



Revue d'information du Bureau des Mines et de l'Énergie (BME)

Mot du Directeur Général

Le terme "lignite" vient du mot latin "**lignum**" qui signifie "bois". C'est un nom masculin qu'il ne faut pas confondre avec la **lignine**, un des principaux composants du bois.

Le lignite est l'une des diverses formes du charbon minéral qui joue un rôle crucial dans le développement industriel et énergétique mondial. Source majeure de combustible fossile, il a alimenté les machines à vapeur de la révolution industrielle, propulsé les trains et les navires, et continue aujourd'hui de fournir une part significative de l'électricité mondiale. Ce minéral, formé à partir de restes végétaux enfouis et transformés sous l'effet de la pression et de la chaleur, a façonné non seulement les paysages, mais aussi l'histoire et l'économie de nombreuses nations.

Cependant, l'utilisation intensive du charbon minéral comporte des défis environnementaux majeurs. Les émissions de gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO₂), résultant de la combustion du charbon, contribuent significativement au changement climatique selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les techniques de capture et de stockage du carbone (CSC) et les avancées en matière de combustion propre deviennent ainsi essentielles pour atténuer ces impacts.

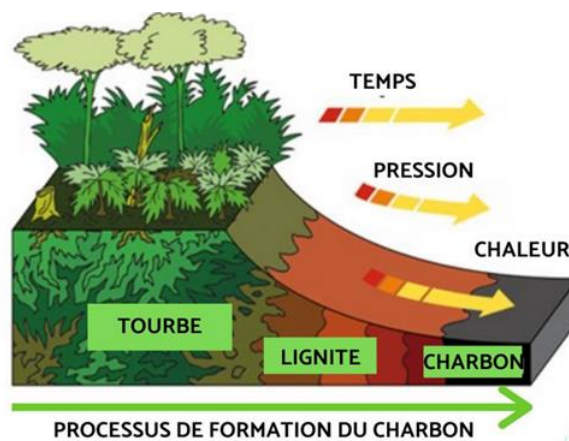
Haïti dispose d'un gisement de lignite et des sites potentiels encore inexplorés. Ce numéro de GÉOMINÉRIE se propose d'offrir une vue d'ensemble sur le charbon minéral et le lignite en particulier, en explorant leurs couloirs de connaissance, leur utilisation à travers le monde, et le potentiel existant en Haïti. À l'heure où la transition énergétique mondiale prend de l'ampleur, il est plus que jamais nécessaire de comprendre les complexités et les implications d'une possible exploitation de nos ressources.

Claude Preptit, Ingénieur Géologue

Le lignite

Définition et formation

Le lignite est une catégorie de charbon de terre communément appelé **charbon brun**, qui se situe entre la tourbe et le charbon bitumineux sur l'échelle de la carbonisation.



Le processus géologique de la formation des charbons de terre s'effectue par l'enfouissement des résidus végétaux sous l'effet de la température et de la pression dans un milieu humide.

En effet, en fonction de la maturation de la mixture végétale dans le milieu humide et à mesure que la profondeur du dépôt augmente avec la température et la pression, divers types de charbon se forment. On distingue de haut en bas : La tourbe, le lignite qu'on appelle aussi charbon brun, le charbon sub-bitumineux, le charbon bitumineux et l'antracite. Chacun de ces produits a ses caractéristiques propres.



Composition minéralogique du lignite

Le lignite est surtout composé de matières organiques issues de la décomposition de plantes, mais il contient également plusieurs minéraux dont les principaux sont les suivants :

- **Quartz (SiO_2)**

Le quartz est l'un des minéraux les plus courants dans le lignite. Il se présente sous forme de particules fines de sable.

- **Argiles**

Kaolinite, illite et montmorillonite : Ce sont les différents types d'argile présents dans le lignite.

- **Pyrite (FeS_2)**

Aussi connue sous le nom d'or des fous, la pyrite est un minéral de sulfure de fer souvent présent dans le lignite.

- **Calcite (CaCO_3)**

La calcite, un carbonate de calcium, peut également être trouvée dans le lignite et est souvent associée à la minéralisation secondaire.

- **Sulfates**

Gypsite ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) : Un minéral de sulfate de calcium hydraté, commun dans certaines formations de lignite.

- **Minéraux de Fer**

Hématite (Fe_2O_3) et Goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$) : Ces minéraux d'oxyde de fer peuvent être présents sous forme de traces.

Éléments Traces

En plus de ces principaux minéraux, le lignite peut contenir de petites quantités d'éléments traces tels que le mercure, le cadmium et le

plomb, qui peuvent être libérés lors de la combustion et entraîner des préoccupations environnementales.

Importance des minéraux dans le Lignite

- **Propriétés de combustion** : La présence de certains minéraux, comme la pyrite, peut affecter les propriétés de combustion du lignite, notamment en influençant les émissions de soufre.
- **Formation des cendres** : Les minéraux contenus dans le lignite contribuent à la formation des cendres après la combustion et qui doivent être gérées correctement pour éviter la pollution.

Ces minéraux jouent un rôle important dans les caractéristiques et les impacts environnementaux du lignite lorsqu'il est utilisé comme combustible.

Caractéristiques du lignite

- **Apparence** : Le lignite est généralement de couleur brune à noirâtre et a une texture friable.
- **Composition Chimique** : En plus du carbone, il contient des quantités significatives d'eau, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de soufre.
- **Propriétés Physiques** : En raison de sa teneur élevée en humidité et en matières volatiles, il a un pouvoir calorifique inférieur à celui du charbon bitumineux ou à celui de l'anhracite.

