

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix – Travail – Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEUR  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE  
D'EBOLOWA  
DEPARTEMENT DE GENIE  
ELECTRIQUE

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace – Work – Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TECHNICAL TEACHER  
TRAINING COLLEGE OF  
EBOLOWA  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL  
ENGINEERING

\*\*\*\*\*

**Filière**  
**Industrie Textile et de l'Habillement (ITH)**

**THEME : ETUDE ET REALISATION D'UN  
THERMOS ISOTHERMIQUE A BASE DE  
(POLYURTHANE RECYCLE ET DE FIBRES DE  
BANANIER)**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de  
Professeur d'Enseignement Technique et Professionnel de deuxième  
grade (DIPET II)

Par : **BOLLOGO BOLLOGO** Marceline

Sous la direction de  
**Dr. KOUMI NGOH Simon**  
**M. NDJAOWE DAÏKREO**

Année Académique : 2019 - 2020



## Table des matières

DEDICACES.....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
AVANT PROPOS.....	v
RESUME.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTES SIGLES ET ACRONYMES .....	viii
LISTE DES FIGURES .....	x
INTRODUCTION GENERAL .....	1
CHAPITRE I : ETATS DE L'ART.....	1
INTRODUCTION.....	1
I- CONNAISSANCE SUR LE TEXTILE ET LEURS .....	1
APPLICATION.....	1
1. Textile naturelle.....	1
2. Textile chimique.....	2
I-2- NATURE CHIMIQUE DES FIBRES.....	2
1. La cellulose.....	2
2. Les hémicelluloses.....	12
3. Les pectines .....	12
4. Les lignines.....	12
I.5.6 CONCEPTS SUR LES FIBRES NATURELLES .....	13
I.6. GENERALITE SUR LA MOUSSE DU POLYURETHANE.....	14
I.7. PRINCIPALES DOMAINES D'UTILISATIONS.....	16
I.8. MATERIAUX D'ISOLATION THERMIQUE : CARACTERISTIQUES.....	19
TECHNIQUES ET CRITRES DE SELECTION.....	19
I.9. COMPOSITES .....	25

I.9.1. DEFINITION .....	25
I.9.2. CONSTITUANTS PRINCIPAUX DES MATERIAUX COMPOSITES .....	25
I.9.3. TYPOLOGIE DES MATERIAUX COMPOSITES.....	27
I.9.6 CLASSIFICATION SUIVANT LA NATURE DES CONSTITUANTS .....	28
I.9.7 CONCEPTS SUR LES FIBRES NATURELLES .....	30
I. 9.11. METHODES D'EXTRACTION DES FIBRES .....	34
I.9.12. PROCEDE MECANIQUE.....	34
I.9.13. PROCEDE CHIMIQUE.....	35
4. PROCEDE MANUELLE.....	35
I.10. METHODES DE CARACTERISATION .....	36
1. CARACTERISATION MECANIQUE.....	36
I.11. ESSAI DE FLEXION TROIS POINTS.....	37
CHAPITRE II : OUTILLAGES METHODOLOGIQUE .....	40
II. SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA RECHERCHE EXPERIMENTALE ET CONCEPTION DES USTENSILES ISOTHERMIQUE A BASE DES MATERIAUX LOCAUX BIODEGRADABLES (POLYURETHANE RECYCLE ET DES SPIRES DE BANANIER) .....	40
CHAPITRE III : ANALYSE DES DONNEES.....	52

**DEDICACES**

**A LA FAMILLE TCHADE Jean  
ET NDAWAH Jacques**

***BOLLOGO BOLLOGO MARCELINE***

## REMERCIEMENTS

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, marquant la fin de notre formation du second cycle en vue de l'obtention du D.I.P.E. T.II, nous ne saurions achever ce cycle sans adresser notre profonde gratitude à tous ceux, qui de près ou de loin, d'une façon ou d'une autre ont contribué à l'élaboration de ce projet ; aussi bien au niveau intellectuel, matériel que financier. De ce fait nous tenons à remercier tout particulièrement DIEU tout puissant et à témoigner toute notre reconnaissance à l'endroit du :

- Pr. ESSIANE NDJAKOMO SALOME, qui n'a ménagé aucun effort pour que les unités d'enseignement se déroulent dans un environnement adéquat.
- Nous remercions Dr KOUMI NGOH Simon pour les orientations et précieux enseignement ayant permis la compréhension de notre thème ;
- nous remercions Mme MFOUNDA REGINE qui a toujours veillé à ce que les cours se fassent normalement en respectant le temps allouer aux unités d'enseignement ;
- nous remercions notre encadreur : M. DJAOWE DAIKREO Jean, et tout le corps enseignant qui n'ont ménagé aucun effort pour nous dispenser des cours qui ont contribué en grande partie à la réalisation de ce mémoire, pour toutes les orientations et leurs précieux enseignements ayant permis la facilité de compréhension de ce thème;
- Tout le personnel administratif de l'ENSET d'Ebolawa.

Nous remercions infiniment M. NDAWAH Jacques pour tout le soutien particuliers qu'il nous apporte pendant cette formation notamment nos parents M. et Mme TCHADE pour tous les efforts consentis et à qui nous devons toute notre réussite jusqu'ici ;

- Tous nos Enfants, Frères, Sœurs, Oncles, Tantes, et ami(es) à qui nous exprimons notre profonde gratitude ; Tous nos Camarades de l'ENSET et tous ceux, de près ou de loin qui ont œuvré pour notre délicate mission conduisant à la réussite de ce projet.

## AVANT PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) D'EBOLOWA est un établissement de l'Université de Yaoundé I chargée principalement de la formation et du perfectionnement des professeurs des Collèges et Lycées d'Enseignement Technique. C'est un établissement pourvu de deux cycles de formation :

- Un premier cycle qui a une durée de trois ans et est sanctionné par le Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique 1er grade (DIPET I) ;
- Un second cycle qui dure deux ans au cours duquel l'impétrant obtient le Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique de 2ème grade (DIPET II) ; Au terme de leur formation, les élèves professeurs présentent un projet de fin d'étude en vue d'obtenir le DIPET I, un mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du DIPET II:
- D'initier les étudiants dans le domaine de la recherche ;
- D'éveiller leur créativité tout en cultivant l'esprit d'observation, critique, d'analyse et de synthèse ;
- De contribuer à l'évolution de la science. C'est pour se conformer à ces règles que nous, élèves professeurs en cinquième année du 2nd cycle avons axé notre travail sur :

ETUDE ET REALISATION D'UN THERMOS ISOTHERMIQUE A BASE DU (POLYURETHANE RECYCLE ET DE LA SPIRE DE BANANIER).

## RESUME

Dans le cadre de notre Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du DIPET II, notre travail porte sur : « *Etude et réalisation d'un thermos isothermique à base de (polyuréthane recyclé et la spire de bananier)* ». Nous avons élaboré et caractérisé un matériau composite à matrice mousse du polyuréthane renforcé de fibres de bananier. L'objectif de ce travail est d'élaborer le matériau composite et de caractériser la fibre. La démarche adoptée a consisté à associer les deux constituants par un liant (colle) pour que le mélange puisse être homogène. Pour un bon dosage du matériau, une balance numérique a servi de prise de pesées pour la détermination de la masse volumique. Une enceinte en carton nous a servi de moule pour former notre isolant. Une machine d'essai de traction nous a permis de clôturer notre expérimentation par l'essai de traction sur 09 échantillons (7 par formulations). Les résultats suivants ont été obtenus : Sur le plan de la caractérisation physique : Les masses volumiques des fibres que nous avons élaborés dans le Tableau I.3 : Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des fibres du bananier. Par ailleurs nous proposons le schéma synoptique industriel de fabrication du thermos. Enfin nous avons la courbe montrant l'évolution des températures dans le thermos et le temps de conservation. Il se termine par la présentation des conditions d'entretien et son prix de vente qui s'élève à :

Mots clés : thermos, isothermique, polyuréthane, matériaux, spire.

## ABSTRACT

As part of our final thesis for the DIPET II, concerns "Studding and realisation of an isothermal slask process based on (recycled polyurethane and banana spiral)". We have developed and characterized a polyurethane from matrix composite material reinforced with banana fibers. The objective of this work is to develop the composite material and to characterize the fiber. The approach adopted consisted in associating the two constituents by a binder (glue) so that the mixture can be homogeneous. For good dosing of the material, a digital balance served as a weighing point for determining the density. A cardboard enclosure served us as a mold to form our insulation. A tensile testing machine enabled us to close our experiment by the tensile test on 09 samples (7 by formulations). The following results were obtained: In terms of physical characterization: The densities of the fibers that we have developed in Table I.3: Physico-chemical and mechanical characteristics of banana fibers. In addition we propose the industrial synoptic diagram of manufacture of the thermos. At the end we have the curve showing the evolution of the temperatures in the thermos and the time of conservation. It ends with the presentation of the maintenance conditions and its selling price which is:

Keywords: utensil, isothermal, polyurethane, materials, coil.

## LISTES SIGLES ET ACRONYMES

TH : Taux d'adsorption d'humidité

MR : Ration d'humidité

LME : Laboratoire de Mécanique

DRX : Diffraction de rayons X

DMTA : Analyse thermomécanique dynamique

CRTA : Analyse thermique à vitesse contrôlée

FAO : Food et agriculture organique

CMM : Composite à matrice métallique

CMO : Composite à matrice organique

CMC : Composite à matrice céramique

# LISTE DES TABLEAUX

**Tableau I.1** Avantages et Inconvénients des assiettes isothermiques

**Tableau I.2:** Evolution de la production de la culture de la banane entre 1990 et 2011

**Tableau I.3 :** Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des fibres du bananier

**Tableau I.4 :** Caractéristique mécanique de quelques fibres végétales

**Tableau 1.5 :** Caractéristiques de quelques matrices thermoplastiques et thermodurcissables à l'état solide

**Tableau 1.6 :** Avantages et inconvénients des fibres végétales

**Tableau 1.7 :** Variétés des fibres végétales

**Tableau I.8 :** Norme de l'éprouvette pour essai de flexion trois points

**Tableau 1.9:** Choix de la largeur et hauteur de l'éprouvette pour essai de flexion

**Tableau II .1 :** Protocole d'approvisionnement des spires de bananiers

**Tableau II.5 :** Approvisionnement

**Tableau III.1 :** tableau présentant les différents matériaux employés

**Tableau III.2 :** tableau démontant les différentes étapes de travail

**Tableau III.3 :** Evolution de la température à l'intérieur du thermos avec comme isolant le polyuréthane recyclé et la fibre de bananier.

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Molécule de cellulose

Figure I-2. La pectine

Figure I.3 Formule des trois molécules de lignines

Figure I.4 Assiettes Iso thermiques

Figure I.5 : Représentation d'un bananier à maturité avec ses rejets

Figure I.6 : Présentation d'un champ de bananier ; (a) : Parties du bananier ; (b) : Inflorescence du Bananier

Figure I.7 : Modélisation de l'évolution de la banane de 1990 à 2011

Figure I.8 : Présentation de quelques objets fait à base des fibres de bananier

Figure I.9: Classification des fibres naturelles

Figure.I.10 chaise en polyuréthane

Figure .I.11 éléments de décoration

FigureI.12. gant chirurgical

Figure .I.13. Ailes d'avions

Figure.I.14 vêtement lycra

Figure I.15 : conductivité thermique du R-11, de l'air sec, de la vapeur d'eau, de l'eau et de la glace à l'intérieur d'un matériau isolant

Figure I.16 Mousse du Polyuréthane

Figure I.17 : Composition d'un matériau composite

Figure I.17 : Présentation des constituants d'un composite ; (a) : type de renfort ; (b) : composition d'un Matériau composite

Figure I.18 : Classification schématique des différents types de composites

Figure 1.19 : Classification des fibres naturelles

Figure I.20 : Quelques machines d'extractions des fibres végétales

Figure I.21 : Extraction des fibres

Figure .I.22 : machine permettant de faire l'essai de traction des fibres

Figure I.23 : Principe de l'essai de flexion trois points

Figure 1.24: Eprouvette pour essai de flexion trois points

La figure II.1 présente le schéma synoptique de l'étude expérimentale et conception des ustensiles isothermique a base des matériaux locaux biodégradables (polyuréthane recycle et des spires de bananier)

Figure II.2 : Présentation du processus d'approvisionnement des spires de bananier et du polyuréthane

Figure III.1 Présentation du thermos

Figure III.2 : Prise de température

Figure. III .3 : courbe d'évolution des températures à l'intérieur du thermos

Figure. III .4 : courbe d'évolution des températures à l'intérieur du thermos

## INTRODUCTION GENERALE

L'industrie textile a été marquée depuis des décennies par l'usage permanent du coton et du polyester donc les débouchés sur le plan socioéconomique ont connu de grands exploits. Actuellement les fibres naturelles constituent un nouveau champ d'intérêt d'envergure internationale et même nationale (artisanat local). Nous observons par exemple des expositions faites par des particuliers sous la houlette du ministre des arts et de la culture. L'une d'entre ces fibres végétales est « le raphia » très utilisé pour la fabrication des objets décoratifs tels que des chapeaux, sets de tables, sacs ...Le raphia assure aussi une bonne isolation thermique et étanchéité sur les toitures. [1] Dans « un revêtement fabriqué à partir des fibres de bananier » présentent la fibre de bananier comme revêtement décoratif mais ne l'associe à aucun isolant.

Au quotidien, nous observons en effet au Cameroun d'une part le recyclage effectif de la coque des réfrigérateurs défectueux, pendant que la mousse de polyuréthane, qui revêt une importance capitale(isolant) est considérée comme déchet non recyclé ; ce qui justifie sa présence régulière dans les ordures des frigoristes( dépanneurs de réfrigérateurs).D'autre part, nous constatons que plusieurs troncs de bananiers sont abattus et gisent au sol après que les planteurs aient retiré le régime de bananes et après avoir extrait une minime quantité de spire pour faire des cordes pouvant servir à attacher des mets. Ces troncs finissent par pourrir et sécher sans servir à autre chose.

Au regard des travaux scientifiques suscités et de nos constats, nous focalisons la spécificité de notre travail sur la conciliation de la fibre de bananier avec la mousse de polyuréthane. En se demandant alors si cette dernière recyclée et la fibre de bananier peuvent faire ménage ensemble ; si leur conciliation peut entraîner la réalisation ou la mise sur pied d'un thermos isothermique ; et comment cela est possible, nous avons opté pour le thème suivant « ETUDE ET REALISATION D'UN THERMOS ISOTHERMIQUE A BASE DES MATERIAUX LOCAUX BIODEGRADABLES (POLYURETHANE RECYCLE ET LA SPIRE DE BANANIER) ».

A travers ce mémoire, nous voulons montrer que la revalorisation du polyuréthane et le recyclage de la spire de bananier, en vue de concevoir des assiettes conservatrices de chaleur ou de froid, c'est à dire des ustensiles pouvant garder les aliments à leur température intacte pendant des heures et même pendant des jours, pour contribuer à réduire voire , même économiser l'usage répété des ressources énergétiques ( micro-ondes ,gaz, pétrole , charbon, bois...)dans les ménages. Nous voulons aussi montrer le bien fondé du recyclage des produits

locaux. Enfin, nous voulons sensibiliser et inspirer le public sur l'utilisation de ce déchet spécial de réfrigérateur (mousse de polyuréthane) qui peut s'avérer être une source de revenu et constituer une PME (petite et moyenne entreprise).

Après, une présentation de la situation artistique (état de l'art), nous exposons ensuite notre méthodologie et outillage et enfin une analyse des ressources.

# CHAPITRE I : ETATS DE L'ART

## INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de présenter le bananier, la mousse de polyuréthane, les méthodes d'extractions des fibres végétales, les matériaux composites, les méthodes de caractérisation des matériaux, une synthèse des travaux fait sur le polyuréthane, ainsi que les fibres de bananier.

