

VALORISATIONS ENERGETIQUE ET MATIERE DES OS DE ZEBUS POUR LA PRODUCTION DE GAZ DE DISTILLATION ET DE CHARBON ACTIF PAR DISTILLATION A VOIE SECHE, CAS DE LA SAVA

J. L. RASOANAIVO¹, A.O. RAVONINJATOVO¹, L. ANDRIANAIVO².

¹ Département Energétique, Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT), BP 6294, Antananarivo 101 Madagascar

² Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Petroleum Engineering Department, Equipe d'Accueil Exergie et Géoingénierie, Université d'Antananarivo, BP 1500 Antananarivo 101 Madagascar

e-mail : jeanlucnj@gmail.com

Résumé

La course à l'industrialisation pour une bonne croissance économique emmène avec elle plusieurs conséquences, tout d'abord sur l'environnement, et sur la protection durable des ressources naturelles. Ce qui incite une prise de conscience et une diversification des sources d'énergies. Dans ce contexte, le domaine de l'agroalimentaire est doublement concerné car elle est utilisatrice d'énergies fossiles mais aussi productrices de déchets. Pour faire face à ce problème lié au changement climatique et pour la préservation de l'environnement, Madagascar a ratifié différentes conventions internationales relatives à l'environnement et au développement durable pour atténuer le phénomène de changement climatique.

Pour le cas de Madagascar, la population commence à s'inquiéter sur l'importance de la valorisation des déchets. Les industries nouvellement créés un peu partout dans l'île et qui sont les plus grands producteurs de déchets commencent à être de plus en plus intéressées compte tenu du Décret MECIE « Mise en Compatibilité de l'Investissement à l'Environnement ».

Compte tenu de la richesse du pays en produits agricole et d'élevage, plusieurs sociétés travaillant dans le domaine de l'agroalimentaire se trouvent confronter en ce moment au problème de gestion et de valorisation de leur déchet en particulier les os de zébus. Le zébu est une des richesses du pays. Dans les années 60, le nombre de zébus est trois à quatre fois le nombre de la population. Actuellement, cet effectif bovin avoisine la moitié de l'effectif de la population compte tenu de la recrudescence du vol de bœuf.

On pense qu'une carcasse de bœuf est composée par 18 à 20% d'os de son poids. Les os sont classés en deux catégories : la catégorie 1 comprenant les os longs principalement composés par les membres et les cotes et représentant 80% du squelette. Par contre, la catégorie 2 est composée des os courts comme le crane, les vertèbres, elle représente 20 % de la masse du squelette.

La ville d'Antananarivo a besoin de 400 têtes de bovidés par jour pour sa consommation, soit une production de 75.000 kg par jour d'os

L'objet de ce travail de recherches est de trouver une technologie permettant la valorisation énergétique et matière de ces os de zébus. Le résultat de la recherche a montré que la technologie appropriée est la distillation à voie sèche pour atteindre l'objectif sus énoncé.

Ce travail de recherches comprend respectivement : une étude théorique en vue de l'établissement de modèles mathématiques du comportement thermique du distillateur à voie sèche, la réalisation de ce dernier fonctionnant avec le bois énergie. Le résultat des différents essais effectués a montré que pour 500 g d'os, on peut obtenir 288 g de charbon d'os possédant le même comportement que le charbon actif, 9,88 l de gaz inflammable pendant 18 mn et pouvant être utilisé comme combustible alternatif au bois énergie et 320 ml de jus pyrolytique utilisable à divers fins(médicale, pharmaceutique).

Le résultat des évaluations économiques et de rentabilité financière du projet montre les différents avantages apportés par le distillateur à voie sèche dans plusieurs domaines.

Mots clés : Distillateur à voie sèche, modèle mathématique, gaz de distillation, valorisation matière et énergétique, jus pyrolytiques, charbon d'os.

1. INTRODUCTION

Les déchets, qu'ils soient d'origine domestique, agricole ou industrielle, constituent un des problèmes incontournables du XXI^e siècle. En effet, l'augmentation de la population mondiale et sa concentration dans les villes, ainsi que le développement d'équipements industriels et de biens de consommation génèrent des quantités importantes de résidus. Le déchet suit donc l'homme comme l'ombre de sa présence. Les ordures sont les traces de sa vie et les déchets techniques celles de ses activités. Vu les nuisances et les dangers potentiels véhiculés par les déchets, leur gestion rationnelle et leur réduction sont devenues indispensables pour préserver l'environnement et l'avenir des générations futures. Face à cette situation, on assiste actuellement à l'émergence de diverses actions de recherche de techniques novatrices permettant de valoriser l'énergie contenue dans les déchets, de les transformer et/ou de les recycler.

