



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar- EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

### THEME

**Les propriétés et les applications de *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum* : Une analyse phytochimique**

Présenté Par :

M<sup>elle</sup> : DEBBAB MAROUA

M<sup>r</sup> : GHANIA MOHAMED SEDDIK

M<sup>elle</sup> : LARGOT IKRAM

M<sup>me</sup> : TRAD OUFA

Devant le jury composé de :

Présidente Dr BOUKHARI Dalal Université d'El Oued.

Examineur Dr ZEGHIB Khaoula Université d'El Oued.

Promotrice Pr TOUMI Ikram Université d'El Oued.

Année universitaire: 2023/2024

# *Remerciement*

Tout d'abord, nous remercions **ALLAH**, le Tout Puissant de nous avoir donné la santé, la force, la patience et la capacité de mener à bon terme ce travail.

Avec un profond respect que nous remercions, notre encadrante **Professeur TOUMI Ikram**, pour ses compétences scientifiques, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, pour mener à bien ce travail

Nous remercions notre co encadreur **Professeur MAHBOUB Nessma** pour avoir bien voulu assurer la direction de notre travaux dans le cadre de l'élaboration de ce mémoire.

Notre vifs remerciements vont également à **Professeur KHALAF Yahia** qui nous avons énormément aidé pour le bon déroulement de ce travail, pour ses judicieux conseils

Nous adressons nos respectueux remerciements à tous les membres du jury Professeure .... d'avoir accepté de présider ce jury ; Dr ..., Melle ....Monsieur ..... qui nous fait l'honneur de participer à l'évaluation de notre travail.

Nous tenons à remercier les enseignants de l'université **Echahid Hamma Lakhdar** d'El Oued, surtout, **Professeur TLILI Mohamed Laid**, **Professeur LAICH Ammar Touhami**, **Dr GHANIA Ahmed**, **Professeur CHAMSA Ahmed Alkhalifa**, et **Professeur CHOUIKH ATEF** Pour leurs patiences, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à nos travaux.

Nous exprimons aussi notre gratitude pour **Monsieur BOUAL Zakaria**, maître de conférences à la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université KASDI Merbah Ouergla et les membres du laboratoire de **CRAPC** pour leur aide et leur disponibilité afin de réaliser les analyses par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) sans réserve.

Nous saisissons cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude **Monsieur LATRECHE Tayeb** de nous aider et de lui offrir un coup de main à chaque fois que nous le demandons

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

## Dédicace

*Avec toute ma gratitude, je dédie ce travail ainsi que ma joie à celui qui a façonné la femme que je suis devenue, ma raison de vivre, mon pilier qui a toujours été là pour me soutenir et m'encourager : mon roi, mon père **LARBI**.*

*À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui éclaire mon chemin, ma moitié, ma mère **TÉBER**.*

*À mes rayons les plus éclatants, à mes petites fleurs, la source d'amour inconditionnel, à toutes mes sœurs **MERJEM, SAFA, OUISSAL** et ma nièce **ROUCHANE**.*

*À mes frères **ZIAD** et **ALI**, je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement.*

*À ma compagne de route et partenaire des joies et des peines, qui a toujours été à mes côtés dans les moments difficiles et heureux, **MAROUA**.*

*À mes meilleures amies **KAOUTHAR, ASMA, SAMIA**, votre amitié a été ma lumière et ma force tout au long de ce voyage. Ce succès est aussi pour vous.*

*À ma deuxième famille, celle du boulot, **DJELLOUL, YUCEF, ABDELMAJID, HADJER, MASSOUD, ISMAIL**, merci pour votre soutien et votre amour indéfectibles.*

*Sans oublier mes collègues **OUAFA, IKRAM** et **MOHAMMED SEDDIK**, pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension tout au long de ce projet.*

✍ **MAROUA**

## Dédicace

*Après des années d'études remplies de difficultés, de labeur et de fatigue,  
Me voici aujourd'hui, debout sur le seuil de ma remise de diplôme. Louange à  
Dieu, une louange abondante et pure.*

*Je dédie ce succès à celui qui a embelli mon nom avec les plus beaux titres, ma  
fierté et mon honneur, mon père, **Ghania Abbas.***

*À celle qui a fait du paradis un lieu sous ses pieds et qui m'a facilité les  
épreuves par ses prières, À ma mère au grand cœur, ma chère mère, **Naroura  
Zahra.***

*À mes jours les plus précieux et les meilleurs, à mes frères **Abdallah, Hamza,  
Omar, Ali,** et mes sœurs **Wafaa, Itham, Iman.** Que Dieu guide leurs pas.*

*À tous ceux qui ont été un soutien et un appui sur ce chemin, à mes camarades  
de classe et de travail, à mes amis et compagnons de route, **Marcoua, ouafa,  
Ikram...** Je vous dédie cette réalisation et le Thématrice de mon succès que j'ai  
toujours souhaité.*

*Aujourd'hui, j'ai accompli le premier de ses fruits, en espérant de Dieu le  
Très-Haut qu'Il me profite de ce qu'Il m'a appris et qu'Il m'enseigne ce que  
j'ignore et que cela soit une preuve en ma faveur et non contre moi.*

✍ MOHAMED SEDDIK

## *Dédicace*

*Avec un cœur tendre et un sentiment pur, rempli d'amour, de sincérité et d'espoir, je m'adresse à celui que le Seigneur a couronné de majesté et de respect, qui m'a inspiré patience et persévérance, et dont je porte le nom avec honneur et fierté : à mon cher père, que Dieu prolonge sa vie.*

*À celle qui a enduré les difficultés pour que nous puissions jouir du confort, qui nous a enseigné le véritable sens de la vie et a illuminé notre chemin après l'obscurité : ma chère mère, que Dieu te guérisse et prolonge ta vie.*

*À l'odeur des fleurs et à la couronne de roses qui partage ma joie et ma tristesse : ma chère et unique sœur **Maroua**, que Dieu prolonge ta vie.*

*À vous, prunelles de mes yeux, bénédictions de Dieu : **Anas** et **Arif**.*

*À mon grand-père et ma grand-mère, à mes oncles et tantes paternels et maternels, et aux plus belles personnes de ma vie.*

*À l'amie des jours heureux et des jours difficiles, qui m'a soutenu dans toutes mes circonstances, bonnes et mauvaises, que Dieu te protège ma chère **Chaïma**.*

*À mes chères amies, **Ouafa** et **Maroua**, **MOHAMED SEDDIK**, qui ont contribué et se sont dévouées corps et âme pour ce modeste travail de recherche.*

*✍ Ikrām*

## Dédicace

*Je dédie cet événement marquant de ma vie ...*

*A la mémoire de mon père Khelifa*

*mon exemple, le reflet de la bonté et de la générosité,  
j'aurais tellement aimé qu'il soit là, j'espère qu'il est fier de moi.*

*A ma douce maman Djemaa , ma lumière, ma source d'inspiration,  
Sans toi, ton soutien et tes prières indéfinies je ne serai jamais arrivé  
là, que dieu te garde pour moi*

*A Mon Fils MAHMOUD*

*Aucune dédicace, ne peut valoir pour exprimer toute ma tendresse et  
mon affection vis-à-vis de LUI, mon fils car le fait de savoir qu'il est là  
me donne davantage le courage et la volonté de mener à bien mes  
travaux.*

*A mes yeux , mon frère MOHAMED et ma sœur HAKIMA*

*A ma meilleure amie ,et ma cousine HAFSA*

*A mes princes Mohamed ET Mouad*

*A mes princesses Hamida, Tasnim, Riham et Yasmine*

*A une personne spéciale qui m'a beaucoup aidé SAADALLAH  
SOUMLA*

*Aux mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur  
SARA , MERIEM , SAIDA , RABIA , MAROUA, IKRAM , et  
SEDDIK*

*A tous mes maîtres de l'enseignement primaire à  
l'enseignement supérieur.*

*A tous ceux qui me sont très chers  
et que j'ai omis de citer*

*Wafa*

# Résumé

## Résumé

L'objectif de ce travail été d'évaluer l'activité biologique et une analyse phytochimique de *Corchorus olitorius* (Tiliaceae) et de *Linum usitatissimum* (Linaceae) afin de les utilisés dans la préparation d'un produit innovant dans le domaine cosmétique (un masque lissant pour les cheveux). Ces plantes sont très répandues dans l'alimentation et la médecine traditionnelle. L'extraction a été faite par différentes méthodes à savoir extraits méthanolique obtenus par macération et ultrasons. L'analyse qualitative a été faite par les tests phytochimique, l'activité antioxydante a été faite par la méthode de FRAP et l'analyse des composés phénoliques par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC). L'analyse physicochimique du masque formulé ainsi a été réalisé afin d'évaluer la consistance physique du masque. Les résultats obtenus ont montré que les rendements d'extraction varient selon la méthode utilisée : pour *Corchorus olitorius*, le rendement est de 31,10 % par macération et de 20,4 % par ultrasons, tandis que pour *Linum usitatissimum*, il est respectivement de 9,20 % et 3,4 %. Pour les extraits mixtes, les rendements sont de 16,20 % par macération et de 11,2 % par ultrasons. Les tests phytochimiques montrent que les polyphénols sont très présentes dans les deux plantes. Les flavonoïdes sont présentes, quelle que soit la méthode d'extraction. Les tanins sont présents dans *Corchorus olitorius* seulement. Les saponines sont détectées en faible mesure dans *Corchorus olitorius* et en grande quantité dans *Linum usitatissimum*. Quantitativement, les contenus en polyphénols varient légèrement pour *Corchorus olitorius* ( $0.086 \pm 1.163$  mg EAG/gE pour l'extraction classique et  $0.096 \pm 0.0204$  mg EAG/gE pour l'ultrasons) et pour les extraits mixtes ( $0.0928 \pm 0.024$  mg EAG/gE pour l'extraction classique et  $0.077 \pm 0.0190$  mg EAG/gE pour l'ultrasons). Les variations sont plus importantes pour *Linum usitatissimum* ( $0.053 \pm 0.017$  mg EAG/gE pour l'extraction classique et  $0.027 \pm 0.009$  mg EAG/gE pour l'ultrasons). Les flavonoïdes montrent également des variations : *Corchorus olitorius* ( $0.0403 \pm 0.008$  mg EAQ/gE pour l'extraction classique et  $0.019 \pm 0.003$  mg EAQ/gE pour l'ultrasons), *Linum usitatissimum* ( $0.0217 \pm 0.003$  mg EAQ/gE pour l'extraction classique et  $0.0188 \pm 0.003$  mg EAQ/gE pour l'ultrasons), et les extraits mixtes ( $0.0316 \pm 0.009$  mg EAQ/gE pour l'extraction classique et  $0.059 \pm 0.003$  mg EAQ/gE pour l'ultrasons). Les tests antioxydants révèlent que l'extrait de *Corchorus olitorius* obtenu par ultrasons présente l'effet antioxydant le plus significatif ( $0.842 \pm 0.167$  mg/g), suivi par l'extrait obtenu par méthode classique ( $0.327 \pm 0.175$  mg/g). Pour *Linum usitatissimum*, l'extrait par ultrasons a également l'effet antioxydant le plus élevé ( $1.185 \pm 0.154$  mg/g) comparé à l'extrait classique ( $0.225 \pm 0.1$  mg/g). Les extraits mixtes montrent des valeurs antioxydantes proches pour les deux méthodes, avec  $0.782 \pm 0.166$

## Résumé

---

mg/g pour l'extraction classique et  $0.747 \pm 0.164$  mg/g pour l'ultrasons. L'analyse par HPLC a révélé plusieurs molécules importantes dans les deux extraits. Elles contiennent de l'acide ascorbique (31.377%) , pyrocatechol (31.737 %) et en acide caféique(68.461%) avec une concentration élevée.L'acide chlorogénique est présent en plus grande quantité dans le *Corchorus* .. Exclusivement dans le *Corchorus*, le pyrogallol, l'esculine, la catéchine la vanilline, et l'acide salicylique ont été détectés. L'acide cinnamique est présent uniquement dans le lin. Le masque capillaire préparé a une forte acidité de 341.36 Meq/Kg et un pH de 6.14. Son indice de peroxyde est inférieur à 5 meq/kg, et il a une humidité de 12.34%. Les pourcentages des avis positifs sur le masque sont de 63%, tandis que celle des avis négatifs est de 37%.

**Mots clé :** *Corchorus olitorius*, *Linum usitatissimum*, activité antioxydante, masque lissant.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the biological activity and conduct a phytochemical analysis of *Corchorus olitorius* (Tiliaceae) and *Linum usitatissimum* (Linaceae) to develop an innovative hair smoothing mask for cosmetic use. These plants are widely used in food and traditional medicine. Extractions were performed using different methods, specifically methanolic extracts obtained through maceration and ultrasonic extraction. Qualitative analysis was conducted using phytochemical tests, antioxidant activity was assessed by the FRAP method, and phenolic compound analysis was performed using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). The physicochemical analysis of the formulated mask was conducted to evaluate its physical consistency. The results showed that extraction yields varied according to the method used: for *Corchorus olitorius*, the yield was 31.10% through maceration and 20.4% through ultrasonic extraction, while for *Linum usitatissimum*, the yields were 9.20% and 3.4%, respectively. For mixed extracts, yields were 16.20% by maceration and 11.2% by ultrasound. Phytochemical tests indicated a high presence of polyphenols in both plants. Flavonoids were detected regardless of the extraction method, tannins were present only in *Corchorus olitorius*, and saponins were found in small amounts in *Corchorus olitorius* and in large quantities in *Linum usitatissimum*. Quantitatively, polyphenol content varied slightly for *Corchorus olitorius* ( $0.086 \pm 1.163$  mg GAE/g for maceration and  $0.096 \pm 0.0204$  mg GAE/g for ultrasound) and mixed extracts ( $0.0928 \pm 0.024$  mg GAE/g for maceration and  $0.077 \pm 0.0190$  mg GAE/g for ultrasound). Variations were more significant for *Linum usitatissimum* ( $0.053 \pm 0.017$  mg GAE/g for maceration and  $0.027 \pm 0.009$  mg GAE/g for ultrasound). Flavonoid content also showed variations: *Corchorus olitorius* ( $0.0403 \pm 0.008$  mg QE/g for maceration and  $0.019 \pm 0.003$  mg QE/g for ultrasound), *Linum usitatissimum* ( $0.0217 \pm 0.003$  mg QE/g for maceration and  $0.0188 \pm 0.003$  mg QE/g for ultrasound), and mixed extracts ( $0.0316 \pm 0.009$  mg QE/g for maceration and  $0.059 \pm 0.003$  mg QE/g for ultrasound). Antioxidant tests revealed that the *Corchorus olitorius* extract obtained by ultrasound exhibited the most significant antioxidant effect ( $0.842 \pm 0.167$  mg/g), followed by the extract obtained by maceration ( $0.327 \pm 0.175$  mg/g). For *Linum usitatissimum*, the ultrasound extract also had the highest antioxidant effect ( $1.185 \pm 0.154$  mg/g) compared to the maceration extract ( $0.225 \pm 0.1$  mg/g). Mixed extracts showed similar antioxidant values for both methods, with  $0.782 \pm 0.166$  mg/g for maceration and  $0.747 \pm 0.164$  mg/g for ultrasound.