## I- CONNAISSANCE SUR LE TEXTILE ET LEURS APPLICATIONS

Les fibres textiles se répartissent en deux grandes catégories : les fibres naturelles et les fibres chimiques. Les fibres textiles d'origine naturelle sont des fibres qui existent à l'état naturel. Ce sont principalement les fibres végétales et les fibres animales. Les fibres textiles végétales proviennent des tiges, des feuilles et des fruits de nombreux végétaux. Par la suite nous avons les fibres chimiques qui, quant à elles se divisent en deux familles ; les fibres artificielles et les fibres synthétiques. Les premières proviennent transformation chimique de substance naturelle, généralement de la cellulose, les secondes sont fabriquées à partir de polymère organiques et inorganique. [3]

### 1. Textile naturelle

Elles sont obtenues par transformation physique et mécaniques d'une matière naturelle, sans modifier sa composition. Une fibre est un filament qui présente une faible largeur par rapport à sa longueur. Elles peuvent être d'origine naturelle ou synthétique (longue ou courte), ayant des propriétés mécaniques certaines. Les fibres naturelles sont utilisées dans les textiles et le bâtiment... [3]

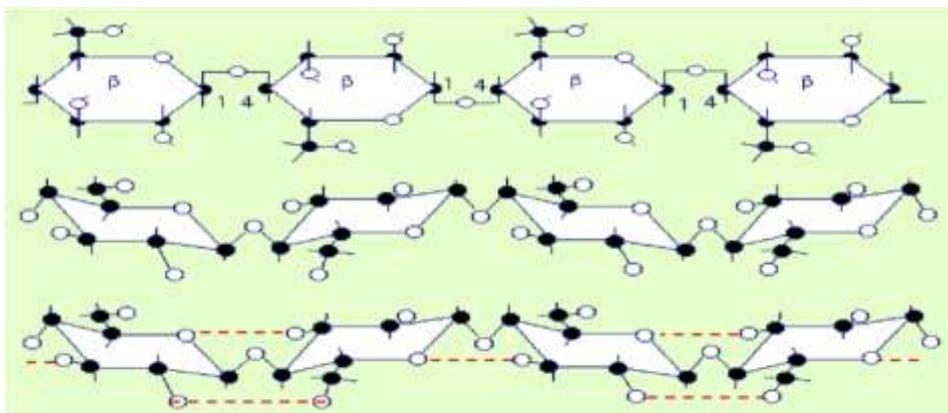
## 2. Textile chimique

Elles se divisent en deux familles : les fibres artificielles et les fibres synthétiques. Elles proviennent de la transformation chimique de substances naturelles, généralement de la cellulose, les secondes sont fabriquées à partir des polymères organiques et inorganiques. [3]

### I-2- NATURE CHIMIQUE DES FIBRES

#### 1. La cellulose

La cellulose est polymère qui existe à l'état naturel et qui particulièrement important puisqu'il est le constituant principal de la masse végétale. Directement issue de la photosynthèse, la cellulose est la molécule organique la plus abondante sur la terre. La quantité de cellulose bio synthétisée par les plantes terrestres est estimée à 100 milliards de tonnes par an ; constituant à elle seule 50% de la masse végétale. Sa structure chimique (voir la figure ci-dessous) présente un état stable et un état instable. Celui rencontré dans le bananier plantain est l'état stable. [4]



**Figure I.1:** Molécule de cellulose

## 2. Les hémicelluloses

A l'état natif, la cellulose est mélangée à des hémicellulose qui sont également des polysaccharides, mais ramifié et contenant des unités saccharides de structures moléculaires diverses. Les hémicelluloses sont par définition les polysaccharides solubles dans l'eau et pouvant être extraites de la paroi de cellules végétales par des solutions alcalines. De plus leur structure dépend de leur origine variétale, du tissu ou du type cellulaire, de l'âge des cellules et de leur localisation dans la paroi végétale.

## 3. Les pectines

Les pectines sont des polymères de polysaccharides acides composées d'une chaîne principale d'acide uronique. Ce sont les constituants essentiels de la lamelle moyenne à la base du ciment qui réunit les cellules entre elles.

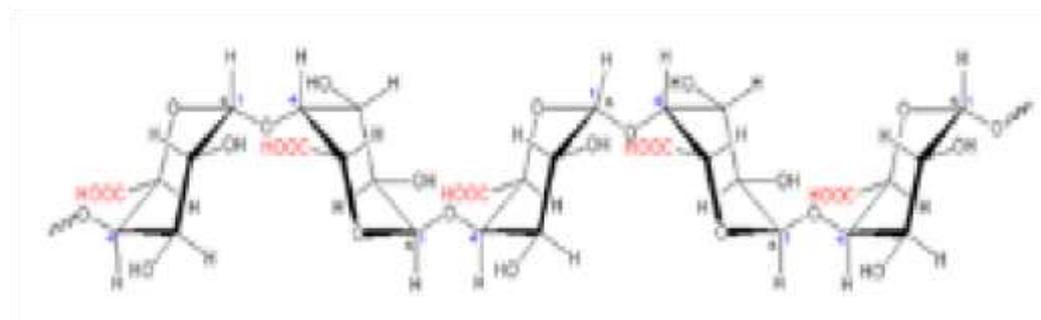
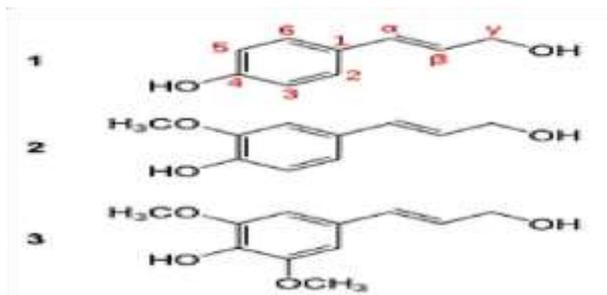


Figure I-2. La pectine

## 4. Les lignines

La lignine ou les lignines sont des polymères tridimensionnel provenant de polymérisation radicalaire de trois alcools phénylpropénoïque dont la structure dépendant de l'espèce végétale qui est indiqué sur (la figure ci-dessous) : l'alcool coumarylique, l'alcool coniférylique et l'alcool synaplylique, que l'on désigne sous le terme général de

monolignols.



### Structure de trois monolignols

1. Alcool paracoumarylique

2. Alcool conférylique

3. Alcool synapylique

**Figure I.3:** Formule des trois principaux monomères de la lignine

## I-3- CONNAISSANCE DES USTENSILES ISOTHERMIQUE

### I-3-1- Description

Un produit iso thermique : est un bocal isolant qui peut de conserver les aliments chauds et froids tout en garantissant leur fraîcheur, pendant une période donne. Par ailleurs nous avons des assiettes plastiques isothermique dans lesquels on introduit de l'eau pour maintenir les aliments chauds, par la suite nous avons de assiettes en acier inoxydable qui peuvent contenir des liquides types soupe et bien d'autres, naturellement sans bisphénols et toxines, très légères et incassables, réutilisable pendant des années et ne présente aucun risque pour la santé , alternative parfaite à la vaisselle en plastique qui peut comporter des perturbateurs endocriniens et autres substances nocives pour la sante.



**Figure I.4 :** Assiettes Isothermiques

### I-3-2- Avantages et Inconvénients des assiettes isothermiques.

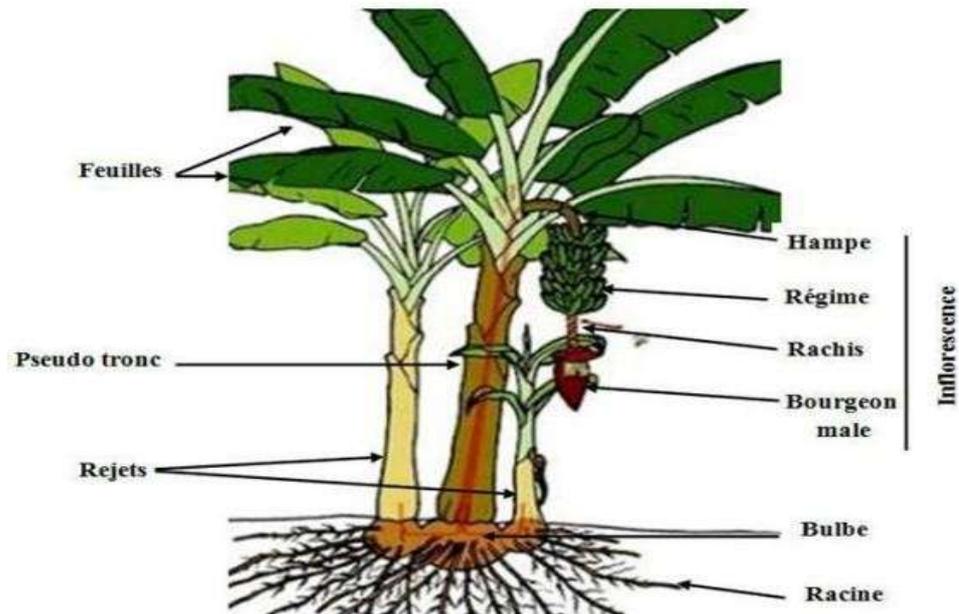
Tableau I.1 Avantages et Inconvénients des assiettes isothermiques

<b>Thermos en</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>acier</b>	- Entretien facile ;	- le cout est un élevé ;
<b>Inoxydable</b>	- solide et durable ; - ne nuire pas à la santé ; -incassable ;	- possibilité d’attraper la rouille lorsqu’elles sont mal entretenues.
	-réutilisable	
<b>Thermos en</b>	avantages	inconvenients
<b>plastique</b>	-bon marché ;	-peut subir des malformations après plus utilisations ;  -peut dégrader la santé des utilisateurs (polypropylène).

## I.4. ETUDE DE MATERIAUX : BANANIER ET POLYURETHANE

### I.4.1. PRESENTATION, DESCRIPTION ET ORIGINE DU BANANIER

Le bananier et le bananier plantain sont originaires d’Asie du Sud-Est, plus précisément dans une région limitée à l’Ouest et à l’Est respectivement par l’Inde et l’amont de l’océan pacifique [1]. C’est dans cette zone que l’on trouve les deux espèces (*Musa acuminata* et *Musa balbisiana*) qui sont principalement à l’origine de toutes les variétés de bananiers et bananiers plantains cultivés actuellement dans le monde. La figure 1.1 présente un bananier à maturité avec ses rejets [1]



**Figure I.5 :** Représentation d'un bananier à maturité avec ses rejets [1].

Les bananiers peuvent atteindre quinze mètres de haut et ne possèdent pas de vrai tronc, la tige souterraine ressemble à un gros bulbe à partir duquel naissent les feuilles [2]. On observe un simple développement en hauteur de la base massive des pétioles, des grandes feuilles insérées en spirale des pétioles. Des grandes feuilles droites ou retombantes (jusqu'à 3 m de long et 60 cm de large) longuement pétiolées comme présenté en figure 1.2a [2]. Lorsque le bananier a produit entre 25 et 30 feuilles, au cœur de celles-ci se développe un bourgeon floral évoluant en une inflorescence qui retombe dans la majorité des espèces sur le côté figure 1.2b [2]. L'inflorescence, appelée « régime » est formée d'une série de spathes (feuilles colorées) disposées en spirale qui porte à sa base des fleurs femelles qui produisent les bananes et à l'extrémité des fleurs mâles.



**Figure I.6 :** Présentation d'un champ de bananier ; (a) : Parties du bananier ; (b) : Inflorescence du Bananier [2].

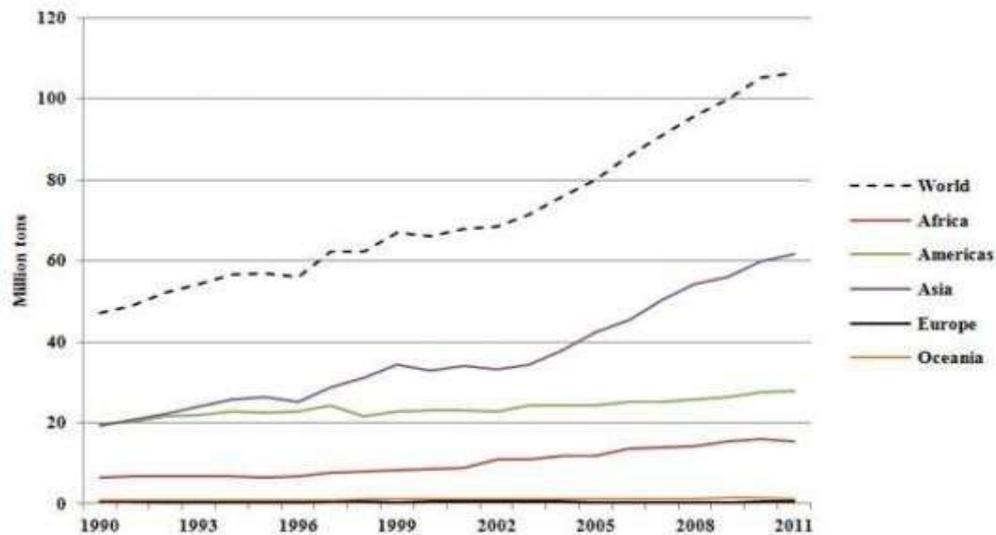
## I.4.2. PRODUCTION ET COMMERCIALISATION

Les bananiers sont cultivés dans plus de 120 pays sur les 5 continents [3] et sur plus de 10 millions d'hectares [4]. Les bananes offrent de multiples usages, elles sont consommées principalement sous forme de fruit frais, légume cuit ou frit mais font également l'objet de nombreuses transformations (chips, frites, beignets, purée, confiture, bière, etc.). D'autres parties de la plante sont utilisées comme fibre textile, construction d'abris, fabrication de couvertures ou emballages de cuisson. Elles occupent le premier rang de la production fruitière, avec une production moyenne de 106 millions de tonnes par an à l'échelle mondiale [5]. Les systèmes culturaux sont très diversifiés dans le monde et les objectifs très contrastés (autoconsommation, vente sur les marchés locaux ou nationaux, exportation vers des régions proches ou vers les pays industrialisés [2]). Près de 90% de la production sont issus de petits agriculteurs produisant pour la consommation domestique et les marchés locaux. Le tableau 1.1 présente l'évolution de la production de la banane dans le monde et une modélisation de ce dernier est présenté en figure 1.3.

**Tableau I.2:** Evolution de la production de la culture de la banane entre 1990 et 2011 [5].

Production de bananes en millions de tonne	1999	2005	2011
Inde	30	20	15
Chines	> 5	> 5	5

Philippines	< 10	> 5	5
Brésil	> 5	> 5	5
Equateur	< 5	5	5
Indonésie	< 5	5	5



**Figure I.7 :** Modélisation de l'évolution de la banane de 1990 à 2011 [5].

### I.4.3. PROPRIETE DES FIBRES DE BANANIER

La fibre de bananier est une fibre de filasse normale, elle a ses propres caractéristiques physico-chimiques et beaucoup d'autres propriétés qui lui font d'elle une fibre fine de qualité. La fibre de bananier est constituée de cellulose (62%), d'hémicellulose (3%) et de lignine à 29% [6].

**Tableau I.3** : Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des fibres du bananier

Caractéristiques chimiques		Caractéristiques physiques		Caractéristiques mécaniques	
Cellulose %	62	Diamètre extérieur (mm) Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	0,04 -0,15  0,27- 0,380	$\sigma_c$ (MPa)	48-200
Hémicellulose%	3			$\sigma_r$	109-355
Lignine%	26			(MPa) $\epsilon_c$ % $\epsilon_r$ %	0,4-2,5  2-11

### I.4.3.1. CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE QUELQUES FIBRES VEGETALES

De par leur composition physique et chimique, les fibres naturelles présentent des propriétés mécaniques très variables conférant ainsi à chaque type de fibres une utilisation bien spécifique. Les travaux menés jusqu'ici montrent que les propriétés des fibres naturelles changent considérablement. Cette variabilité prend naissance à partir de leurs récoltes par l'indication de l'aspect physiologique et biologique sur l'espèce de récoltes de la tige. Le tableau 1.2 présente quelques caractéristiques des fibres végétales.