À Madagascar, notamment, dans les grandes villes, le problème de gestion de déchets constitue l'une des majeures préoccupations de la plupart des municipalités, tant socialement que financièrement. Dans ce contexte de gestion de déchets s'y ajoutent les déchets d'origine animale tels que les os de zébus.

La société agroalimentaire SAVA dénommée « Société Agricole de Valorisation Alimentaire », sise à Analakely en plein centre de la commune urbaine d'Antananarivo, travaille dans le domaine de la transformation de la viande (porc, viande). Cette activité génère beaucoup de déchets agroalimentaires créant non seulement un encombrement au sein du congélateur de ladite société mais aussi une augmentation de sa consommation en énergie électrique. Ce qui constitue une charge complémentaire pour la société.

Plusieurs expériences dans le monde soutenues par des études scientifiques ont démontré la faisabilité de la valorisation des déchets d'origine agroalimentaire. Selon ces expériences, des procédés existent et permettent à la société de réduire non seulement ses différentes charges, mais aussi de s'ouvrir à d'autres activités valorisatrices.

En outre, la production d'énergie, d'autres formes de recyclage peuvent être une source de revenus pour l'agriculteur ou même l'entreprise et peuvent contribuer ainsi à la diversification des activités. Au regard de ces enjeux, le recyclage des produits agricoles contribue à la valorisation des déchets organiques ainsi qu'à la recherche de ressources complémentaires à la production agroalimentaire.

La ville d'Antananarivo a besoin de 400 têtes de bovidés par jour pour sa consommation, soit une production de 75.000 Kg par jour d'os. C'est une ressource potentielle renouvelable.

L'objet de ce travail de recherches est de trouver une technologie innovante permettant la valorisation énergétique et matière de ces os de zébus. La distillation à voie sèche est parmi la technologie la plus appropriée pour y parvenir,

2. METHODES

2.1. Synthèse bibliographique

2.1.1. Le charbon actif

Définition

Le charbon actif, aussi nommé charbon activé ou carbone activé, est un matériau constitué de carbone avec des porosités.

Il a la faculté de fixer et de retenir certaines molécules à son contact grâce aux pores. Il présente en général une grande surface spécifique qui lui confère le pouvoir d'adsorption. L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules se fixent sur la surface de l'adsorbant par des liaisons faibles, la production de charbon actif se divise en deux étapes importantes :

- La pyrolyse
- L'activation du charbon

Les propriétés du charbon actif

Le charbon actif est un produit carboné non dangereux, présentant une structure poreuse et une très grande surface interne. La structure chimique du charbon actif peut être définie comme une forme rudimentaire de graphite avec une structure aléatoire amorphe extrêmement poreuse, présentant des pores de tailles variées, de la dimension moléculaire à des trous et crevasses visibles à l'œil nu.

Le traitement au charbon actif se fonde principalement sur un phénomène appelé l'adsorption, dans lequel les molécules d'un liquide ou d'un gaz sont piégées à la surface, externe ou interne, d'une substance solide. Le charbon actif a une très grande surface interne (jusqu'à 1500 m²/g) et est donc un matériau idéal pour l'adsorption. Le charbon actif peut être traité par des produits chimiques afin d'améliorer ses propriétés pour certaines applications.

- Avantages et inconvénients :

Dans ce mémoire le charbon actif sera utilisé pour la clarification de l'eau, donc son utilisation présente différents avantages et inconvénients :

Inconvénients :

- Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon en granulé
- Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires.
- L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible.

Avantages :

- le charbon actif ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde.
- Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.
- la détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée à 80 mg.L⁻¹
- leur emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation-décantation

2.1.2. Les différentes sources de charbon actif

Actuellement, plusieurs technologies existent mais elles se différencient entre eux par leurs matières premières de productions:

- Charbon végétal
- Charbon animal

Charbon végétal :

Elle provient d'une production ou toute matière organique végétale riche en carbone les matières premières utilisés dans cette fabrication proviennent : écorce, pâte de bois, coques de noix de coco, coques de cacahuètes, noyaux d'olives, ou bien de houille, tourbe, lignite, résidus pétroliers. C'est la technologie la plus répandue actuellement

Charbon animal :

Il provient d'os d'animaux frais, les arrêtes de poissons sont à exclure.

Il peut être recyclé et ainsi être utilisé plusieurs années. Quand il a perdu son pouvoir adsorbant, il est traité à l'acide sulfurique pour former du superphosphate pour la fertilisation du sol.

