

Influence du traitement alcalin sur les propriétés physico-chimiques et thermiques des fibres de feuilles d'ananas (*Ananas comosus* L. Merr.) produites au Sud-Bénin pour des applications dans les matériaux composites durables

Samson Ahognonhoun Agossou

Azim Mohamed Abibou

Mickael Vitus Martin Kpessou Saizonou

Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée à Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Approved: 08 October 2026

Posted: 10 October 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Agossou, S.A., Abibou, A.M., & Saizonou, M.V.M.K. (2026). *Influence du traitement alcalin sur les propriétés physico-chimiques et thermiques des fibres de feuilles d'ananas (*Ananas comosus* L. Merr.) produites au Sud-Bénin pour des applications dans les matériaux composites durables*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2026.p212>

Résumé

Les feuilles d'ananas constituent un sous-produit agricole abondant au Bénin et sont généralement abandonnées dans les champs après la récolte des fruits. La valorisation de ces déchets lignocellulosiques représente une opportunité pour le développement de matériaux durables. Cette étude vise à évaluer l'influence d'un traitement alcalin sur les propriétés physico-chimiques et thermiques des fibres extraites des feuilles d'ananas (*Ananas comosus* L. Merr.) cultivées dans la région de l'Atlantique au Sud-Bénin. Les fibres ont été extraites manuellement à partir de feuilles fraîches puis soumises à un traitement à l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 10 % pendant deux heures. Leur caractérisation a été réalisée par diffraction des rayons X (DRX), spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), spectroscopie à dispersion d'énergie des rayons X (EDX) et analyse thermogravimétrique couplée à la calorimétrie différentielle à balayage (ATG/DSC). Les résultats obtenus montrent que le traitement alcalin augmente significativement l'indice de cristallinité des fibres, passant de 59,71 % pour les fibres brutes à 79,63 % pour les fibres traitées. Les analyses

FTIR révèlent une réduction des bandes caractéristiques de l'hémicellulose et de la lignine, traduisant l'élimination partielle des constituants amorphes. L'analyse EDX met en évidence une modification importante de la composition élémentaire avec la disparition du potassium et du chlore ainsi qu'un enrichissement en calcium, magnésium et phosphore après traitement. Les analyses thermiques montrent une amélioration de la stabilité thermique des fibres traitées ainsi qu'une diminution des résidus de dégradation liée à une plus grande pureté cellulosique. Ces résultats démontrent que le traitement alcalin améliore considérablement les caractéristiques des fibres de feuilles d'ananas en augmentant leur cristallinité, leur pureté et leur stabilité thermique. Les fibres de feuilles d'ananas présentent par conséquent, un fort potentiel pour le renforcement, des matériaux de construction durables et les applications textiles à haute valeur ajoutée.

Mots-clés : Fibres, feuilles, ananas, traitement alcalin, cristallinité, stabilité thermique, matériaux composites

Influence of Alkali Treatment on the Physicochemical and Thermal Properties of Pineapple Leaf Fibers (*Ananas comosus* L. Merr.) Produced in Southern Benin for Applications in Sustainable Composite Materials

Samson Ahognonhoun Agossou

Azim Mohamed Abibou

Mickael Vitus Martin Kpessou Saizonou

Laboratory for Study and Research in Applied Chemistry at the Abomey-Calavi Polytechnic School, University of Abomey-Calavi, Benin

Abstract

Pineapple leaves constitute an abundant agricultural by-product in Benin and are generally left in the fields after fruit harvesting. The valorization of this lignocellulosic waste represents a promising opportunity for the development of sustainable materials. This study aimed to evaluate the influence of an alkaline treatment on the physicochemical and thermal properties of fibers extracted from pineapple leaves (*Ananas comosus* L. Merr.) cultivated in the Atlantic region of southern Benin. The fibers were manually extracted from fresh leaves and subsequently treated with a 10% sodium hydroxide (NaOH) solution for two hours. Characterization was carried out using X-ray diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX), and

