

Dioxines et furanes : les détruire

Bruno MORTGAT

Les dioxines et furanes ont fait leurs trois premières victimes officielles : il s'agit des usines d'incinération de Wasquehal, Sequedin et Halluin, fermées par décision de la Communauté Urbaine de Lille suite aux valeurs particulièrement élevées de dioxines trouvées à proximité chez des producteurs laitiers. Cette mesure constitue un fait sans précédent, dans la mesure où en tant qu'installations anciennes, ces usines n'étaient pas encore soumises à la limitation d'émission des dioxines. En revanche, elles étaient depuis deux ans en infraction avec l'arrêté du 25 janvier 1991 relatif aux émissions des UIOM, et étaient à ce titre en instance de fermeture. C'est donc l'opinion publique et la crainte d'un impact sanitaire et non la réglementation qui auront vaincu les trois monstres lillois. Ceci constitue un avertissement pour les autres UIOM anciennes, qu'elles soient en règle ou non (1) : le traitement des dioxines est en train de devenir obligatoire dans les faits, et dans un tel cas de figure, la loi ne devrait pas tarder à suivre. C'est pour nous l'occasion de revenir sur les traitements des dioxines et furanes des fumées d'incinération (2).

Charbons actifs sur gaz secs : que faire des résidus ?

Le système le plus couramment utilisé pour le traitement des dioxines et furanes consiste à filtrer les fumées sèches sur charbons actifs.

Cette technique est fort appréciée en raison de son coût d'investissement modeste. Les charbons actifs ont néanmoins un inconvénient majeur : ils ne détruisent pas les dioxines, mais se contentent de les piéger.

La solution « normale » consistera, lorsqu'ils ne sont pas mélangés aux autres résidus, à incinérer les charbons contaminés dans une UIDIS, ou à défaut, à les mettre en décharge de

classe 1. Or il s'agit dans les deux cas d'une opération coûteuse et régulière. La mise en décharge s'apparente en outre à un simple transfert de pollution, car les dioxines sont conservées. Cette solution a pourtant été retenue pour le nouvel incinérateur de Lille, dont le marché vient d'être emporté par Gec Alsthom Stein. La nouvelle usine, d'une capacité de 300 000 t/an, disposera d'un traitement sans rejet liquide avec injection de charbon actif pour l'absorption des dioxines. Ces derniers seront récupérés sous le filtre à manches, mélangés aux autres résidus et seront donc mis en décharge de classe 1.

En général, les constructeurs utilisant cette technique étudient la possibilité de réintroduire les charbons actifs dans le four de l'UIOM. En effet, dans le cas où le filtre à charbon actif ne traite que les dioxines et furanes après un lavage, c'est-à-dire, si les métaux lourds ont déjà été traités, il n'y a pas de contre indication à incinérer les charbons actifs : la température est suffisante pour détruire les dioxines et furanes. En revanche, si les métaux lourds sont captés avec le même filtre, il ne sera pas question d'incinérer les charbons actifs, puisque ces composés ne seraient alors pas éliminés, mais tourneraient en rond. Si la réintroduction au four est en principe interdite (les résidus toxiques de l'incinération d'ordures ménagères sont des déchets industriels spéciaux, que les UIOM ne sont pas habilitées à incinérer), « *il existe un vide juridique lorsque l'on considère le four comme partie intégrante du procédé de traitement des fumées* » explique Xavier MARTINIER, de la société Lurgi. Dans ce cas, un accord préfectoral particulier, délivré au cas par cas, est nécessaire. Des adaptations techniques peuvent en effet être requises, par exemple pour éviter l'envol sans combustion du charbon actif lors de son introduction dans le four.

Les systèmes utilisant les charbons actifs ont d'autres inconvénients, généralement bien maîtrisés. Le manque de place peut rendre leur installation difficile pour les usines existantes.

