

## TRAITEMENT DES EFFLUENTS ISSUS DE LA PRODUCTION DE BEURRE DE KARITE



Arlette Kouassiale AKAKPO

Nitidæ

Mars 2022

Projet financé par

## I. Contexte

La transformation artisanale (méthode du barattage) du karité nécessite une grande quantité d'eau et génère de ce fait une quantité importante d'effluent liquide. Après la séparation en deux phases de ces effluents la partie solide peut être utilisée comme combustible mais la gestion de la partie liquide reste encore problématique. Le but de ce travail est de lancer une réflexion plus profonde sur le sujet en vue de proposer des méthodes compatibles avec les réalités du terrain.

## II. Généralités sur les effluents de karité

Les eaux usées des industries agroalimentaires ont la particularité de contenir une pollution essentiellement organique et biodégradable dépourvue de substances toxiques qui fait qu'elles sont facilement traitables par voie biologique. Les effluents issus du barattage sont décomposés en trois phases présentées ci-dessous :

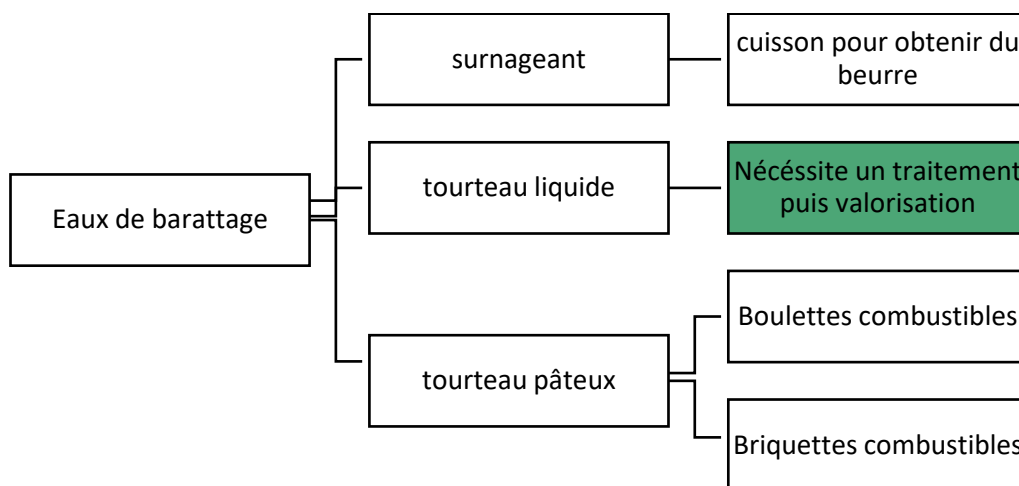


Figure 1: Décomposition des effluents de barattage

Ci-dessous quelques paramètres de caractérisation du tourteau liquide de karité :

Tableau 1 : Caractérisation du tourteau liquide

Paramètres	Tourteau liquide
<b>pH</b>	4,9
<b>DCO mgO<sub>2</sub>/L</b>	865,48
<b>MS (%)</b>	15,38%
<b>MSV de MS (%)</b>	57,91%
<b>Carbone Organique Total COT</b>	33,57
<b>Azote total : N (%)</b>	0,84%
<b>Carbone Total (%)</b>	21,2%
<b>Azote ammoniacal : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	125,25
<b>C/N</b>	25

Source : Arlette AKAKPO (Agrovalor 2021)

La caractérisation ci-dessus provient d'un seul échantillonnage réalisé dans le groupement Tchérégnimin de Petit Paris (Korhogo). Pour mieux appuyer le choix d'une méthode de traitement de ces effluents il serait nécessaire de faire d'autres analyses afin de confirmer ces valeurs.