2.1.3. Utilisations du charbon actif

Le charbon actif est utilisé dans plusieurs domaines dans le quotidien comme cité ci dessous

Domaine de la médecine :

- Il combat les virus et les bactéries
- Il blanchit les dents
- Soulage les maux de ventre

Domaine de l'industrie :

- Extraction de l'or
- Fabrication de super-condensateurs
- Stockage de l'hydrogène
- Hygiène industrielle

Domaine de la Chimie :

- Décoloration du sucre
- Elimination des hydrocarbures dans l'eau
- Décoloration de l'eau

2.1.4. Présentation du charbon actif

Il existe trois principales formes de charbon actif :

- Charbon actif Granulaire (CAG) (Figure 1):

Ce sont des particules ayant une taille de 0,5 μm à 5mm. Il est utilisé dans les procédés en phase liquide et gazeuse.



Figure 1: Charbon Actif Granulaire

- Charbon Actif en Poudre (CAP) (Figure 2):

Il est pulvérisé pour avoir une taille de moins de 0,18mm . Il est principalement utilisé dans les applications liquides.



Figure 2: Charbon actif en Poudre

- Le Charbon actif Extrudé (Figure 3):

Il est proposé avec des formes cylindriques identiques à des briquettes avec un diamètre allant jusqu'à 5mm. Il est principalement utilisé dans le traitement des flux gazeux pour sa résistance et sa faible teneur en poussières.



Figure 3: Charbon Actif Extrudé

P.S : Il existe aussi une dernière présentation du Charbon Actif qu'on appelle « Tissu de charbon actif ». Il se présente sous forme de fibres.

2.2. Caractéristiques et origine de la matière première

2.2.1. Choix de la matière première

Lors du choix de la matière première a utilisé, il a été nécessaire de bien connaître statistiquement le potentiel de celui-ci. Plusieurs facteurs sont entrés au cours de cette phase :

- La disponibilité : La matière est-elle disponible en tout moment ou sa présence est conditionnée à d'autres facteurs
- Les barrières morales : Vu qu'on est dans le domaine de l'alimentaire et qu'on est dans un pays en développement la question subsiste sur l'insuffisance alimentaire
- La valeur : La matière a-t-elle une valeur rémunératrice sans transformation ? puisque dans le domaine du recyclage le plus important est que la source soit quelque chose inutilisable ou à jeter.

Après, plusieurs jours d'études le choix s'est fait entre : L'os et les viandes inutilisables. Le choix s'est vite fait sur «l'os» puisque, il répond aux 3 facteurs posés ci-dessus.

2.2.2. Composition de l'os

De manière générale, l'os est formé par des matières minérales et organiques.

Les molécules inorganiques représentent les deux tiers de la masse osseuse. Ce sont des sels minéraux comme les phosphates de calcium. Les sels de calcium donnent à l'os sa dureté et sa résistance. Elle contient environ 60 % de carbone

L'os est donc une matière "composite" d'une grande résistance.

2.2.3. Le rendement et la disponibilité des matières premières

D'après les études faites dans plusieurs documents une carcasse de bœuf est composée par 18-20% d'os de son poids. « <http://www.omafr.gov.on.ca/french/livestock/beef/facts/05-076f1.htm> »

On peut catégoriser les différentes sortes d'os en deux catégories bien distinctes

- Catégorie 1 :

Elle classe les os longs principalement composés par les membres et les cotes, elle représente 80% du squelette

- Catégorie 2 :

Elle classe les os courts avec des différentes formes composés par le crane les vertèbres etc., elle représente 20 % de la masse du squelette

Dans notre étude, la société SAVA utilise 600 Kg de carcasse par semaine pour faire tourner la société. Elle représente 100 Kg d'os chaque semaine dont (Tableau 1) :

Tableau 1: Disponibilités des matières premières

catégorie 1	80Kg
catégorie 2	20 kg

Au cours de leur processus de transformation les os s'accumulent facilement dans le congélateur et sont presque à jeter car tellement il y en a. En 1 mois la société produit 400 Kg d'os ou de déchet si on le prend comme les données ci-dessus dans le tableau 1.

