

TABLE DES MATIERES :

LEXIQUE	8
LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES TABLEAUX	10
 INTRODUCTION GENERALE	 14
 CHAPITRE I : GENERALITES	
I-1. Introduction	17
I-2. Synthèse bibliographique	18
I-2-1. Origine du charbon de terre	18
I-2-2. Différents types des charbons de terre	19
I-2-3. Composition du charbon de terre	19
I-2-4. Constituants minéralogiques	21
I-2-5. Caractéristiques du charbon de terre	22
I-2-6. Classification du charbon de terre	23
I-2-7. Composés toxiques émis du charbon de terre	24
I-2-8. Intérêts du charbon de terre	25
I-2-9. Production mondiale de charbon de terre	27
 CHAPITRE II : METHODOLOGIE	
II-1. Cadre de l'étude	29
II-2. Les différentes méthodes d'Analyse	31
II-2-1. Analyse d'approximation	33
II-2-1-1. Détermination de l'humidité totale	33
II-2-1-2. Détermination de la teneur en cendre	36
II-2-1-3. Détermination de la teneur en matière volatile	38
II-2-1-4. Méthode pour la détermination du carbone	40
II-2-2. Analyse ultime	
Détermination du taux du soufre total	40
II-2-3. Détermination de la propriété thermique	
Détermination de la valeur calorifique	42
II-2-4. Technique de lavage par flottation du charbon	43

CHAPITRE III : RESULTATS EXPERIMENTAUX ET INTERPRETATIONS

III-1. Résultats expérimentaux suivant le site de prélèvement	47
III-1-1 Résultats d'analyse d'approximation	48
III-1-2. Résultats expérimentaux de l'analyse ultime	66
III-1-3. Résultats expérimentaux sur la propriété thermique	77
III-2. Tableaux récapitulatifs des résultats	89
III-3. Interprétations	93
III-3-1. Pour l'analyse d'approximation	93
III-3-2. Pour l'analyse ultime : La teneur en soufre.	96
III-3-3. Pour la propriété thermique : La valeur calorifique.	96

CHAPITRE IV : MISE EN PLACE D'UNE METHODE PERMETTANT D'AMELIORER LA QUALITE DU CHARBON

IV-1. Technique de lavage par flottation	99
IV-2. Résultats expérimentaux sur le lavage du charbon	100
IV-3. Discussions	122

CHAPITRE V : INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DE LAVAGE SUR LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

V-1. Etude comparative des résultats pour un contrôle qualité	124
V-2. Discussions	126

CONCLUSION GENERALE

128

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

130

ANNEXES

133



LEXIQUE :

Coal : Charbon.

Raw coal : Charbon brut.

Seam : Couche de houille.

Jaw Crasher : Appareil pour réduire la taille d'un échantillon à 4,75mm et 2,36mm.

Riffle divider : Appareil pour séparer l'échantillon en 2 lots.

ADL : Humidité à la surface.

ADL' : Humidité libre.

Bitume (*n. m.*) du latin bitumen *en anglais bitumen* : Les chimistes regroupent sous ce terme les produits naturels dérivés de la matière organique hydrocarbonés.

Bitumineux, bitumineuse (*adj.*), *en anglais bituminous* : Qui contient du bitume

tep : tonne équivalent pétrole

Mtep : 1 000 000 tep

Mt : 1 000 000 tonnes

MV : Matière Volatile

Ppm : partie par million

MWh : Mega Wattheure

UTM : Universal Transverse Mercator (Transverse Universelle de Mercator)

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : photo du charbon de terre	17
Figure 2 : Composition du charbon	20
Figure 3: Photo de la calcite CaCO_3	22
Figure 4 : Photo de la pyrite Fe S_2	22
Figure 5 : production par continent	27
Figure 6 : production mondiale	27
Figure 7 : Carte de localisation du gisement de Sakoa	29
Figure 8 : Carte du bassin de Sakoa	30
Figure 9 : Etape d'analyses du charbon	31
Figure 10 : Processus d'analyse du charbon de terre	32
Figure 11: Photo de l'analyseur thermogravimétrique TGA 701t	37
Figure 12: Photo du four à moufle	37
Figure 13 : Photo d'un analyseur de soufre S-144DR	41
Figure14 : coupe d'une bombe calorimètre	42
Figure 15a: Principe d'élimination des impuretés du charbon	43
Figure 15b: Principe du lavage du charbon	44
Figure 16 : Photo des matériels pour le lavage du charbon	45
Figure 17 : Les différents seam et ses sous-divisions	47
Figure 18 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Sahavazy	49
Figure 19 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Andemby	50
Figure 20 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Mavonono	51
Figure 21 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Bevalaha	53
Figure 22 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy1	54
Figure 23 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy2	56
Figure 24 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy3	57
Figure 25 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy4	59
Figure 26 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy5	60
Figure 27 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy6	61
Figure 28 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy7	62
Figure 29 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy8	64
Figure 30 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy9	66
Figure 31 : Corrélation entre Calorific value (valeur calorifique) et Ash (cendre)	88
Figure 32 : Corrélation entre GCV (valeur calorifique), Yield (rendement), densité relative de Bevalaha /5A	120
Figure 33 : Corrélation entre cendre, rendement, densité relative de Bevalaha /5A	121

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Composés minéraux du charbon de terre	21
Tableau 2 : Classification du charbon	23
Tableau 3: Matériels et méthodes de détermination de l'humidité	33
Tableau 4 : Méthodes et matériels de détermination de l'humidité libre	34
Tableau 5 : Méthodes et matériels de détermination de la cendre	36
Tableau 6 : Matériels et méthodes pour la détermination des M.V.	38
Tableau 7 : Réactifs pour le lavage.	43
Tableau 8 : Résultats d'analyse d'approximation de Sahavazy	48
Tableau 9 : Résultats d'analyse d'approximation d'Andemby	49
Tableau 10 : Résultats d'analyse d'approximation de Mavonono	50
Tableau 11 : Résultats d'analyse d'approximation de Bevalaha	52
Tableau12 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy1	53
Tableau 13 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy2	55
Tableau 14 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy3	56
Tableau 15a : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy4	58
Tableau 15b : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy5	59
Tableau 16 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy6	61
Tableau 17 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy7	62
Tableau 18 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy 8	63
Tableau 19 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy9	64
Tableau 20 : Résultats d'analyse ultime de Sahavazy	66
Tableau 21 : Résultats d'analyse ultime d'Andemby	67
Tableau 22 : Résultats d'analyse ultime de Mavonono	68
Tableau 23 : Résultats d'analyse ultime de Bevalahy	69
Tableau 24 : Résultats d'analyse ultime de Beroy1	70
Tableau 25 : Résultats d'analyse ultime de Beroy2	70
Tableau 26 : Résultats d'analyse ultime de Beroy3	71
Tableau 27 : Résultats d'analyse ultime de Beroy4	72
Tableau 28 : Résultats d'analyse ultime de Beroy5	73
Tableau 29 : Résultats d'analyse ultime de Beroy8	74
Tableau 30 : Résultats d'analyse ultime de Beroy7	74
Tableau 31 : Résultats d'analyse ultime de Beroy8	75
Tableau 32 : Résultats d'analyse ultime de Beroy9	76
Tableau 33 : Résultats sur la propriété thermique de Sahavazy	77

Tableau 34 : Résultats sur la propriété thermique d' Andemby	78
Tableau 35 : Résultats sur la propriété thermique de Mavonono	78
Tableau 36 : Résultats sur la propriété thermique de Bevalaha	79
Tableau 37 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy1	80
Tableau 38 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy2	81
Tableau 39 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy3	82
Tableau 40 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy4	82
Tableau 41 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy5	83
Tableau 42 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy6	85
Tableau 43 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy7	85
Tableau 44 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy8	86
Tableau 45 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy9	87
Tableau 46 : Récapitulatif des résultats de Sahavazy	89
Tableau 47 : Récapitulatif des résultats d' Andemby	90
Tableau 48 : Récapitulatif des résultats de Mavonono	90
Tableau 49 : Récapitulatif des résultats de Bevalaha	91
Tableau 50 : Récapitulatif des résultats de Beroy	92
Tableau 51 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5F	100
Tableau 52 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5E	100
Tableau 53 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5D	101
Tableau 54 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5C	102
Tableau 55 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5B	102
Tableau 56 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5A	103
Tableau 57 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4C	103
Tableau 58 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4B	104
Tableau 59 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4A	104
Tableau 60a : Résultats des fractions pour Andemby/6A	105
Tableau 60b : Résultats des fractions pour Andemby/5BD	105
Tableau 61 : Résultats des fractions pour Andemby/5BC	106
Tableau 62 : Résultats des fractions pour Andemby/5BB	107
Tableau 63 : Résultats des fractions pour Andemby/5BA	107
Tableau 64 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BC	109
Tableau 65 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BB	109
Tableau 66 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BA	110
Tableau 67 : Résultats des fractions pour Mavonono /5AB	110

Tableau 68 : Résultats des fractions pour Mavonono /5AA	111
Tableau 69 : Résultats des fractions pour Mavonono /4BC	111
Tableau 70 : Résultats des fractions pour Mavonono /4BB	112
Tableau 71 : Résultats des fractions pour Mavonono /4BA	112
Tableau 72 : Résultats des fractions pour Mavonono /4AB	112
Tableau 73 : Résultats des fractions pour Mavonono /4AA	113
Tableau 74 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5A	113
Tableau 75 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5B	114
Tableau 76 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5C	114
Tableau 77 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5D	115
Tableau 78 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5E	115
Tableau 79 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5F	116
Tableau 80 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5G	116
Tableau 81 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5H	117
Tableau 82 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4AA	117
Tableau 83 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4AB	118
Tableau 84 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4BA	118
Tableau 85 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4BB	119
Tableau 86: Relation entre les paramètres physico-chimiques avant et après la technique de lavage du charbon de Sahavazy.	124
Tableau 87: Relation entre les paramètres physico-chimiques avant et après la technique de lavage du charbon de Bevalaha.	125
Tableau 88 : Norme pour les diverses applications du charbon de terre	126

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis des siècles, l'homme exploite le charbon, et les premières traces de son utilisation en tant que combustible remontent au XII^e siècle. Véritable moteur de la révolution industrielle, le charbon de terre a modifié le cours de l'histoire de la Grande Bretagne, puis du monde entier. Aux Etats unis, la première centrale électrique à charbon de terre, la centrale de Pearl Street, a été installée en bordure de l'East River, à New York, en septembre 1882. Peu de temps après, le charbon de terre alimente la majorité des centrales électriques de la planète.

En France, la première exploitation du charbon date du XI^e siècle, on la doit aux moines de Cendras, dans le Gard, qui utilisèrent "les pierres noires" qui brûlent pour satisfaire les besoins énergétiques de leur monastère [3].

En 1999, la production mondiale de charbon s'est élevée à 4345 Mt (2146 Mtep), dont 879 Mt de lignite, 520 Mt de charbon industriel et 2946 Mt de charbon vapeur.

En 2000, le charbon de terre est utilisé pour produire près de 40% de l'électricité mondiale.

Le charbon est l'énergie la plus utilisée dans le monde pour la production d'électricité. Le développement des technologies propres d'utilisation du charbon et l'importance des réserves déjà trouvées laissent prévoir que le charbon pourrait redevenir la première source d'énergie utilisée dans le monde à l'horizon 2020 [2].

L'industrie sidérurgique consomme des quantités importantes de combustibles solides. La production d'une tonne d'acier exige, en effet, environ 600 kg de charbon à coke. Le chauffage industriel ou domestique individuel constitue une des autres utilisations du charbon.

En 25 ans, la production mondiale de charbon a augmenté de 70 % pour la houille et de 8 % pour le lignite. Ces évolutions recouvrent des situations locales très différentes, résultant principalement de l'inégale répartition des ressources économiquement exploitables :

Certains pays ont fondé leur développement économique sur d'autres sources d'énergie (énergie nucléaire, gaz naturel, pétrole). C'est le cas, notamment, des pays de la Communauté Européenne dont les réserves, par ailleurs, représentent moins de 10 % des réserves mondiales.

D'autres bénéficient de ressources plus importantes dont ils ont accru l'exploitation pour assurer leur développement économique (Chine, Etats-Unis, etc.).

Certains pays mêmes sont très dépendants du charbon pour leur production d'électricité, tels

que : la Pologne et l'Afrique du Sud 90%, la Chine 80%, l'Inde 75%, les Etats-Unis 56% et le Japon 48%[7].

Pour Madagascar, le bassin de Sakoa a été découvert en 1908 par le Capitaine Colcanap [29,30], et quelques-uns des pionniers a initié les études étaient le père RAKOTOARIVELO ainsi que le Professeur RAFENOMANANTSOA Alphonse (*Professeur à la Faculté des Sciences*) sur la détermination de la structure du charbon de terre de Sakoa. Le bassin s'étend sur une superficie de 400 kilomètres carrés et tous les gisements de Sakoa contiendraient une potentialité de 3 milliards de tonnes de charbon de terre d'après des études réalisées en 1950 par un géologue français [5].

Depuis 2005, la société Pan African Mining SA et la société Madagascar Consolidated Mining SA ont commencé la phase de pré faisabilité dont le traitement de données à partir des forages et l'analyse en laboratoire des produits obtenus, et prévoit d'exporter environ 3 à 5 millions de tonnes de charbon de terre par an au début de ses exploitations tandis qu'une quantité de 10 millions de tonnes est prévue quand elle atteint la vitesse de croisière[5].

L'objectif principal de notre étude est le contrôle qualité du charbon de terre du bassin de Sakoa.

Ainsi plus spécifiquement nos objectifs de recherches consistent à faire une analyse d'approximation dont la détermination de la teneur en cendre, la teneur en humidité, la teneur en matière volatile ; faire une analyse ultime dont la détermination de la teneur en soufre ; déterminer la propriété thermique qui donne la valeur calorifique puis laver le charbon par une technique physico-chimique en le fractionnant suivant la densité relative.

En outre, ce travail est divisé en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, il s'agit de la généralité sur le charbon.

Le deuxième chapitre consiste à la méthodologie de recherche.

Le troisième chapitre, donne les résultats expérimentaux des analyses ainsi que les interprétations.

Le quatrième chapitre, montre la mise en place d'une méthode permettant l'amélioration de la qualité du charbon puis des discussions.

Enfin, dans le cinquième chapitre, il s'agit de comparer les influences de la technique de lavage sur les paramètres physico-chimiques suivi des discussions.

CHAPITRE I : **GENERALITES**

CHAPITRE I : GENERALITES

I-1. Introduction :

Il existe deux familles de charbon : le charbon "**de bois**" et le charbon "**de terre**". La figure n°1 montre la photo du charbon de terre.



Figure 1 : photo du charbon de terre

Le charbon majoritairement utilisé en Afrique est le charbon de bois. Le charbon "de bois" n'a rien d'une énergie fossile. C'est du bois transformé en charbon par un procédé thermo-chimique, appelé carbonisation, qui consiste à chauffer fortement le bois à l'abri de l'oxygène. L'intérêt de ce traitement est de concentrer l'énergie puisque le charbon résultant de l'opération est beaucoup plus léger et moins volumineux que le bois d'origine. Ce charbon est donc **renouvelable** et ne provient pas du sous-sol terrestre.

Le charbon dit "de terre" n'est rien d'autre que le charbon fossile. Il existe plusieurs sortes de charbons de terre, selon le degré de transformation atteint. On les distingue par leur composition, teneur en matières volatiles et leur pouvoir calorifique [1].

Le charbon de terre est une roche carbonée sédimentaire correspondant à une qualité spécifique de charbon, intermédiaire entre le lignite et l'antracite (soit 80 à 90 % de carbone). De couleur noirâtre, elle provient de la carbonisation d'organismes végétaux et peut donc servir de combustible fossile [6].

I-2. Synthèse bibliographique :

I-2-1. Origine du charbon de terre [2] :

Il y a plus de 300 millions d'années, le charbon de terre s'est formé à partir de l'accumulation de matière végétale de nature variable : fougères arborescentes de la forêt houillère, spores, mangroves, algues, déposée sur place (bassins autochtones) ou après transport (bassins allochtones). Ces bassins sont soit des zones marécageuses (tourbières actuelles), soit des lacs, soit des zones deltaïques, qui se sont enfoncés régulièrement, permettant à la forêt de continuer à prospérer sur de longues périodes.

Les sédiments ont été enfouis jusqu'à des profondeurs variables de quelques 100 mètres pour les lignites, jusqu'à plusieurs kilomètres pour les anthracites. Durant cet enfouissement le carbone organique s'est transformé en carbone minéral par action des micro-organismes (carbonatation), l'eau a été expulsée en forte proportion et la roche s'est indurée.

Les nombreux fossiles trouvés dans les gisements miniers et les schistes bordant les veines houillères permettent d'imaginer à cette époque une végétation forestière particulièrement florissante. Les végétaux, comme les fougères arborescentes, pouvaient atteindre 30 à 40 m de haut. Des mille-pattes de 50 cm de long et des libellules gigantesques peuplaient les arbustes. L'abondance de la végétation, des troncs d'arbres dépourvus de cernes et la taille géante de certains êtres vivants suggèrent un climat chaud et humide. Nos continents n'avaient alors pas la configuration qu'ils affichent aujourd'hui : l'Amérique du Nord ou l'Europe se situaient aux alentours de l'Equateur, les bassins houillers de ces continents se sont formés là au cours du temps.

I-2-2. Différents types charbons de terre [2]:

S'il existe une seule classe géologique de charbon de terre, on distingue plusieurs charbons de terre dont les utilisations diffèrent en fonction de leurs teneurs en carbone, en eau et en composés volatiles, les pouvoirs calorifiques.

Les principales catégories sont rangées ici dans un ordre d'évolution croissante :

-Tourbe : combustible médiocre, connu uniquement en dépôts actuels, principalement formée de mousses.

-Lignite : en gisements d'âge secondaire ou tertiaire, formé de débris ligneux (= de bois) bien reconnaissables.

-Charbon de terre ou houille : noir, mat ou brillant, tache les doigts, distillant à partir de 960° C :

*le charbon gras contient 20 à 33 % de matières volatiles ;

*le charbon demi-gras contient 12 à 20 % de matières volatiles ;

*le charbon maigre contient 8 à 12 % de matières volatiles ;

*la houille contient 5 % de matières volatiles. Elle est parfois nommée à tort *charbon bitumineux* pour sa richesse en goudrons, mais les goudrons ne sont pas des bitumes.

-Anthracite : 92 à 95 % de matières volatiles et de 0 à 8 % de matières volatiles, noir et brillant, ne tache pas les doigts.

-Graphite : stade ultime de l'évolution, il est dû au métamorphisme et est formé de carbone pur.

I-2-3. Composition du charbon de terre [7]:

Le charbon, au sens strict du terme charbon pur, est essentiellement composé de carbone et de matières volatiles. Quand il brûle, ce sont les matières volatiles dégagées qui s'enflamment. La masse solide incandescente est constituée par le carbone. Les impuretés (matières incombustibles) qu'il contient se retrouvent dans les cendres. Les éléments qui le constituent sont complexes. Mais quatre constituants sont usuellement retenus : l'humidité, les cendres, les matières volatiles et le carbone. Un cinquième élément est important : le soufre.

Pour l'illustration de ces constituants présents dans le charbon de terre, on a la figure n°2 suivant,

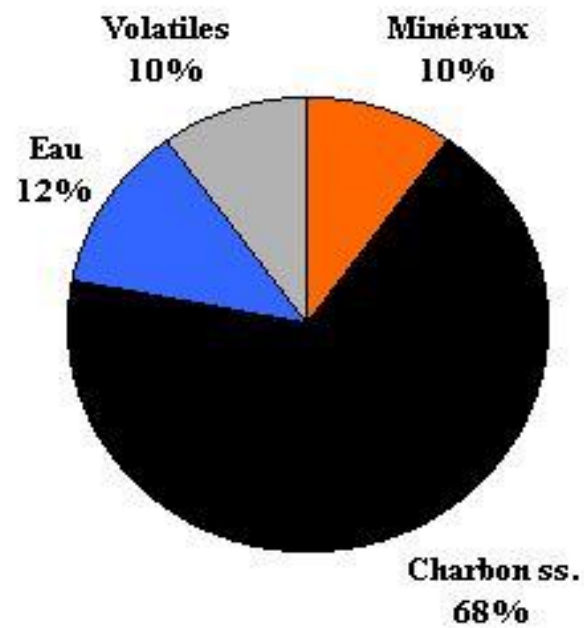


Figure 2 : Composition du charbon

I-2-4. Constituants minéralogiques :

Les principaux constituants minéralogiques du charbon de terre sont présentés dans le tableau n°1.

Tableau 1 : composés minéraux du charbon de terre [21]

Argile
Kaolinite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Illite
Montmorillonite
Chlorite
Silicate
Quartz SiO_2
Chalcedony SiO_2
Feldspar KAlSi_3O_8
Tourmaline $\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$
Sulfite
Pyrite FeS_2
Marcasite FeS_2
Sphalerite ZnS
Galena PbS
Carbonate
Calcite CaCO_3
Dolomite $(\text{CaMg})\text{CO}_3$
Siderite FeCO_3
Aragonite CaCO_3
Ankerite $(\text{FeMgCa})\text{CO}_3$
Dawsonite $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$
Strontianite SrCO_3
Sulfate
Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Barite BaSO_4
Anhydrite CaSO_4
Coquimbite $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Szomolnokite $\text{FeSO}_4\text{H}_2\text{O}$
Natrojarosite $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
Thenardite Na_2SO_4
Bassanite $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Autres
Apatite $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$
Goyazite $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$
Anatase TiO_2
Rutile TiO_2
Haematite Fe_2O_3
Goethite $\text{Fe}(\text{OH})_3$
Zircon ZrSiO_4

Les figures ci-après montrent l'aspect morphologique de la calcite et de la pyrite dans le charbon de terre.



Figure 3: Photo de la calcite CaCO_3



Figure 4 : Photo de la pyrite Fe S_2

I-2-5. Caractéristiques du charbon de terre [6]:

Selon sa provenance, dans une même veine ou mine de charbon, la houille peut avoir des qualités différentes qu'il est intéressant de connaître, ce qui peut maintenant être fait grâce à des analyseurs fonctionnant sur le flux continu du charbon extrait ou lavé.

Pour les besoins industriels et domestiques, un charbon se caractérise par :

- sa teneur en matières volatiles (MV) exprimée en pourcentage par rapport à la masse total. Celles-ci sont constituées sensiblement de méthane et d'hydrogène ; sous l'effet d'une élévation de température, les matières volatiles se dégagent du combustible, s'enflamment facilement, et accélèrent la combustion.
- son pouvoir calorifique (exprimé en Kcal/Kg), qui correspond à la quantité de chaleur fournie par la combustion d'un kg de charbon.
- sa teneur en eau exprimée en pourcentage.
- sa teneur en cendres exprimée en pourcentage. Les cendres sont les résidus solides de la combustion du charbon et peuvent contenir des polluants métalliques notamment de 20 à 120 ppm de métaux radioactifs (uranium, thorium, radium...), qui se concentrent dans les tas de cendres issus de la combustion du charbon. Ce qui contribue à la pollution de l'environnement.

- sa teneur en soufre exprimée en pourcentage ; la présence de dioxyde de soufre et de traces de mercure ou d'autres métaux dans les fumées de combustion contribue à la pollution de l'environnement.

I-2-6. Classification du charbon de terre :

Ainsi, à partir de la proportion de ces caractéristiques contenues dans le charbon de terre, on peut les classer en plusieurs catégories montré par le tableau n°2 :

Tableau 2 : Classification du charbon de terre [27]

Classe	Groupe	Teneur en carbone (%)		Matière volatile (%)		Valeur calorifique(kcal/kg)	
		>ou =	<	>	= ou <	= ou >	<
I. Anthracite	1. Meta-anthracite	98	-	-	2	-	-
	2. Anthracite	92	98	2	8	-	-
	3. Semi-anthracite	86	92	8	14	-	-
II. Bitumineux	1. Bas-volatile bitumineux	78	86	14	22		-
	2. Moyen-volatile bitumineux	69	78	22	31		
	3. Haute-volatile A bitumineux	-					
	4. Haute-volatile B bitumineux	-	69	31	-	7.778	
	5. Haute-volatile C bitumineux	-	-	-	-		
			-	-	-	7.222	7.778
						6.389	7.222
						5.833	6.389
III. Semi-bitumineux	1. Semi-bituminous A	-	-	-	-	5.833	6.389
	2. Semi-bituminous B	-	-	-	-	5.278	5.833
	3. Semi-bituminous C	-	-	-	-	4.611	5.278
IV. Lignite	1. Lignite A	-	-	-	-	3.500	4.611
	2. Lignite B	-	-	-	-	-	3.500

I-2-7. Composés toxiques émis du charbon de terre [2] :

Les polluants émis lors de l'utilisation du charbon sont en effet :

- le dioxyde de carbone, formé lors des réactions de combustion.
- les poussières et particules solides, provenant de toute chaudière ou foyer brûlant des combustibles fossiles.
- le dioxyde de soufre, car les combustibles fossiles, comme le pétrole ou le charbon, comprennent des composés soufrés provenant de la décomposition des acides aminés contenus dans les fossiles.
- les oxydes d'azote, formés par le diazote de l'air lors de la combustion des combustibles fossiles.
- dans certains combustibles, des traces d'éléments tels que le plomb, le cadmium ou l'arsenic.

Des dispositifs ont été développés pour capter les impuretés et les cendres volantes émises par la combustion du charbon et du lignite et par les installations de gazéification du charbon. Ces cendres, une fois recueillies, peuvent être valorisées.

On peut réduire les émissions d'oxydes d'azote en abaissant la température de combustion, notamment en injectant de la vapeur d'eau dans la chaudière.

L'élimination du dioxyde de soufre peut être obtenue par le lavage du charbon, par traitement durant la combustion ou par la désulfuration des fumées.

Un procédé de lavage du charbon élimine partiellement le soufre avant combustion : après pulvérisation du charbon, on en élimine les particules les plus denses. On ne peut toutefois ôter que 5 à 30 % du soufre : le soufre restant fait en effet partie de la structure du charbon et ne peut être éliminé par de seuls procédés physiques tels le lavage.

On peut réduire les émissions de dioxyde de soufre en mélangeant du calcaire au charbon dans la chaudière : les procédés de désulfuration des fumées sont utilisés dans des centrales à combustibles pulvérisés.

I-2-8. Intérêts du charbon de terre [3] :

Le charbon, transformé en coke, est à la base de la production de l'acier. Mélangé avec du minerai de fer, il est préchauffé par des gaz chauds avant d'être introduit dans les hauts fourneaux. On obtient ainsi de la fonte, transformée en acier par la suite. La sidérurgie est ainsi un secteur industriel fortement consommateur de charbon. Compte tenu du prix élevé du coke, des améliorations ont été apportées pour en réduire la consommation : aujourd'hui, le minerai de fer est mélangé à du charbon pendant l'étape de préparation, et du charbon pulvérisé est injecté directement dans le haut fourneau.

-La cokéfaction

Il s'agit des seuls locaux propres à l'activité sidérurgique.

