



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie

Manutention et logistique des cendres : état des lieux et bonnes pratiques

Réalisé avec le soutien de l'ADEME

Résumé :

Ce document présente les différents aspects de la logistique des cendres : évacuation, manutention et transport et souligne leur importance pour la valorisation des cendres. Le document recense les solutions de transfert et de stockage des cendres et établit, à l'aide des retours d'expérience de plusieurs professionnels, différentes recommandations. Le document accorde aussi de l'importance à la prise en compte de la sécurité du personnel en contact avec les cendres en listant les risques, les possibilités de limiter ces risques et les moyens de protections.

Document produit par la **commission REX**

Rédacteur(s) : Olivier FISCHER (CIBE), Marion MEZZINA (CIBE)

Date de la première version : Juin 2020

Date de la présente version : Septembre 2020

Référence : 2020-REX-2

Diffusion (*) : publique

(*) Le CIBE attache une importance toute particulière à la vérification des informations qu'il délivre. Toutefois ces informations ne sauraient être utilisées sans vérifications préalables par le lecteur et le CIBE ne pourra être tenu pour responsable des conséquences directes ou indirectes pouvant résulter de l'utilisation, la consultation et l'interprétation des informations fournies. L'utilisateur est seul responsable des dommages et préjudices, directs ou indirects, matériels ou immatériels dès lors qu'ils auraient pour cause, fondement ou origine un usage du présent document.

Table des matières

INTRODUCTION.....	3
1. RAPPEL DE LA REGLEMENTATION EXISTANTE SUR LA LOGISTIQUE DES CENDRES.....	4
1.1 REGIME DE LA CHAUFFERIE	4
1.2 STOCKAGE DES CENDRES SUR UNE PLATEFORME DE PREPARATION	5
1.3 PERIODE D'EPANDAGE	7
1.4 SECURITE DU PERSONNEL.....	7
2. FACTEURS D'INFLUENCE SUR LA LOGISTIQUE	8
2.1 QUANTITE DE CENDRES	8
2.2 ESPACE ET PERSONNEL DISPONIBLE.....	8
2.3 QUALITE DES CENDRES	8
2.3.1 <i>Facteurs d'influence</i>	8
2.3.2 <i>Qualité chimique</i>	9
2.3.3 <i>Qualité physique</i>	9
2.4 EXUTOIRE DES CENDRES.....	10
3. SOLUTIONS EXISTANTES	10
3.1 ACHEMINEMENT DES CENDRES JUSQU'AU CONTENANT	10
3.1.1 <i>Transfert par vis</i>	11
3.1.2 <i>Convoyeur à bande</i>	11
3.1.3 <i>Transfert pneumatique</i>	11
3.1.4 <i>Aspiration des cendres</i>	12
3.1.5 <i>Problèmes liés à l'évacuation des cendres</i>	13
3.1.6 <i>Recommandations</i>	14
3.2 CONTENANT ET EVACUATION	15
3.2.1 <i>Big-Bag</i>	15
3.2.2 <i>Cendriers/bacs</i>	16
3.2.3 <i>Benne</i>	18
3.2.4 <i>Local en béton</i>	19
3.3 AIRE DE MANŒUVRE	19
4. SECURITE DU PERSONNEL EN CONTACT.....	20
4.1 RAPPELS DES RISQUES SUR LA SANTE	20
4.2 LIMITER LES MOMENTS A RISQUES.....	21
4.3 PROTECTION DU PERSONNEL.....	21
SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS, A PREVOIR EN AMONT DU PROJET.....	22
ANNEXES.....	22
BIBLIOGRAPHIE.....	22
REMERCIEMENTS	23

Liste des figures :

Figure 3-1: Transfert par vis (source Hargassner)	11
Figure 3-2: Convoyeur à cendres (source Compte.R).....	11
Figure 3-3: Transfert pneumatique (source Hargassner)	12
Figure 3-4: Aspiration vers un contenant solide (source Philtec système).....	12
Figure 3-5:Aspiration vers un big-bag (source Philtec système)	12
Figure 3-6: Big-bag fermable	16
Figure 3-7: Cendrier 300 L (source Hargassner)	18
Figure 3-8: Benne sur dalle béton.....	19
Figure 3-9 : Aire de manœuvre semi-remorque.....	20

Liste de tableaux :

Tableau 1-1: Réglementation régime.....	4
Tableau 1-2 : Règlements plateforme	5
Tableau 3-1: Liste des contenants.....	15

Document(s) de référence :

- CIBE, Bonnes pratiques et professionnalisation : Sécurité des installations et des personnes dans les chaufferies bois, 2016
- CIBE, Bonnes pratiques et professionnalisation : cendres de combustion de bois (2016-REX-3), 2016
- CIBE, Gestion des cendres sur les chaufferies bois : problèmes rencontrés et solutions apportées (2007-REX-3), 2007
- RECORD, 2015. Valorisation des cendres issues de la combustion des revues et des procédés associés, étude réalisée par CEDEN/LDAR, n° 4-0913/1A
- ADEME, Production de chaleur biomasse : qualité des approvisionnements, 2018

INTRODUCTION

La logistique des cendres est l'ensemble des méthodes et moyens relatifs à l'évacuation des cendres de la chaufferie jusqu'à leur destination finale. La logistique des cendres comprend la manutention, le transport, le conditionnement et l'approvisionnement des cendres. Il est important de considérer avec attention la logistique des cendres dès la conception de la chaufferie tant sur le volet utilisation que sur ceux concernant l'approvisionnement, la maintenance, l'entretien, ... Une prise en compte partielle de ces étapes peut avoir des impacts économiques réels en limitant les possibilités de valorisation, en engendrant des coûts supplémentaires pour l'évacuation mais peut également avoir des impacts sur les conditions de travail et la santé du personnel en contact avec les cendres. Ce document a pour objectif d'aider à définir des recommandations et des bonnes pratiques de conception et d'exploitation de l'installation en rappelant la réglementation existante ainsi que les facteurs d'influence sur la logistique associée. Le document présente ensuite les différentes solutions d'extraction avec une attention particulière sur les divers contenants existants. La dernière partie est consacrée à la sécurité du personnel en contact avec les cendres.

1. Rappel de la réglementation existante sur la logistique des cendres

Cette partie rappelle la réglementation liée à la logistique des cendres en chaufferie et sur des sites permettant leur préparation et stockage. Nous nous intéressons aux parties concernant le stockage et l'évacuation des cendres en tant que déchets non dangereux.

Il est également important de rappeler que dans la classification européenne des déchets, les cendres de chaufferie biomasse peuvent avoir le code déchets :

- **10 01 01** : mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière visées à la rubrique 10 01 04)
- **10 01 03** : cendres volantes de tourbe et de bois non traité

Ces codes déchets ne sont pas marqués d'un astérisque, elles sont considérées comme des **déchets non dangereux**.