Thermogravimetric Analysis coupled with Differential Scanning Calorimetry (TGA/DSC). The results showed that the alkaline treatment significantly increased the crystallinity index of the fibers, from 59.71% for untreated fibers to 79.63% for treated fibers. FTIR analyses revealed a reduction in the characteristic bands of hemicellulose and lignin, indicating the partial removal of amorphous constituents. EDX analysis highlighted significant changes in the elemental composition, including the disappearance of potassium and chlorine and an enrichment in calcium, magnesium, and phosphorus after treatment. Thermal analyses demonstrated improved thermal stability of the treated fibers, along with a reduction in degradation residues due to increased cellulose purity. These findings demonstrate that alkaline treatment considerably enhances the properties of pineapple leaf fibers by increasing their crystallinity, purity, and thermal stability. The resulting fibers exhibit strong potential as reinforcement materials for bio-based composites, sustainable construction materials, and high-value textile applications.

Keywords: Pineapple leaf fibers, alkaline treatment, crystallinity, thermal stability, composite materials, biomaterials

Introduction

La recherche de matériaux renouvelables et respectueux de l'environnement a suscité un intérêt croissant pour les fibres végétales. Parmi celles-ci, celles issues des feuilles d'ananas (*Ananas comosus*) constituent une ressource abondante et peu exploitée dans les pays producteurs tels que le Bénin où la production est passée de 374 601 tonnes en 2018 à plus de 477 428 tonnes en 2023, générant d'importantes quantités de déchets agricoles composés principalement de feuilles. Ces fibres, souvent extraites de sources renouvelables, ont fait l'objet d'une recherche approfondie ces dernières années en raison de leur polyvalence et de leur compatibilité avec les objectifs de durabilité. Les fibres végétales présentent généralement des propriétés physico-chimiques attrayantes, notamment leur légèreté, leur biocompatibilité, leur faible coût, leur biodégradabilité et leur disponibilité en abondance Smith et al., (2020).

Au sud du Bénin, les conditions climatiques et pédologiques sont propices à la production de l'ananas ; ce qui offre une opportunité de valorisation des fibres extraites de leurs feuilles.

L'objectif de cette étude est de déterminer les propriétés physico-chimiques et thermiques des fibres extraites des feuilles d'ananas afin de mieux comprendre leurs apports dans les matériaux composites renforcés par celles-ci.

Méthodologie

Matériel

Le matériel est constitué de :

- Un appareil photographique numérique : pour la prise de vues ;
- Les feuilles d'ananas de l'espèce *Ananas comosus*
- **Un couteau pour la Coupe des feuilles ;**
- **Une** Planche servant de surface de grattage ;
- **Un peigne pour la séparation des fibres ;**
- **Un ciseau pour enlever la partie épineuse de la fibre**

Méthodes

Les feuilles d'ananas de l'espèce *ananas comosus* de la variété "pain de sucre" ont été collectées à Zè au Sud-Bénin. Après les récoltes des fruits, les fibres ont été extraites des feuilles fraîches par raclage manuelle. Elles ont ensuite été étalées et séchées à température ambiante. Elles ont été réparties en 2 catégories pour leur caractérisation. La 1^{ère} est constituée des fibres brutes et la 2^{ème}, de celles traitées avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 10% pendant une durée de deux heures ont été utilisées.

Les groupes fonctionnels présents dans les fibres ont été identifiés à l'aide d'un spectromètre infrarouge à transformé de Fourier (FTIR). Les spectres ont été enregistrés entre 400 et 4000 cm⁻¹ avec une résolution de 2 cm⁻¹. L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de

Fourier a permis d'identifier les bandes caractéristiques de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine contenues dans les fibres.

La structure cristalline des fibres a été étudiée par diffraction des rayons X (DRX). Les diffractogrammes ont été enregistrés entre 5 et 75°(2θ) avec un pas de 0,02° avec un rayonnement de Kα = 1,5418 Å. L'indice de cristallinité I_{cr}, a été calculé selon la méthode de L. Segal par l'expression :

$$I_{Cr} = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100$$

I₀₀₂ est l'intensité maximale du spectre (amorphe et cristallin).

I_{am} est l'intensité maximale de la partie amorphe.

