

# Récupération des métaux présents dans les cendres volantes issues d'UIOM

Une partie du module « Résidus de la combustion » de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). État 2023



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

# Récupération des métaux présents dans les cendres volantes issues d'UIOM

Une partie du module « Résidus de la combustion » de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). État 2023

# Impressum

## Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

## Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)  
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

## Auteurs

Rainer Bunge (Hochschule Rapperswil, HSR),  
Kaarina Schenk, division Déchets et matières premières (OFEV), David Hiltbrunner, division Déchets et matières premières (OFEV), Stefan Schlumberger (Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung, ZAR)

## Groupe d'accompagnement

Daniel Böni (Kehrichtverwertung Zürcher Oberland, KEZO)  
Stefan Eberhard (Deponie Häuli AG, DHZ), Urs Eggenberger (Université de Berne), Helen Gablinger (Hitachi Zosen Inova AG, HZI), Markus Juchli (Kehrichtverwertungsanlage Zuchwil, KEBAG), Ralf Koralewska (MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik), Leo Morf (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, ZH) Robin Quartier (Association suisse des exploitants d'installations de traitement des déchets, ASED), Beat Walker (Deponie Teuftal AG)

## Traduction

Service linguistique de l'OFEV

## Mise en page

Funke Lettershop AG

## Photo de couverture

Plaques de zinc

© Stefan Schlumberger, KEBAG

## Téléchargement au format PDF

[www.bafu.admin.ch/uv-1826-f](http://www.bafu.admin.ch/uv-1826-f)

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

1<sup>re</sup> édition actualisée 2023. 1<sup>re</sup> parution 2020.

© OFEV 2023

# Table des matières

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>Exécution par les cantons</b>	<b>22</b>	
<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>6</b>	7.1	Les résidus sont des déchets urbains	22
1.1	Contexte	6	7.2	Transfert	22
1.2	Bases légales	8	7.3	Dispositions transitoires prévues à l'art. 54, al. 3, OLED	22
1.3	Dispositions transitoires	9			
1.4	Objectifs et champ d'application	9	<b>8</b>	<b>Glossaire</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>État de la technique en matière d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes issues d'UIOM</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>Répertoires</b>	<b>24</b>
2.1	Acides (agent d'extraction)	10	9.1	Figures	24
2.2	Produits chimiques auxiliaires	12	9.2	Bibliographie	24
2.3	Filtrat	12			
2.4	Gâteau de filtration	13			
2.5	Eaux usées épurées	13			
<b>3</b>	<b>Exigences quantitatives posées à l'exploitation d'une installation d'extraction acide</b>	<b>14</b>			
3.1	Définition du taux de récupération	14			
3.2	Rendements d'extraction minimaux requis pour le plomb et le zinc	15			
3.3	Récupération du cadmium	16			
3.4	Récupération du cuivre	16			
<b>4</b>	<b>Dioxines et furanes</b>	<b>17</b>			
<b>5</b>	<b>Contrôle de la qualité</b>	<b>18</b>			
5.1	Preuve de la récupération	18			
5.2	Preuve de la compatibilité du gâteau de filtration avec les décharges	18			
5.3	Échantillonnage et mesures	19			
<b>6</b>	<b>Rapport et compétences techniques</b>	<b>21</b>			
6.1	Rapport	21			
6.2	Formation du personnel	21			

---

# Abstracts

The Ordinance on the Avoidance and the Disposal of Waste (ADWO, SR 814.600), stipulates that in plants where municipal waste or waste of comparable composition is incinerated, metals must be recovered from the Filter ash. The present part of the enforcement assistance module substantiates these requirements for Filter ashes from waste incineration plants (WIP). For metal recovery, the state of the art is described and the framework for the most uniform enforcement possible is given to the enforcement authorities and the affected organisations in industry.

L'ordonnance sur les déchets (OLED, RS 814.600) prévoit que, s'agissant des installations où sont incinérés des déchets urbains ou des déchets de composition analogue, les métaux contenus dans les cendres volantes doivent être récupérés. La présente partie du module d'aide à l'exécution précise les dispositions relatives aux cendres volantes issues d'usines d'incinération des ordures ménagères. Il décrit l'état de la technique en ce qui concerne cette récupération et offre aux autorités d'exécution ainsi qu'aux organisations économiques concernées une base sur laquelle se fonder en vue d'une exécution la plus uniforme possible.

Die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600), sieht vor, dass bei Anlagen, in denen Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung verbrannt werden, Metalle aus der Filterasche zurückgewonnen werden müssen. Der vorliegende Vollzugshilfemodulteil konkretisiert diese Vorgaben für Filteraschen aus Kehrichtverwertungsanlagen (KVA). Für die Metallrückgewinnung wird der Stand der Technik beschrieben und den Vollzugsbehörden sowie den betroffenen Organisationen der Wirtschaft der Rahmen für einen möglichst einheitlichen Vollzug gegeben.

L'ordinanza sulla prevenzione o lo smaltimento dei rifiuti (OPSR; RS 814.600) prevede che negli impianti in cui vengono inceneriti rifiuti urbani o altri rifiuti di composizione analoga, dalle ceneri dei filtri vengano recuperati i metalli. La presente parte del modulo dell'aiuto all'esecuzione concretizza tali prescrizioni per le ceneri dei filtri di impianti di incenerimento dei rifiuti urbani (IIRU). Esso descrive lo stato della tecnica per il recupero dei metalli e offre un quadro di riferimento alle autorità esecutive e alle organizzazioni di settore interessate per un'esecuzione il più possibile uniforme.

**Keywords:**

*waste treatment plant, Filter ash, boiler ash, flue gas cleaning residues, acid extraction, Filter cake, acid-washed Filter ash, extraction yield, metal recovery*

**Mots-clés :**

*usine d'incinération des ordures ménagères, cendres volantes, cendres de carnaux vides, cendres de chaudière, résidus de l'épuration des fumées, extraction acide, gâteau de filtration, cendres volantes traitées par lavage acide, rendement d'extraction, récupération des métaux*

**Stichwörter:**

*Kehrichtverwertungsanlage, Filterasche, Leerzugasche, Kesselasche, Rauchgasreinigungsrückstände, saure Extraktion, Filterkuchen, sauer gewaschene Filterasche, Extraktionsausbeute, Metallrückgewinnung*

**Parole chiave:**

*impianto di incenerimento dei rifiuti urbani, ceneri dei filtri, ceneri di canale radiante, ceneri di caldaia, residui di depurazione dei fumi, estrazione acida, torta di filtrazione, ceneri dei filtri lavate con acidi, rendimento di estrazione, recupero dei metalli*

---

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

En Suisse, les déchets urbains, les déchets de composition analogue, les boues d'épuration, les fractions combustibles des déchets de chantier et les autres déchets combustibles doivent être traités thermiquement dans des installations appropriées s'ils ne peuvent pas faire l'objet d'une valorisation matière. Les déchets urbains non recyclables sont donc principalement acheminés vers des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), où ils sont utilisés pour fournir de l'énergie, par exemple sous forme d'électricité et de chaleur destinée au chauffage à distance. Les résidus de l'incinération des ordures ménagères sont principalement des cendres de grille (« mâchefers »), des cendres volantes et des résidus issus de l'épuration des fumées. Les cendres volantes contiennent encore des quantités considérables de métaux, dont la récupération et le recyclage présentent un potentiel environnemental considérable. La valorisation matière des métaux récupérés représente un complément important à l'extraction des métaux à partir de minerais et contribue de manière déterminante à la fermeture durable de cycles des matières.

