

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE

ANTSIRABE VAKINANKARATRA

MENTION : GENIE INDUSTRIEL



PARCOURS : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES INDUSTRIELS

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en
Génie des Procédés Chimiques et Industriel

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE PRESSE ESTAMPAGE POUR LA FABRICATION D'UN SAVON ARTISANAL



Présenté par : RAHARINAIVO Désiré Tojoso Bernardin

Sous la direction de : Docteur RAKOTONDRAMANANA Samuel

Soutenu le 31 janvier 2022

Promotion 2021

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE

ANTSIRABE VAKINANKARATRA



MENTION : GENIE INDUSTRIEL

PARCOURS : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES INDUSTRIELS

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en
Génie des procédés chimiques et industriel

***CONCEPTION ET REALISATION D'UNE PRESSE
ESTAMPAGE POUR LA FABRICATION D'UN SAVON
ARTISANAL***

Présenté par : RAHARINAIVO Désiré Tojoso Bernardin

Président de jury : Professeur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Directeur de l'Ecole
Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA)

Encadreur : Docteur RAKOTONDRAMANANA Samuel, Enseignant à l'ESPA et à l'Institut
d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra (IES-AV)

Examineurs : Docteur RABIBISOA Daniel,
Enseignant chercheur à l'ESPA et à l'IES-AV

Docteur RABEHARITSARA Andry Tahiana,
Enseignant chercheur à l'ESPA et à l'IES-AV

Docteur RATSIMBA Marie Hanitriniaina,
Enseignant chercheur à l'ESPA et à l'IES-AV

Madame RANAIVOSON Sahondra Olga,
Enseignant à l'ESPA et à l'IES-AV

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous remercions Dieu tout puissant qui nous offre ceux dont nous avons besoin pour la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions : Monsieur **RAJAONARISON Eddie Franck**, Professeur, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankatra (IES-AV), qui m'a permis d'effectuer mes études au sein de l'établissement.

Monsieur **RAVONISON Elie Rijatiana Hervé**, Docteur, Chef de la mention Génie Industriel de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankatra (IES-AV), pour ses précieuses informations pendant notre étude.

Monsieur **RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné**, Professeur, Chef de parcours Génie de Procédés Chimiques et Industriels, pour le fait qu'il prend soin de notre parcours depuis toujours.

Ensuite, nous remercions, par la présente, le Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo, et enseignant au sein de département de Génie des Procédés Chimiques et Industriels à l'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo Professeur **RAKOTOSAONA Rijalalaina** qui me fait honneur de présider les membres de jury de ce mémoire.

Nous sommes très reconnaissants envers Docteur **RAKOTONDRAMANANA Samuel**, enseignant au sein du Département du Génie des Procédés Chimiques et Industriels à l'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo pour sa disponibilité et ses conseils en tant qu'encadreur de ce mémoire.

Aussi nous remercions respectueusement, les enseignants au sein du Département de Chimiques et Industriels à l'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo d'avoir accepté de juger ce présent mémoire en tant qu'examinateur

- Docteur **RABIBISOA Daniel**,
- Docteur **RABEHARITSARA Andry Tahiana**,
- Docteur **RATSIMBA Marie Hanitriniaina**,
- Madame **RANAIVOSON Sahondra Olga**

Nos vifs remerciements s'adressent également à tous le personnel enseignant au sein de la mention Génie Industriel à l'Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo et l'Institut d'Enseignement Supérieure Antsirabe Vakinankaratra ; chacun de vous nous a transmis son savoir tout au long de nos cinq années d'études.

Enfin, nos remerciements les plus sincères à toute notre famille, qui nous a soutenu financièrement et moralement et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire,

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : GENERALITES SUR LES ELEMENTS RELATIFS AU SUJET D'ETUDE

Chapitre II : MATERIEL ET MATIERES PREMIERES

Chapitre III : PROCEDE GENERAL DE LA FABRICATION DU SAVON

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre IV : CONCEPTION ET REALISATION DE LA PRESSE A SAVON

Chapitre V : MATERIEL ET METHODE POUR LE SAVON ARTISANAL

Chapitre VI : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre VII : EVALUATION ECONOMIQUE

CONCLUSION

ABREVIATIONS ET SIGLES

CE : Conformité Européenne

ISO: International Organization for Standardization

TCC: Technology Consultancy Centre

UST: University of Science and Technology

TPN: tôle plane noire

NF: Norme française

INS: Indice Non Saponifiable

IS : Indice de Saponification

°Bé : Degré Baumé

°C : Degré Celsius

NaOH : Soude Caustique

KOH : Potasse Caustique

K₂CO₃ : Carbonate de Potassium

NaCl : Chlorure de Sodium

Na₂CO₃ : Carbonate de Sodium

R : Radical de la chaîne carbonée

g : gramme

% : pourcentage

V : Vitesse linéaire

ω : Vitesse angulaire

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Anion du savon	3
Figure 2:Influence de la vitesse de saponification sur la proportion du savon obtenu.	7
Figure 3:Appareillages de fabrication du savon.....	18
Figure 4:Principe de fraisage	35
Figure 5:Soudage à l'arc	39
Figure 6:Accessoires de sécurité	40
Figure 7:Procédé à froid.....	43
Figure 8: Procédé mi- cuit	45
Figure 9: Procédé marseillais.....	48
Figure 10 : Diagramme de fabrication	75

LISTE DES DESSINS TECHNIQUES

Dessin technique 1:Pignon	53
Dessin technique 2:Crémaillère	55
Dessin technique 3:Axe de support de pignon	56
Dessin technique 4: Tôle soudé en C	57
Dessin technique 5: Tôle de support	58
Dessin technique 6:Cage + crémaillère +axe avec manivelle	59
Dessin technique 7 : Support de la cage de système pignon-crémaillère.....	60
Dessin technique 8 : Moule	60
Dessin technique 9 : Piston de démoulage avec son axe de support + barre rond	61
Dessin technique 10 : Ressort de torsion spirale plate avec sa cage	62
Dessin technique 11:Presse estampage à savon	63

LISTE DES PHOTOS

Photo 1:Pastille de la soude.....	30
Photo 2:Pastille de potasse.....	31
Photo 3:Fraiseuse.....	36
Photo 4:Tour d'outilleur	37
Photo 5:Meules	38
Photo 6:Type de meuleuse dont-on a utilisée	38
Photo 7:Pignon dont nous avons utilisé	52
Photo 8:Crémaillère avant usinage	54
Photo 9:Crémaillère après rectification du bord.....	54
Photo 10:Axe de support de pignon	55
Photo 11: Tôle soudé en C	57
Photo 12: Tôle de support.....	58
Photo 13 : Balance électronique utilisé.	65
Photo 14 : Bol en inox nécessaire	66
Photo 15 : Spatule et batteuse utilisées	66
Photo 16 : Thermomètre utilisé	67
Photo 17:Moule en bois qu'on a utilisé.....	67
Photo 18:les matières premières utilisées	71
Photo 19 : Solution de lessive	72
Photo 20:Melange d'huile.....	72
Photo 21:Ajout de solution de lessive dans l'huile	73
Photo 22 : Observation de la trace comme celle de la mayonnaise	73
Photo 23 : Pate à savon dans une moule.....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Indices de saponification et d'iode pour quelques huiles et graisses .	22
Tableau 2:Coefficient INS des huiles et matières grasses d'usage courant dans la fabrication du savon	23
Tableau 3:Composition des corps gras	24
Tableau 4:caracteristiques de quelques huiles.....	29
Tableau 5: Caractéristiques de savon fabriqué à partir de quelques huiles	29
Tableau 6:Quantités de KOH et de NaOH nécessaires pour transformer un kg d'un corps gras	32
Tableau 7 : Avantages et limites des procédés de fabrication de savon à froid et à chaud.....	50
Tableau 8:Les quantités des Matières Premières utilisées	71
Tableau 9: Résultats sur des certains paramètres de la qualité du savon	76
Tableau 10: estimation du coût de la réalisation de la presse estampage à savon	78
Tableau 11:Densité et la concentration des solutions de soude et potasse caustique	VII
Tableau 12:Comparaison l' effet de la quantité de l'eau au niveau de la fabrication du savon.....	IX

INTRODUCTION

Les gaulois étaient apparemment les premiers à fabriquer intentionnellement du savon obtenu par mélange du suif et des cendres dans de l'eau propre pour éviter la présence des impuretés.

La consommation de savon est en augmentation incessante dans le monde *qui* représente une consommation mondiale de plus de 2,5 millions de tonnes de savon annuelle depuis le janvier 2021 d'après la statistique du site web planétoscope consulté en Novembre. Le savon est classé parmi les produits de nécessité car il joue un rôle prépondérant dans le développement de l'hygiène et de la propreté. Madagascar fait partie des pays en voie de développement où la plupart des maladies sont générées par la saleté. Le savon constitue donc un des éléments nécessaires pour l'amélioration de notre santé. La fabrication de savon est devenue cruciale dans la préservation de la sécurité sanitaire.

A Madagascar, l'industrie savonnaire s'accroît rapidement, la preuve est l'apparition de nouveaux produits de différentes marques sur le marché. Malgré cette situation, la plupart des savons vendus sont à usage unique et peu attrayant de l'apparence, certains sont de qualité non satisfaisante. Certaines savonneries rencontrent aussi certains nombres de problèmes. Partiellement au niveau du matériel, ces derniers sont insuffisants à cause du manque de professionnalisme dans ce domaine. Par conséquent certains fabricants ne peuvent exploiter au maximum leur potentialité en travaillant bien en dessous de leur capacité de production.

La connaissance de ces problèmes nous a permis de choisir le thème suivant : *« conception et réalisation d'une presse estampage pour la fabrication d'un savon artisanal »*

Pour atteindre nos objectifs, ce présent travail comporte deux parties : La première est consacrée à la revue bibliographique montrant les généralités sur les éléments relatifs au sujet d'étude et les matériaux utilisés ainsi que les différentes méthodes de fabrication du savon.

La deuxième partie relate la partie expérimentale en commençant par la conception et réalisation de la machine suivie d'une démarche pour retenir un savon artisanal bien évolué, et enfin les résultats retenus sont présentés et en ajoutant l'évaluation économique.

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LES ELEMENTS RELATIFS AU SUJET D'ETUDE

I.1 Définitions et propriétés du savon (1)

Le savon est généralement obtenu par action d'une base comme la soude avec un triglycéride d'acides constitué par de gras animaux ou végétaux variés. Le savon dissout facilement dans l'eau chaud ou dans l'alcool, mais très lentement dans l'eau froide ou ils forment une solution trouble.

Les savons fabriqués à partir de la soude caustique sont connus pour être insolubles dans les fortes solutions caustiques, et la plupart du temps dans solutions salées (saumures) fortement concentrés. Par conséquent, l'addition de saumures concentrées à une solution de savon de soude pousse le savon à se séparer et à remonter à la surface de la saumure ou de la lessive caustique. C'est le relargage qui est employé dans la production industrielle du savon. Il permet de séparer le savon de l'eau en excès, qui se combine à la solution salée. Dans le cas de l'addition d'une solution de chlorure de sodium (sel ordinaire) à une solution de savon de potasse, il se produit directement une double décomposition en savon de soude et chlorure de potassium. Selon la réaction



Savon de potasse + sel de cuisine  savon de soude + chlorure de potassium

La solubilité des différents savons dans une solution saline diffère de manière très considérable.

- **Niveau moléculaire (2) (3)**

Les savons à des propriétés tensioactives et émulsifiantes dues à leur caractère bipolaire. Il est formé d'une longue chaîne carbonée R, appelée queue de l'ion, qui est hydrophobe mais aussi lipophile, et d'un groupe $-\text{COO}^-$ polarisé et porteur d'une charge électrique négative présentant une affinité avec l'eau, appelé tête de l'ion, qui est hydrophile. Comme illustra la figure suivante

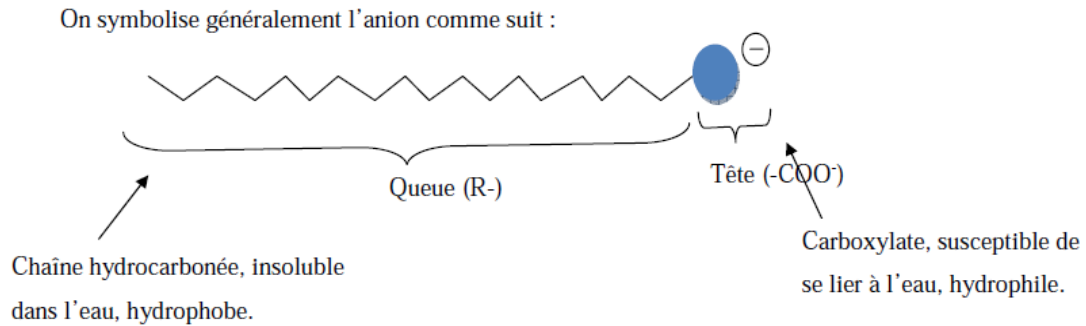


Figure 1: Anion du savon

• Mode d'action du savon (4) (2)

Grace à sa propriété tensioactive, le savon permet de s'interposer entre le tissu et la saleté et détruit ainsi son adhérence. Le rôle du savon est consacré sur le mode de lavage et la formation de bulles de savon.

➤ Lavage :

Les molécules de savon (micelles) agissent sur les tâches grasses et elles restent à la surface et à l'intérieur de l'eau. Les micelles, en s'attaquant aux tâches de graisses et grâce à leurs chaînes hydrophobes, emprisonnent la graisse.

Le mode d'action de lavage s'effectue suivant quatre étapes.

Premièrement, il y a mouillage des supports (tissu) et des salissures (tâche).

Ensuite, les particules hydrophobes du savon pénètrent dans la phase huileuse des salissures.

Puis ces particules de salissures s'entourent de molécules hydrophiles (tête d'anion du savon) et s'arrondissent en micelles.

Enfin, elles se dispersent dans l'eau.

➤ Bulles du savon

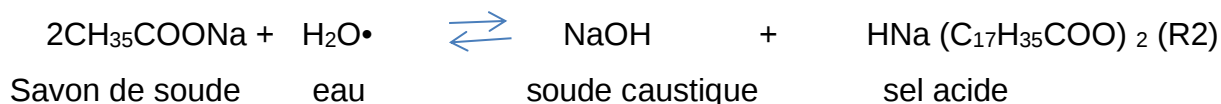
On obtient une bulle de savon lorsque l'air et l'eau savonneuse sont brassés. L'ensemble des bulles devient une mousse.

Un petit globe est formé d'un mince film d'eau savonneuse rempli d'air qui flotte dans l'atmosphère. Dans l'eau, il y a une attraction forte entre les molécules qui la composent. Les micelles se disposent de part et d'autre des fines couches d'eau qui forment la surface de ces bulles.

Les bulles s'obtiennent à partir d'un mélange de savon dans l'eau et l'agitation de ce mélange engendre la formation de mousse.

I.1.1. L'hydrolyse du savon (3) (2)

Le savon traité avec de l'eau froide subit une hydrolyse, une séparation de ses composants. L'hydrolyse a pour résultat la libération d'un sel acide. L'hydrolyse acide est une réaction beaucoup plus lente que l'hydrolyse basique. La réaction se présente par l'équation suivante :

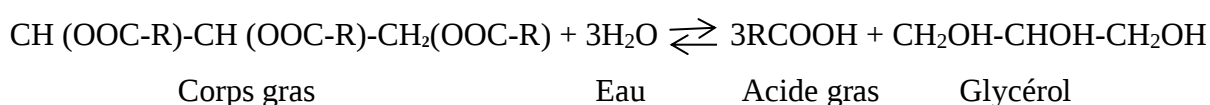


En général, le savon peut être obtenu de deux façons : soit par synthèse d'hydrolyse d'un corps gras suivi d'une neutralisation des acides gras obtenus, soit par synthèse de saponification des esters.

➤ Pour la synthèse par neutralisation des acides gras

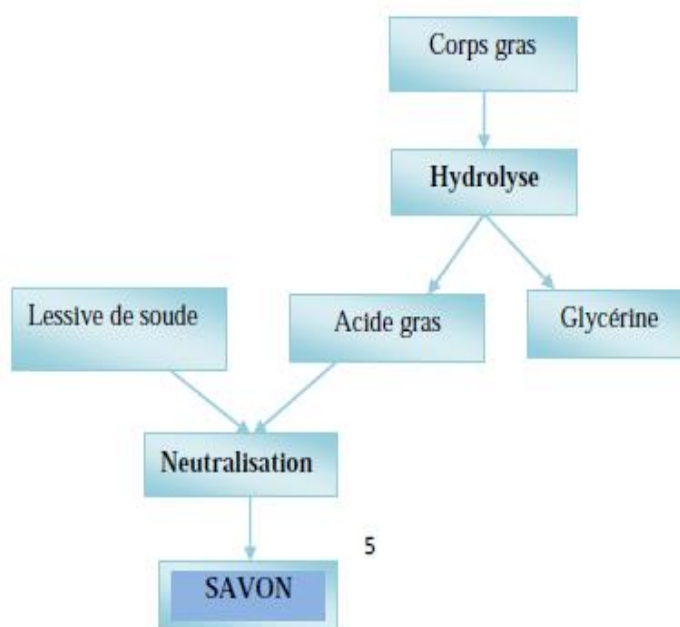
La plupart des graisses ou des huiles sont des triglycérides composés de trois acides gras. La molécule de triglycéride est une mixture d'une molécule de glycérol (ou glycérine) et de trois molécules d'acide gras. L'hydrolyse des corps gras par de l'eau sous pression et à haute température donne, en continu, des acides gras et de la glycérine. L'acide gras est ensuite neutralisé par la lessive de soude pour donner du savon.

Les réactions chimiques sont données ci-après.



R symbolise une chaîne de carbone saturée ou non saturée.

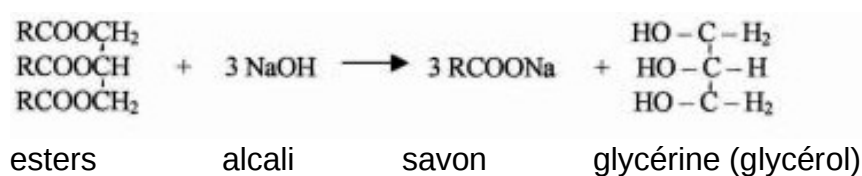
Ce processus est résumé par le diagramme suivant :



➤ Pour la synthèse par saponification des esters

Le savon peut aussi être le produit d'une réaction chimique nommée saponification des corps gras, ce sont des esters. Ils sont constitués de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. C'est la réaction d'un triglycéride (corps gras) avec des ions hydroxydes apportés par un alcali tel que la potasse ou la soude, donnant un ion carboxylate (le savon) et du glycérol.

Plus concrètement, la réaction s'opère de la façon suivante :

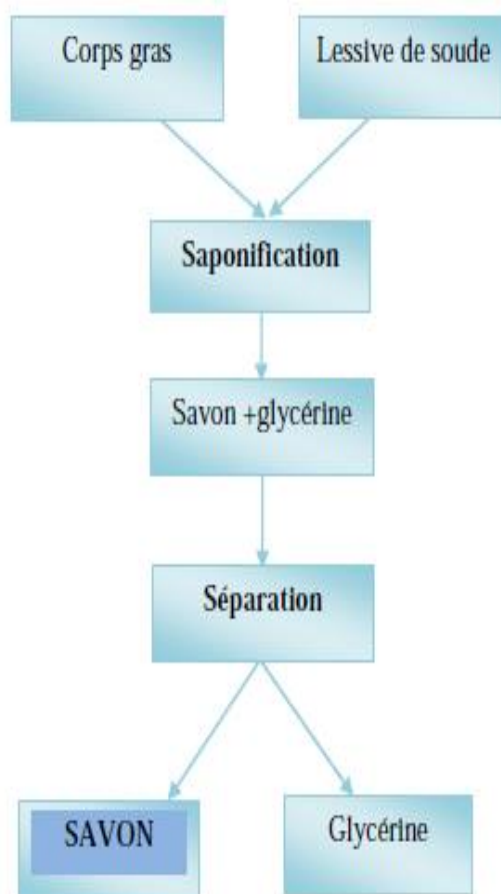


Dans cette réaction, on peut déduire que le savon est constitué de mélanges d'ions carboxylates et de cations métalliques (ions sodium par exemple).

L'ion carboxylate (savon) est un agent tensioactif de formule (R-COO⁻, M⁺).

R étant une chaîne carbonée non ramifiée qui possède généralement plus de dix atomes de carbone et M un cation métallique comme le sodium (Na⁺) ou le potassium (K⁺).

Le diagramme montrant les différentes étapes à suivre pour ce processus:



Par ailleurs, il est possible d'accélérer la réaction en agissant sur quelques paramètres comme l'agitation qui permet d'accélérer la réaction.

En outre, l'ajout d'un solvant comme l'alcool permet d'améliorer le mélange du corps gras avec l'alcali.

I.1.2. Cinétique de la réaction de la saponification (5)

Plusieurs facteurs sont influents sur la vitesse de saponification ; La vitesse de la réaction de saponification est proportionnellement inverse aux poids moléculaires des corps gras qui constituent les gras traités. La durée de la saponification diminue lorsque la température est élevée. La réaction de saponification est accélérée par l'agitation. La courbe de saponification prendra l'allure de la courbe de la figure ci-dessous dans toutes les conditions de l'opération de la fabrication du savon.

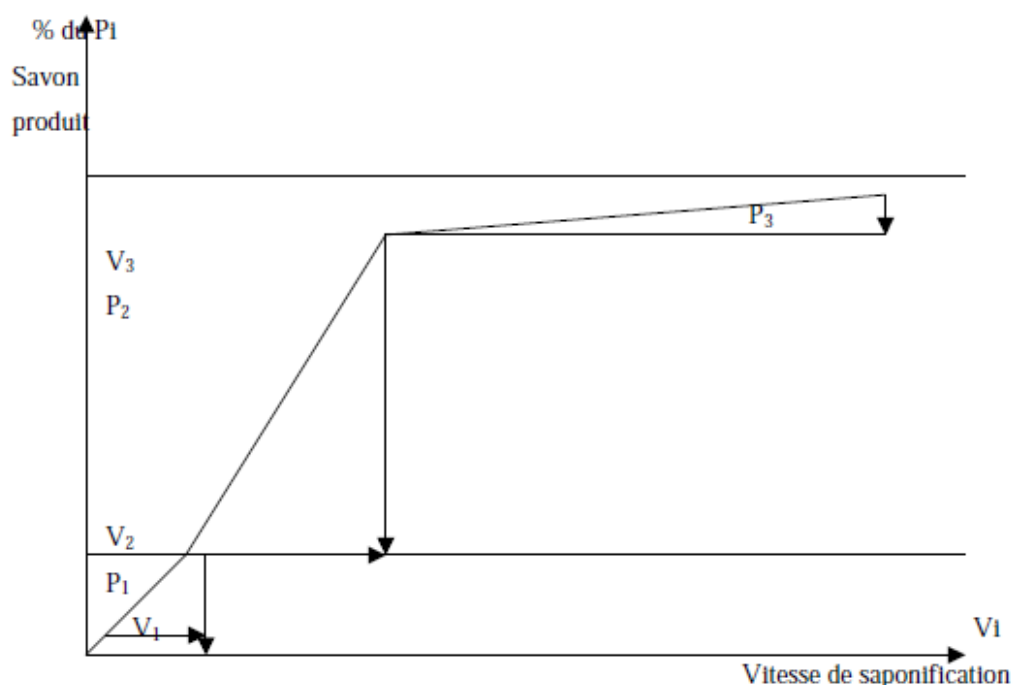


Figure 2: Influence de la vitesse de saponification sur la proportion du savon obtenu.