La composition élémentaire des fibres de feuille d'ananas a été déterminée à l'aide d'un système de spectroscopie à dispersion d'énergie des rayons X (EDX) couplé à un microscope électronique à balayage (MEB)

La stabilité thermique des fibres des feuilles d'ananas a été évaluée par analyse thermogravimétrique (ATG) couplée à l'analyse thermique différentielle (ATD). Les mesures ont été réalisées entre 30° et 500°.

Résultats

Indice de cristallinités des fibres

La figure 1 présente les différents diffractogrammes des fibres d'ananas brutes comparées à celui des fibres d'ananas traitées. Pour les diffractogrammes des fibres brutes et de la fibre traitée, on observe un pic cristallin majeur pour un angle $2\theta = 22^\circ$, qui est associé au plan cristallographique (200) caractéristique de la cellulose I. Un second pic vers $2\theta = 15^\circ$ correspondant au plan (110) et $(1\bar{1}0)$ qui représente une structure ordonnée mais moins cristalline que le pic $2\theta = 22^\circ$. Un troisième pic de faible intensité présent vers $2\theta = 35^\circ$ qui correspond à un plan cristallographique (400). La prédominance du pic $2\theta = 22^\circ$ montre que les fibres des feuilles d'ananas contiennent une quantité significative de cellulose cristalline. Entre les $2\theta = 10^\circ$ et $2\theta = 35^\circ$ on observe un halo amorphe qui montre qu'il y a des zones amorphes dans la fibre. Cette zone correspond à la cellulose amorphe ou à des composants non cristallins comme la lignine, l'hémicellulose ou d'autres impuretés présentes dans la fibre. On remarque également de l'analyse de la figure 1 une intensité de pic plus élevée dans le diffractogramme des fibres traitées que dans celui des fibres brutes. Le traitement à 10% de soude, apporte alors un changement dans l'allure des spectres de diffraction X. En effet, l'alcalisation permet de retirer des composants non cellulosiques tout en modifiant partiellement la structure de la cellulose. Ce qui pourrait amorphiser certaines régions de la fibre.

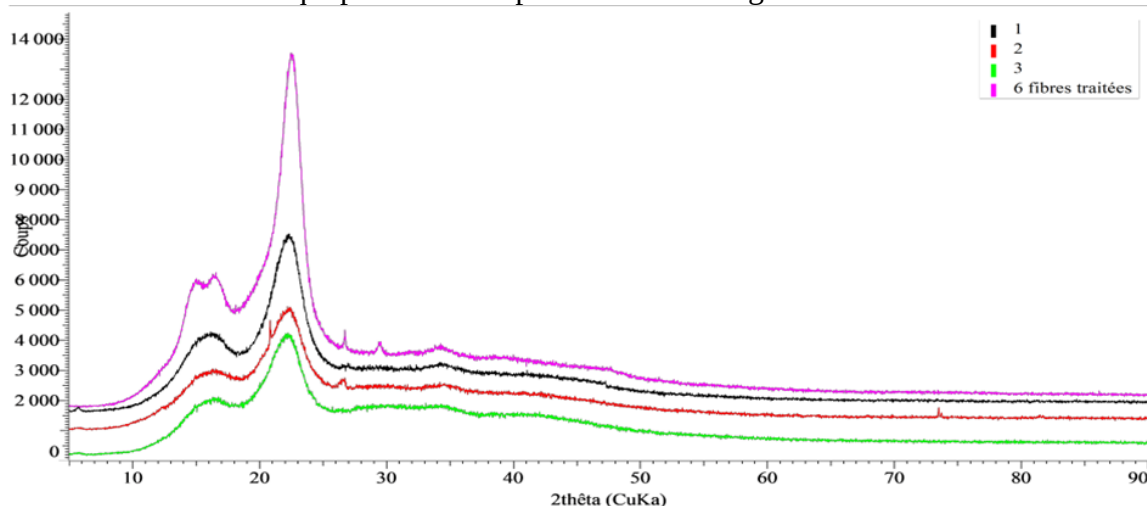


Figure1 : Diffractogrammes des fibres brutes (1, 2,3) et des fibres traitées (6)

Caractérisation chimique des fibres des feuilles d'ananas

Les spectres infrarouges obtenus par transmittance des 2 catégories de fibres sont présentés à la figure 2.