HPLC analysis revealed several important molecules in both extracts. They contain high concentrations of ascorbic acid (31.377%), pyrocatechol (31.737%), and caffeic acid

## Résumé

---

(68.461%). Chlorogenic acid was present in greater quantities in Corchorus. Exclusively in Corchorus, pyrogallol, esculin, catechin, vanillin, and salicylic acid were detected. Cinnamic acid was found only in flax. The formulated hair mask had a high acidity of 341.36 Meq/Kg and a pH of 6.14. Its peroxide index was below 5 meq/kg, and it had a moisture content of 12.34%. The percentage of positive reviews for the mask was 63%, while negative reviews accounted for 37%.

**Keywords:** *Corchorus olitorius*, *Linum usitatissimum*, antioxidant activity, hair smoothing mask.

## المخلص:

هدف هذا العمل هو تقييم النشاط البيولوجي وإجراء تحليل فيتوكيميائي لنبات الملوخية ونبات الكتان لاستخدامهما في تطوير قناع مبتكر لتنعيم الشعر للاستخدام في مستحضرات التجميل. تُستخدم هذه النباتات بشكل واسع في الغذاء والطب التقليدي. تمت عملية الاستخلاص باستخدام طرق مختلفة، وتحديدًا استخلاص الميثانول عن طريق النقع والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية. تم إجراء التحليل النوعي باستخدام الاختبارات الفيتوكيميائية، وتم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة الحد من قدرة الحديدك للبلازما، وتم إجراء تحليل المركبات الفينولية باستخدام كروماتوغرافيا السائل عالية الأداء. تم إجراء التحليل الفيزيائي والكيميائي للقناع المصمم لتقييم قوامه الفيزيائي. أظهرت النتائج تباينت مردودات الاستخلاص حسب الطريقة المستخدمة: لنبات الجرجير، كان المردود 31.10% عن طريق النقع و 20.4% عن طريق الموجات فوق الصوتية، بينما لنبات الكتان كانت المردودات 9.20% و 3.4% على التوالي. بالنسبة للمستخلصات المختلطة، كانت المردودات 16.20% بالنقع و 11.2% بالموجات فوق الصوتية. أظهرت الاختبارات الفيتوكيميائية وجود كميات كبيرة من البوليفينولات في كلا النباتين. تم الكشف عن الفلافونويدات بغض النظر عن طريقة الاستخلاص، بينما كانت التانينات موجودة فقط في الجرجير، وتم اكتشاف السابونينات بكميات قليلة في الجرجير وبكميات كبيرة في الكتان. كميًا، تفاوت محتوى البوليفينولات قليلًا لنبات الجرجير ( $1.163 \pm 0.086$  ملغ م ح غ/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.0204 \pm 0.096$  ملغ م ح غ/غ للموجات فوق الصوتية) والمستخلصات المختلطة ( $0.024 \pm 0.0928$  ملغ م ح غ/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.0190 \pm 0.077$  ملغ م ح غ/غ للموجات فوق الصوتية). كانت التباينات أكبر بالنسبة للكتان ( $0.017 \pm 0.053$  ملغ م ح غ/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.009 \pm 0.027$  ملغ م ح غ/غ للموجات فوق الصوتية). أظهرت الفلافونويدات أيضًا تباينات: الجرجير ( $0.0403 \pm 0.008$  ملغ م ك/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.003 \pm 0.019$  ملغ م ك/غ للموجات فوق الصوتية)، الكتان ( $0.0217 \pm 0.003$  ملغ م ك/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.003 \pm 0.0188$  ملغ م ك/غ للموجات فوق الصوتية)، والمستخلصات المختلطة ( $0.009 \pm 0.0316$  ملغ م ك/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.003 \pm 0.059$  ملغ م ك/غ للموجات فوق الصوتية). أظهرت اختبارات النشاط المضاد للأكسدة أن مستخلص الجرجير الذي تم الحصول عليه بالموجات فوق الصوتية أظهر التأثير المضاد للأكسدة الأكثر أهمية ( $0.167 \pm 0.842$  ملغ/غ)، يليه المستخلص الذي تم الحصول عليه بالنقع ( $0.175 \pm 0.327$  ملغ/غ). بالنسبة لنبات الكتان، كان المستخلص بالموجات فوق الصوتية أيضًا له أعلى تأثير مضاد للأكسدة ( $0.154 \pm 1.185$  ملغ/غ) مقارنة بالمستخلص بالنقع ( $0.1 \pm 0.225$  ملغ/غ). أظهرت المستخلصات المختلطة قيمًا مضادة للأكسدة متقاربة للطريقتين، حيث كانت  $0.166 \pm 0.782$  ملغ/غ للاستخلاص بالنقع و  $0.164 \pm 0.747$  ملغ/غ للموجات فوق الصوتية. كشف التحليل باستخدام HPLC عن وجود العديد من الجزيئات المهمة في كلا المستخلصين. تحتوي هذه المستخلصات على تركيزات عالية من حمض الأسكوربيك (31.377%)، بيروكاتيكول (31.737%)، وحمض الكافيك (68.461%). كان حمض الكلوروجينيك موجودًا بكمية أكبر في الجرجير. حصرًا في الجرجير، تم الكشف عن البيروجالول، الإسولين، الكاتيكين، الفانيلين، وحمض الساليسيليك. كان حمض السيناميك موجودًا فقط في الكتان. كان القناع المصمم للشعر ذو حموضة عالية بلغت 341.36 ميكافولت/كجم ودرجة حموضة بلغت 6.14. كان مؤشر البيروكسيد أقل من 5 ميكافولت/كجم، وبلغت نسبة الرطوبة 12.34%. بلغت نسبة التقييمات الإيجابية للقناع 63%، بينما بلغت التقييمات السلبية 37%.

## الكلمات المفتاحية:

الملوخية، بذور الكتان، النشاط المضاد للأكسدة، قناع تنعيم الشعر.

## Liste des Figures

<b>Figure 1.1:</b> répartition géographique du <i>Corchorus olitorius</i> L.....	6
<b>Figure 1.2:</b> Feuilles de corète potagère ( <i>Corchorus olitorius</i> ) .....	7
<b>Figure 1.3:</b> Fleur bleue de <i>Linum usitatissimum</i> .....	11
<b>Figure 1.4 :</b> Planche botanique de <i>Linum usitatissimum</i> (A – vue générale de la plante, 1 implantation des pétales dans le bouton, 2 – sépale, 3 – pétale, 4 – fleur sans sépales ni pétales, 5 – étamines, 6 – coupe longitudinale de 4, 7 – coupe transversale de l’ovaire, 8 – capsule, 9 – capsule ouverte, 10 - graine, 11 – coupe longitudinale de la graine) .....	13
<b>Figure 1.5:</b> Principaux pays producteurs de lin oléagineux dans le monde. ....	15
<b>Tableau 1.6:</b> la classification taxonomique du <i>L. usitatissimum</i> .....	15
<b>Figure 1.6:</b> Diagramme de l’utilisation du lin .....	16
<b>Figure 2.1:</b> Illustration de l'enchaînement de tissus jusqu'à la voûte crânienne .....	22
<b>Figure 2.2 :</b> Schéma détaillé du follicule pilo-sébacé.....	24
<b>Figure 2.3 :</b> Coupe d’une tige pilaire ; longitudinale à gauche et transversale à droite .....	25
<b>Figure 2.4 :</b> Du cheveu à la molécule de kératine .....	26
<b>Figure 2.5 :</b> Le cycle pilaire .....	28
<b>Figure 3.1:</b> <i>Corchorus olitorius</i> .....	31
<b>Figure 3.2:</b> Localisation géographique de la zone d'étude de zeribet eloued (Wilaya biskra) .....	31
<b>Figure 3.3 :</b> <i>Linum usitatissimum</i> .....	32
<b>Figure 3.4 :</b> Localisation géographique de la zone d'étude d'eloued (Wilaya OUED SOUF). ..	32
<b>Figure 3.5:</b> schéma représente Chromatographie liquide à haute performance) .....	39
<b>Figure 3.6:</b> L'échelle de pH.....	41
<b>Figure 3.7 :</b> La réaction acido-basique de l'eau.....	41
<b>Figure 3.8:</b> Etuve .....	43
<b>Figure 3.9:</b> Dessiccateur (verrerie). .....	43
<b>Figure 4.1:</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la détermination des phénols totaux. ....	50
<b>Figure 4.2:</b> Évaluation des polyphénols totaux de chaque extrait par rapport le type d'extraction .....	51
<b>Figure 4.3 :</b> Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes .....	52
<b>Figure 4.4:</b> Évaluation des flavonoïdes de chaque extrait par rapport le type d'extraction ...	54
<b>Figure 4.5:</b> Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le test FRAP .....	54
<b>Figure 4.6:</b> évaluation de l'activité antioxydant évaluée par le test FRAP .....	56

<b>Figure 4.7 :</b> Chromatogramme HPLC d'extrait de <i>Corchorus Olitorius</i> .....	58
<b>Figure 4.8 :</b> Chromatogramme HPLC d'extrait de <i>Corchorus olitorius</i> après la séparation par acétate.....	58
<b>Figure 4.9 :</b> Chromatogramme HPLC d'extrait de <i>Corchorus olitorius</i> après la séparation par butanol.....	59
<b>Figure 4.10 :</b> Chromatogramme HPLC d'extrait de <i>Linum usitatissimum</i> .....	59
<b>Figure 4.11 :</b> Chromatogramme HPLC d'extrait de <i>Linum usitatissimum</i> après la séparation par l'acétate .....	60
<b>Figure 4.13:</b> les pourcentages des avis.....	66

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1:</b> Taxonomie de <i>C. olitorius</i> L. ....	6
<b>Tableau 1.2:</b> Propriétés des feuilles de <i>C. olitorius</i> L. ....	8
<b>Tableau 1.3:</b> Composition nutritionnelle des feuilles de <i>C. olitorius</i> L.....	8
<b>Tableau 1.4:</b> Acides gras de l'huile de lin .....	13
<b>Tableau 1.5:</b> Composition chimique (%) des grains de lin .....	14
<b>Tableau 2.1:</b> Comparaison homme/femme du pourcentage de cheveux dans les différentes phases du cycle pileux .....	28
<b>Tableau 3.1:</b> La liste des produits chimiques et biochimiques utilisés dans notre étude.....	32
<b>Tableau 4.1:</b> les résultats de rendement de chaque échantillons dans les deux modes d'extractions.....	47
<b>Tableau 4.2:</b> les résultats des testes phytochimiques.....	48
<b>Tableau 4.3:</b> les concentrations des polyphénols totaux en mg/ml .....	49
<b>Tableau 4.4:</b> les concentrations des flavonoïdes en mg/ml.....	52
<b>Tableau 4.5:</b> Résultats de l'activité antioxydant évaluée par le test FRAP .....	54
<b>Tableau 4.6:</b> les résultats d'analyse par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC).....	57
<b>Tableau 4.7:</b> La quantification des principaux métabolites secondaires d'après HPLC .....	61
<b>Tableau 4.8:</b> les résultats des tests physicochimiques effectués sur le masque .....	64
<b>Tableau 4.9:</b> les résultats des tests physicochimiques effectués sur le masque .....	65

## Sommaire

Remerciement .....	
Dédicace .....	
Dédicace .....	
Dédicace .....	
Dédicace .....	
Résumé .....	
Liste des Figures .....	
Liste des tableaux.....	
Sommaire .....	
Introduction générale .....	1

### PREMIÈRE PARTIE: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I: *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum*

I. <i>C. olitorius</i> L.....	5
1. Généralité .....	5
2. Origine historique et répartition géographique de <i>C. olitorius</i> L.....	5
3. Noms vernaculaires:.....	6
4. Taxonomie:.....	6
5. Description: .....	7
6. La composition de la feuille:.....	8
7. Utilisation de <i>Corchorus olitorius</i> : .....	9
II. <i>Linum Ussitatissimum</i> .....	10
1. Généralité .....	10
2. Origine et historique de lin :.....	11
3. Description de plante : .....	12
4. Composition:.....	13
5. Répartition géographique dans le monde.....	14
6. Classification botanique :.....	15
7. Les utilisations de lin:.....	16
7.1. Dans le domaine nutritive.....	16
7.2. Dans le domaine thérapeutique.....	17
7.3.En usage externe .....	19
7.4. Activité antimicrobienne .....	20

## Chapitre II : Cuir chevelu et Cheveu

1- Cuir chevelu.....	22
2-Le cheveu.....	22
2-1 Structure du cheveu .....	23
2-2 Composition chimique du cheveu .....	26
2-3 Le cycle pileux .....	27
2-4 Les caractéristiques physico-chimique des cheveux .....	28

## DEUXIÈME PARTIE: PARTIE EXPÉRIMENTALE

### Chapitre I: Matériel et méthodes

<i>Problématique:</i> .....	31
1. <i>Matériel</i> .....	31
1.1 Matériel végétal .....	31
2. <i>Méthode</i> .....	33
2.1 Méthode d'extraction.....	33
2.1.1. Extraction classique .....	33
2.1.2. Extraction par ultra-son.....	33
2.2 Les Tests phytochimiques .....	35
1. Polyphénols.....	35
2.Flavonoïdes .....	35
3. Saponins.....	35
4.Tannins .....	35
2.3 Dosage des polyphénols totaux (PPT) .....	35
2.4 Dosage des flavonoïdes .....	36
a) Principe .....	37
b) Mode opératoire .....	37
c) Expression des résultats.....	37
2.5 Activité antioxydant .....	37
1. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) .....	38
2.6 Analyse des composés phénoliques par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) : .....	38
2.7 Préparation d'un masque lissant pour les cheveux.....	39
Composition du masque .....	40
2.8 Les analyses physico-chimiques.....	40
1. Echantillonnage.....	40
2. Détermination du pH .....	41

3. Acidité.....	42
4. Matière sèche et humidité .....	43
5. Indice de peroxyde .....	44
2.9 L'analyse sensorielle .....	45

## Chapitre II : Résultat et discussion

1. Rendement.....	47
2. Les tests phyto-chimiques .....	48
3. Estimation quantitative.....	49
3.1 Polyphenol.....	49
3.2 Flavonoïdes.....	52
4. Test antioxydant .....	54
5. Analyse des composés phénoliques par Chromatographie liquide à haute performance	56
6. Caractérisation du masque lissant.....	64
7. Analyse sensorielle .....	65
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>68</b>
<b>Références .....</b>	<b>70</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>84</b>

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Par intuition et par expérimentation, l'homme a sélectionné les plantes alimentaires pour se nourrir, les plantes médicinales pour se soigner, et les plantes toxiques pour s'en servir comme poisons de flèche à la chasse ou à la guerre.