P_i : % de savon obtenu sur l'axe vertical (i varie de 1 à 3).

V_i : Vitesse de saponification sur l'axe horizontal (i varie de 1 à 3).

. Il existe 3 vitesses V_1 , V_2 , V_3 telles que $V_1 < V_2 < V_3$

P_1 , P_2 , P_3 sont le % des savons respectifs obtenus avec les vitesses V_1 , V_2 , V_3

$P_1 < P_2$ et $P_2 < P_3$.

Interprétation

- La première phase : la vitesse de la réaction augmente un peu et les savons commencent à se former lentement à partir de l'acidité libre des corps gras.
- Deuxième phase : la vitesse de la réaction augmente encore et les savons augmentent de la taille à partir de l'acide gras libre : c'est le début de saponification des triglycérides.
- Troisième phase : la vitesse de la réaction diminue au fur et à mesure de l'augmentation de la taille des molécules de savon formé. On approche de la fin de saponification.

I.1.3. Contrôle qualité du savon (6) (7) (8)

Le contrôle de paramètres clés dans l'industrie du savon nécessite souvent l'utilisation de différentes méthodes issues de la chimie humide : le plus couramment

la titration ou la chromatographie. Le contrôle qualité permet de savoir si les produits vendus par l'entreprise sont conformes :

- aux exigences du marché : prix, qualité, compétitivité, apparence,
- à la demande du client : qualité, pouvoir nettoyant, pouvoir moussant, volume
- aux législations : bon pour la santé (règlementation CE N°1223), bonnes pratique de fabrication et meilleures qualités (ISO 22716),...etc.
- au cahier des charges de l'entreprise : selon l'entreprises

Lors de déroulement d'un contrôle qualité, le contrôleur vérifie :

- Les composants d'un produit ou la matière première dès la réception : huiles, soude caustique ou potasse, parfum, colorant, et autres auditifs
- La production en cours de réalisation : procédé de fabrication, matériels de fabrication
- Les produits finis : selon leur conformité

Le contrôle qualité permet de déterminer si les produits fabriqués sont :

- Conformes : ex : pouvoir nettoyant (12 à 22) ; pouvoir moussant (14 à 46) ; indice dureté (29 à 54) ; indice émolliente (44 à 69), indice onctuosité (16 à 48), indice d'iode (41 à 70) ; INS (136 à 170)....etc.
- Non-conformes mais avec possibilité de retouche,
- Non-conformes et devant être détruits

Pratiquement pour suivre le déroulement de la saponification et contrôler la qualité du savon obtenu, on se sert de deux méthodes simples :

- Un échantillon de savon bien fait doit se dissoudre dans de l'eau douce sans que celle-ci ne se trouble ; la présence de gouttelettes de corps gras indique un déficit en alcali, donc une saponification incomplète.

- un savon bien fait doit présenter au goût une saveur légèrement piquante à cause du léger surplus d'alcali nécessaire pour la bonne conservation du produit.

I.1.4. Les différents types de savon (9) (10) (2) (11)

Actuellement, les savons se présentent sous différentes formes pour optimiser leur efficacité et offrir plus de confort aux utilisateurs.

Généralement on distingue plusieurs types de savon notamment :

- le savon dur : le savon de ménage, le savon de lessive, le savon de toilette
- le savon mou : le savon de lessive, savon cosmétique
- le savon liquide : shampoing, savon pour vaisselle.

I.1.4.1 Savon dur

Les savons durs sont les plus appréciés pour les douches. Ils résultent de la réaction entre les matières grasses contenant une forte quantité d'acides gras saturés et l'hydroxyde de sodium.

Ils peuvent être naturels, synthétiques ou bios selon la nature de leurs composants. Par ailleurs, ils sont très économiques s'ils sont conservés dans un endroit sec. Nous avons vu qu'en principe chaque huile peut être utilisée dans la fabrication du savon dur mais la nature et les caractéristiques des huiles vont déterminer dans quel pourcentage elles devront d'être utilisées à l'aide de l'indice de saponification. Partiellement dans la gamme de savon dur on a le savon de ménage et le savon toilette.

Le savon de ménage est préparé généralement avec le procédé froid ou mi- cuit. Il doit avoir un bon pouvoir détergent et ne contient pas d'alcali libre pour ne pas abîmer les Vêtements. Il peut contenir environ 28 % d'eau.

Le savon de toilette est un savon qui est très doux pour la peau, qui la nettoie bien et qui mousse facilement. Un savon de toilette ne devrait pas contenir plus que 14 % d'eau. Un savon de toilette de qualité nécessite l'application du procédé par ébullition complète et avec l'implication de broyeur, boudineuse, estampeuse, etc... pour le finissage du produit. Cependant, il y a des entreprises qui font un genre de savon de toilette à partir du procédé à froid ou à partir du procédé mi- cuit et l'implication d'une boudineuse.

I.1.4.2 Savon mou

Ce sont des savons à la potasse obtenus à partir d'un mélange d'hydroxyde de potassium et d'huiles végétales contenant une forte quantité d'acides gras insaturés. Les huiles avec un coefficient INS réduit sont indiquées dans cette fabrication. En Europe, ce savon est fabriqué traditionnellement avec l'huile de lin. Pour le savon mou cosmétique on utilise de l'huile d'olive noire. Le procédé mi- chaud est généralement utilisé pour ce type de fabrication. Leur parfumé est neutre.

I.1.4.3 Savon liquide

Ils sont obtenus par la réaction de la potasse et de l'huile ou en faisant dissoudre du savon dans de l'eau chaude (on ajoute du carbonate de soude ou du carbonate de potasse pour le shampoing). Ces savons liquides ont un pourcentage d'acides gras fixé comme suit :

Les pourcentages en acides gras sont les suivants :

- Savon de ménage: 60 à 62%
- Savon de toilette: 78 à 80%.

Ils sont utilisés :

- Pour nettoyer et faire briller toutes les surfaces (vitres, carrelages, céramiques, cuirs, tapis, marbres, carreaux ciments, ...)
- Pour enlever les taches de graisse : cuisinières, plaques de cuisson de tous types ; poêles, vaisselle ; etc.

Pour enlever les taches de gras sur les nappes et les serviettes.

Pour nettoyer la peau sans l'agresser.

Il existe aussi plusieurs types de savons qui sont fabriqués indifféremment soit suivant l'usage, soit suivant la composition ou l'aspect, soit suivant la provenance géographique d'origine ou la couleur.

❖ Suivant l'usage

Le savon de toilette : est un petit pain dur de savon parfumé, coloré et neutralisé.

Il est préparé à partir du suif et de la noix de coco. Il contient une haute teneur en sel d'acides gras supérieure à 76 ou 78%.

Le savon ponce : est un savon qui sert à dégraisser

Il est efficace pour exfolier sans aggraver la peau grâce aux ingrédients hydratants et à la poudre de pierre ponce.

Le savon sur gras : est un savon riche en élément graissant comme l'huile végétale.

La présence d'huile limite le dessèchement de la peau en laissant un film protecteur. Ce savon évite la déshydratation de la peau qui devient plus souple et moins sèche

Le savon médical : est un savon fabriqué à partir de plantes à caractéristiques curatives et contient des antiseptiques comme le soufre, le phénol ou le formaldéhyde. Il est très répandu et vendu dans divers pays.

Le savon dentifrice : un savon additionné de glycérol et de substances aromatiques, est destiné pour les soins de la bouche.

❖ Suivant la composition ou l'aspect

Le savon animal : est fabriqué en utilisant des graisses animales notamment le suif de bœuf

Le gel douche : les matières utilisées pour le fabriquer sont des ingrédients d'origine pétrochimique ajoutés d'additifs et d'agents moussants. Normalement, son état est censé être plus doux que celui des savons normaux, mais les additifs utilisés, comme les parfums, les conservateurs et les colorants, peuvent les rendre irritants pour la peau.

Le savon d'aluminium : est fabriqué à base d'oxyde de plomb utilisé dans la fabrication des vernis et des emplâtres.

❖ Suivant la provenance géographique d'origine ou la couleur

Le savon marbré : comporte des lignes de savons ferreux non déposées, des carboxylates de fer précipités dans la mousse du savon formé. Les fines marbrures sont de couleur verte.

Le savon Azul Branco : est fabriqué au Portugal ; de couleur bleu et blanc-jaunâtre.

Le savon de Marseille, de couleur jaune pâle, est préparé à base d'huile d'olive, d'huile de coprah, d'huile de palme et de soude et comporte au moins de 62 à 63% d'acides gras.

Le savon blanc est fabriqué en Suisse. Sa couleur blanche indique qu'il s'agit d'un savon sodique de teinte claire ou nettement moins sombre que les différents « savons noirs » à la potasse. Il est habituellement utilisé comme savon de toilette.

I.2 Généralités sur la presse estampage (12) (13)

I.2.1 Définitions

En général, la presse estampage est une machine sert à presser et à estamper des différentes matériaux.

➤ Le mot presse désigne l'action de presser, il est également employé pour désigner une machine permettant d'exercer une pression ; servant à :

- imprimer,
- produire de pièces métalliques,
- frapper des monnaies,
- produire des pièces plastiques,
- filer des métaux
- presse à sardines
- presse utilisées comme ustensiles de cuisine

➤ L'estampage peut désigner deux procéder :

- l'estampage industriel des aciers (forgeage)
- l'estampage artistique de divers matériaux.

L'estampage industriel consiste à déformer plastiquement un objet métallique (sans revenir à la forme d'origine) grâce à une "matrice" installée sur une presse hydraulique, mécanique, à vis ou un marteau-pilon. Ce procédé de forgeage à chaud peut se faire en plusieurs opérations, dont les premières sont appelées « ébauche », et la dernière « finition ».

Le principal intérêt de l'estampage face à la fonderie est une mise en forme de la structure interne de l'acier, conduisant à des caractéristiques mécaniques supérieures. La fonderie ne permet pas cette déformation interne car la structure de l'acier apparaît lors de la transition entre les phases liquide et solide.

L'estampage artistique de divers matériaux est une technique de reproduction qui donne des estampes, et qui produit, éventuellement, des effets de relief par impression d'argile dans un moule en creux ou d'une feuille de papier sur une plaque gravée.

Plus généralement, l'estampage est une technique artistique utilisée pour donner forme ou relief en faisant l'empreinte d'une matière dure dans une matière malléable.

I.2.2 Différentes types de presse

Dans ce paragraphe, Nous allons présenter certaines presses le plus couramment utilisées ainsi que leurs fonctions :

- **Une presse hydraulique** est une machine avec un circuit hydraulique qui fournit une grande force de compression. Elle permet de transmettre un effort démultiplié et un déplacement, servant à écraser, déformer un objet ou soulever une pièce lourde.
- **Une presse pneumatique** est une presse fonctionne en gaz ou en l'air mis sous pression. Cette machine remplit ses fonctions en forçant l'air à pénétrer dans un tube, lorsque la pression est appliquée à l'air continu, la presse se déplace ensuite vers le bas et continu à exécuter la tâche (presser, former, presser, etc.).
- **La presse typographique** est un dispositif destiné à imprimer des textes et des illustrations sur du papier, en exerçant une forte pression sur la feuille de papier placée sur une forme imprimante, ensemble de caractères en relief ou gravure sur bois, préalablement encrés, de manière que l'encre se dépose sur le papier.
- **Les presses à chaud** (ou presses à transfert) sont utilisées surtout pour le flocage et la sublimation. Largement utilisées pour des transferts sur supports plats comme des tee-shirts ou des serviettes, elles peuvent aussi servir à l'impression sur tasses, casquettes, puzzles et bien d'autres articles sublimables. Il existe de nombreux modèles de presses à chaud qui varient en fonction des dimensions et du type d'article à imprimer.
- **Une presse plieuse** est une machine-outil utilisée en chaudronnerie et en métallerie pour plier la tôle ; elle est constituée d'un poinçon (contre-vé) et d'une matrice en forme de V (vé), de U, ou de tout autres forme en fonction du profil

recherché ; la tôle est entre le vé et le contre-vé (on parle de pénétration lorsque la tôle rencontre le poinçon) ; le contre-vé descend formant alors le pli.

- **La presse à découper**, la presse à perforer ou la perforatrice est une machine-outil de pressage utilisée pour découper des formes ou perforer des trous dans des matériaux. Elle peut être de petite dimension, utilisée manuellement ou très grande, à commande numérique, avec un tour multi-position. Il existe de nombreuses tailles de presses à découper qui vont des modèles personnels compacts aux grandes versions pour atelier de mécanique.

- **La presse monétaire** à vapeur a été inventée par les Anglais Matthew Boulton et James Watt à la fin du XIII^e siècle. Ce procédé permit aux frères Monneron de fabriquer une grande quantité de monnaies divisionnaires en bronze, les monnerons. Le procédé est adopté par la Monnaie de Londres en 1805. Son rendement est de 50 pièces à la minute.

- **Presse utilisées comme ustensiles de cuisine :**

Presse-agrumes, presse-ail, presse-purée, presse à tortillas

CHAPITRE II: MATERIELS ET MATIERES PREMIERES

II.1 Matériel et matières premières pour la fabrication du savon

II.1.1. Matériels à fournir (12) (1) (13)

Dans la fabrication de savon à l'échelle industrielle, il y a deux types d'équipements selon le type de savon à fabriquer : les outils pour la fabrication de savon de lessive et la mécanisation pour l'esthétique (savon de toilette)

II.1.1.1 Equipements pour la fabrication de savon de lessive à l'échelle industrielle

- . Réservoir de stockage de la soude caustique
- . Chaudron
- . Mises
- . Modèles ou tables à découper
- . Presse à estamper

- Réservoir de stockage de la soude caustique :

C'est une cuve de forme rectangulaire ou cylindrique pour conserver la solution de soude caustique de la teneur requise. Elle est en matériau approprié pour résister aux attaques de la soude caustique.

- Chaudron :

C'est une cuve dont la taille et les matériaux varient selon le volume maximal de savon à produire et le procédé qu'on va utiliser, normalement ils sont fabriqués en acier doux, en inox, ou en tôle galvanisée d'épaisseur appropriée. En général, la cuve a un corps cylindrique avec une base en tronc de cône pour permettre un déchargement facile de la pâte de savon chaud, avec un tuyau d'évacuation fixé à la base de la cuve.

- Mises :

Ce sont des cadres en bois, en métal ou en d'autres matériaux dans lesquels on verse la pâte de savon chaude pour qu'elle y refroidisse, y prenne forme et achève la réaction de saponification. Elles sont de forme rectangulaire et le nombre nécessaire dépend de leur dimension ainsi que du volume du savon produit normalement dans l'installation.

Pour faciliter le démoulage, on peut déposer du papier cellophane ou un drap dans le bac avant d'y verser la pâte de savon chaude. Une autre manière pour enlever aisément le savon dur est d'utiliser des formes facilement démontables.

- Modèles ou tables à découper :

C'est un appareil qui sert à découper à volonté la masse solide de savon en barres ou en morceaux. Il se présente sous forme d'une table rectangulaire munie d'une barre transversale dans sa ligne médiane sur laquelle un fil, le matériel principal de coupe, est tendu verticalement. La barre transversale fonctionne comme une règle servant à régler la largeur du savon.

En l'absence d'un modèle, on peut se contenter pour l'opération de découpage, d'une table, d'une règle et d'un simple couteau.

- Presse à estamper :

C'est pour donner une présentation commerciale aux morceaux de savon, lui donner une forme précise, et graver une inscription ou la marque déposée du fabricant sur une face du savon. La machine, qui est actionnée à la main ou au pied, se meut verticalement pour frapper le savon.

II.1.1.2 Equipements pour la fabrication artisanale du savon de toilette

- Malaxeur
- Moulin ou broyeur
- Boudineuse ou extrudeuse

- Malaxeur

Le malaxeur est utilisé pour mélanger le savon sous forme de copeaux avec du parfum, de colorants et d'autres additifs. La machine se compose d'une trémie fixée à un tonneau de malaxage muni d'un dispositif d'inclinaison pour permettre un déchargement facile du mélange. Le malaxage se fait par une série d'aubes en acier inoxydable. Le modèle indien destiné à la fabrication du savon à quantité réduite à une capacité de 20 kg par l'heure.

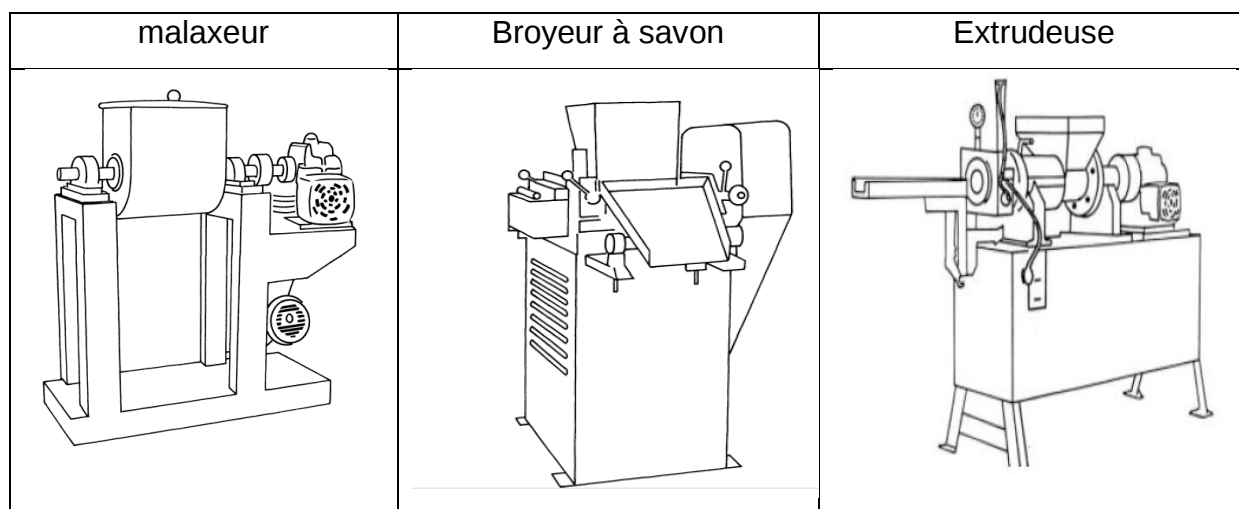
- Moulin ou broyeur

Les moulins sont destinés à rendre le savon plus homogène. Le moulin se compose d'une trémie posée sur une chambre où tournent trois ou quatre rouleaux de granit ou d'acier munis d'un système d'engrenages approprié. Les rouleaux sont assemblés de manière à tourner à des vitesses différentes, de telle façon qu'ils frottent plus qu'ils n'écrasent. Au moyen d'un dispositif à vis, on règle la pression des rouleaux l'un sur l'autre pour donner au savon en copeaux l'épaisseur voulue.

- Boudineuse ou extrudeuse

La boudineuse, appelée également extrudeuse est étudiée pour affiner, compresser et extruder le savon provenant du mélangeur. C'est une machine qui comprime les copeaux de savon et en fait des barres compactes et solides, aptes au découpage et à l'estampage. Elle se compose d'une trémie fixée sur un tube en métal épais, d'une forme conique et ressemblant à un canon qui s'effile en pointe vers la filière, et dans laquelle tournent une ou deux vis pour pousser le savon vers l'extrémité conique.

Quand le savon est introduit dans la chambre de compression, il est poussé à travers un disque métallique perforé (disque cribleur). Là, il faut le soumettre à une pression élevée pour le comprimer. Finalement, le savon sort par la filière à laquelle est fixée une coupeuse de modèle approprié qui coupe le savon, dès sa sortie, à la longueur désirée. La filière est munie d'un réchauffeur électrique à résistance qui maintient la température entre 40°C et 55°C pour permettre une sortie facile du savon. La température est réglée d'une manière automatique au moyen d'un thermostat fixé au-dessus de la chambre de chauffage, afin d'empêcher le savon de cloquer au cas où la filière est trop chaude, ou de se présenter sous une forme mate quand la température est réduite. L'extrudeuse du savon peut travailler continuellement sans réduire la Capacité. Le Cône d'extrusion assure l'extrusion d'une barre de savon compactée, pour produire une barre avec une surface lisse. Les figures suivantes montrent les appareillages mentionnées au début de cette section.



Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

Figure 3:Appareillages de fabrication du savon

A part les appareils mentionnés en haut, quelques accessoires sont utiles dans la fabrication de savon comme :

- une balance de précision pour la pesée des matières premières,
- masques, lunettes des sécurités, des gants et des bottes en caoutchouc pour empêcher tout contact du corps avec les solutions de soude caustique,
- des seaux galvanisés, ou en tôle émaillée ou encore en plastique pour les lessives de soude caustique, de l'huile, et de l'eau.
- un agitateur si le brassage doit se faire manuellement au cours de la cuisson.
- Thermomètre électronique pour contrôler la température du mélange.

Les équipements et ustensiles sont en fer, fonte, plastic, argile ou bois cars les récipients en aluminium ne résistent pas à l'action des bases.

II.1.2. Matières premières (1) (12) (14)

Les matières premières nécessaires à la fabrication du savon couvrent une vaste gamme de substances qui peuvent se classer ainsi :

- ❖ Les corps gras (graisses ou huiles) : c'est la principale matière première utilisée dans la fabrication de savon, elle peut être d'origine naturelle : animale ou végétale
- ❖ Les alcalis ou les lessives : soude caustique ou potasse caustique ; c'est la seconde matière première indispensables pour saponifier les corps gras
- ❖ L'eau qui est le milieu dans lequel s'effectue la réaction entre l'huile

et l'alcali. De préférence, il faut utiliser de l'eau douce.