1.1 Régime de la chaufferie

Hors ICPE	Déclaration	Enregistrement	Autorisation
/	Aménagement d'une aire de stationnement et de manœuvre		
/	Prévention des risques de pollution (ruissèlements, envolées...)		
/	Quantité maximale épandable : 2000 T/an	Si plus de 2000 T/an, déclaration au ministère	
/	Période d'épandage limitée		
Tenue d'un registre des déchets			

Tableau 1-1: Réglementation régime

En fonction de leur régime, les cendres issues de chaufferies biomasse sont soumises à différents arrêtés :

- **Hors ICPE** : Les chaufferies hors ICPE sont soumises au code de l'environnement.
- **Déclaration** : Arrêté du 03/08/2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 :
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037284510>
Cet arrêté parle brièvement de l'évacuation des cendres « *Des aires de stationnement sont aménagées pour accueillir les véhicules assurant l'approvisionnement en combustible et, le cas échéant, l'évacuation des cendres et des mâchefers. Cette disposition ne concerne pas les installations dont le nombre d'heures d'exploitation est inférieure à 500 h/an.* »
- **Enregistrement** : Arrêté du 03/08/2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement :
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037284611>

Les arrêtés ci-dessus (déclaration et enregistrement) mentionnent « *Les déchets produits par l'installation sont entreposés dans des conditions prévenant les risques de pollution (prévention des envols, des ruissèlements, des infiltrations dans le sol, des odeurs...).* Toutes les dispositions sont prises pour assurer l'évacuation régulière des déchets produits, notamment les cendres et les suies issues des installations de combustion. La quantité de déchets stockés sur le site ne dépasse pas la capacité mensuelle produite ou un lot normal d'expédition vers l'installation d'élimination. »

De plus, pour ces deux types d'installation la quantité maximale épandable est de 2000 T/an.

- **Autorisation** : Arrêté du 03/08/2018 relatif aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 3110

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037284792>

Pour les installations en autorisation, l'arrêté préfectoral fixe les prescriptions minimales en vue de prévenir et limiter la production de déchets liée à leur exploitation, ainsi que les conditions de stockage, d'élimination ou de valorisation de ces déchets dans des filières appropriées. L'arrêté mentionne simplement que « *La conception et l'exploitation des installations permettent de limiter les débits d'eau et les flux polluants.* »

Les installations classées soumises à **autorisation** et dont la puissance est **supérieure à 50 MW** sont aussi soumises à l'arrêté du 31/01/2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions et de transferts de polluants et des déchets

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000018276495>

Si la quantité de déchets non dangereux est **supérieure à 2000 T/an**, l'exploitant doit le déclarer chaque année **au ministre chargé des installations classées**. Cette déclaration comprend :

- La nature du déchet
- La quantité par nature du déchet
- Le nom et l'adresse de l'entreprise vers laquelle le déchet est expédié
- Le mode de valorisation ou d'élimination

Toutes les installations ICPE et hors ICPE sont soumises au code de l'environnement. Selon l'article R541-43 du titre IV : Déchets, « *les exploitants des établissements produisant ou expédiant des déchets, les collecteurs, les transporteurs, les négociants et les exploitants des installations de transit, de regroupement ou de traitement de déchets tiennent à jour un registre chronologique de la production, de l'expédition, de la réception et du traitement de ces déchets. Ce registre est conservé pendant au moins trois ans.* »

1.2 Stockage des cendres sur une plateforme de préparation

Les cendres peuvent être stockées sur une plateforme afin de faciliter leur valorisation, regroupement, mélange à du compost... Ces sites doivent avoir une des rubriques ICPE 2716 ou 2780

Plateforme 2716	Plateforme 2780
	Doit avoir les cendres dans son code déchet
Déclaration ou enregistrement	Déclaration, enregistrement ou autorisation
Regroupement des cendres pour épandage possible seulement si chaque lot de cendres respecte les valeurs maximales	

Tableau 1-2 : Règlementation plateforme

- **Rubrique 2716 : Transit, regroupement, tri ou préparation en vue de réutilisation de déchets non dangereux non inertes.** Ce site peut être en déclaration ou en enregistrement en fonction du volume de déchet.

Le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant :	
1. Supérieur ou égal à 1 000 m ³ ;	(E)
2. Supérieur ou égal à 100 m ³ mais inférieur à 1 000 m ³ .	(DC)

- **Déclaration** : Arrêté du 06/06/18 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de transit, regroupement, tri ou préparation en vue de la réutilisation de déchets relevant du régime de la déclaration au titre de la rubrique n° 2716 (déchets

non dangereux non inertes) de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (applicable à compter du 01/07/18)

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037032196>

- **Enregistrement** : Arrêté du 06/06/18 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de transit, regroupement, tri ou préparation en vue de la réutilisation de déchets relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2716 (déchets non dangereux non inertes) de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037032383>

Il est ainsi possible de regrouper des cendres de plusieurs chaufferies (ICPE et hors ICPE) et de les valoriser grâce à un plan d'épandage porté par la plateforme à condition que chacune des cendres remplisse dès son admission sur la plateforme et avant regroupement, les conditions techniques et réglementaires pour être épandues.

Il est important de noter que le regroupement de cendres de plusieurs chaufferies et la valorisation de celles-ci grâce à un plan d'épandage unique ne nécessitent plus de dérogation de la part de la DREAL depuis l'application de l'arrêté du 6 juin 2018.

- **Rubrique 2780 (sous rubrique 1, 2 ou 3) : Installation de compostage de déchets non dangereux ou matière végétale, ayant, le cas échéant, subi une étape de méthanisation.**

1. Compostage de matière végétale ou déchets végétaux, d'effluents d'élevage, de matières stercoraires :	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 75 t/j	(A-1)
b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j mais inférieure à 75 t/j	(E)
c) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 3 t/j mais inférieure à 30 t/j	(D)
2. Compostage de fraction fermentescible de déchets triés à la source ou sur site, de boues de station d'épuration des eaux urbaines, de papeteries, d'industries agroalimentaires, seuls ou en mélange avec des déchets admis dans une installation relevant de la rubrique 2780-1 :	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 75 t/j	(A-3)
b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 20 t/j mais inférieure à 75 t/j	(E)
c) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 2 t/j mais inférieure à 20 t/j	(D)
3. Compostage d'autres déchets	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 75 t/j	(A-3)
b) La quantité de matières traitées étant inférieure à 75 t/j	(E)

- **Déclaration** : Arrêté du 12/07/11 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à déclaration sous la rubrique n° 2780

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024446891>

- **Enregistrement** : Arrêté du 20/04/12 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à enregistrement sous la rubrique n° 2780

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025789288>

- **Autorisation** : Arrêté du 22/04/08 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation en application du titre 1er du livre V du code de l'environnement

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000018800981>

Quel que soit son régime, si le site dispose d'une rubrique 2780-1 ou -2, il doit avoir dans son autorisation d'exploiter le code déchet cendres biomasse pour les utiliser et valoriser. Les sites n'ayant les cendres dans leur nomenclature code déchets peuvent l'obtenir en faisant une démarche vis à-vis de la DREAL régionale. Cependant si le site dispose d'une 2780-3 (autre déchets) il peut prendre des cendres sauf s'il y a une liste restrictive des déchets.

