

PRODUCTION DE CHARBON ACTIF A PARTIR DE L'ENDOCARPE DE COCO NUCIFERA. CAS DE LA COTE-EST DE MADAGASCAR

L. ANDRIANAIVO¹, J. L. RASOANAIVO², A.O.RAVONINJATOVO²

¹ Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Petroleum Engineering Department, Equipe d'Accueil Exergie et Géoingénierie, Université d'Antananarivo, BP 1500 Antananarivo 101 Madagascar

² Département Energétique, Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT), BP 6294, Antananarivo 101 Madagascar

e-mail : aandrianaivoo@gmail.com

Résumé

Ce travail de recherches est une contribution à la recherche des voies de valorisation des déchets d'endocarpe de coco nucifera. La distillation à voie sèche est la technologie appropriée pour une valorisation matière. Un prototype de distillateur de laboratoire a été confectionné dans le cadre de ce travail dans l'optique d'avoir des résultats réels issus des divers essais de travaux de laboratoire.

Les résultats issus des travaux d'expérimentation confirment que la transformation des déchets d'endocarpe de noix de coco en charbon actif est faisable techniquement par utilisation d'un réacteur fonctionnant sur le principe de la distillation à voie sèche et du procédé d'activation physique. Les résultats des tests effectués ont prouvé que le charbon actif produit possède un fort pouvoir adsorbant concurrentiel avec les produits importés. Ce qui réduira, non seulement notre importation en charbons actifs, notamment ceux destinés pour le traitement de l'eau, mais générera aussi de nouvelle source de revenu.

Mots-clés: déchets, activation, endocarpe de noix de coco, charbon actif, distillation à voie sèche.

1. INTRODUCTION

Les déchets, qu'ils soient d'origine domestique, agricole ou industrielle, sont l'un des problèmes inévitables du XXI^e siècle. En effet, l'augmentation de la population mondiale et sa concentration dans les villes, ainsi que le développement des équipements industriels et des biens de consommation génèrent de grandes quantités de déchets. Les déchets suivent donc l'homme comme l'ombre de sa présence. Les ordures sont les traces de sa vie et les déchets techniques sont les traces de ses activités. Compte tenu des nuisances et des dangers potentiels véhiculés par les déchets, leur gestion rationnelle et leur réduction sont devenues essentielles pour préserver l'environnement et l'avenir des générations futures. Face à cette situation, nous assistons actuellement à l'émergence de diverses activités de recherche sur des techniques innovantes de récupération de l'énergie contenue dans les déchets, de transformation et/ou de recyclage.

A Madagascar, notamment dans les grandes villes, le problème de la gestion des déchets est une des préoccupations majeures de la plupart des communes, tant sur le plan social que financier. Dans ce contexte de gestion des déchets, on ajoute les déchets d'origine végétale tels que les résidus de noix de coco.

Étant une île d'une superficie d'environ 587 000 km², Madagascar dispose d'une vaste zone côtière. C'est un des pays moteurs dans le domaine de l'exploitation de la noix de coco. Le cocotier de Madagascar produit des fruits riches en huile de pulpe, huile de noix, pâte de tourteau de palme et coquilles de noix de coco qui sont des résidus. Précisément, après l'extraction de la noix de coco, les coques sont parfois directement jetées et sont destinées à être des déchets domestiques. Leur utilisation est assez limitée, principalement comme décorations de bâtiments (cendriers, boîtes à bijoux,...), comme substitut de combustible industriel (chaudières et fours à ciment) mais la majorité est mise dans des décharges sauvages. Cependant, ces résidus peuvent avoir un fort potentiel d'utilisation dans la production de charbon actif, un produit à valeur ajoutée intéressant, très demandé sur le marché mondial pour ses applications industrielles.

Malgré l'abondance des déchets de noix de coco pour la production de charbon actif à Madagascar, sa fabrication n'est pas encore envisagée. De ce fait, le pays continue à importer du charbon actif pour diverses applications, notamment dans le domaine de l'eau potable. Il s'agit là d'un des problèmes majeurs auxquels le pays est confronté. C'est dans ce cadre que ce travail de recherche intitulé " Production de charbon actif à partir de l'endocarpe de la noix de coco " a été initié. Cette étude constitue donc une contribution à la valorisation des déchets agricoles, notamment le coco nucifera.

2. METHODOLOGIE

2.1. Zone d'études : ville de Toamasina, région Atsinanana

2.1.1. Localisation

La commune urbaine de Toamasina (Figure 1), appelée aussi capitale de Betsimisaraka, les premières ethnies occupant la ville, se localise à 18°08'50'' de latitude Sud et de 49°23'43'' de longitude Est.

La commune urbaine de Toamasina est située dans la région Atsinanan à l'EST de la grande île, à une distance de 370Km allant d'Antananarivo, capitale de Madagascar bordant l'Océan Indien sur une distance de 20km environ de Nord au Sud.