Malgré une certaine éclipse due à l'essor de la chimie de synthèse à partir du XIX<sup>e</sup> siècle, les médicaments à base de plantes sont encore largement utilisés, aussi bien dans les pays en voie de développement, que dans les pays industrialisés où ils sont surtout employés en automédication (Lehmman, 2013).

L'importance de la phytothérapie est en continuelle augmentation. De nombreux patients préfèrent les médicaments à base de plantes en raison de leur bonne tolérance et de leurs faibles effets secondaires.

Les plantes médicinales sont abordées beaucoup plus scientifiquement. En effet, les méthodes de recherche et d'évaluation de la médecine traditionnelle sont fondées sur l'innocuité et l'efficacité des médicaments et des thérapies traditionnelles à base de plantes (Patil et al, 2010). Selon les directives de l'OMS (2000), les essais précliniques et cliniques dont ces produits font l'objet, sont très semblables à ceux qui s'appliquent aux médicaments conventionnels. Par ailleurs, la recherche de nouveaux principes actifs menée par les laboratoires pharmaceutiques et universitaires a permis d'expliquer, voire même d'approuver certaines utilisations traditionnelles (Guedje et al, 2012)

Au fil des années, plusieurs chercheurs ont investigué différents phytoconstituants et diverses formulations de produits nutraceutiques ayant des effets cicatrisants (Kumar et al, 2007 ; Sandhya et al, 2011 ; Shivhare et al, 2014).

Un autre aspect aussi important que le premier est représenté par les produits de beauté des cheveux qui constituent une part importante du marché cosmétique mondial. Des centaines de produits pour la croissance et l'entretien des cheveux sont préparés par combinaison d'un ou de plusieurs médicaments à base de plantes (Ali et Ansari, 1997).

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales à travers l'évaluation de leurs activités biologiques afin de les utiliser dans la préparation d'un produit innovant dans le domaine cosmétique. Nous nous intéressons spécifiquement à *Corchorus olitorius* de la famille des Tiliaceae et à *Linum usitatissimum* de la famille des Linaceae. Ces plantes, largement utilisées à la fois comme substances alimentaires et dans de nombreux

remèdes traditionnels à travers le monde, ont fait l'objet de nombreuses études botaniques chimiques et toxicologiques pour prouver scientifiquement leur efficacité médicale et leur innocuité. Leur utilisation croissante a orienté nos recherches vers l'évaluation du potentiel de leurs extraits méthanoliques en termes de polyphénols, flavonoïdes et antioxydants.

Cette étude se subdivise en deux parties : une partie théorique contient deux chapitres le premier renferme des généralités et état de l'art concernant les deux plantes, ainsi que des rappels sur leurs utilisations dans différents domaines. Dans le deuxième chapitre nous avons fait des rappels sur le cuir chevelu et les cheveux, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des cheveux.

La seconde partie est une partie pratique où nous avons présenté le matériel et les différentes méthodes utilisées dans ce travail dans le premier chapitre. Les résultats sont illustrés et discutés dans le deuxième chapitre.

Enfin, le travail se conclut par une conclusion, des perspectives de recherches futures et une proposition de projet à visée socio-économique présentée séparément.

**PREMIÈRE PARTIE**  
**SYNTHÈSE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

**Chapitre I: *Corchorus  
olitorius* et *Linum  
usitatissimum***

## I. *C. olitorius* L

### 1. Généralité

La molokheya, également connue sous le nom de « corète », trouve ses origines en Afrique de l'Ouest, au Maghreb et au Moyen-Orient. Son nom scientifique est *Corchorus olitorius* L. et elle appartient à la famille des Tiliaceae. En plus de « corète », la molokheya porte de nombreux autres noms selon les pays où elle est cultivée. **(Bouzred et Damak Inès, 2023).**

### 2. Origine historique et répartition géographique de *C. olitorius* L

L'origine géographique de la corète potagère a souvent été l'objet de controverses, car elle est cultivée depuis des siècles aussi bien en Asie qu'en Afrique, et se trouve à l'état sauvage sur les deux continents. Certains auteurs ont identifié l'Inde ou la région indo-birmane comme le berceau de *Corchorus olitorius* L et de plusieurs autres espèces de *Corchorus* **(Bonnet., 2015).**

Cependant, la présence d'un plus grand nombre d'espèces sauvages de *Corchorus* en Afrique et la plus grande diversité génétique intra-spécifique de *Corchorus* indiquent que l'Afrique pourrait être le centre d'origine principal de ce genre, avec un centre secondaire de diversité dans la région indo-birmane. Toutefois, une étude menée par Loumerem et Alercia en 2016 a confirmé que *Corchorus olitorius* L est une plante originaire de l'Inde ou de la région indo-birmane **(Bonnet., 2015).**

En Afrique tropicale, la corète potagère est mentionnée comme une plante sauvage ou cultivée dans de nombreux pays. Elle constitue un légume-feuille important en Côte d'Ivoire, au Bénin, au Nigeria, au Cameroun, au Soudan, au Kenya, en Ouganda et au Zimbabwe. De plus, elle est cultivée comme légume-feuille dans les Caraïbes, au Brésil, en Inde, au Bangladesh, en Chine, au Japon, en Égypte et au Proche-Orient. Elle est également cultivée pour la production de jute en Asie (Inde, Bangladesh, Chine) **(Bonnet., 2015).**



**Figure 1.1:** répartition géographique du *Corchorus olitorius* L

### 3. Noms vernaculaires:

*Corchorus olitorius* Linn est également connue sous ses noms vernaculaires français « corète potagère », et « mauve des Juifs » (c'est une malvacée) (Kiebre et al., 2016) Elle a d'autres noms, comme : Bush Okra, Nalta Jute, Jute Mallow, Jew's Mallow, Ewedu, Melokhia, Monoheiya, Corété, Caruru de Bahia, Mlenda, Krinkrin, Craincrain, Jute Potagère (Loumerem et Alercia., 2016).

### 4. Taxonomie:

D'un point de vue étymologique, le mot « mouloukhia » vient du mot « Mlouk » qui signifie « roi » ce nom désigne un plat royal sacré de l'Égypte antique qui est une espèce de plantes dicotylédones elle est signalé comme légume sauvage ou cultivé dans de nombreux pays (Kiebre et al., 2016). *C. olitorius* L renferme une quarantaine d'espèces dont l'espèce *C. olitorius* L trouvée dans les pays d'Afrique et d'Asie et utilisé comme légume mucilagineuse. Le tableau 01 représente la classification botanique de *C. olitorius* L.

La classification de la plante *C. olitorius* L. est présentée ci-dessous (Tableau 1).

**Tableau 1.1:** Taxonomie de *C. olitorius* L. (Islam, 2013).

<b>Règne</b>	<b>Plantea</b>
<b>Sous-division</b>	<i>Tracheobionta-plante vasculaire</i>
<b>Super division</b>	<i>Spermatophyta-plante à grains</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta-plante à fleurs</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida-Dicotylédones</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Dilleniidae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Malvales</i>
<b>Famille</b>	<i>Tiliaceae-famille de tilleul</i>
<b>Genre</b>	<i>Corchorus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Corchorus olitorius</i> L, <i>Jute nalta</i>
<b>Nom anglaise</b>	<i>Jute</i>
<b>Nom Bengali</b>	<i>Pat, Paat, Naila etc.</i>

### 5. Description:

Est une plante annuelle, qui pousse en Aout – Septembre - Octobre dans les régions tropicales, subtropicales et chaudes. Il existe environ 50-60 espèces répartis dans le monde, principalement en : Tanzanie, sud d’Afrique, Ethiopie, Asie et Amérique Latine. Elle occupe la tête de liste des plantes utilisées en Côte d’Ivoire, Benin, Nigeria, Cameroun, Zimbabwe, Uganda, Kenya, Soudan (**Loumerem et Alercia, 2016**).

Cette plante se distingue par sa forme triangulaire, son long pétiole et son limbe lisse, dentelé sur le bord, avec deux longues dents à la base. Sa tige, ramifiée à son sommet, est rigide et fibreuse, tandis que ses petites fleurs jaunes, aux pétales non glanduleux, laissent place à des fruits capsulaires cylindriques, déhiscent et surmontés d’un bec net (**Noubissié, 2015**).

Il s'agit d'une plante herbacée de grande taille, généralement annuelle, atteignant une hauteur de 2,4 mètres. La plante peut être non ramifiée ou présenter seulement quelques branches latérales.

Les feuilles sont alternes, simples, lancéolées, finement dentelées ou à marge lobée. Les fleurs sont hermaphrodites et pollinisées par les insectes. Elles sont petites (02-03 cm de diamètre), jaunes, avec cinq pétales. Le fruit est une capsule contenant plusieurs graines, se propageant par graines.

Cette plante préfère les sols argileux, en milieu acide, neutre ou basique (alcalin), avec une exposition à la lumière moyenne à forte. Elle ne tolère pas les environnements ombragés et nécessite un sol humide. Le jute est autogame (**Loumerem et Alercia, 2016**).



**Figure 1.2:** Feuilles de corète potagère (*Corchorus Olitorius*) (**Soro, 2012**).

**Tableau 1.2:** Propriétés des feuilles de *C. olitorius L.* (Bonnet, 2015).

Partie végétale utilisée	Feuilles
Couleur	Verte
Goût	Proche du goût des épinards
Odeur	Typique au henné
Rendement	15-5 t/ha (ou bien 20-25kg/10m <sup>2</sup> )

### 6. La composition de la feuille:

Les feuilles se distinguent par leur texture visqueuse et sont utilisées fraîches ou séchées, étant une source riche en vitamines et en minéraux. Sur le plan nutritionnel, elles contiennent environ 85 à 87 grammes d'eau, 5,6 grammes de protéines, 0,7 gramme d'huile, 5 grammes de glucides, 1,5 gramme de fibres, 250 à 266 milligrammes de calcium, 4,8 milligrammes de fer, 1,5 milligramme de vitamine A, 0,1 milligramme de thiamine (vitamine B1), 0,3 milligramme de riboflavine (vitamine B2), 1,5 milligramme de nicotinamide (vitamine B3), et 53 à 100 milligrammes d'acide ascorbique (vitamine C) pour chaque 100 grammes. (Loumerem et Alercia, 2016).

Les feuilles de *C. olitorius L.* sont très riches en nombreux composants (Tableau 1.3)

**Tableau 1.3:** Composition nutritionnelle des feuilles de *C. olitorius L.* (Ahmed, 2021).

Nutriment	Bruts
Humidité (%)	82-87
Protéine (%)	5-06
Glucides (%)	5-07
Lipides (%)	0,3-01
Cendres (%)	2,4-2,6
Fibres (%)	1-05
Vitamine A (UI)	3000
Thiamine (mg/100g)	0,01
Riboflavine (mg/100g)	0,03
Niacine (mg/100g)	1,05
Vitamine C (mg/100g)	10-100
Fer (mg/100g)	4-08
Calcium (mg/100g)	250-266

## **7. Utilisation de *Corchorus olitorius*:**

### **-Dans le domaine thérapeutique:**

Du fait du grand nombre de ses propriétés, *C. olitorius* est indiquée dans un grand nombre de pathologies ou de désordres organiques et fonctionnels.

Elle est fréquemment utilisée en médecine traditionnelle pour traiter des nombreuses affections comme les Infections virales et le diabète (**Yakoub & Ferchichi, 2016**).et pour la thérapie contre les désordres cardiovasculaires (**Loumerem & Alercia, 2016**).Les feuilles sont connues pour être utilisé dans le traitement de la fièvre, des tumeurs, des douleurs pectorales, de la dysenterie des courbatures, de l'entérite, de la cystite, des amas et de la dysurie (**Adegoke & Adebayo-Tayo, 2009**)

Elles ont un effet émoullent, purgatif, fortifiant antipyrétique et antimicrobien (**Al Batran et al., 2013**).Comme elles agissent aussi contre les blennorragies (maladies infectieuses et inflammatoires de la muqueuse de l'urètre), et contre les troubles touchants les enfants prématurés (**Marandi & Britto, 2015**). bien un effet contre l'anémie en raison de leur richesse importante en Fer et dans la purification du sang (**Borokini & Omotayo, 2012**).

Elles peuvent également traiter les gonflements, et apaiser les douleurs d'estomac

.(**Mahmoud et al., 2016**) Les grains de cette plante sont utilisés pour leur effet laxatif, contre la constipation, inflammation de la vessie, les difficultés à uriner (**Borokini & Omotayo, 2012**).Et les racines peuvent restaurer l'appétit et la force, et apaiser les douleurs dentaires, selon (**Li et al., 2012**)..

C'est intervient dans l'induction de l'apoptose des cellules (Hep G2) responsables sur un hépato carcinome via la voie (mitochondrie-dépendante).

Un extrait phénolique a montré une activité anti-oxydante à travers les générateurs de radicaux-antioxydants de. l'acide linoléique (**Al Batran et al., 2013**)

### **-Dans le domaine nutritif:**

La corète potagère est utilisée comme légume-feuilles mucilagineux. Dans plusieurs pays d'Afrique, elle est consommée sous forme de soupe visqueuse, ou ajouté au ragout pour ça richesse en fibre, vitamines et minéraux (**Loumerem et Alercia., 2016**).

