



Juillet 2023

Mémoire sur la pollution aérienne autour de l'incinérateur de Melun Val de Seine

Ou: De l'intérêt de la mesure des particules fines autour des incinérateurs et autres installations similaires



Résumé

Dès sa création l'usine d'incinération d'ordures ménagère (UIOM) de Melun Val de Seine située en zone urbaine a été équipée à la demande des associations de capteurs de retombée de pollution dans l'environnement proche.

Nos demandes de capteurs temps réel n'ont pas été toutes satisfaites, seuls des capteurs mesurant en temps différé les retombées au sol ont été installés. Dès qu'une génération de capteurs fiables à coût abordable de particules fines a été disponible, nous avons entouré l'UIOM d'un ensemble de stations de mesures dans l'environnement proche et une station de référence distante. Ce dispositif complet, pour les particules fines, l'instrumentation du site composée de capteurs de polluants (métaux lourds, dioxines) sous forme de poussières "sédimentables" par accumulation: jauges Owen, bryophytes, Ray-Grass.

Nous montrons que, si la pollution des incinérateurs par les poussières sédimentables passant par la voie digestive est bien connue, surtout pour les dioxine et PCB, il existe une autre voie de contamination largement ignorée par voie aérienne et respiratoire qui n'était pas couverte et qui, de par la composition chimique des particules fines spécifique à l'incinération, est certainement plus dangereuse que la pollution automobile aérienne et de ce fait mérite une attention accrue des pouvoirs publics.

Ces mesures permettent en outre par les résultats obtenus en temps réel de jouer un rôle opératif en envoyant des alertes par sms à un public abonné lors de pollution importantes ce qui lui permet d'adapter son activité physique dans ces périodes.

Nous montrons en outre que les effets de la pollution sur l'environnement proche ont un caractère fortement saisonnier, beaucoup plus important pendant les mois d'hiver, ce qui offre des perspectives de



pilotage intéressantes. Un examen attentif des résultats des mesures de retombées au sol par jauges Owen sur plusieurs années montre que les quantités déposées présentent également une variation saisonnière importante bien que la quantification ne soit faite qu'avec une résolution temporelle très faible, de l'ordre du semestre. Pour certains éléments, la pollution déposée durant le semestre d'hiver est en moyenne 3 fois plus forte que celle déposée durant le semestre d'été.

Les résultats obtenus suggèrent fortement que l'impact de pollution sur l'environnement proche se situe principalement pendant la période hivernale et particulièrement pendant les épisodes météorologiques anticycloniques avec inversion du profil de température en altitude (AIT). Il touche dès lors de manière égale toute la zone sur une surface sensiblement circulaire centrée sur l'usine. La théorie courante de zones particulières soumises à la pollution par les vents dominants est remise en cause.

Enfin, nous montrons que les données de particules fines recueillies peuvent servir à identifier la source d'émission de la pollution.

Abstract

Since its creation, the household waste incineration plant (UIOM) in Melun Val de Seine, located in an urban area, has been equipped at the request of associations with pollution fallout sensors in the surrounding environment.

Our requests for real-time sensors were not all met, only sensors measuring the fallout on the ground in deferred time were installed. As soon as a generation of reliable, affordable particulate matter sensors became available, we surrounded the UIOM with a set of measurement stations in the near environment and a distant reference station. This device complements, for particulate matter, the site's instrumentation composed of pollutant sensors (heavy metals, dioxins) in the form of "sedimentable" dust by accumulation: Owen gauges, bryophytes, Ray-Grass.

We show that, if the pollution of incinerators by sedimentary dust passing through the digestive tract is well known, especially for dioxins and PCBs, there is another contamination route largely ignored by the air and respiratory tract which was not covered and which, due to the chemical composition of the particulate matter specific to incineration, is certainly more dangerous than aerial automobile pollution and therefore deserves increased attention from the public authorities.

These measurements also make it possible, through the results obtained in real time, to play an operative role by sending alerts through sms to a subscribed public during significant pollution, which allows them to adapt their physical activity in these periods.

We also show that the effects of pollution on the surrounding environment have a strongly seasonal character, much more important during the winter months, which offers interesting piloting perspectives. A careful examination of the results of fallout measurements on the ground by Owen gauges over several years shows that the quantities deposited also show a significant seasonal variation although the quantification is only made with a very low temporal resolution, of the order of half a year. For most elements, the pollution deposited during the winter semester is on average 3 times greater than that deposited during the summer semester.

The results obtained strongly suggest that the impact of pollution on the nearby environment is mainly during the winter period and particularly during anticyclonic meteorological episodes with inversion of the temperature profile at altitude (AIT). It therefore touches the entire area equally on a substantially circular surface centered on the plant. The common theory of particular areas subject to pollution by prevailing winds is challenged.

Finally, we show that the particulate matter data collected may likely be used to identify the pollution emission source.



Contenu

Résumé.....	1
Abstract	2
Glossaire.....	4
L'usine de Melun Val de Seine (CAMVS)	5
historique	5
L'usine d'incinération en quelques chiffres.....	5
Les différentes voies de pollution	6
Les gaz	6
Comportement physique	6
Composition chimique	6
Les particules sédimentables	6
Comportement physique	6
Composition chimique	6
Mode de pollution.....	6
Les particules fines	6
Comportement physique	6
Composition chimique	7
Mode de pollution.....	7
Notre système de surveillance Argos.....	7
Les capteurs.....	7
Les stations.....	7
Système central.....	8
Publication des résultats	8
Précision de nos mesures.....	8
Les grandes tendances observées.....	9
Les résultats de particules sédimentables	9
Les résultats de particules fines	10
Une pollution très saisonnière	10
Une norme inadaptée à la pollution autour des incinérateurs.....	12
Le caractère anthropique de la pollution	13
Une pollution signée ?.....	13
Conséquences opératives	14
Conclusions.....	15