### III. Technologies existantes de traitement des effluents de karité

#### 1. La méthanisation

L'option de la méthanisation pour la valorisation des effluents de karité, contrairement aux autres traitements des effluents offre la possibilité de production de biogaz directement utilisable pour les besoins énergétiques. La digestion anaérobie présente plusieurs avantages mais également des limites :

##### Avantages

- La valorisation potentielle du biogaz produit
- la possibilité de traiter des charges organiques élevées.
- la possibilité de traiter des effluents déséquilibrés ou limités en azote et en phosphore
- la possibilité d'utiliser le digestat en agriculture

##### Limites

- Cout d'investissement élevé
- Potentiel élevé de production d'écume à l'intérieur du digesteur
- Nécessite l'ajout de déjection animale pour améliorer la production de gaz.
- Nécessite une alimentation régulière en effluent
- sensible aux variations de charges
- Difficulté d'évacuer le digestat si les bénéficiaires ne disposent pas de champs pour épandage.

Au sein de Nitidæ quelques études ont été menées sur la méthanisation des effluents de karité notamment lors du projet Karitane où les effluents ont été Co-fermentés avec les déchets organiques (restes de nourriture, peaux de fruits ...). Pour ces tests il faut noter que la quantité de tourteau injectée était trop faible pour noter une différence significative avec les tests effectués uniquement avec des déchets organiques. Toutefois, les résultats obtenus ont montré qu'il était possible d'utiliser les effluents de karité comme substrat dans la méthanisation. En outre, un système bac de décantation-biodigesteurs à dôme fixe a été installé dans deux unités de production de beurre de karité Par le FRCA en 2019. La mesure de performance de ces systèmes installés au cours du projet Agrovalor a révélé des problèmes dans l'utilisation de ces biodigesteurs à savoir :

- L'irrégularité de l'alimentation des biodigesteurs
- L'irrégularité de l'utilisation du biogaz
- L'intérêt plus poussé des bénéficiaires pour la partie décanteur et le désintéressement de la partie biodigesteur...

Ces différents problèmes rencontrés dans l'utilisation entraînent des conséquences directes sur les performances du biodigesteur dont la production d'écume qui est une limite majeure dans le fonctionnement d'un biodigesteur. Cette production d'écume est du spécifiquement à la nature des effluents (contenant une part grasse) et au manque d'agitation dans le biodigesteur. Il ressort de ces travaux que le biodigesteur nécessite un suivi strict et un entretien régulier avec des personnes formées.

### 1.1. Valorisation du biogaz

Le biogaz produit à partir des effluents de karité peut servir aux besoins thermiques annexes des unités de production à savoir : cuisine, chauffage de l'eau, réchauffement du beurre... il pourrait également servir à la production d'électricité pour l'éclairage des sites. A Korhogo l'on a noté une production journalière d'environ 1,8 m<sup>3</sup> de biogaz (A. Akakpo, 2021).

### 1.2. Valorisation du digestat

La bio digestion permet de rendre les éléments minéraux (azote et phosphore) plus assimilables par les plantes du fait de la minéralisation durant le procédé. Les deux voies de traitement du digestat sont le traitement aérobie et la valorisation agronomique.

## 2. Le compostage

Le compostage est une technique simple qui transforme des matières premières organiques souvent hétérogènes en un produit fini plus homogène, un compost. On obtient alors un amendement organique qui va entretenir ou augmenter le stock de matière organique stable (humus) du sol et contenant des éléments nutritifs plus contrôlables par l'agriculteur (en particulier de l'azote sous forme organique). Des études réalisées par OUALI Michel (2014) ont pu montrer une efficacité du co-compostage des effluents de karité en fosse avec un mélange de biomasses disponibles avec des pourcentages de tourteau de 25 % et 50 % du poids total des éléments mis à composter. L'expérimentation de compostage des tourteaux de karité a montré que les températures sont plus élevées dans les mélanges comportant du tourteau ce qui dénote une bonne dégradation de la matière. Néanmoins ces températures n'ont pas atteint la température optimale pour l'hygiénisation du compost. Les tests supplémentaires sur le potentiel fertilisant et microbiologique n'ont cependant pas été réalisés.

En somme, une valorisation agronomique des effluents pourrait être possible en épurant la technique. Il faudrait en outre enrichir les évidences sur la qualité du compost produit.