La présente partie de module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur les déchets (OLED, RS 814.600) concrétise les exigences posées à la récupération des métaux présents dans les cendres volantes issues d'UIOM et à l'élimination des résidus de traitement (gâteau de filtration). Elle offre aux cantons et aux organisations économiques concernées une base commune en vue d'une exécution la plus homogène possible. Ce document explicite les réglementations définitives que l'OLED prévoit à l'issue des délais transitoires pour la récupération des métaux présents dans les cendres volantes (art. 54, al. 3) et pour la teneur maximale en dioxines et furanes dans les résidus de combustion (art. 52b). Les règles s'appliquant durant la période transitoire sont traitées séparément.

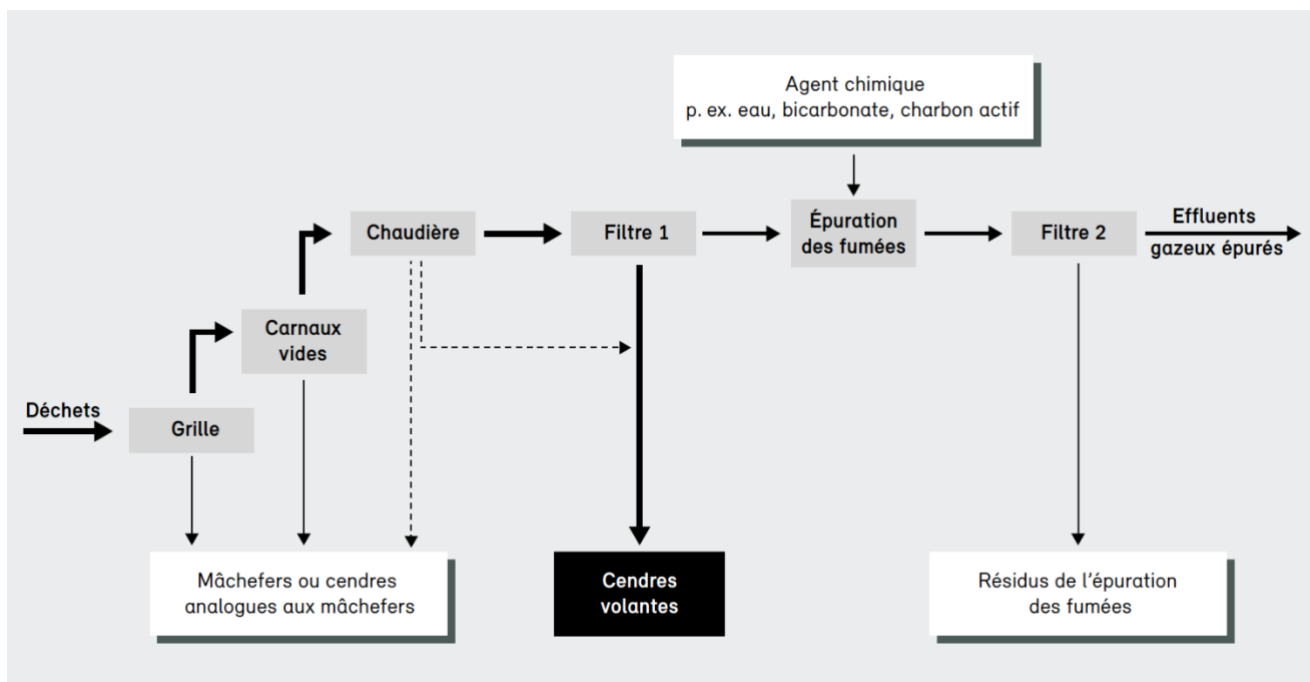
### 1.1.1 Procédés et flux des matières

Les résidus du traitement thermique des déchets dans une UIOM sont représentés schématiquement à la figure 1. En Suisse, le traitement thermique d'environ 4 millions de tonnes de déchets génère quelque 800 000 tonnes de mâchefers et près de 80 000 tonnes de cendres volantes. Les scories sont poussées hors du four par-dessus la grille. Ce faisant, une partie d'entre elles tombe à travers les éléments de la grille (chutes de grille), le reste étant évacué via le canal d'extraction sous forme de « mâchefers ». Les fumées s'échappant du foyer contiennent, d'une part, des particules solides entraînées et, d'autre part, des particules nouvellement formées dans le flux gazeux. Ces particules sont tout d'abord séparées par sédimentation dans les carnaux vides (cendres de carnaux vides) et dans la chaudière (cendres de chaudière). Puis, les cendres volantes sont récupérées dans une première étape de séparation ou de filtration (filtre 1). Une fois les cendres volantes éliminées, le flux des effluents est principalement gazeux. Après cette pré-épuration, les gaz nocifs (p. ex. HCl, SO<sub>2</sub>) sont éliminés du flux par voie sèche, quasi sèche ou humide dans le cadre de l'épuration des fumées. Pour ce faire, des agents chimiques tels que l'eau, le bicarbonate, la chaux ou le charbon actif peuvent être injectés dans le flux des effluents gazeux. Les substances solides ou liquides enrichies en polluants à séparer sont éliminées via une deuxième étape de séparation ou de filtration (filtre 2).

Dans ce qui suit, les flux des cendres de chaudière et des cendres volantes sont évalués à l'aune de la récupération des métaux effectuée en vertu de l'art. 32, al. 2, let. g, OLED.

Figure 1

Schéma d'une UIOM avec les résidus qu'elle génère : mâchefers, cendres volantes et résidus d'épuration des fumées



### 1.1.2 Cendres de carnaux vides et cendres de chaudière

Les cendres sédimentées dans les carnaux vides sont évacuées avec les mâchefers. Elles ne sont pas considérées comme des cendres volantes au sens de l'OLED. Les cendres déposées dans la chaudière sont considérées comme des mâchefers si elles ont une composition analogue. Si tel est le cas, elles peuvent être stockées définitivement dans les décharges de type D conformément à l'annexe 5, ch. 4.3, OLED. Si tel n'est pas le cas, les cendres de chaudière sont considérées comme des cendres volantes. La classification est basée sur la composition des cendres volantes délestées des métaux extractibles à l'acide (voir figure 2, ci-après appelées gâteau de filtration) dans des conditions normalisées (voir chap. 8, Glossaire [Métaux extractibles à l'acide]). Une fois les métaux extractibles à l'acide éliminés des cendres volantes conformément à l'état de la technique, le gâteau de filtration est mis en décharge avec les mâchefers traités, qui ont été débarrassés des particules métalliques (voir point 5.2, Preuve de la compatibilité du gâteau de filtration avec les décharges). Les autorités cantonales décident, sur la base de mesures comparatives, si les cendres de chaudière sont analogues à des mâchefers et, partant si elles doivent être acheminées vers la filière de traitement des mâchefers. Si elles ne sont pas classées comme mâchefers, elles sont considérées des comme cendres volantes au sens de l'OLED et doivent être traitées comme telles.

### 1.1.3 Cendres volantes

Les cendres volantes au sens de l'art. 32, al. 2, let. g, OLED sont des particules solides qui sont retenues par le filtre 1 (séparateur électrostatique ou filtre à manchon). En plus des composants minéraux et des sels solubles, elles contiennent environ 12 % en poids de métaux, soit quelque 9100 t, qui peuvent être utilisés comme matières premières secondaires (p. ex. zinc) ou présenter un risque pour l'environnement en tant que substances polluante (p. ex. cadmium). Le système de séparation des cendres volantes doit être conçu de telle sorte qu'aucune quantité importante de cendres volantes ne se retrouve dans la seconde étape du processus de séparation/filtration (filtre 2 de la figure 1) et que les métaux contenus dans les cendres volantes puissent être séparés conformément à l'état de la technique et faire l'objet d'une valorisation matière.

