

Étude de cas

EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHIMIQUES ET AUX BIOAÉROSOLS DANS LES CENTRES DE TRAITEMENT THERMIQUE DES DÉCHETS NON DANGEREUX

RONAN
LEVILLY
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Suite à plusieurs observations effectuées par les Carsat lors d'interventions en entreprise, il est apparu que, dans les centres de traitement thermique des déchets non dangereux, l'identification des composés chimiques traceurs de l'activité était souvent incomplète. En effet, les exploitants de ces sites éprouvaient de réelles difficultés à réaliser une évaluation des risques chimiques exhaustive. Leurs principales interrogations résidaient dans la caractérisation des substances pouvant être émises par le procédé de traitement ou par le gisement de déchets ménagers, à la fois en fonctionnement normal des installations mais surtout lors des périodes de maintenances lourdes. Confrontés au renforcement réglementaire du contrôle de l'exposition des travailleurs (décret du 15 décembre 2009), les exploitants des usines, par l'intermédiaire de leur syndicat professionnel (SVDU), ont souhaité s'associer à l'INRS et à la Carsat Normandie pour mettre en œuvre une démarche d'évaluation du risque chimique et biologique dans leur secteur d'activité.

→ **LA RÉPONSE DE L'INRS:** Pour apporter une réponse appropriée aux industriels du secteur, une stratégie en deux temps a été mise en place. Lors de la première phase, un maximum de données techniques a été collecté pour permettre de mieux comprendre le fonctionnement d'un site de traitement thermique des déchets non dangereux. Ce travail initial visait notamment:

- à identifier les différents éléments de procédés susceptibles d'être émissifs en polluants;
- à compiler les données bibliographiques [1,2] et les mesures antérieures pour caractériser les substances chimiques et biologiques à rechercher;
- à discerner les différentes populations de travailleurs présents dans les centres de traitement;
- à recenser les différentes opérations de maintenance planifiées sur les installations.

Lors de la seconde phase, il a ainsi été possible de proposer une stratégie de mesurage à mettre en œuvre sur les sites choisis. La métrologie en situation réelle s'est appuyée sur 13 campagnes de mesures de trois jours dans cinq centres de traitement. Neuf des campagnes ont concerné la période de fonctionnement normal des centres et quatre campagnes ont eu lieu pendant la période particulière des arrêts techniques.

L'activité professionnelle dans le secteur

Un centre de traitement thermique des déchets est en charge de l'incinération des déchets ménagers et assimilés mais aussi dans certains cas des déchets d'activités de soins à risques infectieux (Dasri). Le fonctionnement général de l'installation est globalement similaire d'un site à l'autre. La première étape du procédé repose sur le déchargement en fosse des déchets collectés. Cette dernière est homogénéisée en utilisant un grappin qui permet aussi l'alimentation des fours *via* des trémies. Une fois le déchet dans le four, celui-ci est incinéré à plus de 850°C détruisant ainsi tous les virus, microbes et bactéries. En sortie de four, la matière incombustible (mâchefers) est récupérée, refroidie et traitée (récupération des métaux ferreux et non-ferreux). La chaleur générée par l'incinération alimente dans 90% des cas une chaudière qui va produire de la vapeur. Celle-ci est ensuite valorisée soit en alimentant un réseau de chaleur soit en permettant la production d'électricité. En sortie de chaudière, il est nécessaire d'épurer les fumées issues de l'incinération avant leurs rejets en cheminée. Pour cela, elles sont neutralisées par lavage et filtrées pour piéger les résidus de traitement. Ces résidus ainsi que les cendres volantes sont appelés Refiom et font l'objet d'une gestion spécifique. Une fois stockés en silo, les Refiom sont envoyés en centre de stockage des déchets (classe 1) pour y être stabilisés et stockés. Le personnel présent sur un centre de traitement