Qui sommes nous.....	16
Table des illustrations	16
Pour nous citer :	17

Glossaire

AIT (épisodes météorologiques) = Anticyclonique avec Inversion Thermique

ARS = Agence Régionale de Santé

CAMVS = Communauté d'Agglomération de Melun Val de Seine

CET (heure) = Central Europe Time

CLIS = Commission Locale d'Information et de Surveillance

CSS = Commission de Suivi de Site

HCl = Chlorure d'hydrogène = Acide chlorhydrique

OMS = Organisation Mondiale de la Santé

PM10 = Particules fines de diamètres 10µm

PM25 = Particules fines de diamètres 2,5µm

PM1 = Particules fines de diamètres 1µm

SO2 = Dioxyde soufre = Acide sulfurique

UIOM = Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères

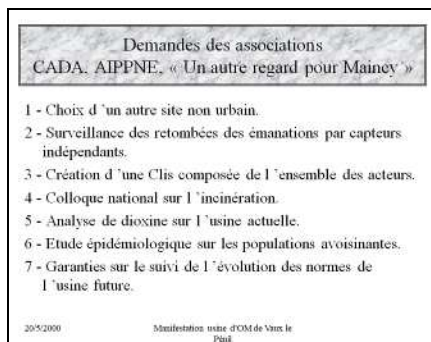


L'usine de Melun Val de Seine (CAMVS)

historique

Une usine d'incinération d'une capacité de 30 000 tonnes a été implantée en 1975 en zone urbaine de l'agglomération de Melun, sur le territoire de Vaux le Pénil, à la limite de la commune de Maincy. Construite selon les normes de l'époque et touchée par un manque flagrant d'entretien, notre association a élaboré un argumentaire basé sur les émissions de dioxines et de métaux lourds largement hors des normes de l'époque pour la faire fermer en 1998.

Lorsque la question de son remplacement a été posée, il a été décidé contre l'avis des populations de la reconstruire au même endroit. Lors des manifestations parfois houleuses, nous avons déposé à la préfecture la liste d'exigences en 7 points ci-dessous.



Beaucoup de ces exigences n'ont pas été satisfaites et les politiques d'aujourd'hui s'en mordent les doigts.

La demande de mesures dans l'environnement (c'est-à-dire autres que les mesures en sortie de cheminée) ont été prises en compte, mais sans que les associations qui les avaient demandées soient mises dans la boucle. De ce fait, les mesures de qualité de l'air par Airparif ont sauté et seules les mesures de retombées au sol ont été gardées, ce qui interdit toute mesure temps réel permettant à la population de réagir (les résultats des mesures au sol sont connues en général 1 an après).

Parmi les demandes des associations figurait la constitution d'une commission de suivi de site (d'abord une CLIS puis une CSS). Ceci nous a permis, dans une certaine transparence, d'accéder aux informations de fonctionnement de l'usine et, instruit par les déboires et l'opacité de l'usine précédente, nous avons particulièrement fait évoluer le reporting sur les dysfonctionnements.

Devant le manque de réaction à nos demandes de mesures de qualité de l'air temps réel, nous avons mis en place, dès que des capteurs fiables et peu onéreux ont été disponibles le réseau de stations de mesure de particules fines décrit ci-après. Nous avons désormais 3 ans de recul et d'enregistrements qui nous permettent de mener des analyses de type "data mining" d'une part et d'autre part de pouvoir avertir la population directement par sms lors de pics de pollution anormaux.

L'usine d'incinération en quelques chiffres

Capacité d'incinération nominale d'OM: 130 000 tonnes/an

Débit des cheminées: 100 Nm³/heure

L'environnement de l'usine se caractérise par une forte concentration urbaine d'environ 70 000 ha, qui s'est considérablement densifiée depuis la construction de l'usine en 2000.

L'habitat est composé de zones pavillonnaires et d'immeubles à habitat collectif. A noter que cet habitat collectif ne produit pas ou peu d'émission de fumées lors du chauffage hivernal car il est essentiellement alimenté par de la géothermie et l'énergie secondaire fournie par l'UIOM.

Il existe une zone industrielle à proximité, essentiellement caractérisée par des activités tertiaires et secondaires dans laquelle on ne note pas d'émetteur particulier.

Enfin, la circulation, sur les voies alentour, est faible (27 000 véhicules/jour) composée majoritairement de 2 flux de voitures particulières (~3% de PL) : un le matin pour aller au travail et un le soir pour en revenir.



Sur le secteur, l'UIOM est donc le principal contributeur à la pollution locale et émerge très largement parmi les autres émetteurs potentiels.

Les différentes voies de pollution

Malgré les filtres imposants existants avant de confier la dilution des fumées à l'atmosphère extérieure, il ne sort pas que de la vapeur d'eau de l'usine. Nonobstant la composition chimique de rejets, ceux-ci prennent essentiellement trois formes:

Les gaz

COMPORTEMENT PHYSIQUE

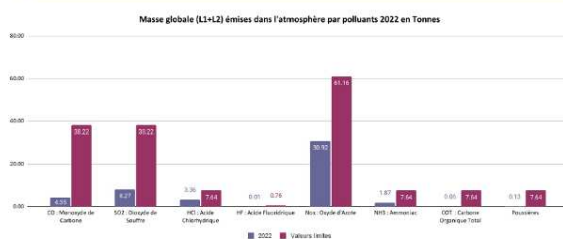
Un certain nombre de rejets le sont sous forme de gaz, c'est-à-dire qu'ils sont soumis à la loi de Mariotte. Ils ont tendance à occuper tout le volume disponible et de ce fait leur concentration a tendance à diminuer, sauf si ce volume est limité par l'aérologie. La voie d'entrée de la pollution est la voie respiratoire, dépend des volumes inhalés et donc de l'activité physique instantanée.

COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique des principaux gaz émis est bien connue encore que tous ne sont pas caractérisés et comporte beaucoup d'acides: Acide sulfurique, acide chlorhydrique, acide fluorhydrique etc...

Les tonnages émis en 2022 ainsi que les valeurs limites sont les suivants:

UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE 6-Bilan des rejets gazeux



Les particules sédimentables

COMPORTEMENT PHYSIQUE

Ce sont des particules qui sont suffisamment grosses pour être soumises à la gravité. En clair, dispersées par le vent, elles vont se répandre sur un secteur très large et retomber finalement sur le sol. Sans vent, elles vont retomber au sol à proximité de l'usine. Lorsque nous les respirons, elles sont en général bloquées par les muqueuses nasales.

COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique est variable et peut comprendre des particules carbonées diverses, et/ ou agréger des métaux lourds, des éléments chimiques comme les dioxines, probablement certains acides hydrolysés (HCL, H2SO4 ...) etc... La voie d'entrée est la chaîne alimentaire et ne dépend pas de l'activité physique, mais du choix des aliments. Ceci explique les interdictions de consommation d'œufs à proximité des incinérateurs, mais ces interdictions légitimes laissent dans l'ombre les autres modes d'intoxication.