---

## 1.2 Bases légales

La loi sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01), la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20), l'ordonnance sur les déchets (OLED, RS 814.600) ainsi que l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201) contiennent les règles de base en vue d'une gestion des déchets respectueuse de l'environnement.

L'OLED comporte des prescriptions techniques et organisationnelles concernant la limitation, la valorisation, le traitement et le stockage définitif des déchets. Comme la loi de niveau supérieur sur la protection de l'environnement, elle a pour objectif de protéger l'environnement des atteintes nuisibles et incommodes dues aux déchets. En outre, l'ordonnance vise à promouvoir l'exploitation durable des matières premières naturelles par une valorisation des déchets respectueuse de l'environnement.

Les résidus du traitement thermique des déchets urbains sont considérés comme des déchets urbains. L'établissement et la mise en œuvre des plans de gestion des déchets ainsi que l'élimination des déchets urbains relèvent de la compétence des cantons (art. 31, 31a et 31b LPE). Ces derniers définissent des zones d'apport pour ces déchets et veillent à l'exploitation économique des installations d'élimination des déchets (voir chap. 7).

L'art. 32, al. 2, let. g, OLED exige que les détenteurs d'installations où sont incinérés des déchets urbains ou des déchets de composition analogue les exploitent de sorte que les métaux contenus dans les cendres volantes puissent être récupérés. Les cendres volantes issues d'UIOM dont les métaux ont été récupérés au préalable en vertu de l'art. 32, al. 2, let. g, OLED et les cendres volantes traitées par lavage acide peuvent être stockées définitivement dans des décharges et des compartiments de type B si leur teneur totale en dioxines (PCDD) et furanes (PCDF) ne dépasse pas 1 µg d'équivalents toxiques (TEQ) par kilogramme de matière sèche (MS) (annexe 5, ch. 4.2, OLED). Le stockage définitif dans des décharges et des compartiments de type C doit respecter, outre la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS<sup>1</sup> applicable aux PCDD et aux PCDF, toutes les autres exigences prévues à l'annexe 5, ch. 3.2 à 3.5, OLED. En outre, selon l'art. 26 OLED, les installations d'élimination des déchets doivent être construites et exploitées conformément à l'état de la technique. Cette disposition concerne donc également les installations d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes. En vertu de l'art. 26, al. 2, OLED, les détenteurs d'installations d'élimination des déchets existantes sont tenus de vérifier tous les dix ans que leurs installations soient conformes à l'état de la technique et de procéder, le cas échéant, aux adaptations nécessaires. La présente partie de module montre comment les détenteurs d'UIOM peuvent se conformer à cette obligation de récupération selon l'état de la technique et comment l'autorité d'exécution cantonale doit en contrôler le respect.

L'OEaux régit le déversement des eaux usées polluées. Conformément aux art. 6, al. 1, et 7, al. 1, OEaux, l'autorité permet le déversement d'eaux polluées si les exigences fixées à l'annexe 3 pour le déversement dans les eaux sont respectées. Les exigences posées aux eaux usées des UIOM sont définies à l'annexe 3.2, ch. 36, OEaux.

<sup>1</sup> Une valeur limite plus élevée s'applique aux dioxines et aux furanes jusqu'à fin 2026. Pour des explications détaillées, voir point 1.3.2.



---

## 1.3 Dispositions transitoires

### 1.3.1 Dispositions transitoires prévues à l'art. 54, al. 3, OLED (cendres volantes issues d'UIOM)

L'obligation énoncée à l'art. 32, al. 2, let. g, de récupérer les métaux contenus dans les cendres volantes résultant du traitement des déchets urbains et des déchets de composition analogue s'applique à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2026. Jusqu'à cette date, les cendres volantes peuvent être stockées définitivement dans des décharges ou des compartiments de type C ou exportées en vue de leur élimination dans des décharges souterraines, sous une forme conglomérée par des liants hydrauliques et sans récupération des métaux, à condition que les capacités de traitement disponibles pour la récupération soient toutes épuisées en Suisse.

### 1.3.2 Dispositions transitoires prévues à l'art. 52b (dioxines et furanes)

Les résidus du traitement thermique des déchets doivent contenir aussi peu de dioxines et de furanes que l'état de la technique le permet (annexe 5, ch. 3.3 et 4.2). La teneur maximale est de 3 µg TEQ par kg de MS jusqu'au 31 décembre 2026. À l'issue de ce délai, soit à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2027, la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS s'applique aux PCDD et aux PCDF en vertu de l'annexe 5, ch. 3.3 et 4.2, OLED.

## 1.4 Objectifs et champ d'application

Cette partie de module décrit l'état de la technique en matière d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes et vise à garantir une mise en œuvre harmonisée de l'obligation de récupération. Il a notamment pour objectif d'assurer une application uniforme des réglementations concernant les rendements d'extraction des métaux et la gestion des résidus.

L'introduction de l'obligation de récupération des métaux permet d'atteindre simultanément deux objectifs écologiques importants : d'une part, les polluants sont maintenus hors des décharges (« perspective de la pollution ») et, d'autre part, les métaux sont récupérés et réacheminés vers le cycle des matières (« perspective des matières premières »).

### 1.4.1 Perspective de la pollution

L'élimination des métaux lourds extractibles à l'acide permet de réduire la pollution potentielle introduite dans les décharges avec les cendres volantes, avant tout le mercure et le cadmium. Bien que le mercure ne soit présent qu'en faible concentration dans les cendres volantes en raison de sa volatilité, il s'accumule dans les résidus du traitement des effluents gazeux et peut être entraîné dans le gâteau de filtration par les eaux de lavage lors de l'extraction acide.

### 1.4.2 Perspective des matières premières

Le recyclage des métaux récupérés permet de remplacer des métaux qui devraient sinon être fournis par la production primaire à partir de minerai. La production de métaux à partir de minerai est beaucoup plus nuisible à l'environnement que leur production par recyclage. Tel est surtout le cas pour les métaux lourds que sont le zinc, le plomb et le cuivre. Leur extraction à partir de minerai provoque en effet de fortes pollutions de l'eau et de l'air dans les pays producteurs ; en outre, elle suppose une forte consommation d'énergie qui impacte le climat par les émissions de CO<sub>2</sub> qui y sont associées.

---

## 2 État de la technique en matière d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes issues d'UIOM

La récupération des métaux présents dans les cendres volantes s'effectue par extraction chimique par voie acide et humide avec des acides minéraux, suivie d'une valorisation des métaux séparés (voir figure 2).

