



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie organique

Par :

Melle Benlazar Nouara Kawthar

Sur le thème

La valorisation d'un déchet d'industrie alimentaire : Les noyaux d'abricot

Soutenu publiquement le 9 juin 2024 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mr Bensaid Okkacha	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mr Mostefa-Kara Bachir	Professeure	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme Tabet Amina	Professeur	Université de Tlemcen	Examinatrice 1
Mme Mami Imene	Maitre assistante B	Université de Tlemcen	Examinatrice 2

Année Universitaire : 2023 ~ 2024

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite à :

Mes parents dont l'amour et le soutien inconditionnels ont été ma plus grande force tout au long de ce parcours,

À ma grand-mère, Baya, pour sa sagesse, ses encouragements et les valeurs qu'elle m'a transmises,

À mes grands-pères et ma grand-mère Kiba que dieu ait leurs âmes,

À mes tantes,

À ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a soutenu dans chaque étape de ma vie,

À ma meilleure amie Fatima pour son aide, soutien et son amour,

Avec toute ma gratitude et mon affection. . . .

Benlazar Nouara Kawthar

Remerciements

En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH le tout puissant et miséricordieux pour le courage et la force qu'il m'a accordé durant ces longues années d'études.

J'exprime mes profondes gratitude à mon encadrant Monsieur le professeur Mostefa-Kara Bachir pour sa disponibilité, ses conseils et pour l'aide qu'il m'a apporté durant mes deux années de master et durant la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur le professeur Ziani Cherif Chewki directeur du Laboratoire de Catalyse et de Synthèse en Chimie Organique pour son accueil et ses l'aide qu'il m'a apporté durant les deux ans de master.

*Je souhaite remercier madame Mostefa-Kara Ikram pour son accueil et son aide ainsi que le personnel du laboratoire de **Sarl Prodalex**.*

Je tiens à remercier Monsieur le professeur Bensaid Okkacha d'avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire.

Je tiens à remercier Madame Tabet Amina professeur à l'UABT et madame Mami Imene MAB à l'UABT d'avoir accepté de participer à ce jury.

Merci à ceux qui ont été à mes cotés, mes collègues Sidi Ikhlef Yousra, Khaouani Raouda, Ssemugooma Solomon et Saib Wanis, je vous souhaite la réussite et le bonheur.

Sans oublier de remercier les doctorantes de chimie organique madame Naziha, Melles Yasemine et Ferial pour leur bonne humeur et leur aide.

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
Chapitre I : Etude bibliographique	03
I – La valorisation des déchets industriels	04
I.1 – l’impact de la valorisation sur l’environnement	04
I.2- Le rôle économique de la valorisation des déchets industriels	04
II – La valorisation des déchets alimentaires	04
II.1- Les familles des industries alimentaires	05
II.2- Pépins / noyaux de fruits	05
• Pépins de pommes / figues de barbarie	05
• Noyau d’abricot	05
❖ Les épiluchures	06
❖ Coque de noyau d’abricot	06
❖ Amande d’abricot	06
❖ Tourteau d’amande d’abricot	06
III- Utilisation des huiles fixes et huiles essentielles en cosmétique	06
III.1- Fabrications de savons	06
III.1.1- Huiles utilisées dans la fabrication des savons	07
III.1.2- caractéristiques des savons	09
III.1.3- Bienfaits des savons	09
III.2- Additifs aux savons	10
III.2.1- Ajout d’huiles essentielles aux savons	10
III.2.2 Bienfaits de quelques huiles essentielles	10
• Huile essentielle de lavande	11
• Huile essentielle de sauge	11
• Huile essentielle de romarin	11
III.2.3 Ajout de produits de gommage	12
Le charbon actif	12
Le marc de café	12
La poudre de coque d’abricot	12
Chapitre II : Matériels et méthodes	13
I - Noyau d’abricot	14
I.1 Coque de noyau d’abricot	14
I.1.1 Broyage	14
I.1.2 Fabrication du charbon actif	15
I.2 Les amandes	16
I.2.1 Huile d’amande d’abricot	17
• Indice d’iode	17
• Indice de saponification	19
I.2.2 Tourteau d’amande	20
• Extraction du benzaldéhyde	20
• Extraction des protéines	21
II – Savons	22
II.1- Formulations	22
II.2- Caractérisations des savons	23
• Test de pH	24
• Test de tenue de mousse	24
• Test d’indice de mousse	24
II.3- Savons aux huiles essentielles / produits de gommage	25
Chapitre III : Résultats et discussion	26

I-Noyau d'abricot	27
I.1- Coque de noyaux d'abricot	27
I.1.1- Fabrication du charbon actif	27
I.1.2 Utilisation du charbon actif	28
I.2- Amandes	28
I.2.1- Huile d'amandes d'abricot	28
• Indice d'iode	30
• Indice de saponification	31
I.2.2- Tourteau d'amandes d'abricot	32
• Extraction du benzaldéhyde	32
• Extraction des protéines	34
• Mise en évidence des protéines	34
II- Savons	34
II.1- Caractéristiques des savons	35
- Test de pH	35
- Test de tenue de mousse	36
- Test d'indice de mousse	36
II.2- Savons aux huiles essentielles et produits de gommage	37
II.2.1- Savons aux huiles essentielles	37
II.2.2- Savons aux produits de gommage	38
Conclusion	40
Références	42

Abréviations

Unités

Kg :	Kilogramme
cm :	Centimètre
mm :	Millimètre
min :	Minute
C° :	Degré celsius
ppm :	Partie par million

Chimiques

H ₂ SO ₄ :	Acide sulfurique
HNO ₃ :	Acide nitrique
H ₃ PO ₄ :	Acide phosphorique
KOH :	Hydroxyde de potassium
Na ₂ S ₂ O ₃ :	Thiosulfate de sodium
NaOH :	Hydroxyde de sodium
HCl :	Chlorure d'acide
CCl ₄ :	Tétrachlorure de carbone
NaCl :	Chlorure de sodium
Phph :	Phénolephtaleine
EDTA	Acide éthylènediaminotetraacétique
FFA	Free fatty acids (acides gras libres)
TAG	Triacylglycerols
DAG	Diacylglycerols
MAG	Monoacylglycerols

Techniques

HAA :	Huile d'amandes d'abricot
HO :	Huile d'olive
HP :	Huile de palme
HR :	Huile de ricin
HE :	Huile essentielle
HER :	Huile essentielle de romarin
HES :	Huile essentielle de sauge
HEL :	Huila essentielle de lavande
Ii :	Indice d'iode
Is :	Indice de saponification
I :	Indice de mousse

Liste des figures

- Figure 01 :** Coupe longitudinale d'un abricot.
- Figure 02 :** Plan de ce travail.
- Figure 03 :** Huile d'amande d'abricot.
- Figure 04 :** Huile d'olive.
- Figure 05 :** Huile de ricin.
- Figure 06 :** Huile de noix de coco.
- Figure 07 :** Huile de nigelle.
- Figure 08 :** Huile essentielle de lavande.
- Figure 09 :** Huile essentielle de sauge.
- Figure 10 :** Huile essentielle de romarin.
- Figure 11 :** Charbon actif.
- Figure 12 :** Marc de café.
- Figure 13 :** Poudre de coque de noyaux d'abricots.
- Figure 14 :** Noyaux d'abricots.
- Figure 15 :** Coques concassées.
- Figure 16 :** Amandes d'abricot.
- Figure 17 :** Broyeur demi industriel.
- Figure 18 :** Différentes granulométries des coques de noyaux d'abricot.
- Figure 19 :** Coques d'abricots dans les trois acides différents.
- Figure 20 :** Charbon imprégné dans HNO_3 .
- Figure 21 :** Charbon imprégné dans H_3PO_4 .
- Figure 22 :** Charbon imprégné dans H_2SO_4 .
- Figure 23 :** Pressoir à huile d'amandes.
- Figure 24 :** Pressoir à huile d'amandes.
- Figure 25 :** Huile d'amandes filtrée.
- Figure 26 :** Tourteau d'amandes d'abricots.
- Figure 27 :** Structure chimique du benzaldéhyde.
- Figure 28 :** Huile d'amandes d'abricots brute.
- Figure 29 :** Huile d'amandes d'abricots filtrée.
- Figure 30 :** Chromatographie en phase gazeuse de l'HAA.
- Figure 31 :** Analyse HPTLC de l'HAA
- Figure 32 :** Tourteau d'amande d'abricot.
- Figure 33 :** CCM du benzaldéhyde extrait.
- Figure 34 :** Test Xantoprotéique.
- Figure 35 :** Produits réalisés.

Liste des schémas

- Schéma 01 :** Processus de fabrication du charbon actif.
- Schéma 02 :** Colonne de filtration d'huile d'abricot.
- Schéma 03 :** Réaction d'addition de ICl sur la double liaison.
- Schéma 04 :** Réaction d'hydrolyse d'amygdaline.
- Schéma 05 :** Réaction de nitration des cycles aromatique des protéines

Liste des tableaux

- Tableau 01 :** Volumes des titrages pour la mesure de l'indice d'iode.
- Tableau 02 :** Volumes des titrages pour la mesure de l'indice de saponification.
- Tableau 03 :** Formulations des échantillons de savons.
- Tableau 04 :** pH des échantillons de savons.
- Tableau 05 :** Additifs aux nouveaux savons.
- Tableau 06 :** Poids de chaque compartiment de noyau d'abricot.
- Tableau 07 :** Rendements des échantillons des charbons actifs.
- Tableau 08 :** Propriétés organoleptiques de l'huile d'abricot.
- Tableau 09 :** Comparaison entre les profils des acides gras de l'HAA et d'autres huiles.
- Tableau 10 :** Indices d'iode des différentes huiles.
- Tableau 11 :** Indices de saponification des différentes huiles.
- Tableau 12 :** Indices de mousse des échantillons de savons.
- Tableau 13 :** Quantités et bienfaits des huiles essentielles ajoutées.
- Tableau 14 :** Quantités des produits de gommage ajoutés.
- Tableau 15 :** Tableau récapitulatif des savons fabriqués.

Introduction générale :

De nos jours, notre planète est de plus en plus sujette à des changements climatiques en raison de la pollution de l'air, de l'eau et de la terre.

L'homme, avec son insouciance et son exagération, est **le premier et le seul responsable** de cette situation.

Les déchets industriels sont les résidus produits par les activités industrielles tout au long de leurs processus de production. C'est là que le recyclage ou la valorisation des déchets industriels jouent un rôle essentiel, permettant à la fois de réduire la quantité de ces résidus et surtout d'en tirer profit.

Parmi les déchets, Les déchets des produits alimentaires sont nombreux et variés. Les déchets de la transformation des fruits en est un exemple concret.

Les déchets de la transformation de l'abricot (jus, confiture, ...etc) avec ses pelures et ses noyaux représentent un tonnage non négligeable qui peut être valorisé de manière efficace.

Le noyau d'abricot, souvent négligé est constitué :

- **D'une coque** qui est principalement composée de cellulose, d'hémicellulose et de lignine qui fournissent un matériau de protection.

- **D'une amande**, connue par son gout parfois amère et pour sa toxicité à cause de la présence d'amygdaline ; hétéroside cyanogène mortel.

