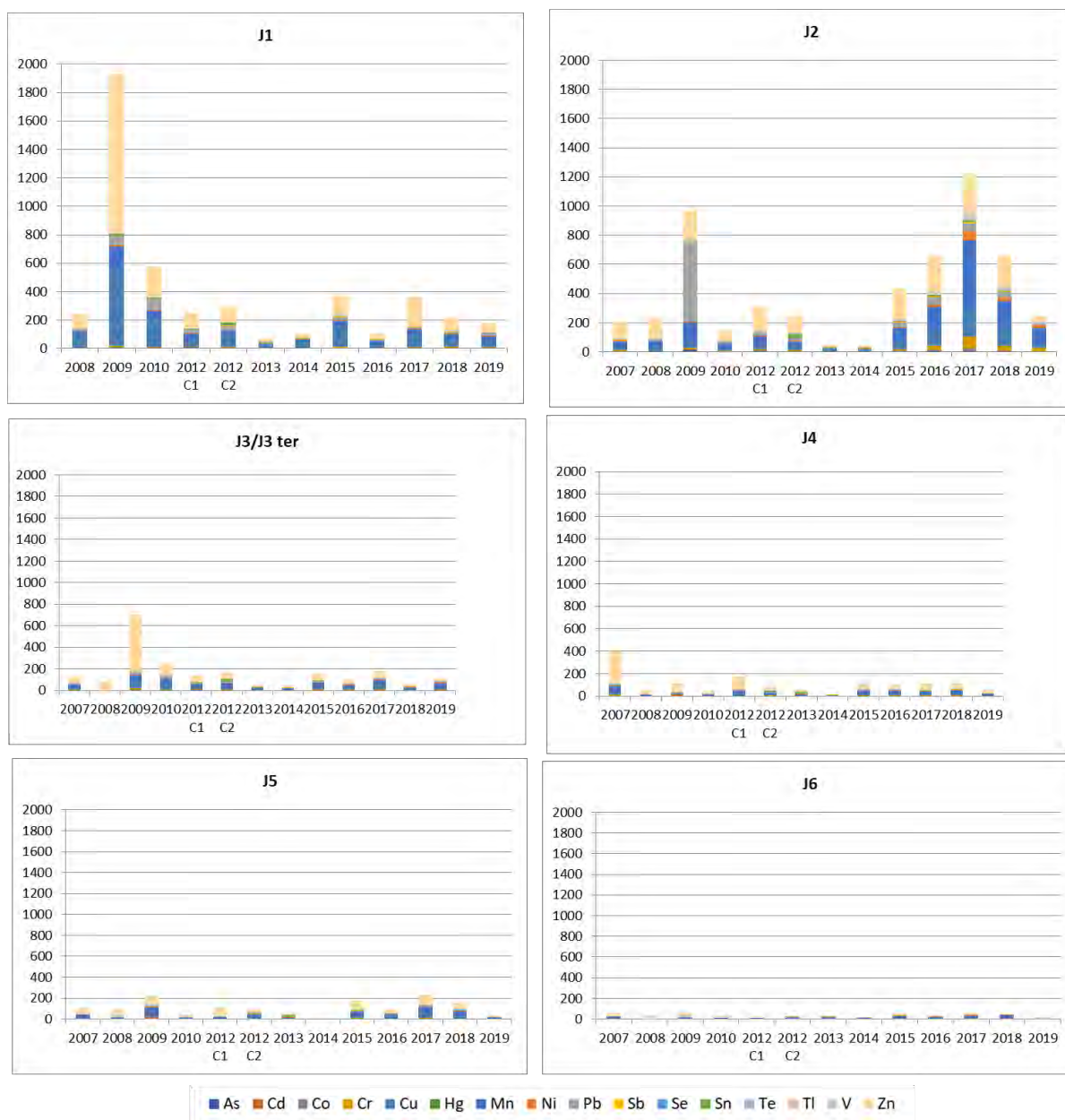


Figure 13 : Dépôts cumulés de métaux dans les jauges depuis 2007.

En $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, sans LQ

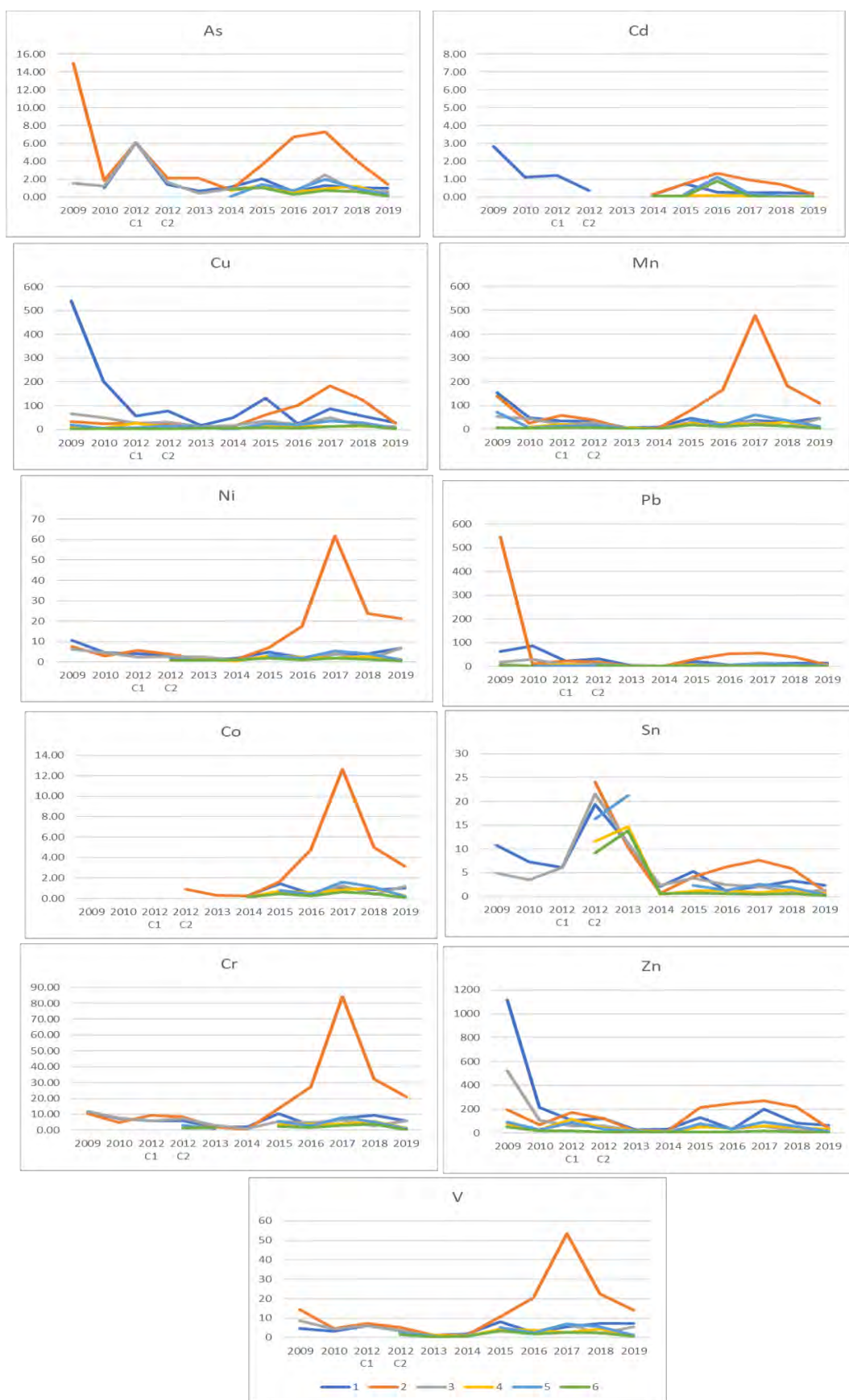


Figure 14 : Métaux dans les jauges depuis 2009.

En $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, sans LQ

Il est à noter que pendant la période d'exposition des jauges 3 incendies se sont déclarés aux alentours de l'UVE : dans un triangle délimité par les communes de Montbazin, Poussan et Gigean, sur la commune de Villeveyrac et enfin le nord de Loupian et le nord-est de Bouzigues (cf Annexe 1). Ces trois incendies n'ont pas impacté les concentrations en PCDD/F et métaux.

11.3. Analyse dans les sols

Les rapports originaux des analyses (PCDD/F et métaux lourds) sont présentés en ANNEXE 6. La répartition des différents congénères de PCDD/F en pourcentage massique, en pg/g MS et en pg/TEQ OMS 2005/g MS est présentée en ANNEXE 7.

Pour rappel la localisation des points est présentée dans la Figure 2.

Remarque : L'interprétation de la mesure de contaminants dans les sols en zone urbaine nécessiterait de connaître l'historique de l'occupation de ces sols, et leur origine (il s'agit rarement de sols naturels). Ce travail n'a pas été effectué pour cette étude.

Dioxines et furanes

Les résultats concernant la somme des congénères sont présentés dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Concentrations en PCDD/F dans les sols depuis 2012.

Sols	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Distance (m)	Direction
S2/S2'/S2''/S2 bis	5.1 (S2)	1.8 (S2')	2.2 (S2'')	1.3	1.7	0.8 (S2bis)	3.0	2.7	1446	NO-O
S4	3.4	2.7	1.3	3.8	3.4	3.7	1.1	1.0	2341	N-NO
S3/S3'/S3ter	4.5 (S3)	2.8	4.8	4.5 (S3')	5.8	14.7	23.2	1.3 (S3ter)	2423	O-SO
S5	2.4	5.4	3	5.9	3.1	1.8	12.3	-	3048	O-SO
jardin parcelle 55	14.6	13.6	13	15.4	-	-			70	SE-S
jardin parcelle 52	-	-	-	-	13.2				214	E-SE
jardin parcelle 67						57	72.0	39.3	215	E
jardin parcelle 23							14.5		760	O-SO
jardin parcelle 34	-	19	24.2	25.1	19.6	30.3			651	O-SO
jardin parcelle 37	17.8	-	-	-	-	-		17.7	577	O-SO
jardin parcelle 7	40	32.9	31.8	32.4	43.5	17.4	27.34		956	O-SO
jardin parcelle 2								59.9	1000	O-SO
jardin Calade	3.4	22.0	3.0	3.0	2.3	2.7	3.6	2.7	2823	NE-N
moyenne	11.4	12.5	10.4	11.4	11.6	16.1	19.6	17.8	En pg TEQ OMS ₂₀₀₅ /g MS	
minimum	2.4	1.8	1.3	1.3	1.7	0.8	1.1	1.0		
maximum	40.0	32.9	31.8	32.4	43.5	57.0	72.0	59.9		

Les concentrations varient entre 1 et 59.9 pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS avec une moyenne à 17.8 en 2019. Les concentrations sont inférieures à 40 pg TEQ/g MS à l'exception du sol jardins de la parcelle 2 (59.9 pg TEQ/g MS). La teneur de la parcelle 67 est très proche de cette valeur (39.3 pg TEQ/g MS).