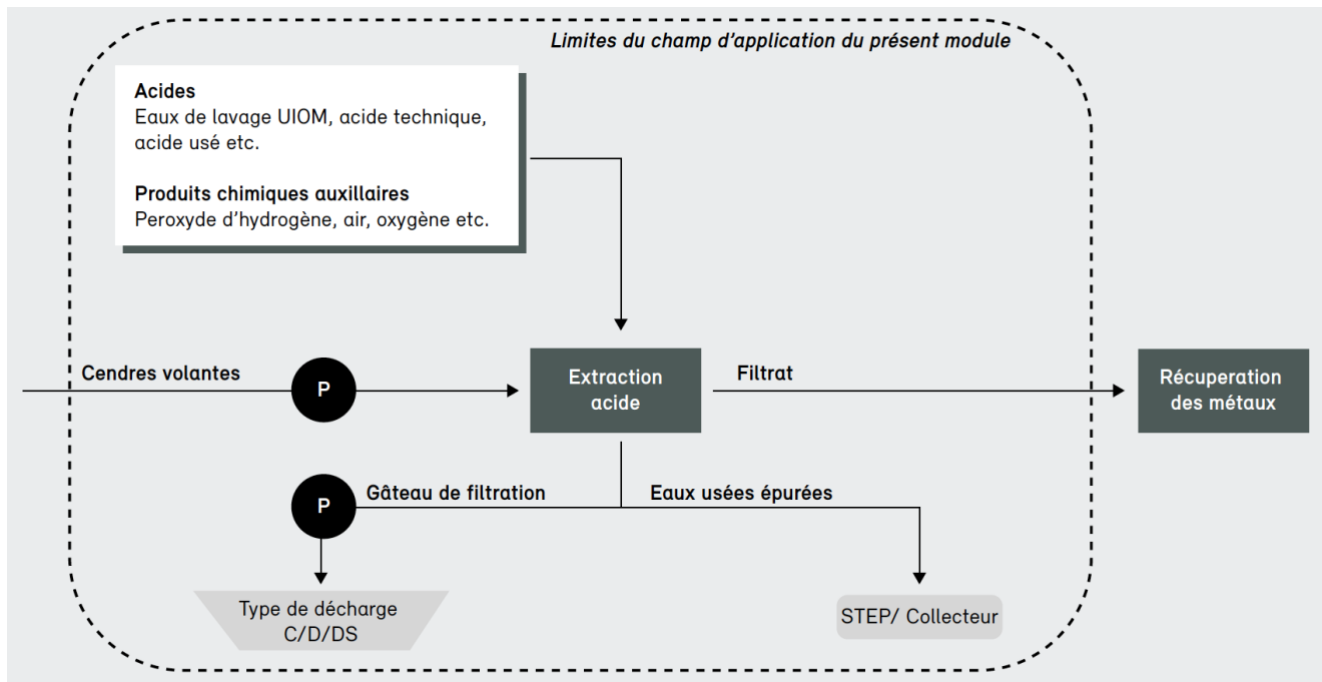
L'extraction acide génère un filtrat riche en métaux et les cendres volantes traitées (« gâteau de filtration »). Le gâteau de filtration est mis en décharge et le filtrat est acheminé vers l'étape suivante de la valorisation matière. La récupération des métaux présents dans le filtrat ou les boues d'hydroxyde qui en sont issues ne fait pas l'objet de la présente aide à l'exécution et n'est pas prise en compte dans la quantification de la récupération des métaux au sens de l'OLED. Toutefois, il doit être établi de manière plausible que les métaux lourds contenus dans le filtrat (p. ex. sous forme de boue d'hydroxyde) sont transmis pour traitement ultérieur à des entreprises qui peuvent récupérer ces métaux sous une forme appropriée et les réinjecter ensuite dans le cycle industriel.

### 2.1 Acides (agent d'extraction)

Comme agent d'extraction entrent en ligne de compte les eaux de lavage acides d'une UIOM épurant les fumées par voie humide, les acides minéraux techniques et les acides usés. L'utilisation d'un agent d'extraction ne doit pas introduire de polluants susceptibles d'être piégés dans le gâteau de filtration après le processus d'extraction. Cette règle concerne en particulier le mercure, qui peut être présent en quantités accrues dans les eaux de lavage acides ou dans les acides usés.

Figure 2

Représentation schématique de l'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes. Les deux endroits où des échantillons doivent être prélevés pour prouver le respect de l'obligation de récupération sont marqués d'un « P ».



### 2.1.1 Eaux de lavage

Les eaux usées provenant de l'épuration des fumées par voie humide (eaux de lavage acides) d'une UIOM peuvent être utilisées comme agent d'extraction. L'état de la technique en matière de préparation des eaux de lavage comme agent d'extraction suppose une séparation des étapes de lavage acide et neutre, les eaux usées issues de l'étape de lavage acide étant utilisées comme agent d'extraction après séparation du mercure. L'élimination du mercure doit être effectuée de manière à ne pas dépasser la valeur cible de 5 mg/kg MS de mercure dans le gâteau de filtration.

Les acides usés résultant de l'épuration des fumées par voie humide d'installations de traitement thermique des déchets et ne pouvant être utilisés sur place doivent être considérés comme des eaux de lavage acides d'une UIOM si les conditions suivantes sont réunies :

Aucune perception organoleptique de composants organiques ; dioxines/furanes < 1 ng TEQ par l ; concentration minimale d'acide chlorhydrique = 12 % ; part maximale de métaux lourds = 2 % ; concentration maximale de Hg = 0,01 mg/l ; concentration maximale de carbone organique dissous (COD) = 100 mg/l.

---

### 2.1.2 Acide technique

L'extraction acide des cendres volantes peut être effectuée avec un acide minéral technique tel que l'acide chlorhydrique dilué.

### 2.1.3 Acides usés

Les acides usés sont généralement classés comme déchets spéciaux ; par conséquent, l'interdiction de mélanger définie à l'art. 9 OLEO doit être respectée. L'utilisation d'un acide usé comme agent d'extraction est en principe techniquement possible pour autant qu'elle n'introduise aucun polluant supplémentaire dans le gâteau de filtration ou dans les eaux usées épurées.

En raison du risque de transfert de polluants, l'utilisation d'un acide usé comme agent d'extraction entraîne des restrictions en ce qui concerne la mise en décharge du gâteau de filtration (voir point 5.2, Preuve de la compatibilité du gâteau de filtration avec les décharges). Des exigences supplémentaires concernant la qualité du gâteau de filtration et des eaux usées épurées peuvent être imposées par le canton en fonction des polluants concernés (voir points 2.4 et 2.5).

## 2.2 Produits chimiques auxiliaires

Pour parvenir au rendement d'extraction requis pour le plomb, il est généralement nécessaire d'utiliser un oxydant (p. ex. peroxyde d'hydrogène, air, oxygène, etc.) lors de l'extraction acide (voir chap. 3, Exigences quantitatives). L'extraction du cadmium et du cuivre est également améliorée par l'utilisation d'oxydants.

## 2.3 Filtrat

Le filtrat résultant de l'extraction acide contient les métaux dissous. Il constitue le matériau de départ pour la récupération des métaux présents dans les cendres volantes. Il est traité au cours d'étapes ultérieures de sorte que les métaux soient récupérés et valorisés. La récupération est effectuée soit directement à partir du filtrat (p. ex. sous forme de produits métalliques), soit indirectement à partir du produit de précipitation que sont les boues d'hydroxyde. Toutefois, ces étapes du processus ne relèvent pas du champ d'application de la présente aide à l'exécution (voir figure 2).

---

## 2.4 Gâteau de filtration

Après déshydratation et relavage, le résidu de l'extraction acide, insoluble dans l'acide, constitue le gâteau de filtration (également appelé « cendres volantes traitées par lavage acide »). Les exigences s'appliquant à la qualité du gâteau de filtration en vue du stockage définitif sont fonction de l'agent d'extraction utilisé (voir point 5.2, Preuve de la compatibilité du gâteau de filtration avec les décharges). Si l'agent d'extraction utilisé est un acide usé au sens du point 2.1.3, il y a lieu d'empêcher, par des mesures appropriées, tout transfert de polluants qu'il contient dans le gâteau de filtration. Des exigences de qualité supplémentaires ou plus strictes peuvent être fixées par le canton selon la nature des polluants présents.