Si la démarche aboutit, le site peut alors, sans entrer dans la logique produit, utiliser les cendres en compostage (compost déchet) avec comme finalité l'épandage en mélange. Cette valorisation n'est possible que si la cendre est en elle-même conforme aux analyses (ETM, CO...) de l'arrêté du 8 janvier 1998.

1.3 Période d'épandage

L'épandage ne peut se faire qu'à certaines périodes, selon les annexes « Dispositions techniques en matière d'épandage » des arrêtés des ICPE soumises à déclaration et à enregistrement au titre des rubriques 2910 et 2716, il est interdit :

- pendant les périodes où le vent a une vitesse supérieure à 5 m/s, en cas de cendres pulvérulentes ;
- dès lors que le seuil d'alerte des particules PM10 est déclenché, conformément à l'article R. 221-1 du code de l'environnement ;
- pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé ;
- pendant les périodes de forte pluviosité et pendant les périodes où il existe un risque d'inondation ;
- en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies ou des forêts exploitées ;
- sur les terrains à forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage.

De plus la période d'épandage dépend des cultures mais se fait généralement en automne ou au printemps ce qui est à prendre en compte dans le stockage des cendres.

1.4 Sécurité du personnel

Concernant la sécurité des employés, le texte réglementaire est le code du travail. Il est écrit qu'un employeur doit veiller à la santé et à la sécurité au travail des employés en mettant en place des actions de prévention, type organisationnel, technique et/ou humaine. Il doit également évaluer les risques professionnels des différents postes et unités de travail. Cette évaluation se retrouve dans le DUER de l'établissement (Document unique d'évaluation des risques).

La quatrième partie de ce document propose des pistes d'amélioration permettant de réduire ou limiter les risques liés aux cendres et les différents équipements pouvant être mis en place par l'employeur. Selon l'article L4121-2 du code du travail « *L'employeur met en œuvre les mesures prévues à l'article L. 4121-1 sur le fondement des principes généraux de prévention suivants :*

1° Eviter les risques ;

2° Evaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;

3° Combattre les risques à la source ;

4° Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;

- 5° Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- 6° Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- 7° Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral et au harcèlement sexuel, tels qu'ils sont définis aux articles L. 1152-1 et L. 1153-1, ainsi que ceux liés aux agissements sexistes définis à l'article L. 1142-2-1 ;
- 8° Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- 9° Donner les instructions appropriées aux travailleurs. »

Sur la logistique des cendres de bois un des risques majeurs est l'exposition aux poussières, voir l'article R. 4222-10 du Code du travail pour plus de détails.

2. Facteurs d'influence sur la logistique

La façon dont les cendres sont manutentionnées, conditionnées, transportées et valorisées ou éliminées dépend de plusieurs facteurs liés aux cendres ou à leur exutoire ainsi qu'à l'espace et au personnel disponible.

2.1 Quantité de cendres

La quantité de cendres produites dépend de la **consommation de combustible**, du **type de combustible utilisé (taux de cendres)** ainsi que des **réglages de la combustion**. (Voir fiche calcul de quantité en annexe 2)

Le taux de cendres varie fortement en fonction du combustible, il est compris entre 0.5 % pour du granulé et de la plaquette sans écorce et peut atteindre 15% pour des combustibles SSD, des combustibles agricoles et des écorces.

En moyenne, la production de cendres avec majoritairement de la plaquette forestière est de **2% de la masse sèche de la consommation de combustible**.

Connaitre la production de cendres est nécessaire pour choisir un contenant adapté et définir une fréquence d'évacuation des cendres de la chaufferie. En cas de sous-dimensionnement du contenant, les opérations associées seront d'autant plus nombreuses et coûteuses (coût direct et indirect).

2.2 Espace et personnel disponible

L'espace disponible en chaufferie est déterminant pour la capacité de stockage des cendres et pour l'évacuation du contenant. Certains contenants doivent être évacués à l'aide de camions. En fonction du personnel disponible, la fréquence de collecte est plus ou moins importante et le système devra être plus ou moins automatisé.

Il y a ensuite un équilibre à définir entre **capacité de stockage** et **fréquence d'évacuation**. Une fréquence d'évacuation plus faible limite les coûts de transport car le camion peut être rempli au maximum cependant, il faut pouvoir stocker ces cendres en chaufferie. L'augmentation de la capacité de stockage représente un investissement, cela peut être le choix d'un contenant plus volumineux, la construction d'un local permettant le stockage de big-bags ou d'autres contenants.

Il faut donc calculer la rentabilité des solutions étudiées en prenant en compte l'investissement et la réduction des coûts d'exploitation qu'elles engendrent.

2.3 Qualité des cendres

2.3.1 Facteurs d'influence

La qualité chimique et physique des cendres dépend de plusieurs facteurs :

- **Caractéristiques du combustible**

- Le type de combustible : Un taux de silice important dans le combustible rend plus probable la formation de mâchefers. Plus le taux d'écorce est important dans un combustible plus le taux de minéraux et de silice est important. On trouve également plus d'indésirables et d'éléments métalliques.
- La récolte et la préparation du combustible sont également importantes, si le combustible a été transporté à même le sol, lors du débardage, il risque d'être plus chargé en terre et en silice.

- **Qualité de la combustion**

- Une combustion incomplète produit des cendres avec un taux de composés organiques important (taux d'imbrûlés)
- Une température de foyer non maîtrisée au niveau de la grille peut conduire à la formation de mâchefers. **Pour plus de détails, voir 2007-REX-3**

- **Origine des cendres et type de foyer**

Pour les foyers à grille, on distingue **trois types de cendres** en fonction de leur origine :

- Sous la grille de combustion, les **cendres sous-foyer**. Elles sont évacuées par voie sèche ou par voie humide selon les technologies. Elles représentent 80% de la masse des cendres ;
- Au niveau d'un premier étage du traitement des fumées, les **cendres multi-cycloniques**. Elles sont composées de particules grossières et lourdes, l'effet centrifuge permettant de les séparer des fumées. Le multi-cyclone faisant corps au foyer ou étant à sa proximité immédiate, ces cendres sont évacuées, dans la majorité des cas, par gravité vers le convoyeur d'extraction des cendres sous-foyer. Comme elles sont entraînées par les fumées, elles sont également assimilables à des cendres volantes au sens de la réglementation ;
- En sortie du filtre à manches ou de l'électrofiltre, les **poussières de filtration**. Elles sont composées de particules fines capturées par un média filtrant ou un champ électrique à haute tension. Pour les foyers à grille, ces cendres représentent environ 5% de la masse des cendres et sont généralement évacuées en installation de stockage de déchets dangereux (ISDD).

