

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)

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE
D'UN
CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL À BASE DE
KAPOK
ET DE LAINE DE BOIS**

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

Par : ANDZE MPOAM Marcelle Olive

Sous la direction de
Dr. NGO BISSE
Chargé de cours
Mme EMVOUTOU NDONGO Sandrine

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE

A

La famille MPOAM

REMERCIEMENTS

Bien qu'il s'agisse d'une des premières pages de ce manuscrit, c'est aussi la dernière page que j'ai rédigée. Avant d'entamer une nouvelle expérience, j'ai naturellement souhaité remercier le bon DIEU, sans oublier ceux qui ont contribué de manière directe ou indirecte, à la réussite de ce travail.

J'adresse toute ma reconnaissance et ma gratitude à mon chef de département, le Professeur NDJAKOMO ESSIANE Salomé et la chargée d'étude Madame FOUDA Régine, de m'avoir fait confiance en acceptant de me confier ce sujet.

Je tiens à remercier aussi mon directeur de mémoire, Docteur NGO BISSE pour sa gentillesse, son soutien et surtout d'avoir permis que je réalise mon travail dans les meilleures conditions.

Mes remerciements vont également à l'endroit de mon encadreur, Madame EMVOUTOU Sandrine, pour avoir toujours su m'orienter, me conseiller et surtout me laisser une grande liberté et beaucoup d'autonomie tout en gardant un œil bienveillant sur ma tâche.

Je remercie vivement Monsieur NYATTE Steyve, Madame ESSINGA BELLA Marie ange, et tous nos enseignants pour leur considérable collaboration et leur précieuse et efficace aide.

Je ne saurai terminer ces remerciements, sans associer la Directrice de l'ENSET d'Ebolowa ainsi que tous les responsables de cet établissement dans leurs grades respectifs.

À tous les relecteurs des textes qui constituent ce mémoire, je pense à leur disponibilité accordée et surtout l'apport intellectuel.

A mon cher BELOCK ASSAMA Dieudonné, merci d'être toujours là pour moi. Enfin, comment exprimer ma reconnaissance et ma gratitude envers mes parents, mes frères et sœurs pour leur amour et leur soutien inconditionnels, pour leurs sacrifices, leur patience et leur tolérance. À vous qui avez su attendre patiemment et en silence, qui avez mis vos espoirs entre les mains de la foi inébranlable que ce travail sera un jour terminé. Que ces écrits puissent apporter la juste récompense à vos attentes.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	1
REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
RESUME.....	5
ABSTRACT	6
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	9
INTRODUCTION GENERALE.....	10
CHAPITRE I: ETUDE DES PROCEDES DE CONSERVATION ET DE FABRICATION DES SACS A BIBERON ET DES MATERIAUX COMPOSITES. 13	
I. GENERALITES SUR LES SACS DE CONSERVATION POUR BIBERON	13
II. LE LAIT MATERNEL.....	17
III. ISOLATION THERMIQUE	20
IV. PROCEDE DE FABRICATION DES MATERIAUX COMPOSITES	27
CHAPITRE II : ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT, MATERIELS ET METHODES	30
I. ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT.....	30
II. SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME	37
III. PROCEDE EXPERIMENTAL DU SAC DE CONSERVATION	37
CHAPITRE III : CARACTERISATION DU PROTOTYPE, ANALYSE, DISCUSSION ET GESTION DES DECHETS.	59
I. LES ESSAIS DE TEMPERATURE DU COMPOSITE ET DU SAC (EXTERIEUR ET INTERIEUR)	60
II. LA SIMULATION DE LA CHAINE DE REGULATION	63
III. LA PRESENTATION DU NOUVEAU PRODUIT	69
CONCLUSION GENERALE.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	75

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR
NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

ANNEXE77

TABLE DES MATIERES78

RESUME

Les enfants suscitent en nous des sensations de bonheur et se soucier d'eux est un phénomène naturel. Le contexte de l'industrie textile et de l'habillement (ITH) impose de nouvelles orientations dans son secteur. Toute nouvelle solution doit être techniquement efficace et respectueuse pour l'environnement. C'est dans ce sens que l'objet de notre étude entre dans la valorisation et l'exploitation des ressources locales afin de se conformer à la politique de l'Etat Camerounais dans la lutte contre le chômage, par la création des industries de fabrication des produits en utilisant les ressources locales. C'est ainsi que nous avons fabriqué une enceinte de conservation à travers le thème : « **Elaboration et caractérisation expérimentale d'un conservateur naturel de lait maternel à base de kapok et de laine de bois** ». Il était question de fabriquer une enceinte de conservation, avec pour matériau composite, une union du kapok et de la laine de bois et associer des composants électroniques adapté pour la mise en température corporelle du lait maternel pour parvenir à un sac à double fonction c'est-à-dire : une température ambiante et une température corporelle. Pour cela, nous avons utilisé plusieurs techniques pour la réalisation du sac de conservation de lait maternel ; ce qui nous a permis d'aboutir à nos objectifs en passant par des procédés expérimentaux de production artisanale où nous avons ressorti un matériau composite et des résistances afin d'assurer les fonctions de celui-ci. Dans le but de garantir le bon fonctionnement d'une industrie, nous avons présenté le schéma prévisionnel de l'OST (organisation scientifique du travail), avec toutes les divisions opérationnelles de chaque service de la chaîne de fabrication ainsi que l'organigramme fonctionnel avec la prévision des effets sociaux de l'industrie, sans toutefois négliger l'évaluation du coût estimatif de la réalisation du projet. Nous avons présenté et caractérisé les différents encours, les résultats des déchets de chaque étape du procédé expérimental et le prototype de l'enceinte de conservation réalisée. Au terme de ce travail, nous avons conçu, réalisé et présenté une enceinte de conservation avec pour isolant thermique un matériau constitué de kapok et de laine de bois obtenu suivant les règles de l'art et respectant les critères de qualités requises. Par ailleurs, l'objectif poursuivi dans ce travail a été atteint car nous avons obtenu comme souhaité un sac qui conserve le lait pendant 6h25 min et celui-ci peut être mis en température corporelle (37°C) pour assurer les heures de tété du bébé.

ABSTRACT

Children make us feel happy and caring for them is a natural phenomenon. The context of the textile and clothing industry (ITH) imposes new directions in this sector. Any new solution must be technically efficient and environmentally friendly. That is the objective of our study entering into the valorization and exploitation of local resources in order to cooping with the Cameroon national policy of fighting against unemployment, through the creation of local resources based industries. This is the reason why we proposed to build a preserving box through the theme: "**Elaboration and experimental characterization of a natural preservative of mother's milk**". From this theme raises the question of how we would proceed to make a preserving box with a composite material made from the association of kapok and wood wool? Which electronic component can be used for keeping the breast milk at the human body temperature? How to achieve a dual-function bag for ambient and human body temperature? The answers to these questions were found through the experimental studies carried out in this research work.

We used several techniques for the realization of the breast milk conservation bag which made it possible to achieve our objectives using experimental processes on artisanal production. A composite material and heating resistors were used to ensure the functioning of this innovative system. With the aim of guaranteeing the industrial activities, we presented the OST provisional diagram with all the operational divisions of each department for the production chain, as well as the functional organisation chart with the aim of the social effects of the industry. Also, without neglecting the estimated cost of carrying out the project. We have presented and characterized the different processes, the resulting wastes of each stage of the experimental process and the prototype of the so-called preserving bag. At the end of this work, we produced and presented a preserving bag with a material made from kapok and wood wool as thermal insulation, designed according to the good practices and respecting the required quality criteria. In addition, the objective pursued in this work was achieved because we obtained, as desired, a bag that preserves the milk for 6 hours and 25 minutes and it can be kept at body temperature (37°C) to ensure the feeding of a baby at right times.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Différents échantillons de sac à biberon	13
Figure 2: Le polystyrène	14
Figure 3: Représentation de la laine de verre et de roche	15
Figure 4: Sciure d'épicéa	15
Figure 5: Le kapok.....	16
Figure 6: Différents échantillons de chauffe-biberons.....	16
Figure 7: Sac de conservation.....	17
Figure 8: Arbre et tronc d'épicéa	22
Figure 9: Les feuilles.....	23
Figure 10: Tige et écorce d'épicéa	24
Figure 11: Les fruits.....	24
Figure 12: Graines du fruit	24
Figure 13: La laine de bois	25
Figure 14: Le kapokier	25
Figure 15: Capsules de kapok.....	26
Figure 16: Capsule de kapok	26
Figure 17: Coussin rembourré de kapok	27
Figure 18: Diagramme bette à corne.....	33
Figure 19: Diagramme pieuvre.....	36
Figure 20: Schéma synoptique du système	37
Figure 21: Schéma synoptique du procédé expérimental	38
Figure 22: Ouverture des capsules.....	40
Figure 23: Graines de kapok.....	41
Figure 24: Laine de bois séchée.....	42
Figure 25: Etape de chauffage	43
Figure 26: Etape de tamisage	43
Figure 27: Modelage et moulage de la patte	46
Figure 28: Test de combustion	47
Figure 29: Test à ébullition	47
Figure 30: Processus d'encollage du kapok sur le matériau composite	47
Figure 31: Régulateur de température.....	48
Figure 32: Les thermistances.....	48

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR
NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

Figure 33: Capteur de circuit intégré	49
Figure 34: Résistances chauffantes	50
Figure 35: Transistor TIP 120	50
Figure 36: Sac de conditionnement	53
Figure 37: Schéma prévisionnel de l'OST	54
Figure 38: Echantillon 1 et 2 des essais	60
Figure 39: variation de la température à l'extérieur du sac : échantillon 1 et 2.	61
Figure 40: Variation de la température à l'intérieur du sac	61
Figure 41: Conditions initiales de température dans les échantillons: Essai 1	62
Figure 42: Températures mesurées et isothermes correspondantes: Essai 1	62
Figure 43: Echantillon de l'essai 2	63
Figure 44: Chaîne de régulation	64
Figure 45: Simulation de la température à partir du capteur LM35	64
Figure 46: Montage complet du régulateur	65
Figure 47: Montage complet du régulateur	65
Figure 48: Vue interne du sac avec les composants électronique	65
Figure 49: Variation de température interne	67
Figure 50: Comparaison de température interne et externe.	67
Figure 51: Isotherme correspondant à l'essai 2	68
Figures 52: Illustration du produit fini	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Taxonomie de l'épicéa conformément au système d'information taxonomiquement intégré (SITI) - d'après (Kramer and Green, 1990).....	22
Tableau 2: Protocole d'approvisionnement en capsule de kapok	39
Tableau 3: Nettoyage du kapok	40
Tableau 4: Protocole d'ouverture des capsules de kapok	40
Tableau 5: Protocole d'égrenage du kapok	41
Tableau 6: Protocole d'approvisionnement en laine de bois.....	41
Tableau 7: Nettoyage de la laine de bois	42
Tableau 8: Protocole de séchage de la laine	42
Tableau 9: Protocole de chauffage de la laine.....	43
Tableau 10: Protocole de tamisage	43
Tableau 11: Matériels d'équipement	44
Tableau 12: Matériels de sécurité et réactifs.	45
Tableau 13: Processus de montage du sac.....	51
Tableau 14: Matériels utilisés pour le montage.....	52
Tableau 15 : Coût estimatif du procédé expérimental	53
Tableau 16: Employés par catégorie.....	57
Tableau 18: Condition nominale de l'essai 1	60
Tableau 19: Conditions nominales de l'essai 2	63
Tableau 20: Données à l'intérieur du sac.	66
Tableau 21: Caractérisation des encours du procédé de fabrication.....	68
Tableau 22: Récupération des déchets.....	69
Tableau 23: Comparaison du produit avec un échantillon.....	70

INTRODUCTION GENERALE

En Afrique et partout ailleurs, dès sa naissance, le nouveau né doit s'adapter au monde extérieur. Pour cela, il doit maîtriser et synchroniser des fonctions vitales comme la respiration, la succion, la déglutition. La perturbation de ces fonctions peut entraîner des dysmorphoses dento- maxillaires. Dans notre étude, nous allons nous intéresser plus particulièrement au mode de conservation du lait maternel de l'enfant. A cet égard, nous évoquerons d'abord l'importance de l'allaitement maternel et les difficultés que rencontre ce mode d'allaitement dans sa perspective historique en nous intéressant également aux organismes de promotion de l'allaitement maternel.

L'allaitement désigne l'action pour une femme de nourrir sa progéniture grâce au lait issu de ses seins. Dans la médecine moderne, le lait maternel est considéré comme la forme la plus saine du lait pour bébés. L'allaitement possède des avantages aussi bien pour la mère que pour le bébé car il aide à la prévention des maladies. Un allaitement à long-terme est souvent associé à une meilleure santé mentale durant l'enfance et l'adolescence. Des experts s'accordent sur le fait que l'allaitement au sein est plus bénéfique que l'allaitement artificiel car ce dernier est plus associé aux décès par diarrhée chez les bébés dans les pays développés, sous-développés et en voie de développement.

De manière générale, le taux d'allaitement maternel dans le monde reste bas. Selon l'OMS, à un moment donné, la proportion de nourrissons recevant uniquement le lait maternel entre la naissance et l'âge de 06 mois est estimée à 35%.

Selon l'UNICEF (1996), le pourcentage d'enfants nourris exclusivement au sein pendant les 04 premiers mois de leurs vies varie de 3 à 53% en Amérique latine, de 4 à 64% en Asie et de 1à 65% en Afrique.

Le véritable souci n'est pas l'allaitement artificiel mais la gestion du matériel dans les ménages. Ce mode d'allaitement préconise une hygiène très minutieuse car le milieu doit être sain. Cette remarque a donc suscité en nous ce désir de faciliter la conservation du lait maternel dans un environnement sain parce qu'il n'y aura pas d'échange entre le milieu ambiant et le lait qui se trouve dans le système proposé.

Les contraintes économiques des ménages et le souci d'autonomisation des femmes sont des raisons qui obligent celles-ci à s'engager de plus en plus dans des activités professionnelles sans toutefois se soustraire aux devoirs naturels d'enfanter et de s'occuper de leurs enfants. Ceci les amène généralement à opter pour l'allaitement artificiel qui

expose leurs nourrissons à de graves dégâts de santé. Mais compte tenu de la compétitivité dans le monde du travail et de la rigueur en matière d'emploi du temps professionnel, les femmes sont contraintes d'adopter l'allaitement artificiel. Cependant, concilier la vie professionnelle et assurer le rôle de mère n'est pas une affaire facile surtout lorsqu'il revient à cette dernière de nourrir son bébé exclusivement au sein. L'allaitement maternel est menacé et si rien n'est fait dans le sens de promouvoir celui-ci, il se verra envahi par l'allaitement artificiel.

Le bois est devenu de plus en plus le matériau préféré pour plusieurs applications ; que ce soit en copeaux ou en fibres, de nouveaux produits peuvent être générés pour l'isolation ou pour la construction (panneaux de fibres de bois, panneaux ciment-bois...). C'est fort de ce constat que nous avons choisi le thème « **Elaboration et caractérisation expérimentale d'un conservateur naturel de lait maternel à base de kapok et de laine de bois** » afin d'assurer le renforcement et la promotion de ce type d'allaitement. En nous adaptant à l'évolution de la technologie, nous mettrons en exergue la valorisation des matériaux locaux tel que les fibres végétales de kapok et de laine de bois vulgairement appelé sciure. Ainsi, pour tenter d'apporter un début de solution, nous avons pensé à la mise sur pied d'un dispositif qui saura conserver le lait maternel à une température corporelle afin d'assurer les tétés du bébé.

La fabrication de notre dispositif (sac) nécessite la conception d'un isolant thermique naturel et la méthode de fabrication qui pourrait donner le résultat recherché en incluant le montage d'un kit électronique adapté pour la mise en température corporelle du lait maternel afin de parvenir à un sac à double fonction.

Pour mener à bien notre étude et atteindre nos objectifs, notre travail sera divisé en trois chapitres.

Le premier chapitre intitulé état de l'art débute par une synthèse bibliographique sur les différents types de conditionnement à biberon en présentant les isolants thermiques les plus utilisés et leurs conductivités ; ensuite nous aborderons le sujet sur l'essence et la fibre végétale qui font l'objet de notre recherche en insistant sur le choix de ceux-ci.

Le deuxième chapitre s'intéresse au processus expérimental de la fabrication du sac à biberon. Nous présenterons les schémas synoptiques nécessaires à la réalisation ainsi que les méthodes et les outils qui nous serviront pour la caractérisation et la modélisation de

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR
NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

l'isolant thermique. Pour conclure cette partie nous avons passé des tests thermiques afin d'atteindre les objectifs et connaître la durée de conservation des matériaux.

Enfin, le dernier chapitre présentera les résultats et l'interprétation de ces derniers ainsi que la gestion des déchets.

CHAPITRE I

ETUDE DES PROCEDES DE CONSERVATION ET DE FABRICATION DES SACS A BIBERON ET DES MATERIAUX COMPOSITES.

Ce chapitre nous permettra de comprendre ce que c'est qu'un sac de conservation, son fonctionnement et ses fins d'usage ; de savoir quel type de matériaux ont été utilisés pour leur fabrication ainsi que leurs propriétés thermiques afin de faire la distinction avec ceux qui seront utilisés pour l'usage de celui que nous allons proposer.

I. GENERALITES SUR LES SACS DE CONSERVATION POUR BIBERON

Le lait maternel contient des nutriments et vitamines essentiels qui aident à protéger le bébé contre les infections et qui favorisent son bon développement. C'est pourquoi, la façon de conserver le lait est primordiale.