❖ L'adjonction de sel, agents émulsifs, colloïdes organiques, abrasifs, blanchissants, colorants, charges, substances hygiéniques ou médicamenteuses, substances de parfum est possible mais pas indispensable.

II.1.2.1 Les corps gras :

Les matières grasses représentent en volume plus ou moins 2/3 des matières premières dans une savonnerie. Leur disponibilité et leur sécurité d'approvisionnement sont donc des éléments essentiels dans le choix des corps gras. Le coût de production et les propriétés de tout savon dépendent largement des caractéristiques des divers corps gras utilisés dans sa production. Il faut donc que le savonnier connaisse toutes les propriétés physiques, chimiques et savonnères des corps gras qu'il utilise.

Théoriquement, toutes les huiles ou graisses non-volatiles peuvent être utilisées mais dans la pratique leur nombre est fort réduit à cause de raisons économiques, environnementales, techniques et chimiques.

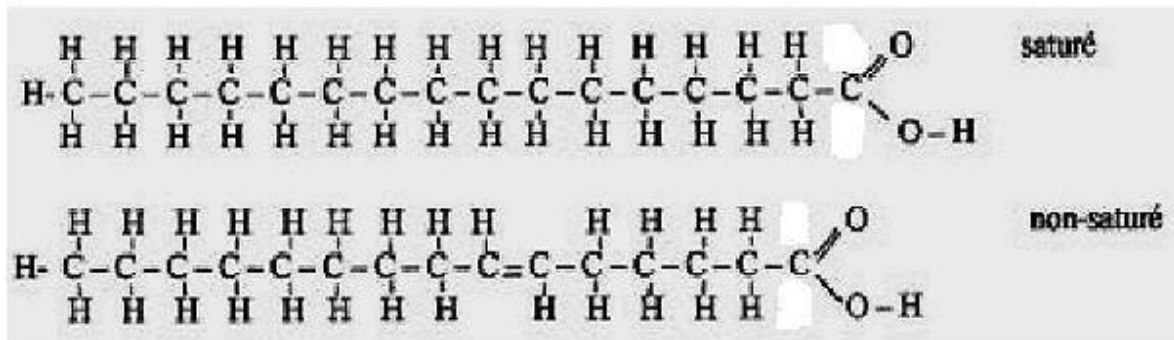
Au niveau des huiles nous distinguons trois classes : les huiles minérales ; les huiles étheriques ; et les huiles et graisses non-volatiles.

De cette série, ces derniers sont utilisés pour la fabrication de savon. Elles peuvent être divisées comme suit :

- les graisses et huiles animales (suif et saindoux)
- les graisses et huiles végétales (coco, coton, tournesol, palmier à l'huile, jatropha curcas, neem, etc.)

La présence d'acides gras saturés rend les corps gras solides à la température ambiante, et on parle également de "beurre" comme le beurre de coco. Dans le cas où les acides gras non saturés sont le constituant majeur, le corps gras est liquide à température normale. La formation d'un corps gras est la suivante :





Structure chimique d'un acide gras saturé et non saturé : $RCOOH$

La formule chimique d'un acide gras saturé est : $C(n)H(2n+1)COOH$

Un acide gras est saturé s'il n'y a pas de double liaison $C=C$, au cas contraire on parle d'acides gras non saturés.



Structure chimique d'un corps gras

II.1.2.1.1 Propriétés d'un corps gras :

Le corps gras a deux propriétés essentielles différentes :

- Propriétés physiques
- Propriétés chimiques

• Propriétés physiques

Densité

La densité d'un solide ou d'un liquide est le rapport de la masse du corps sur la masse d'eau correspondant au même volume à 4 °C.

A 15°C, Pour les huiles non siccatives $0.913 \leq d < 0.920$

Pour les huiles semi siccatives $0.920 \leq d < 0.930$

Pour les huiles siccatives $0.930 \leq d$

Indice de réfraction (n)

L'indice de réfraction d'un milieu est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide sur la vitesse d'une onde lumineuse dans le milieu. C'est également le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction.

A 20°C, Pour les huiles non siccatives $1.468 < n < 1.47$

Pour les huiles semi siccatives $1.470 < n < 1.480$

Pour les huiles siccatives $1.480 < n < 1.523$

Points de fusion et de solidification

Il est très difficile de mesurer avec précision les points de fusion et de solidification des huiles car il s'agit d'un complexe de triglycérides.

Impuretés

Sa détermination consiste en principe à mesurer les matières solides non solubles dans la matière grasse. Ces impuretés sont insolubles dans des solvants gras et ne peuvent être que partiellement quantifiées en fonction du degré de dilution.

- **Propriétés chimiques**

Indice de saponification

La connaissance de cette valeur permet de déterminer la quantité de soude ou de potasse dont on a besoin pour saponifier une quantité donnée du corps gras que l'on a choisi pour la fabrication du savon.

L'indice de saponification est la quantité de KOH en mg dont on a besoin pour saponifier 1g de corps gras. Il est d'habitude exprimé en mg/g ou en g/kg de corps gras. La quantité de l'alcali varie avec la masse molaire des acides gras. Plus la masse molaire est élevée, plus l'indice de saponification est faible. L'indice de saponification s'exprime en termes de KOH ; pour obtenir sa valeur en terme de NaOH, l'indice doit se multiplier par un coefficient $40/56 = 0.7$.

Les coefficients représentent la quantité en milligramme (mg) de potasse caustique pur nécessaire pour saponifier 1g d'huile.

Si l'indice de saponification est élevé, la transformation en savon est bonne

$$\text{Quantité de soude caustique désiré} = 0.7 \times \text{indice de saponification par gramme d'huile}$$

Indice d'iode

Cet indice se définit comme la quantité en centigrammes d'iode absorbée par un gramme d'huile. Cet indice indique la présence d'acides non saturés dans l'huile ou dans la graisse. Plus l'indice est élevé, plus est élevée la proportion de ces acides et

plus le savon sera mou. L'indice d'iode indique donc la fermeté du savon. L'indice le plus faible correspond au savon le plus dur.

Tableau 1:Indices de saponification et d'iode pour quelques huiles et graisses

Huile/graisse	Indice de saponification	Indice d'iode
Suif de bœuf	193-200	28-42
Saindoux	193-198	53-60
Beurre de lait	220-232	25-38
Huile de palme	197-210	50-54
Huile de palmiste	241-250	13-17
Huile de coco	251-264	49-59
Huile de coprah	248-255	7-12
Huile d'olive	189-198	79-87
Huile d'arachide	188-196	86-98
Huile de ricin	178-185	83
Huile de colza	176-180	89-98
Huile de lin	189	177
Huile de coton	193-197	108-115
Huile de soja	192-195	115-137

Source : Manuel du savonnier : GAUTHIER - VILLARS, 1946.

Coefficient INS

Ce facteur s'obtient en soustrayant l'indice d'iode de l'indice de saponification du corps gras concerné. On l'emploie pour évaluer la qualité que donnera un mélange d'huiles. Ce facteur varie de 15 à 250 pour les huiles et matières grasses savonnères. Les huiles liquides qui possèdent des proportions élevées d'acides gras non saturés ont des coefficients réduits alors que les graisses dures et les huiles de noix qui renferment des acides gras de poids moléculaires réduits possèdent des coefficients élevés.

Généralement, avec un accroissement du coefficient d'INS :

- ☐ Les huiles passent du liquide au solide et produisent du savon plus dur
- ☐ La propriété détergente, le pouvoir moussant et la solubilité du savon décroissent (sauf dans le cas des huiles de noix) avec la capacité à retenir des charges et une

amélioration de la couleur. L'apparence du savon est brillante, et sans mauvaise odeur ;

Pour avoir la bonne composition de corps gras, répondant à toutes ces exigences il faut trouver un coefficient INS autour de 146.

Tableau 2: Coefficient INS des huiles et matières grasses d'usage courant dans la fabrication du savon

Nom de l'huile/la matière grasse	Coefficient INS
Suif de bœuf	155
Saindoux	137
Beurre de lait	183
Huile de palme	146
Huile de palmiste	>233
Huile de coco	250
Huile de coprah	>130
Huile d'olive	108
Huile d'arachide	101
Huile de ricin	102
Huile de colza	82
Huile de lin	15
Huile de coton	85
Huile de soja	56

Source : Manuel du savonnier : GAUTHIER - VILLARS, 1946.

Exemple de calcul d'un bon mélange :

50 % d'huile de palme $50/100 \times 146 = 73$

20 % d'huile palmiste : $20/100 \times 235 = 47$

30 % d'huile de coton : $30/100 \times 85 = 25,5$

Total = 145,5

Substances insaponifiables et insaponifiées

□ Les substances insaponifiables : C'est l'ensemble des constituants insolubles dans l'eau, qui ne sont pas susceptibles d'être modifiés par la réaction de saponification en donnant un sel.

□ Les substances insaponifiées ou non saponifiées : Ce sont des substances saponifiables ayant échappé à la réaction de saponification

Voici une récapitulation de certaine composition des corps gras

Tableau 3:Composition des corps gras

Acide gras	Poids moléculaire	Corps gras					
	Poids moléculaire	Coco	Palmiste	Saindoux	Palme	Soja	Arachide
Laurique	200.31	44%	51%				
Myristique	228.37	18%	17%	3%			
Palmitique	256.42	11%	8%	20-28%		7-12%	6-16%
Stéarique	284.47	6%	2%	16-20%		2-6%	1-7%
Oléique		13%	20-40%	40-44%		20-30%	36-72%
Linolique		2%	2%	8-10%		48-58%	13-45%
Arachidique	312.52			2%		2%	1-3%

Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

II.1.2.1.2 Les différents types d'huiles utilisés pour la fabrication du savon

➤ Les graisses et huiles animales :

C'est à partir des graisses animales qu'on a pu obtenir les premiers savons et ils sont très employés en savonnerie. Et solide à température normale sauf de nombreuses huiles d'animaux marins.

Le suif

Les suifs sont des tissus adipeux du bovin. Ils sont d'aspect grumeleux et ont de point de fusion élevé. En effet, ils contiennent beaucoup de glycérides d'acides saturés comme l'acide stéarique 14% à 29%, l'acide palmitique 20% à 33% et d'acide insaturé comme acide oléique 35% à 50%. Ce sont des graisses très stables et dont sa consistance permet d'obtenir des savons durs.

Graisse de porc : saindoux, axonge

C'est une graisse blanche, dure et très onctueuse après fusion. Le saindoux est excellent dans la fabrication des savons comme pommades. Elle contient 8 % d'acide stéarique, 11% d'acide palmitique et 60% d'acide oléique. Elle rancit aisément mais a une très bonne odeur quand elle est fraîche.

Huiles d'animaux marins

Colorées, puantes ; ces graisses ou huiles épaisses ont maintenant accès en savonnerie, grâce à leur abondance et au perfectionnement des méthodes d'épuration.

➤ **Les graisses et huiles végétales :**

Les huiles et graisses végétales sont retirées le plus souvent des graines de végétaux supérieurs ou plus rarement, de la pulpe de fruit de certaines espèces végétales. Grace à l'introduction de l'huile végétale dans la formulation de la matière première que le savon a pu connaître une grande évolution quant à ses propriétés.

Il existe une panoplie de matières grasses végétales dont chacune possède des propriétés particulières qui les avantagent par rapport aux autres.

Huiles végétales consistantes

Ces corps gras à point de fusion élevé (20 à 40°C), imposent une technique spéciale dès qu'ils entrent en forte proportion dans les empattages de savonnerie.

Ils rancissent à l'air, sans durcir.

➤ *Les huiles issues du palmier à huile*

Le palmier à huile présente deux sortes d'huiles assez différentes l'une de l'autre.

L'huile de palme

Elle est extraite de la chair ou du « sarcocarpe » du fruit drupacé de la plante. Elle doit obligatoirement être extraite de la pulpe du fruit frais d'*Elæis guinensis* (cocotier aux régimes épineux). Fraîche, l'huile de palme se présente en masse molle de couleur variant du jaune au rouge saumon suivant les palmiers dont elle provient. Elle fond à 29°C, vieillie et brunâtre entre 37 et 43°C. C'est une huile qui a de nombreuses utilisations actuellement. Elle se compose surtout de palmitine et d'oléine, avec de la stéarine. Elle est la matière première principale de la savonnerie dans les pays producteurs de palmier à huile. Cependant, elle a une coloration accentuée et doit souvent être décolorée avant usage. Elle donne un savon qui s'effrite et qui ne se laisse pas facilement travailler pour la fabrication de savon de toilette à moins d'être mélangée avec l'huile de coco.

L'huile de palmiste

Elle est obtenue par extraction des noix concassées et broyées du même arbre. Cette huile devient liquide vers 40°C et elle est riche surtout en acide laurique. Elle a une odeur de cacao un peu gênante comme sa couleur brun café.

Elle donne un savon de bonne consistance ayant des propriétés cosmétiques appréciées mais à odeur prononcée.

➤ *Les huiles issues du cocotier*

L'huile de coco

Divers palmiers (*Cocos butyracea*, *Cocos nucifera*) portent des noix dont la pulpe fraîche fournit un lait d'où s'écume l'huile de coco.

L'huile de coprah

Cette huile est extraite industriellement du coprah, lui-même obtenu par séchage des noix de coco. Fusible vers 21-23°C, d'odeur peu agréable, plus laiteuse que colorée, cette huile, riche en acides laurique, myristique, palmitique, a pour indices moyens : IS (248-255), II (7-12), ce qui donne parfois 250 comme facteur « I.N.S » saponifiable par simple empâtage et donne des savons rebelles au relargage et utilisables dans l'eau de mer. En raison de son indice de saponification élevé, elle a besoin d'une solution caustique forte pour la saponification. Le savon de soude qui en résulte est normalement blanc, dur, se dissout rapidement en formant une mousse peu durable.

Elle est également utilisée dans la fabrication de savon liquide, car son savon de potasse reste liquide à basse température.

Huiles liquides grasses

L'huile d'olive

Parmi les différentes catégories de l'huile d'olive, celles couramment utilisées en savonnerie sont :

- *L'huile d'enfer*, obtenue par deuxième pression de grignons servent en savonnerie après épuration. Elle est d'une consistance épaisse, très colorée et à odeur excessive.

- *Les huiles sulfurées*, tirées des grignons par le sulfure de carbone.

- *Les huiles tournantes*, rancies à l'air, concurrencées en teinturerie par des produits de synthèse, sont passables pour savons colorés et plutôt liquides ; mais elles sont peu sûres. Très désignée pour savonnerie classique, l'huile d'olive vaut surtout par sa teneur en acide oléique cher et n'a de rivale que l'oléine. Elle donne un excellent savon mais malheureusement très cher.

L'huile d'arachide

Constitue 40 à 50 pour 100 des grains d'une liane légumineuse, *Arachis hypogea* (cacahuètes), l'huile première, blanche, est comestible. L'huile seconde, vert pâle, rancissant peu, va en savonnerie pour confectionner des beaux savons blancs.

L'huile de ricin

Extraite des graines du *Ricinus communis*, caractérisée par des triglycérides de l'acide ricinoléique et de faibles proportions d'acides stéarique et palmitique. Pour la saponification, cette huile se comporte d'une manière semblable à celle de l'huile de coco.

Elle se saponifie facilement avec une lessive forte. Cette huile, par sa solubilité dans l'alcool, par son aptitude à la sulfonation donnant des huiles solubles à l'eau, et par ses constantes favorables, est précieuse en savonnerie. Sirupeuse, incolore, elle rancit trop aisément. Elle est excellente pour savons transparents et savons liquides.

L'huile de pourghère

On peut obtenir cette huile à partir des graines de pourghère, appelé aussi pignon d'Inde *Jatropha curcas*. La graine renferme à peu près 52% d'huile.

L'huile de neem

Issue des graines du neem *Azadirachta indica*. Le contenu en huile du noyau est proche de 45%. Elle est de couleur jaune verdâtre, ne se dessèche pas et possède un goût acre et amer et une odeur déplaisante d'ail.

L'huile de colza

Pressée à froid, puis à chaud des semences d'un chou *Brassica oleracea*, elle est appréciée pour saponification. L'huile jaune clair, inodore, rancit à chaud par oxydation de son acide érucique, et alors se blanchit difficilement.

➤ *Huiles siccatives et mi-siccatives*

L'huile de lin

30 à 40 pour 100 dans les graines de *Linum usitatissimum*; de point de fusion très bas. C'est une huile de couleur jaune clair, à odeur spéciale, est extrêmement siccative et donne avec la soude des savons durs, renforce la consistance des savons mous; actuellement très coûteuse.

L'huile de coton

Tirée des graines de *Gossypium* comme résidus de l'industrie textile. Avec 45% d'acide linoléique, 25% d'oléique, 30% de stéarique-palmitique; cette huile régulière

est bonne en savonnerie. L'huile brute se saponifie bien mais il est difficile de séparer le savon.

Le savon produit à partir de ce type d'huile est de consistance molle. Cependant, Lorsqu'elle est utilisée seule dans la fabrication de savon, odeur n'est pas satisfaisante.

L'huile de soja

Elle provient de fèves assez diverses. Pressée ou extraite. Selon son origine, l'huile est claire ou brune, se décolore aisément, mais rancit vite et siccative.

Généralement chaque huile à ses propres caractéristiques qui déterminent les caractéristiques du savon ; notamment le pouvoir détergent, le pouvoir moussant, l'effet sur la peau, la solubilité dans l'eau, la stabilité de la mousse.

L'art du savonnier consiste à mélanger ces différents corps gras afin d'obtenir un savon aux propriétés désirées. Cas d'un savon de toilette, l'effet sur la peau doit être doux. Pour un savon de lessive, il faut prévoir des huiles qui ont un bon pouvoir détergent et une mousse qui est assez stable.

Ces deux tableaux suivants montrent de certaines propriétés et Caractéristiques de savon fabriqué à partir de quelques huiles individuelles

Tableau 4:caracteristiques de quelques huiles

Matière grasse	Pouvoir moussant	Pouvoir détergent	Effet sur la peau
Huile de coco	Bon, formation rapide, mousse instable	Bon	Très Rude
Huile palmiste	Bon, formation rapide, mousse instable	Bon	Rude
Huile de palme	Bon, formation lente, mousse stable	Très bon	Très doux
Beurre de karité	Faible, formation lente	Assez bon	Très doux
Huile d'arachide	Assez bon, formation lente	Assez bon	Très doux
Huile de soja	Moyen	Moyen	Très doux
Huile de neem	Bon, formation rapide, mousse stable	Très bon	doux, anti-septique
Huile de ricin	Faible, formation rapide, mousse stable	Bon	Doux, anti-septique
Huile de sésame	Bon, formation lente, mousse stable	Bon	Doux
Huile de coton	Moyen, mousse stable	Bon	Doux
Saindoux	Bon, formation rapide, mousse stable	Bon	Très doux
Suifs	Faible, formation lente, mousse stable	Bon	Très doux
Huile de poisson	Gras	Assez bon	Doux

Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven.Belgique

Tableau 5: Caractéristiques de savon fabriqué à partir de quelques huiles

Corps gras	Facteur INS	consistance savon dur	pouv.détergent pouv.moussant solubilité	couleur incorporer des charges	tendance à rancir
huile de coco	248	++++	++	++++	-----
huile palmiste	231	++++	++	++++	-----
Suif (de bœuf)	157	+++	----	+++	----
huile de palme	149	+++	---	+++	---
Saindoux (porc)	134	++	--	++	--
Suif (de mouton)	156	++	-	++	--
Huile de nim/neem	127	++	+	++	-
Beurre de karité	126	++	+	++	-
Huile de ricin	97	+	++	+	+
Huile d'arachide	95	+	++	+	+
Huile de coton	85	-	++	-	++
Huile de sésame	79	--	+++	--	+++
Huile de soja	64	---	+++	---	++++
Huile de tournesol	55	----	+++	----	++++
Huile de lin	15	-----	++++	-----	+++++

Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

II.1.2.2 Les alcalis (1) (11)

Les alcalis utilisables pour saponifier les acides gras sont :

- l'hydroxyde de sodium = soude caustique : NaOH ;
- l'hydroxyde de potassium = potasse caustique : KOH

Elles représentent la deuxième matière première importante dans la savonnerie.

Dans la plupart des cas, ces produits sont importés. Il faut donc un suivi précis et une logistique appropriée afin de garantir leur disponibilité.

II.1.2.2.1 La soude caustique : NaOH

C'est la lessive la plus employée dans le monde ; la production se fait en procédé chimique et procédé électrochimique. Avec pH varie entre 12 et 14 et obtenue par électrolyse du chlorure de sodium NaCl. Elle absorbe facilement l'humidité et le gaz carbonique de l'atmosphère pour former du carbonate de sodium. De ce fait, il ne faut pas l'exposer à l'air, et il faut la conserver en récipients étanches. La soude caustique attaque la peau et corrosive pour les récipients en aluminium. On voit sur le marché sous diverses formes telles qu'en paillettes, en poudre, en bâtons et en blocs. Il est très pratique d'utiliser la poudre et les paillettes.

Les savons durs sont obtenus par réaction de la soude caustique sur des corps gras.

Particulièrement dans les années '80, le Technology Consultancy Centre (TCC) de l'University of Science and Technology (UST) de Kumasi (Ghana) a mis au point une technique de production locale de soude caustique.

Les matières premières pour la fabrication de cette soude sont :

- le carbonate de sodium Na_2CO_3 ;
- et la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

La réaction chimique est donnée par la relation :



Photo 1: Pastille de la soude

II.1.2.2.2 La potasse caustique KOH

La potasse caustique ou l'hydroxyde de potassium (KOH) est la deuxième lessive employée dans le monde. L'hydroxyde de potassium est un composé chimique corrosif basique et hygroscopique, Il est obtenu par électrolyse du chlorure de potassium KCl. Cette opération produit en même temps de la potasse du chlore, et de l'hydrogène. Elle est employée dans la fabrication de produits chimiques comme le savon et l'engrais. Sa réaction avec des corps gras, donne du savon mou qui est plus soluble dans l'eau que les savons de sodium. Le KOH provoque une réaction chimique plus forte que la soude. Par conséquent, Cette lessive est utilisée dans la fabrication des savons liquides et des shampooings.

Le potassium est un élément très répandu dans la nature. Les arbres et les flores ont la propriété d'assimiler du sol, le potassium en assez grande quantité. Les cendres des plantes contiennent le potassium qui peut être "lessivé" avec de l'eau bouillant. Le carbonate de potassium K_2CO_3 est obtenu par le lessivage, une lessive faible qui peut être transformée en l'hydroxyde de potassium. Cette réaction se fait de nouveau en utilisant de la chaux éteinte.