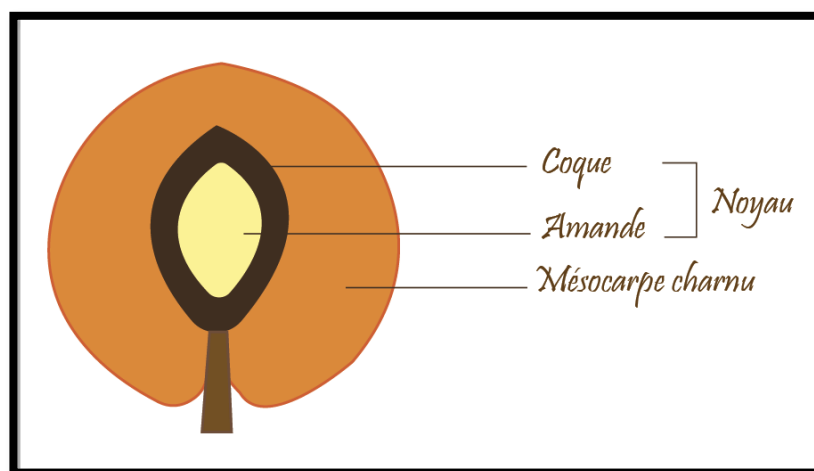


Figure 01 : Coupe longitudinale d'un abricot

Le travail que nous exposons dans ce mémoire consiste à valoriser les noyaux d'abricot partie par partie :

- La coque

- ✓ Broyage : obtention de poudres de différentes granulométries qui pourraient avoir différents usages
- ✓ Fabrication de charbons actifs

- L'amande

- ✓ Pression : obtention d'une huile (caractérisée dans un mémoire de master précédent), incorporée, tel quel ou associée à d'autres ingrédients, dans la fabrication de produits cosmétiques (huile de massage, savons ; ...etc).
- ✓ Tourteaux : valorisée pour différentes application (extraction de benzaldéhyde, extraction de protéines), ...

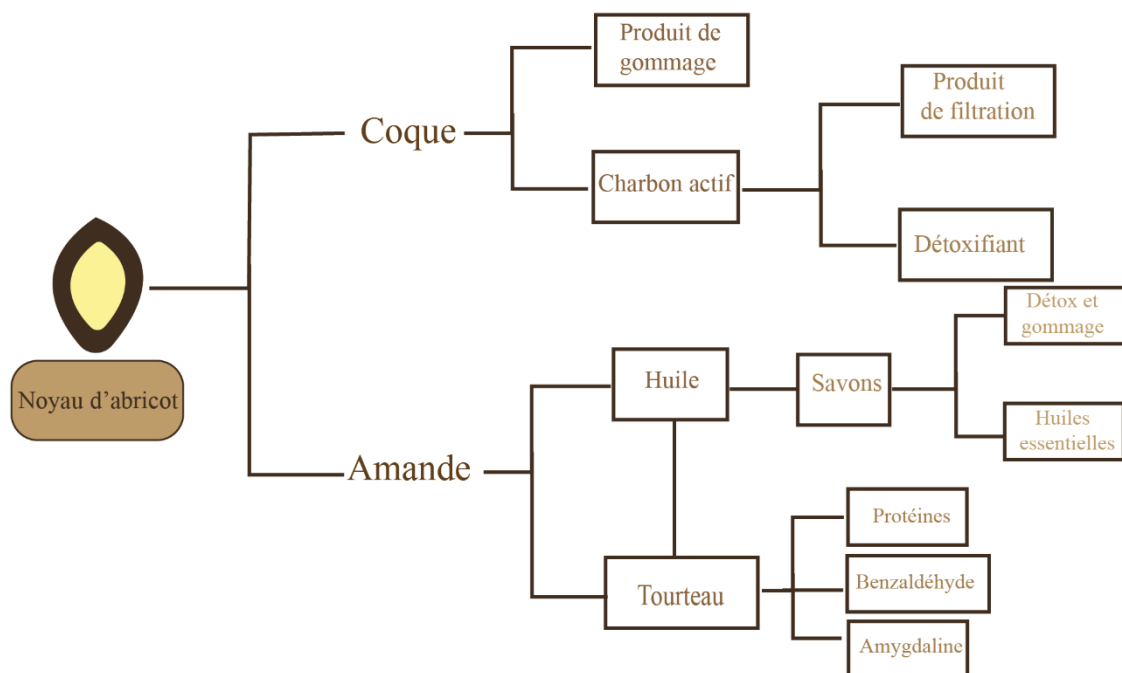


Figure 02 : Plan du travail.

Chapitre I :

Etude bibliographique

I – La valorisation des déchets industriels :

I-1- L’impact de la valorisation sur l’environnement :

En Algérie, la valorisation des déchets n’est pas appliquée d’une façon régulière et élargie, mais, en 2022 le ministère de l’Environnement et des Energies renouvelables co-financé par l’Union Européenne a proposé la Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des déchets à l’horizon 2035 qui est un projet qui permettra à l’Algérie de développer une meilleure gestion intégrée des déchets. Parmi les résultats attendus de cette stratégie ¹ :

- Une réduction des déchets ménagers et assimilés de 6 millions de tonne.
- La minimisation des risques sanitaires et environnementaux des déchets ultimes avec fermeture de 1 300 décharges sauvages en 2024.
- Le développement d’un système d’information sur les déchets.
- Une focalisation particulière sur l’éducation des enfants et des femmes et sur une communication ouverte et transparente avec tous les citoyens
- Diminution de taux de CO2 émis dans l’air à cause des combustions des déchets.

I-2- Le rôle économique de la valorisation des déchets industriels :

En Algérie, on jette chaque année 11 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés (DMA) et seulement 10% de cette quantité est recyclée sachant qu’une tonne de papier recyclée est l’équivalent de 1,41 tonne de bois économisé, tandis qu’une tonne de plastique recyclée représente l’économie de 650 kg de pétrole brut. Pour cela, une nouvelle stratégie nationale de gestion des déchets à l’horizon 2035 a été proposée pour l’exploitation de ce gisement appréciable pour l’investissement, sachant que la valeur marchande des déchets valorisables est estimée à plus de 30 milliards de dinars.²

II- La valorisation des déchets alimentaires :

La valorisation des déchets alimentaires représente un enjeu majeur dans la gestion durable des ressources. Ces déchets, souvent riches en éléments organiques, peuvent être transformés en ressources utiles plutôt que d’être simplement jetés. En faisant cet acte, non seulement nous réduisons la quantité de déchets envoyés en décharge, mais nous contribuons également à la préservation des ressources naturelles et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

II- 1- Les familles des industries alimentaires :

Parmi les industries alimentaires, la fabrication des produits alimentaires élaborés (fruits, légumes, poissons, ...), génère des quantités de déchets largement exploitables³.

Nous nous sommes focalisés sur les noyaux qui représentent les coques et les amandes.

L'utilisation de déchets de fruits ne se limite pas que sur la production d'engrais ou de biogaz, mais les pépins ou noyaux de quelques fruits peuvent être utilisés pour extraire des substances naturelles utiles et peu coûteuses.

II- 2- Pépins / noyaux de fruits :

L'utilisation de déchets de fruits ne se limite pas que sur la production d'engrais ou de biogaz, mais on peut utiliser les pépins ou noyaux de quelques fruits pour extraire des substances naturelles qui peut être bénéfique du côté environnemental et économique.

- **Pépins de pommes / figes de barbarie :**

Les pépins de pommes sont souvent jetés, plantés ou utilisés comme engrais.

En 2014, une équipe de chimistes en Angleterre ⁴ a effectué des recherches sur la composition des pépins de pommes dont l'amygdaline (Glucoside cyanogène dérivé de la phénylalanine). Cet hétéroside peut être utilisé dans de nombreux domaines.

L'huile de pépins de fige de barbarie est extraite par première pression à froid des pépins de la fige de barbarie, fruit comestible. Cette huile végétale, réputée pour ses propriétés, est riche en vitamines et en acides gras, ce qui lui confère des propriétés nutritives, protectrices, adoucissantes et régénératrices bénéfiques pour la peau. Elle est largement utilisée en cosmétique pour ses bienfaits, sans aucun risque d'effets indésirables. ⁵

- **Noyau d'abricot :**

Toujours dans ce contexte, les déchets, issues de la transformation de l'abricot (jus, confiture, ...etc), représentent des tonnes de matières premières pour d'autres applications. Chaque partie de ce fruit peut être exploité.

❖ **Les épiluchures** : peuvent être dirigées vers la production de biogaz, d'engrais ou pour l'extraction de polyphénols etc...

❖ **Coque de noyau d'abricot** : Ces dernières années, l'accent a été mis sur la production économique de charbons actifs à partir de divers matériaux naturels. Les recherches se sont concentrées sur les matériaux solides capables de purifier les eaux usées contaminées à moindre coût. Ainsi, plusieurs études se sont intéressées à la conversion thermochimique des sous-produits agricoles et d'autres sources de biomasse en précurseurs pour la fabrication d'adsorbants à base de carbone. Les coques de noyaux d'abricot sont une bonne matière première pour la préparation du charbon actif soit par l'activation physique où l'étape de carbonisation précède celle de l'activation ou par activation chimique où la carbonisation et l'activation se font simultanément. ⁶

❖ **Les Amandes d'abricot** : au goût amer et toxique pour la consommation humaine ou animale, sont souvent jetées sans n'en tirer aucun bénéfice, alors qu'elles peuvent être utilisées pour en extraire une huile végétale possédant de nombreuses vertus thérapeutiques et cosmétiques.

❖ **Tourteau d'amande d'abricot** : Le Tourteau d'amande d'abricot : qui peut être considéré comme étant un sous déchet d'un déchet. Le tourteau résulte de la presse de l'amande. Souvent négligé, à cause de sa toxicité, on peut en extraire de de l'amygdaline ⁷, des protéines ⁸, mais aussi du benzaldéhyde naturel.

Une étude a été menée pour l'utilisation du tourteau, après détoxification, comme aliment de bétail. Il est riche en protéines et fibres ⁹.

III- Utilisation des huiles fixes et essentielles en cosmétique :

III- 1- Fabrication de savons :

Le savon représente l'une des inventions les plus significatives de l'histoire humaine. Il a été utilisé par de nombreuses cultures à travers le monde ¹⁰. Il représente de nos jours un élément essentiel et indispensable dans notre hygiène.

La fabrication du savon est l'une des premières réactions chimiques découvertes par

L'Homme. En effet, la réaction de saponification, qui consiste en une hydrolyse en milieu basique des fonctions ester des triglycérides présents dans la matière grasse, a été identifiée en 1823 par le chimiste français Eugène Michel Chevreul ¹¹.

Aujourd'hui, il existe une grande variété de savons aux senteurs, aux couleurs diverses et surtout aux propriétés différentes. L'utilisation d'ingrédients variés tels que les huiles végétales, les graisses, les colorants et les parfums a permis de réaliser cela.

III- 1.1- Les Différentes Huiles utilisées dans la fabrication du savon :

Les huiles végétales sont les principales matières grasses utilisées dans la fabrication du savon. La plus connue et l'une des plus utilisée pour la fabrication du fameux « Savon de Marseille » est l'huile d'olive. A côté de cette huile de nombreuses autres huiles ont été utilisées (plus de 30 huiles végétales) dans cette industrie, on retrouve des variétés telles que 'huile d'abricot, de palme, de coco, de ricin, ...etc.

❖ Huile d'amande d'abricot :

L'huile d'abricot est une source riche en acides gras essentiels tels que l'acide linoléique et l'acide oléique, qui offrent une hydratation et une nutrition profondes à la peau. De plus, elle est particulièrement riche en vitamine A, contribuant ainsi au renouvellement cellulaire cutané. Ces propriétés en font un ingrédient privilégié pour traiter les problèmes de peau tels que la sécheresse, les rides et les taches de vieillesse, ce qui la fait un très bon ingrédient pour la fabrication des savons¹².