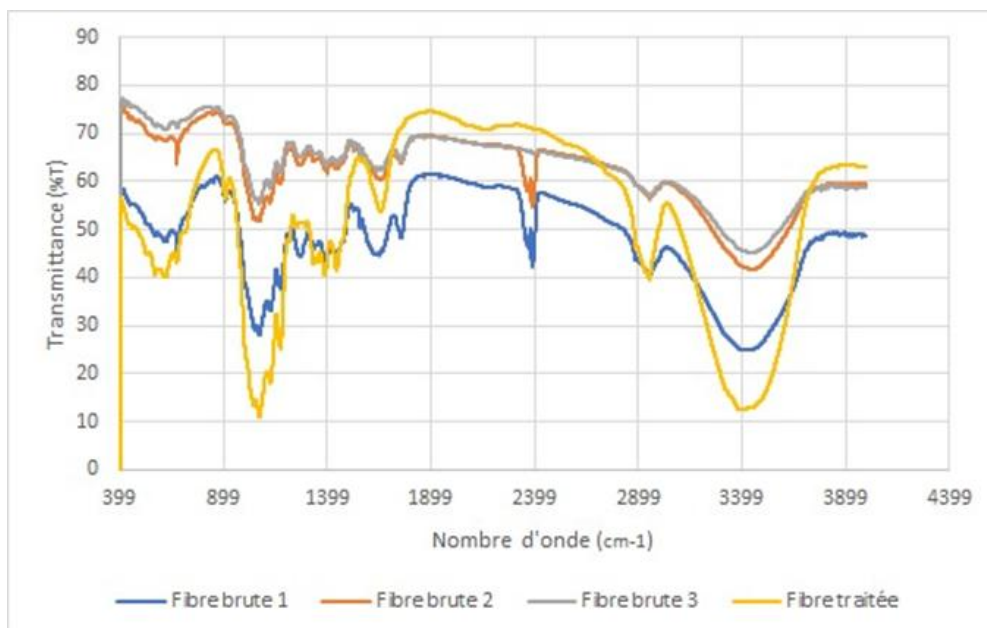


Figure 2 : Spectres infrarouges des fibres brutes et des fibres traitées

L'analyse de cette figure montre qu'entre 3200 cm^{-1} et 3500 cm^{-1} précisément aux alentours de 3399 cm^{-1} , il y a une large bande correspondant aux vibrations d'étirement de la liaison OH. Ce groupe d'hydroxyde est principalement lié à la cellulose et à l'hémicellulose. Le pic est plus prononcé dans le cas des fibres traitées en raison du traitement alcalin qui a éliminé certains composants amorphes comme l'hémicellulose. On observe également une bande aux alentours de 2899 cm^{-1} qui représente la bande des vibrations d'étirement CH (liaison méthyl et méthylène) présente dans les chaînes carbonées. Le pic observé à ce niveau montre que les structures carbonées de la cellulose sont préservées après le traitement alcalin. On note autour de 2399 cm^{-1} une faible absorption qui correspond aux vibrations C=O (groupe carbonyles) associées à des traces résiduelles de lignine. Autour de 1399 cm^{-1} , on observe des bandes caractéristiques des vibrations C-O-C et CO des liaisons glycosidiques dans la cellulose. De même il a été observé un pic entre 1500 cm^{-1} et 1650 cm^{-1} , attribué à la liaison C=C caractéristique de la lignine. Enfin sur ce spectre des bandes de vibrations correspondant aux groupes C-H (famille des hydrocarbures aromatiques) sont précisément observées aux alentours de 899 cm^{-1} .

Composition élémentaire des fibres des feuilles d'ananas

L'analyse EDX des fibres brutes broyées réalisée à un grossissement de 100 montre que le potassium (K) est l'élément majoritaire, avec une concentration moyenne de 53,27% suivi du chlore (15,56 %), du calcium