Photo 2:Pastille de potasse

La quantité d'alcalis

Le mélange des corps gras avec d'alcalis est très important pour avoir un savon de meilleure qualité. Donc il faut faire des calculs appropriés. Le tableau ci-dessous nous montre les quantités de KOH et de NaOH nécessaires pour transformer un kg d'un corps gras bien spécifique.

Tableau 6:Quantités de KOH et de NaOH nécessaires pour transformer un kg d'un corps gras

Corps gras	Indice de saponification	g KOH nécessaire pour transformer 1kg de corps gras	g NaOH nécessaire pour transformer 1kg de corps gras	% NaOH (pour transformer 100 g)
huile de coco	256	256	183	18,3
huile palmiste	248	248	179	17,9
huile de palme	200	200	143	14,3
Suif (de bœuf)	197	197	141	14,1
Huile de nim/neem	196	196	140	14
Saindoux (porc)	195	195	139	13,9
Suif (de mouton)	195	195	139	13,9
Huile de coton	194	194	138	13,8
Huile de soja	192	192	137	13,7
Huile d'olive	192	192	137	13,7
Huile d'arachide	190	190	135	13,5
Huile de sésame	190	190	135	13,5
Huile de tournesol	190	190	135	13,5
Huile de maïs	190	190	135	13,5
Huile de lin	190	190	135	13,5
Huile de poisson	188	188	134	13,4
Beurre de karité	187	187	133	13,3
Huile de ricin	182	182	130	13
Résine	181	181	129	12,9

Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

Exemple d'un bon mélange du corps gras

50 % d'huile de palme - 20 % d'huile palmiste - 30 % d'huile de coton

Pour la transformation de 50 kg de corps gras cela représente :

25 kg d'huile de palme – 10 kg huile palmiste – 15 kg huile de coton

Quantité de NaOH = soude caustique nécessaire :

- pour transformer 1kg d'huile de palme, il faut de 143 g NaOH
- pour transformer 25 kg d'huile de palme : $143 \times 25 = \mathbf{3.575 \text{ g NaOH}}$
- pour transformer 1 kg d'huile palmiste, il faut de 179 g NaOH
- pour transformer 10 kg d'huile palmiste : $179 \times 10 = \mathbf{1.790 \text{ g NaOH}}$
- pour transformer 1 kg d'huile de coton, il faut de 138 g NaOH
- pour transformer 15 kg d'huile de coton : $138 \times 15 = \mathbf{2.070 \text{ g NaOH}}$

Pour transformer le mélange de 100 kg de corps gras, nous avons besoin de :

$3.575 \text{ g} + 1.790 \text{ g} + 2.070 \text{ g} = 7430 \text{ g} = \mathbf{7.43 \text{ kg NaOH}}$

La quantité en soude caustique nécessaire pour transformer 50 kg de corps gras revient donc à 14,86 % de la quantité du corps gras.

Dans certains cas, la quantité de soude caustique varie autour du 14 à 15 % du poids du corps gras.

La concentration des lessives

Dans cette étape, le but est de préparer la solution de lessive d'une concentration souhaitée car nous ne pouvons pas utiliser le produit sous sa forme pure.

Dans le cas général, la soude caustique est vendue sous forme solide à une concentration de plus ou moins 100 %. Comme il s'agit d'un produit qui absorbe facilement l'humidité et le gaz carbonique de l'atmosphère pour former du carbonate de sodium, c'est impossible de savoir sa concentration exacte. De même pour les alcalis fabriqués sur place, il faut mesurer et adapter la concentration avant de procéder à la fabrication de savon.

La concentration de la lessive dépend de plusieurs facteurs notamment, des corps gras et du procédé de fabrication. A l'aide de baumémètre, la concentration de la lessive mesurée entre 10 à 40°Bé selon le procédé de fabrication.

On peut obtenir aussi la densité souhaitée en dissolvant des quantités d'hydroxyde de soude ou de potassium bien mesurées, dans des quantités précises d'eau.

A ce moment, la concentration sera toujours un peu plus faible car il y aura toujours une petite quantité d'eau dans cette matière solide.

II.1.2.3 Les autres matières premières (5) (12)

Appart des matières de base, il est nécessaire d'utiliser d'autres additifs pour donner une certaine qualité aux savons. Mais à des proportions réduites parce qu'un surplus diminue le pouvoir lavant et raccourcit le temps de conservation. Ce sont des liquides peu ou pas transformés par la saponification, mais qui réduisent la « tension superficielle » empêchant le mélange de l'eau avec les substances insolubles, ou qui jouent dans la mousse du savon le rôle de « colloïdes protecteurs »

Telles que :

- Produits d'augmentation et charges : silicate soluble, kaolin, ...
- Des agents blanchissants qui sont parfois ajoutés aux savons pour améliorer leur pouvoir lavant : chlore liquide, hydrosulfite de sodium,
- Des ingrédients antiseptiques visant à renforcer le pouvoir bactéricide du savon,

- Des complexants ou séquestrants qui sont des additifs destinés à réduire la sensibilité,
- Des agents cosmétique qui sont des produits à visée cosmétique à ajouter aux savons : substances adoucissantes (lanoline, glycérine, huile d'amande douce, des conservateurs,
- Des huiles essentielles extraites de plantes,
- Des colorants,
- Des parfums,
- Des agents hydratants comme miel,
- Des abrasifs : cellulose, silice fossile

II.2 Les machines et outils d'usinages nécessaires pour la réalisation de la presse estampage à savon

Pour la réalisation de la presse, l'utilisation des machines et outils d'usinage est obligatoire. Nous allons présenter certaines machines indispensables que nous avons utilisées lors de la fabrication de notre presse.

II.2.1 Les machines essentielles

II.2.1.1 Fraiseuse (21)

Une fraiseuse est une machine nécessaire à l'usinage d'une grande variété de pièces mécaniques. Reconnue pour sa polyvalence et sa grande précision, elle peut exécuter diverses manipulations, même les plus complexes. Elle est munie d'outils de coupe appelée fraise et d'une table mobile sur laquelle les matériaux à réparer sont déposés. La matière est enlevée par la combinaison de la rotation de la fraise et du mouvement d'avance de la pièce à façonner.

La fraise comporte de dents et de forme variable telle que cylindrique, torique, conique, hémisphérique. Elle peut également être équipée de foret, de taraud ou d'alésoir pour réaliser des opérations de perçage et taraudage. La figure 14 montre le principe de fraisage.

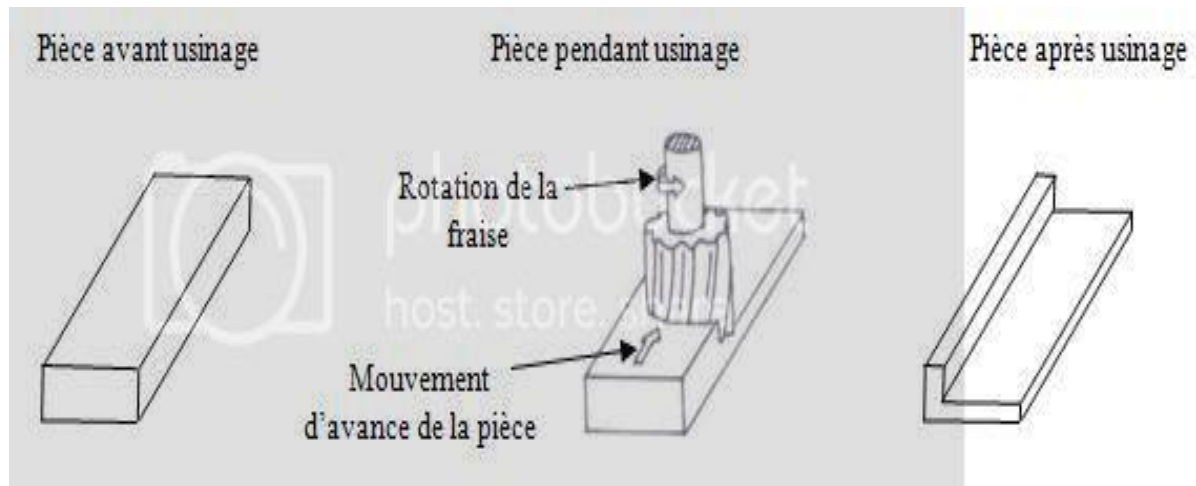


Figure 4: Principe de fraisage

Caractéristiques principales :

La fraise et la pièce sont montées sur des glissières et peuvent se déplacer relativement suivant des coordonnées X Y ou Z.

Courses X, Y, Z (mm): elles correspondent à l'amplitude des mouvements de la table suivant les directions X (longitudinale), Y (transversale) et Z (verticale).

Vitesse de broche (tr/min): c'est le nombre de rotations par minute que peut effectuer la broche (porte-outil).

Puissance de broche (kW ou cv): elle détermine la capacité de la fraiseuse à usiner des matériaux plus ou moins durs. 1 cv = 736 W

Cône de broche : il existe différents cônes de broche (ISO 40, ISO 50, HSK 40, SK 40...). Le choix des cônes dépend de la vitesse de rotation utilisée, de la précision souhaitée, des efforts de coupe

Vitesses d'avance X, Y, Z (mm/min) : Elles correspondent aux vitesses de déplacement de la table suivant les axes X, Y et Z lors de l'usinage de la pièce

Vitesses d'avance rapide X, Y, Z (mm/min) : Elles correspondent aux vitesses de déplacement maximales de la table suivant les axes X, Y et Z lorsque l'outil n'est pas en contact avec la pièce.



Photo 3:Fraiseuse

II.2.1.2 Tour d'outilleur (22)

C'est une machine de construction soignée destinée à produire des pièces à l'unité ou en petite série. De par sa taille, il est aussi appelé tour d'établi. Le tour d'outilleur permet d'usiner des pièces les plus complexes dont le diamètre n'excède pas les 220 mm et une distance entre pointes de 500 mm La puissance du moteur électrique est de l'ordre de 1 000 watts.

Les critères de choix seront une gamme de vitesse de broche étendue et bien étagée ainsi qu'un grand choix de vitesses d'avances afin de pouvoir réaliser tous les filetages possibles soit en métrique ou en pouces, ou réaliser des pas au module (vis sans fin). Ces machines disposent également de butées facilement réglables pour les mouvements d'avance automatique, réglages micrométriques pour la course des

outils. Un changement facile des outils est également prévu ainsi que des translations rapides. Le plus souvent un mandrin 3 mors concentriques, un plateau 4 mors indépendants et une lunette couvriront tous les besoins de montage des pièces. Parfois aussi, un copieur hydraulique obtiendra les formes les plus compliquées.



Photo 4: Tour d'outilleur

II.2.1.3 Meuleuses (23)

Une meuleuse est une machine entrainant en rotation un outil meule pour usiner par tronçonnage, ébavurage, meulage, surfaçage une pièce dans divers matériaux telles que le métal, pierre, béton. La meule est un outil en disque constitué de grains d'émeri, montée sur une machine-outil appelée meuleuse ou disqueuse qui sert à usiner de la matière.



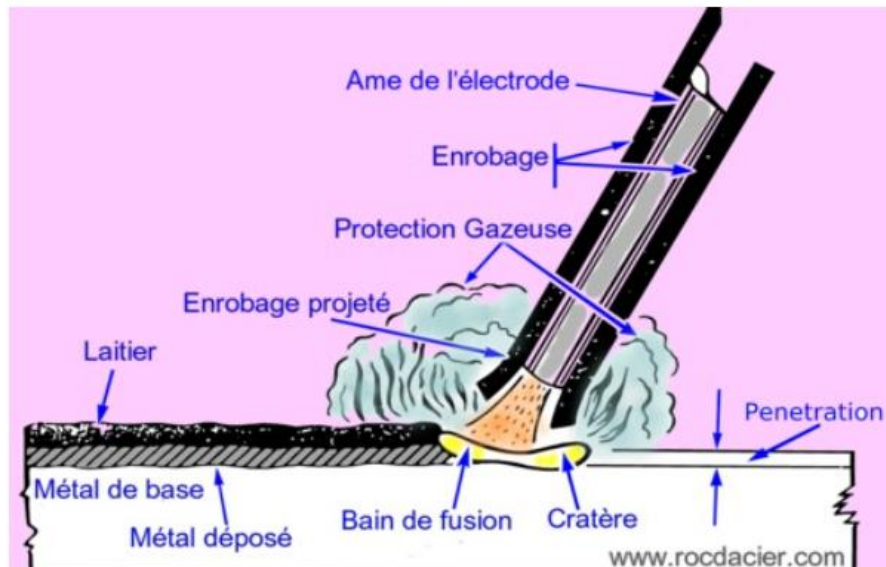
Photo 5:Meules



Photo 6:Type de meuleuse dont-on a utilisée

II.2.1.4 Soudure à arc (24)

Le soudage à l'électricité, ou soudage à l'arc permet un soudage de métaux de même nature ou non avec un métal d'apport par fusion. Pour obtenir cette fusion, il faut une température très élevée, (au moins 3000°C) qui est obtenue par court-circuit entre deux électrodes (la pièce à souder et l'électrode) en créant un arc électrique qui est une sorte d'étincelle continue de très forte puissance qui dégage à la fois une lumière et une chaleur intense. L'électrode est un fil métallique enrobé. Une extrémité de l'électrode est dénudée, ce qui permet d'établir le contact électrique.



Source : www.rocdacier.com/cours-soudage-arc-electrode-enrobee

Figure 5: Soudage à l'arc

L'installation de soudage à l'électrode enrobée comprend :

- Prise de raccordement électrique de 380V, permet la mise sous tension du poste à soude.
- Poste à souder, transformateur de courant.
- Pince de masse, passage du courant électrique se fixe sur un établi ou une pièce à souder.
- Pince de masse, passage du courant électrique se fixe sur un établi ou une pièce à souder.
- Porte électrode.
- Etabli, permet de travailler de façon idéale.

Pour réussir une soudure de qualité, la stabilité de l'arc est essentielle. Elle est influencée par la qualité du générateur de soudage utilisé, mais aussi par :

- Les caractéristiques du courant (nature, polarité, intensité, fréquence)
- La conductivité du milieu (selon la nature de l'enrobage)
- La longueur d'arc (le plus court possible)

II.2.2 Equipements de sécurité

Pour être en sécurité durant l'opération de soudage et la manipulation du tour d'outilleur et fraiseuse, il faut disposer des divers équipements de protection comme suit pour éviter les éclats :

- Combinaison ou vêtement de travail en coton
- Gants de protection
- Lunette de protection transparente
- Masques norme NF

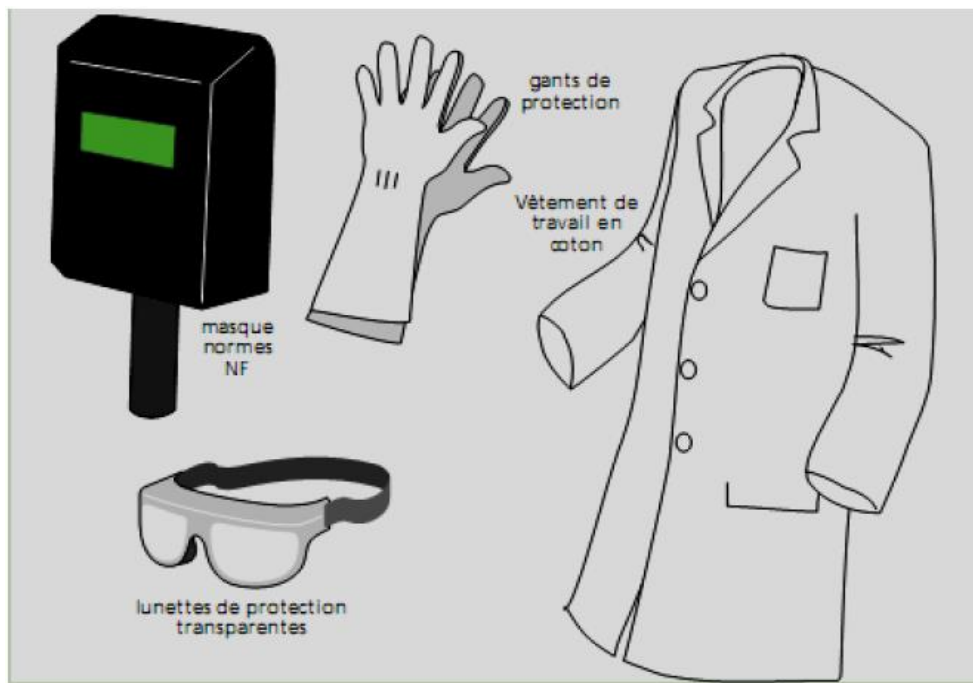


Figure 6:Accessoires de sécurité

CHAPITRE III: PROCÉDE GENERAL DE LA FABRICATION DU SAVON

La réaction de saponification est une réaction chimique qui permet la fabrication du savon. La saponification se traduit d'abord par l'hydrolyse des esters qui entraîne la libération d'acides gras et du glycérol.



Hydrolyse de l'ester en acides gras et glycérol

Cette hydrolyse est totale en présence d'un alcalin KOH ou NaOH avec formation d'un sel d'acide ou d'un savon qui résulte de la combinaison de l'acide gras avec le métal alcalin et de la libération du glycérol.



Réaction de l'acide gras par le métal alcalin en savon et glycérol

La réaction de saponification est lente mais totale, elle ne s'arrête que jusque l'épuisement de l'un des réactifs soit le corps gras soit l'alcalin. Il est possible d'accélérer la réaction en agissant sur divers paramètres comme la vitesse d'agitation, la température.

Il existe plusieurs méthodes de fabrication du savon telles que la saponification à froid, la saponification à chaud, la saponification par semi-ébullition et aussi par ébullition complète.

III.1. Procédé à froid (17) (18) (19)

La Saponification à froid est un processus dans lequel aucune huile n'est chauffée. Seuls les beurres sont mis à fondre à basse température pour devenir liquides. Ainsi, tous les bienfaits des huiles et des beurres sont préservés.

Les éléments principaux sont l'huile végétale, la soude caustique, l'eau, les additifs comme les parfums, le miel, les fleurs, l'amidon.

Cette technique fonctionne par excès d'huile, c'est à dire qu'on utilise plus d'huile pour qu'il en reste jusqu'à la transformation de la soude en savon. Cela permet d'obtenir un savon dit surgras qui protège et nourrit la peau.

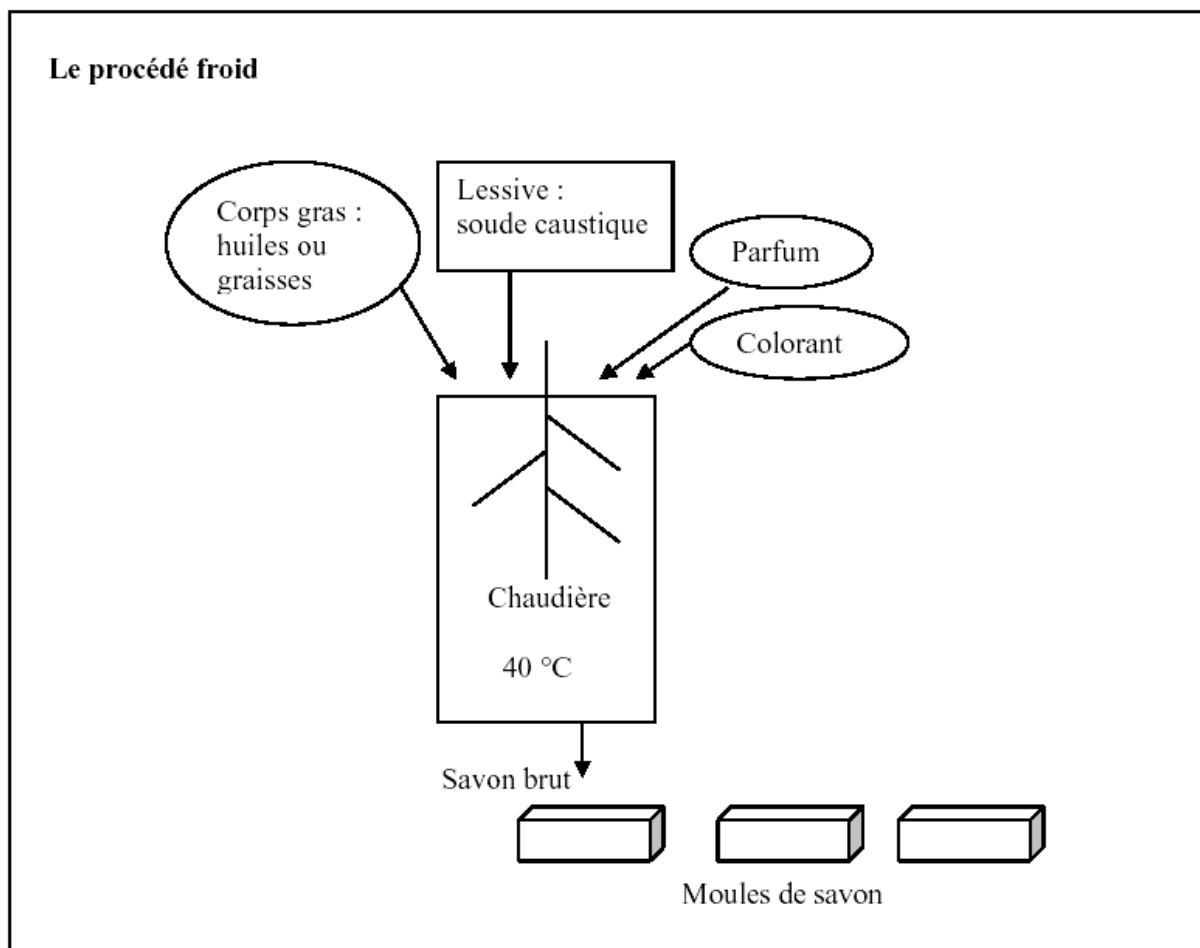
Pour la préparation de la solution de soude caustique, on calcule d'abord la quantité nécessaire. Ensuite, on verse cette dernière dans l'eau afin d'obtenir une solution. Puis, il faut remuer la solution jusqu'à ce que la soude caustique soit dissoute et la solution devient chaude

On verse la solution lentement dans l'huile tout en mélangeant en même temps et il faut que la solution de soude caustique soit à la même température que les huiles. Le mélange va virer au blanc et après quelques minutes il va devenir crémeux.

