

03/

Le charbon et ses cendres



OEIL

Observatoire de l'environnement
Province Sud
Nouvelle-Calédonie

Le charbon est un combustible d'origine végétale. L'énergie produite est issue de sa combustion (mettant en œuvre des combustibles dans une chaudière) qui génère des émissions de fumées différentes d'une incinération (mettant en œuvre des déchets dans un four). Les résidus de la combustion du charbon pulvérisé ou à lit fluidisé sont multiples.

Selon les caractéristiques du gisement, le charbon est plus ou moins riche en éléments indésirables (soufre, métaux traces toxiques, radionucléides).

Les cendres dites volantes sont partiellement captées par des dépoussiéreurs (dépoussiéreurs électrostatiques, cyclones ou filtres à manches).

Les cendres de foyer, appelées aussi mâchefers, sont celles qui sont accumulées au fond de la trémie de la chaudière.

Les cendres issues de la combustion du charbon sont des déchets considérés par défaut comme non dangereux par le code européen (sur la base d'analyses physico-chimiques). Néanmoins, elles ne sont pas inertes. Des tests de lixiviation sont donc nécessaires pour évaluer la dangerosité des cendres.

Leur composition varie entre autre selon le charbon dont elles sont issues et des paramètres de combustion.

Présentation et caractéristiques générales



CHARBON

Solide
Poudre noire

- **Nom anglais :** coal
- **Densité :** 1,4 à 1,7
- **Solubilité :** certains composants du charbon se dissolvent en milieu acide
- **Combustion :** dégage divers produits tels que : poussières, NO_x, SO₂, CO₂, CO, COV
- **Composition générale du charbon :** carbone (55 % à 95 % entre les lignites et les anthracites), hydrogène, eau, oxygène, soufre, méthane, CO₂, silice, aluminium, calcium, fer, azote, et, à l'état minoritaire ou de traces, du bore, du magnésium, du titane, du chlore, du mercure, du plomb, du thorium entre autres.



CENDRES

Solide
Poussière blanc-gris, poudre fine

- **Autres noms :** cendres volantes
- **Nom anglais :** coal ash / coal fly ash
- **Densité :** 2,2 - 2,8
- **Solubilité :** certaines phases minérales sont solubles dans l'eau (ex: potasse), certaines sont insolubles (particules de silice amorphe ou cristallisée, oxyde de fer, charbon imbrûlé, etc.)
- **Fluidité :** à partir de 35-40 % d'humidité
- **Granulométrie :** < 200 µm
- **Composition générale de cendres volantes :** particules de silice (40-70 %), d'aluminium (10-40 %), de fer (5-10 %), de calcium (2-5 %), de titane (1-3 %) + éléments traces (soufre, cuivre, chrome, manganèse, arsenic, bore, zinc, plomb, nickel, sélénium, cadmium, mercure, béryllium, thallium, chlore, éléments radioactifs et micropolluants organiques (HAP, PCB, dioxines).

Valeurs indicatives en Nouvelle-Calédonie

	Prony Énergies Centrale à charbon pulvérisé	Doniambo Énergie (projet) Centrale à charbon pulvérisé	Koniambo Nickel Centrale à lit fluidisé circulant
Puissance électrique	2x50 MW	2x90 MW	2x135 MW
Consommation annuelle de charbon	350 000 tonnes en 2013	entre 400 000 et 500 000 tonnes (prévisions)	560 000 tonnes (prévision)
Production annuelle de cendres (volantes et de foyer)	40 000 tonnes (sèches) en 2013 : cendres de type silico-alumiques	70 000 tonnes max. (prévision) : cendres de type silico-alumiques	116 500 tonnes (prévision) : cendres de type sulfo-calciques

En 2013, la production d'énergie primaire reposait à 27,7 % sur le charbon en Nouvelle-Calédonie. Cette même année, 593 000 tonnes de charbon ont été importées sur le Territoire. Le charbon, en totalité importé d'Australie, présente des teneurs en carbone de 74 à 84 % et des taux de soufre variant entre 0,4 et 0,5 %.

Caractéristiques écotoxicologiques du charbon et de ses cendres

Les effets du charbon ou des cendres de charbon sur les milieux naturels sont entre autres liés à la nature du charbon utilisé, aux conditions de combustion, etc.