**Tableau I.4** : Caractéristique mécanique de quelques fibres végétales [2].

Fibres	Module d'Young E (GPa)	Allongement à la rupture $\epsilon$ (%)	Contrainte à la rupture $\sigma_r$ (MPa)	Densité $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
Lin	12 - 85	1 - 4	600 - 2000	1.54
Ramie	61.4 - 128 27 65±18	1.2 - 3.8 3.2	400 - 938 755 800 - 1000	1.56
Chanvre	35	1.6	389	1.07
Jute	26.5	1.5 - 1.8	393 - 773	1.44

Sisal	9 - 21	3 – 7	350 - 700	1.45
Noix de coco	4 - 6	15 – 40	131 - 175	1.15
Coton	5.5 – 12.6	7 – 8	287 - 597	1.5 – 1.6
Tronc du Bananier	11,22	5,33	233,09	0 ,32
Bambou de raphia sec	0.21 – 0.67	-	-	0.33
Hampe du Tronc central du régime de bananier-plantain	3.34 – 30.6	0.59 – 9.6	47.77 – 446.98	0.31

## I.5. QUELQUES DOMAINES D’APPLICATION

Le bananier est une plante qui produit principalement la banane ou la banane plantain selon les variétés. C’est une plante dont chaque élément qui la constitue est utilisable, le bananier produit des fruits comestibles, de l’alcool, des médicaments, du papier, de la corde, de la ficelle, du fil, des objets artisanaux variés, des parapluies, des assiettes “biologiques” jetables, des contenants à cuisson, de la colle, de la teinture, du savon etc. [7].

### I.5.1. DOMAINE TEXTILE

Le bananier est aussi cultivé pour ses fibres qui sont extraites à partir du tronc et de la hampe afin d’être traitées et utilisées pour la fabrication de divers articles tels que les tissus, les étoffes non tissées, les cordes et ficelles, les objets de décoration etc. [1]. Dans la région du Centre Cameroun, les feuilles sèches de cette plante servent à la confection des tenues traditionnelles [1]

### I.5.2. DOMAINE SANTE

En dehors des propriétés nutritionnelles, la banane possède des propriétés biologiques, antimicrobiennes et pharmaceutiques en agissant comme un antidiabétique, anti diarrhéique et anti tumoral. Elle est également efficace dans le traitement de la migraine d’hypertension et du cholestérol. Les sèves du tronc et des feuilles entrent dans la composition anti diarrhéique et

anti dysentérique, elles traitent également les abcès, les infections bactériennes, les ulcérations de peau, etc. [1]

### I.5.3 DOMAINE AUTOMOBILE

Les produits textiles en automobile font appel à une large palette de fils et de fibres naturelle (Coton ou laine), cellulosique (à base de papier recycle, de pâte de bois...), et organique (PA, PE, PP ou aramide type kevlar). Mais ce sont les fibres organiques qui dominent avec les polyester (42%) et les polyamides (26%).

### I.5.4 GENIE CIVIL

Les géotextiles sont des tissus en matériaux synthétiques, sont des tissus en matériaux synthétiques, destinés aux travaux de bâtiment, et de génie civil et d'agriculture. En génie civil les géotextiles font partie de la famille des geosynthétiques. Des géotextiles biodégradables ou écologiques existent aussi comme la toile de jute et servent à la végétalisation de talus ou de pistes de ski.

### I.5.5. QUELQUES APPLICATIONS DE LA FIBRE DE BANANIER

La fibre de bananier est utilisée depuis longtemps et par de nombreuses civilisations, mais en tant que matière première pour la fabrication des rideaux figure 1.4a, des papiers tissus figure 1.4b, des fils à tricoter figure 1.4c, des vêtements figure 1.4d, des fauteuils figure 1.4e, des cadres photos figure 1.4f, des boites figure 1.4g, des serviettes figure 1.4h, etc. [5].



(a)

(b)

(c)

(d)



**Figure I.8** : Présentation de quelques objets fait à base des fibres de bananier ;

**(a)** : Rideaux ; **(b)** : Tissus ; **(c)** : Fils à tricoter ; **(d)** : Vêtements ; **(e)** : Fauteuils ; **(f)** : Cadres photos ; **(g)** : Boites Papiers (i) pneus, (j) séparation des couches et stabilisation du sol, (k) semelles orthopédiques.

## I.5.6 CONCEPTS SUR LES FIBRES NATURELLES

Les fibres sont des matériaux de renforts utilisées pour la fabrication des matériaux composites, elles sont d'aspect filamenteux, se présentant sous forme de faisceau. Leurs utilisations dans l'industrie ont commencé au début du 20<sup>ème</sup> siècle avec la fabrication de siège d'avion, de réservoir de carburant ou autres boîtiers électroniques à partir des fibres végétales renforçant une résine polymère. Avec l'avènement des fibres synthétiques moins sensibles à la température et à l'humidité, les fibres naturelles ont quasiment été abandonnées dans l'industrie. Aujourd'hui, le souci de dégager une image plus écologique et de réaliser des gains de masse et d'énergie conduit à un renouveau de l'utilisation des fibres naturelles. Ce sont les constructeurs automobiles qui se sont engagés les premiers. Le marché potentiel s'étend aux autres secteurs de transport, aux loisirs et bâtiments. Toutefois, les verrous techniques qui ont conduit à leur abandon doivent sauter afin d'améliorer la compétitivité des fibres naturelles [16]. Les fibres naturelles peuvent être classifiées en fonction de leurs origines animales, végétales ou minérales comme le montre le diagramme présenté en figure 1.16.

Les fibres végétales sont maintenant plus utilisées comme renforts des polymères organiques (communément appelés les « plastiques ») et peuvent être classifiées en fonction de la zone d'extraction sur la plante. Les fibres les plus utilisées sont : le lin, le chanvre, le jute, le rami etc. (Pour les plantes monocotylédones) et le sisal, l'henequen, le coco, bambou... (Pour les fibres dures).

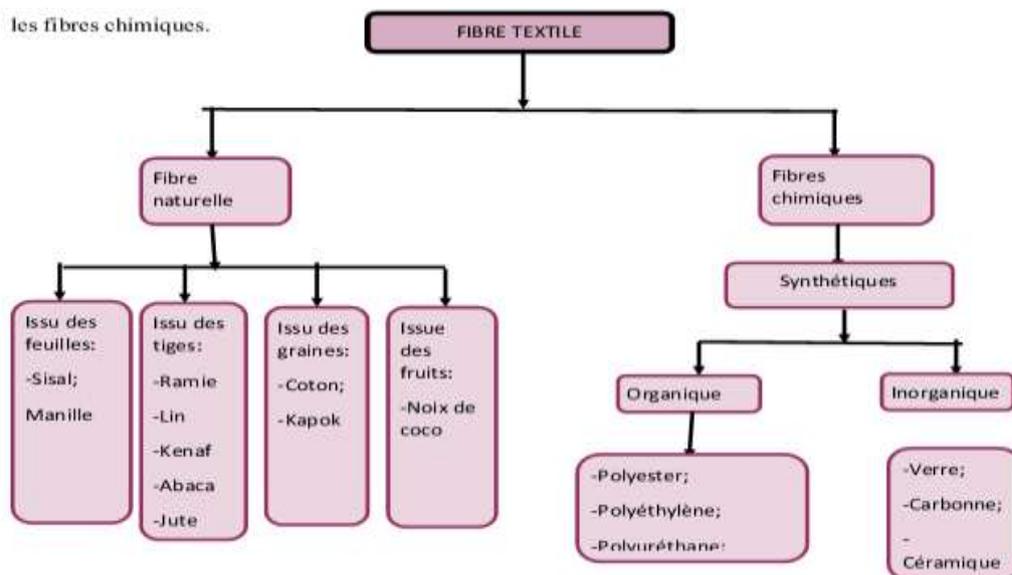


Figure I.9: Classification des fibres naturelles

Les fibres végétales sont maintenant plus utilisées comme renforts des polymères organiques (communément appelés les « plastiques ») et peuvent être classifiées en fonction de la zone d'extraction sur la plante. Les fibres les plus utilisées sont : le lin, le chanvre, le jute, le rami etc. (Pour les plantes monocotylédones) et le sisal, l'henequen, le coco, bambou... (Pour les fibres dures).

## **I.6. GENERALITE SUR LA MOUSSE DU POLYURETHANE**

### **I.6.1 DESCRIPTION**

La mousse du polyuréthane : est un isolant à structure alvéolaire composée de petites cellules renfermant un gaz à faible conductivité thermique.

Le polyuréthane peut être fabriqué avec une grande variété de textures et duretés en variant les monomères utilisés et en ajoutant d'autres substances. Ils sont utilisés pour des colles, peintures, élastomères (« caoutchouc »), mousse, fibres.

### **I.6.2. PRINCIPE CHIMIQUES DES POLYURETHANES**

#### **1. Polymérisation en chaîne**

Il s'agit d'une réaction chimique conduisant selon un mécanisme radical ou ionique à des macromolécules linéaires ou réticulées à partir de composés vinyliques (ayant une double liaison C=C) ou d'hétérocycles comme l'oxyde d'éthylène et le caprolactame. La masse molaire moyenne des macromolécules ainsi obtenues peut atteindre plusieurs millions de grammes par mole. Le greffage de chaînes latérales sur les chaînes déjà formées offre une multitude de possibilités, certaines plus intéressantes que d'autres.

#### **2. Polymérisation par étapes**

Il s'agit du second mécanisme de polymérisation en chaîne. Il se distingue de ce dernier par un mécanisme d'étapes indépendantes. Il se repose sur la réactivité de groupes fonctionnels réagissant ensemble pour former un nouveau groupe qui liera chimiquement les deux bouts de chaînes. Il existe deux types de polymérisation par étapes, la polycondensation et la polyaddition. La réaction menant à la formation de polyuréthanes fait partie des polymérisations par étapes et plus précisément des polyadditions.

### 3. Polycondensation

Il s'agit d'une réaction de polymérisation mettant en œuvre des monomères au moins bifonctionnels (diacides, diols, diamines, etc.) pour former des chaînes macromoléculaires, avec dégagement de molécules de faible masse molaire (le plus souvent de l'eau).

### 4. Polyaddition

La polymérisation par addition regroupe l'ensemble des réactions de polymérisation mettant en œuvre des monomères au moins bifonctionnels conduisant à des macromolécules, sans dégagement de petites molécules, contrairement à la polycondensation, par exemple les polyuréthanes et polyuréas par réaction de diisocyanates avec des diols ou des diamines, les résines époxyde par réaction de prépolymères porteurs de fonctions époxydes (DGEBA par exemple avec des durcisseurs de types diamine), entrent aussi dans cette catégorie. Les groupes isocyanate réagissent avec les alcools pour donner des groupes uréthane stables. Très utilisées dans cette réaction fut découverte par Charles Adolphe Wurtz en 1849.

Pour les matières plastiques et pour les élastomères, la formation de polyuréthanes à partir de diisocyanates et d'eau avec dégagement de CO<sub>2</sub> a pris une importance toute particulière car les mousses polyuréthanes sont très utilisés au quotidien.

Mais l'élément le plus important du procédé de polyaddition des diisocyanates est leurs réactions sur les composés polyhydroxylés, car les groupes uréthane ainsi formés (groupe ester de l'acide carbamique) sont stables. Dans les premiers temps des polyuréthanes, on utilisait des diols de faible masse molaire comme le butane diol et par polyaddition avec le diisocyanate d'hexaméthylène (HDI), on obtenait des polyuréthanes linéaire (fibres polyuréthane). Dans les polyuréthanes actuels, le groupe uréthane est en fait seulement l'élément de jonction entre les chaînes macromoléculaires. Ce groupe présente une stabilité et une rigidité exceptionnelle, son énergie de cohésion dépasse même légèrement celle de la fonction amide. Ceci explique les excellentes propriétés mécaniques des polyuréthanes, même si les groupes uréthane ne représentent qu'une petite fraction de l'édifice macromoléculaire.

### I.6.3. PROPRIETES PHYSICO CHIMIQUE

Ce plastique peut être présent sous forme de mousse souple, mousse rigide ou produits non mousse. Il possède un caractère thermodurcissable. La mousse rigide composé de fine cellules fermées emprisonnent un gaz à faible conductivité thermique. Ce matériau est un excellent isolant thermique. On peut signaler que la conductivité thermique de la mousse de polyuréthane se situe entre 0,023 et 0,028 W/m<sup>2</sup>.K.

#### 1- Recyclage, dégradation et traitement des déchets

On distingue deux techniques de recyclage :

- ✓ **Recyclage chimique** : qui regroupe la glycole, l'hydrolyse, l'aminolyse et les procédés thermochimiques ;
- ✓ **Le recyclage mécanique** : qui regroupe l'agglomération, le broyage et pulvérisation, le moulage par compression et la pression adhésive.

Les non- mousses sont difficilement collectables et difficile à rendre pure (revêtements de peintures, adhésifs, mastics et colles pour lesquels il n'y a pas de technologie de recyclage). En 2011, il est estimé que 210 Kt sont à recycler. Ces étapes de décomposition altèrent la qualité des produits obtenus et quelle que soit la technologie de recyclage utilisée, le polyuréthane recycle a des propriétés de moindre qualités que le polyuréthane vierge : le recyclage chimique permet d'obtenir des produits réincorporables de l'ordre de 20%. En 2011 on recycle 3Kt de polyuréthane.

### I.7. PRINCIPALES DOMAINES D'UTILISATIONS

Les mousses flexibles sont particulièrement utilisées en ameublement (assises des sièges et canapés), les mousses rigides sont intégrées aux murs rideaux, ou des panneaux d'isolation (panneaux sandwich) utilisent dans le bâtiment ou dans l'électroménager (parois de réfrigérateurs ou des chambres froides par exemple). L'ordre de grandeur de la conductivité thermique de la mousse de polyuréthane se situe entre 0,023 et 0,028W.m<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>.

Sous la forme de mousse expansée, les mousses de polyuréthane sont largement utilisées pour leur qualité d'isolant thermique, leur adhérence sur tout support, leur pouvoir de flottaison, leur capacité à remplir les vides quels qu'ils soient et à permettre des emballages sur mesure, légers et solides. Les mousses vendues en bombe ont une capacité d'expansion de l'ordre de 50 litres de mousse par litre de produit. La masse volumique de mousse obtenu est de l'ordre de 40 Kg m<sup>-3</sup>.

Au début des années 1970, la mousse de polyuréthane a été utilisée pour construire au Texas un bâtiment expérimental, la TAO earth house.

## 1. Colles

Les polyuréthanes sont à la base de la fabrication de colles plus particulièrement pour assembler le bois ou le collage des semelles de chaussures. L'avantage principal de ce type de colle est sa résistance à l'eau. La mousse du polyuréthane est aussi un excellent matériau de collage utilisée astucieusement dans le bâtiment en la détournant de son usage premier pour par exemple coller des panneaux d'isolation sur des cloisons.

## 2. Ameublement



Figure.I.10 chaise en polyuréthane

## 3. Décoration

La mousse de polyuréthane est un matériau exceptionnel pour réaliser des éléments de décoration (fausses poutres, décors, sculptures, etc.) qui sont ensuite peints ou recouverts de matière comme le crépi



Figure .I.11 éléments de décoration

#### 4. Gants chirurgicaux

De nombreux modèles de préservatifs, gants chirurgicaux sont fabriqués à partir du polyuréthane. Ils présentent l'intérêt d'être moins générateurs d'allergie que le latex tout en présentant de parfaits critères de qualité.



FigureI.12. gant chirurgical

#### 5. Industrie

Les films de polyuréthanes sont utilisés pour protéger de la corrosion, l'abrasion et l'érosion de nombreux types d'équipements (ailes d'avions, trains, automobiles, pales d'éoliennes, etc.).