Utilisation du charbon minéral avant la révolution industrielle

Avant la Révolution industrielle, le charbon minéral était principalement utilisé comme

source de chaleur pour le chauffage et la cuisson.

Pour chauffer les maisons, il était souvent brûlé dans des cheminées ou des foyers pour produire de la chaleur. On s'en servait pour préparer des repas en chauffant des casseroles et des poêles. Il était également utilisé dans la production de chaux, un matériau important pour la construction et l'agriculture. Dans les fonderies, il était utilisé pour fondre des métaux.

Ces utilisations ont évolué avec l'avènement de la Révolution industrielle, où le charbon minéral a commencé à dominer en raison de sa plus grande efficacité et de sa disponibilité accrue.

- **La machine à vapeur et la révolution industrielle**

Débutée au milieu du XVIIIe siècle, la Révolution industrielle a été un tournant majeur dans l'histoire de l'humanité. Elle est caractérisée par le passage d'une société agraire et artisanale à une société industrielle et mécanisée. Le charbon de terre, ou charbon minéral, a joué un rôle crucial dans cette transformation.

La machine à vapeur a été inventée par **Thomas Newcomen** en 1712. Son invention, connue sous le nom de **machine à vapeur atmosphérique**, a été la première machine à vapeur commercialement réussie et utilisée pour pomper l'eau hors des mines de charbon.

Cependant, **James Watt** a apporté des améliorations significatives à la machine à vapeur de Newcomen au milieu du XVIIIe siècle. Les innovations de Watt, telles que le condenseur séparé, ont rendu la machine à vapeur beaucoup plus efficace et ont joué un rôle crucial dans la Révolution industrielle.

Cette machine utilisait le charbon pour chauffer l'eau et produire de la vapeur, qui à son tour alimentait des moteurs pour les usines, les mines, et les transports maritimes et terrestres.

Cette nouvelle technologie a entraîné une augmentation massive de la productivité et a permis l'industrialisation rapide de nombreux secteurs, comme le textile, la métallurgie et le transport.

En effet, le charbon a également été utilisé pour alimenter les locomotives à vapeur et les bateaux à vapeur, révolutionnant les transports.

Le réseau ferroviaire s'est développé rapidement, facilitant le transport de matières premières et de produits finis, stimulant ainsi le commerce et l'économie.

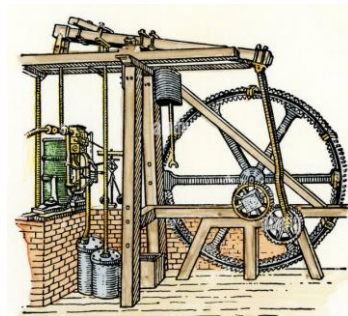


Schéma de La machine à vapeur de Watt

- **Impact économique et social de la révolution industrielle**

L'exploitation du charbon a conduit à une croissance économique sans précédent. Les industries pouvaient produire des biens en grandes quantités à moindre coût. Les villes industrielles ont prospéré autour des mines de charbon et des centres manufacturiers, créant de nombreux emplois.

La demande de main-d'œuvre dans les industries et les mines a attiré des populations rurales vers les villes, accélérant

l'urbanisation. Cette migration a conduit à la croissance rapide des villes industrielles, mais a aussi posé des défis en termes de logement, de santé publique, et de conditions de travail.

Distribution géographique et réserves mondiales du charbon minéral

Les réserves mondiales en 2024¹ de charbon sont estimées à environ **1,07 milliards de tonnes métriques**² réparties entre les pays³ suivants :

Pays	Réserves (millions de tonnes)	Part dans les réserves mondiales
États-Unis	248 941	23,2%
Russie	162 166	15,1%
Australie	150 227	14,0%
Chine	143 197	13,3%
Inde	111 052	10,3%
Indonésie	34 869	3,2%
Allemagne	35 900	3,3%
Ukraine	34 375	3,2%
Pologne	28 395	2,6%
Kazakhstan	25 605	2,4%
Turquie	11 525	1,1%
Afrique du Sud	9 893	0,9%
Reste du monde	77 963	7,3%
Total monde	1 074 108	100%

Les États-Unis, la Russie, l'Australie, la Chine et l'Inde possèdent les réserves les plus importantes. La Chine, en particulier, est en train de réorganiser son secteur minier pour moderniser ses exploitations⁴.

¹ Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024),

² fr.Statistica.com

³ atlasocio.com

⁴ www.planete-energies.com

L'utilisation du charbon de terre pendant la Révolution industrielle a été un catalyseur majeur de changement, propulsant le monde dans une nouvelle ère de progrès technologique et économique. Cependant, elle a aussi laissé un héritage complexe de pollution et de défis sociaux qui résonnent encore aujourd'hui.

Principaux pays producteurs de lignite et leurs productions

- **Allemagne** : En 2016, l'Allemagne a produit environ 990 millions de tonnes de lignite, représentant environ 17,3 % de la production mondiale.
- **Chine** : La Chine est un autre grand producteur avec environ 14,1 % de la production mondiale.
- **Russie** : La Russie contribue avec environ 7,4 % de la production mondiale.
- **États-Unis** : Les États-Unis produisent environ 6,7 % de la production mondiale.
- **Pologne** : La Pologne produit environ 6,1 % de la production mondiale.
- **Indonésie** : L'Indonésie produit également environ 6,1 % de la production mondiale.
- **Australie** : L'Australie produit environ 6,0 % de la production mondiale.
- **Turquie** : La Turquie produit environ 5,7 % de la production mondiale.