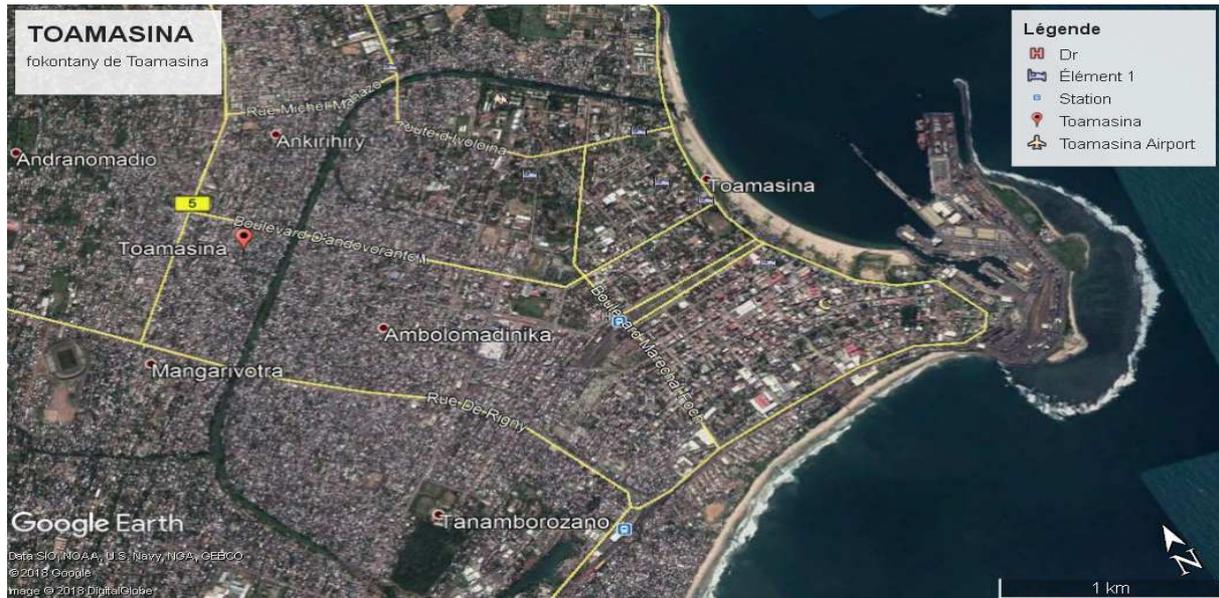
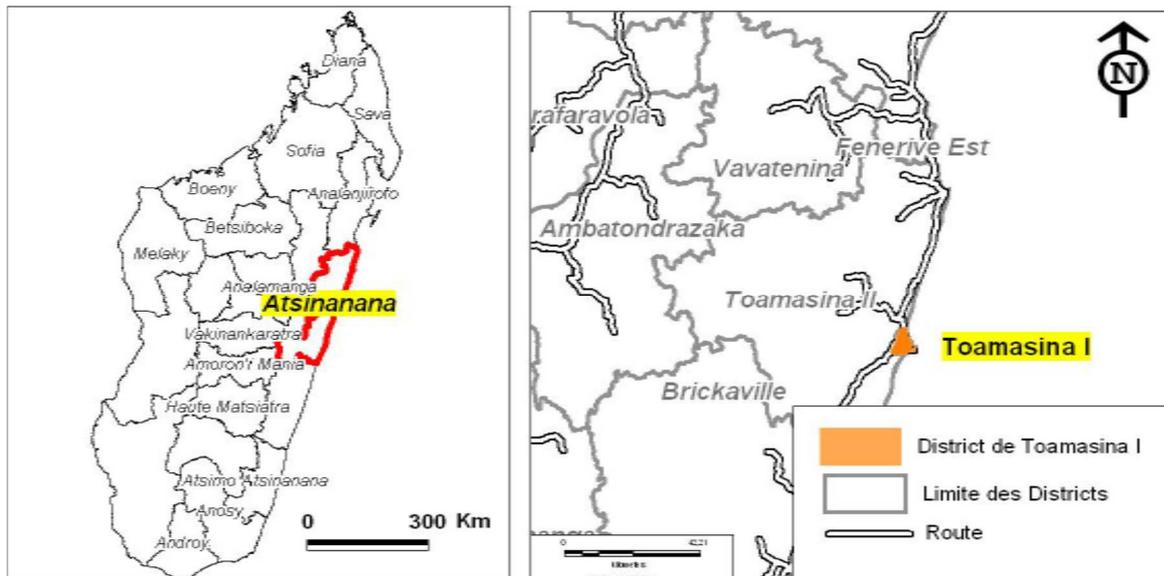


Figure 1 : Localisation de la ville de Toamasina sur Google Earth (1a), sur la carte de Madagascar (1b)



2.1.2. Situation géographique et climatique

Géographiquement, il s'étend sur une superficie de 28 km². La municipalité urbaine de Toamasina est limitée :

- Au nord par la sous-préfecture de Toamasina II ;
- à l'ouest par la sous-préfecture de Toamasina II ;
- au sud par la sous-préfecture de Toamasina II ;
- à l'est par l'océan Indien.