Figure 03 : Huile d'amande d'abricot

❖ L'huile d'olive

Elle est enrichie en vitamine E, ce qui en fait un hydratant profondément nourrissant pour les peaux sèches. La vitamine E, grâce à ses propriétés antioxydantes, offre une protection contre les agressions extérieures. De plus, elle contribue à maintenir l'élasticité



Figure 04 : Huile d'olive

de la peau, à lutter contre les signes du vieillissement et à traiter des affections cutanées telles que l'eczéma et le psoriasis. Elle fait partie des meilleurs huiles qui rentrent dans la fabrication des savons car elle est une source d'acides gras essentielles et aussi rend le savon doux et très moussant¹³.

❖ Huile de ricin :

Composée principalement d'acide ricinoléique, un acide gras mono insaturé, l'huile de ricin permet de produire un savon à froid doux qui confère au produit une grande émollience et une mousse crémeuse. Cette huile est un excellent hydratant qui contribue à la fabrication d'un savon dur¹⁴.



Figure 05 : Huile de ricin

❖ Huile de noix de coco :

Composée majoritairement d'acide laurique myristique et palmitique, ce qui la rend excellente pour la fabrication des savons car elle contient des acides gras saturés.

Cette huile est un excellent hydratant pour la peau et les cheveux, riche en vitamine E et en antioxydants¹⁵.



Figure 06 : Huile de noix de coco

❖ Huile de nigelle :

Cette huile est riche en acides gras, insaturés (acide linoléique et acide linoléique). Très recommandée pour les peaux sèches et sensibles, à des propriétés anti-inflammatoires, elle règle les problèmes de la peau comme l'acné, l'eczéma, le psoriasis et les dermites.

Elle peut être utilisée comme brute sur la peau ou les cheveux



Figure 07 : Huile de nigelle 8

ou elle peut être ajoutée lors des fabrications des savons, crèmes hydratantes et shampoings, ...¹⁶.

III- 1.2- Caractéristiques des savons :

Un savon de qualité doit être doux, moussant, crémeux, efficace pour le nettoyage et durable. Il peut également être adapté à des besoins spécifiques, tels que les savons très doux pour peaux fragiles (nourrissant, personnes âgées, ...) ou très détergents pour certains corps de métiers (jardinier, mécanicien, ...etc). Pour cela, il y'a des critères à suivre pour obtenir le savon convenable

- ❖ **Le pouvoir nettoyant** : En général, un savon est utilisé pour le lavage, et son principal critère est son efficacité de nettoyage. Les acides gras saturés de courte chaîne comme l'acide Laurique et myristique sont les plus lavants.
- ❖ **L'indice de dureté** : les acides lauriques, palmitiques, myristiques et stéariques sont ceux qui rapportent la dureté au savon.
- ❖ **L'indice de douceur** : qui veut dire une capacité nourrissante, hydratante et adoucissante apporté en général par l'huile d'abricot, d'amande douce et d'argan.
- ❖ **Le pouvoir moussant** : indique la capacité du savon à mousser et produire des bulles.
- ❖ **L'indice d'iode** : mesure le nombre d'insaturations d'une huile végétale dont les risques de l'oxydation et la fragilité du savon.
- ❖ **L'indice de saponification** : qui correspond à la quantité de KOH ou NaOH nécessaire pour saponifier 1g d'une huile lors de la fabrication du savon.

III- 1.3- Bienfaits des savons :

- Nettoyer la peau en douceur.
- Préservent l'équilibre naturel de la peau tout en la nettoyant efficacement.

- Riche en vitamines A et E, en acides gras essentiels et en antioxydants, ce qui en fait un choix idéal pour les peaux sèches et déshydratées.
- Traiter les problèmes de peau tels que l'eczéma et la dermatite.
- Les savons naturels artisanaux présentent des avantages pour l'environnement. Les ingrédients naturels utilisés dans ces savons sont biodégradables et n'ont pas d'impact négatif sur les écosystèmes.

III- 2- Aditifs aux savons :

Lors de la fabrication du savon, plusieurs additifs peuvent être ajoutés pour améliorer son aspect visuel et aussi sa qualité. Soit par l'ajout des colorants qui rappellent leur composition (violet pour les savons de lavande, jaune pour le curcuma, rose pour les fleurs, ...) ou par les parfums synthétiques (citron, vanille, miel, ...) ou aussi les ingrédients qui enrichissent leur qualité comme les argiles, la cire d'abeille, le marc du café, les différentes huiles fixes et beurres ou aussi les conservateurs comme l'EDTA.

III- 2.1- Ajout d'huiles essentielles aux savons :

L'aromathérapie est définie comme l'utilisation des huiles essentielles à des fins thérapeutiques. L'aromathérapie est parfois utilisée pour renforcer les effets d'un soin, car on attribue différentes vertus thérapeutiques aux huiles essentielles. Elles peuvent, par exemple, aider à réduire le stress et l'anxiété, à soulager la douleur ou encore à stimuler le système immunitaire ¹⁷.

Une huile essentielle est un liquide odorant, pouvant varier en texture de fluide à épais et en couleur selon la plante dont elle est extraite. Elle est produite par des cellules spécialisées présentes dans différentes parties des plantes, telles que les feuilles (menthe poivrée, basilic grand vert), les fleurs (lavande, ylang ylang), et les graines (coriandre, anis vert, carotte). Les gouttelettes d'huile essentielle ont une taille de quelques microns, ce qui les rend invisibles à l'œil nu. Cependant, lorsque la plante aromatique est froissée, les gouttelettes d'huile essentielle sont libérées dans l'air et parviennent jusqu'à notre nez ¹⁸.

III- 2.2- Les bienfaits de quelques huiles essentielles :

Dans notre travail, nous avons retenu 3 huiles essentielles que nous avons ajoutée dans la préparation des savons. Nous rapportons les effets bénéfiques que peuvent apporter ces huiles.

❖ **Huile essentielle de lavande** : La lavande vraie est actuellement l'une des huiles essentielles les plus prisées en aromathérapie en raison de ses nombreuses propriétés bénéfiques. Cette huile essentielle favorise la régénération de la peau et possède une forte activité antioxydante. De plus, elle est réputée pour ses propriétés antibactériennes et antiseptiques, ainsi que pour ses vertus cicatrisantes, notamment pour soulager les piqûres d'insectes et les coups de soleil. En outre, la lavande offre l'un des parfums les plus complexes et équilibrés en aromathérapie, et son odeur est réputée pour aider à soulager l'anxiété en apaisant et en revitalisant les sens¹⁹.



Figure 08 : Huile essentielle de lavande

❖ **Huile essentielle de sauge** : Elle peut être appliquée directement sur la peau, mais elle doit toujours être diluée dans une huile porteuse, réputée pour ses bienfaits pour la peau en régulant la production de sébum ou la transpiration²⁰.



Figure 09 : Huile essentielle de sauge

❖ **Huile essentielle de romarin** : L'huile essentielle de romarin intègre différentes formules de soin réputé pour ses propriétés anti inflammatoires, propriétés antioxydantes qui peuvent être intéressantes pour combattre le stress oxydatif, antibactérienne et aussi astringentes, ce qui permettrait de resserrer les pores de la peau réduisant la probabilité d'obstruction des follicules pileux par le sébum²¹.



Figure 10 : Huile essentielle de romarin

III- 2 .3-Ajout de produits de gommage aux savons :

Le gommage exfolie la peau en éliminant les impuretés et les cellules mortes qui s'accumulent quotidiennement à sa surface. En stimulant le renouvellement cellulaire, il permet aux cellules cutanées jeunes et fraîches de remplacer les anciennes. Le résultat est une peau affinée, un grain de peau lissé, et un teint plus lumineux et harmonieux. C'est comme si l'épiderme se renouvelait complètement. Il y'a deux types de gommage ; le gommage chimique (acides alpha hydroxy et acides béta hydroxy) qui servent à dissoudre les liaisons entre les cellules mortes ainsi que le gommage mécanique (ou physique) ou les exfoliants contiennent des particules / graines qui agissent mécaniquement en frottant la peau morte. ²²

Parmi les exfoliants physique on trouve :

- ❖ **Le charbon actif** : Le gommage du visage au charbon actif est une méthode efficace pour purifier et revitaliser la peau. Le charbon actif, connu pour ses propriétés détoxifiantes, attire et absorbe les impuretés, les toxines et l'excès de sébum présents à la surface de la peau. Lorsqu'il est intégré dans un gommage, il exfolie en douceur, éliminant les cellules mortes et désincrustant les pores en profondeur. ²³



Figure 11 : Charbon actif

- ❖ **Le café** : le marc de café présente plusieurs bienfaits pour la peau, avec sa texture terreuse et douce en même temps convient aux tous types de peaux, on peut le trouver dans des savons pour visage et corps, des gels de douche, des crèmes exfoliants, ... ²⁴



Figure 12 : Marc de café

- ❖ **La poudre de coque d'abricot** : tout comme les poudres exfoliantes présentées précédemment, la poudre de coque de



Figure 13 : Poudre de coque de noyau d'abricot

noyau d'abricot a aussi un effet mécanique sur la peau qui permet d'éliminer la peau morte avec sa texture douce qui est très convenable pour les peaux sensibles. ²⁵

Chapitre II :

Matériels et méthodes

I – Noyau d’abricot :

Les noyaux d’abricot ont été récupérés d’une usine de transformation de l’abricot (Est Algérie). L’échantillon prélevé (environ 3kg de noyaux) a été lavé à l’eau claire.

Les coques ont été séparées des amandes à l’aide d’un mortier en bronze.

Figure 14 : Noyaux d’abricot



Figure 15 : Coques concassées



Figure 16 : Amandes d’abricot

I.1- Coque de noyau d’abricot

I.1.1 – Broyage

Les brisures de coques des noyaux sont lavées avec de l'eau bouillante jusqu'à ce que l'eau de lavage soit claire. Après rinçage à l'eau froide, les coques sont égouttées puis séchées à 90°C pendant 24h ; puis broyées à l'aide d'un broyeur semi-industriel.



Figure 17 : Broyeur semi industriel

La poudre obtenue est ensuite tamisée par un tamiseur pour obtenir différentes



Figure 18 : Différentes granulométries des coques de noyaux d'abricots broyées granulométries.

L'échantillon de plus grande granulométrie a été utilisé pour la fabrication du charbon actif.

I.1.2- Fabrication du charbon actif



Dans 3 erlenmeyers de 100ml, 10g d'échantillon est placé avec 3 acides différents :

- 20 ml d'acide nitrique HNO_3 .

- 20 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 .

Les échantillons sont imprégnés dans les 3 acides

Figure 19 : Coques d'abricots avec les acides

pendant 24h à température ambiante, puis filtrés et lavés à l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un pH neutre. Ils sont ensuite séchés dans l'étuve à 90°C pendant 24h.

Enfin, les échantillons ont été carbonisés dans un four à moufle à 600°C pendant 1h.

La température a atteint 600°C en 10 mn.