I.1. Définition

On entend par sac de conservation un dispositif isolant incorporé de polystyrène à l'intérieur et d'un plastique protecteur très robuste ou encore du tissu lavable permettant de conserver les biberons des bébés. Ce sont des sacs très pratiques et confortables pour les déplacements, ils permettent de stocker le lait maternel et faire des réserves pour plus tard. Ci-dessous, nous présenterons les différents échantillons de sacs existants, tous ayant des textures différentes. [1]

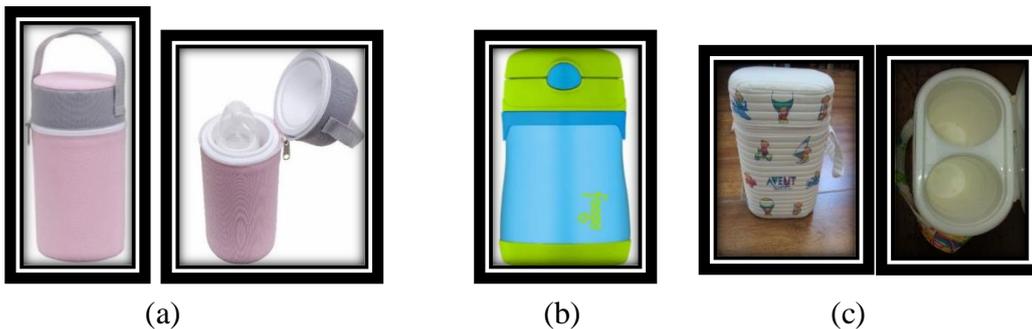


Figure 1: Différents échantillons de sac à biberon

I.2. Composition

Les porte-biberons maintiennent la température du biberon soit à chaud, soit à froid, grâce à un insert en mousse de polystyrène, laine de verre ou laine de roche appelé isolant thermique qui est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Ce type de matériau

a pour caractéristique de freiner les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur d'un objet ou d'un bâtiment. L'évaluation de la qualité d'un isolant thermique se fait sur plusieurs critères à savoir :

La conductivité thermique du matériau qui nous permet de déterminer sa capacité à isoler ; sa densité ; sa perméabilité à la vapeur d'eau pour tester sa capacité à laisser respirer l'objet sur lequel on l'emploie. En effet, il est important que l'humidité produite par un corps puisse s'évacuer pour éviter l'apparition de taches de moisissures. Il existe plusieurs grandes familles pour classer les matériaux isolants. On peut citer les matériaux synthétiques, les fibres minérales, végétales ou animales, les isolants minéraux et les isolants minces. Dans notre cas, nous avons porté notre choix sur les matériaux isolants d'origine végétale. [9]

I.2.1. Le polystyrène

Il en existe trois types que nous développerons plus bas.

- Le polystyrène cristal, appelé ainsi en raison de son aspect transparent.
- Le polystyrène choc, se caractérise par le plastifiant ou le caoutchouc
- Le polystyrène expansé ou PSE, c'est le matériau le plus connu sous sa forme expansé et parfois appelé frigolite. Il sert à emballer les appareils électroménagers ou plus encore ceux qui sont très sensibles aux chocs. Cependant il peut aussi se présenter sous forme de plastique transparent et dur.

Sa conductivité thermique (w/mk) est de 0,030 à 0,036 [12]



Figure 2: Le polystyrène

I.2.2. La laine de verre et de roche

C'est un matériau fabriqué à partir de produits naturels et recyclés tels que du verre recyclé, du sable et une petite quantité de calcaire. Toutes ces matières premières sont mélangées et mises en fusion dans un four puis passeront dans plusieurs machines qui les feront ressortir sous forme de fils de verre. Le résultat est élastique et sera ensuite moulé sous forme de panneau puis découpé.

Tout comme la précédente, la laine de roche est issue de matériaux naturels et considérés inépuisables comme les roches volcaniques appelées basalte. Pour son obtention, on fait fondre tous ces matériaux afin de les transformer en fibre. Ces fibres seront ensuite aspirées pour être moulées en panneaux et découpés en fonction de la taille et la formes souhaitées. Leurs conductivités thermiques (w/mk) sont respectivement 0,034 à 0,040 et 0,042 à 0,047. [15]

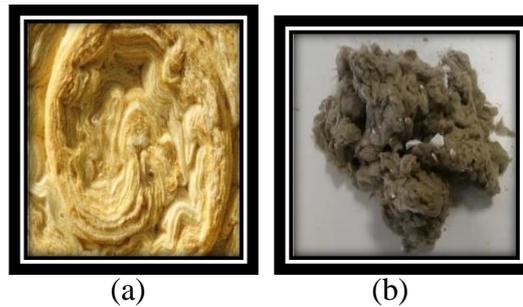


Figure 3: Représentation de la laine de verre et de roche

I.2.3. La fibre de bois

Les isolants en fibre de bois sont élaborés à partir du bois ou de résidus de manufactures de bois défibrés selon un procédé industriel par voie sèche ou humide. Ce procédé mène à l'obtention des fibres liées entre elles avec ou sans adjuvant afin d'obtenir un résultat plus ou moins souple. Généralement, ses isolants se présentent sous la forme de panneaux, de feutres ou de flocons à des fins d'isolation thermique et acoustique des bâtiments. Dans le cadre de notre travail, nous l'exploiterons en industrie de l'habillement et servira d'isolant thermique pour la conservation du lait maternel. Le bois faisant parti de notre environnement est l'idéal pour la réalisation de notre sac car la sciure peut s'obtenir facilement dans une scierie. Dans le cadre du coût, il sera également plus accessible contrairement aux autres proposés plus haut car ceux-ci demande plusieurs transformations chimiques. La conductivité thermique (w/mk) de cette fibre 0.12. [9]



Figure 4: Sciure d'épicéa

I.2.3. Le kapok

C'est une fibre végétale qui provient des poils fins et soyeux recouvrant les graines du kapokier, elle est à la fois souple, légère et résistante. La fibre est dotée d'une particularité d'imperméabilité et est imputrescible donc ne pourrit pas. Elle conserve également une excellente tenue dans le temps. La laine de kapok est un matériel idéal pour le rembourrage des objets comme les coussins, les matelas, les sacs, les oreillers...C'est un bon isolant thermique. Sa conductivité thermique (w/mk) 0,034. [11]



Figure 5: Le kapok

I.3. Les chauffe-biberons

Un chauffe biberon est un appareil électrique à l'intérieur duquel vient se loger un biberon afin de faire chauffer le contenu.

I.3.1. Chauffe-biberons autonomes à capsule

Les chauffe-biberons fonctionnent quasiment tous selon le même principe. Ils sont composés d'une pochette chauffante dans laquelle se trouve une pastille qu'il faut presser pour produire de la chaleur. Pour parvenir à chauffer un biberon, il faut nécessairement 10 à 15 minutes pour 150 à 250 millilitres de lait ; le système réclame donc une certaine anticipation puisque les tétés de l'enfant ne sont pas avisés. Les pochettes se rechargent en les plongeant dans de l'eau bouillante pendant 20 minutes. Ainsi, pour plusieurs repas, il faudra utiliser plusieurs pochettes auto-chauffantes. [10]

I.3.2. Chauffe-biberons nomades isothermes

Contrairement au précédent qui a un long processus de chauffage, celui-ci est rapide mais un peu plus lourd à porter. Le système se compose d'un thermos de 500 millilitres préalablement rempli d'eau et d'un récipient avec couvercle de protection. [10]



(a)

(b)

Figure 6: Différents échantillons de chauffe-biberons

I.4. Sacs de conservation à base de kapok

Ce sont des dispositifs utilisés de manière générale à la mise de produit alimentaire ; ils peuvent également contenir des plats cuisinés ou avoir une fonction bien différente de ceux-ci.

I.4.1. Sac à biberon à base de laine de verre et de kapok

Dans le but de valoriser les matières premières locales, NDZENGUE et NGOUAH, étudiantes à l'ENSET de Douala, ont proposé ce sac de conservation fait à base de fils de kapok pour sa particularité imperméable et la laine de verre a été utilisée comme isolant thermique. Il permet de conserver le lait le long de la journée. Il est pratique et facile à transporter. [17]

I.3.2. Sac autocuiseur à base de kapok

Le kapok a été utilisé pour le rembourrage. Ce sac a été conçu dans l'optique de poursuivre le processus de cuisson des aliments mais aussi dans le but de conserver à chaud ou à froid les aliments pendant une longue période. Cet objet a d'abord vu le jour en 2017 et au cours de l'année 2018/2019 à l'ENSET de Douala ; le même travail a été refait par l'étudiante EKONGO Grâce et le processus de prolongation a été revu à la hausse. [5]



Figure 7: Sac de conservation

Les sacs de biberons étant conçus pour conserver le lait artificiel, il sera tout aussi judicieux de nous attarder sur ce dernier afin d'étudier ses caractéristiques, sa composition ainsi que ses interactions avec le milieu extérieur.

II. LE LAIT MATERNEL

Le lait maternel est le moyen le plus naturel et le plus adapté pour nourrir un enfant. Ses bienfaits sont reconnus aussi bien au plan nutritionnel qu'au plan affectif car il permet le développement harmonieux et l'épanouissement de l'enfant par les hormones de l'attachement qu'il mobilise et le comportement de maternage qu'il implique. Il renforce les liens affectifs entre la mère et l'enfant grâce au contact intime qu'il permet car il assure

une alimentation sans manipulation donc bactériologiquement protégée. Sa consommation permet une adaptation automatique aux besoins de l'enfant et a également un effet protecteur vis-à-vis de celui-ci. [3]

II.1. Caractéristique du lait maternel

Le lait maternel a une composition idéale exactement adapté aux besoins du bébé de telle sorte qu'il n'y ait pas de déchets métaboliques. Il contient trois fois moins de protides que le lait de vache et des protéines telles que la méthionine, la taurine ou la tyrosine qui répondent à l'immaturité enzymatique de l'enfant. On y trouve également trois fois moins de calcium et trois fois plus de lactose que celui d'une vache.

Les teneurs en vitamines sont à des taux plus élevés dans le lait maternel, sauf pour l'acide folique (identique) et la vitamine K (plus faible dans le lait maternel). Le lait de la femme est par ailleurs très riche en vitamines E ; puissant agent antioxydant et son taux de vitamine C est juste suffisant si la mère ne fume pas. [16]

II.2. Composition du lait maternel

Le lait maternel est un aliment vivant et frais qui passe de la mère à l'enfant. Parfaitement adapté aux besoins de l'enfant, il stimule son développement physique et intellectuel et contribue à la maturation de son système digestif et immunitaire.

Le lait maternel est le premier aliment du bébé car contenant de nombreux nutriments qui nourrissent et protègent le bébé. Les composants majeurs du lait maternel sont :

- L'eau (87,5 % environ), les glucides (7 % environ),
- Les lipides (4 % environ), les protides (1 % env.),
- Les micronutriments (0,5 % environ).

Mais ces proportions et ces composants sont amenés à se modifier constamment en fonction des besoins et de l'âge du bébé, de l'heure de tété ou des débuts et fins de tété. Le lait maternel subit une évolution importante entre le colostrum des premiers jours et le lait à maturité vers trois semaines. [2]

II.3. Influence de la température du lait au froid et à la chaleur.

Le lait doit être stocké en néonatalogie dans les meilleures conditions pour que le nourrisson puisse profiter au mieux de ses nutriments. Le lait frais contient des cellules vivantes de la mère et une très grande quantité de nutriments, de facteurs de croissance et

de nombreux autres composants protecteurs. Au fil du temps et des fluctuations de température, ces composants perdent de leur puissance et le risque de contamination bactérienne et de prolifération d'agents pathogènes augmente [13].

L'effet de la conservation sur le contenu microbiologique, la teneur en lipides, les composants cellulaires, les propriétés antibactériennes et la capacité antioxydant a été examiné de près, mais de nombreux facteurs sont encore inconnus. En plus des altérations dues au temps, des problèmes surviennent à cause du stockage à différentes températures. [20]

II.3.1. Température ambiante

La dégradation du lait à température ambiante 25°C a été étudiée sur des laps de temps variés. Elle a été évaluée entre 15 et 25°C sur 24 heures dans une étude décisive. Pour une conservation optimale à température ambiante 25 °C, la durée doit par conséquent être inférieure à 4 heures, plus spécifiquement en service de néonatalogie. Néanmoins, pour les nourrissons nés à terme en bonne santé séjournant dans un environnement extrêmement propre, une conservation sur 4 à 5 heures est jugée comme acceptable. [20]

II.3.2. Température du réfrigérateur

La température de réfrigération (communément admise comme étant comprise entre 0 et 4°C) sauvegarde l'intégrité du lait maternel plus longtemps que la température ambiante. L'étude d'analyse de la conservation à 4 °C la plus vaste laisse entendre que le lait frais ne doit pas être stocké au réfrigérateur plus de 96 heures (soit 4 jours).

Si l'on se réfère à ces études, la durée de conservation optimale à 4 °C devrait être de moins de 4 jours, surtout pour les nourrissons hospitalisés en néonatalogie et un stockage de 5 à 8 jours dans un milieu très propre resterait acceptable pour les nourrissons nés à terme. [20]

II.3.3. Température du congélateur

Une congélation à -20 °C durant 3 mois maximum a été préconisée au sein des services de néonatalogie. Il a été démontré que la recongélation du lait après sa décongélation au réfrigérateur permettait de garder une charge bactérienne bénigne. En revanche, si le lait est entièrement décongelé à température ambiante, son utilisation semble hasardeuse et il ne doit pas être recongelé. Les temps de stockage raisonnables après décongélation à température ambiante et les répercussions des transvasements multiples ainsi que des fluctuations de température sur la qualité du lait sont peu documentés. Cependant même congelé plusieurs mois, le lait maternel est plus bénéfique que le lait industriel. [20]

III. ISOLATION THERMIQUE

Un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Ce type de matériau a pour caractéristique de freiner les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur d'un objet ou d'un bâtiment. [20]

III.1 Transfert de chaleur

Lorsque deux systèmes sont à des températures différentes, le système le plus chaud cède de la chaleur au plus froid. Il y a échange thermique ou encore transfert thermique entre ces deux systèmes. Cette situation se rencontre dans de nombreuses pratiques industrielles (moteurs thermiques ou même électriques, centrales électriques etc..., électronique) ou domestique (chauffage de l'habitat. Il existe trois modes essentiels de transferts de chaleur: la conduction, le rayonnement et la convection. [18]

III.1.1. Le rayonnement

La chaleur du soleil frappe notre planète alors qu'il n'y a aucun support solide, liquide ou gazeux au-delà de l'atmosphère terrestre. C'est un mode de propagation continu de la chaleur dans le vide sans agitation des particules ; ceci signifie donc que l'énergie thermique peut tout de même traverser le vide. [18]

III.1.2. La convection

On appelle convection le mouvement pris par un fluide dû aux différences de températures entre les différentes parties du fluide. Prenons l'exemple d'un transport de concentration de sel par de l'eau d'un transport d'humidité par l'air. Nous retenons donc que dans la convection, la chaleur se sert du fluide comme véhicule pour se déplacer. [18]

III.1.3. La conduction

On sait que la température est une fonction croissante de l'agitation moléculaire dans un corps qu'il soit solide, liquide ou gazeux. Le transfert par conduction est un mode de transfert spontané de chaleur d'un corps de température plus élevé (corps chaud) à un corps de température plus bas (froid). Pour un transfert de chaleur par conduction la transmission se fait jusqu'à ce que les températures des deux corps soient en équilibre thermique. La conductivité thermique traduit la puissance thermique surfacique transmise par unité de longueur du matériau soumis à une différence de température d'un Kelvin et s'exprime en $w.m^{-1}k^{-1}$. Pour un matériau homogène et isotrope, si $\vec{\Phi}$ est la densité de flux thermique et T la température, la conductivité thermique est définie à partir de la loi de fourrier par :

$$\vec{\Phi} = -\lambda \overrightarrow{grad}T \quad (1)$$

λ est la conductivité thermique du matériau. [18]

III.1.4. Diffusivité thermique

La diffusivité thermique est exprimée en $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ est la grandeur qui régit le comportement thermique d'un matériau en régime transitoire. Elle caractérise l'aptitude du matériau à transmettre la chaleur plus ou moins rapidement. Cette grandeur est reliée à la conductivité thermique et à la capacité calorifique volumique par la relation :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (2)$$

Avec ρ la masse volumique et c la capacité calorifique [18]

III.1.5. Effusivité thermique

L'effusivité thermique E en $\text{J.K}^{-1}.\text{m}^2.\text{s}^{-1/2}$ traduit la capacité d'un matériau à échanger de la chaleur avec son environnement. Plus précisément, cette propriété rend compte de la sensibilité de la température de surface d'un matériau à une variation du flux de chaleur reçu par cette surface. Ainsi, un matériau très conducteur et très capacitif aura une température de surface peu sensible à des variations de flux et sera donc très effusif. Cette propriété est reliée à la conductivité thermique et à la capacité calorifique volumique par la relation [18].

$$E = \sqrt{\lambda \rho c} \quad (3)$$

III.2 Généralités sur le Picéa Abies

Ces arbres sont des conifères ou résineux les plus anciens puisqu'ils sont apparus il y a 270 millions d'années, au Carbonifère [21]. Ils ont la caractéristique de conserver leur feuillage, constitué d'aiguilles en hiver [7]. Leur sève est appelée résine. Leurs organes reproducteurs sont portés par les écailles qui recouvrent le cône. Les conifères appartiennent au groupe des Gymnospermes dont le nom évoque leur ovule à nu, et ainsi, leur graine non enfermée dans un fruit. Le Picéa abies est le genre des conifères le plus largement étendu dans la famille des Pinaceae avec plus de 100 espèces [6] comprenant notamment l'épicéa (*Pinus pinaster* ou *Pinus maritima*) dont la taxonomie est présentée dans ce tableau [14].

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR
NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

Tableau 1: Taxonomie de l'épicéa conformément au système d'information taxonomiquement intégré (SITI) - d'après (Kramer and Green, 1990).

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachebionta
Embranchement	Pinophyta ou conifère
Sous embranchement	Gymnosperme
Classe	Pinopsida
Ordre	Pinales
Famille	Pinaceae
Genre	Pinus
Espèce	Pinaster

Cet arbre se distingue du sapin par des cônes à port retombant. Adapté aux climats froids et humides, ce conifère est d'origine Européenne et peut être cultivé. Cet arbre mesure généralement 35 à 40 mètres de hauteur ; il possède un bois blanc lustré et son écorce est d'un brun-rougeâtre finement écaillée dans le jeune âge ; ensuite brun-gris aux écailles plus épaisses qui se détachent de l'arbre par morceaux plus ou moins gros [14] Les illustrations ci-dessous nous le démontrent en photo 8.

Le port de l'arbre est le résultat de différentes composantes : un tronc droit, une cime conique, large en basse altitude et étroite en haute altitude et en régions nordiques (Source : Wikipédia). C'est un arbre élevé, qui peut dépasser 50 m, au fût particulièrement rectiligne et à la cime aiguë. La silhouette de l'épicéa est une des plus identifiables, jeune ou âgé l'arbre garde sa forme conique et pointue en tête. Son fût est toujours très droit.