Le lignite est principalement utilisé pour la production d'électricité dans les centrales thermiques et pour le chauffage domestique. Cependant, il est moins rentable que d'autres types de charbon en raison de sa teneur

élevée en eau et de son faible pouvoir calorifique.

Extraction des gisements de charbon minéral dont le lignite

Plusieurs méthodes sont couramment utilisées pour l'extraction du lignite :

- **Mines à ciel ouvert**

Principe : Les gisements de lignite sont généralement situés près de la surface terrestre⁵. Les mines à ciel ouvert sont utilisées pour extraire le lignite en creusant des tranchées ou des puits.

Avantage : Cette méthode est rentable pour les gisements proches de la surface et permet une extraction à grande échelle.



Mine de charbon à ciel ouvert de Cerejon en Colombie

- **Mines souterraines**

Principe : Lorsque les gisements de lignite sont plus profonds, des mines souterraines sont creusées pour extraire le lignite.

Avantage : Cette méthode permet d'accéder aux gisements situés plus profondément dans le sol.

Autres méthodes d'extraction

Qu'elles soient à ciel ouvert ou souterraines, l'extraction des mines peut se faire soit par voie humide, soit par voie sèche pour améliorer sa qualité.

- **Extraction par voie humide**

Principe : Cette méthode utilise de l'eau pour séparer le lignite des autres matériaux, comme le sable et les graviers⁶.

Avantage : Cette méthode permet de traiter efficacement les gisements contaminés et de produire des matériaux de haute qualité.

- **Extraction par voie sèche**

Principe : Cette méthode utilise des équipements mécaniques pour séparer le lignite des autres matériaux sans utiliser d'eau.

Avantage : Cette méthode est moins coûteuse en termes de consommation d'eau et est utilisée dans les régions où l'eau est rare.

- **Techniques de traitement supplémentaires**

Principe : Après l'extraction, le lignite peut être traité pour améliorer sa qualité et son efficacité énergétique. Cela peut inclure des processus de concassage, de broyage et de séparation.

Avantage : Ces techniques permettent de produire un combustible plus pur et plus efficace.

Ces méthodes d'extraction permettent de répondre aux besoins énergétiques tout en minimisant l'impact environnemental.

⁵ www.connaissancedesenergies.org

⁶ www.cdgroup.com

Utilisation moderne du charbon minéral

Aujourd'hui encore, le charbon minéral reste une ressource énergétique importante malgré la montée en puissance des énergies renouvelables. Voici quelques exemples :

- **Production d'électricité**

Centrales Thermiques : Le charbon minéral est principalement utilisé dans les centrales thermiques pour produire de l'électricité. Ces centrales brûlent du charbon pour chauffer de l'eau et produire de la vapeur, qui fait tourner des turbines génératrices d'électricité.

- **Fabrication de l'acier**

Coke Métallurgique : Le charbon bitumineux est transformé en coke, un matériau essentiel dans les hauts fourneaux pour la fabrication de l'acier. Le coke agit comme agent réducteur pour extraire le fer du minerai de fer.

- **Industries chimiques**

Production de Produits Chimiques : Le charbon minéral est utilisé comme matière première pour produire des produits chimiques tels que l'ammoniac, le méthanol, les colorants et les plastiques.

- **Chauffage**

Usage Domestique : Dans certaines régions, le charbon est encore utilisé pour le chauffage domestique. Cependant, cette utilisation est en déclin en raison de préoccupations environnementales et de l'amélioration des technologies de chauffage.

- **Gazéification et Liquéfaction**

Production de Gaz et de Carburants Liquides : Des procédés de gazéification et de liquéfaction du charbon permettent de convertir le charbon en gaz de synthèse ou en carburants liquides, utilisables pour des

applications industrielles et comme combustibles de substitution.

- **Autres utilisations industrielles du charbon minéral**

Cimenterie : Le charbon est utilisé comme combustible dans les fours de cimenterie pour la production de clinker.

Papeterie : Certaines usines de pâte et papier utilisent le charbon comme source d'énergie pour les processus de cuisson.

Impact et transition énergétique sur l'exploitation du charbon minéral

Bien que le charbon joue toujours un rôle clé dans l'économie énergétique mondiale, son utilisation est de plus en plus contestée en raison de ses impacts environnementaux, notamment les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'air. De nombreux pays investissent dans des technologies plus propres et des sources d'énergie renouvelables pour réduire leur dépendance au charbon et atténuer le changement climatique.

Impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation du charbon minéral

Les mines à ciel ouvert utilisent beaucoup d'espaces qui ne sont pas obligatoirement rendus à l'agriculture dans leur totalité. En Allemagne, 68 % des 170 000 ha ont été rendus à l'Agriculture.

En général, les mines de charbon minéral sont aussi des sources de radon et de descendants radioactifs du radon, impliqués dans la genèse de nombreux cancers du poumon³. Les travailleurs y sont plus exposés dans le cas de mines souterraines. Les taux peuvent fortement varier selon les lieux et les moments. Par exemple, dans trois mines de lignite étudiées en Turquie, les concentrations

de radon varient de 50 ± 7 à 587 ± 16 Bq/m³ d'air en dessous des seuils d'action en vigueur en Turquie, selon les expositions au radon telles qu'évaluées pour les travailleurs des mines de lignite de Tunçbilek, Ömerler et Eynes.

