



Route du Col de Jau
66500 MOSSET
Tél : 04 68 05 05 51
Fax : 09 77 46 23 29
bois.energie66@wanadoo.fr

Plan bois énergie et
Développement local

Pyrénées Orientales (66)

Les Cendres des chaudières automatiques au bois et leurs possibilités de valorisation

Les cahiers du Bois énergie :
Fascicule 1



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie
Délégation Régionale
Languedoc-Roussillon



Edition : 15/06/2008
Rédaction du document : Jean-Michel Mivière



Le Temps n'a d'autre fonction que de se consumer : il brûle sans laisser de cendres.

Elsa Triolet

1/- Les normalisations des épandages agricoles et forestiers

1.1/- La Norme NF U 44 051

Tout ce qui est compost ou amendements doit répondre à la norme NF U 44-051. Or, étant donné la quantité pouvant être non négligeable d'Éléments Traces Métalliques (ETM), cette norme limiterait considérablement les possibilités d'apport des cendres. En effet, dans la grande majorité des cendres (exception faite de la plaquette forestière et de la plaquette industrielle blanche), certains éléments minéraux dépassent les seuils autorisés.

Ces seuils sont les suivants :

En mg/kg									
Cu	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se	
300	600	18	3	120	2	60	180	12	

1.2/- La Norme NF U 44-095 (idem arrêté du 2 février 1998 concernant les « ICPE autorisation »)

Quand on ne peut utiliser les cendres directement et pures en épandage parce qu'un ou plusieurs éléments sont au delà des plafonds de la norme NF U 44 051, il est possible de les mutualiser à d'autres produits via la Norme NF U 44-095. Cette norme qui prévoit les seuils maxima en ETM de chacun des « ingrédients » dans le cas de mélanges (cendres-boues-composts) est beaucoup plus lâche que la norme NF U 44 051. En effet, même si la concentration en ETM de l'un des éléments est supérieure au seuil, le fait de le mutualiser avec d'autres produits moins chargés permet d'obtenir un mélange global qui respecte alors la norme NF U 44 051.

Les seuils maxima autorisés par la norme NF U 44-095 sont les suivants :

En mg/kg									
Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
1 000		3 000		10	1 000	10	200	800	

1.3/- L'homologation

Concerne tous les types de cendres. Les produits homologués peuvent être utilisés comme les autres produits du commerce. Le producteur de cendre prend à sa charge l'homologation et doit montrer que son produit « a fait l'objet d'un examen destiné à vérifier son efficacité et son innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de son environnement.

Ces critères d'efficacité et d'innocuité en ETM, définis dans les annexes 6 et 7 du guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation (matière fertilisantes et support de cultures) sont les suivants :

	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
Seuils maxima (mg/kg)	100		300		2	150	1	50	100	
Flux maximaux par apport (g/ha)	3 000		9 000	270	45	1 800	30	900	2 700	180
Flux maximaux annuels g/ha (moyenne sur 10 ans)	1 000		3 000	90	15	600	10	300	900	60

1.4/- La Norme 42 001 : les engrais PK

Les cendres peuvent également rentrer dans le cadre de la norme NF U 42 001 : « engrais composés P,K », avec la dénomination « cendres végétales ». Pour pouvoir bénéficier de cette norme, les cendres doivent respecter les teneurs minimales suivantes (en % de matière brut) :

- N + P₂O₅ + K₂O > 7%
- P₂O₅ > 2%
- K₂O > 5%

1.5/- La Norme Eco Label

Pour pouvoir bénéficier de l'Eco-label, norme la plus stricte, les cendres doivent respecter les seuils maxima suivants :

En mg/kg									
Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
100	2	300	10	1	100	1	50	100	1,5

NB : On pourra s'apercevoir, au paragraphe « 4 » qu'aucune des valeurs moyennes des cendres issues des différents combustibles bois n'est à même de respecter cet Eco-Label.