Figure 8: Arbre et tronc d'épicéa

III.2.1. Feuilles

Les rameaux sont dressés chez les arbres jeunes puis pendants, retombant comme des draperies chez les individus plus âgés. Les aiguilles très denses sont disposées en brosse tout autour des tiges entourant régulièrement les rameaux. Elles mesurent 10 à 25 mm de longueur pour environ 1 mm d'épaisseur et sa couleur est vert foncé sur les deux faces. La photo en dessous en est l'illustration. [14]



Figure 9: Les feuilles

III.2.2. Tige et écorce

L'écorce de l'épicéa, comme celle de beaucoup d'autres, subit une mutation tout au long de l'existence de l'arbre. Elle se fissure et s'écaille irrégulièrement ; ces petites écailles rondes se détachent facilement. Chez les jeunes arbres, les écailles sont fines et de dimensions réduites tandis qu'elles apparaissent rugueuses, sombres et de plus grandes tailles chez les sujets plus âgés. Les écorces présentent une couleur brun-rougeâtre et grisâtre. Cette espèce d'arbre est plus présente à l'Ouest du Cameroun dans le département du Noun à Fouban. Cette ville, considéré par les camerounais comme la cité des arts et est la capitale du royaume Bamoun. Située à 70 km de Bafoussam, cet arbre est cultivé et sert de décoration extérieure car on le retrouve dans plusieurs domiciles, enceintes scolaires et dans les forêts des zones marécageuses. Cette race de sapin a des propriétés médicinales ; il traite la sinusite, soulage l'arthrose, les rhumatismes, les douleurs gastriques et abdominales. Il est indiqué en cas de toux, de bronchites légères et des maux de gorge. Il est aussi utilisé comme cicatrisant. Dans le domaine de la papeterie, il est utilisé pour la fabrication du papier. Nous avons vécu une grande expérience dans cette ville pendant nos recherches car nous avons pu constater que la particularité des écorces de cette essence ne sont pas jetées comme des ordures car elles servent à allumer le feu de bois ; bref elles sont utilisées en remplacement du pétrole. [14]



Figure 10: Tige et écorce d'épicéa

III.2.3. Les fruits

Ce sont des cônes cylindriques allongés, fusiformes et pointus, de 8 à 16 cm de longueur sur 3 à 4 cm d'épaisseur. Les cônes sont d'abord dressés puis pendants et tombants entiers quand ils sont mûrs. Les fleurs femelles donnent des cônes mûrs la même année et les couleurs évoluent du vert au brun luisant lorsqu'ils sont matures à l'automne. [14]



Figure 11: Les fruits

III.2.4. Les graines

Les écailles des cônes dont le bord est lisse renferment et protègent jusqu'à l'hiver des graines de 4 mm, ovoïdes et munies d'ailes membraneuses. [14]



Figure 12: Graines du fruit

III.2.5. Présentation de la fibre de bois

La fibre de bois ou laine de bois est fabriquée à partir d'un procédé de défibrage des débris de bois qui sont restés dans les coupes après exploitation. Cette fibre peut être mélangée à de l'eau afin de mouler facilement des panneaux isolants et s'associe à d'autres matières

isolantes telles que des fibres synthétiques ou des fibres végétales comme le kapok. Pour certain usage, la fibre de bois nécessite un traitement spécial comme dans le domaine agro-alimentaire. Si elle doit être utilisée dans le domaine de l'habillement, il faudra ajouter un traitement ignifuge qui permettra à la fibre de ne pas s'enflammer. Pour notre cas, nous n'aurons pas besoin de ce traitement car l'arbre en lui-même est déjà un antimité de par sa forte odeur dégagée. [14]



Figure 13: La laine de bois

La laine de bois est utilisée de plusieurs façons mais dans la plupart des cas on le retrouve dans le bâtiment comme : Isolation extérieure des toitures pour protéger des intempéries ; isolation sous couverture ; isolation extérieure et intérieure des murs ; isolation des cloisons etc.... Ce matériau généralement utilisé en combustion pour la cuisine, en composite pour l'aéronautique etc... sera exploité dans le domaine de l'habillement en combinaison avec le kapok pour la proposition d'un isolant thermique servant de dispositif au fin de conservation.

III.3 Généralités sur le kapok

C'est un arbre géant qui a plusieurs appellations ; originaire de l'Amérique centrale et de l'Afrique, le Ceiba pentandra, le fromager ou encore le kapokier est une espèce d'arbre de la famille des Bombacaceae. Son nom fromager vient du fait que son bois était utilisé pour la fabrication des boîtes pour les fromages ; d'autres l'appelaient piroguier pour son utilisation fréquente dans la construction des pirogues. C'est un arbre qui a un tronc lisse gris centré avec des branches étalées en forme de parasol et peut atteindre 60m de haut. Dans son état jeune, il est recouvert de grosses et larges épines [8]. Le kapokier en illustration (figure 14).



Figure 14: Le kapokier

III.3.1. Présentation du kapok

Le kapok est constitué par les fibres qui entourent les graines des fruits d'un arbre. Il se présente comme une bourre jaunâtre, légère, élastique qui absorbe très bien les liquides mais ne s'altère pas à l'humidité. Ses fruits sont de longues capsules vertes d'environ 20cm qui, en maturité prennent la couleur marron clair. Le fruit de kapok est rempli de fibres végétales soyeuses blanchâtres et de graines brunes. On retrouve le kapok dans la région de l'Adamaoua au Cameroun. Le Kapok est huit fois plus léger que le coton et est semblable à la soie au toucher incroyablement doux. Entre le duvet, issu d'oies plumées dans des conditions parfois cruelles et les rembourrages synthétiques dérivés du pétrole, cette fibre au fort pouvoir gonflant est l'alternative 100 % naturelle et biodégradable. [8]



Figure 15: Capsules de kapok

III.3.2. Les propriétés de la fibre végétale de Kapok

La fibre de kapok est à la fois souple, légère et résistante elle conserve une excellente tenue dans le temps. La lumière cellulaire est remplie d'air, conférant à la fibre une grande légèreté, des propriétés thermiques, ainsi qu'un pouvoir gonflant unique. Son côté hypoallergénique lui permet de résister aux acariens tout en étant antimicrobienne, idéal pour les peaux sensibles. Le Kapok est une matière naturelle qui est donc saine pour nous, pour notre intérieur et pour l'environnement. [8]



Figure 16: Capsule de kapok

III.2.3. Utilisation du kapok en isolant thermique

Les isolants thermiques artificiels présentent une très grande efficacité mais pose un problème de biodégradabilité et d'environnement. L'introduction des isolants naturels, tels que le kapok ou la filasse permet de réduire ces problèmes. Le plâtre est utilisé comme liant. Nous proposons dans cette étude, une caractérisation des matériaux kapok-plâtre et filasse-plâtre à partir du coefficient global [4] d'échange thermique établi en régime dynamique fréquentiel. Les phénomènes de transfert de chaleur sont modélisés à partir d'un circuit électrique équivalent

Les moyens pour réaliser ce projet sont réunis car les matières premières existent dans notre pays. Nous avons la possibilité de nous procurer le kapok dans la région de l'Adamaoua à Meiganga au Cameroun et sa productivité est d'une fois par an. Les isolants en fibre de bois sont élaborés à partir de bois ou de résidus de manufactures de bois défibrés selon un procédé industriel par voie sèche ou humide. Pour assurer la résistance aux insectes, aux moisissures et champignons, les isolants à base des fibres de bois reçoivent généralement des traitements complémentaires fongicides et insecticides. Ils peuvent aussi recevoir des traitements ignifuges afin d'améliorer leur comportement en réaction au feu.



Figure 17: Coussin rembourré de kapok

IV. PROCEDE DE FABRICATION DES MATERIAUX COMPOSITES

Cette ressource présente quelques procédés utilisés pour la mise en forme des pièces composites. Ces procédés consistent de manière générale à disposer les fibres en fonction des sollicitations exercées sur la pièce et à mouler la matrice autour des fibres. Il existe deux méthodes de fabrication des matériaux composites qui sont : le procédé manuel et le procédé mécanisé.

IV.1. Définition

Les matériaux composites sont définis comme la constitution de l'assemblage de deux matériaux de nature différente se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont

l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément [16].
Un matériau composite est composé :

- Du renfort, qui constitue l'ossature de la pièce et supporte l'essentiel des contraintes.
- De la matrice assure la liaison de l'ensemble, répartit les efforts et protège les renforts.

La matrice est la matière servant de liant et à transférer les efforts au renfort qui est plus rigide et plus résistant.

IV.2. Procédé manuel

Ce procédé entièrement manuel demande un moule ou une surface plate dans lequel un opérateur dépose la composition. Le plus simple est le moulage au contact ; il s'agit de déposer la pâte obtenue sur la planche ; ensuite l'opérateur comprime le tout avec un rouleau ; ce qui permet de régulariser les épaisseurs et de chasser l'air. Une fois terminé, l'ensemble est mis à solidifier dans une étuve ou à température ambiante. Dans le cas de l'utilisation de l'eau, cette technique reste lente et son application est conditionnée par une teneur en eau importante dans le matériau ; par conséquent le temps de séchage reste assez important. Ce procédé est peu coûteux et bien adapté aux petites séries. Un de ses inconvénients est qu'il est difficile de bien doser et de bien répartir la résine ; la qualité de la pièce dépend donc fortement de l'habileté de l'opérateur et elle est dans tous les cas peu contrôlables. Il est possible d'y remédier en utilisant une bâche à vide pour aspirer l'excès de résine et d'air ; il s'agit de recouvrir le stratifié avant solidification d'un tissu absorbant et de placer le tout sous une bâche (ou dans un sac) étanche dans lequel on fait un vide partiel à l'aide d'une pompe. Cela plaque la bâche contre le stratifié et chasse partiellement l'excès de résine et les bulles. On parle alors de moulage sous vide. [16]

IV.3. Procédé mécanisé

Ce procédé utilise des outillages plus lourds et est donc réservés aux séries plus importantes. Il consiste à disposer les fibres au sein d'un moule fermé dans lequel on injecte la résine sous pression à l'aide d'une pompe. Il en existe deux variantes : la RTM « standard » qui utilise un moule très rigide et lourd, et la RTM « éco » ou « light » qui utilise un moule semi-rigide et s'effectue donc à des pressions moins élevées ; une pompe à vide fournit alors une assistance supplémentaire pour aspirer la résine. Par rapport à

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR
NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

l'infusion, l'emploi d'un moule fermé permet un meilleur contrôle de l'épaisseur des pièces, moyennant un outillage nettement plus coûteux. Ce procédé donne des pièces de bonnes qualités et adaptées aux productions en grande série. [16]

CHAPITRE II

ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT, MATERIELS ET METHODES

Ce chapitre nous permettra de donner un bref aperçu sur la fonctionnalité de notre produit dans le but de faciliter la compréhension, d'exposer les schémas synoptiques des procédés de fabrication en présentant les matières premières utilisées de l'approvisionnement au stockage en passant par le traitement des matières sur chaque poste de travail dans l'Organisation Scientifique du Travail (OST). Cette partie va nous permettre de produire une expérience afin de critiquer la validité des résultats. Nous parlerons des outils nécessaires à la réalisation du sac de conservation ainsi que les méthodes employées pour la fabrication du matériau composite et des résistances chauffantes. Nous avons effectué nos essais dans le laboratoire d'électronique de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Douala.

I. ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT

Dans le cadre de notre travail, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son utilisateur [19].

La démarche est généralement conduite en mode projet et peut être utilisée pour **créer** (concevoir) ou **améliorer** (reconcevoir) un produit.

- L'objet visé par la démarche peut être un objet, un matériel, un processus matériel ou vivant, une organisation, un logiciel, etc.
- Les besoins sont de toute nature et sont exprimés de façon individuelle ou collective, objective ou subjective, avec des degrés de justifications disparates.
- La ou les fonctions étudiées sont également diverses : fonctions de service, fonctions d'évaluation, fonctions de traitement.
- Le cadre de l'étude doit être aussi pris en compte : contraintes ou variables déduites de l'environnement, la réglementation, des usages, etc.

I.1. Présentation du problème

Je suis dans une famille de plusieurs filles qui comme dans d'autres peuvent avoir des moments d'égarement en âge pubert ; dans mon cas je m'inspire de ma cadette. Comme

tous les matins, il faut s'apprêter pour l'école ou le travail ; ma petite sœur qui avait conçu en classe de première prenait la peine de tirer son lait afin de nourrir son bébé en son absence jusqu'à l'heure de la pause pour le renouvellement. La santé du bébé étant fragile et ayant une maman très stricte dans le mode d'allaitement maternel, il m'est donc venu à l'idée de proposer un sac efficace qui permettra de conserver le lait en température ambiante et en quelques secondes avant la tété du bébé pour lui conférer une température corporelle afin que sa croissance ne subisse pas de désagréments.

I.1.1. Formulation du besoin

Assurer chaque jour par l'intermédiaire d'un sac la conservation du lait maternel et les tétés du bébé en l'absence de la mère en lui associant à un système de régulation et un isolant thermique

I.1.2. Qui sont les utilisateurs et usagers potentiels ?

Les utilisateurs peuvent être les mamans, les tantes, les sœurs, les grands-parents du bébé ou toutes autres personnes amenés à prendre soin du bébé.

I.2. Contexte du projet

Pour mieux saisir les besoins de la population cible, nous avons effectuées deux études. Cela nous a permis d'analyser la demande et de répondre au mieux à leurs attentes. Dans notre cas, pour répondre à ces besoins, il faut travailler sur les fonctions suivantes :

- Améliorer les conditions sanitaires d'allaitement maternel ;
- Conserver et mettre rapidement le lait maternel en température ambiante et corporelle (fonction de chauffage et isolant thermique) ;
- Etre simple à utiliser
- Faire en sorte que les mamans et les bébés se sentent en sécurité
- Etre léger
- Etre peu encombrant
- Etre esthétique
- Etre rangé et transporté facilement

Une fiche de programme précise les conditions suivantes sur le produit :

- Doit s'adresser aux mamans absentes quels que soit la raison ;

- Pour des fins lucratives, doit être vendu en magasins, en grandes surfaces ou par correspondance. Mais dans notre cas, nous proposons un travail de recherche.
- Doit respecter les normes de sécurité en vigueur pour être homologué à la vente ;;
- Doit participer à la sécurité sanitaire ;
- Doit pouvoir s'adapter à la taille d'un être humain.

I.2.1. Etude succincte du marché actuel des dispositifs de conservation

Les produits concurrents sont des produits qui peuvent être utilisés pour répondre aux besoins de conservation de biberon. On peut distinguer :

- Les stérilisateurs
- Les thermos à biberon
- Les sacs chauffants

I.2.2. La nécessité de développer un nouveau sac de conservation

De nombreux sacs à usage divers existent déjà et les plus utilisés au Cameroun sont ceux qui ne servent qu'à conserver. L'inconvénient est qu'ils ne sont utilisés que pour la conservation du lait artificiels. Les dangers que cours ce mode d'allaitement sont relativement importants au détriment de la bonne croissance des enfants. Allaiter au sein est une activité qu'effectuent bon nombre de femmes après l'accouchement. Il est donc nécessaire d'utiliser les matériaux locaux, de développer un nouveau moyen de conservation efficace de bonne résistance qui permet de mettre rapidement le biberon contenant le lait afin de lui donner la température souhaitée.

I.2.3. Limite de l'étude

L'étude effectuée sera limitée dans la zone Camerounaise.

I.3. Enoncé fonctionnel du besoin

Le besoin est d'assurer la mise en température corporelle et la conservation des biberons grâce à un sac efficace, rapide et définitif en l'absence de la génitrice du bébé par l'intermédiaire d'un système de régulation interne du sac.

I.3.1. Analyser le besoin

Voir diagramme bête à corne présenté en dessous.

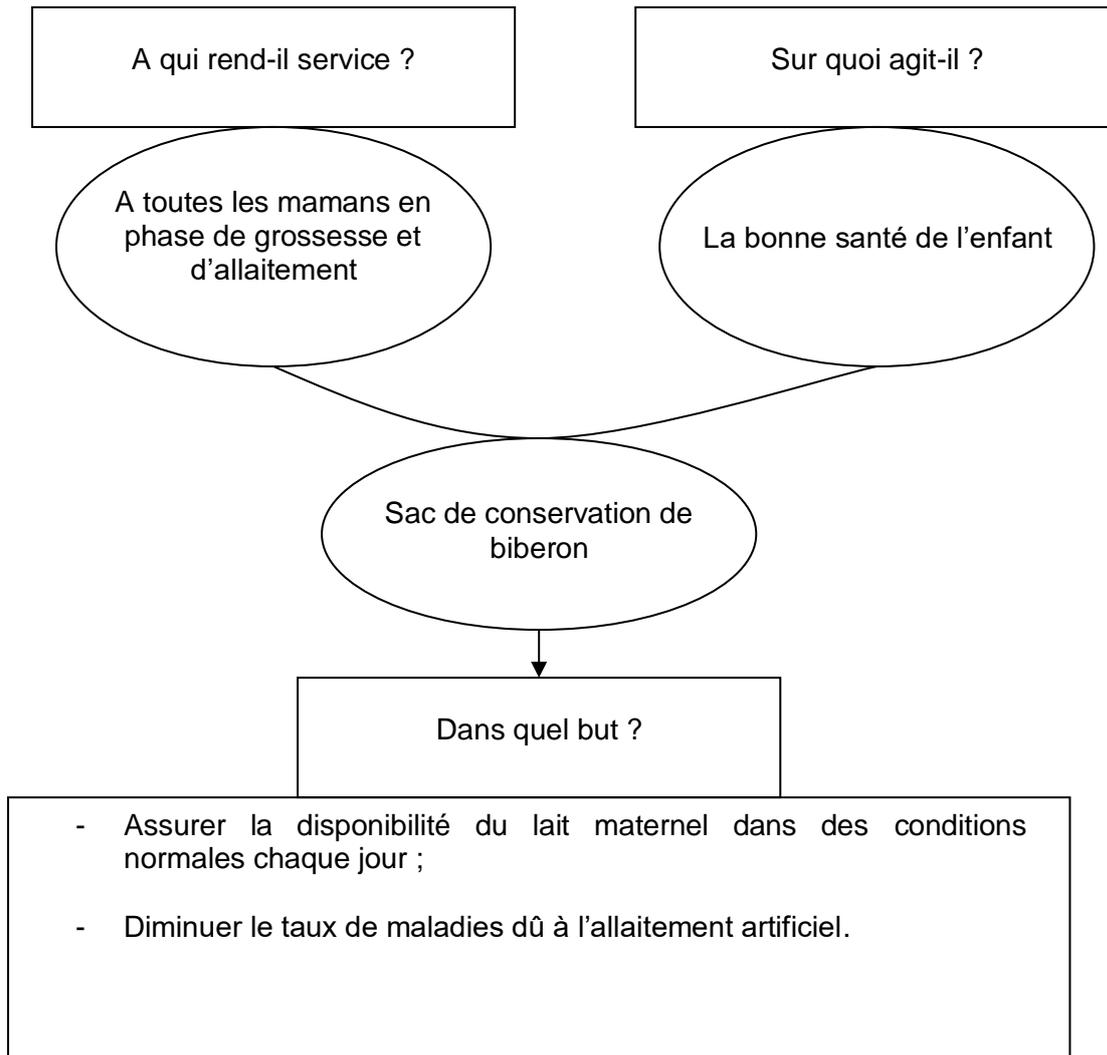


Figure 18: Diagramme bette à corne

Pour valider les besoins nous répondons de la manière suivante :

À qui le produit rend-il service ? Le dispositif va à l'endroit des femmes enceintes et celles possédant déjà des bébés.

