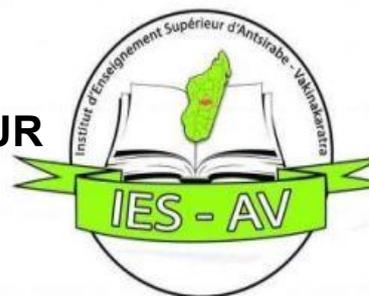




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
D'ANTSIRABE-VAKINANKARATRA
Science de l'Ingénieur



DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

Parcours : Science et Technique de Génies des Procédés

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de

Licence en

GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

**«ETUDE D'AMELIORATION
DU PROCEDE DE FABRICATION
DES BOUGIES A MADAGASCAR»**



Présenté par :

Monsieur RAVELOJAONA Rindra Nirina

Soutenu le : 26 Août 2019

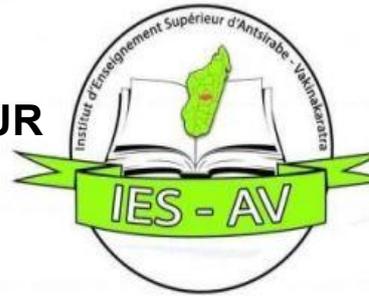
Encadreur : Monsieur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné,
Professeur

Promotion 2018



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
D'ANTSIRABE-VAKINANKARATRA
Science de l'Ingénieur



DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

Parcours : Science et Technique de Génies des Procédés

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de

Licence en

GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

**« ETUDE D'AMELIORATION
DU PROCEDE DE FABRICATION
DES BOUGIES A MADAGASCAR »**



Présenté par :

Monsieur RAVELOJAONA Rindra Nirina

Soutenu le : 26 Août 2019

Président du jury : Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina

Rapporteur : Professeur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné

Examineurs :

- Monsieur RAKOTOARIVONIZAKA Ignace
- Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre
- Monsieur RAJOELINIRINA Vézulah

Promotion 2018

REMERCIEMENTS

Ce travail n'a pu être achevé que grâce à la contribution de nombreuses personnes.

- Je remercie le Seigneur Tout Puissant de m'avoir accordé sa grâce ; sa bénédiction ; sa miséricorde ainsi que sa volonté, sans Lui je n'aurais rien pu faire.

- Je tiens dans un premier temps à remercier Docteur HDR RAJAONARISON Eddie Franck, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe Vakinankaratra qui nous a donnés une bonne formation universitaire ;

- Monsieur le Professeur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné, responsable du Département de Génie des Procédés Chimique et Industriels de nous avoir formés et d'avoir pris soin de notre Département ainsi que d'accepter d'être mon rapporteur, de m'avoir donné sa confiance dans la réalisation de ce travail, ainsi que son aide, son partage de connaissances et ses précieux conseils ;

- Monsieur RAVONISON Elie Rijatiana Hervé, responsable de Mention Génie Industriel de l'Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe Vakinankaratra, qui nous a formés et d'avoir pris soin de notre Mention ;

- Je tiens à remercier Monsieur le Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Directeur de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo d'avoir accepté d'être le président de jury de ce mémoire malgré toutes ses multiples occupations.

- Je remercie aussi les examinateurs qui m'ont accordé leur précieux temps pour juger ce travail, notamment :
 - Monsieur RAKOTOARIVONIZAKA Ignace
 - Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre
 - Monsieur RAJOELINIRINA Vézulah

➤ Un grand merci à :

- Tous les Enseignants et le personnel de l'Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe Vakinankaratra, pour les connaissances et savoir-faire qu'ils nous ont transmis.

- Toutes les personnes qui nous ont aidées et nous ont soutenues de façon directe ou indirecte : ma famille et mes collègues.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

ACRONYMES

GLOSSAIRES

INTRODUCTION

Première partie : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I. Généralité sur la bougie

Chapitre II. Appareillages et matières premières

Chapitre III. Types et Procédés de fabrications

Deuxième partie : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre IV. Présentation de l'expérience et approche environnementale

Chapitre V. Matériels et matières premières utilisés pour les expériences de fabrication de bougies

Chapitre VI. Méthodes et processus de fabrication

Chapitre VII. Discussions des résultats

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

RESUME

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Trajectoire des gaz.....	7
Figure 2 : Flamme d'une bougie.....	8
Figure 3 : Paraffine granulée.....	10
Figure 4 : Cire d'abeille	12
Figure 5 : Molécule de cire d'abeille	13
Figure 6 : Grain de stéarine.....	13
Figure 7 : Molécule d'une stéarine	14
Figure 8 : Mèche tressée et cirée	15
Figure 9 : Moule métallique	17
Figure 10: Moule plastique	18
Figure 11: Moule en caoutchouc	18
Figure 12: Décapeur thermique.....	19
Figure 13: Bougie pilier	20
Figure 14: Coupoles.....	22
Figure 15: Trou de détente.....	23
Figure 16: Chandelle.....	24
Figure 17: Finition d'une chandelle.....	26
Figure 18: Bougie conteneur	27
Figure 19: Conteneur après versage	29
Figure 20: Moule pilier.....	40
Figure 21: Moule chandelle	41
Figure 22: Moule conteneur	41

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Balance électronique	33
Photo 2 : Casserole.....	33
Photo 5 : Thermomètre de cuisine	34
Photo 3 : Récipients.....	34
Photo 4 : Baguettes.....	34
Photo 7 : Moule pour pilier	35
Photo 8 : Moule pour conteneur	35
Photo 6 : Pince et support	35
Photo 9 : Moule pour Chandelle	36
Photo 11 : Cire d'abeille	37
Photo 10 : Paraffine granulé.....	37
Photo 12 : Mèche en coton	38
Photo 13 : Déchet de bougie.....	39
Photo 14 : Huile essentielle.....	39
Photo 15 : Colorants en poudre	39
Photo 16 : Graine de paraffine	42
Photo 17 : Ruche d'abeille	42
Photo 18 : Mélangeage de la ruche.....	43
Photo 19 : Tamisage	43
Photo 20 : Etalage du mélange	43
Photo 21 : Récupération de la cire	44
Photo 22 : Morceaux de bougie	44
Photo 23 : Tressage de mèche	44
Photo 24 : Primage de mèche.....	45
Photo 25 : Mèche finie	45
Photo 26 : Mise en place de la mèche	45
Photo 27 : Colorant de base.....	46
Photo 29 : Mélangeage avec chauffage	46
Photo 28 : Pesage	46
Photo 31 : Ajout de parfum.....	47
Photo 30 : Ajout de colorant	47
Photo 32 : Versage	48
Photo 33 : Bougie Pilier.....	49
Photo 34 : Chandelle.....	50
Photo 35: Bougie conteneur	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétés d'une paraffine.....	11
Tableau 2 : Propriétés d'une cire d'abeille.....	12
Tableau 3 : Composition d'une cire d'abeille	13
Tableau 4 : Propriétés du stéarine	14
Tableau 5 : Formules pour pilier/chauffe-plat/votive	21
Tableau 6 : Formules pour chandelle	25
Tableau 7 : Formules pour conteneur	28
Tableau 8 : Expérience de composition du pilier	40
Tableau 9 : Essai de composition pour chandelle	41
Tableau 10: Essai de composition pour conteneur	42
Tableau 11: Résultat pour pilier	49
Tableau 12: Résultat pour chandelle	50
Tableau 13: Résultat pour conteneur	51

ACRONYMES

J.C	: Jésus Christ
°C	: Degré Celsius
(g)	: Gaz
C	: Carbone
H	: Hydrogène
O	: Oxygène
g	: Gramme
FO	: Fragrance Oils
EO	: Essential Oils
MP	: Melting Point
PF	: Point de Fusion
D	: Diamètre
H	: Hauteur
h	: Heure
min	: Minute

GLOSSAIRES

- Primer : Action de tremper la mèche dans un liquide de paraffine.
- Lester : Faire peser, accrocher un poids à l'extrémité d'un corps.
- Point de fusion : La température où l'état solide passe à l'état liquide, donc c'est la température à laquelle coexistent l'état solide et l'état liquide d'un corps sous une pression donnée.

INTRODUCTION

La première invention de l'homme était le feu. Le terme « feu » désigne souvent un phénomène produisant de la lumière et de la chaleur, qu'il provienne d'une combustion ou non. Il est donc une des sources de lumière. Pour l'être humain, la lumière indispensable à la vision tient une part importante du bien être et de la vie sociale. La lumière a une forte valeur symbolique permettant de percevoir les objets avant de les toucher; elle s'associe, dans toutes les cultures humaines, à la connaissance.

Nombreuses sont les sources de la lumière que ce soit naturelle ou artificielle.

Les sources naturelles de la lumière sont le soleil, la lune réfléchit, les petits corps célestes, les planètes et leurs satellites, les astéroïdes, comètes, et certains organismes vivants comme les poissons, mollusques, lucioles, et les vers luisants, produisant de la lumière par bioluminescence.

Les sources de lumière artificielle sont conçues progressivement. Les humains se sont d'abord éclairés par la lumière du feu, puis les archéologues ont découvert des lampes à huile rudimentaire parmi les objets remontant au néolithique. Ensuite les chandelles et bougies, de principe adénitique, présentent l'avantage pratique d'un combustible solide, qui ne se liquéfie que par la chaleur de la combustion. Et de nos jours : les torches, les lampes à incandescence et à gaz.

La bougie est un objet servant en général à éclairer, composée d'un corps gras (la cire) et d'une mèche enflammée. Elle constitue toujours une source de lumière de dépannage, mais ses utilisations ordinaires ne sont plus de l'ordre de l'utilitaire.

La bougie présente des valeurs symboliques comme durant les anniversaires, la clôture du carnaval de Rome par la bataille de bougie, la décoration, l'intimité lors d'un dîner aux chandelles.

Les bougies auraient plusieurs propriétés dites magiques selon leur couleur, leur forme et leur odeur. Elle peut être utilisée aussi pour parfumer un lieu.

Mais la qualité de la bougie à Madagascar est peu convaincante pour les consommateurs. Cette affirmation est justifiée par l'ampleur de l'importation des bougies. Les bougies fabriquées localement présentent beaucoup de déchets de cire, des mauvaises odeurs, de plus elles ont une courte durabilité.

Des études sont faites avant de parvenir à obtenir des bougies très raffinées. Tous ces faits nous amènent à aborder ce mémoire qui s'intitule « ETUDE D'AMELIORATION DU PROCEDE DE FABRICATION DES BOUGIES A MADAGASCAR ».

Notre étude dispose Deux grandes parties :

- La Première partie est axée par une « Etude bibliographique » dont les généralités, appareillage et le mode de fabrication de la bougie.

- La Deuxième partie est consacrée par une « Etude expérimentale » comportant la fabrication d'une bougie parfumée et plus durable.

Première partie : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I. GENERALITES SUR LA BOUGIE

I.1- HISTORIQUE ET DEFINITION

Dès le 3ème siècle av. J.-C., les hommes se sont dotés de systèmes d'éclairage proches de l'idée de la bougie et utilisant de la graisse et du suif.

Au Moyen Age, beaucoup de gens nantis éclairaient leur demeure à l'aide de bougies à la cire d'abeille. Il faudra attendre le 19ème siècle pour que des chimistes découvrent la paraffine et la stéarine, deux matières utilisées aujourd'hui encore dans la production de bougies. Au cours de l'histoire, la bougie a eu une influence considérable sur la vie quotidienne.