		POUSSIÈRES INHALABLES			POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES			PLOMB			ARSENIC	
		mg.m ⁻³						µg.m ⁻³				
		min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane	min	max
Normal	Agent d'exploitation	0,1	4,1	0,67	0,00	0,19	0,11	0,03	9	1,30	<0,03	<0,04
	Agent de maintenance	0,3	392,4	3,75	0,03	2,89	0,26	<0,03	161	3,60	<0,03	13,4
	Agent Dasri ou boues	0,26	0,93	0,48	0,03	0,35	0,10	<0,03	1	0,13	<0,03	<0,11
	Agent spécifique	<0,1	1,72	0,84	0,02	0,37	0,17	<0,03	4	0,14	<0,03	<0,04
	Toutes zones usine	<0,01	70,6	0,41	0,00	5,2	0,08	<0,03	2	0,30	<0,02	1,4
AT	Toutes opérations	0,04	460	10,1	0,03	111,4	0,52	<0,03	781	21,9	<0,03	19,4

(AT = période d'arrêt technique)

		CADMIUM			COBALT			CHROME HEXAVALENT		
		µg.m ⁻³								
		min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane
Normal	Agent d'exploitation	<0,03	0,13	0,03	<0,03	<0,04	<0,03	0,03	1,82	0,09
	Agent de maintenance	<0,03	2,26	0,04	<0,03	2,51	0,03	0,05	1,86	0,3
	Agent Dasri ou boues	<0,03	<0,11	<0,03	<0,03	<0,11	<0,03	-	-	-
	Agent spécifique	<0,03	<0,04	<0,03	<0,03	<0,04	<0,03	-	-	-
	Toutes zones usine	<0,02	0,21	0,03	<0,02	0,09	0,03	0,01	1,86	0,06
AT	Toutes opérations	<0,02	52,5	0,1	<0,02	13,6	0,06	0,05	18,3	1,41

(AT = période d'arrêt technique)

← ↑ FIGURE 1
Niveaux d'exposition mesurés lors des différentes campagnes de prélèvement (poussières et aérosols métalliques).

thermique des déchets varie d'un site à l'autre et est adapté à la taille de l'installation. En fonctionnement normal du site de traitement, trois grandes catégories de travailleurs sont identifiables. Tout d'abord, le personnel d'exploitation (chef de quart, pontier, rondier...) est en charge de la conduite des installations en gérant la fosse à déchets, l'approvisionnement des fours, le réglage et la supervision du procédé. Il s'agit de travailleurs postés qui constituent une équipe de deux à quatre personnes par poste. En appui de ces agents, le personnel de maintenance s'occupe du dépannage, du nettoyage, de la réparation planifiée ou non des installations du site. Ces agents travaillent en journée et leur nombre varie de trois à une dizaine de personnes en fonction des sites. La dernière catégorie de travailleurs regroupe les agents spécifiques aux organisations des centres (gestionnaires de flux, agent de quai) qui travaillent le plus souvent en poste. Pour les centres qui traitent les Dasri et/ou les boues, du personnel spécifique est dédié à cette activité.

Lors de la période particulière des arrêts techniques de ligne, de nombreuses entreprises extérieures sous-traitantes peuvent intervenir pour la réalisation de travaux spécifiques. En fonction des organisations mises en place, le personnel des sites de traitement peut soit intervenir directement pour les travaux soit superviser ces sociétés.

La métrologie mise en œuvre sur les sites pilotes s'est appuyée sur des prélèvements individuels ambulatoires mais également sur des mesures en poste fixe. L'objectif était de suivre les différentes

situations de travail de l'ensemble des salariés tout en couvrant les principales zones de travail de l'usine. Les prélèvements ont été effectués selon les méthodologies de la base Metropol correspondant aux différentes substances recherchées.