2/- La classification des installations

Les cendres apportent des éléments minéraux indispensables à la nutrition (potasse - phosphore) et ont une valeur neutralisante (apport de Calcium). Mais elles contiennent également des quantités non négligeables d'Eléments Traces Métalliques (E.T.M.) qui sont autant de facteurs limitants à leur utilisation.

2.1/- Classification de l'installation bois

Les chaudières bois relèvent de l'ICPE 2910 (ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) :

ICPE 2910 A : biomasse non adjuvantée : plaquettes forestières, plaquettes industrielles, granulés, écorces

Puissance de l'installation < 2 MW,	RAS
Puissance de l'installation entre 2 et 20 MW :	soumise à déclaration
Puissance de l'installation > 20 MW :	soumise à autorisation

ICPE 2910 B : biomasse faiblement adjuvantée : plaquettes industrielles, bois de rebuts

Puissance de l'installation < 0,1 MW,	RAS
Puissance de l'installation > 0,1 MW :	soumise à autorisation

- ⇒ pour les installations soumises à autorisation : « l'exploitant fournira annuellement à l'inspection des installations classées un bilan des opérations de valorisation des cendres » Les cendres doivent être stockées et manipulées dans des conditions évitant les nuisances (envol, lessivage)
- ⇒ pour les installations soumises à déclaration : vide réglementaire !
- ⇒ installation non soumise ni à déclaration ni à autorisation : 85% du parc chaufferies, 45% du gisement de cendres => épandage possible sous couvert de respect des seuils maxi autorisés (Norme NF-U-44-051).

3/- Stockage et Epandage des cendres

3.1/- Stockage

Dans la majorité des cas, la production des cendres est continue sur l'année. L'épandage des cendres ne peut s'opérer qu'à des périodes bien précises du calendrier. De ce fait un stockage des cendres s'impose.

Les objectifs sont de :

- prévenir toute humidification des cendres pour éviter une prise en masse (type ciment),
- éviter le stockage en zones ventées,
- faciliter la reprise pour les systèmes d'épandage,
- d'aller relativement vite pour ne pas perdre les qualités agronomiques des cendres.

3.11/- Cendres humides

Elles sont récoltées sur les grosses installations bois, installations qui fonctionnent généralement toute l'année, et évacuée généralement dans des conteneurs de 10 à 15 m³. Ces conteneurs peuvent être acheminés sur des plateformes de stockage des cendres.

3.12/- Cendres sèches

Elles sont récoltées sur les petites et moyennes installations bois, installations qui ne fonctionnent généralement qu'une partie de l'année. Ces cendres aboutissent dans des bacs à cendre de quelques dizaines de dm³. Ces bacs à cendres de petites contenances vont nécessiter la mise en place d'un stockage tampon, avant l'acheminement sur une plateforme de traitement des cendres. Il existe par exemple au niveau national des filières de stockage sous forme de bigbags, stockés soit sur le site de la chaufferie (si la place le permet), soit chez l'organisme, entreprise ou agriculteur récupérant les cendres. Ces bigbags ont une capacité de 1,5 tonne et résistent à des températures jusqu'à 180°C. Mais on peut aussi envisager un fonctionnement similaire en conteneurs.

3.2/- Epandage

3.21/- Intérêts agronomiques

Les cendres contiennent du calcium (CaO), du potassium (K₂O), du magnésium (MgO), du phosphore (P₂O₅).
Le pH est très basique : entre 10 et 13.

Les cendres ne contiennent pas ou peu d'azote (N), de matière organique et d'éléments pathogènes.

En conséquence, dans les sols acides, l'apport de cendres permet de compenser la perte de calcium et de redresser le pH. On peut noter que les besoins sont autour de :

- 4 tonnes/hectare pour relever le pH d'un sol sableux d'un point,
- 8 tonnes/hectare pour relever le pH d'un sol limono-argileux

Sans tenir compte de la fourniture initiale du sol, il a été étudié, **en agriculture**, que les besoins des différentes plantes peuvent être couverts par des apports de cendres variant de **0,3 à 4,6 tonnes/hectare**.