D'après le référentiel allemand, une restriction des cultures à des produits à faible capacité de transfert des dioxines devrait être mise en place pour le sol de la parcelle 2. Cela signifie que le locataire de ce jardin devrait éviter de consommer des produits d'origine animale produits sur place (dont les œufs).

Les sols hors jardins S2bis, S3ter et S4, présentent des teneurs comprises entre 1 et 2.7 pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS, avec une moyenne à 1.7 pg TEQ/g MS représentative de sols ruraux (BRGM, cf Tableau 10).

Les concentrations dans les sols des jardins cheminots sont comprises entre 17.7 et 59.9 pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS, avec une moyenne à 33.7 pg TEQ/g MS, qui caractérise des sols atypiques.

Les concentrations en PCDD/F dans les sols hors jardin ont considérablement diminué en 2019 (Figure 15) par rapport à 2018 et se retrouvent même en dessous des valeurs mesurées de 2012 à 2017. Ceci provient de la forte baisse dans le sol S3ter et de l'absence de mesure pour S5 (flacon cassé), les teneurs en S2bis et S4 étant stables. Les valeurs dans les jardins cheminot continuent d'augmenter faiblement (après une augmentation plus marquée en 2017).

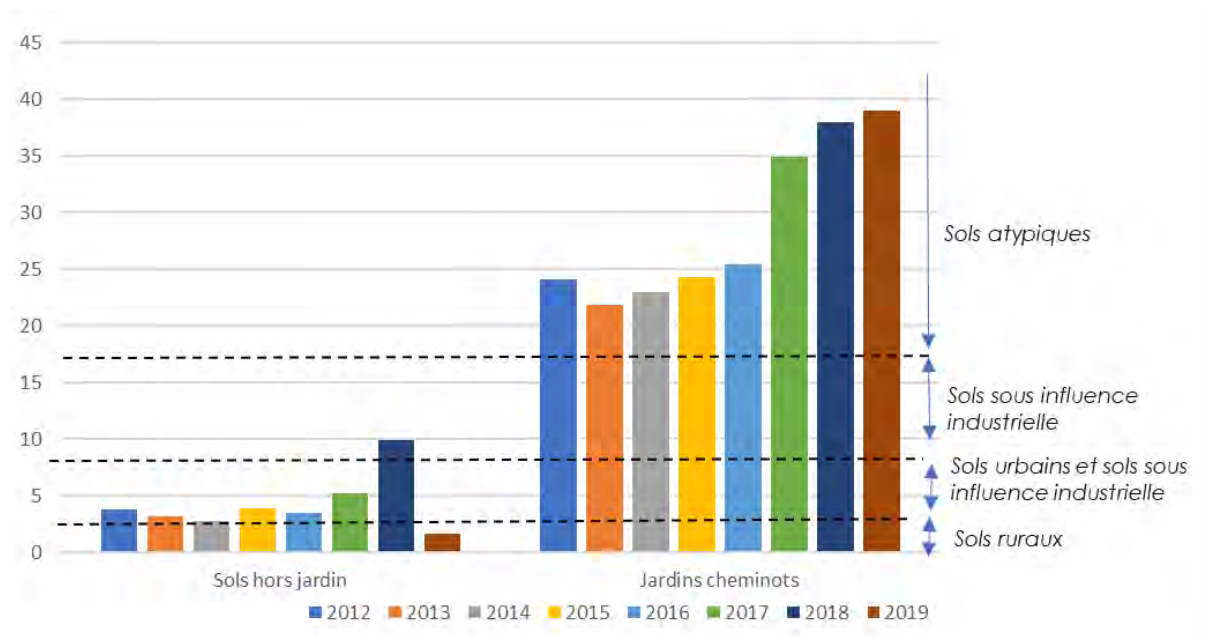


Figure 15 : Concentrations en PCDD/F dans les sols hors jardins et des jardins cheminots depuis 2012.

En pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS, moyennes

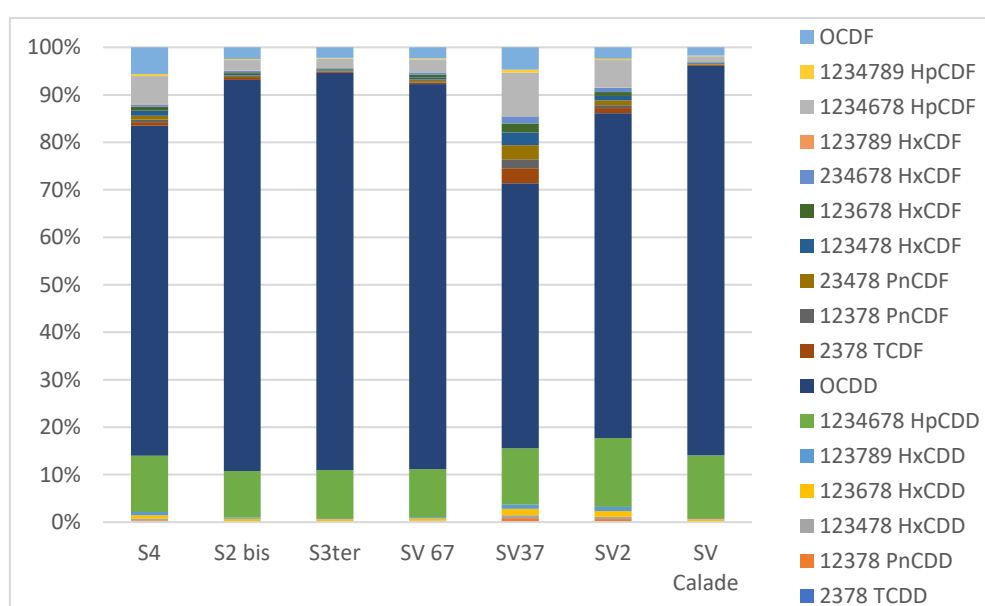


Figure 16 : Répartition des congénères de PCDD/F dans les sols en 2019.

La Figure 16 présente la répartition massique des congénères dans les sols. La contribution des dioxines est comprise entre 71 et 96%, avec une moyenne de 88%. Les 4 composés suivants : 1234678HCDD, OCDD, 1234678HCDF et OCDF (composés à 7 ou 8 chlores) représentent 94% des 17 congénères analysés (en masse).

Le sol de la parcelle 37 présente un profil un peu différent des autres sols avec une proportion plus faible de dioxines (et notamment d'OCDD) et plus de furanes, notamment peu chlorés.

Métaux lourds

La figure suivante présente la localisation des sols sur la carte géologique, et permet de constater que tous les sols ne sont pas situés sur le même horizon géologique. Les sols S4, S2 bis et Calade sont situés sur un même horizon, les sols des jardins cheminots et S3 ter sur un autre, et le sol S5 un 3^{ème} horizon. Ceci peut entraîner des concentrations en métaux différentes, provenant des natures variées des roches mères.

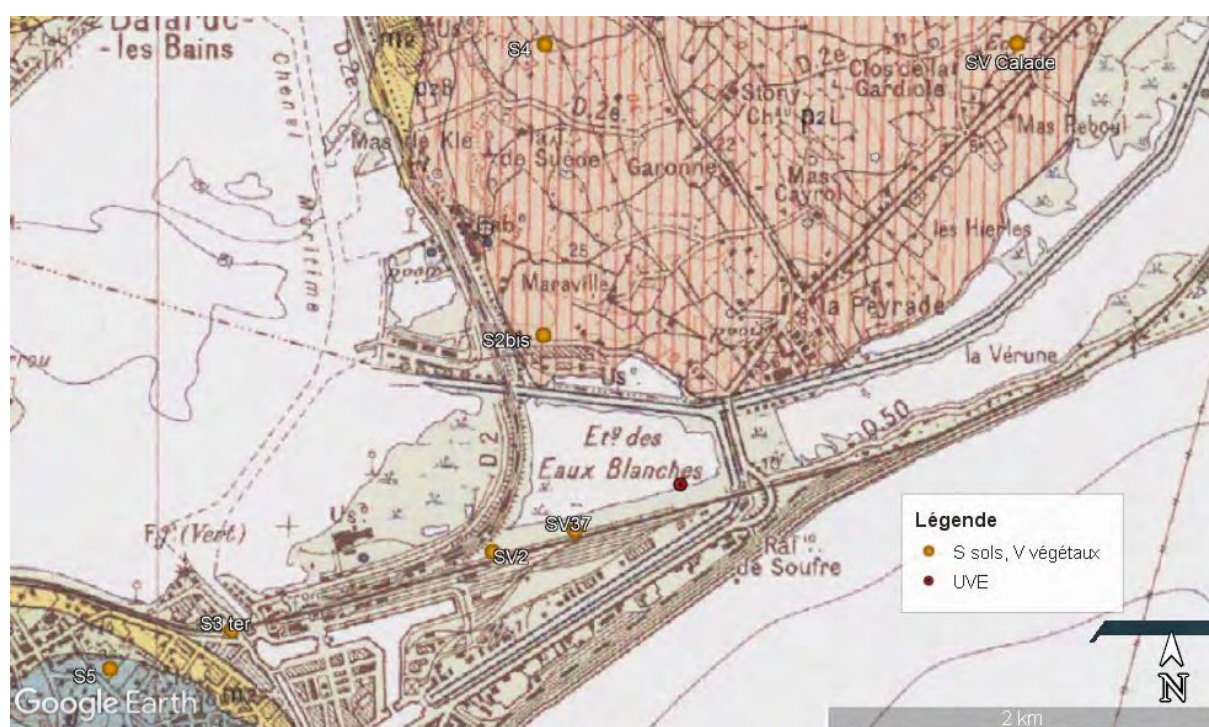


Figure 17 : Localisation des sols sur la carte géologique.

Le Tableau 17 et la Figure 19 présentent respectivement les concentrations en métaux dans les sols en 2019 et les concentrations cumulées depuis 2012.

La comparaison par rapport aux bases de données est faite dans un 1^{er} temps avec le GIS Sol (d'après le GIS Sol, les valeurs au-dessus de la vibrisse supérieure peuvent être considérées comme anormales), puis en l'absence de valeurs locales avec les valeurs ASPITET.

Aucune valeur au-dessus des bases de données n'est observée pour les métaux Co, Cr, Mn, Ni, Tl et V. Des teneurs au-dessus de la vibrisse supérieure pour le GIS Sol, ou > à la fourchette haute ASPITET, sont mises en évidence pour les métaux : As et Se (parcelle n°67), Cd (S2bis, jardins cheminots), Cd, Hg, Pb et Zn (jardins cheminots)

Les maximas sont le plus souvent mesurés dans la parcelle n°67, excepté Cr (parcelle n°2), V et Mn (S Calade) et Zn (parcelle n°37). Le plus grand nombre de minima est observé dans le sol S3 ter.

Les concentrations mesurées dans le sol S3ter ont considérablement baissé. En 2017 et 2018, le sol S3 ter présentait des concentrations cumulées en métaux très importantes que l'on avait attribuées à une pollution historique du site (société Vossloh). Les très faibles concentrations observées cette année pourraient être dues à un endroit de prélèvement un peu décalé par rapport aux autres années (Figure 18).