MODE DE POLLUTION

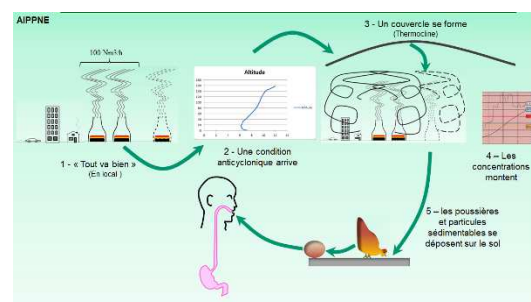


Figure 1 - La contamination par voie digestive

Les particules fines

COMPORTEMENT PHYSIQUE

Si le terme de particule est le même que celui des particules dites sédimentables, leur taille très petite les rend insensible à la gravité. Leur



dilution n'obéit pas aux lois sur les gaz. Elles flottent dans l'air et, s'il y a du vent sont dispersées très loin. S'il n'y a pas de vent, elles stagnent et en cas de blocage et de volume limité, leur concentration augmente rapidement. Les moyens technologiques optiques actuels permettent de les classer par diamètre et classiquement on les catégorise en particules de diamètre 10 μ m, 2,5 μ m, 1 μ m. Par comparaison on considère qu'un cheveu moyen présente un diamètre de 100 μ m et un virus de Covid 19 de 0,3 μ m. Leur petite taille induit que lors de la respiration, nous les inhalons d'une manière proportionnelle à l'effort fait, et qu'elles pénètrent dans les plus petites alvéoles pulmonaire créant des dépôts dont la nocivité est en correspondance avec leur composition chimique.

COMPOSITION CHIMIQUE

Leur composition chimique est certainement la même que celui des particules sédimentables ci-dessus et dépend largement de la source qui a créé les particules. Les particules issues d'une usine d'incinération où le "carburant" est composé de tous les éléments produits par l'industrie et la société de consommation mélangés de manière aléatoire n'auront pas la même composition chimique que celles issues de la combustion d'un moteur de voiture au carburant calibré, essence ou diesel, ou un feu de cheminée. La dangerosité d'une particule fine issue d'un incinérateur est certainement la plus forte.

MODE DE POLLUTION

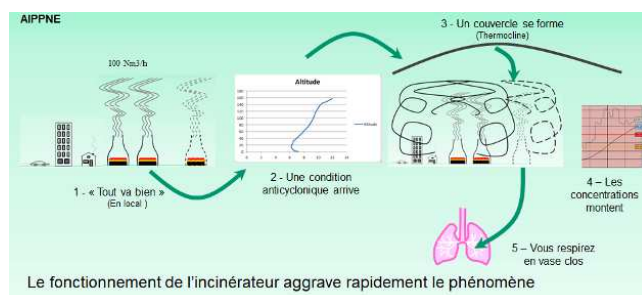


Figure 2 - La contamination par voie respiratoire

Notre système de surveillance Argos

Devant l'inertie des pouvoirs publics nous avons mis en place un réseau de stations de mesure de concentration particules fines dans l'air que nous respirons avec les objectifs suivants :

- Estimer les niveaux de non qualité de l'air respiré dans le voisinage d'un incinérateur.
- Estimer les variations dans le temps et les effets de la dilution des fumées en fonction des conditions météorologiques.
- Enregistrer toutes les données possibles, y compris environnementales, afin de pouvoir si possible caractériser les émissions d'un incinérateur et les différencier des autres sources de pollution.
- Obtenir des données de pollution suffisamment actuelles pour pouvoir jouer un rôle opérationnel dans la gestion des activités physique.
- Pouvoir servir à l'établissement du cahier des charges d'un système de niveau industriel.

Les capteurs

Nous utilisons des capteurs optiques de particules fines de marque Plantower. Ils mesurent, comptent et classent par interférométrie optique les particules contenues dans une circulation d'air entretenue par un petit ventilateur volumique à débit constant. Les particules sont classées selon les diamètres de 1 μ m, 2.5 μ m, 10 μ m puis, selon leur diamètre affectées d'un certain poids standardisé. A chaque capteur est ajouté un petit grillage à maille fine pour éviter l'intrusion d'insectes dans le circuit d'air et il est mis à l'abri de la pluie et de la lumière du soleil à une hauteur d'environ 2m.

Les stations



Les stations sont réparties autour de l'usine. Elles sont à l'heure actuelle au nombre de 4. Une station de référence est située à environ 12km, hors du champ des vents dominants. Elles récupèrent les mesures des capteurs, pour certaines stations bien plus détaillées que les données citées ci-dessus, et transmettent par internet des valeurs moyennées sur environ 5 minutes. Elles utilisent des petits ordinateurs linux monocartes miniatures. La première station a été mise en service en 2018.



Figure 3 - L'emplacement de nos stations

Système central

Le système central utilise 2 ordinateurs monocartes et assure les fonctions suivantes :

- Récupérer tous les ¼ d'heure les valeurs des stations temporellement les plus proches.
- Enregistrer pour le long terme tous les ¼ d'heures toutes les données des stations accompagnées de données d'environnement : températures, direction et force du vent, luminosité, précipitations, et un certain nombre d'autres capteurs spécifiques. Les fichiers sont compatibles avec Excel.
- Elaborer des tracés graphiques qui sont envoyés sur une page internet rafraîchie et accessibles au public.
- Envoyer par sms à une liste d'abonnés des alertes lors de dépassement de seuils de pollution.

Publication des résultats

Nous ne publions de manière courante, sauf dans ce document, que des valeurs de PM10. Les résultats sont publiés en permanence tous les ¼ d'heure sur une page internet à l'adresse : <http://aippne.free.fr/PM10.html>. Il s'agit de la moyenne spatiale des 4 stations locales moyennées temporellement sur 1 h et 24h. Une autre page plus confidentielle donne des détails station par station.

Tous les mois, nous publions sous-forme d'un diagramme « heat-map » un résumé de la qualité de l'air du mois au sens des concentrations PM10 en moyenne 1h des 4 stations locales dans notre lettre mensuelle. Depuis peu nous y publions également le chiffre de la moyenne du mois. Comme les différences mesurées entre les stations sont du second ordre, nous n'utilisons dans ce document que des valeurs moyennées sur les 4 quatre stations proches ce qui augmente la précision statistique. Les données de chaque station, prises individuellement, seront utilisées dans une éventuelle future publication.

