

# LES CENDRES ISSUES DE CHAUFFERIES BIOMASSE :

GESTION, TRAITEMENT ET VALORISATION



**29/04/2026**

## Table des matières

|      |   |    |
|------|---|----|
| II.  | <b>SYNTHESE</b> .....   | 4  |
| III. | <b>QUE SONT LES CENDRES ?</b> .....   | 8  |
| IV.  | <b>ACHEMINEMENT, STOCKAGE ET EVACUATION DES CENDRES</b> .....                                       | 12 |
| A.   | <b>ACHEMINEMENT DES CENDRES DU FOYER AU STOCKAGE</b> .....  | 14 |
| B.   | <b>MANUTENTION ET STOCKAGE DES CENDRES</b> .....  | 16 |
| C.   | <b>EVACUATION DES CENDRES</b> .....   | 19 |
| V.   | <b>LES CENDRES ISSUES DE CHAUFFERIE BIOMASSE : DEUX LOGIQUES DE TRAITEMENT<br/>DISTINCTES</b> ..... | 22 |
| A.   | <b>LES CENDRES : LOGIQUE PRODUIT</b> .....  | 22 |
| B.   | <b>LES CENDRES : LOGIQUE DÉCHETS : VALORISATION AGRONOMIQUE DES CENDRES</b> .....                   | 25 |
| C.   | <b>REX : ESSAI D'ÉPANDAGE SUR PRAIRIE</b> .....   | 32 |
| D.   | <b>LES CENDRES : LOGIQUE DÉCHETS : VALORISATION NON AGRONOMIQUE DES CENDRES</b> .....               | 33 |
| VI.  | <b>REX COMPLEMENTAIRES SUR LA VALORISATION DES CENDRES</b> .....                                    | 36 |
| A.   | <b>LANNION TRÉGOR COMMUNAUTÉ :</b> .....  | 36 |
| B.   | <b>IGEO POUR LE RÉSEAU DE CHALEUR DU RHEU :</b> .....   | 38 |
| VII. | <b>BIBLIOGRAPHIE :</b> .....  | 39 |

## Table des figures :

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURE 1 : LES POINTS DE COLLECTE DES CENDRES (CREDITS : CIBE)</b> .....  | 8  |
| <b>FIGURE 2 : EXEMPLE D'INDESIRABLE DANS UN TAS DE COMBUSTIBLE</b> .....   | 9  |
| <b>FIGURE 3 : DIFFERENTES QUALITES DE CENDRES LA MEILLEURE (GAUCHE) A LA PIRE (DROITE)</b> .....   | 9  |
| <b>FIGURE 4 : EXEMPLE D'EVACUATION DES CENDRES PAR VIS SANS FIN (CREDITS : HEIZOMAT)</b> .....   | 14 |
| <b>FIGURE 5 : EXEMPLE D'EVACUATION DES CENDRES PAR TRANSFERT PNEUMATIQUE (CREDITS : HARGASSNER)</b> .....  | 14 |
| <b>FIGURE 6 : EXEMPLE D'EVACUATION DES CENDRES PAR CONVOYEUR A BANDES (CREDITS : CIBE)</b> .....   | 15 |
| <b>FIGURE 7 : EXEMPLE D'UNE CHAUFFERIE EQUIPEE D'UN CENDRIER A ROULETTE (GAUCHE) AVEC TRANSFERT<br/>PAR VIS SANS FIN DANS LE CENDRIER PUIS ASPIRATION JUSQUE DANS UN BIG-BAG (DROITE) (RESEAU DE<br/>CHALEUR DE QUIBERON)</b> .....      | 15 |
| <b>FIGURE 8 : EXEMPLE DE CENDRIERS / BACS SUR ROULETTES DE PETIT (HAUT) ET GRAND FORMAT (BAS)</b> .....  | 16 |
| <b>FIGURE 9 : EXEMPLE D'UN BIG-BAG REFERMABLE (RESEAU DE CHALEUR DE COMBOURG)</b> .....  | 16 |
| <b>FIGURE 10 : EXEMPLE D'UNE BENNE AVEC DECENDRAGE AUTOMATIQUE (CREDITS : LANNION TREGOR<br/>COMMUNAUTE)</b> .....   | 17 |
| <b>FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIES DE CAMIONS REPRENANT DES CENDRES : VIA BIG BAG (GAUCHE), VIA UNE<br/>BENNE (CENTRE) ET VIA UN CAMION A ASPIRATION (DROITE, SOCIETE VAM, 11M<sup>3</sup>), (CREDITS : STAGE AILE<br/>CENDRES 2021)</b> ..... | 19 |
| <b>FIGURE 12 : MODE DE GESTION DES CENDRES PAR LES CHAUFFERIES BOIS</b> .....  | 20 |

Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable



Financé et piloté par :



Animé par :



|   |           |
|---|-----------|
| <b>FIGURE 13 : COMPARAISON LOGIQUE PRODUIT / DECHET .....</b>                             | <b>22</b> |
| <b>FIGURE 14 : EXEMPLE D'INSTALLATION MUNIE D'UN MULTICYCLONE (CREDITS : LTC).....</b>    | <b>36</b> |
| <b>FIGURE 15 : SCHEMA HYDRAULIQUE D'UNE CHAUFFERIE DE LANNION TREGOR COMMUNAUTE .....</b> | <b>37</b> |
| <b>FIGURE 16 : PHOTOGRAPHIES DU LYCEE THEODORE MONOD ET DE L'INRAE.....</b>               | <b>38</b> |

## Table des tableaux

|  |           |
|--|-----------|
| <b>TABLEAU 1 : TAUX DE CENDRES MOYEN EN FONCTION DE LA BIOMASSE CONSOMMEE (BIOREFINE, 2015).....</b>   | <b>10</b> |
| <b>TABLEAU 2 : EVALUATION DES ACTIONS A METTRE EN PLACE EN FONCTION DU STATUT ICPE.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>TABLEAU 3 : REGLEMENTATION CONCERNANT LA SEPARATION DES CENDRES ET DE LEUR SUIVI (CREDITS : CIBE) .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>TABLEAU 4 : COUT DE LA MISE EN PLACE DES ELEMENTS EN CHAUFFERIE POUR LA GESTION DES CENDRES.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>TABLEAU 5 : RUBRIQUE DES PLATEFORMES GERANT LES CENDRES ET LES PROCEDURES A SUIVRE (CREDITS : CIBE) .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>TABLEAU 6 : VALEUR MONETAIRE INTRINSEQUE MINIMALE DES CENDRES DE BOIS (CF. TABLE RONDE SUR LA GESTION ET LA VALORISATION DES CENDRES, 17 JUIN 2025) .....</b> | <b>25</b> |
| <b>TABLEAU 7 : PLAFONDS DE CONCENTRATION MAXIMUM DES COMPOSES METALLIQUES DANS LES SOLS AUTORISANT L'EPANDAGE.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>TABLEAU 8 : PLAFONDS DE CONCENTRATION MAXIMUM DES COMPOSES METALLIQUES DANS LES CENDRES EN FONCTION DU TEXTE CONCERNE.....</b>                                | <b>29</b> |
| <b>TABLEAU 9 : VALEURS MAXIMALES DES ETM POUR LE CAS DES PRAIRIES.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>TABLEAU 10 : AUTRES COMPOSES SOUMIS A LA REGLEMENTATION POUR LE CAS GENERAL ET POUR LES PATURAGES .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>TABLEAU 11 : CLASSIFICATION DES VALORISATIONS NON AGRONOMIQUE POTENTIELLES .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>TABLEAU 12 : FILIERES DE VALORISATION POTENTIELLES EN FONCTION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE DE BIOMASSE .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>TABLEAU 13 : EXEMPLES DE VALORISATION SUR LE TERRITOIRE BRETON.....</b>   | <b>35</b> |

## Table des équations :

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÉQUATION 1 : CALCUL DE LA QUANTITE DE CENDRE PRODUITE.....</b>            | <b>13</b> |
| <b>ÉQUATION 2 : CONVERSION D'UNE MASSE EN VOLUME DE CENDRES SECHES .....</b> | <b>13</b> |
| <b>ÉQUATION 3 : CALCUL DU TAUX DE CENDRE REEL .....</b>                      | <b>13</b> |

## Gestion, traitement et valorisation

En France, sur la période 2017-2019, la production de cendres est estimée entre 228 000 et 245 000 tonnes sur cette période.



### 1. Que sont les cendres ?



Les cendres sont un sous-produit inévitable de la combustion du bois et des biomasses. Leur composition, leur quantité et leur qualité varie en fonction de l'essence du bois, du contexte local de sa croissance, de sa manipulation et de son stockage mais également de la combustion réalisée.

Les cendres sont essentiellement composées de calcium, potassium, magnésium, phosphore, éléments essentiels pour la croissance des végétaux. On y retrouve également des traces de métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd...). Elles peuvent également contenir des éléments toxiques provenant d'éventuels produits de traitement du bois ou de matériaux en contact avec le bois.

Les cendres peuvent aussi contenir des éléments étrangers comme des cailloux, des éléments métalliques (agrafes, clous, etc.) et des imbrûlés (5 à 8% de la matière sèche).



### Plusieurs types de cendres :

- Cendres sous grille (ou sous foyer) (80%) : Granulaires, lourdes. Elles sont le résidu de la combustion et doivent être évacuées du foyer à intervalle régulier.
- Cendres volantes sous multi-cyclone (15%) : Particules lourdes récupérées par effet vortex, qualité chimiques similaires aux cendres sous foyer mais des analyses peuvent être demandées pour confirmer leur qualité... (séparation obligatoire en fonction de la puissance et de l'année d'installation; cf. page 2).
- Cendres volantes sous équipement de traitement des fumées (5%) : Plus fines, issues du dépoussiérage des fumées via divers système de filtration (filtres à manches, électrofiltres). Les concentrations de métaux volatils tels que le mercure et le cadmium sont souvent plus élevées dans les cendres volantes que dans les cendres sous foyer.

### Le taux de cendre est défini comme :

$$\frac{\text{masse de cendres}}{\text{masse de bois anhydre}}$$

Vous trouverez ci-dessous les taux usuels en fonction de la biomasse consommée :

| Type de biomasse <sup>2</sup>                  | Taux de cendres moyen |
|--|-----------------------|
| Granulés et plaquettes blanches (sans écorces) | 0.5%                  |
| Bois déchiqueté                                | 1 à 3%                |
| Copeaux et sciures                             | 0.5 à 1%              |
| Ecorces seules                                 | 4 à 10%               |
| Bois de rebut                                  | 0.5 à 2%              |

Edition 2026



Les cendres sont **des déchets non dangereux** sauf si elles répondent aux critères d'un **sous-produit** ou d'une **matière valorisable (homologation ou normalisation)**, leurs codes déchets sont :

- **Code 10 01 01 : Mâchefers, scories et cendres sous chaudière** (sauf cendres sous chaudière hydrocarbure visées à la rubrique 10 01 04) à **Cendres sous-foyer et cendres sous multicyclones** : non dangereuse
- **Code 10 01 03** Cendres volantes de tourbe et de bois non traité à **Fines de filtrations** issues des traitements de fumée (filtre à manches ou électrofiltres) : non dangereuse

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

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

\* ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (e.g. Chaufferie > 1MW)



## Acheminement, stockage et évacuation des cendres



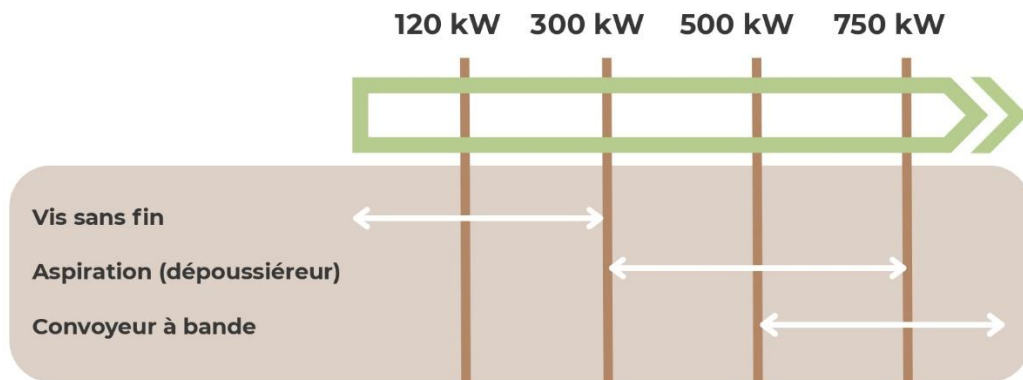
Afin de garantir la valorisation des cendres respectant les valeurs limites des composés spécifiés, la séparation des cendres sous foyer et sous multicyclone peut être demandée en fonction de la date de déclaration de la chaufferie et de la puissance installée :

| Installation existante au 1/1/2024                                      |  | Installation nouvelle au 1/1/2024 |  |
|---|--|-----------------------------------|--|
| Pbois < 10 MW   | Pbois > 10 MW  | Pbois < 5 MW                      | Pbois > 5 MW   |
| Pas d'obligation de séparation  | Dispositif obligatoire de séparation des cendres pour l'épandage | Pas d'obligation de séparation    | Dispositif obligatoire de séparation des cendres pour l'épandage |
| Analyses des cendres en mélange   | Analyse des cendres séparées                                     | Analyses des cendres en mélange   | Analyse des cendres séparées                                     |
| Des cendres dont les analyses respectent les valeurs limites spécifiées |  |                                   |  |