SUR L'AIR ET LES MILIEUX TERRESTRES



LE CHARBON

• Comportement dans le milieu

Envol de poussières

• Persistance

Forte

• Bioaccumulation

Non

Impacts sur l'air

- La manipulation du charbon génère des poussières. De plus, sous forme de poudre, il peut s'enflammer par auto-combustion si la température atteint 80°C et si l'air est sec (Ineris, 2001).
- La combustion du charbon est source de fumées qui peuvent contenir poussières, cendres et particules fines, monoxyde de carbone, vapeurs de mercure, vapeurs soufrées, des nanoparticules et du dioxyde de carbone (CO₂). Le CO₂ est connu pour être un gaz à effet de serre. Pour 1 Giga Joule (GJ) d'énergie produite, la combustion de charbon produit 95 kg de CO₂. À titre de comparaison, le gaz naturel présente un ratio de 57 KgCO₂/GJ, le fuel de 78 KgCO₂/GJ (Ineris, 2001 ; Ademe, 2005).

Impacts sur le sol et la végétation

- La manipulation du charbon génère de la poussière. 550 tonnes de charbon manipulés à 7 % d'humidité sous un vent constant de 3 m/s génèrent 105 kg de PM30, 48 kg de PM10 et 15 kg de PM2,5 (Ineris, 2001).
- Des essais au ciment et au charbon sur des épicéas (Auclair, 1976 ; Inra, 1976) ont montré qu'il n'y a pas d'effet notable des empoussièrtements lorsque l'intensité lumineuse est élevée. En revanche, en cas d'intensités faibles ou moyennes, la capacité photosynthétique de la plante est sensiblement réduite, allant jusqu'à la mort de la plante à long terme. Il n'est pas exclu que le charbon ait également une activité toxique sur les cellules végétales, à long terme (INRA, 1976).
Les végétaux à feuilles seraient les plus touchés, compte tenu de la surface potentielle de dépôt (Naidoo, 2005).
- Le charbon n'est pas bioaccumulable (Gesamp, 2003).

Impacts sur la faune

Les tests de toxicité et d'écotoxicité menés par les laboratoires européens ont, jusqu'à présent, démontré qu'il n'y avait pas d'effet mutagène ou reprotoxique, pas d'irritation de la peau ou des yeux ni d'effet indésirable sur les organismes des animaux testés (Kyte, Crowley et Lannoy, 1999).



LES CENDRES

• Comportement dans le milieu

Chimiquement stable à température et pressions ambiantes

• Persistance

Forte

• Bioaccumulation

Non (sauf si présence de métaux traces toxiques tels que le mercure)

Impacts sur le sol et la végétation

- Les cendres volantes contiennent du soufre, parfois jusqu'à 1,3 %, qui agit comme fertilisant pour les plantes de sols acides, et augmente leur rendement agricole (étude sur l'alfafa : Elseewi et al, 1978 ; étude sur le coton : Stevens et Dunn, 2004).
- En revanche, les effets négatifs sont une réduction de la biodisponibilité en azote et en phosphore, un déséquilibre entre les éléments du sol (du fait du pH élevé) et une accumulation d'éléments phytotoxiques tels que les métaux traces toxiques et les composés du bore en excès (Siddiqui et Singh, 2005).

- Par ailleurs, il s'avère que l'absorption dans le sol de micropolluants organiques (contenus dans les cendres notamment) par les plantes est en général faible (Griand et al, 2005). En fait, pour les micropolluants organiques, la contamination par voie aérienne est plus importante que par le sol.
- L'application de cendres volantes sur des terrains traités aux herbicides limite l'effet de ceux-ci, ce qui suppose que les cendres séquestrent les molécules herbicides et limitent leur influence phytotoxique (Soobadar, 2010).

Impacts sur la faune

- Les effets toxiques et écotoxiques d'un stockage de cendres semblent limités. On observe d'ailleurs que certains végétaux (pins, bouleaux) et animaux (alouettes, lapins, hirondelles) colonisent les stockages provisoires de cendres volantes en Europe (Ineris, 2001).
- L'impact des micropolluants organiques (HAP, PCB) sur la faune reste, à notre connaissance, peu étudié, notamment en exposition à long terme. Une étude (Wong et Wong, 1986) rapporte cependant une diminution de l'activité microbienne au contact des cendres de charbon, activité qui pourrait par ailleurs se rétablir avec le temps (Pitchel et Hayes, 1990).



