

ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

GESTION ET VALORISATION DES CENDRES DE CHAUFFERIES BOIS

Valorisation agricole – Exemple d'une petite chaufferie

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par :



SOLAGRO : M. Christian COUTURIER



AQUASOL : M. Thierry BRASSET

Coordination technique :

Caroline RANTIEN – Département Bioressources – Direction des Energies Renouvelables des Réseaux et des Marchés Energétiques – ADEME Angers

Mélanie CHAUVIN – Délégation Régionale Bretagne - ADEME



La valorisation des cendres

Valorisation en agriculture : petite échelle

1. Production de cendres

La quantité de cendres d'une chaufferie parfaitement réglée est faible, car la combustion de la matière organique est totale. La quantité de cendres représente **1 à 2%** environ de la quantité de matière sèche de bois consommée sur la saison de chauffe. Cette proportion peut être plus importante (5% ou plus) si la chaufferie consomme beaucoup d'écorces, naturellement riches en silicium et contenant les poussières issues des dépôts atmosphériques.

Exemple : une chaudière bois de **100 kW** consommant 50 t de bois à 30% d'humidité sur une saison de chauffe, soit 35 t de bois à 100% de matière sèche. La quantité de cendres sur cette saison de chauffe (5 mois) sera alors comprise entre **350 kg et 700 kg**.

2. Valeur agronomique des cendres

2.1 Composition

Les cendres ont des compositions très variables en fonction des types de bois utilisés (source fiche 2 analyses moyennes de cendres) :

- 170 à 330 kg/t de **calcium** (exprimé sous forme de CaO),
- 20 à 60 kg/t de **potassium** (exprimé sous forme de K₂O),
- 25 à 46 kg/t de magnésium (exprimé sous forme de MgO),
- 10 à 61 kg/t de phosphore (exprimé sous forme de P₂O₅),
- un **pH entre 10 et 13**,
- des métaux lourds en proportions variables (fonction de l'essence et du traitement éventuel du bois).

Les cendres ne contiennent pas :

- d'azote,
- de matière organique,
- d'éléments pathogènes.

2.2 Intérêt des cendres pour le sol

2.2.1 Amélioration du sol : acidité et stabilité

Dans les **sols acides**, le lessivage du calcium n'est pas compensé par la minéralisation de la roche mère (contrairement aux sols calcaires). Cette perte nette entraîne une acidification du milieu et une saturation de la C.E.C. en ions H⁺. L'apport de cendres permet de **compenser la perte** de calcium et de **redresser le pH** du sol (au même titre que de la chaux). L'ensemble des pertes peut atteindre **200 à 800 kg/ha/an** de CaO et 10 à 60 kg/ha de MgO. Les pertes les plus importantes ont lieu sur les sols à textures grossières, acide et filtrant.

D'une manière générale sur un sol acide et sableux, il faut **4 tonnes de cendres (par apport) par hectare (0,4 kg par m²)** pour rectifier le pH de 1 point et compenser la perte

de calcium. Il faut compter le double pour redresser de 1 point le pH d'un sol limono-argileux.

*Note : avant d'utiliser des cendres pour redresser le pH d'une parcelle, il faut connaître sa réactivité pour adapter les apports. Il faut réaliser un **test de valeur neutralisante** par un laboratoire (essais en pot comparant l'effet de la cendre par rapport à un produit de référence).*

La liste ci-dessous présente les valeurs neutralisantes des produits couramment utilisés :

- ❑ Chaux vive agricole : 80 à 95
- ❑ Chaux magnésienne vive : 80 à 110
- ❑ Chaux éteinte : 55 à 75
- ❑ Calcaires : 45 à 55
- ❑ Dolomie : 55 à 60

La plupart des cendres ont une valeur neutralisante comprise entre 30 et 50 (données issues de mesures sur 6 échantillons).

La **stabilité** de la structure d'un sol est essentielle pour optimiser sa fertilité. Cette stabilité est améliorée dans le sol par la présence de cations bivalent comme le calcium, capable de faire des « ponts » entre les micro-agrégats du sol (complexe argilo-humique). Les sols faiblement pourvus en calcium et/ou avec une texture dominée par des limons fins (sols **battants**) ont une structure peu résistante aux perturbations (passage d'engins, précipitations). L'apport de cendres permet toujours grâce au transfert de calcium **d'améliorer la stabilité de la structure** et ainsi **d'optimiser la fertilité** de la parcelle.