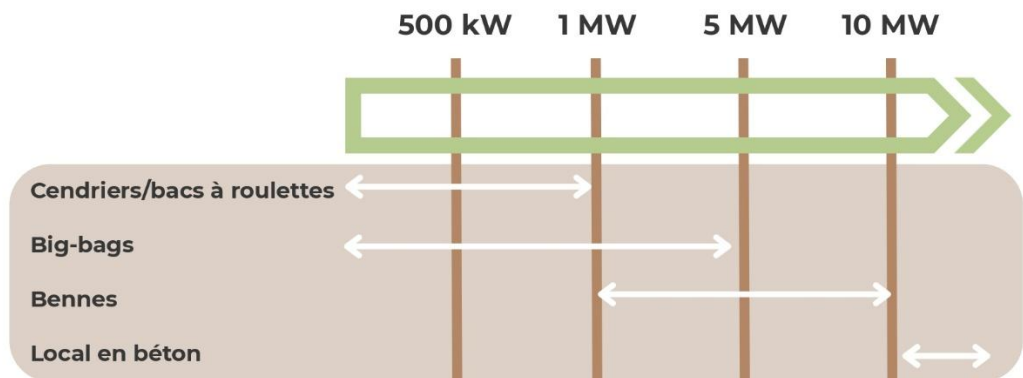


Le **port des gants (basicité), d'un masque (particules fines)** est primordial pour assurer la sécurité des opérateurs. Le stockage des cendres doit permettre de les **protéger de l'humidité et d'éviter leur envol**. Les **cendres encore chaudes ou incandescentes** ne doivent pas être transférées dans un contenant sensible à la chaleur. Il est conseillé de noter la quantité de cendres et la qualité (couleur, texture) évacuée et de la comparer à la quantité de cendres théorique, afin d'évaluer d'éventuels dysfonctionnements de l'installation (réglage de la chaudière, combustible inadapté, présence de corps étrangers, etc.) La qualité (couleur, texture) des cendres est un bon indicateur du bon fonctionnement d'une chaufferie. Elles doivent être les plus claires et fines possibles.

Le décendrage peut se faire par vis sans fin, par aspiration, par convoyeur à bandes voire par transfert pneumatique, chaque technologie est à prioriser en fonction de la puissance bois installée :



Voici différentes solutions de stockage possibles en fonction de la puissance installée (hypothèses : 2% de taux de cendres et 2000 HEPP) :



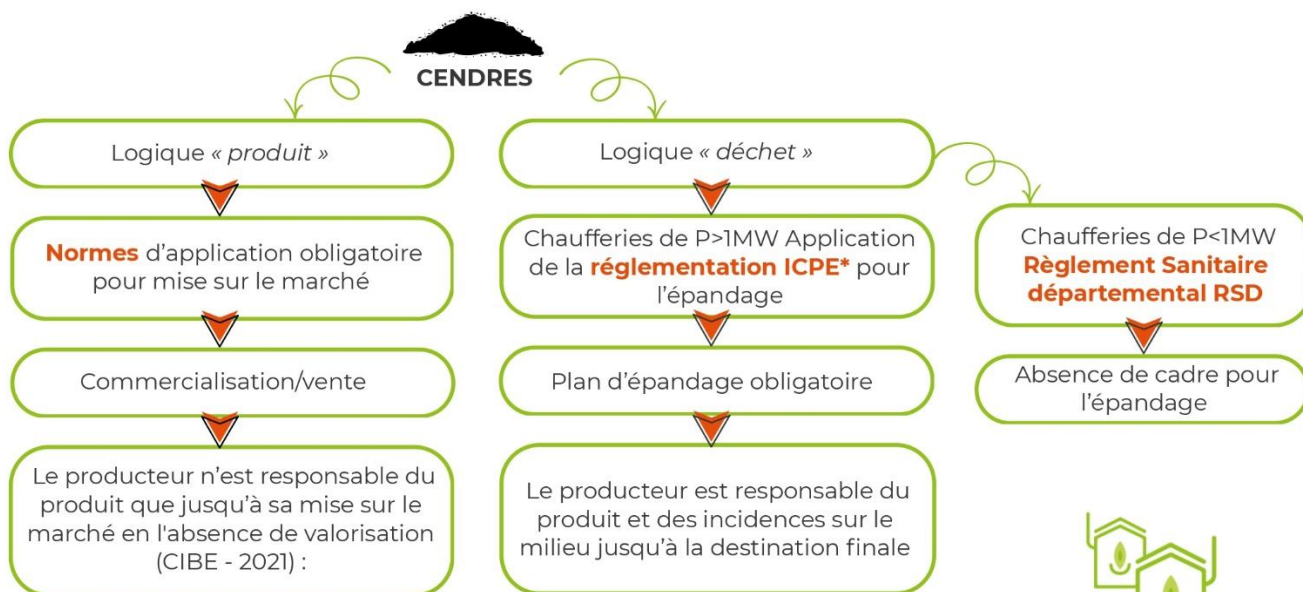
(stage AILE 2021 sur les cendres).

### 3.

## Les cendres issues de chaufferie biomasse : deux logiques de traitement distinctes



La valorisation agronomique des cendres est encadrée par des réglementations différentes selon que l'on se positionne dans une logique de produit ou une logique d'élimination d'un déchet :



- Centre traitement déchets : 125-130 €/tMB
- ISDND (classe 2) : 140-190 €/tMB
- ISDD (classe 1) : 250-530 €/tMB

source : CIBE - 2021

• **Épandage agricole global (2021) : 83 à 90€HT/tMB, il comprend :**

- **11 à 16€HT/tMB pour l'amortissement** de la plateforme de regroupement et de la constitution du plan d'épandage (15 000€ à 20 000€HT/benne x 2 pour la rotation, hangar de stockage à 300€HT du m<sup>2</sup>, plan d'épandage à 15 000 voire 20 000€HT analyses de sol comprises)
- **36€HT/tMB pour le transport** (250 à 390€HT/rotation entre 30 et 100km)
- **4€HT/tMB pour le temps passé par l'exploitant** (manutention, prélèvements et transfert vers la parcelle)
- **7€HT/tMB pour le criblage**
- **15€HT/tMB pour l'épandage** (tracteur + épandeur : 60€HT/ha)
- **6€HT/tMB pour les analyses de cendres** (Agro + ETM : 250€HT/analyse et 1 analyse pour 100t + analyse dioxines : 275€HT/analyse)
- **4 à 6€HT/tMB pour le suivi agronomique** (réalisé par un bureau d'études : 2 000 à 3000€HT selon les sites)

La diversité des filières de valorisations choisies par les exploitants est très riche comme en témoigne les résultats de l'enquête 2025 de AILE à partir de 21 réponses :

| Plaquettes combustibles entrée chaufferie | Étalements sur espaces verts | Mélange compost | Décharge / ordures ménagères | Centre Enfouissement | Enfouissement fond de fouille (routes) | Valorisation en matériaux de construction | Incorporation engrais / amendement | Céramique artisanale / industrielle | Céramique / béton |
|---|------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|--|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| < 100 t/an                                |                              |                 |                              |                      |  |   |                                    |                                     |                   |
| 100 - 500 t/an                            |                              |                 |                              |                      |  |   |                                    |                                     |                   |
| 500 - 2000 t/an                           |                              |                 |                              |                      |  |   |                                    |                                     |                   |
| >2000 t/an                                |                              |                 |                              |                      |  |   |                                    |                                     |                   |



**Retours d'expérience :**

**Lannion Trégor Communauté (LTC) :** 187 tonnes/an produites. Mise en place d'une plateforme mutualisée de valorisation avec plan d'épandage pour rationaliser la gestion et réduire les coûts, en partenariat avec un agriculteur local (économie circulaire).

Réseau de chaleur du Rheu : 15 t/an cendres sous chaudière + 4 t/an sous filtre. Valorisation locale via partenariats avec l'INRAE. Solutions alternatives : plateformes d'amendement. Cendres sous filtres dirigées vers ISDD.

La valorisation agronomique reste la filière la plus pertinente économiquement et environnementalement. Elle nécessite un cadre réglementaire strict mais permet un retour vertueux des minéraux au sol. Les filières artisanales (produits ménagers, céramique) offrent des débouchés complémentaires à petite échelle. L'organisation mutualisée territoriale optimise la gestion technique et financière.

## II. QUE SONT LES CENDRES ?

En France, en 2021, la production de cendres est estimée entre 228 000 tonnes.

Les cendres sont un sous-produit inévitable de la combustion du bois et des biomasses. Leur composition, leur quantité et leur qualité varie en fonction de l'essence du bois, du contexte local de sa croissance et de la combustion réalisée. Les cendres sont essentiellement composées de calcium, potassium, magnésium, phosphore, éléments essentiels pour la croissance des végétaux. On y retrouve également des traces de métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd...). Elles peuvent également contenir des éléments toxiques provenant d'éventuels produits de traitement du bois ou de matériaux en contact avec le bois. Le pH des cendres est basique, variant entre 10.5 et 12.8, ce qui lui confère une valeur agronomique en tant que produit neutralisant le sol.

En fonction de la provenance, des conditions d'exploitation, de la manipulation et du stockage du bois mais aussi du type de biomasse utilisée en chaufferie, les cendres peuvent également contenir des éléments étrangers comme des cailloux, des éléments métalliques (agrafes, clous, etc.) introduits avec le combustible durant le convoyage mais aussi des imbrûlés (5 à 8% de la matière sèche).<sup>1</sup>

### Plusieurs types de cendres :

- Cendres sous grille (ou sous foyer) (80%) : granulaires, lourdes. Elles sont le résidu de la combustion et doivent être évacuées du foyer à intervalle régulier.
- Cendres volantes sous multi-cyclone (15%) : Le filtre multicyclone est un appareil qui permet de récupérer par effet vortex, les particules (parfois encore incandescentes) les plus lourdes : les cendres sous multicyclone. Les poussières plus légères et plus fines sont emportées avec les fumées. D'après une campagne de mesure sur la qualité des cendres menée en 2019, les cendres sous multicyclone sont peu ou prou identiques aux cendres sous foyer, il est donc, sous certaines conditions, possible de mélanger ces deux types de cendres.
- Cendres volantes sous équipement de traitement des fumées (5%) : plus fines, issues du dépoussiérage des fumées via divers système de filtration (filtres à manches, électrofiltres). Les concentrations de métaux volatils tels que le mercure et le cadmium sont souvent plus élevées dans les cendres volantes que dans les cendres sous foyer et plus élevée dans les fractions à granulométrie fine que dans les fractions à grain grossier.<sup>2</sup>



Figure 1 : Les points de collecte des cendres (crédits : CIBE)

<sup>1</sup> Selon Bioréfine, 2015

<sup>2</sup> Selon [IDEX, 2023](#)

La qualité chimique et physique des cendres dépend de plusieurs paramètres liés au combustible, aux conditions de combustion et au type de foyer. Le combustible constitue un facteur majeur : sa composition influe directement sur la nature des cendres produites. Les combustibles riches en silice ou en écorce favorisent la formation de mâchefers et contiennent généralement davantage d'éléments indésirables, tels que des minéraux ou des métaux. Par exemple, les souches sont souvent récoltées avec des cailloux que l'on retrouve en chaufferie et qui peut affecter le bon fonctionnement de l'installation. Par ailleurs, les conditions de récolte et de préparation peuvent altérer la qualité du combustible : un matériau transporté ou stocké au contact du sol risque d'être contaminé par de la terre ou de la silice, ce qui se retrouve ensuite dans les cendres.



Figure 2 : Exemple d'indésirable dans un tas de combustible

La qualité de la combustion joue également un rôle déterminant. Une combustion incomplète entraîne des cendres contenant une proportion élevée de composés organiques non brûlés. De plus, une maîtrise insuffisante de la température du foyer, notamment au niveau de la grille, peut conduire à la formation de mâchefers, perturbant le fonctionnement et la qualité de l'extraction des cendres.

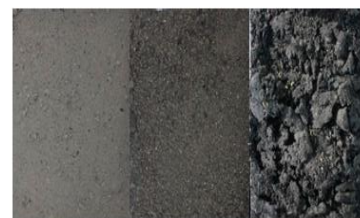


Figure 3 : Différentes qualités de cendres la meilleure (gauche) à la pire (droite)

Selon le type de foyer, la répartition et la nature des cendres diffèrent. Dans un foyer à grille, on distingue notamment les cendres sous-foyer, issues de la zone située sous la grille et représentant environ 80 % de la masse totale, les cendres multicycloniques, constituées de particules lourdes séparées des fumées par effet centrifuge, ainsi que les poussières de filtration, composées de particules fines piégées par les filtres à manches ou les électrofiltres et généralement évacuées vers une installation de stockage de déchets dangereux. D'autres technologies de combustion présentent des proportions et caractéristiques différentes.