LE CHARBON ET SES CENDRES

Impacts sur la végétation

Les poussières de charbon et de cendres peuvent colmater les pneumatophores des palétuviers et réduire les échanges gazeux jusqu'à entraîner la mort de la mangrove (Ellison, 1999).



SUR LES RIVIÈRES



LE CHARBON

• Comportement dans le milieu

Dilution et dispersion

• Persistance

Moyenne

• Bioaccumulation

Non

- L'effet du ruissellement sur un stockage de charbon non protégé peut entraîner le lessivage de 0,1 % du volume de matière (SLN, 2004).
- Certains HAP sont retrouvés dans les sols autour des stockages, lessivés par les eaux de pluies. Ils sont persistants et sont susceptibles d'acidifier les sols (Dore et al, 2003).

Impacts sur la faune

- Il semble que la dissolution des composants du charbon dépende de plusieurs facteurs. Par exemple, un milieu acide facilite la dissolution de certains éléments tels que le manganèse, ce qui pourrait augmenter le risque de contamination en cas d'ingestion par des organismes aquatiques.



LES CENDRES

• Comportement dans le milieu

Dissolution

• Persistance

Moyenne

• Bioaccumulation

Non

- Les propriétés physiques des cendres sont fonction :
 - de la granulométrie des charbons broyés ;
 - de la température de combustion (effet de vitrification fixant les métaux traces toxiques) ;
 - de l'excès d'air et de la teneur en imbrûlés (*We Energie, 2012*).

Les cendres auront ainsi un comportement différent en cas de lessivage, selon leur degré de cristallisation, d'hydratation, de leur taille (*Ariffin, 2007*).

- Les cendres ont la capacité de fixer certains herbicides et évitent ainsi leur relargage dans l'eau, de manière plus ou moins efficace selon la qualité physico-chimique du sol.
- Au contact de l'eau, les éléments toxiques hydrosolubles contenus dans les cendres se dissolvent et s'infiltrent dans le sol. Ainsi, un stockage de cendres présente le risque d'une lixiviation des métaux au contact des eaux de pluie et des eaux superficielles. Une centaine de points d'eau contaminée par des cendres de charbon lixiviées ont été recensés aux États-Unis (*US-PSR, 2008*).
- Par ailleurs, un essai de déversement de cendres dans un bassin naturel a eu pour conséquence l'augmentation des taux d'arsenic et de sélénium dans le milieu, entraînant une augmentation du pH et la mort de la majorité des insectes répertoriés (*Specht et al, 1984*).
- Une étude réalisée aux États-Unis a montré qu'un centre de stockage de cendres, situé à quelques centaines de mètres d'habitations, avait contaminé les puits individuels des maisons notamment par les contaminants les plus mobiles comme l'aluminium, le manganèse, l'arsenic,

le béryllium, le thallium, le cadmium, les sulfates (*Maryland Department of Health, 2007*).

- Une étude réalisée en 2010 aux États-Unis dans 14 états recense 31 sites pollués par les dépôts de cendres contenues au fond des trémies de chaudières, relevant des taux de contamination par l'arsenic près de 150 fois la limite autorisée actuellement pour l'eau potable (*EIP, 2010*).
- A contrario certaines études scientifiques (*Sijakova, 2011 ; Sarode, 2010*) concluent que les niveaux de contaminants sont trop faibles pour avoir de réels impacts sur l'environnement. Il est donc probable que les conditions de lixiviation variables d'un stockage à l'autre génèrent des risques également variables que seules les mesures in situ peuvent évaluer.
- La radioactivité des stockages de cendres issues de centrales thermiques n'est pas toujours neutre. Une étude réalisée dans le nord de la France (*Lagarde, BRGM 2010*) montre une radioactivité variant de 48 becquerels par kilogramme (Bq/kg) pour l'Uranium ²³⁸U à 113 Bq/kg pour le Radium ²²⁸Ra. Mais la composition radiologique des eaux à proximité reste limitée (moins de 0,05 Bq/L pour l'²³⁸U), ce qui pousse les auteurs de l'étude à conclure au non-transfert de radioactivité des cendres vers le réseau hydrographique. À titre comparatif, un litre d'eau de mer a une radioactivité moyenne de 13 Bq.
- Une autre étude (*IAEA Tech report, 2003*) montre que la quantité de radionucléides dans les charbons australiens est modeste, générant une radioactivité de l'ordre de 9 à 47 Bq/kg pour l'²³⁸U et de 11 à 64 Bq/kg pour le ²²⁸Ra.
- Mais durant la combustion, ces radionucléides sont retenus dans les cendres, de sorte que leurs concentrations peuvent atteindre 10 fois celles mesurées dans le charbon dont elles sont issues. Les concentrations peuvent ainsi atteindre 2630 Bq/kg, tout radionucléide confondu (*IAEA, 2003 ; CSIRO, 1996*).