Pour d'autres technologies de combustion, les proportions de cendres sont totalement différentes. La qualité des cendres peut permettre ou non certaines valorisations, **voir 2016-REX-3**.

On peut distinguer deux types de qualité pour les cendres :

2.3.2 Qualité chimique

La qualité chimique des cendres peut être définie par sa composition.

Ces éléments peuvent être indésirables comme les composés-traces organiques, dioxines ou éléments-traces métalliques. D'autres éléments présents dans les cendres comme le CaO, K₂O, MgO ou P₂O₅ sont bénéfiques pour les sols et les cultures (valeur neutralisante et fertilisante). En fonction de leur composition chimique et de leur typologie (cendres sous foyer, poussières de filtration), les cendres pourront être valorisées ou non. Voir 2016-REX-3

En fonction de ces qualités l'exutoire est défini mais peut être modifié temporairement.

2.3.3 Qualité physique

La qualité physique des cendres peut être caractérisée par l'humidité des cendres ou par la présence de mâchefers ou d'éléments étrangers comme des pièces métalliques. En fonction de la voie d'évacuation des cendres celles-ci peuvent être humides ou sèches. En fonction de ces qualités l'exutoire est défini mais peut être modifié temporairement.

- **Voie sèche**

Cette voie est adaptée aux chaufferies dont la puissance est inférieure à 1 MW car l'investissement est limité. Les cendres récoltées sont pulvérulentes, ce qui complique l'évacuation en ISDND et l'épandage. Elles doivent parfois être humidifiées ou mélangées à du compost pour être valorisées en agriculture.

Parfois, certains chaudiéristes privilégient la voie sèche même pour des puissances supérieures à 1 MW.

Quelle que soit la puissance de l'installation, les poussières de filtration, issues d'un électrofiltre ou d'un filtre à manche, sont évacuées par la voie sèche.

- **Voie humide**

La voie humide, adaptée aux chaufferies de moyenne (500 kW jusqu'à 2MW) et forte puissance (>2 MW) a pour avantage d'étanchéfier le foyer et ainsi éviter les entrées d'air parasites. De plus, la lame d'eau permet d'éteindre les escarbilles, encore incandescentes ce qui limite le risque d'incendie. Les cendres obtenues sont plus faciles à épandre car contrairement aux cendres sèches, elles ne créent pas de nuage d'aérosols lors du stockage en bout de champs et lors de l'épandage. L'inconvénient est que ces cendres sont plus susceptibles de créer des bourrages au niveau des tapis que les cendres sèches. De plus le mélange est assez agressif, les tapis et bennes ont tendance à s'endommager, à rouiller et doivent donc être inspectés régulièrement.

L'humidité des cendres a une influence sur le choix de l'évacuation des cendres et du contenant. La masse volumique des cendres sèches est en moyenne de 650 kg/m³ et jusqu'à 1050 kg/m³ pour les cendres humides.

De plus l'humidité des cendres est aussi un facteur déterminant pour l'exutoire.

2.4 Exutoire des cendres

En fonction de leur quantité, qualité, forme et contenant, les cendres peuvent être évacuées vers différents exutoires.

Pour la valorisation agricole qui est le principal exutoire, un conditionnement (criblage, déferrailage) est souvent nécessaire. De plus l'épandage se fait en automne ou au printemps, si cette valorisation est choisie, les cendres produites au cours de l'année doivent être stockées en attendant l'épandage.

Certains exutoires demandent un conditionnement spécial des cendres. Par exemple, des cendres pulvérulentes ne seront pas acceptées en ISDND, cependant, des exceptions peuvent être possibles si ces cendres sont contenues en big-bags mais cela dépend des sites.

Il est fortement recommandé d'anticiper l'exutoire lors de la conception de la chaufferie pour bien dimensionner le contenant et l'évacuation des cendres.

3. Solutions existantes

3.1 Acheminement des cendres jusqu'au contenant

L'acheminement des cendres jusqu'au contenant peut se faire de plusieurs façons en fonction du débit de cendres à évacuer, du contenant et de l'humidité des cendres.

3.1.1 Transfert par vis

Pour un cendrier intégré à la chaudière, les cendres peuvent y être directement transférées par une vis à l'avant du foyer.

Ce type de transfert peut également permettre l'évacuation et la remontée des cendres dans un contenant déporté de la chaudière. Ce système (vis + cendrier déporté) représente un coût supplémentaire par rapport à un cendrier intégré, 2000 à 3000 € pour une chaudière de moins de 300 kW mais donne la possibilité d'utiliser un contenant plus important, limitant donc la fréquence des opérations de manutention et de collecte.

La présence de mâchefers ou d'éléments étrangers peut bloquer cette vis, il est donc conseillé de favoriser un transporteur à bande si la production de mâchefers risque d'être importante.



Figure 3-1: Transfert par vis (source Hargassner)

3.1.2 Convoyeur à bande

Ce type d'acheminement est adapté aux chaudières de plus de 500 kW, évacuant ses cendres par voie sèche ou humide. La récolte des cendres est automatisée à l'aide de racleurs et convoyeurs. Les cendres peuvent alors être toutes évacuées dans le même contenant (poubelle 240L ou benne ampliroll)



Figure 3-2: Convoyeur à cendres (source Compte.R)

3.1.3 Transfert pneumatique

Ce système peut être utilisé pour acheminer les cendres sèches vers un cendrier déporté. Ce cendrier est raccordé à la chaudière par deux tuyaux permettant de souffler de l'air et d'apporter les cendres dans le cendrier en passant dans un cyclone pour les faire tomber. Le système coûte entre 2000 et 3000 € avec le cendrier et est adapté aux chaudières dont la puissance est inférieure à 120 kW, au-delà, les tubes pourraient se boucher à cause du débit de cendres trop important.



Figure 3-3: Transfert pneumatique (source Hargassner)

3.1.4 Aspiration des cendres

A l'aide d'un aspirateur à cendres, il est possible de transférer les cendres sèches depuis la chaudière ou depuis un contenant vers un autre contenant (big-bag ou autre) facilitant leur évacuation de la chaufferie. Le système d'aspiration est plus ou moins complexe en fonction de la distance entre les deux contenants, il est possible de faire monter les cendres ou de les évacuer vers l'extérieur de la chaufferie. Ainsi, l'aspiration peut faciliter l'évacuation des cendres pour les chaufferies difficilement accessibles.



Figure 3-5: Aspiration vers un big-bag (source Philtec système)

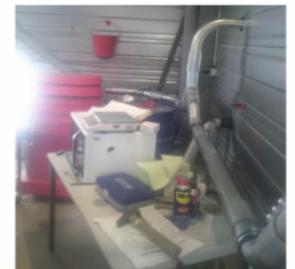


Figure 3-4: Aspiration vers un contenant solide (source Philtec système)

Cette aspiration peut se faire dans un camion, facilitant ainsi la collecte. Le camion doit être équipé d'un contenant fermé (500/1000 litres) afin de ne polluer l'air du camion. Il est théoriquement possible d'utiliser et d'adapter un camion souffleur de plaquettes ou granulés pour l'aspiration mais cela pose plusieurs problèmes :

- L'ajout du système allonge le camion de 50 à 60 cm et complique les manœuvres souvent déjà difficiles ;
- Le contenant et les cendres alourdissent le camion de plusieurs centaines de kilo grammes.