Le coke est un produit obtenu à partir d'un traitement thermique du charbon par carbonisation. Ce traitement s'effectue à l'abri de l'air dans des fours dits "à coke". Les matières volatiles du charbon sont éliminées, et cette dé-volatilisation du charbon laisse un produit solide, fissuré et mécaniquement résistant : le coke. Il est constitué uniquement de carbone et de matières minérales calcinées.

La cokéfaction libère trois types de produits :

- les cokes, parmi lesquels on distingue le coke métallurgique utilisé dans les hauts fourneaux, le coke de fonderie utilisé dans les ateliers spécialisés, les petits cokes utilisés dans l'électrometallurgie, l'industrie et les foyers domestiques, le poussier de coke réincorporé à la pâte à coke ou utilisé à l'agglomération du minerai de fer,
- des goudrons, des benzoles et de l'ammoniaque,
- du gaz combustible.

-Du coke à la fonte

Le coke, mélangé au minerai de fer, est utilisé dans les hauts fourneaux pour réaliser les réactions de réduction des oxydes de fer qui aboutissent à la formation de fonte. Les réactions fondamentales sont les suivantes :

La réaction de Boudouard :



Cette réaction s'effectue dans le sens de la production de monoxyde de carbone dans les parties chaudes du haut fourneau.

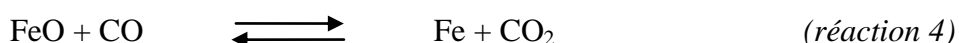
La réduction de l'oxyde déshydraté :



L'oxyde de carbone réduit ensuite la magnétite Fe_3O_4 :



L'oxyde de fer est enfin réduit à l'état de fer :



La fonte obtenue est un alliage fer-carbone (environ 3,5 %), qui contient d'autres éléments tels le manganèse, le silicium, le soufre ou le phosphore.

-Le chauffage

Le charbon est utilisé dans des chaufferies industrielles, dans des réseaux de chaleur alimentant des chauffages collectifs et pour le chauffage individuel. L'anthracite est surtout utilisée pour le chauffage domestique individuel, alors que les flambants sont utilisés dans les chaudières industrielles.

On distingue trois catégories de foyers (à grille, à charbon pulvérisé, fluidisés) au sein desquels s'opère le contact entre les combustibles solides et l'air de combustion.

Les plus performants sont actuellement les foyers fluidisés, notamment le lit fluidisé circulant, intéressant pour des installations de centrale électrique avec une puissance supérieure à 100 MWh.

La sidérurgie est la principale industrie consommatrice de combustibles solides.

I-2-9. Production mondiale de charbon de terre [7] :

L'évolution de la production mondiale de charbon de terre entre 1980 à 2000 est représentée par les figures n°5 et n°6.

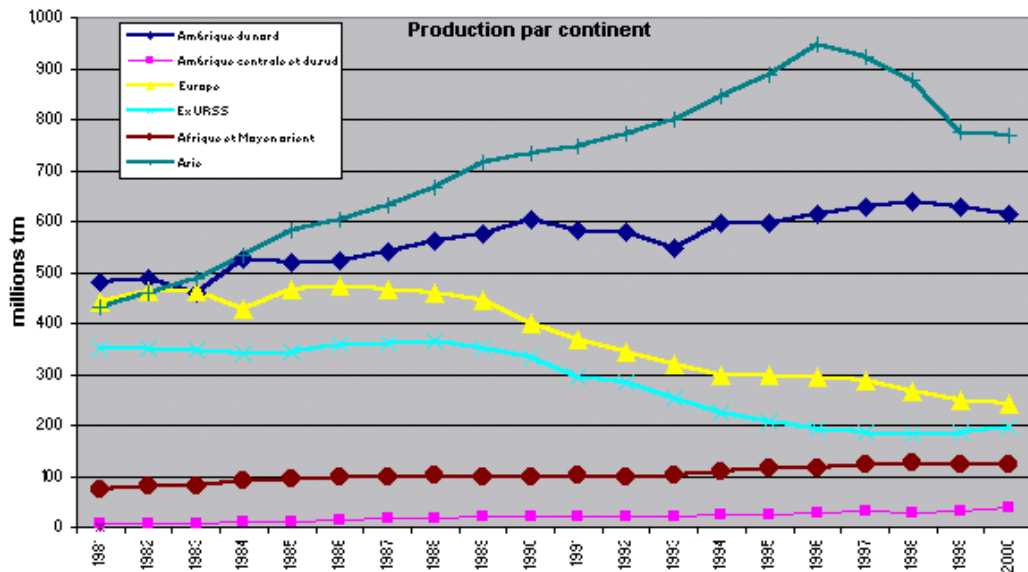


Figure 5 : production par continent

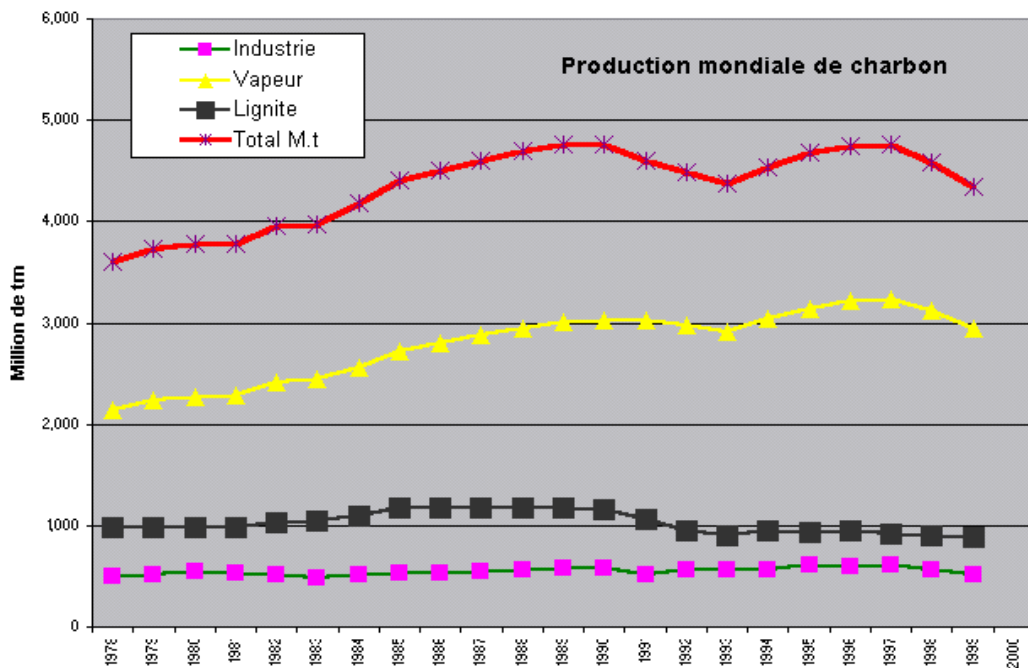


Figure 6 : production mondiale

Dans ce chapitre, la synthèse bibliographique sur le charbon de terre a été donnée, maintenant passons au chapitre 2 sur la méthodologie de recherche que nous allons adoptés pour les analyses.

CHAPITRE II : **METHODOLOGIE**

CHAPITRE II : METHODOLOGIE

II-1. Cadre de l'étude :

Notre étude se localise dans le sud de Madagascar, dans la région Atsimo Andrefana, province de Toliara, sur une surface d'environ 100 km carrée.

Les zones où nous avons effectuées nos prélèvements sont:

- Sahavazy (E: 481 248 ; N: 7 380 306) en UTM
- Andemby (E: 479 470 ; N: 7 378 764) en UTM
- Mavonono (E: 476 270 ; N: 7 372 472) en UTM
- Bevalaha (E: 484 912 ; N: 7 381 196) en UTM
- Beroy (E: 477 967 ; N: 7 346 524) en UTM



Figure 7 : Carte de localisation du gisement de Sakoa.

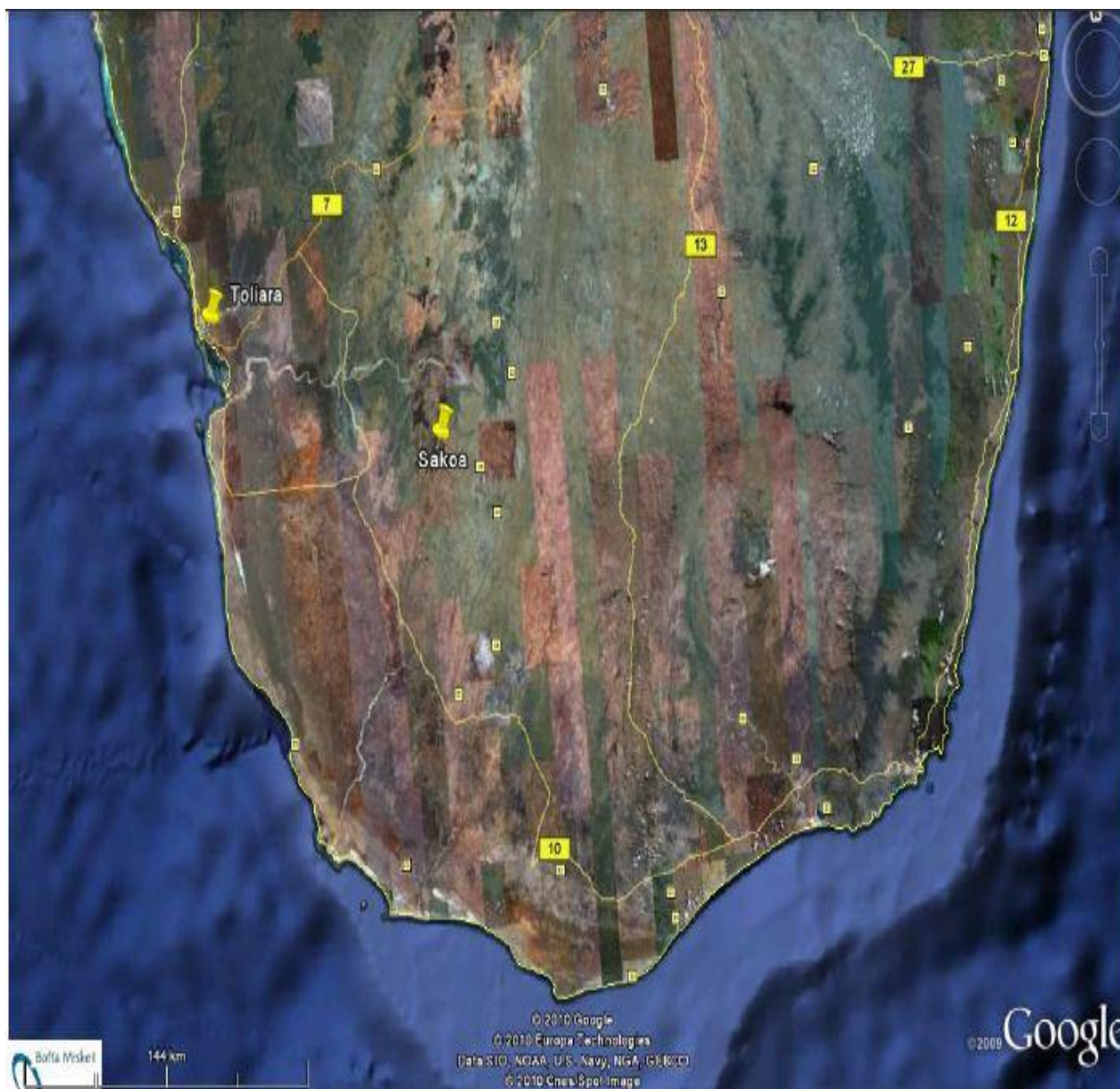


Figure 8 : Carte du bassin de Sakoa

II-2. Les différentes méthodes d'analyse :

Nous avons pu effectuer des recherches en laboratoire grâce à la collaboration avec la société Pan African Mining. SA. Les différentes étapes d'analyses pour le contrôle qualité et l'amélioration de la qualité du charbon de Sakoa que nous allons adopter sont montrées par la figure n°9.

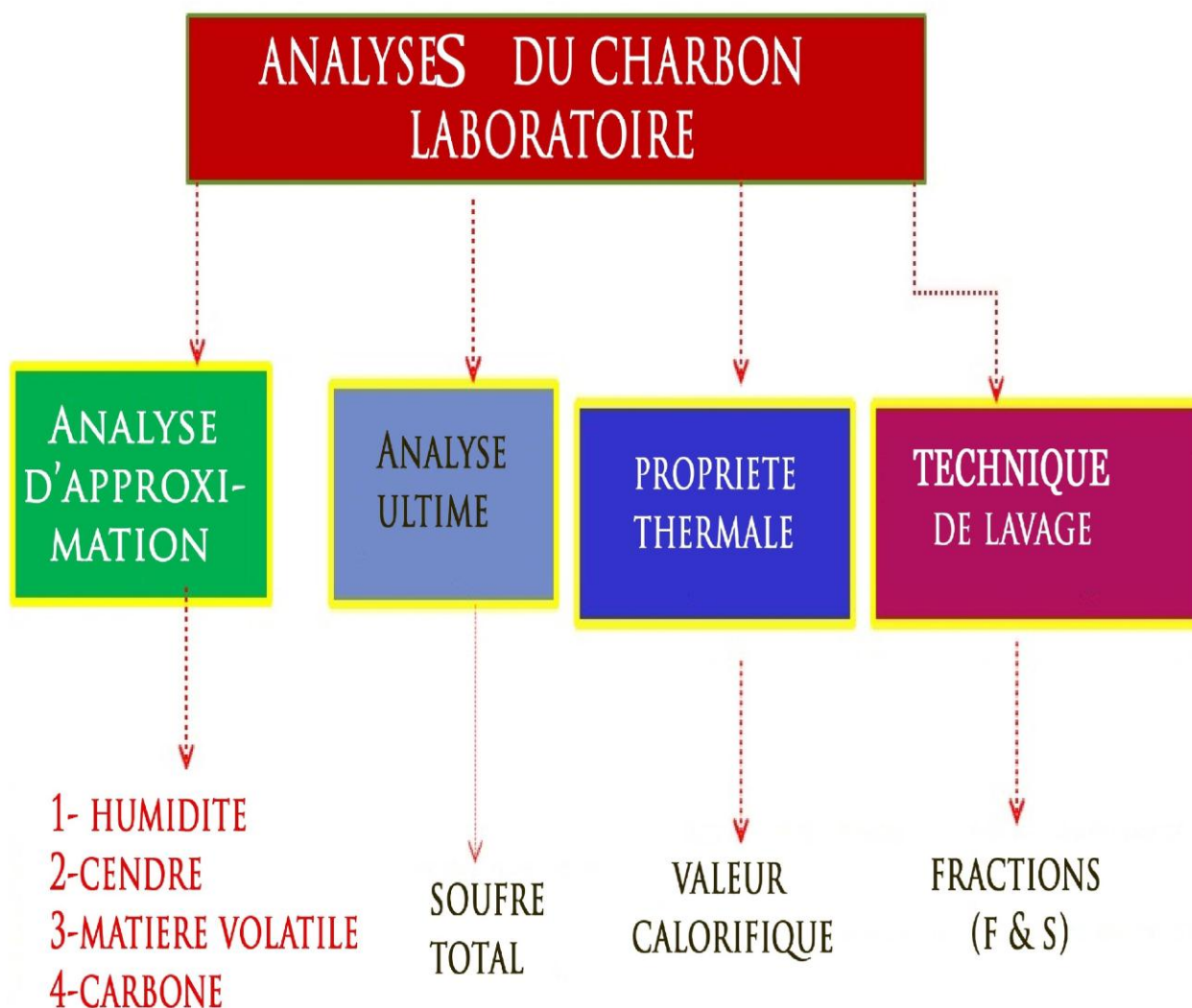


Figure 9 : Etape d'analyses du charbon

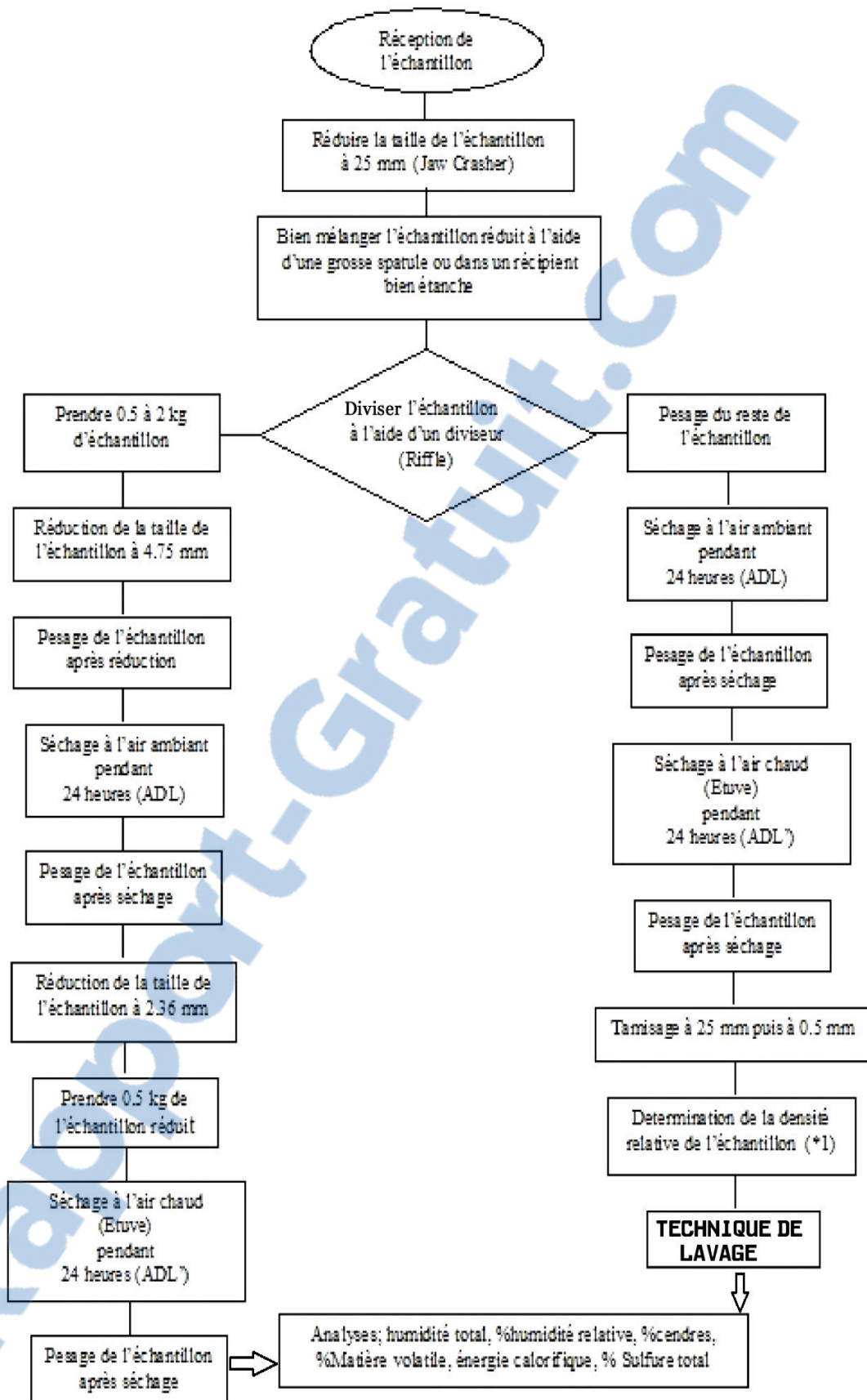


Figure 10 : Processus d'analyse du charbon de terre.

II-2-1. Analyse d'approximation :

II-2-1-1. Détermination de l'humidité totale :

a. Matériels et méthodes :

Cette méthode détermine l'humidité totale contenue dans le charbon. Elle s'opère en trois étapes :

- Réduction de la taille de l'échantillon à 4,75mm pour déterminer l'humidité en surface ADL
- Réduction de la taille de l'échantillon à 2,36mm pour déterminer l'humidité libre ADL'
- Préparation de l'échantillon de laboratoire en poudre (250µm) afin de déterminer l'humidité résiduelle R.

Le mode opératoire et les matériels utilisés dans cet analyse sont montres par les tableaux n°3 et n°4.

Tableau 3: Matériels et méthodes pour la détermination de l'humidité

HUMIDITE A LA SURFACE ou ADL (Air Dry Loss)

Etape	Mode opératoire	Matériels
Préparation	Pesage du lot d'échantillon (environ 1kg)	Balance
	Réduction de l'échantillon à 4,75mm	Jaw Crasher
Séchage	A l'air ambiant pendant 24 heures	Salle de séchage
Pesage	Pesage après 24 heures	Balance

Tableau 4 : Méthodes et matériels pour la détermination de l'humidité libre

HUMIDITE LIBRE ou ADL' (Air Dry Loss second)

Etape d'Analyse	Mode opératoire	Matériels
Préparation	Séparation du lot d'échantillon	Riffle Sample Divider
	Réduction du lot d'échantillon 4,75mm à 2,36mm	Jaw crasheur
Pesage	Peser environ 500g d'échantillon à 2,36mm	Balance de précision
Séchage	Sécher à 40°C pendant 24 heures	Etuve
Pesage	Pesage de l'échantillon après 24 heures	Balance de précision

b. Principe :

L'humidité totale est calculée à partir de la perte à l'air de séchage et l'humidité résiduelle.

L' humidité à la surface ADL, est donnée par la formule :

$$\text{ADL} = (\text{L} / \text{G}) \times 100 \quad (\text{équation 1})$$

où:

ADL = humidité a la surface,% poids

L = perte de poids dans l'air de séchage, en g.

G = poids de l'échantillon brut réduit à 4,75mm, en g.

L' humidité libre ADL' est donnée par:

$$ADL' = (L / G) \times 100 \quad (\text{équation 2})$$

où:

ADL' = humidité libre,% poids.

L = perte de poids dans l'air de séchage, en g.

G = poids de l'échantillon brut réduit à 2,36mm, en g

L'humidité totale (TM) est calculée à partir de la perte à l'air de séchage et l'humidité résiduelle :

$$TM = [M' (ADL-100) / 100] + ADL \quad (\text{équation 3})$$

où,

$$M' = [R (100-ADL') / 100] + ADL' \quad (\text{équation 4})$$

Avec,

M' = Humidité enlevé après la division, échantillon de laboratoire, en% poids

ADL = Humidité en surface de la première division de l'échantillon, en% poids

ADL' = Humidité libre, deuxième division de laboratoire, en% poids

R = Humidité résiduelle, en% poids

II-2-1-2. Détermination de la teneur en cendre :

a. Matériels et méthodes :

La cendre est la matière qui reste après la combustion du charbon.

Cette méthode d'essai couvre la détermination des résidus inorganiques comme les cendres dans l'échantillon d'analyse du charbon. Le résultat obtenu peut être appliqué comme les cendres dans l'analyse immédiate.

Les méthodes et les matériels ainsi que le mode opératoire pour la détermination de la teneur en cendre sont données par le tableau n°5.

Tableau 5 : Méthodes et matériels pour la détermination de la cendre

Etape d'analyse	Mode opératoire	Matériel
Préparation du matériel	Préchauffage du four à 750° C	Four à moufle
Pesage	Peser le creuset en porcelaine à vide	Balance de précision
Echantillonnage	Peser 1g d'échantillon de granulométrie 250µm dans un creuset en porcelaine	Balance de précision
Analyse	Introduction de l'échantillon dans le four pendant 2 heures.	Four à moufle ou Analyseur Thermogravimétrique (TGA-701t)
Pesage	Peser l'échantillon après incinération	Balance de précision

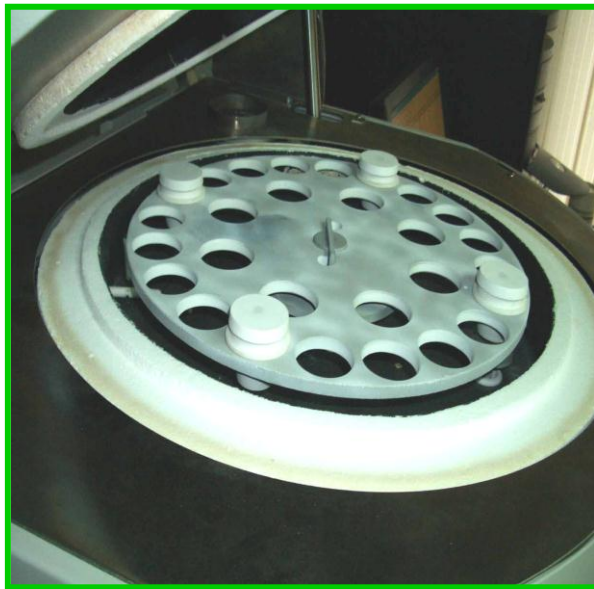


Figure 11: Photo de l'analyseur thermogravimétrique TGA 701t



Figure 12: Photo du four à moufle

b. Principe :

Le principe est de déterminer le pourcentage de la cendre.

Le pourcentage de la cendre dans l'échantillon est donnée par :

$$\% \text{Cendre} = [(C-A) / B] \times 100 \quad (\text{équation 5})$$

Avec,

A = poids de l'échantillon, en g.

B = poids à vide du creuset, en g.

C = poids du creuset et du cendre, en g.

II-2-1-3. Détermination de la teneur en matière volatile :

a. Matériels et méthodes :

La présente méthode d'essai détermine le pourcentage de matières volatiles, en ne tenant pas compte de la vapeur d'humidité, dans l'échantillon à analyser.

Voici le tableau n°6 qui montre le mode opératoire et matériels que l'on va utiliser.

Tableau 6 : Matériels et méthodes pour la détermination des M.V.

Etape d'analyse	Mode opératoire	Matériels
Pesage	Peser le creuset avec son couvercle	Balance de précision
	Peser l'échantillon dans le creuset sans couvercle	Balance de précision
Analyse	Mettre dans le four à 950°C pendant 7min. le creuset muni de son couvercle	Four ou Analyseur thermogravimétrique (TGA-701t)
Pesage	Peser le creuset avec son couvercle	Balance de précision

b. Principe :

La teneur en matière volatile est déterminée en établissant la perte de poids résultant de chauffage d'un charbon dans des conditions rigoureusement contrôlées.

La perte de poids est donnée par :

$$\text{Perte de poids, \%} = [(A - B) / A] \times 100 \quad (\text{équation 6})$$

avec,

A = poids de l'échantillon utilisé, en g,

B = poids de l'échantillon après chauffage, en g.

Le pourcentage de matières volatiles dans l'échantillon à analyser est donné par :

$$\% \text{ MV} = C - D \quad (\text{équation 7})$$

où,

C = perte de poids, %

D = eau, %

II-2-1-4. Méthode pour la détermination du carbone:

La détermination du Carbone fixe est directement obtenue en utilisant la formule suivante [21]:

$$\% \text{Carbone fixe} = 100 - (\% \text{Humidité} + \% \text{Cendre} + \% \text{Matière Volatile}) \quad (\text{équation 8})$$

On peut calculer le pourcentage en Matière Minérale en utilisant la formule [21] :

$$\% \text{ MM} = 1.08A + 0.55S \quad (\text{équation 9})$$

où,

A = % Cendre

S = % Sulfure

II-2-2. Analyse ultime : Détermination du taux du soufre total

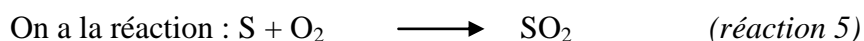
Matériels et méthodes :

Cette méthode d'essai s'effectue à haute température dans un tube de combustion muni d'un four tubulaire pour la détermination rapide du soufre dans des échantillons de charbon.