Figure .I.13. Ailes d'avions

#### 6. Textile

Le polyuréthane thermoplastique élastomère, le lycra (spandex ou élasthanne) est créé par Dupont de Nemours. Sa chaîne principale est composée à la fois de groupes uréthane et de

groupes urée. De nombreux vêtements sont fabriqués à base de lycra dont les propriétés extensibles en font un produit très adapté aux vêtements de sport, uréthane entre dans la composition des combinaisons spatiales pour fabriquer la couche pressurisée. Il est enduit sur une couche de nylon et recouvert d'une couche de Dacron.



Figure.I.14 vêtement lycra

## **I.8. MATERIAUX D'ISOLATION THERMIQUE : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET CRITERES DE SELECTION**

### **I.8.1. MODE DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR ET TERMES TECHNIQUES**

#### **1. Mode de transmission de la chaleur**

Il est important de comprendre comment s'opèrent les échanges de chaleur dans un matériau. Les transferts de chaleur se font par conduction, par convection ou par radiation, ou par une association des trois. La chaleur se déplace toujours des zones chaudes aux zones plus fraîches.

S'il fait plus froid à l'intérieur d'un matériau iso thermique qu'à l'extérieur, le matériau attire la chaleur extérieure. Plus la différence de température est importante, plus les flux thermiques vers les zones fraîche seront rapides, conduction. Dans ce mode d'échange de chaleur, l'énergie thermique s'introduit dans un matériau en traversant, molécule après molécule un solide, un liquide ou un gaz. Pour qu'il y ait conduction, il faut qu'il y ait un contact physique entre les particules et une différence de température. La conductivité thermique est donc la mesure de la vitesse à laquelle un flux de chaleur se transmet de particule en particule. Le taux d'échange thermique dans un matériau donne sera fonction de la différence de température et de la conductivité calorifique du matériau convection. Dans ce cas, l'échange intervient lorsqu'un liquide ou de l'air / gaz chauffe se déplace d'un endroit à un autre en conservant la

chaleur. Le taux d'échange thermique dépendra de la température du gaz ou du liquide en mouvement et de son coefficient d'écoulement.

## 2. Radiation :

L'Energie thermique est transmise sous forme lumineuse, comme des radiations infrarouge ou rouge ou autre forme d'onde électromagnétiques cette énergie émane d'un corps chaud et ne peut se déplacer librement qu'à travers un milieu totalement transparents. L'atmosphère, le verre et les matériaux translucides laissent passer une quantité importante de chaleur rayonnante qui peut être absorbée lorsqu'elle frappe une surface. On sait très bien que les surfaces claires ou brillantes reflètent d'avantage la chaleur rayonnante que les surfaces sombres ou noires et les premières se réchaufferont donc plus lentement. Les modes de transmission de chaleurs décrites ci-dessus interviennent tous les trois dans la pénétration de la chaleur à l'intérieur des matériaux, mais les échanges de chaleur à travers parois et planchers sont principalement à la conduction.

## 3. Energie thermique

Les propriétés thermiques des matériaux isolants et des autres matériaux servant fréquemment à la construction sont bien connues, et peuvent être précisément mesurées. On peut aussi calculer la valeur du (flux thermique) qui traverse une série de matériaux. Il faut toutefois connaître et comprendre certains termes techniques pour calculer les déperditions de chaleur et comprendre certains termes techniques pour calculer la déperdition de chaleur et comprendre les facteurs qui entrent en jeu dans ces processus. La règle veut que le suffixe - ité désigne la propriété d'un matériau, quelle que soit son épaisseur, tandis que le suffixe - ance se rapporte à la propriété d'un corps spécifique d'épaisseur donnée. Une kilocalorie (1kcal ou 1000 calories) représente la quantité de chaleur (énergie) nécessaire pour élever la température d'1 kilogramme (kg) d'eau d'un degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). L'unité énergétique définie par le système international d'unités est le joule (j).

## 4. Conductivité thermique

En termes simples, la conductivité thermique est la mesure de la capacité d'un matériau à transporter de la chaleur à travers sa masse. Différents matériaux isolants et d'autres types de matériaux ont une conductivité thermique spécifique qui peut être utilisée pour mesurer leur pouvoir isolant. On peut la définir comme la quantité de chaleur / énergie (exprimée en kcal, ou J) dans le système international d'unités, en watt(W)  $\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Coefficient de conductance thermique

Cette valeur est désignée par la lettre grecque  $\lambda$  (lambda) et définie comme la quantité de chaleur ( Exprimée en kcal) écoulee par conduction à travers  $1\text{m}^2$  de matériau d'une épaisseur d'1m, en une heure de temps , quand l'écart de température de part et d'autre du matériau. Etant attendu un flux thermique régulier correspond à  $1^\circ\text{C}$ . La conductance thermique est déterminée par des tests et constitue la valeur essentielle de tout matériau.

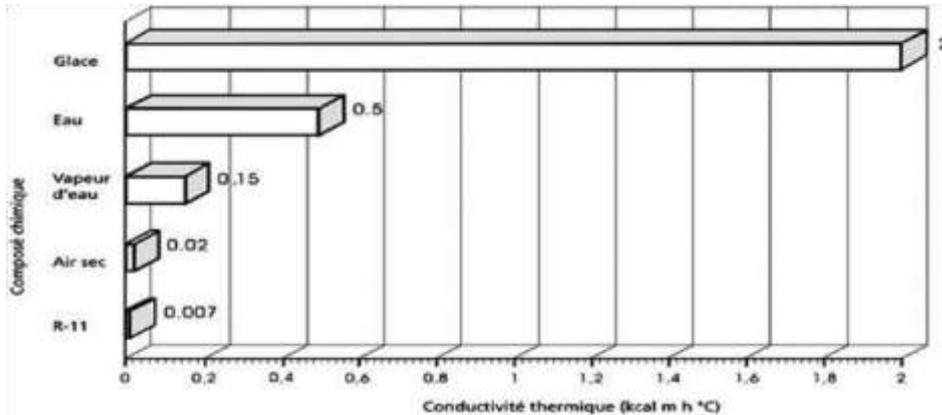
## 6. Perméance à la vapeur d'eau (pu)

Il s'agit de la quantité de vapeur d'eau qui traverse une unité de surface d'un matériau d'une unité d'épaisseur donnée lorsque l'écart entre la pression d'eau de l'une et de l'autre face du matériau est l'unité. Elle peut être exprimée ainsi :  $\text{g cm mmhg}^{-1} \text{m}^4 \text{jour}^{-1}$  ou, dans le système international d'unités, comme étant  $\text{g m MN}^{-1} \text{s}^{-1}$  (grammes par mètre par méga- Newton par seconde).

## I.8.2. MATERIAUX ISOLANTS

Etant donné le coût important d'isolation thermique dans leurs constructions, il est très important de bien sélectionner les matériaux isolants. Plusieurs matériaux sont proposés dans les commerces, mais très peu sont satisfaisants. Les problèmes tiennent principalement à leurs résistances mécaniques et à leur capacité d'absorption de l'humidité insuffisante. Les matériaux d'isolation thermique agissent en piégeant les bulles ou poches de gaz dans une structure de mousse. A partir du moment où ces cellules de gaz sont remplies d'humidité, l'isolation perd énormément de son efficacité.

## 1. Comparaison de la conductivité thermique du R-11 , de l'air sec, de la vapeur d'eau, de l'eau et de la glace à l'intérieur d'un matériau isolant



**Figure I.15 :** conductivité thermique du R-11, de l'air sec, de la vapeur d'eau, de l'eau et de la glace à l'intérieur d'un matériau isolant

## I.8.3. CARACTERISTIQUE A RECHERCHER DANS LES MATERIAUX ISOLANTS

### 1. Conductivité thermique

Les meilleurs matériaux isolants sont ceux qui présentent la plus faible conductivité thermique, ce qui permet de réduire le coefficient total de transfert de chaleur. On aura alors besoin d'une moindre quantité de matériaux. Le gaz sec inactif est l'un des meilleurs matériaux isolants. Les propriétés isolantes des matériaux disponibles dans le commerce sont déterminées par la quantité de gaz qu'ils contiennent et par le nombre de poches de gaz. Par conséquent, plus il y aura de cellules (qui permettent aux gaz de stagner), plus elles seront petites, plus le matériau aura une faible conductivité thermique. Les cellules ne doivent pas communiquer car ceci permettrait une convection de chaleur.

### 2. Perméabilité à la vapeur d'eau

Les meilleurs matériaux isolants ont une très faible perméabilité à la vapeur d'eau. L'absorption d'eau devient alors négligeable. On minimise ainsi la condensation et la corrosion.

### **3. Caractéristique liées à la résistance et à la pose des matériaux**

L'isolant doit être résistant à l'eau, aux solvants et aux produits chimiques. Il doit être durable ne pas perdre rapidement son pouvoir isolant. On doit pouvoir employer une vaste gamme d'adhésifs pour le poser. Il faut qu'il soit léger, facile à manipuler et à installer. On doit pouvoir le poser avec des outils ordinaires. Il doit être bon marché, et permettre des économies substantielles à l'installation comme à long terme. Il ne doit ni produire d'odeurs, ni les absorber. Il doit être résistant aux moisissures et aux champignons et être à l'épreuve de la vermine. Ses dimensions doivent lui conférer de la stabilité pour empêcher son effondrement ou son tassement.

### **4. Caractéristique concernant la sécurité**

L'isolant doit être ininflammable et non explosif. En cas d'incendie, les produits de combustion ne doivent pas être toxiques. Les matériaux isolants peuvent absorber de l'humidité à la fois par contact direct avec l'eau qui s'écoule sur les parois, mais aussi par la condensation de la vapeur d'eau dans les parois dès lors que le point de rosée est atteint dans le gradient de température à travers les parois. Il est donc absolument essentiel de disposer le parc-vapeur bien conçu pour empêcher le matériau isolant d'absorber l'humidité. Dans la plupart des climats, le transfert de vapeur d'eau aura tendance à se faire de l'extérieur vers l'intérieur des parois, dans la mesure où la température extérieure est probablement plus élevée que la température intérieure. Il faut donc un revêtement humidifuge à l'extérieur d'un matériau isolant, ainsi qu'un revêtement étanche sur l'intérieur pour le protéger des infiltrations d'eau de fusion. Les parcs vapeurs sont fait avec des panneaux d'isolations préfabriqués aux surfaces imperméables (panneaux type sandwich, dont une face est revêtue de feuilles d'acier galvanisé de faible épaisseur constituant le parc- vapeur, la face des finitions étant recouverte des films plastique d'une épaisseur minimum de 0,2 mm ou des feuilles d'aluminiums d'au moins 0,2 mm d'épaisseur revêtues d'une membrane bitumée.

## **I.8.4. MATERIAUX D'ISOLATION THERMIQUE**

Il existe une large gamme de matériaux d'isolation ; cependant, rares sont ceux qui remplissent les conditions requises pour la fabrication de nos ustensiles. La sélection est fondée sur le cout d'achat du matériau, son efficacité, sa durabilité, ses dimensions et sa forme qui doivent se prêter à nos prototypes et aux méthodes de fabrication disponible localement. D'un

point de vue économique il est préférable de choisir un matériau, isolant ayant une faible conductivité thermique plutôt que d'augmenter l'épaisseur d'isolant.

## 1. La mousse du polyuréthane

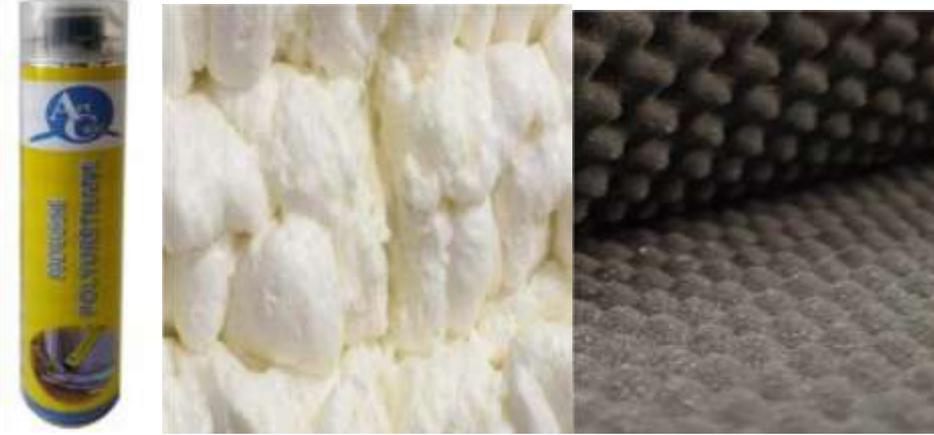
La mousse du polyuréthane est l'un des meilleurs isolants disponibles dans le commerce, elle a des bonnes propriétés d'isolations thermiques, une faible perméabilité à la vapeur et à l'humidité, une assez forte résistance mécanique et une faible densité. Par ailleurs, elle est relativement économique et facile à installer. On récapitule dans le tableau ci-après les principales caractéristiques du polyuréthane. L'efficacité de la mousse du polyuréthane comme isolant thermique tient au nombre élevé (au moins 90 pour cent) de microcellules fermées remplies de gaz inertes, jusqu'à une date récente, le gaz inerte le plus souvent utilisé dans les mousses de polyuréthane était le R-11 (trichlorofluorométhane). Toutefois, le protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone exige l'élimination progressive des CFC tels que le R-11.

Plusieurs agents d'expansion sont actuellement testés et les hydrocarbures, les hydrofluorocarbures et les gaz inertes comme le dioxyde de carbone pourraient le remplacer. Les mousses du polyuréthane sont utilisables sous formes de plaques ou panneaux rigides et de tuyaux préformés qui peuvent être fabriqués en diverses formes et tailles. Dans ces différentes formes, les mousses de polyuréthane sont principalement utilisées dans les chambres froides, les glaciers et les entrepôts frigorifiques. Des panneaux sandwich qui renferment des plaques de mousse peuvent être fabriqués pour les réfrigérées préfabriquées. La mousse peut également être produite sur place de diverses manières :

- Elle peut être coulée sur place, il faut alors mélanger les produits chimiques manuellement ou mécaniquement et couler la mousse dans des moules ou espaces ouverts à isoler. En se solidifiant le mélange se transforme en mousse. Si nécessaire, la mousse solidifiée peut être taillée aux dimensions ou à la forme voulue.
- Elle peut être directement pulvérisée sur une surface solide à l'aide de pistolets qui mélangent et atomisent la mousse durant l'application. On peut par exemple la pulvériser directement sur la surface extérieure des cales ainsi que dans les endroits inaccessibles qui peuvent donc être construits sans avoir à fabriquer des moules. La mousse prend sur elle-même et sur la plupart des métaux, des bois et des autres matériaux.

On peut aussi l'injecter dans des cavités (et donc dans les coques des caisses isothermes moulées).

#### - 1 ILLUSTRATION DE LA MOUSSE DU POLYURETHANE



**Figure I.16** Mousse du Polyuréthane

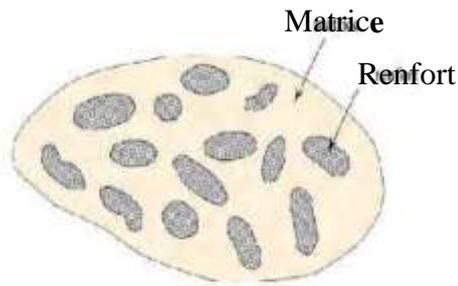
## I.9. COMPOSITES

### I.9.1. DEFINITION

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux de natures différentes, se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément [16]. Dans le cas de plusieurs phases discontinues de natures différentes, le composite est dit hybride [17]. La phase continue est appelée la matrice. La phase discontinue est appelée le renfort ou matériau renforçant.