2.3. Principe de production de charbon d'os

La production du charbon d'os se fait en plusieurs étapes différentes (Figure 4):

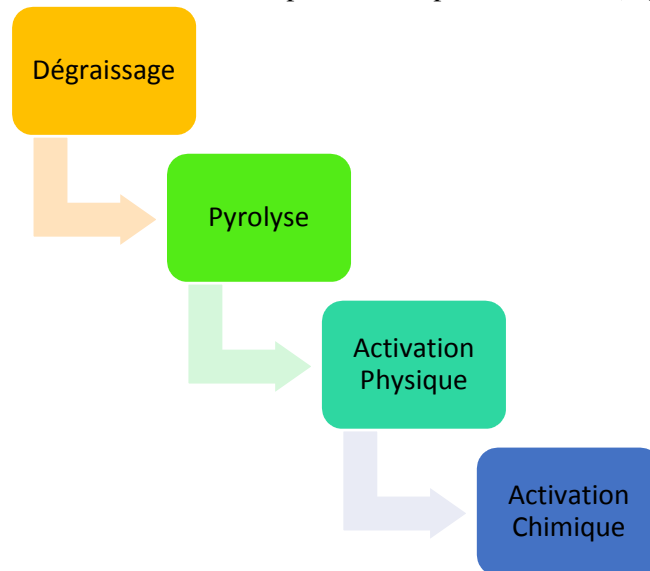


Figure 4: Etapes de Production du Charbon animal

2.3.1. Le dégraissage de l'os

Le principe suivi pour dégraisser l'os est de le faire bouillir (Figure 5) pendant un certain temps pour enlever les impuretés sur l'os et pour que la pyrolyse puisse se dérouler plus rapidement.



Figure 5a: Les Os



Figure 5b: Dégraissage de l'os dans de l'eau bouillante

Figure 5: Etapes pour le dégraissage

2.3.2. La pyrolyse

La pyrolyse ou calcination ou encore carbonisation est un procédé à forte température permet la création de pores ou la zone dans lequel les molécules seront bloquer, en effet les éléments autres que le carbone laissent des pores dans la matrice carbonée lorsqu'ils se carbonisent.

La pyrolyse est la décomposition thermique de matières organiques en milieu anaérobie. Il s'agit du premier stade de transformation thermique après la déshydratation. Elle permet la production d'un solide carboné et de l'huile et du gaz, la proportion des trois composés différents selon la température.

2.3.3. Activation du charbon actif

L'activation est divisée en deux étapes bien distinctes:

- L'activation physique:

Nouvelle combustion avec choc thermique (à 900 à 1 000 °C) elle permet d'augmenter la surface d'adsorption du charbon. Ce procédé permet d'avoir un charbon à pores étroits

- L'activation chimique :

Mettre le charbon au contact de l'acide phosphorique avec une température de 400-500 C. Ce procédé permet d'avoir un charbon à pores plus larges.

2.4. Les conditions physico-chimiques

De par ses origines variées et ses procédés de fabrication, le charbon actif est connu Pour être un matériau de structure et de composition hétérogènes. Afin de mieux définir ses propriétés, différentes techniques.

2.4.1. Structure

Ainsi, la structure des charbons actifs peut être assimilée à un assemblage feuillets hexagonaux et pentagonaux, comparable à du papier chiffonné. Cette structure explique les surfaces importantes développées par les charbons actifs.

2.4.2. Texture

La texture d'un solide est définie par la structure poreuse et la surface spécifique. Cette structure poreuse est à l'origine de la grande surface développée par les charbons actifs et ces paramètres texturaux peuvent être déterminés à partir des isothermes d'adsorption physique d'un gaz inerte sur ce solide.

2.4.3. L'adsorption

L'adsorption est un phénomène physique où un solide est employé pour enlever une substance soluble de l'eau. Dans ce processus, le charbon actif est le solide. Le charbon actif est produit spécifiquement pour couvrir une surface interne très grande (entre 500 et 1500 m²/g). C'est à dire 5 g de charbon actif peut couvrir trois terrains de foot.

2.4.4. La surface spécifique

La surface spécifique est la surface totale par unité de masse du produit accessible aux atomes et aux molécules. Il s'agit donc de considérer toute la surface de chaque particule, porosité comprise. Le principe physique, reconnu pour la détermination de l'aire massique, est basé sur l'adsorption de gaz à basse température. La connaissance de la surface spécifique est d'une grande utilité dans la production de charbon actif. Elle peut être expérimentalement connue à partir de la méthode B.E.T. « *Ces auteurs ont montré qu'il existait une relation entre la quantité de gaz adsorbée par unité de masse du solide étudié, la pression d'équilibre, la température, la nature du gaz et celle du solide lui-même.* ».

La formule pour connaître la surface spécifique est donnée par la formule suivante :

$$S = n.S_m$$

Où :

S= Surface totale de l'échantillon= Surface spécifique en m²/g

n = nombre de molécules de gaz adsorbées en monocouche

S_m = surface d'une molécule de gaz.