## 2.5 Eaux usées épurées

Les eaux usées traitées et épurées dans le cadre du processus doivent être débarrassées de tous les polluants dans une mesure telle que les exigences de l'OEaux posées aux entreprises d'approvisionnement et d'élimination (annexe 3.2, ch. 36, OEaux) soient respectées. Elles contiennent des sels alcalins et alcalino-terreux solubles dans l'acide, principalement présents sous forme de chlorures.

Si l'agent d'extraction utilisé est un acide usé au sens du point 2.1.3, des mesures appropriées doivent être prises pour éviter que les polluants qu'il contient ne se retrouvent dans les eaux usées épurées. Des exigences de qualité supplémentaires ou plus strictes peuvent être fixées par le canton selon la nature des polluants présents.

# 3 Exigences quantitatives posées à l'exploitation d'une installation d'extraction acide

## 3.1 Définition du taux de récupération

La récupération des métaux consiste en un processus à deux étapes : (1) l'extraction acide et (2) la valorisation matière. L'obligation de preuve s'applique seulement au résultat quantitatif de l'extraction acide (voir point 3.2, Rendement d'extraction requis), la valorisation matière ne devant quant à elle être attestée que par une documentation témoignant de l'acheminement des métaux extraits vers une filière de valorisation matière (voir point 5.1, Preuve de la récupération).

Le rendement d'extraction d'un métal est calculé à l'aide de la charge métallique du gâteau de filtration sec en relation avec la charge métallique des cendres volantes sèches. L'équation (1) exprime le bilan massique. Le taux d'extraction ( $\eta_{\text{mét}}$ ) pour un métal donné est exprimé par l'équation (2). En y introduisant la charge métallique, qui est le produit du débit massique et de la concentration métallique  $c_{\text{mét}}$ , on obtient l'équation (3).

$$\dot{m}_{\text{cendres volantes}} = \dot{m}_{\text{filtrat}} + \dot{m}_{\text{gâteau de filtration}} \quad (\text{éq. 1})$$

$$\eta_{\text{mét.}} = \frac{\text{charge mét.cendres volantes} - \text{charge mét.gâteau de filtration}}{\text{charge mét.cendres volantes}} = 1 - \frac{\text{charge mét.gâteau de filtration}}{\text{charge mét.cendres volantes}} \quad (\text{éq. 2})$$

$$\eta_{\text{mét}} = 1 - \frac{\dot{m}_{\text{gâteau de filtration}} \times C_{\text{mét.gâteau de filtration}}}{\dot{m}_{\text{cendres volantes}} \times C_{\text{mét,cendres volantes}}} = 1 - \left[ \frac{\dot{m}_{\text{gâteau de filtration}}}{\dot{m}_{\text{cendres volantes}}} \times \frac{C_{\text{mét.gâteau de filtration}}}{C_{\text{mét,cendres volantes}}} \right] \quad (\text{éq. 3})$$

En pratique, le débit massique des cendres volantes ou du gâteau de filtration n'est pas mesuré par gravimétrie dans de nombreuses UIOM. Afin de pouvoir déterminer facilement le rendement d'extraction requis, il convient alors d'utiliser l'effet de la diminution spécifique de la masse durant l'extraction à l'acide. Lors de l'extraction acide des cendres volantes, d'autres éléments que les métaux décrits ci-dessus sont dissous sous forme de sels. Par conséquent, la masse du gâteau de filtration par rapport à la matière sèche est inférieure à celle correspondante des cendres volantes. Cette diminution de masse se traduit par une augmentation, dans le gâteau de filtration, des concentrations d'éléments chimiques non solubles (« inertes ») dans l'acide et peut être calculée à partir de la valeur moyenne des rapports de concentration  $C_{\text{cendres volantes}} / C_{\text{gâteau de filtration}}$  des 10 éléments inertes suivants ( $i = 1 \dots 10$ ) : As, Ba, Cr, Fe, Ni, P, Sb, Sn, Si et Ti.

$$\frac{\dot{m}_{\text{gâteau de filtration}}}{\dot{m}_{\text{cendres volantes}}} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{C_{i,\text{cendres volantes}}}{C_{i,\text{gâteau de filtration}}} \quad (\text{éq. 4})$$

**Exemple : Calcul du rendement d'extraction du plomb**

Hypothèses : un échantillon de cendres volantes présente une concentration en plomb de 10 g/kg MS et le gâteau de filtration correspondant, une concentration en plomb de 3 g/kg MS. L'analyse des éléments chimiques inertes donne, selon l'équation (4), une valeur moyenne pour la diminution de masse exprimée par le rapport  $m_{\text{gâteau de filtration}} / m_{\text{cendres volantes}}$  égale à 0,6.

Calcul du rendement d'extraction : 1 kg de cendres volantes sèches (avec 10 g/kg MS Pb) a généré 0,6 kg de gâteau de filtration sec (avec 3 g/kg MS Pb). Il ressort que la charge de plomb dans le gâteau de filtration n'est plus que de 1,8 g alors qu'elle était de 10 g dans les cendres volantes. Le rendement d'extraction du plomb est donc égal à  $1 - (1,8 / 10)$ , soit 0,88, c'est-à-dire 82 %. Le même résultat est obtenu directement à partir de l'équation (5) :  $1 - (3 / 10 \times 0,6) = 0,82 = 82 \%$ .

En combinant les équations (3) et (4), on obtient l'équation (5) pour calculer le rendement d'extraction requis :

$$\eta_{\text{mét}} = 1 - \left[ \frac{C_{\text{mét,gâteau de filtration}}}{C_{\text{mét,cendres volantes}}} \times \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{C_{i,\text{cendres volantes}}}{C_{i,\text{gâteau de filtration}}} \right] \quad (\text{éq. 5})$$

**3.2 Rendements d'extraction minimaux requis pour le plomb et le zinc**

Le plomb et le zinc, qui sont des métaux lourds, sont des matières premières secondaires potentiellement récupérables à partir des cendres volantes (perspective des matières premières). Le gain écologique du recyclage des métaux provient principalement de la substitution de l'extraction des métaux du minerai primaire. De plus, il y a lieu de relever l'avantage écologique que présente la limitation des émissions à long terme, dans l'environnement, de métaux lourds provenant des décharges.

