

Doit-on valoriser les Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères (MIOM) ?

Analyse par l'Association pour la Protection de l'Environnement des Hautes Vallées de l'Asse

Ce document est volontairement inspiré de deux documents publiés par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (Damien, 1997, et Piantone et al, 2000), cités en fin de texte. On ne peut pas les accuser de catastrophisme, et pourtant... les conclusions s'imposent d'elles même et sont sans appel.

Généralités : Les mâchefers issus d'ordures ménagères sont produits par différents types de fours : principalement fours rotatifs et oscillants, fours à grilles ou fours à lit fluidisé.

A la sortie du four, les mâchefers sont habituellement refroidis à l'eau. Le produit final est donc humide, avec un taux d'humidité de l'ordre de 18 à 30%.

Les MIOM représentent 25% du poids originel des ordures ménagères et 10% de leur volume.

LA NATURE CHIMIQUE DES MACHEFERS ET LEUR EVOLUTION

Leurs caractéristiques chimiques varient fortement dans le temps et dans l'espace, elles sont dépendantes du procédé d'incinération, mais surtout de la composition des ordures incinérées.

Il existe des constituants majeurs (teneur supérieure à 1%), tels l'oxygène, le silicium, le fer, le calcium, l'aluminium, le sodium, le potassium, le carbone organique et le carbone minéral. Leur composition dans les mâchefers est peu différente de celle des matériaux naturels.

Des constituants dits mineurs (de 1 à 0,1%): magnésium, titane, chlore, manganèse, baryum, cuivre, plomb, chrome, etc...

Des constituants en trace (moins de 0,1%): étain, antimoine, vanadium, molybdène, arsenic, sélénium, nickel, cobalt, cadmium, mercure, bore, brome, iode, etc...

Outre des imbrûlés organiques, les mâchefers contiennent également certains composés dont la toxicité est reconnue: les **PCDD** (Polychlorodibenzo-p-dioxines), les **PCDF** (Polychlorodibenzo-p-furanes), les **CB** (Chlorobenzènes), les **CP** (Chlorophénols), les **PCB** (Polychlorodiphényls) et les **HAP** (Hydrocarbures polycycliques Aromatiques).

A titre d'exemple, les concentrations en dioxines et furanes de mâchefers de 5 usines testées (Damien, 1997) varient de 4 à 20 nanogramme (10^{-9} g) par kg.

Les métaux lourds sont sous forme de **composés extrêmement variables**. Par exemple, le plomb peut exister sous forme de plomb métal (Pb), d'oxyde (PbO), de silicates divers (Pb_2SiO_4 , ...), de chlorure (PbCl), de phosphate, d'alliages divers, et même chose pour les autres métaux lourds. La diversité de ces produits est due à l'hétérogénéité des ordures ménagères et de la température, parfois fortement variable d'un point à un autre pendant l'incinération.

Evolution de la composition chimique des mâchefers après sortie du four

Dès sa sortie du four, le mâchefer entame son **cycle de maturation**. De profondes transformations minéralogiques se déroulent, et l'on observe par exemple des dépôts de carbonates et des sulfates en surface. Il existe alors, en plus des phases primaires (non transformées), des phases secondaires non moins variées et complexes, pas encore toutes bien identifiées.

La localisation des métaux lourds.

Notons tout d'abord qu'il existe encore peu de données disponibles à ce sujet.

Dans les phases primaires, les métaux lourds se trouvent essentiellement dans:

- les oxydes (Cd, Ni, Cu, Cr, V, Zn, Pb, Sn),
- les silicates (Ni, Zn, Cr, Pb),
- les sulfates (Pb, Cr, Zn),
- les halogénures (Pb, Cu, Zn),
- les sulfures (Cu, Zn, Sn).

Il est important de noter **qu'en fonction de la nature du minéral dans lequel ils se trouvent, les métaux lourds seront plus ou moins sensibles à la lixiviation** (= mise en solution par l'eau) : par exemple, lorsqu'ils se trouvent dans des silicates ou des oxydes, ils seront mal lixiviés (ils resteront donc dans le minéral).