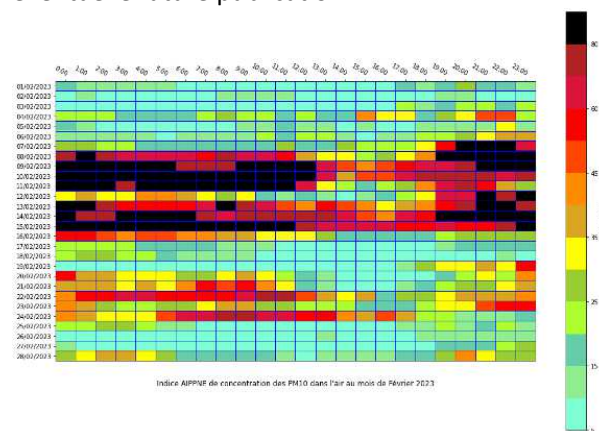


Figure 4 - Exemple de publication mensuelle : en horizontal les heures du jour, en vertical les jours du mois

Précision de nos mesures

Ces capteurs sont par construction fiables et fidèles. Cependant nous ne pouvons que faire confiance aux étalonnages du constructeur car bien entendu, nous n'avons les moyens de faire nous-même des étalonnages réguliers. C'est la principale faiblesse de notre système, mais il ne s'agit pas pour nous d'atteindre une grande précision en valeur absolue ; nous avons



seulement besoin de juger des évolutions temporelles, déclencher des alertes quand on atteint des niveaux déraisonnables et tirer comme nous le verrons des conclusions sur les principaux mécanismes de transmission de pollution. Comme nous le verrons, une meilleure précision est seulement nécessaire pour aller plus loin avec sûreté dans le diagnostic des sources de pollution. Pour limiter les imprécisions, nous changeons régulièrement les capteurs.

C'est pourquoi, nous ne donnons aucun résultat sous forme de concentration avec des unités physique en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nous ne publions que ce que nous appelons l'indice de qualité de l'air aippne.

Nous attendons des services de l'Etat de remplacer notre système par un système aux fonctionnalités équivalentes mieux calibré et donnant des résultats en valeur absolue de grandeurs physiques.

Les grandes tendances observées

Quelques années d'observation de pollution atmosphérique et de conditions météorologiques permettent de dégager les enseignements suivants:

- Quand il y a des pics de pollution (> 40) et peu de vent, toutes les stations réagissent de la même façon.
- Par temps de pluie et forte pollution, il y a une forte diminution de cette dernière.
- Par vents de Nord et nord-Nord-est, la pollution est plus forte et peut se situer en 20 et 40, témoignant des rejets d'Europe du Nord et possiblement de Paris.
- Par vents de sud ouest (vents dominants de la région), même faibles, l'air est en général pur, voire très pur sur toutes les stations (indice 1 à 8).

Les pics de très forte pollution (de 40 à > 80) correspondent non pas à des vents particuliers

(ils sont en général très faibles lors de ces épisodes) ou à des conditions de très fortes pressions atmosphériques mais à un comportement particulier du profil de température de l'air avec l'altitude au-dessus de la zone.

Les conditions de hautes pressions sont nécessaires, mais pas suffisantes.

Les résultats de particules sédimentables

Un certain nombre de stations de mesures munies de jauges Owen¹ réparties comme ci-dessous sont gérées par le Smitom. Les stations sont groupées autour de la centrale, 2 d'entre elles, M3' - Chartrette et M3 - Voisenon étant considérées comme hors champ

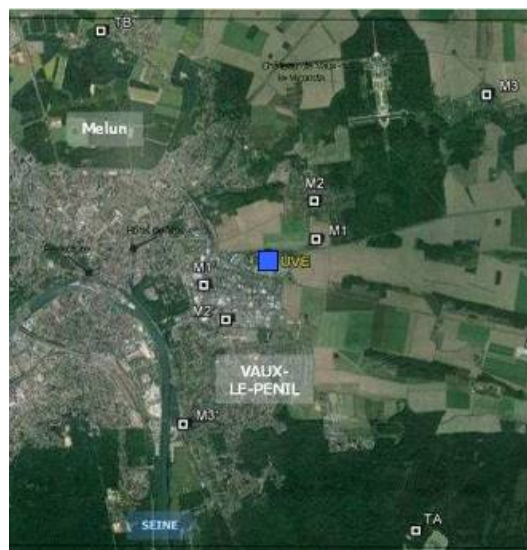


Figure 5 - Emplacement des jauges Owen du Smitom

Les données sont publiées chaque année lors de la Commission de Suivi de Site (CSS) pour chaque

¹ Wikipedia : "La **jaugue Owen** est un instrument de mesure des **poussières sédimentables** (P.Séd.) ; une sorte de **pluviomètre** qui permet de collecter et mesurer l'eau de **pluie** et les **poussières sédimentables**, le collecteur ayant la forme d'un gros entonnoir."



station. Elles sont groupées par semestre : un semestre que l'on nommera "d'hiver", du 24/8 au 8/3 de l'année suivante et un semestre dit "d'été", du 7/3 au 22/8.

Voici un exemple de résultat qui nous sont fournis en CSS pour le semestre d'été 2022:

UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE
8- Plan de surveillance environnementale

• Analyses des JAUGES OWEN (toutes sources)
• Mesure des dioxines - Semestre JE

Point de prélèvement		Dépôt moyen (automne)	Dépôt moyen (été)	Valeur de référence (INERIS)
Période: 5/16 du 02/03/2022 au 22/08/2022		(pg/ta ³)	(pg.L-1000 (m ³))	
Site de Mesure de l'Etat (autres données)				
MS	Stade de MAINCY	13	0,49	Préc. source : 1000
MS	Ecole élémentaire, MAINCY	1	0,27	Rural : 0 à 20
MS	Mairie de MOISENAY	10	0,28	Rural : 0 à 20
Site de Mesure de l'Etat (autres données)				
MS	Parc départemental, Vaux LE PÉNIL	6	0,20	Urban : 10 à 60
MS	Centre des services techniques, Vaux LE PÉNIL	14	0,22	Préc. source : 1000
MS	Jardin école Vaux LE PÉNIL	10	0,49	Urban : 10 à 60
Site de l'Usine (autres données)				
US	Ancienne Décharge DIOC, Route de Saint-CHARLES	11	0,42	Rural : 0 à 20
US	Décharge des Produits de France VOISENON	5	0,19	Rural : 0 à 20

Figure 6 - Exemple de publication des résultats de jauges Owen du Smitom à la CSS annuelle

Nous avons compilé les données été et hiver sur plusieurs années en excluant l'année 2020 perturbée localement au niveau pollution par un stationnement important de gens du voyage et calculé le ratio entre les dépôts de dioxine du semestre hiver sur les dépôts du semestre été pour chaque station. Un résultat supérieur à 1 signifie que les dépôts sont supérieurs en hiver par rapport à l'été.

Les résultats sont donnés ci-dessous et pour atténuer la variabilité selon les années, nous avons ajouté la moyenne de chaque station sous forme de la courbe en noir.