Les rendements minimaux requis en ce qui concerne l'extraction du plomb et du zinc à partir des cendres volantes sont déterminés conformément à l'état de la technique comme suit :

**Rendement d'extraction minimal requis pour le plomb :**  $\eta_{\text{Pb}}[\%] = 48 + 0,88 \times [\text{Pb}]$  (éq. 6)

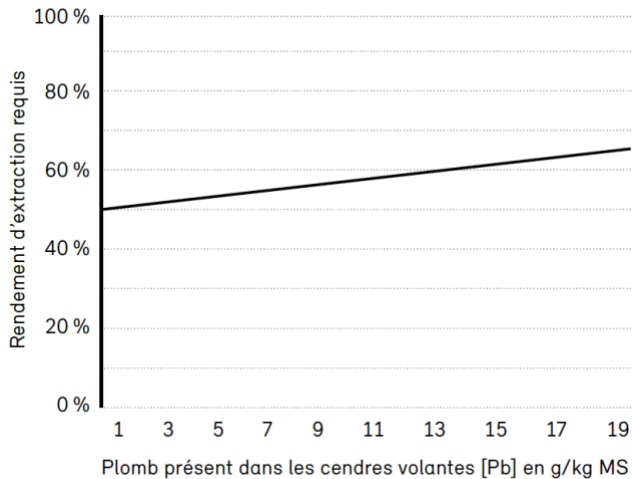
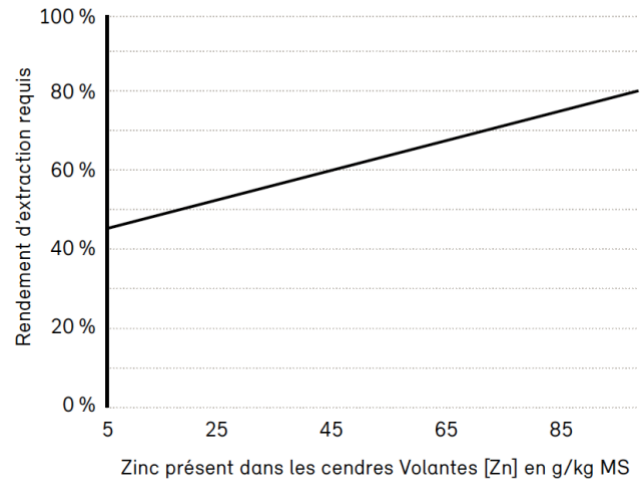
où [Pb] est la teneur en plomb des cendres volantes en g/kg MS. Pour les cendres volantes avec [Pb] < 1 g/kg MS, aucune récupération n'est nécessaire.

**Rendement d'extraction minimal requis pour le zinc :**  $\eta_{\text{Zn}}[\%] = 42 + 0,38 \times [\text{Zn}]$  (éq. 7)

où [Zn] est la teneur en zinc des cendres volantes en g/kg MS. Pour les cendres volantes avec [Zn] < 5 g/kg MS, aucune récupération n'est nécessaire.

Les équations (6) et (7) sont représentées graphiquement aux figures 3 et 4.

L'exigence fixée à l'art. 32, al. 2, let. g, OLED est réputée satisfaite si les taux minimaux de récupération à partir des cendres volantes ont été atteints selon les équations (6) et (7) et si les métaux ainsi récupérés ont été acheminés vers une filière de valorisation matière.

**Figure 3****Rendement d'extraction minimal requis pour le plomb****Figure 4****Rendement d'extraction minimal requis pour le zinc**

### 3.3 Récupération du cadmium

La détermination d'un rendement d'extraction n'est pas nécessaire pour le cadmium, celui-ci étant récupéré en même temps que le plomb pour des raisons techniques liées au procédé. Le plomb est donc considéré comme un paramètre clé pour déterminer le rendement d'extraction requis aussi bien pour le plomb que pour le cadmium. Un rendement en cadmium > 85 % peut généralement être obtenu à partir des cendres volantes en opérant conformément à l'état de la technique.

### 3.4 Récupération du cuivre

Outre le zinc, le plomb et le cadmium, les cendres volantes contiennent également du cuivre. Les premières installations d'extraction acide de ce métal lourd sont déjà en service. Les installations existantes de récupération des métaux présents dans les cendres volantes qui n'extraient pas encore le cuivre sont tenues, en vertu de l'art. 26 OLE, de faire le point sur l'état de la technique à cet égard. Les éventuelles exigences quantitatives concernant la récupération du cuivre présent dans les cendres volantes seront définies dans une future version révisée de la présente aide à l'exécution. Lors de la construction de nouvelles usines, la possibilité de récupérer le cuivre devrait cependant être prévue à titre préventif.



---

## 4 Dioxines et furanes

La récupération des métaux présents dans les cendres volantes issues d'UIOM a débuté en 1997. Depuis cette année, une grande partie de ces cendres a déjà été soumise à une extraction acide, et les gâteaux de filtration produits au cours du processus, dont une partie présente une teneur totale accrue en dioxines et furanes (PCDD et PCDF) – ci-après simplement appelés « dioxines » – ont été stockés définitivement dans des décharges de type D. Cette élimination, conforme à la législation jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2016, était donc pratiquée depuis des années et n'a eu aucun effet néfaste sur l'homme ou l'environnement. En particulier, aucune contamination par les dioxines n'a été trouvée dans les lixiviats des décharges. Les dioxines ne sont guère mobiles dans les conditions que connaissent les décharges de type D ; elles ne peuvent être mobilisées que sous l'influence de composés organiques, qui ne sont toutefois pas autorisés dans les décharges de ce type. Dans ce contexte, il importe de relever qu'une valeur de concentration maximale est tolérée pour les dioxines. La masse des cendres volantes ayant subi une extraction acide est inférieure de 20 à 50 % à celle des cendres volantes non traitées, le processus d'extraction conduisant à l'élimination non seulement des métaux mais également des sels solubles. Comme les dioxines ne sont pas solubles dans les conditions du procédé, elles sont présentes sous une forme enrichie dans le gâteau de filtration, car la masse de ce dernier est inférieure à celle des cendres. La situation est analogue à celle des éléments chimiques inertes, comme décrit au point 3.1 (Définition du taux de récupération) (voir aussi équation [4]). Cependant, la charge en dioxines reste la même, aucune dioxine supplémentaire n'étant produite lors de l'extraction acide des cendres volantes issues d'UIOM.

Les cendres volantes issues d'UIOM extraites par voie acide ne peuvent être stockées définitivement dans des décharges de type C ou D que si la teneur totale en PCDD et PCDF ne dépasse pas la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS<sup>2</sup> fixée à l'annexe 5, ch. 3.3 et 4.2, OLED. L'autorité compétente veille à ce qu'un contrôle régulier de la teneur en dioxines soit effectué à cet égard. Si cette valeur limite est dépassée en ce qui concerne les cendres volantes extraites à l'acide, il est nécessaire de soumettre lesdites cendres à un traitement supplémentaire avant de les stocker définitivement dans les deux types de décharges afin de séparer les dioxines dans un premier temps et de les détruire ensuite. La personne qui remet des cendres volantes ayant subi un lavage acide doit prouver à l'exploitant de la décharge au moyen d'analyses d'un échantillon composé semestriel (voir point 5.3, Échantillonnage) que la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS applicable aux PCDD et PCDF est respectée conformément à l'annexe 5, ch. 3.3 et 4.2, OLED.

Une solution alternative consiste à réacheminer les cendres volantes ayant subi une extraction acide, soit en totalité soit en fractions partielles enrichies, dans le four de l'UIOM aux fins de destruction des dioxines. Il est prouvé que le réacheminement n'augmente pas la teneur en PCDD et PCDF des mâchefers générés. La personne qui remet des mâchefers n'est pas tenue de l'attester par des analyses.

2 Une valeur limite plus élevée s'applique aux dioxines et aux furanes jusqu'à fin 2026. Pour des explications détaillées, voir point 1.3.2.

---

# 5 Contrôle de la qualité

## 5.1 Preuve de la récupération

Il appartient aux détenteurs des UIOM dont l'exploitation génère des cendres volantes de veiller au respect des dispositions de l'art. 32, al. 2, let. g, OLED. En cas d'exploitation d'une installation d'extraction acide, la teneur en métal des cendres volantes et du gâteau de filtration peut être analysée directement et les rendements d'extraction qui en découlent peuvent être prouvés.