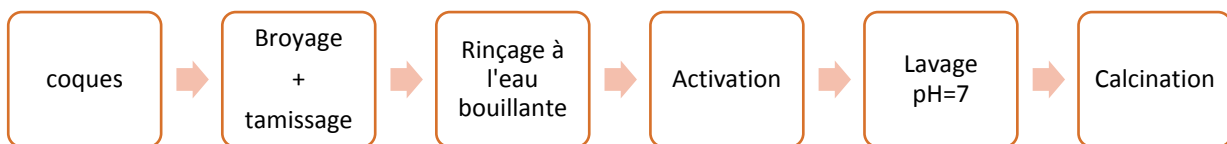


Schéma 01 : Processus de fabrication du charbon actif

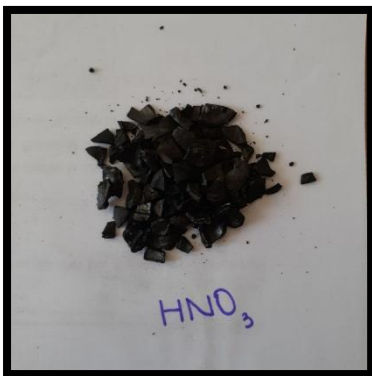


Figure 20 : Charbon imprégné dans HNO_3



Figure 21 : Charbon imprégné dans H_3PO_4

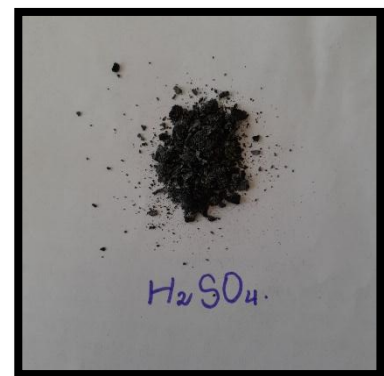


Figure 22 : Charbon imprégné dans H_2SO_4

I.2- Les amandes

Les amandes ont été pesées puis pressées à froid à l'aide d'une machine semi-industrielle.

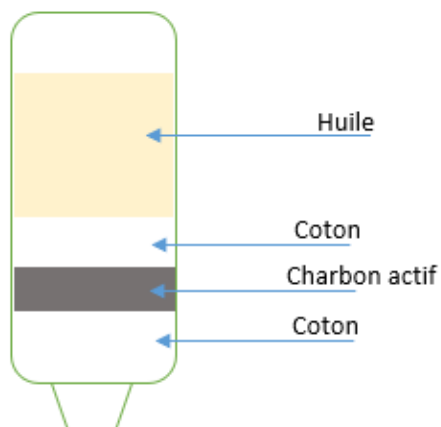


**Figure 23 : Pressoir à huile
d'amande**

**Figure 24 : Pressoir à huile
d'amande**

I.2.1 – Huile d'amande d'abricot

L'huile pressée à froid a été filtrée avec le charbon actif préparé à base des coques de noyaux d'abricot en utilisant une colonne pour filtrer.



**Schéma 02 : Colonne de filtration
d'huile**

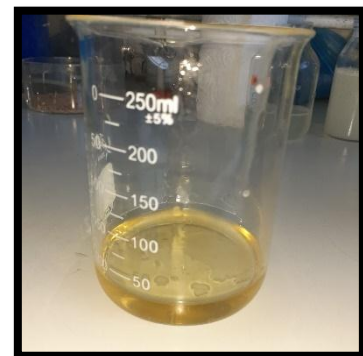


Figure 25 : Huile d'abricot filtrée

Parmi les indices qui caractérisent une huile, nous avons mesuré l'indice d'iode et l'indice de saponification qui sont importants dans la fabrication du savon.

- **Indice d'iode :**

L'indice d'iode indique le degré d'insaturation d'une matière grasse en donnant le nombre moyen de doubles liaisons présentes dans 100g d'acides gras constitutifs.

Dans ce travail, on a utilisé la méthode de Wijs.

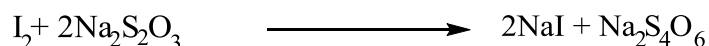
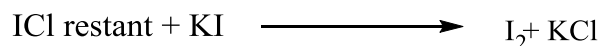
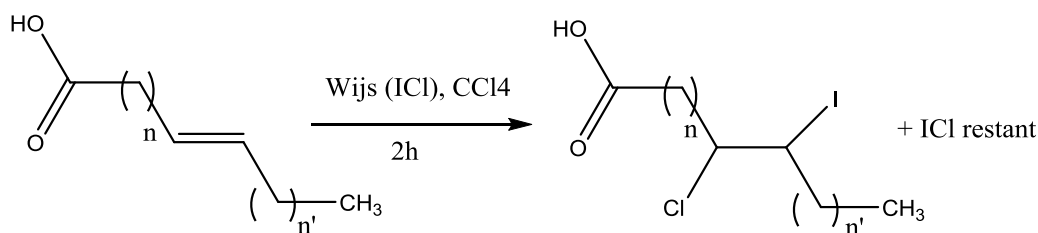


Schéma 03 : Réaction d'addition de ICl sur la double liaison.

Mode opératoire :

- 0.2g d'huile est introduite dans un erlenmeyer, puis 25ml du réactif de Wijs et 15ml du chloroforme sont ajoutés.
- L'erlenmeyer est mis à l'abri de la lumière avec agitation pendant 2h.
- 25ml de solution de KI 10% avec 150ml d'eau distillée sont ajoutées.
- Enfin, quelques gouttes d'empois d'amidon à 1% sont ajoutées la solution titrée, et l'iode en excès est dosé par une solution de thiosulfate de sodium 0.05mol/l jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Un titrage à blanc est réalisé dans des conditions identiques.

Les analyses ont donné les résultats suivants :

Tableau 01 : Volumes équivalents des titrages pour la mesure de l'indice d'iode.

Echantillon		Blanc	
Essai	Ve (ml)	Essai	Vb (ml)
1	3.3	1	13
2	2.8	2	13.2
3	2.6	3	13.1

L'indice d'iode est calculé par la relation suivante :

$$Ii = \frac{12.69 \times (V' - V) \times C}{2am}$$

Avec :

- 126.9 : masse molaire de I

- V : volume de la solution de de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pour l'échantillon.
- V' : volume de la solution de de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pour le blanc.
- C : la concentration de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- m : la masse de l'échantillon (0.2g).

- **Indice de saponification :**

L'indice de saponification d'un lipide correspond à la quantité en milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres et saponifier les acides gras estérifiés présents dans un gramme de matière grasse.

Mode opératoire :

- 2g d'huile est introduite dans un erlenmeyer, puis 25ml de KOH dans l'éthanol à 0.5mol/l est ajoutée
- Le mélange à ébullition dans un montage à reflux pendant 1h.
- L'excès de KOH est dosé par une solution de HCl 0.5mol/l après avoir ajouté quelques gouttes de phénolphtaléine dans la solution titrée jusqu'à la disparition de la couleur rose.
- Un titrage à blanc est réalisé dans des conditions exactes.

L'indice de saponification est calculé par la relation suivante :

$$I_S = \frac{56.1 \times C(V - V')}{m}$$

Avec :

- 56.11g/mol : masse molaire de KOH.
- V : volume équivalent de la solution de HCl pour l'échantillon.
- V' : volume équivalent de la solution

HCl pour le blanc.

- C : la concentration de la solution HCl (0.5mol/l).
- m : la masse de l'échantillon (2g).

Les analyses ont donné les résultats suivants :

Tableau 02 : Volumes équivalents des titrages pour la mesure de l'indice de saponification.

Echantillon		Blanc	
Essai	Ve (ml)	Essai	Vb (ml)
1	28	1	40
2	27	2	42
3	27	3	41

I-2.2-Tourteau d'amande

Le tourteau est le résidu des amandes d'abricots collectées après en avoir extrait l'huile.

Dans notre cas, le tourteau a été obtenu sous forme de granulés compactés en un fil de 0,8mm de diamètre ; voir figure 26

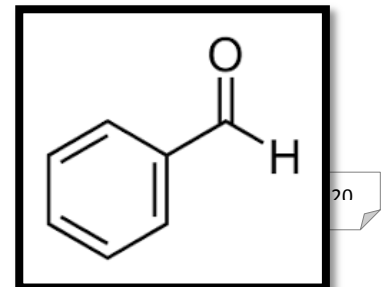


Figure 26 : Tourteau d'amande d'abricot

Le tourteau a été utilisé pour deux applications, l'extraction du benzaldéhyde et des protéines.

- **Extraction du benzaldéhyde**

Le benzaldéhyde est un aldéhyde aromatique caractérisé par l'odeur d'amandes amères, utilisé comme arôme alimentaire.



Le tourteau contient de l'amygdaline, hétérosides cyanogène, qui donne par hydrolyse du glucose, du benzaldéhyde et un dégagement de HCN.

Le principe d'extraction du benzaldéhyde à partir du tourteau est la réaction d'hydrolyse d'amygdaline présente dans ce dernier.

Figure 27 : Structure du benzaldéhyde

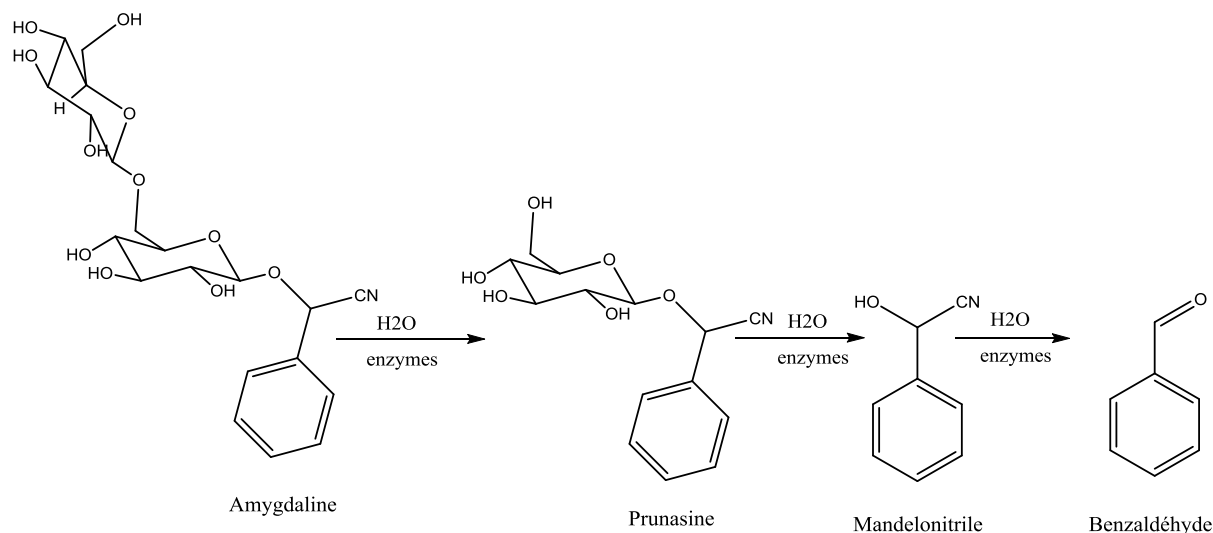


Schéma 04 : Réaction d'hydrolyse d'amygdaline

Mode opératoire :

- 50g de tourteau a été pesée et introduite dans 200ml d'eau, puis laissée sous la haute pendant une semaine.
- Une filtration sous vide et un lavage avec 20ml d'eau ont été réalisés jusqu'à pH neutre.
- Une extraction du filtrat avec l'éther (20ml trois fois), puis avec de l'eau saturée en NaCl ont été réalisées.
- L'éther a été évaporé dans le rotavap et le benzaldéhyde a été récupéré.
- Une chromatographie sur couche mince et une analyse en RMN du proton ont été réalisées.
- **Extraction des protéines**

Toujours dans un souci de valorisation du tourteau, nous avons extrait, à partir du tourteau, les protéines qui représentent environ 30% de la masse totale.

Les protéines extraites, en quantité appréciable, peuvent être valorisées dans plusieurs domaines.