La bougie, est née d'une nécessité première : éclairer les habitations. Trois mille ans avant Jésus-Christ, elle est connue en Grèce et en Egypte; un chandelier a été découvert dans la tombe de Toutankhamon. [1]

I.1.1- Apparition du mot « bougie »

Le mot « bougie » n'est apparu dans la langue française qu'au XIVème siècle, tiré de Bugaya transcription en arabe du mot kabyle Bgayet, nom d'une ville maritime d'Algérie (actuellement Béjaia). Elle fournissait une grande quantité de cire utilisée à la place du suif dans les chandelles, qualifiées alors de "bougies" : sur le plan terminologique cette appellation est réservée à un instrument fait exclusivement de cire d'abeille. [2]

I.1.2- Evolution de la bougie à travers le temps

I.1.2.1- L'invention de la bougie

Dès le 3ème siècle av. J.-C., l'homme connaissait les propriétés de combustion des cires et des graisses et sut en tirer profit. Bien avant que débute l'histoire de la bougie, on utilisait des torches et des lampes à l'huile. Les représentations historiques et les textes anciens ne permettent pas de dire si l'homme utilisait réellement des bougies vers le 3ème siècle avant notre ère ou plutôt une sorte de torche de cire. Ces torches étaient composées de paille, de chanvre ou de roseau et étaient trempées dans de la graisse, du suif ou de la résine. Les historiens estiment que ce n'est qu'à l'ère chrétienne que sont apparues de véritables bougies, sans aucun récipient. [3]

I.1.2.2- Les bougies à la cire d'abeille du Moyen Age

Une importante amélioration fut apportée au Moyen Age, avec l'apparition en Europe de bougies en cire d'abeille. Sous l'Empire romain (2ème siècle av. J.-C.), on produisait

des bougies basses en cire d'abeille tellement bien faites qu'elles pouvaient brûler dans une pièce sans produire trop de fumée ou une odeur trop forte.

Les us et coutumes du christianisme ont contribué à la diffusion de la bougie au cours de l'histoire. Depuis la seconde moitié du 4^{ème} siècle après J.-C., les bougies (ou cierges) sont utilisées dans les rituels religieux ou à des fins religieuses. Les besoins de l'Eglise chrétienne firent que la cire d'abeille, matière première des bougies, devint une marchandise très importante au fil du temps. Au Moyen Age, la technologie de la bougie se développa surtout sur la base de la cire d'abeille. Comme il s'agissait d'une matière première chère et disponible seulement en quantité limitée, ces bougies étaient principalement réservées à l'usage du clergé et des seigneurs. A l'époque, les citoyens ordinaires devaient se contenter des traditionnelles bougies de suif. Ces bougies étaient fabriquées avec de la graisse de rognon de bœuf ou du suif de mouton. Elles produisaient une odeur âcre et une épaisse fumée. Ce n'est qu'à la fin du 15^e siècle que les bougies en cire d'abeille arrivèrent également dans les maisons des citoyens nantis. [3]

I.1.2.3- La quête d'une bougie blanche

Au 17^{ème} siècle, on ajouta de l'arsenic dans les bougies de suif pour les blanchir. Le problème, c'est que l'on empoisonna aussi les gens du même coup. La découverte du blanc de baleine (extrait de l'huile contenue dans des cavités crâniennes du cachalot) permit de fabriquer des bougies d'un blanc éclatant. Au 18^{ème} siècle, on utilisait les bougies à profusion dans les cours princières et lors des couronnements ou d'autres grandes fêtes. [3]

I.1.2.4- La paraffine et la stéarine – de nouvelles matières premières pour les bougies apparues au 19^e siècle

En 1783, le chimiste suédois Carl Scheele (1742-1786) avait, dans le cadre de ses recherches sur le savon, fait bouillir de l'huile d'olive avec de l'oxyde de plomb et obtenu une substance au goût sucré qu'il avait appelée Ölsüss et que l'on connaît maintenant sous le nom de glycérine.

Il a fallu attendre le milieu du 19^{ème} siècle pour que soient découvertes la stéarine et la paraffine, deux nouvelles matières premières de qualité pour la fabrication des bougies. Vers 1820, le chimiste français Michel Eugène Chevreul découvrit comment extraire des acides gras des graisses animales. Cette innovation permit de mettre au point la stéarine, une matière dure et non périssable assurant une combustion propre. La paraffine fut découverte en 1850, après que les chimistes eurent compris comment

séparer et préparer cette substance cireuse présente dans le pétrole. Sans odeur et d'une blancheur bleutée, la paraffine fut une bénédiction pour la fabrication des bougies car c'était une matière propre offrant une combustion homogène et par ailleurs bien moins chère à produire que toutes les autres matières utilisées pour les bougies. A la même époque que celle qui vit la découverte de nouvelles matières premières, des améliorations déterminantes furent apportées à la mèche, plus particulièrement au niveau du torsadage et de la préparation chimique. [3]

1.2- FONCTIONNEMENT

Le principe du fonctionnement de la bougie repose sur un phénomène d'auto-alimentation.

Une bougie est constituée d'un bloc de stéarine enrobé de paraffine dont le centre est traversé par une mèche, en fil de coton tressé imbibée d'acide borique.

Lorsqu'on allume la bougie, l'air surchauffé fait fondre la stéarine à proximité. La stéarine fondue monte le long de la mèche par capillarité où elle se vaporise et se décompose en un gaz combustible au contact de la flamme. Ce gaz combustible, en s'oxydant rapidement dans l'air, entretient la flamme qui fait fondre la stéarine et la paraffine, ce qui permet au processus de continuer.

La paraffine, étant moins fusible que la stéarine, fond plus lentement, permettant la formation d'une coupelle au centre de laquelle se trouve la mèche. Ainsi, la bougie « coule » moins que les chandelles ou les cierges, ce qui permet une plus longue durée d'utilisation pour une quantité de matière donnée. Certains fabricants ménagent des cheminées dans le bloc de stéarine sur toute la longueur de la bougie, permettant ainsi à la stéarine fondue en excès de couler vers l'intérieur augmentant encore la durée d'utilisation. [4] [5]

La mèche d'une bougie est constituée d'une tresse de fils de coton qui se courbe en s'allongeant. L'extrémité de la mèche se trouve dès lors placée dans une partie extrêmement chaude de la flamme et exposée à l'oxygène. Elle va alors brûler et être réduite en cendre. L'acide borique qui imbibe la tresse sert de fondant en régissant avec les résidus de chaux présents dans la stéarine. Sans cela, la chaux engorgerait la mèche et diminuerait sa capillarité. Avec les mèches tressées et imbibées, l'éclairage à la bougie est devenu automatique, permettant plusieurs heures d'éclairage sans aucune manipulation.

Observons maintenant la flamme d'une bougie. Nous constatons qu'elle présente différentes zones :

- Une zone bleue à la base de la flamme : la cire vaporisée à 600°C depuis la mèche apporte suffisamment de chaleur à distance à la cire solide pour la faire fondre ;
- Une zone sombre : constituée de vapeur de cire, provenant de la cire liquide de la mèche, à une température de 600°C . Dans cette zone il n'y a pas de combustion, c'est pourquoi elle est sombre ;
- Une zone éclairante : c'est la zone de combustion incomplète de la vapeur de cire. La combustion étant incomplète il reste du carbone qui n'a pas réagi avec l'oxygène de l'air. Ce carbone est porté à incandescence, d'où la lumière jaune. La température de cette zone est de 1000°C ;
- Une zone éclairante peu brillante : la combustion y est complète, toute la cire s'est transformée en dioxyde de carbone et en eau. La température est supérieure à 1000°C ;

Entre les deux zones brillantes, la frontière de transition entre la combustion incomplète et la combustion complète, marquent le passage d'un domaine peu riche en oxygène en un domaine plus riche. [6]



Figure 1: Trajectoire des gaz

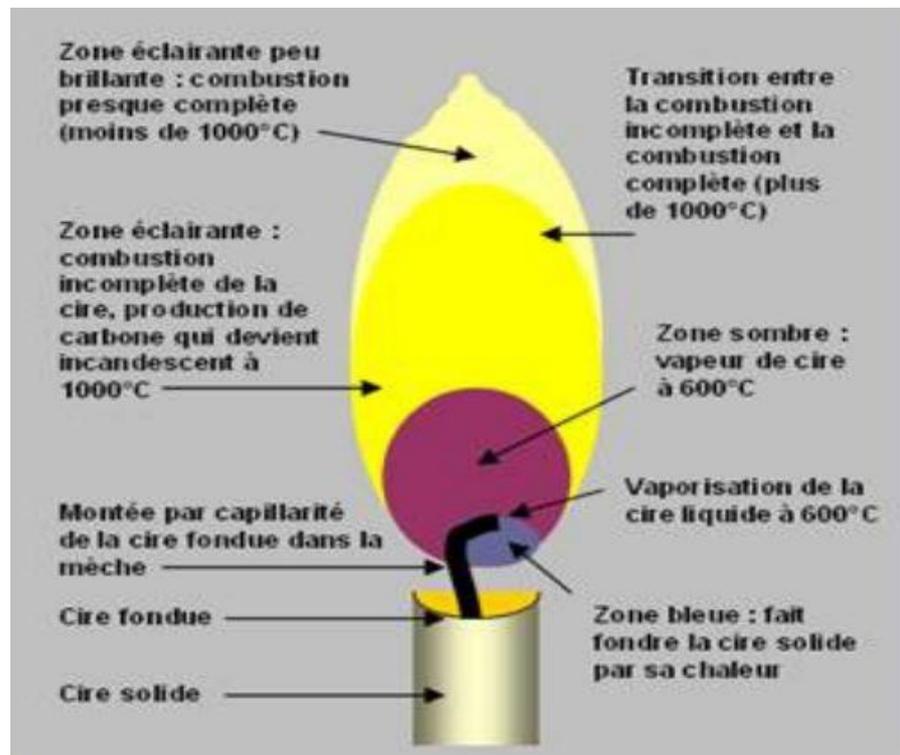


Figure 2: Flamme d'une bougie

À mesure que les gaz et les particules s'élèvent vers le haut dans la flamme, leur température baisse et la couleur vire à l'orange et au rouge.

Par principe une bougie produit des suies.

Une bougie s'éteint lorsque l'on souffle sur sa flamme car on rompt le triangle du feu ce qui stoppe instantanément sa combustion.

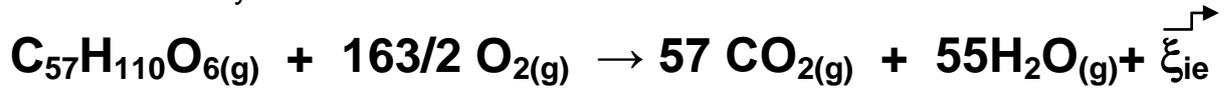
Dans une chambre de combustion, on retrouve également ce terme de « flamme soufflée » lorsque le mélange carburant–air est trop pauvre.

L'odeur de bougie que l'on perçoit à l'extinction d'une bougie est celle des gaz combustibles qui continuent de s'échapper de la mèche tant qu'elle reste suffisamment chaude pour fondre la stéarine. C'est également l'émanation de ce gaz qui permet de rallumer la bougie encore chaude à distance.

La cire à bougie passe gazeuse vers les 900 °C. [5]

I.3- ASPECTS ENERGETIQUES

Pour déterminer l'énergie produite par la combustion d'une bougie, la stéarine ou tristéarine peut être considérée comme étant le combustible principal. Ce composé chimique, de formule $C_{57}H_{110}O_6$, a une masse molaire $M(C_{57}H_{110}O_6) = 891 \text{ g.mol}^{-1}$. La stéarine s'oxyde au contact de l'air suivant la réaction:



La formule topologique de la stéarine permet de déterminer les liaisons qui se dissocient au cours de la réaction:

- 53 dissociations de liaisons **C–C**
- 6 dissociations de liaisons **C–O**
- 3 dissociations de liaisons **C=O**
- 110 dissociations de liaisons **C–H**

Il faut ensuite compter la condensation des 57 atomes de carbone, dont l'enthalpie a une valeur de

$$\Delta_r H^\circ_{\text{cond}} = 717 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Ensuite se forment les produits de la réaction:

- 57 formations de molécules de **CO₂**
- 55 formations de molécules de **H₂O**

La loi de Hess permet de déterminer l'enthalpie standard de la réaction totale. Ainsi la combustion de la stéarine libère une énergie de 40,2 kJ/g.