La ville de Toamasina (Tableau 1) est composée de cinq districts avec 134 Fokontany.

Tableau 1 : Les arrondissements de la ville de Toamasina

Arrondissements	Nombre de Fokontany
Ambodimanga	19
Tanambao V	20
Anjoma	37
Ankirihiy	33
Morarano	25

2.1.3. Climat et température

Le climat est tropical, chaud et humide, caractérisé par des pluies abondantes apportées par les courants d'air de l'est et une courte saison sèche. La température moyenne annuelle varie de 24°C, et les précipitations d'environ 3000mm, une des conditions favorables pour les noix de coco. La saison chaude est souvent perturbée par des cyclones qui peuvent parfois être extrêmement violents. Au niveau du vent " Alizé ", le vent des régions intertropicales souffle presque toute l'année et la saison des pluies s'étend de décembre à avril.

2.2. Situation du cocotier à Madagascar

Madagascar compte plusieurs régions industrielles produisant des noix de coco, parmi lesquelles la société Soavoanio à Sambava fait partie de ces unités de production.

Selon les statistiques agricoles obtenues auprès du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Madagascar dispose d'une énorme quantité de noix de coco pratiquement dans les régions côtières. En 2002, le nombre de noix de coco produites au niveau national est estimé à plus de 32 millions, soit environ 25 600 tonnes ; cette quantité générerait 11776 tonnes de résidus, dont 3072 tonnes de coques de noix de coco et 8704 tonnes de coques (données correspondant à des valeurs minimales).

Les restes de noix de coco constituent une grande partie des résidus et des déchets dans les grandes villes côtières et les sites touristiques du littoral de Madagascar. Le Tableau 2 représente les exportations de noix de coco enregistrées à Madagascar de 2003 à 2006

Tableau 2 : Exportations de noix de coco enregistrées à Madagascar de 2003 à 2006

2003		2004		2005		2006	
Valeur (MGA)	Poids Net (kg)						
635512	6000	1592816	3150	29151334	84571	682206340	960802

2.3. Caractéristiques physico-chimiques de l'endocarpe de la noix de coco (ENC)

Les endocarpes de la noix de coco, qui sont des résidus, représentent 10 à 50 % du poids du fruit. Il s'agit d'une des matières qui peuvent être récupérées par une technique énergétique dans laquelle certaines propriétés peuvent interférer avec les processus de transformation. Il est donc nécessaire de commencer l'étude sur leurs caractéristiques physico-chimiques.

Le tableau 3 résume les pourcentages massiques respectifs des composés organiques constituant la CEN.

Tableau 3 : Pourcentage de composés organiques constituant la coque de la noix de coco

Composés Organiques	Taux en pourcentage de la masse (%)
Carbone	46,39
Oxygène	31,82

Hydrogène	3,63
Azote	1,81
Cendres	5,45

2.4. Autres propriétés

La CEN se comporte également comme le bois, de sorte qu'elle est généralement composée de celluloses, d'hémicellulose, de pentosane, d'hexosane et de lignines et d'autres constituants, dont les proportions massiques correspondantes sont indiquées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Proportions massives des autres constituants de la CEN

Constituants	Proportions en masse
Hexosane	3
Pentosane	4
Cellulose	1
Lignines	8
Cendres	6
Autres	2

2.5. Méthode de calcul de la surface spécifique d'un adsorbant

Sur la base des hypothèses de base de la théorie BET, un isotherme d'adsorption exprime, pour une paire adsorbant-adsorbant à une température donnée, la capacité d'adsorption à l'équilibre thermodynamique en fonction de la pression partielle ou de la concentration en phase gazeuse. Plus la pression partielle du gaz dans le milieu est élevée, plus la pression partielle est élevée, méthode de calcul de la surface spécifique d'un adsorbant.

Plus la quantité de composé adsorbé par unité de masse d'adsorbant est importante. L'isotherme d'adsorption donne accès à la surface spécifique. Les surfaces spécifiques sont calculées selon la méthode BET ou l'équation BET est la suivante

$$\frac{P/P_0}{Q(1 - P/P_0)} = \frac{1}{Q_m c} + \frac{c-1}{Q_m c} \cdot P/P_0$$

Q= quantité adsorbée sous pression

Q_m= quantité de gaz nécessaire pour couvrir 1 g d'adsorbant avec une seule couche de gaz

c = La constante BET est définie comme suit :

$$C = \exp [(\varepsilon_l - \varepsilon_L)/RT]$$

ε_l = Chaleur différentielle d'adsorption des molécules à la surface du solide.

ε_L = chaleur latente de liquéfaction de la vapeur à la température considérée.