Continuer le malaxage jusqu'à ce que le mélange ressemble à une mayonnaise. Maintenant, on peut ajouter des parfums ou autres additifs pour améliorer la qualité organoleptique. Elle doit subir un temps de séchage dit « cure » de 4 à 6 semaines. Cela permet l'évaporation de l'eau et le durcissement du savon pour qu'il dure plus longtemps.

Dans ce procédé, la glycérine reste incorporée dans le savon ce qui peut être considéré comme un avantage puisque la glycérine empêche le savon de se craqueler lors du stockage. L'avantage le plus important du procédé est la faible demande en énergie et en temps. D'autres atouts sont le fait qu'il ne demande pas des équipements très coûteux et que l'apparence du savon produit selon le procédé froid est souvent appréciée. Cependant le savon sera toujours moins dur qu'un savon de toilette parce que la glycérine formée pendant le processus de la saponification n'est pas éliminée.

Un dernier point intéressant sur l'environnement est le fait qu'avec ce procédé, aucune eau usée n'est versée. On le voit comme suit un schéma du procédé à froid.



Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

Figure 7:Procédé à froid

III.2. Procédé mi- cuit (11) (1)

Ce procédé est utilisé pour la fabrication de savon de ménage et pour tous les types de savons mous et liquides.

Dans le procédé mi- cuit, la quantité de soude caustique est égale à 14 ou 15% du même poids de l'huile à saponifier. Cette quantité de soude caustique est dissoute dans une quantité d'eau de poids dix fois supérieure à celle de la soude caustique afin d'obtenir une solution à 9%. Lors de la cuisson, il faut chauffer modérément les corps gras à 55-70°. Puis ajouter une petite partie de la solution de soude et agiter. Quand une émulsion se forme, ajouter de la solution de soude pour l'empêcher de s'épaissir. Répéter l'opération précédente jusqu'à l'épuisement de la solution de soude et continuer à cuire jusqu'à ce que le savon soit clair.

Au cas où le savon manifeste des signes de séparations ou de granulation, ajoute d'avantage d'eau ou d'huile pour mener la masse à un état homogène.

Il est nécessaire de faire un « test du ruban » pour connaître si la saponification est complète.

Ainsi il faut procéder de la manière suivante :

- Prélever dans la cuve un petit échantillon et le laisser refroidir ;
- Presser une petite quantité de savon refroidi entre le pouce et l'index ;
- Le savon doit former un ruban ferme et luisant avec des extrémités minces et opaques et être translucide à contre jour ;
- Si l'échantillon sort filandreux, cela indique qu'il y a un excès d'eau dans le savon et qu'il faut poursuivre l'ébullition pour faire évaporer davantage l'eau ;
- Si les extrémités opaques apparaissent puis disparaissent, cela indique que le savon est huileux et exige un complément de solution de soude caustique ;
- Si la pâte de savon est granuleuse, bourbeuse ou blanchâtre, cela indique une proportion trop élevée de lessive caustique non réagi, d'où la nécessité d'ajouter de l'huile.

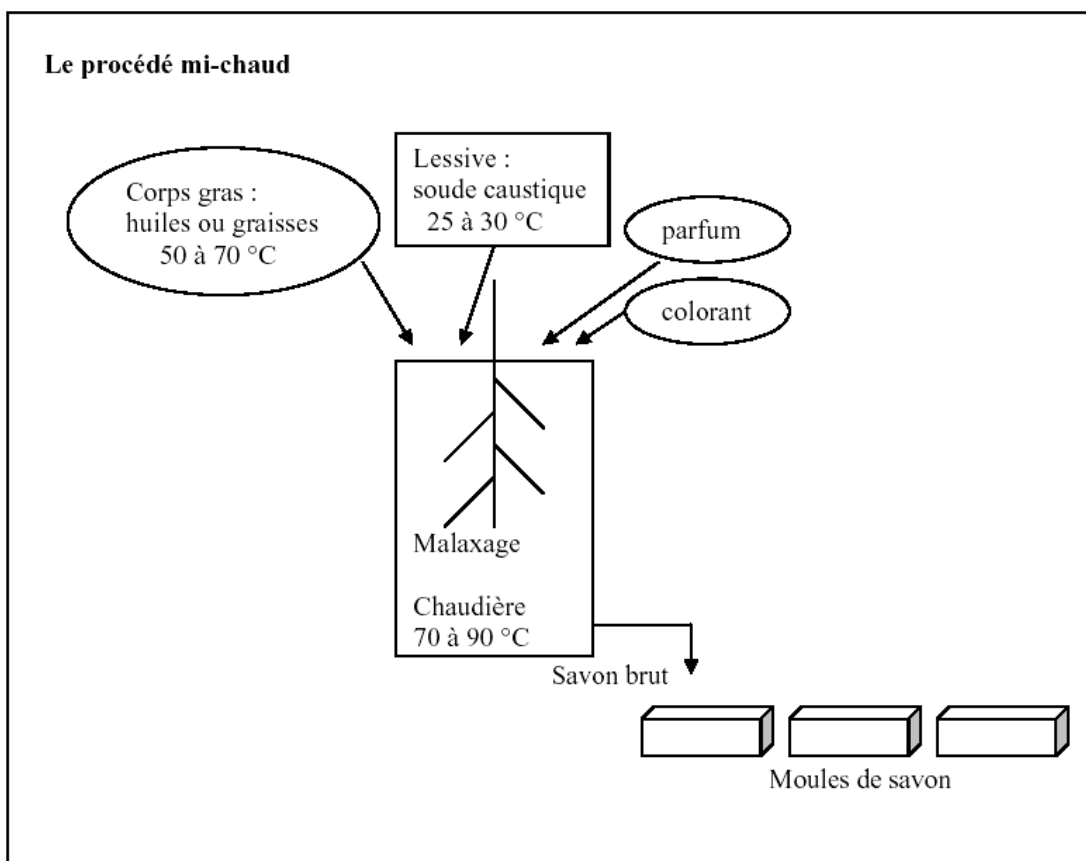
Lorsque la cuisson est terminée, laisser refroidir les mélanges environ 60° en agitant de temps à autres. C'est à ce stade qu'on peut ajouter du parfum ou d'autres produits auxiliaires pour la finition du savon.

Le procédé semi chaud ou par semi ébullition est utilisé pour la fabrication du savon de ménage à une plus grande échelle (industrielle). De plus les frais d'investissement sont toujours limités. Le même procédé peut constituer également la première étape dans la production du savon de lessive et le savon de toilette. Il s'agit d'un procédé de haute intensité de main d'œuvre.

Il demande un apport en énergie plus important parce que pendant la préparation ; la température est maintenue à 70 à 90°C. Ceci facilite la réaction chimique et par conséquent un plus grand choix de matières grasses est possible.

En général, la réaction de saponification sera plus complète avec le procédé par semi ébullition et elle garantit une meilleure incorporation des additifs. La glycérine formée reste incorporée dans le savon.

Quant aux aspects écologiques, ce procédé par semi ébullition ne déverse aussi aucune eau usée dans l'environnement. La figure ci-dessous montre globalement les étapes à suivre.



Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

Figure 8: Procédé mi- cuit

III.3. Procédé de fabrication du savon de Marseille (11) (20) (5) (1)

Cette méthode est très utilisée dans les grandes installations. La fin du processus nécessite la séparation du savon obtenu et de la lessive usée. C'est aussi un procédé qui permet de produire des savons durs et solides. Cette méthode marseillaise nécessite plus de temps que le procédé semi-ébullition. (Environ 14 jours).

En général cette méthode est utilisée pour la fabrication du savon de lessive et le savon de toilette. Ils comportent quelques étapes dans leur procédé (Figure 13):

❖ Empattage ou saponification

C'est la transformation des huiles végétales en savon, sous l'action de la soude et de la chaleur, dans un grand chaudron ; Chauffer le corps gras et ajouter une solution faible de soude caustique (9 à 10%). Le mélange est ensuite amené à l'ébullition pour commencer la saponification. Elle est marquée par la présence d'une

émulsion. Ajouter ensuite une forte quantité de soude (à 18° Bé et de densité 1,4) fréquemment et petit à petit. Enfin vérifier que la saponification est totale

❖ Relargage (lavage)

La pâte de savon est lavée plusieurs fois à l'eau salée afin d'éliminer la soude restante. Cette opération a pour but de séparer le savon de la lessive. Elle est réalisée au moyen d'une solution saturée de sel de la saumure à une densité de 1,2. C'est aussi une opération de granulation car à l'introduction de sel, la pâte de savon homogène devient granuleuse. La saumure a une densité relative de 1,2.

La quantité de sel utilisé est environ 8 à 10% du poids d'huile utilisé. Le relargage est achevé quand le savon est complètement dégagé de la lessive et flotte sur celui-ci. A ce stade on arrête l'ébullition et on laisse déposer l'excès de lessive pendant plusieurs heures ou jusqu'au lendemain.

Il est nécessaire de couvrir le chaudron pour permettre une déposition lente de la lessive sur une longue période et laisser la masse se séparer sous quatre couches :

- La première est une couche mince inférieure de saumure avec les Impuretés ;
- La deuxième est une couche constituée de savon contenant du sel et de l'eau ;
- La troisième couche est formée de savon transparent et pur ;
- La dernière couche est la couche mince supérieure croûte de savon.

On peut donner à la troisième couche de savon pur et grainé des coups de truelle pour écraser les grains et obtenir du savon homogène.

❖ Cuisson

Cette opération est destinée à produire du savon pur qui convienne à la fabrication des savons de toilette. Elle vise l'élimination des dernières traces d'impureté. Le savon cuit pendant 10 jours à une température de 120°C, sous la surveillance du maître-savonnier. On fait bouillir le contenu de chaudron avec une solution caustique de teneur 25 à 30° Bé et on le maintient à l'ébullition. Après l'ébullition, la saponification devient stable et on arrête la cuisson. Après l'avoir laissé reposer pendant quelques heures, on fait bouillir le savon avec un peu d'eau pour le rendre lisse et homogène. Pendant cette opération, on prélève de temps en temps des échantillons de pâte de savon pour contrôler la qualité du savon et déterminer la fin de l'opération.

❖ Liquidation

Plusieurs lavages à l'eau pure permettent d'obtenir un savon « extra pur », débarrassé de toute impureté. Cette phase peut se faire pendant le brassage. Durant la liquidation on emploie le carbonate de sodium comme alcalis qui donne de la fermeté au savon et augmente ses propriétés détergentes et le silicate de sodium.

❖ La coulée de la cuite ou chargement

La pâte de savon est ensuite versée, encore chaude (entre 50 et 70 °C), dans les “mises”, gigantesques moules, grâce à un canal articulé en bois appelé “goulotte”. Le chargement a pour but d'augmenter la masse du savon.

❖ Solidification

C'est une opération qui se fait après le chargement, on peut parfumer le savon et le transvaser dans les moules puis le laisser solidifier en blocs. La durée de refroidissement peut varier de 3 à 7 jours après il sort des blocs les savons aptes au découpage.

❖ Découpage

Une fois sèche, le savon est coupé dans les mises en pains, à l'aide d'un couteau tiré par un treuil. Les pains sont à leur tour découpés à l'aide d'une machine pour en faire des blocs de différentes tailles.

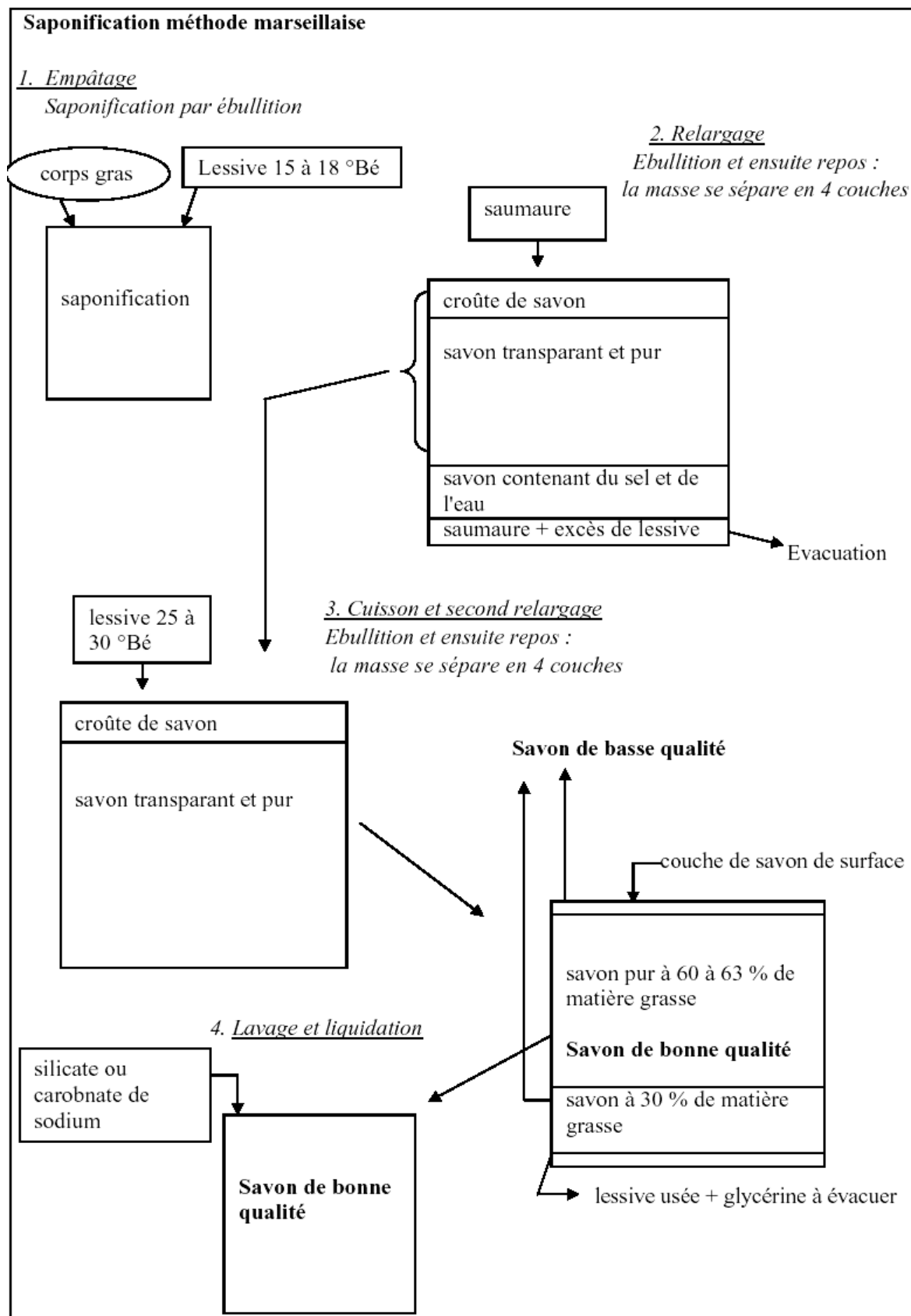
❖ Marquage

La marque est imprimée sur le savon. Il existe deux types de marquage :

- frappé à la main pour les barres ;
- moulé en machine pour le cube : estampillé sur les six faces, signe de reconnaissance du traditionnel “savon de Marseille”

❖ Séchage

Après avoir découpé le savon en forme voulue, il est nécessaire de faire un séchage à l'air entre les blocs pendant une journée. On les met ensuite dans des boîtes de stockage pendant 2 à 3 semaines.



Source : LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ; Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven. Belgique

Figure 9: Procédé marseillais

III.4. Procédé à chaud (2) (12) (16)

Ce procédé est uniquement applicable au niveau industriel. Il a pour base un système de pompes doseuses qui alimentent, en continu, le réacteur de saponification en matières premières (corps gras, lessive, eau, etc.). Cette étape est suivie d'un lavage à contre-courant et d'une séparation (par centrifugation) du savon nègre (partiellement recyclé) et du savon lisse. Ces procédés sont le plus souvent entièrement automatisés et font appel à des techniques de vaporisation, d'empâtage et autres, dans un réacteur approprié. Dans ce type de méthode, on procède à l'émulsification de la matière grasse avec la quantité de soude nécessaire pour obtenir la composition finale du savon.

Généralement la saponification s'effectue à une température voisine de la température d'ébullition et parfois, l'achèvement de la réaction s'effectue sous agitation. Tout d'abord, la soude est mélangée progressivement à la graisse. Ensuite, elle est chauffée pendant un temps de séjour quatre à six heures voire une dizaine d'heures. Cette durée dépend de la quantité du corps gras utilisé.

Pour ce procédé on laisse le savon refroidir avant d'ajouter des adjuvants. Mais si on les additionne durant le chauffage, le parfum risque de s'évaporer. On peut également ajouter d'autres substances chimiques permettant l'accroissement des propriétés odorantes, détachantes et émulsifiantes de la pâte de savon.

Cette méthode est directe car elle s'effectue en une seule étape. Les quantités de réactifs doivent être bien calculées car une fois la réaction amorcée, on n'a plus de contrôle et le produit fini sera hypothéqué par d'éventuelles erreurs de dosage.

Les procédés continus apportent rapidité de cycle de production (quelques heures) gain de place et d'énergie, diminution des pertes et limitation des besoins en personnel qualifié. Il faut une production de 1t/h (>6.000 t/an) pour que l'opération soit rentable. Ces procédés exigent une grande compétence en matière de gestion industrielle et commerciale. Au final, un temps de repos de deux heures à douze heures est nécessaire avant de découper le savon.

Comparaisons des avantages et limites des procédés de fabrication du savon à froid et à chaud

Beaucoup d'avantages et limites qui se différencient ces deux méthodes

Tableau 7 : Avantages et limites des procédés de fabrication de savon à froid et à chaud

	Procédé à froid	Procédé à chaud
Avantages	-moins couteux des deux procédés -Procédé rapide -facilité à créer des savons fantaisie avec des tourbillons -le produit doux et crémeux	-Ne requiert pas de temps de cure -Peut faire du savon transparent ou liquide -Conserve les parfums ajoutés
Limites	- Requier plusieurs semaines - Requier des mesures exactes -Peut changer les parfums ajoutés -Durcit soudainement	-Procédé plus long que le procédé à froid -Risque de bulles d'air dans les morceaux de savon -Le savon ne dure pas aussi longtemps

DEUXIEME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV: CONCEPTION ET REALISATION DE LA PRESSE A SAVON

Notre objectif est de réaliser une presse manuelle d'un faible coût et facile à manipuler pour les savonneries artisanales. Cette presse permettra d'améliorer les apparences des savons par la mise en forme et l'impression d'un logo ou un texte. Grâce à ce concept, nous pouvons avoir une bonne représentation de l'apparence d'un savon bien fait artisanal.

IV.1 Analyse de la conception

Le principe de notre presse est une presse de système pignon-crémaillère. Ce système d'entraînement sert à la conversion d'un mouvement rotatif en un mouvement linéaire. Le compactage est manuel car elle est assurée par une personne au moyen d'un système de levier. D'après la recherche bibliographique (24), la pression optimale de ce système de presse se situe entre l'intervalle de 2 à 8 bars.

IV.1.1 Système de presse

Le système de cette presse est assuré par deux fonctions principales, c'est le compactage et démoulage.

Le mode de compression peut être divisé en deux :

- ✓ Pression statique, le compactage est assuré par le rapprochement relativement de deux surfaces entre lesquelles se trouve le produit à presser.
- ✓ Pression dynamique, le pressage est obtenu par un pilonnage du produit dans un moule. La pression exercée sur le savon est peut contrôlable

Salon la disponibilité des matériaux de construction locaux, la description de notre presse est comme suit :

- A la base, une table à quatre pieds capables de supporter l'ensemble de la presse.
- Une presse est munie d'un système pignon-crémaillère permettant l'application d'une force de pression constante mais inférieure de 8 bars car la compression se fait à la main.

- Deux plateaux de compression dont l'un est posé sur la table pour le démoulage, l'autre mobile et lié par la crémaillère de presse.
- Un cadre préfabriqué est fixé à la table pour obtenir la forme et l'identification du savon après pressage.

IV.1.2 Les différentes pièces à fournir

Dans cette section, on étudiera chaque partie de cette presse pour comprendre le fonctionnement respectif de chaque composant.

En général, certaines des pièces sont fabriquées à l'origine, mais nous allons les traiter à l'aide des différentes machines que nous avons déjà mentionnées dans le paragraphe précédent afin d'obtenir la pièce souhaitée.

Nous verrons ci-dessous les détails de ces pièces et leur assemblage.

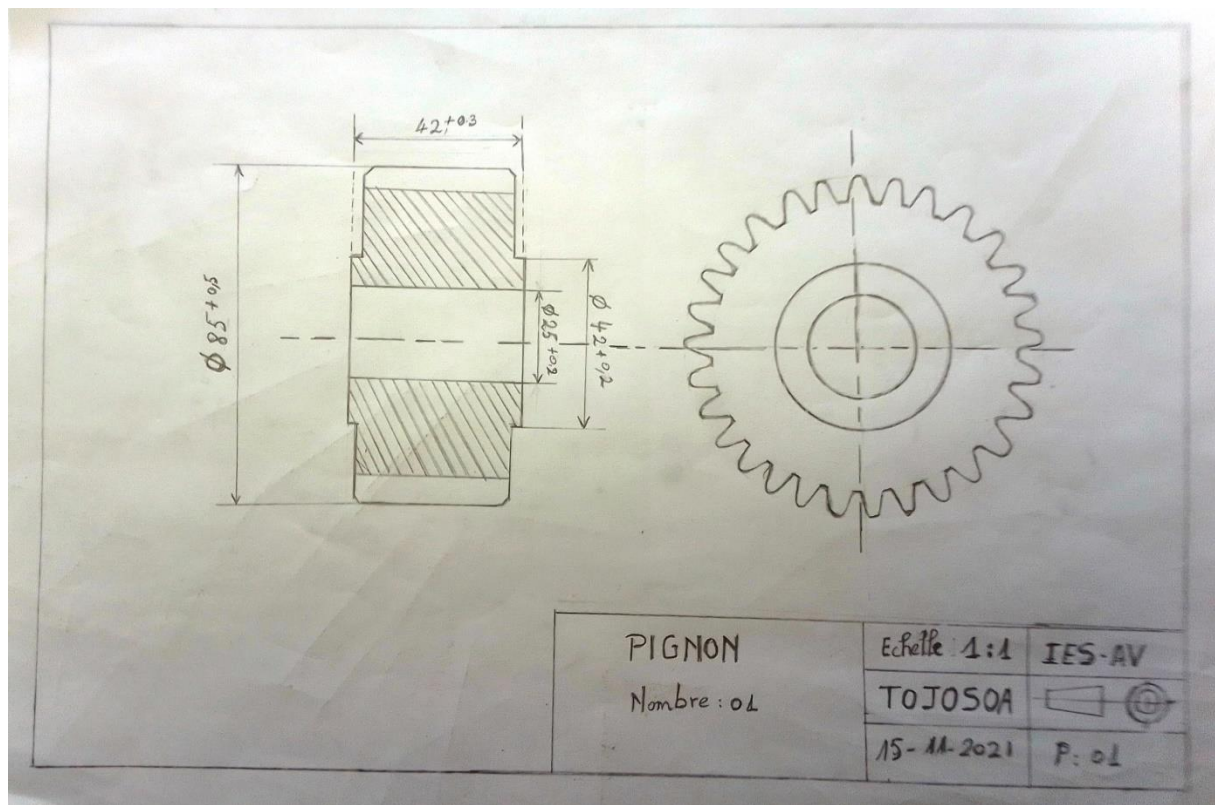
❖ Pignon

Le pignon est une roue dentée capable de transmettre une puissance à travers un mécanisme. On utilise un pignon pour transmettre la puissance à travers une crémaillère. Grâce au mouvement rotatif du pignon qui est en contact avec les dents de la crémaillère provoque un mouvement linéaire va et vient de ce dernier.