Par exemple, une bougie dite "chauffe-plats", constituée en moyenne de 10 g de combustible, représente une énergie potentielle chimique de 402 kJ que la combustion libérera sous forme de chaleur et de rayonnements. [7] [8]

Chapitre II. APPAREILLAGES ET MATIERES PREMIERES

II.1- MATIERES PREMIERES

Chaque bougie se compose d'une ou de plusieurs mèches et d'une masse combustible solide: la cire.

II.1.1- La cire

La cire est le principale constituant de la bougie .Elle est composée d'un acide gras et d'un alcool à longue chaîne. Le mot «cire» est un terme générique recouvrant différentes matières premières. La cire de bougie peut être minérale(le paraffine), animale (la cire d'abeille et la stéarine) ou végétale (la cire de soja).

II.1.1.1- Le paraffine

- Généralités

Le mot paraffine vient du latin parum affinis, « qui a peu d'affinité ». Il s'agit, non pas d'un distillat du raffinage du pétrole comme on peut le lire parfois, mais d'un produit extrait des résidus solides du pétrole d'où la dénomination de « graisse minérale » ou « graisse ozocérite ». [9]



Figure 3: Paraffine granulée

- Types

Les paraffines sont des alcanes dont on distingue les paraffines constituées d'alcanes linéaires et celles constituées d'alcanes ramifiées, soit :

- les paraffines liquides ou fluides
- les paraffines huileuses ou pâteuses
- les paraffines solides [10] [11]

- Champ d'applications

Compte tenu de ses nombreuses qualités, la paraffine a un champ d'applications extrêmement vaste et diversifié :

-industrie : pour la conservation de la viande, dans la fabrication d'allume-feu pour barbecue, employée dans la fabrication des bougies, utilisée comme agent d'enrobage et isolant, utilisée comme fluide de refroidissement et lubrifiant.

-médecine : utilisée comme laxatif, utilisée dans la composition de nombreuses préparations dermatologiques et cosmétiques, utilisée à des fins paramédicales et thérapeutiques, utilisée comme bouillotte médicale.

-art : peintures, crayons de couleur, cire à colorier

-sport : utilisée comme antidérapant

-alimentation : utilisée en conservation des confitures, utilisée dans des recettes [12]
Ce tableau nous montre les propriétés chimiques et physiques d'une paraffine.

Tableau 1: Propriétés d'une paraffine

PROPRIETES CHIMIQUES	
Formule brute	C_nH_{2n+2}
PROPRIETES PHYSIQUES	
Fusion	50 à 57°C
Solubilité	-Insoluble dans H ₂ O, EtOH -Soluble dans le benzène, disulfure de carbone, chloroforme, éther diéthylique, huiles. -Fondue, elle est miscible avec le spermaceti et les gras
Masse volumique	0,90 g·cm ⁻³
Point d'éclair	199°C

Source : Identification du paraffine sur wikipedia, consulté le 10/04/2019

II.1.1.2- La cire d'abeille

- Généralités

C'est un produit métabolique des abeilles mellifères. La cire est sécrétée au niveau de l'abdomen des ouvrières et sert à la construction des alvéoles.

Chimiquement, la cire d'abeille se compose principalement d'esters d'acides gras et de divers alcools à longue chaîne. [13]

- Utilisations

- comme additif alimentaire

-utilisée dans l'ingrédient des cires employées dans les tablettes de cire, la cire à cacheter et les bougies

- utilisée dans les industries cosmétiques
- utilisée pour la fabrication des cierges
- utilisée comme ingrédient dans les mélanges de cires
- employée dans la fabrication de plaques de cire utilisées pour les décorations de bougies (fleurs, rubans, ornements ...) [14] [15] [16] [17]



Figure 4: Cire d'abeille

Le tableau suivant nous énumère les propriétés d'une cire d'abeille.

Tableau 2: Propriétés d'une cire d'abeille

PROPRIETES CHIMIQUES	
Indice d'iode	8–11 (ordinaire), 7–11 (blanche)
Indice d'acide	17–21 (ordinaire), 17–24 (blanche)
Indice de saponification	87–104
PROPRIETES PHYSIQUES	
Fusion	62 à 65 °C
Solubilité	Insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool froid, soluble dans l'alcool chaud, le chloroforme, le benzène, l'éther, le disulfure de carbone
Masse volumique	0,95-0,960 g·cm ⁻³
Point d'éclair	> 254°C
PROPRIETES OPTIQUES	
Indice de réfraction	1.485-1.505

Source : Identification de la cire d'abeille sur wikipedia, 2019

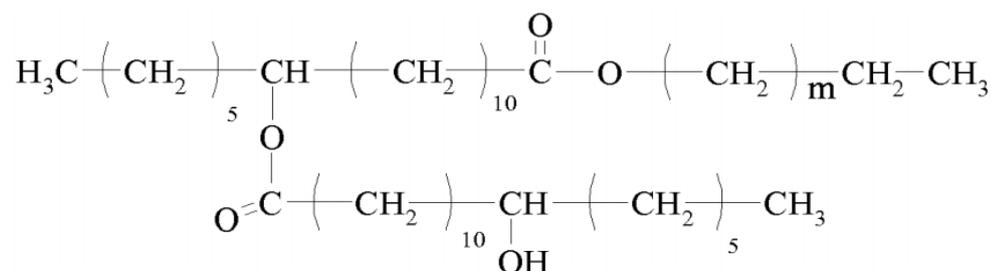


Figure 5: Molécule de cire d'abeille

Source : la cire d'abeille sur terrapis.fr, 2019

- Compositions

Nous allons aborder dans ce tableau la composition de la cire d'abeille.

Tableau 3: Composition d'une cire d'abeille

COMPOSITION TYPIQUE DE LA CIRE	POURCENTAGE
Hydrocarbures	14%
Monoesters	35%
Diesters	14%
Triesters	3%
Hydroxy monoesters	4%
Hydroxy polyester	8%
Acide d'esters	1%
Acide de polyesters	2%
Acide	12%
Alcool	1%
Non identifié	6%

Source : Caractéristique de la cire d'abeille sur wikipedia, 2019

II.1.1.3- La stéarine

- Généralités

La stéarine (du grec «stear» – suif) est un mélange solide et cristallin de différents acides gras composé pour l'essentiel de palmitine et d'acide stéarique. La stéarine est produite à partir de graisses et d'huiles animales (suif de bœuf et de porc) et d'huiles végétales (huile de palme). [18] [19]



Figure 6: Grain de stéarine

- Utilisations

L'utilisation de la stéarine est essentielle à la fabrication du bougie, par cette particularité, la bougie en stéarine possède une excellente stabilité thermique.

Elle a pour rôles :

- d'élever le point de fusion de la paraffine à laquelle il est mélangé ;
- de rendre les couleurs plus pastel ;
- de rendre la bougie plus dure. C'est un durcisseur;
- de rendre la durée de la bougie plus longue [20]

Les propriétés de la stéarine sont exposées dans le tableau qui suit :

Tableau 4: Propriétés de la stéarine

PROPRIETES CHIMIQUES	
Formule brute	$C_{57}H_{110}O_6$ [Isomères]
Masse molaire	$891,4797 \pm 0,0551$ g/mol C 76,8 %, H 12,44 %, O 10,77 %,
PROPRIETES PHYSIQUES	
Fusion	$55^{\circ}C$
Solubilité	-Insoluble dans l'eau, -très peu soluble dans l'éthanol
THERMOCHIMIE	
$\Delta_{fus}H^{\circ}$	$203,26$ kJ·mol ⁻¹ à $345,7$ K
$\Delta_{vap}H^{\circ}$	$174,9$ kJ·mol ⁻¹ à 506 K

Source : Identification du stéarine sur wikipedia, 2019

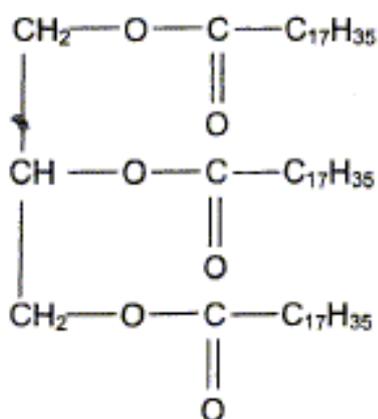


Figure 7: Molécule d'une stéarine

Source : formule chimique de la stéarine sur bougie.com, 2019

II.1.2- Mèche à feu

La mèche est une ficelle ou une corde de fibres tordues, tressés lâchement.

Une mèche a l'avantage de tirer une quantité constante de cire vers la flamme par capillarité. Les matériaux communément utilisés pour construire des mèches sont le coton, le papier. La mèche à bougie joue donc un double rôle : celui d'acheminer la cire vers la flamme et celui d'un support pour la combustion. [21]

Dans la fabrication d'une bougie on peut avoir deux types de mèche :

II.1.2.1- Les mèches tressées

Les mèches tressées sont les plus courantes. Elles sont constituées d'une multitude de fils tressés entre eux, plus ou moins épais et plus ou moins tendus lors du tissage. On trouve des mèches tressées en fils de coton, en fil de lin ou en chanvre. Ce type de mèche se décline en 3 tressages distincts : tressage plat, tressage rond, tressage carré.

II.1.2.2- Les mèches cirées

Les mèches cirées sont enveloppées de cire c'est à dire plongées dans un bain de cire liquide. Certaines mèches cirées sont fabriquées autour d'un fil de zinc qui offre une meilleure rigidité et une stabilité excellente au moment du coulage de la cire. [22]



Figure 8: Mèche tressée et cirée

II.1.3- Parfum

II.1.3.1- Huile essentielle

Les huiles essentielles ou essence végétale, ou encore EO, acronyme de Essential Oils, en anglais ; un produit naturel ; sont des liquides concentrés et hydrophobe des composés aromatique volatils d'une plante.

Par sa composition aromatique ou odoriférante, les huiles essentielles sont employées dans la parfumerie. [23]

II.1.3.2- Huiles parfumées

Les huiles parfumées, plus commodément appelées FO, acronyme de Fragrance Oils, en anglais, sont des huiles synthétiques, ce qui signifie que leur fragrance est composée chimiquement et non à partir d'un élément naturel. [23]

II.1.4- Colorants

Un colorant est une substance utilisée pour apporter une couleur à un objet à teinter. Les colorants pour bougie sont, la plupart du temps, disponibles sous 2 formes:

- en poudre, granulés ou sous forme de disques ;
- sous forme liquide ;

Il existe une troisième forme de colorant pour bougies: les pigments. Les pigments sont extrêmement concentrés mais ils ont l'inconvénient de saturer la mèche et d'empêcher son bon fonctionnement.

II.1.5- Additifs

II.1.5.1- Vybar

C'est un complexe dérivé d'hydrocarbures, donc c'est un polymère qui a une molécule de masse moléculaire importante dans laquelle le monomère est répété à plusieurs fois. Le vybar est utilisé principalement en fabrication de bougies pour lier l'huile et la paraffine. Il a aussi un rôle d'augmenter la durabilité, la combustion et la répartition des couleurs.