(12,19 %), du silicium (5,84 %) du phosphore (4,14 %) et du soufre (2,19 %) présents en quantités notables et en faible proportions du magnésium (3,27 %) et d'aluminium (3,55 %). Ces résultats montrent que l'échantillon des fibres des feuilles d'ananas à l'état brute est riche en K, Cl, et Ca, avec des traces d'autres minéraux naturels provenant du sol. L'analyse EDX de l'échantillon des fibres d'ananas traitées révèle des concentrations massiques variées. L'analyse de ces résultats indique que les fibres d'ananas traitées contiennent du calcium (60,18 %), du magnésium (11,43 %), du phosphore (9,08 %), du soufre (3,98 %), de l'Aluminium (8,52 %) et du silicium (5,81 %) et en faible proportion du sodium (1,01 %). Le tableau 1 ci-dessous présente le pourcentage massique moyen des éléments chimiques des fibres des feuilles brutes et des fibres traitées :

Tableau 1 : Pourcentage massique des éléments chimiques contenus dans les fibres des feuilles d'ananas brutes et traitées

Nature des fibres	Concentration en éléments chimiques (%)								
	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Na
Fibres brutes	3,27	3,55	5,84	4,14	2,19	15,56	53,27	12,19	0,00
Fibres traitées	11,43	8,52	5,81	9,08	3,98	0,00	0,00	60,18	1,01
Variations absolues	+8,16	+4,97	-0,03	+4,94	1,79	-15,56	-53,27	+47,9	+1,01

Caractérisation thermique des fibres

Les figures 3 et 4 montrent les courbes de TG /DSC des fibres brutes et des fibres traitées. La courbe de perte de masse des échantillons en fonction de la température révèle la présence de 3 zones caractéristiques au niveau de ces 2 courbes. Un premier pic endothermique aux alentours de 100°C précisément entre 30° et 110° est observé. Il correspond à une première perte d'eau. Cette fraction est souvent moins considérée car les échantillons ont été séchés avant l'essai. Un second pic exothermique plus large entre 210° et 400° et beaucoup plus marqué aux alentours de 335° au niveau du DSC correspondant à la pyrolyse active pendant laquelle les principales composantes de la fibre à savoir la cellulose, l'hémicellulose et la lignine sont dégradées. Le pic exothermique plus prononcé aux alentours de 335° correspond à la décomposition de la cellulose. Cette grande perte de masse montre que la cellulose est la composante principale de fibre d'ananas. Enfin on observe une dernière zone située entre 410°C et 500°C marquée par la présence d'un pic exothermique aux alentours de 440°C. Cette zone correspond à la décomposition de la lignine qui est thermiquement stable (comportant des macromolécules résistant à la chaleur), car dans sa structure moléculaire il existe la possibilité de former des liaisons hydrogène pour stabiliser la molécule.