Sur quoi agit-il ? Il agit directement sur les biberons afin de conserver et chauffer le lait.

Quelles sont les origines du besoin ? De nos jours les femmes n'arrêtent pas leurs activités après accouchement d'où la nécessité de leur permettre de continuer à travailler tout en allaitant les bébés au sein. Les raisons principales d'existence du sac à biberon sont les suivantes :

- Les nombreuses naissances des bébés en Afrique ;
- Le besoin de nutrition des bébés au lait maternel ;
- Nécessité de garder le lait maternel dans de bonne condition hors du sein ;

- La maman ne peut pas arrêter le travail à tout moment au fin de nourrir son bébé car cela produirait des interruptions pendant le service.

Le besoin peut-il évoluer ? Il est impossible d'imaginer qu'un besoin n'évolue pas car les évolutions technologiques pourraient entraîner les modifications du besoin.

- Apparition de nouveaux systèmes de régulation thermique ;
- Nouvelles techniques de régulation propres au sac = conservation en température ambiante et corporelle.

Le besoin peut-il disparaître ? Il peut disparaître si :

- Les femmes arrêtent d'accoucher ;
- Les femmes arrêtent de travailler après accouchement.

Il est donc peu probable que le besoin disparaisse totalement.

I.4. Enoncé des fonctions de service et de contrainte

Par définition nous disons que :

Une fonction est l'action d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimés exclusivement en terme de finalité.

La fonction de service ou fonction principale est donc l'action attendue d'un produit ou réalisée par lui pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné.

Les fonctions de service comprennent : les fonctions d'usage qui traduisent la partie rationnelle du besoin et les fonctions d'estime qui sont la partie subjective. Elles peuvent être de diverses natures.

La fonction de contrainte est la limitation à la liberté de choix du concepteur ou du réalisateur d'un produit. Elles proviennent de l'environnement, de la technologie, du marché, de la situation... Les fonctions principales et de contraintes sont les suivantes :

- **Fonctions principales**
 - **FP1** : Garder les biberons à température ambiante et corporelle ;
 - **FP2** : Chauffer le biberon pour atteindre 37°C ;
 - **FP3** : garder la température du lait pendant une certaine période ;
 - **FP4** : Etre pratique à l'utilisation ;
- **Fonctions contraintes**
 - **FS1** : Etre léger ;
 - **FS2** : Etre facilement manipulable ;
 - **FS3** : Etre peu encombrant ;

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

- **FC1** : Doit respecter les normes (homologation) ;
- **FC2** : Doit être résistant en conditions normales d'utilisation et face aux intempéries ;
- **FC3** : Doit s'adapter à tout type de ménage ;
- **FC4** : Doit être esthétique ;
- **FC5** : Doit avoir un prix d'achat accessible à tous ;
- **FC6** : Doit assurer la conservation pendant un temps suffisamment long ;
- **FC7** : Doit être recyclable ;
- **FC8** : Doit se nettoyer facilement ;
- **FC9** : Doit atteindre rapidement et maintenir la température d'utilisation quel que soit la température extérieure ;
- **FC10** : Doit réguler la température du lait maternel ;
- **FC11** : Doit être utilisable sans danger par l'utilisateur (brûlures, coupures...) ;
- **FC12** : Ne doit pas abîmer le biberon et le lait.
- **Fonctions d'estime**
 - **FE1** : Etre innovant ;
 - **FE2** : Etre vendu dans les magasins spécialisés ;
 - **FE3** : Etre associé à un packaging spécifique ;
 - **FE4** : Avoir un aspect robuste.
- **Organisation des fonctions : Méthode APTE**

Voir la figure ci-dessous.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

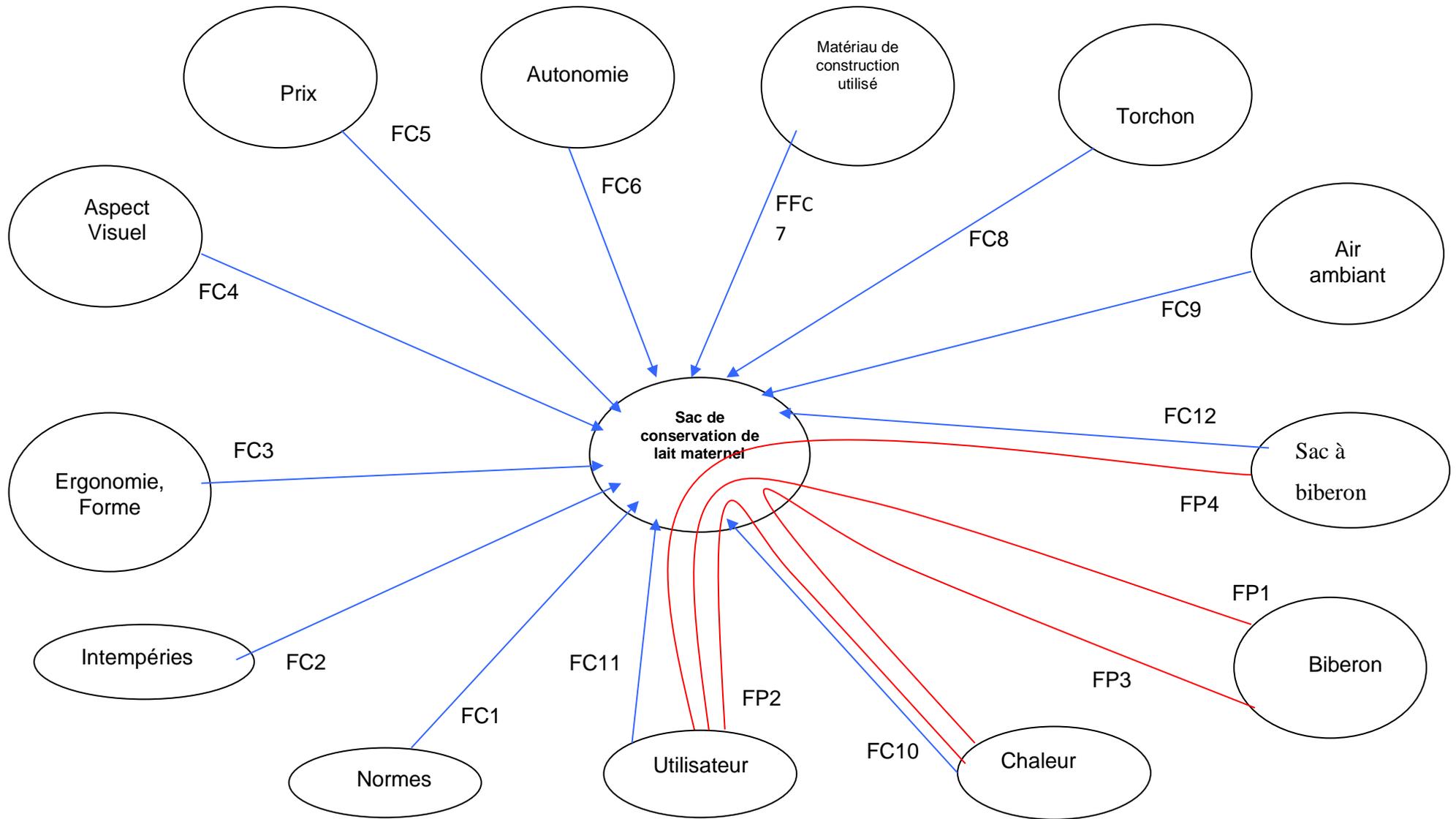


Figure 19: Diagramme pieuvre

II. SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME

Notre sac à biberon doit être capable de conserver le lait à une température de 37°C pendant un temps assez long pour éviter la dégradation du lait. Pour atteindre cet objectif nous avons besoin de mesurer la température à l'intérieur du sac et la stabiliser. Le synoptique de la figure 20 résume notre système.

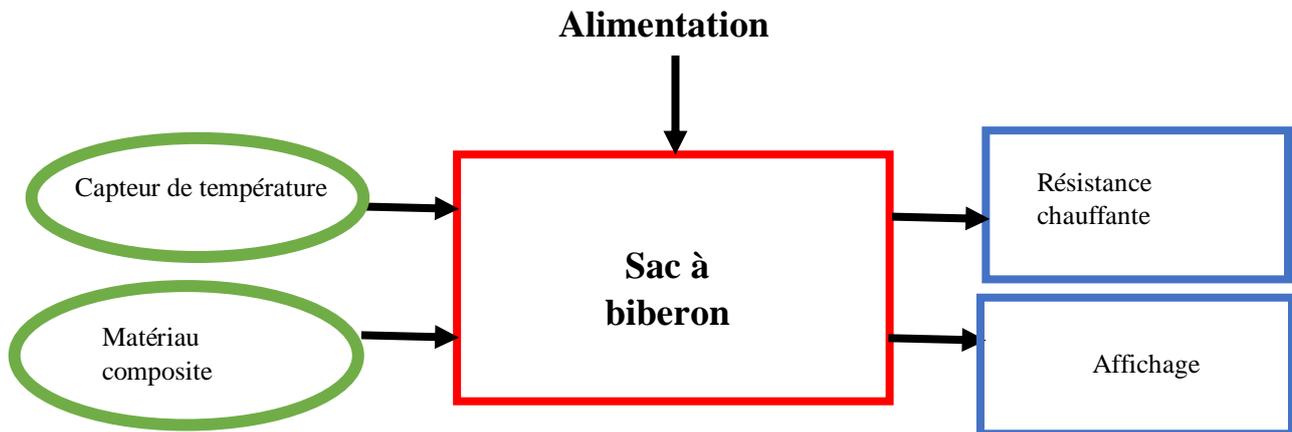


Figure 20: Schéma synoptique du système

Pour résoudre le problème de la conservation de température pendant un temps assez long, nous devons concevoir une enceinte adiabatique à partir d'un matériau composite. Les étapes d'obtention de ce matériau sont présentées ci-dessous.

III. PROCEDE EXPERIMENTAL DU SAC DE CONSERVATION

Afin d'obtenir le sac final, nous avons élaboré et présenté une succession d'étapes de fabrication d'une enceinte de conservation de lait à base de kapok et de sciure d'épicéa. Nous avons adopté ces étapes de l'approvisionnement en matière première jusqu'au conditionnement du produit fini. Les étapes élaborées telles que présentées sur la figure 21 sont les suivantes :

- ❖ Approvisionnement en kapok et laine de bois ;
- ❖ Nettoyage des matières premières ;
- ❖ Ouverture des capsules de kapok et séchage de la laine de bois ;
- ❖ Egrainage du kapok et chauffage de la laine de bois ;
- ❖ Tamisage de la laine de bois ;
- ❖ Confection du sac de conservation ;
- ❖ Contrôle ;
- ❖ Conditionnement.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

La figure ci-dessous illustre le schéma synoptique du procédé de fabrication de notre sac.

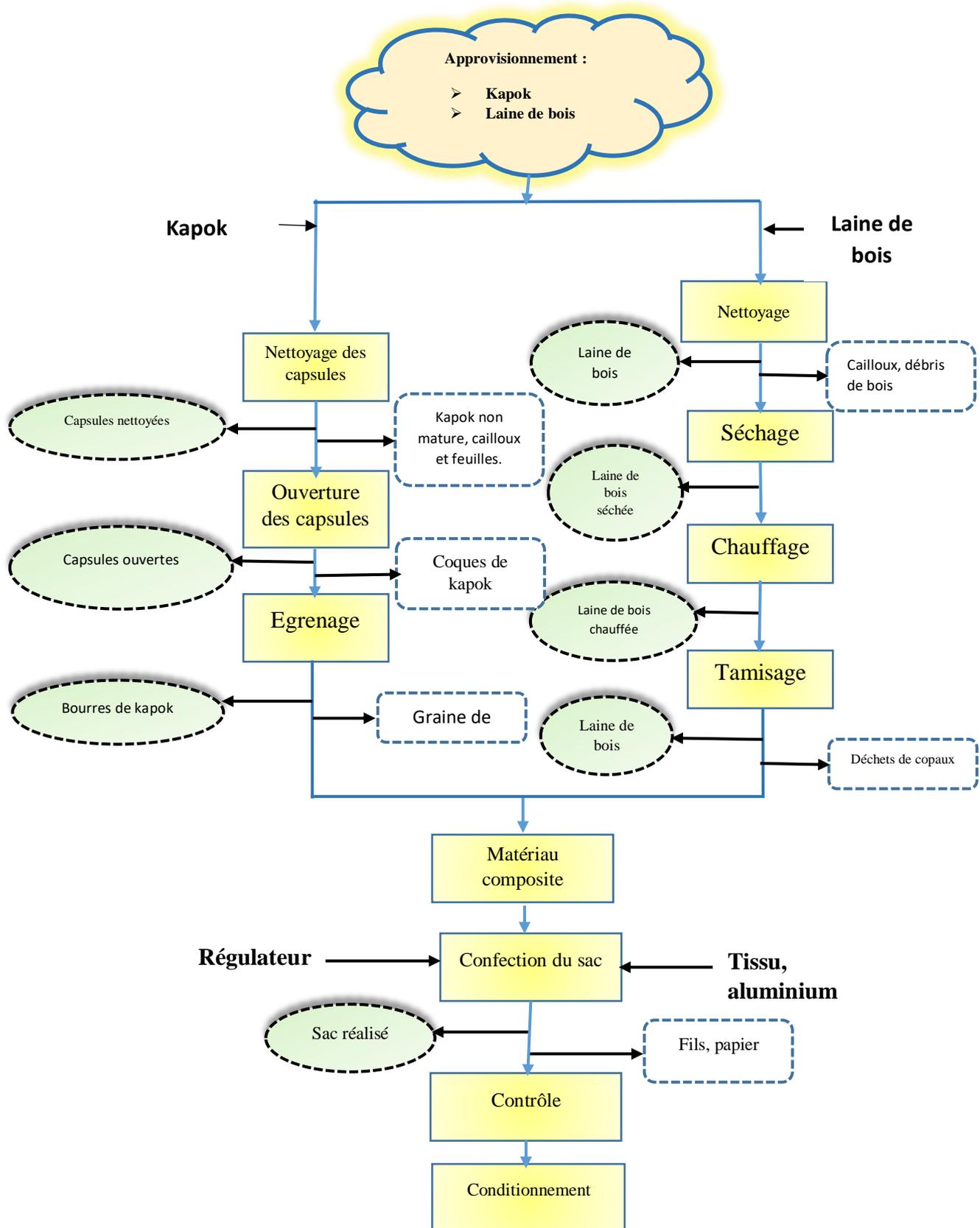


Figure 21: Schéma synoptique du procédé expérimental

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

Après l'élaboration de ce schéma, nous présentons une étude détaillée de ses différentes étapes. Pour cela, nous commençons par le processus d'approvisionnement des matières premières.

III.1. Etude détaillée du procédé de fabrication

Cette partie présente avec explication les étapes qui nous ont permis de produire le sac de conservation.

III.1.1. Approvisionnement en matière première

Les matières premières nous proviennent des petites entreprises situées dans les régions de l'Adamaoua à Meiganga et de l'Ouest du Cameroun à Foumban. Nous soumettrons celles-ci à différentes opérations afin de leur donner des qualités favorables pour la réalisation d'un prototype de conservation de lait maternel. Pour ce travail, nous disposons principalement de deux matières premières :

- ❖ **Le kapok** : nous avons obtenu 15 kg de capsule de kapok soit 75 capsules dans un cadre artisanal.

Le tableau ci-dessous présente le protocole d'approvisionnement en capsules de kapok.

Tableau 2: Protocole d'approvisionnement en capsule de kapok

Approvisionnement	15 kg de capsules de kapok
Contrôle qualité	Nous avons contrôlé la qualité de nos capsules à l'œil nu.
Moyen de transport	Bus (NARAL voyage)
Mesure de sécurité	Combinaison, casque, chaussure de sécurité.
Encours	Capsules de kapok
Moyen logistique	Le chargement s'est fait à la main
Main d'œuvre	01 ouvrière
Déchets	Pas de déchets.

III.1.2. Processus de nettoyage du kapok

L'opération consiste à éliminer les kapoks immatures, les feuilles, les tiges et les cailloux qui s'y trouvent pendant la cueillette. Ce tableau nous présente son protocole de nettoyage.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

Tableau 3: Nettoyage du kapok

Approvisionnement	Capsules de kapok
Contrôle qualité	La vérification des défauts s'est faite à l'œil nu
Moyens utilisés	Le nettoyage a été fait avec les mains
Encours	Capsules de kapok
Main d'œuvre	01 personne
Temps mis	1 heure
Déchet	Feuilles, tiges, cailloux, kapok immature.

III.1.3. Processus d'extraction du kapok

Nous présenterons les différents arrêts pour parvenir à la bourre de kapok. Ainsi nous avons :

- **L'ouverture des capsules :** cette opération consiste à séparer le kapok de leurs capsules comme présenté par la figure 22.



Figure 22: Ouverture des capsules

Suite à cette figure nous avons le protocole d'ouverture des capsules de kapok.

Tableau 4: Protocole d'ouverture des capsules de kapok

Approvisionnement	Capsules de kapok
Contrôle de la qualité	Contrôlé de la qualité à l'œil nu.
Moyen utilisés	Pour la séparation des fibres nous nous sommes servi d'un marteau et des mains
Mesure de sécurité	Gans
Encours	Bourre de kapok
Temps mis	1h30 minutes
Main d'œuvre	01 personne
Déchets	Capsules de kapok

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

- **La procédure d'égrenage**

Le principe de cette opération est de séparer les graines des fibres de kapok. En illustration, nous présentons ces graines de kapok en figure 23.



Figure 23: Graines de kapok

Le protocole d'égrenage est présenté ci-dessous dans un tableau.

Tableau 5: Protocole d'égrenage du kapok

Approvisionnement	Capsules de kapok
Contrôle qualité	À l'œil nu, nous avons vérifié si les gousses étaient bien sèches
Moyens utilisés	L'égrenage s'est fait à la main
Encours	Bourre de kapok
Main d'œuvre	01 personne
Temps mis	2 heures
Déchet	Graines de kapok

- ❖ **La laine de bois :** l'obtention de la sciure s'est faite dans une usine de transformation de bois. Pour un avivé de deux mètres de long nous avons obtenu 5kg de laine de bois. Ci-dessous, nous présentons son protocole.