II.1.5.2- Microcrystalline Hard

C'est un type de cire ayant un point de fusion très élevé, environ 80°C. Comme son nom l'indique « hard » en anglais signifie plus dur, donc celle-ci joue un grand rôle pour renforcer la cire. La trempage des bougies dans le micro hard donne aux bougies une spécificité plus claire comme un effet de flocon de neige.

II.1.6- Autres décorations

Le décor varie selon la préférence de chacun, tant qu'il n'intervient pas à la combustion de la bougie, tel que les paillettes (sur la partie externe de la bougie), les écritures.

De nombreux produits permettent de décorer des bougies :

- Les stylos de cire permettent d'écrire ou de dessiner sur les bougies ;
- Les feuilles de cire colorées peuvent être découpées au ciseau ou à l'emporte-pièce de pâtisserie; le motif sera ensuite chauffé dans la paume de la main, puis pressé sur la bougie ;

- Les bordures de cire adhèrent à la bougie par simple pression de la main, grâce à la chaleur corporelle ;

Ces produits peuvent être combinés et permettent toutes les fantaisies pour réaliser des décors personnalisés.

II.2- MATERIELS UTILISES

Pour la fabrication des bougies, on peut trouver facilement les matériels nécessaires dans toutes les boutiques.

II.2.1- Une casserole

Une casserole est un ustensile de cuisine à fond cintré cerclé, muni d'un manche inamovible (ou d'une queue).

De ce fait, la casserole est nécessaire pour faire fondre à l'aide d'un bain marie les matières premières : le paraffine, la stéarine ou le cire d'abeille.

II.2.2- Un récipient

On aura besoin d'un nombre conséquent de récipients (principalement des verseurs) dans lesquels chauffer la paraffine et effectuer mélanges de couleurs et de parfums.

II.2.3- Un moule

Le moule se définit comme un récipient de forme particulière servant généralement à la cuisson. C'est pour cela qu'on a utilisé ce matériel pour en donner une forme.

Nombreuses sont les formes de moules, on a donc de multiple choix.

Il existe une variété presque infinie de moules et chacun à plusieurs manières de les utiliser. Le résultat est une myriade de types et formes de bougies différentes et c'est ce qui contribue à rendre les bougies si attractives.[24]

Les moules disponibles sont pour la plupart:

- en métal (ou en aluminium) ;



Figure 9: Moule métallique

- en polycarbonate (plastique) ;



Figure 10: Moule plastique

- en caoutchouc (ou en latex) ;



Figure 11: Moule en caoutchouc

Il existe aussi des moules en verre mais de par leur matériau même, leur prix est relativement élevé et leur manipulation sujette à accidents.

Les moules sont des éléments indispensables au bougicoteur, mais malheureusement ce sont des pièces de matériel relativement chères.

II.2.4- Un attache-mèche / pince-mèche

Tous outils pouvant pendre une mèche au dessus du moule peuvent servir d'attache-mèche. Pour simples qu'ils soient, les pince-mèches sont de petits accessoires qui peuvent aider beaucoup au moment de la fixation de la mèche et de la tenir bien centrée dans le moule pendant le versage de paraffine et pendant son durcissement.[25]

II.2.5- Un thermomètre

On utilise un thermomètre pour garder un œil sur la température de la cire. Pour l'idéale, un thermomètre peut mesurer précisément des températures allant jusqu'au point d'ignition de la paraffine, c'est approximativement 190°C.

II.2.6- Autres équipements

Pour une mesure de sécurité, on peut protéger le zone de travaille par :

- des journaux, serviettes ou chiffons À moins qu'on ait une zone consacrée à cet usage qu'on peut salir ;
- de l'eau savonneuse tiède placée à porté de la main en cas de renversement de la cire.

II.2.6.1- Décapeur thermique

Le décapeur thermique peut être utile dans la finition des créations. Le décapeur dégage de l'air chaud pour faire fondre superficiellement la surface de la bougie et par la suite gommer les petits reliefs et aplatir la surface de la bougie lors du surversage.[26]



Figure 12: Décapeur thermique

II.2.6.2- Balance de cuisine

Une balance est nécessaire pour la fabrication de bougie pour régler la dose de la composition du mélange. Il existe en faite deux types de balance : la balance électronique et la balance mécanique.

Chapitre III. TYPES ET PROCÉDES DE FABRICATIONS

Il existe trois principaux types de bougies:

- les piliers, les chauffe plates et les votives, qui sont coulées dans un moule puis démoulées une fois durcies ;
- les chandelles, qui prennent forme en trempant répétitivement une longueur de mèche dans la paraffine liquide ;
- les conteneurs, dont la cire est coulée dans un récipient.

III.1- BOUGIE PILIER /CHAUFFE PLATE/VOTIVE

Ces trois sortes de bougie ont les mêmes caractéristiques mais seules leurs tailles les différencient. Les piliers sont de taille plus grande ; les chauffe-plates et votives sont de taille petite.

III.1.1- Généralités

Ce sont probablement le type de bougies les plus classiques et les mieux connues.

Ils existent en une variété incroyable de formes, de tailles et de couleurs. Les formes les plus courantes sont le cylindre et le carré. Ces bougies sont coulées dans un moule et sont, après solidification, auto-portantes, c'est-à-dire qu'elles sont brûlées telles quelles, sans aide d'un récipient pour les contenir.[27]



Figure 13: Bougie pilier

III.1.1.1- Formes et modèles

Ces bougies se déclinent en un nombre incroyable de formes, de tailles, de couleurs et d'aspects différents. Elles peuvent être constituées d'une seule couleur, d'un dégradé de couleurs, de couches de couleurs successives (et ces couches peuvent être horizontales, obliques, obliques inversées, verticales). Elle peut aussi être faites de morceaux de cire de même couleur ou de couleurs différentes recouverts de paraffine colorée ou non.

III.1.1.2- Utilisation

La formulation du mélange de paraffine utilisé pour ces bougies ainsi que le choix de la mèche est très important, leur permettant de brûler sans qu'elles soient besoin de le placer dans un récipient quelconque.

III.1.2- Les Formules

Contrairement aux autres types de bougies, la formule desquelles ne varient que très peu, les formules pour ces bougies sont légions. On peut les faire en restant très simple et en utilisant de la paraffine pure, mais l'effet obtenu sera plus agréable si on ajoute un ou plusieurs produits.[28]

Les formules sont présentées dans ce tableau :

Tableau 5: Formules pour pilier/chauffe-plat/votive

FORMULES	Paraffine 55°C MP	Cire d'abeille	Stéarine	Vybar
Formule #1	100%			
Formule #2	96%			4%
Formule #3	80-100%		0-20%	
Formule #4	50-60%	40-50%		
Formule #5		100%		

Source : Formule sur bougie.com, 2019

III.1.3- Le Matériel nécessaire

On a besoin des choses suivantes: un moule, une mèche, de la cire (mélange pour piliers), du mastic d'étanchéité, un accessoire pour garder la mèche tendue (pince-mèche).

Pour les chauffe plates on a besoin d'une coupole pour que la cire ne se déborde pas et salisse les couverts.[29]

III.1.3.1- Les moules

Pour les piliers, on utilise pratiquement n'importe quel type de moule (polycarbonate, métal, caoutchouc,...).

III.1.3.2- Les mèches

Les mèches les plus utilisées sont la tresse plate et la tresse carrée.

L'épaisseur de la mèche dépendra du diamètre de la bougie.

III.1.3.3- Le mastic d'étanchéité

Le mastic sert à recouvrir la surface du moule traversée par la mèche et sert à protéger la zone de travail.

III.1.3.4- Les pince-mèches

Lorsque la paraffine refroidit, elle se contracte. Ce phénomène normal peut avoir pour conséquence, si elle n'est pas solidement tendue, d'entraîner la mèche dans son mouvement et de faire en sorte qu'elle ne soit plus ni droite ni centrée.

Pour éviter cela, on maintient la mèche tendue et centrée à l'aide d'un pince-mèche.

III.1.3.5- Les coupoles

La coupole est un simple petit ravier d'aluminium préformé, pour contenir les chauffe plates.



Figure 14: Coupoles

III.1.4-Processus de fabrication

III.1.4.1- Les avantages

- elle est réalisable avec peu de matériel ;
- elle offre des degrés de difficulté croissants qui la rendent intéressante ;
- elle regroupe plusieurs techniques constamment utilisées en création de bougies ;

III.1.4.2- Spécifications

- Difficulté: facile
- Temps nécessaire: environ 1 heure (+ refroidissement)

III.1.4.3- La réalisation

- Préparer le mélange et l'amener à une température comprise entre 82°C et 88°C.
- Découper une longueur de mèche, plus long que le moule et la primer.

Placer la mèche dans le moule, faire la passer par le trou dans la partie inférieure du moule et la fixer par un mastic d'étanchéité.

Tendre la mèche, de la partie supérieure, par une pince mèche.

- Veiller à ce que la température de la paraffine soit toujours comprise entre 82°C et 88°C. On peut à présent ajouter le colorant.

- Encore une fois, vérifier la température. Si elle chute sous les 82°C, remettre le pot de versage dans le bain-marie jusqu'à ce que la température atteigne à nouveau 82°C.

Un préchauffage des moules est nécessaire si elles sont en métal.

- Verser la paraffine dans le moule lentement et pas de trop haut afin d'éviter la formation de bulles d'air. Garder un peu de paraffine de côté.

Lorsque la paraffine commence à refroidir (après environ 30 à 45 minutes mais cela dépend de la taille de la bougie et de la température ambiante), on verra ensuite entre les bords du moule et la mèche, un creux, appelé cavité de refroidissement.



Ceci est un phénomène normal et c'est pour combler cette cavité qu'on garde de côté un peu de paraffine provenant du même lot. Mais avant de combler, il faut assurer qu'il n'y a pas de poches d'air prisonnières sous la surface, le long de la mèche. Pour ce faire, utiliser une aiguille et l'enfoncer à la verticale dans la cire, tout autour de la mèche. Enfoncer le plus loin possible, jusqu'à ce qu'on sent une résistance. Percer à des endroits différents tout contre la mèche pour s'assurer qu'il n'y a plus d'air. Ces trous creusés sont appelés trous de détente.

- Ramener le reste de la paraffine à une température de 88°C et une fois cette température est atteinte, très doucement, combler la cavité de refroidissement qui s'est formée dans le moule.
- Répéter encore une fois l'opération précédente si la cavité de refroidissement persiste encore.

Lorsque la bougie est entièrement refroidie (ce qui peut prendre une à deux heures) et que le moule est froid au toucher, retirer la boulette de mastic d'étanchéité du fond du moule et le pince-mèche.

- Effectuer le démoulage.
- Quand la bougie est entièrement sortie du moule, couper à ras la mèche du côté de la base de la bougie.[30]

III.2- CHANDELLE

III.2.1- Généralités

Lorsque le mot chandelle est évoqué, l'image d'un dîner romantique nous vient immédiatement à l'esprit. Leur mode de production a bien évolué au fil des siècles, mais la manière traditionnelle de les fabriquer (tremper de manière répétée une mèche dans un corps gras liquéfié afin d'accumuler les couches et de donner à la bougie son épaisseur) est restée la même.[31]

III.2.1.1- Histoire

Comme la plupart des inventions, celle des chandelles est plus que probablement due au hasard. Quelqu'un, un jour, a dû remarquer en faisant cuire sa viande au-dessus d'un feu que lorsque la graisse tombait en gouttes sur les flammes, cela ravivait le feu. De là à se dire que cette graisse pourrait servir à s'éclairer une fois l'obscurité tombée. Les mèches n'existant pas encore, ce sont des roseaux ou autres tiges fibreuses qui étaient plongées dans la graisse liquéfiée puis allumées. Mais la graisse (ou suif) a une fâcheuse tendance à puer et à produire beaucoup de fumée en brûlant.