La qualité chimique des cendres est définie par leur composition. Certaines substances peuvent être problématiques, comme les composés organiques traces, les dioxines ou les éléments traces métalliques. À l'inverse, des constituants tels que  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  ou  $\text{P}_2\text{O}_5$  confèrent aux cendres un intérêt agronomique, notamment pour leur valeur neutralisante ou fertilisante. En fonction de ces caractéristiques, les cendres peuvent être orientées vers des filières de valorisation adaptées, sous réserve du respect des seuils réglementaires. L'exutoire peut d'ailleurs être ajusté temporairement en fonction des analyses.

La qualité physique constitue un autre critère important. Elle dépend notamment de l'humidité des cendres, variable selon qu'elles sont évacuées par voie sèche ou humide, et de la présence éventuelle de mâchefers ou d'éléments étrangers comme des pièces métalliques. Ces paramètres influencent directement les possibilités de traitement ou de valorisation et conditionnent le choix de l'exutoire. Il est primordial de prévoir l'exutoire et les conditions de son bon déroulement dès la conception de la chaufferie.

Le taux de cendre est défini comme :  $\frac{\text{masse de cendres}}{\text{masse de bois anhydre}}$ , vous trouverez ci-dessous les taux usuels en fonction de la biomasse consommée :

| Type de biomasse                               | Taux de cendres moyen   |
|--|---|
| Granulés et plaquettes blanches (sans écorces) | <b>0,5 à 2%</b><br><br>Se référer à la Norme NF EN ISO 17 225-2 qui fixe trois seuils limites A 0,7 ; A1,2 ; A2.0 |
| Bois déchiqueté                                | <b>1 à 3%</b>   |
| Copeaux et sciures                             | <b>0.5 à 1%</b>   |
| Ecorces seules                                 | <b>4 à 10%</b>  |
| Bois de rebut                                  | <b>0.5 à 2%</b>   |

Tableau 1 : Taux de cendres moyen en fonction de la biomasse consommée (bioréfine, 2015)

### Précisions sur la réglementation et la logistique des cendres :

Les cendres sont **des déchets** sauf si elles répondent aux critères d'un **sous-produit** ou d'une **matière valorisable**. Elles sont considérées comme des déchets non dangereux au sens du code de l'environnement ; les codes « déchets » sont les suivants :

- **Code 10 01 01 : Mâchefers, scories et cendres sous chaudière** (sauf cendres sous chaudière visées à la rubrique 10 01 04) à **Cendres sous-foyer et cendres sous multicyclones** : non dangereuse
- **Code 10 01 03** Cendres volantes de tourbe et de bois non traité à **Fines de filtrations** issues des traitements de fumée (filtre à manches ou électrofiltres) : non dangereuse

Dans le cas de fours à grilles les cendres sous-foyer contiennent beaucoup moins d'éléments traces métalliques que les fines de filtration. A contrario sur les lits fluidisés les fines de filtration sont de meilleure qualité, car la proportion de cendres sous-foyer et de fines de filtration est inversée par rapport à une chaudière à grille.

| Hors ICPE <sup>3</sup> | Déclaration  | Enregistrement | Autorisation                                  |
|------------------------|--|----------------|---|
| X                      | Aménagement d'une aire de stationnement et de manœuvre           |                |   |
| X                      | Prévention des risques de pollution (ruissèlements, envolées...) |                |   |
| X                      | Quantité maximale épandable : 2000T/an                           |                | Si plus de 2000T/an, déclaration au ministère |
| X                      | Période d'épandage limitée                                       |                |   |
|                        | Tenue d'un registre des déchets                                  |                |   |

Tableau 2 : Evaluation des actions à mettre en place en fonction du statut ICPE<sup>4</sup>

<sup>3</sup> ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

<sup>4</sup> Selon [l'arrêté modifiant l'arrêté du 25 juillet 1997](#)

En fonction de leur régime, les cendres issues de chaufferies biomasse sont soumises à différents arrêtés<sup>5</sup> :

- **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 ruissellements, 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 **à la préfecture du département et à la DREAL concernée**. 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

<sup>5</sup> Selon [l'arrêté modifiant l'arrêté du 25 juillet 1997](#) et synthèse du CIBE : [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)

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. »

### III. ACHÈMINEMENT, STOCKAGE ET ÉVACUATION DES CENDRES

Les cendres doivent être évacuées régulièrement de la chaudière afin d'assurer son bon fonctionnement. On peut réaliser son évacuation par voie sèche ou humide. En fonction de la méthode mise en place, la masse volumique des cendres varie : 600 kg/m<sup>3</sup> par voie sèche et 1000 kg/m<sup>3</sup> par voie humide.<sup>6</sup>

Afin de garantir la valorisation des cendres respectant les valeurs limites des composés spécifiés, la séparation des cendres sous foyer et sous multicyclone peut être demandée en fonction de la date de déclaration de la chaufferie et de la puissance installée :

| Installation existante au 1/1/2024                                      |  | Installation nouvelle au 1/1/2024 |  |
|---|--|-----------------------------------|--|
| P <sub>bois</sub> < 10MW  | P <sub>bois</sub> > 10 MW  | P <sub>bois</sub> < 5 MW          | P <sub>bois</sub> > 5 MW   |
| Pas d'obligation de séparation  | Dispositif obligatoire de séparation des cendres pour l'épandage | Pas d'obligation de séparation    | Dispositif obligatoire de séparation des cendres pour l'épandage |
| Analyses des cendres en mélange   | Analyse des cendres séparées                                     | Analyses des cendres en mélange   | Analyse des cendres séparées                                     |
| Des cendres dont les analyses respectent les valeurs limites spécifiées |  |                                   |  |

Tableau 3 : Règlementation concernant la séparation des cendres et de leur suivi (crédits : CIBE<sup>7</sup>)

#### Précautions :

Le **port des gants** est recommandé en raison de la basicité des cendres, qui peut entraîner des brûlures

Le **port d'un masque** permet d'éviter d'inhalier les fines particules, en particulier dans le cas des cendres sèches pulvérulentes.

Le stockage des cendres doit permettre de les **protéger de l'humidité** et d'**éviter leur envol**. Les **cendres encore chaudes** ne doivent pas être transférées dans un contenant sensible à la chaleur !

La mise en place d'un dispositif automatique pour extraire les cendres depuis le foyer vers un contenant extérieur ou dans un big-bag permet de :

- Limiter l'extraction manuelle des cendres vers un contenant,
- Limiter l'exposition du personnel aux cendres
- Eviter la manutention d'un contenant plein de cendre d'une centaine kilo de charge sauf pour les big-bags manipulables par des transpalettes ou des chariots.

A chaque opération de décentrage, il est conseillé de noter la quantité de cendres évacuée et de la comparer à la quantité de cendres théorique, afin d'évaluer d'éventuels

<sup>6</sup> Selon Bioréfine, 2015

<sup>7</sup> Selon [l'arrêté modifiant l'arrêté du 25 juillet 1997, CIBE, 2023](#) et synthèse du CIBE : [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)

dysfonctionnements de l'installation (réglage de la chaudière, combustible inadapté, présence de corps étrangers, etc.)

### Exemple d'estimation de la quantité de cendres théorique

Par exemple, une chaufferie a consommé 30 tonnes de bois déchiqueté à 25% d'humidité et doit réaliser le décentrage de son installation par voie sèche. Elle souhaite connaître la quantité théorique de cendre à gérer :

$$m_c = m_b * (1 - H\%) * \tau_c = 30 * (1 - 25\%) * 2\% = 0.45 \text{ tonnes} = 450 \text{ kg de cendres}$$

Avec :  $m_c$  : Masse de cendres

$m_b$  : Masse de bois

$\tau_c$  : Taux de cendres

$H\%$  : Taux d'humidité du combustible

#### Équation 1 : Calcul de la quantité de cendre produite

$$V_c = \frac{m_c}{\rho} = \frac{450}{600} = 0.75 \text{ m}^3 = 750L$$

Avec :  $V_c$  : Volume de cendres

$m_c$  : Masse de cendres

$\rho$  : Masse volumique des cendres

#### Équation 2 : Conversion d'une masse en volume de cendres sèches

Finalement, la pesée indique 600 kg (ou 0,6 tonnes), soit un taux de cendres de :

$$\tau_c = \frac{m_c}{m_b * (1 - H\%)} = \frac{0.6}{30 * (1 - 25\%)} = 2.6\% \text{ de taux de cendres} < 3\% \text{ donc correct}$$

Avec :  $m_c$  : Masse de cendres

$m_b$  : Masse de bois

$\tau_c$  : Taux de cendres

$H\%$  : Taux d'humidité du combustible

#### Équation 3 : Calcul du taux de cendre réel

Malgré une différence de 150kg entre la théorie et la pratique le taux de cendres reste autour des valeurs usuelles. Cependant, il est tout de même dans la fourchette haute, il serait tout de même intéressant de regarder en détail sa composition comme la présence d'éléments étrangers et la couleur des cendres indicatrice de la présence d'imbrûlés dans celles-ci. En effet, plus les cendres sont claires et moins il y a d'imbrûlés.

Le CIBE a publié en 2020 une calculatrice Excel qui permet d'évaluer la fréquence de vidange des cendres et l'autonomie estimée, disponible via ce lien : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-21-Cendres-Calculatrice-Fre%CC%81quence-e%CC%81vacuation-et-Autonomie-de-stockage.xlsx>

## a. Acheminement des cendres du foyer au stockage

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.

### 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 €<sup>8</sup> 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 4 : Exemple d'évacuation des cendres par vis sans fin (crédits : Heizomat)

### 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 5 : Exemple d'évacuation des cendres par transfert pneumatique (crédits : Hargassner)

<sup>8</sup> Selon le rapport de stage AILE sur les cendres de 2021



## Convoyeur à bandes :

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 6 : Exemple d'évacuation des cendres par convoyeur à bandes (crédits : CIBE)

## 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 7 : Exemple d'une chaufferie équipée d'un cendrier à roulette (gauche) avec transfert par vis sans fin dans le cendrier puis aspiration jusque dans un big-bag (droite) (Réseau de chaleur de Quiberon)

## b. Manutention et stockage des cendres

### - Bacs /cendriers

- Réservés aux faibles puissances (< 120kW) ou pour un approvisionnement <50 tonnes/an, volume d'environ 10 à 15 L soit 6 à 10 Kg.



### - Bacs sur roulettes

- Adaptés à des chaufferies de moyenne puissance (inférieure à 300 kW) ou pour un approvisionnement < 200 tonnes/an pour des cendriers de 10 à 70 litres soit 6 à 42 kg.
- On peut également partir sur un volume de 100 à 500 L mais dans ce cas les cendres seront acheminées via un système spécifique (vis, convoyeur, etc...). Adaptés pour des puissances < 500kW ou un approvisionnement < 400 tonnes/an.
- Pour des chaufferies comprises entre 500 kW et 1 MW, on peut choisir un volume encore plus conséquent (500 à 1000L), cependant, leur manutention nécessite généralement des chariots élévateurs ou des treuils, il faut donc prévoir en chaufferie l'espace nécessaire à sa circulation.<sup>9</sup>



Figure 8 : Exemple de cendriers / bacs sur roulettes de petit (haut) et grand format (bas)

### - Sacs « big-bags »

- Réservés aux cendres évacuées **par voie sèche**. Leur capacité de stockage est de 1 tonne. (Il existe des stations de remplissage de ces sacs). 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 (utile jusqu'à 140°C).
- Il est conseillé de choisir un modèle big-bag refermable comme celui-ci, de le placer dans un contenant métallique pour limiter les risques d'incendie, à l'abri de la pluie et de l'humidité. Pour faciliter sa manutention, il peut être stocké sur palettes.



Figure 9 : Exemple d'un big-bag refermable (Réseau de Chaleur de Combourg)

<sup>9</sup> Selon CIBE REX 2022 du [21/10](#), du [27/10](#) et le [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)  
Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable



## En cas de problèmes de cendres incandescentes quelles sont les solutions ?

Pour les cendres incandescentes (risque incendie) mettre les big-bags dans des contenants métalliques.

Il faut :

- Un temps d'extinction qui soit suffisamment long
- Des précautions à prendre aussi sur le transport pneumatique parce qu'on peut raviver les braises
- Vérifier aussi l'efficacité de l'échangeur : si l'échangeur est encrassé, il y aura un mauvais échange de chaleur eau/fumées et les fumées sortiront plus chaudes (donc les cendres volantes également, avec risque de cendres incandescentes)
- Vérifier l'encrassement du multicyclone.
- La technique des cendres humides qui limite ce risque-là

### - Bennes

- Pour des puissances importantes de plusieurs MW, il peut être intéressant de choisir des bennes avec un volume utile d'environ 6 à 10 m<sup>3</sup>. Cependant, cette solution bien qu'optimal pour limiter la fréquence d'enlèvement des cendres demande un foncier important (2 bennes + zone de retournement) avec une dalle béton permettant de supporter son poids. De plus, le convoyeur doit être protégé du froid et la benne décolmatée avant vidange. La répartition des cendres dans une benne est possible si la benne est équipée d'une à deux vis égalisatrices (proposé par les fabricants).



Figure 10 : Exemple d'une benne avec déchargement automatique (crédits : Lannion Trégor Communauté)

### - Local en béton

- Pour des volumes de cendres à stocker dépassant les 15 m<sup>3</sup>. 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. 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.