R= Constante de gaz parfaite

T= température absolue (K)

$$\frac{P/P_0}{Q(1 - P/P_0)} = f(P/P_0) \rightarrow y = ax + b,$$

Cette ligne affine a pour pente : $a = \frac{c-1}{Q_m c}$ et intercepter $b = \frac{1}{Q_m c}$.

De a et b, nous déduisons Q_m et c.

D'où $b = \frac{1}{Q_m c}$ et $c = a/b + 1$.

Les droites de pente et d'ordonnée obtenues à l'origine permettent de déterminer les constantes Q_m etc. Ainsi, la connaissance de Q_m permet de déterminer la surface spécifique en appliquant la relation suivante :

$$S_{BET} = Q_m N \sigma$$

Soit : surface occupée par une molécule d'adsorbat.

2.6. Étapes du traitement des eaux usées

Les eaux usées peuvent subir trois traitements.

2.6.1. Traitement préliminaire

Il consiste à retirer les débris et les déchets grossiers (bois, vêtements, plastique, verre, métal, sable ou gravier...) de l'eau dès qu'ils entrent dans l'usine. Cette étape n'élimine que 10 à 15 % de la pollution initiale lors des trois étapes suivantes (Figure 2) :

- *Triage*

Une simple séparation physique à l'aide de grilles qui retiennent les déchets solides des eaux usées qui les traversent.

- *Dessablage*

Grand bassin, au fond duquel se déposent des sables et des graviers qui peuvent endommager les installations en aval (envasement des conduites, des bassins, usure des pompes et autres composants métalliques, etc.)

- *Déshuilage et dégraissage*

Elle est réalisée par l'injection de fines bulles d'air qui permettent aux huiles et aux graisses de remonter à la surface où elles sont éliminées [8].



Figure 2: Les étapes préliminaires du traitement

2.6.2. Traitement primaire (physico-chimique)

Les eaux usées entrent dans un bassin de décantation, généralement sous la forme d'un cyclone, et y restent pendant plusieurs heures afin que les solides puissent se déposer au fond ; l'accumulation de ces solides entraîne la formation d'une couche de boues appelée boues primaires.

Les matières solides plus légères, telles que les graisses, les huiles et les huiles, restent à la surface pour former un chapeau de boue.

La performance de la décantation peut être améliorée par l'ajout de produits chimiques ou de coagulants (sulfate d'alumine, chlorure ferrique) qui font que les particules encore présentes s'agglutinent ou s'agglomèrent en flocons. Les flocons s'agglomèrent et se déposent au fond du bassin par décantation, comme le résume la figure 3 suivante :



Figure 3: Les étapes de la décantation et de la coagulation-floculation.

2.6.3. Traitement secondaire (biologique)

Après décantation, l'effluent est introduit dans des bassins équipés de dispositifs d'aération (turbines, insufflation d'air...) où les micro-organismes naturellement présents dans l'effluent décomposent les contaminants organiques. Ces microorganismes exercent également un effet physique de rétention de la pollution par leur propension à se rassembler en films ou en flocons.

Les techniques de traitement biologique les plus couramment utilisées sont :

- Les boues activées,
- Lits bactériens (bactéries fixes),
- Les biofiltres,

Les procédés membranaires sont utilisés depuis quelques années. La figure 4 représente le traitement biologique.



Figure 4: Traitement biologique.

2.7. Travaux de laboratoire

Nous avons choisi l'endocarpe nucifère de la noix de coco comme matière première de base pour la fabrication du charbon actif. Ainsi, différentes étapes ont été suivies pour atteindre ce but :

Tout d'abord, la collecte, le séchage, le tri et le pesage de la matière première ;

Puis vient le broyage, suivi de la carbonisation et de l'activation ;

Et enfin, le test d'adsorption et la caractérisation expérimentale du charbon actif produit.

2.7.1. Détermination des caractéristiques physico-chimiques de l'endocarpe de la noix de coco nucifera

a) Détermination du taux d'humidité

La CEN est humide et ne peut pas être utilisée pendant sa transformation. Il est donc nécessaire de les sécher. Les conditions de stockage et les conditions climatiques déterminent l'évolution de l'humidité dans le temps ; toutefois, il convient de noter que l'humidité a tendance, lors du séchage, à s'équilibrer avec la température et l'humidité relative.

La détermination de la teneur en humidité d'un BMS n'est possible qu'après avoir connu la valeur de la matière sèche Ms.

Concernant la détermination de la valeur Ms, pour qu'une biomasse solide ait de la valeur, sa teneur en matière sèche doit être supérieure à 2 %.

La valeur de la matière sèche est obtenue en étuvant à 105°C, des échantillons appropriés pendant 24 à 30 heures et en les pesant plusieurs fois jusqu'à ce qu'il soit établi que la matière en question est complètement sèche, tout en évitant toute modification de sa composition ou de sa structure de base. La norme ISO 589 prescrit que l'échantillon doit être séché dans une étuve ventilée à une température de 105 °C jusqu'à obtention d'une masse constante. Cette valeur est utilisée pour déterminer la teneur en humidité initiale et finale des produits.