Mode opératoire :

- 50g de tourteaux a été pesée puis mise avec 500ml d'eau distillée (pH=5.09).
- Le pH a été ensuite ajusté à 8 en utilisant une solution de NaOH 0.1N

- La solution est portée à ébullition sous la hotte pendant 1h, puis refroidie et filtrée à l'aide d'une colonne (la filtration sous vide était impossible).
- Le filtrat a été acidifié en utilisant une solution d'acide citrique 1% jusqu'à pH=4.
- Les protéines ont commencé à coaguler puis elles ont été centrifugées pour les précipiter (3500tour par minute pendant 7 minutes).
- Les protéines séchées à l'air libre ont été pesées.

Test d'identification des protéines :

Il existe plusieurs méthodes pour tester la présence des protéines en laboratoire, comme le test du Biuret, test de Xanthoprotéique, teste de millons et le test à la ninhydrin.

Dans ce travail, on a utilisé le teste de xanthoprotéique.

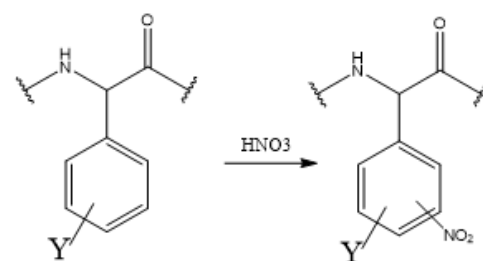


Schéma 05 : Réaction de nitration du cycle aromatique des protéines.

Test de xanthoprotéique

Les protéines traitées à l'acide nitrique donnent un précipité de couleur jaune/orange.

L'acide nitrique concentré est utilisé pour la nitration des cycles aromatiques des Acides aminés présents dans la protéine. Lors du traitement à l'acide, les protéines donnent un précipité jaune qui vire vers l'orange lors du traitement avec un alcali.

Mode opératoire :

- Prendre 2ml de solution basique (NaOH 0.1N) et introduire une petite quantité de protéines pour les solubiliser.
- Après l'ajout de quelques gouttes d'acide nitrique concentré, le tube est chauffé.
- Après quelques minutes, un précipité jaune se forme, indiquant la présence des protéines.

II – Savons

Les savons préparés, lors de ce travail, sont naturels à 100%, sans additifs de produits chimiques (conservateurs) ni de colorants.

Plusieurs formulations dans la préparation des savons ont été réalisées. Elles sont toutes à base d'huile d'amande d'abricot obtenue précédemment à laquelle nous avons ajouté d'autres huiles fixes, ...

II- 1-Formulations

Les huiles choisies pour tester les différentes formulations sont :

- L'huile d'amande d'abricot,
- L'huile d'olive
- L'huile de ricin.

Elles ont été retenues à cause de leur disponibilité et surtout de leurs bienfaits sur la peau.

La fabrication d'un savon naturel sans additifs nécessite uniquement de la soude caustique, une ou plusieurs huiles fixes et l'eau distillée, ...

La quantité de soude est calculée en utilisant la formule suivante :

$$ms = \frac{mh \times Is}{1}$$

Avec :

- ms : la masse en NaOH.
- mh : la masse de l'huile qu'on veut utiliser.
- Is : l'indice de saponification de l'huile.

Mode opératoire :

- Peser la quantité voulu des huiles fixes et les mettre à chauffer au bain marie jusqu'à atteindre une température de 50°C.
- Peser la quantité correspondante de soude et ajouter l'eau distillée (30% par rapport à la quantité d'huiles utilisée).
- Ajouter la solution de soude sur les huiles tièdes et mélanger à l'aide d'un bas mixeur jusqu'à l'apparition de « la trace » (l'empreinte laissée par le mixeur dans le savon).
- Verser les dans des moules à savons et laisser se solidifier pendant 2h jusqu'à 48h.
- Après avoir démouler et tester les caractéristiques des savons ils sont emballés afin de garder toutes leurs propriétés.

Le tableau suivant montre les différentes formulations des savons en huiles fixes.

Tableau 03 : Formulations des échantillons de savons.

Echantillon	Compositions en huiles fixes
(A)	Huile d'abricot 100%
(B)	Huile d'olive 100%
(C)	Huile d'abricot 50% /huile d'olive 50%
(D)	Huile d'abricot 75% /huile d'olive 25%
(E)	Huile d'abricot 50% / huile de ricin 50%
(F)	Huile d'abricot 50% /huile d'olive 25% / huile de ricin 25%

II.2- Caractérisations des savons

Les 6 savons fabriqués ont été testés pour déterminer quelle est la meilleure formulation.

1- Test de pH :

Les savons doivent avoir un pH neutre à légèrement basique (entre 7 et 9).

Mode opératoire :

- Prendre une quantité de 2g de savon et la mettre dans un becher.
- Ajouter 40ml d'eau distillée.
- Agiter et laisser la solution pendant 24h pour s'assurer que tout le savon est soluble.
- Prendre les pH des solutions à l'aide d'un ph mètre (le papier pH n'est pas précis !)

Tableau 04 : pH des échantillons.

Savon	pH
Savon Méga clean	10.62
A	10.94
B	10.8
C	10.75
D	10.75
E	10.19
F	10.17

2- Test de tenue de la mousse :

Les savons les plus efficaces ont une mousse qui dure plus longtemps que d'autres savons.

Mode opératoire :

- Prendre 6 tubes à essai identiques (longueur et diamètre) et mettre 0.25g de savon dans chaque tube.
- Ajouter 5ml d'eau distillée dans chacun des tubes à essai.
- Secouer les 6 tubes en même temps pendant 15 secondes et mesurer la longueur de la mousse formée dans chaque tube.
- Mesurer la longueur après 1,2,3,4,5 et 8 minutes.
- Comparer entre les hauteurs des mousses pour chaque savon.

3- Test d'indice de mousse :

Les savons qui forment plus de mousse ont l'air d'être plus agréable et lavants !

Mode opératoire :

- Dans une série de 10 tubes à essai numérotés de 1 à 10. 1, 2, 3, ... 10ml d'eau distillée est introduite successivement.
- 0.25g de savon dans chacun des tubes sont ajoutés.
- Chaque tube est agité en position verticale pendant 15 secondes.
- La hauteur de la mousse est mesurée pour chaque tube après 15 minutes.

L'indice de mousse I est calculé par la formule suivante :

$$I = \frac{1000}{N}$$

N est le nombre de tube ou la hauteur de la mousse est supérieure ou égale à 1cm.

N est le nombre de tube ou la hauteur de la mousse est supérieure ou égale à 1cm.

II.3- Savons aux huiles essentielles / produits de gommage

Après le teste d'efficacité des savons (pH, tenue de la mousse, indice de mousse, ...), le savon possédant les meilleurs critères (savon préparé à partir d'huile de ... et de ...) a été préparé en y ajoutant des huiles essentielles et d'autre additifs naturels.

Le tableau suivant montre les nouvelles formulations des savons utilisant les Huiles essentielles et les produits de gommage (charbon actif et poudre de noyaux d'abricot) :

Tableau 05 : Additifs aux nouveaux savons.

Savons	Additifs
1	Huile essentielle de lavande
2	Huile essentielle de sauge
3	Huile essentielle de romarin
4	Charbon actif
5	Poudre de coques d'abricots

Le charbon actif ajouté et la poudre de gommage ont été préparé précédemment.

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Noyau d'abricot

I.1- Coque de noyau d'abricot

Le tableau suivant montre la masse totale de chaque partie du noyau

Tableau 06 : Poids de chaque compartiment du noyau.

Masse totale des noyaux	Masse totale des coques	Masse totale des amandes
3274g	2329g	942g

Les amandes représentent approximativement un rendement d'un peu moins de 30% du poids total des noyaux. Ce qui représente un bon ratio pour leur valorisation.

I.1.1-Fabrication du charbon actif

Plusieurs méthodes²⁶ sont décrites pour la fabrication du charbon actif. Nous avons, pour notre part, opté pour une activation du charbon avec un acide.

Le charbon actif a été préparé en utilisant trois acides différents.

- H_2SO_4
- HNO_3
- H_3PO_4

Aspect des coques après imprégnation dans les acides :

- ✓ Les coques imprégnées dans H_2SO_4 sont devenues totalement noires et molles.
- ✓ Les coques imprégnées dans HNO_3 ont changé de couleur vers l'orange.
- ✓ Les coques mises dans H_3PO_4 sont restées intactes.

Après la calcination qui a duré 1 heure dans une température qui atteignait les $600^\circ C$, les trois échantillons avaient le même aspect.

Les rendements des trois échantillons sont montrés dans le tableau suivant

Tableau 07 : Rendements des échantillons du charbon actif.

Aci de utilisé	Masse des écorces avant calcination (g)	Masse des écorces après calcination (g)	Rendement
----------------	---	---	-----------

H₂S	13.55	1.63	12%
O₄			
HN	5.82	0.36	6.18%
O₃			
H₃P	10.21	1.92	18.80
O₄			%

Nous avons pour but de caractériser chaque charbon actif préparé, en mesurant la surface spécifique, en utilisant la BET. Cette partie n'a pas pu être réalisée à cause de la non disponibilité de l'azote liquide pour faire fonctionner la BET.

I.1.2- Utilisation du charbon actif

Le charbon actif préparé a été broyé pour être utilisé dans la filtration de l'huile d'amande d'abricot pressée. Le résultat obtenu a été satisfaisant puisque nous avons recueilli une huile limpide et claire.

I.2- Amandes

I.2.1- Huile d'amande d'abricot

Le pressage à froid de 942g d'amandes, de noyaux d'abricot, a donné, 319,7 g d'huile ; soit un Rendement brut de 34%.

L'huile obtenue, ayant un aspect trouble et de couleur marron claire a nécessité une décantation de quelques jours, suivi d'une filtration sur charbon actif (préparé précédemment). Le rendement obtenu après filtration est de 28%.

Le tableau suivant montre les propriétés organoleptiques de l'huile après filtration

Tableau 08 : Propriétés organoleptiques de l'huile d'amande d'abricot.

Propriétés organoleptiques de l'huile d'amande d'abricot	
Aspect	Visqueux
Odeur	Légère odeur d'amandes
Couleur	Jaunâtre



Figure 28 : Huile d'amande d'abricot brute.

Figure 29 : Huile d'amande d'abricot filtrée.

La caractérisation détaillée (quantification des différents indices) a déjà fait l'objet d'un travail précédent, au cours du Master de Melle K. ZIANI ²⁷. Les profils des acides gras de l'huile obtenue, ont été révélés grâce à des techniques, tels que l'HPTLC et la CPG.