Il s'agit de faire une combustion à haute température avec détection infrarouge d'absorption.

L'échantillon est brûlé dans un four tubulaire à une température minimale de fonctionnement de 1350 ° C dans un flux d'oxygène pour oxyder le soufre. L'humidité et les particules sont éliminées par des pièges remplis de perchlorate de magnésium anhydre. Le flux gazeux est passé dans une cellule dans laquelle le dioxyde de soufre est mesuré par une connexion infrarouge (IR) détecteur d'absorption. Le dioxyde de soufre absorbe l'énergie infrarouge à une longueur d'onde précise dans le spectre IR. L'énergie est absorbée, le gaz passe par le corps de la cellule dans laquelle l'énergie infrarouge est transmise.

Ainsi, au niveau du détecteur, moins d'énergie est reçue. L'absorption d'énergie IR peut être attribuée uniquement au dioxyde de soufre dont la concentration est proportionnelle à la variation d'énergie au niveau du détecteur.



L'appareil doit être calibré par l'utilisation de matériaux de référence certifiés.

Le type d'appareil pour cette analyse est l'analyseur de soufre modèle LECO S-144 DR

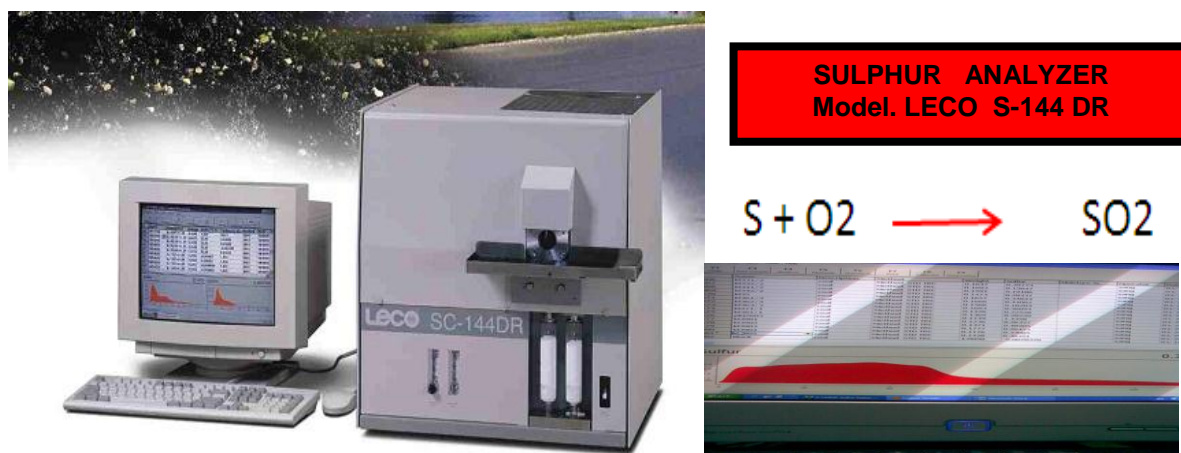


Figure 13 : Photo d'un analyseur de soufre S-144DR

L'échantillon doit être pulvérisé et passe par un tamis (250 µm) et soigneusement mélangés.

On amène lentement la température du four tubulaire entre 1350 et 1354 °C, à environ 3 à 4 h avant l'analyse. Ceci pour s'assurer qu'on a une température stable.

A partir d'une balance de précision, prenons 0,1 g d'échantillon dans un bateau de combustion.

On ouvre le robinet afin de libérer l'oxygène dans le tube de combustion.

On retire la grille d'oxygène et puis on pousse le bateau avec l'échantillon de façon à toucher le fond du tube après la signalisation « push the boat ». Ensuite le tube de combustion sera fermé. Il faut attendre trois minutes pour que le résultat soit affiché sur le moniteur.

On coupe l'arrivée de l'oxygène et le bateau peut être retiré du four.

II-2-3. Détermination de la propriété thermique: Détermination de la valeur calorifique.

Matériels et méthodes :

La présente méthode d'essai se rapporte à la détermination du pouvoir calorifique supérieur du charbon par une bombe calorimètre isoperbol adiabatique. La figure n°13 nous montre la coupe d'une bombe calorimètre.

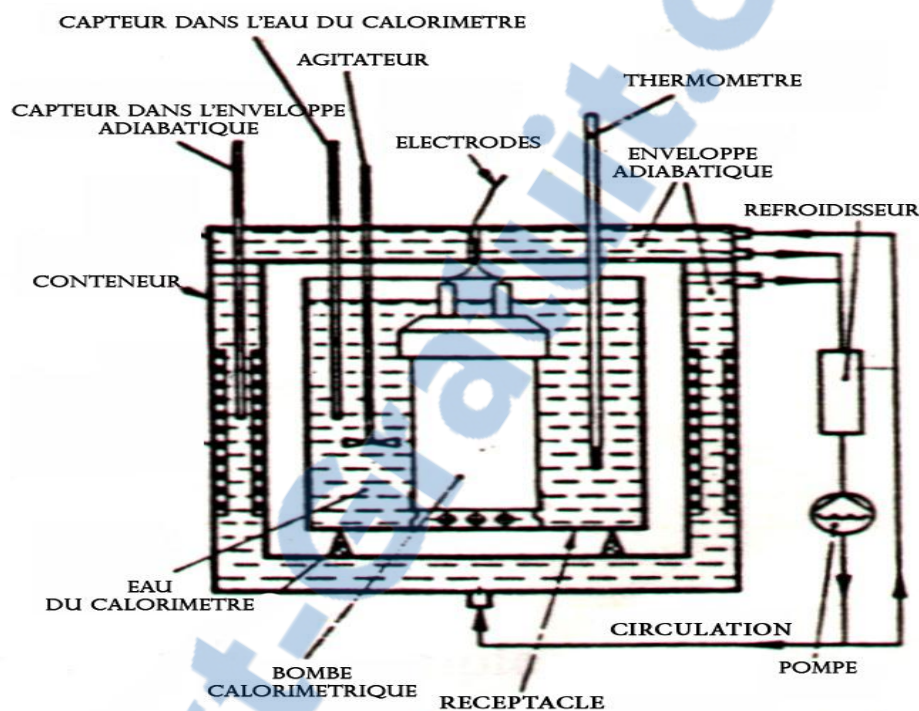


Figure14 : coupe d'une bombe calorimètre

La valeur calorifique brute peut être utilisée pour calculer le contenu calorifique total de la quantité de charbon.

Le pouvoir calorifique brut peut être utilisé pour le calcul de la valeur calorifique par rapport à la teneur en soufre afin de déterminer si le charbon satisfait aux exigences réglementaires pour les combustibles industriels.

Le pouvoir calorifique brut peut être utilisé pour évaluer l'efficacité des processus d'enrichissement (*Blending*).

Le type d'appareillage est montré en annexe 1.

II-2-4. Technique de lavage par flottation du charbon :

Matériels et méthodes :

Notre but est d'améliorer de la qualité du charbon. Il est à admettre qu'aucun processus de lavage ne peut s'appliquer de façon universelle. Chaque procédé a ses limites et dépend d'une part des intérêts scientifique et commercial de l'exploitant et d'autre part de l'aspect géologique du charbon.

La présente méthode d'essai que nous avons adopté décrit les procédures pour déterminer la qualité des charbons en fonction de leur propre densité.

Chaque échantillon fractionné et testé peut avoir autant de particules de charbon à 25 mm que de particules fines à 0,5 mm, ceci est montré par la figure n°15a.

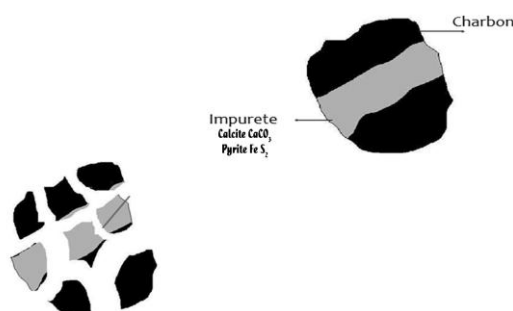


Figure 15a: Principe d'élimination des impuretés du charbon

Le tableau n°7 qui nous donne les réactifs et matériels que l'on va utiliser pour la technique de lavage du charbon.

Tableau 7 : Réactifs pour le lavage.

Réactif et matériels	Caractéristique
TétraBromoEthane (TBE)	Densité : 2.96
TétraChloroEthylène ou Perchloride	Densité : 1.61
Kérozene ou White Spirite	Densité : 0.77
Hydrocyclone	Inox
Densimètre	Densité : 1.4 -1.5 -1.6 -1.7- 1.8- 1.9- 2.0
Sceau	Avec tamis
Tamis	Diamètre : 25 mm et 0.5 µm
Coton	Hydrophile
Plateau	Métallique et Plastique
Bidon	25 litre
Agitateur	Bâton en bois
Etuve	Température : 40°C
Eprouvette gradué	Plastique (2 litre)

La solution préalablement préparée, agitée et bien homogénéisée, pour une densité voulue est placée dans l'hydrocyclone.

Le charbon brut provenant de la salle de préparation est introduit dans la solution de l'hydrocyclone.

Il faut attendre environ deux minutes avant que les échantillons qui ont une densité inférieure à la solution flottent et ceux qui ont une densité supérieure à la solution coulent. Afin de séparer les échantillons qui ont flottés de ceux qui ont coulés, on ferme le clapet de l'hydrocyclone.

Les échantillons recueillis de la première fraction sont obtenus, notés F (*Float*) avec la densité correspondante. Les échantillons qui ont coulés seront aussi recueillis et réutilisés dans une deuxième solution avec une autre densité qui est supérieure à la première, avec laquelle on remplace la solution dans l'hydrocyclone.

Cette opération se répète jusqu'à ce qu'on obtienne le coulé final de plus haute densité, noté S (*Sink*).

Avant de passer à l'analyse finale de contrôle qualité, une succession de pesage et séchage à l'air ambiant puis à l'étuve s'effectue jusqu'à ce que les fractions d'échantillons atteignent la masse constante.

Cette méthode est illustrée par la figure n°15b suivante.

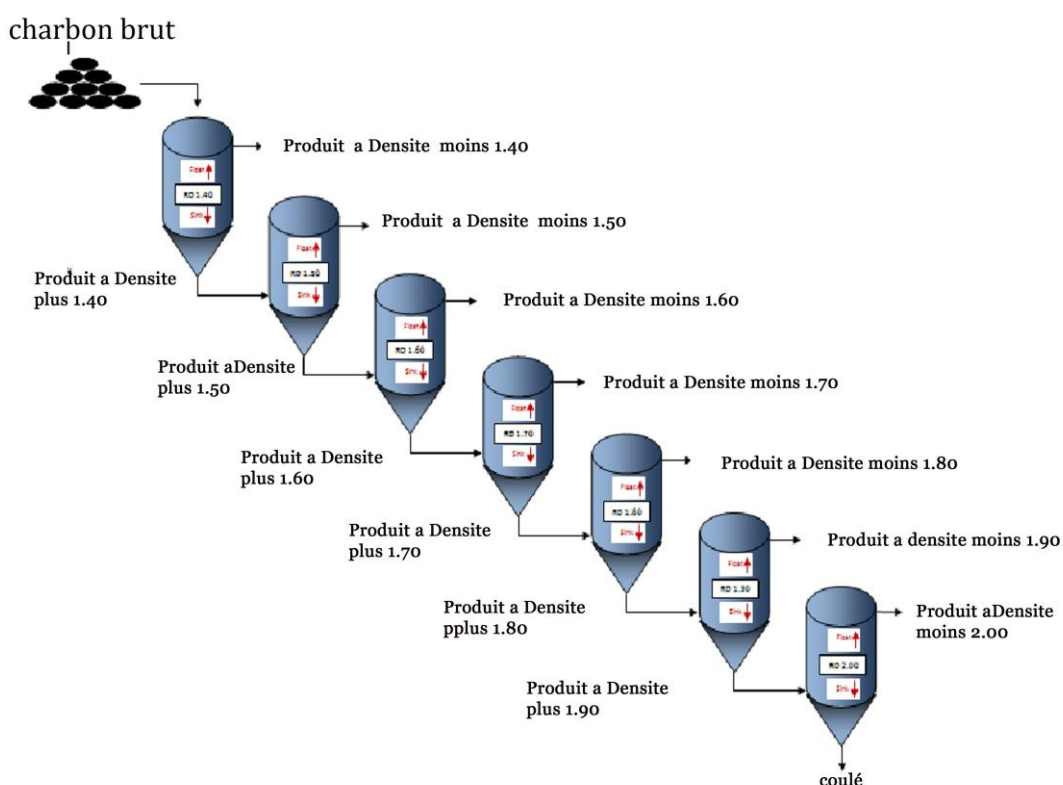


Figure 15b: Principe du lavage du charbon

Les matériels que nous avons utilisés pour cette méthode de lavage par flottation sont montres par la figure n° 16



Figure 16 : Photo des matériels pour le lavage du charbon

La méthodologie de recherche a été adoptée et définie dans ce chapitre, maintenant passons directement dans le chapitre suivant sur les résultats expérimentaux et les interprétations.

CHAPITRE III : RESULTATS

EXPERIMENTAUX ET

INTERPRETATIONS

CHAPITRE III : RESULTATS

EXPERIMENTAUX ET INTERPRETATIONS

III-1. Résultats expérimentaux suivant le site de prélèvement :

Il est important de préciser que selon la profondeur, l'aspect géologique et l'aspect minéralogique du charbon extrait sur une carotte, on n'a pas la même qualité de charbon.

En tenant compte de ces paramètres, on a pu classer chaque échantillon à différentes « seam » du plus profond jusqu'à la surface: la seam 4, la seam 5, la seam 6.

La figure n°16a illustre ces différentes seam et les sous-divisions pour chaque seam.

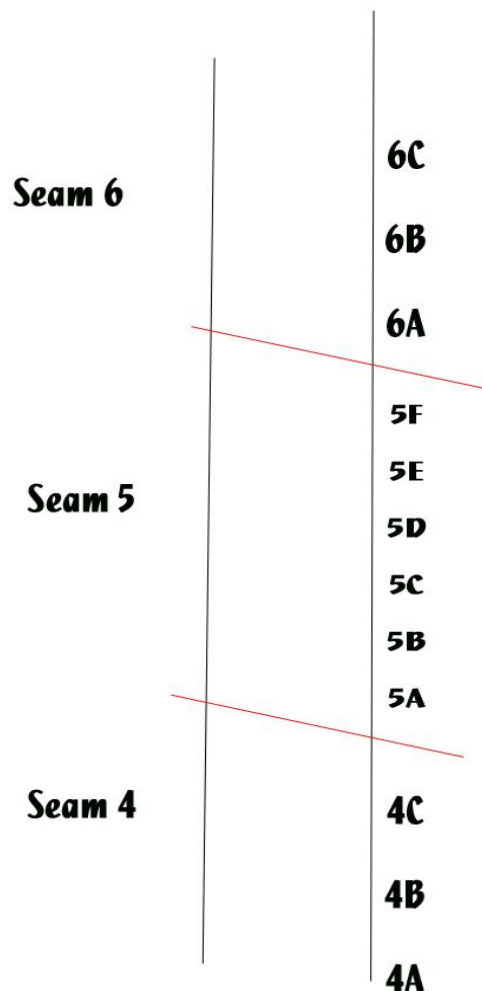


Figure 17 : Les différents seam et ses sous-divisions.

III-1-1 Résultats d'analyse d'approximation :

Après les différents tests et analyses, nous avons les résultats pour l'analyse d'approximation qui donne la teneur en humidité, la teneur en cendre, la teneur en matière volatile, puis la teneur en carbone fixe, selon les sites de prélèvements des échantillons.

-Sahavazy:

Les résultats pour les échantillons de **Sahavazy** nous donnent des échantillons de seam4 et de seam 5. Pour les 6 échantillons de seam 5, la densité relative varie entre 1,50 jusqu'à 2,27 ; la teneur en cendre est de 26,44 à 76,35. Et pour les 3 échantillons de seam 4, la densité relative est de 1,41 à 1,59 alors que la teneur en cendre est de 25,87 à 34,55. Ces résultats sont montrés par le tableau n°8 qui suit :

Tableau 8 : Résultats d'analyse d'approximation de Sahavazy

Sahavazy	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5F	1,61	0,99	39,98	29,03	30,00
5E	1,62	0,87	39,10	28,42	31,61
5D	1,61	0,97	31,83	27,51	39,69
5C	2,27	0,65	76,35	14,23	8,77
5B	1,72	1,08	43,60	25,19	30,13
5A	1,50	1,20	26,44	29,52	42,84
4C	1,52	1,21	22,39	25,87	50,54
4B	1,59	1,02	25,89	34,55	38,54
4A	1,41	1,19	15,89	33,97	48,96

Dans ces résultats on remarque la proportionnalité entre la densité relative et la teneur en cendre pour chaque échantillon, plus la teneur en cendre est élevée la densité relative aussi augmente. Ainsi la figure n 18 montre cette proportionnalité avec une droite de la forme $y = ax + b$ et $R^2 \sim 1$.

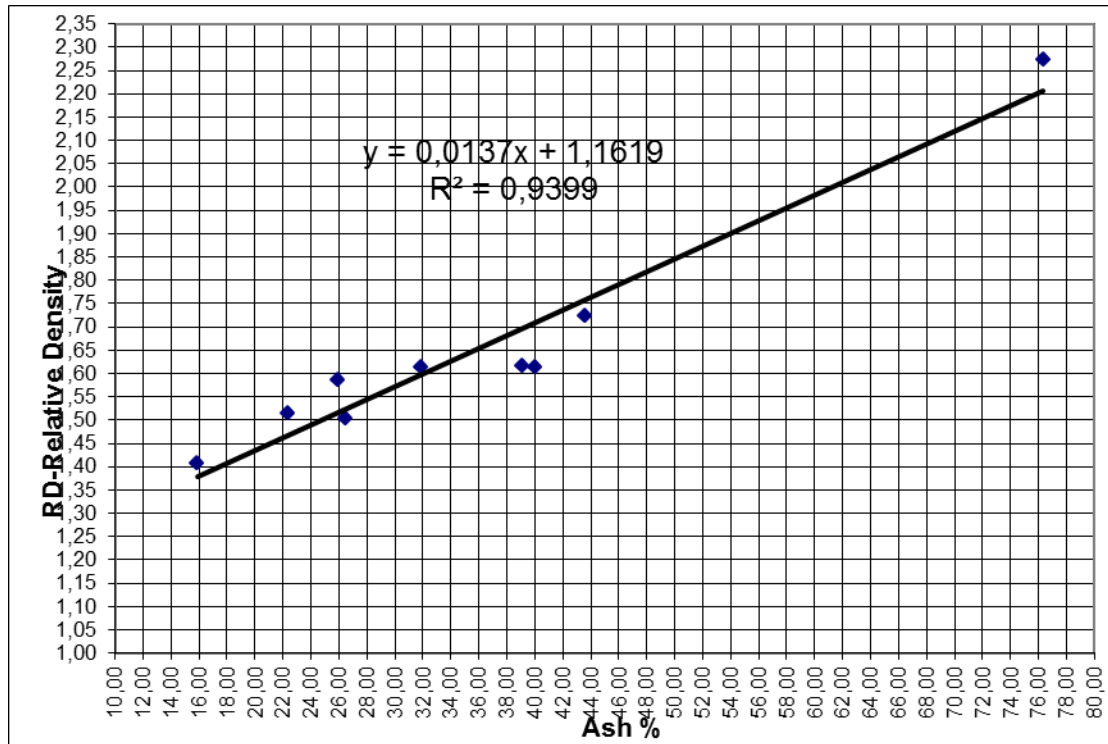


Figure 18 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Sahavazy

-Andemby:

Les résultats pour les échantillons d'**Andemby** montrent la présence de seam 6 de densité relative 1,54 et de teneur en cendre 28,14 et quatre échantillons de seam5. Les résultats sont donnés par le tableau n°9 ci-après.

Tableau 9 : Résultats d'analyse d'approximation d'Andemby

Andemby	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
6A	1,54	1,09	35,05	28,14	35,73
5BD	1,72	1,05	44,33	23,03	31,59
5BC	1,64	1,10	40,76	23,83	34,32
5BB	1,82	0,90	50,73	23,26	25,12
5BA	1,75	1,03	43,89	22,30	32,79

La proportionnalité entre la densité relative et la teneur en cendre pour ces échantillons de la région d'Andemby sont ainsi illustrer par la figure n°19 où sont placées les points et la droite de la forme $y = ax + b$ et $R^2 \sim 1$.

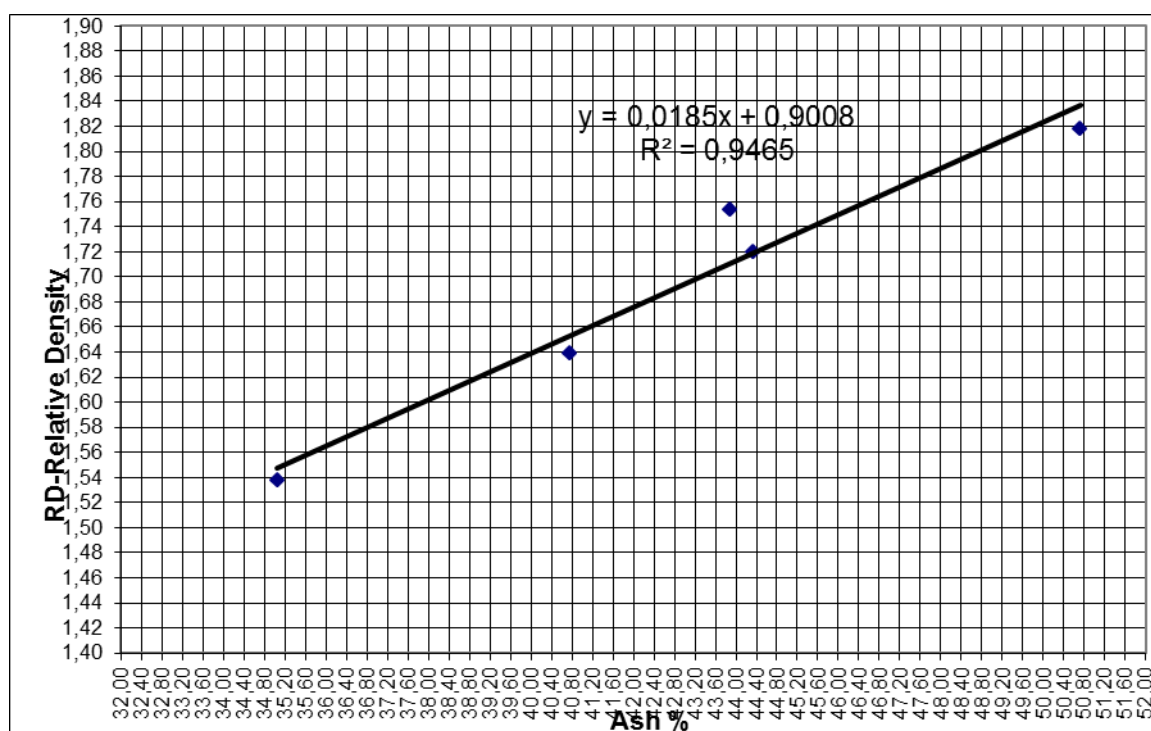


Figure 19 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Andemby

-Mavonono:

Nous avons les résultats pour les échantillons de **Mavonono**, ici nous avons des échantillons de seam 5 et de seam 4 montrées par le tableau n°10.

Tableau 10 : Résultats d'analyse d'approximation de Mavonono

Mavonono	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5BC	1,69	1,38	43,80	24,07	30,75
5BB	1,61	1,65	35,21	26,13	37,01
5BA	1,70	1,41	41,86	27,96	28,77
5AB	1,84	1,27	54,30	21,15	23,28

5AA	1,54	1,30	29,97	28,31	40,42
4BC	1,41	1,50	16,16	25,71	56,63
4BB	1,45	1,51	19,42	24,05	55,02
4BA	1,37	1,57	13,13	28,65	56,66
4AB	1,56	1,18	30,41	25,26	43,15
4AA	1,61	1,07	33,33	28,45	37,15

La figure n°20 nous montre la proportionnalité entre la densité relative et la teneur en cendre.

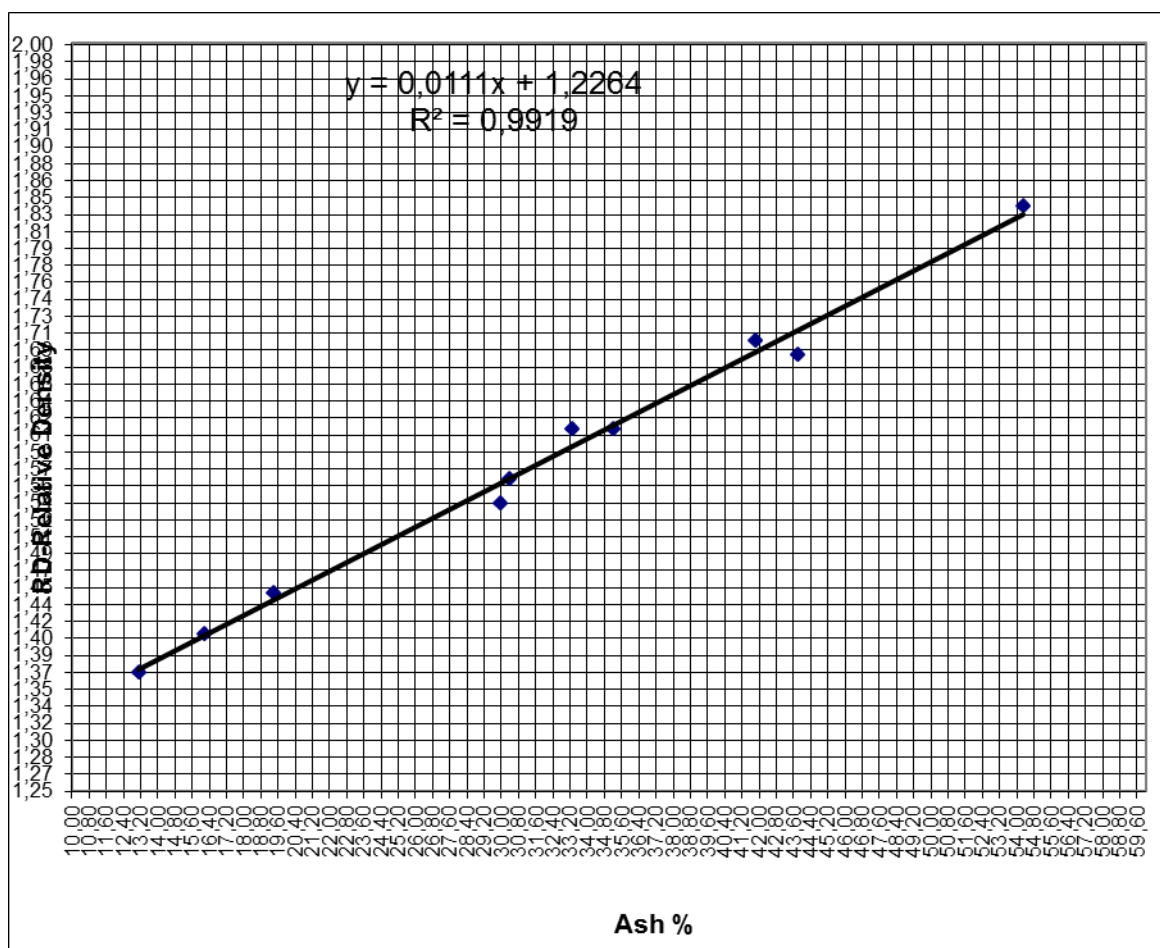


Figure 20 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Mavonono

-Bevalaha:

Les résultats pour les échantillons de **Bevalaha** de seam 5 et seam 4 sont montrés par le tableau n°11 avec les valeurs de la densité relative, les teneurs en humidité, en cendre, en matière volatile et en carbone.