2.2.2 La fertilisation

Etant donné leur composition, les cendres apportent une série d'éléments indispensables à la croissance des végétaux et notamment de la **potasse** et du **phosphore**.

Le raisonnement de la fertilisation implique de connaître également :

- La sensibilité des plantes à la carence en phosphore et en potasse.
- Les besoins des plantes.
- Les besoins couverts par le sol.
- Les besoins à couvrir par un apport exogène de cendres.
- La disponibilité pour les plantes des éléments contenus dans les cendres.

2.2.2.1 Les exigences des plantes cultivés

Les plantes cultivées réagissent différemment aux carences en potasse et en phosphore. Certaines supporteront très mal une période de manque (exigence élevée) et d'autres ne seront presque pas affectées (exigence faible). Le tableau ci-après donne un aperçu des exigences pour quelques plantes.

	Phosphore	Potasse
Exigence élevée	Oignon, carotte, pois de conserve, pomme de terre, luzerne, colza, betterave sucrière	Oignon, carotte, pois de conserve, pomme de terre, luzerne, betterave sucrière, arbres à noyau, actinidia
Exigence moyenne	Ray grass, maïs ensilage, blé dur, orge, sorgho, féverolle, pois protéagineux	Colza, luzerne, maïs, pois protéagineux, ray grass, soja, tournesol, féverolle, vigne, arbre à pépins
Exigence faible	Blé tendre, maïs grain, avoine, soja, tournesol, vigne, arboriculture actinidia	Blé, orge, avoine, sorgho, arbres forestiers

Exigence = sensibilité à l'absence de fertilisation

2.2.2.2 Les besoins des plantes

Les besoins des plantes s'expriment par les quantités d'éléments qu'elles contiennent lors de la récolte. Cette quantité est fonction du rendement. A titre d'exemple le tableau ci-après présente les quantités de potasse exportées et les quantités de cendres correspondantes à apporter pour compenser ces exportations.

Tableau : Exportation de potasse et en phosphore par les cultures et quantités de cendres correspondantes

Culture	Type de produit	Rendement moyen en t/ha	Exportation en P2O5 (kg/ha)	Exportation en K2O (kg/ha)	Quantité de cendres (7% K2O et 3% de P2O5) correspondante (t/ha)
Blé tendre	Grain	7,6	68	52	0,7 (K2O) 2,3 (P2O5)
Orge	Grain	6,7	54	47	0,7 (K2O) 1,8 (P2O5)
Avoine	Grain	5,1	41	36	0,5 (K2O) 1,4 (P2O5)
Maïs	Grain	9,0	63	45	0,6 (K2O) 2,1 (P2O5)
Pomme de terre	Tubercule	50	85	325	4,6 (K2O) 2,8 (P2O5)
Tournesol	Grain	2,4	31	19	0,3 (K2O) 1 (P2O5)
Betterave sucrière	Tubercule	76	76	228	3 (K2O) 2,5 (P2O5)
Colza	Grain	3,2	48	32	0,5 (K2O) 1,6 (P2O5)

Sans tenir compte de la fourniture du sol, les besoins des principales plantes cultivées (Cf. tableau ci-dessus) peuvent être couverts par des apports de cendres variant de 300 kg/ha à 4,6 t/ha (soit de 30g/m² g à 460 g/m²).

2.2.2.3 Les besoins couverts par les sols

La capacité d'un sol à fournir des éléments minéraux (autre que l'azote) est fonction de sa géologie et de la vitesse de dégradation de la roche mère. Autrement dit, un sol ne peut pas libérer des éléments qui ne rentrent pas dans la composition de la roche mère et ce n'est pas parce qu'un élément est présent dans la roche mère qu'il est mis à disposition (solubilisé) pour les plantes.

Pour connaître facilement des éléments minéraux disponibles, il faut faire une **analyse de terre**.