$S = [(6.1023 \cdot Nm / 22214)S_m] / \text{masse de l'échantillon}$

2.5. Optimisation du fourneau pour augmenter la température :

2.5.1. Principe et objectif du calorifugeage

Afin d'augmenter la température de carbonisation dans le creuset, on a remarqué que les pertes par rayonnement sont importantes. Il est nécessaire de calorifuger le système pour faire baisser les pertes de chaleur présentes.

Le principe consiste à enrober le fourneau d'un matériau isolant capable de réduire considérablement les pertes de chaleur. Le but étant à ce que le système atteigne 800-900 °C dans le creuset.

Pour atteindre cet objectif (800 – 900°C), il faut un bon calorifugeage en utilisant le plus souvent du matériau choisi tel que la laine de verre ou la laine de pierre (spécifique pour les industries à hautes températures).

2.5.2. La laine de Pierre

La laine de pierre protège contre le froid et la chaleur, et stocke d'une certaine manière la température ambiante. Elle permet en outre d'économiser de manière significative les coûts de chauffage. La laine de pierre est la garantie d'une atmosphère intérieure saine et agréable (et avantageuse). C'est un produit naturel aux propriétés remarquables :

- faible conductivité thermique (0,033-0,045 W/(m·K))
- capacité d'absorption thermique optimale (870 J/(kg·K))
- perméable à la vapeur d'eau (résistance à la diffusion μ : 1-2)
- résistante aux moisissures, à la putréfaction et à la vermine
- incombustible et point de fusion élevé (> 1'000 degrés Celsius)

3. RESULTATS

3.1. Déroulement de chaque essai

L'essai s'est déroulé au fur et à mesure à ce que le dispositif soit complet comme annoncé un peu plus haut.

Lors du 1^{er} essai, aucune colonne de distillation n'a été utilisée, on a juste fermé le couvercle afin de ne pas trop dissiper l'odeur nauséabonde provenant de l'expérience.

Au cours du 2^{ème} essai, la fabrication d'une colonne de distillation a été nécessaire après la connaissance d'un sous-produit pouvant être valorisé. La colonne a été rapidement confectionnée à l'aide d'une tranche de gouttière non utilisée.

Elle s'est facilement déformée sous l'action de la chaleur mais le sous-produit a été plus ou moins récupéré.

Plusieurs jours se sont écoulés entre le 2^{ème} et le 3^{ème} essai, puisque on a confectionné une colonne de distillation et un condenseur solide pour le prototype. Le système a bien fonctionné.

3.2. Résultats de chaque essai

Le tableau 2 suivant récapitule les résultats obtenus au cours des différents essais de production de charbon d'os :

Tableau 2: Les résultats des essais

	Nature	Masse initiale (g)	Masse finale (g)	Quantité de charbon (kg)	Début (essai)	Fin (essai)
1 ^{er} essai	Catégorie 1	650	255	4	10h15	11h30
2 ^{ème} essai	Catégorie 2	950	350	3,8	10h	12h
3 ^{ème} essai	Catégorie 1	650	360	3,8	10h	12h30
4 ^{ème} essai	Catégorie (1 + 2)	1 300	460	3,5	11h	13h30
5 ^{ème} essai	Catégorie 1	500	300	3	10h	12h

Ce tableau informe les résultats des cinq essais réalisés. Il met en exergue pour chaque essai : la durée de l'expérimentation, les catégories d'os traités, la masse d'échantillon et le poids de charbon de bois utilisé

3.2.1. Le premier essai

Il est à préciser n'était pas encore complet au cours de ce test.

- Utilisation d'un ventilateur manuel pour atteindre la température de 700°C
- Il y a eu dégagement d'une fumée de couleur jaune orangée accompagnée d'une émission d'odeur, le gaz jaune orangé est appelé gaz *hydrogène carboné* (Alphonse Chevallier, Le charbon, son emploi dans l'assainissement des eaux et à divers usages économiques, p22.

On obtient de l'huile, aperçu sur le couvercle, le liquide pyrolytique, qui est utilisé pour la médication traditionnelle.

Le produit obtenu (Figure 6) n'est pas très homogène, c'est-à-dire une partie des os manquent un peu de cuisson.



Figure 6: Produit lors du 1er essai

3.2.2. Le deuxième essai

Lors de cet essai, après la présence d'une huile sur le couvercle, la confection d'une colonne de distillation a été nécessaire. Elle a été confectionnée avec une gouttière, c'est à dire du fer blanc.