Tableau 6: Protocole d'approvisionnement en laine de bois

Approvisionnement	5kg de laine de bois
Contrôle qualité	Ce contrôle s'est fait à l'œil nu.
Moyen de transport	Bus (SUPER CONFORT voyage)
Mesure de sécurité	Combinaison, casque, chaussure de sécurité.
Encours	Laine de bois
Moyen logistique	Le chargement à la main
Main d'œuvre	01 ouvrière
Déchets	Morceaux de bois.

III.1.4. Le processus de nettoyage

Le nettoyage consiste à éliminer les planches, les déchets de bois, les papiers et les cailloux qui s'y trouvent pendant le sciage. Ce tableau nous présente son protocole de nettoyage.

Tableau 7: Nettoyage de la laine de bois

Approvisionnement	Laine de bois
Contrôle qualité	La vérification des défauts s'est faite à l'œil nu
Moyens utilisés	Le nettoyage a été fait avec les mains
Encours	Laine de bois
Main d'œuvre	01 personne
Temps mis	1h30 min
Déchet	papiers, petites planches, cailloux, déchets de bois.

III.1.5. Le processus de séchage

Ce procédé nous a permis d'étaler la laine sur une bâche afin que le soleil frappe dessus et que cela puisse sécher. La figure 24 l'illustre.



Figure 24: Laine de bois séchée

Suite à cette figure nous aurons le protocole de séchage de la laine.

Tableau 8: Protocole de séchage de la laine

Approvisionnement	Laine de bois
Contrôle de la qualité	Contrôlé de la qualité à l'œil nu.
Moyen utilisés	Pour la séchage, nous avons usé de nos mains
Mesure de sécurité	Gans
Encours	Laine de bois sèche
Temps mis	15 minutes
Main d'œuvre	01 personne
Déchets	Pas de déchets

III.1.6. Le processus de chauffage

Le principe de cette opération est de soumettre notre produit à l'action de la chaleur du feu. Il consiste à mettre le produit dans une poêle préalablement chauffée ; sous l'action du feu on grille en se servant d'une spatule pour remuer. Cette action dure 10 à 15 minutes et consiste à éliminer l'odeur que dégage l'essence. Ces dires sont illustrés par cette image.



Figure 25: Etape de chauffage

Le protocole de chauffage est présenté ci-dessous dans un tableau.

Tableau 9: Protocole de chauffage de la laine

Approvisionnement	Laine de bois séchée
Contrôle qualité	À l'œil nu, nous avons vérifié si la laine est bien sèche
Moyens utilisés	Une spatule et les mains
Encours	Laine de bois chauffée
Main d'œuvre	01 personne
Temps mis	1heure
Déchets	Aucun déchet généré

III.1.7. Le processus de tamisage

A l'aide de la passoire, nous avons procédé au tamisage. L'objectif ici est d'obtenir une laine de bois plus fine par rapport à celle du départ. Ci-dessous, nous vous présentons cette étape.



Figure 26: Etape de tamisage

Le protocole de tamisage est le suivant.

Tableau 10: Protocole de tamisage

Approvisionnement	Laine de bois chauffé
Contrôle qualité	Il a été fait à l'aide des yeux humain
Moyens utilisés	Une passoire
Encours	Laine de bois fine
Main d'œuvre	01 personne
Temps mis	1heure

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

Déchet	Copaux
--------	--------

III.2. Le matériel utile pour la fabrication du matériau composite.

Pour la réalisation de notre matériau composite, nous nous sommes rabattus autour de plusieurs outils que nous aurons l'occasion de découvrir dans les tableaux suivants.

Tableau 11: Matériels d'équipement

Matériels	Quantités	Illustrations	Rôles
Balance de cuisine	01		Elle s'utilise pour le pesage. Nous l'avons utilisé pour les mensurations de tous nos produits
Fouet bateur électrique	01		Sert à homogénéiser les pattes. Il nous a servi pour entremêler nos fibres entre elles.
Contreplaqué	02		Il est utile lors du moulage.
Récipient en plastique	01		Il s'utilise pour faire le mélange
Rouleau du pâtissier	01		Sert à aplatir la composition afin qu'elle soit fine
Règle graduée et marqueur	02		La règle graduée permet de régulariser les contours du matériau et le marqueur, de mettre les repères à suivre.
Ciseaux	01		Il permet de tailler le matériau

Tableau 12: Matériels de sécurité et réactifs.

Matériels	Quantités	Illustrations	Rôles
Gants	01 paire		Ils sont utilisés pour protéger les mains contre les produits utilisés.
Cache nez	01		Le cache nez nous protège des odeurs toxiques dégagées par les produits.
Blouse	01		C'est un vêtement qui nous protège des salissures.
Colle à bois	01		Les colles vinyliques sont des colles blanches destinées à coller le bois ou ses dérivés.

III.3. Techniques de mises en œuvre du matériau composite.

Plus haut, nous avons présenté toutes les opérations d'obtention de nos matières premières en suivant les étapes nécessaires. D'une manière générale, la mise en forme de ce composite s'effectue par le moulage et comporte deux grandes étapes : Disposer les fibres et la matrice liquide dans un récipient ; Solidifier la matrice. Nous avons utilisé la méthode d'obtention du matériau composite par le procédé manuel et effectué ces travaux dans la ville de Douala à l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) plus précisément dans le laboratoire d'électronique.

III.3.1 Le procédé manuel

Plusieurs essais ont été fait avec des dosages différents sur la mise des produits et de ceux-ci, nous avons choisi le matériau qui répondait à nos attentes.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

- Pour le premier essai nous avons travaillé avec 2 kg d'enduit pour 1l d'eau, 1,5 kg de colle, 240 g de laine de bois et 33 g de kapok.
- Le deuxième essai s'est fait avec 1,5 kg de colle pour 16 g de kapok et 177 g de laine de bois.
- Le troisième a été réalisé avec juste un peu de colle pour 117 g de laine de bois et 79g de kapok.

Toutes ces étapes se sont faites de la même manière ; mais nous ont mené à des résultats différents. Le mélange s'est réalisé dans un récipient dans lequel nous avons introduit les produits au fur et à mesure en remuant à l'aide d'une batteuse électrique ensuite à l'aide des mains pour une meilleure homogénéité (photo 27-a). Dès l'obtention d'une pâte fine, on procède au moulage et ensuite au séchage à la température ambiante sur 2 à 3 jours en fonction de la concentration (voir photo 27-b).



Figure 27: Modelage et moulage de la pâte

Ci-dessous, nous vous présentons le récapitulatif des différents essais faits ainsi que leur pourcentage de concentration dans le matériau.

Nous avons choisi pour notre prototype le dernier essai et par la suite nous lui avons fait subir des tests de chaleur afin de confirmer sa résistance.

- Dans un premier temps, nous lui avons fait un test à la flamme (combustion). Nous avons remarqué que le matériau ne brûle pas facilement et au contact du feu, la flamme s'éteint directement. Nous avons par la suite insisté en mettant sur la flamme d'un bruleur à gaz pendant 30 secondes (photo 28-a) ; le matériau a pris feu et a commencé à se ramollir sans fondre puis s'est éteint (photo 28-b). Sous l'action de la combustion, la flamme est jaune et dégage une odeur de papier en laissant des cendres légères et grises (photo 28-c). A la fin le matériau noirci devient légèrement cassant (photo 28-d). Le processus est présenté sous forme de synoptique en annexe à la page 67.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

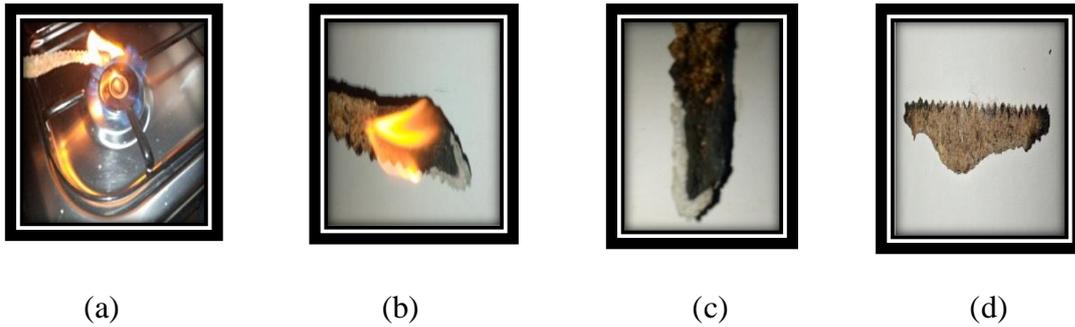


Figure 28: Test de combustion

- Le second test s'est fait avec de l'eau chaude à une température de 100°C avec un temps de chauffage de 07 (sept) minutes (photo 29-a). Nous avons mis le matériau dans un plastique et l'avons attaché avant de le mettre dans la machine (photo 29-b). Après ébullition, le matériau est resté intact et sans déformation (photo 29-c).

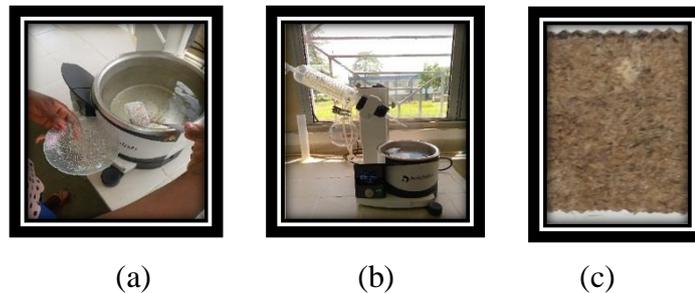


Figure 29: Test à ébullition

Suite à tous ses essais et après constat de la résistance de notre matériau à la chaleur, nous avons apporté une amélioration à celui-ci. A l'aide de la colle à bois et d'un pinceau, nous avons collé le kapok sur toute la surface du matériau composite pour lui donner une apparence particulière et une bonne isolation thermique. L'illustration ci-dessous apporte plus de détails.



Figure 30: Processus d'encollage du kapok sur le matériau composite

III.3.2 Le système de régulation de la température

Afin de réguler la température nous avons besoin d'un ensemble de capteur et d'actionneur. Nous pouvons citer entre autre : un capteur de température LM35 ; un afficheur OLED ; une résistance. La figure ci-dessous résume le synoptique en question. Nous avons utilisé le logiciel Fritzing qui est logiciel de simulation de circuit électronique (Voir figure 31).

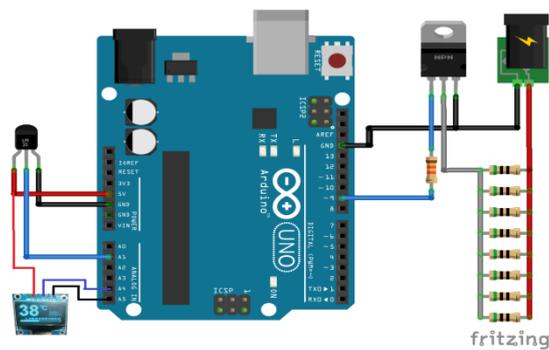


Figure 31: Régulateur de température

III.3.2.1. La régulation de la température

L'approche consiste à introduire un capteur pour mesurer la température. S'il fait trop froid, nous allumons le chauffage ; s'il fait trop chaud, nous l'éteignons.

III.3.2.1.1. Le choix du capteur

Il est important de comprendre qu'en matière de température, les capteurs sont basés sur des technologies différentes, d'où des limites et des avantages différents. Les deux principales classes de capteurs de température les plus utilisées sont les circuits intégrés et les thermistances (figure 32). Les distinguer est très facile : les premiers ont trois broches alors que les seconds en ont deux.

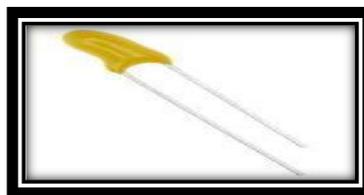


Figure 32: Les thermistances

Comme leur nom l'indique, les thermistances sont des composants dont la valeur de résistance est très sensible aux changements thermique ; si une différence de tension est appliquée à ses extrémités, sa résistance variera en réponse aux changements de température. Les thermistances sont en quelque sorte pénible à utiliser car elles nécessitent des résistances supplémentaires et une compréhension plus approfondie de l'électronique. La relation entre la

résistance et la température est en fait calculée à l'aide de l'équation de Steinhart-Hart qui peut être effrayante au début.

Pour les raisons susmentionnées, nous nous sommes concentrés sur les capteurs de circuits intégrés car ils sont plus compatibles avec Arduino. Dans ce mémoire, nous avons utilisé le capteur LM35 représenté ci-dessous (figure 33). Deux broches sont réservées à la tension de référence (masse et 5V); la tension de l'autre variera entre ces deux, en fonction de la température.

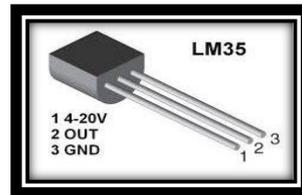


Figure 33: Capteur de circuit intégré

III.3.2.1.2. La production de la chaleur

La température d'une résistance dépend de nombreux facteurs de la température ambiante à la vitesse à laquelle l'air circule. L'augmentation de température qui en résulte peut être difficile à prévoir et à reproduire de manière fiable. Pour élever la température de notre sac à 37°C, nous voulons mettre sur pied une résistance de 4 watt. Théoriquement parlant, cela pourrait se faire entièrement avec une seule résistance. Quelle est la résistance nécessaire pour obtenir un tel effet? Pour calculer cela, nous devons nous fier aux lois d'Ohm et de Joule :

$$V = I \cdot R_{eq}$$

$$P = V \cdot I$$

Le premier relie la tension d'un circuit (Volt) à l'intensité du courant (Ampère) qui traverse sa résistance (Ohm). Le second concerne la puissance (Watt) produite avec une certaine tension et un certain courant.

Nous pouvons fusionner les deux pour obtenir une seule équation qui a exactement ce dont nous avons besoin :

$$R_{eq} = \frac{V^2}{P}$$

Si nous décidons d'utiliser une seule résistance, nous la forçons à dissiper tous ces 4 watts de puissance. Forcer plus d'énergie à travers eux entraînera la défaillance des résistances. La solution la plus simple à la surchauffe consiste simplement à dissiper ces 4 watt de puissance entre plusieurs résistances. Ici nous fixons 8 résistances en parallèle

III.3.2.1.3. Le dimensionnement de la résistance chauffante

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

Nous décidons d'alimenter la résistance chauffante à 5V (volt) et nous souhaitons une puissance de 4 watt. Nous savons maintenant que nous avons besoin de 8 résistances.

$$R_{eq} = R/8$$

$$P = V^2 * 8 / R$$

D'où chaque résistance aura une valeur de 50 ohm théorique. Mais pour la réalisation nous prendrons des résistances de 47ohm. (figure 34)

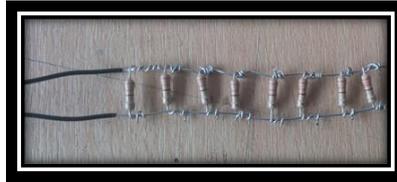


Figure 34: Résistances chauffantes

En résumé pour concevoir notre résistance chauffante, nous avons:

- Décidé de combien de puissance en watts dissiper;
- Vérifié la puissance de nos résistances;
- Vérifié la tension de notre alimentation;
- Calculé combien de résistance nous avons besoin pour dissiper la puissance désirée

Le problème que nous avons maintenant est de contrôler le flux de courant vers la résistance chauffante, en utilisant Arduino. Pour cela nous avons utilisé un transistor car le microcontrôleur envoie un courant maximal de 40mA. Pourtant la résistance chauffante demande plus c'est à dire 0.8A car :

$$I = U / R_{eq}$$

$$\text{Or } R_{eq} = R/8 = 6.25\text{ohm et } U = 5V$$

Les transistors sont de facto et des commutateurs. Ils permettent ou empêchent la circulation du courant dans une direction sur la base d'une entrée spécifique. Nous pouvons utiliser Arduino pour activer et désactiver l'interrupteur en fonction de la lecture du capteur. Celui que nous avons utilisé pour ce projet est un TIP120 illustré ci-dessous, qui peut faire fonctionner des tensions élevées.

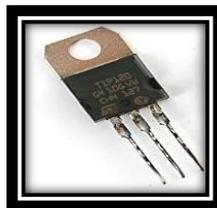


Figure 35: Transistor TIP 120

III.3.2.1.4. Le processus de réalisation du sac

Nous présentons ici les étapes de fabrication de notre sac de la couture à la mise du matériau et des composants électroniques.

Matériel utilisés

- Tissu
- Plastique
- Matériau composite
- Aluminium double face
- Résistance chauffante

Le choix du model du sac de conservation « BELMARC »

Le sac que nous proposons est un sac de forme circulaire approprié uniquement pour la conservation du lait maternel dans un biberon afin d'améliorer l'alimentation des nourrissons en l'absence des mamans et assurer leur santé ; d'où le slogan « suivi des bébés ».

La technique de montage du sac de conservation « BELMARC »

Pendant la réalisation de notre sac sur une machine, nous avons recouvert le tissu d'un plastique de protection pour éviter que l'eau ne l'abime au cas où il y'aurait une fausse manœuvre un jour car le lavage est proscrit.

Une fois la couture terminée, nous avons introduit le matériau composite ainsi que la résistance chauffante et le capteur de température ; tous ces matériaux ont été recouvert par l'aluminium double face. Le tableau ci-dessous nous démontre ces étapes ainsi que le matériel qui a servi à la réalisation.

Tableau 13: Processus de montage du sac

Etapes	Procédés	Outils	Illustrations
1	Découpage des différents morceaux	Ciseaux :	
2	Assemblage	Piqueuse plate	
3	Montage de la fermeture	Piqueuse plate	

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

4	Mise du matériau composite et de la résistance chauffante.	Main	
5	Contrôler et évacuer le sac conservateur	L'œil + main	

Tableau 14: Matériels utilisés pour le montage.

N°	Matériels	Rôle	Illustrations
1	Ciseaux	Permettent de couper le tissu	
2	Colle	Utilisé pour maintenir l'aluminium	
3	Fermeture à glissière	Facilite l'ouverture et la fermeture du sac	
4	Le centimètre	Aide pour le dimensionnement de notre sac	
5	Le fil	Utiliser pour maintenir le tissu par des coutures pendant le montage	
6	Biais	Utilisé pour la propreté interne du sac	

Une fois notre sac prêt, nous allons l'embellir par des motifs autocollants. Notons que nous avons choisi des motifs pour enfant à l'instar des nounours et des couleurs gaies.