Selon la norme européenne EN13774, le taux d'humidité est obtenu par la formule suivante :

$$T_H = \frac{M_{humide} - M_{sèche}}{M_{humide}} \times 100$$

TH est exprimé en (%)

Humidité : masse initiale de l'échantillon

M sec : masse obtenue après chauffage à 105 °C.

b) Matières volatiles (OVM)

Les volatils de la biomasse sont la partie de la matière organique qui s'échappe sous forme de gaz lors de la combustion. Le niveau de matières volatiles favorise l'inflammabilité de la biomasse.

Principe de mesure :

Le même échantillon utilisé pour déterminer la teneur en humidité est chauffé dans un four à moufle à une température pouvant atteindre 550°.

Sa détermination suit la norme française NF1985, le taux de MOV est déterminé par la perte de masse lors du chauffage. La formule suivante est utilisée pour calculer le taux de MOV

$$MOV = \frac{M_{105} - M_{550}}{M_{sèche}} \times 100$$

MOV : teneur en matières volatiles (%)

M105 : masse obtenue après chauffage à 105°C

M105 : masse obtenue après chauffage à 550°C

M sec = M105

c) La teneur en cendres Tc

La teneur en cendres représente la quantité de MM contenue dans une biomasse. Elle est importante pour l'appréciation de la biomasse car si elle est très élevée, la cendre devient un obstacle à la progression du processus de transformation.

Principe de mesure :

La teneur en cendres est obtenue en chauffant l'échantillon à 850°C dans un four à moufle.

La teneur en cendres est déterminée par la masse de résidus après incinération. Le résultat est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$Tc = \frac{M_{850}}{M_{sèche}} \times 100$$

vec Tc : teneur en cendres (en %)

M850 : masse obtenue après chauffage à 850°C

M sèche = M105

d) Teneur fixe en carbone (TCF)

En général, si la carbonisation est bien conduite, le sous-produit obtenu contient \cong 80% de carbone fixe, élément indispensable dans la composition de la biomasse ou du carburant.

Le carbone fixe a un grand potentiel énergétique puisqu'il correspond à la quantité de carbone restant après l'élimination des COV, des cendres et de l'humidité, d'où l'expression suivante :

$$CF = 100 - (H + C + MOV)$$

Avec CF : teneur fixe en carbone exprimée en (%)
H : teneur en humidité (%)
C : teneur en cendres (%)
MVO : teneur en matières organiques volatiles (%)

e) Pouvoir calorifique (CV)

Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'un corps. On distingue le pouvoir calorifique inférieur (PCI) et le pouvoir calorifique supérieur (PCS). Dans le premier cas, la vapeur d'eau fournie par la combustion n'est pas prise en compte. Dans le second cas, les calories libérées par la condensation de la vapeur d'eau sont prises en compte.

En pratique, en ce qui concerne la combustion, les calories fournies par la condensation de la vapeur d'eau ne sont pas prises en compte et le PCI est principalement utilisé.

Compte tenu des caractéristiques physico-chimiques de l'Ecosse, la formule CASSAN a été utilisée pour la détermination du PCI :

$$PCI = 80 \times (100 - Tc)$$

PCI exprimé en Kcal/Kg
Tc : teneur en cendres (%)

2.8. Carbonisation et activation

2.8.1. Prétraitements physiques

Après la collecte, la CEN doit subir des prétraitements préliminaires avant les processus de carbonisation et d'activation.

2.8.1.1. Triage

C'est une opération préliminaire classique pour éliminer les éléments étrangers.

2.8.1.2. Séchage

La NSW subit un séchage naturel à l'air libre pendant quelques jours pour réduire l'humidité et faciliter le broyage.

2.8.1.3. Broyage

Mesure visant à réduire la taille de la CEN

2.8.1.4 Tamisage

Après le broyage, la CEN est tamisée pour éliminer les petits résidus et la poussière.

2.8.1.5 Pesage

Dosage de la quantité de CEN à carboniser.

2.8.2 Carbonisation

Elle consiste en une pyrolyse lente à une température modérée comprise entre 400 et 700°C. Après avoir été écrasé, le CNE est pesé et introduit dans le réacteur d'activation. Après le boulonnage hermétique du réacteur à la colonne de cygne, le feu du four allumé, la pyrolyse commence. Le combustible utilisé est le charbon de bois. Cependant, d'autres combustibles tels que le bois sec peuvent également être utilisés. Le processus est réalisé à l'air libre.

2.8.3. Activation physique

Après l'étape de carbonisation, le matériau n'est que légèrement poreux. Par conséquent, il n'atteint pas encore une surface plus réactive. Il doit subir un autre traitement thermique appelé "activation" afin de développer sa structure poreuse et de rendre son pouvoir d'adsorption plus élevé.

2.8.3.1 Conditionnement du processus

Ajout d'un agent oxydant par la vapeur de CO₂ et de H₂O

Le temps de séjour est de 2 à 3 heures

Conditionnement de la carbonisation.