L'évacuation des cendres dans un contenant de grande capacité (bennes ou big-bags) va permettre d'augmenter la capacité de stockage et de diminuer la fréquence de reprise ou de collecte des cendres.

S'équiper d'un système d'aspiration des cendres vers une benne ou un big-bag permet de :

- Faciliter l'évacuation des cendres vers l'extérieur si le stockage se situe à l'extérieur
- Eviter l'exposition du personnel aux cendres sur des interventions manuelles

Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable

Financé et piloté par :



Animé par :



- C'est un système efficace pour évacuer les cendres dans le cas où il y a une différence de niveau entre la chaudière et le zone de stockage : éviter les marches.

Vous trouverez ci-dessous le coût moyen de ces équipements (données 2021) :

| Pratique                         | Récupération/stockage  |
|----------------------------------|------------------------|
| Big Bag 1m3                      | 9€/unité               |
| Cendrier de 30 à 70L             | 480 à 845€/unité       |
| Cendrier de 100 à 500L           | 500 à 1 500€/unité     |
| Cendrier 1000 à 2000L            | 1 000 à 2 000€/unité   |
| Benne                            | 10 000 à 20 000€/unité |
| Aspirateur cendres plug and play | 6 140 €/unité          |
| Cendrier avec vis déportée       | 3360 €/unité           |

Tableau 4 : Coût de la mise en place des éléments en chaufferie pour la gestion des cendres<sup>10</sup>

## 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

<sup>10</sup> Selon CIBE REX 2022 du [21/10](#), du [27/10](#) et le [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)  
Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable

### c. Evacuation des cendres

La reprise des cendres est adaptée à chaque type de contenant mais il est recommandé d'éviter les interventions manuelles lors de cette étape à cause de la formation d'un nuage de poussière entraînant un risque d'inhalation au personnel, ainsi qu'un risque de mal de dos par la manipulation de grande charge.

La reprise des big-bags par un camion grue reste un moyen efficace car cela évite la formation d'un nuage de poussières lors de l'intervention et ne nécessite aucune manipulation de plusieurs charges.

Les sociétés d'assainissement et de nettoyage se dotent également de camions d'aspiration de poussières pour faciliter l'intervention en :

- Evitant la reprise des bennes à chaque intervention : éviter le trajet aller-retour des camions
- Limitant la manipulation des charges
- Limitant l'exposition aux cendres.

Que les cendres soient considérées comme un produit ou un déchet, celles-ci doivent être évacuées vers le site de traitement pour sa valorisation ou non. L'enlèvement des cendres via un camion Ampliroll par lot de 5 à 6 big-bags coûtait en 2021 100 à 300€/tonne.<sup>11</sup>



Figure 11 : Photographies de camions reprenant des cendres : via big bag (gauche), via une benne (centre) et via un camion à aspiration (droite, société VAM, 11m<sup>3</sup>), (crédits : Stage AILE cendres 2021)

Via un camion à aspiration, l'intervention peut coûter 350 à 500€/tonne.

Si cela est réalisé via une tractopelle ou un télescopique (véhicule équipé d'un bras de levage ou d'un godet adapté pour les bacs à cendres à roulettes de 75 à 250 litres et les big-bags), le coût d'investissement pour l'équipement spécifique pour cendrier est de 2000 € à 3000€. Si un agriculteur, en échange de sa valorisation en compostage/épandage, souhaite réaliser l'enlèvement, il n'y a pas de coûts d'enlèvement apparent.

<sup>11</sup>Selon CIBE REX 2022 du [21/10](#), du [27/10](#) et le [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)  
Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable

## Vers une valorisation :

Les cendres doivent être stockées sur une plateforme afin de faciliter leur valorisation, regroupement, mélange à du compost... Ces sites doivent appartenir à 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 respecte les valeurs maximales. |   |

Tableau 5 : Rubrique des plateformes gérant les cendres et les procédures à suivre (crédits : CIBE<sup>12</sup>)

En 2015, dans le cadre du programme Biorefine, AILE a mené l'enquête sur la gestion des cendres :

Les coûts de prestation pour la reprise des cendres par des sociétés traitement des déchets se situe autour de 125-130 €/tonne. Le coût de mise en centre d'enfouissement technique est d'environ 185 €/tonne.

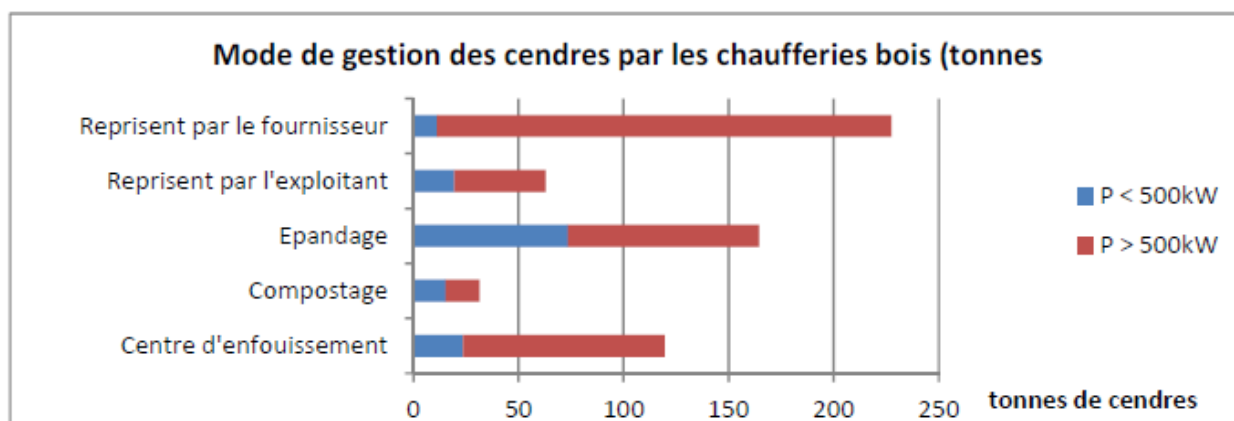


Figure 12 : Mode de gestion des cendres par les chaufferies bois

En 2021, le CIBE a publié une synthèse qui détaille entres autres la procédure et les coûts d'élimination des cendres en centre d'enfouissement :

- Installation de stockage de déchets inertes (**ISDI**), classe 3, il ne concerne que les cendres volantes de lits fluidisés
- Installation de stockage de déchets non dangereux (**ISDND**), classe 2, 140-190 €HT/tonne
- Installation de stockage de déchets dangereux (**ISDD**), classe 1, 450-530 HT€/tonne

En l'absence de spécifications, ces déchets sont considérés comme non dangereux. Cependant, afin de déterminer le type de centre d'enfouissement, il faut réaliser un test de lixiviation (X 30402-2) sur la base d'un ratio Liquide/Solide de 10 L/kg. Si les cendres ne respectent pas les critères ISDD, une stabilisation est nécessaire (emprisonnement dans du ciment), entraînant un surcoût.

Même si le test montre que les cendres (volantes ou sous-foyer) respectent les critères, il existe des contraintes techniques empêchant leur évacuation en ISDND. Une grande majorité des ISDND ne peuvent pas accepter des déchets pulvérulents car ceux-ci doivent être stabilisés afin de prévenir des risques d'envolées. Dans ce cas-là, quelle que soit leur provenance, si elles ne sont pas humidifiées, les cendres ne peuvent être évacuées en ISDND et devront être acheminées en ISDD. Il existe des exceptions par exemple si les cendres sont

<sup>12</sup> Selon CIBE [rapport de 09/20 sur les bonnes pratiques](#)

contenues dans un big-bag, dans ce cas il est possible qu'elles soient acceptées en ISDND, sous réserve du respect des critères de lixiviation. Chaque lot de cendres qui arrive en centre doit être testé.

Généralement, les cendres sous-foyer respectent les critères des ISDND et peuvent y être évacuées si elles sont humidifiées. Les cendres volantes bien qu'évacuées en big-bags ne sont pas éliminées en ISDND car elles ne respectent pas les critères de lixiviation.

### En l'absence de valorisation (CIBE - 2021<sup>13</sup>) :

- Centre traitement déchets : 125-130 €/tonne
- ISDND (classe 2) : 140-190 €/tonne
- ISDD (classe 1) : 250-530 €/tonne
- Epandage agricole global (2021)<sup>14</sup> : **83 à 90€HT/tMB**, il comprend :
  - **11 à 16€HT/tMB pour l'amortissement** de la plateforme de regroupement et de la constitution du plan d'épandage (15 000€ à 20 000€HT/benne x 2 pour la rotation, hangar de stockage à 300€HT du m<sup>2</sup>, plan d'épandage à 15 000 voire 20 000€HT analyses de sol comprises)
  - **36€HT/tMB pour le transport** (250 à 390€HT/rotation entre 30 et 100km)
  - **4€HT/tMB pour le temps passé par l'exploitant** (manutention, prélèvements et transfert vers la parcelle)
  - **7€HT/tMB pour le criblage**
  - **15€HT/tMB pour l'épandage** (tracteur + épandeur : 60€HT/ha)
  - **6€HT/tMB pour les analyses de cendres** (Agro + ETM : 250€HT/analyse et 1 analyse pour 100t + analyse dioxines : 275€HT/analyse)
  - **4 à 6€HT/tMB pour le suivi agronomique** (réalisé par un bureau d'études : 2 000 à 3000€HT selon les sites)

Ce coût ne prend pas en compte les frais supplémentaires en cas de co-pondage (e.g. déchets verts : acheminement + mélange). N'est également pas pris en compte le gain potentiel indirect (économique, environnemental et énergétique) permis par la substitution totale ou partielle des produits utilisés pour l'amendement et la fertilisation dans la situation initiale. Ces derniers, selon leur origine (chimique de synthèse), peuvent contenir des quantités d'ETM mobilisés par extraction depuis les couches profondes de la Terre et venir impacter le bilan global par une augmentation soudaine de leur concentration dans les couches superficielles du sol (cf scénario développement bioénergies AFTERRRES2050). Des analyses de cycle de vie peuvent venir préciser ce gain potentiel. Par ailleurs, la réhausse du pH permis par les cendres, peut limiter la disponibilité de ces ETM dans le milieu et donc leur assimilation par les plantes. Une approche agronomique et des analyses de sol (coûts supplémentaires) peuvent s'avérer nécessaires pour évaluer leur persistance à l'échelle de la parcelle et adapter l'assolement de l'exploitation agricole le cas

<sup>13</sup> Selon la [synthèse du CIBE sur la valorisation agricole des cendres de 2021](#)

<sup>14</sup> Selon la [présentation de CEDEN du 18/02/2021](#)

Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable

Financé et piloté par :



Animé par :



## IV. LES CENDRES ISSUES DE CHAUFFERIE BIOMASSE : DEUX LOGIQUES DE TRAITEMENT DISTINCTES

La valorisation agronomique des cendres est encadrée par des réglementations différentes selon que l'on se positionne dans une logique de produit ou une logique d'élimination d'un déchet :

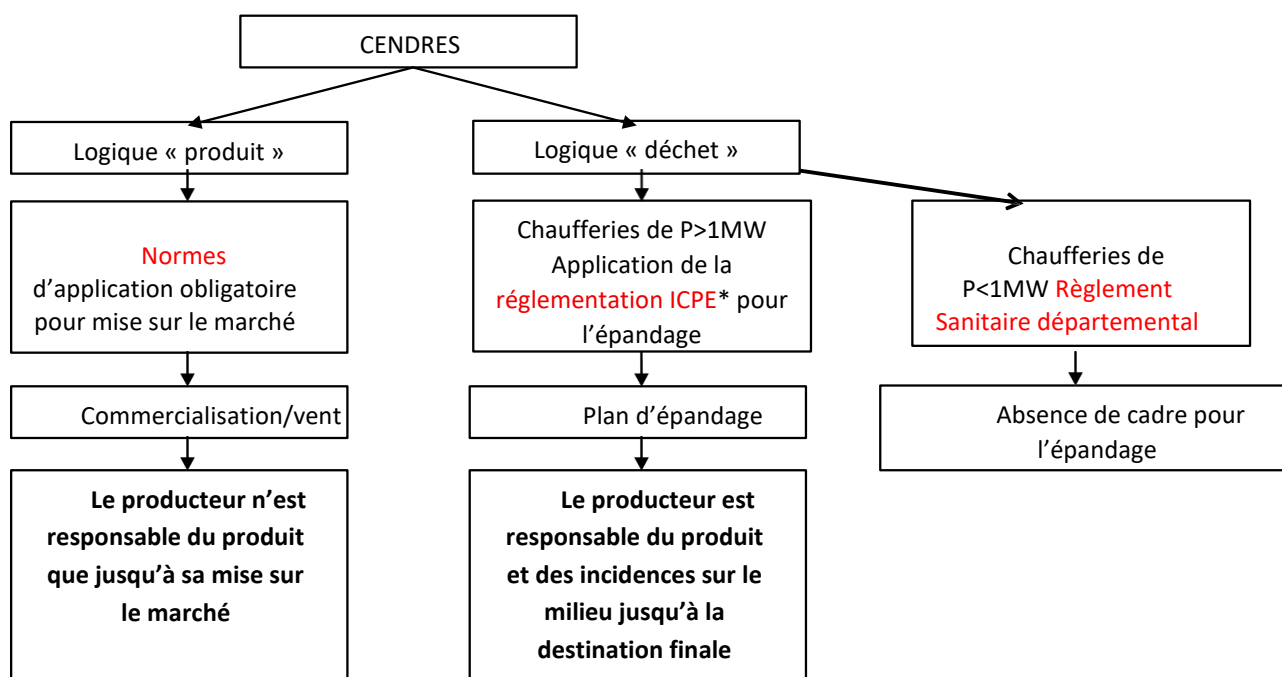


Figure 13 : Comparaison logique produit / déchet<sup>15</sup>

### a. Les cendres : Logique produit

Les cendres peuvent être considérées comme produit (c'est à dire avec une valeur commerciale) comme un engrais ou un amendement du fait de leurs propriétés amendantes et fertilisantes. Selon le Code Rural, elles entrent donc dans la catégorie des fertilisants (article L255-1, code rural). Or tout produit commercialisé doit avoir été homologué, disposer d'une Autorisation Provisoire de Vente ou répondre à une norme (article L255-2, code rural).

