

ADEME



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

GESTION ET VALORISATION DES CENDRES DE CHAUFFERIES BOIS

Suivi épandage

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



Mise en place d'un suivi pour l'épandage des cendres

Un suivi de l'épandage des cendres est proposé afin de présenter un maximum de garanties et de transparence sur la pratique, aussi bien pour le producteur de cendres que pour l'utilisateur.

Les différentes mesures à mettre en place et leur coût sont ici décrits.

Mesure 1 « Analyses des cendres »

Méthode de prélèvement des cendres :

A chaque transfert de cendres sur l'exploitation agricole ou lors de la fin du remplissage d'un big-bag, un prélèvement de 1kg de produit doit être effectué.

Un à 2 mois avant l'épandage des cendres, tous les échantillons de cendres sont à mélanger et un nouveau prélèvement est à réaliser. Son analyse permettra de garantir que les cendres produites sont épandables vis-à-vis des éléments traces. Elle renseignera également quant au potentiel agronomique des cendres.

L'analyse concerne les paramètres suivants :

- ✓ Matière sèche
- ✓ Humidité
- ✓ pH
- ✓ Matière minérale et matière organique (% MS)
- ✓ C total
- ✓ N total
- ✓ P₂O₅ total
- ✓ K₂O total
- ✓ Valeur neutralisante
- ✓ CaO
- ✓ MgO
- ✓ Eléments traces métalliques suivants : As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu

Juste avant l'épandage des cendres (quelques heures), un nouveau prélèvement est à faire sur les cendres stockées. Il doit être représentatif de la totalité des cendres à épandre. Seule la matière sèche est à analyser. Par comparaison avec la première analyse, elle permettra de définir par la suite les quantités d'éléments effectivement épandues.

Coût des analyses :

Environ 300 € pour l'analyse complète + analyse de la matière sèche

Mesure 2 « Analyse de sol »

Une analyse par parcelle épandue (5 ha par parcelle en moyenne) est à prévoir. Cette analyse doit permettre d'estimer le statut acido-basique du sol, mais aussi de réaliser un bilan « Année 0 » sur différents paramètres : pH et éléments traces métalliques principalement.

Les paramètres suivants sont à déterminer :

- ✓ Texture du sol : % en argile, limons fins, limons grossiers, sables totaux
- ✓ Calcaire totales (CaCo₃)
- ✓ PH eau
- ✓ CEC
- ✓ Azote Total Kjeldahl
- ✓ Matières organiques
- ✓ C / N
- ✓ Phosphore méthode Joret-Hébert ou DYER si pH < 6
- ✓ CaO, MgO, K₂O, Na₂O échangeables
- ✓ Eléments traces métalliques suivants : As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu

Coût des analyses : environ 200 € pour l'analyse complète

Mesure 3 « Suivi des livraisons de cendres »

A chaque livraison de cendres de l'exploitant de la chaufferie, un bordereau de livraison peut être fourni à l'agriculteur. Sur celui-ci, pourraient être indiqués la date de livraison, l'origine des cendres, la quantité de cendres apportée, le type de combustible utilisé.

Un exemple de bordereau est présenté ci-dessous :

1. **A) BORDEREAU DE SUIVI DE LIVRAISON DE CENDRES**

Date de livraison :
Origine des cendres :
Quantité de cendres livrée :
Origine du combustible utilisé sur la chaufferie :

Signature de l'exploitant de chaufferie :

Signature de l'agriculteur :

Mesure 4 « Plan et bilan de fertilisation »

1.1.2 Plan de fertilisation

Compte tenu des résultats d'analyses sur les cendres, le sol et d'après le recueil des pratiques de l'agriculteur, la dose de cendres à apporter est calculée et intégrée au plan de fertilisation de l'exploitation.

L'agriculteur peut ainsi mettre en route le chantier dès qu'il le souhaite.

1.1.2.1

1.1.2.2 Bilan de fertilisation

Après l'épandage, un bilan de fertilisation est rédigé pour l'agriculteur. Il permet d'être intégré au bilan de fertilisation de l'exploitation.

Les différents documents de suivi sont présentés à la suite de cette fiche, notamment :

- ✓ Une fiche exemple d'interprétation d'analyses de sol ;
- ✓ Un document présentant le bilan de fertilisation.

Coût : environ 700 € par exploitation (comprend les prélèvements de cendres et de sol et le suivi de l'épandage)

Les 4 mesures vont concerner les cendres ne pouvant être normalisées.