Dans les phases secondaires, la répartition des métaux lourds est très complexe, car dépendante des conditions physico-chimiques du milieu (température, humidité, pH du milieu, etc...). En effet, **les minéraux secondaires qui les contiennent sont très instables au cours du temps.**

La variabilité des métaux lourds dans les mâchefers

Selon la répartition et la nature des ordures ménagères, les mâchefers ont des compositions en métaux lourds extrêmement variables. Citons comme exemple 2 mesures de teneur en plomb sur des mâchefers issus de la même usine d'incinération mais prélevés à un jour d'intervalle : les teneurs varient de 1 à 6 g de plomb par kilo de mâchefer (Damien, 1997).

La matière organique

Les mâchefers peuvent contenir jusqu'à quelques pour cent de matière organique, selon les conditions de combustion dans l'incinérateur et le type de four utilisé. Par exemple, les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) sont des composés toxiques générés en condition de pyrolyse. Néanmoins, il semblerait que ces composés très dangereux soient en concentrations faibles dans les mâchefers, contrairement aux résidus d'épuration des fumées des incinérateurs.

L'évolution chimique des MIOM.

La première remarque est que l'on manque cruellement de données.

La deuxième remarque est que lorsqu'on analyse l'eau qui a percolé des mâchefers, les compositions de ces eaux sont extrêmement variables, et dépendent bien sûr de la teneur en éléments du mâchefer, mais aussi et **surtout des équilibres chimiques entre phases minérales et solutions drainantes, qui évoluent au cours du temps.**

Dans le cas de stocks de mâchefers (soit enterrés, soit à l'air libre), l'évolution se traduit en premier lieu par une forte carbonatation, qui a un effet sur la fixation de certains métaux lourds (Pb, Zn, Cd). On note une forte redistribution des métaux, selon par exemple le pH du milieu (qui varie fortement au cours du temps).

Au cours de la maturation des mâchefers, on observe une montée en température, et une profonde variation des conditions physico-chimiques. Les études menées sur la stabilité chimique des MIOM montrent une grande complexité des phénomènes chimiques, que l'on ne cerne pas encore complètement. Citons par exemple l'oxydation des sulfures et des ferrailles, des réactions d'hydratation, la formation de minéraux de ciments (hydrates de calcium silicaté), précipitation de sels, etc...

Dans les plateformes de traitement, on peut noter, à partir d'expériences effectuées par le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière), que **même à partir du moment où un mâchefer est reconnu Valorisable (voir plus loin), il continue à évoluer minéralogiquement et chimiquement.**

L'UTILISATION DES MIOM (VALORISATION)

Les mâchefers constituent une très faible proportion (autour de 1,5%) de matériaux utilisables en travaux publics.

Pour être utilisés, ils doivent subir un déferrailage, un criblage (tailles variables de 40, 60, 100mm selon l'utilisation envisagée), puis une maturation pour être éventuellement déclarés Valorisables.

Il est autorisé de les utiliser :

- dans les terrassements, remblais (épaisseur inférieure à 3m), couches de forme,
- dans les structures de chaussées et parking.

Il est interdit de les utiliser :

- dans les remblaiements de chaussées comportant des canalisations métalliques ou en construction de systèmes drainants,
- dans les zones inondables,
- à une distance inférieure à 30m d'un cours d'eau,
- à moins de 50cm du niveau des plus hautes eaux connues sur le lieu d'utilisation.

Les critères économiques sont liés au rapport entre le coût du transport vers les chantiers et le coût du granulat naturel. De ce fait, on assiste d'une part à une valorisation plus importante des mâchefers dans les régions pauvres en carrières à granulats (Nord et Ile de France), et d'autre part à un éloignement progressif des chantiers par rapport aux lieux de production. Ceci entraîne une difficulté grandissante de les utiliser, et les stocks s'accroissent.