## 3. Fabrication de briques d'argile

Les tests réalisés par Adazabra et al (2016) ont consisté à mélanger différentes proportions de déchets de karité usés aux matières premières argileuses. Les résultats de ces tests montrent que les effluents de karité pourraient être utilisés en synergie comme apport de matières premières dans la brique de construction. Il est ainsi possible de réduire la quantité d'argile utilisée pour la construction structurelle non porteuse en incorporant une plus grande quantité d'effluents de karité. D'autre part, l'utilisation d'une grande quantité d'effluent conduit à la production de brique d'argile à faible résistance à la compression. Néanmoins cette résistance à la compression exposées est bien au-dessus des exigences minimales de la norme pour les constructions de structures non porteuses. Ainsi il se crée de nouvelles voies de possibilités pour leur réutilisation économique et durable dans l'industrie de la construction.

Cette voie de valorisation pourrait être essayée dans des sites de production de beurre localisés non loin d'un site de production de briques en argile.

## IV. Technologies qui pourraient convenir au traitement des effluents de karité



## 1. Traitements physico-chimiques (traitement par coagulation)

Les effluents de karité ont une turbidité élevée<sup>1</sup>, dont la décantation des particules s'avère lente et difficile de façon naturelle. Une clarification de ces effluents nécessite donc l'application d'un coagulant. L'ajout d'une étape préalable de coagulation-décantation facilite le traitement suivant (filtration, lagunage, phytoépuration, etc) car permet de retirer une grande partie de la charge organique du liquide.

Les différents coagulants généralement utilisés sont :

- **Le sulfate d'aluminium** : il se présente sous forme de poudre utilisable directement dans l'eau suivi d'une agitation, il est le coagulant le plus utilisé dans la phase de coagulation décantation des effluents issus des industries agroalimentaires. Pour un traitement efficace le pH de l'eau doit être compris entre 6 et 8. On le retrouve facilement sur le marché au prix de 48 500 FCFA (en Côte d'Ivoire) le sac de 25 kg.
- **Le sulfate de fer**, comme le sulfate d'aluminium il est également adapté à la coagulation des effluents d'industrie agroalimentaire. Le fait qu'il soit actif sur un plus large intervalle de pH ( $5 < \text{pH} < 9$ ) est un plus pour le traitement des effluents de karité dont le pH varie généralement entre 5 et 6. Difficile à trouver sur le marché, son prix tourne autour de 7 500 f CFA pour 250 g (prix en Côte d'Ivoire).
- **Coagulants naturels** (semences de végétaux, fruits, bois...) comme les graines de *moringa oleifera*.

Les protéines extraites des graines des arbres de moringa sont des flocculants efficaces pour les particules dispersées dans l'eau et sont attrayantes en tant que produit naturel et durables à utiliser dans la purification de l'eau. Un avantage clé de la purification est qu'elle réduit la charge organique dans les systèmes de traitement, et sa capacité à réduire les populations microbiennes contribue à son attrait en tant que flocculant. (K.A. Ghebremichael et al. (2005)).

Les travaux réalisés par MS Helsing et al. (2013) ont également montré que les graines de moringa sont efficaces pour la coagulation/floculation des molécules de latex dans l'eau. Dans le cas des effluents de karité il serait intéressant de tester leur efficacité sur la décantation en amont d'un traitement par lit bactérien, filtre anaérobie ou phytoépuration, car ces systèmes présentent des risques de colmatage. En revanche, une décantation simple serait suffisante en amont du lagunage. Le fonctionnement de ces systèmes est présenté dans les sections suivantes.

Une comparaison de coagulation-floculation a été réalisée par Nathalia Santos (2021) entre le moringa et le sulfate d'aluminium, sur des eaux usées issues des industries cosmétiques. Les résultats ont montré que la solution de moringa réduit la turbidité à des taux de 94,48

---

<sup>1</sup> Affirmation basée sur l'aspect visuelle. Il reste à faire des analyses physico-chimiques pour connaître le taux de cette turbidité ainsi que le taux de MES.