Tableau 11 : Résultats d'analyse d'approximation de Bevalaha

Bevalaha	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5H	2,17	0,91	72,49	13,97	12,63
5G	1,61	1,32	39,14	23,45	36,09
5F	2,13	0,97	68,08	12,28	18,67
5E	1,72	1,34	39,94	19,88	38,84
5D	1,56	1,46	26,78	24,94	46,82
5C	1,67	1,67	37,29	18,02	43,02
5B	1,56	1,65	29,30	22,71	46,34
5A	1,47	1,77	21,06	25,51	51,66
4AB	1,37	1,84	11,54	26,41	60,22
4AA	1,41	1,76	15,12	26,53	56,60
4BB	1,47	1,57	25,70	24,76	47,97
4BA	1,43	1,68	16,09	24,57	57,66

Et la figure n° 21 qui suit nous donne une corrélation entre la densité relative et teneur en cendre.

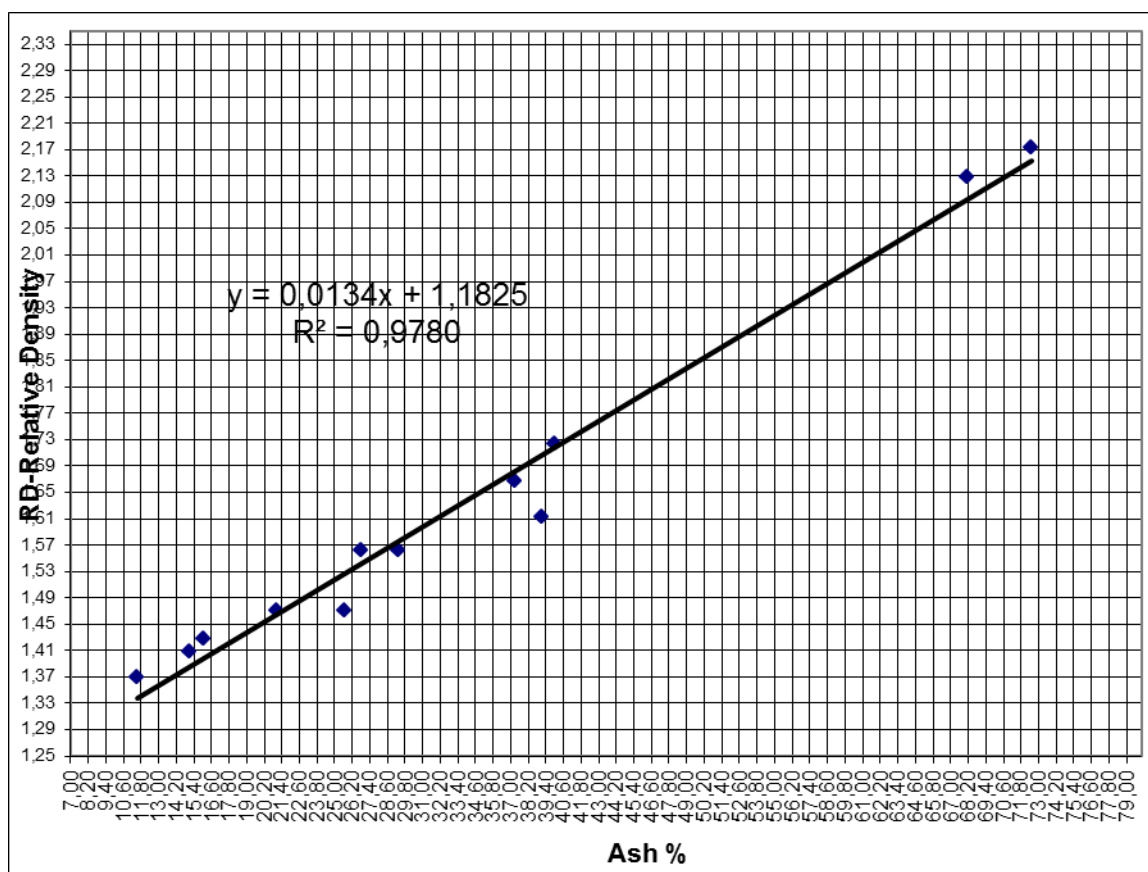


Figure 21 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Bevalaha

-Beroy1 :

Les résultats par l'analyse d'approximation pour les échantillons de **Beroy1** sont uniquement de seam 5, donnés le tableau n° 12.

Tableau12 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy1

Beroy1	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5G	1,56	1,24	34,67	29,00	35,09
5F	2,11	1,00	67,90	16,06	15,04
5E	1,83	1,24	46,98	20,71	31,07

5D	1,53	1,68	23,81	26,48	48,03
5C	1,46	1,85	19,02	24,63	54,50
5B	1,50	1,57	22,48	26,09	49,86
5A	1,48	1,63	22,67	24,84	50,86

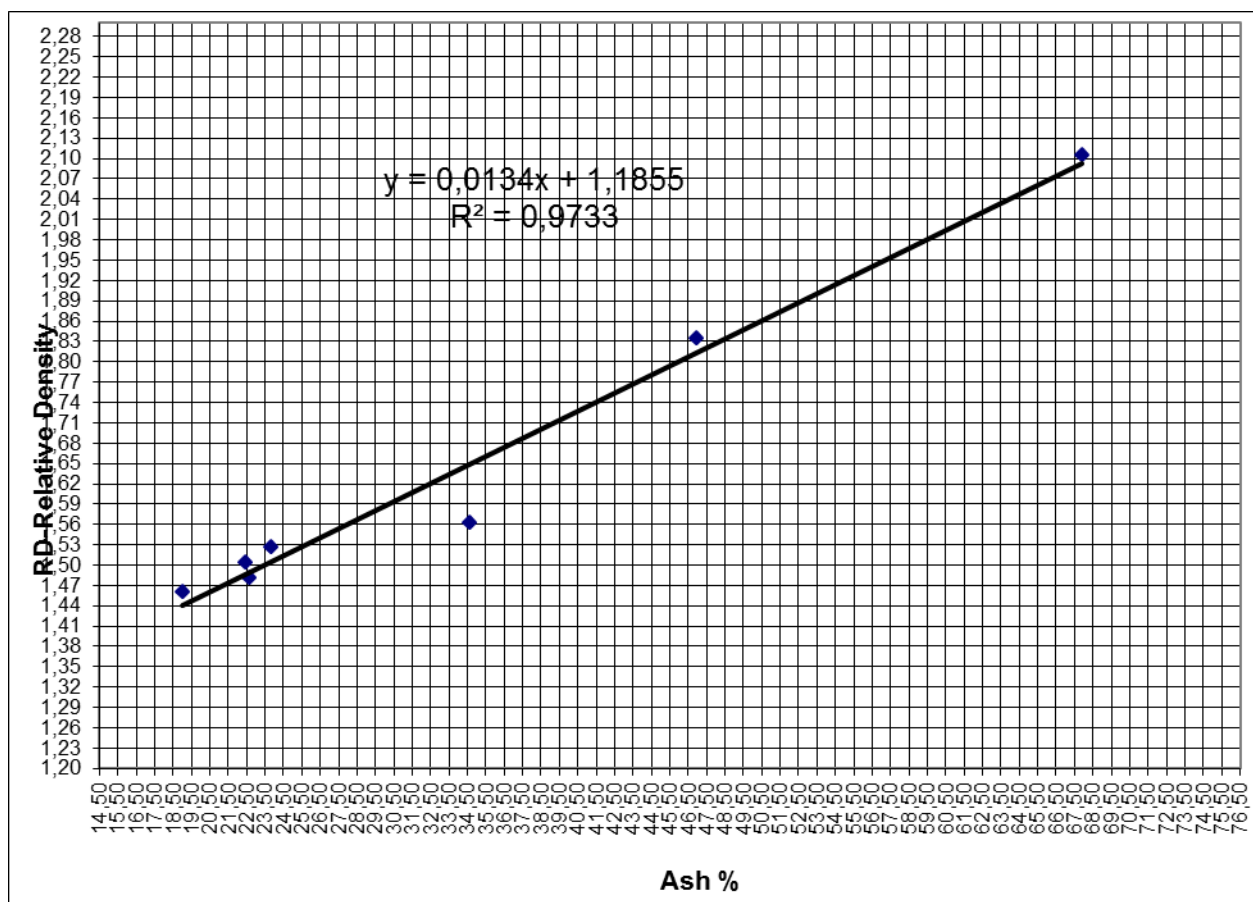


Figure 22 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroyl

-Beroy2 :

Pour les échantillons de **Beroy2** uniquement de seam 5, les résultats sont montrés par le tableau n°13 qui suit :

Tableau 13 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy2

Beroy2	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5K	1,75	0,71	48,33	22,25	28,71
5J	2,08	0,54	69,21	16,87	13,38
5I	1,96	0,81	59,80	20,80	18,59
5H	2,27	0,64	77,66	13,33	8,37
5G	2,08	0,81	69,64	15,80	13,75
5F	1,56	1,25	24,86	29,05	44,84
5E	1,72	1,10	37,77	25,13	36,00
5D	1,58	1,27	25,57	25,43	47,73
5C	1,56	1,36	20,10	26,79	51,75
5B	1,48	1,30	17,76	26,55	54,39
5A	1,49	1,35	17,21	26,60	54,85

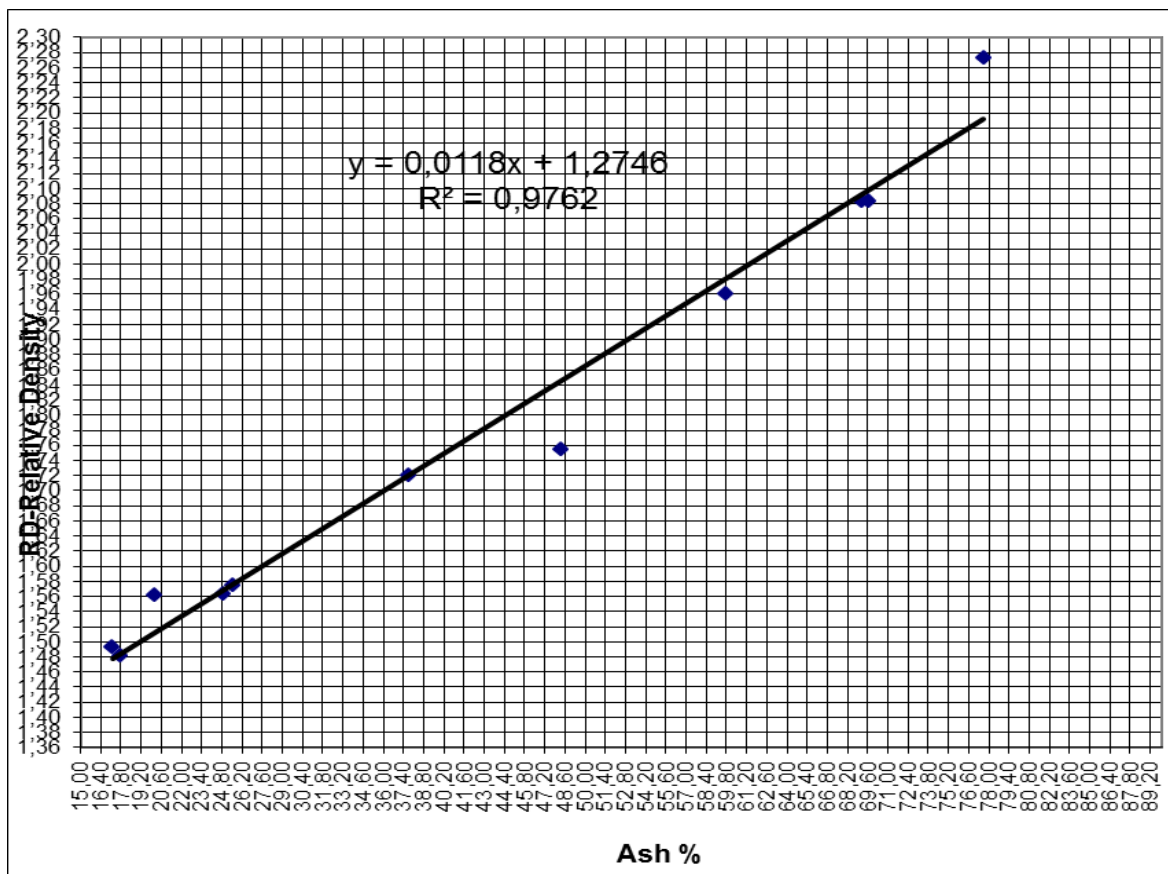


Figure 23 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy2

-Beroy3 :

Les résultats pour les échantillons de **Beroy3**, uniquement de seam 5, sont montrés par le tableau n°14 suivant :

Tableau 14 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy3

Beroy3	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5D	1,61	1,54	29,07	23,00	46,39
5C	1,81	1,60	55,16	19,51	23,73
5B	1,47	1,63	16,55	24,72	57,10
5A	1,43	1,63	12,31	26,33	59,75

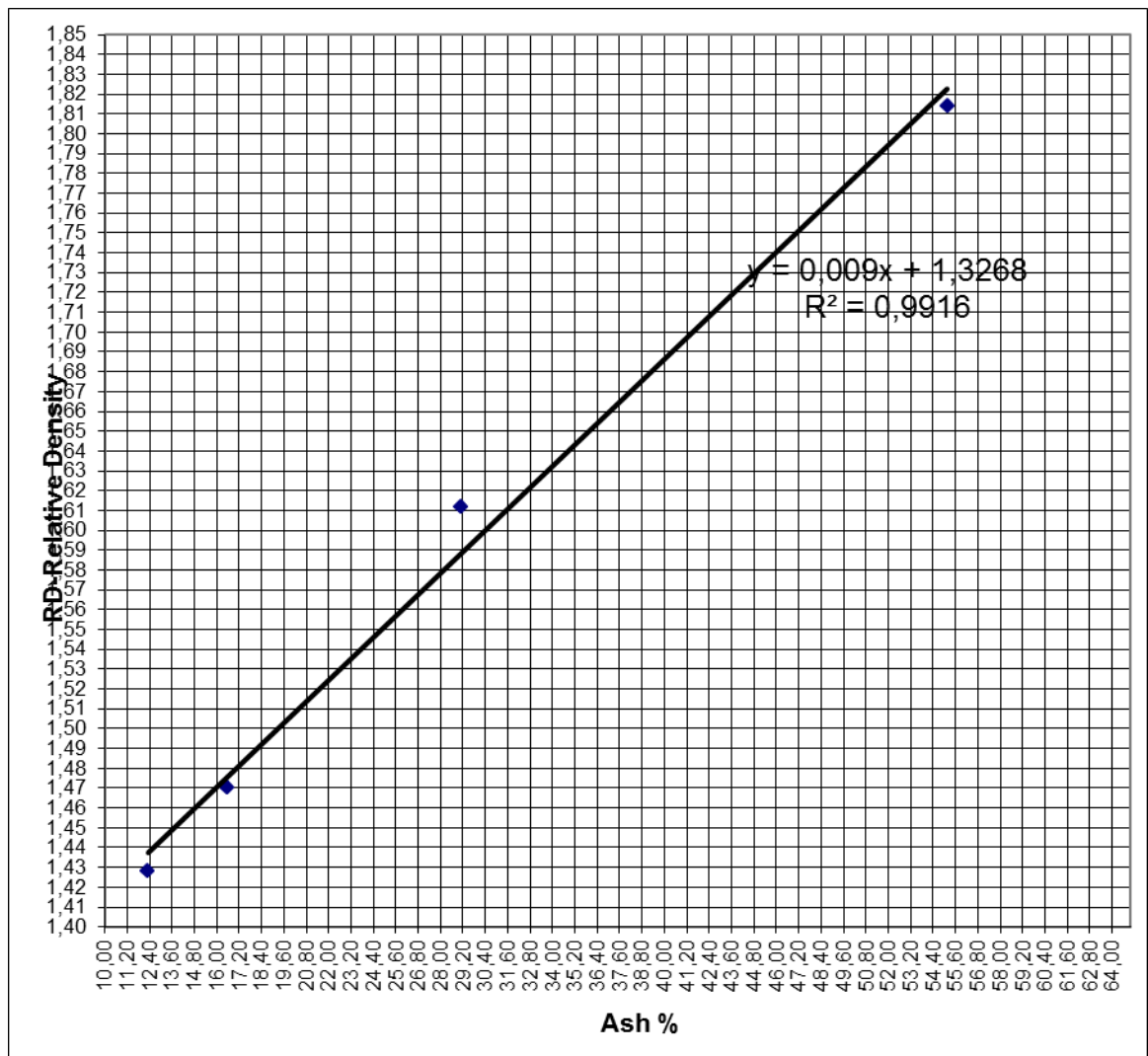


Figure 24 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy3

-Beroy4 :

Nous avons pour les échantillons de **Beroy4**, uniquement de seam 5, les résultats donnés par le tableau n°15a ci-après.

Tableau 15a : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy4

Beroy4	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5L	1,47	1,31	23,29	30,97	44,44
5K	2,27	0,72	78,25	13,40	7,63
5J	1,64	1,11	40,59	26,80	31,50
5I	2,27	0,68	82,03	11,35	5,94
5H	1,59	1,13	29,37	32,29	37,22
5G	2,22	0,68	79,17	11,85	8,30
5F	1,67	1,03	39,47	27,97	31,53
5E	2,17	0,72	73,76	13,87	11,65
5D	1,68	1,20	33,24	25,60	39,96
5C	1,72	1,34	33,93	21,89	42,84
5B	1,49	1,44	20,23	24,59	53,74
5A	1,41	1,25	13,24	28,02	57,50

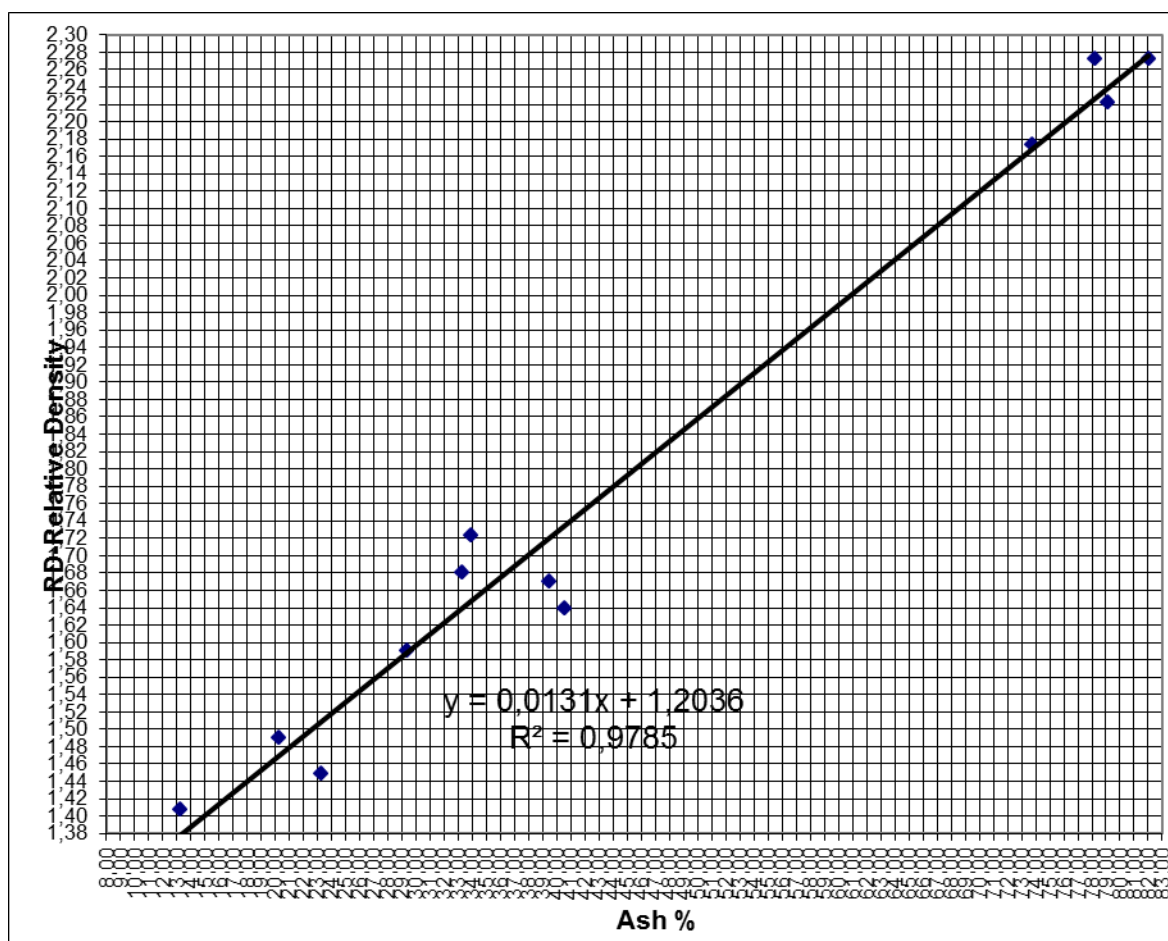


Figure 25 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy4

-Beroy5 :

Les résultats pour les échantillons de **Beroy5**, seam 5 uniquement, sont montrés par le tableau n°15b et la figure n°26.

Tableau 15b : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy 5

Beroy5	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5M	1,46	1,13	29,00	27,73	42,14
5L	2,25	0,79	77,27	12,56	9,38
5K	1,69	0,90	45,80	23,21	30,09

5J	2,02	0,73	68,86	15,14	15,27
5I	1,64	0,91	40,53	25,12	33,44
5H	2,17	0,73	74,20	12,85	12,22
5G	1,89	0,99	51,62	17,11	30,28
5F	1,56	1,06	28,78	31,07	39,09
5E	1,58	1,31	30,92	20,95	46,82
5D	1,56	1,35	25,60	23,60	49,45
5C	1,52	1,19	22,12	27,81	48,88
5B	1,49	1,10	26,99	28,61	43,30
5A	1,67	1,43	39,43	23,46	35,68

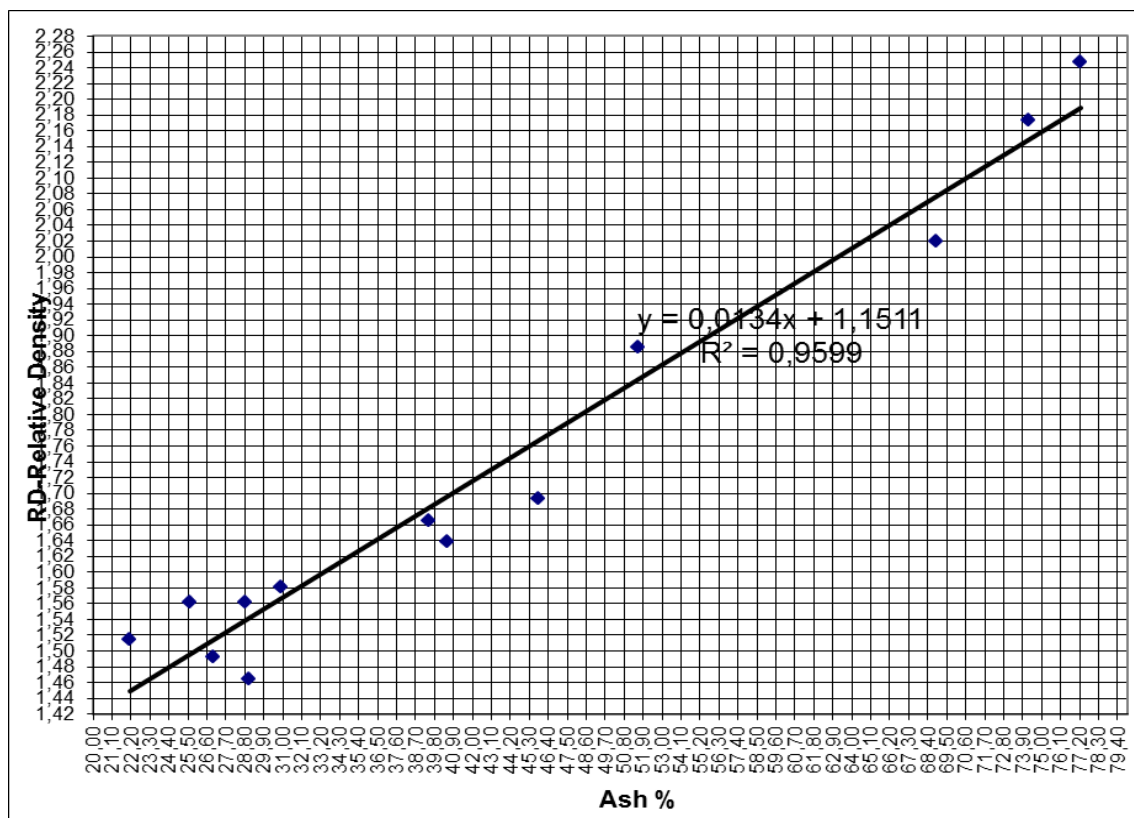


Figure 26 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy5

-Beroy6 :

Les résultats pour les échantillons **Beroy6** de seam 5 sont donnés par le tableau n°16 et la figure n°27.