Chromatographie en phase gazeuse

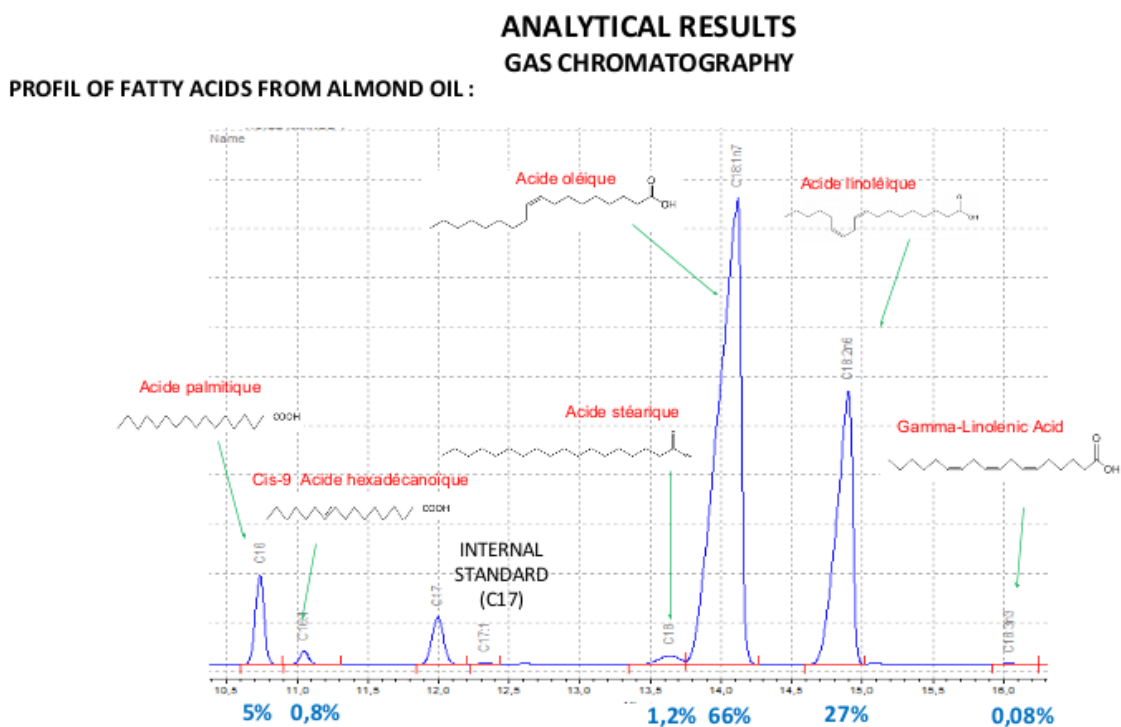


Figure 30 : Chromatographie en phase gazeuse d'HAA

Analyse HPTLC

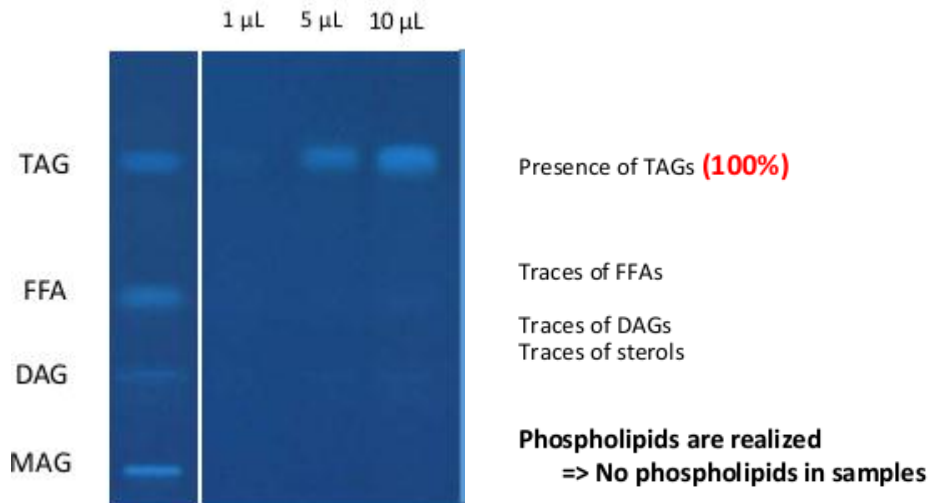


Figure 31 : Analyse HPTLC de l'HAA

Tableau 09 : Comparaison entre les profils des acides gras de l'HAA avec d'autres huiles.

Huile	Acides gras saturés		Acides gras insaturés			Réf bibliographiques
	C16 :0	C18 :0	C13 :3n3 (ω3)	C18 :2n6 (ω6)	C18 :1n7 (ω9)	
HAA	5%	1.2%	0.08%	25%	65%	/
HAA (litt)	4.5%	2%	/	17.5%	75%	28
HAr	/	20%	35%	47%	45%	29
HO	/	16%	/	8%	75%	30
HP	85%	/	/	2%	13%	31

Mesure des indices d'huile d'amande d'abricot :

- **Indice d'iode**

L'indice d'iode a une relation directe avec la structure chimique de l'huile. Plus ce dernier est élevé, plus le nombre d'insaturation des acides gras est élevé.

L'indice d'iode que nous trouvons en appliquant la formule est :

$$II = \frac{12.69 \times C(V_b - V_e)}{m}$$

Avec :

- 126.9 : masse molaire de I
- V : volume de la solution de de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pour l'échantillon.

- V' : volume de la solution de de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pour le blanc.
- C : la concentration de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- m : la masse de l'échantillon (0.2g).

$$I_i = 97.07$$

A titre comparatif, nous donnons un tableau des Indices d'Iode de la bibliographie, aussi bien de l'huile d'amande d'abricot que d'autres huiles.

Tableau 10 : Indices d'iode des différentes huiles.

Huiles végétales	Indice d'iode ($\text{g l}^2/100\text{g}$)	Réf
Abricot (notre travail)	97	/
Abricot (selon le travail de Ziani)	92-98	27
Olive	75-94	13
Ricin	82-90	14

La valeur trouvée est dans l'intervalle donné par le logiciel de modélisation mendruladia et qui est de 90 à 115. Elle rejoint aussi les valeurs des indices donnés précédemment par Melle ZIANI ²⁷

Nous pouvons conclure que les amandes, tant qu'elles sont préservées dans leurs coques, même pendant plusieurs années (6-7 années), ne se détériorent pas.

Par contre, un indice d'iode aussi élevé, peut provoquer un rancissement de l'huile au cours du temps.

• **Indice de saponification**

Cet indice diminue à mesure que la longueur des chaînes hydrocarbonées des acides gras augmente.

Une huile avec un indice de saponification élevé, sera parfaitement adaptée pour la savonnerie.³²

L'indice de saponification est calculé par la formule :

$$I_s = \frac{56.1 \times C(V_b - V_e)}{m}$$

Avec :

- 56.11g/mol : masse molaire de KOH.
- V : volume équivalent de la solution de HCl pour l'échantillon.
- V' : volume équivalent de la solution HCl pour le blanc.
- C : la concentration de la solution HCl (0.5mol/l).

m : la masse de l'échantillon (2g).

Is= 191,72

En comparant l'indice trouvé aux travaux antérieurs et aux autres huiles ; nous donnons le tableau suivant :

Tableau 11 : Indices de saponification des différentes huiles.

Huiles végétales	Indice de saponification (mes KOH/g)
Olive	185-200
Ricin	177-187
Abricot	186-202

En comparant cette valeur avec :

- La valeur donnée par la modélisation théorique qui varie entre 184-192.
- L'indice de saponification mesuré par Melle Ziani qui est compris entre 186-202

L'indice de saponification trouvé est en accord avec les deux intervalles.

I.2.2 -Tourteau d'amande d'abricot :

Les amandes pressées ont donné 554g de tourteau sous forme d'un produit de 0.6 cm de diamètre.

Le tourteau, considéré comme un déchet dans la production d'huile d'amande d'abricot peut être valorisé de plusieurs manières :

- Extraction de l'amygdaline (contient jusqu'à 4,5%)⁷



Figure 32 : Tourteau d'amande d'abricot

- Extraction de benzaldéhyde (xx %)
- Extraction de protéines (approximativement 25%)⁸

- **Extraction du benzaldéhyde**

L'un des objectifs de notre travail, été d'extraire du benzaldéhyde à partir du tourteau d'amande d'abricot. Le benzaldéhyde extrait aurait eu une qualité alimentaire.

A partir de 50g de tourteau d'amande d'abricot, 3.32g d'un liquide contenant du benzaldéhyde a été obtenue ce qui a donné un rendement brut de :

Nous avons caractérisé le benzaldéhyde obtenu par CCM en le comparant au benzaldéhyde commercial (Sigma Aldrich).

R= 6.64%

commercial

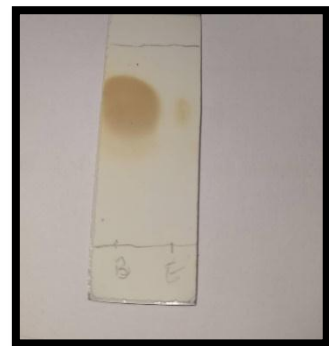
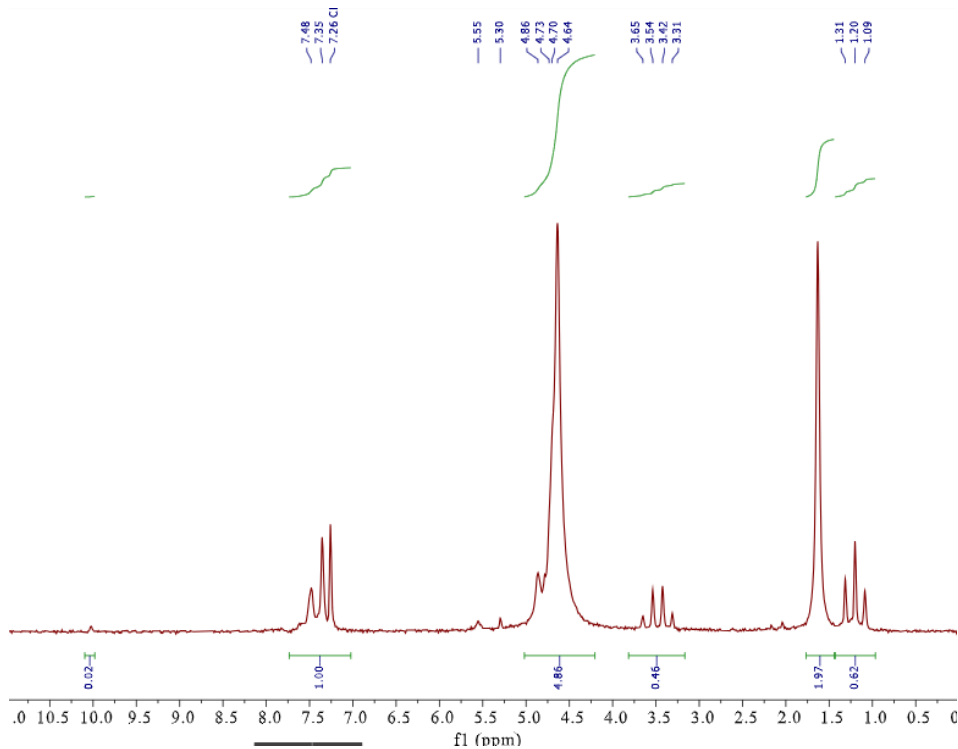


Figure 33 : CCM du benzaldéhyde extrait.

Une analyse en RMN du proton a aussi été effectuée en donnant le spectre suivant :



En analysant ce spectre, on remarque :

- La présence d'un proton aldéhyde à 10 ppm (avec une intégration de 0.02, 1H).
- La présence de 5H aromatiques aux alentours de 7.5 ppm.
- Le benzaldéhyde est présent mais en petite quantité.
- On retrouve d'autres protons dans le spectre qui peuvent appartenir aux protéines, huile d'amande d'abricot, ...

• **Extraction des protéines**

L'une des alternatives pour valoriser le tourteau, c'est l'extraction des protéines, qui représentent d'après une étude menée par PC. Scharma (2010) de 23.6 à 26% du poids total du tourteau.

Dans notre cas, nous avons tout d'abord détoxifié le tourteau en hydrolysant l'amygdaline pour éliminer l'acide cyanhydrique (HCN). L'hydrolyse a été effectuée, à température ambiante (réf), en mettant le tourteau dans l'eau pendant plusieurs jours à l'air libre.

Nous avons eu des difficultés à filtrer le tourteau (sur fritté et sur papier filtre) car une infime partie des protéines colmataient les pores du papier filtre. Après filtration sur coton et

en ajustant les pH, nous avons obtenu, à partir de 50g de tourteau, 9.24g de protéines soit un rendement de 18,5 %.