%, 98,07 % et 97,87 % ; et la DCO réduite à des taux de 46,36 %, 49,15% et 42,7 % ; et les huiles et graisses réduites à des taux de 98,72 %, 78,65 % et 97,41 %, respectivement. Des tests ont montré une moindre toxicité du moringa extrait par rapport au sulfate d'aluminium. Ce travail montre que le moringa a un fort potentiel d'utilisation comme alternative au sulfate d'aluminium. En plus de ces avantages, il peut être retrouvé partout sur le marché et dans les concessions en zone rurale.

En fonction du coagulant utilisé, il convient de vérifier certains paramètres physico-chimiques dans l'eau traitée :

- La teneur en aluminium  $Al^{3+}$  et en sulfates  $SO_4^{2-}$  si on utilise le sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3$
- Les sulfates si on utilise le sulfate ferreux  $FeSO_4$  ou ferrique  $Fe(SO_4)_3$
- Le pH et le TAC (consommation de TAC qui abaisse le pH lors de la coagulation)

La dose de coagulant à injecter doit être déterminée par un **JAR-TEST**.

	Sulfate d'alumine cristallisé	Chlorure ferrique	
		Pur ( $FeCl_3$ )	Solution 41 %
Floculation sur filtre	3 à 10	1,5 à 4	3,5 à 10
Décantation :			
• eaux peu chargées	15 à 30	6 à 12	15 à 30
• eaux de turbidité moyenne	30 à 60	12 à 25	30 à 60
• eaux très turbides	60 à 150	25 à 60	60 à 150
• eaux très colorées	100 à 250	40 à 100	100 à 250
• eaux riches en plancton	60 à 150	25 à 60	60 à 150

Figure 2: Dose de traitement usuel en coagulant (en  $g/m^3$ )

### Paramètres à prendre en compte pour la coagulation

- Le pH

La formation et la stabilité des floccs dépendent du pH il faut donc maintenir le pH de l'eau dans les limites requises par le coagulant.

- L'alcalinité de l'eau (TAC)

L'addition de coagulant dans l'eau consomme du TAC il y'a donc chute de pH qui peut perturber la coagulation et il est parfois nécessaire d'ajouter de la soude, de la chaux ou du calcaire pour rester dans la zone de pH optimal.

- La conductivité

Si la conductivité < 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la coagulation ne fonctionne pas bien. il faut donc reminéraliser avant.

## 1. Traitements anaérobies

### 1.1. Lagunage naturel

Les procédés de lagunage anaérobie sont constitués de plusieurs bassins jouant chacun un rôle spécifique à savoir pouvant être le bassin anaérobie, facultatif ou aérobie. Le nombre de bassins dépend de la charge organique à traiter la charge organique du tourteau de karité étant faible<sup>2</sup>, un agencement de 3 Bassins (1BA, 1BF, 1BM) serait nécessaire au traitement de ces effluents. Ce procédé présente toutefois plusieurs avantages et limites :

#### Avantages

- Coût d'investissement faible
- Système fiable
- Pas de consommation d'énergie

#### Limites

- Emprise au sol importante
- Production et émission de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  directement dans l'atmosphère
- Temps de séjour des effluents importants (> 50 jours)
- Nécessité d'un bon entretien et d'une bonne surveillance
- Sensibilité des microorganismes à la température et au pH

Un dimensionnement estimatif sur la base d'une production journalière d'un mètre cube ( $1\text{m}^3$ ) de tourteau liquide (données obtenues sur le site de Petit paris) et des valeurs limites admissible de DBO et de germes pathogènes a donné les dimensions suivantes :

	Surface ( $\text{m}^2$ )	Profondeur	Volume ( $\text{m}^3$ )
Bassin anaérobie	9,5	3	28,5
Bassin facultatif	22	1,5	33
Bassin de maturation	15,7	1	15,7

### 1.2. Filtres anaérobies

Ils se composent d'un compartiment de sédimentation (ou fosse septique) suivi d'une ou plusieurs chambres de filtration. Le matériau filtrant généralement utilisé inclut le gravier, les pierres concassées, les cendres, ou les pièces plastiques de forme spéciale.