Tableau 16 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy6

Beroy6	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5G	1,92	0,92	61,48	16,62	20,98
5F	1,59	1,37	26,69	25,24	46,72
5E	1,54	1,19	27,66	26,90	44,25
5D	1,57	1,58	26,86	21,23	50,33
5C	1,49	1,54	17,25	26,36	54,85
5B	1,43	1,48	15,65	27,06	55,82
5A	1,39	1,39	17,07	29,92	51,62

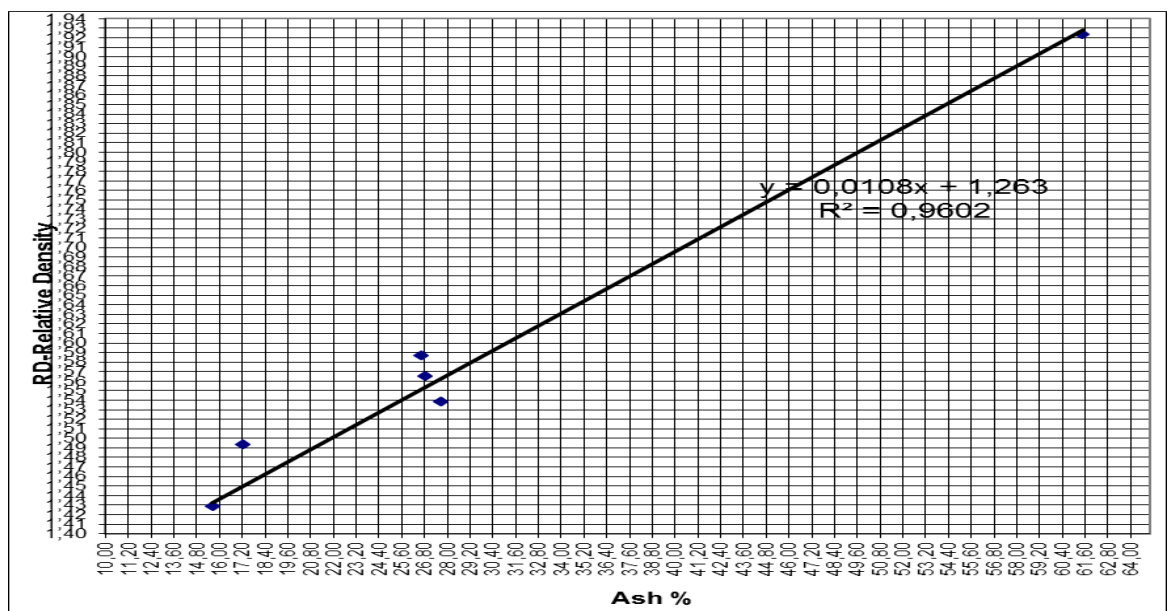


Figure 27 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy6

-Beroy7 :

Le tableau n°17 nous montre les résultats pour les échantillons de **Beroy7** et la figure n° 28 montre la proportionnalité entre la teneur en cendre et la densité relative de ces échantillons.

Tableau 17 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy7

Beroy7	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5D	1,47	1,22	20,99	29,80	47,99
5C	1,45	1,78	16,60	26,43	55,19
5B	1,43	1,31	17,78	30,98	49,95
5A	1,65	1,12	39,20	27,49	32,19

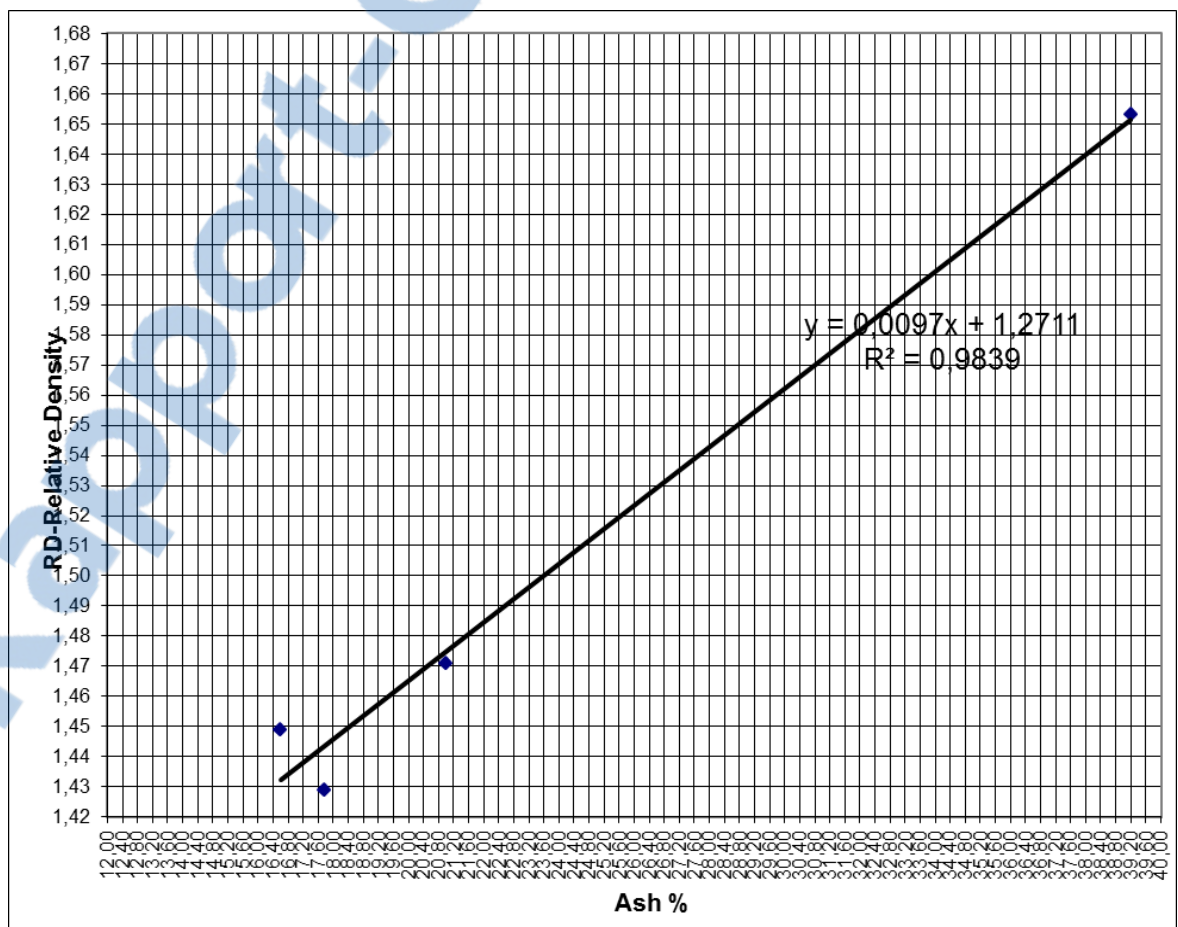


Figure 28 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy7

-Beroy8 :

Les résultats pour les échantillons de **Beroy8** sont montrés par le tableau n°18. Ce sont tous des échantillons de seam 5.

Tableau 18 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy 8

Beroy8	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5J	1,57	1,05	31,04	29,40	38,51
5I	2,13	0,83	66,85	16,03	16,29
5H	1,67	1,04	40,04	25,59	33,33
5G	1,96	1,11	59,05	16,26	23,58
5F	1,63	1,36	30,31	24,71	43,62
5E	1,55	1,49	24,17	25,10	49,24
5D	1,63	1,32	29,12	25,02	44,54
5C	1,44	1,44	15,26	27,04	56,27
5B	1,38	1,13	15,36	31,36	52,16
5A	1,68	1,17	41,60	21,24	35,99

Ainsi à partir de ces résultats, nous avons pu dresser une droite de la forme : $y = ax + b$ et $R^2 \sim 1$, une corrélation entre la densité relative et la teneur en cendre montrée par la figure n°29.

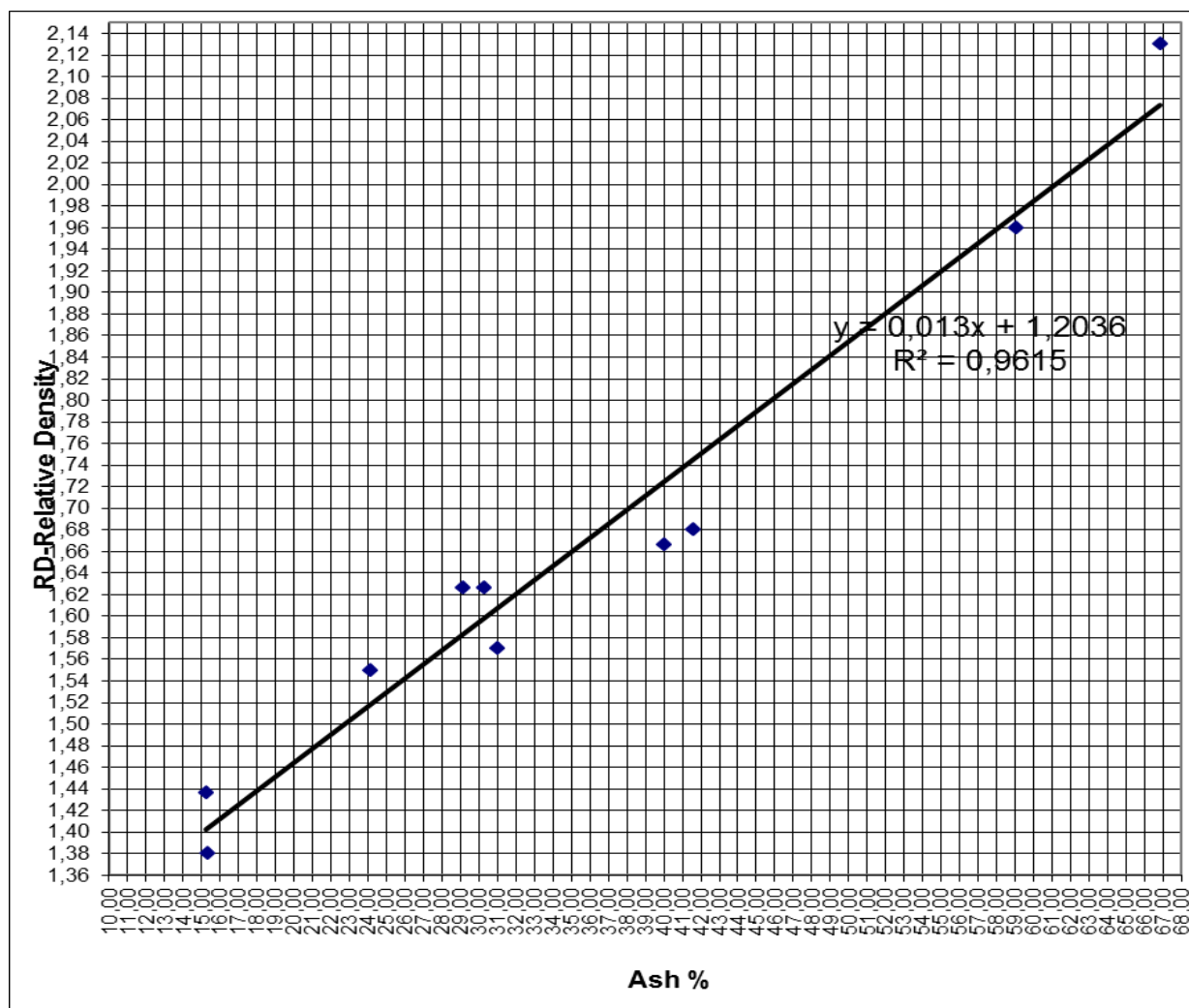


Figure 29 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy8

-Beroy9 :

Les résultats pour les échantillons de **Beroy9**, uniquement de seam 5, sont indiqués par le tableau n°19 :

Tableau 19 : Résultats d'analyse d'approximation de Beroy9

Beroy9	Densité Relative	Teneur en Humidité %	Teneur en Cendre %	Teneur en Matière Volatile %	Teneur en Carbone fixe %
5N	1,66	1,31	28,57	25,79	44,33
5M	2,32	0,56	82,01	10,51	6,92

5L	1,61	1,23	29,51	28,20	41,06
5K	2,08	0,86	66,08	16,69	16,37
5J	2,27	0,87	73,70	16,80	8,63
5I	1,61	1,36	33,24	25,37	40,03
5H	2,43	0,82	86,45	10,35	2,38
5G	1,58	1,23	32,24	28,37	38,16
5F	1,81	1,28	45,91	19,73	33,08
5E	1,88	1,20	52,81	15,74	30,25
5D	1,65	1,31	30,02	24,46	44,21
5C	1,59	1,38	27,28	23,93	47,41
5B	1,50	1,79	17,84	24,92	55,46
5A	1,47	1,64	17,26	25,95	55,16

Ainsi à partir de ces résultats, nous avons pu dresser une droite de la forme : $y = ax + b$ et $R^2 \sim 1$, une corrélation entre la densité relative et la teneur en cendre montrée par la figure n°30.

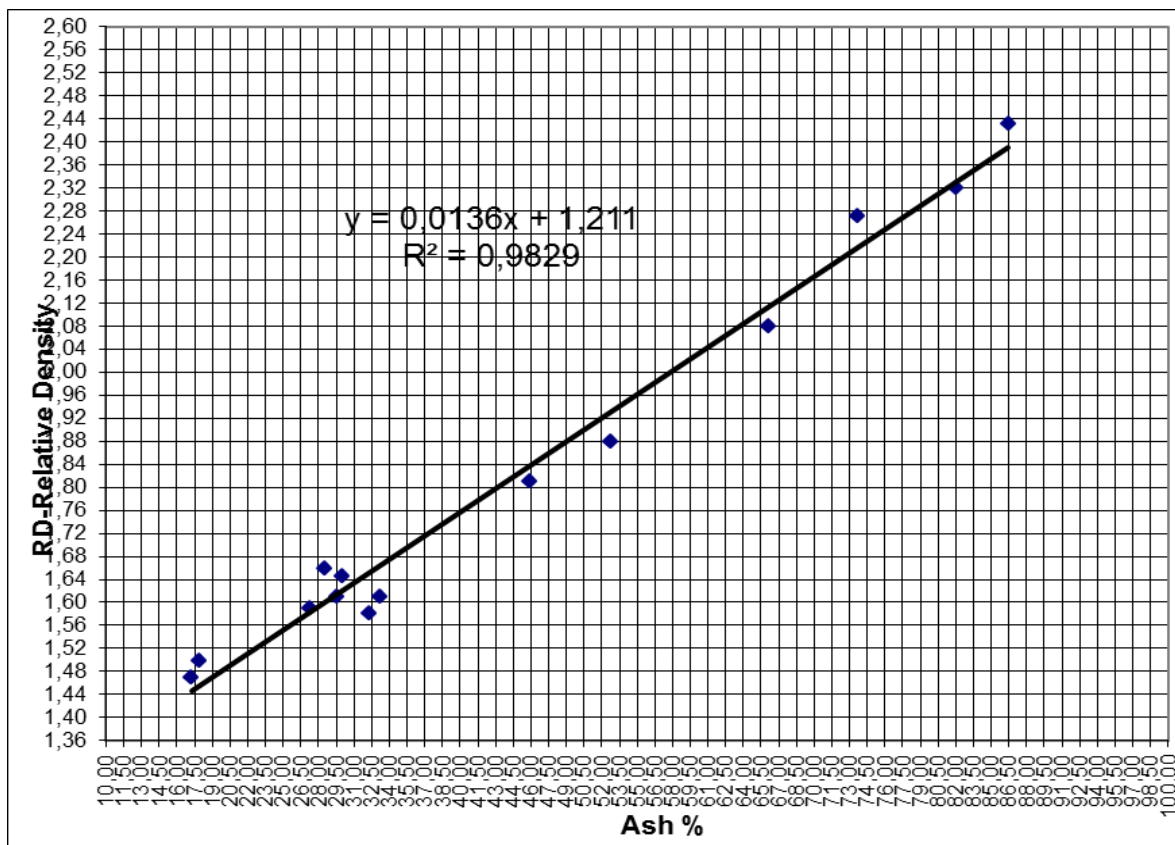


Figure 30 : Corrélation entre % cendre(Ash) et la densité relative Beroy9

III-1-2. Résultats expérimentaux de l'analyse ultime :

Après les résultats d'analyse d'approximation, passons maintenant sur les résultats de l'analyse ultime (teneur en soufre), nous allons les montrer en forme de tableaux pour chaque site.

-Sahavazy:

Les résultats pour la teneur en soufre pour l'échantillon **Sahavazy** de seam 5 et seam 4 sont montrés par le tableau n°20 :

Tableau 20 : Résultats d'analyse ultime de Sahavazy

Sahavazy	Soufre
	Total
	(%)
5F	0,48
5E	0,65

5D	0,37
5C	0,07
5B	0,26
5A	0,82
4C	0,33
4B	1,07
4A	0,86

-Andemby:

Les résultats pour l'échantillon **Andemby**, les résultats de la teneur en soufre de seam 6 et seam 5 sont montrés par le tableau n° 21 suivant :

Tableau 21 : Résultats d'analyse ultime de Andemby

Andemby	Soufre Total (%)
6A	0,82
5BD	0,74
5BC	0,85
5BB	0,80
5BA	0,59

-Mavonono:

Pour l'échantillon **Mavonono**, les résultats des analyses des seam 5 et seam 4 sont présentés ci-après par le tableau n° 22.

Tableau 22 : Résultats d'analyse ultime de Mavonono

Mavonono	Soufre Total (%)
5BC	0,57
5BB	0,34
5BA	1,15
5AB	2,32
5AA	3,56
4BC	1,43
4BB	0,32
4BA	0,38
4AB	0,61
4AA	0,45

-Bevalaha:

Les résultats pour l'échantillon **Bevalaha** sont montrés par le tableau n°23 qui suit :

Tableau 23 : Résultats d'analyse ultime de Bevalahy

Bevalaha	Soufre Total (%)
5H	0,26
5G	0,24
5F	0,04
5E	0,10
5D	0,10
5C	0,05
5B	0,10
5A	0,14
4AB	0,94
4AA	0,32
4BB	0,23
4BA	0,23

-Beroy1:

Nous vous montrons les résultats pour l'échantillon **Beroy1** sous forme de tableau n°24 suivant :

Tableau 24 : Résultats d'analyse ultime de Beroy1

Beroy1	Soufre Total (%)
5G	0,40
5F	0,09
5E	0,12
5D	0,15
5C	0,22
5B	0,21
5A	0,54

-Beroy2 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy2** qui sont uniquement de seam 5 sont montrés par le tableau n°25 qui suit :

Tableau 25 : Résultats d'analyse ultime de Beroy2

Beroy2	Soufre Total (%)
5K	0,64
5J	0,27

5I	0,34
5H	0,12
5G	0,26
5F	0,23
5E	0,07
5D	0,17
5C	0,12
5B	0,23
5A	0,34

-Beroy3 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy3** sur la teneur en soufre total sont montrés par le tableau n°26.

Tableau 26 : Résultats d'analyse ultime de Beroy3

Beroy3	Soufre Total (%)
5D	0,22
5C	0,51
5B	0,23
5A	0,25

-Beroy4 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy4** sont donnés par ce tableau n°27.

Tableau 27 : Résultats d'analyse ultime de Beroy4

Beroy4	Soufre Total (%)
5L	0,50
5K	0,16
5J	0,62
5I	0,12
5H	0,63
5G	0,12
5F	0,38
5E	0,16
5D	0,22
5C	0,14
5B	0,24
5A	0,41

-Beroy5 :

Les résultats pour les échantillons de **Beroy5**, uniquement de seam 5, sont montrés par le tableau n° 28 suivant :

Tableau 28 : Résultats d'analyse ultime de Beroy5

Beroy5	Soufre Total (%)
5M	1,11
5L	0,18
5K	0,37
5J	0,29
5I	0,44
5H	0,11
5G	0,18
5F	0,19
5E	0,17
5D	0,18
5C	0,26
5B	0,61
5A	0,43

-Beroy6 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy6** sur la teneur en soufre des charbons de terre de Sakoa sont montrés par le tableau n°29 ci-après.

Tableau 29 : Résultats d'analyse ultime de Beroy8

Beroy6	Soufre Total (%)
5G	0,21
5F	0,21
5E	0,26
5D	0,17
5C	0,15
5B	0,23
5A	0,62

-Beroy7 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy7** sont montrés par le tableau n°30.

Tableau 30 : Résultats d'analyse ultime de Beroy7

Beroy7	Soufre Total(%)
5D	0,43
5C	0,32

5B	0,50
5A	0,47

-Beroy8 :

Pour l'échantillon **Beroy8**, nous avons les résultats suivants, montrés par le tableau n°31.

Tableau 31 : Résultats d'analyse ultime de Beroy8

Beroy8	Soufre Total (%)
5J	0,73
5I	0,31
5H	0,35
5G	0,34
5F	0,26
5E	0,23
5D	0,15
5C	0,32
5B	0,46
5A	0,28

-Beroy9 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy9** sont montrés par le tableau n°32 qui suit :

Tableau 32 : Résultats d'analyse ultime de Beroy9

Beroy9	Soufre Total (%)
5N	0,33
5M	0,23
5L	1,18
5K	0,23
5J	0,14
5I	0,38
5H	0,05
5G	0,44
5F	0,25
5E	0,20
5D	0,17
5C	0,28
5B	0,27
5A	0,34

III-1-3. Résultats expérimentaux sur la propriété thermique :

Après les analyses sur la teneur en soufre total nous allons donner les résultats sur la propriété thermique (valeur calorifique) sur chaque site de prélèvement et pour chaque échantillon que ce soient de seam 4, seam 5 et seam 6 :

-Sahavazy:

Nous vous montrons les résultats pour l'échantillon **Sahavazy** dans le tableau n°33, échantillons de seam 5 et seam 4 se trouvant à des profondeurs différents du sol.

Tableau 33 : Résultats sur la propriété thermique de Sahavazy

Sahavazy	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5F	4470
5E	4496
5D	4292
5C	994
5B	4031
5A	5650
4C	5931
4B	5264
4A	6708

-Andemby:

Les résultats pour l'échantillon **Andemby** sont montrés par le tableau n°34.

Tableau 34 : Résultats sur la propriété thermique de Andemby

Andemby	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
6A	5193
5BD	4171
5BC	4497
5BB	3397
5BA	4012

-Mavonono:

Les résultats pour l'échantillon **Mavonono** sont illustrés par le tableau n°35 suivant.

Tableau 35 : Résultats sur la propriété thermique de Mavonono

Mavonono	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5BC	4261
5BB	5086
5BA	4391

5AB	3352
5AA	5601
4BC	6769
4BB	6316
4BA	7026
4AB	5515
4AA	4943

-Bevalaha:

Les résultats pour l'échantillon **Bevalaha** sont donnés par le tableau n°36 qui suit :

Tableau 36 : Résultats sur la propriété thermique de Bevalaha

Bevalaha	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5H	1513
5G	4571
5F	1825
5E	4402
5D	5471
5C	4590

5B	5191
5A	5844
4AB	7035
4AA	6668
4BB	5748
4BA	6583

-Beroy1 :

Pour l'échantillon **Beroy1**, les résultats de l'Analyse de la valeur calorifique sont montrés par le tableau n°37 qui suit :

Tableau 37 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy1

Beroy1	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5G	4622
5F	1511
5E	3389
5D	5466
5C	6071
5B	5651
5A	5919

-Beroy2 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy2** sont montrés par le tableau n°38 ci-après.

Tableau 38 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy2

Beroy2	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5K	3799
5J	1689
5I	2385
5H	929
5G	1678
5F	5531
5E	4276
5D	5367
5C	5749
5B	6481
5A	6323

-Beroy3 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy3** sont donnés par le tableau n°39 qui suit :

Tableau 39 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy3

Beroy3	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5D	5052
5C	3308
5B	6310
5A	6842

-Beroy4 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy4**, donnés par le tableau n°40.

Tableau 40 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy4

Beroy4	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5L	6127
5K	846
5J	4552

5I	557
5H	5238
5G	818
5F	4421
5E	1304
5D	4568
5C	4525
5B	5947
5A	6826

-Beroy5 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy5** sont montrés par le tableau n°41 qui suit :

Tableau 41 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy5

Beroy5	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5M	5689
5L	885
5K	4087
5J	1678

5I	4502
5H	1133
5G	3325
5F	4803
5E	5040
5D	5272
5C	5429
5B	5417
5A	4467

-Beroy6 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy6** sont montrés par le tableau n°42 qui suit :

Tableau 42 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy6

Beroy6	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5G	2299
5F	5233
5E	5269
5D	5315
5C	6087
5B	6492
5A	6545

-Beroy7 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy7** sont montrés par le tableau n°43 suivant :

Tableau 43 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy7

Beroy7	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5D	6130

5C	6409
5B	6531
5A	4441

-Beroy8 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy8** sur la valeur calorifique des charbons de terre de Sakoa sont illustrés par le tableau n° 44.

Tableau 44 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy8

Beroy8	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5J	5312
5I	1751
5H	4131
5G	2427
5F	4779
5E	4961
5D	4780
5C	6464
5B	6755
5A	4144

-Beroy9 :

Les résultats pour l'échantillon **Beroy9** sur les valeurs calorifiques du charbon de terre montrés par le tableau no 45.