### I.9.2. CONSTITUANTS PRINCIPAUX DES MATERIAUX COMPOSITES

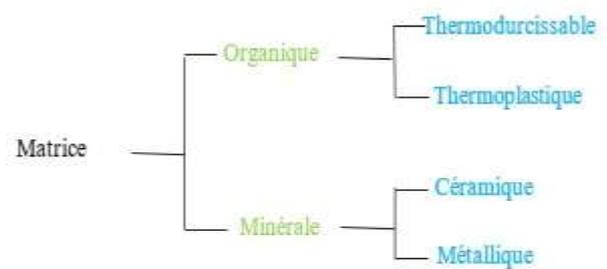
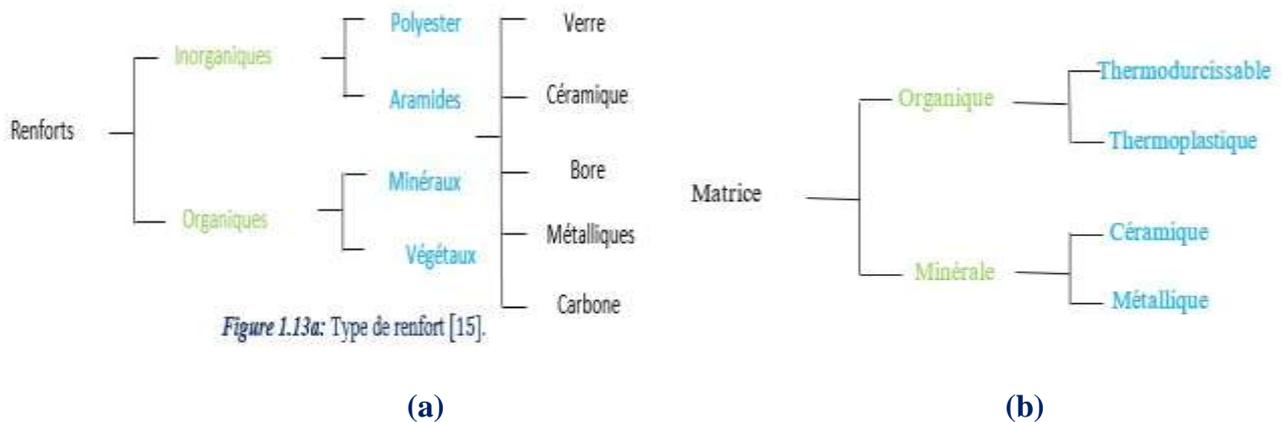
Un matériau composite est composé en générale d'une matrice, de renforts et additifs /charges qui présentent des avantages écologiques et environnementaux dus au caractère renouvelable de ses composants et à leur possible biodégradabilité [16].



**Figure I.17 :** Composition d'un matériau composite [16].

## 1. Les renforts

Les renforts assurent les propriétés mécaniques du matériau composite et un grand nombre de fibres sont disponibles sur le marché en fonction des coûts de revient et des propriétés recherchés pour la structure réalisée. La classification des renforts couramment rencontrés est

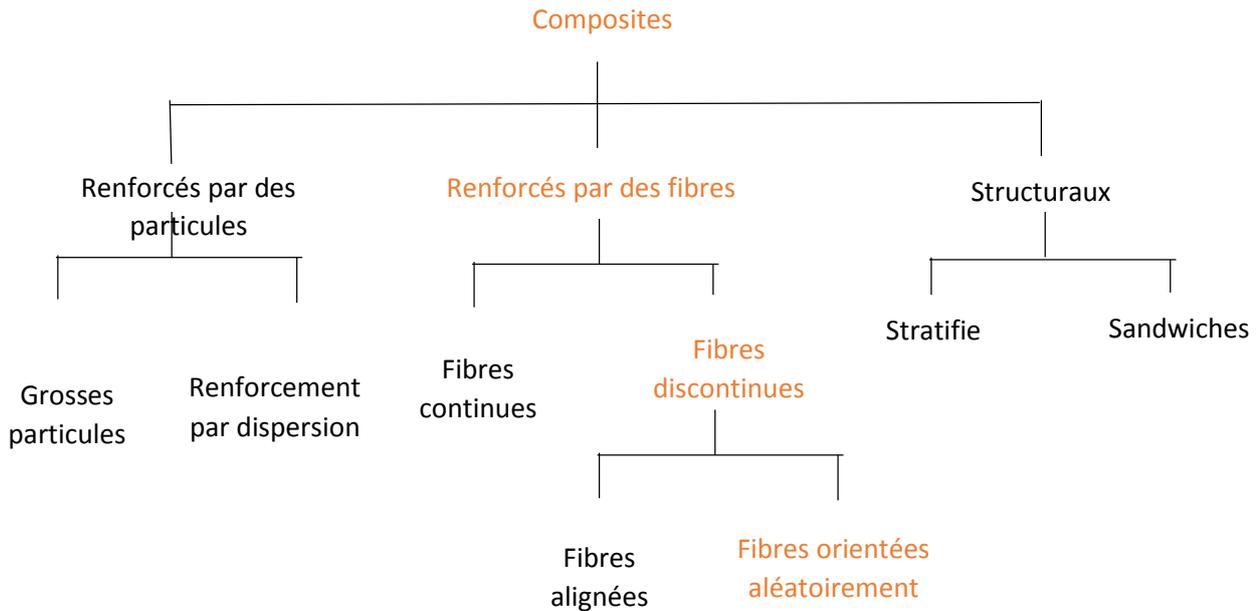


indiquée sur la figure 1.14a.

## 2. Matrices

La matrice est le matériau de base permettant d'enrober les renforts les protégeant ainsi du milieu extérieur, d'assurer une répartition spatiale homogène des renforts et de transférer les charges mécaniques aux fibres. Il existe deux principaux groupes de matrice de par leur origine à savoir : les matrices d'origine organique et les matrices d'origine minérale telle qu'illustre-la figure 1.14b.

**Figure I.17 :** Présentation des constituants d'un composite ; **(a)** : type de renfort ; **(b)** : composition d'un Matériau composite [16].



**Figure I.18 :** Classification schématique des différents types de composites[16].

### 3. Additifs

Les produits peuvent être incorporés dans la résine pour renforcer les propriétés mécaniques (charges renforçantes, ex : charges sphériques creuses 5 à 150 $\mu$ m). Des charges non renforçantes peuvent être également utilisées pour diminuer le coût des matrices en résine. Des additifs, de type colorant ou agent de démoulage sont largement utilisés lors de la conception des structures constituées de matériaux composites.

#### I.9.3. TYPOLOGIE DES MATERIAUX COMPOSITES

Le domaine des composites est vaste et ceux-ci peuvent être divisés en trois types. Nous y distinguons trois catégories principales : les composites renforcés par des particules ; les composites renforcés par des fibres et les composites spéciaux. En outre chacune de ces catégories se divise en au moins deux sous catégories tel que présente la figure 1.15.

#### I.9.4. COMPOSITES A FIBRE

Un matériau composite est dit à fibres si le renfort se trouve sous forme des fibres. Les fibres utilisées se présentent soit sous forme de fibres continues, soit sous forme de fibres discontinues (fibres coupées, fibres courtes). L'arrangement des fibres et leur orientation permettent de moduler à la carte les propriétés mécaniques des matériaux composites, pour

obtenir des matériaux allant de matériaux fortement anisotropes à des matériaux isotropes dans un plan. On peut donc modifier et moduler à volonté les comportements mécaniques et physiques en jouant sur : la nature des constituants ; la proportion des constituants et l'orientation des fibres [16].

## I.9.5 COMPOSITES A PARTICULES

Un matériau composite est dit à particules lorsque le renfort se trouve sous forme de particules. Les particules de petites dimensions ont environ 8 cm<sup>2</sup> de section et d'épaisseur 0,2 à 0,6 mm. Pour les tailles de grandes dimensions, la longueur est d'environ 7 à 25 cm, la largeur de 2 à 3 cm et l'épaisseur 0,5 à 1 mm [18]. Les particules sont généralement utilisées pour améliorer certaines propriétés des matériaux ou des matrices, comme la rigidité, la tenue à la température, la résistance à l'abrasion, la diminution du retrait etc... Dans de nombreux cas, les particules sont simplement utilisées comme charges pour réduire le coût du matériau, sans en diminuer les caractéristiques. Par exemple : des inclusions de plomb dans des alliages de cuivre augmentent leur facilité d'usinage. Des particules de métaux fragiles tel le tungstène, le chrome et le molybdène incorporé dans des métaux ductiles augmenteront leurs propriétés à températures élevées [18].

## I.9.6 CLASSIFICATION SUIVANT LA NATURE DES CONSTITUANTS

Selon la nature, les matériaux composites sont classés suivant les matrices (organiques, métalliques ou minérales) et associé à divers renforts [16].

Dans le cas des composites à matrice organique (C M O) les principales matrices utilisées sont thermodurcissables, thermoplastiques comme le présente le tableau 1.4.

**Tableau 1.5 :** Caractéristiques de quelques matrices thermoplastiques et thermodurcissables à l'état [16].  
solide

MATRICES	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	E (MPa)	G (MPa)	$\nu$	$\sigma_r$ (MPa)	A (%)
<b>THERMODURCISSABLES</b>						
Epoxyte	1200	4500	1600	0,4	130	2

<b>Phénolique</b>	1300	3000	1100	0,4	70	(100°) 6 (200°) 2,5
<b>Polyester</b>	1200	2000à4000	1400	0,4	80	2,5
<b>Polycarbonate</b>	1200	2400	/	/	60	/
<b>Vinylester</b>	1150	3300	/	/	75	4
<b>Silicone</b>	1100	2200	/	/	35	/
<b>Uréthane</b>	1100	700 à7000	/	/	30	100
<b>Poly imide</b>	1400	1000 à19000	1100	0,35	70	1
<b>THERMOPLASTIQUES</b>						
<b>Polypropylène «pp»</b>	900	1200	/	/	30	20 à 400
<b>Polyuréthane (Pu)</b>	34		0,10 -0,40	/		
<b>Polyamide « Pa »</b>	1100	2000	/	/	70	200
<b>Polyéther sulfone « pes »</b>	1350	3000	/	/	85	60
<b>Polyéther imide « pei »</b>	1250	3500	/	/	105	60
<b>Polyétheréthercétone « peek »</b>	1300	4000	/	/	90	50

✓ **ρ** : masse volumique (kg/m<sup>3</sup>) ;

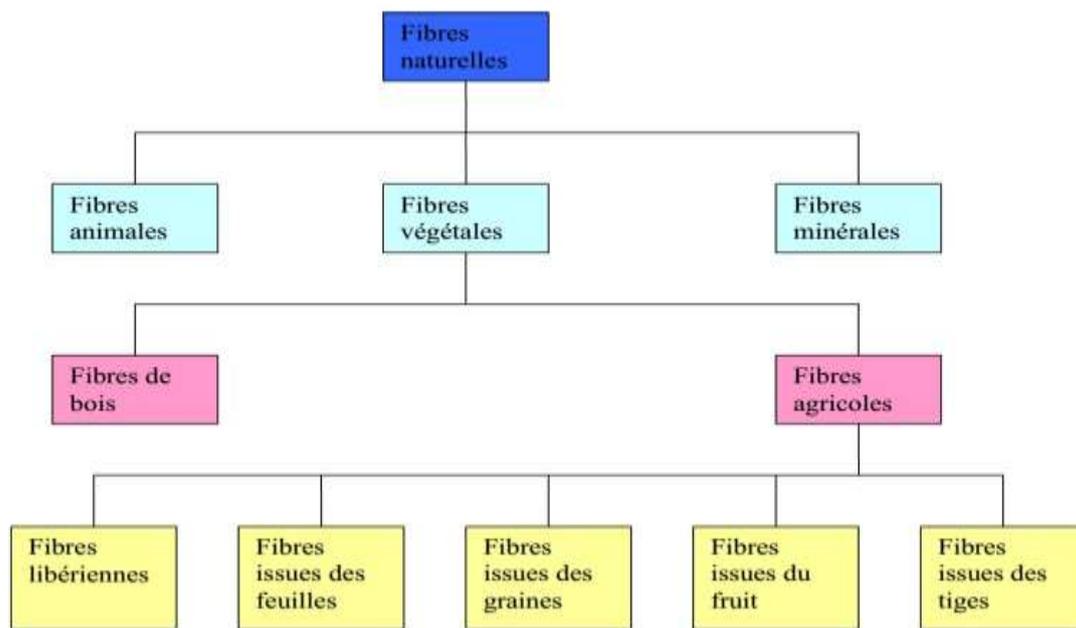
✓ **E** : module d'élasticité transversale (Gpa) ;

- ✓  $\nu$  : coefficient de poisson ;
  - ✓  $\sigma_r$  : contrainte à la rupture (Mpa) ;
  - ✓  $G$  : module d'élasticité longitudinale (Gpa) ; ✓  $A$  : Allongement pourcent à la rupture (%).
4. Dans le cas des composites à matrices Céramiques (**CMC**), la matrice peut être constituée de carbone ou carbure de silicium.
  5. Dans le cas des composites à matrices métalliques (**CMM**), le matériau composite est constitué:
    - D'une matrice métallique (ex : aluminium, magnésium, zinc, Nickel)
    - D'un renfort métallique ou céramique (ex : fils d'acier, particules de Sic, carbone d'alumine, poudre de diamant).

## I.9.7 CONCEPTS SUR LES FIBRES NATURELLES

Les fibres sont des matériaux de renforts utilisées pour la fabrication des matériaux composites, elles sont d'aspect filamenteux, se présentant sous forme de faisceau. Leurs utilisations dans l'industrie ont commencé au début du 20<sup>ème</sup> siècle avec la fabrication de siège d'avion, de réservoir de carburant ou autres boîtiers électroniques à partir des fibres végétales renforçant une résine polymère. Avec l'avènement des fibres synthétiques moins sensibles à la température et à l'humidité, les fibres naturelles ont quasiment été abandonnées dans l'industrie. Aujourd'hui, le souci de dégager une image plus écologique et de réaliser des gains de masse et d'énergie conduit à un renouveau de l'utilisation des fibres naturelles. Ce sont les constructeurs automobiles qui se sont engagés les premiers. Le marché potentiel s'étend aux autres secteurs de transport, aux loisirs et bâtiments. Toutefois, les verrous techniques qui ont conduit à leur abandon doivent sauter afin d'améliorer la compétitivité des fibres naturelles [16].

Les fibres naturelles peuvent être classifiées en fonction de leurs origines animales, végétales ou minérales comme le montre :



**Figure 1.19 :** Classification des fibres naturelles [16].

Les fibres végétales sont maintenant plus utilisées comme renforts des polymères organiques (communément appelés les « plastiques ») et peuvent être classifiées en fonction de la zone d'extraction sur la plante. Les fibres les plus utilisées sont : le lin, le chanvre, le jute, le rami etc. (Pour les plantes monocotylédones) et le sisal, l'henequen, le coco, bambou... (Pour les fibres dures).

## I.9.8 UTILISATION DES FIBRES VÉGÉTALES

Les fibres végétales sont traditionnellement utilisées dans le secteur du textile pour l'habillement, dans la sacherie, et dans l'ameublement pour le rembourrage des matelas et des meubles. Des applications des fibres végétales existent également dans le secteur des fibres absorbantes, dans l'isolation avec les tissus ou panneaux de particules agglomérées [16]. Les avantages, les inconvénients et les variétés des fibres végétales en tant que renfort de matériaux polymères sont présentés dans les Tableaux 1.5 et 1.6:

**Tableau 1.6:** Avantages et inconvénients des fibres végétales [16].

Avantages	Inconvénients
Faible coût ;	Absorption d'eau ;
Biodégradabilité ;	Pour des applications industrielles, nécessite de gestion d'un stock ;
Neutre pour l'émission du CO <sub>2</sub> ;	Fibres anisotropes ;
Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation	Faible stabilité dimensionnelle ;
Pas de résidus après incinération ;	Renfort discontinu ;
Ressources renouvelables ;	Faible tenue thermique (200 à 230 ° max) ;
Propriétés mécaniques spécifiques important (résistances et rigidité) ;	Variation de qualité en fonction du lieu de croissance et des conditions météorologiques.
Non abrasif pour l'outillage.	