Figure 18 : Localisation du prélèvement S3ter entre 2017 et 2019.

Aucune concentration n'est supérieure aux bases de données à l'exception de Cd en S2bis.

L'évolution au cours du temps est présentée dans la Figure 19. Il est à noter que la comparaison n'est pas pertinente pour les sols S2/S2'/S2''/S2 bis et S3/S3'/S3 ter dont la localisation a changé au cours du temps. Elle est également discutable pour le jardin calade, où les zones prélevées varient suivant les années (les sols sont prélevés aux mêmes endroits que les légumes, et la localisation change régulièrement).

Suivant les métaux et les sols, les concentrations sont variables, et sans tendance nette. Le tableau concernant l'historique est présenté en ANNEXE 8.

Tableau 17 : Concentrations en métaux dans les sols en 2019.

mg/kg MS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Tl	V	Zn
S4	11.83	0.22	6.54	27.39	53.34	0.07	454.99	20.04	42.41	<0.22	0.22	31.69	62.76
S2 bis	10.27	0.60	3.96	21.54	42.57	0.11	217.37	12.67	40.22	<0.25	<0.25	19.38	89.65
S3ter	5.24	0.22	1.98	8.68	22.02	0.04	127.28	6.65	31.09	<0.22	<0.22	6.34	70.91
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S parcelle 67	48.43	3.73	7.80	33.43	287.94	0.93	379.06	23.51	315.63	1.26	0.50	29.90	675.56
S parcelle 37	16.36	1.43	7.32	21.41	176.50	0.20	382.67	23.48	145.01	0.49	<0.25	27.09	942.84
S parcelle 2	21.40	1.97	6.61	43.99	267.76	0.25	385.12	21.50	313.91	0.44	<0.25	24.16	572.01
S Calade	14.14	0.35	6.69	32.96	74.97	0.05	518.28	22.39	41.76	<0.25	0.35	32.81	88.06
moyenne	18.2	1.2	5.8	27.1	132.2	0.2	352.1	18.6	132.9	0.7	0.4	24.5	357.4
minimum	5.2	0.2	2.0	8.7	22.0	0.0	127.3	6.7	31.1	-	-	6.3	62.8
maximum	48.4	3.7	7.8	44.0	287.9	0.9	518.3	23.5	315.6	1.3	0.5	32.8	942.8
ASPITET	1-25	0.05-0.45	2-23	10-90	2-20	0.02-0.10		2-60	9-50	0.1-0.7	0.1-1.7		10-100
GIS Sol*		0.24 (0.55)		30.2 (62.2)	68.4 (189.2)	0.04 (0.18)		23.7 (44.3)	26.3 (54)				63.1 (157.8)
Concentrations habituelles (cf chapitre 9.1.1)							270-9200					Moyenne 100	

En mg/kg Matière Sèche. En bleu et gras : maximum, en vert et gras : minimum, cellule rosée : concentration au-dessus de l'ASPITET ; * médiane et entre parenthèse vibrisse supérieure (région Sud-Est, zone 471, plaine viticole du Bas-Languedoc).

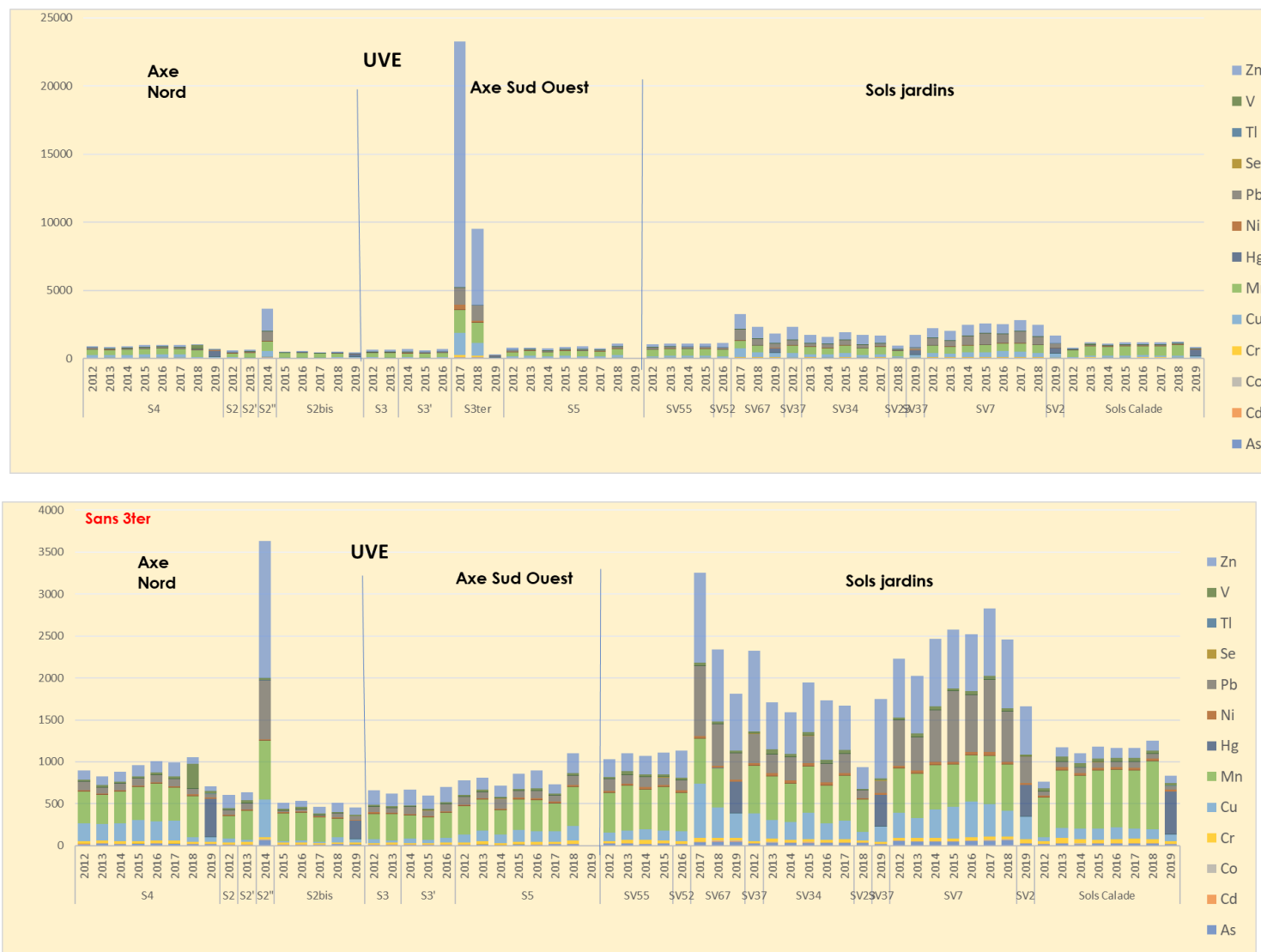


Figure 19 : Cumuls des métaux dans les sols depuis 2012 (2 échelles différentes).

En mg/kg Matière Sèche

11.4. Analyse dans les végétaux

Les rapports originaux des analyses (PCDD/F et métaux lourds) sont présentés en ANNEXE 9. Pour rappel la localisation des points est présentée dans la Figure 2.

Les végétaux ont été lavés à l'eau du robinet puis séchés avec du sopalin dans les locaux de Thau agglo avant leur envoi au laboratoire pour analyse.

Dioxines et furanes

En moyenne, 13 congénères sur 17 ne sont pas détectés dans les légumes en 2019. Il faut noter que dans les salades de la parcelle 2 (V2b), seul 5 congénères ne sont pas détectés. Les résultats sont présentés dans le Tableau 18. Etant donné le faible nombre de congénères détectés, les profils ne seront pas étudiés.

ng TEQ OMS ₂₀₀₅ /kg	tomates	salades	tomates	salades	pommes de terre	figues	tomates	blettes
	Parcelle 2 ech a	Parcelle 2 ech b	Parcelle 37 ech a	Parcelle 37 ech b	Parcelle 67 ech a	Parcelle 67 ech b	jardin calade ech a	jardin calade ech b
SANS LQ	0.009	0.047	0.001	0.001	0.001	0.009	0.002	0.002
AVEC LQ	0.034	0.059	0.031	0.031	0.031	0.034	0.031	0.031
Niveau d'intervention	0.3							

Tableau 18 : Concentrations en PCDDF dans les végétaux en 2019.

Tous les végétaux sont très en dessous de la valeur d'intervention.

Métaux lourds

Les concentrations en métaux dans les végétaux sont présentées dans le Tableau 19. Hg, Se et Tl ne sont jamais détectés. As, Co, Cr et Ni sont souvent inférieurs aux LQ.

Les teneurs en Cd et Pb sont conformes à la réglementation dans les végétaux à l'exception de Pb dans les tomates et salades de la parcelle 2 qui sont très au-dessus.

Les teneurs maximales sont mesurées dans les salades de la parcelle 2, excepté Pb (dans les tomates de la parcelle 2) et le cuivre (dans les tomates de la parcelle 37).

Il est à noter que les concentrations en plomb des parcelles 2 et 37 sont comparables dans les sols, alors que ce n'est pas le cas dans les végétaux.

Tableau 19 : Concentrations en métaux dans les végétaux en 2019.

Variété	mg/kg MB	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Tl	Zn
tomates	V2a	0.02	0.03	0.01	0.08	0.86	0.01	0.05	11.22	0.05	0.05	6.48
salades	V2b	0.10	0.03	0.05	0.20	2.22	0.01	0.17	1.15	0.05	0.05	10.13
tomates	V37a	0.01	0.02	0.01	0.05	2.39	0.01	0.06	0.01	0.05	0.05	1.86
salades	V37b	0.01	0.01	0.01	0.05	0.57	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05	1.20
pomme de terre	V67a	0.01	0.01	0.01	0.05	1.15	0.01	0.09	0.02	0.05	0.05	2.65
figues	V67b	0.01	0.01	0.01	0.05	2.23	0.01	0.05	0.03	0.05	0.05	5.20
tomates	Vcalade a	0.01	0.01	0.01	0.05	0.70	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05	1.72
blettes	Vcalade b	0.01	0.01	0.01	0.05	0.57	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05	2.21
Moyenne (avec LQ)		-	0.02	-	-	1.33	-	-	1.56	-	-	3.93
Minimum		-	-	-	-	0.57	-	-	-	-	-	1.20
Maximum		0.10	0.03	0.05	0.20	2.39	-	0.17	11.22	-	-	10.13
Valeurs réglementaire		0.05 (L) 0.2 (LF)							0.1 (L) -0.3 (LF)			

11.5. Analyse dans les aiguilles de pin

Les rapports originaux des analyses (PCDD/F et métaux lourds) sont présentés en ANNEXE 10. La répartition des différents congénères de PCDD/F en pourcentage massique, en pg/g MB et en pg/TEQ OMS₂₀₀₅/g MB est présentée en ANNEXE 11.

Pour rappel la localisation des points est présentée dans la Figure 2.