L'exposition des salariés aux risques chimiques

L'ensemble des campagnes de mesures a permis de doser une quarantaine de substances chimiques à travers un total de 5200 mesures: 3800 d'entre elles ont concerné le fonctionnement normal des installations et 1400 la période des arrêts techniques. Il est difficile de résumer l'intégralité des résultats dans le cadre de cette étude de cas sans perdre en lisibilité. Par conséquent, seules les données des substances les plus représentatives sont proposées dans les figures 1 et 2. La globalité des résultats sera reprise dans un guide de prévention INRS à paraître en 2015.

En fonctionnement normal des sites, les agents les plus exposés sont le personnel de maintenance ou d'entretien. Le principal risque d'origine chimique provient des expositions aux poussières pouvant contenir du chrome hexavalent, le risque d'exposition aux composés organiques volatils étant relativement faible. En effet, ce personnel intervient dans toutes les zones de l'usine pour différents travaux sur des équipements souvent très poussiéreux. La réparation ou le nettoyage de l'équipement peuvent remettre en suspension des poussières et des aérosols métalliques ou en générer par l'utilisation d'appareil électroportatif (meuleuse, burineur...)



		BENZÈNE			CHLORURE DE VINYLE			FORMALDÉHYDE			AMMONIAC			B[A]P		
		µg.m ⁻³									mg.m ⁻³			ng.m ⁻³		
		min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane
Normal	Agent d'exploitation	0,9	4	1,5	<0,5	<0,6	<0,5	5,4	15,7	8,4	0,02	0,68	0,06	<0,5	49	0,8
	Agent de maintenance	0,7	11,4	2,5	<0,5	<0,8	<0,5	1,7	40,5	4,2	0,04	0,62	0,07	<0,1	49	0,7
	Agent Dasri ou boues	1	6,9	1,9	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	11,3	2,8	-	-	-	-	-	-
	Agent spécifique	0,9	9,2	2,4	<0,5	<0,9	<0,5	1,3	9,7	6	0,03	0,28	0,13	<0,7	<28	1
	Toutes zones usine	<0,5	198,6	1,9	<0,4	<0,9	<0,5	0,3	24	2,7	0,002	0,83	0,09	<0,1	1245	0,5
AT	Toutes opérations	<0,5	7	3,66	<0,5	<1,2	<0,5	0,5	21,7	3,8	0,008	0,97	0,06	0,5	53,8	1,3

(AT = période d'arrêt technique)

↑ FIGURE 2
Niveaux d'exposition mesurés lors des différentes campagnes de prélèvement (autres polluants).

ou de poste à souder. Le personnel d'exploitation est lui beaucoup moins exposé car il réalise la conduite du procédé majoritairement depuis une salle de contrôle. Toutefois, l'agent en charge des rondes de supervision au niveau des installations peut être exposé lors des interventions de décolmatage (trémie, convoyeur, extracteur à mâchefers...).

Le procédé de traitement thermique est un système clos qui ne génère que très peu de fuites en fonctionnement normal des installations. Il est donc très peu émissif en polluants et les différentes mesures en ambiance de travail dans les principales zones des sites le confirment. Néanmoins, le hall de déchargement nécessite une surveillance particulière. Il s'agit à la fois d'une zone de circulation de camion benne et de déchargement des déchets ménagers en fosse dans sa partie basse, d'une zone de stockage et d'homogénéisation des déchets dans la fosse et d'une zone de chargement des trémies de fours en déchets ainsi que d'une zone de maintenance dans sa partie haute. La partie haute est d'ailleurs la zone d'une usine de traitement la plus fortement empoussiérée. Le personnel intervenant dans cette zone, soit pour le nettoyage, soit pour l'entretien des grappins, peut être exposé à des niveaux de poussières inhalables pouvant dépasser très fortement la VLEP-8h. Une action sur la ventilation de la zone (via

la ventilation d'air primaire du procédé), un meilleur cloisonnement de la fosse pour éviter la dispersion des poussières ou encore un procédé de nettoyage de la zone par aspiration centralisée sont des pistes à explorer pour limiter le niveau d'empoussièremment dans le hall de déchargement et réduire l'exposition du personnel. Sur la zone « procédé », des actions sont à mener au niveau de la gestion des débouillage/colmatage d'installations.