Ses feuilles sont utilisées en cuisines dans de nombreux pays tel que l'Afrique de l'Ouest, le Maghreb et le Moyen-Orient, d'où le nom du plat (mouloukhiya) en Algérie, Tunisie, Égypte, le Liban et la Syrie. **(Kiebre, 2016)**

**-Dans le domaine cosmétique:**

Les feuilles de *C. olitorius* contiennent une quantité importante de polysaccharide mucilagineux, riche en acide uronique, et se compose de rhamnose, de glucose, d'acide galacturonique et acide glucuronique . Les polysaccharides sont connus pour augmenter l'hydratation de la peau **(K.Ohtani, et al., 1995)**. Les feuilles de *C. olitorius* ont également un teneur élevée en acides gras, en particulier en acide alpha-linorénique et l'acide linoléique **(S. Zeghichi et al, 2003)**. De plus, ils ont la capacité de exercer des effets anti-inflammatoires **(McCusker and Grant-Kels, 2010)**, qui empêchent la perturbation de la fonction barrière cutanée **(C. H. Yen et al,2008)**. Cette plante contient de grandes quantités des molécules antioxydantes **(S. Zeghichi et al., 2003)**.

## **II. *Linum Ussitatissimum***

### **1. Généralité**

Le lin, également connu sous les noms de flax ou linseed, est l'une des plantes cultivées les plus anciennes, réputée pour ses graines riches en huile et sa fibre textile. Son nom botanique, *Linum usitatissimum*, a été attribué par Carl von Linné en 1753 dans son ouvrage "Species Plantarum" **(Jhalla et Hall, 2010)**. L'utilisation du lin par l'homme remonte à plus de 30 000 ans. Originaire d'Asie de l'Ouest et de la Méditerranée **(Millam et al, 2005)**, cette plante était initialement cultivée pour sa fibre depuis au moins 5000 ans avant JC, avant de devenir principalement une culture pour son huile **(Oomah, 2001 ; Berugland, 2002)**. Son nom latin, "*Linum usitatissimum*" (lin de tous les usages), reflète sa polyvalence **(Weill et Mairesse, 2010)**. Bien que rare à l'état sauvage, le lin est aujourd'hui cultivé dans le monde entier en tant que plante textile ou oléagineuse, en fonction de la variété considérée **(Diederichsen et al, 2003; Vaisey-Genser et al, 2003)**. Environ 180 variétés de lin cultivé (*Linum usitatissimum* L) sont répertoriées dans l'UE, dont une soixantaine en France, inscrites dans les catalogues officiels français et européens. Plus de 200 variétés sont répertoriées dans la liste de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), destinée au commerce international. Dans le monde, environ 10 000 lignées pures ou écotypes sont conservées dans des collections **(Anonyme, 2010)**. La production annuelle de lin atteint 3,06 millions de tonnes. Le Canada est le plus grand producteur de lin, représentant environ 38% de

la production mondiale, suivi par la Chine, les États-Unis, l'Inde et l'UE (**Jhalla et Hall, 2010 ; Rubilar et al, 2010 ; Ganorkar et Jain, 2013**).



**Figure 1.3:** Fleur bleue de *Linum usitatissimum* (**Heli et al, 2007**)

## **2 .Origine et historique de lin :**

Le lin est une plante de famille Linacées et l'une des premières plantes cultivées par l'Homme. Des traces existent 8000 ans avant J.C. ont ainsi été découvertes dans des cités lacustres suisses. Son origine (probablement des hauts plateaux d'Asie) n'est pas connue. Son utilisation a été étendue par l'Égypte des pharaons où les momies étaient entourées de bandelettes de lin. De plus, des fresques retrouvées dans les pyramides illustrent la culture du lin (**Savoire, 2008**).

Le lin est utilisé pour la production d'aliments pour humains et pour animaux et de fibres textiles ainsi que comme plante médicinale depuis plus de 8 000 ans (**Van Zeist et Bakker-Heeres, 1975**). Le lin a été introduite par Charlemagne en Europe dans du premier millénaire après J.C. Ils ont utilisés ses fibres pour la fabrication de textiles. Au cours des années 1970, la culture a connu un renouveau en France. Au niveau mondial, la première production du lin est réalisée principalement au Canada, aux États-Unis et en Chine. Malgré une augmentation importante de la production d'oléagineux en vue de la production d'huile végétale depuis 40 ans. En 2006, la production française représente 1% de la production mondiale de graines oléagineuses et 2% de celle de lin (**Savoire, 2008**).

### 3. Description de plante :

Le lin est une plante annuelle herbacée dressée dont des brindilles disposées en corymbe sur la tige principale (**Fernald, 1950**).

Le lin textile et le lin oléagineux sont le résultat de milliers d'années de sélection divergente ; dans la même espèce, ils diffèrent à la morphologie, l'anatomie, la physiologie et la performance agronomique (**Diederichsen et Ulrich, 2009**). Le lin oléagineux est cultivé pour l'huile des graines, donne une plante courte produisant de nombreuses ramifications secondaires ; alors que le lin textile est cultivé pour la fibre extraite des tiges, donne une plante ramifiée (**Gill, 1987**).

- Racine : Le *L. usitatissimum* à une courte racine pivotante de 90 à 120 cm de longueur dans les sols légers (**Fernald, 1950; Gill, 1987**).

- Tige : Unique se terminant par une inflorescence en forme de cyme. Hauteur : entre 0,8 et 1,2 m. Diamètre au collet : de l'ordre de 1 à 2 mm (**Renouard, 2011**).

- Feuille : Allongées et sessiles (entre 80 à 100 feuilles par tige) (**Renouard, 2011**). Et aussi simples, linéaires et à marge entière (**Fernald, 1950; Gill, 1987**).

- Fleurs : 5 pétales (bleus, roses portées par de longs pédicelles dressés, sont hermaphrodites, hypogynes et comportent cinq sépales, cinq ou blancs), cinq étamines et un gynécée composé de cinq carpelles séparés par une fausse-cloison (**Fernald, 1950; Gill, 1987; Renouard, 2011**). Pollinisation : autopolinisation. Durée de floraison : 15 jours (quelques heures par fleur). Couleur des fleurs : bleues, rouges ou blanches (plus ou moins → rosées) (**Renouard, 2011**).

- Fruit : Une capsule contenant 10 graines riches en huile. Graine : Couleur brune (ou jaune clair), petites, lisses, plates et légère (1000 graines = 4 à 7 grammes) (**Renouard, 2011**). Les graines sont ovales, lenticulaires de 4 à 6 mm, brunes à dorées, luisantes et lisses. Elles présentent 35 à 45 % d'huile et de 20 à 25 % protéine (**Gill, 1987 ; Fernald, 1950**).



**Figure 1.4** : Planche botanique de *Linum usitatissimum* (A – vue générale de la plante, 1 implantation des pétales dans le bouton, 2 – sépale, 3 – pétale, 4 – fleur sans sépales ni pétales, 5 – étamines, 6 – coupe longitudinale de 4, 7 – coupe transversale de l’ovaire, 8 – capsule, 9 – capsule ouverte, 10 - graine, 11 – coupe longitudinale de la graine)

(Thomé,1905)

#### 4. Composition:

L’huile de lin est unique parce qu'elle est composée de 73% d'acides gras polyinsaturés , de 18% d'acides gras mono-insaturés et de 9% d'acides gras saturés , ce qui en fait un aliment pauvre en graisses saturées (Tableau 1.4). Elle est également connue comme étant la source la plus riche en oméga-3 (n-3) acides gras, ALA, qui comprend 55% des acides gras totaux . Le pourcentage de matières grasses que l'ALA dans l'huile de lin est 5,5 fois plus élevé que celle des noix et de l'huile de canola (Heli et al, 2007).

**Tableau 1.4:** Acides gras de l’huile de lin (Morris, 2003 Ganorkar et Jain, 2013)

Paramètres	Pourcentage (%)
Acide Gras Saturé	9
AG Mono insaturé	18
Acide Linoléique (omega-6)	16
Acide Linoléique (omega-3)	57

La graine contient environ 40% lipides, 30% de fibres alimentaires et 20% de protéines (Tableau 1.5). Elle est riche en lipides, essentiellement des huiles insaturées : l'acide alphalinolénique (ALA) ou omega-3 . L'appellation linoléique provient de l'allemand lein ol (huile de lin). La composition chimique varie considérablement entre les variétés et dépend aussi des conditions de l'environnement dans lesquelles la plante est cultivée. Les cotylédons contiennent 75% de lipides et 76% de la protéine est trouvée dans les semences. L'endosperme contient seulement 23% des lipides et 16% de protéines (**Daun et al, 2003; Oomah, 2003**).

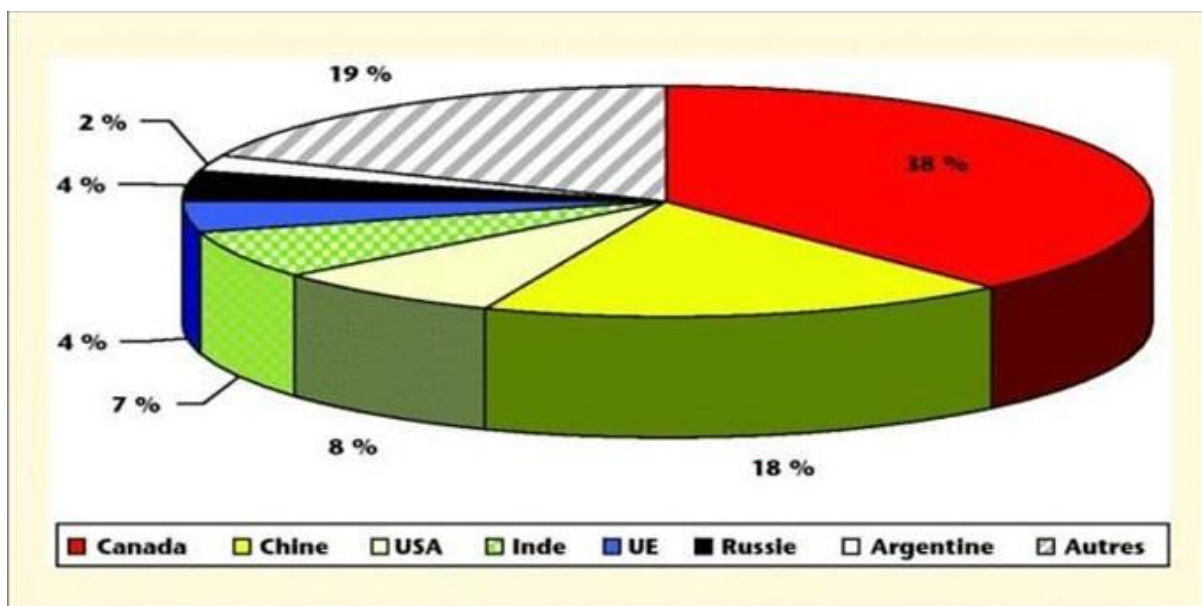
**Tableau 1.5:** Composition chimique (%) des grains de lin (**Rubilar et al, 2010**)

Humidité	Protéine	Lipide	Fibre	Cendre	Références
7,4	23,4	45,2	-	3,5	<b>Mueller et al (2010)</b>
4–8	20–25	30–40	20–25	3–4	<b>Coskuner et Karababa (2007)</b>

## 5. Répartition géographique dans le monde

### La répartition mondiale du *Linum usitatissimum* (CABI, 2018) :

- Asie Afghanistan, Arménie, Bangladesh, Chine, Corée, Inde, Iraq, Japon, Kazakhstan, Kirgizstan, Népal, Ouzbékistan, Pakistan et la Turquie.
- Afrique Égypte, Érythrée, Éthiopie, Kenya, Maroc, Tunisie.
- Amérique du nord Canada, États-Unis, Mexique.
- Amérique du sud Argentine, Brésil, Chili, Équateur, Pérou, Uruguay.
- Europe Allemagne, Autriche, Bélarusse, Belgique, Bulgarie, Croatie, Chypre, Danemark, Estonie, Espagne, France, Grèce, Hongrie, Italie, Lettonie, Lituanie, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Fédération de Russie, Slovaquie, Suède, Royaume Uni, Ukraine.
- Océanie Australie, Nouvelle-Zélande



**Figure 1.5:** Principaux pays producteurs de lin oléagineux dans le monde. (Labalette et al, 2011).

#### 6. Classification botanique :

Le *Linum usitatissimum* est une plante herbacée annuelle, fait partie d'environ 230 espèces de la famille des Linacées, qui se divise en environ 14 genres. Le genre *Linum* comprend près des deux tiers des espèces de la famille des Linacées. Malgré la diversité remarquable de cette famille *L. usitatissimum* est la seule espèce cultivée (CABI, 2018). Selon l'USDA-NRCS (2010), la classification taxonomique du *L. usitatissimum* est la suivante :

**Tableau 1.6:** la classification taxonomique du *L. usitatissimum*

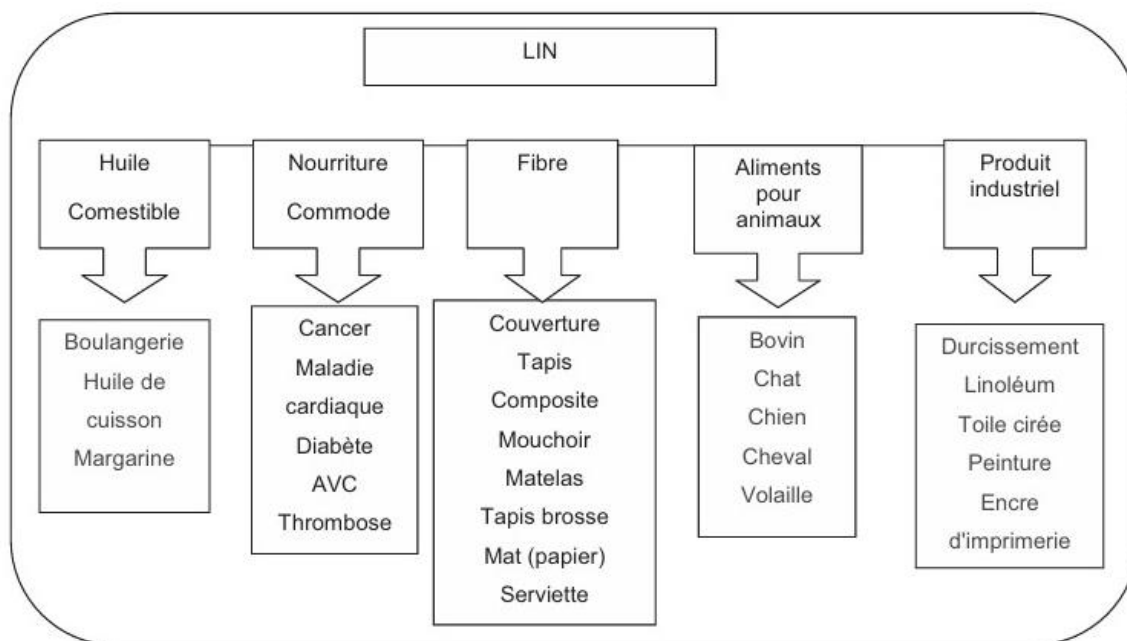
<b>Règne</b>	Végétal
<b>Sous-règne</b>	Trachéophytes (plantes vasculaires)
<b>Super-embranchement</b>	Spermatophytes (plantes à graines)
<b>Embranchement</b>	Magnoliophytes (plantes à fleurs)
<b>Classe</b>	Magnoliopsides (dicotylédones)
<b>Sous-classe</b>	Rosidées
<b>Ordre</b>	Linales
<b>Famille</b>	Linacées
<b>Genre</b>	<i>Linum L.</i>
<b>Espèce</b>	<i>Linum usitatissimum L.</i>

## 7. Les utilisations de lin:

Le lin, une plante aux multiples utilisations et avantages écologiques, est largement connu pour ses fibres textiles et ses nombreux dérivés. Son histoire remonte à des siècles avant Jésus-Christ, où il était utilisé pour diverses applications, y compris la fabrication de voiles pour les navires romains et d'armures par les Étrusques. Même ses résidus étaient exploités pour produire de l'énergie.