Tableau 45 : Résultats sur la propriété thermique de Beroy9

Beroy9	Valeur Calorifique (Kcal/Kg)
5N	5317
5M	612
5L	5150
5K	2021
5J	1022
5I	4929
5H	ND*
5G	5113
5F	3784
5E	3161
5D	4984
5C	5211
5B	6069
5A	6344

*ND= non défini

Comme la valeur Calorifique (*Calorific Value*) et la teneur en Cendre (*Ash*) sont inversement proportionnels, nous avons la droite de la forme : $y = -ax + b$ et $R^2 \sim 1$ montrée par la figure n°31 suivant pour illustrer cela :

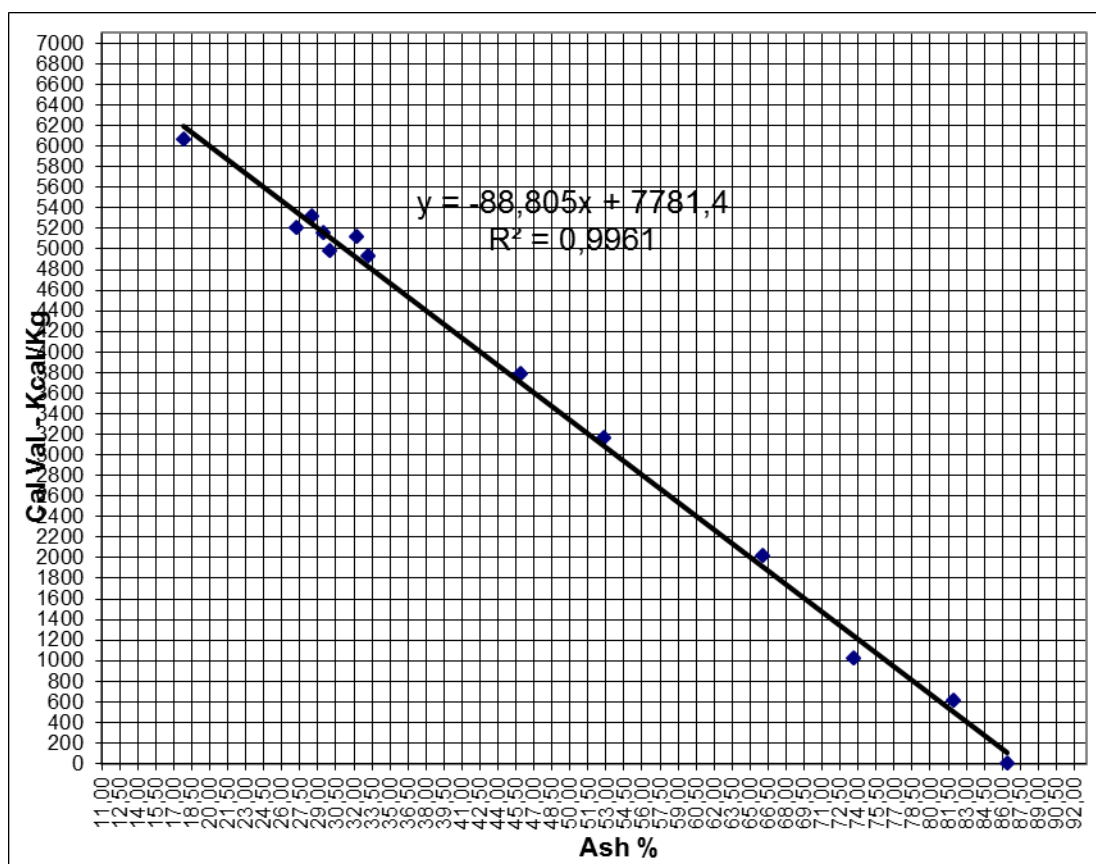


Figure31 : Corrélation entre Calorific value (valeur calorifique) et Ash (cendre)

III-2. Tableaux récapitulatifs des résultats :

Pour bien comprendre ces résultats, nous allons résumer sur ces tableaux tous les résultats sur les « charbon brut » suivant les sites de prélèvement :

-Sahavazy:

Le tableau n°46 récapitulatif des résultats d'analyse pour la zone de Sahavazy :

Tableau 46 : récapitulatif des résultats de Sahavazy

Sahavazy	Densité Relative	Teneur en humidité	Teneur en cendre	Teneur en Mat. Volatile	Teneur en Carbone	Soufre Total	Valeur Calorifique
5F	1,61	0,99	39,98	29,03	30,00	0,48	4470
5E	1,62	0,87	39,10	28,42	31,61	0,65	4496
5D	1,61	0,97	31,83	27,51	39,69	0,37	4292
5C	2,27	0,65	76,35	14,23	8,77	0,07	994
5B	1,72	1,08	43,60	25,19	30,13	0,26	4031
5A	1,50	1,20	26,44	29,52	42,84	0,82	5650
4C	1,52	1,21	22,39	25,87	50,54	0,33	5931
4B	1,59	1,02	25,89	34,55	38,54	1,07	5264
4A	1,41	1,19	15,89	33,97	48,96	0,86	6708

-Andemby:

Nous avons ici tous les résultats des échantillons d'Andemby, groupés dans le tableau n° 47 suivant :

Tableau 47 : récapitulatif des résultats d'Andemby

Andemby	Densité Relative	Teneur en humidité	Teneur en cendre	Teneur en Mat. Volatile	Teneur en Carbone	Soufre Total	Valeur Calorifique
6A	1,54	1,09	35,05	28,14	35,73	0,82	5193
5BD	1,72	1,05	44,33	23,03	31,59	0,74	4171
5BC	1,64	1,10	40,76	23,83	34,32	0,85	4497
5BB	1,82	0,90	50,73	23,26	25,12	0,80	3397
5BA	1,75	1,03	43,89	22,30	32,79	0,59	4012

-Mavonono:

Pour le périmètre de prélèvement de Mavonono, les résultats récapitulatifs sont montrés par le tableau n° 48 :

Tableau 48 : récapitulatif des résultats de Mavonono

Mavonono	Densité Relative	Teneur en humidité	Teneur en cendre	Teneur en Mat. Volatile	Teneur en Carbone	Soufre Total	Valeur Calorifique
5BC	1,69	1,38	43,80	24,07	30,75	0,57	4261
5BB	1,61	1,65	35,21	26,13	37,01	0,34	5086
5BA	1,70	1,41	41,86	27,96	28,77	1,15	4391
5AB	1,84	1,27	54,30	21,15	23,28	2,32	3352
5AA	1,54	1,30	29,97	28,31	40,42	3,56	5601

4BC	1,41	1,50	16,16	25,71	56,63	1,43	6769
4BB	1,45	1,51	19,42	24,05	55,02	0,32	6316
4BA	1,37	1,57	13,13	28,65	56,66	0,38	7026
4AB	1,56	1,18	30,41	25,26	43,15	0,61	5515
4AA	1,61	1,07	33,33	28,45	37,15	0,45	4943

-Bevalaha:

Nous avons aussi des résultats récapitulatifs pour notre charbon prélevé dans la zone de Bevalaha, donnés par le tableau n°49.

Tableau 49 : récapitulatif des résultats de Bevalaha

Bevalaha	Densité Relative	Teneur en humidité	Teneur en cendre	Teneur en Mat. Volatile	Teneur en Carbone	Soufre Total	Valeur Calorifique
5H	2,17	0,91	72,49	13,97	12,63	0,26	1513
5G	1,61	1,32	39,14	23,45	36,09	0,24	4571
5F	2,13	0,97	68,08	12,28	18,67	0,04	1825
5E	1,72	1,34	39,94	19,88	38,84	0,10	4402
5D	1,56	1,46	26,78	24,94	46,82	0,10	5471
5C	1,67	1,67	37,29	18,02	43,02	0,05	4590
5B	1,56	1,65	29,30	22,71	46,34	0,10	5191
5A	1,47	1,77	21,06	25,51	51,66	0,14	5844

4BB	1,47	1,57	25,70	24,76	47,97	0,23	5748
4BA	1,43	1,68	16,09	24,57	57,66	0,23	6583
4AB	1,37	1,84	11,54	26,41	60,22	0,94	7035
4AA	1,41	1,76	15,12	26,53	56,60	0,32	6668

-Beroy7 :

Dans la zone de Beroy, nous avons choisi les échantillons de Beroy7 pour montrer les résultats récapitulatifs, nous avons le tableau n°50.

Tableau 50 : récapitulatif des résultats de Beroy

Beroy7	Densité Relative	Teneur en humidité	Teneur en cendre	Teneur en Mat. Volatile	Teneur en Carbone	Soufre Total	Valeur Calorifique
5D	1,47	1,22	20,99	29,80	47,99	0,43	6130
5C	1,45	1,78	16,60	26,43	55,19	0,32	6409
5B	1,43	1,31	17,78	30,98	49,95	0,50	6531
5A	1,65	1,12	39,20	27,49	32,19	0,47	4441

III-3. Discussions :

III-3-1. Pour l'Analyse d'approximation :

▪ Pour la zone de Sahavazy :

-Teneur en Cendre :

Les échantillons 5F jusqu'à 5B affichent une teneur en Cendres ~40 %, alors que pour le seam 4 : 4C jusqu'à 4A et 5A, la teneur en cendres est de 15-25%.

Nous constatons une nette différence entre le seam 5 et seam 4 sur la teneur en Cendres, ce qui signifie que le seam 4 et 5A sont des charbons de bonnes qualités.

-Teneur Humidité :

Pour le seam 4 et l'échantillon 5A, on a : 1,2% d'humidité, alors que pour le seam 5 c'est moins de 1%, ce qui est normale puisque le seam 4 et 5A se trouve un peu plus profonds dans le sol.

-Teneur en Matière volatile :

Sur tous les échantillons, on a 25-30% de taux de matière volatiles et le seam 4 donne ~30%, donc le seam 4 émette plus de matière volatile que le seam 5, d'où sa valeur calorifique plus élevé, car la matière volatile dégage aussi de l'énergie.

-Teneur en carbone fixe :

Le seam 4 et l'échantillon 5A ont une % en carbone :42-55%

Le seam 5 ont une %Carbone moins de 35%, c'est normale si le seam 5 a une % en carbone moins élevé que le seam 4.

En conclusion, nous constatons par la méthode de Analyse d'approximation pour le Sahavazyque le seam 4 est nettement de bonne qualité que le seam 5, et on a alors deux classes de charbons : Semi-bitumineux pour le seam 4 et 5A, Lignite pour le reste de seam 5.

▪ Pour la région d'Andemby :

-Teneur en cendres :

Nous avons les seam 6 et seam 5 pour cette échantillon avec un taux de 35-45% de cendres, donc on a un la même qualité pour le seam 5 et seam 6.

-Teneur en humidité :

La teneur en humidité pour tous les échantillons sont moins de 1% ce qui est normale puisque ces 2 seam se trouve plus proche de la surface et en plus le climat dans le sud de Madagascar est assez désertique.

-Teneur en Matière Volatile :

Nous avons un taux environ de 25% pour tous les échantillons.

-Teneur en Carbone fixe :

Le taux de Carbone est de 25-35 % pour tous les échantillons, taux assez moyen.

En résumé, les deux catégories de seams : seam5 et seam6 sont un peu près les mêmes catégories de charbons qui sont surtout des lignites, sauf pour le 6A.

▪ **Pour le périmètre de Mavonono :**

-Teneur en cendres :

Pour le seam4, on a 10-30% de cendres alors que pour le seam5, on a un taux plus élevé de cendre 30-50%. Donc aura sûrement deux qualités différentes de charbons.

-Teneur en humidité :

L'humidité de l'échantillon pour cette région est de 1-1,5% qui est normale vue la manque d'eau.

-Teneur en carbone fixe :

Pour le seam 4 : 50-55 %

Pour le seam 5 : 30-40%

En Conclusion, par rapport au taux de carbones, nous avons deux classes de Charbons : semi-bitumineux (seam 4) et lignite (seam5).

▪ **Pour la zone de Bevalaha :**

-Teneur en cendres :

Pour le seam5, le taux est de 20-40% sauf pour 5F et 5H : ~ 70% : très élevés.

Pour le seam4, le taux est de 10-20%

-Teneur en humidité :

Notre échantillon présente 1-1,90% qui est normale. Le pourcentage supérieur pour le seam4 par rapport au seam5 est normale parce le seam4 se trouve un peu plus en profondeur.

-Teneur en Matière volatile :

Le seam4 : 25% et le seam5 : 20% est normale car le seam4 émette toujours plus de Matière volatile que le seam5.

-Teneur en Carbone fixe :

Pour le seam4, on a ~60-50% de carbone et pour le seam5, on a ~40% de carbone. Pour les deux seam nous avons de charbons assez homogènes et de bonne qualité.

Pour conclure, le Charbon sur la zone de périmètre de Bevalaha est de qualité assez bonne puisque on a presque des charbons semi-bitumineux pour le seam4 et quelques échantillons du seam5 sont de lignites, sauf pour 5H et 5F qui ne sont plus de charbons.



▪ Pour la région de Beroy 1 et 2 :

-Teneur en cendres :

Ces sont tous de seam5, mais qui se divise clairement en deux. Les échantillons 5K jusqu'à 5G montrent : 50-75% de cendres.

Alors que, les échantillons 5F jusqu'à 5A ne présente que : 15-25% de cendres.

-Teneur en humidité :

5K jusqu'à 5G : inférieur à 1%

5F jusqu'à 5A : supérieur à 1% à cause de son profondeur par rapport au premier groupe.

-Teneur en matières volatile :

5K jusqu'à 5G : moins de 20%

5F jusqu'à 5A : ~25%

-Teneur en Carbone fixe :

5F jusqu'à 5A : on a, 40 – 60% de carbone, montre que c'est un charbon de bon qualité.

5K jusqu'à 5G : charbon de mauvais qualité avec moins de 30% de carbone.

Pour conclure, le charbon sur la zone de périmètre de Beroy1 et 2 est seulement de seam5 qui se sépare nettement en deux classes de charbons : les semi-bitumineux (en profondeur) et les lignites (plus proche de la surface).

▪ Pour la région de Beroy 3 - 9 :

Dans cette partie de Beroy, les échantillons se trouvent assez peu profond dans le sol et on a seulement de charbon seam5.

-Teneur en cendres :

Nous constatons de taux assez faible, avec de pourcentage en cendres 10-30% qui caractérisent un bon charbon.

-Teneur en humidité :

La teneur pour cette région est assez semblable environ 1% pour tous les échantillons.

-Teneur en matières volatile :

Pour tous les échantillons, on a environs 30 % d'émissions de matières volatiles qui sont des valeurs assez raisonnables.

-Teneur en Carbone fixe :

On voit 50 – 60% de carbone pour tous les échantillons, donc des charbons de bonnes qualités.

En conclusion, le charbon sur la zone de périmètre de Beroy3-9 est seulement de seam5 puisque il est peu profond dans le sol (open cast).

Ces Charbons de cette région sont à peu près les mêmes caractéristiques : le taux en cendres faible, le pourcentage en carbones élevés, donc on a de charbons semi-bitumineux de bonnes qualités.

III-3-2. Pour l'Analyse ultime : La teneur en soufre.

▪ Pour la zone de Sahavazy et Mavonono:

Pour le Charbon dans ces régions, on constate un taux inférieur à 1% (*Norme/max.=6%*)[28], ce qui est intéressant parce qu'il ne risque pas d'émettre une quantité énorme de soufre total sur l'environnement et ne risque pas de créer des maladies pour l'homme. Donc on pourrait l'exploiter industriellement et le commercialiser.

▪ Pour la zone d'Andemby :

Pour le Charbon dans la région d'Andemby, le taux en soufre total est inférieur à 0,8% (*Norme/max.=6%*)[28], donc pas de risques pour la santé et l'environnement, ce charbon est commerciable et acceptable par les industriels.

▪ Pour la zone de Bevalaha et Beroy :

Nous avons prélevé ~0,3% de soufre total pour chaque échantillon, donc il n'y a pas de risques d'émission forte de sulfure sur l'environnement.

En Conclusion, pour notre charbon dans le bassin de Sakoa, ce taux se situe entre 0,3% jusqu'à 1% sauf pour un ou deux exceptions à 2%. Donc notre charbon ne présente pas de risques environnemental et sanitaire.

III-3-3. Pour la propriété thermique : La valeur calorifique.

▪ Pour la zone de Sahavazy :

Pour le seam4 et 5A : la valeur calorifique est de 5200-6700Kcal/Kg, qui est une valeur élevée donc d'après la classification du charbon, ce sont des charbons semi-bitumineux.

Par contre, pour le seam5, on a ~ 4500Kcal/Kg, c'est une valeur assez moyenne et correspond à la valeur calorifique des Charbons lignites.

▪ Pour la zone d'Andemby :

Nous constatons la présence de deux seam : seam5 et seam6 qui ont un peu près la même valeur calorifique environ 4000Kcal/Kg donc c'est du lignite, sauf pour 6A : semi-bitumineux.

▪ Pour la zone de Mavonono, Bevalaha et Beroy1&2:

A part l'échantillon Mavonono /5AB : 3000Kcal/Kg et Bevalaha /5Het 5F : valeur calorifique très faible, ce n'est plus de charbon.

On a des échantillons avec des valeurs calorifiques moyennes pour le Seam5 : ~4500Kcal/Kg et

valeurs calorifiques élevés pour le Seam4: 5200-7000Kcal/Kg. Ce qui montre qu'on a 2 classes de charbons : Lignite et semi-bitumineux.

▪ **Pour la zone de Beroy3 à 9 :**

Cette partie de Beroy présente des charbons de bonnes qualités avec des valeurs calorifiques élevées d'environ 5000 Kcal/Kg - 6500Kcal/Kg et en plus, ils ne sont pas très profond dans le sol puisque ce sont de seam5. On a des charbons semi-bitumineux.

En résumé, pour le charbon du bassin de Sakoa, on trouve pour les régions autres que Beroy des échantillons avec des seam4, seam5, seam6 qui se trouve à des profondeurs différentes. On a pu constater que les valeurs calorifiques pour les seam 6 et 5 sont à peu près les mêmes : environ 4000-5000Kcal/Kg, alors que pour le seam4 un peu plus élevés : 5500-7000Kcal/Kg. Donc pour notre charbon on a deux types de charbons : semi-bitumineux et lignite.

Ainsi donné dans ce chapitre les résultats sur les charbons bruts, maintenant nous allons passer au chapitre qui traite la technique d'amélioration du charbon par la technique de lavage par flottation.

**CHAPITRE IV : MISE EN PLACE
D'UNE METHODE PERMETTANT
D'AMELIORER LA QUALITE DU
CHARBON**

CHAPITRE IV : MISE EN PLACE D'UNE METHODE PERMETTANT D'AMELIORER LA QUALITE DU CHARBON

IV-1. Technique de lavage par flottation :

L'objectif de ce chapitre est le traitement des charbons bruts par la technique physico-chimique de lavage pour améliorer la qualité du charbon. Il est à admettre qu'aucun processus de lavage ne peut s'appliquer de façon universelle. Chaque procédé a ses limites et dépend d'une part des intérêts scientifique et commercial de l'exploitant et d'autre part de l'aspect géologique du charbon.

La présente méthode d'essai que nous avons adopté décrit les procédures pour déterminer la qualité des charbons en fonction de leur propre densité.

Chaque échantillon fractionné et testé peut avoir autant de particules de charbon à 25 mm que de particules fines à 0,5 mm

Les réactifs et matériels étant mentionnés dans la partie méthodologique.

La solution préalablement préparée, agitée et bien homogénéisée, pour une densité voulue est placée dans l'hydrocyclone.

Le charbon brut provenant de la salle de préparation est introduit dans la solution de l'hydrocyclone.

Il faut attendre environ deux minutes avant que les échantillons qui ont une densité inférieure à la solution flottent et ceux qui ont une densité supérieure à la solution coulent. Afin de séparer les échantillons qui ont flottés de ceux qui ont coulés, on ferme le clapet de l'hydrocyclone.

Les échantillons recueillis de la première fraction sont obtenus, notés F (*Float*) avec la densité correspondante. Les échantillons qui ont coulés seront aussi recueillis et réutilisés dans une deuxième solution avec une autre densité qui est supérieure à la première, avec laquelle on remplace la solution dans l'hydrocyclone.

Cette opération se répète jusqu'à ce qu'on obtienne le coulé final de plus haute densité, noté S (*Sink*).

Avant de passer à l'analyse finale de contrôle qualité, une succession de pesage et séchage à l'air ambiant puis à l'étuve s'effectue jusqu'à ce que les fractions d'échantillons atteignent la masse constante.

IV-2. Résultats expérimentaux sur le lavage du charbon :

Les analyses des échantillons sur la technique de lavage par flottation du charbon pour chaque site, nous a donné les résultats suivants, en forme de tableaux.

-Sahavazy:

Les résultats des fractions de Sahavazy/5F est donnés par le tableau n°51.

Tableau 51 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5F

Sahavazy / 5F	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	474	22,6	2,13	14,14	34,07	49,66	0,61	6809
F1.50	469	22,3	1,83	23,98	31,44	42,75	0,70	5993
F1.60	178	8,5	1,75	29,87	29,98	38,40	0,81	5257
F1.70	66	3,1	1,56	37,19	27,06	34,19	0,81	4406
F1.80	173	8,2	1,54	45,51	21,00	31,95	0,35	3763
F1.90	167	7,9	1,41	48,97	20,93	28,69	0,28	3283
F2.00	106	5,1	1,34	55,78	17,00	25,88	0,22	2719
S2.00	469	22,3	1,07	79,49	11,06	8,38	0,47	560

Les résultats des fractions de la région de Sahavazy, échantillon 5E noté *Sahavazy/5E* sont donnés par le tableau n°52 suivant :

Tableau 52 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5E

Sahavazy / 5E	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	346	13,6	1,84	13,47	33,78	50,91	0,55	6899
F1.50	450	17,7	1,59	21,29	32,72	44,40	0,65	6104

F1.60	281	11,0	1,50	27,67	30,92	39,91	0,61	5229
F1.70	333	13,0	1,36	39,18	25,40	34,06	0,82	4471
F1.80	358	14,0	1,27	45,66	21,28	31,79	0,44	3864
F1.90	345	13,5	1,17	52,26	18,70	27,87	0,45	3255
F2.00	200	7,8	1,17	57,84	15,98	25,01	0,33	2736
S2.00	237	9,3	0,96	75,79	11,81	11,44	0,45	1003

Les résultats des fractions de Sahavazy/5D sont montrés par le tableau n°53.

Tableau 53 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5D

Sahavazy / 5D	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	245	12,1	1,48	12,92	34,78	50,82	0,55	6944
F1.50	503	24,8	1,27	22,92	32,04	43,77	0,49	5998
F1.60	314	15,5	1,36	29,58	26,99	42,07	0,47	5334
F1.70	185	9,1	1,23	35,54	26,27	36,96	0,44	4616
F1.80	115	5,7	0,95	43,77	24,33	30,95	0,70	3838
F1.90	177	8,7	1,01	52,66	19,73	26,60	0,45	3187
F2.00	110	5,4	0,87	59,64	17,03	22,46	0,32	2467
S2.00	378	18,6	0,75	73,19	14,66	11,40	0,16	1075

Le tableau n°54 nous donne les résultats des fractions de Sahavazy/5C :

Tableau 54 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5C

Sahavazy / 5C	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.70	164	5,4	1,24	39,93	25,16	33,67	0,24	4296
F1.80	285	9,4	1,33	43,65	19,23	35,79	0,20	3946
F1.90	301	9,9	1,29	49,59	16,58	32,54	0,15	3417
F2.00	285	9,4	1,03	55,81	15,97	27,19	0,13	2767
S2.00	2014	66,1	1,26	79,75	10,94	8,05	0,05	393

Le tableau n°55 illustre les résultats du charbon de terre des fractions de Sahavazy/5B.

Tableau 55 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5B

Sahavazy / 5B	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	285	6,3	1,83	14,73	33,52	49,92	0,35	6712
F1.50	604	13,4	1,77	21,64	30,98	45,61	0,29	6085
F1.60	401	8,9	1,65	29,07	28,55	40,73	0,32	5294
F1.70	544	12,1	1,62	35,27	21,89	41,22	0,22	4697
F1.80	747	16,5	1,54	42,09	18,14	38,23	0,17	4075
F1.90	406	9,0	1,45	49,45	17,63	31,47	0,08	3432
F2.00	403	8,9	1,14	54,97	15,73	28,16	0,15	2738
S2.00	1124	24,9	1,01	70,30	14,32	14,37	0,09	1533

Les résultats des fractions de Sahavazy/5A sont montrés dans le tableau n°56.

Tableau 56 : Résultats des fractions pour Sahavazy/5A

Sahavazy / 5A	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	895	20,6	1,72	12,57	33,57	52,14	0,40	6931
F1.50	983	22,6	1,49	19,90	29,34	49,27	0,48	6221
F1.60	1226	28,2	1,52	25,68	23,34	49,46	0,55	5594
F1.70	805	18,5	1,56	34,21	20,36	43,87	0,46	4845
F1.80	309	7,1	1,38	41,60	20,81	36,21	1,01	4094
F2.00	78	1,8	1,09	47,91	26,96	24,04	2,27	3336
S2.00	47	1,1	0,85	61,83	19,63	17,69	11,00	2455

Les fractions de Sahavazy/4C sont données par le tableau n°57.

Tableau 57 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4C

Sahavazy/4 C	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	1176	35,7	1,87	9,48	24,99	63,66	0,29	7073
F1.50	950	28,8	2,03	14,32	22,56	61,09	0,31	6585
F1.60	336	10,2	1,70	24,38	22,90	51,02	0,39	5631
F1.70	182	5,5	1,67	32,59	18,54	47,20	0,71	4894
F1.90	134	4,1	1,49	42,31	18,45	37,75	0,35	3863
F2.00	168	5,1	1,03	54,97	16,75	27,25	0,16	2759
S2.00	349	10,6	0,91	69,65	12,90	16,54	5,19	1421

On a les résultats des fractions de Sahavazy/4B, illustrés par le tableau n°58.

Tableau 58 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4B

Sahavazy / 4B	Masse (g)	Rendement (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	984	26,9	1,82	8,88	29,29	60,01	0,42	7193
F1.50	881	24,1	1,80	13,16	23,38	61,66	0,40	6615
F1.60	464	12,7	1,61	21,99	24,15	52,25	0,61	5749
F1.70	163	4,5	1,32	27,45	31,02	40,21	0,85	4851
F1.80	152	4,2	1,17	31,31	32,43	35,09	0,29	3924
F1.90	158	4,3	1,37	35,86	32,99	29,78	0,53	3471
F2.00	218	6,0	0,98	44,02	34,01	20,99	0,41	3009
S2.00	637	17,4	0,59	53,74	36,65	9,02	0,30	1821

Les résultats des fractions de Sahavazy/4A sont ainsi montrés par le tableau n°59.

Tableau 59 : Résultats des fractions pour Sahavazy/4A

Sahavazy / 4A	Masse (g)	Rendement (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	2129	59,4	1,54	10,34	31,41	56,71	0,31	6982
F1.50	1034	28,9	1,66	15,36	26,86	56,12	0,38	6342
F1.60	147	4,1	1,53	25,96	25,67	46,84	0,56	5234
F2.00	144	4,0	1,17	42,40	31,04	25,39	3,43	4516
S2.00	127	3,5	0,56	63,40	34,60	1,44	17,56	2682

-Andemby:

Les résultats des fractions d'Andemby/6A, sur le tableau n° 60a ci-après.

Tableau 60a : Résultats des fractions pour Andemby/6A

Andemby /6A	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.35								
F1.40	346	11,3	1,31	14,26	34,55	49,88	0,59	6993
F1.45	451	14,8	1,29	22,00	32,40	44,31	0,62	6310
F1.50	450	14,7	1,33	26,38	30,47	41,82	0,68	5952
F1.55	482	15,8	1,21	31,53	29,53	37,73	0,61	5469
F1.60	472	15,4	1,04	35,89	28,71	34,36	0,60	5077
F1.65	235	7,7	1,11	40,75	26,58	31,56	1,22	4687
F1.70								
F1.80								
F1.90								
F2.00	366	12,0	1,17	48,83	23,36	26,64	1,85	3916
S2.00	253	8,3	1,60	75,41	12,03	10,96	1,03	1177

Les résultats des fractions d'Andemby/5BD, sur le tableau n° 60b ci-après.

Tableau 60b : Résultats des fractions pour Andemby/5BD

Andemby /5BD	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.35								
F1.40	968	22,1	1,25	11,49	34,53	52,73	0,61	7139
F1.45	416	9,5	1,12	18,31	33,16	47,41	0,76	6531
F1.50	217	5,0	1,04	23,18	32,07	43,71	1,12	6093
F1.55								

F1.60	296	6,8	1,07	30,38	29,79	38,76	0,91	5294
F1.65	230	5,3	0,97	34,38	26,12	38,53	0,87	4970
F1.70								
F1.80	360	8,2	0,97	39,49	24,15	35,39	1,37	4514
F1.90								
F2.00								
F2.10	414	9,5	0,85	59,14	18,61	21,40	1,45	2607
S2.10	1469	33,6	0,74	74,22	14,17	10,87	0,66	1204

Les fractions d'Andemby/5BC sont données par le tableau n°61.

Tableau 61 : Résultats des fractions pour Andemby/5BC

Andemby /5BC	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.35	498	18,2	1,38	9,73	35,19	53,70	0,62	7314
F1.40	343	12,5	1,30	16,72	32,85	49,14	0,77	6689
F1.45	274	10,0	1,18	21,35	30,97	46,50	1,02	6231
F1.50								
F1.55	158	5,8	1,13	26,77	29,02	43,08	1,03	5693
F1.60								
F1.65								
F1.70	296	10,8	1,13	34,26	23,92	40,69	1,04	4968
F1.80								
F1.90	422	15,5	1,04	48,97	18,92	31,07	0,63	3611
F2.00								
F2.10	118	4,3	0,86	59,76	17,44	21,94	0,93	2536
S2.10	623	22,8	0,83	74,61	13,33	11,23	1,31	1085

Les résultats des fractions d'Andemby/5BB sont les suivant, donnés par le tableau n°62.