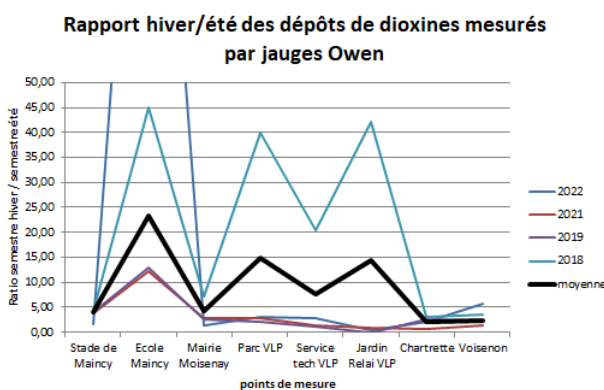


Figure 7 - Compilation sur plusieurs années des résultats de dioxines mesurées par les jauges Owen

On observe que le site de l'école de Mancy est très perturbé, ce qui est une donnée connue sur laquelle nous reviendrons et que tous les résultats sont très supérieurs à 1. Les ratios minimaux sont obtenus pour les stations dites hors champ : Chartrette et Voisenon. Il y a donc pour les dioxines une forte surreprésentation de pollution d'hiver.

Malheureusement la résolution temporelle – deux mesures par an - ne permet pas de cerner plus précisément la répartition dans l'année des dépôts de pollution.

Note sur la pollution de relevée à la jauge dite "de l'école Mancy" : On a soupçonné la résurgence d'une pollution fossile datant de l'usine précédente du Sigum fermée en 2000 suite, par exemple à des travaux à proximité. Cependant on peut remarquer que cette résurgence surviendrait uniquement l'hiver et serait récurrente chaque année. Nous penchons plutôt pour un problème d'installation, trop près de bâtiments par exemple, l'installation des jauges Owen devant obéir à un cahier des charges bien précis.

Les jauges Owen indiquent une plus forte retombée locale de pollution par particules sédimentables en période l'hiver qu'en période d'été dans un rapport supérieur à 3.

Note: Nous avons utilisé dans l'étude ci-dessus les données des jauges Owen concernant les dépôts de dioxines. Ces capteurs collectent aussi des métaux lourds: Nickel, Cuivre, Plomb, Mercure etc.... Les dépôts de mercure ont le même comportement saisonnier que les dioxines. Il est liquide à température ambiante. Les dépôts des autres métaux lourds qui sont des solides dès la sortie de cheminée semblent avoir un comportement différent suggérant que la nature physique du polluant, solide ou liquide, joue un rôle dans la capacité à se déposer.

Les résultats de particules fines

Une pollution très saisonnière



Dans les figures suivantes, nous avons gardé les mêmes périodes que pour les dépôts de particules sédimentables du paragraphe précédent
Voici une carte de la pollution de l'hiver 2020-2021

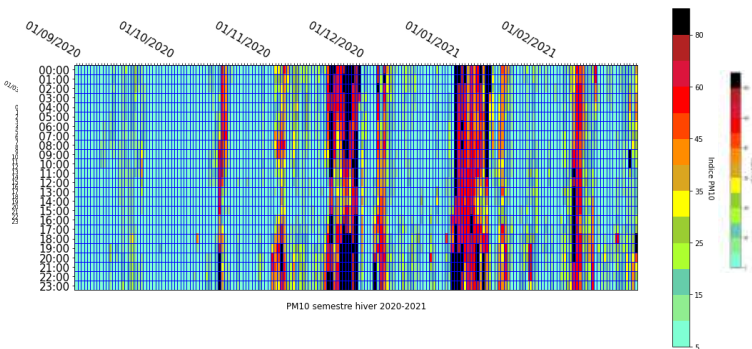


Figure 8 – Carte de pollution PM10 détaillée semestre "hiver" 2020-2021

Figure 9 - Cartes de pollution PM10 semestres "été" et "hiver" 2021

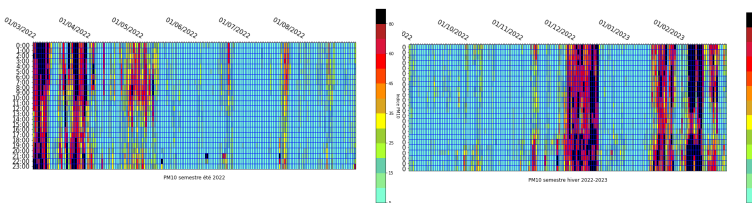


Figure 10 - Cartes de pollution semestres "été" et "hiver" 2022

Les périodes de forte pollution, de couleurs orange à noir sur la carte, sont très concentrées et leur durée se compte non en jours mais en semaines. On atteint alors des niveaux qui peuvent être très importants avec, comme on l'a dit le facteur aggravant de la composition chimique des particules dans le voisinage de l'incinérateur.

On constate chroniquement une période allant *grosso-modo* de début Novembre d'une année à fin Avril de l'année suivante qui concentre tous les grands épisodes de pollution aux particules fines et une période de mai à fin Octobre où ces épisodes sont quasiment absents ou de très courte durée. Ceci est vrai malgré les périodes

anticycloniques, voire caniculaires, nombreuses en été. Ceci indique que le facteur hautes pressions, s'il est nécessaire n'est pas suffisant pour produire le "couvercle" qui empêche la dilution des fumées. Ceci nous amène à considérer le profil vertical de température.

Dans des conditions normales, la température de l'air diminue avec l'altitude permettant à l'air du sol de s'évacuer avec la pollution qu'il contient. Dans certaines conditions beaucoup plus fréquentes en hiver, l'air est de plus en plus chaud (ou de moins en moins froid) lorsque l'altitude croît. Ceci piège près du sol la couche d'air froid polluée dont la pollution s'accroît rapidement sous l'effet des sources qui continuent à émettre.

Voici un profil typique de température fonction de l'altitude en conditions normales à gauche et en condition d'inversion à droite:

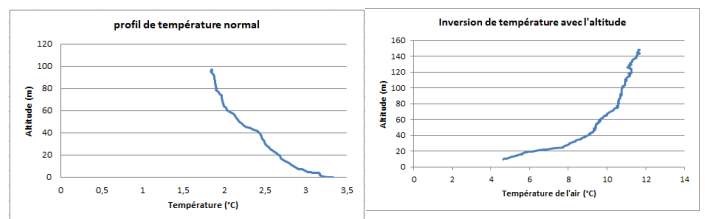


Figure 11 - Profils de température avec l'altitude en conditions normales à gauche et AIT à droite

Dans la condition d'inversion, l'air est plus chaud en altitude et partant d'une température de 6 à 7 °C au sol, on constate une température qui atteint 12°C à 150m d'altitude soit 6°C de plus qu'au sol, alors qu'elle devrait y être négative. **C'est ce phénomène qui est le principal générateur des épisodes de pollution aux particules fines que nous subissons.**

Dans la figure suivante, nous avons moyenné les concentrations de particules PM10 pour chaque mois sur les années 2021, 2022 et début 2023 (courbes bleue, marron, verte). Pour obtenir plus de robustesse des données, nous avons calculé une moyenne synchrone et moyenné chaque mois d'une année avec les mois des



autres années, ce qui donne une pollution moyenne sur chacun des mois (courbe en noir). Puis, pour comparer avec les pollutions relevées au sol sur les périodes "été" et "hiver" définies par le Smitom pour les poussières sédimentables, nous avons moyenné les mois de chaque semestre de la courbe noire. Le résultat donne une pollution moyenne été et hiver (courbe rouge). Le résultat est sans appel, : il y a plus de pollution en hiver qu'en été.