Photo 7:Pignon dont nous avons utilisé

Pendant cet usinage, On utilise une meuleuse pour creuser un peu loin les dents de ce pignon afin qu'il puisse être facilement en contact avec la crémaillère.



Dessin technique 1:Pignon

Source : auteur

❖ Crémaillère

En mécanique, la crémaillère est un élément d'engrenage et considérée comme un secteur de couronne dentée de rayon très grand (infini, si la crémaillère est parfaitement droite). Elle est utilisée dans les systèmes de transmission d'effort et autant qu'engrenage elle joue aussi un rôle d'amplificateur des efforts. Notre crémaillère comporte 36 dents et qui mesure 42 cm de long.

On utilise la crémaillère pour créer un déplacement linéaire de grande amplitude ou de grande force pour cette presse. La crémaillère subit une translation lorsque le pignon est en rotation.

La vitesse en sortie est égale au produit du pas entre deux dents et la vitesse angulaire donnée à l'entrée :

$$V = 2\pi \times R \times \omega / 60$$

V (mm/s) : vitesse de la crémaillère

ω (tour /min): vitesse angulaire du pignon

R (mm) : rayon du pignon

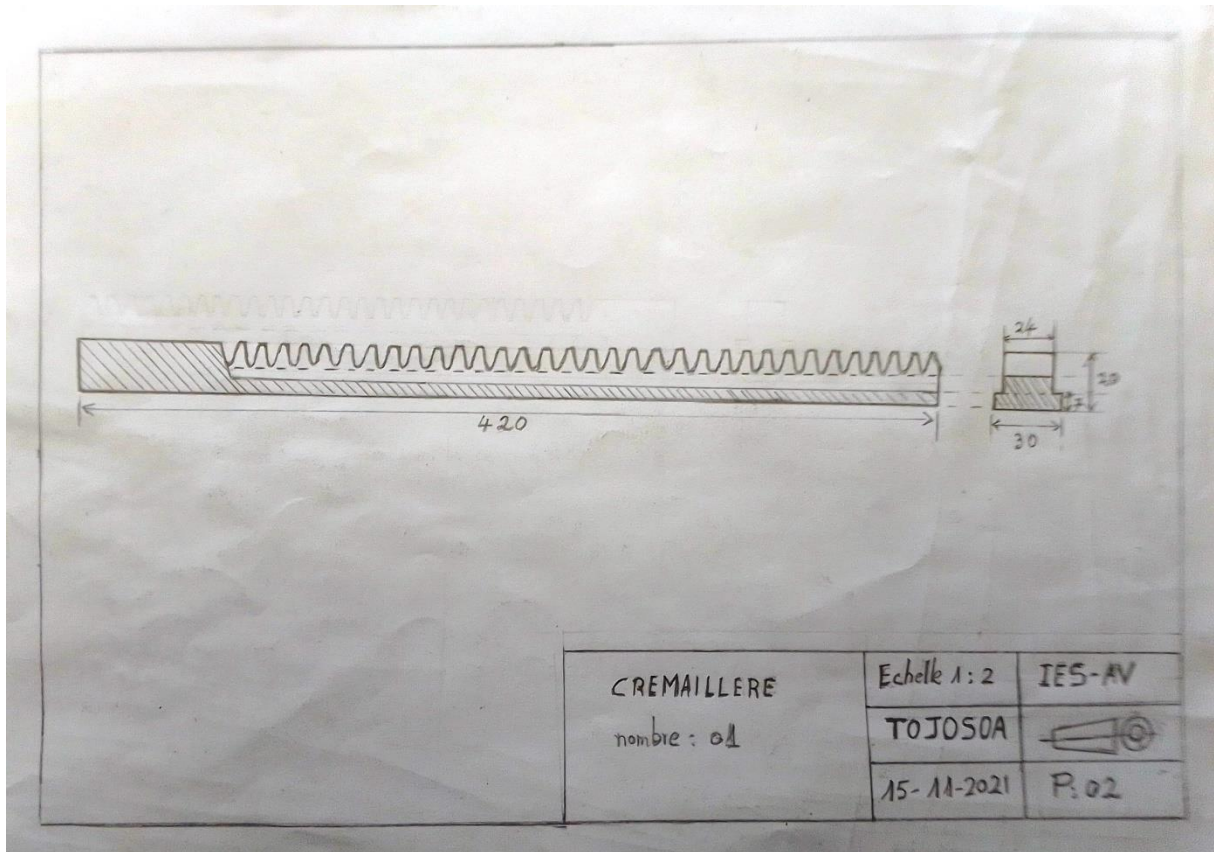
Pour la mise en forme, nous utilisons une fraiseuse pour rectifier la bordure de cette crémaillère.



Photo 8:Crémaillère avant usinage



Photo 9:Crémaillère après rectification du bord



Dessin technique 2:Crémaillère

Source : auteur

Il est nécessaire d'ajuster les bords de la crémaillère pour qu'ils correspondent à la colonne qu'on a déposée au milieu de la cage de la crémaillère.

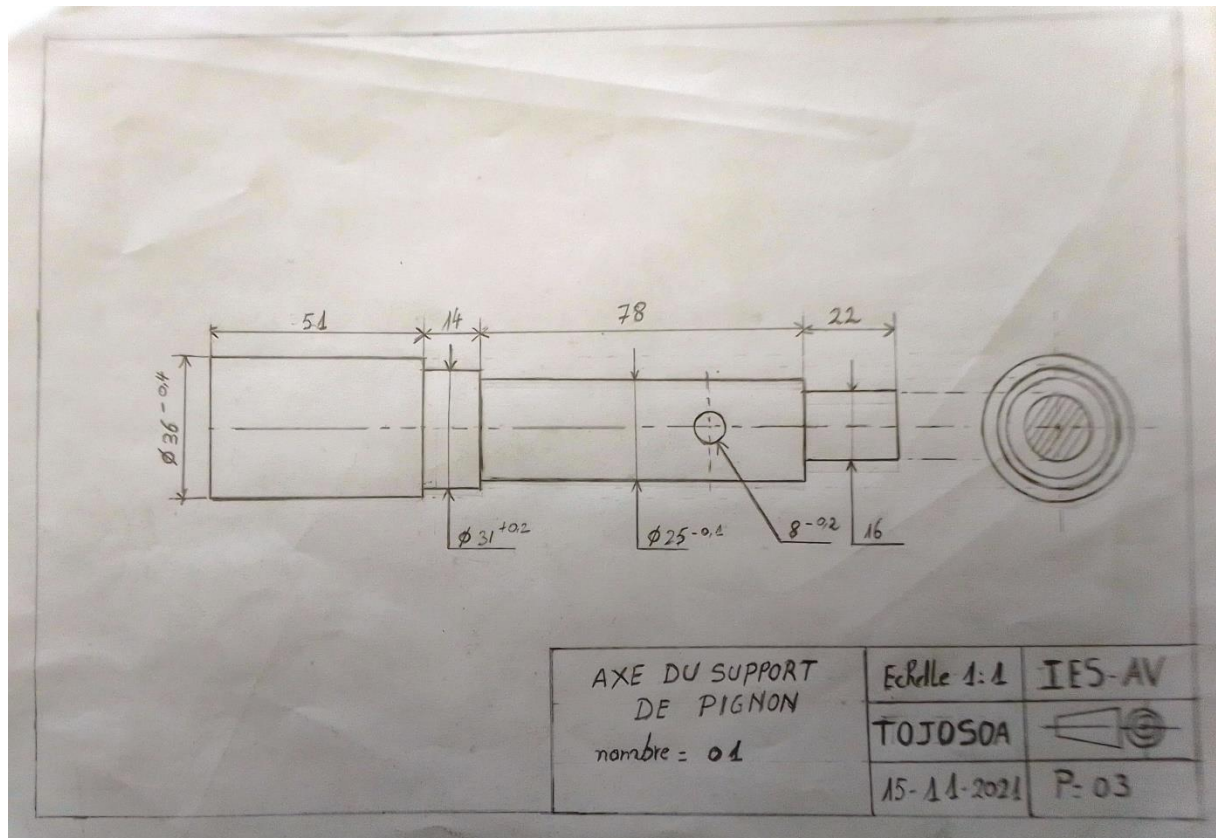
❖ Axe du support de ce pignon

Cet axe est utilisé pour être un support du pignon dans la cage en tôle et joue aussi un rôle de manivelle pour le mouvement du système pignon-crémaillère.



Photo 10:Axe de support de pignon

Lors de la transformation de cette pièce, on utilise un tour d'outilleur pour ajuster quelque diamètre souhaité. L'utilisation de la perceuse en colonne aussi est nécessaire pour percer une partie de la pièce afin de mettre un boulon de fixation de pignon pour cet axe.



Dessin technique 3: Axe de support de pignon

source : auteur

❖ Plaques métalliques

On a utilisé deux types de tôle d'épaisseurs différentes :

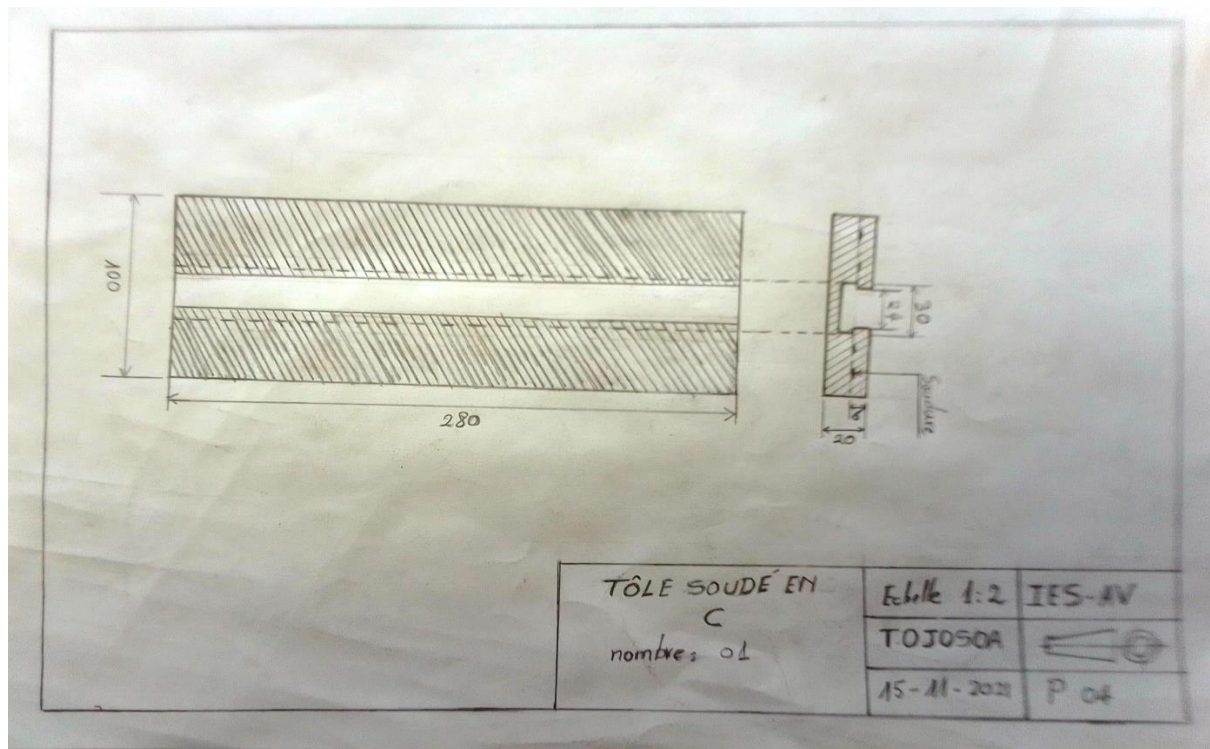
L'une est une tôle de 6mm d'épaisseur pour supporter l'axe de pignon.

L'autre fait une épaisseur de 14mm pour s'installer et faciliter le mouvement va et vient de la crémaillère.

Lors de la mise en forme de ces plaques métalliques, nous allons utiliser une meuleuse, une soudure en arc et une perceuse.



Photo 11: Tôle soudé en C

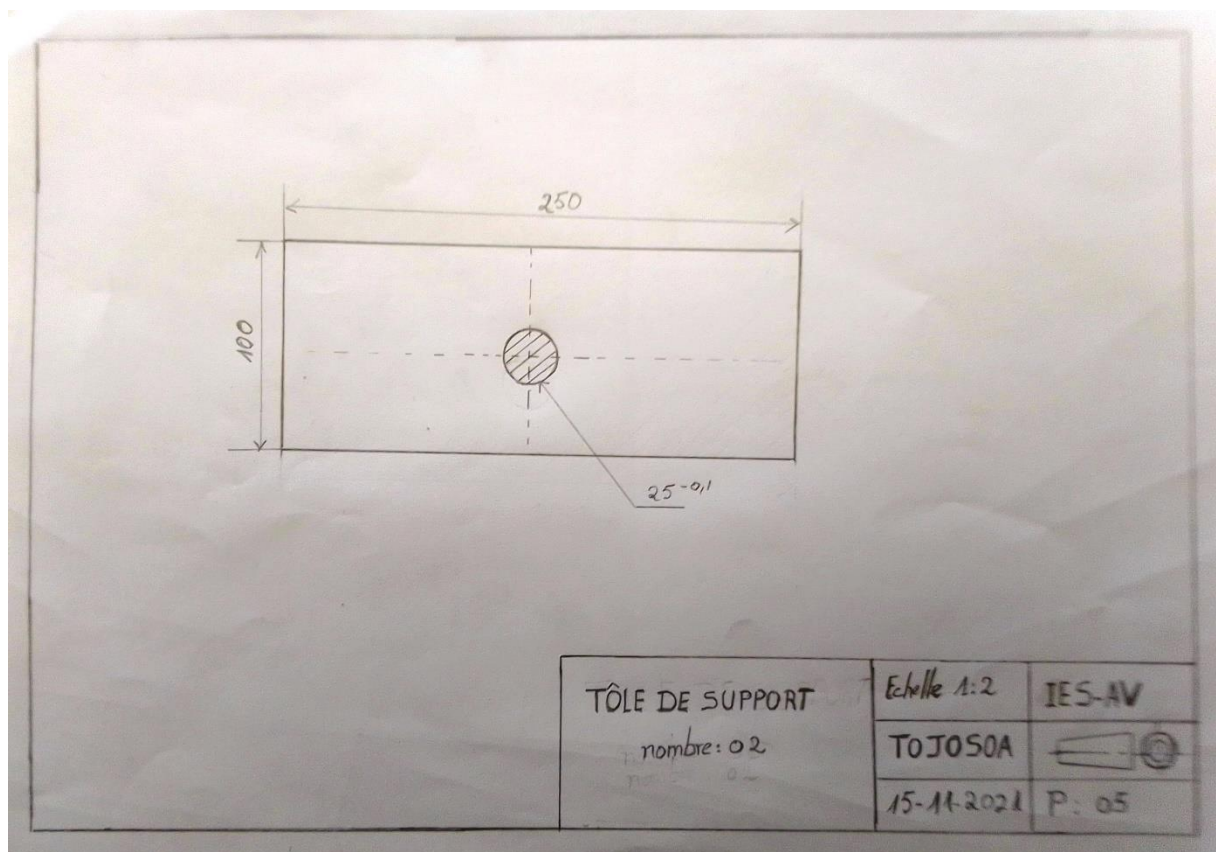


Dessin technique 4: Tôle soudé en C

source : auteur



Photo 12: Tôle de support

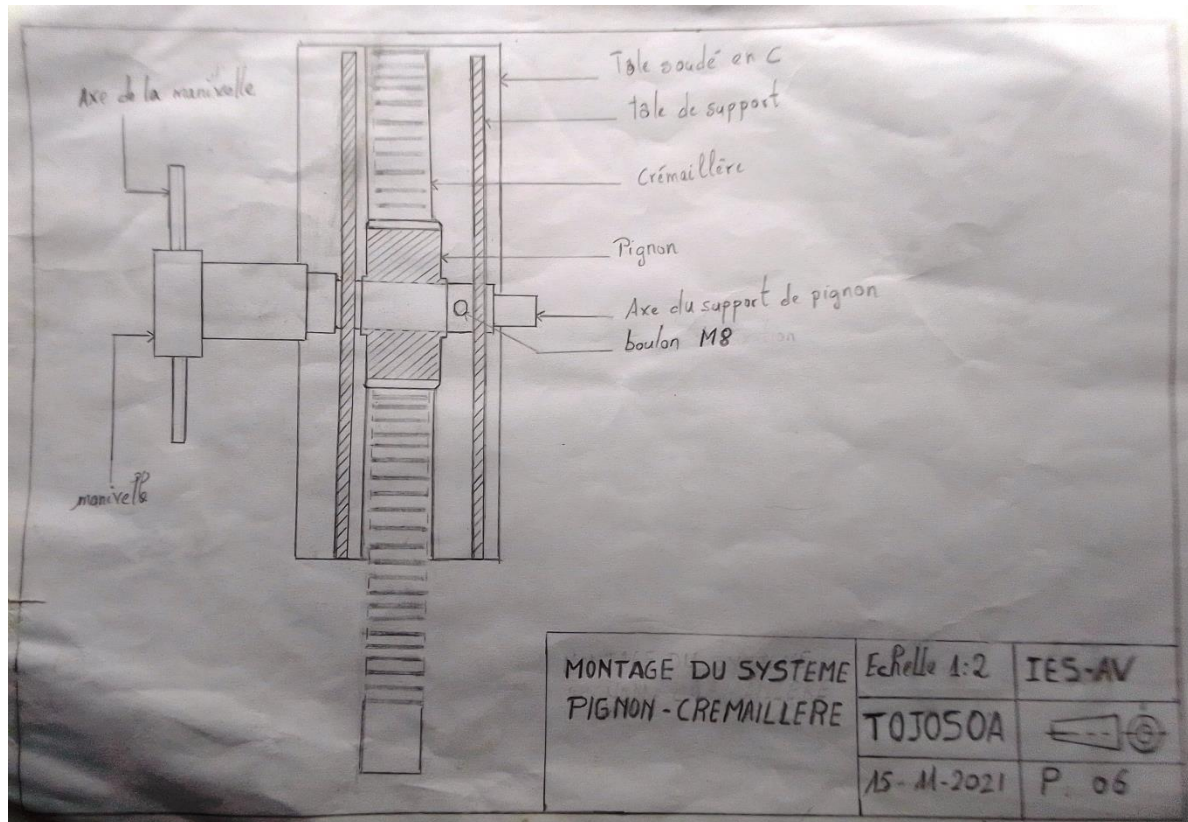


Dessin technique 5: Tôle de support

source : auteur

❖ Montage du système pignon-crémaillère

Une fois assemblées les pièces pertinentes de ce système, nous allons monter pour faciliter les étapes suivantes.

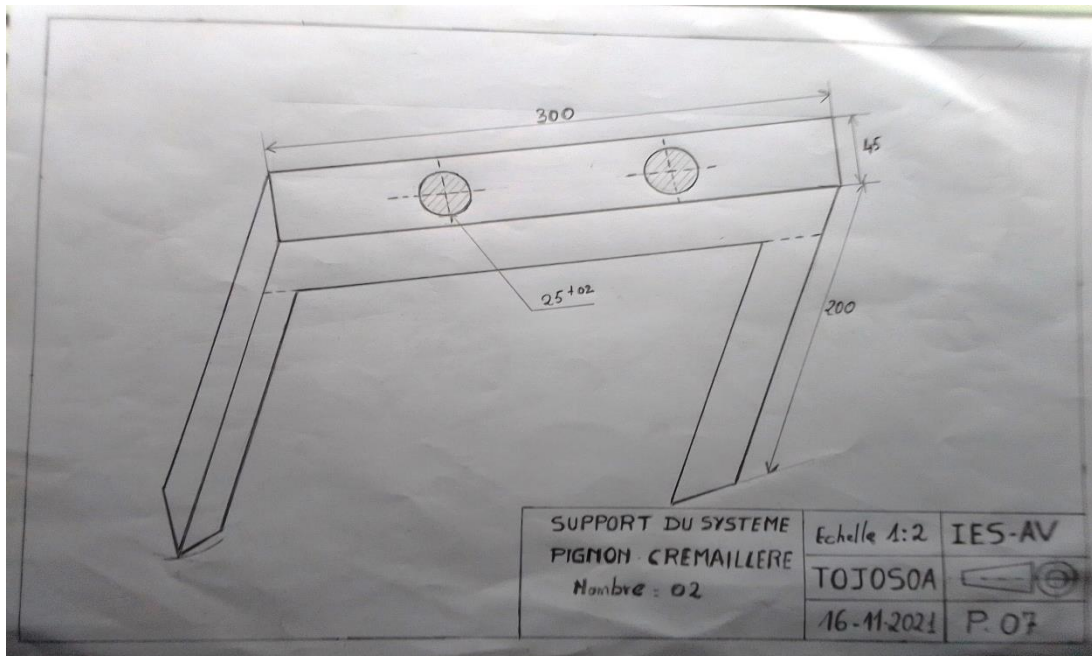


Dessin technique 6: Cage + crémaillère + axe avec manivelle

source : auteur

❖ Support de la cage de système pignon-crémaillère

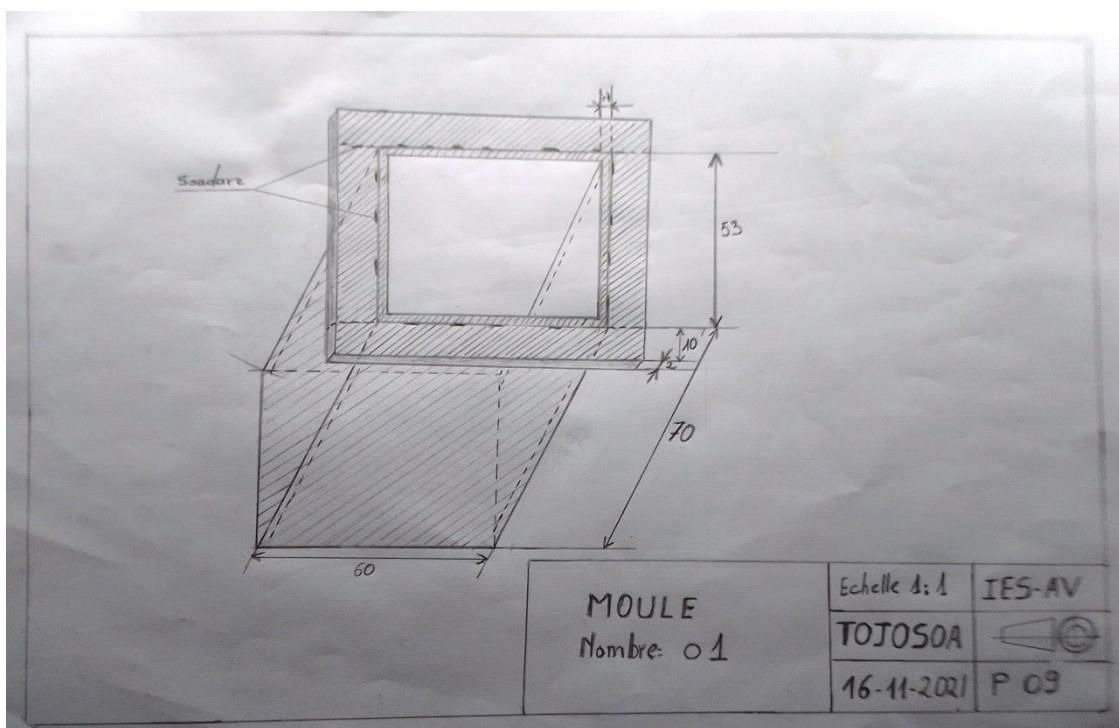
Des fers corners ont été soudés et percé pour pouvoir supporter le système et l'empêcher de s'effondrer. Ce support comporte quatre pieds verticaux fixés à la surface de la table et deux barres horizontales.