Dans le cas où les cendres peuvent intégrer la norme NFU 42-001. Il est possible de se dispenser des mesures 2 et 4. Un simple plan / bilan de fertilisation est cependant fortement recommandé (environ 400 €).

Exemple de fiche d'interprétation d'analyses de terre



Analyse de terre - Parcelle test

Parcelle : **Parcelle test**
 N° de l'analyse : **1**
 Surface : **5,6 ha**
 Coord. Lambert :
 Date : **març-05**
 Labo :

Anonyme

0
0

Résultats :

CEC : **10 meq/100gr** P205
 pH : **6,93** Olsen :
 M. org : **3,0 %** Dyer :
 CaCO₃ : Joret Hébert : **130 mg/kg**

Grandométrie

Argile :
 Limons fins :
 Limons grossier :
 Sables fins :
 Sables grossiers :

Cations échangeables :

K⁺ : **0,4 meq/100gr** **4%**
 Ca⁺⁺ : **7,5 meq/100gr** **77%**
 Mg⁺⁺ : **1,3 meq/100gr** **13%**
 Na⁺ : **0,1 meq/100gr** **1%**
Tx de saturation : 96%

Oligo-éléments et métaux lourds :

Bore : Aluminium : Nickel :
 Cuivre : Cadmium : Plomb :
 Fer : Chrome : Sélénium :
 Manganèse : Mercure : Volfrôme :
 Zinc : Cobalt : Cuivre :
 Zinc :

Conseils en unités :

Éléments	Teneur de l'analyse	Teneur souhaitable			Economie possible		Redressement	
		mini	norme	maxi	par ha	parcelle	par / ha	parcelle
Chaux CaO	2090 mg/kg	1521	1901	2281				
Magnésie MgO	260 mg/kg	100	120	150	490	2744		

Éléments	Teneur de l'analyse	Culture	Rendement	Si pas d'apport (organique ou minéral) en P205 ou K2O depuis		
				0 année	1 année	2 années
Phosphore P205	180 mg/kg	Betterave	100 t/MV	0 kg/ha	0 kg/ha	45 kg/ha
		P d T	40 t	0 kg/ha	0 kg/ha	60 kg/ha
		Colza	35 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	81 kg/ha
		Pois	50 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	26 kg/ha
		Maïs	14 t MS	0 kg/ha	0 kg/ha	39 kg/ha
		Orge	70 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	30 kg/ha
		Blé	80 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
		Triticale	70 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
Potasse K2O	190 mg/kg	Betterave	100 t/MV	250 kg/ha	250 kg/ha	250 kg/ha
		P d T	40 t	250 kg/ha	250 kg/ha	250 kg/ha
		Colza	35 qx	140 kg/ha	200 kg/ha	200 kg/ha
		Pois	50 qx	195 kg/ha	200 kg/ha	200 kg/ha
		Maïs	14 t MS	175 kg/ha	200 kg/ha	200 kg/ha
		Orge	70 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	133 kg/ha
		Blé	80 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	136 kg/ha
		Triticale	70 qx	0 kg/ha	0 kg/ha	112 kg/ha

Commentaires :

Le taux de matières organiques est correcte.
 Le sol présente un taux de saturation normal : 96%.
 Etat calcique ratifiantant, réalisez un apport d'entretien de 350 unités de CaO /ha/an.
 Le niveau en magnésium est très élevé, des impasses peuvent être réalisées pendant 2 ou 3 ans.
 Le sol est riche en phosphore, des impasses sont envisageables sur toutes les cultures.
 Le sol est correctement pourvu en potasse, la fumure sera affinée en fonction des cultures et des apports des 2 dernières années.

Bilan de fertilisation

Origine du Produit : cendres issues de la chaufferie n°154, situé à, dans le département de

Type de produit :

Composition du produit :