D'une manière plus générale, la pulvérisation de charbons actifs dans des tours à lit fixe, où peuvent se concentrer des imbrûlés, fait courir un risque d'ignition en cas d'échauffement. Des incendies se sont déjà produits pour cette raison dans des usines en Allemagne, aux Pays-Bas et en Autriche. Ce problème peut être combattu par

(1) A l'heure actuelle, une trentaine d'incinérateurs de capacité ≥ 6 t/h ne sont pas aux normes de 1991 et sont de ce fait hors la loi. Par ailleurs, près de 250 incinérateurs de capacité inférieure ne respectent pas ces normes, mais cette fois en toute légalité.

(2) Voir aussi « La chasse aux dioxines et aux furanes est ouverte », *Environnement & Technique* n° 170, octobre 1997.

l'ajout d'un inertant (sable), mais en cas de réintroduction au four, les quantités de mâchefers sont augmentées d'autant, ce qui nuit légèrement aux performances de l'incinérateur. En cas de mise en décharge, les tonnages sont également augmentés, puisque sables et charbons actifs sont mélangés. Enfin, dans le cas d'un traitement humide, le filtre à charbons actifs nécessite un réchauffage préalable des gaz qui alourdira les coûts d'exploitation.

Procédés destructifs

Deux familles de procédés permettent de réduire tout en les détruisant les dioxines et furanes. Chacune d'elle permet d'atteindre le seuil réglementaire en vigueur pour les installations nouvelles d'incinération d'ordures ménagères, à savoir un maximum de 0,1 nanogramme TEQ par m³.

Destruction catalytique humide

Ce procédé breveté par la société Lab, consiste à injecter avec les réactifs de la deuxième tour de lavage humide des gaz (laveur neutre) du charbon actif du commerce, sélectionné dans une gamme de produits spécifiques riches en catalyseurs. Les PCDD/PCDF sont dans un premier temps absorbés par le liquide, puis par le charbon actif (chaque grain de charbon est au centre d'une goutte d'eau). Ensuite s'amorce sur les sites actifs du charbon une réaction catalytique qui détruit les liaisons benzéniques des molécules de PCDD/PCDF. Seule exception, les dioxines particulières sont arrêtées en sortie du laveur par un traitement des poussières par venturi filtrant. Elles sont alors traitées avec les eaux de lavage, et piégées dans le gâteau de filtration.

Le processus nécessite la réunion d'un certain nombre de conditions :

— Tous les charbons actifs ne sont pas également efficaces, aussi leur choix est-il primordial. Lab a identifié les produits avec lesquels le procédé fonctionne, ce qui permet à l'exploitant de faire jouer les règles de la concurrence.

« Si les principes et les mécanismes de destruction des dioxines et furanes ont bien été démontrés, le détail des réactions intermédiaires, comme c'est souvent le cas pour les processus de catalyse hétérogène, n'est que partiellement établie », explique Bernard SIRET, directeur recherche développement de Lab. « Le bilan entrée/sortie des dioxines et furanes confirme l'efficacité de destruction de ces composés dans le procédé mis en œuvre ».

— Un temps de séjour du charbon suffisamment long est nécessaire en raison de la cinétique de la réaction. Les observations montrent en effet

une diminution des teneurs en PCDD/PCDF dosées sur le charbon en fonction du temps. Ceci implique un dimensionnement et des conditions opératoires appropriées pour chaque installation, faute de quoi les dioxines sont susceptibles de passer dans les eaux de lavage.

— La pulvérisation des liquides de lavage chargés en charbon doit être appropriée. Les pulvérisateurs Lab de par leur capacité à générer un spectre granulométrique resserré, ni trop fin, ni trop gros, à maintenir un rapport liquide gaz important et à pulvériser des liquides qui peuvent être très chargés sont une des clés du procédé.

Cette technique ne met en œuvre que des équipements simples, d'où un coût d'investissement ne dépassant pas en général 15 % de l'investissement total.

A l'exploitation, le prix du charbon actif varie de 10 à 40 F/kg sa consommation de 0,3 à 0,5 kg/tonne de déchet incinéré, soit pour 100 000 tonnes de déchets, un coût de 0,3 à 2 MF.