Ces inconvénients ne justifient généralement pas la mise en place d'une aspiration, d'autant plus que la collecte des cendres sèches n'est pas si fréquente.

Une solution à ce problème peut être l'ajout d'une remorque que l'on peut relier à la source d'air du camion souffleur. Cette remorque ne serait utilisée que lors de la collecte des cendres. Cependant, cette solution n'a pas encore été mis en œuvre à cause de l'investissement que cela représente.

Une autre solution est l'aménagement d'une camionnette en l'équipant d'un système d'aspiration et d'un contenant fermé de plusieurs centaines de litres (voir fiche de cas Syded du lot).

Contrairement aux aspirateurs grand-public, ces aspirateurs sont spécialement conçus pour l'aspiration des cendres, les critères de choix sont les suivants :

- **Puissance de l'aspirateur**
- **Capacité de stockage et type de contenant**, un contenant souple de type Big-Bag aura un coût d'enlèvement moins élevé qu'un container rigide.
- **Le coût des pièces détachées** et pièces d'usures, notamment le prix de remplacement des filtres

Concernant la sécurité :

- **La conduction statique**, la qualité de la conduction statique de l'aspirateur et de ses accessoires est primordiale. Très souvent les tuyaux d'aspirateurs non conçus pour l'aspiration des cendres et particules fines, génèrent des décharges électriques dues au frottement des particules dans le tuyau souple. Celles-ci sont généralement sans danger excepté la douleur lorsque l'utilisateur reçoit cette décharge. Cependant, il est possible que cette décharge génère une explosion.
- **La réglementation ATEX**
- **La filtration pour les cendres sèches**, deux points sont importants :
 - La classe de filtration. Il faudra privilégier la classe H pour être en parfaite sécurité,
 - La surface filtrante et l'épaisseur du filtre auront également une grande importance sur la durée de vie du matériel.

L'aspiration est adaptée et fonctionne assez bien pour les chaufferies de petite et moyenne puissance car d'une part, l'investissement est acceptable, plus de mille euros pour l'aspirateur, et d'autre part, comme la production de cendres n'est pas trop importante, les opérations de manutention et de collecte sont limitées.

Pour réduire ces opérations de manutention et collecte, il est également possible de plus ou moins automatiser cette aspiration. Cette solution représente un investissement plus élevé, pouvant aller jusqu'à 15 k€ mais limite grandement les opérations de manutention et de collecte.

3.1.5 Problèmes liés à l'évacuation des cendres

Des bourrages et des blocages peuvent survenir lors de l'acheminement des cendres vers le contenant. Ils surviennent plus fréquemment lorsque l'évacuation se fait par voie humide. Ces derniers peuvent

avoir différentes causes :

- Production de mâchefers trop importante
- Coincement d'un élément étranger provenant du combustible
- Taux de cendres trop élevé
- Abrasion des systèmes de convoyage
- Gel du convoyeur de cendres humides (en cas de conditions climatiques rigoureuses)

Les différents systèmes présentés ci-dessus sont plus ou moins sensibles au bourrages et blocage. Du plus sensible au moins sensible :

1. Transfert pneumatique
2. Système d'aspiration
3. Transfert par vis
4. Convoyeur à bande

3.1.6 Recommandations

Il est recommandé de bien contrôler la **qualité du combustible** des livraisons mais aussi la stabilité entre chaque livraison et de **s'assurer régulièrement de la bonne évacuation** des cendres en suivant régulièrement le remplissage du contenant. Il faut également inspecter régulièrement l'état du système de transfert et du contenant.

Il est également recommandé de veiller à **l'absence de coude, ou de remontée à trop forte pente** (génération de perte de charges importantes), car plus le système est simple, plus le système est robuste et tient dans le temps.

En zone de « montagne », il existe un risque de gel dans le convoyeur, il est recommandé de le placer dans un local chauffé.

La qualité des cendres étant intimement lié à la qualité des combustibles, le suivi de cette dernière est fortement recommandé. Voir le document de l'ADEME production de chaleur biomasse : qualité des approvisionnements.

3.2 Contenant et évacuation

Solution de stockage	Sac « Big-bag »	Cendrier/Bac			Benne	Local en béton
Contenance	1,5 T	10 à 60L soit 6 à 50 kg	100 à 240L soit 65 à 200 kg	500 à 1000L à 400 à 800kg	6 à 15 m3 soit 5 à 13T	10 à 20 m3
Type de cendres stockables	Cendres sèches	Cendres humides/sèches			Cendres humides/sèches	Cendres humides
Puissance de la chaufferie		<100 kW	>100 kW		> 500 kW	> 500 kW
Coût	10€/sac	100€	400€	1000€	10/15 k€	10/15 k€
Transport	Le transport de ce sac nécessite l'utilisation d'engins de manutention	Dispose de deux poignées et peut être portée par un humain	Transportable sur roulettes mais cela suppose une conception de la chaufferie où l'évacuation des cendres a été bien pensée	Le transport de ce bac nécessite l'utilisation d'engins de manutention	La benne doit être évacuée avec un camion ampliroll.	
Evacuation des cendres		Renversable à la main	Un bac de cette taille doit être renversé par plusieurs personnes.	Renversable à l'aide d'engins de manutention	Les cendres peuvent être déversées à l'aide d'un camion adapté. Si la puissance de la chaufferie est inférieure à 1 MW, cette évacuation peut se faire une fois par an.	Les cendres tombent par terre et peuvent être récoltées directement par un chargeur ou le godet d'un tracteur afin de les évacuées vers le lieu de valorisation
Recommandations particulières	Prévoir un emplacement de stockage couvert à l'extérieur Peut être placé dans un contenant en métal afin de limiter les risques d'incendies		Il est conseillé de ne remplir le bac qu'à la moitié de sa contenance afin de faciliter l'évacuation des cendres. L'inconvénient majeur est la fréquence de collecte plus importante, représentant un coût supplémentaire.	La manutention de ces bacs est délicate, il faut, si possible, privilégier l'usage de bennes	Doit reposer sur un sol résistant Si cendres humides, il est conseillé de stocker la benne à l'intérieur pour éviter des problèmes de gel. Cependant, cela représente un cout supplémentaire et peut salir la chaufferie. Il faut également faire attention à la prise en masse pour les cendres humides.	Il est impératif de bien concevoir ce local afin de laisser passer les engins de manutention nécessaires. De plus, il faut avoir un système de drainage permettant de collecter les eaux de ruissellement

Tableau 3-1: Liste des contenants

En fonction de la puissance de l'installation, de la quantité de combustible consommé et de la capacité de stockage, les annexes 3 et 4 permettent de calculer la **fréquence d'évacuation** moyenne à l'année ainsi que l'**autonomie en stockage** de cendres pour un fonctionnement en puissance nominale.