Résultats des analyses de cendres de la chaufferie n°154			
		Sur brut	Sur sec
Valeur agronomique et fertilisante des cendres	Matière sèche (g/kg)	998,00 en g/kg	
	Humidité	2,00 en g/kg	
	pH	12,7	
	Matière minérale totale (MMT)	996,42 en g/kg	998,42 en g/kg
	C total	0,86 en g/kg	0,86 en g/kg
	N total	0,20 en g/kg	0,20 en g/kg
	P2O5 total	7,60 en g/kg	7,62 en g/kg
	P2O5 soluble eau	0,44 en g/kg	0,44 en g/kg
	K2O total	14,15 en g/kg	14,18 en g/kg
	K2O disponible	7,65 en g/kg	7,67 en g/kg
	Valeur neutralisante	312,45 en g/kg	313,08 en g/kg
	CaO	278,64 en g/kg	279,20 en g/kg
Mgo	9,86 en g/kg	9,88 en g/kg	
	Fraction granulométrique > 63 mm	0,0%	
	Fraction granulométrique > 31,5 mm	0,0%	
	Fraction granulométrique > 2 mm	21,6%	
	Fraction granulométrique > 1 mm	16,1%	
	Fraction granulométrique > 0,4 mm	14,7%	
	Fraction granulométrique < 0,4 mm	47,6%	
Innocuité et oligoéléments	Zn (mg/kg)	12,85 en mg/kg	12,88 en g/kg
	Manganèse (mg/kg)	3265,90 en mg/kg	3272,44 en g/kg
	Fer (mg/kg)	4133,01 en mg/kg	4141,29 en g/kg
	Bore (mg/kg)	88,58 en mg/kg	88,76 en g/kg
	Cobalt (mg/kg)	3,51 en mg/kg	3,52 en g/kg
	Plomb (mg/kg sec)	16,79 en mg/kg	16,82 en g/kg
	Zinc (mg/kg sec)	12,85 en mg/kg	12,88 en g/kg
	Cadmium (mg/kg sec)	0,49 en mg/kg	0,49 en g/kg
	Chrome (mg/kg sec)	9,97 en mg/kg	9,99 en g/kg
	Cuivre (mg/kg sec)	23,52 en mg/kg	23,57 en g/kg
	Nickel (mg/kg sec)	7,70 en mg/kg	7,72 en g/kg
	Mercure (mg/kg sec)	0,19 en mg/kg	0,19 en g/kg
	Selenium (mg/kg sec)	0,32 en mg/kg	0,32 en g/kg
	Arsenic (mg/kg sec)	1,50 en mg/kg	1,50 en g/kg
Molybdène (mg/kg sec)	0,50 en mg/kg	0,50 en g/kg	

Les éléments traces métalliques (métaux lourds)

En l'absence de réglementations spécifiques sur les cendres, 3 niveaux de seuils représentatifs ont été pris comme référence pour situer le niveau des résultats des analyses de cendres :

- ceux de la réglementation sur l'épandage des boues qui peuvent être considérés comme les seuils minimaux à respecter pour permettre une valorisation des cendres dans des conditions agronomiques correctes (valorisation par épandage notamment) ;
- ceux de la norme NF U 44-051 (sur les amendements organiques), ceux de l'homologation et ceux de l'écolabel européen "amendements pour sols" qui peuvent être considérés comme des seuils d'objectifs de qualité à atteindre pour permettre une bonne valorisation des cendres, dans le cadre de production d'un engrais (respect de normes).

Caractérisation du produit vis-à-vis des éléments traces métalliques :

Caractérisation des cendres de la chaufferie n°154 vis à vis de leur teneur en ETM

Analyses sur sec - Extraction		
Arsenic	mg / kg	1,50
Cadmium	mg / kg	0,49
Chrome	mg / kg	9,99
Mercure	mg / kg	0,19
Nickel	mg / kg	7,72
Plomb	mg / kg	16,82
Sélénium	mg / kg	0,32
Zinc	mg / kg	12,88
Cuivre	mg / kg	23,57
Cr + Cu + Ni + Zn	mg / kg	54,15
Molybdène	mg/kg	0,50

Le tableau ci-contre présente les rapport entre les teneurs des différents éléments dans les cendres et les seuils retenus dans les différents réglementations. Dès que ce rapport est supérieur à 1, la valeur présentée dans le tableau est égale à 1,1.