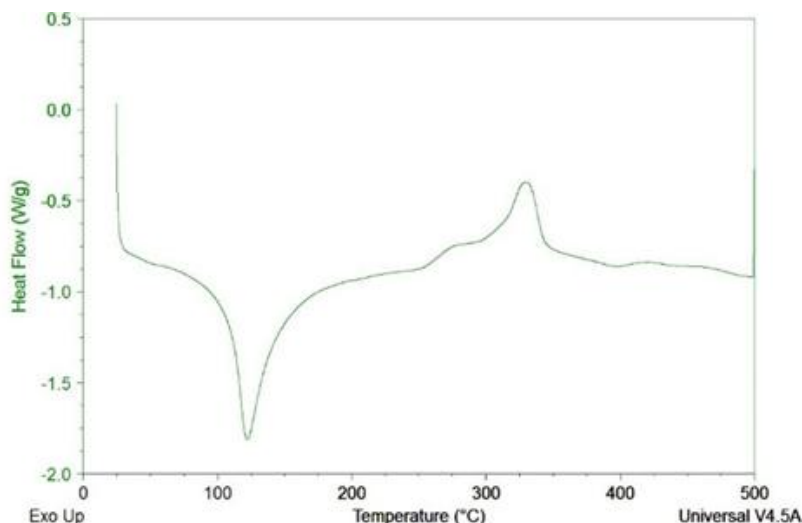


Figure 3 : Thermogramme des fibres d'ananas brutes

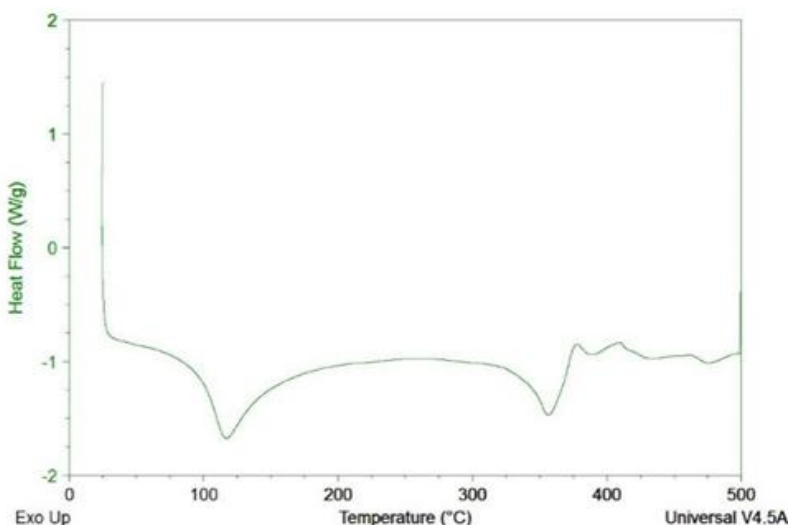


Figure 4 : Thermogramme des fibres des feuilles d'ananas traitées

Discussion

Le taux de cristallinité est en moyenne pour les fibres brutes de l'ordre de 59,71% et 79,63% pour les fibres traitées. Les fibres traitées présentent une cristallinité significativement plus élevée que les fibres brutes. Cela montre que le traitement alcalin élimine partiellement les composés amorphes (lignine et hémicellulose) et améliore ainsi la proportion de cellulose cristalline dans la fibre. Cette augmentation du taux de cristallinité renforce généralement les propriétés mécaniques, la stabilité thermique et la résistance à l'humidité de la fibre ; caractéristiques recherchées pour les applications dans des matériaux composites durables John et al., (2008).

Le traitement alcalin a eu un impact significatif sur les composants amorphes des fibres notamment de la lignine et de l'hémicellulose. L'analyse du spectre infrarouge montre qu'il y a une dégradation des constituants lignocellulosiques, en particulier des hémicelluloses, souvent sensibles aux traitements chimiques. Ces résultats corroborent ceux de Alvarez et al., (2012) qui ont montré que le traitement alcalin entraîne une diminution de l'intensité des bandes associées aux hémicelluloses. L'analyse de ce spectre confirme la présence de groupes fonctionnels caractéristiques des fibres naturelles comme la cellulose, l'hémicellulose et la lignine et montre également comment le traitement alcalin peut modifier certains de ces groupes. La présence des bandes dans les régions des liaisons OH et CH indique des composants hydrophiles qui sont souvent réduits dans les fibres traitées pour améliorer leurs propriétés mécaniques et de résistance à l'eau.

Les fibres traitées présentent une teneur en calcium beaucoup plus élevée que les fibres brutes. Elle indique une variation absolue positive du taux de calcium d'environ + 48% de la teneur en calcium. Ceci peut s'expliquer par la nature chimique de l'hydroxyde de sodium qui est une base forte qui élimine les impuretés et autres composés de nature organique modifiant ainsi la structure de ces fibres. Celles-ci offrent donc des matrices plus pures qui retiennent mieux les ions calcium qui peuvent également former des sels de calcium avec l'hydroxyde sodium. Ceci rend le calcium plus facilement détectable dans les fibres traitées. Cette teneur élevée en calcium pourrait contribuer au renforcement de certaines propriétés de la fibre.

Les taux de magnésium (Mg), aluminium (Al), phosphore (P) et soufre (S) ont connu une augmentation significative dans l'échantillon traité par rapport à l'échantillon brute et cet accroissement des teneurs pourrait s'expliquer par les mêmes raisons que celles énumérées précédemment.