2.8.3.2 Séquence de traitement

L'étape d'activation est réalisée à une température supérieure à la température de carbonisation finale ; à ce stade de la température, l'ajout de combustible sera nécessaire et un nouvel apport énergétique doit être pris en compte. Pour ce faire, la réactivation du ventilateur électrique augmente la vitesse de chauffe de la combustion afin que la température évolue vers une valeur optimale de 1000°C

3. RÉSULTATS

3.1. Résultats obtenus à partir de la détermination des caractéristiques physico-chimiques de l'encre

Le tableau 5 résume les résultats obtenus dans la détermination des caractéristiques physico-chimiques de l'endocarpe de la noix de coco.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'endocarpe de la noix de coco

Humidité (%)	Taux de Matières Volatiles (%)	Teneur en cendres (%)	Teneur en carbone Fixe (%)
4,1	77,17	0,37	22,62
Humidité (%)	Taux de Matières Volatiles (%)	Teneur en cendres (%)	Teneur en carbone Fixe (%)
4,1	77,17	0,37	22,62

La CEN, avec sa teneur fixe en carbone de 22,62, est donc une biomasse valorisable.

3.2. Résultats de la carbonisation

Nous avons effectué une série de tests de carbonisation du CNE avec une masse initiale de 500g et 750g, respectivement, pour une durée d'environ trois heures et dans une gamme de température de 500, 600, 650, 700 °C. Il convient de noter que la capacité maximale du creuset pour la CNE est de 750g. Le tableau 6 suivant présente les résultats de ces essais :

Tableau 6 : Résultat de la carbonisation de la CEN

Tests	Masse initiale de la CEN (g) Masse initiale de la CEN (g)	Masse de la CEN carbonisée (g)	Temperature finale (°C)	Durée(h)
1er	500	181,75	500	2H30
2nd	500	198,98	600	2H45
3ème	500	212,35	650	3H
4ème	750	332,16	700	2H30
5ème	750	332,16	700	2H45
6ème	750	341,56	700	3H

Ces résultats montrent que la carbonisation à basse température à 500°C, de courte durée 2h30mn, entraîne un faible rendement de carbonisation. Afin d'avoir une meilleure efficacité de la carbonisation, il est donc intéressant d'exploiter la pleine capacité de notre réacteur CNE de 750g et de fonctionner à une température modérée de 700°C et sur une durée plus longue d'environ 3 heures.

3.3. Résultats de l'activation

Les CEN carbonisées des matières premières de 500 g et 750 g ont été activées et ont donné lieu à du charbon actif de CEN comme le montre le tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Résultat de l'activation de la CEN

Tests	Masse de la CEN carbonisée (g)	Masse des CEN(g) activées	Température d'activation optimale (°C)	Durée (H)
1er	181,75	116	875	2H30
2nd	198,98	127	967	2H45
3ème	212,35	140	1024	3H
4ème	332,16	212	829	2H30
5ème	332,16	212	898	2H45
6ème	341,56	218	769	3H

Les courbes correspondant à chaque série de tests sont les suivantes (figures 5 et 6):

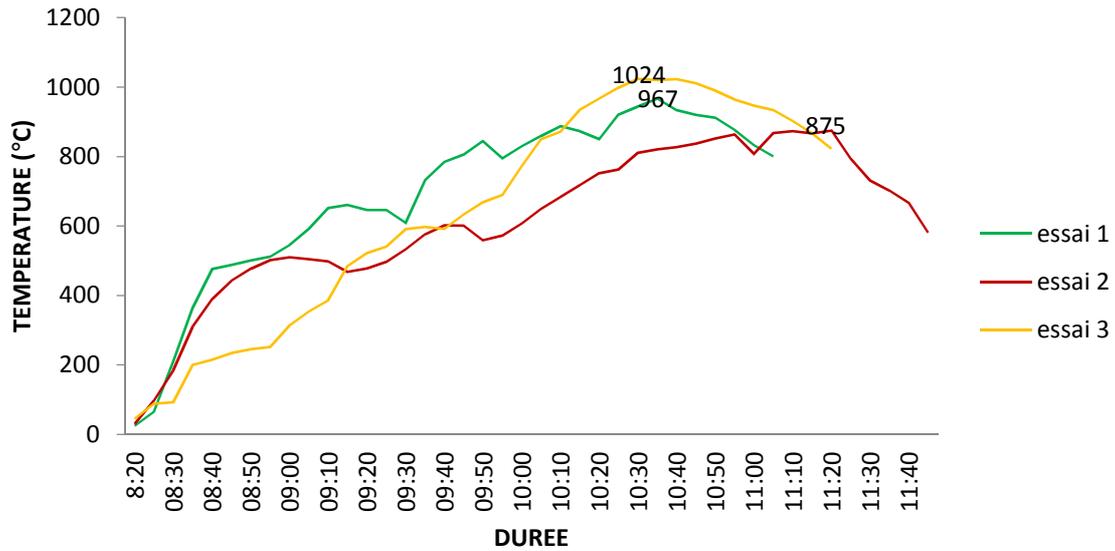


Figure 5 : Courbe d'évolution de la température d'activation pour la série des CEN de 500 g