La condensation s'est faite manuellement en refroidissant le condenseur avec une éponge

- On a pu recueillir le liquide pyrolytique de couleur marron foncé, mais aussi un autre liquide très visqueux de couleur beige, provenant de la moelle de l'os.
- La chaleur qui passe dans la colonne de distillation est très élevée, puisque la colonne confectionnée a été complètement abimée même si elle a quand même résisté jusqu'à la fin de l'expérience, mais ne pourra plus être utilisée.



Figure 7: Produit obtenu

3.2.3. Le troisième essai

A partir d'ici, le système a été confectionné complètement tel décrit précédemment tel que :

- La colonne de distillation a été confectionnée avec un corps noir, afin d'éviter sa déformation au contact d'une température très élevée
 - L'amélioration du condenseur, afin que l'échange de chaleur se passant dans le condenseur se fait qu'en activant l'eau du robinet.
 - L'augmentation de l'heure de cuisson.
 - On a pu remarquer que les sous-produits d'os de catégorie 1 sont à majorité composée de jus pyrolytique.
 - L'augmentation de l'heure de cuisson a permis d'homogénéiser le charbon d'os
- La figure 8 montre le liquide pyrolytique obtenu.



Figure 8: Sous-produits obtenu lors du 3ème essai

3.2.4. Le 4ème essai

C'est à partir de cet essai qu'on a commencé le calorifugeage du fourneau :

- On a complètement rempli le creuset et la totalité de la hauteur de la colonne de distillation, pour connaître sa réelle capacité et savoir la quantité d'os idéale à mettre pour le meilleur rendement possible.
- Utilisation en simultanée du ventilateur manuel et d'un ventilateur électrique débitant 150 m³ d'air/ h, c'est à dire utilisation d'une source constante.
- Une partie de la quantité d'os seulement a été transformée et la quantité idéale est donc de 500 g
- La température de 900 C a été atteinte et maintenue pendant 2 heures.
-

3.3. Test après maîtrise de la production

La courbe suivante (Figure 9) représente la variation de la température en fonction du temps lors du processus d'activation d'os et de la récupération de gaz

- Au démarrage du feu, la température est de 23°C,

- L'apparition de gaz inflammable est observée à la température avoisinante : 700°C.

- A 800°C, on remarque aisément la présence d'un palier de 2 heures, correspondant à la température caractéristique de l'activation d'un charbon actif.

La figure 9 montre l'évolution de la température.

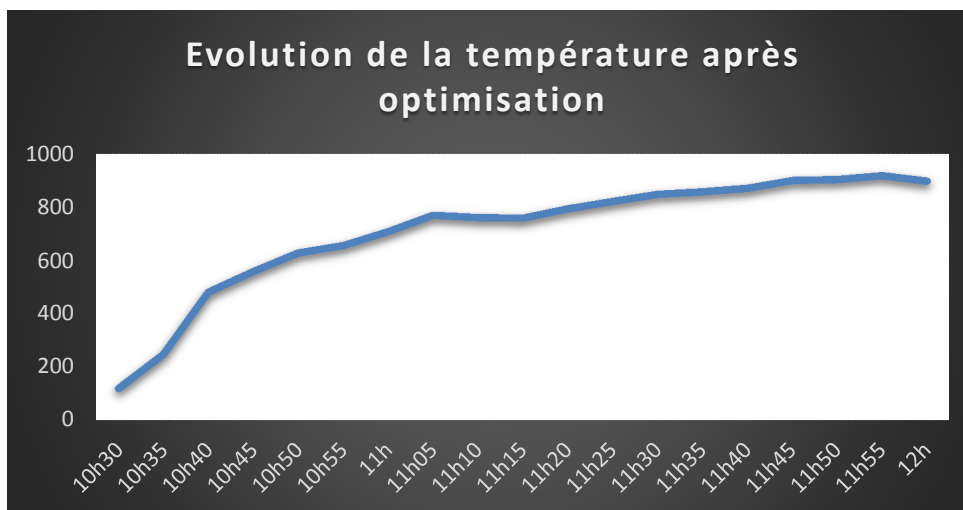


Figure 9: Evolution de la température

A l'issue des différents essais de distillation de 500 g de lignite brut, nous avons enregistré dans le tableau 3 suivant les quantités de lignite activé produites.