Deux principes fondamentaux encadrent la mise sur le marché de produit :

- Les produits doivent être constants (dans leur composition et par rapport aux teneurs annoncées : homogènes à l'intérieur d'un lot, et entre lots, stables au cours du stockage) ;
- Les produits doivent faire référence à un document technique officiel.

<sup>15</sup> CIBE, logigramme sur la valorisation agricole des cendres issues de chaufferies biomasse  
Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable

## Démarche d'homologation :

En l'absence de norme adaptée, il est possible de recourir à l'homologation, qui ne peut être accordée qu'aux « produits qui ont fait l'objet d'un examen destiné à vérifier leur efficacité et leur innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de leur environnement dans les conditions d'emploi prescrites ou normales ». Pour obtenir une homologation, un dossier doit être déposé auprès du ministère de l'Agriculture.

La constance de composition est encadrée par l'arrêté du 7 juillet 2005. Les conditions d'homologation et le contenu des dossiers de demande sont définis par l'arrêté du 21 décembre 1998. La procédure d'homologation comporte de nombreuses phases incluant la caractérisation du produit (caractéristiques physico-chimiques, biologiques, éléments trace, stabilité/variabilité du produit...), la vérification l'innocuité du produit, la détermination de l'efficacité du produit avec mise en place d'essais culturaux, la détermination d'un mode d'emploi du produit.

Un produit homologué tout comme un produit normé ne nécessite pas de plan d'épandage ni de suivi agronomique. Seule la constance de la qualité du produit est périodiquement contrôlée. La durée de validité de l'homologation est de 10 ans, renouvelable sur demande et selon les conditions de conformité. La procédure d'homologation reste une voie spécifique, la majorité des matières fertilisantes mises sur le marché sont conforme aux engrais CE.

La démarche d'homologation est longue et très coûteuse, en termes d'intérêts commerciaux et de marchés elle ne peut être envisagée que si les quantités sont importantes, pérennes et homogènes en composition.

Un rassemblement de cendres de plusieurs chaufferies, via les fournisseurs, pourrait justifier de la création d'un nouveau 'Produit' sur le territoire. Ce rassemblement pouvant créer lui-même de la variabilité en composition (compositions différentes) il imposera de fait certains équipements (stockage temporaire et mélangeur).

## Démarche de normalisation :

La normalisation est une démarche collective et volontaire de la part de professionnels désirants se mettre d'accord sur les caractéristiques d'un produit qu'ils souhaitent mettre sur le marché. En termes de matières fertilisantes plusieurs normes existent en fonction de l'objectif du produit.

### - La norme NF U 42-001, engrais N, P, K :

Cette norme encadre les engrais dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à la nutrition. Pour bénéficier de cette norme basée sur les éléments fertilisants majeurs N, P<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, les cendres doivent respecter une teneur minimale de 3% de la matière brute pour un de ces éléments ou de 7% de matière brute pour la somme de ces éléments.

Elles doivent comporter des éléments fertilisants secondaires (Ca, Mg, Na, S) et des oligo-éléments (B, Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Zn). D'autres paramètres doivent être vérifiés, notamment la stabilité de la teneur annoncée et l'innocuité du produit (vérification des teneurs en Eléments Traces Métalliques).

Dans les faits, **une faible proportion des cendres sont susceptibles de respecter les critères de la norme** à cause de teneurs généralement insuffisantes les respects des ratios en phosphore et potasse.

- **La norme NF U44-203** « Matières fertilisantes ayant des caractéristiques mixtes - Amendements minéraux basiques - Engrais - Dénominations et spécifications » : par leurs caractéristiques, les cendres ont des propriétés d'amendement-engrais mais ne sont pas encore acceptées.

- **La norme NF U 44-001, amendements minéraux calco-magnésiens :**

Cette norme encadre les amendements calcique ou magnésien destinés principalement à maintenir ou à élever le pH du sol et à en améliorer les propriétés. Cette norme s'applique aux produits contenant une forte teneur en carbonates de calcium (CaO) et/ou magnésium (MgO) ou chaux vive. Toutefois, les cendres ne font pas partie des produits normalisables.

- **La norme « compost » NFU 44-051**

Pendant de nombreuses années, une part importante des cendres sous foyer a été incorporée aux composts de déchets verts. Cette pratique permettait d'enrichir le compost en potasse et en chaux tout en préservant le statut de produit du mélange final. Depuis 2010, la liste des matières autorisées de la norme écarte désormais les cendres d'origine végétale. Les cendres issues de bois brut n'atteignent souvent pas les seuils imposés par la norme, notamment pour les teneurs minimales en élément fertilisant.

La valorisation des cendres sous foyer en agriculture dans le cadre de la norme NF U 44-051 (incorporées ou seules) est donc impossible en l'état actuel des réglementations en tant que produit.



## Quelle législation s'applique pour le mélange cendres et compost ?

Les composts mélangés avec les cendres sont considérés comme un « déchet ». Dès lors que les cendres sont mélangées avec du compost, le compost perd son statut de « produit » donc c'est l'ensemble du mélange qui est soumis à un plan d'épandage.

Dans la pratique, quand les agriculteurs le peuvent ils le font car c'est juste du bon sens, ça facilite l'épandage des cendres et en plus ça permet d'éviter des passages supplémentaires (le mélange a une valeur agronomique complète).

- **La norme NF U 44-095, « Amendements organiques - Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux » :**

Il est possible de mélanger les cendres à d'autres produits via la Norme NF U44-095 en tant que Matière Végétale Brute (MVB) transformée thermiquement. Cette norme prévoit les seuils maxima en ETM de chacun des composants du mélange (cendres – boues - composts) plus bas que la norme NF U 44 051.

Les cendres peuvent entrer dans la constitution et le process de création d'un amendement organique comme la création d'un compost à partir de déchets végétaux urbains dans une plateforme de compostage agréée (norme NF U 44-095).<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Selon CIBE REX 2022 du [21/10](#), du [27/10](#), du [2/11](#)  
*Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable*



## b. Les cendres : Logique déchets : Valorisation agronomique des cendres

La valorisation agronomique des cendres de bois constitue un cycle vertueux pour l'environnement. En effet, lors de la combustion, le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) relâché dans l'atmosphère correspond à celui prélevé par la plante au cours de sa croissance, ce qui ne contribue pas à l'accroissement de l'effet de serre. Par ailleurs, les minéraux et éléments fertilisants tels que le phosphore ( $P$ ), le potassium ( $K$ ), le calcium ( $Ca$ ) et le magnésium ( $Mg$ ), absorbés par les arbres, sont restitués au sol sous forme de cendres, évitant ainsi leur appauvrissement. L'utilisation du bois comme source d'énergie, renforcée par ce retour des nutriments, contribue à un bilan neutre si ce retour au sol intervient dans la zone où le bois a été prélevé. Ceci renforce la place du bois bocager dans l'approvisionnement de chaufferies de proximité où la traçabilité des lots et des chantiers d'exploitation des peuplements a la capacité de permettre cette circularité, combinant le processus de prélèvement et la valorisation des cendres.

Les cendres de bois jouent à la fois le rôle d'engrais de fond et d'amendement basique. Elles présentent une concentration en minéraux environ cent fois supérieure à celle du bois. Elles possèdent une valeur neutralisante (VN) moyenne d'environ 45 %. La composition des cendres dépend à la fois de l'essence de l'arbre et, de manière plus significative, de la richesse du sol sur lequel il a poussé, ce qui explique, par exemple, la concentration plus importante de potassium dans le bois bocager par rapport au bois forestier.

La qualité des cendres est directement liée à celle du bois utilisé. Une campagne d'analyses menée par l'ADEME en 2021 sur 30 sites de chaufferies biomasse a permis de vérifier leur conformité. Les résultats ont montré que les teneurs en éléments polluants restent largement inférieures aux seuils réglementaires d'épandage. Les cendres sous foyer ont ainsi affiché une conformité totale pour le cadmium ( $Cd$ ) et pour la majorité des autres métaux lourds et polluants organiques. Cette qualité confère aux cendres une valeur intrinsèque comparable à celle d'engrais minéraux équivalents, d'autant plus qu'elles contiennent des oligo-éléments et répondent à des besoins spécifiques du sol.

Si l'on évalue rapidement la valeur monétaire des cendres, on obtient :

| Eléments principaux contenus dans les cendres | Concentration (kg/t) | Valeur monétaire |
|---|----------------------|------------------|
| <b>CaO-MgO</b>                                | 400                  | 0.2€/kg          |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>                         | 80                   | 0.58€/kg         |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>             | 40                   | 1.14€/kg         |
| <b>Valeur monétaire pour 1t de cendres</b>    |                      | <b>172€/t</b>    |

Tableau 6 : Valeur monétaire intrinsèque minimale des cendres de bois (cf. table ronde sur la gestion et la valorisation des cendres, 17 juin 2025)

## Cas des chaufferies soumises à l'arrêté 2910 :

Les chaufferies de 1 MW et plus, et celles brûlant de la biomasse faiblement adjuvante relèvent de la nomenclature ICPE, rubrique 2910. Pour ces installations, l'arrêté du 26 août 2013 a introduit la possibilité d'épandage des cendres issues de la combustion de biomasse et précise les modalités. Il distingue plusieurs régimes :

- Déclaration : installations de 1 à 20 MW brûlant du bois non adjuvant (arrêté du 26 août 2013)
- Enregistrement : installations brûlant de la biomasse faiblement adjuvante de 100kW à 50 MW (arrêté du 24 septembre 2013)
- Autorisation : installations de plus de 50 MW (arrêté du 26 août 2013)

## Pour les installations soumises aux régimes déclaration et enregistrement (<50MW) :

**Cendres valorisables :** Les cendres issues de la combustion de biomasse par voie sèche ou humide sous l'équipement de combustion peuvent être épandues, dans la limite d'un volume annuel de 5 000 tonnes/an. Les cendres volantes sont exclues.

**Règles d'épandage :** Elles sont similaires à l'épandage des boues et des composts (arrêté du 17/08/1998). A cet égard, depuis 1998, les arrêtés « épandage » prennent en compte l'incidence du pH sur la disponibilité des métaux en exigeant les conditions d'épandage suivantes : « Les cendres ne sont pas épandues sur des sols dont le pH avant épandage est inférieur à 6, sauf lorsque les trois conditions suivantes sont simultanément remplies :

- Le pH du sol est supérieur à 5 ou supérieur (ou égal à 4 dans le cas des sols forestiers)
- La nature des cendres peut contribuer à remonter le pH du sol à une valeur supérieure ou égale à 6 (ou supérieure ou égale à 4,5 dans le cas des sols forestiers).
- Le flux cumulé maximum des éléments apportés aux sols est inférieur aux valeurs seuil »

Les cendres épandues doivent présenter un intérêt pour les sols ou la nutrition des cultures. Une **étude d'épandage préalable** justifie la compatibilité de l'épandage avec les contraintes environnementales recensées. Elle définit la caractérisation des cendres, les doses à épandre, l'emplacement et modalités de stockage, les caractéristiques des sols, et l'adéquation entre les surfaces agricoles concernées et les flux de cendres à épandre.