La transformation du lin en textile passe par plusieurs étapes telles que l'arrachage, le rouissage et la filature des fibres. La culture du lin est respectueuse de l'environnement, nécessitant peu de produits phytosanitaires.

De nos jours, le lin est largement utilisé dans divers domaines. Dans le textile, il est utilisé pour fabriquer des vêtements, du linge de maison et des rideaux. Dans l'ameublement, il est utilisé dans la fabrication de canapés, de fauteuils et de rideaux. Dans la construction, il est utilisé comme isolant thermique et comme sous-couche de parquet. Il trouve également des applications dans les équipements sportifs et de loisirs, tels que les raquettes de tennis et les skis, ainsi que dans la fabrication d'enceintes pour l'absorption des vibrations en musique.



**Figure 1.6:** Diagramme de l'utilisation du lin (Jhalla et Hall, 2010).

### 7.1. Dans le domaine nutritive

Depuis quelques années, les gens sont de plus en plus conscients de leur santé et demandent des aliments ayant une forte valeur nutritionnelle tout en offrant des bienfaits pour la santé. À

cet égard, la demande de lin dans l'alimentation et les boissons, les aliments fonctionnels et les compléments alimentaires a considérablement augmenté (**Newkirk, 2008**). Les graines de lin sont considérées comme un aliment fonctionnel complet en raison de la présence d'acide alpha-linolénique (**Bozan & Temelli, 2008**).

La composition du lin varie selon la variété, les facteurs environnementaux et la méthode d'analyse (**Daun, Barthet, Chornick, & Duguid, 2003**). Les principaux composants nutritionnels des graines de lin comprennent l'huile, les fibres visqueuses riches en lignanes (mucilage), les protéines et les minéraux. Une portion de 100 g de graines de lin fournit 534 kcal d'énergie et contient environ 7 % de glucides, 10 % de protéines, 53 % de matières grasses totales et 21 % de matières grasses alimentaires. Les informations nutritionnelles sur les graines de lin sont données dans les figures 2, 3, 4 et 5. Le lin est riche en la plupart des vitamines B, en magnésium (Mg) et en manganèse (Mn) (**Dolson, 2010**) et pauvre en acides gras saturés, par exemple le cholestérol. Environ 73 % des acides gras présents dans les graines de lin sont des acides gras polyinsaturés (**Madhusudhan, 2009**). Muir, Westcott, & Aubin (1996) et Muir & Westcott (2003) ont rapporté que les graines de lin contiennent 40 à 50 % d'huile et de farine, composée de 23 à 34 % de protéines, 4 % de cendres, 5 % de fibres visqueuses (mucilage) et de précurseurs de lignanes (9 à 30 mg/g de farine dégraissée). Le lin est une source de protéines de bonne qualité et les albumines et globulines sont les protéines de stockage des graines de lin, les globulines constituant la plus grande partie (58 à 66 % du total des protéines de la graine) (**Chung, Lei, & Li-Chan, 2005**).

L'huile de graines de lin est également utilisée dans les régimes alimentaires pour animaux de compagnie, y compris les chiens, les chats et les chevaux. Les acides gras essentiels (ALA et LA) présents dans les graines de lin contribuent à un pelage brillant, aident à prévenir la peau sèche et les pellicules, et aident également à réduire les problèmes digestifs et cutanés chez les animaux (**Jhalla et Hall, 2010**).

## **7.2. Dans le domaine thérapeutique**

Les acides gras polyinsaturés oméga-3 ont deux principaux axes de valorisation : le premier réside dans leur importance quantitative et leur rôle dans la mise en place et le maintien de divers organes, notamment le cerveau. Le second réside dans la prévention de diverses pathologies et maladies cardiovasculaires. Les acides gras oméga-3 présents dans les graines de lin ont été trouvés pour réguler la transcription et l'expression des gènes, modifiant ainsi la synthèse des enzymes et modifiant plusieurs facteurs de risque pour les maladies coronariennes,

notamment en réduisant les triglycérides sériques et la pression artérielle (**Waldschläger et al., 2005 ; Chen et al., 2007 ; Dupasquier et al., 2007**).

Les mucilages sont des polysaccharides qui ont une capacité de gonflement très importante en milieu humide ; c'est à eux que la graine de lin doit ses capacités laxatives et émoullientes mentionnées dans de nombreux ouvrages. En cas de constipation chronique, sous forme concassée, ses graines absorbent les liquides intestinaux (**Blumenthal et al, 2000**). Les mucilages favorisent le drainage du côlon, contribuent à ramollir les selles et à faciliter leur évacuation. Grâce aux mucilages, elles procurent également un effet calmant et anti-inflammatoire, réduisant l'irritation du côlon dans des affections telles que la colite, l'inflammation intestinale et les hémorroïdes (**Iserin, 2001 ; Halligudi, 2012**).

La consommation de graines est également considérée comme une mesure préventive contre le cancer du sein, de l'utérus, de la prostate et éventuellement une protection contre les récives (**Boon et al, 2007 ; Heli et al, 2007 ; Halligudi, 2012**). Les graines sont également considérées comme efficaces en cas de troubles respiratoires et urinaires, et doivent être ouvertes avant d'être avalées (**Iserin, 2001**). Elles soulagent les douleurs pulmonaires et, dans une moindre mesure, l'irritation de l'appareil urinaire. Elles se révèlent efficaces contre la toux chronique ou aiguë, la bronchite, l'emphysème et la cystite chronique, ainsi que comme mesure préventive contre l'angine de poitrine, le rhume et l'athérosclérose. Elles contribuent également à réduire les taux de glycémie postprandiale et de cholestérol (**Kim et Choi, 2005 ; Vijaimohan et al, 2006 ; Halligudi, 2012**).

L'insomnie est un problème courant chez la plupart des gens, et ses principales causes sont principalement des conditions telles que l'anxiété, le stress et la dépression. Les personnes souffrant d'insomnie due au stress peuvent bien dormir en consommant des graines de lin. C'est le niveau élevé d'acides gras oméga-3 et de tryptophane dans les graines de lin qui aident à augmenter les niveaux de sérotonine (un composé régulateur du sommeil) dans le sang. Le magnésium aide également à surmonter l'anxiété, le stress et la dépression, favorisant ainsi le sommeil. Le magnésium exerce son effet en relaxant le système nerveux et les muscles et en surmontant les terreurs nocturnes (**Jyotsna, 2012**).

La consommation de graines de lin est également l'un des choix alimentaires qui aident à réguler le cycle menstruel en raison de la présence de lignanes (phytoestrogènes). Ces phytoestrogènes ont des propriétés estrogéniques faibles et anti-estrogéniques qui aident à équilibrer le cycle menstruel (**Garvin, 2011**).

### 7.3. En usage externe

L'huile de lin est utilisée dans divers domaines, notamment pour la peinture et le vernissage, pour saturer la matière des ardoises, pour la fabrication du savon noir, ainsi que pour protéger les pièces de monnaie et l'acier rouillé. Elle imprègne et protège le bois à l'intérieur comme à l'extérieur, offrant une protection contre l'humidité, les champignons, les insectes et la poussière grâce à ses propriétés antistatiques (**Bloedon et Szapary, 2004**).

En usage externe, un cataplasme de graines concassées ou de farine de lin appliqué sur les furoncles et les anthrax apaise les ulcérations et draine le pus (**Singh et Majumdar, 1997 ; Iserin, 2001**). Dans le passé, les femmes faisaient bouillir les graines de lin dans l'eau et utilisaient le lin sous forme de gel pour adoucir leurs cheveux (**Halligudi, 2012**).

L'huile de lin convient également pour le visage et le corps (massages et soins corporels). En usage externe, l'huile extraite des graines est reconnue pour ses propriétés adoucissantes et émoullientes. Elle protège et adoucit la peau irritée (**Halligudi, 2012**).

Les lignanes présents dans les graines de lin possèdent des propriétés bénéfiques contre les cancers du sein, du côlon, de la prostate et de la thyroïde, et réduisent les facteurs de risque de maladies cardiaques (**Westcott et Muir, 2003**). L'efficacité de l'extrait de lin contre *Anopheles stephensi* et *Aedes aegypti* a été évaluée en laboratoire, selon la méthode de bioessai recommandée par l'OMS pour les moustiques adultes. Les résultats ont montré que les huiles de lin avaient un LC50 de 12,90 et un LC90 de 27,60 après 24 heures d'exposition. Le pourcentage de mortalité des larves d'*Ae. aegypti* après 24 heures et 48 heures était de 57,50% et 72,75%, tandis qu'il était de 24% et 35% pour *An. stephensi* après 24 et 48 heures, respectivement (**Nawaz R 2011**).

L'acné et le teint de la peau : L'acné est un problème courant, en particulier chez les adolescents. L'inflammation est considérée comme l'une des causes de la formation de l'acné. Comme les graines de lin, grâce à la présence d'acides gras oméga-3, sont bénéfiques pour réduire l'inflammation, elles peuvent également aider à réduire la formation de l'acné en agissant comme un agent anti-inflammatoire. Les graines de lin aident également à restaurer l'équilibre sain dans le corps et peuvent améliorer l'acné (**Stephanie, 2009; Uzoma, 2011**). Les lignanes présents dans les graines de lin inhibent la 5-alpha-réductase, un enzyme impliqué dans la conversion de la testostérone en DHT (sa forme plus active). En d'autres termes, on peut dire qu'elles aident à équilibrer la production d'androgènes, qui, s'ils sont libérés en excès, peuvent causer de l'acné. Les acides gras essentiels renforcent également les membranes

cellulaires de la peau, hydratant ainsi les couches les plus profondes de la peau, ce qui rend la peau moins susceptible aux fluctuations hormonales et plus résistante aux infections (**Stephanie, 2009**).

Propriétés de guérison de la peau et des plaies : Un groupe de chercheurs brésiliens a étudié une formulation semi-solide (composée d'huile de lin commerciale extraite par pression à froid des graines) d'huile de lin sur les plaies cutanées de 72 rats Wistar. Les animaux ont subi une trichotomie manuelle et une antiseptie le long de la région cervicale, à l'aide de moulages en or métallique et d'un stylo chirurgical. Après avoir divisé les animaux en six groupes, ils ont reçu 1 %, 5 % ou 10 % d'huile de lin, ESO (contrôle positif) ou de la gelée de pétrole (contrôle négatif) pendant 14 jours consécutifs. Une promotion de la ré-épithélialisation a été observée chez 100 % des animaux traités par administration topique d'huile de lin (1 % ou 5 %) dans les plaies expérimentales d'excision. On pense que cette fonction de l'huile de lin est due à la présence d'acides gras polyinsaturés et monoinsaturés dans sa composition (en stimulant la production de facteurs de croissance, de fibroplasie et de néovascularisation). de **Souza et al 2012**

L'huile de lin est utilisée pour peindre et vernir, pour saturer la matière des ardoises, pour mettre au point le savon noir et pour protéger les pièces de monnaie de même que l'acier rouillé. Elle est imprègne et protège le bois à l'intérieur comme à l'extérieur : protection contre l'humidité, les champignons et les insectes et contre la poussière par son caractère antistatique. (**Bloedon et Szapary, 2004**).

#### **7.4. Activité antimicrobienne**

L'huile de lin a une activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus* ; *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans* (**Kaithwas et al, 2011**).

## **Chapitre II : Cuir chevelu et Cheveu**

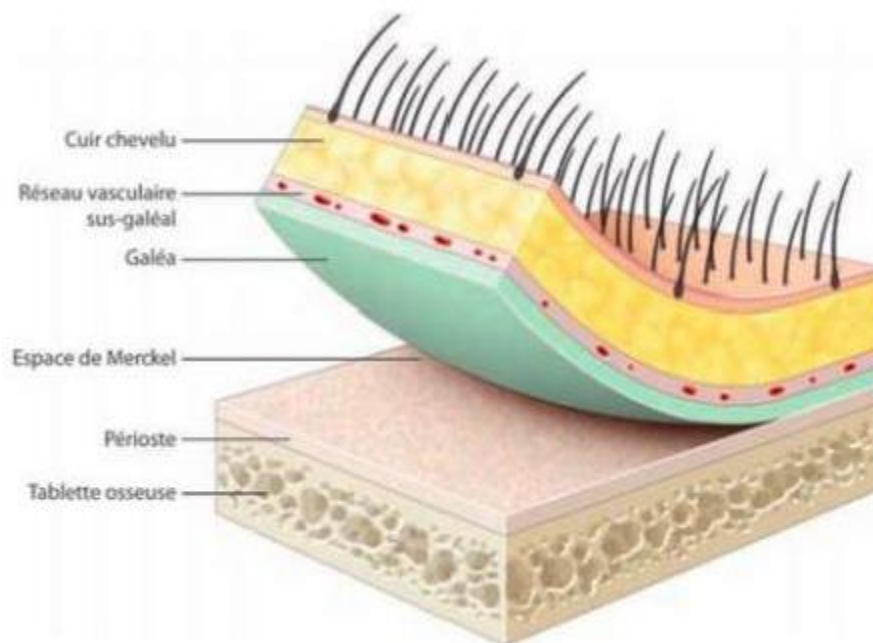
## 1- Cuir chevelu

Le cuir chevelu de l'être humain est composé de 100 000 à 150 000 cheveux soit une densité capillaire moyenne de 250 à 350 cheveux/cm<sup>2</sup> (**Estrade M., 2006**), Il est délimité par la zone avec ou sans cheveux et se situe entre le front, les oreilles et la nuque (**Aberdam D., 2007**).