Si les cendres volantes sont soumises à une extraction acide dans une installation externe, les preuves correspondantes doivent être demandées auprès de celle-ci.

Dans tous les cas, une documentation doit attester l'acheminement des métaux extraits vers une filière de valorisation matière.

## 5.2 Preuve de la compatibilité du gâteau de filtration avec les décharges

Les détenteurs des installations d'extraction acide sont également les détenteurs du gâteau de filtration résultant de l'extraction. Les exigences de qualité s'appliquant audit gâteau en vue du stockage définitif sont fonction de l'agent d'extraction utilisé.

### 5.2.1 Extraction avec des eaux de lavage acides ou un acide technique

Lorsque l'extraction est effectuée avec des eaux de lavage acides ou un acide technique, le gâteau de filtration est considéré comme des cendres volantes traitées au sens de l'annexe 5, ch. 4.1, let. a, OLED. Le stockage définitif peut être effectué dans des décharges et des compartiments de type D à condition que la teneur totale en PCDD et PCDF ne dépasse pas 1 µg TEQ par kg MS<sup>3</sup> (annexe 5, ch. 4.2, OLED). La personne qui remet des cendres volantes ayant subi une extraction acide doit prouver à l'exploitant de la décharge, au moyen d'analyses d'un échantillon composé semestriel (voir point 5.3, Échantillonnage), que la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS applicable aux PCDD et PCDF est respectée conformément à l'annexe 5, ch. 4.2, OLED.

3 Une valeur limite plus élevée s'applique aux dioxines et aux furanes jusqu'à fin 2026. Pour des explications détaillées, voir point 1.3.2.

---

En vertu de l'annexe 5, ch. 3.1, let. a, OLED, le stockage définitif dans les décharges et les compartiments de type C est également autorisé si les exigences formulées à l'annexe 5, ch. 3.2 à 3.4, OLED sont toutes respectées. La personne qui remet des cendres volantes ayant subi une extraction acide doit prouver à l'exploitant de la décharge, au moyen d'analyses d'un échantillon composé semestriel (voir point 5.3, Échantillonnage), que la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS fixée à l'annexe 5, ch. 3.3, OLED pour les PCDD et PCDF ainsi que toutes les autres exigences figurant aux ch. 3.2 et 3.4 OLED sont respectées.

Les cendres volantes ayant subi une extraction acide dont la teneur en PCDD et PCDF dépasse la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS doivent être soit post-traitées de manière à ce que les PCDD et PCDF soient détruits, soit éliminées dans des décharges souterraines.

### **5.2.2 Extraction à l'acide usé au sens du point 2.1.3**

Si l'extraction est effectuée avec un acide usé, il existe un risque de transfert de la charge polluante dudit acide vers le gâteau de filtration ou les eaux usées. Le gâteau de filtration résultant d'une telle extraction ne doit donc être traité ni comme des cendres volantes mentionnées à l'annexe 5, ch. 4.1, let. a, OLED ni être éliminé dans des décharges et des compartiments de type D en tant que « cendres volantes traitées par lavage acide » au sens de l'annexe 5, ch. 4.1, let. e, OLED.

En vertu de l'annexe 5, ch. 3.1, let. a, OLED, le stockage définitif dans les décharges et les compartiments de type C n'est autorisé que si les exigences formulées à l'annexe 5, ch. 3.2 à 3.3, OLED sont toutes respectées et que les autorités cantonales n'ont pas fait valoir d'autres polluants pertinents. Le stockage définitif dans des décharges et compartiments de type E est conditionné au respect de toutes les valeurs limites fixées à l'annexe 5, ch. 5.2.

Les cendres volantes ayant subi un lavage acide dont la teneur en PCDD et PCDF dépasse la valeur limite de 1 µg TEQ par kg MS<sup>4</sup> doivent être soit post-traitées de manière à ce que les dioxines soient détruites soit éliminées dans des décharges souterraines.

## **5.3 Échantillonnage et mesures**

S'agissant des cendres volantes et des gâteaux de filtration, des échantillons composés sont prélevés tous les six mois pour vérifier les rendements d'extraction du plomb et du zinc et pour s'assurer que les valeurs limites s'appliquant en vue du stockage définitif sont respectées. Les exploitants d'installations d'extraction de métaux sont responsables de la manière dont les échantillons composés représentatifs ont été obtenus, en particulier en ce qui concerne les quantités et le nombre d'incrémentes, ainsi que le moment de l'échantillonnage, et doivent le documenter précisément.

<sup>4</sup> Une valeur limite plus élevée s'applique aux dioxines et aux furanes jusqu'à fin 2026. Pour des explications détaillées, voir point 1.3.2.

---

Pour un échantillonnage uniforme et représentatif, il y a lieu de prendre en considération les incréments d'échantillonnage minimaux décrits ci-après.

- Dans le cas des installations d'extraction qui traitent les cendres volantes provenant d'une seule UIOM, les échantillons de cendres volantes et de gâteau de filtration sont prélevés par tranches de 25 au moins sous la forme d'un échantillon composé semestriel. L'échantillonnage doit être uniformément réparti sur cette période.
- Pour les installations d'extraction qui traitent les cendres volantes de plusieurs UIOM, le nombre d'échantillons à prélever est déterminé par la quantité de cendres volantes traitées. Au moins 25 incréments de cendres et de gâteau de filtration multipliés par la quantité de cendres volantes traitées doivent être prélevés sous forme d'échantillon composé semestriel. L'échantillonnage doit être uniformément réparti sur cette période. Exemple : dans le cas de quatre charges de cendres volantes de différentes UIOM,  $4 \times 25$  soit 100 incréments de cendres volantes et de gâteau de filtration doivent être pris par semestre.

Dans les deux cas, deux échantillons composés – cendres volantes et gâteau de filtration – doivent être analysés tous les six mois.

D'autres bases d'un échantillonnage représentatif sont définies dans le module d'aide à l'exécution de l'OFEV intitulé « Échantillonnage des déchets solides ».

Pour déterminer le rendement d'extraction relatif aux cendres volantes et au gâteau de filtration, il y a lieu de mesurer, par rapport à la matière sèche, au moins la teneur totale relative à chacun des paramètres suivants :

- éléments soumis à l'obligation de preuve : zinc, plomb ;
- autres métaux lourds extractibles par voie acide : cadmium, cuivre ;
- éléments inertes : antimoine, arsenic, baryum, chrome, fer, nickel, phosphore, silicium, titane, étain.

Pour évaluer les critères de qualité s'appliquant au gâteau de filtration en vue du stockage définitif dans les décharges, il y a lieu de mesurer également au moins la teneur totale, basée sur la matière sèche, des paramètres suivants :

- mercure ;
- PCDD et PCDF calculés à partir des TEQ, et
- autres exigences visées à l'annexe 5, ch. 3.2 à 3.4, et à l'annexe 5, ch. 5, OLED lorsque des acides usés ont été utilisés pour la récupération des métaux présents dans les cendres volantes.

Les analyses sont effectuées conformément à l'aide à l'exécution de l'OFEV intitulé « Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués ».