Pour tous les contenants, le document détaille l'acheminement des cendres et l'évacuation de celles-ci, les avantages et inconvénients ainsi que les bonnes pratiques et celles à éviter.

3.2.1 Big-Bag

Le big-bag est un conteneur souple pouvant contenir environ 1 tonne de cendres sèches en fonction du modèle. Il est muni de sangles permettant son transport à l'aide d'un engin de manutention. Le prix moyen d'un sac est de 9 €, certains modèles, légèrement plus chers, peuvent être fermés.

Il existe également des big-bags avec un sac interne en alu pour réduire le risque d'incendie lié aux escarbilles.

Pour les chaufferies de moyenne et forte puissance, les big-bags sont souvent utilisés pour stocker les cendres issues d'un filtre à manche, d'un électrofiltre ou d'un multi-cyclone. Les big-bags peuvent aussi être utilisés par les chaufferies de moins d'1 MW qui évacuent leurs cendres sous-foyer par voie sèche (voir 3.2.4).

Avantages :

- Le transport de ces sacs est assez facile et ne demande que l'utilisation d'un chariot élévateur
- En fermant ces sacs, on limite grandement les émissions de poussières dans la chaufferie
- Bien que pulvérulentes, les cendres contenues dans un big-bag peuvent être acceptées en ISDND (voir logigramme élimination) évitant ainsi leur envoi en ISDD

Inconvénients :

- Risque d'incendie causé par un échauffement des cendres (voir REX-3-2007, 5.1)
- Risque de prise en masse (voir REX-3-2007, 5.1)

Recommandations :

- Choisir le modèle de big-bag fermable
- Placer le big-bag récupérant les cendres dans un contenant métallique pour limiter le risque d'incendie
- Stocker les big-bags pleins à l'abri de la pluie et de l'humidité
- Pour faciliter la manutention, il est possible de stocker ces big-bags sur des palettes



Figure 3-6: Big-bag fermable

3.2.2 Cendriers/bacs

Ces cendriers peuvent contenir des cendres humides ou sèches et avoir des contenances très différentes, on les sépare en plusieurs catégories :

• **10 à 70 litres**

Ces cendriers sont intégrés à une chaudière de moins de 300 kW et peuvent être transportés et évacués à la main.

Avantages :

- Le transport et la manutention sont très faciles
- Le coût du cendrier est assez faible, inférieur à 500 €

Inconvénients :

- La capacité de stockage est très faible, cela impose des opérations de manutention fréquentes et des coûts de transport importants.

Recommandations :

- Il est possible d'utiliser un aspirateur à cendres (voir 3.2.4) pour transférer les cendres de ce contenant vers un autre contenant plus adapté (big-bag ou contenant rigide plus important)

• **100 à 500 litres**

Ces cendriers sont déportés de la chaudière, les cendres y sont acheminées par l'un des moyens présentés dans la partie 3.2. Ce type de cendriers est montée sur roulettes pour faciliter le transport.

Avantages :

- Le coût du cendrier est assez faible, inférieur à 1000 €

- Pour les faibles puissances, la plus forte contenance permet de limiter la fréquence des opérations de manutention
- Le cendrier est déporté de la chaudière, on peut donc le placer dans un endroit qui facilite la manutention, comme dans un local spécialisé

Inconvénients :

- Il est difficile de renverser ce type de contenant pour le vider sans l'aide d'engins
- Si les cendres sont sèches, un nuage de poussière se crée lors du renversement

Recommandations :

- Il est conseillé de choisir un cendrier adapté à la manutention, il est plus cher mais facilite ainsi le renversement et limite l'exposition du personnel
- A défaut, il est possible de ne remplir qu'à moitié le cendrier, réduisant ainsi la masse de cendres à renverser

● **500 à 1000 litres**

Ces cendriers sont déportés de la chaudière, les cendres y sont acheminées par l'un des moyens présentés dans la partie 3.2. Ce type de cendriers doit être déplacé et renversé par un engin de manutention (voir fiche de cas St-Fulgent)

Avantages :

- Le coût du cendrier est assez faible, de 1000 € à 2000 €
- Il offre une bonne autonomie, un à deux mois pour une chaufferie de 500 kW
- Le cendrier est déporté de la chaudière, on peut donc le placer dans un endroit qui facilite la manutention, comme dans un local spécialisé

Inconvénients :

- Un engin de manutention est nécessaire à son évacuation
- Si les cendres sont sèches, un nuage de poussière se crée lors du renversement

Recommandations :

- Il est conseillé de stocker ce cendrier dans un local spécial de la chaufferie accessible par un engin de manutention
- Vérifier la facilité de débranchement de la chaudière et l'étanchéité du branchement ou de vidange du bac



La structure du cendrier est faite pour qu'il puisse être récupéré par un engin de manutention à fourches



Le cendrier peut être ouvert et vidé par le bas

Figure 3-7: Cendrier 300 L (source Hargassner)

3.2.3 Benne

Une benne peut contenir entre 10 et 20 m³ de cendres sèches ou humides (voir fiche de cas Centre Hospitalier de Carcassonne)

Avantages :

- Le transport de la benne et l'évacuation des cendres sont réalisés par un camion, le personnel est donc peu en contact avec les cendres
- La capacité de stockage importante permet une autonomie d'un an pour des chaufferies de plusieurs centaines de kW et d'un mois pour des chaufferies de plusieurs MW

Inconvénients :

- Une benne coûte entre 10 000 et 20 000 € ce qui représente un investissement conséquent pour les plus petites chaufferies
- La benne occupe beaucoup de place (6m * 2.5m) et génère des nuisances sonores
- La benne est peu esthétique et engendre de la saleté
- Risque de prise en masse dans la benne (voir REX-3-2007, 5.1)
- Pour la voie humide, dans les zones froides, si la benne est à l'extérieur, les cendres peuvent geler entraînant un arrêt de la chaufferie

Recommandations :

- Stocker la benne dans un local dédié chauffé, cette solution n'est pas fréquemment utilisée à cause du prix que représente la construction d'un local, à minima, le convoyeur doit être protégé du froid
- Pour les chaufferies dont la puissance est de plusieurs MW, il peut être intéressant de posséder deux bennes afin d'effectuer une rotation et ainsi de limiter à la fois le risque de rupture et les coûts d'évacuation car le transporteur arrive avec la benne vide et prend la pleine (par transport en aller/retour)
- Pour le décolmatage d'une benne il peut se faire à la masse, avec un chargeur ou à l'aide de racleurs intégrés à la benne. Cette dernière solution fonctionne bien mais l'investissement et le changement des bennes n'est pas toujours justifié pour un problème qui n'est pas si fréquent selon les retours d'expérience.
- Le sol sur lequel la benne repose doit être résistant, type dalle béton, pour avoir une voirie adaptée si un camion doit reprendre la benne. Il est important aussi de prévoir une aire pour le dépôt d'une benne à cendres supplémentaire, pour que le camion puisse venir déposer la benne vide et récupérer la benne pleine (deux bennes pour effectuer une rotation).