Les rendements en protéines peuvent être optimisés, car nous avons perdu une partie dans la filtration.

• **Mise en évidence des protéines :**

Plusieurs tests peuvent être mis en œuvre pour caractériser la présence de protéines : Réaction du biuret, réaction avec la ninhydrine, test xanthoprotéique, ...etc.

Dans notre cas, la présence des protéines a été confirmée par le test Xanthoprotéique. Il y a formation d'un précipité jaune, lors de l'addition d'acide nitrique.

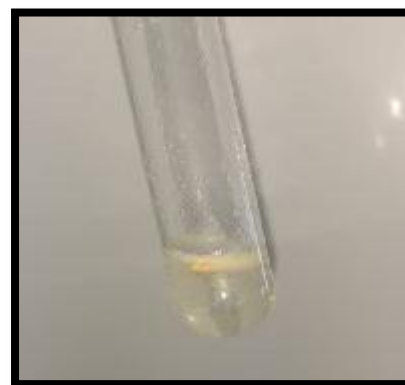


Figure 34 : Test xanthoprotéique.

II- Savons

L'huile extraite des amandes d'abricot a été utilisée dans la fabrication des savons naturels en ajoutant d'autres huiles fixes pour améliorer leur qualité.

Les huiles utilisées sont :

- L'huile d'abricot
- L'huile d'olive
- L'huile de ricin

Echantillon	Compositions en huiles fixes
(A)	Huile d'abricot 100%
(B)	Huile d'olive 100%
(C)	Huile d'abricot 50% /huile d'olive 50%
(D)	Huile d'abricot 75% /huile d'olive 25%
(E)	Huile d'abricot 50% / huile de ricin 50%
(F)	Huile d'abricot 50% /huile d'olive 25% / huile de ricin 25%

Différentes formulations ont été testées pour obtenir la meilleure qualité du savon.

II.1- Caractéristiques des savons :

1- Test de pH

Les savons, étant en contact avec la peau et certaines muqueuses, doivent avoir des pH neutres.

La réaction de saponification à froid, se faisant en milieu fortement basique (soude ou potasse), il est difficile de fabriquer un savon naturel avec un pH neutre. Généralement, on ajoute des acides faibles pour neutraliser la basicité des savons et les rendre moins irritants. Cela est considéré, comme ajout d'additifs chimiques et les savons ne sont pas forcément 100% naturels. Le tableau suivant résume les pH des 6 savons fabriqués

Tableau 04 : pH des échantillons de savons.

Savon	pH
Savon référence « Méga clean »	10.62
A	10.94
B	10.8
C	10.75
D	10.75
E	10.19
F	10.17

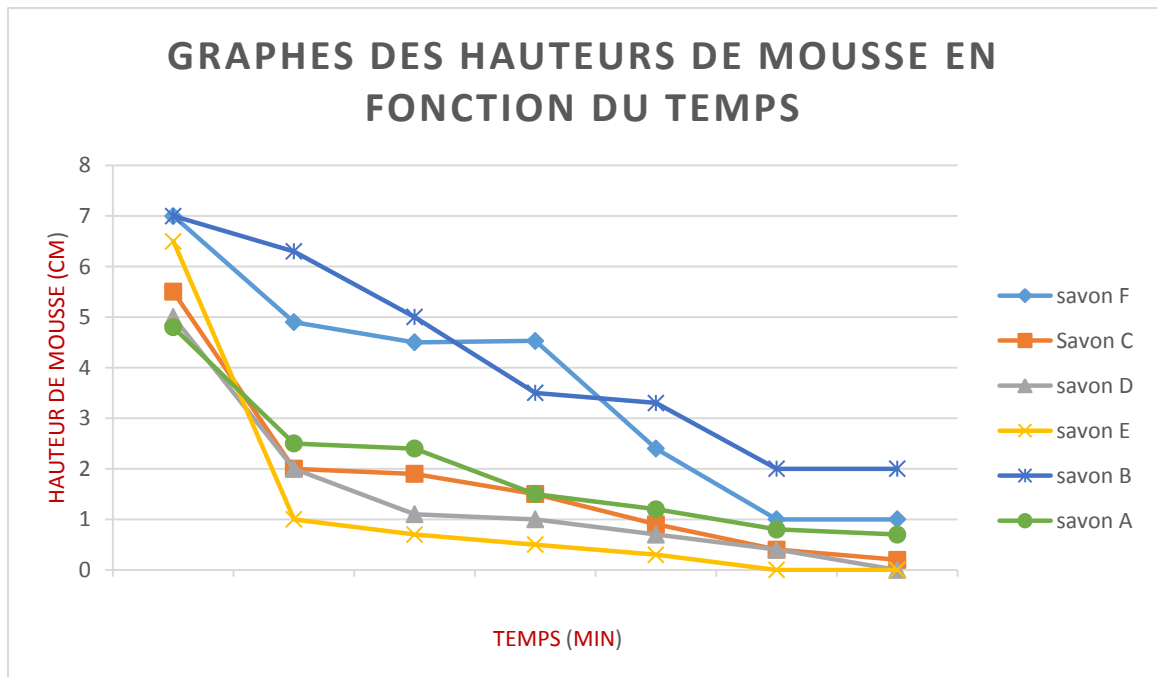
A partir des valeurs de pH rapportées dans le tableau 04, on remarque que les savons préparés ont des pH modérés légèrement basique. Ce qui est tout à fait normale, puisque nous avons réalisé la réaction de saponification à froid et nous n'avons ajouté aucun additif acide.

Les savons doux, vendu dans le commerce, à pH neutre, sont souvent le résultat de formulations complexes et de processus de fabrication qui ne se limitent pas à la simple saponification à froid et **ne sont donc pas naturels à 100%**.

2- Test de tenue de la mousse :

La tenue de la mousse est un des paramètres qui caractérise la qualité d'un savon. Ce test permet de mesurer la durée de la mousse en fonction du temps. Le savon dont la mousse dure plus longtemps (ne disparaît pas rapidement) est le plus agréable à utiliser.

Nous avons effectué ce test pour les différents savons préparés. Les graphes suivants résument les résultats pour chaque savon :



Nous constatons, à travers ce test, que les différentes formulations essayées, donnent résultats différents. Les savons B et F donnent des tenues de mousse appréciables.

3- Test d'indice de mousse

La quantité de mousse formée est aussi un critère d'efficacité du savon.

L'acide ricinoléique, constitue environ 90% de l'huile de ricin. Cet acide permet la production d'une mousse crémeuse et stable.

L'huile d'olive et l'huile d'abricot, avec leurs teneurs majoritaires en acide oléique et acide linoléique, sont de bonnes huiles pour la préparation de savons hydratant et adoucissant. Ces 2 huiles sont connues, pour donner des savons moins moussants.

Les différentes formulations ont été testées pour leurs pouvoirs moussant et les résultats sont réunis dans le tableau suivant :

Les indices ont été calculés par la formule :

$$I = \frac{1000}{N}$$

Avec : N est le nombre de tube ou la hauteur de la mousse est supérieure ou égale à 1cm.

Tableau 12 : Indices de mousse des échantillons.

Savon	Indice de mousse
A	125
B	142.85
C	333.333
D	200
E	333.33
F	333.33

La comparaison, des résultats des trois tests sur les 6 échantillons (formulations), désigne que les meilleurs savons sont :

- Savon à base de 100% d'huile d'olive
- **Savon à base de 50% d'huile d'abricot, 25% huile d'olive et 25% d'huile de ricin**

Cette dernière formulation regroupe aussi bien l'effet moussant de l'huile de ricin que les effets hydratant et adoucissant de l'huile d'amande d'abricot et de l'huile d'olive. Ainsi, l'huile d'amande d'abricot peut être largement valorisée dans l'industrie du savon. Nous avons retenu **la formulation F** pour y incorporer des huiles essentielles et des produits de gommages, dans la suite du travail.

II.2- Savons aux huiles essentielles et produits de gommage :

A partir de **la formulation F**, nous avons incorporé dans la préparation du savon des huiles essentielles (odeur et effet biologique) et des produits de gommages (effet abrasif doux).

II.2.1- Savons aux huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent apporter aux savons plusieurs bienfaits :

- Odeur agréable
- Effet Thérapeutique
- Propriétés apaisantes

Les huiles essentielles, que nous avons retenu dans notre étude sont :

- Huile essentielle de **Lavande**
- Huile essentielle de **Sauge**
- Huile essentielle de **Romarin**

Ce choix est conditionné par différents paramètres :

- **Disponibilité des HE** : Le « sourcing » de la matière végétale est locale et en quantité suffisante.
- **Effet Thérapeutique** : Ces HE ont des propriétés anti-inflammatoire, antiseptique, antibactérienne anti oxydante, cicatrisante, ... etc très intéressantes.
- **Effet Cosmétique** : ces HE sont aussi hydratantes, anti-transpirante, apaisante, ...etc.

Le tableau suivant résume la quantité d'huile essentielle ajoutée (l'équivalent de 0.5ml) ainsi que quelques bienfaits de chacune.

Tableau 13 : Quantités et bienfaits des huiles essentielles ajoutées.

Huile essentielle	Quantité ajoutée (g)	Bienfaits pour la peau
Lavande	0.53	<ul style="list-style-type: none"> • Anti inflammatoire (réduit l'inflammation et les rougeurs) • Antiseptique et antibactérienne • Hydratante et apaisante
Sauge	0.45	<ul style="list-style-type: none"> • Régulation de la production du sébum <ul style="list-style-type: none"> • Antitranspirante • Cicatrisante
Romarin	0.47	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-inflammatoire • Propriétés antioxydantes • Propriétés cicatrisantes

Les 3 savons préparés, à partir de ces HE ont des odeurs très agréables. Nous n'avons pas eu le temps de les tester biologiquement.

Le choix de ces 3 huiles essentielles est non seulement du aux différents bienfaits pour la peau mais aussi pour leur disponibilité.

II-2.2- Savons aux produits de gommage :

Actuellement, en cosmétique, les produits nettoyants (produits de gommages) de la peau (particulièrement le visage), sont de plus en plus demandés. Les additifs qui sont ajoutés pour produire cet effet peuvent être :

- Le charbon actif (finement broyé)
- Le marc de café
- Les poudres naturelles finement broyées

Dans notre cas, toujours dans un souci de valorisation du noyau d'abricot, nous avons exploité la poudre de coque de faible granulométrie et le charbon actif, que nous avons obtenu, pour préparer des savons.

Tableau 14 : Quantités des produits de gommage ajoutés.

Produit de gommage ajouté	Quantité /1 savon
Charbon actif	2g
Poudre de coque de noyau d'abricot	2g

Ces additifs, utilisé comme des exfoliants, nous ont permis d'obtenir des savons avec des propriétés cosmétique intéressantes tels que :

- Purification et détoxification : ils absorbent les impuretés, toxines et bactéries en surface de la peau.
- Réduction des points noirs : il désincruste les pores et élimine les impuretés.
- Contrôle l'excès du sébum : il absorbe l'excès du sébum dont la diminution de la brillance de la peau
- Exfoliant doux : le charbon actif peut faire un gommage physique et élimine la peau morte sur la surface du visage et améliore sa texture.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des savons fabriqués.