Cependant le potassium (K) et le chlore (Cl), composants majoritaires des fibres brutes ont été totalement éliminés dans les fibres traitées. La disparition de ces éléments indique probablement une élimination ou un remplacement, dans le processus de traitement chimique, par d'autres éléments notamment les ions sodium, dont la teneur a légèrement augmenté et les ions hydroxydes. Par contre le taux de silicium (Si) reste presque stable dans les deux échantillons, ce qui signifie que le traitement alcalin n'a aucun effet sur ce composé dans les fibres ou qu'il est naturellement stable dans la composition des fibres. Cependant, on note l'absence totale du sodium (Na) dans l'échantillon brute mais présent à faible pourcentage dans l'échantillon traité. Ce qui prouve qu'il y a formation du sodium dans la structure de la fibre lors du traitement alcalin. L'analyse comparative de ces résultats prouve que le traitement chimique des fibres a significativement modifié leur composition en réduisant certains éléments (comme K et Cl) tout en

renforçant la structure avec d'autres composants minéraux (Ca, Mg, Al). Cela peut indiquer un processus d'amélioration de la résistance ou de préparation des fibres pour des applications spécifiques.

D'après les thermogrammes des fibres d'ananas brutes et traitées, trois principaux pics qui sont moins prononcés dans le cas du thermogramme des fibres traitées sont observées. Ceci permet de conclure en premier lieu que le traitement alcalin réduit la teneur en humidité des fibres des feuilles d'ananas par élimination de certaines composantes hydrophiles comme la pectine et d'autres impuretés de surface. Dans un second temps il est remarqué également que le NaOH élimine efficacement l'hémicellulose et la lignine tout en augmentant la stabilité thermique de la cellulose dans les fibres traitées. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Ansell et al., (2002) et George et al., (2014). De même aux alentours de 410°C et 500°C il est observé une diminution des résidus de combustion plus faible est moins en fin de thermogramme des fibres traitées que celles des fibres brutes. Cette diminution des résidus est un signe de pureté accrue, car le traitement alcalin enlève les substances non cellulosiques. Ces résultats confirment ceux trouvés par Kalia et al., (2009). L'analyse des thermogrammes des fibres d'ananas brutes et traitées confirme que le traitement des fibres des feuilles d'ananas avec du NaOH à 10% pendant 2h modifie significativement leur composition chimique et leurs propriétés thermiques. Les fibres traitées montrent une meilleure stabilité thermique, une diminution des composantes non cellulosiques (hémicellulose, lignine), et une pureté accrue de la cellulose, ce qui est en accord avec les résultats de plusieurs études sur les fibres végétales traitées.

Conclusion

Cette étude constitue une bonne base de données et apporte une plus-value certaine à la culture de l'ananas au Bénin. Elle démontre que les fibres de feuilles d'ananas produites au Bénin possèdent des propriétés chimiques favorables à leur valorisation industrielle. Le traitement alcalin à 10 % de NaOH pendant 2 heures permet d'augmenter significativement la cristallinité des fibres tout en améliorant leur stabilité thermique. Les résultats des analyses effectuées par FTIR et DRX confirment l'élimination partielle des composés amorphes et l'enrichissement relatif en cellulose dans la fibre des feuilles d'ananas. Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour l'utilisation des fibres de feuilles d'ananas dans les composites biosourcés, les matériaux de construction durables et les applications textiles à haute valeur ajoutée.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration relative aux participants humains : Cette étude a été approuvée par le Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée et a été menée conformément aux principes énoncés dans la Déclaration d'Helsinki.

References:

1. Alvarez, V., Garcia, L., Martinez, R., (2012). Innovations in natural fiber composites for sustainable engineering. *Journal of Composite Materials*, 46(8), 1235-1250.
2. Ansell, C., Harris J., Jackman, R., Harrison, I., Bougrioua, Z., (2002). Multiple parallel conduction paths observed in depth-profiled n-GaN epilayers. *Journal of Applied Physics*, 91(12), 9835–9840.
3. George, M., Brown, T., Li, S., (2014). Advanced applications of composite materials in engineering. *Journal of Composite Science*, 32(7), 345-358.
4. John, M. J., Thomas, S., (2008). Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71(3), 343-364.
5. Kalia, S., Thakur, K., Celli, A., (2009). Natural fiber composites : Recent advancements and applications. *Journal of Materials Science*, 44(10), 2345-2360.
6. Segal, L., (1998). Advances in material science : A comprehensive review. *Journal of Materials Science*, 23(4), 210-223.
7. Smith, R., Gupta, A., (2020). Sustainable engineering technologies for future development. *Journal of Environmental Engineering*, 34(2), 102-115.