Les filtres anaérobies peuvent éliminer jusqu'à 90% de la DCO de l'effluent. Les temps de séjour hydraulique applicables varient de 1 à 5 jours sur des charges organiques variant de

<sup>2</sup> DCO= 865mg  $\text{O}_2/\text{l}$



5 à 15 kg DCO/m<sup>3</sup>.j (Moletta, 2011). Ce procédé présente toutefois plusieurs avantages et limites :

**Avantages**

- Faible coût de construction, d'exploitation et d'entretien
- Concentration élevée de biomasse
- Efficacité d'élimination de la DCO, DBO et de MES

**Limites**

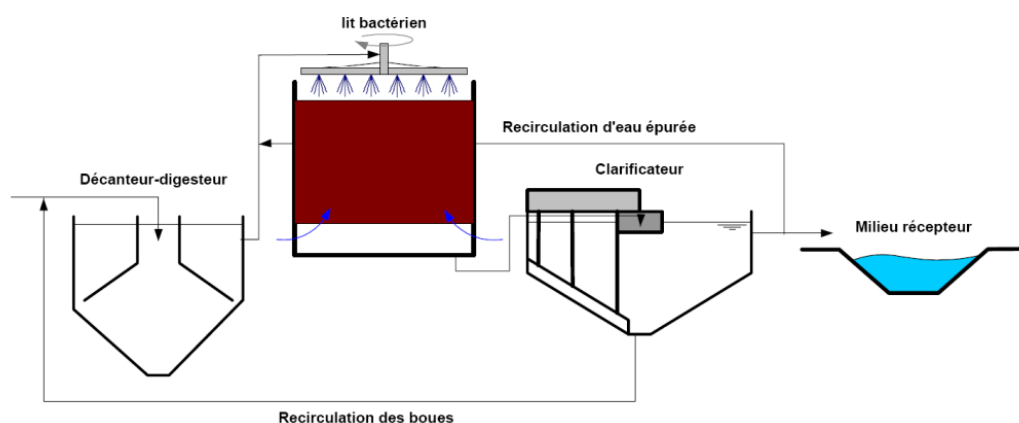
- Accumulation progressive de solides non biodégradables
- Faible capacité d'élimination des germes pathogènes et des éléments nutritifs
- L'effluent nécessite un traitement secondaire et/ou une mise en décharge appropriée.
- Nécessite un expert pour la conception et la construction.
- Temps de démarrage long

## 2. Traitements aérobies

Les procédés aérobies sont des systèmes biologiques d'épuration des eaux usées. En présence d'oxygène, les bactéries hétérotrophes vont transformer la matière organique en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O et en biomasse active. Les réacteurs aérobies généralement utilisés pour le traitement des effluents et qui conviendraient au contexte du karité sont : les lits bactériens et la phyto épuration.

### 2.1. Lit bactérien

L'utilisation des lits bactériens permet d'atteindre des taux d'abattement de la DCO et de la DBO variant entre 83 et 90% (Ahmad et al.,2016). Il faut pour cela réaliser en premier lieu une phase de décantation et de coagulation chimique afin de réduire la charge à appliquer au filtre .



**Avantages :**

- Généralement pour petites collectivités
- Faible consommation d'énergie
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle
- Bonne décantabilité des boues

- Moins sensible aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées

#### ✚ Limites

- Performances généralement plus faibles que les boues activées
- Coûts d'investissement assez élevés
- Sensibilité au colmatage et au froid
- Contraintes d'exploitation :
  - o Faible technicité de l'exploitant (contrôle du colmatage)
  - o Consommation d'énergie électrique
  - o Extraction des boues du décanteur/digesteur 1 à 2 fois/an.