Tableau 62 : Résultats des fractions pour Andemby/5BB

Andemby /5BB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.35	344	8,7	1,48	9,84	36,51	52,17	0,77	7323
F1.40								
F1.45	344	8,7	1,23	18,43	33,97	46,37	1,06	6538
F1.50								
F1.55	276	7,0	1,13	27,98	31,32	39,57	1,16	5627
F1.60								
F1.65	223	5,7	1,16	36,16	29,84	32,84	1,15	4806
F1.70								
F1.80	421	10,7	1,07	44,79	24,23	29,91	0,85	3993
F1.90	443	11,3	1,03	52,21	21,01	25,75	0,77	3251
F2.00	293	7,5	0,97	57,01	21,82	20,20	0,62	2706
F2.10	667	17,0	0,90	63,28	20,41	15,41	0,55	2103
S2.10	921	23,4	0,77	72,33	20,79	6,11	0,76	871

Les fractions de Andemby/5BA sont donnés par le tableau n°63.

Tableau 63 : Résultats des fractions pour Andemby/5BA

Andemby /5BA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.35								
F1.40								
F1.45	453	7,7	1,20	16,02	33,12	49,66	0,56	6623
F1.50	264	4,5	1,12	21,73	31,85	45,30	0,73	6102
F1.55	233	3,9	1,08	25,97	28,97	43,98	0,65	5695

F1.60	266	4,5	1,08	29,72	26,87	42,33	0,79	5315
F1.65	290	4,9	1,03	33,10	24,54	41,33	0,60	4968
F1.70	505	8,6	1,11	36,89	22,70	39,30	0,61	4640
F1.80	1267	21,5	1,12	41,73	19,15	38,00	0,44	4178
F1.90	674	11,4	0,98	49,07	17,65	32,30	0,63	3566
F2.00	524	8,9	0,88	55,82	16,54	26,76	0,66	2931
F2.10	304	5,1	0,86	62,11	16,66	20,37	0,55	2267
S2.10	1125	19,1	0,79	72,28	16,24	10,69	0,71	1213

-Mavonono:

Les résultats des analyses des fractions de Mavonono/ 5BC illustrés par le tableau n°64.

Tableau 64 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BC

Mavonono/ 5BC	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	142	9,1	1,37	15,21	31,93	51,49	0,49	6896
F1.50	356	22,8	1,16	23,88	30,52	44,44	0,43	6087
F1.60	229	14,7	1,13	30,74	28,70	39,43	0,62	5467
F1.70	74	4,8	1,03	40,06	25,41	33,50	0,74	4636
F1.80	189	12,1	1,10	49,14	22,38	27,38	0,87	3852
F1.90	133	8,5	1,15	54,82	20,03	24,00	0,22	3261
F2.00	45	2,9	1,28	58,74	17,14	22,84	0,21	2823
S2.00	394	25,2	1,26	74,60	11,34	12,80	0,29	1348

Après les analyses, les résultats des fractions de Mavonono/ 5BB sont donnés par le tableau n°65.

Tableau 65 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BB

Mavonono /5BB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	921	19,6	1,51	15,46	32,10	50,93	0,44	6629
F1.50	1075	22,9	1,20	24,59	29,89	44,32	0,40	6041
F1.60	975	20,8	1,14	33,44	27,36	38,06	0,37	5235
F1.70	578	12,3	1,00	41,10	23,95	33,95	0,45	4583
F1.80	311	6,6	1,14	47,02	21,04	30,80	0,77	3977
F1.90	176	3,8	1,25	54,74	18,57	25,44	0,59	3220
F2.00	71	1,5	1,26	60,67	17,30	20,77	0,98	2605
S2.00	587	12,5	1,39	73,76	11,97	12,88	0,47	1369

Les résultats des fractions de Mavonono/ 5BA sont donnés par le tableau n°66.

Tableau 66 : Résultats des fractions pour Mavonono /5BA

Mavonono/ 5BA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	249	24,0	1,53	16,13	33,62	48,72	0,62	6779
F1.50	226	21,9	1,25	24,08	31,93	42,74	0,74	6100
F1.60								
F1.70	102	9,8	1,07	36,75	28,72	33,46	1,03	4970
F1.80								
F1.90								
F2.00	76	7,3	0,85	53,20	24,91	21,04	1,26	3427
S2.00	382	36,9	0,64	78,03	16,91	4,42	0,20	738

Après les analyses nous avons les résultats des fractions de Mavonono /5AB, montres par le tableau n°67.

Tableau 67 : Résultats des fractions pour Mavonono /5AB

Mavonono /5AB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	206	5,8	1,38	16,72	32,14	49,76	0,62	6769
F1.50	359	10,1	1,33	24,77	29,67	44,23	0,62	6053
F1.60	440	12,4	1,21	33,26	26,04	39,49	0,85	5290
F1.70	281	7,9	1,13	40,50	24,21	34,16	1,03	4627
F1.80	161	4,6	1,21	46,69	20,93	31,17	1,29	4042
F1.90	298	8,4	1,12	54,54	18,62	25,72	1,23	3258
F2.00	274	7,7	1,13	59,90	19,39	19,58	1,66	2763
S2.00	1519	42,9	1,05	76,48	15,78	6,69	2,67	1266

Les résultats des fractions de Mavonono/ 5AA, donnés par le tableau n°68.

Tableau 68 : Résultats des fractions pour Mavonono /5AA

Mavonono/ 5AA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	885	44,2	1,42	15,43	32,87	50,28	0,78	6912
F1.50	127	6,4	1,38	23,58	30,83	44,21	0,84	6173
F1.60	265	13,2	1,31	31,46	26,95	40,28	1,49	5427
F1.70	138	6,9	1,19	40,35	23,28	35,18	1,88	4617
F1.80	76	3,8	1,22	45,71	19,91	33,16	1,41	4140
F1.90								
F2.00	142	7,1	1,25	56,77	17,46	24,52	1,78	3085
S2.00	370	18,5	0,89	66,94	15,70	16,47	8,61	1891

Les résultats des analyses des fractions de Mavonono/ 4BC sont résumées dans le tableau n°69

Tableau 69 : Résultats des fractions pour Mavonono /4BC

Mavonono/ 4BC	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	1854	66,6	1,62	9,54	28,64	60,20	0,37	7245
F1.50	461	16,6	1,61	16,09	22,94	59,36	0,74	6614
F1.60	189	6,8	1,46	23,91	21,71	52,92	1,56	5923
F1.70	72	2,6	1,17	33,43	23,48	41,92	4,68	5251
S1.70	208	7,5	0,74	50,77	17,17	31,32	9,98	3498

Nous avons dans le tableau n°70 les résultats des fractions de Mavonono/ 4BB.

Tableau 70 : Résultats des fractions pour Mavonono/ 4BB

Mavonono/ 4BB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	1346	36,7	1,64	11,17	24,77	62,42	0,21	6994
F1.50	1173	32,0	1,54	14,63	23,81	60,02	0,25	6663
F1.60	450	12,3	1,57	26,77	19,12	52,54	0,30	5586
F1.70	524	14,3	1,52	30,62	17,37	50,49	0,21	5329
S1.70	171	4,7	0,46	53,83	34,39	11,32	0,10	1470

Les résultats des analyses des fractions de Mavonono/ 4BA sont regroupés dans le tableau n°71.

Tableau 71 : Résultats des fractions pour Mavonono /4BA

Mavonono/ 4BA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	2543	79,5	1,53	9,24	28,72	60,51	0,24	7310
F1.50	358	11,2	1,45	16,64	24,93	56,98	0,28	6453
F1.70	167	5,2	1,16	31,97	23,87	43,00	0,41	5136
S1.70	130	4,1	0,86	51,80	19,64	27,70	0,56	3529

Après les analyses, nous avons les résultats des fractions de Mavonono/ 4AB dans le tableau n°72.

Tableau 72 : Résultats des fractions pour Mavonono /4AB

Mavonono/ 4AB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	558	13,3	1,31	14,11	32,38	52,20	0,38	7056
F1.50	1090	25,9	1,25	20,10	26,90	51,75	0,36	6424
F1.60	1009	24,0	1,29	28,13	24,44	46,14	0,42	5676

F1.70	726	17,3	1,06	37,06	20,10	41,78	0,58	4926
F1.80	468	11,1	0,91	46,69	19,14	33,26	0,37	4041
F1.90	133	3,2	0,80	57,27	19,08	22,85	0,75	2858
S2.00	225	5,3	0,58	70,33	23,34	5,75	2,28	1414

Les résultats des fractions de Mavonono/ 4AA sont ainsi donnés dans le tableau n°73 suivant :

Tableau 73 : Résultats des fractions pour Mavonono /4AA

Mavonono / 4AA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	611	12,0	1,29	13,00	30,81	54,90	0,37	7074
F1.50	1562	30,7	1,22	20,09	29,05	49,64	0,47	6368
F1.60	752	14,8	1,07	29,77	27,00	42,16	0,46	5484
F1.70	578	11,4	0,99	38,90	23,87	36,24	0,39	4643
F1.80	409	8,0	0,98	46,47	20,74	31,81	0,88	3994
F1.90	385	7,6	1,01	52,32	17,10	29,57	0,22	3414
F2.00	107	2,1	0,91	59,75	20,67	18,67	0,43	2590
S2.00	680	13,4	0,51	60,98	30,43	8,08	0,10	1018

-Bevalaha:

Après les analyses au laboratoire nous avons obtenu les résultats des fractions de Bevalaha/ 5A.
Ceci est donné par le tableau n°74.

Tableau 74 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5A

Bevalaha / 5A	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	1075	34,6	1,72	12,25	31,27	54,76	0,17	6925
F1.50	684	22,0	1,71	17,73	26,84	53,72	0,15	6289
F1.60	796	25,6	1,84	23,61	20,98	53,57	0,11	5710

F1.70	345	11,1	1,90	31,68	20,97	45,45	0,15	4985
F1.80	79	2,5	1,57	36,32	24,93	37,18	0,08	4272
S1.90	126	4,1	1,12	47,08	39,02	12,78	1,02	2598

Les résultats des analyses des fractions du charbon de terre de Bevalaha/ 5B sont donnés par le tableau n°75.

Tableau 75 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5B

Bevalaha / 5B	Masse (g)	Rendement (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbone (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	188	5,4	1,51	14,87	29,85	53,77	0,26	6538
F1.50	900	25,7	1,86	18,61	24,51	55,02	0,21	6216
F1.60	855	24,5	1,90	24,61	21,71	51,78	0,18	5593
F1.70	803	23,0	1,86	32,25	17,85	48,04	0,17	4883
F1.80	309	8,8	1,82	39,02	17,37	41,79	0,16	4210
F1.90	201	5,7	1,64	44,45	15,44	37,50	0,17	3686
F2.00	57	1,6	1,13	45,42	27,65	26,77	0,25	2822
S2.00	184	5,3	0,79	58,34	22,59	18,28	0,08	1779

Nous avons les résultats des fractions de Bevalaha/ 5C, établies dans le tableau n°76.

Tableau 76 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5C

Bevalaha/ 5C	Masse (g)	Rendement (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbone (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40								
F1.50	171	4,4	2,16	19,31	26,52	52,01	0,23	6094
F1.60	854	21,8	2,15	24,88	21,17	51,80	0,18	5556
F1.70	1350	34,5	2,01	31,76	17,12	49,11	0,17	4936
F1.80	767	19,6	1,82	40,25	14,66	43,27	0,17	4184

F1.90	363	9,3	1,62	48,28	13,88	36,22	0,16	3517
F2.00	80	2,0	1,57	54,51	13,30	30,62	0,14	2900
S2.00	334	8,5	1,19	70,79	10,15	17,87	0,12	1660

Nous allons donner dans le tableau n°77 les résultats des fractions de Bevalaha/ 5D.

Tableau 77 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5D

Bevalaha/ 5 D	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	391	10,7	1,86	10,14	32,37	55,63	0,22	7098
F1.50	554	15,2	1,90	18,51	29,13	50,46	0,15	6206
F1.60	1123	30,8	2,22	25,05	24,37	48,36	0,12	5556
F1.70	921	25,3	1,61	31,45	21,86	45,08	0,09	5007
F1.80	242	6,6	1,94	37,27	24,95	35,84	0,08	4198
F1.90	281	7,7	1,45	40,18	29,22	29,15	0,01	3641
F2.00	73	2,0	1,63	46,60	27,73	24,04	0,05	2977
S2.00	60	1,6	1,44	57,59	23,60	17,37	0,08	2117

Nous avons les résultats des fractions de Bevalaha/ 5 E dans le tableau n°78.

Tableau 78 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5E

Bevalaha / 5E	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	182	5,2	2,10	14,80	31,38	51,72	0,16	6679
F1.50	225	6,4	1,79	20,60	27,88	49,73	0,13	6129
F1.60	423	12,0	1,75	25,80	24,96	47,49	0,11	5602
F1.70	773	22,0	1,70	33,48	19,73	45,09	0,10	4940
F1.80	550	15,7	1,50	41,74	17,32	39,44	0,08	4246

F1.90	740	21,1	1,28	49,49	15,56	33,67	0,14	3577
F2.00	365	10,4	1,32	56,51	14,26	27,91	0,09	2732
S2.00	254	7,2	1,09	66,28	13,54	19,09	0,05	1825

Les résultats des fractions de Bevalaha/ 5F, sont montrés dans le tableau n°79.

Tableau 79 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5F

Bevalaha / 5F	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.90	147	12,4	1,30	50,11	14,64	33,95	0,08	3569
F2.00	289	24,3	1,25	57,18	14,14	27,43	0,07	2987
S2.00	751	63,3	0,88	74,16	11,82	13,14	0,04	1230

Nous avons obtenu les résultats des analyses des fractions de Bevalaha/ 5G dans le tableau n°80.

Tableau 80 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5G

Bevalaha/ 5 G	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	611	18,5	1,58	14,20	32,26	51,96	0,39	6835
F1.50	610	18,4	1,44	22,06	29,79	46,71	0,30	6054
F1.60	471	14,2	1,19	31,08	25,72	42,01	0,25	5299
F1.70	371	11,2	1,06	37,28	23,11	38,55	0,20	4688
F1.80	303	9,2	0,99	47,17	19,85	31,99	0,26	3836
F1.90	269	8,1	1,15	52,82	18,11	27,92	0,13	3290
F2.00	226	6,8	1,21	58,60	16,78	23,41	0,12	2623
S2.00	446	13,5	0,92	67,60	16,56	14,92	0,11	1726

Les résultats des fractions de Bevalaha/ 5H sont ainsi donnés par le tableau n°81 qui suit :

Tableau 81 : Résultats des fractions pour Bevalaha /5H

Bevalaha / 5H	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	136	11,7	1,90	18,85	33,43	45,82	0,78	6349
F2.00	113	9,7	1,26	36,10	28,17	34,47	1,30	4807
S2.00	916	78,6	0,75	85,18	10,03	4,04	0,02	7

Nous allons montrer dans le tableau n°82 les résultats des fractions du charbon de terre de la région Bevalaha noté *Bevalaha/ 4AA*.

Tableau 82 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4AA

Bevalaha / 4AA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	1193	38,4	1,67	9,07	31,37	60,42	0,29	7227
F1.50	1551	50,0	1,61	14,02	23,95	57,89	0,20	6577
F1.60								
F1.70	228	7,4	1,25	27,09	27,09	44,57	0,20	5430
F1.80	60	1,9	1,04	31,63	34,45	32,88	0,48	4463
S1.80	70	2,3	0,79	49,52	35,40	14,29	0,16	2369

Après les analyses de recherches, nous avons pu obtenir les résultats des fractions de Bevalaha/ 4AB, donnés par le tableau n°83.

Tableau 83 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4AB

Bevalaha/ 4 AB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	2583	90,3	1,87	8,97	26,79	62,37	0,22	7116
F1.50	222	7,8	1,76	15,25	26,58	56,41	0,27	6501
S1.50	57	2,0	1,46	26,95	32,49	39,10	0,87	5075

Les échantillons des fractions de Bevalaha/ 4BA, après les analyses, nous a permis de dresser le tableau n°84 montrant les résultats suivants :

Tableau 84 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4BA

Bevalaha/ 4 BA	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidité (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
F1.40	581	31,2	30,28	10,05	30,28	29,39	0,34	7017
F1.50	1152	61,9	2,02	15,56	22,19	60,23	0,24	6445
F1.60	74	4,0	1,79	22,51	22,26	53,44	0,22	5796
S1.60	54	2,9	1,49	40,27	19,81	38,43	0,62	4290

Nous allons donner les résultats des analyses des fractions de Bevalaha/ 4BB dans le tableau n° 85.

Tableau 85 : Résultats des fractions pour Bevalaha /4BB

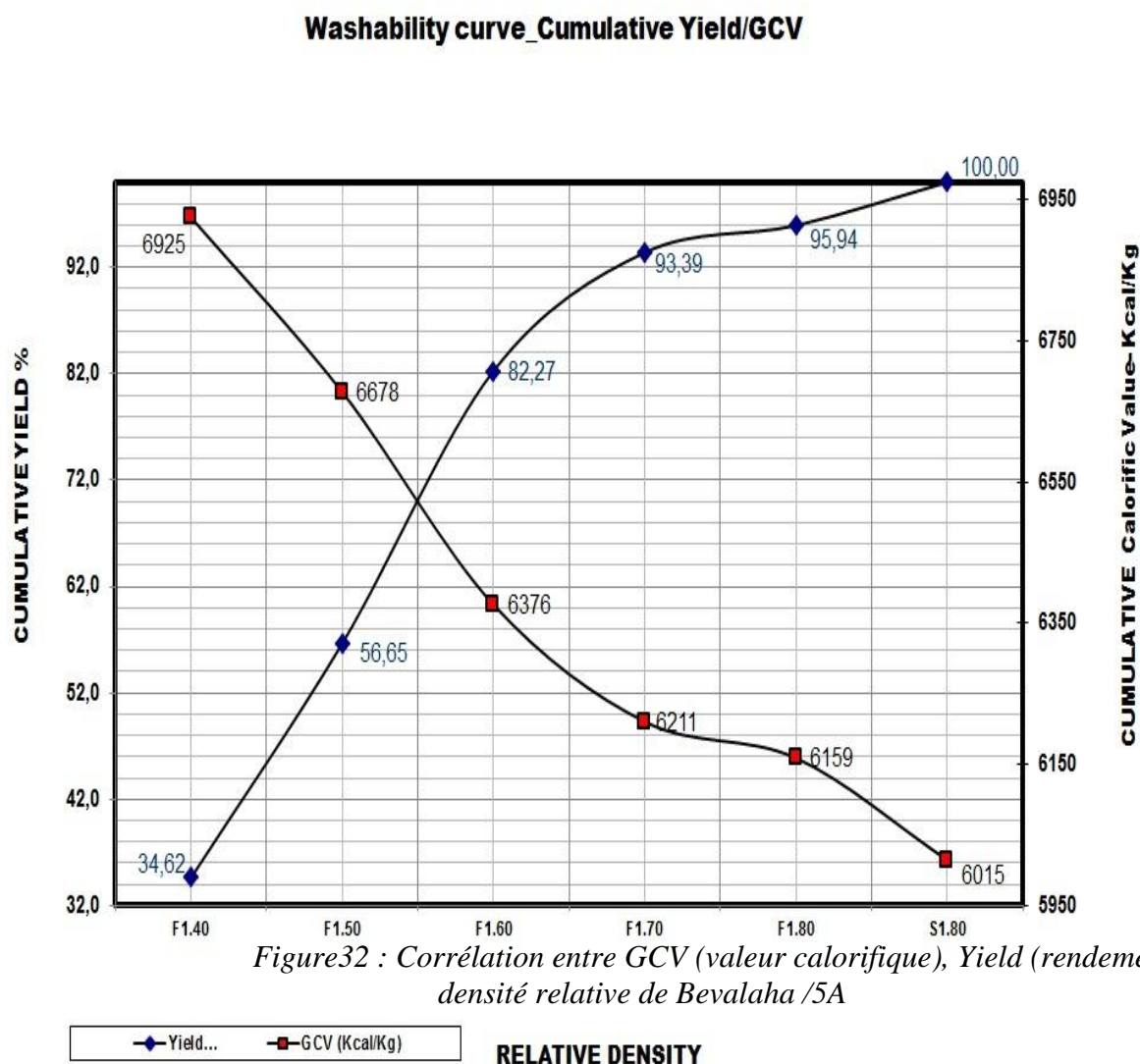
Bevalaha/ 4 BB	Masse (g)	Rende- ment (%)	Teneur humidite (%)	Teneur cendre (%)	Teneur mat. volatile (%)	Teneur Carbon (%)	Sulfure total (%)	Valeur calorifique (Kcal/Kg)
<i>F1.40</i>	849	35,0	1,70	10,17	32,07	56,06	0,30	7252
<i>F1.50</i>	868	35,8	1,58	17,90	26,18	54,34	0,20	6457
<i>F1.60</i>	282	11,6	1,46	25,32	22,71	50,51	0,24	5723
<i>F1.70</i>	128	5,3	1,33	36,42	21,32	40,93	0,14	4714
<i>F1.80</i>								
<i>F1.90</i>	125	5,2	1,42	52,75	18,72	27,11	0,45	3341
<i>F2.00</i>	64	2,6	1,16	59,93	17,04	21,87	0,36	2628
<i>S2.00</i>	110	4,5	1,06	68,73	16,84	13,37	0,65	1542

Par ces tableaux, nous avons pu montrer les résultats des analyses sur les fractions, suivant les sites de prélèvements.

Et à partir de ces résultats des analyses sur les fractions, nous avons pu établir d'une part, les corrélations entre le rendement, la valeur calorifique et la densité relative.

La cumulative de la valeur calorifique est inversement proportionnelle à la densité relative, plus la densité relative augmente plus la valeur calorifique diminue.

La cumulative du rendement est proportionnelle à la densité relative, lorsque la densité relative augmente, la cumulative du rendement augmente jusqu'à 100%. Ces relations sont illustrées par la figure n°31 suivant :



Et d'autre part, les corrélations entre le rendement, la teneur en cendre et la densité relative.

La cumulative de la teneur en cendre est proportionnelle à la densité relative, plus la densité relative augmente plus la teneur en cendre augmente.

La cumulative du rendement est proportionnelle à la densité relative, lorsque la densité relative augmente, la cumulative du rendement augmente jusqu'à 100%, illustrées par la figure n°32 :

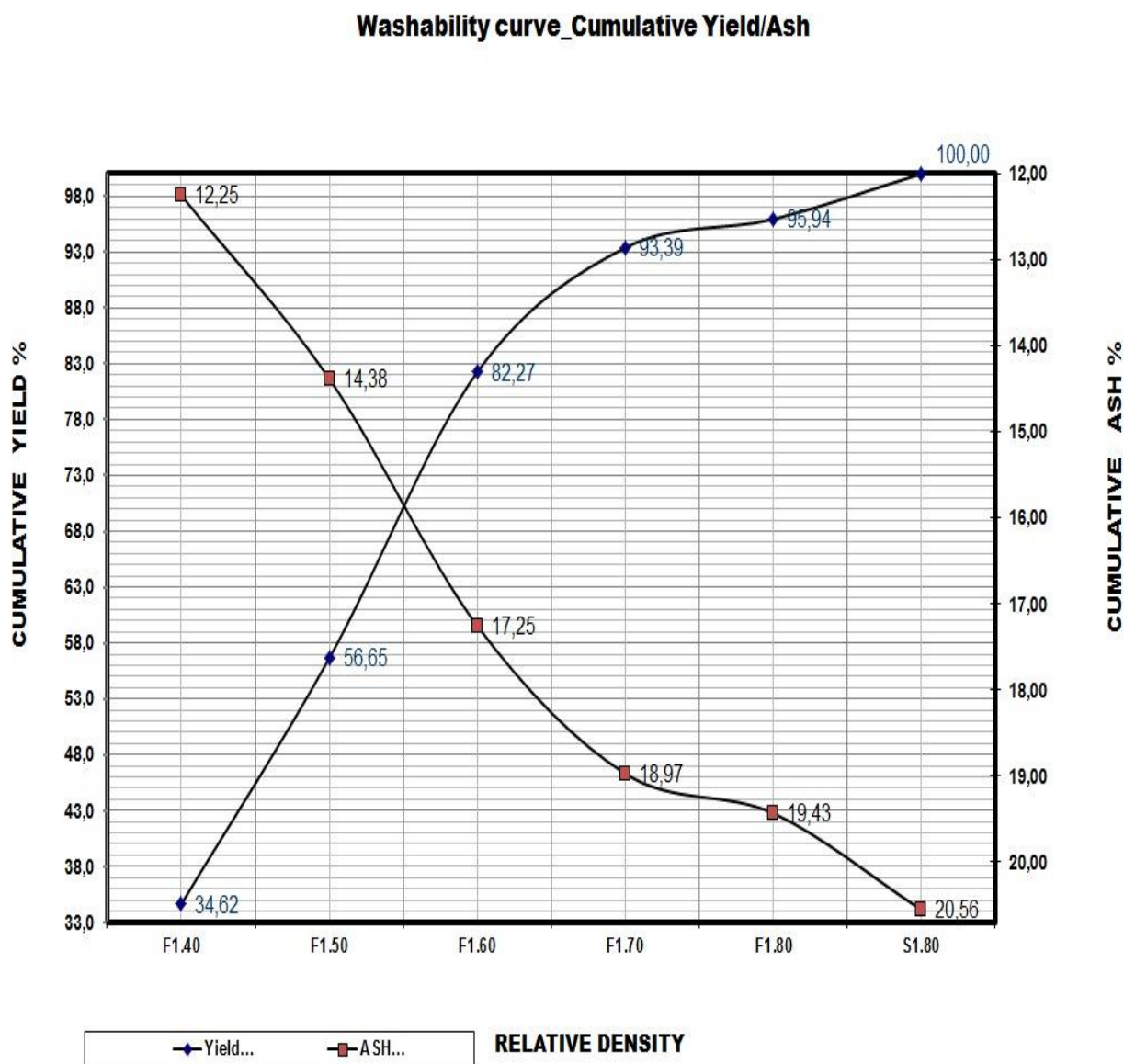


Figure33 : Corrélation entre Ash (cendre), Yield (rendement), densité relative de Bevalaha /5A

IV-3. Discussions :

Pour le lavage du charbon : les fractions

Pour toutes les régions de Sakoa où on a prélevé des échantillons, après lavage de ces charbons, nous constatons qu'ils adoptent tous les mêmes réactions, du F1,40 jusqu'à S2,00 :

- la teneur en cendre est croissante.
- la valeur calorifique par contre décroît.
- la teneur en soufre se stabilise: ~ 0,3%
- la teneur en carbone décroît
- la matière volatile est décroissante.
- l'humidité reste constante à environ 1,5%

Pour tous les échantillons du charbon de Sakoa, nous constatons que les charbons de bonnes qualités se terminent à la fraction F1,70 en dessous de cette fraction la qualité est nettement réduite. Les impuretés présentes dans le charbon augmentent plus en approche du S 2,00.

En conclusion, par la technique de lavage, on constate que la teneur en soufre de certains échantillons de charbon brut de 1% est descendue à 0,3% et notre point de rupture est la fraction F 1,70.

La teneur en cendres (matières minérales) est inversement proportionnelle avec la valeur calorifique et la teneur en carbone, ce qui prouve que la qualité du charbon augmente lorsque la teneur en cendre diminue.