Un **plan d'épandage** est réalisé à l'issue de l'étude préalable d'épandage ainsi qu'un programme prévisionnel annuel d'épandage. Une **analyse des cendres** est faite régulièrement selon les normes en vigueur :

- Echantillonnage : échantillonnage représentatif (25 points de prélèvements mélangés)
- Périodes d'épandage et quantité épandues (article 37)
- **L'étude préalable** montrant l'innocuité et l'intérêt agronomique des produits épandus (art 38)
  - o Innocuité et intérêt agronomique (valeurs limites)
  - o Aptitude du sol à recevoir (analyses de sols et notion de flux annuels sur une période de 10 ans)
  - o Périmètre et modalités de gestion
- Le **suivi et le contrôle** (art 39), trois documents de suivi :
  - o Programme prévisionnel annuel d'épandage
  - o Cahier de réalisation des épandages (dont analyses de sols et de cendres)
  - o Bilan annuel, transmis aux services de l'État

Une **analyse des sols** est aussi obligatoire, elle concerne les éléments fertilisants présents dans les cendres et les éléments-traces métalliques. Des teneurs seuils en éléments traces

*Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable*



Financé et piloté par :



Animé par :



métalliques dans les sols et les cendres sont à respecter pour permettre une valorisation des cendres :

| Éléments-traces métalliques            | Valeur limite dans les sols (mg/kg matière sèche) | Flux cumulé maximum apporté par les cendres en dix ans (kg/ha) |
|--|---|--|
| <b>Cadmium</b>                         | <b>2</b>  | <b>0,15</b>  |
| <b>Chrome</b>                          | <b>150</b>  | <b>12</b>  |
| <b>Cuivre</b>                          | <b>100</b>  | <b>12</b>  |
| <b>Mercure</b>                         | <b>1</b>  | <b>0,12</b>  |
| <b>Nickel</b>                          | <b>50</b>   | <b>3</b>   |
| <b>Plomb</b>                           | <b>100</b>  | <b>9</b>   |
| <b>Zinc</b>                            | <b>300</b>  | <b>30</b>  |
| <b>Chrome + cuivre + nickel + zinc</b> | <b>-</b>  | <b>40</b>  |
| <b>Sélénium</b>                        |   |  |

Tableau 7 : Plafonds de concentration maximum des composés métalliques dans les sols autorisant l'épandage

## Le plan d'épandage contient :

- Une carte à une échelle minimum de 1/25 000 (ou autre échelle plus adaptée) permettant de localiser les surfaces où l'épandage est possible compte tenu des surfaces exclues de l'épandage. Cette carte fait apparaître les contours et les numéros des unités de surface permettant de les repérer ainsi que les zones exclues à l'épandage ;
- Un document mentionnant l'identité et l'adresse des prêteurs de terres qui ont souscrit un contrat écrit avec l'exploitant de l'installation de combustion, précisant notamment leurs engagements et responsabilités réciproques
- Un tableau référençant les surfaces repérées sur le support cartographique et indiquant, pour chaque unité, les numéros d'îlots de référence PAC ou à défaut les références cadastrales, la superficie totale et la superficie épandable ainsi que le nom du prêteur de terre.

## Le cahier d'épandage :

Il doit être à la disposition des inspections pendant **une durée de 10 ans**.  
Pour chacune des parcelles épandues, il doit comporter :

- Les surfaces effectivement épandues ;
- Les références parcellaires ;
- Les dates d'épandage ;
- La nature des cultures ;
- L'origine et la nature de la biomasse utilisée dans l'installation de combustion ;
- Les volumes et la nature de toutes les matières épandues au titre du présent plan d'épandage de l'ICPE ;
- Les quantités d'éléments-traces métalliques épandues au titre du présent plan d'épandage de l'ICPE ;
- L'identification des personnes morales ou physiques chargées des opérations d'épandage ;
- L'ensemble des résultats d'analyses pratiquées sur les sols et les matières épandues avec les dates de prélèvements et de mesures et leur localisation.
- Les ouvrages et équipements (art 40)
- Le **programme prévisionnel annuel d'épandage** (art 41)

## Pour les installations soumises à autorisation (> 20 MW)

Les cendres peuvent être valorisées en ciment, béton ou travaux routiers mais le retour au sol est aussi envisageable dans le cadre d'un plan d'épandage qui respecte l'ensemble des dispositions liées à l'épandage des boues et des composts (arrêté du 02/02/1998). Les règles d'épandage sont donc comparables à celles décrites ci-dessus.

## Cas des chaufferies non classées de puissance inférieure à 1 MW

Les installations dont la puissance est inférieure au seuil de déclaration n'ont aucun encadrement réglementaire spécifique, ce ne sont pas des ICPE. Elles doivent respecter le cadre du règlement sanitaire départemental (RSD) qui oriente le gestionnaire vers une démarche « produit », c'est-à-dire soit vers la normalisation, soit vers l'homologation. Or toutes les cendres ne peuvent pas être normalisées ou homologuées pour des raisons économiques et à cause des teneurs en éléments traces métalliques importantes :

| Concentration maximale des cendres | Arrêté ICPE 26 août 2013 | Norme NFU 44-061 | Homologation |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|--------------|
| <b>Arsenic (mg/kg)</b>             | Non défini               | 18               | Non défini   |
| <b>Cadmium (mg/kg)</b>             | 10                       | 3                | 2            |
| <b>Chrome (mg/kg)</b>              | 1000                     | 120              | 150          |
| <b>Cuivre (mg/kg)</b>              | 10                       | 2                | 1            |
| <b>Mercure (mg/kg)</b>             | 200                      | 30               | 50           |
| <b>Nickel (mg/kg)</b>              | 800                      | 180              | 100          |
| <b>Plomb (mg/kg)</b>               | 3000                     | 600              | 300          |
| <b>Zinc (mg/kg)</b>                | 1000                     | 300              | 100          |
| <b>Sélénium (mg/kg)</b>            | Non défini               | 12               | Non défini   |
| <b>Molybdène (mg/kg)</b>           | Non défini               | Non défini       | Non défini   |
| <b>Cr+Cu+Ni+Zn</b>                 | 4000                     | Non défini       | 300          |

Tableau 8 : Plafonds de concentration maximum des composés métalliques dans les cendres en fonction du texte concerné

En réalité, les cendres foyers des petites installations sont généralement valorisées en épandage. Comme tout fertilisant, les cendres doivent être utilisées en proportion raisonnée par rapport aux besoins des plantes et aux teneurs initiales dans les sols. Pour cela, il est nécessaire de connaître la valeur agronomique et de vérifier l'innocuité des cendres.

## La valeur neutralisante

Le pH des cendres, dépassant généralement les 10 unités, leur confère une propriété alcaline semblable à celle des amendements basiques. Cette propriété peut être mesurée par un test de chaux disponible ou peut être approchée par le calcul de la valeur neutralisante par la formule suivante (normalement réservée aux amendements minéraux basiques définis par la norme NFU44-001) :

$$\text{Valeur Neutralisante} = [\text{CaO}] + 1.4 * [\text{MgO}]$$

Avec CaO : Concentration en oxyde de calcium (%)

Et MgO : Concentration en oxyde de magnésium (%)

Ces résultats définissent la quantité de chaux qui a le même effet sur le pH que 100kg de ces cendres.

## L'innocuité des cendres

Les seuils de la réglementation sur l'épandage des boues fixés dans l'arrêté du 8 janvier 1998 ont été repris dans l'arrêté ICPE du 26 août 2013 en tant que seuil pour l'épandage des cendres issues de la combustion de biomasse. Ils peuvent être considérés comme les seuils à respecter pour permettre une valorisation des cendres dans des conditions agronomiques correctes.

Compte-tenu des variations possibles de composition, il est recommandé de procéder à quelques analyses pour connaître la composition des cendres d'une chaufferie donnée.

Sur la base des préconisations usuelle en matière de fertilisation, une dose de 3 à 10 tonnes à l'hectare couvre les besoins en potassium, phosphore et magnésium pendant 1 à 2 années. Il s'agit là de chiffres-repères (Chambre d'agriculture d'Alsace, 2022). Cet épandage doit se faire en conformité avec la réglementation régissant les épandages en agriculture. La respiration des poussières de cendres est à éviter pour des raisons de santé. En cas de manipulations de cendres, le port d'un masque est indispensable.

## En pratique : les analyses

Principales analyses à réaliser :

Éléments fertilisants et neutralisants (azote total, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO, CaO, éventuellement valeur neutralisante)

Éléments trace métallique : cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb, zinc, mercure ;

Coût moyen : 250€/échantillon

Pour les prairies, les seuils sont abaissés : les épandages sont soumis au CODERST, (Conseil départemental de l'environnement, des risques sanitaires et technologiques), et autorisé par arrêté préfectoral :

| Éléments-traces métalliques     | Valeur limite dans les cendres (mg/kg matière sèche) | Flux cumulé maximum apporté par les cendres en dix ans (kg/ha) | Flux cumulé maximum apporté par les cendres en dix ans pour les pâturages (kg/ha) |
|---------------------------------|--|--|---|
| Cadmium                         | 10   | 0,15   | 0,15  |
| Chrome                          | 1 000  | 15   | 12  |
| Cuivre                          | 1 000  | 15   | 12  |
| Mercure                         | 10   | 0,15   | 0,12  |
| Nickel                          | 200  | 3  | 3   |
| Plomb                           | 800  | 15   | 9   |
| Zinc                            | 3 000  | 45   | 30  |
| Chrome + cuivre + nickel + zinc | 4 000  | 60   | 40  |
| Sélénium                        | 12   |  | 1,2   |

Tableau 9 : Valeurs maximales des ETM pour le cas des prairies

## 2 modes de prélèvement des cendres sont homologués pour évaluer les concentrations des différents composés :

- **Individuel sur chaque lot destiné à être épandu**
  - o Dans **chacun** des contenants du lot, **25 prélèvements** élémentaires\* (50g de matière sèche) répartis de façon uniforme, en dehors de la croûte de surface et des zones humides
  - o **Tous les prélèvements** sont mélangés de façon homogène dans un récipient unique → adapté lorsque les cendres sont regroupées sur une plateforme dédiée
- **En continu**
  - o **Une fois par mois**, un prélèvement élémentaire est effectué sur les cendres évacuées du foyer de combustion
  - o Si le volume de cendres annuel > 2000 tonnes, alors le prélèvement se fait une fois par semaine → se fait directement sur le site de la chaufferie

Selon l'arrêté du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 :

| Composés-traces organiques                      | Valeur limite dans les cendres (mg/kg matière sèche) |                       | Flux cumulé maximum apporté par les cendres en dix ans (g/ha) |                       |
|---|--|-----------------------|---|-----------------------|
|   | Cas général  | Épandage sur pâturage | Cas général   | Épandage sur pâturage |
| <b>Total des 7 principaux PCB (*)</b>           | <b>0,8</b>   | <b>0,8</b>            | <b>12</b>   | <b>12</b>             |
| <b>Fluoranthène</b>                             | <b>5</b>   | <b>4</b>              | <b>75</b>   | <b>60</b>             |
| <b>Benzo (b) fluoranthène</b>                   | <b>2,5</b>   | <b>2,5</b>            | <b>40</b>   | <b>40</b>             |
| <b>Benzo (a) pyrène</b>                         | <b>2</b>   | <b>1,5</b>            | <b>30</b>   | <b>20</b>             |
| <b>(*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.</b> |  |                       |   |                       |

Tableau 10 : Autres composés soumis à la réglementation pour le cas général et pour les pâturages

### c. REX : Essai d'épandage sur prairie

Un essai de démonstration a été réalisé sur une prairie, appliquant une dose de 2 tonnes de cendres par hectare (2 t/ha) sur la végétation après un pâturage. Les analyses préliminaires du sol révélaient des niveaux de phosphore relativement bas, représentant environ 40 % de la norme. Le suivi de l'essai, réalisé par mesures d'herbomètre, a montré des résultats significatifs : les taux de croissance de l'herbe ont été améliorés de 20 % à 70 % l'année suivant l'épandage, et le rendement cumulé sur un an a atteint 122 % de celui de la zone témoin.<sup>17</sup>

La valorisation agronomique des cendres est encadrée par un cadre réglementaire strict, notamment l'arrêté du 2 février 1998. Les zones d'épandage doivent respecter des distances minimales : plus de 50 mètres des habitations et des points d'eau potable, plus de 35 mètres des cours d'eau, et plus de 5 mètres des haies et fossés. L'épandage est également interdit à proximité des zones Natura 2000 et autres zones protégées. La méthode de dimensionnement du plan d'épandage permet de calculer la surface épandable et de justifier le volume de cendres utilisable. Ce calcul se base sur l'élément le plus limitant et vise à compenser les exportations par les récoltes, après déduction des éventuels apports d'effluents d'élevage.



### Les cendres d'un électrofiltre peuvent-elles être destinées à un épandage agricole ?

Non, il n'est pas possible d'épandre les fines d'électrofiltre dans le cas d'une chaudière à grille ; idem pour les fines de filtre à manches.

Les **cendres sous électrofiltre d'une chaudière à grille** seront chargées en métaux et ne vérifieront pas les critères d'épandage donc elles **ne peuvent être destinées à l'épandage**. En revanche pour une autre technologie de combustion (lit fluidisé), les cendres sous électrofiltre ou filtre à manche pourraient être épandues car elles sont de bonne qualité et moins riches en métaux.

<sup>17</sup> Selon [table ronde AILE sur les cendres du 17/06/2025](#)

Une politique commune en faveur de la chaleur renouvelable





## Qui doit porter le plan d'épandage dans le cadre d'une chaufferie soumise à ICPE ?

C'est l'exploitant de la chaufferie au sens de l'ICPE qui est responsable et qui porte le plan d'épandage qui est rattaché directement à la chaufferie pour tout ce qui est épandage direct. Si on passe par une plateforme de regroupement, l'exploitant délègue sa gestion des cendres mais en reste responsable, c'est la plateforme de regroupement qui porte le plan d'épandage. C'est l'exploitant en général mais c'est parfois la structure d'approvisionnement (plateforme de regroupement/prestataire de gestion des déchets).