Dans les jardins biologiques, les cendres sont également utilisées, au travers d'un cordon de 5 cm de large sur quelques centimètres d'épaisseur, pour maintenir les mollusques hors des cultures et plantes sensibles.

Au niveau forestier, 2/3 des sols forestiers français ont des pH inférieurs à 5,5. Ce sont souvent des sols pauvres avec des contraintes d'exploitation difficile (pentes, cailloux, hydromorphie, etc, etc, ...). Par exemple, $\frac{1}{4}$ des sols forestiers est situé sur une pente supérieure à 30%. Selon une étude menée par Solagro, pour l'ADEME, l'épandage forestier a son intérêt sur les types de sols suivants :

- les sols touchés par les pollutions atmosphériques : Les pluies acides, chargées en acide sulfurique, détruisent les minéraux et causent l'absorption de métaux toxiques comme l'aluminium et le mercure. L'apport de cendres rend donc inactifs les matériaux lourds (notamment aluminium).
- Les sols mal structurés : les cendres de bois, riches en calcium, contribuent à la stabilisation et à l'amélioration de la structure des sols.

D'un point de vue général, les besoins d'apport de cendres en forêt sont très limités. Ils ne peuvent être envisagés que dans le cas de stations forestières pauvres et/ou dans le cas de sylviculture ayant de lourds impacts : récolte de houppiers et rémanents, coupe rase, etc, ... Dans ces cas, les apports doivent varier entre 0,1 et 7 tonnes/hectare.

3.22/- Cendres humides

Matériels recommandés :

- épandeur à fumier à hérissons verticaux et à porte guillotine
- épandeur à fumier à hérissons verticaux et à table d'épandage

Coût moyen d'épandage : **15 €/tonne**

3.23/- Cendres sèches

Matériel recommandé :

- épandeur à chaux vive

Les cendres doivent être dépourvues de tout corps étrangers (clous, pointes, graviers, etc, ...) et de toute concrétion qui risque de boucher les trous de la rampe d'épandage => criblage des cendres recommandé.

Possibilité de mélange de cendres sèches avec du fumier, mais nécessite un produit final homogène => une couche de cendre entre 2 couches de fumier.

Des expériences ont pu montrer qu'un mélange « compost-cendres » avec 10% de cendres permet de respecter la grande majorité des seuils réglementaires, mais ces proportions sont à valider en fonction des caractéristiques analytiques des cendres et des sols.

Coût moyen d'épandage : **20 €/tonne**

4/- L'influence des différents types de combustibles bois

4.1/- La Plaquette Forestière

Issues du déchetage de sous produits forestiers. Dans la majorité des cas « bois+écorces+feuilles/aiguilles » :

- m rémanents de coupe et houppiers laissés sur site après exploitation,
- m des bois de petits diamètres issus de dépressage ou d'éclaircies déficitaires,
- m des bois dépréciés (bois secs, brûlés, tordus, ...)

Le taux de cendres varie, selon la proportion de feuilles ou d'aiguilles entre **1,5 et 3%**.

Analyses de cendres (réalisées par Bois Energie 66 - moyenne réalisée à partir de 7 analyses) :

en %										En mg/kg									
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	C	N	C/N	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
0,60	6,21	4,17	34,38	2,30	4,60	3,39	8,54	0,07	110	287	1,1	181	2,99	1,71	33,9	0,10	26,5	15,95	0,59

pH moyen des cendres de plaquettes forestières est de **12,5**.

4.2/- Les Combustibles issus des industries du bois

Issues du déchetage de sous produits des industries du bois :

- m les chutes très grossières (culots de grumes, bouts de tiges),
- m les chutes courtes, (copeaux, sciures, ...)
- m les chutes longues (dosses, délignures, noyaux de déroulage, casses de fabrication de cagettes...)