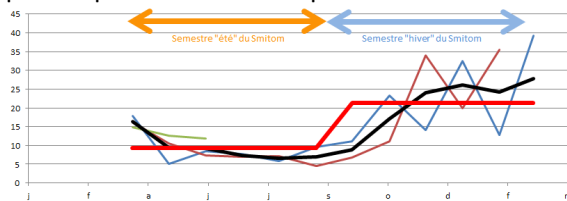


Figure 12 - Pollution saisonnière des particules sédimentables

Au vu des diagrammes "heat map" du paragraphes précédent qui dessinent finement les occurrences temporelles des pics de pollution comme liées aux **épisodes anticycloniques avec inversion de température**, nous attribuons à ces derniers **l'essentiel de la pollution produite par les particules fines et les particules sédimentables**.

Si l'on observe attentivement le comportement de la pollution au cours des 24 heures, on observe régulièrement qu'il existe une baisse de niveau en dessous de 50 entre 13h et 17h CET ce qui correspond en hiver au créneau 12h à 16h solaires. En effet, le courvercle imposé par le gradient de température positif se relève pendant quelques heures avant de se refermer pendant ma soirée, la nuit et le matin suivant. Une moyenne synchrone journalière sur quelques jours permet de mettre en évidence ce phénomène. Ceci est cohérent avec le comportement météorologique avéré comme le montre la courbe de moyenne synchrone suivante.

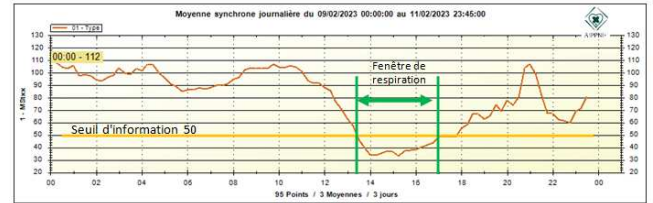


Figure 13 - Fenêtre de respiration lors d'épisodes d'AIT

Une norme inadaptée à la pollution autour des incinérateurs

Une remarque préliminaire est que les normes françaises et européennes sont largement au dessus des normes de l'OMS et devront évoluer.. Normes françaises/européennes: Seuils de dépassements en moyenne glissante 24 heures : Seuil d'information au public : 50 µg/m³ ; seuil d'alerte : 80µg/m³

Normes OMS: Seuils de dépassements en moyenne glissante 24 heures : PM2.5 = 15 µg/m³ ; PM10 = 45 µg/m³

Dans le détail, les normes françaises et européennes obligent à l'avertissement du public lors des dépassement des seuils de 50µg (seuil d'information) et 80µg/m³ (seuil d'alerte) en moyenne sur une période de 24 heures, ce qui , soit dit en passant, arrive parfois au niveau régional dans les très grosses agglomérations (Paris, Lyon etc...) mais jamais au niveau local. Or la baisse journalière de début dr'après midi que l'on observe régulièrement chaque jour conduit à ce que la moyenne sur 24 heures atteigne très difficilement les niveaux requis.

On peut à la rigueur comprendre que cette moyenne sur 24 heures soit plus ou moins logique s'il s'agit de polluants éphémères comme des irritants. En effet, la « trêve de début d'après midi » soulage momentanément l'irritation des poumons, encore que durant ces courtes périodes les niveaux ne descendent pas vraiment très bas. Par contre, concernant les polluants à effet cumulatifs – dioxines, furanes, métaux lourds etc... , présents autour des



incinérateurs- que l'on respire tout d'un coup en 24 heures est équivalent à en respirer 24 fois pendant une heure. Pour prendre en compte cet état de fait, la norme devrait être adaptée et c'est également pourquoi, pour notre part, nous avertissons le public dès le début de la période de dépassement de seuil sans attendre que la moyenne sur 24 heures ait suffisamment évolué à la hausse.

LE CARACTERE ANTHROPIQUE DE LA POLLUTION

Nous avons utilisé une moyenne synchrone journalière pour essayer de mettre en évidence l'effet naturel de l'alternance jour/nuit sur la pollution lors d'épisodes AIT. Le phénomène météorologique étant alors prépondérant, ce type d'analyse ne peut être utilisé pour accéder à la variabilité anthropique de la pollution. Par contre, l'activité humaine peut avoir une amplitude significative au cours de la semaine. Un traitement du même type que précédemment peut être tenté mais avec une synchronisation sur les jours de la semaine. On obtient donc une courbe telle que ci-dessous qui démontre par les pics de pollution mis en évidence qui n'ont aucune raison naturelle d'être liée à la météo que les variations de celle-ci dépendent d'une activité humaine génératrice. Sur la courbe ci-dessous, réalisée avec la moyenne de 2 semaines, on constate un petit pic le vendredi matin, mais pas de pollution paroxysmique un jour spécifique de la semaine. L'usine fonctionne bien en continu.

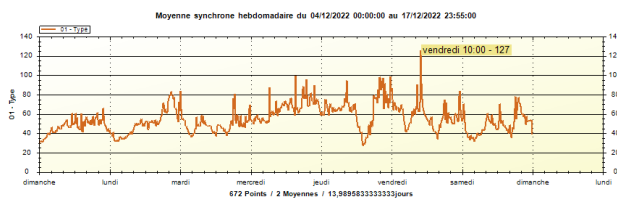


Figure 14 – Essai de mise en évidence du caractère anthropique de la pollution

Une pollution signée ?

Les données accumulées permettent une exploitation à la fois plus large et plus fine des

données. Voici l'exemple d'une piste que nous pouvons suivre. Comme expliqué plus haut, nous ne communiquons qu'en terme de moyenne 1h de PM10 mais nous enregistrons également tous les ¼ d'heures les données de PM1 et PM25. Dans les courbes ci-dessous, nous avons tracé pour chaque heure, sur une plage de temps correspondant aux semestres "été" et "hiver" les ratios entre PM10 et PM25, PM10 et PM1, PM25 et PM1.