Dioxines et furanes

Les concentrations en dioxines et furanes mesurées en 2019 dans les échantillons d'aiguilles de pins sont présentées dans la Figure 20. En moyenne 12 congénères sur 17 sont détectés (entre 8 et 16), soit environ 70%.

Les concentrations sont faibles, comprises entre 0.22 et 0.54 pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS (avec LQ) avec une moyenne de 0.34 pg TEQ/g MS. Moyenne et valeurs individuelles sont comprises ou en dessous de la fourchette des teneurs moyennes de la Commission Européenne.

La valeur la plus élevée est mesurée en A1 et la plus faible en A4.

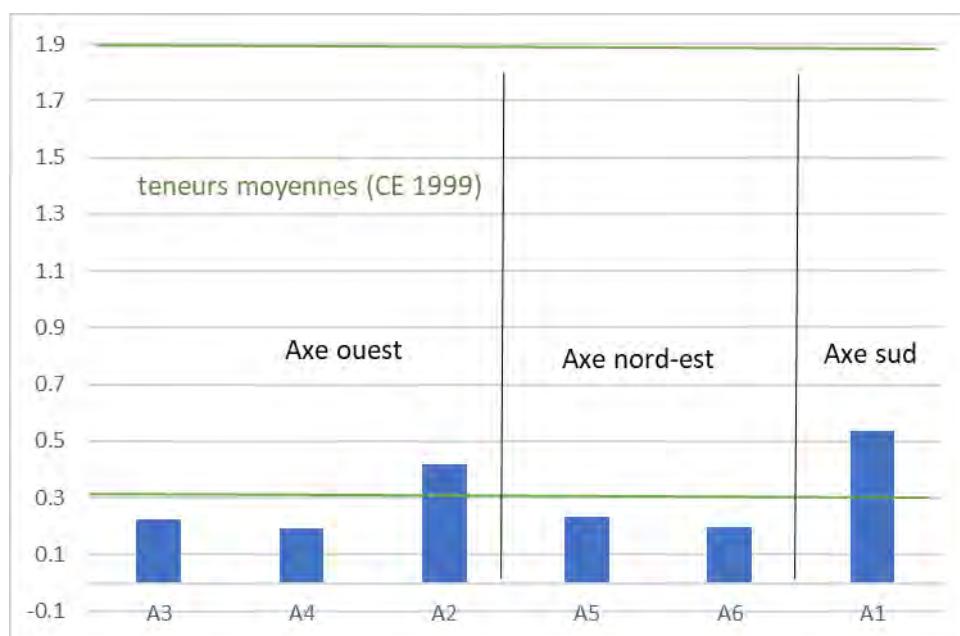


Figure 20 : Concentrations en PCDD/F dans les aiguilles de pins en 2019.

En pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS sans LQ

Les profils sont relativement variables entre les échantillons (Figure 21). Les dioxines sont majoritaires dans les prélèvements A1, A2, A4 et A5 (avec un maxima de 62% en A1), et les furanes sont majoritaires dans les échantillons A3' et A6 (56 et 64%, respectivement). La proportion de furanes peu chlorés est non négligeable.

Les profils à l'émission sont différents avec une large majorité de dioxines (85%), et peu de furanes faiblement chlorés (Figure 5).

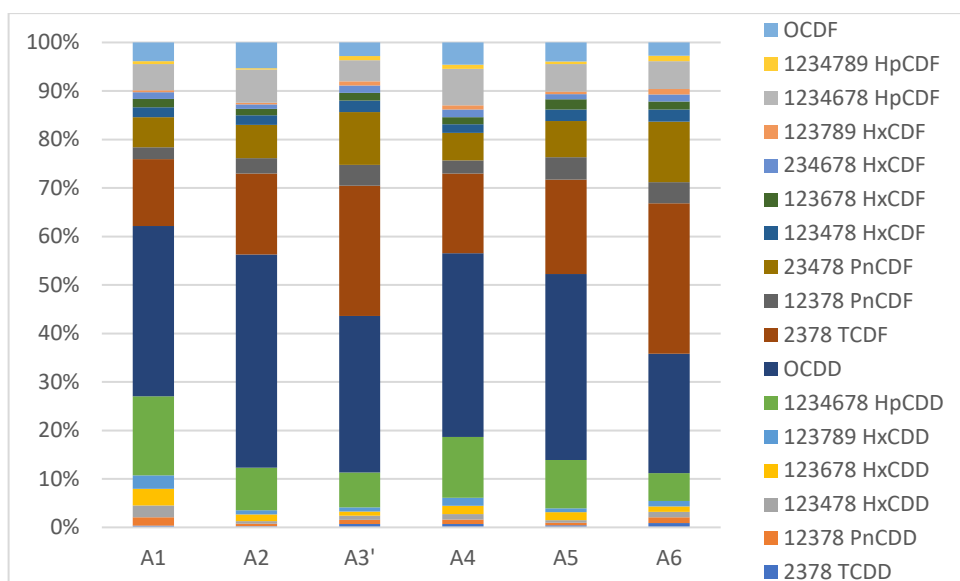


Figure 21: Répartition des différents congénères dans les aiguilles de pin en 2019

(En pourcentage massique, avec LQ)

L'évolution des concentrations en PCDD/F dans les aiguilles de pin ne met pas en évidence de tendance nette de 2016 à 2019. Les concentrations ont baissé pour la plupart des aiguilles (sauf A5 et A6) entre 2016 et 2018, et augmentent en 2019. Depuis 2016, toutes les teneurs sont comprises ou en dessous de la fourchette des teneurs moyennes de la Commission Européennes, excepté A2 en 2016.

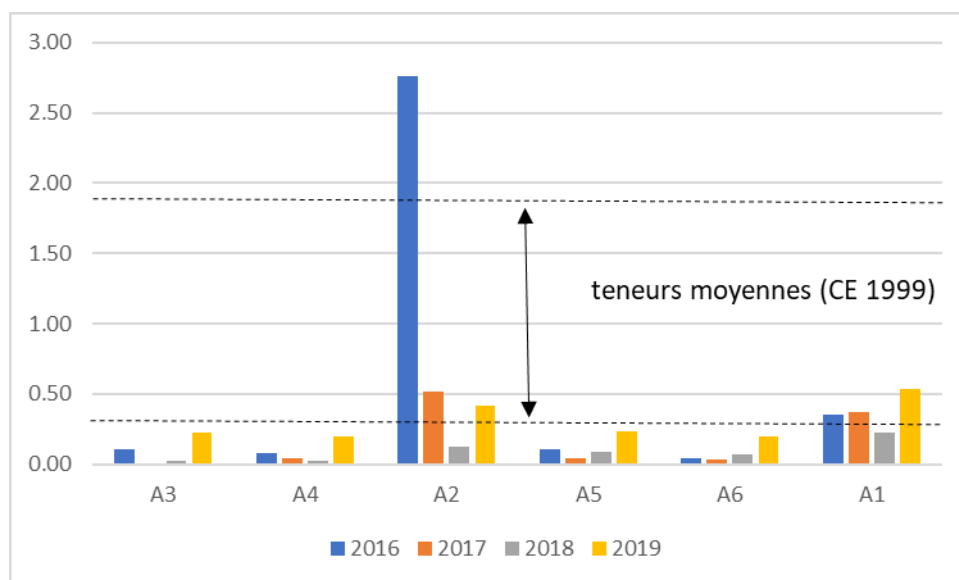


Figure 22 : PCDD/F dans les aiguilles de pins depuis 2016.

En pg TEQ OMS₂₀₀₅/g MS, sans LQ

Métaux lourds

Les résultats sont présentés dans le Tableau 20 et la Figure 23. Les résultats concernant Co, Sn, Hg, Se, Te et Tl sont en dessous des limites de quantification (LQ) et ne sont pas présentés dans le tableau.

Les teneurs en métaux sont inférieures aux valeurs guides. Elles sont le plus souvent en accord avec les valeurs des sites témoins et toujours en-dessous des valeurs des sites miniers (excepté Zn dans A1).

Les concentrations maximales sont mesurées en A1 (As, Cd, Cu, Ni, Pb, Sb et Zn), en A2 (Cr et V), et en A4 (Mn). Les plus faibles concernent les points A6 (As, Cu et Pb), A5 (Zn) et A3 (Mn et Ni).

Tableau 20 : Concentrations en métaux dans les aiguilles de pin en 2019.

	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	V	Zn
A3	0.18	0.09	0.27	4.44	16.79	0.32	0.23	<0.09	<0.23	30.24
A4	0.29	0.05	<0.24	3.53	35.53	0.62	0.24	<0.10	0.24	28.84
A2	0.23	0.14	0.64	5.15	18.00	0.59	0.36	<0.09	0.50	30.45
A5	0.14	<0.05	<0.23	4.51	23.12	0.33	0.19	<0.09	<0.23	23.02
A6	0.10	<0.05	<0.24	3.42	26.81	0.68	0.10	<0.10	<0.24	26.37
A1	0.41	0.18	0.36	7.57	22.81	0.91	0.55	0.09	0.32	39.46
moyenne	0.23	0.12	0.42	4.77	23.84	0.58	0.28	-	0.35	29.73
minima	0.10	-	-	3.42	16.79	0.32	0.10	-	-	23.02
maxima	0.41	0.18	0.64	7.57	35.53	0.91	0.55	0.09	0.50	39.46
Valeurs guides		1-3		7-20	1000-4000	30	4-30			50-100
Sites témoins		0.05-1.14		3.1-3.4	125-600	3.3-4.5	0.5-0.6			43-66
Sites miniers		0.22-0.31		10.3-28.6	145-880	28.9-50.8	1.8-5.9			10.4-20.7

En mg/kg MS, en bleu et gras : maximum, en vert et gras : minimum.

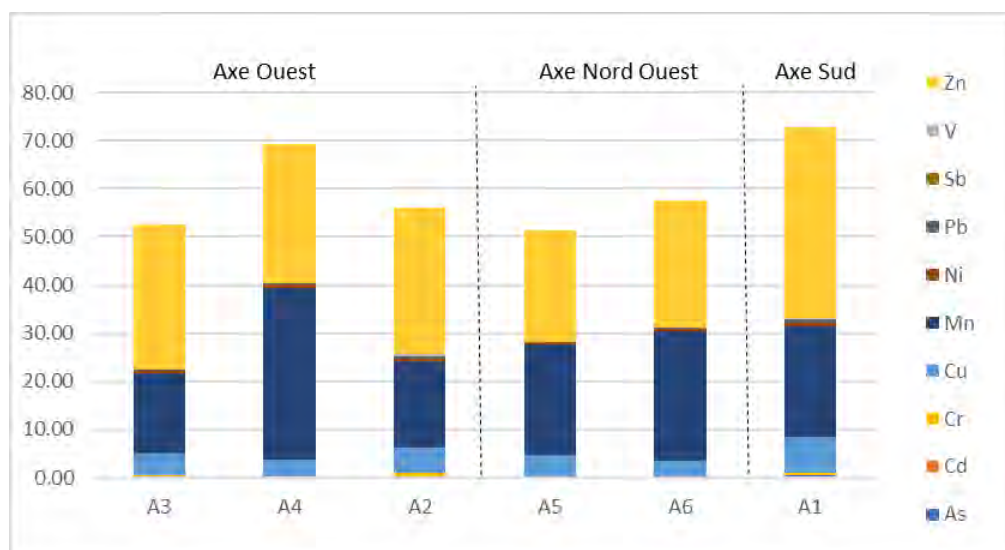


Figure 23 : Métaux cumulés dans les aiguilles de pins en 2019.