Plus tard, c'est la cire d'abeille qu'on lui préférera, notamment en raison de son agréable parfum, mais son prix la rend peu accessible au "grand public".

L'industrie pétrolière et, avec elle, l'apparition de la paraffine rendra cette dernière énormément populaire jusqu'à ce jour.



Figure 16: Chandelle

III.2.1.2- Formes et modèles

Comme l'indique leur nom anglais «taper » (veut dire une forme conique) les chandelles ont une forme bien caractéristique, allongée et légèrement conique (plus large à la base qu'au sommet).

III.2.1.3- Utilisation

Traditionnellement, les chandelles sont placées sur des supports nommés bougeoirs (munis d'une douille où l'on enfonce la bougie), chandeliers (munis d'une pique sur laquelle on pique la bougie) ou candelabres.

III.2.2- Les formules

Les formules pour chandelle sont récapitulées par le tableau suivant.[32]

Tableau 6: Formules pour chandelle

FORMULES	Paraffine	Cire d'abeille	Stéarine
Formule #1	70-95%		5-30%
Formule #2	40-60%	40-60%	
Formule #3	65%	25%	10%

Source : formule d'une chandelle sur bougie.com, 2019

III.2.3- Les matériels nécessaires

Depuis plusieurs siècles, le mode de fabrication des chandelles a peu changé.

III.2.3.1- Le récipient de trempage

Un récipient dans lequel faire fondre la paraffine et tremper les mèches qui donneront naissance à des chandelles.

Avec pourtant un détail d'importance: sa hauteur. En effet, la hauteur du récipient de trempage dépendra de la taille maximale des chandelles à fabriquer.[33]

III.2.4- Processus de fabrication

Si le procédé en soi est des plus simples, il est très important de constamment vérifier et, si nécessaire, ajuster la température de la cire dans laquelle on trempe les mèches.

Au fur et à mesure, vos chandelles évolueront: torsion, sur-trempage, effets spéciaux,... les chandelles offrent bien des possibilités!

III.2.4.1- Spécifications

- Difficulté: relativement facile
- Temps nécessaire: environ 1 heure

III.2.4.2- La réalisation

- Effectuer toutes les préparations :
 - rassembler toutes les matériels
 - préparer la composition

- installer le bain marie
- Le mélange devrait garder une température entre 70°C et 78°C pendant toute l'opération de trempage. La température de la cire étant un facteur primordial de réussite ou d'échec
- Préparer la mèche à tremper. Il est nécessaire de lester l'extrémité des deux moitiés de la mèche.
- Effectuer les trempages.
 - Pour le premier trempage, plonger les mèches dans la cire et les laisser tremper une trentaine de secondes. Cela permet à l'air contenu dans les fibres de la mèche de s'échapper et à la mèche de s'imbiber de paraffine.
 - Laissez les mèches et la paraffine qui les recouvre refroidir pendant une minute.
 - Les trempages suivants se ressemblent tous: tremper les mèches rapidement jusqu'au même niveau que la précédente.
 - Diminuer un peu la température si les chandelles ne grossissent pas correctement.
 - Après quelques trempages, lorsque les chandelles atteignent un certain diamètre, patienter deux minutes au lieu d'une entre chaque trempage.
 - Couper ensuite les lests de la mèche.
- Une fois que les chandelles auront atteint le diamètre désiré, placer les sur un support plat et propre et rouler les sous la main pour les aplanir et éventuellement les redresser un peu.[34]



Figure 17: Finition d'une chandelle

III.3- BOUGIE CONTENEUR

III.3.1- Généralités

Les Conteneurs sont faits pour être brûlés dans le récipient même où leur cire a été coulée. Non seulement les récipients que l'on choisira devront supporter la chaleur engendrée par la flamme mais ils devront également répondre à certains critères esthétiques.[35]



Figure 18: Bougie conteneur

III.3.1.1- Formes et matières

Pour commencer par une Lapalissade: les Conteneurs ont la forme de leur récipient, mais ceci ne veut pas dire que tous les récipients conviennent.

- Première exigence :

Leur matériau doit pouvoir supporter la chaleur dégagée par la combustion de la flamme

- Deuxième point essentiel :

Eviter tout matériaux inflammable comme les bois, les cartons, les caoutchoucs.

- Troisième élément :

La forme générale du récipient devrait être droite ou évasée (plus large en haut qu'en bas) et ne pas présenter d'importantes différences de diamètre (genre sablier).

Une bonne combustion d'une bougie est principalement liée à un bon rapport de diamètre entre la bougie et la taille de la mèche.

III.3.2- Les Formules

De par sa composition chimique, la paraffine augmente de volume lorsqu'on la chauffe et qu'elle passe à l'état liquide et se contracte lorsqu'elle refroidit et qu'elle se solidifie. C'est un avantage lorsque l'on réalise des Piliers, par exemple, parce que cela facilite

grandement le démoulage. Mais dans le cas du Conteneur, c'est franchement un inconvénient parce que cette contraction provoque un vide dans le moule.

Un seul remède dans ce cas: contrer le plus possible la contraction de la cire lors du refroidissement. Et pour cela une seule solution: réduire autant que possible la différence entre la température de la paraffine une fois refroidie (température de la pièce) et sa température lorsqu'on la verse dans le conteneur.[36]

Trois formules pour conteneur sont présentées par le tableau suivant :

Tableau 7: Formules pour conteneur

FORMULES	Paraffine 120°C PF	Cire d'abeille	Stéarine	Vybar	microcristaline
Formule #1	46%		46%	4%	4%
Formule #2		100%			
Formule #3	83%			6%	11%

Source : Formule pour conteneur sur bougie.com, 2019

III.3.3- Processus de fabrication

III.3.3.1- Spécifications

- Difficulté: assez difficile
- Temps nécessaire: environ 1 heure (+ refroidissement)

III.3.3.2- La réalisation

- Préparer à l'avance tout le matériel dont nous aurons besoin.
- Préchauffer le conteneur dans un four à 100°C.
- Faire fondre le mélange pour conteneur au bain-marie.
- Ne pas primer la mèche dans le mélange pour conteneurs (trop épais et trop gras), la primer dans la paraffine de base (sans additifs).
- Retirer la cire du bain-marie lorsqu'elle atteint 180°F (conversion) et ajouter le colorant choisi, remuer consciencieusement afin de bien incorporer le colorant à la cire.
- Si on choisi de parfumer le conteneur, ajoutez-y également la FO et mélanger avec conviction pendant au moins 120 secondes.
- Empêcher au maximum la contraction de la cire durant le refroidissement

- Verser très lentement en inclinant le conteneur

Après formation de cavité de refroidissement, on doit pratiquer des trous de détente à l'aide d'une aiguille. Afin de combler la cavité de refroidissement, il faut réchauffer un peu du mélange restant et le verser.

Tout ceci (formulation, versage à basse température, refroidissement lent) devrait faire en sorte que la cire du Conteneur reste bien collée aux parois du récipient et ne devienne pas un bloc de paraffine gigotant dans un bocal.[37]



Figure 19: Conteneur après versage

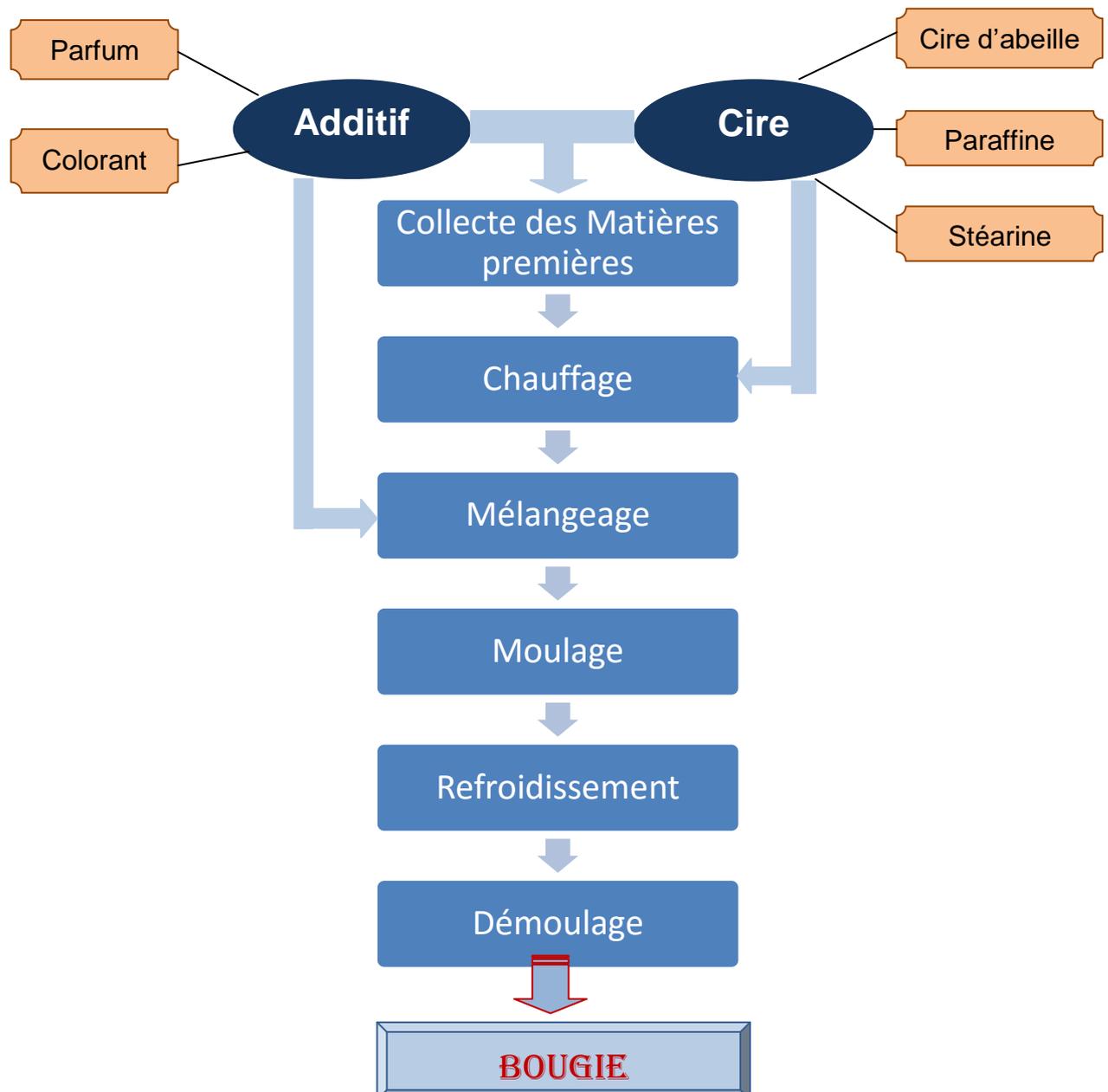
Deuxième partie : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre IV. Présentation de l'expérience et approche environnementale

IV.1- Présentation de l'expérience

Dorénavant, la bougie existe déjà. Son utilisation prend de l'ampleur en ce moment, ce qui nous incite à procéder au perfectionnement du produit.

L'expérience s'applique dans quelques domaines à savoir : la durée, la qualité et le bien être. Nous voulons optimiser la durabilité pour avoir une durée plus longue lors de son utilisation ; améliorer sa qualité afin d'avoir une bonne odeur, moins de dégagement de fumée et moins de déchet de cire. Ainsi, le produit obtenu peut être utilisé comme ornementation.



IV.2- Approche environnementale

Comme il s'agit d'une combustion, l'émission du gaz carbonique est donc inévitable. A part cette émission, la combustion de la cire même provoque une émission des produits toxiques.