La première impression est une grande variabilité de ces ratios. En regardant plus finement et en comparant avec les courbes globales de pollution PM10, on s'aperçoit que lors des épisodes de forte pollution il y a une surreprésentation des PM1 et PM25 c'est-à-dire que les ratios PM25/PM10 sont plus forts.

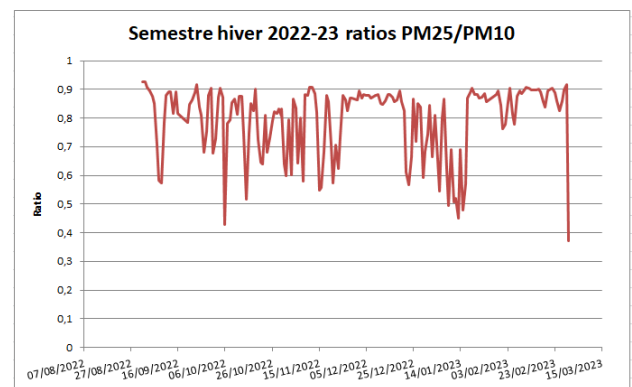


Figure 15 - Les ratios PM25/PM10 sont particuliers aux épisodes AIT autour de l'UIOM

Si on reprend les épisodes de pollution de l'hiver 2022-2023 sous forme de carte

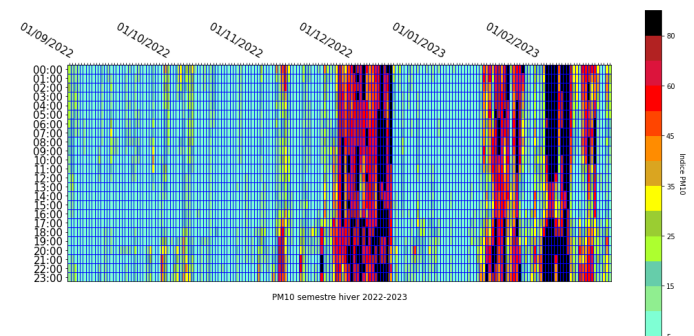


Figure 16 - Niveaux de PM10 lors de l'hiver 2022-2023



Et que l'on mette en regard, aux mêmes dates, les ratios PM_{25}/PM_{10} , avec une échelle filtrant la gamme de ratios 0,85 à 0,92 (couleurs rouge et noir)

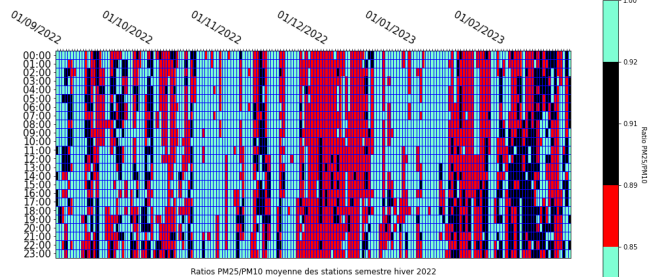


Figure 17 - Les ratios PM_{25}/PM_{10} moyens autour de l'UIOM correspondants

On observe que ces rapports PM_{25}/PM_{10} sont plus nombreux et quasiment constants pendant les périodes de pollution près de l'usine.

Par comparaison, voici les mêmes ratios de particules PM_{25}/PM_{10} obtenus sur la station 4 (hors champ de l'UIOM), à la même période, avec les mêmes échelles de couleur. Le tableau résultant est très différent et fait apparaître que les ratios dans cette fourchette précise ne sont pas présents lors des épisodes de pollution qui touchent toute la région, la station 4, hors champ, étant également touchée par les inversions de températures mais n'étant pas soumise aux rejets de l'UIOM.

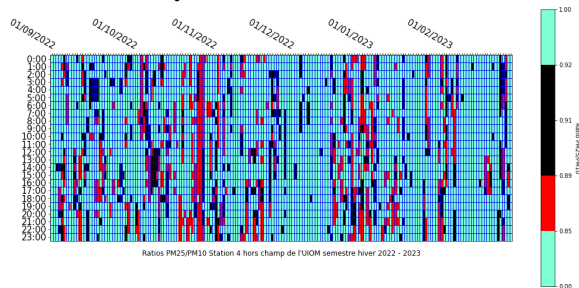


Figure 18 - Les mêmes ratios sur la station 4, hors du champ de l'UIOM

Lors de ces épisodes où la pollution est confinée localement et donc attribuable aux contributeurs locaux. La distribution des tailles de particules est différente de la répartition

habituelle en période calme pendant laquelle les contributeurs à la pollution mesurée sont beaucoup plus variés et probablement à caractère automobile ou industriel. Dans le cas des épisodes de pollution, où le rapport PM_{25}/PM_{10} est constamment à l'intérieur d'une fourchette précise, l'attention se porte immédiatement vers le plus gros contributeur local qui est l'UIOM (émission de $100Nm^3/h$) dont les matières brûlées et les modes de combustion sont très spécifiques et très différents des modes particuliers de la pollution des autres émetteurs, par exemple l'automobile. Si ces résultats sont confirmés par des capteurs plus précis, on peut s'orienter vers une signature de la pollution émise par l'UIOM et discriminée par rapport aux autres contributeurs. Des analyses de répartition de particules fines directement en sortie de cheminée pourraient venir confirmer cette signature.

Conséquences opératives

Chez un adulte, la surface totale pulmonaire exposée est d'environ $140 m^2$ soit la taille d'un terrain de volley.²

Le Vidal nous dit: "Pendant l'effort, le volume d'air brassé par les poumons passe d'environ 6 à 8 litres par minute au repos à 80 à 150 litres par minute, selon l'intensité de l'exercice. Chez les athlètes de très haut niveau, ce volume peut même atteindre 250 litres par minute.

Simultanément, de nombreux capillaires pulmonaires se dilatent pour augmenter le débit du sang dans les poumons. Cette adaptation permet de prélever et de fixer plus d'oxygène sur l'hémoglobine des globules rouges".³

La ventilation pulmonaire pendant le sport augmente donc de 10 à 20 fois par rapport à une période de repos. Lors d'épisode de pollution un

² Elaine Marieb, *Anatomie et physiologie humaines*, 1999, chapitre 23 « Le système respiratoire ».

³ Source Vidal :

<https://www.vidal.fr/sante/sport/corps-sport/poumons-pendant-sport.html>



sportif s'expose donc 10 à 20 fois plus qu'un non sportif selon l'intensité de l'effort. C'est donc une très mauvaise idée de faire du sport ou de courir dans la cour de récréation par temps de pollution, mais encore faut-il être prévenu et il n'est pas question d'arrêter ni le sport ni les récréés. Il faut pratiquer abondamment mais de manière sécurisée et nous avons montré qu'il reste suffisamment de moments au cours de l'année où l'air est très sain.