Sur la base d'une production journalière d'un mètre cube (1m<sup>3</sup>) de tourteau liquide et des valeurs limites admissibles de la charge organique et la charge hydraulique, un dimensionnement estimatif donne les valeurs suivantes :

- Décanteur et Clarificateur

	Surface (m <sup>2</sup> )	Profondeur (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Rayon
Décanteur	2,15	1	2,15	-
Clarificateur	1,25	2,5	3,1	0,7

- Lits bactériens

Volume de matériaux (m <sup>3</sup> )	H S a u r t f e a u c r e ( ( n n ) <sup>2</sup> )
1,6	1 5 , 8

## 2.2. Phytoépuration

Elle consiste à planter les plantes supérieures de type roseau sur un massif filtrant constitué de supports fins (gravier et sable lavé) au besoin duquel les microorganismes se développent en biofilm. L'effluent percole au travers de ce massif insaturé, les rhizomes

perforant les dépôts superficiels. Comme le lit bactérien, pour atteindre un haut taux de dégradation de la matière organique, la phytoépuration doit être combinée avec une décantation en amont.

**+** **Avantages :**

- Coût d'investissement assez faible
- Convient pour petites collectivités
- Pas de consommation en énergie
- Moins sensible aux variations de charges
- Possibilité d'utiliser les plantes pour d'autres usages (tels que le bambou et les plantes comestibles épuratrices)

**+** **Limites**

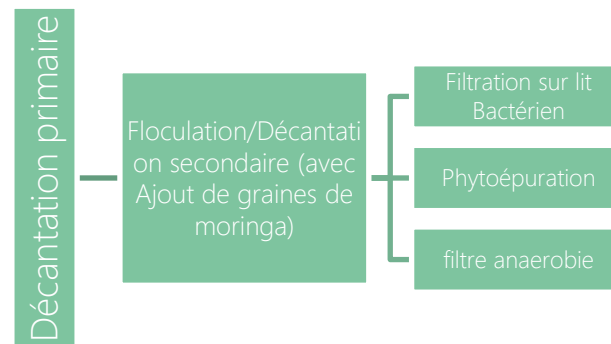
- Fonctionnement demandant de l'entretien et un contrôle régulier
- Sensibilité au colmatage
- Peut nécessiter un grand espace en fonction de plusieurs paramètres à savoir : le débit d'entrée, la charge organique appliquée, les performances de la phase de coagulation décantation...

A l'instar des méthodes de traitements précédentes, un dimensionnement estimatif a été réalisé pour les mêmes caractéristiques de tourteau liquide.

	Volume(m <sup>3</sup> )	Hauteur (m)	S u r f a c e ( m <sup>2</sup> )	Types de plants pouvant être utilisé
Réacteur de filtration	8,9	0,8	1	Andropogon gayanus, Chrysopogon zizanioides, Echinochloa pyramidalis, Pennisetum purpureum et Tripsacum laxum
			2	
			5	

## V. Perspectives

Pour assurer un traitement efficace des effluents de karité une combinaison des méthodes de traitement est possible. Nous proposons ci-dessous quelques-unes :



## VI. Bibliographie

Adazabra AN, Viruthagiri G, Ravisankar R, *Production plus propre dans l'industrie du karité via la récupération des déchets de karité usés pour la réutilisation dans le secteur de la construction*, Journal of Cleaner Production (2016), doi : 10.1016/j.jclepro .2016.02.045.

Arlette Akakpo (2021) Rapport de stage : « *Performance des biodigesteurs d'effluents d'industrie de Karité* »

K.A. Ghebremichael et al. / (2005); *A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa oleifera seed* Water Research 39, 2338–2344

Michel OUALI (2014) Rapport de stage : « *Valorisation du tourteau de karité par compostage* »

MS Hellsing et al. (2013) *Structure des floccs de particules de latex formées par addition de protéines de Graines de Moringa* : Colloïdes et surfaces A : Physicochimiques et Aspects techniques.

Nathalia Santos (2021) *Treatment of cosmetic industry wastewater by flotation with Moringa oleifera Lam. and aluminum sulfate and toxicity assessment of the treated wastewater.*

René Moletta (2011) *La méthanisation* 552 pages

S. Berger (2008), *La méthanisation en milieu rural*