Il s'agit :

- Du formaldéhyde : il s'agit d'un gaz qui fait gratter le nez ainsi que d'autres voies respiratoires ;
- De l'acroléine: très toxique pour les narines ;
- Du benzène : ces bougies contiennent une grosse quantité de benzène, d'ailleurs qualifiée cette dernière de cancérigène.

Tout ceci est presque inévitable par contre nous pouvons réduire l'absorption de ces produits. La bonne aération du milieu diminue essentiellement les risques de toxicité.

Pour la bonne manipulation de la bougie, il y a des règles et méthodes à suivre :

- Avant l'allumage
 - Mettre la bougie sur une surface stable et protégée de la chaleur.
 - Enlever les morceaux d'allumettes, de mèche, ou tout autre élément tombé à la surface ou dans le bain de cire.
- Pendant la combustion
 - Eviter de faire brûler la bougie dans un courant d'air car cela pourrait entraîner une brûle irrégulière de la cire.
- L'extinction
 - Pour éteindre la bougie, trempez la mèche dans la cire fondue à l'aide d'une petite pince puis redressez là. Recentrez la rapidement si besoin pour éviter que le verre noircisse. La mèche sera ainsi enrobée de cire et l'allumage se fera plus facilement à la prochaine utilisation.
- Après l'extinction
 - Ne pas déplacer la bougie tant que la cire fondue n'a pas figé.
 - Protéger la bougie de la poussière et aider à préserver son parfum par un couvercle.

Chapitre V. Les matériels et matières premières utilisés pour les expériences de fabrication de bougie

V.1- Les matériels utilisés

V.1.1- Une balance

La fabrication de bougie nécessite une bonne composition en matière première c'est ainsi que nous devons utiliser une balance afin de bien préciser la composition (formule). Nous avons utilisé une petite balance électronique de précision mesurant jusqu'à 7kg, de plus, sa fonction "tare" (décompte du poids du récipient dans lequel se trouve la matière à peser) simplifie grandement sa manipulation.



Photo 1: Balance électronique

V.1.2- Une casserole

La casserole utilisée pour la réalisation du bain marie.



Photo 2 : Casserole

V.1.3- Un récipient

Le récipient va contenir le mélange au cours de la réalisation du bain-marie.

Le choix d'un récipient inoxydable ou en verre est préférable afin d'éviter une réaction d'oxydation et de métamorphoser les compositions chimiques des matières premières.

Outre, elle résiste à la chaleur. D'ailleurs, la méthode de bain-marie diminue de plus le risque d'oxydation.



Photo 3 : Récipients

V.1.4- Une baguette

La baguette est utilisée pour remuer le mélange contenu dans le récipient.

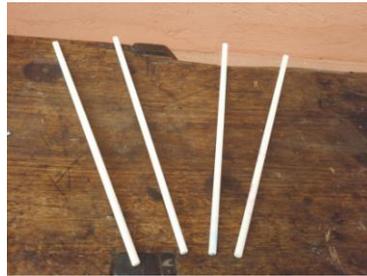


Photo 4 : Baguettes

V.1.5- Un thermomètre

Un bon thermomètre est indispensable pour la fabrication de bougie. Un thermomètre "classique" ne convient pas : celui dont nous avons besoin doit supporter des températures qu'un thermomètre classique ne couvre pas. Nous avons utilisé ici un thermomètre de cuisine allant jusqu'à 120°C.



Photo 5 : Thermomètre de cuisine

V.1.6- Une pince mèche

Une pince mèche sert à tenir bien droit la mèche au centre du moule. Nous avons choisi d'utiliser une pince à linge et pour le support, deux tiges de bois suffisent.

L'usage est très simple, il suffit de coincer la mèche entre les deux bras du pince-mèche, tendre la mèche en tirant sur l'extrémité opposée et centrer le tout.



Photo 6 : Pince et support

V.1.7- Un moule

Il faut utiliser un moule d'une seule pièce, celui-ci doit être soit droit, soit légèrement évasé pour un démoulage plus facile à la bougie une fois terminée.

Pour la fabrication des bougies, il est préférable d'utiliser les moules qui ne comportent pas des lignes de soudure pour que nous ne les voyons pas une fois que la bougie est terminée. Mais pour les moules qui comportent des lignes, une tache est à faire pour la finition pour amollir le léger relief obtenu sur la bougie.



Photo 7 : Moule pour pilier



Photo 8 : Moule pour conteneur



Photo 9 : Moule pour Chandelle

V.2- Les matières premières utilisées

Les matières premières les plus couramment utilisées dans la fabrication des bougies sont aujourd'hui la paraffine, la cire d'abeille et la stéarine qui peuvent être employées pures ou en combinaison. Ce sont des matières naturelles qui subissent un traitement complexe pour pouvoir offrir les propriétés voulues.

V.2.1- La cire

Il y a la paraffine, la cire d'abeille.

V.2.1.1- La paraffine

Un produit extrait des résidus solides du pétrole d'où la dénomination de « graisse minérale » ou « graisse ozocérite ». L'extraction a lieu à basse température, avec du propane liquide additionné aux goudrons qui ne sont pas distillés lors du raffinage. La paraffine peut être également extraite du lignite, de schistes bitumineux et de la tourbe. Les points de solidification des paraffines d'usage courant dans la fabrication des bougies se situent entre 45 °C et 70 °C. Les autres critères distinctifs sont la dureté, la teneur en huile et la viscosité. En raison de leurs propriétés chimiques et physiques, les paraffines conviennent à tous les procédés de fabrication de bougies.

Nous avons utilisé ici lors de la réalisation une paraffine provenant de la MCI (Madagascar Chimie Industrielle).



Photo 10 : Paraffine granulée

V.2.1.2- La cire d'abeille

C'est un produit métabolique des abeilles mellifères. La cire est secrétée au niveau de l'abdomen des ouvrières et sert à la construction des alvéoles.

La cire d'abeille naturelle contient une série d'impuretés qui peuvent être éliminées par différents procédés de purification. Souvent, elle est soumise à un blanchiment à l'aide de terre décolorante ou de peroxyde d'hydrogène. Mais comme elle perd du coup sa couleur et son parfum, dans une optique «marketing», les fabricants ajoutent après coup des colorants et des matières odorantes aux cires d'abeille ultra pures.

La couleur et l'agréable parfum de la cire d'abeille se développent au fil du temps, au contact du miel et du pollen. La couleur de la cire d'abeille va du jaune au jaune très orangé et au brun foncé en passant par le vert clair et foncé. Cette cire est fine, mâte, très malléable, d'une grande plasticité et collante une fois chauffée. Dans la nature, cette matière première n'est disponible qu'en quantité limitée.



Photo 11 : Cire d'abeille

V.2.2- La mèche

C'est une ficelle ou une corde de fibres tordues, tressés lâchement, qu'on met dans une bougie, un briquet, une lampe à pétrole ou à huile.

Le choix de la mèche est primordial lors de la fabrication de la bougie. Si la mèche est trop puissante, la flamme sera trop grande et provoquera de la fumée. Si la mèche est trop faible, la flamme sera trop petite et la cire ne fondra pas correctement, empêchant la bonne diffusion du parfum. Selon la taille de la bougie ou le parfum, il peut y avoir plusieurs mèches dans une seule bougie.

Pour arriver à ce résultat, il faut que la taille de la mèche soit calculée pour créer un bassin de fusion de diamètre absolument égal à celui de la bougie. De plus, la mèche doit chauffer assez fort pour vaporiser la paraffine se trouvant dans le bassin de fusion assez rapidement que pour que la bougie ne coule pas et que la mèche même ne se noie pas.

Une mèche trop petite crée un bassin de fusion trop petit et creuse un "tunnel" au centre de la bougie. Une mèche trop grosse aura tendance à fumer et à faire couler la paraffine fondue le long des bords de la bougie.



Photo 12 : Mèche en coton

V.2.3- Les bougies commerciales

Elles sont utilisées vu sa nature qui est à base d'huile animale pouvant remplacer l'acide stéarique.



Photo 13 : Déchet de bougie

V.2.4- Les parfums

Les parfums sont utilisés pour l'aromatisation de la bougie. Nous avons utilisé de l'huile essentielle comme parfum.



Photo 14 : Huile essentielle

V.2.5- Les colorants

Pour une bonne présentation et une meilleure esthétique, nous avons additionné du colorant dans la composition.



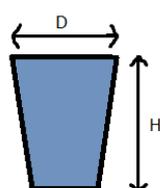
Photo 15 : Colorants en poudre

Chapitre VI. Méthodes et processus de fabrication

VI.1- Formule de chaque type de bougie

Avant notre étude sur la bonne composition de la bougie, nous avons déjà pré-étudié sur la taille de la mèche pour que la combustion soit normale. Sur ce, nous avons pratiqué des tests pour avoir la bonne taille de mèche afin que le bassin de fusion créée par cette dernière soit proportionnel à la surface de la bougie pour chaque moule. Pour toutes les formules, la composition de la cire est rapportée à 200g (100%).

VI.1.1- Bougie pilier



D = 5,7 cm
H = 7.8 cm

Figure 20: Moule pilier

Nous effectuons trois expériences de compositions différentes données par le tableau suivant :

Tableau 8: Expérience de composition du pilier

Expériences	Composition			
	Paraffine (g)	Bougie commerciale (g)	Cire d'abeille (g)	Parfum (nombres de gouttes)
1	200g			4
2	150g	50g		4
3	100g	100g		4

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VI.1.2- Chandelle

Pour les chandelles, comme nous avons vu sur le marché, le mode de fabrication ancienne (trempier la mèche à plusieurs fois pour donner l'épaisseur de la bougie) est maintenant remplacé et nous avons pratiqué un versage dans un moule.



D = 1,9 cm
H = 23,4 cm

Figure 21: Moule chandelle

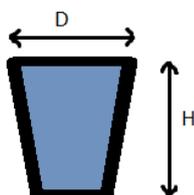
Nous avons dans le tableau suivant les expériences avec des compositions différentes pour chandelle :

Tableau 9: Essai de composition pour chandelle

Expériences	Composition			
	Paraffine (g)	Bougie commerciale (g)	Cire d'abeille (g)	Parfum (nombres de gouttes)
1	100g	100g		4
2	80g	120g		4
3	90g	90g	20g	4

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VI.1.3- Bougie conteneur



D = 4,8 cm
H = 5.5 cm

Figure 22: Moule conteneur

Nous allons présenter dans le tableau suivant les expériences avec les différentes compositions d'un conteneur.

Tableau 10: Essai de composition pour conteneur

Expériences	Composition			
	Paraffine (g)	Bougie commerciale (g)	Cire d'abeille (g)	Parfum (nombres de gouttes)
1			200g	
2	50g	50g	100g	
3	65g	65g	70g	4

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VI.2- Préparation des matières premières

VI.2.1- Paraffine

La paraffine est un produit déjà commercialisé, il suffit d'en acheter chez les commerçants spécialisés. Dans notre cas nous les avons procurés de chez MCI, un magasin de produits chimiques.



Photo 16 : Graine de paraffine

VI.2.2- Cire d'abeille

Il est difficile d'en trouver donc nous avons procédé à une extraction artisanale. Les étapes de cette extraction sont les suivantes :



Photo 17 : Ruche d'abeille

- tout d'abord, nous avons acheté une certaine quantité de ruche d'abeille (500g);

- faire bouillir avec de l'eau et la remuer dans une casserole;



Photo 18 : Mélangeage de la ruche

- passer le mélange ensuite dans un tamis pour enlever les impuretés ;



Photo 19 : Tamisage

- étaler le passant dans un récipient et laisser refroidir ;



Photo 20 : Etalage du mélange

- après refroidissement, la cire reste à la surface supérieure et le reste du miel se pose sur le fond du récipient ;
- il reste à récupérer la cire.