Figure 3-8: Benne sur dalle béton

3.2.4 Local en béton

Le local en béton a une capacité de stockage très variable, au moins supérieure à 15 m³. Les cendres tombent dedans automatiquement et peuvent ensuite être reprises avec un chargeur. On trouve généralement cette solution dans les chaufferies de plus de 10 MW. Cette solution est néanmoins envisageable pour des plus petites chaufferies moyennant un investissement.

Avantages :

- Le transport et l'évacuation des cendres sont réalisés par un chargeur, le personnel est donc peu en contact avec les cendres
- La capacité de stockage importante permet une autonomie d'un an pour des chaufferies de plusieurs centaines de kW et d'un mois pour des chaufferies de plusieurs MW
- La taille du local et donc sa contenance peuvent être choisies pour garantir une certaine autonomie
- Le coût du transport est plus faible car il est possible de charger un semi-remorque complet

Inconvénients :

- Le prix du local en béton dépend de sa taille, plus de 15 000 €, c'est un investissement important pour les petites chaufferies
- Il faut avoir un système de récupération de l'eau qui pourrait fuir du local
- Il faut posséder un chargeur et le personnel habilité à le conduire

Recommandations :

- Les cendres du local étant évacuées à l'aide d'un chargeur, il faut prévoir une porte assez large pour le laisser passer, au moins 3 m de haut et de large. Le chargeur doit aussi pouvoir manœuvrer, le local doit au moins mesurer 5 m de long et de large.
- Le local peut être construit en très légère pente pour faciliter la récupération de l'eau. Cette eau peut ensuite être utilisée pour réhumidifier les cendres si celles-ci sont trop sèches.

3.3 Aire de manœuvre

En fonction du contenant, un engin de manutention ou camion peut être nécessaire à l'évacuation de celui-ci. Pour un camion, il est important de limiter au maximum les manœuvres dans cette zone, il serait donc nécessaire de prévoir une marge de sécurité par rapport à la longueur et au rayon de braquage extrêmes des camions passants.

Dans le cas d'un retrait par semi-remorque :

Le portail mis en place à l'entrée du site doit être supérieur à 4 m de largeur pour permettre une entrée aisée des camions (Figure 5). Une largeur plus importante doit être prévue dans le cas où le camion aura besoin de manœuvrer à l'entrée de la chaufferie (jusqu'à 12 m).

Dans l'idéal, le camion d'évacuation doit pouvoir reculer en ligne droite vers le contenant. Il faut donc prévoir une longueur de 1,5 à 2 fois supérieure à la longueur du camion, idéalement une longueur de 30 m pour s'adapter aux dimensions du semi-remorque.

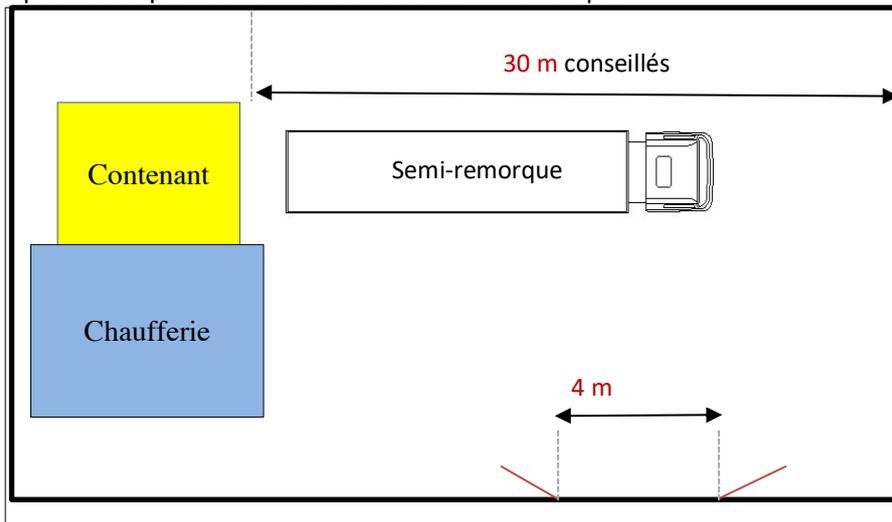


Figure 3-9 : Aire de manœuvre semi-remorque

4. Sécurité du personnel en contact

4.1 Rappels des risques sur la santé

Il existe trois principaux risques avec les cendres pour le personnel en contact : le risque chimique (par contact ou inhalation), le risque thermique (brûlure), le risque lié à la manutention manuelle (coupure, mal de dos, ...). Les cendres sont très basiques, leur pH en milieu aqueux est d'environ 12. En contact avec la peau, elles peuvent provoquer des brûlures chimiques. Les effets possibles sont la démangeaison, la sensation aiguë de chaleur voire apparition de cloques plus ou moins importantes. Le risque de brûlure est plus grave si les cendres sont humides (maintien en contact avec la peau).

Des agglomérats de cendres, mâchefers peuvent se former dans le contenant, ceux-ci ont des tailles variables et sont plus ou moins durs et coupants.

Lorsqu'elles sont sèches, les cendres sont pulvérulentes, un autre risque est donc la contamination par respiration de particules fines (PM_{2,5}). Ces particules fines peuvent pénétrer le système respiratoire jusqu'au alvéoles pulmonaires et, à long terme, provoquer des maladies chroniques en lien avec l'activité professionnelle (tableau n° 16 bis de maladies professionnelles annexé au livre IV du code de la sécurité sociale).

Afin de maîtriser ces risques, plusieurs solutions sont envisageables, la première, à favoriser, est de réduire ou limiter le temps d'exposition des salariés avec les poussières, la deuxième est de privilégier des protections collectives aux protections individuelles et enfin former/ informer le personnel sur les risques associés et les mesures existantes.

4.2 Limiter les moments à risques

La première solution pour limiter les temps d'exposition aux cendres est de réduire au niveau le plus bas possible la quantité de cendres produites en maîtrisant la qualité de la combustion et du combustible. Ces sujets doivent être abordés dès la phase de conception de la chaufferie.

Le contact du personnel avec les cendres peut se faire à plusieurs moments :

- **Lors de l'évacuation des cendres :**
 - **Désaccouplement du contenant :** Pour les petits contenants, 60 à 240 L, il faut favoriser un désaccouplement pas le bas et non par le haut.
 - **Transport du contenant :** Il faut choisir un contenant qui puisse être fermé.
 - **Évacuation du contenant :** Pour vider les petits contenants, ceux-ci doivent être basculés dans un camion, cette opération est généralement effectuée par un agent dans la chaufferie et produit un nuage de cendres nocif. Une solution peut être de vider le contenant par un système d'aspiration industrielle (voir annexe 1).
Les plus gros cendriers doivent être basculés par un engin de manutention, cet engin peut être équipé d'un système de filtration d'air, limitant l'exposition des agents en chaufferie.