Par ailleurs, la combustion du lignite est source de plusieurs polluants, notamment⁴ : de particules fines ; de dioxyde de soufre (SO₂) (le lignite, étant riche en sulfures) et d'oxyde d'azote (N₂O), responsables de pluies acides. La teneur en soufre du lignite dépend fortement de l'origine du gisement. Il existe des gisements relativement pauvres en soufre, comme le gisement rhénan (Allemagne) ; des éléments-traces métalliques ; de dioxyde de carbone (CO₂).

Le faible rendement énergétique du lignite (comparé à celui du gaz ou des autres formes de charbons) fait de lui une des sources d'énergies les plus polluantes sur quasiment tous les aspects (CO₂, particules fines, radioactivité⁵, etc.)⁴.

Paysage : Les mines de lignite à ciel ouvert créent de vastes cavités qui peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres carrés. Ces mines donnent l'impression d'un paysage lunaire avec de grandes fosses et des terrils (amas de déblais).

Après l'extraction, les compagnies minières doivent procéder à des travaux de réhabilitation pour restaurer le site minier. Cela inclut le remodelage des terres, la plantation de végétation et la création de plans d'eau.

Durée de vie des différents combustibles fossiles⁷

Ressource	Réserves Prouvées	Production Annuelle	Durée de Vie Estimée
Charbon	~1,074 milliards de tonnes métriques	~8,993 millions de tonnes métriques	~120 ans
Pétrole	~1,7 milliards de barils	~29,76 millions de barils	~57 ans
Gaz Naturel	~7 100 milliards de pieds cubes (Tcf)	~142,5 millions de pieds cubes (Tcf)	~49,8 ans

De nombreux pays commencent à réduire leur dépendance au charbon pour se tourner vers des sources d'énergie plus propres et renouvelables⁸.

Synthèse des technologies actuelles pour la combustion du lignite :

Centrales thermiques au lignite

Principe : Brûlent le lignite pour chauffer de l'eau, produisant de la vapeur qui entraîne des turbines génératrices d'électricité.

Centrales à cycle combiné

Principe : Utilisent une turbine à gaz pour produire de l'électricité et capturent la chaleur résiduelle pour produire de la vapeur pour une turbine supplémentaire.

Avantage : Améliorent l'efficacité énergétique par rapport aux centrales thermiques traditionnelles.

⁷ Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024)

⁸ www.ri.org

Centrales à lignite avec capture et stockage du carbone (CSC)

Principe : Capturent les émissions de CO₂ générées par la combustion du lignite et les stockent sous terre pour éviter leur libération dans l'atmosphère.

Avantage : Réduisent l'impact environnemental de l'utilisation du lignite.

Centrales au lignite avec oxy-combustion⁹

Principe : Brûlent le lignite en présence d'oxygène pur (ou enrichi en oxygène, plutôt qu'avec l'air ambiant), produisant un gaz de combustion riche en CO₂ et en vapeur. Le CO₂ est capturé et stocké, tandis que la vapeur est utilisée pour produire de l'électricité.

Avantage : Réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

Centrales au lignite avec combustion à lit fluidisé (Fluidized bed combustion FBC)

Principe : Utilisent un lit de particules solides soulevées par un courant d'air ou de gaz sous pression.

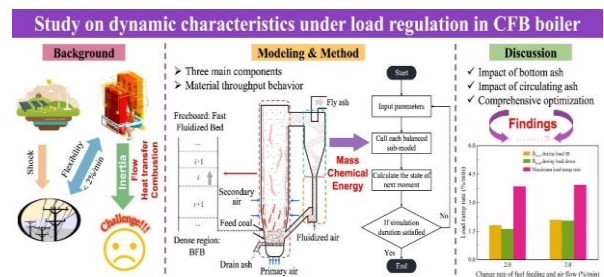
Avantage : Permettent une combustion plus complète et efficace du combustible,

réduisant les émissions de polluants comme le NOx et les particules fines.

Centrales à lignite avec combustion à lit fluidisé et pressurisé (Pressurized fluidized bed combustion PFBC)

Principe : Combinent les avantages de la combustion à lit fluidisé avec une combustion sous pression.

Avantage : Permettent une meilleure efficacité énergétique et une production d'électricité plus stable, tout en respectant les normes environnementales.



Ces technologies visent à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire l'impact environnemental de la combustion du lignite de mauvaise qualité. Cependant, il est important de noter que le lignite reste une source d'énergie relativement polluante par rapport aux énergies renouvelables. Cependant, voici quelques autres aspects technologiques et innovations qui pourraient compléter cette liste :

Centrales au lignite avec Gazéification du charbon

Principe : Convertissent le lignite en gaz de synthèse (syngas) par un processus de chauffage en l'absence d'oxygène.

Avantage : Permettent une combustion plus propre et une conversion en électricité ou en produits chimiques.

⁹ L'oxy-combustion est un procédé de combustion dans lequel un combustible est brûlé avec de l'oxygène pur ou enrichi en oxygène, plutôt qu'avec l'air ambiant. En voici quelques points clé :

1. **Réduction des Émissions** : Cette méthode permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO₂), en produisant un flux de gaz d'échappement concentré en CO₂ et en vapeur d'eau.
2. **Captage et Stockage** : Le flux de gaz concentré en CO₂ est plus facile à capturer et à stocker, ce qui aide à limiter la quantité de CO₂ rejetée dans l'atmosphère.
3. **Application Industrielle** : L'oxy-combustion est utilisée dans diverses industries, notamment les centrales électriques, les incinérateurs de déchets et les cimenteries, pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions polluantes.

Centrales au lignite avec Co-combustion avec des biomasses

Principe : Brûlent du lignite mélangé à des biomasses (comme les déchets agricoles) pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Avantage : Améliorent l'efficacité énergétique et réduit l'impact environnemental.