En mg/kg MS, avec LQ.

La répartition des métaux à l'émission en juin 2019 est différente de celle dans les aiguilles de pins, avec notamment moins de manganèse et de cuivre, plus de nickel, chrome et plomb.

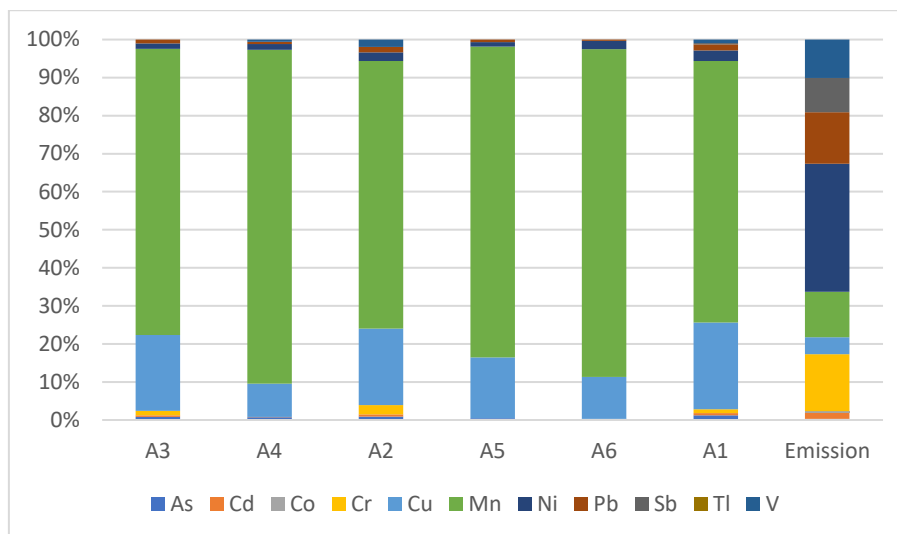


Figure 24 : Répartition massique des métaux dans les aiguilles de pins et à l'émission en 2019.

L'évolution des concentrations de 2016 à 2019 ne permet pas de dégager de tendance nette (Figure 25), excepté une baisse du plomb en A2.



Figure 25 : Concentrations en métaux dans les aiguilles de pins depuis 2016.

En mg/kg MS, sans LQ, les métaux représentés sont ceux qui sont le plus souvent détectés

12. Synthèse de l'étude et conclusion

Cette étude avait pour objectif d'améliorer la connaissance de la qualité des sols et des végétaux au voisinage de l'installation d'incinération de Thau agglo, et d'évaluer l'impact de ses émissions sur la qualité de l'air.

Les zones d'intérêt sont la zone des jardins cheminots proches du site et situés au sud, et la zone d'impact potentiel des émissions de l'UVE (les 2 zones ne coïncident pas).

Des prélèvements de sols et végétaux ont été réalisés dans ces 2 types de zones : 1/ zone des jardins cheminots et un jardin familial « témoin », et 2/ hors des zones de jardins et dans des zones d'influence potentielle des émissions de l'usine d'après l'étude de dispersion de 2005.

Nous avons choisi d'analyser 2 espèces de végétaux alimentaires par jardin, pour un total de 4 jardins, dont 3 situés dans la zone des jardins cheminots, et 1 jardin « témoin ». Des sols ont été prélevés dans les 4 jardins, et 4 sols hors jardins dans les directions nord-ouest et sud-ouest ont été analysés. Des prélèvements d'aiguilles de pin et des prélèvements passifs d'air (à l'aide de jauges ou collecteurs de précipitation) ont également été effectués dans les zones d'influence potentielle des émissions de l'usine et dans des zones hors influence.

Les dioxines et furanes (PCDD/F), et les métaux lourds ont été analysées dans ces échantillons par le laboratoire CARSO.

Les sols apportent des informations sur la pollution historique, les végétaux sur les risques sanitaires liés à la consommation de ces produits, et les aiguilles de pins et les jauges sur la qualité de l'air.

Remarquons que l'usine se situe dans une zone industrielle, est proche d'une ancienne zone de dépôts de matériaux de la SNCF, et est soumise à l'influence d'autres sources d'émissions comme le trafic ferroviaire, routier et fluvial ainsi que le secteur résidentiel et tertiaire (incluant des brûlages sauvages).

12.1. Résultats concernant les sols et végétaux

Dans les jardins cheminots

Concernant les sols, les concentrations en dioxines et furanes sont au-dessus de la valeur cible (de 5 pg TEQ/g MS), et caractéristiques de valeurs atypiques (BRGM 2013), avec des teneurs entre 17.7 et 59.9 pg TEQ/g MS, et une moyenne à 33.7 pg TEQ/g MS.

La concentration en PCDD/F dans le sol du jardin n°2 est au-dessus de la 1^{ère} valeur de restriction des usages du référentiel allemand. Une restriction des cultures à des produits à faible capacité de transfert des PCDD/F devrait être mise en place, et le locataire de ce jardin devrait éviter au maximum de consommer des produits d'origine animale produits sur place (notamment les œufs). Il faut noter que la concentration en PCDD/F dans le sol prélevé dans le jardin n°67 (SV67) est très proche de cette valeur de restriction et que depuis 2017 elle la dépassait.

Des teneurs en métaux parfois au-dessus des bases de données sont mises en évidence dans tous les sols des jardins cheminots pour Cd, Cu, Hg, Pb et Zn. Aucune tendance nette à la hausse ou à la baisse n'est mise en évidence depuis 2012.

Concernant les végétaux, les teneurs en PCDD/F sont en-dessous des valeurs d'intervention, et celles en cadmium et en plomb inférieures aux valeurs réglementaires à l'exception du plomb dans la parcelle 2 (tomates et salades).

Dans les jardins cheminots, les teneurs en PCDD/F et en métaux lourds dans les sols sont élevées. Les valeurs de PCDD/F dans les végétaux sont faibles **à l'exception** du plomb dans les prélèvements de la parcelle au-dessus des valeurs réglementaires. Les résultats dans les sols ne sont pas liés **aux émissions de l'UVE mais à une pollution historique**.

Dans les sols hors jardins

Les concentrations en dioxines et furanes dans les sols hors jardin sont en accord avec celles du BRGM (2013) pour des sols ruraux avec des valeurs entre 1 et 2.7 pg TEQ/g MS.

Les teneurs en métaux sont inférieures aux bases de données excepté Cd en S2 bis. Les concentrations en S3ter (site Vossloh) sont nettement plus faibles **qu'en 2017 et 2018, sans doute en raison d'une localisation un peu différente, ce qui confirme l'hétérogénéité des sols** dans cette zone.

Les sols hors jardin présentent des concentrations en PCDD/F caractéristiques de sols ruraux ou urbains. Les teneurs en métaux sont en-dessous des valeurs des bases de données **à l'exception du** Cd en S2 bis.

Cas du jardin calade

La concentration en dioxines et furanes dans le sol est en-dessous de la valeur cible (de 5 pg TEQ/g MS) et les teneurs en métaux en accord avec les bases de données.

Dans les végétaux, les teneurs en PCDD/F sont inférieures aux **valeurs d'intervention**, et Pb et du Cd aux valeurs réglementaires.

12.2. Résultats concernant la qualité de l'air

Qualité de l'air annuelle (aiguille de pin)

Les teneurs en métaux dans les aiguilles sont inférieures aux valeurs guides. Elles sont le plus souvent en accord avec les valeurs des sites témoins et inférieures aux valeurs des sites miniers (excepté Zn en A1). Les maximas sont mesurés surtout en A1, puis en A2 et A4.

Les teneurs en dioxines et furanes sont faibles et en accord avec le référentiel. Le maxima est mesuré en A1.

Les profils des dioxines et furanes et la répartition des métaux sont différentes de celles à **l'émission**.

L'évolution des concentrations en PCDD/F et en métaux de 2016 à 2019 ne permet pas de dégager de tendance nette, excepté une diminution du plomb en A2. Les maximas sont historiquement mesurés en A1 et A2.

Retombées atmosphériques (jauges)

En 2019, les dépôts de dioxines et furanes sont relativement faibles, compris dans les valeurs du « bruit de fond » **d'après le référentiel à l'exception de J1 qui est légèrement au-dessus et représentatif d'une zone impactée par les activités anthropiques**. Des profils différents en J1 et J7, par rapport aux autres jauges et par rapport aux émissions, suggèrent la présence de différentes sources.

Les dépôts de métaux sont inférieurs aux valeurs de références annuelles (VLI allemandes et suisses), excepté en J2 pour le nickel. Les teneurs **dans la jauge 2 sont jusqu'à 7.5 fois (pour Ni) et 8.4 fois (pour Cr) au-dessus de la moyenne des dépôts dans les autres jauges**, ce qui

confirme l'existence d'une source locale (des brûlages réguliers sont souvent observés dans cette zone, à côté du site de collecte des ordures ménagères). Les dépôts les plus faibles sont mesurés au point 6, hors influence des émissions de l'UVE et de la zone industrielle et urbaine de Sète. L'historique des dépôts de métaux ne présentent pas de tendance nette, et les maxima sont souvent mesurés en J1 et J2.

Les dépôts de dioxines et furanes et de métaux lourds dans les jauges en 2019 sont en accord avec le référentiel pour les dioxines et furanes (**à l'exception de J1**) et en dessous des valeurs VLI excepté Ni en J2.

Des concentrations plus importantes sont mises en évidence dans les stations 1 et 2 pour les jauges et les aiguilles de pins pour les PCDD/F comme pour les métaux et ce depuis plusieurs années. La jauge J7, **située dans la zone d'impact maximal**, ne présente pas de résultats élevés en 2019 et ne confirme pas les valeurs mesurées en J1. Les profils de PCDD/F et répartitions de **métaux dans les jauges et les aiguilles de pins sont différents de ceux à l'émission.**

12.3. Bilan

L'impact des émissions de l'usine n'est pas mis en évidence par ces différentes mesures.

ANNEXE 1 Compte-**rendu d'exposition des jauges et de prélèvement des sols,**
végétaux et aiguilles de pin en 2019

ANNEXE 1 : COMPTE RENDU DES PRELEVEMENTS 2019 DE SOLS, VEGETAUX, AIGUILLES DE PINS ET DES RETOMBEES ATMOSPHERIQUES **AUTOUR DE L'UVE DE SETE.**

1 - Objet

Compte-rendu sur la collecte d'échantillons de sols, de végétaux, d'aiguilles de pins et des retombées atmosphériques autour de l'incinérateur de Thau (34).