**Tableau 1.7 :** Variétés des fibres végétales [16].

ORGANES	SOURCES
Fibres issue des Gousses ou Fruits	Coton, Kapok, Noix de coco, Noix de palme...
Tiges ou Tronc	Lin, Chanvre, Ramie, Genet, Jute, Palmier, Cocotier...
Feuilles	Raphia, Sisal, Paille, Alfa, Abaca...

## I.9.9. ENJEUX ET IMPORTANCE DES FIBRES VEGETALES

L'utilisation des fibres naturelles comme renfort présente certains enjeux pour :

1. Valoriser les ressources locales : les composites à fibres végétales ouvrant de nouveaux débouchés aux produits issus de l'agriculture ;

2. Développer des matériaux et des technologies prenant en compte les impacts sur l'environnement et leur capacité à être intégrés dans une démarche d'écoconception ;
3. Valoriser un matériau, potentiellement recyclable en fin de vie;
4. Son aspect économique, hormis la mise en place de moyen de production des fibres végétales et de la fabrication des composites renforcés par des fibres végétales, le coût brut des fibres végétales est inférieur à ceux des fibres synthétiques ;
5. Sa disponibilité, en mettant en place une culture contrôlée de la ressource, il est possible d'avoir un approvisionnement saisonnier et en quantité.

## **I.9.10 QUELQUES APPLICATIONS ARTISANAL ET INDUSTRIELLES DES FIBRES VEGETALES**

Les fibres végétales sont utilisées par l'homme dans divers domaines. C'est grâce aux propriétés ligneuses de certaines plantes végétales que leurs fibres sont utilisées dans:

1. Industrie de papeterie (fabrication du papier) ;
2. Industrie textile (confection des tissus) ;
3. Artisanale (fabrication des fils, des sacs, des cordages, des chapeaux etc..) ;
4. Industrie automobile (fabrication des parcs choc de voitures, revêtements des coffres, pièces de structure, planches de bord etc.).

Des études ont montré que les composites à base de fibres naturelles sont bien plus respectueux que ceux à fibres synthétiques. Les composites à fibres naturelles utilisent au cours de leurs cycles de vie 45% de moins d'énergie que les fibres de verre et conduisent moins d'émissions atmosphériques.

La production des fibres naturelles a un impact environnemental plus faible que celles des fibres de verre : le taux de renfort en fibres naturelles plus élevé que pour les fibres de verre conduit à l'utilisation de moins de matériau polluant (polymère). Leur légèreté permet notamment, dans le secteur automobile, des économies de carburant et des émissions polluantes moindres, et enfin leur incinération permet de récupérer de l'énergie. Un autre point essentiel

est le potentiel de recyclage et de biodégradabilité des composites à fibres naturelles ainsi que le caractère renouvelable des fibres [16].

### I. 9.11. METHODES D'EXTRACTION DES FIBRES

L'extraction a pour but de séparer l'écorce de la fibre, ce pendant elle dépend de plusieurs paramètres tels que la maturité de la tige ou du tronc, des longueurs à extraire, de l'additif (eau, soude, etc.), de la zone à extraire et du mode d'extraction [19].

Il existe plusieurs familles de procédés d'extraction des fibres de cellulose parmi lesquelles on peut citer le procédé mécanique, le procédé chimique et le procédé manuelle [19].

### I.9.12. PROCEDE MECANIQUE

Elle consiste à extraire les fibres à l'aide d'une machine appropriée comme celles de la figure 1.17 Ci-dessous.



**Figure I.20 :** Quelques machines d'extraction des fibres végétales [2].

Comme toute technique il présente des avantages et des inconvénients à savoir :

**Avantages :** l'extraction en grande quantité des fibres, le bon traitement des fibres, l'usage de l'effort humaine minimisé ;

**Inconvénients :** le risque d'accident de travail, le risque de rupture des fibres.

## **I.9.13. PROCEDE CHIMIQUE**

Cette méthode consiste à introduire l'échantillon dans une solution ou mélange chimique. On distingue plusieurs modes d'extraction chimiques parmi lesquelles :

### **1. EXTRACTION PAR LA SOUDE**

Elle consiste à introduire l'échantillon dans une solution de soude portée à ébullition puis retirer après une durée en fonction de la partie à extraire, elle varie de (10 à 90 minutes environ). La soude hydrolyse la cellulose en la gonflant et en écartant les fibres permettant ainsi une extraction facile avec moins de dommage.

### **2. EXTRACTION PAR LE POTASSIUM**

Elle présente comme avantage : l'extraction facile et rapide ; et comme inconvénients : les risques d'accident dus à une mauvaise manipulation, les risques d'intoxication et la nécessité d'une énergie de chauffage

### **3. EXPLOSION A LA VAPEUR**

Les matériaux (tige ou tronc) sont divisés en plusieurs morceaux de longueur environ 1m qui sont mis dans une enceinte en présence de vapeur surchauffée à 175°C. La pression de vapeur est d'environ 0,7-0,8 MPA. Au bout d'une heure, la pression est ramenée très rapidement à la pression atmosphérique. Des micro-explosions se produisent alors dans les cellules les plus fragiles du matériau. Ce cycle est répété une dizaine de fois (8-11 fois). Après le procédé d'explosion à la vapeur, les lamelles explosées sont lavées à grande eau de façon à finir de séparer les faisceaux de fibres qui comprennent plus de cent mono filaments [19].

### **4. PROCEDE MANUELLE**

C'est une méthode traditionnelle, ici l'opérateur n'a pas besoin d'un appareillage, tout est fait à la main en d'autres termes l'extraction se fait avec des mains.

### **5. METHODE PAR TREMPAGE A FROID**

Cette méthode consiste à tremper l'échantillon dans de l'eau froide pendant au moins deux semaines, puis retirer les fibres



Figure I.21 : Extraction des fibres

## **6. METHODE PAR ENLEVEMENT DIRECT DES FIBRES**

Le Principe consiste à arracher à l'aide des mains les fibres d'une tige de bananier.

Par ailleurs ayant énuméré les différentes méthodes employer pour l'extraction des fibres, nous optons pour la méthode par trempage à froid, pour extraire notre fibre de bananier.

## **I.10. METHODES DE CARACTERISATION**

### **I.10.1. CARACTERISATION MECANIQUE**

Il existe plusieurs méthodes de caractérisation expérimentale à savoir l'essai de traction et l'essai de flexion. Le principal objectif est la détermination du module d'élasticité appelé module d'Young  $E$ .

#### **1. ESSAI DE TRACTION**

Il consiste à tirer sur une éprouvette de forme normalisée jusqu'à la rupture donnant lieu, après traitement, à une courbe contrainte/déformation. Cette courbe décrit la loi de comportement du matériau testé. On peut alors tout de suite connaître le type de rupture du matériau. Les trois formes de courbe de la figure ci-dessous montrent les types de rupture.



Figure 1.22 : machine permettant de faire l'essai de traction des fibres

La courbe de traction (contrainte/déformation) permet aussi de déterminer quatre grandeurs caractéristiques :

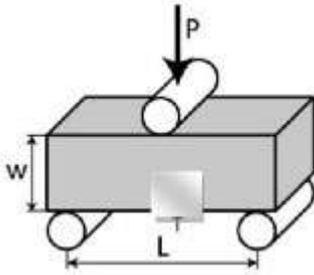
- Le module d'élasticité  $E$  qui correspond à la pente de la zone élastique de la courbe,
- La limite élastique  $R_e$  qui correspond à la contrainte à partir de laquelle se produit la déformation plastique,
- La résistance à la rupture ou résistance à la traction  $R_m$  qui correspond à la contrainte nominale maximale supportée par l'éprouvette,
- La déformation à la rupture  $\epsilon_r$  qui correspond à la déformation nominale à la rupture en traction de l'éprouvette. C'est une grandeur caractéristique de la ductilité, elle se calcule en fonction de la longueur initiale  $l_0$  de l'éprouvette et la longueur à la rupture  $l$  par la relation suivante:

$$\epsilon_r = 100(l - l_0) / l_0$$

## I.11. ESSAI DE FLEXION TROIS POINTS

### I.11.1. PRINCIPE

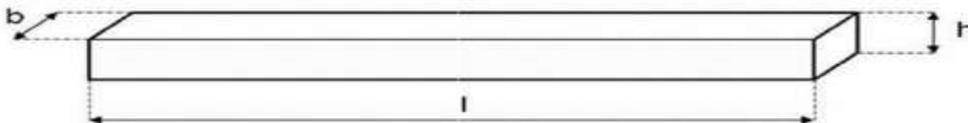
Une barre de matériaux à tester est placée sur deux appuis et l'on applique au centre de la barrette une force croissante jusqu'à rupture. Cet essai se caractérise par la simplicité du montage de l'éprouvette et sa géométrie (peut ou ne peut être usinée). Lors du test, la partie supérieure est en compression et la partie inférieure en traction (voir figure 1.19) [21].



**Figure I.23 :** Principe de l'essai de flexion trois points [21].

## I.12. CARACTERISTIQUES DE L'ÉPROUVETTE

Les dimensions de l'éprouvette utilisée pour l'essai de flexion sont régies par la norme représentée par le tableau 1.7.



**Figure 1.24:** Eprouvette pour essai de flexion trois points [21].

**Tableau I.8 :** Norme de l'éprouvette pour essai de flexion trois points [21].

Norme	l (mm)	b (mm)	h (mm)
ASTM D790	> 80	10±0.5	4±0.2
ISO 178	> 80	10±0.5	4±0.2
DIN 53452	> 80	10±0.5	4±0.2
NFT 51 - 001	> 80	10±0.5	4±0.2

Dans le cas où on ne peut pas utiliser une éprouvette normalisée, on utilise les règles de la norme BSI 2782 (identique à la norme EN 63 : 1977) suivantes : Longueur minimale :  $l = 15h$  ; Longueur entre appui :  $L = 10h$  ; Pour  $b$  et  $h$  ; on utilise le tableau 1.8 pour déterminer le choix de la largeur et celle de la hauteur de l'éprouvette à utiliser.

**Tableau 1.9:** Choix de la largeur et hauteur de l'éprouvette pour essai de flexion [21].

<b>h (mm)</b>	<b>b (mm)</b>
$1 < h \leq 3$	25
$3 < h \leq 5$	10
$5 < h \leq 10$	15
$10 < h \leq 20$	20
$20 < h \leq 35$	35
$35 < h \leq 50$	50

## Conclusion

Il était question dans ce chapitre de présenter le bananier, la mousse de polyuréthane, les méthodes d'extractions des fibres végétales, les matériaux composites, les méthodes de caractérisation des composites ainsi que les différents procédés de mise en forme. La revue de la littérature faite a mis en évidence l'intérêt du développement de matériaux à base de polymères locaux issus des ressources renouvelables comme alternative aux matériaux d'origine pétrochimiques. Dans ce contexte, le développement de matériaux à base du bananier expansé destinés à l'utilisation telles que : l'ustensile isothermique fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Elle nous a permis également de se rassurer sur la disponibilité des matières premières.

Nous utiliserons une méthode d'extraction des fibres de bananier par trempage dans de l'eau froide ; de par la complexité de la thématique, la partie base du bananier (spire) fera l'objet de notre travail après répartition des zones. La réalisation de notre composite sera présenté au chapitre suivant ; nous présenterons les matériels et les méthodes utilisés.

## **CHAPITRE II : OUTILLAGES METHODOLOGIQUE**

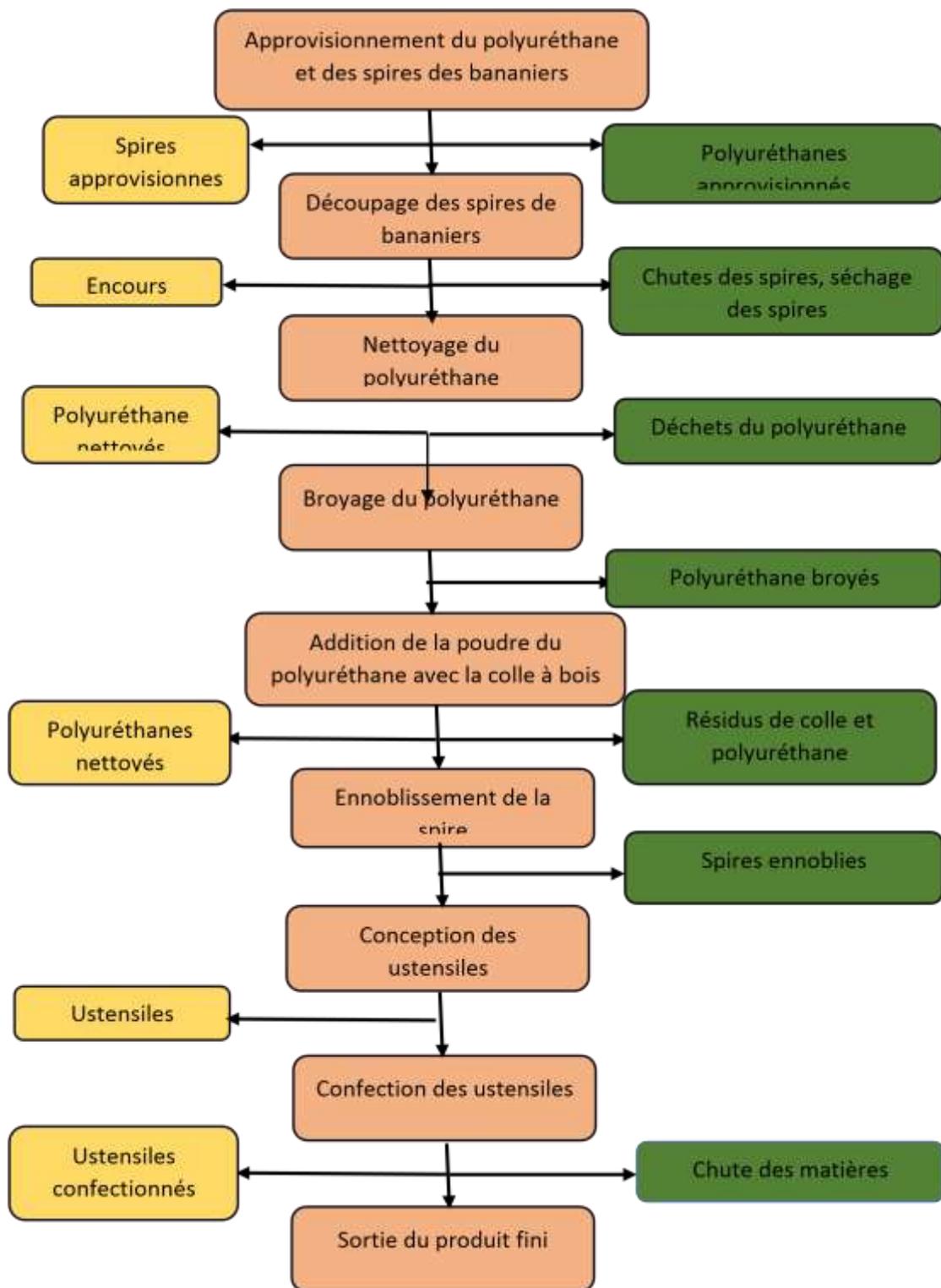
### **INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, nous présenterons le schéma synoptique de la recherche expérimentale et conception des ustensiles isothermique a base des matériaux locaux biodégradables (polyuréthane recycle et des spires de bananier) en sous processus de traitement de matière première prévus. En effet ce schéma va résumer toutes les différentes étapes de fabrication de nos ustensiles a base du polyuréthane recycle et de la spire de bananier. Ensuite nous allons détailler de façon explicite les mécanismes qui sont mis en jeux à chaque étape de fabrication.