## De quoi parle-t-on quand on parle de séparation des cendres multicycloniques pour l'épandage ?

Il faut bien distinguer si la chaufferie est soumise à ICPE et ou pas soumise à ICPE dans ce dernier cas c'est le règlement départemental qui fait foi. La réglementation ICPE autorise l'épandage des cendres sous équipement de combustion pour certains types de combustibles biomasse et précise via les fiches d'interprétation que les cendres regroupées sous foyer et multicyclones peuvent l'être sous réserve d'analyses conformes des deux types de cendres. Ce qui impose de fait une séparation.<sup>18</sup>

### d. Les cendres : logique déchets : Valorisation non agronomique des cendres

EN 2023, AILE et CEDEN ont réalisé entre autres une recherche bibliographique sur la valorisation des cendres pour le territoire de Lannion-Trégor communauté (LTC), il en résulte :

| Usages visés /critères     | Sociétal | Environnemental | Economique | Contraintes applicabilité/ Réglementation | Note appréciation globale |
|----------------------------|----------|-----------------|------------|---|---------------------------|
| Produit entretien corporel | +++      |                 | +++        | ---                                       | 3                         |
| Produits entretien ménager | +++      |                 | +++        |   | 6                         |
| Filtration de biogaz       |          | +++             | +++        | ---                                       | 3                         |
| Peinture art/déco          | +++      | +++             |            | ---                                       | 3                         |
| Teinture textile           | +++      |                 |            |   | 3                         |
| Emallage de la céramique   | +++      |                 | +++        |   | 6                         |
| Construction BTP           |          | +++             | +++        | ---                                       | 3                         |

Tableau 11 : Classification des valorisations non agronomique potentielles

Voici les retours d'expériences issue de cette recherche :

**Pour la céramique :** Avoir une seule essence garanti la propriété constante des émaux. L'utilisation d'agrocombustibles (pailles) produits d'ouverture de milieu (fougères) peut présenter de nouvelles opportunités en lien avec service environnement et la gestion des espaces naturels.

Le lavage est primordial, car la contrainte principale à l'utilisation des cendres de chaufferie est sa teneur élevée en alcali. Sur pièces utilitaires, elle pose un problème de taille, en effet les alcalis

<sup>18</sup> Selon CIBE REX 2022 du 2/11



sont solubles dans l'eau et réagissent ainsi au cœur de la céramique formant des trous et des cloques.

**Pour la lessive :** Deux entreprises ont été interviewées. Leur activité est localisée sud 35 et Centre Ouest 29 sur un rayon de 25-30 km. Ces entreprises ne souhaitent pas étendre davantage leur rayon de reprise des cendres. L'entreprise finistérienne commercialise dans des magazines sur Lannion. Les essences de bois dur sont à privilégier car plus riches en potasse, le bois ne doit avoir subi aucun traitement chimique après abattage et avant combustion. Une garantie du fournisseur doit être apportée. Les cendres issues de palettes ou bois de construction (bois potentiellement traité) ne sont pas autorisées.

Ces entreprises réfléchissent à étoffer leur gamme de produit : Produit multi-usage nettoyant ménager pour nettoyer la voiture).

### En 2025, AILE a pu interroger Cendrea Nature sur ses pratiques :

Cendrea Nature est une entreprise artisanale située à Ploudaniel (Finistère), fondée par Bruno Lecoœur. Depuis quatre ans, elle fait partie du réseau d'artisans labellisés Nature & Progrès, label qui encadre les pratiques de production dans une perspective écologique. Ce cadre impose notamment que le bois utilisé pour la production des cendres soit non traité chimiquement, tant après abattage qu'avant combustion. L'entreprise fournit également des produits d'entretien écologiques à la station polaire Tara dans le cadre d'une expédition scientifique de la Fondation Tara Océan, ce qui témoigne d'une reconnaissance de la qualité environnementale de ses procédés.

Le volume moyen de cendres consommé est de 2 à 5 tonnes.

Les cendres de bois, issues notamment des chaudières biomasse, sont riches en minéraux et peuvent être valorisées pour la fabrication de produits ménagers. Historiquement, elles servaient déjà à la préparation de lessives naturelles.

Le principe de fabrication repose sur la mise en solution des cendres dans de l'eau de pluie, suivie d'une décantation permettant d'obtenir une lessive alcaline naturelle à base d'hydroxyde de potassium (potasse). Cette solution constitue la base de plusieurs produits d'entretien. Les cendres fines sont ensuite déshydratées et tamisées pour produire une poudre à récurer, tandis que le savon solide est obtenu par saponification à froid à partir d'huile de coco et d'une petite quantité de cendres.

### Les produits élaborés comprennent notamment :

- Lessive textile,
- Savon détachant,
- Nettoyant multi-usage,
- Poudre à récurer,
- Liquide vaisselle.

Ce mode de valorisation est particulièrement adapté aux cendres de bois feuillus, plus riches en potasse.

### L'activité de Cendrea Nature s'inscrit dans une démarche de valorisation locale :

- Les cendres proviennent de chaufferies à bois régionales, fonctionnant avec du bois non traité ;
- La transformation est artisanale et réalisée en circuit court ;
- Les produits finis sont distribués en vrac ou dans des contenants consignés, contribuant à la réduction des déchets.

L'exemple de Cendrea Nature illustre une voie de valorisation concrète des cendres de biomasse, mobilisant des savoir-faire artisanaux et locaux. Cette approche contribue à la fermeture des cycles de matière dans la filière bois-énergie, tout en maintenant une échelle de production adaptée aux ressources territoriales.

La diversité des filières de valorisations choisies par les exploitants est très riche comme en témoigne les résultats de l'enquête 2025 de AILE à partir de 21 réponses :

| Approvisionnement annuel entrée chaufferie | Filières de valorisation des cendres recensées à travers l'enquête chaufferies de AILE en 2025   |
|--|--|
| < 100 t/an                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Épandage agricole (44%)</li> <li>- Etalement sur des espaces verts (44%)</li> <li>- Incorporation au compost (22%)</li> <li>- Décharge ou ordures ménagères</li> <li>- Elimination en centre d'enfouissement</li> </ul>   |
| 100 - 500 t/an                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Épandage agricole (50%)</li> <li>- Enfouissement en fond de fouille pour la création de route (33%)</li> <li>- Co-compostage avec fumier/déchets verts (17%)</li> <li>- Décharge ou ordures ménagères (17%)</li> <li>- Elimination en centre d'enfouissement</li> </ul>   |
| 50<br>0 – 2000 t/an                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Epandage agricole (40%)</li> <li>- Enfouissement en fond de fouille pour la création de route (60%)</li> <li>- Valorisation en matériaux de construction (projets pilotes)</li> <li>- Incorporation dans la fabrication d'engrais et d'amendement</li> <li>- Incorporation en céramique artisanale (40 à 400 t) ou industrielle (400 à 500 t)</li> <li>- Elimination en centre d'enfouissement</li> </ul>   |
| >2000 t/an                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Epandage agricole</li> <li>- Enfouissement en fond de fouille pour la création de route</li> <li>- Valorisation en matériaux de construction (projets pilotes)</li> <li>- Retour au sol forestier (via AFOCEL, ONF)</li> <li>- Cimenterie / béton (projets pilotes CERIB, LGCgE)</li> <li>- Incorporation dans la fabrication d'engrais et d'amendement</li> <li>- Incorporation en céramique artisanale (40 à 400 t) ou industrielle (400 à 500 t)</li> <li>- Elimination en centre d'enfouissement</li> </ul> |

Tableau 12 : Filières de valorisation potentielles en fonction de la consommation annuelle de biomasse

Quelques exemples de valorisation :

| Exemple                                     | Localisation               | Volume annuel de cendres                 | Valorisation                      |
|---|----------------------------|--|-----------------------------------|
| GAEC de Tréviquet                           | Lizio (56)                 | 200 kg                                   | Mélange au compost                |
| Réseau de chaleur de Bannalec <sup>19</sup> | Bannalec (29)              | 3 à 6 t (300 t de bois consommées)       | Epandage agricole                 |
| Laiterie Entremont / Cofely <sup>20</sup>   | Montauban-de-Bretagne (35) | 250 à 500 t (22 000t de bois consommées) | Co-compostage avec des biodéchets |

Tableau 13 : Exemples de valorisation sur le territoire breton

<sup>19</sup> Plus d'informations sur [notre fiche REX](#)

<sup>20</sup> Plus d'informations sur [Bioénergie Promotion](#) et [l'illustration de 54 exemples par l'ADEME](#)

## V. REX COMPLÉMENTAIRES SUR LA VALORISATION DES CENDRES

### a. Lannion Trégor Communauté :

Le développement de la filière bois énergie sur le territoire de LTC a commencé dans les années 1980 avec la constitution d'un groupe de réflexion d'agriculteurs autour de la valorisation énergétique du bois. Dans les années 1990, plusieurs agriculteurs et communes installent leurs premières chaudières à bois déchiqueté. En 2004, l'association Trégor Bois Énergie est créée et met en œuvre la première plate-forme bois énergie à Plounérin en partenariat avec le SVPP (Syndicat de Voirie Plestin-Plouaret). Entre 2006 et 2009, une étude macro-paysagère est réalisée, la politique de gestion du bocage se développe sur le territoire et la première chaufferie bois de LTA est construite. De 2010 à 2013, le « Plan Climat Énergie Territorial » est mis en œuvre, le passage au 100 % bois de bocage est amorcé et la SCIC « Bocage Énergie du Trégor » est créée. Entre 2014 et 2016, LTA évolue vers LTC, un schéma de développement de la filière bois énergie est élaboré et une étude de préfiguration est conduite pour décliner le Fonds Chaleur Territorial au niveau local.

Depuis 2017, la Régie « Réseaux de chaleur de LTC » est créée, notamment pour l'acquisition de la chaufferie bois du Centre Hospitalier de Lannion-Trestel. LTC met en œuvre le Plan Climat Air Énergie Territorial et développe une politique de promotion des énergies renouvelables, incluant le bois énergie, l'éolien, le photovoltaïque et d'autres sources. L'organisation vise également à réduire les consommations d'énergie, y compris pour les communes, et à construire et gérer des chaufferies centrales ainsi que des réseaux de distribution de chaleur d'intérêt communautaire, alimentés à minima à 50 % par du bois et desservant au moins deux abonnés. Le financement de ces projets repose sur la revente de chaleur aux abonnés, assurant un équilibre entre dépenses et recettes. LTC participe aussi à la création du Label Haie et réalise plusieurs chaufferies bois avec réseau de chaleur.



Figure 14 : Exemple d'installation munie d'un multicyclone (crédits : LTC)

Malgré la création de la régie de chaleur, la gestion des chaufferies bois communautaires reste hétérogène. Les cendres issues de ces chaufferies sont valorisées de manière très variable : via des centres d'enfouissement technique, par valorisation agricole après analyse via un prestataire, par valorisation agricole sans plan réglementaire ni analyse, en mélange avec ordures ménagères, déchets verts ou gravats, dans des composteurs ou simplement dispersées dans les parterres. De ce constat est né un projet d'étude sur la gestion des cendres, conduit avec AILE et le bureau CEDEN.

Les visites des chaufferies ont permis de caractériser les modes de gestion de cendres sur l'ensemble du territoire de LTC. La qualité est bonne et ne présente aucune anomalie visuelle pour une valorisation. La gestion des cendres des toutes petites chaufferies posent peu de problèmes, les flux étant très faibles, et les temps passés souvent mutualisés avec d'autres tâches : maintenance de la chaudière, utilisation du tracteur, etc.). Les chaufferies pour lesquelles les flux sont plus importants (à partir d'un big-bag) impliquent une logistique de transport contraignante et des coûts de valorisation importants.

Pour ces chaufferies qui produisent à minima 1 tonne par an, il pourrait être envisagé une organisation plus rationalisée, et en particulier des solutions mutualisées pour le transport et la valorisation.

L'étude permet de constater qu'il n'existe à ce jour pas d'alternative durable et viable économiquement pour une valorisation complète des cendres produites sur LTC (187 tonnes à terme, autre que le retour au sol). Le retour au sol est donc la solution la plus pertinente et reste beaucoup moins chère que l'enfouissement en installation de stockage. Elle permet aux agriculteurs utilisateurs d'amender leurs sols à moindre coûts. A la suite de cette étude, une plateforme de valorisation a été mise en place pour organiser l'enlèvement, l'acheminement et la valorisation des cendres sur le territoire au travers d'un plan d'épandage.

Cette gestion rationalisée, mutualisée et locale permettrait des économies globales. Au-delà de l'aspect économique, cette solution implique les agriculteurs locaux et s'inscrit dans une logique d'économie circulaire en partenariat avec la structure d'approvisionnement locale présente sur le territoire de LTC, engagée par ailleurs dans une gestion durable du bocage.