Par ailleurs, le procédé ne génère pas de résidus ultimes supplémentaires à mettre en décharge. Les purges de déconcentration du système de lavage sont découplées par un décanteur qui permet de séparer les liquides chargés en sels des solides et de récupérer le charbon. Celui-ci est alors soit évacué vers le traitement d'eau, et on le retrouvera dans le gâteau de filtre-pressé qui est mis en décharge, soit réintroduit au four, dans les conditions mentionnées au début de cet article.

Plusieurs réalisations ont déjà confirmé l'intérêt de la technique, tant en usine nouvelle (usine d'Amsterdam Ouest - 4 × 164 000 Nm³/h) qu'en adaptation sur usine existante munie d'un système de traitement des fumées humide (usine de Ludwigshafen, Allemagne - 2 × 85 000 Nm³/h) ou semi-humide. « En règle générale, note Dominique BLANC (Lab), la mise aux normes des anciennes usines ne concerne pas seulement les dioxines, mais l'ensemble des polluants, ce qui justifiera souvent l'ajout d'un traitement humide complet ». Si seul le traitement des dioxines est nécessaire, une injection de charbons actifs en amont du filtre à manches existant sera sans doute plus intéressante.

Réduction catalytique sélective (SCR)

La première vocation de ce procédé est de traiter les NO_x.

L'absence d'une réglementation sévère sur l'émission de ces gaz, les coûts élevés d'investissement (de 10 à 50 MF selon le débit à traiter) et d'exploitation (environ 30 F/t OM) expliquent son absence du territoire français jusqu'à aujourd'hui, et ceci bien que la plupart des constructeurs français disposent des compétences néces-

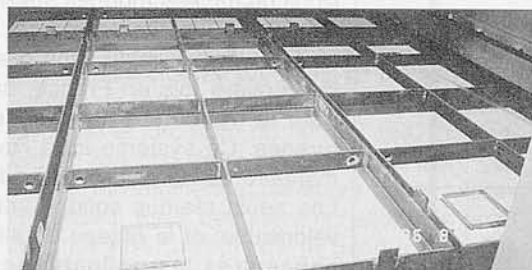
Quelques références SCR.

Référence	Constructeur	Capacité	Mise en service
UIOM de Monthey (Suisse)	Lab	2 × 65 000 Nm ³ /h	1996
Carrières-sous-Poissy (France)	Lab	2 × 50 000 Nm ³ /h	1999
Darmstadt (Allemagne)	Lurgi	2 × 70 000 et 53 000 Nm ³ /h	1996
Oftringen (Autriche)	Lurgi Cnim Cnim	68 000 Nm ³ /h	1998
UIOM de Nimègue (Pays-Bas)	Noell	—	1997
Würzburg (Allemagne)	Noell	—	1997

saies, voire de références à l'étranger. Une première réalisation est néanmoins en cours à l'usine d'incinération de Carrières-sous-Poissy, dans les Yvelines (voir encadré page suivante).

Le procédé vient en principe compléter un système de traitement de fumées humide. il consiste à injecter de l'ammoniac dans les gaz en amont d'un réacteur.

Celui-ci contient plusieurs couches de catalyseurs au contact desquels s'opère la réduction des NO_x en azote et en eau, et parallèlement l'oxydation des PCDD/PCDF. Ces réactions sont optimisées à une température de 250 à 350 °C, selon la qualité du gaz, ce qui nécessite leur réchauffement après la première phase du traitement. Les avantages indéniables de cette technique sont que ses performances permettent de respecter les réglementations les plus strictes pour les NO_x et les dioxines (< 70 mgNO₂/Nm³, < 0,1 ng TEq/Nm³) et qu'elle ne produit aucun rejet solide. Tout au plus faut-il renouveler les catalyseurs tous les 4 à 5 ans, soit un coût d'amortissement du catalyseur d'environ 2,5 FF/t d'OM incinérée. On notera toutefois que la quantité de catalyseurs nécessaires à la réduction des NO_x est très inférieure à celles utilisées pour l'oxydation des PCDD/PCDF. Autrement dit, le traitement simultané des dioxines implique un volume de l'installation plus important. Étant donné le coût élevé de cette technique, Christian BESSY, directeur commercial de Lab, préconise, lorsque cette possibilité existe, de travailler de manière combinée, c'est-à-dire de dimensionner le réacteur SCR sur la seule base des NO_x et de



Catalyseur base titane pour le procédé catalytique SCR.