Centrales au lignite avec Technologie de supercritique et ultra-supercritique¹⁰

Principe : Utiliser des conditions de température et de pression extrêmement élevées pour augmenter l'efficacité des centrales électriques.

Avantage : Améliore l'efficacité énergétique et réduit les émissions de CO₂. La figure ci-dessous montre l'image d'une centrale au charbon supercritique propre nouvelles générations.



Technologies de réduction des émissions de NOx et de SOx

Principe : Utilise des systèmes de désulfuration des gaz de combustion (FGD) et des systèmes de réduction catalytique sélective (SCR) pour réduire les émissions de dioxyde de soufre (SOx) et d'oxyde d'azote (NOx).

Avantage : Réduit les émissions de polluants atmosphériques.

¹⁰ Centrale a charbon de Wakamatsu au japon - Recherche Images

Combustion à oxygène pur (Oxy-fuel combustion)

Principe : Utilise de l'oxygène pur pour la combustion, réduisant ainsi les émissions de CO₂ et améliorant l'efficacité de capture du carbone.

Avantage : Réduit les émissions de gaz à effet de serre et permet une capture plus efficace du CO₂.

En combinant ces technologies, il est possible d'améliorer l'efficacité et de réduire l'impact environnemental de la combustion du lignite de mauvaise qualité.

Gazéification intégrée à cycle combiné, aussi appelée Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)

La technologie de gazéification intégrée à cycle combiné (IGCC), est un processus innovant utilisé pour produire de l'électricité en transformant des combustibles carbonés solides, tels que le charbon, en gaz de synthèse (syngas).

Quelques exemples de centrales à lit fluidisé et pressurisé (PFBC) :

1. **Centrale de Wakamatsu** : Située au Japon, cette centrale est l'une des premières à utiliser la technologie PFBC. Elle a été développée pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de polluants.
2. **Centrale Pyroflow** : Cette centrale utilise la technologie PFBC pour brûler des combustibles solides avec une haute efficacité énergétique. Elle est conçue pour produire de l'électricité tout en minimisant l'impact environnemental.
3. **Centrale ABB Carbon** : Cette installation est située en Caroline du

Nord et utilise la technologie PFBC pour la combustion de charbon et de biomasse. Elle est conçue pour être plus efficace et plus respectueuse de l'environnement que les centrales traditionnelles.

Ces centrales sont des exemples de l'application de la technologie PFBC pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le lignite haïtien

Histoire de la recherche sur le charbon en Haïti

Le lignite est la forme de charbon minéral retrouvée en Haïti. La présence de lignite a été signalée depuis le début des années 1900. Les rapports de Tippenhauer en 1901, W. Woodring (1924), Jacques Butterlin (1960) et L. Duplan (1978) ne sont que quelques-uns qui décrivent la présence de lignite en Haïti. À ce moment-là, aucun programme de forage n'a été mis en œuvre. Trois zones principales sont à retenir : Maïssade et de Savanne Haleine dans le Plateau central, Camp Perrin dans le département du Sud à environ 20 km des Cayes et Lazile dans le département des Nippes, également à environ 20 km d'Aquin.

Le Plateau-Central

Le synclinal, formé par les Montagnes du Nord au nord et la Montagne Noire au sud de Thomonde, contient deux dépôts de lignite : Maïssade/5e et Savane Haleine. Le site de Maïssade/5e a été prospecté avec l'assistance technique Française (1976) et Allemande (1982), dans les deux cas avec des programmes de forage. La zone de Savane Haleine a été l'objet d'une prospection limitée par le BME (1983-1984) avec des résultats moins importants. Seuls des puits à bras d'homme et des tranchées ont été réalisés.

Aucun forage n'a été réalisé à Savane Haleine. Par ailleurs, la géologie de Maïssade/5e rend les couches de lignite plus propices à l'exploration et à l'exploitation minière en raison du faible pendage de 2° à 5° sud-est. A Savane Haleine, le pendage des couches dépasse aisément les 20° sud-est.

La Presqu'île du Sud

Le site de Camp-Perrin est moins connu et signalé comme étant dans une géologie structurale complexe avec un potentiel limité de 117 milliers de tonnes. Dans la région de Lazile, seuls quelques affleurements ont été signalés et, à ce jour, aucun programme de recherche systématique n'a été mis en œuvre.

Gisement de Maïssade

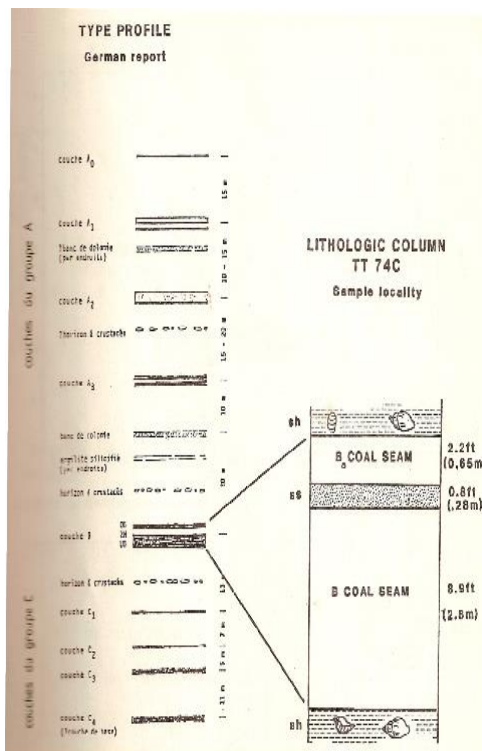
Le gisement de Maïssade est situé à environ 12 km au nord-ouest de la ville de Maïssade – dans la localité dénommée CINQUIEME - dans le Plateau-Central dont Hinche est la ville principale. Le dépôt est également situé à environ 70 km de la ville des Gonaïves, le principal port maritime de la région.