Dessin technique 7 : Support de la cage de système pignon-crémaillère

❖ Moule

Cette moule préfabriquée en acier de forme rectangle est fixée sur la table pour placer le savon à presser. Sa dimension correspond à celle des deux tampons afin qu'ils puissent s'adapter.

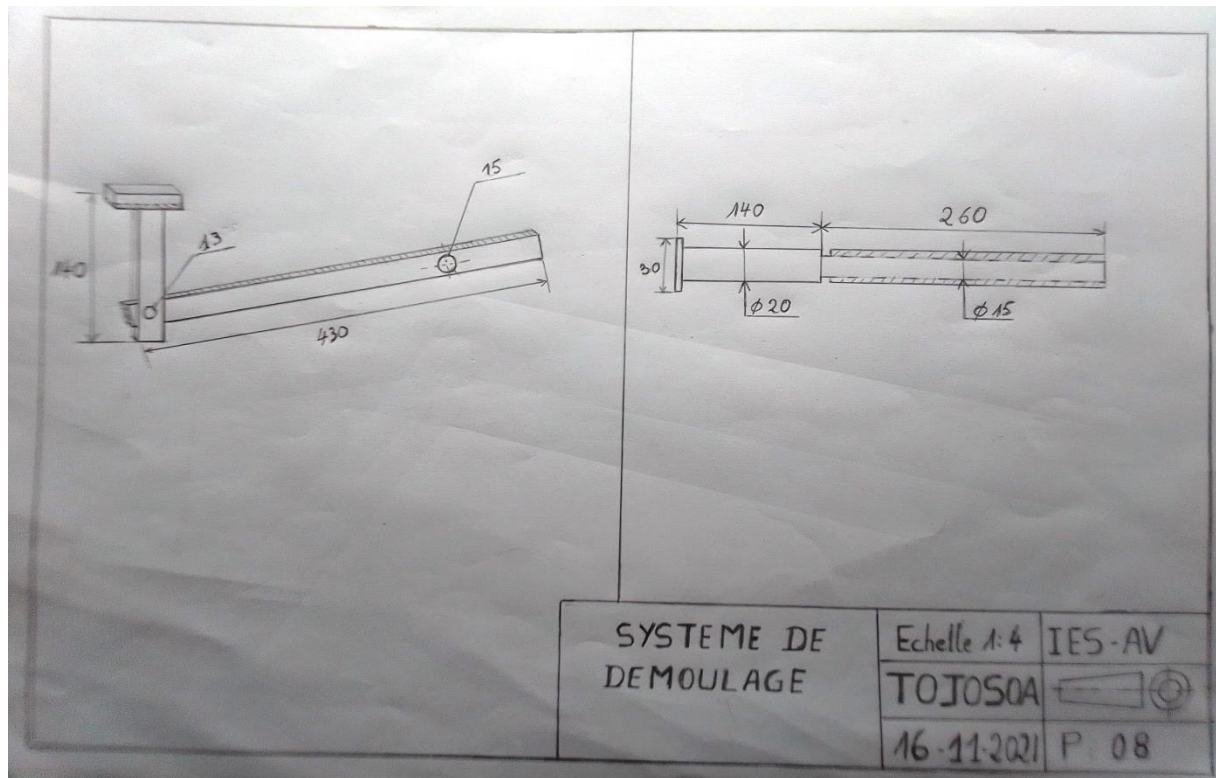


Dessin technique 8 : Moule

source : auteur

❖ Système de démoulage

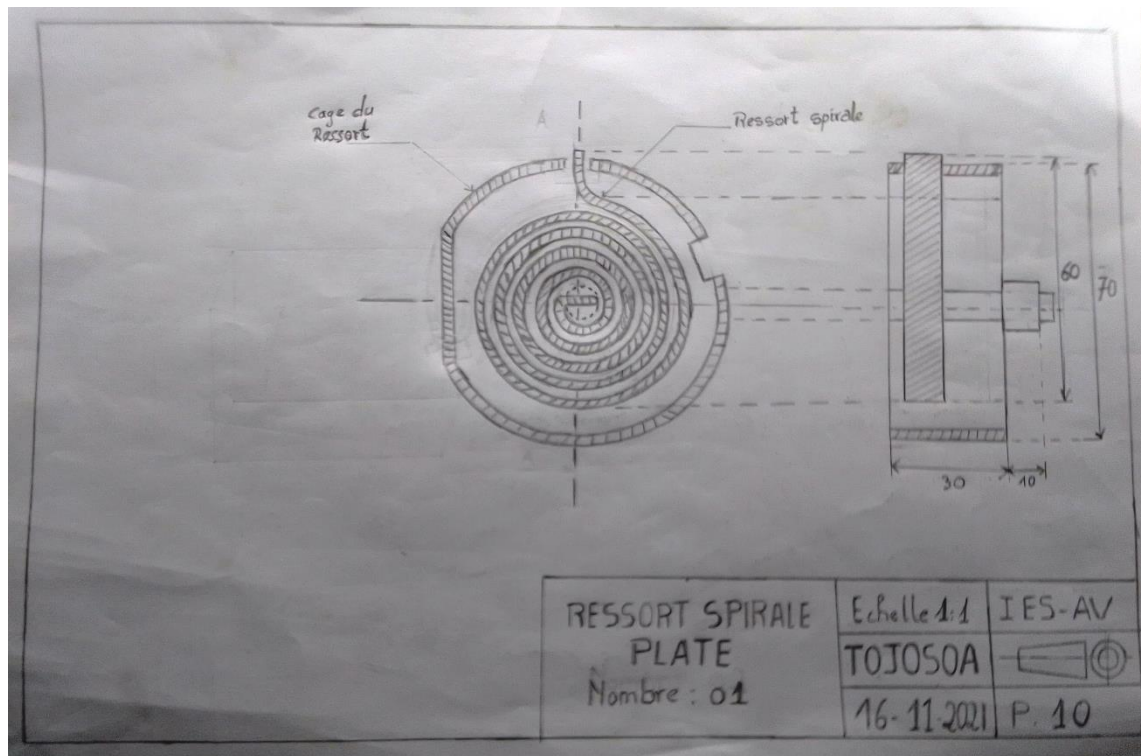
Le système de démoulage sert à démouler le savon après pressage. A l'aide d'un piston fixé sur un axe fer plat qu'on peut démouler facilement le savon à l'intérieur de la moule, en appuyant le fer plat lié sur une barre d'un rond d'acier.



Dessin technique 9 : Piston de démoulage avec son axe de support + barre rond

❖ Ressort spirale plat

Ce ressort permet de ramener la manivelle au point de départ à chaque fois qu'on presse et empêche la crémaillère de se glisser.

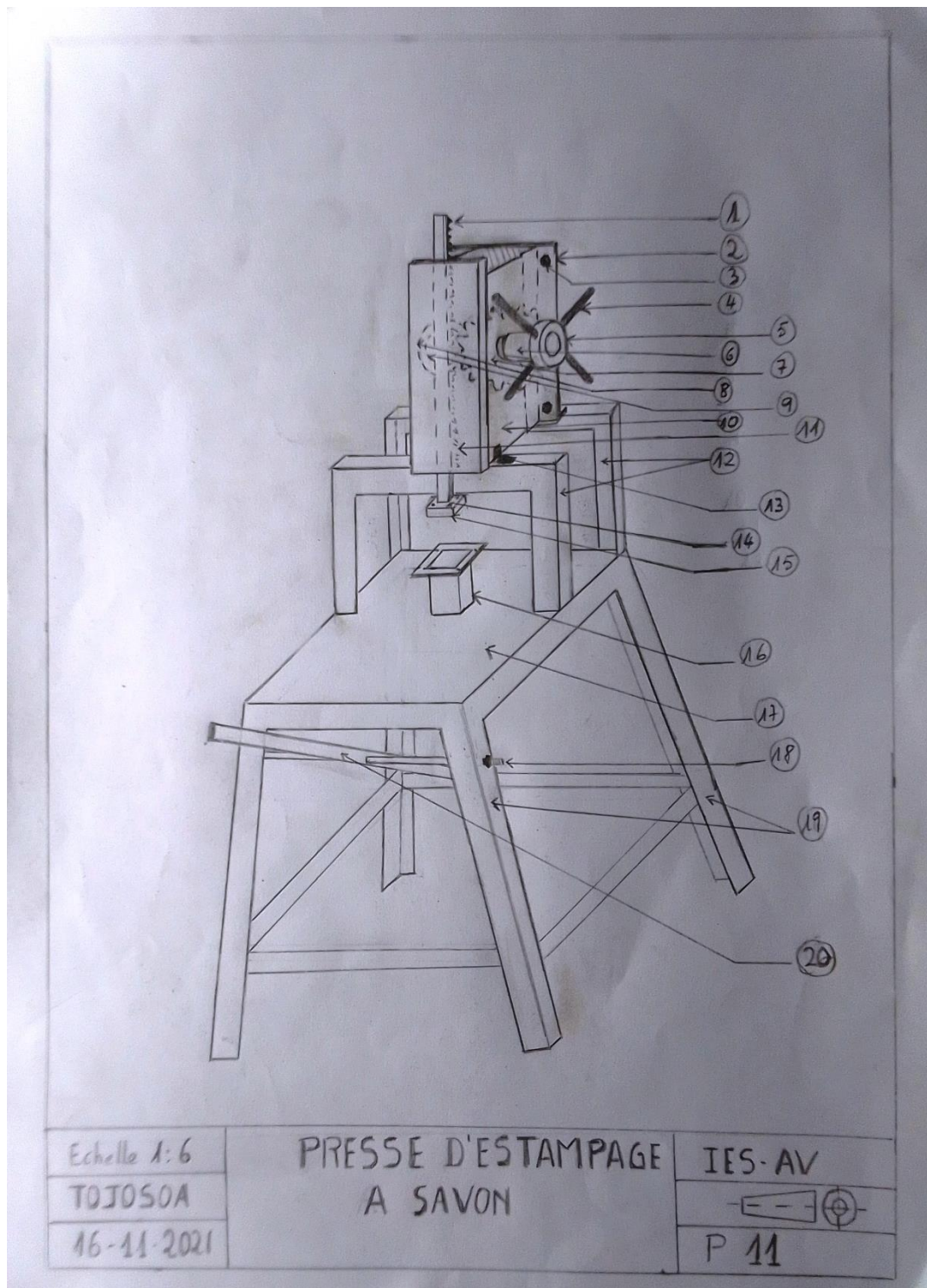


Dessin technique 10 : Ressort de torsion spirale plate avec sa cage

❖ Pied de la table

La réalisation de ces quatre pieds doit être rigide pour supporter le poids total de la presse et l'effort du pressage. Pour cette exigence, nous utilisons de fer corners et s'incline à 120° pour garder l'équilibre au niveau de cette presse.

Une fois les pièces sont réunies, nous allons monter cet ensemble.



Dessin technique 11: Presse estampage à savon

source : auteur

[1]: crémaillère, [2]: plateau en TPN8, [3]: boulon M10, [4]: axe de la manivelle,

[5]: manivelle, [6]: axe de pignon, [7]: pignon, [8]: cage du ressort

[9] : ressort spirale plat, [10] : plateau en TPN6, [11] : plateau en TPN14,
[12] : support du système pignon-crémaillère, [13] : fixation, [14] : socle,
[15] : tampon, [16] : moule, [17] : plateau en TPN8, [18] : barre rond d'acier,
[19] : pied de la table, [20] : piston

Spécifications de la presse :

Pression : comprise entre 4 à 8 bars.

Application : compression du savon et marquage

Dimension de la presse : 500mm x 450mm x 900mm (L x l x h)

Dimension platine : 300mm x 300 mm

Poids : 27kg

CHAPITRE V: MATÉRIELS ET MÉTHODES POUR LE SAVON ARTISANAL

Grace à la perfection de la presse à savon artisanal, nous pouvons produire du savon bien amélioré qui peuvent mettre en évidence la forme et l'impression ou logo sur la face du savon.

Dans ce chapitre suivant, nous décrirons les différents matériaux utilisés dans la fabrication du savon qui est suivis par la démarche de fabrication du savon à saponification à froid avant le pressage dans une machine à pression

V.1 Présentation des matériaux utilisés :

Pour ce travail, on a besoin des certains matériels tels que :

- Les outils utilisés dans la fabrication du savon
- Les équipements de sécurité

V.1.1 Les outils nécessaires dans la fabrication du savon

Balance électronique :

Une balance est nécessaire pour peser les quantités des ingrédients à mélanger.



Photo 13 : Balance électronique utilisé.

Bol inox et récipient en plastique

Le bol inox est le récipient utilisé pour préparer la solution de lessive et la pâte à savon. Les récipients en plastique servent à placer les divers ingrédients. On choisit cet acier inoxydable car il résiste à l'action de la base.



Photo 14 : Bol en inox nécessaire

Spatule et batteuse

La spatule sert pour mélanger la solution de lessive et la batteuse pour agiter la pâte à savon.



Photo 15 : Spatule et batteuse utilisées

Thermomètre

On a besoin du thermomètre pour vérifier la température de la lessive.



Photo 16 : Thermomètre utilisé

Moule

Une moule est employée pour obtenir un savon solide. On utilise de la moule en bois car elle est facile à manipuler et aide à faciliter le démoulage.



Photo 17: Moule en bois qu'on a utilisé

V.1.2 Les matériaux de sécurité

L'alcali est un produit chimique irritant et corrosif pour la peau, pour les yeux et les voies respiratoires. Le mélange soude-eau est fortement exothermique et peut provoquer des éclaboussures dangereuses. Par conséquent, il doit être manipulé avec précaution.

Blouse :

Elle est essentielle de couvrir le corps et de se protéger la peau pendant tout le processus de préparation.

Gants

Ils sont indispensables lors des toutes les manipulations pour éviter tout contact des mains avec les produits chimiques utilisés.

Lunettes

Elles doivent être portées pour se protéger les yeux durant la préparation de la soude caustique

Masque

Le port du masque est prioritaire durant tout le processus de manipulation pour empêcher l'absorption par voie respiratoire des vapeurs. En effet, du gaz est émis lors de la préparation de la soude.

V.2 Les matières premières

Les matières premières qu'on utilise sont :

- Les matières grasses : huile de palme, huile de coco
- La soude caustique
- L'eau douce

V.2.1 Les matières grasses

Pour la fabrication de notre savon artisanal, on choisit l'huile de palme et l'huile de coco grâce à son indice de saponification élevées et ses propriétés qui sont cohérentes pour avoir un savon de bonne qualité.

Calcul des huiles utilisées

Dans cette production on va utiliser un mélange d'huile de 200 g.

Supposons : 70% huile de palme

30% huile de coco

On calcule de la manière suivante la quantité de chacun de ces huiles :

Donc, pour l'huile de palme : 200g $\longrightarrow$ 100%

? $\longrightarrow$ 70%

$$\text{AN: } 60\text{g} \times 251\text{mg/g} \times 0.7 = 10542\text{mg}$$

$$\text{D'où, } 19404\text{mg} + 10542\text{mg} = 29946\text{mg} \approx 30\text{g}$$

Mais il faut faire un taux de surgraissage pour la marge de sécurité, car les indices de saponification servant au calcul de la quantité de soude à ajouter sont des moyennes et peuvent varier. On va réduire la quantité de la soude d'au moins 5%

$$30\text{g} \longrightarrow 100\%$$

$$? \longrightarrow 5\%$$

$$\text{AN: } 30 \times 0.05 = 1.5\text{g}$$

$$\text{Alors, } 30\text{g} - 1.5\text{g} = 28,5\text{g}$$

Par conséquent, la quantité de soude nécessaire est de 28,5g

V.2.3 Eau douce

On a besoin d'eau pour diluer la soude et permettre aussi à la réaction de se faire correctement. La préférence est de l'eau déminéralisée car l'eau dure n'est pas bien utilisée pour faire du savon. C'est pourquoi qu'on utilise l'eau de pluie car elle est relativement douce. En général la quantité d'eau ne doit pas être faible ou en excès afin qu'elle ne soit pas inférieure à 25% et ne dépasse pas à 35% des huiles. Par la suite, nous allons utiliser 35% d'eau :

$$200\text{g d'huile} \longrightarrow 100\%$$

$$? \longrightarrow 35\%$$

$$\text{AN : } 200\text{g} \times 0,35 = 70\text{g}$$

Il nous faut donc 70g d'eau

V.3 Démarche pour avoir un savon à saponification à froid

Dans ce paragraphe, nous allons fabriquer du savon de saponification à froid à partir des matériaux et de quantités d'ingrédients énumérés précédemment.

Pour rappel on va le citer à nouveau les matières premières utilisées ;

Tableau 8:Les quantités des Matières Premières utilisées

Matières premières	Quantité nécessaires
Huile de palme	140g
Huile de coco	60g
Soude caustique	28,5g
Eau douce	70g



Photo 18:les matières premières utilisées

V.3.1 Préparation de la solution de lessive et la pâte à savon

Tout d'abord, chacun des ingrédients doit être pesé.

Après on verse lentement les cristaux de soude dans un bol inox rempli d'eau et mélangeons progressivement à l'aide d'un agitateur manuel.

De l'autre côté, on prend un autre bol inox et on y verse les huiles.



Photo 19 : Solution de lessive



Photo 20: Melange d'huile

Ensuite, nous mesurons la température de chaque solution à l'aide d'un thermomètre et lorsque la température est réduite à inférieure de 25°C et la même, la solution de soude est versée dans l'huile.



Photo 21: Ajout de solution de lessive dans l'huile

Enfin, nous remuons constamment ce mélange jusqu'à ce qu'il obtienne une texture comme celle de la mayonnaise.



Photo 22 : Observation de la trace comme celle de la mayonnaise

V.3.2 Moulage et démoulage

C'est la transformation de la pâte à savon liquide en état solide.

La pâte du savon visqueuse est mise dans une moule pendant 24 heures. Elle devient dure puis, on procède à leur démoulage. Durant ce travail, une moule en bois est utilisée pour faciliter le démoulage.



Photo 23 : Pate à savon dans une moule

V.3.3 Estampage et séchage

C'est la dernière étape du processus de la fabrication du savon

Après le démoulage, c'est l'estampage qui se fait à l'aide d'une presse à savon que nous avons réalisée pour avoir une bonne apparence pour la forme et logo.

Enfin le savon est séché à l'ombre durant 3 à 6 semaines. L'objectif est d'éliminer la partie d'eau dans le savon et de favoriser le durcissement.