Photo 21 : Récupération de la cire

VI.2.3- Bougie commerciale

Nous avons acheté des déchets de bougie dans le marché. Nous les avons découpés en petites morceaux.



Photo 22 : Morceaux de bougie

VI.2.4- Mèche

Nous avons pris des fils en coton, nous les avons tressés puis nous les avons primés dans une paraffine. Ce « traitement » permet aussi un amorçage plus rapide et un allumage quasi immédiat.

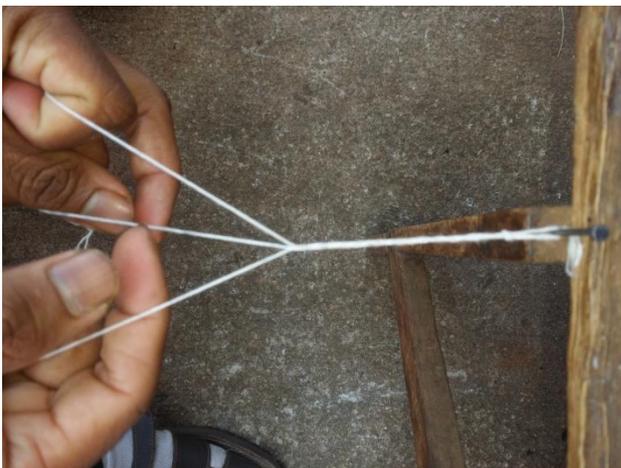


Photo 23 : Tressage de mèche



Photo 24 : Primage de mèche

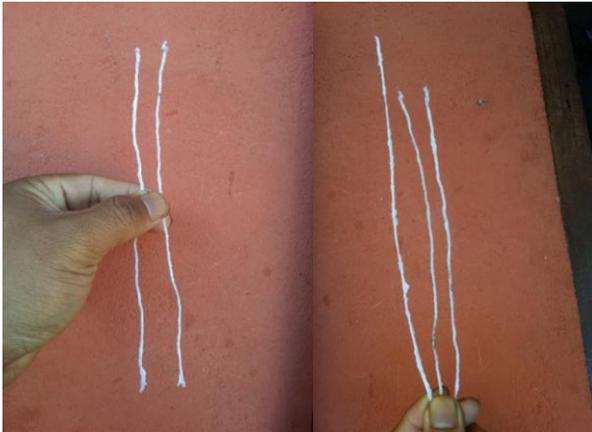


Photo 25 : Mèche finie

Nous avons placé maintenant la mèche dans le moule par une pince mèche.



Photo 26 : Mise en place de la mèche

VI.2.5- Colorant

Le colorant utilisé ici est un pigment spécifié pour teinter les cires.

Nous avons ici les trois couleurs de base (bleu, jaune et rouge), et pour obtenir d'autre couleur il suffit de les mélanger.



Photo 27 : Colorant de base

VI.2.6- Parfum

Le parfum ici c'est de l'huile essentielle qu'on peut trouver dans beaucoup de magasin.

VI.3-Le pesage

Le pesage consiste à une bonne suivie de la composition des mélanges.



Photo 28 : Pesage

VI.4- Chauffage avec mélangeage

Nous avons bouilli de l'eau dans une casserole puis nous avons mis dans l'eau bouillie le récipient contenant de la cire composé (cire d'abeille /paraffine/bougie commerciale) selon l'expérience à réaliser en la remuant.



Photo 29 : Mélangeage avec chauffage

VI.4.1- Mode de coloration

Si nous désirions des bougies colorées, deux méthodes existent:

- colorer entièrement la cire du mélange ;
- laisser la cire composé du mélange de couleur neutre, procéder à la fabrication de bougie, une fois terminé la tremper dans une petite quantité de paraffine vivement colorée.



Photo 30 : Ajout de colorant

VI.4.2- L'addition de parfum

Cette étape se fait juste avant le versage, nous avons ajouté au mélange quelques gouttes d'huile essentielle toute en remuant lentement.



Photo 31 : Ajout de parfum

VI.4- Versage

Préparer à l'avance le moule et la mèche.

Il faut fixer la mèche au centre du moule à l'aide d'une pince mèche.

Nous avons versé très lentement le mélange à la température plus basse dans le moule pour éviter la formation des bulles d'air, puis effectué une deuxième versage après quelques instants pour recouvrir la cavité de refroidissement.



Photo 32 : Versage

VI.5- Démoulage

Nous avons laissé refroidir entièrement la bougie dans le moule.

Puis, nous avons serré un peu le moule entre les paumes en le tournant régulièrement, ouverture vers le bas, afin d'aider la bougie à sortir. Si nécessaire, faire le geste de taper le moule contre la table mais arrêter brusquement le mouvement. La bougie devrait sortir sans trop d'efforts.

Si le démoulage est difficile, mettre le tout dans le congélateur et réessayer après quelques minutes.

Chapitre VII. Discussions des résultats

VII.1- Bougie pilier

VII.1.1- Résultats

Le tableau suivant montre les expériences effectuées pour les bougies piliers.

Tableau 11: Résultat pour pilier

Expériences	Durabilité	Fumée	Odeur parfumée	Déchet de cire
1	15h	Très peu	Intense	< 10%
2	16h15min	Très peu	Normal	< 10%
3	16h15min	Moyenne	Peu	< 15%

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VII.1.2- Analyses

- Expérience 1 : Ce mélange contenant 200 g de paraffine pure a une durabilité de 15h avec une odeur intense.
- Expérience 2 : Les 50g de paraffine sont substitués par des bougies commerciales provoquant ainsi une augmentation de 1h 15min de durabilité mais l'odeur devient normale.
- Expériences 3 : L'égalité des taux de bougies commerciales et de paraffine provoque un peu de fumée et peu d'odeur.



Photo 33 : Bougie Pilier

VII.1.3- Interprétations

Ces expériences nous montrent que celle du numéro 2 est donc la bonne composition pour la réalisation de ce type de bougie, tous les critères (durabilité, fumée et déchet de cire) sont optimaux. Pour son odeur, un ajout de quelques gouttes de parfum fera persister un peu plus l'odeur.

VII.2- Chandelle

VII.2.1- Résultats

Le tableau ci-dessous montre les résultats des expériences réalisées.

Tableau 12: Résultat pour chandelle

Expériences	Durabilité	Fumée	Odeur	Déchet de cire
1	6h	Moyenne	Peu	< 10%
2	6h30min	Moyenne	Normal	< 10%
3	6h30min	Moyenne	Peu	< 10%

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VII.2.2- Analyses

- Expérience 1 : Les quantités de paraffine et de bougies commerciales sont égales. Nous avons obtenu une durabilité de 6h avec une odeur peu suffisante
- Expérience 2 : Nous avons augmenté la bougie commerciale dans le mélange impliquant une diminution de la paraffine, la durabilité a augmenté de 30min.
- Expérience 3 : Nous avons additionné de la cire d'abeille dans la paraffine et la bougie commerciale, il n'y a pas eu de grand changement de point de vue durabilité.



Photo 34 : Chandelle

VII.2.3- Interprétations

Ces résultats ci-dessus nous suggèrent que les expériences 2 et 3 sont tous meilleurs dans sa composition. Pour son odeur, l'huile essentielle est masquée par l'odeur du miel de la cire d'abeille, donc pour avoir plus de parfum on doit rajouter quelques gouttes d'huile essentielle.

VIII.3- Conteneur

VII.3.1- Résultats

Nous avons obtenu les résultats suivant après la réalisation de quelques expériences.

Tableau 13: Résultat pour conteneur

Expériences	Durabilité	Fumée	Odeur	Déchet de cire
1	9h30min	Moyenne		Sans
2	9h30min	Moyenne		Sans
3	8h	Moyenne	Peu	Sans

Source : Ravelojaona Rindra Nirina, 2019

VII.3.2- Analyses

- Expérience 1 : La composition 100% cire d'abeille a une durabilité de 16h.
- Expérience 2 : A 25% de paraffine, 25% de bougie commerciale et 50% de cire d'abeille, la durabilité n'a pas changé.
- Expérience 3 : En diminuant la cire d'abeille la durabilité a diminué aussi de 1h.



Photo 35: Bougie conteneur

VII.3.3- Interprétations

Pour le conteneur, la composition idéale est le 100% cire d'abeille, bien collé à la paroi du moule et donnant une bonne odeur de miel. Mais nous pouvons avoir le même résultat dans l'expérience numéro 2. Donc les expériences 1 et 2 sont les meilleures compositions pour la fabrication d'un conteneur ayant une durabilité de 9h30min.

CONCLUSION

Dans un premier temps, nous avons vu dans la première partie concernant les études bibliographiques : généralités sur la bougie, appareillages et matières premières et les types et procédés de fabrications. Puis dans un second temps dans la deuxième partie concernant les études expérimentales ; nous avons vu : une introduction et présentation de l'expérience, impacte environnementale et gestion de la bougie, matériels et matières premières utilisés pour l'essai de fabrication, méthodes et processus de fabrication et enfin discussion et interprétation des résultats.

Nous avons procédé à une amélioration de la bougie, notre étude nous a permis d'atteindre notre but. Nous avons obtenu une bougie de meilleure qualité avec une durabilité plus longue.

Nos produits présentent aussi d'autres avantages car elles ne génèrent presque pas de déchets et produisent peu de fumée

Nous avons pu créer une bougie hors du commun qui n'est pas la même que celle trouvée au marché, d'ailleurs nous avons pu valoriser les déchets de bougie en les ajoutant aux formules des mélanges.

D'après les expériences, nous avons obtenu les résultats suivants :

- pour les piliers : une composition de 75% de paraffine avec 25% de déchets de bougie commerciale a pu optimiser la durabilité de 16h15min ;
- pour les chandelles : une composition de 40% de paraffine et 60% de cire d'abeille nous donne une durabilité de 6h30min ;
- pour les conteneurs : une composition de 100% cire d'abeille ou 25% de paraffine, 25% de bougie commerciale et 50% de cire d'abeille nous donne tous la durabilité de 9h30min.