Impacts sur la faune

- Lorsque les cendres sont lessivées et relarguées dans les cours d'eau, elles entraînent des composés polluants qui peuvent être ingérés par la faune (*Jaffrenou, 2008*).



LE CHARBON

• Comportement dans le milieu

Dilution et dispersion

• Persistance

Moyenne

• Bioaccumulation

Non

- En cas d'immersion de charbon dans l'eau de mer, la majeure partie coule et se retrouve sur le fond marin compte tenu de sa densité (supérieure à celle de l'eau de mer) et de la taille des grains (supérieure à 2 mm pour l'essentiel). Seules les très fines particules restent en suspension sous l'effet de leur faible masse et de leur caractère hydrophobe (*Jaffrenou, 2008*).
- Par ailleurs, ni les HAP, ni les composés soufrés ni les métaux ne sont dissous, à part le nickel et le manganèse dont la concentration augmente avec l'agitation et diminue avec la granulométrie du charbon considéré.

Pour le manganèse, elle dépasse 1,5 µg/l en milieu fermé, ce qui permet de dire que le manganèse est le premier élément à surveiller en cas d'immersion accidentelle de charbon en mer (*Jaffrenou, 2008*).

- En outre, les fines particules en suspension entravent la photosynthèse et l'activité des organismes filtrants et, sous l'effet du courant, peuvent se disperser sur près d'un kilomètre en une dizaine d'heures.
- L'Autorité australienne en charge de la gestion du parc de la Grande Barrière relate un récent accident lié au charbon, en précisant qu'un dépôt de charbon dans l'eau de mer ne présente pas de grandes menaces (*GBRMPA, 2010*). On considère que l'impact environnemental d'une immersion accidentelle de charbon reste limité (*Cedre, 2008*).

Impacts sur la faune

- Une concentration de charbon sur des sédiments marins est considérée comme non polluante bien qu'impactante en raison des HAP qui se déposent sans pour autant être toxiques pour le biotope (*Chapman et al, 1996*).
- L'ingestion de charbon par une espèce animale marine libère, du fait du changement d'acidité (mer/estomac de l'animal) du cérium mais pas de composés toxiques, le cérium bien que toxique pour l'Homme étant lui-même sans danger pour l'environnement (*Cedre, 2008*).



LES CENDRES

• Comportement dans le milieu

Dissolution

• Persistance

Moyenne

• Bioaccumulation

Non

La concentration dans l'eau de certains composés de cendres varie avec le pH. On observe que le chrome, le cuivre, le zinc et le plomb présentent des taux plus faibles dans un milieu où le pH est de 6-9 que dans un milieu acide, alors que les concentrations en bore, arsenic, cadmium, fer ou manganèse sont plus importantes en milieu acide. Ces éléments sont présents sous forme dissoute (*EPA, 1980*).

Quelles sont les réglementations qui concernent le charbon et ses cendres ?