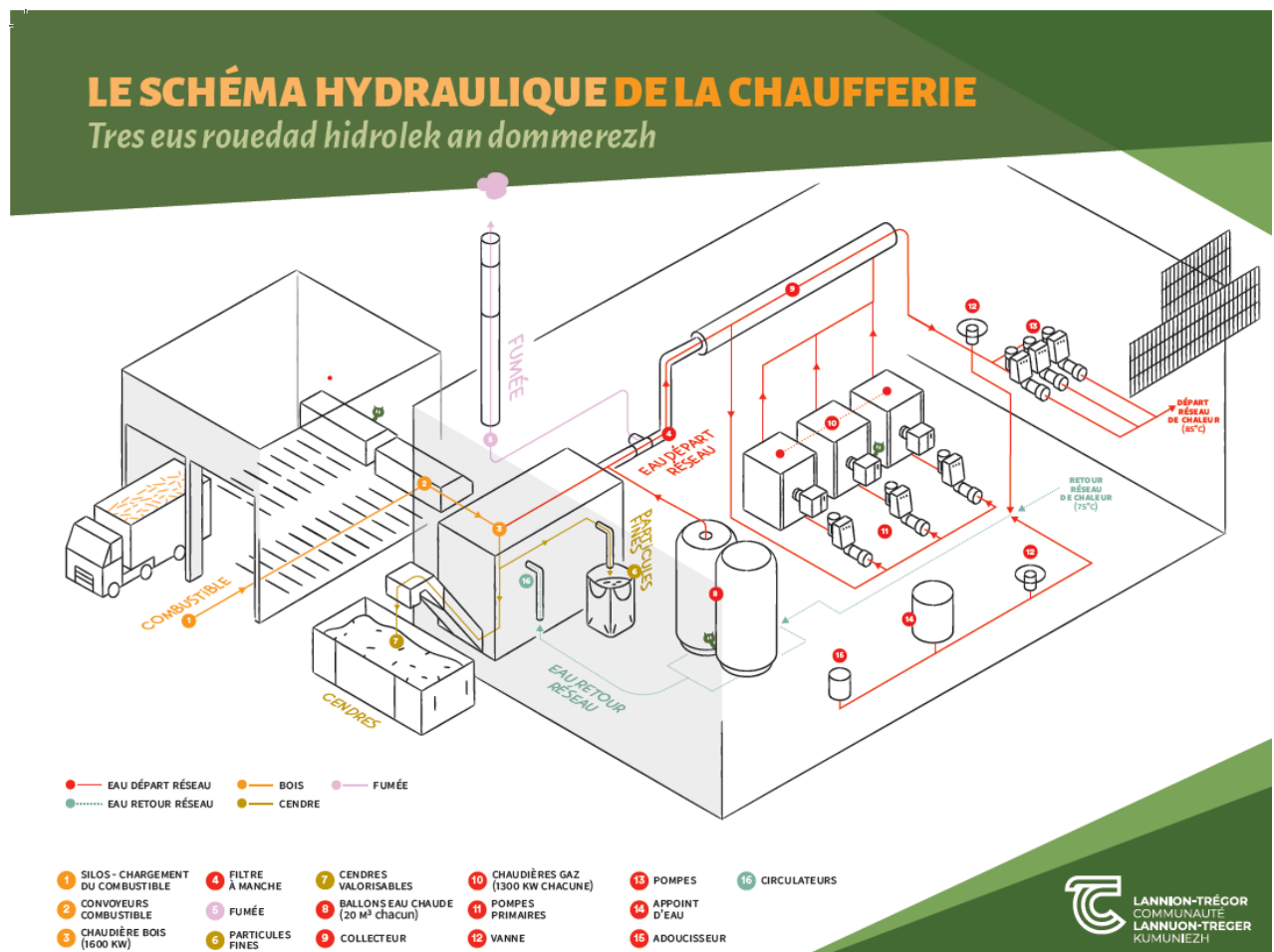


Figure 15 : Schéma hydraulique d'une chaufferie de Lannion Trégor Communauté

## b. IGEO pour le Réseau de chaleur Du Rheu :

Le projet concerne la création d'une chaufferie biomasse pour le réseau de chaleur du Rheu, s'inscrivant dans la démarche SREC 23004-MAPA. Le groupement responsable de ce projet est constitué de trois entités complémentaires. Igéo, spécialiste des infrastructures énergétiques, est le mandataire pour la phase de conception-réalisation et des réglages. Son rôle est d'assurer la conception performancielle, la réalisation des lots techniques, et d'en garantir l'efficacité. EON Business Solutions (e.on), basé à Rennes, est spécialisé dans l'exploitation et la maintenance d'équipements thermiques et de climatisation. Il prend en charge la phase d'exploitation post-réglages, garantissant la continuité de service et la performance énergétique dans le temps. Enfin, Sandrine Hurtaux Architecte est responsable de la conception créative et fonctionnelle des bâtiments et des espaces. Elle veille à la conformité du projet aux normes, à l'obtention du permis de construire, et à ce que le design réponde aux critères de durabilité et de sécurité.

Les objectifs de performance fixés pour le réseau de chaleur sont un taux d'énergies renouvelables de 83 % et une émission moyenne de 46 g/kWh livré. Le mix énergétique du réseau combine la biomasse, le gaz et le stockage.

L'approvisionnement en biomasse est structuré autour des principes de gestion durable et d'intégration locale. Trois fournisseurs ont été consultés : SARL M.S.V, LGC Bois Énergie et le Collectif Bois Bocage 35 (CBB 35). Les caractéristiques principales de la biomasse retenue incluent une granulométrie P45 et un taux d'humidité de 35 %. La composition moyenne du bois est de 46,7 % de bois bocager et de 53,3 % de bois forestier, avec un objectif de 25 % de labellisation PEFC ou Label Haie.

Concernant la valorisation des cendres, le projet générera environ 15t/an de cendres sous chaudière et 4t/an de cendres sous filtre. L'ambition est de valoriser localement les cendres sous chaudières en tant qu'amendement, grâce à des partenariats avec le Lycée agricole Théodore Monod et l'INRAE au Rheu selon le plan d'épandage défini. En cas de besoin, des solutions alternatives, comme les plateformes d'amendement d'Azé (53) ou le compost en « Fertiloire de Vallet » (44), sont prévues. Les cendres sous filtres, quant à elles, seront dirigées vers une Installation de Stockage de Déchets Dangereux (ISDD).



Figure 16 : Photographies du Lycée Théodore Monod et de l'INRAE

## VI. BIBLIOGRAPHIE :

- ADEME. Plumail, D., Bourgeois, S., Guibert, B., & Desanglois, V. (2021, juillet). *Études cendres 2021 : rapport*. CIBE. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2021/07/etudes-cendres-2021-rapport.pdf>
- AILE. Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement. (2021). *Enquête gestion des cendres de chaufferies biomasse*. Consulté à l'adresse : <https://aile.asso.fr/enquete-gestion-des-cendres-de-chaufferie-bois/>
- AILE. (2025). *Fiche REX Bannalec* [PDF]. Consulté à l'adresse : <https://aile.asso.fr/wp-content/uploads/2025/05/Fiche-REX-Bannalec-1.pdf>
- AILE. (2025, 17 juin). *Journée rencontre Bois Energie Bretagne, Table ronde sur la valorisation des cendres issues de chaufferies biomasse*. Consulté à l'adresse : <https://aile.asso.fr/rencontre-bois-energie-bretagne/>
- Bioréfine, AILE. (2015). *Guide sur la valorisation des cendres de chaufferies bois*.
- CEDEN. (2023). *Etude stratégique sur la gestion de cendres sur le territoire de LTC*
- Chambre d'agriculture (2012) Fiche technique sur le chaulage. Consulté à l'adresse : [https://extranet-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/42\\_Fiche\\_tech\\_MESE\\_1\\_Chaulage\\_2012.pdf](https://extranet-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/42_Fiche_tech_MESE_1_Chaulage_2012.pdf)
- Chambre d'Agriculture d'Alsace. Rempp, C., & Bapst, S. (2022, 25 novembre). *L'épandage agricole des cendres de chaufferies biomasse*. *L'Echo des Boues*. <https://echo-boues.fr/l-epandage-agricole-des-cendres-de-chaufferies-biomasse/>
- CIBE / RECORD. (2016). *Valorisation des cendres issues de la combustion de biomasse : Revue des gisements et des procédés associés* (rapport RECORD n°14-09/13). Centre d'Information sur la Biomasse Énergie (CIBE) / RECORD. [https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/12/Rapport\\_record14-0913\\_1A.pdf](https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/12/Rapport_record14-0913_1A.pdf).
- CIBE. (2019, 5 avril). *Journée technique : Valorisation des cendres de bois*. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2019/07/3.-réglementation-de-la-cendre-CIBE.pdf>
- CIBE. (2020, septembre). *Manutention et logistique des cendres : état des lieux et bonnes pratiques*. Comité Interprofessionnel du Bois-Énergie. Consulté à l'adresse : [https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/09/2020-09-01-Manutention-et-logistique-des-cendres-%C3%A9tat-des-lieux-et-bonnes-pratiques\\_vBaseDoc.pdf](https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/09/2020-09-01-Manutention-et-logistique-des-cendres-%C3%A9tat-des-lieux-et-bonnes-pratiques_vBaseDoc.pdf)
- CIBE. (2020, 21 octobre). *Cendres – Calculette : fréquence d'évacuation et autonomie de stockage*. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-21-Cendres-Calculette-Fre%CC%81quence-e%CC%81vacuation-et-Autonomie-de-stockage.xlsx>
- CIBE. (2020, 27 octobre). *Les rendez-vous techniques du CIBE – webinaire : Manutention et logistique des cendres*. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/11/RDV-technique-REX-Manutention-logistique-des-cendres-du-27-oct-2020.pdf>
- CIBE. (2020, 2 novembre). *RDV technique : Manutention et logistique des cendres*. Foire aux questions (FAQ). Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/11/RDV-technique-cendres-com-REX-FAQ.pdf>
- CIBE. (2020). *Solutions de stockage des cendres*
- CIBE. (2020). *Logigramme sur la valorisation agricole des cendres issues de chaufferies biomasse*
- CIBE. (2021). *Synthèse sur la valorisation agricole des cendres*. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-08-Synthe%CC%80se-sur-la-valorisation-agricole-des-cendres.pdf>
- CIBE. (2023). *Note de synthèse sur l'épandage des cendres pour les ICPE 2910 – arrêté modificatif décembre 2022*. Consulté à l'adresse : <https://cibe.fr/documents/note-de->

[synthese-arretes-icpe-2910-relatifs-aux-installations-de-combustion-focus-lepandage-cendres/](#)

- CIBE/CEDEN (2021, 18 février) *Quid de l'épandage des cendres de biomasse* – Dominique Boulday [Vidéo]. YouTube. Consulté à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=Lq2AA6tK2co>
- Douard, F. (2013, 25 juillet). *La laiterie Entremont de Montauban-de-Bretagne produit ses 75 000 tonnes de vapeur annuelles avec le bois*. Bioénergie Promotion. Consulté à l'adresse : <https://www.bioenergie-promotion.fr/30338/la-laiterie-entremont-de-montauban-de-bretagne-produit-ses-75000-tonnes-de-vapeur-annuelles-avec-le-bois/>
- Fibois AURA / ADEME. (2018, septembre). *54 exemples d'installation biomasse en entreprise – Site Entremont, Montauban-de-Bretagne (35)* [Fiche projet: Réf. ADEME 010606-F4]. Centre régional Fibois AURA / Agence de la transition écologique (ADEME). <https://www.fibois-aura.org/wp-content/uploads/2020/05/chaleur-biomasse-entreprises-ademe.pdf>
- Idex. (2023, 12 décembre). *Les cendres de biomasse (chez Idex)*. Consulté à l'adresse : <https://www.idex.fr/le-blog/les-cendres-de-biomasse-chez-idex>
- IEA Bioenergy. (2018). *Options for increased use of ash from biomass* (report). IEA Bioenergy Task documents. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/02/IEA-Bioenergy-Ash-management-report-revision-5-november.pdf>
- INERIS — Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. (2020). *Guide pour la prise en compte des centrales à biomasse et documents associés* (INERIS-DRA-18-171215-05612B). [https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/DRA-18-171215-05612B\\_EDD-chaudi%C3%A8res\\_biomasse\\_VF2\\_avec\\_annexes.pdf](https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/DRA-18-171215-05612B_EDD-chaudi%C3%A8res_biomasse_VF2_avec_annexes.pdf).
- Jamet, A. (2021, 18 décembre). *Une chaudière à bois pour l'élevage de porcs*. Paysan Breton. <https://www.paysan-breton.fr/2021/12/une-chaudiere-a-bois-pour-lelevage-de-porcs/>
- Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et la souveraineté alimentaire. (2025). *Projet de réglementation encadrant la qualité agronomique et l'innocuité des matières fertilisantes et supports de culture*
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2013, 26 août). *Arrêté relatif aux installations de combustion d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910 et 2931*. Journal officiel, **JORF n° 0226 du 28 septembre 2013**. Consulté à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000027995928> **Légifrance+2** **Légifrance+2**
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2013, 24 septembre). *Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE soumises à enregistrement sous la rubrique n° 2910-B*. Journal officiel. Consulté à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000028071164>
- Schlupp, F. (2023). *Valorisation de cendres de biomasse : une alternative aux granulats naturels dans les bétons*. *Academic Journal of Civil Engineering*, **41**(1), 1-? [840]. Consulté à l'adresse : <https://journal.augc.asso.fr/index.php/ajce/article/download/4155/2967/>
-