En technique routière, ils sont utilisés surtout en soubassement de chaussées, mais pas dans la couche superficielle de roulement., car ils se déforment au cours du temps.

Il n'existe que très peu de retours d'expériences. Néanmoins, citons deux résultats obtenus.

- Lors d'expérimentations sur des plateformes d'essais simulant une chaussée où le MIOM est en couche de fondation, les concentrations relevées dans les eaux analysées ont dépassé les valeurs des seuils de potabilité pour les chlorures, les sulfates et le plomb.

- Sur un parc de stationnement avec utilisation de MIOM en couche de forme, on a fait l'observation étonnante suivante: alors qu'après 2 ans, l'influence de MIOM sur les eaux était modérée, on assiste après 12 ans, à un très fort relargage de zinc dans les eaux.

Utilisation de liants hydrauliques.

Afin de tenter de diminuer les risques de pollution des mâchefers valorisés, il existe de nombreuses tentatives de stabilisation des mâchefers par des liants hydrauliques. Néanmoins, les procédés sont loin de garantir une réelle stabilisation des métaux lourds dans le mâchefer ainsi traité. En effet, par exemple, la carbonatation naturelle du mâchefer au cours du temps produit à moyen et long terme, une dégradation des matériaux (vieillessement précoce). Il y a donc lieu de s'attendre, après un certain nombre d'années, à une libération des éléments polluants fixés par les phases détruites.

Il faut retenir en tous cas que les études des conséquences à long terme de ce phénomène sont quasiment inexistantes.

LA REGLEMENTATION : CLASSIFICATION DES MACHEFERS

La circulaire DDPR/SEI/BPSIED n° 94-IV du 9 mai 1994 (non publiée au J.O.) fixe les règles concernant le suivi de production, les conditions de valorisation et la stabilisation des MIOM.

Un classement des MIOM en 3 catégories est déduit :

- d'un test de lixiviation (3 lixiviats successifs), selon le protocole d'analyse X32-210, qui est sensé donner une évaluation de leur potentiel polluant (*attention: ceci n'est pas une analyse chimique du mâchefer, il s'agit de l'analyse d'une solution ayant traversé le mâchefer*),
- de l'évaluation du taux d'imbrûlés, après 4h de calcination à 500°C, et de la fraction soluble dans chacun des 3 lixiviats.

Les valorisables (V).

Les maturables (M): ils doivent passer par une phase de maturation de plusieurs mois, puis ils sont concassés et analysés. Si les résultats sont satisfaisants, les mâchefers sont déclarés valorisables. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsqu'ils

sont trop riches en polluants divers, les mâchefers sont déclarés stockables. Temps maximum de maturation= 12 mois

Les stockables (S): ils sont stockés dans une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés de classe II ou I selon leur potentiel polluant..

Catégories de mâchefers en fonction de leur potentiel polluant (tests de lixiviation)

Eléments (extraits)	Mâchefer V	Mâchefer M	Mâchefer S
Plomb	< 10 mg/kg	< 50 mg/kg	> 50 mg/kg
Cadmium	< 1 mg/kg	< 2 mg/kg	> 2 mg/kg
mercure	< 0,2 mg/kg	< 0,4 mg/kg	> 0,4 mg/kg
arsenic	< 2 mg/kg	< 4 mg/kg	> 4 mg/kg

Source : Circulaire du 9 mai 1994

QUELQUES CONCLUSIONS DES AUTEURS (Piantone et al, 2000)

- Il existe une méconnaissance de la chimie et de la minéralogie des MIOM.
- La distribution des métaux lourds dans les nombreuses phases minérales est mal connue et en conséquence, la mise en solution des métaux lourds est mal contrainte.
- Les données sur les dioxines-fluranes dans les MIOM sont rares et souvent confidentielles.
- Au niveau de l'évolution chimique et minéralogique des MIOM, on manque cruellement de retour d'expérience.
- **Pour un matériau très réactif comme les MIOM, l'utilisation d'un essai de lixiviation n'aura aucune valeur prédictive: le paramètre mesuré ne rendra compte que de l'état physico-chimique du MIOM au moment de la mesure**
- Sur le plan économique, l'utilisation des mâchefers n'est viable que dans les régions où le prix du granulat naturel est élevé, et le prix du transport devient vite prohibitif.