En marge du mode de fonctionnement classique des installations, les centres de traitement thermique des déchets ménagers ont recours à des périodes de maintenances lourdes appelées arrêts techniques de ligne. Ces périodes sont l'occasion d'inspecter, de remettre en état ou de remplacer et de nettoyer l'intérieur des installations du procédé. C'est également une période critique quant à l'exposition des salariés puisque les installations sont ouvertes et une co-activité est mise en place avec l'intervention de sociétés prestataires extérieures au site. En préambule de la réalisation des prélèvements, 130 tâches unitaires de maintenance ont été identifiées sur ces périodes avec des durées d'intervention variant d'une heure à plusieurs jours. Par conséquent, toutes les opérations de maintenance n'ont pu être suivies et des priorités de mesurage ont été déterminées

↓ FIGURE 3
Concentrations en bioaérosols observées sur le personnel.

		ENDOTOXINES				BACTÉRIES MÉSOPHILES			MOISSISSURES MÉSOPHILES				
		UE.m ⁻³						UFC.m ⁻³					
		nb	min	max	médiane	min	max	médiane	min	max	médiane		
Normal	Agent d'exploitation	12	4	269,9	14	<40	1.10 ⁴	1,2.10 ³	<40	2,7.10 ⁴	5,8.10 ³		
	Agent de maintenance	16	9	287,9	73,1	<70	4,8.10 ⁵	3,5.10 ⁴	<580	5,5.10 ⁵	1,7.10 ⁴		
	Agent Dasri ou boues	6	4,6	26,8	13,4	1.10 ³	4,5.10 ³	2,6.10 ³	570	4,7.10 ³	1,5.10 ³		
	Toutes zones	27	<0,3	163,8	16,2	<40	8,2.10 ⁵	5.10 ³	30	5,9.10 ⁵	5,3.10 ³		
AT	Toutes opérations	15	0,46	449,54	16,6	<460	8,4.10 ⁵	2,1.10 ⁴	500	1,1.10 ⁶	4,3.10 ³		
Réf.	Point de référence	15	<0,3	18,3	0,6	<530	9,3.10 ³	580	<40	5,3.10 ³	770		

(AT = arrêt technique, Réf. = référence)

en fonction des plannings d'intervention et des criticités des opérations.

En période de fonctionnement normal, 0,5% des mesures réalisées se sont avérées être supérieures à la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) des substances considérées. Lors des périodes d'arrêt technique, les dépassements du niveau des VLEP ont représenté 5,5% des mesures effectuées. Ces données mettent en évidence le caractère plus exposant de cette période d'activité. Les expositions relevées concernent les poussières inhalables et alvéolaires, les aérosols de plomb, fer, aluminium, cuivre, de calcium et également le chrome hexavalent. Elles ont été localisées principalement au niveau du four (opération de piquage du réfractaire, nettoyage de la grille et démontage des gradins), au niveau de la chaudière (opération de remplacement des tubes d'échange thermique, nettoyage des différents parcours de la chaudière) ainsi que la partie traitement des fumées avec les entretiens des réacteurs/atomiseurs (piquage et évacuation des gravats) et les opérations liées au nettoyage des parties sales des filtres à manches et des électrofiltres.

Ces résultats imposent la mise en œuvre de moyens de prévention afin de limiter le risque pour les salariés. Une évolution de la fréquence et des méthodes de nettoyage des zones et des installations est à envisager, l'utilisation d'un système d'aspiration industriel pourrait, dans de nombreuses situations, éviter la remise en suspension des poussières. Sur le plan organisationnel, il conviendra de privilégier une avancée des travaux de l'amont vers l'aval du procédé et de maintenir autant que possible la ventilation de tirage. Bien que les appareils de protection respiratoire soient en général portés, ils ne semblent pas toujours adaptés à la tâche de maintenance et aux concentrations en poussières rencontrées (facteur de protection insuffisant ou colmatage des médias filtrants).