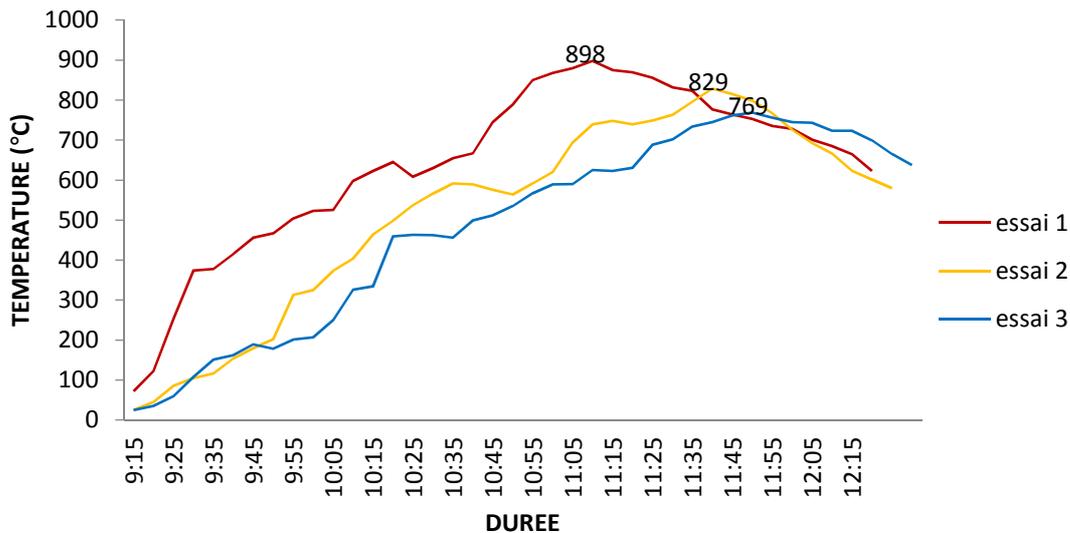


Figure 6 : Courbe d'évolution de la température d'activation pour la série ENC 750g

Le tableau et les courbes précédents montrent les résultats de l'activation de l'ENS carbonisé. Ils montrent que l'utilisation d'une petite quantité de NSK carbonisé permet d'obtenir une meilleure température d'activation de 950 à 1000°C. Cela permettra certainement d'obtenir un charbon actif ayant une capacité d'adsorption élevée.

Ainsi, notre réacteur nécessite pour le processus de carbonisation l'exploitation de sa capacité totale, mais le succès de l'activation repose sur le respect de la limite de remplissage du creuset : utilisation des deux tiers du volume total.

3.4. Résultats sur la caractérisation expérimentale du charbon actif

3.4.1. Comparaison de la PAC avec le CAG

L'interprétation de la différence de capacité d'adsorption de la PAC et des CAG a été basée sur un test comparatif de la capacité d'adsorption de ces deux formes d'AC (Figure 7). Les eaux usées provenant du résidu d'un distillateur d'alcool ont été utilisées.



Figure 7 : Photographie du résultat du test d'adsorption de la PAC et de l'ACG

La Figure 7 montre que la solution traitée avec le CAP (échantillon A) est plus claire que la solution traitée avec le CAG (échantillon B) par le CAG. Le CAP est donc plus adsorbant que le CAG. Ceci est évident car plus la taille du charbon actif est fine, plus sa surface spécifique est grande et donc son pouvoir adsorbant est plus élevé.

3.4.2. Estimation de la surface spécifique de l'AC

La connaissance du pouvoir adsorbant du noir de carbone d'une surface spécifique de 120 m²/g. la Figure 8 représente le test d'adsorption du noir de carbone et de l'AC.