. Le cuir chevelu est composé d'un épiderme, derme et hypoderme. Avant d'atteindre la voûte crânienne (**Ito M et al., 2007**), on distingue l'enchaînement de tissus suivants (Figure 2.1):

- La Galéa (ou épicroâne), qui est une aponévrose continue.
- L'espace sous aponévrotique de Merkel, un tissu conjonctif lâche et peu vascularisé.
- Le périoste crânien (ou périocrâne), mince membrane recouvrant la boîte crânienne.

(**Bernard B., 2006**)



**Figure 2.1:** Illustration de l'enchaînement de tissus jusqu'à la voûte crânienne (**Estrade M., 2006**)

## 2-Le cheveu

La chevelure humaine est composée d'environ 100 000 cheveux. Malgré le fait que nous perdons 50 à 150 cheveux par jour, notre chevelure reste néanmoins permanente. En effet, nos cheveux se renouvellent sans cesse : leur cycle de vie est en moyenne de 3 ans chez l'homme et de 4 à 7 ans chez la femme.

## 2-1 Structure du cheveu

Les cheveux assurent la protection du cuir chevelu face aux chocs et agressions extérieurs tels que la chaleur, les rayonnements UV... Le cheveu s'implante obliquement dans la peau. Il est composé de deux parties bien distinctes : une partie cachée, la racine et une partie visible, la tige.

Ainsi, on distingue:

- l'isthme du follicule pileux, c'est la zone où s'abouchent la ou les glandes sébacées,
- le "bulge", renflement situé juste sous l'insertion du muscle arrecteur, c'est une zone très importante où sont situées les cellules souches du poil,
- la région sus-isthmique qui comprend la tige pilaire et l'infundibulum, c'est une cavité en communication avec la surface de la peau, bordée par un épithélium en continuité avec l'épiderme de surface,
- la région sous-isthmique qui comprend la racine du poil entourée de ses gaines : la gaine épithéliale externe et la gaine épithéliale interne. **(Prost-Squarcioni C et al., 2005)**

### A - La racine

La racine se termine dans sa profondeur par une partie renflée appelée le bulbe.

Elle est logée dans une invagination épidermique : le follicule, entouré d'une couche conjonctive appelée le sac fibreux.

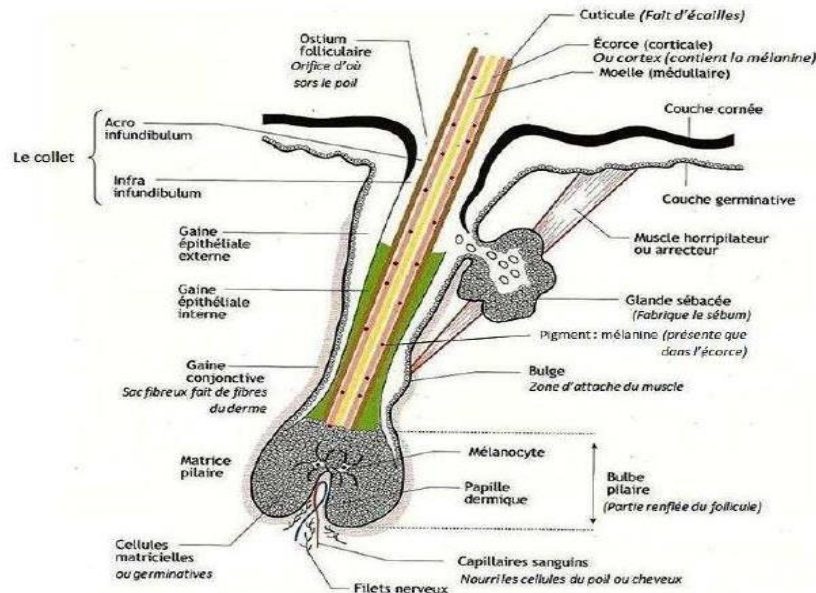
Autour du follicule, il y a le muscle arrecteur du poil et plusieurs glandes sébacées d'où l'appellation de *follicule pilo-sébacé*.

#### A -1) Le follicule pilo-sébacé

Les follicules pileux commencent à se développer entre les huitième et douzième semaines de vie in utero à partir d'une placode ectodermique, les premiers poils étant visibles chez le fœtus vers le cinquième mois. Les cheveux quant à eux, font leur apparition au septième mois. Nous naissons avec 100 000 à 150 000 follicules pileux qui deviendront des cheveux. **(anonyme., 2005)**

C'est une fine enveloppe d'épiderme creusée dans le derme qui abrite la racine pilaire à 4 mm sous le cuir chevelu.

Le follicule pileux est formé par plusieurs compartiments, les uns d'origine dermique (gaine conjonctive et papille dermique), les autres de nature épithéliale (gaines épithéliales externe et interne, tige pileuse et glande sébacée). Ces différentes parties sont toutes essentielles à la fabrication de kératine. (**Bernard Bruno A., 2006**)



**Figure 2.2** : Schéma détaillé du follicule pilo-sébacé

<https://storage.canalblog.com/39/52/626667/41278181.pdf>

### A -2) La glande sébacée

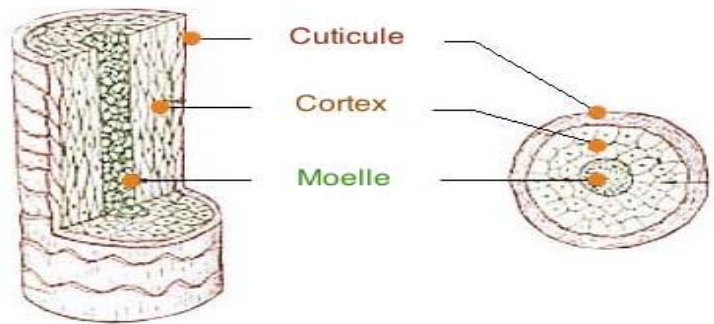
La glande sébacée a une forme en grappe, avec un canal excréteur. Elle est plongée dans le tissu conjonctif et enveloppée de sa propre membrane.

Elle est formée de kératinocytes particuliers, les sébocytes responsables de la synthèse de sébum qui est déversé dans le canal excréteur de la glande sébacée puis dans le conduit pilosébacé. Il aura pour rôle de protéger la couche cornée et de lubrifier le poil afin de le rendre brillant et souple (**Prost-Squarcioni C et al .,2005**).

Elle est sous dépendance hormonale, elle peut donc se dérégler et produire trop ou pas assez de sébum.

### B ) La tige pileuse

Elle est située au dessus de l'orifice folliculaire.



**Figure 2.3 :** Coupe d'une tige pileuse ; longitudinale à gauche et transversale à droite

**(BOUHANNA P, REYGAGNE P.,1999)**

La partie visible du cheveu est appelée « tige » et se décompose en 3 couches :  
 - **la couche externe** ou cuticule, est composée d'écailles protectrices accolées les unes aux autres. Chaque écaille ressemble à un ongle dont elle a d'ailleurs la composition. Les écailles sont pliables et difficilement isolables les unes des autres. Ce sont des cellules dégénérées qui ne possèdent pas de noyau apparent et ne contiennent plus d'acide nucléique. Elles sont fortement adhérentes entre elles et à la tige.

Ces écailles sont elles-mêmes composées de trois parties :

- L'endocuticule à l'intérieur, très résistante ;
- L'exocuticule, fragile ;
- L'épicuticule, fine membrane qui entoure les écailles. Elle est semi-perméable et laisse donc passer les molécules de bas poids moléculaire.

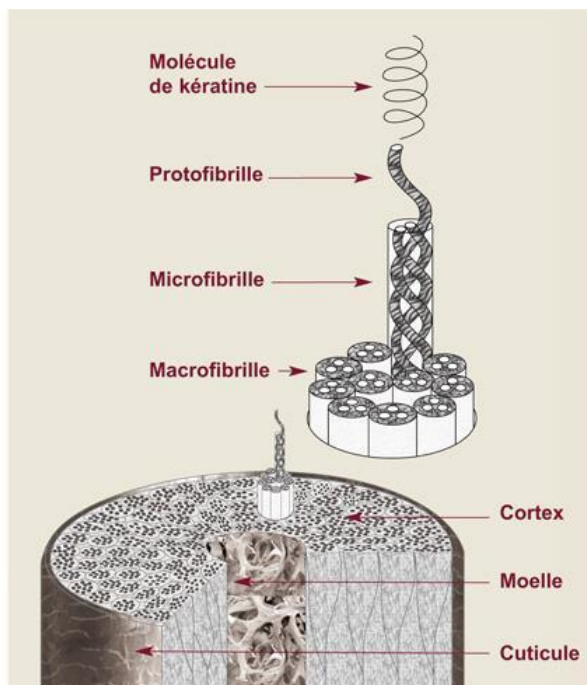
La kératine de cette couche est dure et riche en soufre

- **la couche médiane** ou cortex, se compose de cellules allongées en faisceaux de 80 à 10 microns de longueur, de 2 à 5 microns de largeur et de 1,2 à 1,6 micron d'épaisseur. Ce sont des cellules mortes.

La cohésion des cellules corticales est assurée par un ciment de même nature que celui qui lie entre elles les cellules de la cuticule.

Les cellules corticales se chargent progressivement en kératine au fur et à mesure de leur ascension. Elles contiennent également les pigments mélaniques, responsables de la carnation naturelle du cheveu. **(Stene J., 2004 )**

La cellule du cortex est partagée en sous-ensembles, les **macrofibrilles** d'environ 0,1 micron de diamètre. Ces macrofibrilles sont elles-mêmes constituées de **microfibrilles**. ([www.centre-clauderer.com](http://www.centre-clauderer.com))



**Figure 2.4** : Du cheveu à la molécule de kératine

([www.centre-clauderer.com](http://www.centre-clauderer.com))

- **la couche interne** appelée moelle. est une couche intermittente et parfois inexistante. Quand elle existe, c'est un espace central vide, à l'exception de quelques cellules mortes vides, peu pigmentées et non kératinisées. Elle apparaît comme un canal médullaire au centre du cheveu.

Parfois absente chez l'homme, elle peut occuper jusqu'à la moitié du diamètre du cheveu chez les animaux. Elle peut être fragmentée ou continue ou même double. (**Jean Laudereau., 1995**)

## 2-2 Composition chimique du cheveu

Le cheveu est essentiellement un réseau polymérique orienté, partiellement cristallin et réticulé. Il contient un certain nombre de groupes chimiques fonctionnels (p. ex., des liaisons acides, basiques et peptidiques) qui ont le potentiel de lier de petites molécules. Les cheveux humains selon leur teneur en humidité, peuvent être constitués d'environ 65 à 95 % de protéines, 15 à 35 % d'eau et 1 à 9 % de lipides. La teneur en minéraux des cheveux est de 0,25 à 0,95% sur la base du poids sec. Les oligo-éléments essentiels et les métaux lourds

peuvent également être retrouvés dans les cheveux humains (p. ex., des traces de calcium, cuivre, zinc, plomb, fer, etc). La matière lipidique trouvée dans les cheveux est dérivée d sébum et des sécrétions de la glande apocrine. Elle se compose d'acides gras libres, de monodi-, et triglycérides, d'esters de cire, d'hydrocarbures et d'alcools (**BOUHANNA P, REYGAGNE P., 1999**), (**Auzou M., Melchior-Bonnet S., 2001**).

Les cheveux humains contiennent des quantités relativement importantes d'acides aminés à chaîne latérale d'hydrocarbures (glycine), d'acides aminés à chaîne latérale hydroxyle (thréonine), d'acides aminés à chaîne latérale dicarboxyliques (acide aspartique et glutamique), d'acides aminés dibasiques (lysine) et de disulfure (cystéine) et acides aminés phénoliques (tyrosine) (**EgreM., Serres P., 1989**), (**Fréchet P., 2009**)

### **2-3 Le cycle pilaire**

Une chevelure est composée d'environ 100 000 à 150 000 cheveux, se renouvelant de façon cyclique indépendamment les uns des autres.

La durée des cycles pilaires est génétiquement programmée, elle est de 2 à 4 ans chez l'homme et de 4 à 6 ans chez la femme.

25 à 60 cheveux tombent tous les jours et sont remplacés par des nouveaux de plus en plus fin, évoluant progressivement vers un duvet. (**ROBIN J.,2003**) Le cycle pilaire présente trois phases successives :

- **La phase anagène ou phase de croissance du cheveu**

La croissance de nos cheveux est en moyenne de 0,4 mm par jour, c'est à dire 1,2 cm par mois et 15 cm par an. Elle dure 4 à 6 ans chez la femme et 2 à 4 ans chez l'homme.

- **La phase catagène ou phase d'involution**

Elle correspond à un arrêt de la croissance et à un début d'involution du bulbe pilaire. Cela représente 25 à 60 cheveux/jour. Cette phase catagène dure trois semaines.