---

# 6 Rapport et compétences techniques

## 6.1 Rapport

Les détenteurs d'installations d'élimination des déchets qui récupèrent les métaux présents dans les cendres volantes issues d'UIOM doivent soumettre à l'autorité cantonale, conformément aux art. 32, al. 2, let. g, OLED et 27, al. 1, let. c, OLED ainsi qu'au module de l'aide à l'exécution de l'OFEV intitulé « Rapports selon l'OLED », au plus tard le 28 février de chaque année, un rapport sur la récupération des métaux pour l'année civile précédente comportant les indicateurs clés suivants :

1. une brève description de l'installation d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes avec des commentaires sur les modifications éventuelles apportées au cours de la période sous rapport ;
2. les flux massiques (déchets, produits, matières auxiliaires utilisées, y c. preuve de la conformité aux exigences quantitatives) ;
3. la documentation attestant que les métaux extraits des cendres volantes ont été acheminés vers une filière de valorisation matière ;
4. la preuve d'élimination, y compris de l'élimination des déchets résiduels (p. ex. gâteau de filtration, boues d'hydroxyde, mâchefers en provenance du processus waelz) ;
5. les résultats des tests de qualité effectués conformément à la présente aide à l'exécution, y compris les résultats de l'analyse des PCDD et PCDF des cendres volantes traitées par lavage acide.

L'autorité cantonale transmet les données plausibilisées à l'OFEV au plus tard le 30 juin de chaque année.

## 6.2 Formation du personnel

Les détenteurs d'installations d'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes doivent, conformément à l'art. 27, al. 1, let. f, OLED, veiller à ce qu'eux-mêmes et leur personnel disposent des connaissances techniques nécessaires pour exploiter les installations dans les règles de l'art.

---

# 7 Exécution par les cantons

## 7.1 Les résidus sont des déchets urbains

Les résidus du traitement thermique des déchets urbains, à savoir les mâchefers produits et les résidus traités ou non traités issus de l'épuration des fumées d'une UIOM, sont considérés comme des déchets urbains. En vertu du monopole d'élimination (art. 31*b*, al. 1, 1<sup>re</sup> phrase, LPE), les cantons sont habilités à éliminer les déchets urbains et sont tenus de le faire. L'obligation d'élimination incombant aux pouvoirs publics comprend l'obligation de transférer ou de faire transférer les déchets urbains en vue de la valorisation ou du stockage et d'assurer les collectes, transports et stockages provisoires nécessaires (art. 7, al. 6<sup>bis</sup>, LPE). Le traitement thermique des ordures ménagères dans les UIOM ne constitue que l'étape préalable de l'élimination. Les déchets doivent ensuite être transférés pour être valorisés ou stockés définitivement (dernière étape). L'ensemble de ces activités relèvent de la compétence des cantons.

Ainsi, ce sont les pouvoirs publics qui sont responsables des cendres volantes issues du traitement des déchets urbains. En l'espèce, il s'agit des communes et des cantons. Par ailleurs, les art. 31 et 31*a* LPE règlent l'établissement des plans de gestion des déchets et la collaboration entre les cantons dans le domaine de l'élimination des déchets. Les cantons définissent les zones d'apport de ces déchets et veillent à la rentabilité des installations d'élimination.

## 7.2 Attribution

L'art. 54, al. 3, OLED prévoit que les capacités disponibles pour la récupération des métaux doivent être pleinement exploitées. En vertu du monopole d'élimination et sur la base des plans de gestion des déchets, les cantons sont donc tenus d'utiliser si nécessaire le droit d'attribution qui leur est octroyé et d'attribuer à cette fin les cendres volantes non traitées issues d'UIOM vers des installations existantes, même si celles-ci sont situées en dehors de leur territoire. Cette obligation d'attribution concerne à la fois les installations de traitement techniquement liées à une UIOM et les installations en Suisse qui sont exploitées séparément. La Confédération ne jouit pas d'un tel droit d'attribution. En revanche, s'il apparaît que les cantons ne satisfont pas suffisamment à leur obligation d'attribution, elle peut prendre des mesures relevant du droit de surveillance et, le cas échéant, entreprendre elle-même les attributions.

## 7.3 Dispositions transitoires prévues à l'art. 54, al. 3, OLED

Durant la période transitoire, à savoir jusqu'au 31 décembre 2025, les capacités disponibles des installations de lavage acide (FLUWA) doivent être complètement exploitées en vue de la récupération des métaux. En d'autres termes, les cendres volantes peuvent être stockées définitivement, sous une forme conglomérée par des liants hydrauliques, dans des décharges ou des compartiments de type C sans récupération des métaux, à condition que les capacités de traitement disponibles pour la récupération soient toutes épuisées en Suisse. Une autorisation d'exportation en vue du stockage définitif dans une décharge souterraine ne peut être octroyée par l'OFEV que s'il est prouvé que ces capacités sont épuisées en Suisse. Par ailleurs, les projets FLUWA non réalisés doivent l'être avant l'échéance du délai ; la mise en œuvre incombe aux cantons.

---

## 8 Glossaire

**Cendres volantes**

Cendres volantes issues d'UIOM

**Gâteau de filtration**

Cendres volantes délestées de leurs métaux par extraction acide (cendres volantes traitées par lavage acide ou cendres volantes extraites à l'acide)

**Boues d'hydroxydes**

Concentré de métal séparé du filtrat par précipitation chimique humide (p. ex. augmentation de la valeur du pH).

**Cendres de chaudières**

Particules de cendres et matériaux collés sédimentés qui sont rejetés dans la zone de la chaudière.

**Usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM)**

Installation pour le traitement thermique des déchets urbains et des déchets de composition analogue

**Cendres de carnaux vides**

Particules de cendres et matériaux collés sédimentés qui sont rejetés directement après la chambre de combustion dans la zone de la chaudière « vide ».

**Fumées**

Effluents gazeux quittant le foyer

**Résidus de l'épuration des fumées**

Tous les résidus solides ou liquides issus de l'épuration des fumées

**Fractions de métaux extractibles à l'acide**

Fractions métalliques extractibles, dans des essais de laboratoire, par extraction avec de l'acide chlorhydrique à 5 %, à une température de 60 °C, avec un temps de réaction de 60 minutes, à pH 3,0 au maximum, le rapport solide/ liquide étant de 1 : 4 (cendres volantes : acide chlorhydrique à 5 %) et le potentiel redox au moins de + 400 mV. Avant l'analyse, le gâteau de filtration doit subir un lavage avec de l'eau entièrement dessalée (rapport solide/eau : 1 : 4).

**Mâchefers**

Résidu solide de l'incinération des ordures ménagères tombant de la grille et qui est éliminé via le bac de réception des mâchefers (cendres de grille).

---

# 9 Répertoires

## 9.1 Figures

### Figure 1

Schéma d'une UIOM avec les résidus qu'elle génère : mâchefers, cendres volantes et résidus d'épuration des fumées

### Figure 2

Représentation schématique de l'extraction acide des métaux à partir des cendres volantes

### Figure 3

Rendement d'extraction minimal requis pour le plomb

### Figure 4

Rendement d'extraction minimal requis pour le zinc

## 9.2 Bibliographie

LPE : Loi du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01)

LEaux : Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20)

OLED : Ordonnance du 4 décembre 2015 sur les déchets (OLED, RS 814.600)

OEaux : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (RS 814.201)

OFEV (éd.) 2013 : Détermination des valeurs de concentration et des valeurs limites. Aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur les sites contaminés et à l'ordonnance sur le traitement des déchets. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1333 : 21 p.

OFEV (éd.) 2017 : Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués. État 2017. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1715 : 81 p.

OFEV (éd.) 2019 : Échantillonnage des déchets solides. Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1826 : 92 p.

OFEV (éd.) 2019 : Rapports selon l'OLED. Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1826 : 67 p.