Le conditionnement

Le conditionnement consiste à emballer le produit dans le but d'assurer sa protection, sa conservation et son transport. Nous avons opté pour un packaging en papier imprimé par les

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

fruits de l'arbre que nous avons utilisé pendant nos travaux ainsi que la marque et le slogan « sac BELMARC : suivi des bébés ». Ci-dessous nous vous présentons l'image de l'emballage.



Figure 36: Sac de conditionnement

Le coût estimatif du procédé

Présenté dans un tableau, nous avons illustré les dépenses que nous avons effectuées pour la mise en œuvre de notre sac.

Tableau 15 : Coût estimatif du procédé expérimental

N°	Désignations	Quantités	Prix unitaire	Prix Total
1	Tissu	1 mètre	500	500
2	Plastique	1 mètre	500	500
3	Aluminium	1 mètre	1000	1000
4	Fermeture	1 pièce	200	200
5	Composant électronique		5000	5000
6	Conditionnement		1000	1000
TOTAL				8200 FCFA

Pour générer des emplois et lutter contre le chômage, nous avons pensé à mettre sur pied une entreprise. Pour ce fait nous devons penser aux personnels de celle-ci d'où la planification du travail dans la présentation du schéma prévisionnel de l'OST.

III.4 Le schéma prévisionnel de l'OST (Organisation scientifique du travail)

Une entreprise est une unité économique, autonome disposée à la production des biens ou des services pour le marché. La chaîne de l'industrie textile étant l'une des plus longues, nous devons organiser notre entreprise avec un leader qui aura sous ses ordres des personnes qui l'aideront dans l'exécution. Ainsi, nous avons opté pour une entreprise pouvant gérer une

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

unité de production des sacs de conservation de lait maternel. Dès que celle-ci est structurée, nous devons prendre des mesures nécessaires pour atteindre les objectifs fixés en mettant sur pied les outils adéquats à son fonctionnement. Le schéma visible sur cette partie nous présente le protocole par lequel notre structure est organisée

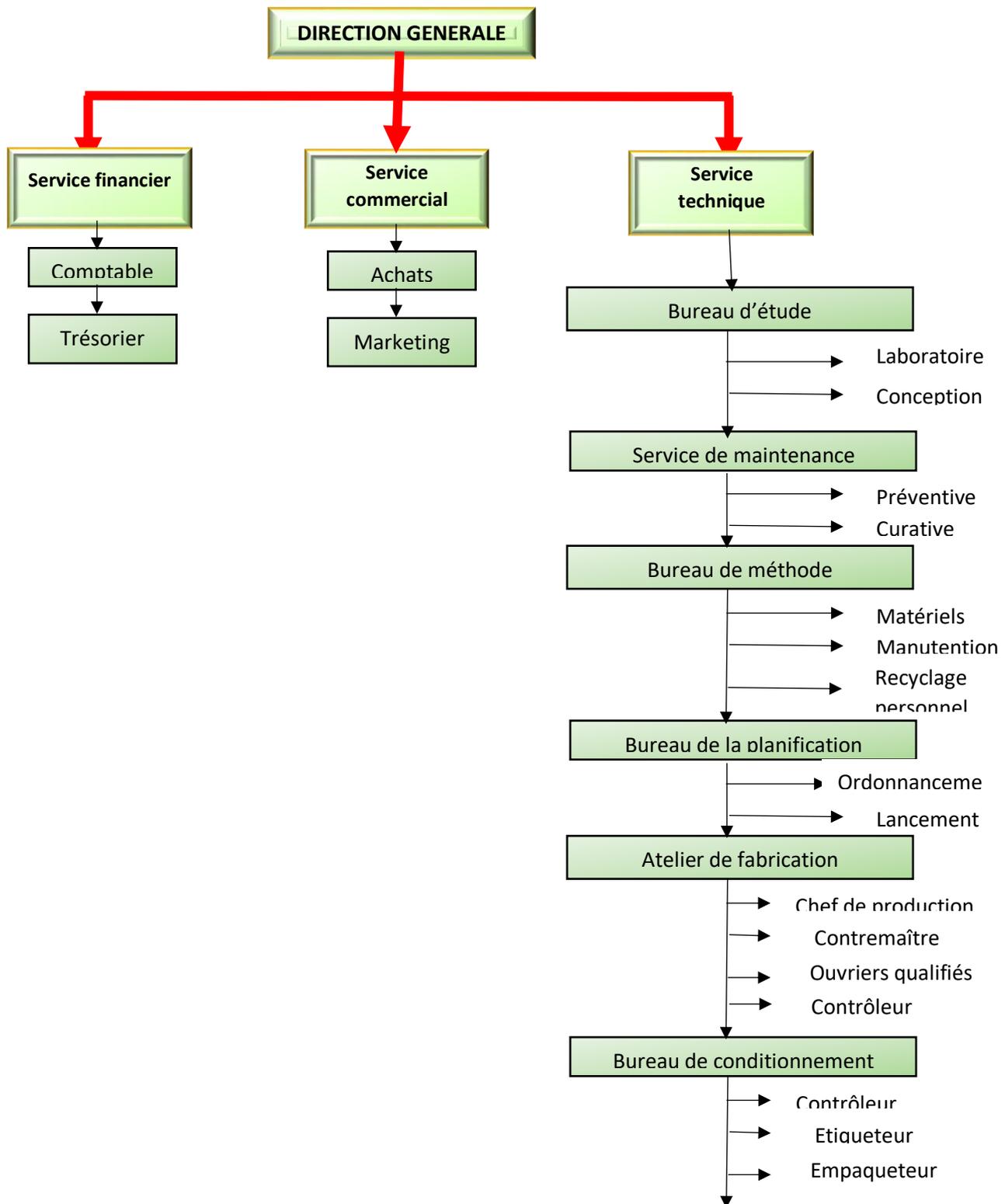


Figure 37: Schéma prévisionnel de l'OST

III.4.1 La description du schéma prévisionnel de l'OST

L'entreprise de production du sac de conservation de lait maternel est un ensemble d'activités économiques ayant pour objet l'exploitation des matières premières comme le kapok et la laine de bois pour isolant thermique. Ce schéma a pour objectif d'organiser les tâches de manière scientifique afin que chaque ouvrier soit affecté à un poste selon ses compétences.

III.4.1.1. La direction générale

La direction générale est un terme caractérisant le service hiérarchique de l'entreprise avec un staff administratif. Son rôle est de régler les conditions de fabrication, préparer le travail et son exécution.

III.4.1.2. La direction technique

Sa mission est d'assurer la réalisation qualitative et quantitative de toutes les activités nécessaires à la production. Elle a à sa tête un directeur technique et celui-ci est assisté par des chefs de départements.

III.4.1.3. Le bureau de méthode

Il assure la conception et fournit les outils utiles à la production afin d'améliorer la productivité de l'entreprise. Son but est d'industrialiser le procédé de fabrication en choisissant le meilleur et le moins coûteux ; de définir, prévoir et réaliser les conditions optimales de fabrication des produits, de décomposer le travail, spécifier les machines utiles, de concevoir l'outillage, de préparer les fiches d'instruction au poste, de définir l'installation de chaque poste et le calcul des coûts.

III.4.1.4. Le bureau d'étude

Sous l'expertise d'un ingénieur textile, le bureau d'étude assure la conception du produit et l'organisation de notre sac. Il doit créer de nouveaux produits, modifier ou adapter les produits existants.

III.4.1.5. Le service de planification

Il gère l'organisation du travail selon le plan général et regroupe l'ordonnancement et le lancement qui s'occupe à son tour de l'exécution et de la fabrication ainsi donc il prévoit coordonne et lance le travail.

- Prévoir consiste à déterminer les délais de livraison, exprime les besoins en terme de matière première, de main d'œuvre et de machines.
- Coordonner c'est regrouper afin de fabriquer les articles destinés à des commandes différentes.
- Lancer c'est émettre les différents bons nécessaires à la fabrication et les remplir en temps voulu afin de respecter les délais prévus.

III.4.1.6. Le service de fabrication

Le chef d'atelier anime et gère une équipe afin d'assurer la production dans l'usine de fabrication de l'étoffe dans les conditions de rendement, qualité, coûts, sécurité et délais requis par le plan de production. Il a un rôle majeur dans l'organisation du travail et contribue à la rentabilité de l'atelier.

III.4.1.7. Le service de conditionnement

Ce service s'occupe de l'emballage, de l'étiquetage et du marquage des produits finis en fonction des commandes afin de protéger ceux-ci.

III.4.1.8. Le service de maintenance

Il s'occupe de l'entretien des machines, du dépannage des pièces de rechanges de ces machines.

III.4.1.9. Le service technique

Il est chargé de l'approvisionnement des matières premières et de l'étude des méthodes.

III.4.1.10. Le service de fabrication

Celui-ci renferme les différents ateliers de tâches planifiées plus haut partant de la matière première au produit fini.

III.4.2. La qualification du personnel

Pour le bon fonctionnement de l'entreprise, le recrutement ne saurait se faire au hasard mais sur des bases très strictes dont la compétence, le niveau d'étude et surtout une qualification professionnelle en rapport à la tâche à exécuter. Ces niveaux sont dressés dans le tableau suivant :

Tableau 16: Employés par catégorie

Service	Statuts	Fonction	Qualification
Direction générale	Directeur général	Permanent	BAC + 5 minimum
Cadre de direction administrative et financière	Directeur administratif Directeur des finances	Consultant	BAC + 5
Direction technique	Directeur technique de la production	Permanent	BAC + 5
Bureau d'étude	Ingénieur	Consultant	BAC + 5
Bureau d'approvisionnement	Ingénieur	Stagiaire	BAC + 3
Contrôle qualité	Ingénieur	Consultant	BAC + 5
Service de la maintenance	Ingénieur en maintenance	Sous-traitant	BAC + 5
Atelier de fabrication	Technicien supérieur	Permanent	BAC + 3
Magasinier	Technicien	Sous-traitant	BAC + 2

III.5. L'impact sur divers domaines de la société

Comme tous procédés industriels, les atouts de développement peuvent être néfastes. Un impact peut avoir des répercussions positives ou négatives ; qu'à cela ne tienne les impacts de notre procédé sont plus positifs que négatifs

- ❖ **Sur le plan social** : la situation d'un pays n'est agréable que par l'évolution de son économie. De ce fait, l'évolution de cette économie est l'un des atouts recherchés dans la mise sur pied de notre produit par l'augmentation des emplois, la formation professionnelle et la génération des revenus.
- ❖ **Sur le plan économique** : la fabrication du sac de conservation de lait maternel est un projet spécifique d'investissement, d'intérêt économique en ce sens que c'est un projet de réalisation d'un nouveau moyen de production d'ouvrage destiné à accroître la productivité des moyens existants. L'entreprise emploiera des personnes sans distinction de sexes mais en étudiant les capacités requises pour accomplir une tâche.
- ❖ **L'apport du projet dans la protection de l'environnement** : les matières premières utilisées dans ce projet sont issues de matériaux naturels que sont les fibres de kapok et

de bois qui sont utiles dans un matériau composite pour des fins de rembourrages et d'isolation. Par conséquent cette production engendre des déchets biodégradables qui ne sont pas néfastes pour l'environnement et c'est pourquoi la structure se chargera du recyclage des déchets afin de satisfaire d'autres secteurs.

- ❖ **Dans le domaine du textile :** le projet de fabrication des sacs de conservation de lait maternel vient valoriser davantage l'industrie du textile au Cameroun à travers le domaine infantile.

En implantant des entreprises de fabrication des articles de conservation avec des matériaux locaux comme le kapok et la laine de bois, il est possible de substituer le label « made in France » et bien d'autre encore par le label « made in Cameroun ». Nous pouvons ainsi offrir un avenir à l'industrie du textile dans notre pays et surtout démontrer qu'il est de plus en plus possible de produire et de consommer Camerounais.

Au terme de ce chapitre dans lequel il était question pour nous de procéder à une étude sur la laine de bois et le kapok pour l'élaboration d'un matériau composite utile pour un sac de conservation, il en ressort que les deux matières premières sont malléable avec l'addition d'un liant adéquat. Pour y parvenir, nous avons transformé le tronc d'un arbre en sciure et avec le kapok, nous avons utilisé la méthode manuelle afin d'aboutir au résultat. Par la suite nous avons présenté les pourcentages d'obtention pour un matériau de bonne qualité.

CHAPITRE III :

CARACTERISATION DU PROTOTYPE, ANALYSE, DISCUSSION ET GESTION DES DECHETS.

Cette partie de la recherche nous présente les caractéristiques du matériau que nous avons conçu et celui du sac. Par la suite nous présenterons la gestion des déchets à chaque stade de la fabrication pour assurer la protection de l'environnement afin de maîtriser chaque élément constituant le produit.

Ce chapitre présente les résultats expérimentaux ainsi qu'une comparaison des résultats obtenus avec un autre modèle de sac. L'objectif étant de déterminer si notre matériau apporte une réponse fiable à notre problématique.

Les principaux résultats expérimentaux, soit les échantillons 1 et 2, sont d'abord présentés. Ensuite, nous passons une simulation du système de régulation électronique de chauffage. Les essais expérimentaux ont été réalisés afin de mettre en évidence la réponse thermique du matériau composite pour des courtes durées. Deux essais sont présentés dans ce chapitre :

- Essai 1 : les conditions d'entrée (masse et volume) de chacun des deux échantillons sont pris en compte. Ce test est réalisé afin de déterminer la réponse thermique du matériau.
- Essai 2 : le sac étant déjà conçu, une résistance chauffante et un capteur de température y sont introduits. Ce test permet d'étudier le transfert thermique à travers le matériau.

Pour chacun de ses essais, huit figures sont présentées et interprétées.

- La figure 39 nommée « variation de la température externe : essai 1 » présente l'évolution de la température à l'extérieur des deux échantillons.
- La figure 40 nommée « échange thermique intérieur : essai 1 » présente pour chacun des échantillons, la quantité de chaleur échangée ainsi que la différence de température intérieur.
- La figure 41 nommée « condition initiale de température dans le sac : essai 1 » présente la totalité des mesures de température effectuées dans le sac dans diverses zones moyennées sur une seconde.
- La figure 42 nommée « isotherme de température : essai 1 » montre que la température à l'intérieure du matériau reste constante et est presque équivalente à la température initiale de l'extérieur.

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

- La figure 43 nommée « simulation de température : essai 2 » présente la simulation de l'acquisition en température sur isis Protéus 0 partir du capteur LM35.
- La figure 44 nommée « variation de température interne : essai 2 » nous montre la durée maximale de conservation de notre sac.
- La figure 45 nommée « comparaison de température externe et interne essai 2 » indique que quel que soit la variation de la température à l'extérieur celle de l'intérieur est constante.
- La figure 46 nommée « isotherme de température intérieur : essai 2 » présente la répartition de la température du sac à l'intérieur et à l'extérieur.

Dans le chapitre précédent, nous avons obtenu un meilleur matériau à l'essai 3 qui nous a permis de pratiquer nos essais de température. Les essais débutent avec les deux échantillons du composite présenté sur les images.



Figure 38: Echantillon 1 et 2 des essais

I. LES ESSAIS DE TEMPERATURE DU COMPOSITE ET DU SAC (EXTERIEUR ET INTERIEUR)

Tous ces essais ont été faits à l'aide des capteurs de température.

Essai 1 : ce test est réalisé afin de caractériser le matériau composite en prenant en compte les conditions nominales de l'essai ci-dessous :

Tableau 17: Condition nominale de l'essai 1

	Echantillon	
	Essai 1	Essai 2
Masse de l'échantillon	17g	21g
Kapok	6,8 g	8,4 g
Laine de verre	10,2 g	12,6
Volume	42 cm ³	43,75 cm ³
Durée de l'essai	30 minutes	

La figure 39 montre l'évolution de la température à l'extérieur des deux échantillons. Cette température a été prise dans une salle climatisée ; nous remarquons qu'à l'extérieur du matériau, les températures varient entre 23 et 25°C et que la température de l'échantillon 2 atteint un maximum de 24,5°C.

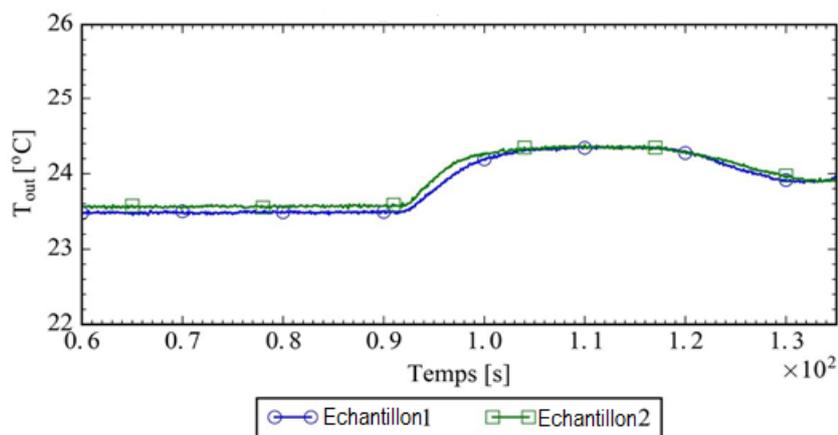


Figure 39: variation de la température à l'extérieur du sac : échantillon 1 et 2.

Au final nous constatons que cette figure montre que la courbe en bleu représente le plus petit échantillon et celle en vert le plus grand.

La figure 40 présente la variation de la température à l'intérieur du sac.

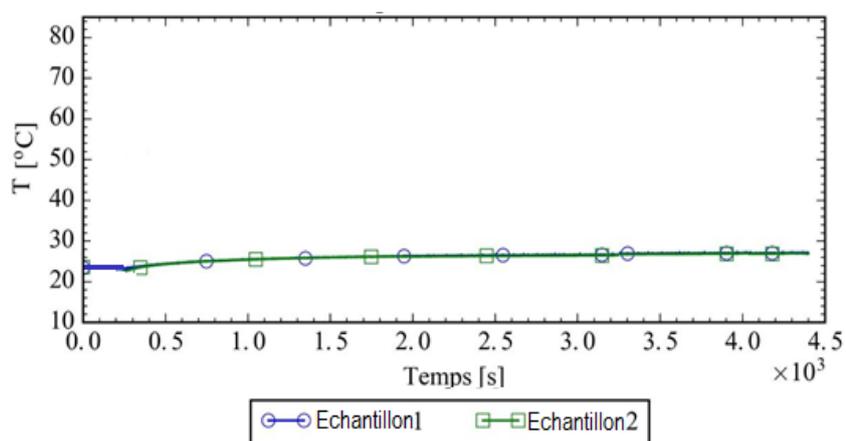


Figure 40: Variation de la température à l'intérieur du sac

La variation de température est constante à l'intérieur du matériau pendant une période donnée contrairement à l'extérieur du sac où elle varie.