NB : dans le cas du déchetage de casses de cagettes, malgré le système de déferrailage, on va avoir la présence de corps étranger (agrafes métalliques) qui se retrouveront dans les cendres, et seront un frein à leur valorisation.

Le taux de cendres varie, selon la proportion d'écorce entre **0,8 et 1,5%**.

Analyses de cendres (réalisées par Bois Energie 66 - moyenne réalisée à partir de 5 analyses) :

en %										En mg/kg									
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	C	N	C/N	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
0,48	6,07	5,66	48,23	3,45	1,52	2,18	2,06	0,08	26	101	0,87	168	5,2	2,06	51,1	0,08	25	79,4	0,79

pH moyen des cendres de plaquettes forestières est de **11,9**.

4.3/- Les Combustibles issus des déchets de bois (bois de rebut non traités)

Issus du déchetage de bois en fin de vie comprenant « bois » ou « bois+corps étrangers ». 3 grandes catégories de bois :

- m les palettes broyées non traitées,
- m les bois de déchetterie non traités
- m les bois de démolition non traités ou de DIB (déchet industriel banal)

Ces bois broyés peuvent présenter des pièces métalliques, des clous, voire même d'autres corps qui vont nécessiter des équipements spécifiques au niveau de l'installation bois. En effet, ces matériaux difficiles à éliminer totalement peuvent éventuellement poser des problèmes lors de la combustion et créer des mâchefers.

Le taux de cendres varie, selon la proportion de corps étrangers entre **0,8 et 3%**.

Analyses de cendres (réalisées par Bois Energie 66 - moyenne réalisée à partir de 6 analyses) :

en %										En mg/kg									
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	C	N	C/N	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
	3,30	2,89	18,6			1,21	6,75	0,38	42	743	9,2	2332	44	9,0	405	0,36	112,5	680	1,8

pH moyen des cendres de plaquettes forestières est de **10,5**.

4.4/- Les granulés de bois

Issus du compactage de sciures de bois préalablement séchées, et à destination des poêles et chaudières à granulés.

Le taux de cendres varie entre 0,4 et 1%.

Analyses de cendres (réalisées par Bois Energie 66 - moyenne réalisée à partir de 3 analyses) :

en %										En mg/kg									
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	C	N	C/N	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
0,75	5,9	4,52	31,67	3,28	3,57	1,35	0,73	0,07	10	193	0,05	935	10,1	1,02	115	0,02	59,8	249	0,22

pH moyen des cendres de plaquettes forestières est de 11,9.

4.5/- Les écorces

Issues du déchiquetage d'écorces récoltées au niveau des industries du bois.

Le taux de cendres varie entre 4 et 10%.

Analyses de cendres (moyenne réalisée à partir de 6 analyses) :

en %										En mg/kg									
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	C	N	C/N	Cu	Mo	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Se
0,62	3,94	3,96	39,02	3,09	4,32	0,91	1,60	0,03	53	175	2,8	745	6,6	3,8	91,8	0,13	56,6	125,6	0,8