Travaux antérieurs à Maïssade

En 1976, Maïssade/5e est exploré par la société française SOFRELEC-SOFREMINES. De 1980 à 1982, une nouvelle étude a été réalisée par le Bureau des Mines et de l'Énergie avec l'assistance technique de l'Institut géologique allemand Bundesanstalt für geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Un programme de forage limité de 39 forages a été mis en œuvre avec des puits atteignant une profondeur moyenne de 35 mètres pour un total de 1,009 mètres. Au total, 828 mètres de carottes ont été récupérés soit un taux de récupération d'environ 82%.

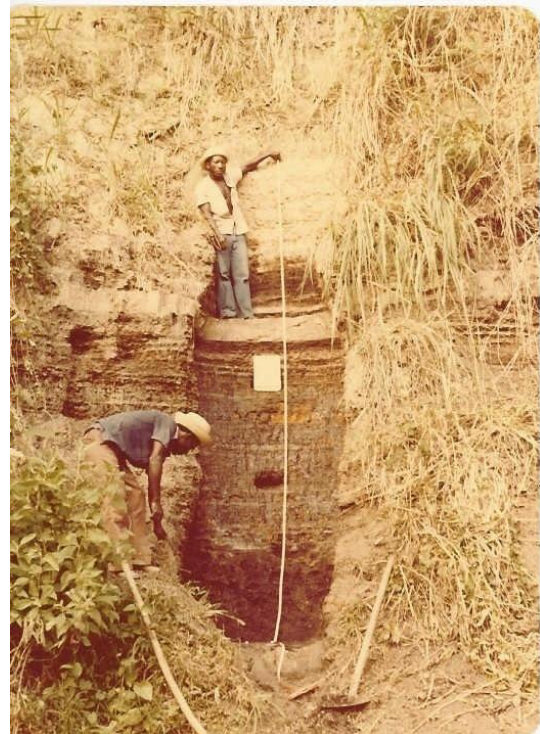
Profil type du gisement de Maïssade

En général, trois principales couches (A, B et C) de lignite sont présentes dans la zone de Maïssade/5^{ème}. La couche A est généralement érodée ou altérée. La couche B est peu profonde (environ 35 mètres) et relativement bien conservée. Son épaisseur varie de 2 à 3,5 mètres avec une moyenne de 2,5 mètres. La couche C se trouve à une profondeur de 60 à 100 mètres et mesure plus de 4 mètres. Son épaisseur semble augmenter avec la profondeur (*Voir ci-dessous la représentation schématique des couches de charbon de Maïssade/5^e*).



On note les diverses couches de fossiles de mollusques y compris des gastéropodes qui s'intercalent entre les trois (3) couches de lignite.

La photo ci-dessous montre l'ouvrier debout sur l'intercalaire entre la couche A et la couche B dans un affleurement.



Deux autres petits gisements à l'Ouest et à l'Est du principal gisement ont été identifiés. Il a été recommandé deux forages de 100 mètres de profondeur pour les relier au gisement principal.

La zone de Savane-Haleine présente également une séquence de trois couches de lignite avec des coquilles fossilifères associées. Mais les corrélations entre les deux sites sont incertaines. D'autres travaux sont nécessaires pour délimiter les limites de chaque gisement de lignite et, par conséquent, pour évaluer convenablement le potentiel de ressources de l'ensemble du bassin sédimentaire du Plateau Central. La découverte de grandes ressources de lignite fournirait au pays une source d'énergie domestique à faible coût qui constituerait un facteur majeur du développement industriel futur ainsi qu'un substitut à court terme au pétrole importé.

Analyse du lignite de Maïssade

Une analyse détaillée du lignite de Maïssade a été réalisée par l'Université du Dakota du Nord, en 1984, dans le cadre d'une étude de production de briquette à l'usage domestique.

Les analyses suivantes ont été réalisées :

1. Analyse proximale sur le brut
2. Analyse ultime toujours sur le brut
3. Analyse inorganique par fluorescence X (En pourcentage d'oxyde de la teneur en cendre totale)
4. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X, (Après l'incinération ASTM à 750°C)
5. Calcul des pouvoirs calorifiques

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses réalisées à l'Université du Dakota du Nord.

Analyse proximale % en Poids sur brut		Analyse ultime % en Poids sur brut	
Teneur en eau	28,8	Hydrogène	5,4
Teneur en matières volatiles	27,9	Carbone	28,9
Teneur en carbone fixe	18,6	Azote	0,6
Teneur en cendre	24,6	Soufre	4,8
		Oxygène	6,8
		Teneur en cendre	24,6
Formes de sulfures, % en poids, sur brut (2			

échantillons)			
Sulfures totaux	5,40-7,19	Analyse inorganique par fluorescence X	
Sulfates	0,47-0,63	(En pourcentage d'oxyde de la teneur en cendre totale)	
Pyrites	0,49-0,65	Silicium en tant que SiO₂	36,1
Sulfures organiques	4,44-5,91	Aluminium en tant que Al₂O₃	17,0
		Fer en tant que Fe₂O₃	10,8
		Titane TiO₂	0,8
		Pouvoir calorifique BTU/Lb	
Sur brut	5.207 ou 2895 Kcal/Kg	Phosphore en tant que P₂O₅	0,6
Sur sec	7.309 ou 4063 Kcal/Kg	Calcium en tant que CaO	13,6
		Magnésium en tant que MgO	3,2
		Sodium en tant que Na₂O	0,5
		Potassium en tant que K₂O	1,6
		Soufre (non-organique) en tant que SO₃	15,8

Utilisation du lignite haïtien

Le lignite de Camp-Perrin n'est pas encore étudié de manière approfondie en comparaison à celui de Maïssade. Un petit gisement de 117 000 tonnes a été mis en évidence dans un contexte géologique réputé complexe et bouleversé par la présence de la grande faille Pétion-ville-Tiburon et ses failles secondaires. Il peut être utilisé pour la production de briquette.