NOS CONCLUSIONS

(1) Les tests de lixiviation ne sont pas suffisamment représentatifs de la teneur en métaux lourds.

Illustrons ceci par la comparaison de 2 mâchefers (a et b) issus de 2 usines différentes (Damien, 1997). Le mâchefer (a) est déclaré valorisable (V), et le test de lixiviation a fourni 4,8 mg/kg de plomb (Pb), largement au dessous de la limite de 10 mg/kg (voir ci-dessus). Le mâchefer (b) est déclaré maturable (M), et le test de lixiviation a fourni plus de 2 fois plus de Pb (soit 10,9 mg/kg).

Néanmoins, les 2 mâchefers ont des teneurs en Pb pratiquement équivalentes, de 1,4 (a) et 1,5 (b) g/kg: l'un est Valorisable, l'autre non!

(2) Les tests de lixiviation n'ont de valeur qu'à l'instant de l'analyse.

Pour un même incinérateur, la forte variabilité dans le temps de la teneur en métaux lourds dans les mâchefers, en fonction de la nature (variable) des ordures ménagères, a pour conséquence une non représentativité des tests de lixiviation, effectués à une fréquence très insuffisante, de l'ordre du mois.

D'autre part, certains métaux lourds peuvent appartenir à des phases minérales parfaitement résistantes à la mise en solution au moment du test. En revanche, le MIOM étant très instable au cours du temps, ces mêmes métaux lourds peuvent se retrouver après plusieurs années dans d'autres phases minérales beaucoup plus vulnérables à l'action de l'eau. Ceci explique les pollutions parfois observées à partir de mâchefers valorisés (exemple de mâchefers valorisés provenant de l'incinérateur de Lunel-Viel (34) : teneur en plomb supérieure à la norme de l'eau potable (50 microgrammes /litre) jusqu'au 15^{ème} lavage, mesurée sur lixiviats ; information ICI-ROM c/o AVEC, BP 69, 34401 Lunel cedex).

(3) En conséquence, les MIOM déclarés Valorisables par les tests de lixiviation peuvent être porteurs de fortes concentrations en métaux lourds susceptibles de se libérer ultérieurement.

(4) La valorisation des mâchefers correspond à une exportation de pollution incontrôlable vers le milieu naturel, elle doit être stoppée d'urgence, en attendant des études plus approfondies sur les MIOM.

(5) Vu les énormes tonnages de MIOM concernés, ceux-ci doivent être stockés dans des sites présentant de fortes garanties d'étanchéité naturelle. Plusieurs centaines de tonnes de métaux lourds peuvent se retrouver présents dans ces sites.

A partir de la composition moyenne de 5 incinérateurs d'ordures ménagères en France (Damien, 1997), on peut estimer qu'un centre de stockage alimenté par environ 130 000t annuelles de mâchefers contiendra au bout de 10 ans de l'ordre de : 1800t de plomb, 23t de cadmium, 10t d'arsenic, 3t de mercure, etc...C'est tout simplement une véritable bombe à retardement.

Références des documents utilisés.

-

A. Damien. Etude des caractéristiques intrinsèques de certains déchets des usines d'incinération d'ordures ménagères et de déchets industriels spéciaux, édité par le Ministère de l'Ecologie et du développement durable, mars 1997 .

P. Piantone, Ph. Blanc et F. Bodéan. Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagère (MIOM). Etat de l'Art. BRGM/RP-50589-FR, et Ministère de l'Ecologie et du développement durable, décembre 2000.

Document réalisé par l'Association pour la Protection de l'Environnement des Hautes Vallées de l'Asse 04 330 BARREME