L'exposition des salariés aux risques biologiques

Les endotoxines, les bactéries et les moisissures mésophiles ont fait l'objet de prélèvements lors des différentes campagnes de terrain. Environ 280 mesures ont été effectuées pour évaluer le niveau de concentration de bioaérosols au sein d'un centre de traitement thermique. Les différents résultats obtenus en prélèvements individuels ou en ambiance de travail sont présentés sur la figure 3.

Les concentrations aux points de référence sur les différents sites sont caractéristiques des environnements sans foyer d'émission d'endotoxines, de moisissures ou de bactéries. Les salariés les plus exposés aux bioaérosols sur un centre de traitement thermique des déchets sont les agents de maintenance et d'entretien. Ils interviennent sur toutes les zones de l'usine et se retrouvent en contact avec des éléments du procédé souillés par les déchets

ménagers. Ainsi, la principale zone à risque d'une usine se situe au niveau du hall de déchargement des déchets. Quatre éléments de cette partie de l'usine sont particulièrement à surveiller : le grappin à déchets, le broyeur (non présent sur tous les sites), le convoyeur/déverseur des Dasri et la plateforme en surplomb de la fosse où se situent les trémies d'alimentation des fours. Pour les opérations de nettoyage ou de maintenance sur ces éléments, les niveaux de moisissures et de bactéries dépassent les 10^5 UFC.m⁻³ et les teneurs en endotoxines dépassent les 200 UE.m⁻³ que ce soit pour la période de fonctionnement normal ou pour la période des arrêts techniques de ligne. Cette période particulière est l'occasion pour certains exploitants de mettre en œuvre des opérations de maintenance particulières telles que l'entretien des ponts roulants, le dépoussiérage des bardages et parois du hall. Il s'agit de tâches qui sont susceptibles d'être très exposantes en bioaérosols.

Les mesures en ambiance de travail à travers les autres zones de l'usine mettent en évidence des niveaux en moisissures et bactéries compris entre 10^3 et 6.10^4 UFC.m⁻³. L'isolement du hall de déchargement par rapport au reste du procédé de traitement limite la diffusion des bioaérosols au reste de l'installation et garantit ainsi des niveaux faibles en bioaérosols dans les bâtiments. Attention toutefois pour les sites qui pratiquent la mise en balle des déchets : la chaîne de mise en balle peut, lors de son fonctionnement ou de son entretien, être une source d'exposition pour les salariés en charge de celle-ci. Il ressort des différentes campagnes de mesures que le risque lié aux bioaérosols est méconnu des salariés. Des moyens de prévention sont en place dans les entreprises (appareil de protection respiratoire, ventilation générale, etc.) mais leur vocation première est de prévenir l'exposition aux poussières. Un renforcement de l'information auprès des salariés sur le risque biologique aéroporté est nécessaire pour une prévention plus efficace. ●

Remerciements

L'auteur remercie Nathalie Monta, Juliette Kunz-Iffli, Thérèse Nicot et Jérôme Grosjean de l'INRS ainsi que Daniel Leroy, Olivier Barbé et Michel Charvolin de la Carsat Normandie pour leur participation essentielle à l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. MAITRE, D. COLLOT-FERTEY, L. ANZIVINO, M. MARQUES, M. HOURS, M. STOKLOV - *Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposures to particles, metals and organic compounds. Occupational and Environmental Medicine* (2003), 60, pp. 563-569.
- [2] TOLVANEN O.K., HANNINEN K.I. - *Occupational hygiene in a waste incineration plant. Waste Management*, 2005, 25, pp. 519-529.