2 - Echantillonnage

2.1 - Date et conditions des prélèvements

Les échantillons ont été prélevés les 12, 16 et 17 juillet 2019 pour les sols, végétaux et aiguilles de pins. Le temps était beau, chaud et sec. Les sols étaient secs. Les prélèvements des retombées atmosphériques ont fait l'objet d'un prélèvement continu sur une durée de 2 mois du 16 juillet au 18 septembre 2019.

2.2 - Personnes présentes

Les prélèvements ont été réalisés par Philippe Soler (Bio-Tox) accompagné de M. Benoit Daval (Thau aggro) pour la quasi-totalité des points (aiguilles de pins, sols et végétaux consommables), excepté les prélèvements de légumes et de sols dans le jardin de M. Magne (parcelle 67). Ceux-ci ont été réalisés à l'avance (le 12 juillet 2019) par M. Daval pour des raisons de disponibilités de M. Magne.

Le Président des jardins cheminots, M. Magne, était présent sur le jardin n°67. Les propriétaires des jardins n°2 (M. Molinier) et n°37 (M. Malezieu) étaient présents dans leurs jardins respectifs lors des prélèvements.

Le Président des jardins familiaux de la Calade, M. Boistard, était présent pendant les prélèvements sur le site de la Calade.

2.3 - Stratégie d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage a été élaborée en accord avec Sète Agglopôle Méditerranée et en tenant compte des études précédentes et des résultats des études de dispersion.

Les coordonnées GPS ont été recueillis sur Google earth pour chaque prélèvement.

Concernant la localisation des prélèvements de sols et végétaux consommables : la parcelle n°67 (jardins cheminots) et le site de la Calade ont déjà fait l'objet de prélèvements les années précédentes, au contraire des parcelles n°2 et 37.

L'emplacement des dispositifs de prélèvement des retombées atmosphériques (Jauges Owen) est inchangé par rapport à 2018.

La localisation des différents points de prélèvement est présentée dans la Figure 1.

Tableau 1 : Caractéristiques et coordonnées géographiques des points de prélèvements.

Index terrain	Description	Données géographiques		Autres précisions
		<u>Degrés décimaux</u>		
		Longitude (E)	Latitude (N)	
Prélèvements de sols				
S2 ^{bis}	Sol caillouteux, peu de végétation	3.692057°	43.425512°	Zone proche d'habitations et d'un potager
S3 ^{ter}	Sol sableux avec nombreuses racines, sec, présence de déchets	3.691232°	43.411728°	Dans l'enceinte de la société Vossloh
S4	Sol caillouteux, peu de végétation	3.711080°	43.438710°	
S5	Devant une école, près du terrain de tennis	3.683830°	43.410330°	Sol sec, meuble, peu enherbé, peu de cailloux
S2	Sol noir, aéré	3.707802°	43.415584°	Apport fumier brebis, eau de la ville
S37	Sol noir, aéré	3.712994°	43.416590°	Arrosage eau de puit, fumier de cheval + bouillie bordelaise
S67	Sol de potager	3.722191°	43.418243°	Eau de ville, fumier de cheval et de mouton + bouillie bordelaise
S Calade	Sols aérés	3.740800°	43.438850°	Eau de puit, apport de fumier de cheval + sulfatage. (En cas de fortes pluies, arrivée d'eau de ruissellement en provenance des cultures de vignes à proximité)
Prélèvements de végétaux dans les potagers				
V2a	Tomates	3.707802°	43.415584°	Légume-fruit
V2b	Salades	3.707802°	43.415584°	Légume-feuille
V37a	Tomates	3.712994°	43.416590°	Légume-fruit
V37b	Salades	3.712994°	43.416590°	Légume-feuille
V67a	Pommes de terre	3.722191°	43.418243°	Tubercule
V67b	Figues	3.722191°	43.418243°	Fruit
V Calade a	Tomates	3.740800°	43.438850°	Légume-fruit
V Calade b	Blettes	3.740800°	43.438850°	Légume feuille
Prélèvements d'aiguilles de pins				
A1	Aiguilles de pins	3.721845°	43.418190°	Pin d'alep
A2	Aiguilles de pins	3.709052°	43.411906°	Pin d'alep
A3'	Aiguilles de pins	3.689410°	43.412124°	Pin parasol
A4	Aiguilles de pins	3.705933°	43.418766°	Pin parasol
A5	Aiguilles de pins	3.725253°	43.425075°	Pin d'alep
A6	Aiguilles de pins	3.742030°	43.438640°	Pin parasol
Prélèvements des retombées atmosphériques (jauges Owen)				
J1	Jauge	3.721578°	43.418078°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J2	Jauge	3.709242°	43.412035°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J3'	Jauge	3.691753°	43.411895°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J4	Jauge	3.705944°	43.418082°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J5	Jauge	3.724982°	43.424925°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J6	Jauge	3.741339°	43.438935°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F
J7	Jauge	3.725047°	43.416291°	1 jauge métaux, 1 jauge PCDD/F

S : sol, V : végétaux, A : aiguilles de pins, J : jauges Owen

La figure 1 représente la localisation des points de prélèvements des sols, végétaux et aiguilles de pins sur une image aérienne.



Figure 1 : Localisation des points de prélèvements sols (S), végétaux (V), aiguilles de pins (A) et jauges (J)

2.4 - Collecte des échantillons

2.4.1 - Prélèvements de sols

La méthode de prélèvements des sols respecte le principe de la norme X31-100. L'échantillon doit être composé d'un certain nombre de prélèvements élémentaires dans une zone présumée homogène sur une couche d'épaisseur choisie et de profondeur donnée. Les éléments grossiers doivent être supprimés.

Les prélèvements de sols des jardins ont été réalisés à l'aide d'une petite pelle étroite en PET, à une profondeur de 5 à 15 cm. Plusieurs prélèvements de sols ont été effectués aux endroits précis où des végétaux ont été échantillonnés, le mélange étant ensuite homogénéisé et placé dans des flacons en verre et maintenu à température ambiante en attendant d'être expédié au laboratoire CARSO.

Les prélèvements de sols hors jardin ont été effectués selon la méthode des placettes aléatoires au moyen d'une petite pelle inox. Les sols ont été débarrassés des parties aériennes et souterraines des végétaux et des fractions grossières. En moyenne sept prélèvements élémentaires ont été réalisés par point de prélèvement à une profondeur variant de 0 à 5 cm. Les sols ont été placés dans des flacons en verre et maintenus à température ambiante en attendant d'être expédiés au laboratoire CARSO.

2.4.2 - Prélèvements de végétaux

Les végétaux ont été prélevés, au stade consommation, à la main pour les légumes fruit et à l'aide d'un couteau en céramique pour les légumes feuille. Les préleveurs ont utilisé des gants à usage unique. Lorsque cela était possible, si la taille et la composition du jardin le permettait, des végétaux ont été prélevés dans plusieurs zones.

Les échantillons ont été placés dans des sachets plastiques fermés et maintenus dans une glacière réfrigérée à 4°C en attendant d'être expédiés à CARSO.

2.4.3 - Prélèvements des aiguilles de pin

Les aiguilles de pins de l'année ont été prélevées au moyen d'un coupe branche à manche télescopique.

Les échantillons ont été placés dans des sachets plastiques fermés et maintenus dans une glacière réfrigérée à 4°C en attendant d'être expédiés à CARSO.

2.4.4 - Prélèvements des retombées atmosphériques

Les jauges ont été posées les 16 et 17 juillet 2019 et déposées le 18 septembre 2019 (soit 63 ou 64 jours d'exposition). La pose et la dépose ont été réalisées par Bio-Tox.

Le suivi des retombées gravitaires de métaux lourds et des dioxines/furanes (PCDD/F) a été réalisé au moyen de collecteurs de précipitation de type Owen répartis aux alentours de l'usine. Pour rappel, les années précédentes il s'agissait de jauges Bergerhoff.

Les jauges Owen consistent en un entonnoir surmontant un récipient de collecte monté lui-même sur un trépied. Le récipient recueille les retombées atmosphériques totales. Il collecte par gravité l'ensemble des retombées sèches collectées en absence de pluie, des matières insolubles et solubles contenues dans les eaux pluviales recueillies, des matières entraînées par les eaux de pluies et les matières dissoutes dans les eaux pluviales contenues dans le collecteur. Cette méthode fait l'objet d'une norme française (AFNOR NF X43-014).

Le collecteur et l'entonnoir, destinés à l'analyse des métaux et des poussières, est en polyéthylène haute densité, et ceux des PCDD/F sont en verre, avec protection de la lumière pour le récipient. Chaque dispositif fait 1m60 de hauteur et est en aluminium avec un des trois pieds réglables en hauteur afin de s'adapter au terrain et d'avoir une stabilité optimale. Les 2 jauges sont placées sur un même trépied (Figure 2), chaque jauge étant maintenue par 3 montants en aluminium. Quatre attaches permettent d'assurer la stabilité de l'ensemble en cas de vent : avec des sardines si le terrain le permet, sinon avec des lest. Les entonnoirs en polypropylène et en verre font 21 cm de diamètre et sont maintenus aux flacons par un système de sandow et de scotch afin d'éviter les envols en cas de vent trop fort et de les maintenir droits (Figure 3).



Figure 2 : Dispositif complet

Les volumes des 2 types de jauges sont de 10 L.



Figure 3 : Systèmes de maintien des entonnoirs

Les jauges servant de blanc (une jauge en polypropylène et une jauge en verre) restent fermées le temps du prélèvement. Elles sont **étiquetées et stockées en attendant l'envoi au laboratoire**. Leur rôle est de **valider l'absence de contamination** des flacons lors des différentes manipulations sur le terrain et au laboratoire.

2.5 - Caractéristiques des échantillons

Les caractéristiques et la localisation des échantillons collectés sont consignées dans le tableau 1. Des photographies pour chaque zone d'échantillonnage sont présentées en fin de document.

2.6 - Devenir des échantillons

Les échantillons de sols, végétaux (légumes) et aiguilles de pins ont été envoyés **en l'état** au laboratoire CARSO pour les dosages de dioxines et furanes, et métaux.

Les sols sont tamisés à 2 mm puis broyés pour obtenir une fraction à 250 µm sur laquelle sont réalisés les dosages de dioxines et furanes et de métaux, ainsi que le précise les normes.