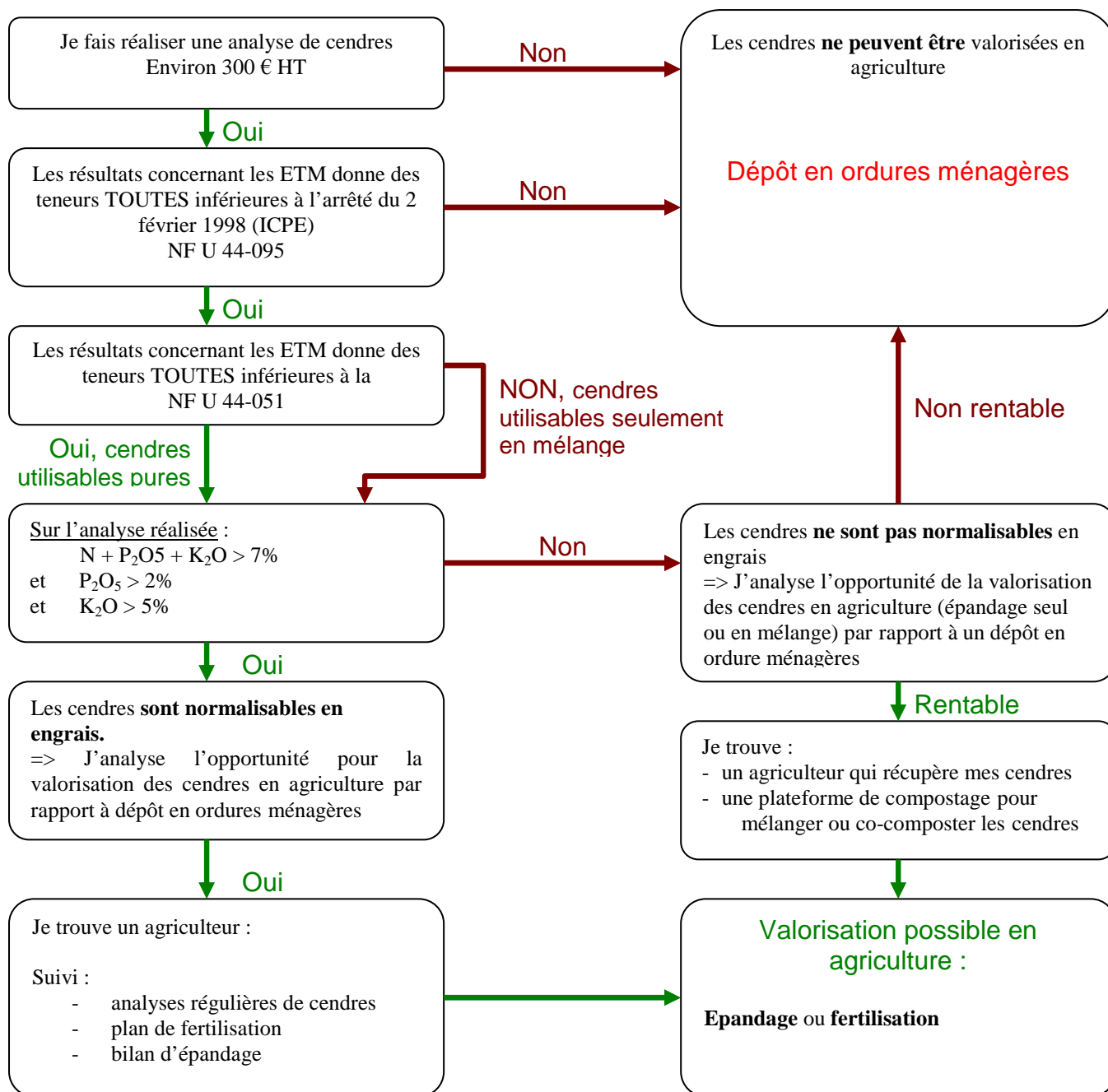
pH moyen des cendres de plaquettes forestières est de 11,9.

5/- Intérêt financier pour le gestionnaire de la chaufferie d'une valorisation des cendres par épandage

Le coût d'élimination des cendres vers un CET est de l'ordre de 75 €/tonne, transport non compris.

Le coût d'une analyse de cendre est d'environ 300 € (coût qui peut être pris en charge collectivement et réparti sur l'ensemble du parc chaufferies utilisant le même type de bois).

5/- Synthèse



A noter que l'agriculteur doit également faire réaliser des analyses de terre (ou de sol) pour, d'une part avoir un bilan « année 0 » mais aussi pour connaître sa « valeur neutralisante » afin d'adapter les apports.

Bibliographie

- Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois - Solagro-Aquasol pour le compte de l'ADEME - 2005
- Analyses de cendres réalisées par Bois-Energie 66