### **II. SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA RECHERCHE EXPERIMENTALE ET CONCEPTION DES USTENSILES ISOTHERMIQUE A BASE DES MATERIAUX LOCAUX BIODEGRADABLES (POLYURETHANE RECYCLE ET DES SPIRES DE BANANIER)**

Afin d'obtenir notre produit finis, nous avons procédés à toutes une expérimentation en commençant par l'obtention de nos matières premières en passant par l'ennoblissement jusqu'à la fabrication de nos ustensiles isothermique, en essayant de respecter les différentes normes et les moindres détails quantitatifs, qualificatifs servant à la réalisation de notre projet. Les étapes constitutives dudit schéma synoptique sont :

- Approvisionnement des matières premières ;
- Stockage des spires de bananiers et du polyuréthane ;
- Séchage des spires de bananier ;
- Contrôle trie des spires ;
- Transformation du polyuréthane ;
- Ennoblissement des spires et du polyuréthane ;
- Fabrication des ustensiles ;
- Conditionnement des ustensiles.



La figure II.1 présente le schéma synoptique de l'étude expérimentale et conception des ustensiles isothermique a base des matériaux locaux biodégradables (polyuréthane recycle et des spires de bananier).

Après avoir présenté notre schéma synoptique, nous ferons une étude détaillée des différentes étapes de ce dernier. De ce fait, nous commencerons par le processus d'approvisionnement des matières en passant par l'ennoblissement jusqu'à l'obtention de nos ustensiles. Cette analyse matérialise l'ensemble d'étapes qui nous ont permis de fabriquer nos ustensiles isothermiques. Cette recherche est une suite continue d'opérations constituant la manière dont on à fabriquer.

## II.2. PROCESSUS EXPERIMENTAL ARTISANAL DE FABRICATION

### II.2.1.Approvisionnement en matières premières

L'approvisionnement est une opération qui consiste à se munir des matières premières nécessaire pour la réalisation d'un quelconque produit. Ce processus consiste au ravitaillement des spires de bananier du polyuréthane. Nous avons pu obtenir un sac de 20 Kg de spires de bananier contenant environ 70 tranches et mesurant au moins 1m de longueur l'ayant obtenu dans une plantation dans la région du sud tout précisément dans le département de la mvila (ngalane) .

### II.2.2. Présentation du processus d'approvisionnement des spires de bananier



**Figure II.2** : Présentation du processus d'approvisionnement des spires de bananier et du polyuréthane

**Tableau II .1 : Protocol d’approvisionnement des spires de bananiers**

Approvisionnement	Spires d’environ 1 mètre dans un sac de 70kg (soit environ 30 dans le sac)
Indicateur et moyen de contrôle qualité	L’œil humain nous a permis d’examiner les bonnes spires, la section de nos spires qui est l’indice de qualité ;
Encours	Spires semi sec avec au moins 1mètre de longueur ;
Logistique et transport	Sacs mbandjock, machettes, hangar ;
Mesure et sécurité	Combinaison de travail, des bottes des gants et chapeau ;
Risque encouru	Accident durant le trajet de déplacement ; blessures pendant la cueillette des spires ;
Moyen logistique	Le chargement de nos feuilles s’est fait manuellement et le stockage dans un petit hangar ;
Mains d’œuvre requise	Deux ouvriers ;
Temps mis	30 minutes pour arriver à la plantation, 1h 30 min pour recueillir nos spires et 45 minutes pour le retour ; soit 2 H 45 min ;
Déchets	Une bonne quantité des déchets

### **II.2.3.Découpages des spires de bananiers**

C’est une étape qui consiste à découper les spires de bananiers en leurs donnant les dimensions régulières tel que une bonne largeur et une longueur équitable.

## II.2.4. Nettoyage polyuréthane

Après la récupération du polyuréthane dans les ateliers des frigoristes, nous passons on nettoyage proprement dit : premièrement au grattage qui consiste à gratter la surface du polyuréthane pour lui enlever les déchets de saletés afin donne une surface bien lisse et propre.

## II-2-5 Broyage du polyuréthane

Dans cette étape de notre travaille, nous rendons notre mousse de polyuréthane en poudre pour lui donne la forme désire bien après tout en mélange la poudre de polyuréthane à la colle à bois de manière rationnelle.



## II-2-6 Séchage des spires

Le séchage est un procédé qui nous a permis d'enlever l'eau contenue dans les spires de bananiers.

## II-2-7 L'ennoblissement des spires de bananier

Pendant cette étape notre travail consiste à traiter nos spires afin de leur donner certaines caractéristiques. En effet, nous présenterons essentiellement les différents processus de traitement de nos spires pour parvenir à l'obtention des spires imperméables. Cette tâche s'effectuer à la main et nécessite beaucoup patience, contrairement aux cires à bois du commerce qui regorgent de produits chimique, l'huile de coco est entièrement écologique et vraiment efficace. La spire de bananier est un matériau peut résistant, qui nécessite un entretien régulier

pour préserver sa durabilité. La graisse extraite de la noix de coco protège la spire de bananier des bactéries et pénètre la spire en profondeur. Respectueux de l'environnement, son utilisation ne requiert pas le port d'un masque et des gants. Il ne faut oublier que les meubles et accessoires en spires de bananiers sont rafraichissants, décoratifs et beau. A cette effet à l'aide d'un papier vert poncer délicatement la spire, puis nettoyer à l'aide d'un chiffon sec la surface , verser une quantité d'huile des coco plus l'huile de citron dans un Vasse puis mettre sur la surface à faire traite et brille . Étaler part la suite avec un pinceau, laisser sèches une à deux heures de temps et refaire le même processus trois, puis laisser sèche pendant une demi-journée, enfin poser une fine couche de papier filme pour la rendre imperméable et inattaquables aux mites ...

## II-2-8 PROCESSUS DE CARACTERISATION

Cette étape consiste à vous présenter le protocole expérimental décrivant la cinétique de reprise d'humidité de la spire de bananier.



## II-2-9 CARACTERISTIQUE MECANIQUE DES SPIRES DE BANANIER

### 1. Morphologie de la fibre

Dans cette partie nous allons étudier la morphologie et les propriétés mécaniques. Après l'obtention de la fibre, il est nécessaire de déterminer certains paramètres tels que : les contraintes et les déformations à travers la traction, de définir un taux d'absorption et d'humidité que cette fibre contient.

## 2. Essai de traction

L'essai de traction est l'essai le plus fondamental pour la détermination des caractéristiques mécanique de nos fils ou fibre tel que : la résistance à la rupture, la déformation et l'allongement. Il consiste à soumettre chaque fils entre deux mâchoires à un effort de traction progressif jusqu'à la zone de rupture afin de déterminer ses caractéristiques. Les fils sont caractérisés par un module de Young ( $E$ ) tel que  $\sigma = \epsilon E$  ou  $\sigma$  (Sigma) la contrainte et  $\epsilon$  (Epsilon) la déformation. Nous avons effectué l'essai de traction de 5 morceaux de spire de bananier ce qui va nous permettre de tracer la courbe de contrainte, de déformation et d'avoir la droite de régression  $y = ax + b$  qui est l'équivalence de  $\sigma = \epsilon E$  ; on peut alors constater que  $E = a$ .

## 3. Procédé

Les étapes suivantes nous ont permis d'obtenir des résultats fiables :

- Sur un papier vert mesurant une longueur de 3cm et de largeur 2cm tracer une carre de 10 mm puis découper l'intérieur du carre, ensuite coller la fibre de bananier avec une colle (super gluer) afin d'augmenter sa surface d'appuis ;
- Sélectionnons 7 échantillon du fil éprouvette et mesurons son diamètre au moyen du pied à coulisse numérique ;
- Fixer le fil par les bouts entre les deux mors de la machine sans pré contraindre ;
- Mesurons la longueur initiale et matérialisons les limites au talon de démarrage avec le marqueur ;
- Posons le support du comparateur sur la plateforme réservé à cet effet, monter le comparateur et le positionner verticalement, palpeur vers le bas ;
- Positionnons le palpe dans la déformation plastique de la plaque du mors mobile tournons le cadran pour position à zéro ;
- Tournons la manivelle dans le sens trigonométrique à un déplacement 0,25 Newton soit 1 /4 de tour, contraindre le fil et lire la déformation correspondante à chaque incrément de chargement ;
- Incrémentons jusqu'à la rupture du fil ou l'atteinte du niveau maximal de chargement.

T aux contraintes, Nous avons obtenu des tableaux relatifs aux déformations et aux contraintes, ce qui nous permet d'avoir les nuages des points des contraintes de déformation. D'après la loi de **Hooke**

En fonction des données relevées pendant les essais de traction notamment les efforts et les déplacements, nous avons calculé les déformations  $\epsilon$ , les contraintes  $\sigma$  à partir des relations suivantes :

$\Delta = F/S$  ; avec F la force et la section or

$S = \pi \times D^2 / 4$  avec D grand diamètre et d petit diamètre ;  $\epsilon = \Delta l / l_0$

avec ( $l_0$ ) la longueur initiale du fil ; ( $\Delta l$ ) l'allongement.

Ces calculs nous ont permis à partir du logiciel Microsoft Excel 2013 d'établir le tableau de relevés des résultats des essais et d'avoir la droite de régression qui nous donne le module de Young.

Nous avons réalisé des essais sur 03 fils traités. Nous présentons ici les nuages de points déformation.

- ✦ Essai fibre 1
- ✦ Essai fibre 2
- ✦ Essai fibre 3

### 1- Tableau II.3. Tableau de synthèse des différents résultats obtenus

N°	Masse initiale	Masse fibre+Parafine	Masse acier	Volume (fibre)	Volume a+f+p	$\Delta h$ (mm)
E1	1g	10,93	15,77	200	16,47	8
E2	1g	10,10	15,77	200	12,76	6,2
E3	1g	10,80	15,77	200	15,85	7,7

## 4. Caractéristique physique

Dans cette étude nous allons déterminer le taux d'absorption et le taux d'humidité. Nous avons effectué notre essai sur 07 échantillons des fibres de bananier, afin d'étudier les variations.

### ✦ Pouvoir absorbant

C'est la capacité qu'a une fibre textile de se charger d'humidité sans paraître mouillée.

### ✦ Taux d'absorption

Le taux d'absorption représente le pourcentage d'eau absorbé par les fibres jusqu'à la saturation en eau. Les fibres séchées sont introduites dans un volume d'eau présente sur la surface puis pesées ces fibres après chaque 5 minute ou pendant 24 h successif. ✦

### Appareillages

- 1- Balance numérique (Max 500g d= 0,01g) ;
- 2- Récipient.

### ✦ Mode opératoire

Pour y parvenir nous avons procédé de la manière suivantes :

- Pesons les fibres préalablement séchées ;
- Relevons les différentes valeurs c'est adire faire une absorption en discontinu puis pendant 24heures ;
- Pesons à chaque relever ;
- Dès lors, le taux d'absorption résulte de la relation suivante :

**Formule :**  $T.A = \frac{\text{masse final} - \text{masse initial}}{\text{masse initial}} \times 100$

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant. Tableau II.

### 4. Taux d'absorption

Masse initiale(g)	Masse des fibres (g)	Taux d'absorption %
1	5,13	413

1	6,66	566
1	7,90	690
1	8,25	725
1	8,34	734
1	9,5	850
1	9,8	880
Moyenne : 695,14		
Ecart type : 3342,05		

## II-2-10 ÉTUDE DES RISQUE

### 1. Risque d'accidents

Pendant notre travaille dans la plantation d'une connaissance, nous avons fait face à des accidents divers tel que : des blessures par épines ou matériels de travail, machette, couteau. Nous avons jugé utile de prendre les dispositions efficaces de protections, pour ce fait, nous avons porté des vêtements destinés à nous couvrir le corps (chemise longue manches, pantalons chaussures de sécurité etc.).

### 2. Risque du à l'utilisation des produits chimique

La colle : elle dégagée une odeur toxique pendant le mélange du polyuréthane au contact de la peau peuvent causer des infections cutanées et respiratoires. Les vêtements de protections, les gants longs, les caches nez ont été prévus pour cet effet.

Pendant des multiples essaies nous avons fait face aux mécanismes de transport à l'utilisation des capteurs, à la manipulation des divers produits chimiques d'où les risque divers, nous avons choisi d'effectuer plusieurs opérations dans le laboratoire de l'I.U.T de Douala. Pour ce qui est des essais effectues à la maison nous avons choisi de pratiquer (derrière la maison) et ayant sécurisé pour éviter tout accès aux enfants et personnes étrangers.

## II.3 RECAPITULATIF DU MATERIEL UTILISES

L'ensemble des matériels qui ont été utilisés tout au long du procédé de fabrication d'ustensiles isothermique sont ci dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.5 Approvisionnement

N°	DESIGNATIONS	QUANTITES	IMAGES
1	Sac mbandjock	01	
2	Colle à bois	02	
3	Combinaison de travail	01	
4	machette	01	
5	Couteau	01	
6	Gants	01	

<b>7</b>	<b>Caches nez</b>	<b>01</b>	
<b>8</b>	<b>Spatule</b>	<b>01</b>	
<b>9</b>	<b>Bottes</b>	<b>01</b>	
<b>10</b>	<b>Papier vert</b>	<b>01</b>	

## CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présente les différentes étapes employer pour le procède industriel de fabrication d'ustensile isothermique. Le choix des différentes machines Se fait pour faciliter et accélérer les opération prévus dans le dit processus, ainsi que des appareils de contrôle . Afin d'évaluer la fiabilité de notre ustensiles réalisé. A la fin de ce chapitre nous constatons que le procédé manuel correspond aux procédé relativement lent et adaptes aux petites séries, quant au procédé industriel, les technique de production en continu offrent à la fois une bonne qualité et une vitesse élevée en termes de production, mais nécessites beaucoup plus d'investissement.

## CHAPITRE III : ANALYSE DES DONNEES

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous présenterons essentiellement le procédé expérimental. Ensuite, nous vous présenterons une étude comparative visant à démontrer l'amélioration de nos ustensiles par rapport à ceux qui existe déjà, pour clôture ce chapitre nous allons présenter les articles que nous avons réalisé, en passant par son montage, ses fonctions d'usage, ses propriétés physique, ainsi que son entretien et enfin le prix de vente de cette article.

### III.MESURE ET DIMENSION NECESSAIRE POUR LA REALISATION DU THERMOS.

Comme mesure nécessaire pour la réalisation de notre objet nous avons :

Diamètre= 34 cm ; la hauteur es de 22 cm ; diamètre = 21 cm ; hauteur = 13cm

- Calculons le volume du thermos

$$\begin{aligned}V_0 &= \pi r^2 h \\ &= 3,14 \times (17)^2 \times 22 \\ &= 19964,12 \text{ cm}^3 \\ &= 19,96 \text{ l}\end{aligned}$$

- Calculons le volume de la surface

$$\begin{aligned}V_1 &= 3,14 \times (17)^2 \times 3 \\ &= 2722,38 \text{ cm}^3 \\ &= 2,72 \text{ l}\end{aligned}$$

- Calculons le volume du contenu de notre thermos

$$\begin{aligned}V_2 &= 3,14 \times (10,5)^2 \times 13 \\ &= 4500,405 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$= 4,5 \text{ l}$$

- Calculons le volume de tout le thermos  $V_t = V_o - V_1 - V_2$

$$= 19964,12 - 2722,38 - 4500,405$$

$$= 12741,335 \text{ cm}^3$$

$$= 12,74 \text{ l}$$

### III.1. POIDS ET MESURES DES DIFFERENTS CONSTITUANT DE L'ISOLANT.

Dans cette partie du travail il est question de montrer ou de donner les quantités utilisées pour la fabrication du composite. Pour avoir notre isolant nous avons fait le mélange suivant :

- 1kg de polyuréthane en poudre ;
- 200 g de fibres de bananier ;
- 1 kg de colle à bois ;

### III. 2. PRESENTATION DES DIFFERENTS MATERIAU ENTRANT DANS LA CONFECTION D'USTENSILE

Cette étape consiste à présenter les différents matériaux utilisés pour la réalisation de notre ustensile. Tableau .III.1 : tableau présentant les différents matériaux employés

MATERIAUX	IMAGES
Fibres de bananiers	

Poudre de polyuréthane	
Colle à bois	
Papier aluminium	
Natte en raphia	
spatule	

### III.3. PRESENTATION DES DIFFERENTES ETAPES DE LA FABRICATION DU THERMOS

Dans ce tableau ci-dessous nous présentons toutes les étapes ayant servi pour l'aboutissement de ce thermos.