En conclusion, la technique de lavage par flottation a pu mettre en évidence l'existence de charbon dans la catégorie « bitumineux »

Après avoir vu les résultats sur la technique de lavage par flottation, il est intéressant de faire une étude comparative de ces résultats de lavage pour un contrôle qualité. Nous traiterons ceci dans le chapitre intitulé relation des paramètres physico-chimiques avant et après le lavage.

CHAPITRE V : INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DE LAVAGE SUR LES PARAMETRES PHYSICO- CHIMIQUES

CHAPITRE V : INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DE LAVAGE SUR LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

V-1. Etude comparative des résultats pour un contrôle qualité :

Nous allons effectuer une étude comparative de quelques résultats obtenus en considérant les plus profonds de seam 5 (5A) et de seam 4 (4AA).

Pour cela, nous allons prendre le cas de Sahavazy de seam 5 (échantillon 5A) montré par le tableau n° 86 et celui de Bevalaha pour le seam 4 (échantillon 4AA) dans le tableau n°87.

Tableau 86: relation entre les paramètres physico-chimiques avant et après la technique de lavage du charbon de Sahavazy.

zone	Avant lavage	Après lavage			
Sahavazy / 5A	densité relative 1.50	Densité fractionnée			
		F1.40	F1.50	F1.60	F1.70
Rendement (%)	100	12,1	24,8	15,5	9,1
Teneur humidité (%)	1,20	1,48	1,27	1,36	1,23
Teneur mat. volatile (%)	29,52	34,78	32,04	26,99	26,27
Teneur cendre (%)	26,42	12,92	22,92	29,58	35,54
Sulfure total (%)	0,82	0,55	0,49	0,47	0,44
Teneur Carbon (%)	42,84	50,82	43,77	42,07	36,96
Sulfure total (%)	0,82	0,55	0,49	0,47	0,44
Valeur calorifique (Kcal/Kg)	5650	6944	5998	5334	4616

Tableau 87: relation entre les paramètres physico-chimiques avant et après la technique de lavage du charbon de Bevalaha.

zone	<i>Avant lavage</i>	<i>Après lavage</i>			
Bevalaha / 4AA	<i>Densité relative 1,41</i>	<i>Densité fractionnée</i>			
		<i>F1.40</i>	<i>F1.50</i>	<i>F1.60</i>	<i>F1.70</i>
Rendement (%)	100	38,4	50,0	-	7,4
Teneur humidité (%)	1,76	1,67	1,61	-	1,25
Teneur cendre (%)	15,12	9,07	14,02	-	27,09
Sulfure total (%)	0,32	0,29	0,20	-	0,20
Teneur mat. volatile (%)	26,53	31,37	23,95	-	27,09
Teneur Carbon (%)	56,60	60,42	57,89	-	44,57
Valeur calorifique^T ^a(Kcal/Kg) ^b	6668	7227	6577	-	5430

V-2. Discussions :

➤ Densité : la densité du charbon obtenu avant ($d = 1,50$ pour le seam 5 et $1,41$ pour le seam 4) et après le technique de lavage ($d = 1,40 ; 1,50 ; 1,60 ; 1,70$) montre que la qualité du charbon est appréciable à l'industrie [27].

Après le lavage, nous avons pu isoler différentes catégories de charbon de densité $< 1,70$.

➤ Teneur en cendre : la teneur en cendre diminue jusqu'à 50% après le lavage (pour la fraction de densité $1,40$: seam 5 : $12,92\%$ et seam 4 : $9,07\%$). La réduction de matières minérales peut mettre en évidence la qualité du charbon.

➤ Teneur en soufre : la teneur en soufre diminue fortement après le lavage. Le charbon de la Sakoa n'est pas toxique ni pour les exploitants ni pour l'environnement.

➤ Teneur en carbone et valeur calorifique : après le lavage la teneur en carbone et la valeur calorifique augmentent. Ce qui peut expliquer la bonne qualité du charbon obtenu.

En conclusion, la technique de lavage que nous avons suggérée permet alors :

- d'une part, d'isoler une catégorie de charbon de faible densité et de bonne qualité.
- d'autre part, de mettre en évidence l'obtention d'un rendement appréciable de charbon de bonne qualité ($> 70\%$). L'augmentation de la teneur en carbone ($56,60\%$ à $60,42$) et la valeur calorifique (5650 Kcal/Kg à 7227 Kcal/Kg) s'explique par l'obtention de charbon de bonne qualité : « bitumineux »

A partir de ces caractéristiques, la technique de lavage a pu mettre en évidence l'existence de charbon dans la catégorie « bitumineux » en plus des catégories « lignites et semi-bitumineux » du charbon brut de la Sakoa.

Pour cela, le charbon du bassin de la Sakoa pourrait être exploité à des diverses fins selon ses qualités, montré par le tableau n°88.

Tableau 88 : Norme pour les diverses applications du charbon de terre [31].

	COKE	CENTRALE THERMIQUE	DOMESTIQUE
Valeur Calorifique	6500-7500	5500- 6500	LIGNITE
%MV	≤ 18	18-22	
%Cendre	≤ 12	13-22	
Humidite	≤ 3	-	
%Carbone	> 60	54-60	
	BITUMINEUX	SEMI-BITUMINEUX	

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, nous avons pu déterminer par la méthode Analyse d'approximation, la méthode Analyse Ultime, le test de la propriété thermique ainsi que la technique de lavage, les caractéristiques des charbons du bassin de Sakoa. Et nous avons pu constater que :

-Le Charbon sur la zone de périmètre de Beroy est seulement de seam5 puisque il est peu profond dans le sol (open cast). Les Charbons de cette région ont à peu près les mêmes caractéristiques : le taux en cendres faible, le pourcentage en carbone élevé, donc nous avons de charbons semi-bitumineux de bonne qualité.

-Pour le charbon du bassin de Sakoa, nous constatons pour les régions autres que Beroy des échantillons avec des seam4, seam5, seam6 qui se trouve à des profondeurs différentes. Nous avons pu constater que les valeurs calorifiques pour les seam 6 et 5 sont à peu près les mêmes : environ 4000-5000Kcal/Kg, alors que pour le seam4 un peu plus élevé : 5500-7000Kcal/Kg. Donc pour notre charbon on a en générale deux types : semi-bitumineux et lignite.

-En ce qui concerne la teneur en soufre total, elle est très déterminante dans l'octroi de permis d'exploitation pour les sites charbonniers puisque ce paramètre a un impact direct sur la santé humaine et l'environnement. Si un site charbonnier présente un taux en soufre supérieur à la norme [28], il ne pourra pas être exploité.

Pour notre charbon dans le bassin de Sakoa, ce taux est de 1%. Donc notre charbon ne présente pas de risques environnemental et sanitaire.

Par la technique de lavage, nous constatons que la teneur en soufre est descendue à 0,3%. La teneur en cendres (matières minérales) est inversement proportionnelle à valeur calorifique et la teneur en carbone, ce qui prouve que la qualité du charbon augmente lorsque la teneur en cendre diminue.

Nous avons mis en évidence l'isolement d'une catégorie de charbon de faible densité et de bonne qualité « bitumineux » avec un rendement appréciable (>70%), en plus des charbons « semi-bitumineux » et « lignite » que nous avons avec le charbon brut.

Ainsi, nous avons pu valoriser et faire le contrôle qualité du charbon du bassin de Sakoa et de comprendre que nous avons une richesse encore inexploitée sous notre sol.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. <http://www.gsmia.org/index.php/projetsgsm/projetfour/item/15-origine-charbon-de-bois>
2. <http://www.citepa.org>
3. <http://www.je.minefi.gouv.fr>
4. <http://www.geowiki.fr/index.php?title=combustibles-fossiles>
5. **Express de Madagascar**, 19 oct.2011, Gisement de Sakoa. Des tonnes de Charbon à exporter.
6. fr.wikipedia.org/wiki/houille
7. **Jean Teissier, Diego de Bourgues et François Bautin de TotalFinaElf**, Document préparé, 17 dec.2001.
8. **Murchison, D. and Westoll, T.S., 1968 in** and -bearing Strata. Elsevier, Amsterdam.
9. ASTM D-3172 Standards practice for fixed carbon in the Analysis sample of and coke.
10. ASTM D-3175 Standards practice for volatile matter in the Analysis sample of and coke.
11. ASTM D-5865 Standards Test for Gross Calorific of and coke.
12. ASTM D-3176 Standards practice for Ultimate Analysis of and coke.
13. ASTM D-3177 Standards test methods for total sulfur in the Analysis sample of and coke.
14. ASTM D-3179 Standards test methods for nitrogen in the Analysis sample of and coke.
15. ASTM D-3286 Standards test method for gross calorific value of and coke by the isoperbol Bomb Calorimeter.
16. ASTM D-4239 Standards test methods for sulfur in the Analysis sample of and coke using high temperature tube furnace combustion methods.
17. ASTM 2004, Annual book of ASTM Standards, vol.05-06
18. ASTM D-2013 Standards practice of preparing samples for Analysis.
19. ASTM D-3173 Standards test methods for moisture in the Analysis sample of and coke.
20. ASTM D-3174 Standards test method for Ash in the Analysis sample of and coke.
21. **James G.Spreight, in** Handbook of Analysis. Copyright 2005 John Wiley & Sons.inc
22. **Ahmed, S.M., and Whalley, 1988 in** Analytical Methods for and coke Products, vol.1.
23. The British Standards Institution, BS 2003.Methods for Analysis and testing of and coke.
24. ISO 2003 Standard test methods for Analysis.
25. ISO 7936 Determination of Float and Sink in the analysis sample of .
26. ISO 351 Determination of total sulfur high temperature combustion method.

27. ASTM D388 – 05 Classification of by RAN
28. **Ademe, Jacubowiez**, 2000, Le dioxyde de soufre: sources, effets nocifs et normes de rejet.chap.2-p.1, 2.
29. **Alfred LACROIX**, 1922, Minéralogie de Madagascar.
30. **C. Feller, F. Sandron G. Guilliani**, Géologie et minéralogie à Madagascar. chap.11
31. **Andriamandanja Ony S.**, 2002, Valorisation du charbon de terre de la Sakoa, Mémoire de fin d'étude en génie chimique.

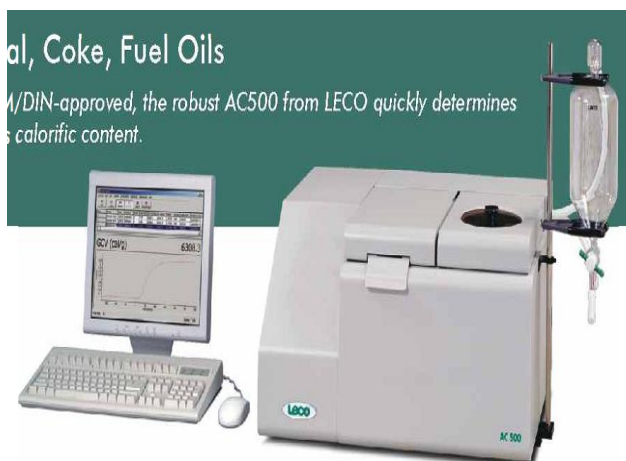
ANNEXES

ANNEXE 1 : Type d'appareillage de la Bombe Calorimétrique.

Automatic Bomb Calorimeter AC-500

Vessel

Crucible



L'échantillon d'analyse est pulvérisé en poudre de l'ordre de 250 μm .

Préparation de la bombe :

- Rincer la bombe avec de l'eau déminéralisée.
- Ajouter 10 mL d'eau déminéralisée à la bombe avant l'assemblage.
- Connecter un fusible mesuré conformément aux directives du fabricant.
- Monter la bombe. Admettre l'oxygène à la bombe à une pression constante de 20 à 30 atm.

Préparation du calorimètre :

- Remplir le navire calorimètre avec l'eau à une température ne dépassant pas 20° C inférieure à la température ambiante avant de placer la bombe rassemblée dans le calorimètre. Vérifier l'absence de bulles d'oxygène qui s'échappent de la bombe.
- Lancer l'analyse de l'échantillon en appuyant sur le bouton de démarrage.
- Stabilisation de la température du calorimètre : Le navire doit rester stable sur une période de 4 min. avant la combustion à l'intérieur de la bombe.
- Après la stabilisation de la température du calorimètre, attendre la fin de la combustion pendant 4 minutes, au cours de laquelle la bombe calorimètre enregistre la valeur de la température émise par la bombe et en la traduisant en une valeur numérique.

Détermination du taux de nitrogène formé :

- Laver à l'intérieur de la bombe avec de la solution de rouge de méthyle (0,2%).
- Titrer le liquide de rinçage avec la solution de NaCO_3 .
- Détermination du fuse restant.
- Introduire la valeur de la titration et la longueur de la fuse restant dans la machine.

Méthode de détermination de la longueur de la fuse restant :

- Mesurer le poids des pièces combinée d'un fusible non brûlés et de soustraire du poids initial pour déterminer le poids en gramme (g) du fusible consommés durant la combustion. Supprimer toutes les billes de métal oxydé par les extrémités avant de pondération.

$$M = P_i - P_f$$

or, on sait que :

5,9 J. mg^{-1} (1,4 cal. Mg^{-1}) pour B & S n ° 34 du fil de fer Gage
et que,

0,96 J. mm^{-1} (0,23 cal. mm^{-1}) pour B & S n ° 34 du fil de fer Gage

d'où,

$$L = (M \times 1400) / 2,3$$

M = le poids en g de fusible consommés pendant la combustion,

L = longueur de mèche consumé pendant la combustion

ANNEXE 2 : Densité Relative

Appareillage :

-Eprouvette graduée 2 L

-Réactif : eau de source

-Echantillon : L'échantillon doit être broyé et passé par un tamis de 25 mm et soigneusement mélangés.

Principe :

-Verser 1 L d'eau dans l'éprouvette

-Introduire 1kg +/- 0.05g d'échantillon soit M

Calcul :

V1 : Volume de 1000 litre d'eau

V2 : Volume après ajout d'1kg d'échantillon

d'où, la formule :

$$\text{Densité Relative} = M / V1 - V2$$

ANNEXE 3 : Conversion des unités en Charbon.

Basis of Analysis

Definitions

As Received (ar):	includes Total Moisture (TM)
Air Dried (ad):	includes Inherent Moisture (IM) only
Dry Basis (db):	excludes all Moisture
Dry Ash Free (daf):	excludes all Moisture & Ash

The **Proximate Analysis** of any coal i.e. the % content of **Moisture, Ash (A), Volatile Matter (VM), Fixed Carbon (FC)** – also **Sulphur (S)** and **Calorific Value (CV)** – can be expressed on any of the above bases.

Conversions

To obtain:- - multiply ar by:	Air Dry	Dry Basis	As Received
	$\frac{100 - \text{IM}\%}{100 - \text{TM}\%}$	$\frac{100}{100 - \text{TM}\%}$	—
ad by:	—	$\frac{100}{100 - \text{IM}\%}$	$\frac{100 - \text{TM}\%}{100 - \text{IM}\%}$
db by:	$\frac{100 - \text{IM}\%}{100}$	—	$\frac{100 - \text{TM}\%}{100}$

[For **daf**, multiply **db** by $100/(100 - \text{A})$]

Example:

	ar	ad	db	daf
TM	11.0	-	-	-
IM	2.0	2.0	-	-
Ash	12.0	13.2	13.5	-
VM	30.0	33.0	33.7	39.0
FC	47.0	51.8	52.8	61.0
Sulphur	1.0	1.1	1.12	-

Mass

Units:

Metric ton (t) = tonne = 1000 kilograms (= 2204.6 lb)
Imperial or long ton (lt) = 1016.05 kilograms (= 2240 lb)
Short (US) ton (st) = 907.19 kilograms (= 2000 lb)

Conversions:

From **long ton** to **metric ton** multiply by 1.016
From **short ton** to **metric ton** multiply by 0.9072

Mt million tonnes

Mtce million tonnes of coal equivalent (= 0.697 Mtoe)

Mtoe million tonnes of oil equivalent

Calorific Values (CV)

Units: **kcal/kg** – kilocalories per kilogram
 MJ/kg* – Megajoules per kilogram
 Btu/lb – British thermal units per pound

* 1 MJ/kg = 1 Gigajoule/tonne (GJ/t)

Gross & Net Calorific Values

Gross CV or 'higher heating value' (HHV) is the **CV** under laboratory conditions.

Net CV or 'lower heating value' (LHV) is the useful calorific value in boiler plant. The difference is essentially the latent heat of the water vapour produced.

Conversions – Units

From **kcal/kg** to **MJ/kg** multiply kcal/kg by 0.004187

From **kcal/kg** to **Btu/lb** multiply kcal/kg by 1.8

From **MJ/kg** to **kcal/kg** multiply MJ/kg by 238.8

From **MJ/kg** to **Btu/lb** multiply MJ/kg by 429.9

From **Btu/lb** to **kcal/kg** multiply Btu/lb by 0.5556

From **Btu/lb** to **MJ/kg** multiply Btu/lb by 0.002326

Conversions – Gross/Net (per ISO, for As Received figures)

kcal/kg: Net CV = Gross CV - 50.6H - 5.85M - 0.191O

MJ/kg: Net CV = Gross CV - 0.212H - 0.0245M - 0.0008O

Btu/lb: Net CV = Gross CV - 91.2H - 10.5M - 0.34O

– where **M** is % Moisture, **H** is % Hydrogen, **O** is % Oxygen (from ultimate analysis*, also As Received).

*Ultimate analysis determines the amount of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen & sulphur.

For typical bituminous coal with 10% **M** and 25% **Volatile Matter**, the differences between gross and net calorific values are approximately as follows:

260 kcal/kg 1.09 MJ/kg 470 Btu/lb

Power Generation

1 **MWh** = 3600 MJ

1 **MW** = 1 MJ/s

1 **MW** (thermal power) [**MW_{th}**] = approx 1000 kg steam/hour

1 **MW** (electrical power) [**MWe**] = approx $\frac{\text{MW (thermal power)}}{3}$

A 600 MWe coal-fired power station operating at 38% efficiency and 75% overall availability will consume approximately:

– Bituminous coal (CV 6000 kcal/kg NAR*): 1.5 Mt/year

– Brown coal (CV 2250 kcal/kg NAR*): 4.0 Mt/year *Net As Received

Sources: GWC Coal Handbook & IEA Clean Coal Centre

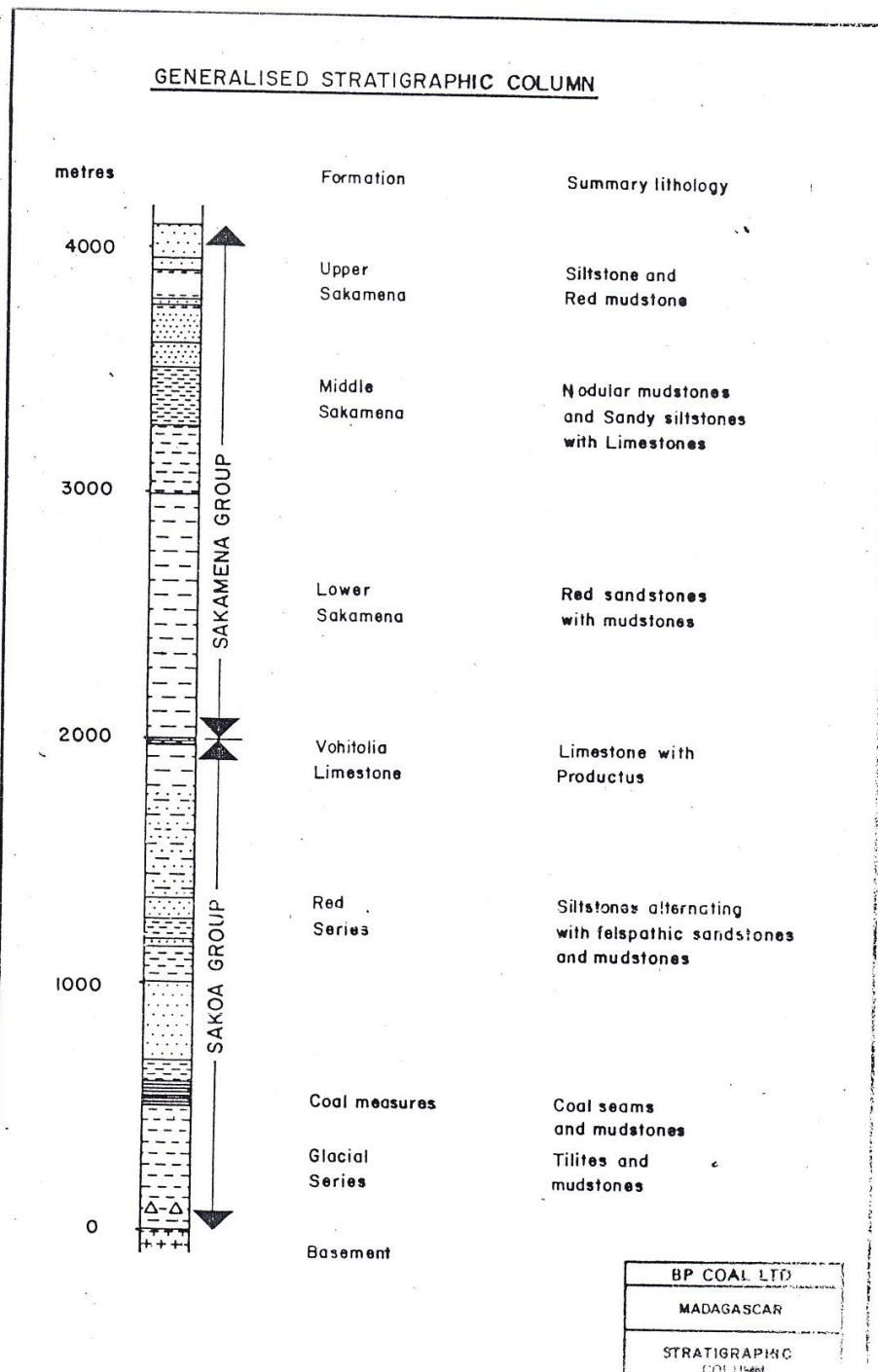
WORLD COAL INSTITUTE

info@worldcoal.org www.worldcoal.org

August 2007



ANNEXE 4 : COLONNE STRATIGRAPHIQUE



Source : Charbonnage de Sakoa, 1957

ANNEXE 5 : Carte géologique de Madagascar



JURASSIC

CRETACEOUS

Coal occurrences

Lignice

VOLCANICS

PRECAMBRIAN

BASEMENT

Area of Prime Interest
to BP with known
coalfields.

Area of Secondary Interest.

Pliocene –

Pleistocene

Karoo

Lake Deposits

Isalo Group	
Isalo Group	

Isalo Group	Isalo Group
Isalo Group	Isalo Group

Sakamata Gro

Sal 40 Green

Source : Charbonnage de Sakoa, 1957

Auteur: Monsieur ANDRIAMBININTSOA RANAIVOSON Tojonirina
Adresse: près VM 9 ter Andronrakely Antananarivo 101
Tel : 034 12 316 24 e-mail : tojonirina1981@gmail.com
Titre : Etude et valorisation du charbon de terre du bassin de Sakoa Toliara-Madagascar
Nombre de pages :141 Figures : 34 Tableaux :90 Annexes :5

RESUME

Depuis des siècles, l'homme exploite le charbon, et les premières traces de son utilisation en tant que combustible remontent au XII^e siècle, véritable moteur de la révolution industrielle, le charbon de terre a modifié le cours de l'histoire du monde entier.

Pour Madagascar, le bassin charbonnier de Sakoa s'étend sur une superficie de 400 kilomètres carrés et tous les gisements de Sakoa contiendraient une potentialité de 3 milliards de tonnes de charbon de terre d'après des études réalisées en 1950 par un géologue français [5].

L'objectif général de notre travail consiste alors à l'étude de contrôle qualité du charbon de terre afin de valoriser le charbon de terre du bassin de Sakoa, Toliara Madagascar dans les zones de Sahavazy, Andemby, Mavonono, Bevalaha et Beroy.

Dans le premier chapitre, il s'agit d'un travail bibliographique. On parle de généralités sur le charbon, les différents charbons de terre existant, la composition minéralogique, la classification du charbon de terre, les composants toxiques ainsi que ses intérêts scientifiques.

Le deuxième chapitre consiste à la méthodologie mentionnant le cadre de l'étude des différents méthodes d'analyses tels que : l'Analyse d'approximation qui détermine l'humidité totale, la teneur en cendre, la teneur en matière volatile, la teneur en carbone. L'Analyse Ultime qui consiste à la détermination du taux de soufre total. L'analyse thermique pour déterminer la valeur calorifique du charbon. Le lavage du charbon suivant la densité relative.

Le troisième chapitre parle de résultats expérimentaux des analyses des charbons de terre de Sahavazy, Andemby, Mavonono, Bevalaha et Beroy, suivi des interprétations.

Le quatrième chapitre montre la technique de lavage pour améliorer la qualité du charbon suivi de discussions, et on constate que la teneur en soufre est descendue à 0,3%. Ce qui améliore la qualité du charbon de Sakoa.

Le cinquième chapitre, compare les résultats expérimentaux avant et après la technique de lavage, puis des discussions pour notre charbon.

Notre travail a mis en évidence qu'après les études, il est possible de valoriser les charbons de Sakoa, Toliara Madagascar afin de l'utiliser dans les exploitations industrielles et domestiques, ainsi que pour le développement du pays en termes d'énergie.

Mots clés : charbon, valeur calorifique, teneur en soufre, teneur en cendres, densité relative, technique de lavage, carbone fixe.

ABSTRACT

For centuries, man exploits coal, and the first traces of its use as a fuel dates back to the twelfth century, real engine of the industrial revolution, coals changed the course of history around the world.

In Madagascar, the coal in Sakoa basin covers an area of 400 square kilometers and all the Sakoa deposits contain a potential of 3 billion tons of coals according to studies conducted in 1950 by a French geologist [5].

The overall objective of our work consists in the Land coal quality control study to enhance the coals of Sakoa Basin - Toliara in Madagascar Sahavazy area Andemby, Mavonono, Bevalaha and Beroy.

In the first chapter, there is a bibliographic work. We talk about generalities on coal, the different coals existing land, mineral composition, classification of coal, toxic components as well as his scientific interests.

The second chapter is to mention the methodology for the study of different methods of analysis such as: the Proximate analysis which determines the total moisture, ash content, volatile matter content, carbon content. The Ultimate analysis which involves the determination of total sulfur content.. The thermal analysis to determine the calorific value of coal from the basin Sakoa. Washing coal following the relative density.

The third chapter talks about the experimental results of analyses of Sahavazy, Andemby, Mavonono, Bevalaha , Beroy coals, followed by interpretations.

The fourth chapter shows the washing technique to improve my quality of coal follow-up discussion, and it found that the sulfur content has dropped to 0,3% which improve the quality of coal in Sakoa.

The fifth chapter, comparing the experimental results before and after the washing technical, requests discussions for our coal.

Our work has shown that after the studies, it is possible to enhance the Sakoa coal Toliara Madagascar for use in industrial and domestic operations, and for the development of the country in terms of energy.

Key words: coal, calorific value, sulfur content, Ash content, Relative density, washing technical, fixed carbon.

Directeur de Thèse : Madame RAHARIMALALA Laurence, Professeur Titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.