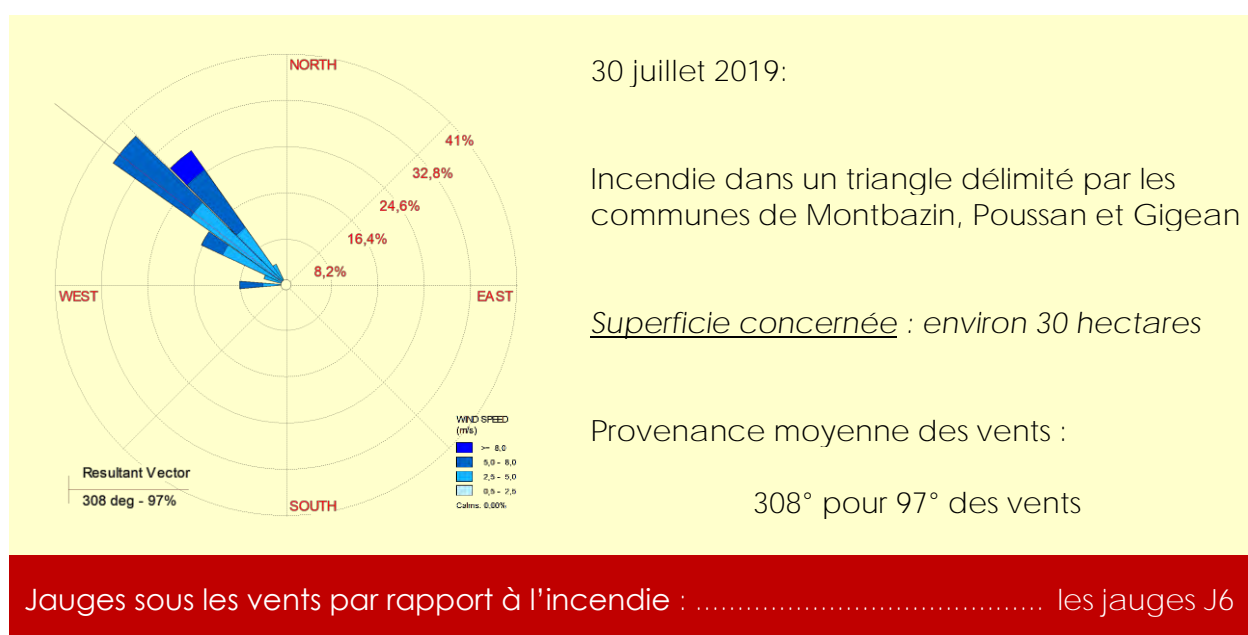
Les végétaux des jardins potagers ont été lavés avant expédition. Ils ne subissent donc pas de lavage au laboratoire. Au laboratoire, la totalité du prélèvement est mixé (broyeur ménager) avant extraction sur une partie du mélange.

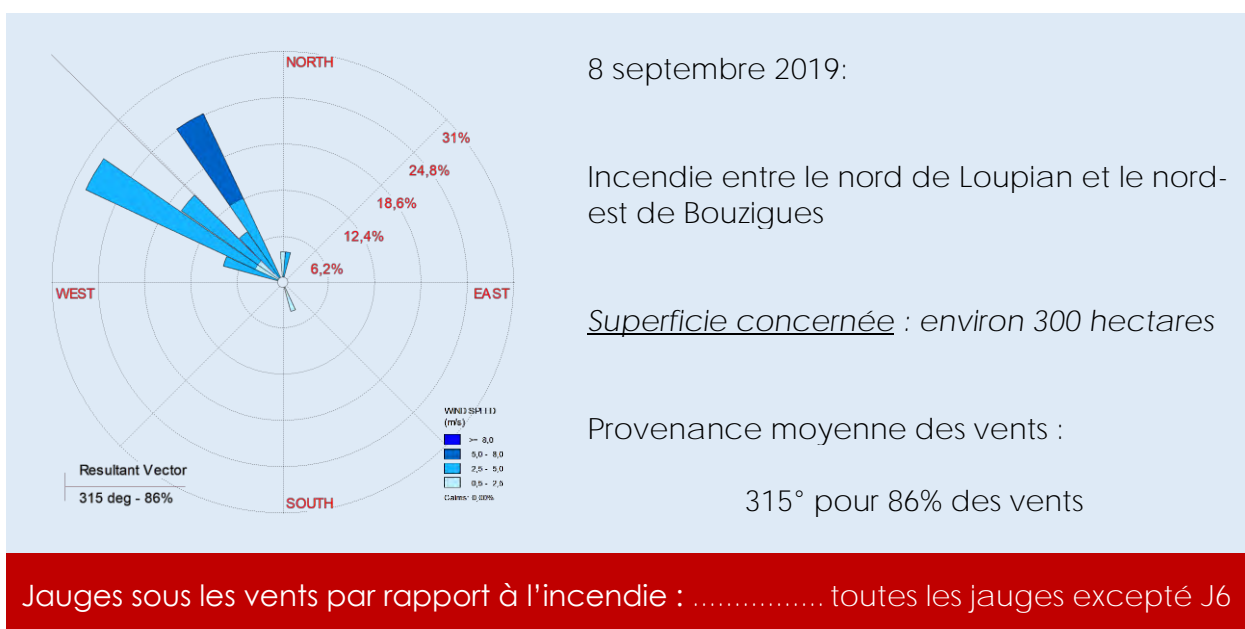
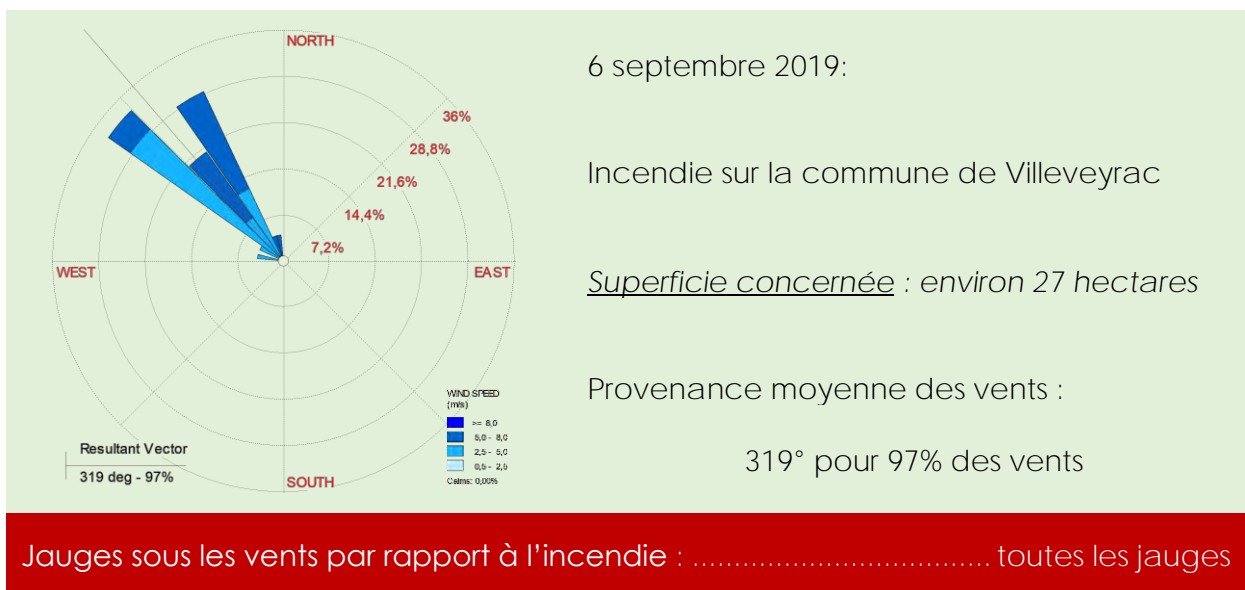
Les jauges sont fermées après la dépose puis expédiées au laboratoire CARSO. Elles sont alors conservées en chambre froide, homogénéisées, le volume et la masse sont déterminés, le contenu est filtré à 0,45 µm, puis l'extraction des polluants se fait sur les phases liquides et solides.

L'analyse de dioxines et furanes est réalisée selon la norme EPA 1613 (HRGC-HRMS), et celle des métaux par méthode interne (ICP-MS) après minéralisation aux micro-ondes. Les résultats bruts analytiques sont rendus en masse par échantillon.

2.7 - Evènements remarquables durant la période de prélèvement des retombées atmosphériques

Trois évènements remarquables, pouvant avoir une influences sur les analyses des échantillons de retombées atmosphériques, ont eu lieu pendant la période d'exposition des jauges :





3 - Conclusion

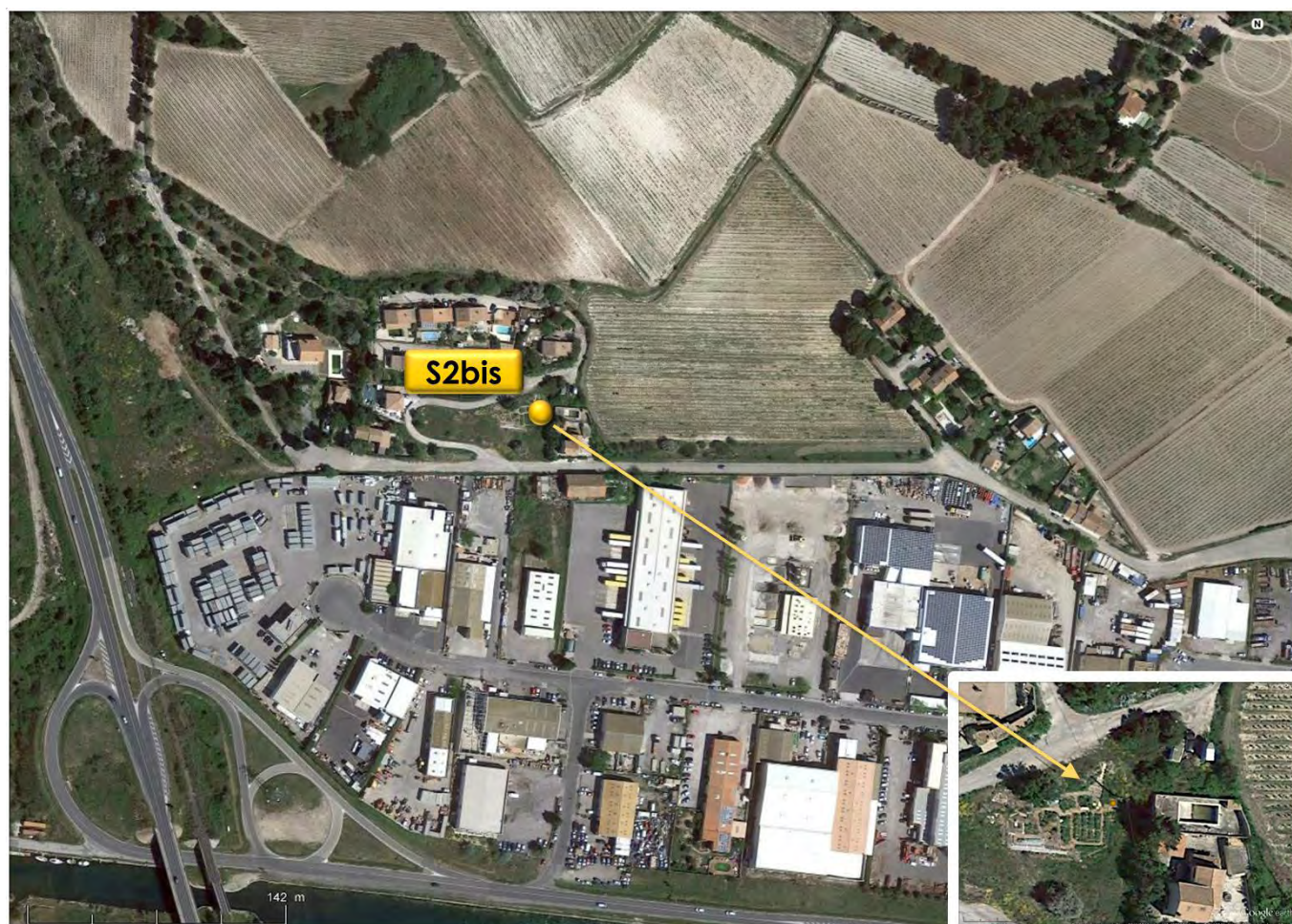
Au bilan, nous avons collecté 8 échantillons de sols, 8 de végétaux (jardins potagers), 6 d'aiguilles de pins et (2x) et 7 jauges pour des analyses chimiques.