INTERNATIONALES	NATIONALES	LOCALES
<ul style="list-style-type: none"> • Réglementation du transport de matières dangereuses par voies routière, maritime et aérienne <p>Ex. : Réglementation ADR, IMDG, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> > le transport de charbon est classé dangereux et est réglementé. Des dérogations peuvent néanmoins être accordées pour le transport par voie maritime selon les résultats des essais d'échauffement spontanée réalisés en laboratoire <ul style="list-style-type: none"> • Recommandations de la directive européenne 96/62/CE du 27/09/1996* <p>Rejets de poussières dans l'atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> • Directive européenne 2008/50/CE* <p>Qualité de l'air ambiant</p> <ul style="list-style-type: none"> > valeurs limites en moyenne annuelle 25 µg/m³ pour les PM_{2,5} 40 µg/m³ pour les PM₁₀ <ul style="list-style-type: none"> • Les meilleures techniques disponibles en matière d'installations de combustion* <p>Niveaux d'émissions de poussières</p> <ul style="list-style-type: none"> > de 10 à 30 mg/Nm³ selon la puissance de la centrale. <ul style="list-style-type: none"> • Lignes directrices de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé)* <p>Qualité de l'air ambiant</p> <ul style="list-style-type: none"> > lignes directrices en moyenne annuelle 10 µg/m³ pour les PM_{2,5} 20 µg/m³ pour les PM₁₀ <ul style="list-style-type: none"> • Directive ATEX (Atmosphères Explosibles) européenne 1999/92/CE <p>Gestion des substances inflammables</p> <ul style="list-style-type: none"> > le charbon est une substance inflammable dont les poussières nécessitent le classement des zones concernées : évaluation des risques d'explosion, mesures de prévention et de protection adaptées, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recommandations de la loi n°96 1236 du 30 décembre 1996* <p>Rejets de poussières dans l'atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circulaire n°96-85 du 11/10/96 <p>Gestion des cendres en tant que déchets</p> <ul style="list-style-type: none"> > les éléments d'appréciation relatifs à l'impact des cendres sur l'environnement doivent être fournis en fonction de l'usage de ces déchets <ul style="list-style-type: none"> • Projet de loi de transition énergétique <p>Diminution des émissions de gaz à effet de serre</p> <ul style="list-style-type: none"> > les émissions de gaz à effet de serre doivent diminuer de 40 %, la part des énergies renouvelables être multipliée par 3 et celle des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) réduite de 30 % d'ici 2030 	<ul style="list-style-type: none"> • Les arrêtés d'autorisation des centrales thermiques : <ul style="list-style-type: none"> - arrêté n°1532-2005/PS du 21 novembre 2005 autorisant la société Prony Energies SAS à exploiter une centrale électrique au charbon et arrêtés modificatifs - arrêté modifié n°2012-222/PN du 7 août 2012 autorisant Koniambo Nickel SAS à exploiter une unité de traitement du minerai à Voh <ul style="list-style-type: none"> > Ces arrêtés sont adaptés à chaque situation et imposent notamment les actions de prévention en matière d'incendie, de compaction des stockages de charbon, de gestion des cendres, de limitation des pollutions (systèmes de désulfuration par exemple), etc. <ul style="list-style-type: none"> • La délibération n°29-2014/BAPS/DIMEN du 17 février 2014 <p>Émissions et déchets issues des centrales thermiques d'une puissance supérieure à 50 MW en province Sud</p> <ul style="list-style-type: none"> > rejet maximal de poussières (pour les centrales à charbon) 10 mg/Nm³ si la puissance est inférieure à 300 MW 20 mg/Nm³ si elle est supérieure > rejet maximal d'oxydes d'azote entre 150 et 300 mg/Nm³ selon la puissance de la centrale > rejet maximal de dioxyde de soufre entre 150 et 400 mg/Nm³ selon la puissance de la centrale > rejet maximal de monoxyde de carbone entre 50 et 100 mg/Nm³ selon la puissance et le type de centrale > Prise en compte des rejets d'ammoniac, de HAP, de composés organiques volatils, de certains métaux, du CO₂... > Gestion rigoureuse des déchets notamment des cendres volantes et des cendres de foyer

* ces textes ont une portée générale et ne sont pas spécifiquement orientés sur les poussières de charbon ou de cendres de charbon.

Où trouver plus d'informations sur ces substances ?



Retrouvez une bibliographie complète
www.oel.nc/fr/page/fiches-polluants

date de dernière mise à jour : janvier 2015



OEIL

Observatoire de l'environnement
 Province Sud
 Nouvelle-Calédonie