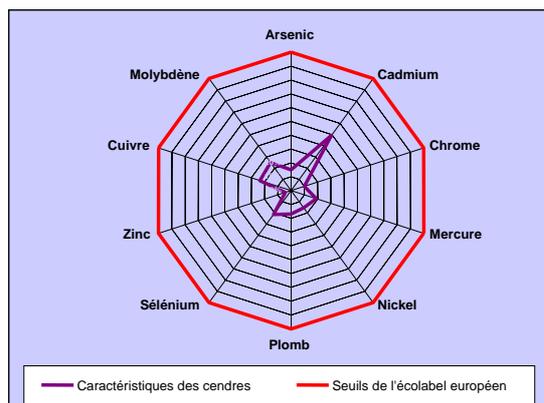
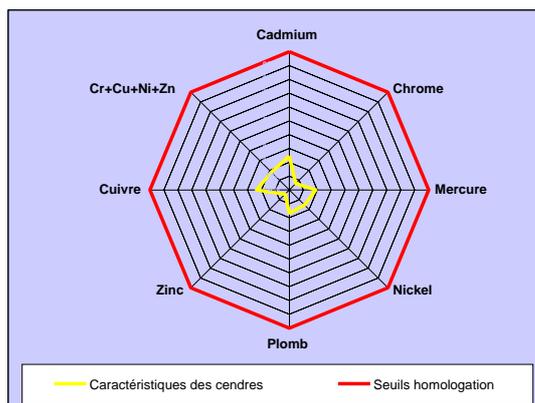
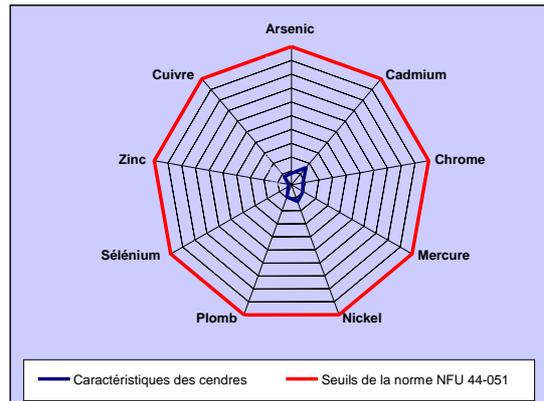
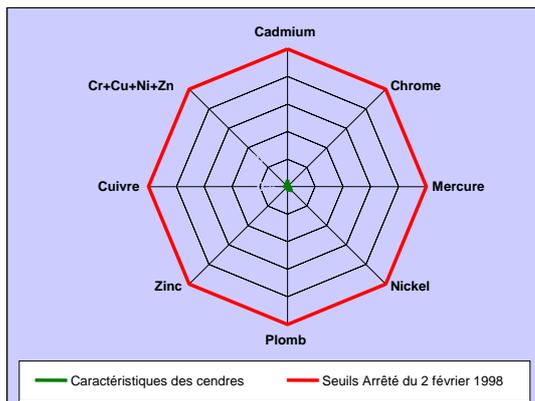
Des graphiques en "toile d'araigné" sont présentés à la suite. Chaque axe représente un des éléments traces. Deux séries sont représentées dans chaque graphique : Une série caractérise les cendres analysées, la seconde caractérise les seuils de la réglementation considérée. Dès qu'une branche de la série "cendres" dépasse la série "seuils", la cendre n'est pas épannable au regard de cette réglementation.

Seuils en ETM retenus dans les différentes réglementations (mg / kg / sec)

	Arrêté du 2 février 98	NFU 44-051	Homologation	Ecolabel
Arsenic		18		10
Cadmium	10	3	2	1
Chrome	1000	120	150	100
Mercure	10	2	1	1
Nickel	200	60	50	50
Plomb	800	180	100	100
Sélénium		12		1,5
Zinc	3000	600	300	300
Cuivre	1000	300	100	100
Cr+Cu+Ni+Zn	4000		300	
Molybdène				2

Rapports Teneurs en ETM / Seuils réglementation

	Arrêté	NFU 44-051	Homologation	Ecolabel
Arsenic		8%		15%
Cadmium	5%	16%	25%	49%
Chrome	1%	8%	7%	10%
Mercure	2%	10%	19%	19%
Nickel	4%	13%	15%	15%
Plomb	2%	9%	17%	17%
Selenium		3%		21%
Zinc	0%	2%	4%	4%
Cuivre	2%	8%	24%	24%
Cr+Cu+Ni+Zn	1%		18%	
Molybdène				25%



Ces cendres répondent aux prescriptions définies par l'arrêté du 8 février 1998.

Fiche apport de cendres

Raison sociale de l'exploitation :

Code :

Conseiller :

Parcelle concernée :

Commune :

Surface totale :

Date d'épandage :

Culture avant :

Culture après :

Surface épandue :

Quantité épandue :

Dose d'épandage :

Calcul des éléments apportés lors de l'épandage sur la parcelle

Valeur agronomique des cendres (sur brut)		
Phosphore P ₂ O ₅	g / kg	7,6
Potassium K ₂ O	g / kg	14,15
Calcium CaO	g / kg	278,64
Magnésium MgO	g / kg	9,86
Valeur neutralisante	g / kg	312,45

Quantité totale épandue correspondant à l'apport	
Phosphore P ₂ O ₅	27 kg/ha
Potassium K ₂ O	50 kg/ha
Calcium CaO	975 kg/ha
Magnésium MgO	35 kg/ha
Valeur neutralisante	1094 kg/ha