Dans l'avenir nous souhaitons que cette étude soit complétée par l'étude de régénération des bougies commerciales avec une recherche de produits locaux substituant les produits importées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

- [1] « historique » <http://www.jouques.fr/portfolio-items/origine-de-la-bougie/> consulté le 14/01/2019
- [2] « étymologie du mot bougie » <https://fr.wikipedia.org/w/index.php,title=bougie&oldid> consulté le 13/01/2019
- [3] « évolution de la bougie » <https://www.balthasar.ch/fr/bougies/signification-et-histoire/> consulté le 22/01/2019
- [4] Jean Girardin, Leçons de chimie élémentaire: appliquées aux arts industriels, Fortin, Masson et Cie, 1846, 618 p. (lire en ligne <https://play.google.com/store/books/details>), p. 653 consulté le 02/02/2019
- [5] « fonctionnement » <https://fr.wikipedia.org/w/index.php,title=Bougie&oldid> consulté le 04/02/2019
- [6] Frédéric Élie, novembre 2005, <http://fred.elie.free.fr> page 2/10 consulté le 04/02/2019
- [7] « glyceryl tristearate » (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/tristearin#section=top>), sur pubchem.ncbi.nlm.nih.gov consulté le 30/03/2019
- [8] C. Houssier, « exemple illustratif » (<http://www.aclg.ulg.ac.be/create/moduleevaluation2c/page13.htm>), sur www.aclg.ulg.ac.be consulté le 30/03/2017
- [9] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Paraffine> consulté le 16/02/2019
- [10] « paraffine » www.swiss-paediatrics.org consulté le 16/02/2019
- [11] George W. A. Milne, Gardner's commercially important chemicals: synonyms, trade names, and properties, Hoboken, John Wiley and Sons, , 1178 (ISBN 978-0-471-73518-2 , lire en ligne [archive]), 468. Consulté le 12/01/2019
- [12] S. Gangolli, The Dictionary of Substances and Their Effects: O-S, 6, Royal Society consulté le 16/02/2019
- [13] J. G. Speight, Norbert Adolph Lange, Lange's handbook of chemistry, McGraw-Hill, ,e, 1623 (ISBN 0071432205), 2.808 consulté le 23/03/2019
- [14] Beeswax, Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA) [archive] consulté le 19/01/2019
- [15] Merck Index, 13th Edition, 1021 consulté le 30/03/2019

- [16] «Beeswax, bleached, white» [archive], sur ull.chemistry.uakron.edu consulté le 23/03/2019
- [17] https://fr.wikipedia.org/wiki/Cire_d'abeille consulté le 22/04/2019
- [18] Masse molaire calculée d'après «Atomic weights of the elements 2007» [archive], sur www.chem.qmul.ac.uk. Consulté le 20/04/2019
- [19] «Tristearin» [archive], sur ChemIDplus [archive], consulté le 07/02/2019
- [20] «Tristearin» [archive], sur NIST/WebBook [archive] consulté le 20/04/2019
- [21] <https://fr.wikipedia.org/w/index.php,title=Mècheàfeu&oldid> consulté le 29/03/2019
- [22] « mèche » [WWW.GEODESIS.COM/page 5](http://WWW.GEODESIS.COM/page_5) consulté le 08/06/2019
- [23] « parfum » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=SCENT0001 consulté le 27/04/2019
- [24] « moules » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=MOLD0001 consulté le 27/04/2019
- [25] « attache-mèche » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=OEQUIP0007 consulté le 27/04/2019
- [26] « décapeur thermique » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=OEQUIP0005 consulté le 27/04/2019
- [27] « bougie pilier » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0002 consulté le 03/05/2019
- [28] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0201 consulté le 03/05/2019
- [29] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0202 consulté le 03/05/2019
- [30] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0203 consulté le 03/05/2019
- [31] « chandelle » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0006 consulté le 11/05/2019
- [32] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0601 consulté le 11/05/2019
- [33] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0602 consulté le 11/05/2019
- [34] « fabrication chandelle » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0603 consulté le 11/05/2019
- [35] « conteneur » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0004 consulté le 10/05/2019
- [36] http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0401 consulté le 10/05/2019
- [37] « fabrication conteneur » http://www.bougies.info/cm_article.asp#ID=CANDL0403 consulté le 10/05/2019

ANNEXES

Annexe 1 : La sécurité de l'utilisateur et la norme européenne EN

L'Union Européenne a, en 2007, établi et diffusé 3 normes qui sont appliquées sur tout le territoire européen, et sont destinées aux fabricants, grossistes et détaillants de bougies. Ces normes portent le nom de :

- EN 15494:2007 (Bougies - Etiquetage de sécurité)

Les étiquettes de sécurité doivent en principe figurer sur toutes les bougies vendues et qui reprennent ces conseils sous forme de texte ou de pictogrammes.

- EN 15493:2007 (Bougies - Spécification pour la sécurité incendie)

Les mesures à prendre concernant la sécurité de l'incendie doivent apparaître sur les étiquettes.

- EN 15426:2007 (Bougies - Spécification pour l'émission de suie)

Les conséquences d'émission de suie doivent être prises en considération.

Annexe 2 : Humidité de la cire d'abeille

Un morceau de cire, d'une dizaine de grammes environ, est introduit dans un cristalliseur taré dont on détermine le poids exact. L'échantillon est laissé 6h à l'étuve à une température de 100 à 105 °C.

Quand le poids devient constant la pesée est faite et le taux d'humidité est calculé. La cire ne doit pas perdre plus de 2% de poids.

$$W = (P_i - P_f) * 100 / P_i$$

W : humidité

P_i : poids initial de la cire

P_f : poids après séchage

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE	III
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES PHOTOS.....	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
ACRONYMES.....	VII
GLOSAIRES	VIII
INTRODUCTION	1
Première partie : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	3
Chapitre I. GENERALITES SUR LA BOUGIE	4
I.1- HISTORIQUE ET DEFINITION.....	4
I.1.1- Apparition du mot « bougie »	4
I.1.2- Evolution de la bougie a travers le temps	4
I.1.2.1- L'invention de la bougie	4
I.1.2.2- Les bougies à la cire d'abeille du Moyen Age	4
I.1.2.3- La quête d'une bougie blanche	5
I.1.2.4- La paraffine et la stéarine – de nouvelles matières premières pour les bougies apparues au 19e siècle.....	5
I.2- FONCTIONNEMENT	6
I.3- ASPECTS ENERGETIQUES.....	9
Chapitre II. APPAREILLAGES ET MATIERES PREMIERES	10
II.1- MATIERES PREMIERES.....	10
II.1.1- La cire	10
II.1.1.1- Le paraffine	10
• Généralités	10
• Types	10
• Champ d'applications	10
II.1.1.2- La cire d'abeille	11
• Généralités	11
• Utilisations.....	11
• Compositions.....	13
II.1.1.3- La stéarine	13
• Généralités	13
• Utilisations.....	14

II.1.2- Mèche à feu	15
II.1.2.1- Les mèches tressées	15
II.1.2.2- Les mèches cirées	15
II.1.3- Parfum	15
II.1.3.1- Huile essentielle.....	15
II.1.3.2- Huiles parfumées	16
II.1.4- Colorants	16
II.1.5- Additifs	16
II.1.5.1- Vybar	16
II.1.5.2- Microcrystaliline Hard.....	16
II.1.6- Autres décorations	16
II.2- MATERIELS UTILISES	17
II.2.1- Une casserole	17
II.2.2- Un récipient	17
II.2.3- Un moule	17
II.2.4- Un attache-mèche / pince-mèche	18
II.2.5- Un thermomètre	18
II.2.6- Autres équipements	19
II.2.6.1- Décapeur thermique	19
II.2.6.2- Balance de cuisine.....	19
Chapitre III. TYPES ET PROCEDES DE FABRICATIONS	20
III.1- BOUGIE PILIER /CHAUFFE PLATE/VOTIVE	20
III.1.1- Généralités	20
III.1.1.1- Formes et modèles	20
III.1.1.2- Utilisation	20
III.1.2- Les Formules	21
III.1.3- Le Matériel nécessaire	21
III.1.3.1- Les moules	21
III.1.3.2- Les mèches	21
III.1.3.3- Le mastic d'étanchéité	21
III.1.3.4- Les pince-mèches	22
III.1.3.5- Les coupoles.....	22
III.1.4-Processus de fabrication	22
III.1.4.1- Les avantages.....	22
III.1.4.2- Spécifications.....	22
III.1.4.3- La réalisation	22
III.2- CHANDELLE	24

III.2.1- Généralités	24
III.2.1.1- Histoire.....	24
III.2.1.2- Formes et modèles	24
III.2.1.3- Utilisation	25
III.2.2- Les formules	25
III.2.3- Les matériels nécessaires	25
III.2.3.1- Le récipient de trempage	25
III.2.4- Processus de fabrication	25
III.2.4.1- Spécifications.....	25
III.2.4.2- La réalisation	25
III.3- BOUGIE CONTENEUR	27
III.3.1- Généralités	27
III.3.1.1- Formes et matières	27
• Première exigence :	27
• Deuxième point essentiel :	27
• Troisième élément :.....	27
III.3.2- Les Formules	27
III.3.3- Processus de fabrication	28
III.3.3.1- Spécifications.....	28
III.3.3.2- La réalisation	28
Deuxième partie : ETUDES EXPERIMENTALES.....	30
Chapitre IV. Présentation de l'expérience et approche environnementale	31
IV.1- Présentation de l'expérience	31
IV.2- Approche environnementale.....	32
Chapitre V. Les matériels et matières premières utilisées pour les expériences de fabrication de bougie	33
V.1- Les matériels utilisés	33
V.1.1- Une balance	33
V.1.2- Une casserole	33
V.1.3- Un récipient	33
V.1.4- Une baguette	34
V.1.5- Un thermomètre	34
V.1.6- Une pince mèche	34
V.1.7- Un moule	35
V.2- Les matières premières utilisées	36
V.2.1- La cire	36
V.2.1.1- La paraffine	36

V.2.1.2- La cire d'abeille.....	37
V.2.2- La mèche	38
V.2.3- Les bougies commerciales	38
V.2.4- Les parfums	39
V.2.5- Les colorants	39
Chapitre VI. Méthodes et processus de fabrication	40
VI.1- Formule de chaque type de bougie	40
VI.1.1- Bougie pilier	40
VI.1.2- Chandelle	40
VI.1.3- Bougie conteneur	41
VI.2- Préparation des matières premières	42
VI.2.1- Paraffine	42
VI.2.2- Cire d'abeille	42
VI.2.3- Bougie commerciale	44
VI.2.4- Mèche	44
VI.2.5- Colorant	45
VI.2.6- Parfum	46
VI.3-Le pesage.....	46
VI.4- Chauffage avec mélangeage	46
VI.4.1- Mode de coloration	47
VI.4.2- L'addition de parfum	47
VI.4- Versage	47
VI.5- Démoulage	48
Chapitre VII. Discussions des résultats	49
VII.1- Bougie pilier.....	49
VII.1.1- Résultats	49
VII.1.2- Analyses	49
VII.1.3- Interprétations	49
VII.2- Chandelle	50
VII.2.1- Résultats	50
VII.2.2- Analyses	50
VII.2.3- Interprétations	50
VII.3- Conteneur.....	51
VII.3.1- Résultats	51
VII.3.2- Analyses	51
VII.3.3- Interprétations	51
CONCLUSION	52

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES.....	53
ANNEXES.....	a
TABLE DES MATIERES	b

Titre du mémoire : « **ETUDE D'AMELIORATION DU PROCEDE DE FABRICATION
DES BOUGIES A MADAGASCAR** »

Auteur : *RAVELOJAONA Rindra Nirina*

Nombre de pages : 54

Nombre de tableaux : 13

Nombre de figures : 22

Nombres de photos : 35



RESUME

Des études bibliographiques nous ont permis de savoir que la fabrication de la bougie est une œuvre artistique et industrielle. Par notre étude expérimentale, des améliorations et des perfectionnements ont été établis.

La bougie que nous avons créée est une bougie ayant une bonne qualité dont la bonne senteur, la bonne coloration et la moindre production de fumée. Ceci n'est opéré non seulement du point de vue esthétique mais aussi du point de vue sur la durabilité telle que pour le pilier ayant une durée de 16h15min, pour la chandelle de 6h30min et celui du conteneur de 9h30min.

Ainsi notre travail a pu aussi mettre en évidence la valorisation des déchets de bougie.

Mots clés : fabrication, amélioration, bougie, parfum

ABSTRACT

This is during studies of the bibliographical research that we were able to know that manufactured candles are both an esthetical creation and industrial.

Experimental studies allowed us to accomplish upgrading and improvements.

Our candles exhibit some difference in relation to other such as the good quality whose the smell, the coloration and the fume. Not only it involves the beautified but also it strikes the durability. Every candles have their ignition duration such as pillar candle with 16h45min, candle with 6h30min and the container with 9h30.

Recovery candles' garbage is too highlighting in this achievement.

Keys words : manufacturing, amelioration, candle, fragrance

Tel : +261324812496

Email : rindraravelojaona@yahoo.com