- **La phase télogène ou phase d'élimination**

Elle correspond à la phase de chute du cheveu. Le bulbe est à la surface du cuir chevelu, le cheveu tombe progressivement en 2 à 4 mois, poussé par le cheveu suivant en formation. (**BOUHANNA P, REYGAGNE P.,1999**)

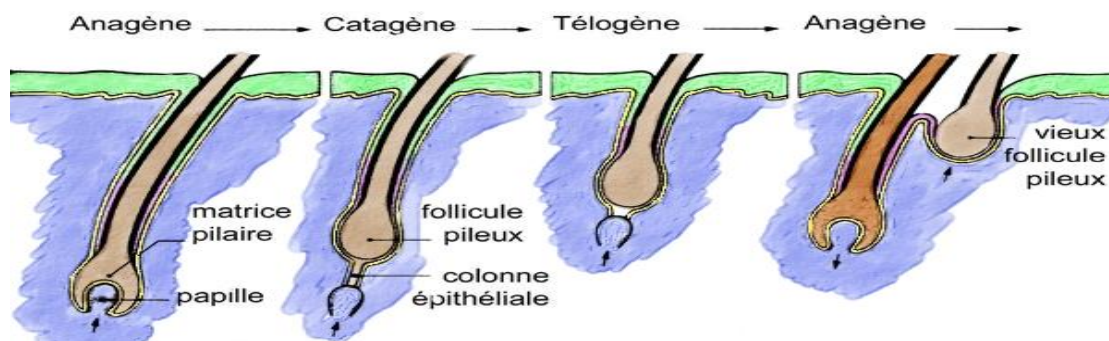


Figure 2.5 : Le cycle pileux

Source : <http://www.docteur-sarfati.com/index.html>

Ce tableau compare le pourcentage de cheveux dans les différentes phases du cycle pileux chez un homme et chez une femme. (BOUHANNA P, REYGAGNE P.,1999)

**Tableau 2.1:** Comparaison homme/femme du pourcentage de cheveux dans les différentes phases du cycle pileux (BOUHANNA P, REYGAGNE P.,1999)

	Hommes	Femmes
Nombres de cheveux en phase anagène	80 à 85%	85 à 90%
Nombres de cheveux en phase catagène	0 à 2%	0 à 2%
Nombres de cheveux en phase télogène	16 à 22%	12 à 16%

#### 2-4 Les caractéristiques physico-chimique des cheveux

- **Les propriétés mécaniques** : solidité, élasticité, et plasticité.

L'élasticité et la plasticité sont assurées grâce à la configuration hélicoïdale des chaînes polypeptidiques reliées entre elle par des liaisons disulfures, salines et hydrogènes.

- **Les propriétés électriques**

Les cheveux libèrent des charges électriques lors d'un frottement

- **Les propriétés de surface**

Le cheveu est perméable à l'eau, au sébum, aux colorants et aux tensioactifs surtout à pH alcalin. (ESTRADE MN.,2001)

**DEUXIÈME PARTIE**  
**PARTIE**  
**EXPÉRIMENTALE**

# **Chapitre I: Matériel et méthodes**

### Problématique:

Notre problématique consiste à mener des tests phytochimiques et hplc pour identifier les composés présents dans les plantes *Corchorus olitorius* (ou Jute alimentaire) et *Linum usitatissimum* (ou Lin), ainsi qu'à évaluer l'activité antioxydante de leurs extraits en neutralisant les radicaux libres. Parallèlement, nous souhaitons formuler un masque pour le lissage des cheveux en utilisant des ingrédients naturels provenant de ces plantes, et ensuite réaliser des tests physiochimiques pour évaluer les propriétés du masque ainsi créé.

## 1. Matériel

### 1.1 Matériel végétal

La plante *Corchorus olitorius* a été achetée chez l'herboriste sous forme des feuilles (la wilaya de Biskra en Algérie), puis elle a été broyée jusqu'à obtenir une poudre. Ensuite, nous l'avons tamisée par un tamis

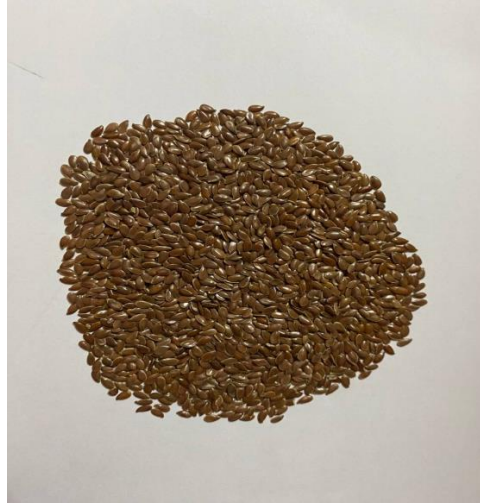


**Figure 3.1:** *Corchorus olitorius* (photo réelle)

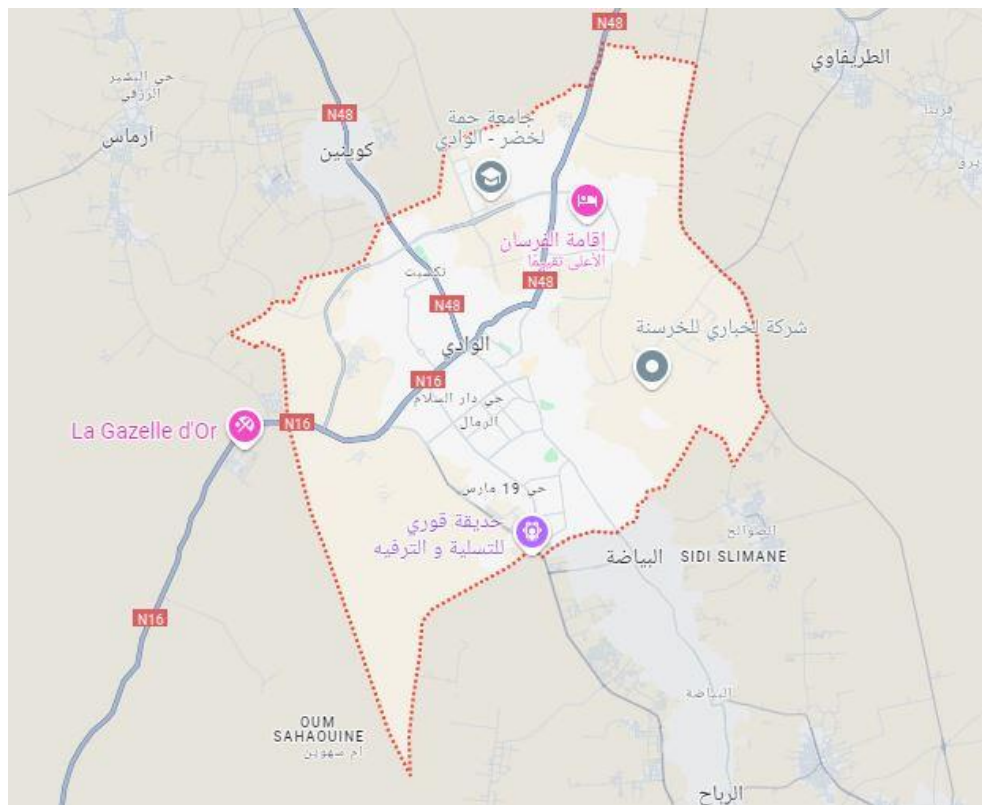


**Figure 3.2:** Localisation géographique de la zone d'étude de zeribet eloued (Wilaya biskra). (Google maps, 2024).

La plante *Linum usitatissimum* a été achetée chez l'herboriste sous forme de grains (la wilaya de Oued Souf), puis elle a été broyée jusqu'à obtenir une poudre. Ensuite, elle a été tamisée par un tamis



**Figure 3.3 :** *Linum usitatissimum* (photo réelle)



**Figure 3.4 :** Localisation géographique de la zone d'étude d'eloued (Wilaya OUED SOUF).  
(Google maps, 2024).

## **2. Méthode**

### **2.1 Méthode d'extraction**

On utilise deux méthodes d'extraction :

#### **2.1.1. Extraction classique**

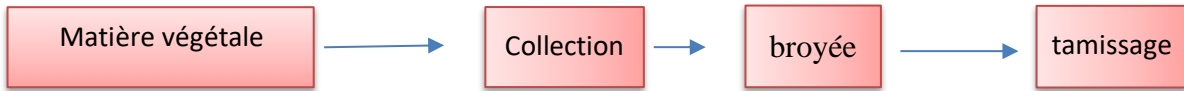
La matière végétale broyée (10 g) a été placée dans un flacon Erlenmeyer (100 ml) contenant du méthanol à 80 % (100 ml), avec un rapport de masse de matière végétale (g) au volume de solvant (ml) de 1:10. Une agitation supplémentaire a été appliquée, et l'extraction a été réalisée à une température de  $(25 \pm 0,1)$  °C. Après 24 heures, l'extrait liquide a été séparé du résidu solide par filtration sous vide. Les filtrats ont été recueillis et le solvant a été évaporé dans un évaporateur rotatif sous vide à 45 °C.

Ensuite on mélange cinq grammes de chaque plante avec les étapes précédentes

#### **2.1.2. Extraction par ultra-son**

La sonication a été réalisée pendant 10 minutes avec du méthanol 80 %, à un rapport de masse de matière végétale (g) sur volume de solvant (ml) de 1:10 et à une température de  $(25 \pm 0,1)$  °C en utilisant un bain à ultrasons (Sonic, Niš, Serbie ; puissance nominale totale : 3×50 W ; fonctionnant à une fréquence de 40 kHz et avec des dimensions internes de 30 cm×15 cm×20 cm). La température était contrôlée et maintenue au niveau souhaité ( $\pm 0,1$  °C) avec de l'eau circulant depuis un bain thermostaté grâce à une pompe. La séparation et le traitement ultérieur des filtrats étaient les mêmes que ceux décrits dans la section précédente.

Ensuite on mélange cinq grammes de chaque plante avec les étapes précédentes



10 g de matière végétale + 100 ml 80% méthanol aqueuse

Macération à température ambiante pendant 24 h  
~~Extraction par ultrason (08min 40°)~~

Filtration  
 Utilisation d'un papier filtre n° 1

Evaporation  
 Sous pression réduite dans un Rota-vapor, puis séché au four pendant au moins 48 heures à une température ne dépassant pas 40°C.



Un schéma représentant les étapes d'extraction

## 2.2 Les Tests phytochimiques

Cette préparation a été préférée pour être aussi proche que possible des conditions d'utilisation de *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum* en médecine traditionnelle. Nous avons utilisé les techniques analytiques décrites dans les travaux de **N'guessan et al., (2009); Tili, (2015) Fettah, (2019)**.

### 1. Polyphénols

La réaction avec le chlorure de fer trichlorure ( $\text{FeCl}_3$ ) a permis de caractériser les polyphénols. À 2 ml de l'extrait aqueux, nous avons ajouté une goutte de solution alcoolique de chlorure de fer trichlorure à 2 %. L'apparition d'une couleur bleu-noir ou verte plus ou moins foncée était le signe de la présence de polyphénols (**N'Guessan et al., 2009**).

### 2.Flavonoïdes

À 5 ml de l'extrait aqueux, on ajoute 5 ml d'alcool chlorhydrique (4 ml d'éthanol et 1 ml d'acide chlorhydrique concentré), environ 0,5 g de copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose, orange ou rouge pourpre indique la présence de flavonoïdes (flavonols, flavones, flavonones) (**Tili, 2015**).

### 3. Saponins

Dans un tube à essai, introduisez 10 ml de l'extrait à analyser, secouez pendant 15 secondes et laissez le mélange reposer pendant 15 minutes. L'apparition de mousse persistante indique la présence de saponosides (**Fettah, 2019**).

### 4.Tannins

Dans un tube à essai, introduisez 5 ml d'extrait et ajoutez 1 ml d'une solution aqueuse à 2 % de chlorure de fer ( $\text{FeCl}_3$ ). La présence de tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu-noir. (**Mouellet, M., 2005**)

## 2.3 Dosage des polyphénols totaux (PPT)

Les polyphénols sont des antioxydants qui sont capables de piéger des radicaux libres, d'inhiber la peroxydation lipidique en réduisant les radicaux hydroxyles, les superoxydes et les peroxylys. Ils sont aussi capables de piéger les ions métalliques, car ils ont des propriétés chélatrices (**Drassen et al ; 2017**).

Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits des plantes étudiées, est effectué selon la méthode de Folin Ciocalteu (**Boizotet al., 2006**). Le réactif utilisé est constitué d'un mélange

d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_4$ ) de couleur jaune.

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif, qui entraîne la formation d'un nouveau complexe d'oxydes métalliques de tungstène et de molybdène de couleur bleu. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

Les solutions utilisées lors de la manipulation sont préparées comme suit :

#### **a) Préparation de carbonate de sodium 7,5%**

Dans un bécher on pèse 1,875g de carbonate de sodium après on ajoute une petite quantité d'eau distillée et une pierre ponce on agite avec l'agitateur, ensuite on verse le tout dans une fiole de 25mL et on ajuste avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

#### **b) Préparation de folin ciocalteu 1/10**

On met dans un bécher 1mL de folin ciocalteu après on ajoute une petite quantité d'eau distillée et une pierre ponce et on agite avec l'agitateur, ensuite on verse le tout dans une fiole de 10mL et on ajuste jusqu'au trait de jauge.

Le protocole du dosage est effectué comme suit : 200 $\mu$ l de chaque extrait dissous dans l'eau distillée ou de point de gamme, est ajouté à 1 ml du réactif de Folin Ciocalteu (dilué 10 fois dans de l'eau distillée). Après 4 min d'incubation à température ambiante, 800 $\mu$ l de  $Na_2CO_3$  (7.5%) dilué également dans l'eau distillée, sont additionnés au mélange. L'ensemble préalablement agité est incubé à l'abri de la lumière pendant 30 min. L'absorbance est ensuite lue à 765 nm par un spectrophotomètre UV/visible (**Bougandoura, 2012**)

#### **c) Expression des résultats**

La concentration des polyphénols totaux pour chaque échantillon est calculée à partir de l'équation de régression d'une gamme d'étalonnage en milieu aqueux (0 à 200 mg/ml), établie avec l'acide gallique dans les mêmes conditions opératoires que les extraits (Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (mg EAG/mg d'extrait).

### **2.4 Dosage des flavonoïdes**

Les flavonoïdes représentent un grand groupe de composés polyphénoliques avec un squelette C6-C3-C6. Ils rassemblent une très large palette de composés naturels appartenant à

la famille des polyphénols. Ils assurent plusieurs fonctions telles que la pigmentation des différents organes : fleurs, fruits et graines, la protection contre les rayons UV et la défense contre phytopathogènes. La propriété marquante des flavonoïdes est leur propriétés antioxydants à travers leurs pouvoir élevé à piéger les radicaux libres et ceci en donnant un atome d'hydrogène à partir d'un groupe hydroxyle aromatique à un radical libre, ce qui mène à un radical phénolique stable (**Ross et Kasum, 2002 ; Methenni et al, 2018**).