Il n'est pas nécessaire pour autant de sombrer dans la paranoïa et l'écoanxiété. C'est pourquoi nous avons mis en place des alertes par sms à destination de ceux qui nous en font la demande. Ils ont alors la possibilité de différer une séance sans craindre de problèmes.

C'est également vrai pour les enfants qui ont un besoin physiologique impératif d'exercice pour contrôler et dissiper leur adrénaline. La connaissance des créneaux d'air pollué permet de gérer le type et/ou les lieux d'exercices en intérieur ou extérieur pour leur plus grand bien.

Conclusions

La pollution par retombée de particules sédimentables est prise en compte autour de l'UIOM pour les relevés de mesures par le système de surveillance installé et par l'ANSES pour les effets sur la santé au travers de la chaîne alimentaire.

La pollution aérienne est complètement ignorée et le système de mesures de particules fines que nous avons mis en place apporte les enseignements suivant :

- La contamination apportée par les vents dominants est une hypothèse largement surévaluée et l'effet des "vents mauvais" n'est pas confirmé.
- *a contrario*, les vents de sud-ouest qui nous apportent de l'air venant de la mer, passé ensuite pour une grande partie du parcours au-dessus de régions non industrialisées sont un facteur avéré de moindre pollution. Ils soufflent la plus grande partie de l'année. Le verre de la pollution n'est pas complètement plein.

- Cependant, la situation est très mauvaise, voire catastrophique, dans le voisinage de l'UIOM lors de phénomènes anticycloniques avec inversion de température où celle-ci crache quasiment en vase clos 100Nm³/heure de fumées qui sont par leur nature physique et chimique très différentes et plus dangereuses que celles de la circulation automobile. Dans ces circonstances, la pollution est équirépartie autour de l'usine et on ne note pas qu'un secteur soit plus pollué qu'un autre, ce que ne contredisent pas les analyses de retombées au sol.
- On met en évidence un fort effet saisonnier des pollutions atmosphériques, l'hiver étant la période la plus redoutable car les périodes anticycloniques se conjuguent à des phénomènes d'inversion de température avec l'altitude, et là encore la temporalité constatée des retombées au sol va largement dans ce sens malgré la faible résolution temporelle d'un semestre.
- L'essentiel de l'impact de pollution de l'UIOM se produit pendant des périodes que l'on peut cerner avec plus ou moins de précision, au moins pour la pollution de l'air. Essentiellement en hiver.
- Une activité physique durant ces périodes est un facteur largement aggravant et si rien n'est fait soit en termes de pédagogie, soit en termes de mise à disposition de l'information, la dangerosité est importante pour les enfants et les sportifs.
- Il est donc important de porter l'information directement à ceux qui en ont besoin, au moment où ils en ont besoin. C'est un facteur d'autant plus essentiel de prévention que l'on se trouve dans l'environnement d'un incinérateur.
- En cas de vent du Nord, on observe une augmentation de la pollution aux particules fines mesurée. Nous



l'attribuons aux émissions venant de l'Europe du Nord ou de Paris.

Le système que nous avons mis en place est certes critiquable au sens où nous ne pouvons démontrer son imprécision.

Son objectif qui est de pointer le besoin et les moyens d'y parvenir est atteint. La somme de données enregistrées permet d'envisager des études de fond plus détaillées, et pourraient par exemple être mise en relation, par les acteurs autorisés, avec les données épidémiologiques. Elles peuvent également servir à mieux tracer les sources de pollution. Les pouvoirs publics, dont le rôle est de veiller à la protection de la santé des citoyens, ont le devoir et les moyens de mettre en œuvre un système adéquat plus performant et nous soulignons encore un fois le besoin d'une transmission temps réel et directe au public. Nous demandons donc la mise en place d'un système d'alerte autour de chaque incinérateur.

Qui sommes nous

Nous sommes une association locale de protection du patrimoine et de l'environnement. L'association a été fondée en 1973, c'est notre cinquantenaire.

Nous avons eu gain de cause dans une action juridique contre les nuisances d'une société de ZI de Vaux le Pénil : la NPPO.

En 1998 Nous avons bâti l'argumentaire sur la dioxine et les métaux lourds qui a fait fermer l'usine d'incinération du Sigum.

Et en 2000 nous nous sommes impliqués contre le projet de l'Usine actuelle et pour minimiser son impact et nous avons obtenus quelques résultats pour sa surveillance.

Depuis sa création, nous suivons son fonctionnement et son évolution lors des réunions annuelles de la Commission de Suivi de Site (CSS).

Table des illustrations

Figure 1 - La contamination par voie digestive	6
Figure 2 - La contamination par voie respiratoire.....	7
Figure 3 - L'emplacement de nos stations.....	8
Figure 4 - Exemple de publication mensuelle : en horizontal les heures du jour, en vertical les jours du mois.....	8
Figure 5 - Emplacement des jauges Owen du Smitom.....	9
Figure 6 - Exemple de publication des résultats de jauges Owen du Smitom à la CSS annuelle	10
Figure 7 - Compilation sur plusieurs années des résultats de dioxines mesurées par les jauges Owen.....	10
Figure 8 – Carte de pollution PM10 semestre "hiver" 2020-2021	11
Figure 9 - Cartes de pollution PM10 semestres "été" et "hiver" 2021	11
Figure 10 - Cartes de pollution semestres "été" et "hiver" 2022.....	11
Figure 11 - Profils de température avec l'altitude en conditions normales à gauche et AIT à droite.....	11
Figure 12 - Pollution saisonnière des particules sédimentables	12
Figure 13 - Fenêtre de respiration lors d'épisodes d'AIT.....	12
Figure 14 – Essai de mise en évidence du caractère anthropique de la pollution	13
Figure 15 - Les ratios PM25/PM10 sont particuliers aux épisodes AIT autour de l'UIOM.....	13
Figure 16 - Niveaux de PM10 lors de l'hiver 2022-2023	13
Figure 17 - Les ratios PM25/PM10 moyens autour de l'UIOM correspondants.....	14
Figure 18 - Les mêmes ratios sur la station 4, hors du champ de l'UIOM.....	14



Fonction	Nom	Date
Auteur	JL Eyraud	
relecteurs	P. Lecorff, Cl Loudet, JG Adolphe, Alexia Gaston, B Desanlis	

POUR NOUS CITER :

JL Eyraud, et al. (2023). *Mémoire sur la pollution aérienne autour de l'incinérateur de Melun Val de Seine*. AIPPNE.