Tableau.III.2 : tableau démontant les différentes étapes de travail

N°	DESIGNATION	ILLUSTRATION
01	Spires de bananiers	

02	Traitement à l'huile de coco et du citron	
03	Collage des spires sur la natte de raphia	
04	Isolant thermique (couvercle)	
05	Couvercle semi couvert par les spires	
06	Couvercle recouvert des spires de bananier	
07	Isolant thermique du thermos	
08	Bas du thermos habillé avec la spire de bananier	
09	Bas du thermos habillé avec la spire de bananier	
10	Bas du thermos habillé avec la spire de bananier	

### III.3.1. Présentation du thermos

Le procédé expérimental nous a permis de réaliser notre ustensile (thermos) à base du polyuréthane recycle et de spire de bananier. Ce thermos a une forme cylindrique, il a une très bonne capacité de conservation d'aliments.



Figure III.1 Présentation du thermos.

### III.3.2 Règles d'entretien du thermos

**NB :** La durée de la vie du thermos « MARBO » sera fonction du mode d'entretien et ses conditions de fonctionnement, le respect du code d'entretien et du fonctionnement participe en majeure partie à la durée de vie de notre article. L'entretien du thermos est comme suit :

- Dépoussiérer l'extérieur du thermos ;
- Nettoyer à l'aide d'une éponge humide ;
- Sécher après chaque utilisation.

### III.4. PRIX DE REVIENT DU THERMOS

Toutes les dépenses doivent être intervenir dans la fixation du prix de vente de l'article. Le cout de revient encore appelé prix unitaire s'obtient à partir de la formule ci-dessous.

**Cout de revient**=sommes des charges / quantité objets produits.

Les différentes charges sont celles qui interviennent dans le procédé expérimental de la fabrication de l'article, elles incluent les frais d'approvisionnement en matière première, les produits et matériels utilisés. Le cout de cette charge directe = 4 650 FCFA.

NB. Il faut inclure les couts d'internet, téléphone et transport dans les charges

Les charges indirectes sont celles qui incluent les frais divers tels que les abonnements internet qui sont déjà incluses dans les charges directes.

Quantité : 1 pièce

Cout de revient = 5 650 / 1

Cout de revient = 5 650 fcfa

### Fixation du prix de vente

Nous déterminons le prix de vente du produit à partir du prix de revient. La marge bénéficiaire correspond à 35% du prix de revient soit 1977,5

Prix de vente = cout de revient + marge bénéficiaire

NB. Prix de vente = 5650 + 1977,5

Prix de vente = 7627,5 FCFA

## **III.5. EXPERIMENTATION EFFECTUE POUR DETERMINER LES TEMPS DE CONSERVATION**

Ces expériences vont nous permettre de démontrer le nombre de temps que notre thermos peut maintenir des aliments chaud ou froids, en relevant les températures et en faisant une conclusion sur les différents résultats obtenus.



Figure III.2 : Prise de température

Ces tests sont effectués avec un thermocouple de type STC-100A, les expériences se font pendant une durée de 2 heures de temps. La prise de temps se fait dans un intervalle de 10 minutes ; la température à l'intérieur du thermos sans aliment chaud est de 28 C°.

Tableau.III.3 : Evolution de la température à l'intérieur du thermos avec comme isolant le polyuréthane recycle et la fibre de bananier.

Temps en (minutes)	Temps en degrés (C°) expérimentale pour aliments chaud	Temps en degrés (C°) expérimentale pour aliments froids
10	50	28
20	49	25
30	48	22
40	48	22
50	48	22
60	48	21
70	46	21
80	45	21

90	44	21
100	44	21
110	43	21
120	42	21

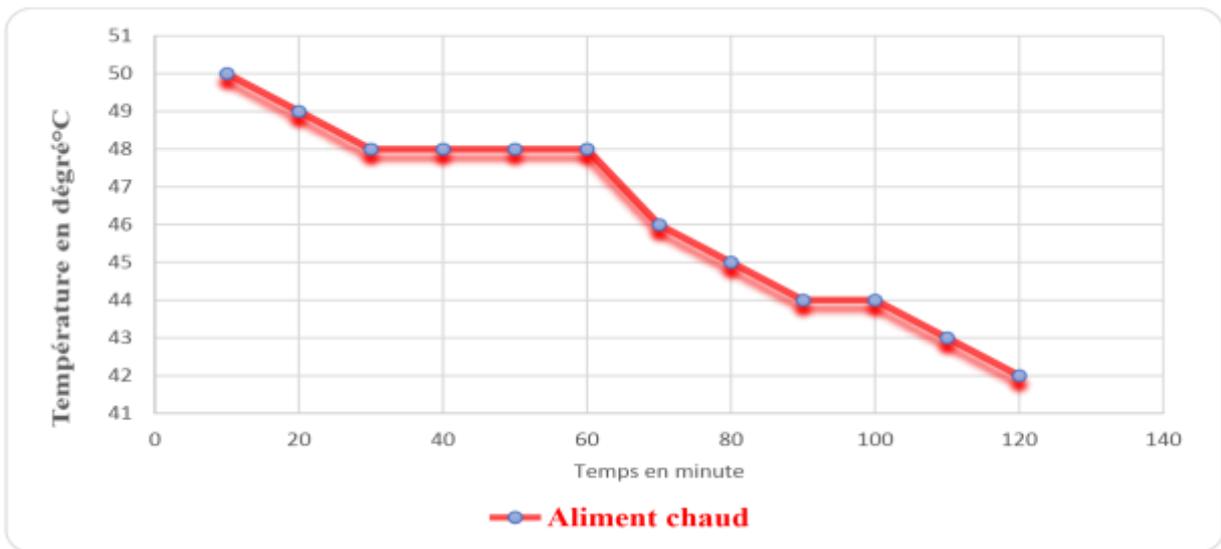


Figure. III .3 : courbe d'évolution des températures à l'intérieur du thermos.

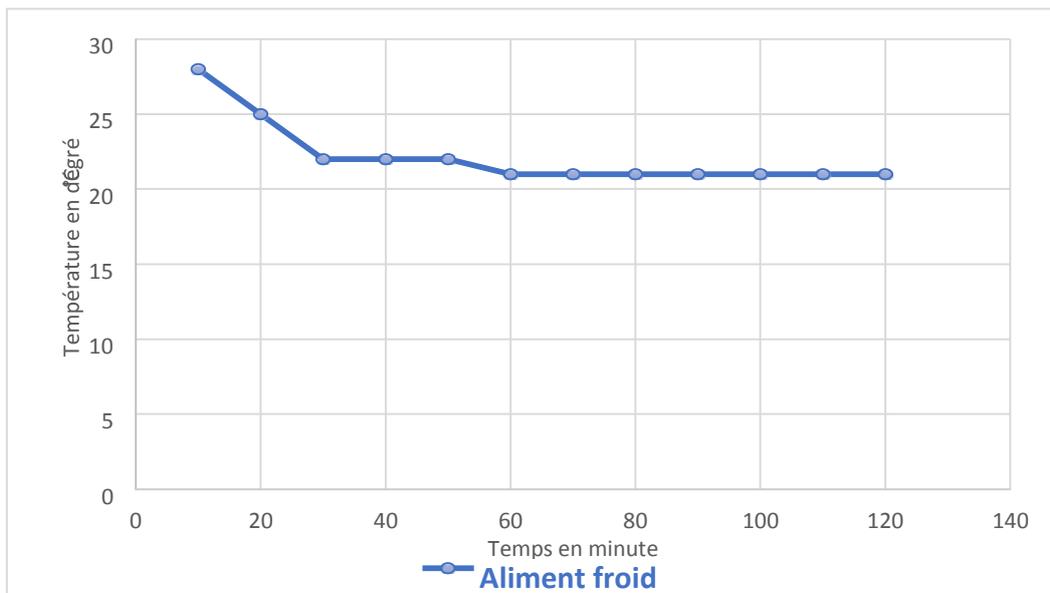


Figure. III .4 : courbe d'évolution des températures à l'intérieur du thermos.

### III.5.1 CALCULONS LE COEFFICIENT DE VARIATION DE T° EN FONCTION DU TEMPS

Ici, il est question de trouver le degré de chaleur ou de froid que chaque aliment perd chaque qu'après 1 minutes.

#### 1. Coefficient de variation de la température en fonction du temps (aliment chaud)

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{50-49}{0-20} = 0,05^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{(49-48)}{20-60} = 0,025^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{(48-45)}{60-100} = 0,075^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{45-42}{100-120} = 0,15^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

#### 2. Coefficient de variation de la température en fonction du temps (aliment froid)

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{29-25}{0-20} = 0,2^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{25-22}{20-40} = 0,15^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{22-21}{40-60} = 0,05^{\circ}\text{C}/\text{mn}$$

$$\text{Coefficient } \alpha = \frac{21-21}{60-120} = 0^{\circ}\text{C}/\text{m}$$

### III.5.2 Interprétations des coefficients de variation des T° en fonction du temps.

Dans les premiers intervalles nous constatons une baisse rapide correspondant à la mise en températures des parois, elle est due à l'égard de températures élevée entre le corps à conserver et la température des parois interne et externe.

Nous constatons que le test contenant un aliment chaud nous a permis d'observer que la température décroît progressivement pendant une durée de plus de 2 heures de temps. Mais l'aliment reste toujours chaud et que l'aliment froid décroît de moins en moins et reste toujours froid après plus de 2 heures de temps, comme nous présente la figure III. 3 et la figure III.4

### **III.5.3 : Déterminations des durées de conservations**

Pour de déterminer la durée de conservation du thermos, nous avons simplement relevée les différentes températures jusqu'à ce que le temps ait été constant et nous avons obtenus les résultats suivant ;

- Le temps de conservation des aliments chauds dans le thermos avec les pires de bananiers est de = 10 heures
- Le temps de conservations des aliments froids dans le thermos avec spires de bananiers est de = 15 heures.

Au vu des résultats de ces expériences nous constatons que les aliments froids résistent plus dans le thermos que les aliments chauds.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, il était question pour nous de donner les mesures et les dimensions nécessaires pour la réalisation du thermos, les poids et mesures des différents constituants de l'isolant, la Présentation des différentes étapes de la confection du thermos, présentation du thermos, mode et règles d'entretien du thermos. Enfin l'expérimentation effectuée pour déterminer les temps de conservation de notre thermos.

## CONCLUSION GENERALE

Il a été question dans ce mémoire d'élaborer un matériau composite à partir du polyuréthane recyclé et des fibres de bananier et de le caractériser. Afin d'assurer les variantes thermiques de notre isolant, dans le but de fabriquer un thermos qui permettra de maintenir les aliments chaud ou froid pendant un certain temps, la démarche adoptée a consisté à associer la mousse de polyuréthane aux fibres de bananiers enfin de fabriquer un prototype de thermos.

Une revue de la littérature nous a permis de choisir les différents constituants, la technique de mise en forme et les tests de caractérisation de ces constituants ainsi que celles des matériaux élaborés.

La fibre de bananier a été choisie à cause de son abondance, et la mousse de polyuréthane pour son abandon dans les ateliers de dépannage des réfrigérateurs. Les produits obtenus ainsi que les constituants ont été caractérisés par leurs propriétés physiques, mécaniques. Ensuite nous avons élaboré le procédé expérimental dans lequel, un schéma synoptique a été présenté et chaque processus a été détaillé. Dans la même logique, nous avons abordé le procédé industriel à travers sa conception et sa simulation en apportant un éclairage sur le plan détaillé de chaque étape. En plus nous avons établi le schéma de l'OST de notre entreprise en étayant chaque étape par une analyse détaillée de chaque direction et atelier.

Comme tout travail de recherche, il va de soi que nous ayons été confrontés à certaines difficultés, lesquels sont liés notamment aux manques de laboratoire pour effectuer véritablement nos essais et le manque de matériels adéquats.

## BIBLIOGRAPHIE

### THESE :

-Y5013F04 : « l'utilisation de la glace sur les bateaux de pêche artisanal » par Michael SHWAYER ET AVILIO F. M, MEDINA Pizzah.

- Mansour Rokbi, comportement à la rupture et caractérisation mécanique de composite polyester-fibre de verre, thèse présentée au centre universitaire Mohamed bodiaf de m'sila institut de génie mécanique ,2001 ;

- Mohamed El Hadi Bourahli, Caractérisation d'un composite verre/époxy, thèse doctorat 2014.

- Sophie EVE. Comportement à la prise et caractérisation mécanique de matériaux composites à base de plâtre. PhD thesis, Université de Caen, 2003.

-Nguyen Tri Phvon et Col, Rôle du processus de traitement de surface sur les propriétés mécaniques du composite ; Génie avril 2015 ;

-[Jean-Marie](#) Berthelot, Matériaux composites : comportement mécanique et analyse des structures, Editions TEC et DOC, Le Mans Avril 2005 ;

-

-

-

### MEMOIRE :

- ANAFACK Solange, Exploration du potentiel textile des fibres de hampe de bananier, M2R, Université de douala ;
  
- TANON Yolande, SOUMAN Amos Leonard et NDANYE pierre, Etude et caractérisation mécanique des fibres de bananier, DIPET 2, ENSET DE DOUALA
  
- Minkeng Alain et Danielle Hahicha, Elaboration et caractérisation mécanique d'un composite à matrice amidon et renforcé de fibres de bananier, DIPET 2, ENSET DE DOUALA 2019 ;
  
- TSANGUEU et MENSIBE, Etude, réalisation et caractérisation d'un matériau composite à base de fibres de bambou de Raphia et avec comme charge l'écorce du bambou de Raphia, ENSET, non publié, 2008.
  
- A. H. MOHAMED MOKHT « *Effet des nanoparticules sur les caractéristiques des composites* » Mémoire présenter à université du Québec en Abitibi Témiscamingue école.
  
- TAKOUMBE Claude, effet de la taille des particules sur les propriétés thermo-physiques d'un matériau composite à base de particules de raphia vinifera et de polystyrène fondu, M2R, Université de douala ;

### ARTICLES :

- Barry et Al 2007 ;
  
- Lassoudière 2007 ;
  
- Lescot 2006 ;

### DICTIONNAIRE :

- dictionnaire des synonymes ;
  
- dictionnaire Larousse ;

-SITES :

-http : [textileaddict.me](http://textileaddict.me) Les fibres textiles et leur classification ;

- http: (source: [Actu cameroun.com](http://actu.cameroun.com).)

# ANNEXES

**FICHE DE MENSURATIONS DU THERMOS (annexes1)**

**Fiche N° 01**



**Tel : 699527451**

**Date 30-06-2020**

<b>Nom du client : ENSET D'EBOLOWA</b>
--

<b>BP: 886</b>
----------------

**FICHE DE MENSURATIONS**

**MESURES DU DIAMETRE DU THERMOS**

<b>Différentes mensurations</b>	<b>thermos</b>
<b>Diamètre</b>	<b>34cm</b>
<b>hauteur</b>	<b>22 cm</b>
<b>Réaliser par :</b>	<b>MARBO Sarl</b>

## NOMENCLATURE D'APPROVISIONNEMENT DU THERMOS

(annexes 2)

Matières			Fil			Accessoires		
nature	quantité	référence	nature	quantité	référence	nature	quantité	référence
Spire de bananier	2sacs	marron	raphia	10 mètres	marron	colle	1	transparente
Papier aluminium	2 m	argenté	/	/	/	/	/	/

## NOMENCLATURE D'ETUDE DU THERMOS « THERMOS »

N°	Nombre	Désignation	Matière
01	01	Thermos	Tronc de bananier
02	01	Couvercle du thermos	Tronc de bananier
03	01	Bas thermos	Tronc de bananier
04	01	isolant	Polyuréthane + fibres de bananiers
05	10	Fil	raphia