Pulvérisateur Lab pour le procédé catalytique humide.

recourir au procédé catalytique humide pour l'élimination des dioxines en tablant sur l'activité de fonction du réacteur SCR pour les dioxines furanes. Ainsi, on aboutit à un design plus léger que s'il fallait obtenir les résultats avec une seule des deux technologies, ce qui se traduit par une forte diminution de l'investissement et des coûts d'exploitation.

La première réduction catalytique sélective française : l'usine Azalys à Carrières-sous-Poissy

Fin 1998 devrait être mise en service la nouvelle unité d'incinération d'ordures ménagères de Carrières-sous-Poissy, qui assurera la valorisation énergétique des déchets du Sidru (Syndicat intercommunal pour la destruction des résidus urbains), qui regroupe Saint-Germain-en-Laye et 14 communes voisines.

Les élus du Sidru ont délibérément opté pour la solution la plus sécurisante, tant du point de vue de la réglementation que de celui de l'environnement. C'est pourquoi l'usine se distinguera par son respect des normes européennes les plus strictes pour les émissions de fumées (normes hollandaises). Le traitement des fumées, réalisé par Lab, comportera un traitement humide sans rejet d'eau, et pour la première fois en France, un réacteur SCR pour le traitement des NO_x et des dioxines furanes. Ce système aura l'avantage supplémentaire de ne produire ni odeur ni panache. Les seuls résidus solides seront du calcium valorisable, et le gâteau de filtration où seront concentrés les polluants, qui sera mis en décharge de classe 1.

Le Sidru a consenti un budget d'investissement complémentaire de 80 MF supérieur à celui qui aurait été nécessaire au simple respect de l'arrêté du 25 janvier 1991 (la circulaire du 24 février 1997 a depuis abaissé les seuils d'émissions tolérés pour les nouvelles installations, mais le chantier d'Azalys lui est antérieur et n'y est donc pas soumis). La construction de l'ensemble de l'usine est chiffrée à 467 MF. A l'exploitation, le coût de traitement à la tonne sera également plus élevé que pour une usine aux normes de 1991. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que l'on sait déjà quels seront les futurs seuils requis pour la plupart des polluants. Pour Marc BARRIER (Novergie), il est beaucoup moins coûteux de réaliser dès à présent une usine aux normes de demain que d'ajouter les coûts d'une usine neuve et de sa mise aux normes dans deux ou trois ans. Reste que le plus gros investissement complémentaire concerne les NO_x , que le gouvernement français s'oppose à réglementer plus sévèrement. L'avenir dira donc si le Sidru a fait le choix du luxe ou tout simplement le bon choix.

Rejets gazeux d'Azalys (source : Novergie).

	Valeurs garanties par Lab pour Azalys (mg/Nm ³) (1)	Seuils de l'Arrêté du 25/01/91 (mg/Nm ³) (1)	Seuils de la circulaire du 24/02/97 pour les nouvelles UIOM (mg/Nm ³) (1)	Seuils probables du projet de directive européenne (mg/Nm ³) (1)
Poussières totales	5	30	10	10
HCl	10	50	10	10
CO	50	100	50	50
COT	10	20	10	10
Pb + Cr + Cu + Mn		5		non précisé
Ni + As	0,5	1	0,5	non précisé
Sn + V + Sb + Co		non précisé		non précisé
Cd + Ti ²	0,1	0,2	0,05	non précisé
Hg			0,05	non précisé
HF	1	2	1	1
SO ₂	25	300	50	50
NO _x	70	non précisé	non précisé	200
PCDD/PCDF	0,1	non précisé	0,1	0,1

(1) Mg/Nm³ rapporté à un gaz sec contenant 9 % de CO₂.