Pour ce nouveau résultat, la Figure 41 montre l'ensemble de toutes les mesures de température à l'intérieur et sur la surface extérieure en fonction de la profondeur répartie sur les cinq zones de mesure. Tel que décrit dans la légende de la figure, chaque zone est constituée d'un nombre de mesures différent. La température mesurée à l'entrée/sortie (zone

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

1) varie entre 23.5°C et 23.8°C alors que la température des quatre autres zones oscille entre 24.3°C et 24.6°C. Il y a donc une différence de température négligeable, la zone 1 ayant une température plus basse d'environ 1°C. Cette différence s'explique par le fait que les points de mesure de température de la zone 1 ne sont situés qu'à moins de 2 cm de la surface et sont par conséquent influencés par la température ambiante du laboratoire.

En résumé, bien que toutes les précautions aient été prises pour assurer des mesures de qualité, les conditions initiales de l'essai ne sont pas optimales. Ainsi, la température initiale du puits est presque uniforme sur toute la hauteur et il semble exister une perte de chaleur négligeable dans les échantillons. Cette figure démontre que le sac a été divisé en plusieurs zones et nous constatons que les températures sont constantes dans tout le sac.

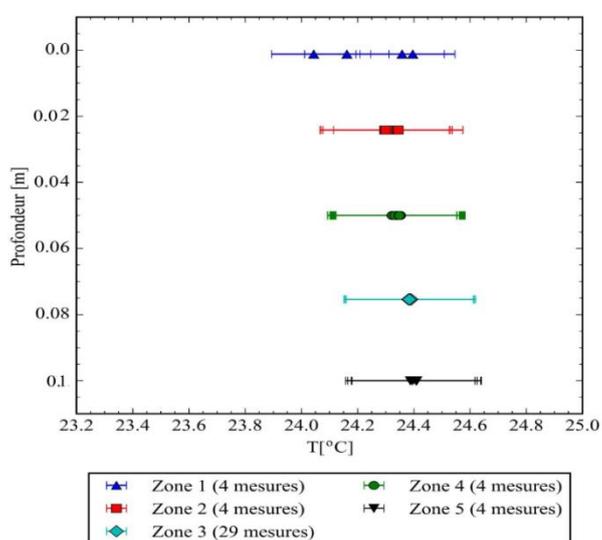


Figure 41: Conditions initiales de température dans les échantillons: Essai 1

Les isothermes de température tel que montré à la Figure 42, tendent à s'uniformiser. Ainsi, l'écart entre les températures minimums et maximums mesurées sur la circonférence est réduit.

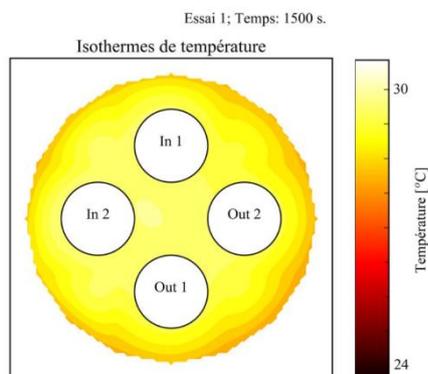


Figure 42: Températures mesurées et isothermes correspondantes: Essai 1

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

Cette expérimentation montre que la température à l'intérieur du matériau reste constante et est presque équivalente à la température initiale de l'extérieur. Etant donné que nous cherchons à atteindre une température de 37°C à l'intérieur du sac, l'essai suivant consiste à ajouter une résistance chauffante dans le sac pour atteindre cet objectif.

III.1.2 Essai 2 : Cet essai, d'une durée de 8H, a été réalisé afin de simuler le transfert thermique transitoire dans le sac muni du circuit de régulation (figure 43).

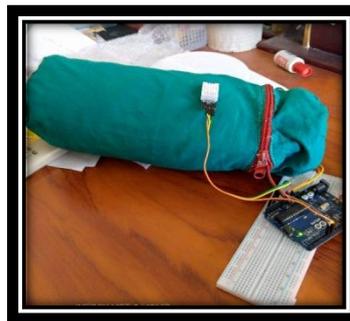


Figure 43: Echantillon de l'essai 2

Le Tableau 18 présente les conditions nominales de cet essai.

Tableau 18: Conditions nominales de l'essai 2

	Essai 2
Masse	113
Kapok	43
Laine de bois	70
Volume	500
Capteur	LM35
Puissance résistance	4W
Durée de l'essai [s]	8H

II. LA SIMULATION DE LA CHAÎNE DE REGULATION

Toute chaîne de régulation comprend trois maillons indispensables : l'organe de mesure, l'organe de régulation et l'organe de contrôle comme l'indique la figure 44. Il faut donc commencer par mesurer les principales grandeurs servant à contrôler le processus.

Algorithmes de régulations utilisés

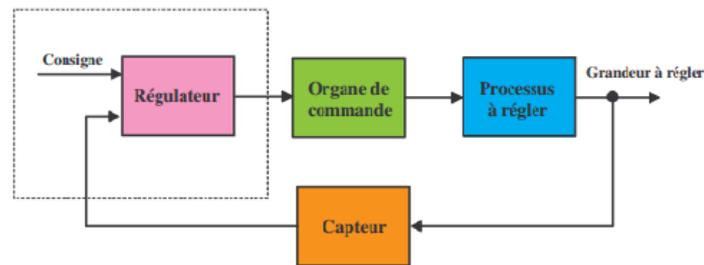


Figure 44: Chaîne de régulation

L'organe de régulation récupère ces mesures et les compare aux valeurs souhaitées appelées valeurs de consigne. En cas de non-concordance des valeurs de mesure et des valeurs de consigne, l'organe de régulation envoie un signal de commande à l'organe de contrôle afin que celui-ci agisse sur le processus. Il existe plusieurs types de régulation dont les plus connues sont :

- Régulation par action « Tout Ou Rien » : TOR
- Régulation PID (proportionnel intégral dérivé)

Nous avons opté pour la Régulation par action « Tout Ou Rien » car elle ne permet que deux actions Marche /Arrêt, par ouverture ou fermeture d'un contact, pas de position intermédiaire (0 ou 100%). C'est-à-dire nous voulons dans notre sac 37°C donc nous chauffons ou arrêtons de chauffer. Sur la figure ci-dessous nous présentons une simulation de l'acquisition de la température sur isis Proteus 0 partir du capteur LM35.

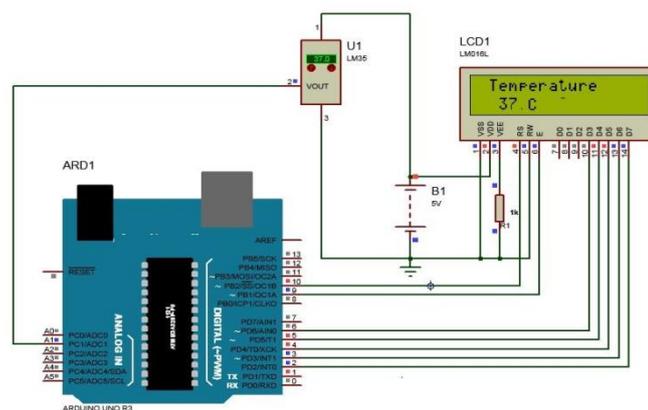


Figure 45: Simulation de la température à partir du capteur LM35

Après cette simulation, nous présentons dans la figure suivante, le montage complet du régulateur.

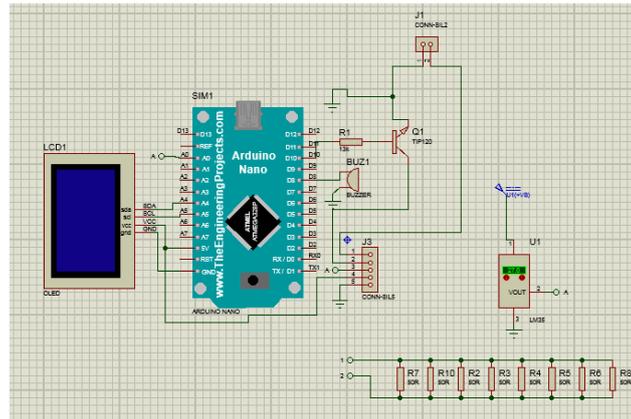


Figure 46: Montage complet du régulateur

A la suite de cette figure, nous illustrons la photo de ce régulateur en temps réel.

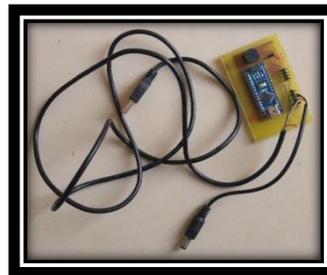


Figure 47: Montage complet du régulateur

Nous avons la résistance chauffante et le capteur de température qui sont à l'intérieur du sac tandis que le reste du circuit est dans un boîtier externe. La photo 48 illustre cette phase.



Figure 48: Vue interne du sac avec les composants électronique

II.1. La caractérisation thermique du sac a biberon

Sur le tableau ci-dessous est représenté un échantillon des données prises à l'intérieur du sac proposé.

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

Tableau 19: Données à l'intérieur du sac.

HHMMSS	Temps C int	Temps C Ext
9:23:33	27.9	27.9
9:24:33	28	28
9:25:33	28	28.1
9:26:33	27.8	28.3
9:27:33	27.7	28.5
9:28:33	27.7	28.5
9:29:33	27.7	28.5
9:30:33	27.7	28.9
9:31:32	27.8	29
9:32:32	27.9	29.7
9:33:32	28	31.3
9:34:32	28	33.5
9:35:32	28.1	34.8
9:36:32	28.1	35
9:37:32	28.1	37
9:38:32	28	37
9:39:32	28.1	37
9:40:32	28.2	37
9:41:32	28.2	37
9:42:32	28	37
9:43:32	27.9	37
9:44:32	28.1	37
9:45:32	28.2	37
9:46:32	28.3	37
9:47:32	28.3	37
9:48:32	28.3	37
9:49:32	28.3	37
9:50:32	28.3	37
9:51:32	28.3	37
9:52:32	28.5	37
9:53:32	28.5	37
9:54:32	28.8	37
9:55:32	28.9	37
9:56:32	28.8	37
.....		

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

Par la suite, nous présentons les résultats de température (figure 49).

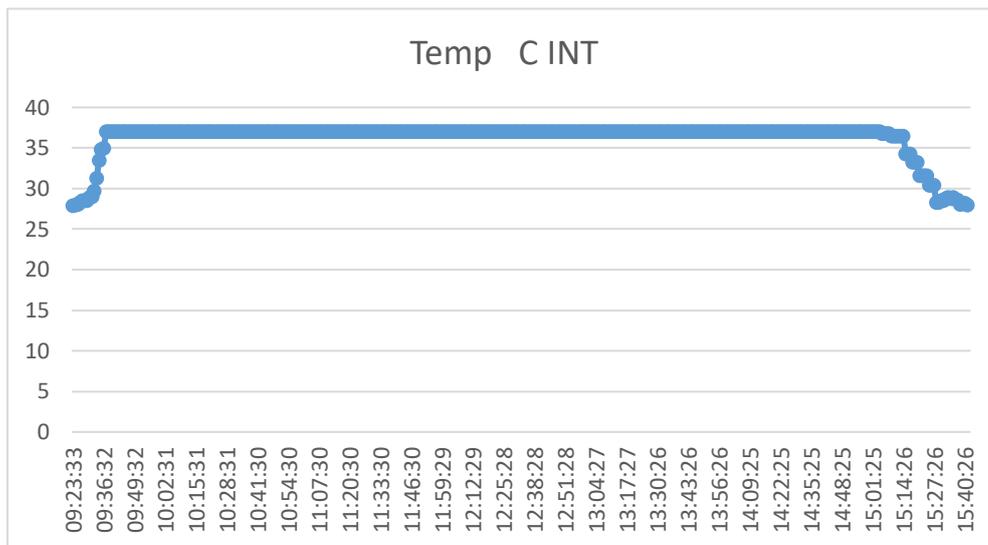


Figure 49: Variation de température interne

Nous constatons dans ce résultat que la température part de 27,9°C qui est la température ambiante lorsqu'il est exactement 9h23 min à 37°C lorsqu'il est 9h38 min. En conclusion le temps de mise en température corporelle est de 15 min et la durée maximale de conservation est de 6h25min. Il est important de préciser qu'après le temps de conservation on peut relancer le système.

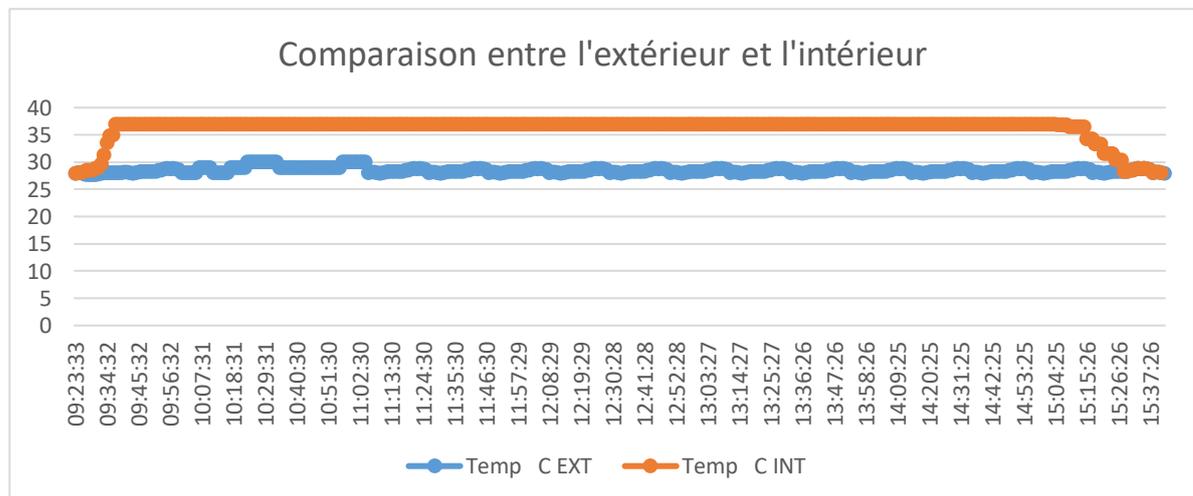


Figure 50: Comparaison de température interne et externe.

La couleur bleue représente l'extérieur et celle orange l'intérieur. Nos analyses montrent que quel que soit la variation de la température à l'extérieur, celle de l'intérieur est constante et après un temps précis, elle rattrape la température ambiante.

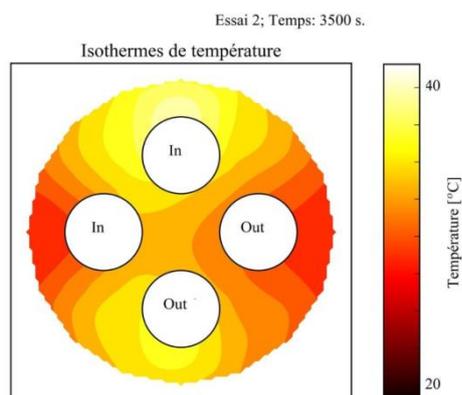


Figure 51: Isotherme correspondant à l'essai 2

Les isothermes nous présentent la répartition de la température du sac à l'intérieur et à l'extérieur. Nous constatons que celles-ci varient. Elle varie à l'extérieur et est constante à l'intérieur puis rejoint la température ambiante après un temps.

II.2. La caractérisation des encours de fabrication

Les encours sont des biens en phase de production et déjà compatibles dans le stock de produit. Pour aboutir à un produit dans une chaîne de fabrication, nous passons par diverses étapes comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20: Caractérisation des encours du procédé de fabrication.

Encours	Caractéristiques
Tissu de coton	Résistant mais peut brûler en dégageant une odeur de papier brûlé et des cendres claires et légères.
Ennoblement du tissu	Tissu teint de bel aspect avec coloration multiple.
Matériau composite	Aspect doux et malléable
Découpage	Etoffe + composite découpé
Montage	Confection de l'enceinte de conservation de biberon assemblé et doublé par l'aluminium.
Prototype contrôle qualité	Solide, respecte les spécifications souhaitées et le côté esthétique.
Prototype conditionné	Empaqueté dans un sac d'emballage.

II.2.1. La gestion des déchets

La gestion des déchets est une opération importante au sein d'une structure soucieuse du bien être des personnes et de l'environnement. Elle consiste à la mise en place d'un système de tri de déchets et de traitement pour la réutilisation ou l'élimination de ceux-ci afin de réduire leurs effets sur la santé humaine et environnementale.

C'est dans cette optique que nous avons mis sur pied une série d'opération contribuant à gérer ces déchets issus du procédé expérimental dans le but de chercher les moyens de les valoriser en respectant efficacement les règles de protections environnementales et humaines. Le tableau suivant nous détaille la récupération des déchets.

Tableau 21: Récupération des déchets

Etapes	Désignations	Illustration	Moyen de récupération
1	Débitage		Les écorces seront utilisées dans les ménages pour allumer le feu de bois ou de charbon
2	Ouverture des capsules		Les capsules et les tiges internes serviront pour la décoration intérieure sur les pots de fleur. Les graines vont participer à fabrication des bijoux africains
3	Tamisage		Le copaux nous aidera également à la réalisation des pots de décoration.
4	Réalisation du prototype		Nous avons fait dans le recyclage pour la proposition d'un vase décoratif avec une nappe en dessous.

III. LA PRESENTATION DU NOUVEAU PRODUIT

L'étude que nous avons menée tout au long de ce projet a permis d'obtenir le produit présenté en image (figure 52).



Vue avant



vue de profil



vue arrière

Figures 52: Illustration du produit fini

III.1 Les propriétés du prototype

La qualité de ce sac est assurée par :

- Sa légèreté et sa souplesse ;
- Sa résistance à la chaleur et aux chocs ;
- Son doux touché ;
- Son infroissabilité ;
- Son amovibilité pour un nettoyage facile
- La sécurisation du lait maternel.