Le diagramme suivant montre le processus de fabrication du savon :

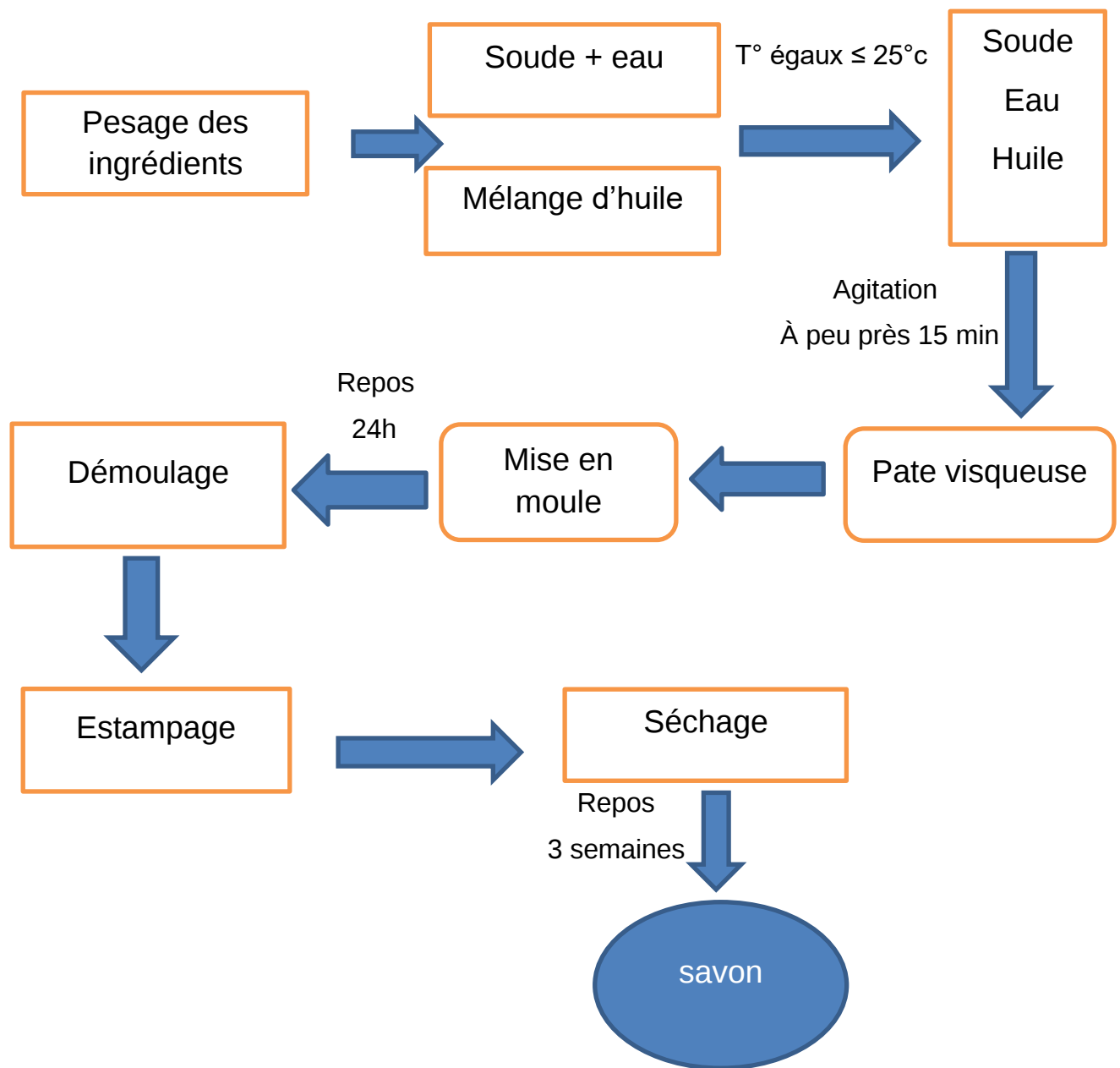


Figure 10 : Diagramme de fabrication

CHAPITRE VI: RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons réalisé du savon artisanal de fabrication à froid pour tester l'efficacité de notre presse. Nous allons choisir cette méthode à froid car la plupart des fabricants des savons artisanaux l'ont pratiqué car elle prend moins de temps et n'ont pas besoin d'équipement très coûteux par rapport à la méthode à chaud.

Il y a deux types de résultats qu'on attend ici :

- La qualité du savon en évoquant la pouvoir moussant, pouvoir lavant, la dureté, odeur, couleur.
- L'apparence du savon lorsqu'on la presse à travers de la presse estampage à savon tel que la forme, le texte et logo.

Tableau 9: Résultats sur des certains paramètres de la qualité du savon

Savon	Caractéristiques
Pouvoir moussant	Assez moussant
Pouvoir lavant	Efficace
Dureté	Peu dur
Odeur	Moyenne
Couleur	Beige claire
Forme	Rectangle
Texte	Bon
Logo	Bon

Le savon a une odeur moyenne et de couleur beige clair car cela dépend de la couleur de l'huile utilisée, il est un peu dur car le processus de fabrication est à froid. Le pouvoir moussant est assez faible car il n'y a pas assez d'huile responsable de la mousse et son pouvoir lavant est bon du fait de l'indice de saponification élevé de l'huile utilisée.

Pour l'apparence, la forme extérieure du savon ressort bien grâce à une force de compression comprise entre 4 à 8 bars exercés par la presse estampage à

savon. Il en va de même pour le logo et le texte sur la face du savon du fait d'une bonne pression de la machine de pressage.

VI.1 Avantages

Voici quelques avantages sur l'utilisation de la presse estampage à savon artisanal :

- ✓ Très résistant et durable
- ✓ Facile à manipuler
- ✓ Force de compression constante et favorable grâce à une grande course de déplacement du système pignon-crémaillère pour chaque pressage.
- ✓ Facile à déplacer car certaines pièces sont démontables
- ✓ Risque d'accident corporel minimum et il n'y a pas de panne courante électrique ou du court-circuit.
- ✓ Bonne fonctionnalité de précision et pas de réglage du guidage nécessaire.
- ✓ Accélérer le travail car il a fait deux tâches de travaux en même temps ; presser et estamper.
- ✓ Une bonne apparence de savon artisanal bien fait après pressage.

VI.2 Limites

Malgré ces avantages, il y a des certaines limites telle que :

- ✓ La production est limitée car l'appareil n'est pas destiné à être utilisé à l'échelle industrielle
- ✓ Le tapons du système d'estampage n'est pas très résistant parce qu'il est fabriqué en bois.
- ✓ L'apparence de cette presse n'est pas très bonne car presque toutes les pièces sont prises chez les brocanteurs.

CHAPITRE VII: EVALUATION ECONOMIQUE

Le but de cette analyse économique est d'évaluer le coût des matières utilisés et celui des mains d'œuvre afin d'estimer le prix de revient de la réalisation de cette presse.

Tableau 10: estimation du coût de la réalisation de la presse estampage à savon

Désignations	Dimensions	Nombre	Fonction envisagée	Prix(Ariary)
Crémaillère	420mm x 30mm	01	Système de transmission d'effort	15.000
Pignon	Ø 85 mm	01	Système de transmission d'effort	15.000
TPN de 20mm d'épaisseur en acier	280mm x 100mm	01	Cage de la crémaillère	30.000
TPN de 8mm d'épaisseur	300mm x 300mm	01	Plateau de la table	28.000
TPN de 6mm d'épaisseur	250mm x 100mm	01	Cage du pignon	20.000
Rond d'acier plein Ø 10mm	110mm de long	04	Axe de la manivelle	12.000
Cornières à ailes d'épaisseur 6mm en acier	500mm de long	04	Support et pied de la table	40.000
Cornières à ailes d'épaisseur 6mm en acier	700mm de long	02	Support de la cage du système pignon et crémaillère	30.000
Tube carre de 2mm d'épaisseur en acier	60mm x 60mm	01	Moule	5.000
Fer plat de 10 mm d'épaisseur	400mm x 25mm	01	Piston	30.000
Rond d'acier plein Ø 20mm	350mm de long	01	Axe du piston	20.000
TPN de 6mm d'épaisseur en acier	60mm x 50 mm	01	Socle	3.000
Boulon à tête hexagonale M8	20mm de long	10	Fixation de la cage du pignon et crémaillère	5.000
Ressort de torsion en spirale plate Ø 60mm	120mm de long	01	Amortissement de la presse	5.000
TPN de 6mm d'épaisseur	Ø 70mm	01	Cage ressort	10.000
Peinture à l'huile de couleur gris	200g	01	Coloration gris	10.000
Main d'œuvre	-	-	-	100.000
Coût total de fabrication				378.000

On estime que le prix de revient de la réalisation de la presse estampage à savon est 378.000 Ar.

Remarque

On constate que 95% des matériaux utilisés sont en métalliques.

Par conséquent, toutes les matières ont été achetées auprès des brocanteurs à ambodin'isotry Antananarivo car on remarque que le prix en brocanteurs sont à peu près trois fois moins chers que ceux dans les quincailleries.

Si les matériaux utilisés ont été achetés auprès des quincailleries, on estime que le coût total de la réalisation de la presse serait environ de 1.000.000Ar.

CONCLUSION

Comme on le sait depuis toujours, le savon fait partie des produits que les gens utilisent au quotidien, surtout durant cette épidémie. L'objectif de notre étude est de réaliser du savon artisanal bien évolué à l'aide d'une presse estampage à savon manuel que nous avons fabriqué, notamment l'aspect extérieur donné aux savons. L'existence de cette presse estampage pour la fabrication d'un savon artisanal est un des avantages pour les savonnières artisanales et leur permet d'améliorer leurs produits. Les résultats ont montré que notre savon est bénéfique pour la santé grâce à l'utilisation de la méthode à froid qui est caractérisée par la conservation du bien fait de chaque ingrédient. De plus, certains tests de paramètres confirment que le pouvoir moussant, lavant, et dureté sont appréciables. Enfin, cette presse nous donne un design extérieur de produit fini au niveau forme et logo sur ce savon pour une pression de l'ordre 4 à 8 bars.

Le coût de fabrication de cet appareil s'élève plus de 370.000ar, qui est nettement moins cher que sur le marché et difficile à trouver. De plus, la plupart d'entre eux vendus au marché ont exigé du courant électrique car ils ont le même principe que la presse pneumatique.

Ce travail de recherche nous a permis également de consolider mes connaissances théoriques et d'acquérir des savoirs pratiques, dans le domaine de science de l'ingénieur surtout dans les domaines de procédés et les machines d'usinage des matériaux.

Cependant, cet appareil nécessite quelques améliorations, notamment sur le moule où une variété de métaux de formes différentes peut être ajoutée à l'intérieur pour permettre d'être retirées et remplacées à chaque fois qu'il y a une forme de savon souhaité.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

1. **ANDRIAMANANTENA, T.B.** *Projet de fabrication de savon artisanal à partir de l'huile de jatropha curcas dans la Région de l'Itasy* ». antananarivo : memoire de fin d'etude en vue de l'obtention de diplome de l'ingenieur, promotion 2006,mars 2007.
2. **RAHANTANIRINA, L.** *Essai de fabrication de savon artisanale et etude physico-chimique du produit.* antananarivo ESPA : Memoire pour l'obtentiondu diplome de master 2, 2015.
3. **SANDY, M.L.** *Conception d'un savon de toilette multi-usage a vertus dermatologique à base d'huile de jatropha curcas.* université antananarivo : memoire de fin d'etude en vue de l'obtention du diplome de master 2, 2016.
4. CHIMIE 1 et LAVAGE 1-ACTIVIT2 DOCUMENTAIRE.25 Novembre 2021
<http://www4.ac-nancy-metz.fr>.
5. **RABEHASY, L.** *Contribution d'analyse chimique de quelques echantillon de savon* . Antananarivo ENS : memoire de fin d'etude pour l'obtention de C.A.P.E.N, Novembre 2006.
6. sauvons notre peau: 5 Octobre 2021. <https://sauvonsnotrepeau.f>.
7. controle qualité. : 5 Octobre 2021. <https://qualite.ooreka.fr/>.
8. **KONE, Dr. Siaka.** *Fabrication de savons améliorés.* 2000.
9. **ANDRIAMANOHISOA, A.F.** *fabrication de savon à l'huile de l'arachide.* Antananarivo : Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en Science des Matériaux et Métallurgie, 2008,promotion 2007.
10. natura-bon. : 3 Aout 2021. <https://natura-bon.com>.
11. **IDY, A.N.** *Etude de l'huile d'amande de la noix de Calophyllum inophyllum et application pour la fabrication de savon.* antananarivo : memoire en vue de l'obtention du diplome de l'ingenieur à l'ESPA, Promotion 2007,février 2008.
12. wikipedia. : 18 Février 2022. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Estampage>.
13. wikipedia. : 18 Février 2022. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Presse>.
14. **RAZAFIARIMANANA, V.** *Etude de faisabilité technico-economique d'une unité de savonnerie artisanale.* Antananarivo E.S.S.A : Memoire de fin d'etude en vue de l'obtention du diplome d'ingenieur agronome, Mai 2004.
15. **DONKOR, PETER.** *PRODUIRE DU SAVON* . Paris : GRET(Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques), 1984/1988.
16. **MATAGRIN, A.** *Manuel du savonnier Gautier Villard.* 1949.

17. *EXAPRO*. : 2 Novembre 2021. <http://www.acheter-vendre-machines.fr/>.
18. *WIKIPEDIA*. : 24 novenmbre 2021. <https://fr.wikipedia.org/>.
19. *WIKIPEDIA*. : 24 Novemnbre 2021. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Meuleuse>.
20. *ROCDACIER*. : 27 Novembre 2021. <https://www.rocdacier.com/cours-soudage-arc-electrode-enrobee>.
21. **Martial, G.O.B.** *Technique améliorée de fabrication artisanal de savon et détergents*. 2009.
22. **Peter, D.** *Produire du savon*. s.l. : GRET, 1986.
23. *savonnerie le limoniere artisanale*. : 6 Aout 2021. <https://savonnerielalimoniere.fr/>.
24. *MARIUS FABRE fabricant de savon de Marseille depuis 1900*. : 1 aout 2021. <https://www.marius-fabre.com/>.
25. **Caubergs, Lisette.** *LA FABRICATION DU SAVON Aspects techniques, économiques et sociaux*. Belgique : □ATOL Leuvensestraat 5/1 3010 Leuven.
26. *tox pressotechnik*.: 20 decembre 2021. <https://fr.tox-pressotechnik.com/>.
27. **MATAGRIN, A.** *Manuel du savonnier, 2ème édition*. Paris : GAUTHIER - VILLARS, 1946.
28. **ARNAUD, P.** *Cours de chimie organique*. DUNOD Paris : s.n., 1997.

ANNEXES

Annexes I : Tableau de densité

Tableau 11:Densité et la concentration des solutions de soude et potasse caustique

Degré Baumé (°Bé)	Densité à 15 °C	Masse soluté par kg de solution (g)		Masse de sulté par litre de solution (g)	
		NaOH	KOH	NaOH	KOH
5	1,036	33,500	45	35	46
6	1,045	40,000	56	42	58
7	1,052	46,400	64	49	67
8	1,060	52,900	74	56	78
9	1,067	58,700	82	63	88
10	1,075	65,500	92	70	99
11	1,083	73,100	101	79	109
12	1,091	80,000	109	87	119
13	1,100	86,800	120	95	132
14	1,108	94,200	129	104	143
15	1,116	100,600	138	112	153
16	1,125	109,700	148	123	167
17	1,134	118,400	157	134	178
18	1,142	126,400	165	144	188
19	1,152	135,500	176	156	203
20	1,162	143,700	186	167	216
21	1,171	151,300	195	177	228
22	1,180	159,100	205	188	242
23	1,190	167,700	214	200	255
24	1,200	176,700	224	212	269
25	1,210	185,800	233	225	282
26	1,220	195,800	242	239	295
27	1,231	205,900	251	253	309
28	1,241	214,200	261	266	324
29	1,252	226,400	270	283	338
30	1,263	236,700	280	299	353
31	1,274	248,100	289	316	368
32	1,285	258,000	298	332	385
33	1,297	268,300	307	348	398
34	1,308	278,000	318	364	416
35	1,320	288,300	327	384	432
36	1,332	299,300	337	399	449
37	1,345	312,200	349	420	469
38	1,357	324,700	359	441	487
39	1,370	336,900	369	462	506
40	1,383	349,600	378	483	522
41	1,397	362,500	389	506	543
42	1,410	374,700	399	528	563
43	1,424	388,000	409	553	582
44	1,438	399,900	421	575	605

45	1,453	414,100	434	602	631
46	1,468	428,300	446	629	655
47	1,483	443,800	458	658	679
48	1,498	461,500	471	691	706
49	1,514	476,000	483	721	731
50	1,530	490,200	494	750	756

Source :LA FABRICATION DU SAVON : ATOL ;Leuvensestraat 5/1 ; 3010 Leuven.Belgique

Annexes II :Marque sur le savon obtenu

Tampons sur le savon : le marque sur le savon represente sa carte d'identité

Deux tampons différents sont fabriqués à savoir le texte et le logo, l'une est liée à l'extrémité de la crémaillère et l'autre fixé sur le piston du système de démoulage.

TEXTE



LOGO



Annexes III

Tableau 12: Comparaison de l' effet de la quantité de l'eau au niveau de la fabrication du savon.

	Faible quantité d'eau	Large quantité d'eau
Rapidité de saponification	La saponification est plus rapide et la pâte épaissit plus vite (apparition de la « trace » plus rapide).	La pâte épaissit moins vite.
Ajouts d'additifs	La pâte pourra devenir rapidement assez épaisse, il faudra donc ajouter les additifs très rapidement (sachant que certains additifs peuvent encore accélérer la réaction) pour bien les intégrer avant que la pâte ne durcisse trop.	Cela laisse plus de temps pour faire des ajouts d'additifs et les incorporer de façon homogène.
Ajouts d'additifs contenant de l'eau (lait, purées de fruits ou légumes...)	Permet d'ajouter une plus grande quantité d'additifs "humides" en fin de saponification.	Evitez d'ajouter trop d'ingrédients « humides » en fin de saponification car le savon pourra alors contenir trop d'eau (et nécessitera un temps de séchage très long).
Réalisation d'effets artistiques	Pour réaliser un marbrage ou autres effets, il faudra être rapide. On pourra par contre réaliser facilement des effets « chantilly » sur le dessus des savons avec la pâte bien épaissie.	Cela laisse le temps de séparer la pâte en plusieurs parties colorées différemment pour réaliser des effets de marbrages.
Montée en température	Tendance à plus monter en température	La montée en température est généralement moins forte.
"Phase de gel"(voir encart plus bas pour des explications)	On observe moins fréquemment une « phase de gel » dans les formules avec peu d'eau.	Les formules avec plus d'eau passent plus souvent par la « phase de gel ».
Temps de séchage	Temps de séchage réduit (sauf ajouts en fin de saponification d'une grande quantité d'ingrédients contenant de l'eau)	Temps de séchage plus long
Résultat	Si la quantité d'eau utilisée est très faible et aucun ingrédient « humide » n'est ajouté, le savon pourra être trop sec, et avoir tendance aux craquelures.	Le savon gardera une texture plus souple et plus élastique pendant plus longtemps.

Source : AROMAZONE.COM

Tables de matières

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE.....	III
ABREVIATIONS ET SIGLES	IV
LISTES DES FIGURES	V
LISTE DES DESSINS TECHNIQUES.....	V
LISTE DES PHOTO.....	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
INTRODUCTION	1
Partie I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : Généralités sur les éléments relatifs au sujet d'étude.....	2
I.1 Définitions et propriétés du savon	2
I.1.1 L'hydrolyse du savon	4
I.1.2 Cinétique de la réaction de saponification.....	6
I.1.3 Contrôle qualité du savon	7
I.1.4 Les différents types de savon.....	9
I.1.4.1 Savon dur	9
I.1.4.2 Savon mou	10
I.1.4.3 Savon liquide	10
I.2 Généralités sur la presse estampage	12
I.2.1 Définition.....	12
I.2.2 Différentes types de presse	13
CHAPITRE II : Matériels et matières premières	15
II.1 matériels et matières premières pour la fabrication du savon.....	15
II.1.1 Matériel à fournir	15

II.1.1.1 Equipement pour la fabrication de savon de lessive à l'échelle industrielle.....	15
II.1.1.2 Equipement pour la fabrication artisanale du savon de toilette.....	16
II.1.2 Matières premières	18
II.1.2.1 Les corps gras.....	19
II.1.2.1.1 Propriétés des corps gras.....	20
II.1.2.1.2 Les différents types d'huiles utilisés pour la fabrication du savon.....	24
II.1.2.2 Les alcalis.....	30
II.1.2.2.1 La soude caustique : NaOH.....	30
II.1.2.2.2 La potasse caustique : KOH.....	31
II.1.2.3 Les autres matières premières	33
II.2 Les machines et outils d'usinages nécessaires pour la fabrication de la presse estampage à savon.....	34
II.2.1 Les machines essentielles.....	34
II.2.1.1 Fraiseuse.....	34
II.2.1.2 Tour d'outilleur.....	36
II.2.1.3 Meuleuses.....	37
II.2.1.4 soudure à arc	38
II.2.2 Equipement de sécurité	40
CHAPITRE III : Procédé général de la fabrication du savon.....	41
III.1 Procédé à froid	41
III.2 Procédé mi- cuit.....	43
III.3 Procédé de fabrication du savon de Marseille.....	45
III.4 Procédé à chaud.....	49
Partie II : ETUDE EXPERIMENTALE	
CHAPITRE IV : Conception et réalisation de la presse à savon.....	51

IV.1 Analyse de la conception.....	51
IV.1.1 Système de presse.....	51
IV.2.2 Les différentes pièces à fournir	52
CHAPITRE V : Matériel et méthode pour le savon artisanal.....	65
V.1 Présentation des matériaux utilisés	65
V.1.1 Les outils nécessaires dans la fabrication du savon	65
V.1.2 Le matériel de sécurité.....	67
V.2 Matières premières.....	68
V.2.1 Les matières grasses	68
V.2.2 La soude caustique.....	69
V.2.3 Eau douce.....	70
V.3 Démarche pour avoir un savon à saponification à froid	70
V.3.1 Préparation de la solution de lessive et la pâte à savon	71
V.3.2 Moulage et démoulage.....	74
V.3.3 Estampage et séchage.....	74
CHAPITRE VI : Résultat et discussions	76
VI.1 Avantages	77
VI.2 Limites	77
CHAPITRE VI : Evaluation Economique.....	78
CONCLUSION	80
<i>BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE</i>	81
<i>ANNEXE</i>	VII

Auteur : RAHARINAIVO Désiré Tojoso B.

Titre : *conception et réalisation d'une presse estampage pour la fabrication du savon artisanal.*

Nombre de page : 82

Nombres des figures : 10, **Nombres des photos** : 23

Nombres des tableaux : 12, **Nombres des dessins** : 11



RESUME : L'accroissement incessante des savonneries artisanales nous a conduit à réaliser cette machine d'estampage à savon pour les rendre professionnelles à la fois dans la production et dans le marketing. Le logo et le texte font partie de la façon dont les consommateurs identifient leurs produits et ont des avantages pour les fabricants.

Après la réalisation de cette machine de presse estampage à savon, quelques essais préliminaires ont été menés avec du savon artisanal que nous avons fabriqué. Tous ceux-ci nous ont permis de constater que les savons pressés avec cette machine ont de bonnes apparences et un aspect attrayant.

Mots clés : réalisation, savon, presse estampage

ABSTRACT:

The relentless growth of artisanal soap makers has enabled us to make this soap stamping machine to make them professional both in production and in marketing. Logo and text are part of how consumers identify their products and are a benefit to industrial manufacturers.

After the realization of this soap stamping press machine, some preliminary tests were carried out with handmade soap that we made. We found that soaps pressed with this machine look good and attractive.

Keywords: realization, soap, stamping press

Encadreur : Docteur RAKOTONDRAMANANA Samuel,

Coordonnées de l'auteur :

Tel : 0349713063 / **mail** : rhrnvtjs@gmail.com

RAHARINAIVO Désiré Tojoso B.