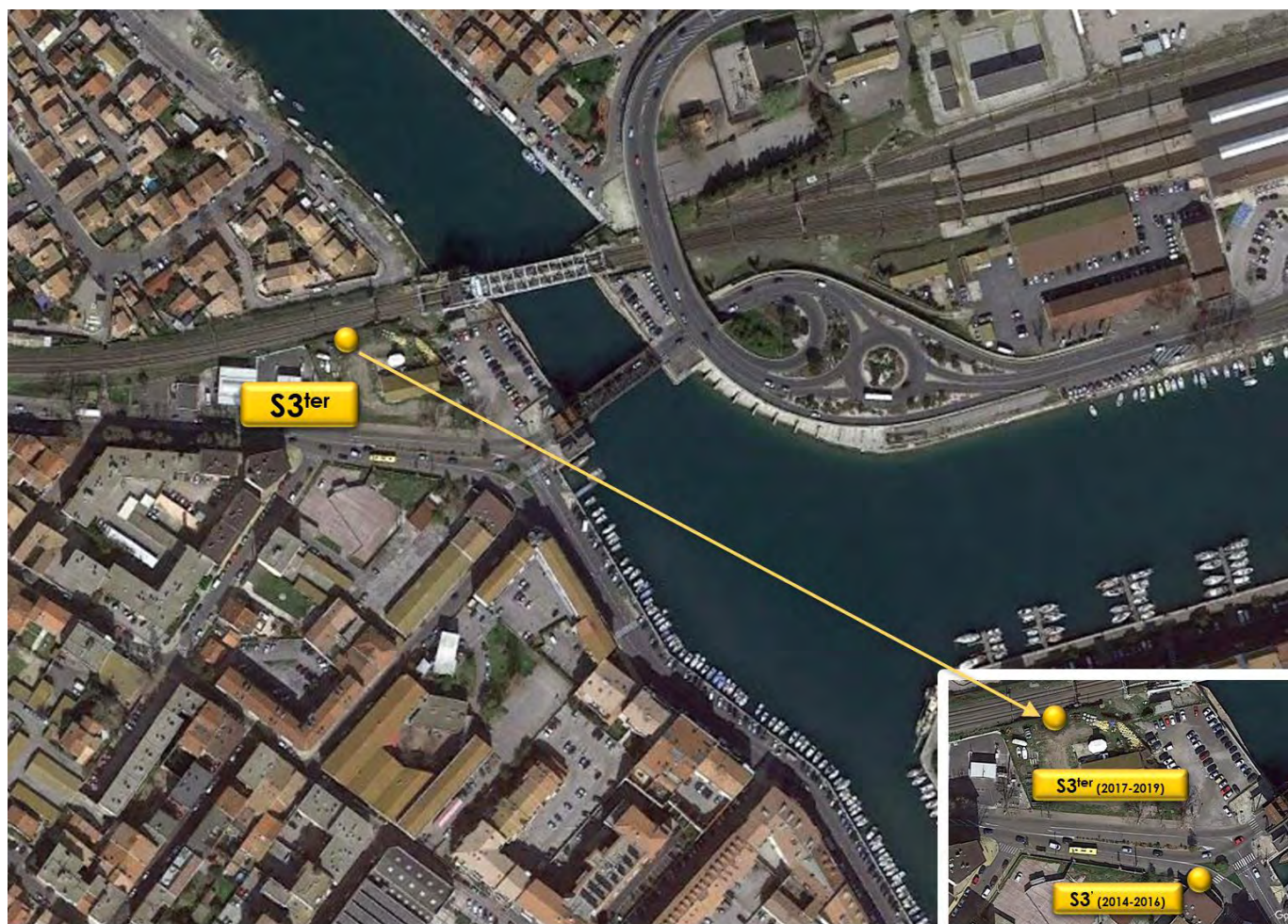
Les échantillons ont été expédiés au laboratoire le 19 juillet 2019 pour les sols, légumes et aiguilles de pin et le 19 septembre 2019 pour les jauges. La réception des différents échantillons chez CARSO a eu lieu le lendemain matin de leur expédition.

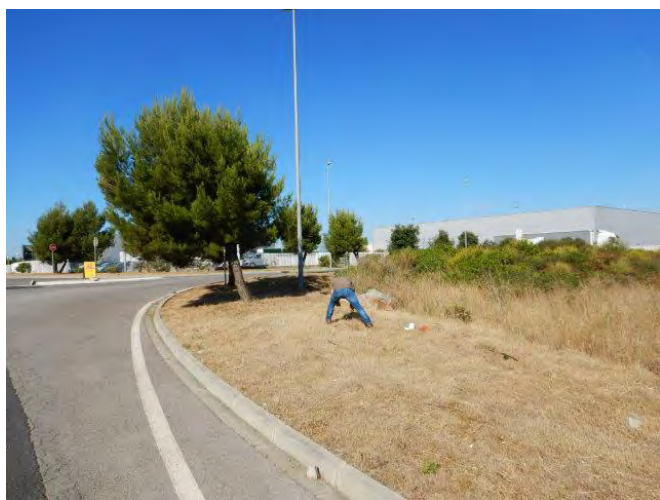
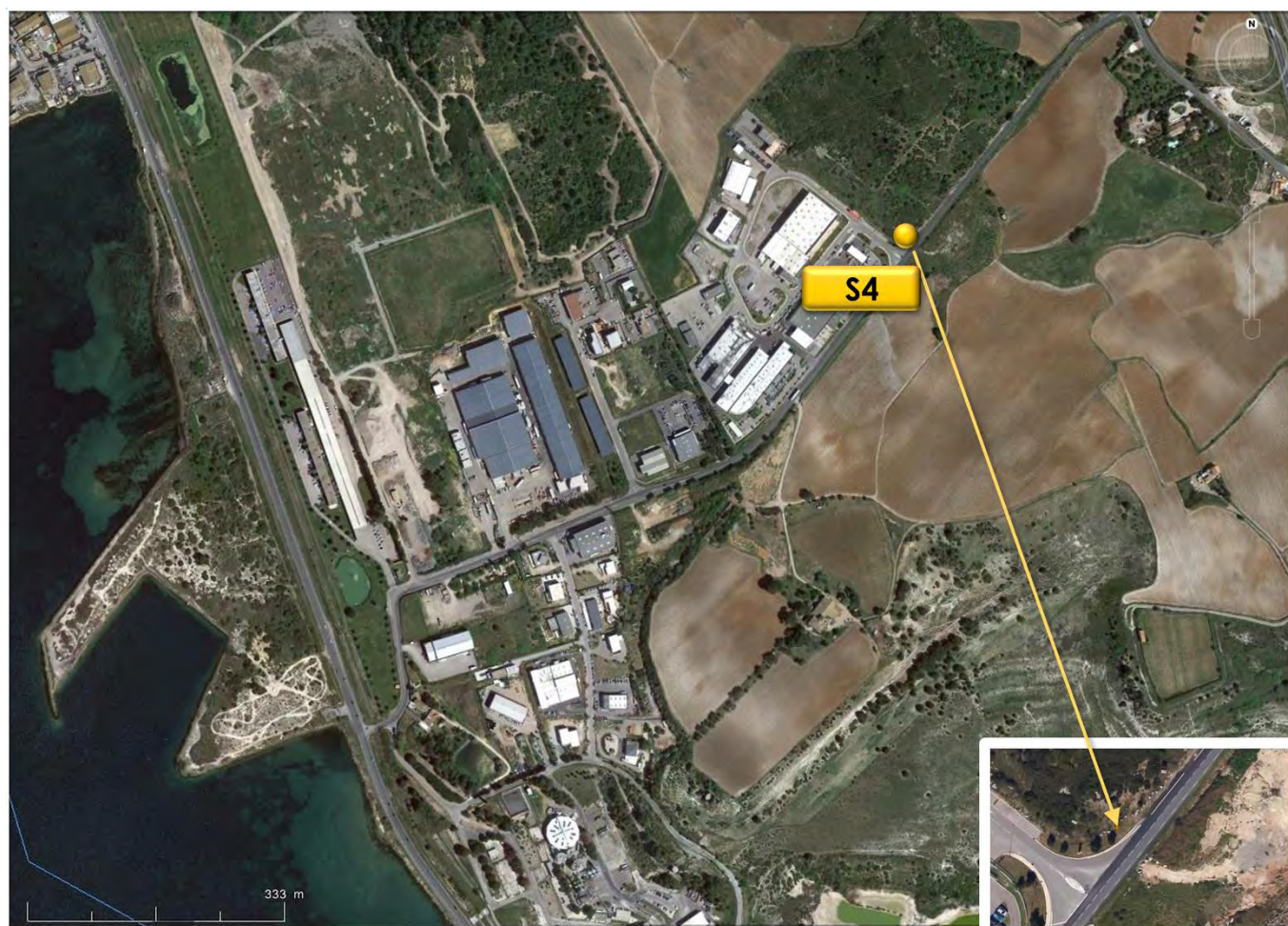
L'expédition des échantillons s'est faite au moyen de glacières réfrigérées pour les sols, végétaux et aiguilles de pins, et à température ambiante sur palette pour les retombées atmosphériques.

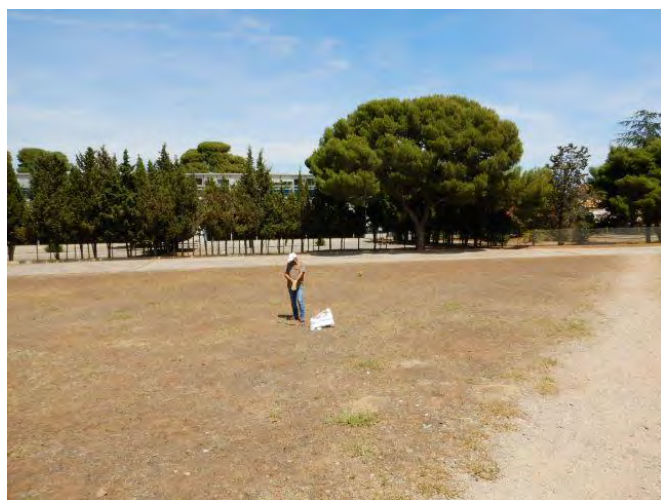
Vues aériennes et photographies des prélèvements

SOL S2 bis









Jardin 2