(2) Particulaires et gazeux.

Dioxines et furanes

Les incinérateurs sous la menace du risque sanitaire

La réglementation française ne prévoit actuellement aucune limite d'émission pour les UIOM existantes. Une directive européenne fondée sur un projet daté du 20 août 1994 est actuellement en discussion. Elle devrait fixer au début des années 2000 un taux d'émission à l'atmosphère de dioxines limité à $0,1 \text{ ng/Nm}^3$ ($\text{ng} = \text{nanogramme} = 10^{-9} \text{ g}$) pour les installations nouvelles. En Allemagne cette valeur limite a été prescrite par la 17^e ordonnance fédérale pour la protection contre les nuisances dues à l'incinération des déchets et autres matières combustibles (BlmSch. 17).

En France elle est déjà imposée par l'arrêté du 10 octobre 1996 aux installations spécialisées d'incinération et de coïncinération de certains déchets industriels spéciaux à compter du 1^{er} janvier 2000.

S'appuyant sur la circulaire Lepage du 24 février 1997 leur enjoignant d'anticiper la réglementation en adoptant pour les UIOM les mesures de l'arrêté du 10 octobre 1996 les collectivités commencent à prendre des dispositions pour l'adaptation des unités existantes à la future norme relative aux dioxines et furanes. Elles ne manquent pas de rappeler que les efforts financiers déjà consentis pour mettre aux normes le traitement des fumées selon les prescriptions de l'arrêté du 25 janvier 1991 pèsent d'un poids très élevé sur le contribuable local.

Le Syctom de Paris dont les incinérateurs ont été mis en conformité avec cet arrêté avant l'échéance des délais prescrits moyennant un investissement de 600 MF évoque un coût de 100 F par famille francilienne chaque année pour le traitement des fumées, avant que ne soit envisagé le captage des dioxines. Une nécessité d'autant plus pressante qu'il est attesté que les UIOM jouent le rôle de concentrateurs de pollution.

Les professionnels détenteurs des technologies d'incinération réclament pour leurs clients et pour eux-mêmes une plus grande visibilité : établissement d'une réglementation spécifique, calendrier pour la mise aux normes des UIOM existantes économiquement viables, programmation de l'arrêt des UIOM ne pouvant être modernisées. Ces décisions devraient alors, selon la FNADE, provoquer la construction de 30 à 40 UIOM nouvelles, respectueuses des normes. Une perspective que réfutent les plus farouches adversaires de l'incinération qui cherchent depuis plusieurs années à élargir les rangs des opposants et à obtenir un moratoire sur l'incinération des OM.

Les mesures de dioxines imposées par arrêtés préfectoraux dans les 72 incinérateurs français de capacité supérieure à 6 t/h en application de la circulaire du 30 mai 1997 présentent en fonction de l'ancienneté des fours des valeurs évidemment supérieures à ces futures exigences. Elles devraient constituer le point zéro de la situation de la production des dioxines par les usines françaises et faciliter l'élaboration et le suivi de l'application de la réglementation.

Aujourd'hui, tous les ingrédients sont réunis pour qu'une pression continue s'exerce sur les pouvoirs publics afin que la recommandation énoncée par l'OMS de limiter à 10 pg/j/k ($\text{pg} = \text{picogramme} = 10^{-12} \text{ g}$) de poids corporel la dose journalière de dioxines admissible pour l'homme soit appliquée. Une précaution qui s'appuie sur la toxicité reconnue de 17 types de dioxines et notamment du 2,3,7,8-TCDD classé cancérigène par le Centre de recherche international sur le cancer (OMS) en 1997. Une décision scientifique qui justifie les interdictions de vente de lait contaminé par les dioxines.

L.P.

*(Environnement et Technique n° 175
d'Avril 1998)*