III.1.1. La comparaison du produit à un échantillon existant

Tableau 22: Comparaison du produit avec un échantillon

Critères de comparaison	Conservateur de biberon « BELMARC »	Conservateur de biberon
Echantillon		
Matière première	Tissu teint, matériau composite : kapok laine de bois	Tissu, isolation en aluminium uniquement.
Allure et résistance du produit	Robuste et léger, durable, facile à entretenir, bon isolant thermique, matière	Léger, facile à entretenir

ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS

	première accessible, facile à transporter	
Durée de conservation	6h25min	4 heures
Avantages	Lait tiède car il est mis en température corporelle et après 6h25 min il revient en température ambiante et le système de chauffage peut être relancé.	Lait très chaud et nécessite qu'on le mette dans de l'eau froide avant de le faire consommer.
Inconvénients	Nécessite à tout prix l'énergie électrique	Nécessite un chauffage longtemps avant les tétés du bébé.
Disponibilité des matières premières	Le kapok et la laine de bois sont accessibles	Importation et très coûteux.

III.1.2. L'entretien du sac

L'entretien du sac est très facile car il n'est pas permis de le laver. Pour assurer son nettoyage, on peut par contre l'essuyer avec un torchon légèrement humide.

- **Code d'entretien**



Ce code explique qu'il ne faut pas laver le sac (même manuellement). Le blanchiment, le séchage en tambour, le repassage interdit et le nettoyage à l'eau sont interdits.

III.1.3. Le prix de vente du produit

Le but primordial d'une entreprise est de se développer et ceci passe par des bénéfices générés après la vente des articles. Pour obtenir ce prix de vente, nous allons d'abord déterminer le prix de revient ensuite nous obtiendrons le prix de vente.

$$- \text{ Prix de revient } = \frac{\text{somme des charges directs} + \text{sommes des charges indirectes}}{\text{quantité d'article}}$$

Les charges directes proviennent du processus de fabrication de l'article ; elles incluent les charges de l'approvisionnement en matière première, en produit et matériels utilisés. Le coût

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

de charges directes est de **8200 fcfa**. Les charges indirectes quant-à elles sont celles qui concernent les frais généraux tels qu'internet, le transport et les transferts de crédit. Son coût est de **3000 FCFA**.

$$\text{AN : Prix de revient} = \frac{8200+3000}{1} = 11200$$

Le prix de revient est de **11200 FCFA**

$$\begin{aligned} - \text{ Marge bénéficiaire} &= \frac{\text{prix de revient} \times 10}{100} \\ &= \frac{11200 \times 10}{100} = 1120 \end{aligned}$$

La marge bénéficiaire est de **11200 FCFA**.

$$\text{Prix de vente} = 11200 + 1120 = \mathbf{12300}$$

L'article que nous vous proposons sera vendu au prix de **12300 FCFA**. Son prix est abordable contrairement aux produits qui sont sur le marché.

Il était question dans ce chapitre de présenter la caractérisation de nos produits expérimentés ainsi que les résultats de ceux-ci. Une comparaison a été faite pour établir la différence entre ce qui existe et notre sac. Après la fabrication et le contrôle, nous constatons que l'enceinte de conservation proposé est apte à être utilisé pour la conservation du lait maternel afin d'assurer sans inquiétudes les tétés des bébés pendant l'absence des mamans.

CONCLUSION GENERALE

La nécessité de pallier activité professionnelle et allaitement maternel dans le secteur de l'industrie de l'habillement laisse des attentions à s'orienter vers les matériaux utilisés dans la conception des sacs de conservation. Dans ce cadre, les matériaux composites sont devenus de plus en plus des candidats prometteurs dans les ouvrages de conservation en isolant thermique. Mais ceux-ci n'ont pas encore été utilisés dans la fabrication des sacs dans le domaine de l'habillement.

Les travaux présentés constituent une contribution dans ce contexte dont l'objectif est la matérialisation d'un composite à base de fibres naturelles afin de faire une étude de ses propriétés et des performances de l'enceinte conservateur. Cette étude a été maintenue à travers une analyse des phénomènes de transfert de chaleur au sein du sac suivi d'une évaluation des propriétés d'un composite en polystyrène et celui que nous avons proposé.

Cette étude expérimentale apporte une grande contribution dans le domaine d'application et d'utilisation du kapok et du bois à travers la fabrication de divers objets. Individuellement, ces fibres présentent des propriétés multiples et bien spécifiques et offrent ainsi une large gamme de produits pour des usages variés. Néanmoins, leur exploitation reste limitée. Nous avons donc constaté à cet effet que nous pouvons élargir son champ d'utilisation à travers la fabrication des enceintes de conservation pour le suivi des bébés nourris au sein de la mère. Afin de mener à bien cette étude dont l'objectif est de valoriser les matières premières locales par la caractérisation d'un matériau composite en passant par l'ennoblissement, le traitement et l'introduction dans le processus de production des enceintes de conservation de biberon. La faisabilité de ce projet a été étudiée et nous avons pu ressortir une analyse fonctionnelle de notre produit dans le but d'adopter un procédé expérimental pour la fabrication ainsi que les schémas synoptiques nécessaires. Un schéma prévisionnel de l'OST a également été proposé avec le personnel qualifié.

Pour finir, nous avons présenté et caractérisé les prototypes, les encours de gestion des déchets et articles pour ressortir le code d'entretien et les propriétés du produit obtenu. A l'issue de cette étude expérimentale, nous soulignons qu'il est important et même possible d'élargir le champ d'application et d'utilisation de nos matières premières dans tous les domaines et d'industrialiser le processus de fabrication d'une enceinte de conservation de lait maternel. Il faut aussi prévoir la possibilité de modifier les consignes de température, trouver un liant naturel pour la fabrication des matériaux composites et rendre le produit

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**

commercialisable. Cependant nous avons rencontré des difficultés liées à la distance en ce qui concerne l'approvisionnement en matières premières et l'impression de notre boîtier en 3D.

La nature regorge une multitude de ressources naturelles ; pour cela plusieurs études peuvent être faites dans le but unique de valoriser davantage le kapok et la laine de bois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

➤ **Ouvrages, projet de mémoire et cours**

- [1] **COORDINATION D'AFRIQUE VERTE** 2004 *Formation sur les techniques de stockage et de conservation* Burkina Faso 1^{ère} édition.
- [2] **COMITE EDITORIAL PEDAGOGIQUE DE L'UVMAF** 01/03/2011 *Physiologie de la lactation*
- [3] **Dr RACHIDA HAMIDI** 2013 / 2014 allaitement maternel université ABOU BEKKR BELKAÏD
- [4] **DIAGNE, DIENG.M, SOW M.L, et al**, '*Estimation de la Couche d'Isolation Thermique Efficace d'un Matériau Kapok-Plâtre en Régime Dynamique Fréquentiel*', CIFEM2010, Edition Université de Rennes 1, pp. 394 – 399, 2010.
- [5] **EKONGO Grace Poupina** 2019. *Etude expérimentale et conception d'un procédé industriel de fabrication d'un sac autocuiseur ergonomique à base de kapok* : mémoire de DIPET 2. Industrie Textile de l'Habillement ENSET de Douala.
- [6] **FARJON A** (1984) *Pines: Drawings And Descriptions Of The Genus Pinus*. 2^{ème} edn. E.J. Brill, Leiden, Pays-Bas, p 235.
- [13] **BOUCHARD Julie**, AALPS, février 2010
- [14] **KRAMER KU, GREEN PS** (1990) *The Families and Genera of Vascular Plants*, vol. 1 Pteridophytes and Gymnosperms. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne.
- [16] **TLIJANI Mohamed**, *Contribution à la caractérisation thermo physique de matériaux bio-isolants* : valorisation des déchets de bois de palmier. Génie des procédés. Université Paris-Est, 2016. Français. NNT : 2016PESC1157. tel-01618318.
- [17] **NDZENGUE Marie Nicaise, NGOUAH NGALLY ZOUMBOU Marina** 2018. *Etude expérimentale et conception d'un procédé industriel de fabrication d'une enceinte de conservation de biberon à base de kapok et de laine de verre* : mémoire de DIPET 2. Industrie Textile de l'Habillement ENSET de Douala.
- [18] **MARTY Philippe** 2012-2013 *transfert thermique* chapitre I page 4.

[19] **TASSINARI Robert**, *Pratique de l'analyse fonctionnelle*, Paris, Dunod, 1997.

[20] **GUSTAFFSON S.E.**, *Transient plane source technique for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solids materials*, Rev.Sci. instrum, vol 62, pp 797804, 1991.

[22] **THE UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF)** juin 2007

➤ **Sites web**

[8] <https://www.lounaturel.com/chroniques/la-fibre-vegetale-de-kapok> consulté le Mercredi 26 mai à 18h36.

[9] <https://www.union-habitat.org> consulté le Vendredi 10 Janvier 2020 à 9h05

[10] <https://www.babymoov.com> consulté le Vendredi 10 Janvier 2020 à 10h20

[11] <https://www.google.com> fiber+de+kapok consulté le Samedi 21 Mars 2020 à 19h15

[12] <https://www.isover.ch-product> propriétés consulté le Samedi 21 Mars 2020 à 22h15

[15] laine minérale : FAQ consulté le mardi 04 Février 2020 à 23h00

[23] www.amazon.fr Tigex-sac-isotherme consulté le Dimanche 16 Février 2020 à 15h05

[24] www.magicmaman.com consulté le Jeudi 20 Février 2020 à 18h30

Annexe

Procédé de fabrication du matériau composite

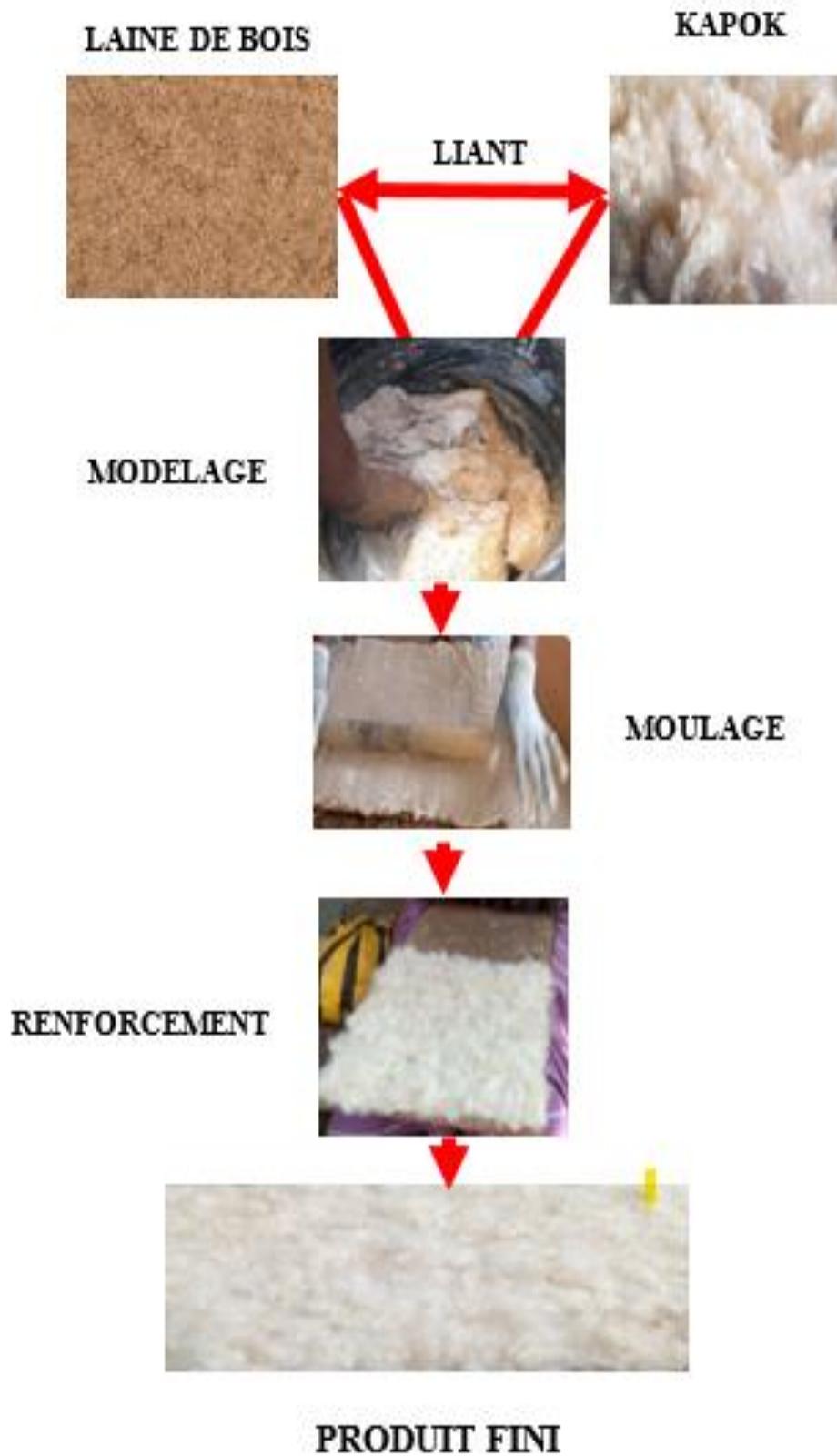


TABLE DES MATIERES

DEDICACE	1
REMERCIEMENTS.....	2
SOMMAIRE.....	3
RESUME	5
ABSTRACT.....	6
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX.....	9
INTRODUCTION GENERALE.....	10
CHAPITRE I: ETUDE DES PROCEDES DE CONSERVATION ET DE FABRICATION DES SACS A BIBERON ET DES MATERIAUX COMPOSITES.	1
3	
I. GENERALITES SUR LES SACS DE CONSERVATION POUR BIBERON	13
I.1. Définition	13
I.2. Composition.....	13
I.2.1. Le polystyrène	14
I.2.2. La laine de verre et de roche.....	14
I.2.3. La fibre de bois.....	15
I.2.3. Le kapok	16
I.3. Les chauffe-biberons.....	16
I.3.1. Chauffe-biberons autonomes à capsule	16
I.3.2. Chauffe-biberons nomades isothermes.....	16
I.4. Sacs de conservation à base de kapok	17
I.4.1. Sac à biberon à base de laine de verre et de kapok	17
I.3.2. Sac autocuiseur à base de kapok	17
II. LE LAIT MATERNEL	17
II.1. Caractéristique du lait maternel	18

II.2. Composition du lait maternel.....	18
II.3. Influence de la température du lait au froid et à la chaleur.....	18
II.3.1. Température ambiante	19
II.3.2. Température du réfrigérateur.....	19
II.3.3. Température du congélateur	19
III. ISOLATION THERMIQUE.....	20
III.1 Transfert de chaleur	20
III.1.1. Le rayonnement.....	20
III.1.2. La convection.....	20
III.1.3. La conduction	20
III.1.4. Diffusivité thermique	21
III.1.5. Effusivité thermique.....	21
III.2 GENERALITES SUR LE PICEA ABIES.....	21
III.2.1. Feuilles	23
III.2.2. Tige et écorce.....	23
III.2.3. Les fruits.....	24
III.2.4. Les graines.....	24
III.2.5. Présentation de la fibre de bois.....	24
III.3 Généralités sur le kapok	25
III.3.1. Présentation du kapok	26
III.3.2. Les propriétés de la fibre végétale de Kapok	26
III.2.3. Utilisation du kapok en isolant thermique	27
IV. PROCEDE DE FABRICATION DES MATERIAUX COMPOSITES.....	27
IV.1. Définition	27
IV.2. Procédé manuel.....	28
IV.3. Procédé mécanisé	28
CHAPITRE II : ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT, MATERIELS ET METHODES.....	30
I. ANALYSE FONCTIONNELLE DU PRODUIT.....	30
I.1. Présentation du problème.....	30
I.1.1. Formulation du besoin	31
I.1.2. Qui sont les utilisateurs et usagers potentiels ?	31
I.2. Contexte du projet	31

I.2.1. Etude succincte du marché actuel des dispositifs de conservation	32
I.2.2. La nécessité de développer un nouveau sac de conservation	32
I.2.3. Limite de l'étude	32
I.3. Enoncé fonctionnel du besoin	32
I.3.1. Analyser le besoin	32
I.4. Enoncé des fonctions de service et de contrainte	34
II. SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME	37
III. PROCEDE EXPERIMENTAL DU SAC DE CONSERVATION	37
III.1. Etude détaillée du procédé de fabrication	39
III.1.1. Approvisionnement en matière première	39
III.1.2. Processus de nettoyage du kapok	39
III.1.3. Processus d'extraction du kapok	40
III.1.4. Le processus de nettoyage	42
III.1.5. Le processus de séchage	42
III.1.6. Le processus de chauffage	42
III.1.7. Le processus de tamisage	43
III.2. Le matériel utile pour la fabrication du matériau composite	44
III.3. Techniques de mises en œuvre du matériau composite	45
III.3.1 Le procédé manuel	45
III.3.2 Le système de régulation de la température	48
III.3.2.1. La régulation de la température	48
III.3.2.1.1. Le choix du capteur	48
III.3.2.1.2. La production de la chaleur	49
III.3.2.1.3. Le dimensionnement de la résistance chauffante	49
III.3.2.1.4. Le processus de réalisation du sac	51
III.4 Le schéma prévisionnel de l'OST (Organisation scientifique du travail)	53
III.4.1 La description du schéma prévisionnel de l'OST	55
III.4.1.1. La direction générale	55
III.4.1.2. La direction technique	55
III.4.1.3. Le bureau de méthode	55
III.4.1.4. Le bureau d'étude	55
III.4.1.5. Le service de planification	55
III.4.1.6. Le service de fabrication	56
III.4.1.7. Le service de conditionnement	56

III.4.1.8. Le service de maintenance	56
III.4.1.9. Le service technique	56
III.4.1.10. Le service de fabrication	56
III.4.2. La qualification du personnel	56
III.5. L'impact sur divers domaines de la société	57
CHAPITRE III : CARACTERISATION DU PROTOTYPE, ANALYSE, DISCUSSION ET GESTION DES DECHETS.....	59
I. LES ESSAIS DE TEMPERATURE DU COMPOSITE ET DU SAC (EXTERIEUR ET INTERIEUR).....	60
II. LA SIMULATION DE LA CHAINE DE REGULATION.....	63
II.1. La caractérisation thermique du sac a biberon.....	65
II.2. La caractérisation des encours de fabrication	68
II.2.1. La gestion des déchets.....	69
III. LA PRESENTATION DU NOUVEAU PRODUIT.....	69
III.1 Les propriétés du prototype.....	70
III.1.1. La comparaison du produit à un échantillon existant	70
III.1.2. L'entretien du sac.....	71
III.1.3. Le prix de vente du produit	71
CONCLUSION GENERALE	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	75
ANNEXE.....	77
TABLE DES MATIERES	78

**ELABORATION ET CARACTERISATION EXPERIMENTALE D'UN CONSERVATEUR NATUREL
DE LAIT MATERNEL A BASE DE KAPOK ET DE LAINE DE BOIS**