1^{er} Jour



Résultat 1

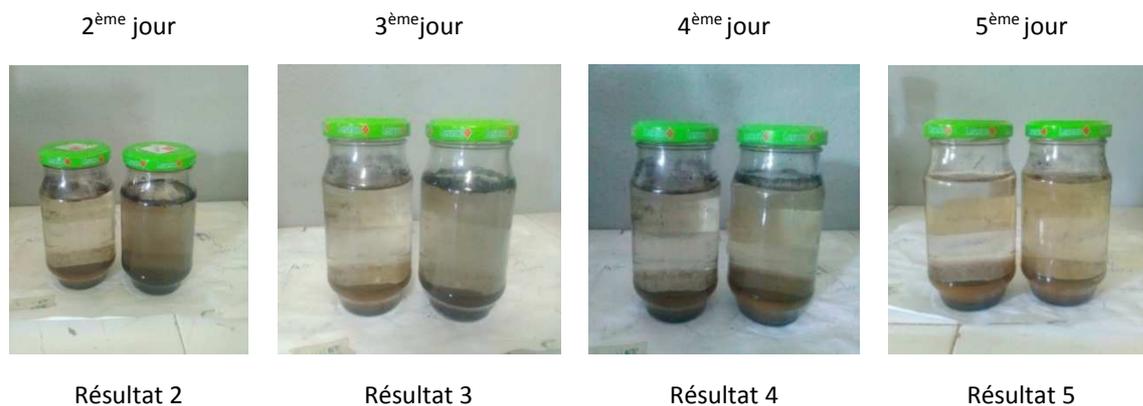


Figure 8: Test d'adsorption du noir de carbone et de l'AC

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Le problème de la gestion des déchets reste un lourd fardeau pour la plupart des municipalités urbaines. C'est le cas de la municipalité urbaine de Toamasina, confrontée à la prolifération des déchets générés par la consommation de noix de coco.

Cette étude consiste donc à apporter une contribution pour remédier à ce fléau en transformant les déchets de l'endocarpe de la noix de coco en un produit valorisable. Pour ce faire, nous avons utilisé une technologie de carbonisation, suivie d'une activation physique de ces déchets.

Ainsi, un réacteur à combustible de charbon de bois a été construit. Ce réacteur a été utilisé à la fois comme réacteur de carbonisation et d'activation. Les résultats obtenus sont satisfaisants tant pour la carbonisation que pour l'activation, ce qui est notre objectif. En effet, lors du processus d'activation, en utilisant une quantité de CEN ne dépassant pas les deux tiers du volume total du creuset du réacteur, les expériences réalisées affirment que du charbon actif de bonne qualité et d'une valeur commerciale non négligeable est produit.

La réalisation de cette étude dans un environnement réel sera donc très bénéfique pour notre pays. Elle pourrait non seulement réduire les effets nocifs véhiculés par les déchets de CEN mais aussi devenir une nouvelle source de revenus.

REFERENCES

- [1] Elabed A., Réactivité thermique et cinétique de dégradation du bois d'arganier application à l'élaboration de charbon actif par activation chimique à l'acide phosphorique, Thèse Doctorat, Université Mohammed V, Maroc (2007)
- [2] Mellah A.K., Adsorption de produits pharmaceutiques sur le charbon actif en poudre en vue de leur élimination, Mémoire de Magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger. (2012)
- [4] CIRAD, Cocotier & palmier à huile, le cocotier ou cocos nucifera, Méridiennes (2007)
- [5] INSTAT, exportation noix de coco enregistré par Madagascar de 2003 à 2006 (2007)
- [6] Bourgois D., Elimination des vapeurs de polluants organiques par absorption dans des solvants visqueux et non volatils, Thèse de Doctorat, Faculté Polytechnique de Mons. (2007)
- [8] Elena Fernandez Ibanez, Etude de la carbonisation et de l'activation de précurseurs végétaux durs et mous, thèse. (2002)
- [9] Bragh Iroli F.L., Ph.D, boursière à l'institut de recherche sur les forêts (IRF), Production du bio-charbon activé à partir de résidus de bois à l'échelle pilote (2017).
- [10] Faisabilité du potentiel de valorisation et de réduction des déchets dans la ville de Tamatave (Madagascar) Rapport de Gevalor, Mars 2013 (2005) p
- [11] Briane.D et Doat J – Guide technique de la carbonisation (1985)
- [12].H. Aussel, C. Le Bâcle, G. Dornier, Le point des connaissances, le traitement des eaux usées, Edition 5026, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). (2004)

- [13].INSTAT/ Direction de la démographie et de statistiques sociales, (2012)
- [14].J. *Omlin, L. Chesaux*, Evaluation de charbons actifs en poudre (CAP) pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. (2010)
- [15].L. *Meljac*, Etude d'un procédé d'imprégnation de fibre de carbones activés-modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène, Thèse de Doctorat, Université de Jean Monnet, St-Etienne. (2004)
- [16].M .A. *SLASLI*, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux: Approches théorique et expérimentale, Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel. (2002)
- [17].M.GUEYE¹, J.BUN, C.BRUNSCHWING, Etude de synthèse des CA à partir de biomasse locales par activation chimique avec H₃PO₄, Journées scientifiques du 2iE, 6^{ème} édition (2011)
- [18].M.DE ROHME, représentant permanent de l'IRHO à Madagascar, Oléagineux, 27^{ème} année, n°7 (1972)
- [19].N. *Mhiri*, Etude d'un procédé propre couplant l'absorption gaz / liquide microstructurée avec la distillation pour le traitement d'air chargé par un composé organique volatil, thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine. (2009)
- [20].N. *Yahiaoui*, Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif, Mémoire de Magister, Université de Tizi Ouzou. (2012)
- [21].PCD, Commune urbaine de Tamatave, (2004)