La fréquence de collecte détermine aussi l'exposition du personnel et doit donc être limitée en choisissant un contenant adapté à la production de cendres.

- **Lors du débouillage du système d'évacuation et nettoyage du foyer et des échangeurs :** Afin de limiter les risques de blocages et de bourrages et ainsi limiter le contact avec les cendres, voir REX-3-2007.
- **Lors du décolmatage d'une benne :** voir partie 3.3
- **Lors de l'épandage :** L'épandage de cendres sèches est déconseillé à cause de leur pulvérulence. Il est conseillé de :
 - Les mélanger avec du compost, rendant cependant le compost, généralement non normé.
 - Il est aussi possible d'humidifier les cendres dans leur contenant en chaufferie ou directement sur l'exploitation agricole. Si les cendres sont stockées en tas dans l'exploitation agricole, il faut le placer à l'abri du vent qui entrainerait des envolées de nuages pulvérulents.

De façon plus générale, il est conseillé de posséder un aspirateur à cendres et de l'utiliser pour le nettoyage de la chaudière et du filtre lors des phases de maintenance et de nettoyage de la chaufferie au quotidien. Un tel système coûte environ plusieurs centaines d'euros mais permet de garder la chaufferie propre et ainsi limiter le taux de poussières en suspension.

4.3 Protection du personnel

Il est primordial de former/informer les intervenants sur les risques associés aux cendres ainsi que le port nécessaire d'équipements de protection individuelle (EPI) pour préserver la santé des salariés lors du contact avec les cendres. Ces EPI sont :

- A minima masque FFP2 (voir la note d'information CIBE sur la Protection des salariés et des sous-traitants aux poussières ET au covid-19 du 22 avril 2020 en annexe 5)
- Gants anti-coupure et brûlure chimique
- Lunettes
- Combinaison type 5 et 6 avec cagoule si le milieu est sec (au-dessus des vêtements)
- Combinaison type 3 et 4 avec cagoule si le milieu est humide (au-dessus des vêtements)

- Bottes de sécurité



Synthèse des recommandations, à prévoir en amont du projet

- ✓ Savoir quelle **règlementation** est applicable à l'installation ou site
- ✓ Intégrer les enjeux de fonctionnement, d'exploitation, d'entretien et de maintenance dès la phase de conception ou de rénovation d'une chaufferie existante :
 - Connaître la **quantité, la qualité** chimique et physique des cendres
 - Déterminer l'**exutoire** pour chaque **type de cendres**
 - Choisir un **moyen de transfert** des cendres du foyer jusqu'au contenant des cendres en fonction des critères ci-dessus
 - Choisir un **contenant** adapté à la qualité des cendres et au type de reprise qui sera possible sur site (fréquence, mode de manutention, mode d'approche)
 - Calculer ainsi une **fréquence de collecte** à l'aide de la capacité de stockage et de la production de cendres et l'**investissement nécessaire**
 - Déterminer l'**aire de manœuvre** nécessaire en fonction du contenant choisi et de son emplacement
- ✓ Mettre en place des **mesures organisationnelles et techniques** pour limiter au maximum l'exposition du personnel aux cendres, **sensibiliser le personnel** sur les risques associés, veiller au **port effectif des EPI**.

ANNEXES

- Annexe 1 : Quercy énergies, Fiche de cas aspiration cendres, 2018
- Annexe 2 : Mission bois énergie Lozère, Fiche calcul de quantité de cendres
- Annexe 3 : CIBE, Calcul fréquence d'évacuation
- Annexe 4 : CIBE, Abaque fréquence d'évacuation
- Annexe 5 : CIBE, NOTE D'INFORMATION - Protection des salariés et des sous-traitants aux poussières ET au covid-19

BIBLIOGRAPHIE

- CIBE, Bonnes pratiques et professionnalisation : Sécurité des installations et des personnes dans les chaufferies bois, 2016
- CIBE, Bonnes pratiques et professionnalisation : cendres de combustion de bois (2016-REX-3), 2016
- CIBE, Gestion des cendres sur les chaufferies bois : problèmes rencontrés et solutions apportées (2007-REX-3), 2007
- RECORD, 2015. Valorisation des cendres issues de la combustion des revues et des procédés associés, étude réalisée par CEDEN/LDAR, n° 4-0913/1A

REMERCIEMENTS

Le CIBE tient à remercier les différents contributeurs et relecteurs de ce document

Relecteurs Contributeurs	Christelle	BOUT	SDEE de Lozère
	Xavier	COLIN	I dex
	Loïc	DANEST	Surschiste
	Anthony	GALLUDEC	SEDE
	Marc	LE TREIS	AILE
	Léa	LEPETIT	Communes forestières PACA
	Gilles	SOSPEDRA	CARSAT RA
	Pierrick	BERNARD	BIOCOMBUSTIBLES SAS
	Patrick	BOISSEAU	SAS Boisseau Energies
	Dominique	BOULDAY	CEDEN
	Nathalie	BRAC DE LA PERRIERE	Abibois
	Jérôme	BUFFIERE	ALEC de la Métropole grenobloise
	Philippe	CASIER	CH Carcassonne
	Frédéric	CHERRIER	SYADEN
Contributeurs	Bruno	CHIEZE	COMPTE-R
	Serge	DEFAYE	DEBAT BEST ENERGIES
	Lise	DELRIEU	TRIFYL
	Solène	DUMONT	Agriculteurs Composteurs de France
	Orphelie	GARAT	SEDE Environnement
	Cédric	GARDONI	Agri Services Environnement
	Florian	JAEGER	HARGASSNER France
	Léa	LEPETIT	Communes forestières PACA
	Cedric	LESUEUR	Valoridec
	Véronique	MARIEN	EnergETHIC
	Eric	MAYNADIE	SOLEVAL
	Martial	PARMENTIER	CORIANCE
	Philippe	PERROT	PhiltexSysteme
	Emma	PERRUSSEL	PNR Morvan
	Sébastien	PINAUD	CRER
	Isabelle	PINEY	Pro ETF BFC (anciennement Pro-Forêt)
	Denis	RENOUX	CRER
	Christophe	RONDARD	Communauté de communes du Pays de Saint-Fulgent- Les Essarts
	Cédric	ROUMANILLE	Suez Minerals
	Christian	ROUSSEL	SARL Roussel
	Christian	SAVIGNARD	Transamut
	Karim	TABET	DALKIA
	Nicolas	WILLERVAL	SAELEN ENERGIE
	Cédric	WINCKEL	LINGENHELD
Grégory	ZABALA	Bois Energie 66	