Savon	Additif
F1	HE de lavande
F2	HE de sauge
F3	HE de romarin
F4	Poudre de charbon actif
F5	Poudre de coque de noyaux d'abricot

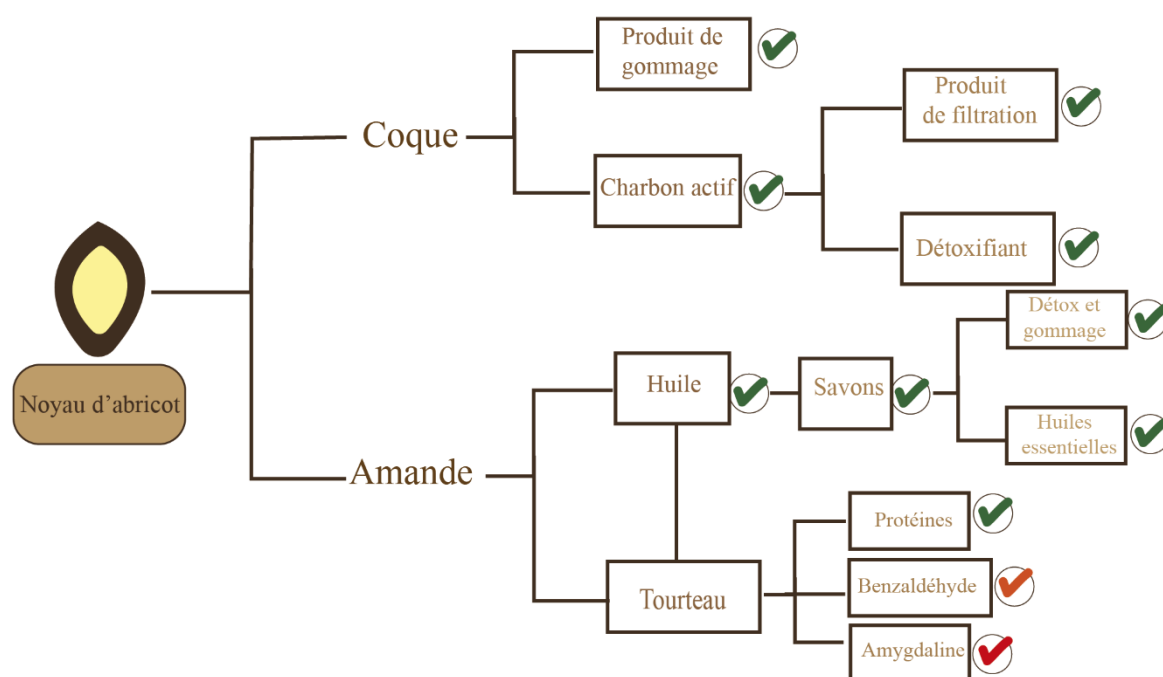
Des études, en collaboration avec les dermatologues, peuvent être menées pour améliorer les formulations des différents savons.

Conclusion :

Les déchets générés par l'industrie des produits alimentaires sont nombreux et variés, ils reflètent la diversité des matières premières utilisées et des procédés de transformation employés. Parmi ces déchets, ceux issus **de la transformation des fruits** représentent un exemple particulièrement concret et significatif.

Lors de la transformation des fruits en divers produits tels que les jus, les confitures, ... une quantité considérable de déchets est produite. Ces sous-produits incluent les pelures et **les noyaux**, les résidus de pulpe et les jus résiduels. Ces déchets, bien que souvent négligés, peuvent représenter une opportunité précieuse pour le développement de nouvelles filières de valorisation, notamment par le biais du recyclage.

À l'issue de ce travail, il est important de revenir sur les principaux résultats obtenus et les réflexions suscitées par cette étude. L'objectif initial de ce mémoire était de **valoriser un déchet d'industrie** ou on a choisi **les noyaux d'abricots** comme résidu cible, et au fil de notre recherche, nous avons réussi à produire pas mal de produits qui peuvent être **commercialisés** et qui remporteront un très bon bénéfice. Soit dans le domaine **économique**



ou **écologique**.

Dans un premier lieu, on a pu valoriser les coques de noyaux d'abricots en :

- Fabriquant d'une part du **charbon actif** qu'on a utilisé pour filtrer les huiles ainsi que dans la fabrication des savons naturels pour purifier et détoxifier la peau.
- D'autre part on a utilisé **la poudre de ces noyaux finement broyés** pour fabriquer des savons de gommage.

Ensuite, on a récupéré un rendement près de **30% d'huile de noyaux d'abricots** brute à travers une première pression à froid ; cette huile peut être utilisée :

- Telle qu'elle sur la peau pour l'hydrater et l'adoucir.
- En l'introduisant majoritairement dans la fabrication des savons naturels avec d'autres huiles fixes (**huile d'olive et de ricin**) ainsi que les huiles essentielles (**HE de lavande, romarin et sauge**).

D'autre part, le tourteau récupéré après la pression des amandes a servi pour :

- Une extraction du **benzaldéhyde** ; arôme alimentaire naturel.
- Une extraction de **protéines** avec un rendement de **18.5%** (cette valeur peut être facilement optimisée).
- Malheureusement nous n'avons pas pu extraire **l'amygdaline** par mesure de sécurité (dégagement de HCN).

Cette conclusion vise à synthétiser les points clés abordés, à évaluer l'impact de nos résultats et à proposer des pistes de recherche futures pour approfondir encore davantage ce sujet.

Références

1. Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables. (2016). SNGID 2035.
2. Lakhdar, A. (2023). La Nouvelle Étude de l'AND. Journal La Nouvelle République.
3. Sekhane, Z. (2017). La Gestion des Déchets des Industries Alimentaires et Production de Bioénergie. ENP.
4. Orfila, C., Islamiyat, F., & Morgan, M. R. A. (2014). Determination of amygdalin in apple seeds, fresh apples and processed apple juices. Food Chemistry.
5. (2019). Market Screening Huile de Pépins de Figues de Barbarie. Tunisie.
6. Rouissi, C. (2017). Valorisation des coproduits d'abricot (*Prunus armeniaca* L.) de la wilaya de Batna.
7. Lv, W. F., & Ding, M. Y. (2005). Isolation and quantitation of amygdalin in apricot-kernel and *Prunus Tomentosa* Thunb. Journal of Chromatographic Science, 43, August.
8. Song, L., Garcia Martin, J. F., & Zhang, Q.-A. (2024). Encapsulation of benzaldehyde produced by the eco-friendly degradation of amygdalin in the apricot kernel. Foods.
9. Arbouch, R. (2012). Incorporation du tourteau d'amandes d'abricots en substitution du tourteau de soja dans l'alimentation des animaux domestiques. Batna.
10. Ghita, C. (2020). Fabrication du savon et analyse des acides gras libres par chromatographie en phase gazeuse couplée à spectrométrie de masse. Fes.
11. Haudrechy, A. Chevreul et la chimie de corps gras. Encyclopaedia Universalis.
12. Alpaslan, M. (2006). Apricot kernel: Physical and chemical properties.
13. Flow Academy. (2018). Bienfaits de l'huile d'olive pour un savon saponifié à froid ?
14. Dumeignil, F. Propriétés et utilisation de l'huile de ricin. Université Lille, France.
15. Hounhouigan, J. D., et al. (1998). Relance de la production d'huile de coco par la technique de séchage-friture.
16. Gelot, P., et al. (2012). Éruption bulleuse à l'huile de nigelle. Annales de Dermatologie et de Vénérologie, 139(4). Elsevier Masson.
17. Étienne, S., Simonet, D., & Derbesy. (2000). New and unexpected cosmetic properties of perfumes. Effects upon free radicals and enzymes induced by essential oils, absolutes and fragrant compounds. International Journal of Cosmetic Science, 22(5), 317-328.
18. Billerbeck, V.-G. (2007). Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. Phytothérapie, 5(5), 249-253.
19. Couic-Marinier, F., Harnist, F., & Lobstein, A. (2014). En savoir plus sur l'huile essentielle de Lavande officinale. Actualités Pharmaceutiques, 53(535), 37-40.
20. Belkamel, A. B. D. E. L. J. A. L. I. (1988). A propos de l'huile essentielle de *salvia officinalis* L. du Maroc, particularités et caractéristiques. Biruniya, 4.

21. Boutabia, L., et al. (2016). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85, 174-189.
22. Beylot, G. (2010). Gommages pour visage. *Actualités Pharmaceutiques*, 49(493), 53-55.
23. Gharou, A., & Nail, M. (2019). Adsorption de polluant organique « diuron » sur charbon actif obtenu à partir des déchets agro-alimentaires « peau de banane ».
24. Dit Cruissat, S. D. (2018). *Les secrets d'une belle peau : Toutes les solutions naturelles pour faire peau neuve*. Hachette Pratique.
25. Vautrin, D. (2005). *Une peau zéro défaut : Le guide pratique pour conserver une belle peau à tout âge*. Alpen Editions SAM.
26. Benarima, A., & Kouadri, M. (2017). Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de coquilles d'œufs.
27. Ziani, K. (2017). Valorisation d'un déchet de l'industrie agroalimentaire : Extraction de l'huile d'amandes d'abricots. UABT.
28. Zane, K. (2017). Caractérisation et incorporation de deux huiles (huile de noyau d'abricot et de lentisque) dans deux modèles alimentaires (biscuit sec et viennoiserie). Diss. Ecole Nationale Supérieure Agronomique-Khalef Abdellah alias Kasdi Merbah.
29. Kalloufi, F. (2003). Consumption of argan oil with its unique profile of fatty acids.
30. Eliezer, A. (2014). Surface tension prediction of vegetal oils using artificial neural networks.
31. Lecerf, J.-M. (2017). L'huile de palme. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 11(4), 347-352.
32. Abbane, A., & Ouahab, A. (2023). Extraction et l'étude des caractéristiques de l'huile de noyau de datte puis utilisation dans la fabrication d'un savon. Diss. Université Echahid Chikh Larbi Tebessi-Tebessa.

Résumé

Dans cette étude, nous avons cherché à valoriser les déchets d'une industrie alimentaire : les noyaux d'abricot. Ces derniers sont composés d'une coque et d'une amande.

Les coques ont été récupéré pour préparer du charbon actif et des produits exfoliants.

Les amandes ont donné, par pressage, de l'huile et du tourteau.

Cette huile, aux multiples bienfaits pour la peau, a été principalement combinée avec d'autres huiles fixes et quelques huiles essentielles pour la fabrication de divers savons naturels, adaptés à différents types de peau.

Le tourteau a été, à son tour, valorisé dans l'extraction de protéine et de benzaldéhyde.

Cette étude rentre dans une démarche de développement durable et de valorisation de ressources naturelles.

Summary

In this study, we sought to recycle waste from a food industry: apricot kernels. These are made up of a shell and an almond.

The hulls were collected to prepare activated charcoal and exfoliating products.

The almonds were pressed to produce oil and press cake.

This oil, with multiple benefits for the skin, has mainly been combined with other fixed oils and some essential oils for the manufacture of various natural soaps, suitable for different skin types.

The press cake was, in turn, used in the extraction of protein and benzaldehyde.

This study is part of an approach to sustainable development and the valorization of natural resources.

الملخص

سعيًا في هذه الدراسة إلى إعادة تدوير النفايات الناتجة عن الصناعات الغذائية: نواة المشمش. التي تتكون من القشرة واللوز.

تم جمع الهياكل لتحضير الفحم المنشط ومنتجات التقشير.

تم عصر اللوز لإنتاج الزيت والكعك (العصارة).

هذا الزيت ذو الفوائد المتعددة للبشرة، تم دمجه بشكل أساسي مع زيوت أخرى ثابتة وبعض الزيوت العطرية لصناعة أنواع الصابون الطبيعية المتنوعة والمناسبة لمختلف أنواع البشرة.

استخدمت العصارة بدورها في استخلاص البروتين والبنزالدهيد.

هذه الدراسة هي جزء من نهج للتنمية المستدامة وتأمين الموارد الطبيعية.