Tableau 3: Quantités de charbon d'os

Nombre d'essai de distillation	1	2	3	4	5
Os en g	500	500	500	500	500
Charbon d'os en g	295	278	280	289	260

Ce tableau 3 montre l'évolution de charbon d'os obtenu pour les cinq essais réalisés. Pour les cinq essais réalisés, la masse moyenne de charbon d'os a été obtenue comme suit :

$$\text{masse moyenne de charbon d'os}(g) = \frac{1402}{5} = 280,4 g$$

Pour 500 g d'os, on aura 205 g de charbon d'os ayant le même comportement que le charbon actif.

3.4. Test de l'efficacité du charbon d'os

3.4.1. Rôles de la forme du charbon actif

Plusieurs documents affirment que plus le charbon actif a de fines molécules, plus sa surface d'adsorption n'augmente plus.

Pour prouver cette hypothèse, on a pris trois (3) formes différentes de charbon d'os dont une se présente sous sa forme naturelle, une seconde sous-forme granulaire et enfin une autre sous-forme de poudre.

Dans cette expérience, les mensurations prises seront les mêmes :

- Alcool : 200 ml
- Charbon actif : 25 g
- Temps de pose : une nuit

Résultats :

On a pu remarquer que l'hypothèse a été démontré puisque l'alcool, qui au début virant à la couleur orange se transforme en une solution transparente comparable à l'eau dans la solution où se trouvait le charbon en poudre.

Donc, plus le charbon se présente sous forme de fines molécules plus sa capacité d'adsorption augmente.

3.4.2. Le charbon d'os dans le rôle de filtration

Dans les utilisations fréquentes, mais aussi dans son utilisation, le charbon actif est utilisé pour la filtration d'une solution et pour la désodorisation.

Donc, dans le test qui va suivre, on va tester sa capacité à filtrer la solution d'alcool à nettoyer.

Premièrement, on va prendre les mêmes mensurations pour chacun :

- Charbon d'os : 15 g
- Alcool : 250 ml

Résultats obtenus :

La figure 10 montre l'étape de filtration et les résultats obtenus après le passage de la solution à travers le filtre.



Figure10: Etape et résultat de la filtration

On remarque sur la figure 10 que l'alcool qu'on venait de filtrer devient visuellement très propre comme de l'eau. De plus, on a pu remarquer que même l'odeur d'alcool disparaît, c'est-à-dire que l'alcool devient inodore. Ce qui confirme que l'hypothèse concernant la désodorisation a été prouvée.

3.5. Démonstration de la surface spécifique

Comme vu précédemment, le charbon actif possède la faculté d'adsorption. Cette capacité est mesurée à l'aide de la méthode technique de B.E.T (Brunauer, Emmet et Teller). Or, cette expérience n'est pas possible par manque de moyens matériel et financier.

Donc, afin de connaître la surface spécifique du charbon d'os, on va procéder par le test d'observation et comparaison visuelle pour connaître son efficacité.

Le principe du test est simple :

Le noir de carbone est un charbon activé dont la surface spécifique est de 120 m²/g, qui est facilement trouvable dans les cheminées et surtout sur le bas des marmites.

On va donc comparer l'effet du noir de carbone et du charbon d'os dans une solution à nettoyer, ici dans le test, du résidu d'alcool à 02° Alcoolique.

On mettra dans le test les mêmes valeurs pour chacun c'est-à-dire :

- Masse de charbon : 20 g
- Alcool : 200 ml
- Temps d'observation : une nuit
- Les charbons actifs seront tous les deux en poudre.
- La même solution

Il est à préciser que même en mettant la solution au repos aucun phénomène de décantation ne se présente.

Résultats obtenus

Après, plusieurs heures de repos la solution s'est auto nettoyée grâce aux effets du charbon actif. On remarque sur les photos un alcool nettoyé présenté sur la figure (11).

Ainsi, d'après les données, le noir de carbone a une surface spécifique de 120 m²/g, en visualisant les résultats on remarque que le charbon d'os a un meilleur pouvoir de nettoyage puisque avec le même temps imparti, la solution à nettoyer est plus claire dans celui où on l'a utilisé.

On peut estimer que le charbon d'os a une surface spécifique de 400 m²/g.



Figure 11: Comparaison des deux charbons (à gauche le charbon d'os)

3.6. Essais de récupération du gaz

Après distillation à voie sèche de l'os, les sous-produits issus de cette distillation sont de deux types : solide et liquide.

On peut avoir du charbon actif et du gaz de distillation ou du Rano Mena.

Par principe on a priorisé les sous-produits permettant de produire de l'énergie.