A titre indicatif, ci-après quelques valeurs repères considérées faibles :

- C.E.C. : < 8 meq/100g.
- Phosphore (g/kg de P₂O₅): méthode Dyer < 200 ; méthode Joret – Hebert < 150 (argilo calcaire, sables, limons), < 260 (craies) ; méthode Olsen < 70.
- Potassium (g/kg de K₂O) : < 100 (sols sableux, Craies) ; < 180 (argilo calcaire profond) ; < 300 (argilo calcaire superficiel).

2.2.2.4 La couverture des besoins par un apport exogène

Les apports exogènes d'éléments fertilisants correspondent à la différence entre les besoins des plantes (rendement) et la fourniture du sol (éléments minéraux solubles).

Les apports identifiés sont ensuite mis en relation avec la composition des cendres en éléments fertilisants.

Attention : dans tous les produits fertilisants, il y a une différence sensible entre la teneur en un élément donné et sa disponibilité pour les plantes. Certains produits peuvent être riches en phosphore sous une forme inutilisable pour les plantes. Il est donc indispensable de faire une analyse des cendres en tenant compte pour un élément de la quantité présente et de la part disponible pour les plantes. **En première approche, les teneurs des cendres en CaO total, K₂O total et P₂O₅ total, constituent la quantité maximale théorique d'éléments disponibles pour les plantes.**

2.2.3 **Anti-mollusque**

Le caractère hygroscopique des cendres est utilisé en jardinage biologique contre les limaces. Un cordon de cendres de 5 cm de large sur 2 cm de hauteur est préconisé autour des semis ou plantes sensibles.

2.3 Données nécessaires

2.3.1 Pour les cendres

- Analyse des éléments traces métalliques (ETM), et vérification que les seuils ne sont pas trop élevés (respect des seuils de l'arrêté du 2 février 1998 de la fiche 3). Si ces seuils sont dépassés, les cendres ne sont pas épandables et doivent être éliminées.
- Phosphore total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de P₂O₅ en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Potassium total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de K₂O en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Calcium total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de CaO en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Magnésium total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de MgO en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Test de valeur neutralisante par incubation.

2.3.2 Pour le sol

- Phosphore total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de P₂O₅ en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Potassium total et disponible (exprimé usuellement en agriculture sous forme de K₂O en % de la matière sèche et en % de la matière brute si le produit est humidifié).
- Saturation de la C.E.C.
- pH.
- Texture et indice de battance

3. Stockage et épandage

3.1 Stockage

Les cendres doivent être stockées sur une surface **imperméable**, à l'abri de la **pluie** et du **vent**.

3.2 Epandage

La manipulation des cendres nécessite systématiquement de porter des **gants** (produit très basique), un **masque** (en particulier pour la manipulation de cendres sèches) et d'humidifier des cendres pour limiter les envols lors de l'épandage.

Les doses de cendres nécessaires pour relever le pH de 1 point et/ou pour apporter aux plantes de la potasse ou du phosphore sont de l'ordre de 0,5 kg/m². Pour de petites surfaces (potager) et de petites quantités de cendres (chaudière individuelle), une brouette et un épandage manuel (à l'aide de petites pelles) sont bien adaptés.

Attention :

- se protéger de l'envol des cendres en les humidifiant un peu et en portant un masque.
- porter des gants pour l'épandage (les cendres ont un pH basique qui peut provoquer des brûlures sur la peau).
- ne pas épandre les cendres lorsqu'il y a du vent.

3.3 Co-compostage

Les cendres peuvent être mélangées à du compost, ce qui facilite la manipulation et l'épandage. Pour faciliter l'homogénéisation et la manipulation, il est préférable d'incorporer les cendres dans un compost frais (sortie de fermentation et avant maturation). Les proportions du mélange cendres-compost ne présentent pas à priori de limite technique mais des limites réglementaires (seuils E.T.M. et taux de MO) pour les plates-formes de compostages soumises à la réglementation ICPE (rubrique 2170) et/ou des produits normalisés (NF U 44-051).

Un mélange à 10 % (1 kg de cendres pour 10 kg de compost) permet à priori de respecter les principaux seuils réglementaires, mais ces proportions sont à valider en fonction des caractéristiques analytiques réelles de chaque cendre.