À Lazile, seuls quelques affleurements sont connus. Mais les analyses réalisées sur les échantillons indiquent des qualités qui sont beaucoup plus propices pour la production de briquette que le lignite de Maïssade ou de Camp Perrin.

À Maïssade/5^{ème}, un gisement de 8.7 millions de tonnes a été évalué avec une teneur moyenne de 2050kcal/kg sur une superficie de 2.2 km² à une profondeur moyenne de 35 mètres. C'est un gisement à haute teneur en cendre et en soufre et donc de qualité moyenne à mauvaise. Toutefois, il peut être utilisé pour la production de l'électricité, la fabrication de briquettes ou comme combustible et composante à la fois dans la fabrication du ciment compte tenu de sa haute teneur en cendre.

Production de l'Électricité

Une centrale thermique à lits fluidisés de 40 mégawatts sur une période de 17 ans a été étudiée par la coopération Allemande en 1980. La centrale était rentable aux coûts de l'époque et devait coûter autour de 60 millions de dollars. Les coûts d'investissement se trouvaient aggravés par la construction de trois ponts : **Hinquitte**, près de Hinche, **Rio frio** près de Maïssade et **Fond Bleu** entre Maïssade et le Gisement reliant le site aux réseaux de l'EDH.

Par ailleurs, après 17 ans d'existence, la centrale serait encore en excellent état de marche. La durée de vie d'une centrale à charbon dépasse les 30 ans. Il a été envisagé de faire un blending avec du charbon de meilleure qualité (anthracite) importé de la Colombie pour augmenter la durée de vie et l'efficacité de la Centrale.

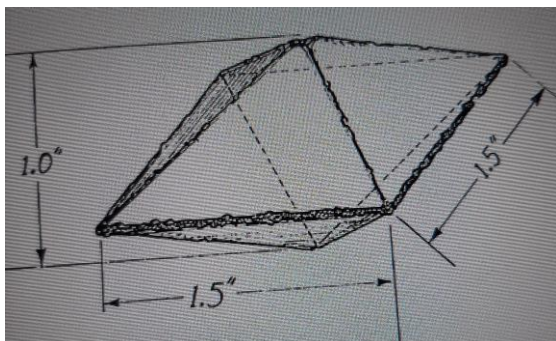
Fabrication de briquettes

À partir du lignite de Maïssade, une centrale de production de briquettes à usage domestique a été étudiée à l'Université du Dakota du Nord en 1985. Voici ci-dessous un extrait des principales conclusions de l'étude.

Il est possible de produire des briquettes durables pour la cuisson à partir du lignite de Maïssade, en utilisant un liant mélasse-calcaire. Bien que le niveau élevé des cendres diminue la valeur calorifique des briquettes, cela peut être compensé par l'ajout de bagasse déchiquetée, qui améliore également l'inflammabilité. Une formulation presque optimale, déterminée selon les travaux de laboratoire serait la suivante :

Environ 60 à 65 % de lignite de Maïssade, pyrolysé à environ 760 °C (1 400 °F),
15 % de bagasse,
6 % de mélasse,
3 % de Ca (OH) ₂ ,
0,2 % de borax et le reste de l'eau.

Les briquettes doivent être formées à une pression de 7 tonnes par pouce carré (environ 1 000 kg/cm), avec un alimentateur à vis pour pré-comprimer l'alimentation entre les rouleaux d'une machine à briquettes à double rouleau. *Le schéma ci-dessous montre les dimensions de la briquette étudiée.*



On a développé deux designs, pour des capacités de 10 000 et 50 000 tonnes métriques par an, pour établir l'économie d'échelle.

Pour une capacité de 10 000 tonnes métriques/an (TM/an), le coût d'investissement d'une usine de briquettes complète est estimé entre 2 000 000 et 3 800 000 \$ (US), en fonction des variations dans le choix de l'équipement et des hypothèses relatives aux coûts d'installation. Pour une capacité de 50 000 TM/an, soit approximativement le marché potentiel total de Port-au-Prince¹¹, le coût d'investissement est estimé entre 4 200 000 et 7 000 000 \$ (US). Ces chiffres supposent que le charbon est livré depuis la mine et que les briquettes sont stockées en tas, prêtes à être emballées manuellement.

En utilisant la formulation presque optimale ci-dessus, les briquettes produites auront une valeur calorifique d'environ 4 230 cal/g (7 600 Btu/Lb), contre 6 100 cal/g (11 000 Btu/Lb) pour les briquettes de barbecue américaines typiques fabriquées à partir de lignite du Dakota du Nord.

La teneur élevée en soufre du lignite de Maïssade ne pose pas de problème, car la majeure partie de ce soufre est organique et est éliminée lors de la pyrolyse. Le reste est étroitement lié sous forme de sulfate de

calcium CaSO_4 par la teneur inhabituellement élevée en calcium de ce lignite, de sorte qu'aucune mauvaise odeur ou polluant significatif n'est dégagé lors de la combustion. La température de pyrolyse de 750 °C (1 380 °F) est nécessaire pour éliminer les goudrons volatils nocifs ainsi que le soufre organique.