Objectifs des essais :

Le but de l'expérience est de déterminer le potentiel du gaz de distillation si il a un réel plus dans la production :

- Les sous-produits gazeux (gaz de distillation) de l'os peuvent être utilisés comme appoint pour la distillation à voie sèche du lignite brut et réduisant non seulement la consommation en charbon de bois pour sa transformation mais aussi l'émission de gaz à effet de serre nocif à l'environnement.

3.6.1. Déroulement de la récupération de gaz de distillation

Approche méthodologique :

Pour pouvoir déterminer le volume de gaz de distillation rejeté à chaque processus de distillation à voie sèche, notre approche consiste respectivement à travers les étapes suivantes :

Première étape :

Lancez le processus de production de charbon d'os mais en prenant le robinet au lieu de la colonne de distillation.

Seconde étape :

- Chercher un ballon standard;
- Remplissez d'eau du robinet ;
- Mesurer le volume d'eau remplissant cette ballonne ;

Troisième étape :

- Démarrer la distillation en allumant le feu ;

- Enregistrez la température d'inflammabilité du gaz.
- Enregistrez la température d'inflammabilité du gaz.
- Effectuer plusieurs relevés de la durée de remplissage du ballon standard en fonction de température.

Tableau 4: Résultats des essais

Essais n°	Masse d'os (g)	Masse charbon d'os (g)	Volume gaz de distillation (l)	Temps inflammabilité (mn)
1	500	280	10,01	20,01
2	500	280	9,04	21,02
3	500	276	9,54	19,02
4	500	276	9,45	19,01
5	500	288	11,4	21,9
		280	9,888	20,192

Ce tableau 4 récapitule le résultat des différents essais de distillation d'os de zébus. Il nous met en exergue que pour une masse d'os bien défini, la quantité de charbon d'os est de 56% environ, soit un peu plus de sa masse initiale. La durée d'inflammabilité pour les différents essais réalisés varie autour de 20 mn en moyenne.

En bref, pour une masse d'os de 500 g, on a pu obtenir 280 g de charbon d'os, 9,88 l de gaz inflammable pour une durée de 20 mn en moyenne.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce travail de recherches a pour objet de trouver une solution pour se débarrasser des os de zébus, déchets issus des activités de la société agro industriel SAMVA,. Ces os présentent un encombrement au niveau du réfrigérateur de la société et perturbent le bon fonctionnement de leur activité quotidienne. Face à cette problématique, la recherche de solution est une priorité. Des questions se posent entre autres :

-la valorisation énergétique et matière est-elle la solution appropriée pour la résolution de la problématique de ladite société ?

Les trois principes de la valorisation des déchets sont :

- réduire
- réutiliser
- recycler

En tenant compte de ce principe, on peut dire que primo, les os de zébus ont été réduits car le fait de les transformer sous forme de charbon d'os a entraîné à la réduction du volume de déchet de la société. Or le charbon d'os est un nouveau produit très recherché pour le traitement des eaux. De plus, on a aussi obtenu de gaz qui pourrait être utilisé comme nouvelle source d'énergie, alternative au bois énergie. En bref, valoriser ces os de zébus sous forme d'énergie et de nouvelle matière est la solution appropriée pour la société SAMVA, objet de ce travail de recherches.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

1. Alphonse Chevallier, le charbon, son emploi dans l'assainissement des eaux et à divers usages économiques, p22
2. Huu Ang Duo, 1974 in Ramampihrika,1997
3. Leduc, 1986 in Ramampihrika, 1997
4. Madagascar Matin, Exportation de charbon de bois-La position controversée du MEEF mise à nue

5. Montagne P et al, 2010, Arina, le charbon de bois à Madagascar : entre demande urbaine et gestion durable. Antananarivo, Cite, 187 p.

WEBOGRAPHIE

1. (<http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/facts/05-076f1.htm>).
2. (<https://www.madonline.com/300-a-400-zebus-par-jour-a-trouver-pour-antananarivo/>).
3. « <https://www.desotec.com/fr/solutions/le-charbon-actif> »
4. <https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-grain-poudre.htm#ixzz5H76M84xe>
5. <https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-grain-poudre.htm#ixzz5H76jDXY>
6. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/facts/05-076f1.htm> »
7. https://www.lesechos.fr/22/03/2017/Lesechos/22409-059-ECH_pour-1-onu-les-eaux-usées-sont-le-nouvel-or-noir.htm
8. <https://www.desotec.com/fr/carbonology-academy/charbon-actif-granulaire-cag>
9. <https://www.lenntech.fr/adsorption.htm#ixzz5H70etnAx>
10. <https://www.gazettelabo.fr/archives/pratic/1999/40Beckman.htm>