Production de ciment

Le lignite peut être utilisé comme combustible et composantes directes dans la production du ciment. Lorsque le lignite riche en soufre brûle dans un environnement contenant des cendres calcaires, le dioxyde de soufre (SO_2) se combine avec l'oxygène (O_2) et les oxydes de calcium (CaO) présents dans les cendres. La réaction chimique produit du gypse, qui est un additif important dans la production de ciment pour réguler le temps de prise.

Le processus de production du ciment à partir du lignite¹², peut se décrire en plusieurs étapes clés :

1. **Broyage et séchage** : Après extraction, le lignite est broyé en une fine poudre et séché pour enlever l'humidité.
2. **Combustion dans le four** : Le lignite est brûlé dans un four rotatif ou une chaudière à haute température¹³. La chaleur générée est utilisée pour chauffer les matières premières du ciment, comme le calcaire et l'argile, à une température d'environ 1450°C.
3. **Formation du clinker** : La chaleur intense provoque une réaction chimique entre les composés du

¹² <https://stroycomfort1.com/fr/cement-production-technology-manufacturing-process/?form=MG0AV3>

¹³ Fabrication du ciment Portland - Les 12 étapes de production du ciment en cimenterie

¹¹ En 1985

calcaire et de l'argile, formant des granules appelés clinker.

4. **Refroidissement et stockage du clinker** : Les granules de clinker, qui sont incandescents à l'origine, sont rapidement refroidis et stockés avant d'être broyés.
5. **Broyage du clinker** : Une fois refroidis, les granules de clinker sont broyés en une fine poudre pour former le ciment¹⁴. Du gypse et d'autres additifs peuvent être ajoutés pour réguler le temps de prise du ciment.
6. **Conditionnement et expédition** : Le ciment ainsi produit est stocké dans des silos avant d'être emballé et expédié vers les utilisateurs finaux.

Les gaz associés au gisement de lignite de Maïssade

Dans le forage pétrolier (noté Maïssade 1) situé au nord de la ville de Maïssade et à environ une douzaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'est du gisement de Maïssade, des traces de gaz (CH₄) ont été observées sur environ 200 mètres de profondeur entre les différentes strates de lignite repérées tout le long du log de ce forage. Il est donc possible d'associer l'exploitation de ce gaz à celle du lignite. Cet aspect, n'a pas laissé indifférente une compagnie étrangère qui était sur le point de déposer une demande de permis pour des recherches appropriées lorsque le Parlement a mis fin aux travaux de recherches minières en 2013.

Conclusion

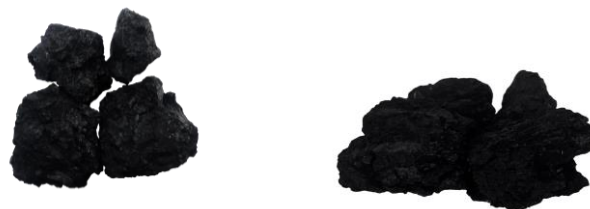
Il existe en Haïti un gisement de lignite assez bien connu et capable de contribuer à

¹⁴ Fabrication du ciment. Processus de fabrication du ciment illustré étape par étape

diversifier la matrice énergétique du pays. Mais, les réserves totales de lignite du pays restent encore à déterminer par des travaux de recherches d'envergure pour relier les différents sites lignitifères du Plateau-Central d'une part, et prospector d'autre part les sites de la Péninsule du Sud.

Malgré les qualités moyennes du lignite haïtien, il peut être de diverses utilisations en prenant en compte les multiples technologies déjà développées et éprouvées sur le marché. La production de ciment par exemple à partir du lignite de Maïssade, entre autres, paraît être d'une importance non négligeable compte tenu ses caractéristiques et de la demande en ciment du marché haïtien.

La production des briquettes peut aussi être de grande utilité pour diminuer la pression sur nos ressources ligneuses mais la production d'électricité demeure le principal objectif.



Lignite de Maïssade (photos BME)

Bibliographie

- 1 US Geological Survey, Jane Weaver. Haiti Coal Briquetting Feasibility Study, Inventory of Resource Data and Collection of Sample, 1985
- 2 Bundesanstalt Für Geovissenschaften und Rohstoffe. Recherche sur le Gisement de Maïssade II, Partie A Rapport Géologique, 1982
- 3 Bundesanstalt Für Geovissenschaften und Rohstoffe.

- Recherche sur le Gisement de
Maïssade II, Partie B Etude de
Pré faisabilité, 1982
- 4 University of North Dakota,
Energy Research Center and
Mineral Resources Consultants\,
Inc. Proposal for a Feasibility
study for the Development of the
Maïssade Lignite.
- 5 University of North Dakota,
Energy Research Center,
Production of Cooking Briquettes
from Maïssade lignite, Feasibility
study and Preliminary Plant
Design, March 1986
- 6 Ministère des Mines et des
ressources Énergétiques :
Programme National
d'Exploration et de Prospection
des Lignites d'Haïti- Rapport
Géologique Préliminaire – Savane
Haleine, décembre 1983.
- 7 Mineral Resources Consultants
Inc. Proposal for the
Reconnaissance Exploration for
Coal deposit in the Central
Plateau

Les précédents numéros de GÉOMINERGIE

sont disponibles sur :

<https://bme.gouv.ht/index.php?p=revue>