#### **a) Principe**

La méthode du trichlorure d'aluminium (**Bahorun T et al., 1996**) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits; cette méthode basée sur la formation d'un complexe flavonoïde-aluminium, ayant le maximum d'absorbance à 430 nm. La quercétine a été utilisée pour faire la courbe d'étalonnage.

#### **b) Mode opératoire**

##### **Préparation de chlorure d'aluminium à 2%**

Dans un bécher on pèse 0,5g de chlorure d'aluminium après on ajoute une petite quantité d'eau distillée et une pierre ponce on agite avec l'agitateur, ensuite on verse le tout dans une fiole de 25mL et on ajuste avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Le dosage des flavonoïdes est réalisé selon le protocole ci-dessous :

1ml de chaque échantillon ou du standard (quercétine), dilués dans le méthanol, est ajouté à 1ml de la solution d' $\text{AlCl}_3$  (2% dans le méthanol). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm par un spectrophotomètre UV-visible. (**Saffidine, 2018**).

#### **c) Expression des résultats**

Les concentrations des flavonoïdes des différents extraits sont déduites à partir de la gamme d'étalonnage, établie avec la quercétine et sont exprimées en microgrammes équivalents de quercétine par milligramme d'extrait (mg EQ/mg d'extrait).

### **2.5 Activité antioxydant**

Un antioxydant est défini comme étant toute substance ajoutée à faible dose et que peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques, ce sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi inoffensifs (**Yanishlieva et al., 1999**)

### 1. Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

Le pouvoir réducteur des extraits de *C. dactylon* a été mesuré selon la **méthode d'Oyaizu (1986)**. Selon cette méthode, la réduction de  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$  a été déterminée en mesurant l'absorbance du complexe bleu de Prusse de Perl. Cette méthode repose sur la réduction du ferricyanure ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en excès stœchiométrique par rapport aux antioxydants.

#### Mode opératoire

On prend 500  $\mu\text{l}$  d'échantillon et ajoutez 1,25 ml de solution tampon (0,2 M, pH = 6,6). Ajoutez ensuite 1,25 ml de ferriocyanure de potassium. Incubez pendant 20 minutes dans un bain-marie à 50 °C. Après refroidissement, ajoutez 1,25 ml de solution de TCA aqueuse (10%) pour arrêter la réaction. Centrifugez à 3000 rpm pendant 5 minutes. Ensuite, prenez 1,25 ml de surnageant et mélangez-le avec 1,25 ml d'eau distillée et 250  $\mu\text{l}$  de  $\text{FeCl}_3$  (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm par rapport à un blanc. (**Yazdani et al., 2018**)

Une courbe d'étalonnage avec différentes concentrations est réalisée en utilisant de l'acide ascorbique selon la même procédure expérimentale. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide ascorbique par gramme d'extrait (mg EAA/g E).

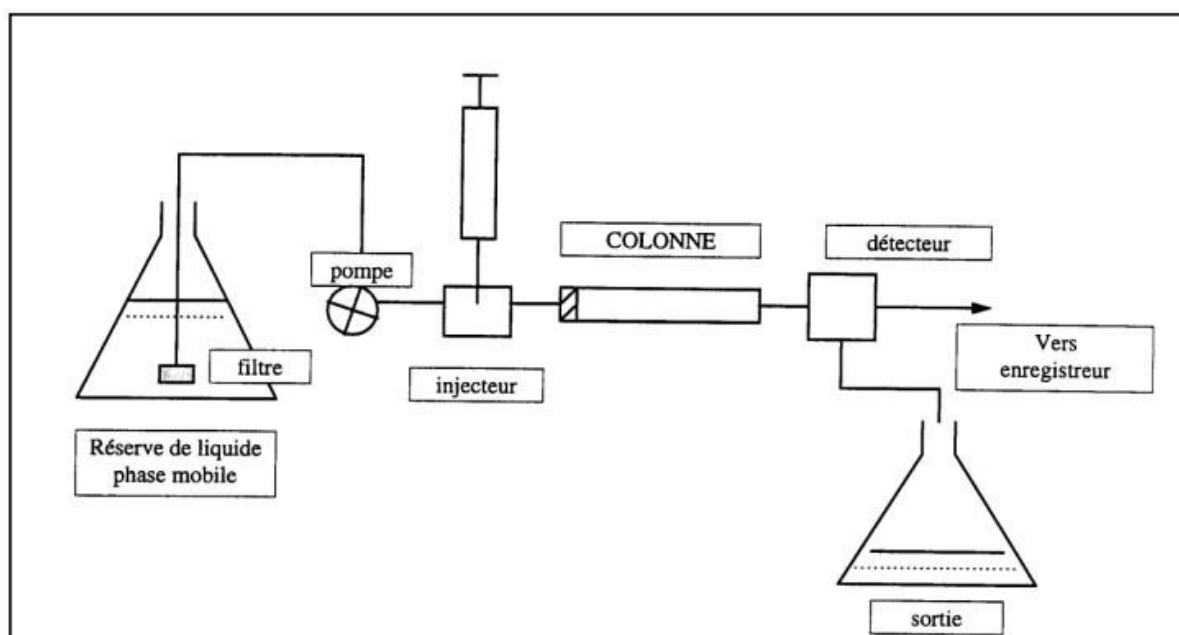
### 2.6 Analyse des composés phénoliques par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) :

La chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) est une méthode analytique qui permet la séparation de un ou plusieurs composés présents dans un mélange, appelé système de phases, composé d'une phase stationnaire et d'une phase mobile. La méthode HPLC utilisée pour la séparation et la caractérisation des échantillons est la chromatographie d'adsorption en phase inverse, avec une phase stationnaire composée de groupements C18 greffés sur un support de silice.

La phase mobile est continuellement alimentée dans le chromatographe par une pompe dont le débit est modulable. Les composés à séparer, en suspension dans un solvant, sont prélevés à l'aide d'une seringue puis introduits dans le chromatographe par l'injecteur au niveau de la boucle d'injection. Les molécules sont entraînées par la phase mobile vers la colonne chromatographique contenant la phase stationnaire. L'affinité des composés pour la phase stationnaire détermine leur rétention. Un détecteur fluorimétrique suit en permanence l'élution du composé et le signal obtenu est enregistré au niveau de l'ordinateur.

Une bonne séparation des composés d'intérêt, grâce à l'utilisation de phases mobiles et stationnaires adaptées, permettra d'observer au niveau de l'intégrateur un pic isolé, fin et symétrique, dont la surface est fonction de la concentration de la solution analysée en ce composé.

Pour améliorer les résultats de la HPLC, nous procédons au fractionnement des extraits méthanoliques par une technique de séparation liquide-liquide. Cette méthode implique l'utilisation de méthanol, de dichlorométhane et de chloroforme (MAHBOUB Nasma 2018).



**Figure 3.5:** schéma représente Chromatographie liquide à haute performance (MAHBOUB Nasma 2018)

## 2.7 Préparation d'un masque lissant pour les cheveux

Dans une émulsion, aux trois éléments de base (huile, eau et émulsionnant) viennent s'ajouter des constituants divers : principes actifs, épaississant, aromatisants, colorants, conservateurs, dans chaque cas, les trois constituants de base doivent être choisis avec beaucoup de soin pour avoir une émulsion aux caractéristiques bien déterminées.

Pour ce qui est des proportions, c'est souvent par tâtonnements qu'on arrive à une formule stable et de consistance adaptée à l'utilisation. Un des principaux problèmes rencontrés par le formateur lors de la réalisation d'émulsions, qu'elles soient de type conventionnel ou naturel, est de faire coexister, dans un même système, des substances qui n'ont pas la même solubilité. La stabilité du produit est très difficile à maîtriser.

Le masque lissant a été préparé en prenant comme principe actif les extraits préparés précédemment à partir des plantes étudiées. Pour des raisons d'enregistrement d'un brevet nous mettons que la composition générale du masque préparée.

### Composition du masque

- **Eau distillée** : Nous avons choisi comme liquide de dispersion de l'eau distillée fraîchement préparée afin d'éviter l'utilisation d'une eau contaminée au départ. L'eau distillée est bien disponible et elle est préparée par distillation de l'eau potable en utilisant un distillateur à simple effet au niveau de laboratoire.
- **Extrait des deux plantes comme principe actif** : nous avons utilisé les extraits des deux plantes à des pourcentages étudiés
- **Huile hydratante**
- **Humectant (hydratant)**
- **Emulsifiant** : Notre choix est orienté vers une émulsion aqueuse de type L/H pour les raisons qu'elles ont une bonne tolérance et elles ont un fort pouvoir pénétrant
- **Epaississant et gélifiant**
- **Conservateur naturel** : L'émulsion étant fluide, contenant des substances facilement altérables par les proliférations microbiennes, l'addition d'un conservateur antimicrobien semble indispensable.
- **Conditionnement** : Étant donné que les antioxydants sont sensibles à la lumière, on a choisi comme conditionnement primaire une boîte opaque.

## 2.8 Les analyses physico-chimiques

Dans cette partie nous avons effectué une analyse physico-chimique de notre masque pour comprendre sa composition chimique et ses propriétés. Les paramètres déterminés sont: le pH, l'acidité, la matière sèche, l'humidité, l'indice de peroxyde, les antioxydants (flavonoïdes et polyphénols)

### 1. Échantillonnage

L'échantillonnage est une partie essentielle dans les analyses physico-chimiques. Pour cela, le prélèvement doit être fait soigneusement afin d'aboutir à des résultats précis.

Sachant que la masse (m) des échantillons prélevés varie d'une analyse à une autre.

pH: un échantillon de masse  $m=1g$

Acidité: un échantillon de masse  $m= 1g$

Matière sèche et humidité: un échantillon de masse  $m= 3g$

Indice de peroxyde : un échantillon de masse  $m= 3g$

Antioxydants (polyphénol, flavonoïde): un échantillon de masse  $m=1g$

## 2. Détermination du pH

### a. Définition

Le pH, appelé aussi potentiel hydrogène, est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène en solution. En solution aqueuse, ces ions sont présents sous la forme d'ions hydronium. Plus souvent, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C (Figure) :

Une solution de  $pH = 7$  est dite neutre ;

Une solution de  $pH < 7$  est dite acide ; plus son pH diminue, plus elle est acide.

Une solution de  $pH > 7$  est dite basique ; plus son pH augmente, plus elle est basique.

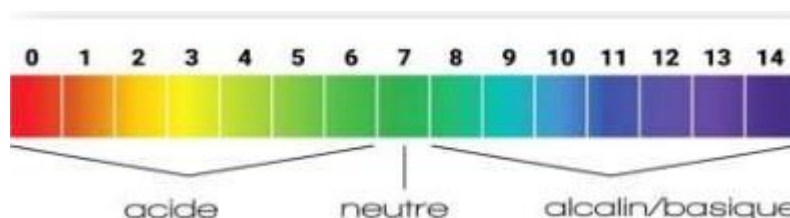


Figure 3.6: L'échelle de pH

### b. Principe

La mesure du pH est basée sur la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Chikhoun, A ; 2011).

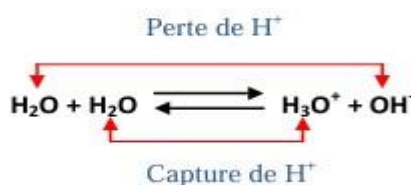


Figure 3.7 : La réaction acido-basique de l'eau.

### c. Mode opératoire

On pèse 1g de échantillon et on le met dans un bécher, et on rajoute 10mL d'eau distillée et on agite jusqu'à la dissolution de la masque, puis en mesure le pH de chaque solution à l'aide d'un pH-mètre.(Figure )

## 3. Acidité

### a. Définition

L'acidité est le pourcentage d'acides gras libres, exprimée selon la nature du corps gras en acide oléique (Chikhoun, A ; 2011).

### b. Principe

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse avec une base (KOH ou NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur (Noui, Y ; 2007).

La réaction chimique du dosage de l'acide oléique par la base NaOH est la suivante :



### c. Mode opératoire

Dans un bécher, on pèse 1g de échantillon de masque, après on ajoute 10mL d'éthanol et quelques gouttes de phénolphtaléine (indicateur coloré). Ensuite, on titre le mélange avec la solution KOH (0,1N) préparée.

Les solutions utilisées lors de la manipulation sont préparées comme suit :

#### Préparation de la solution KOH (0,1N)

Pour une pureté égale à 85%, on pèse dans un bécher 0,66g de KOH et on ajoute une petite quantité d'éthanol et une pierre ponce et on agite avec l'agitateur, après on verse le tout dans une fiole de 100mL ensuite on ajuste avec l'éthanol jusqu'au trait de jauge et on agite.

#### Préparation de phénolphtaléine (indicateur coloré)

Dans un bécher on pèse 0,025g de phénolphtaléine, et on ajoute une petite quantité de l'éthanol et une pierre ponce et on agite avec l'agitateur, après on verse le tout dans une fiole de 25mL et on ajuste avec l'éthanol jusqu'au trait de jauge et on agite.

#### 4. Matière sèche et humidité

##### a. Définition

L'humidité (H) reflète la présence d'un liquide, en particulier de l'eau dans un échantillon donné. La matière sèche (MS) décrit la part de solide restante après l'élimination de l'eau.

##### b. Principe

L'humidité (H) est la teneur en eau présente dans l'échantillon obtenu après séchage ou déshydratation (**Dr Christophe, C., 2004**).

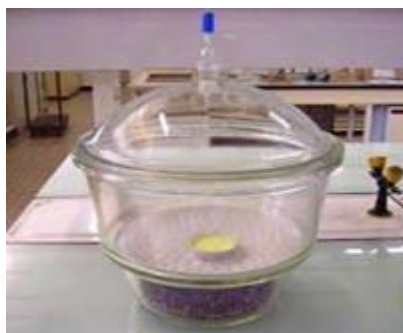
La matière sèche (MS) est le résidu sec obtenu par l'application de la méthode de dessiccation à l'étuve à 103°C pendant 2h (**Benamor, H ; Bouaoudia, A ; 2018**).

##### c. Mode opératoire

On pèse des capsules vides avec numérotation, puis on introduit 3g de échantillon, après on met les capsules remplies dans l'étuve (Figure) pendant 2h à 103°C. Ensuite, on retire les capsules de l'étuve et on les met dans le dessiccateur (Figure) jusqu'à ce qu'elles refroidissent complètement. A la fin, on pèse les capsules après séchage.



**Figure 3.8:** Etuve



**Figure 3.9:** Dessiccateur (verrerie).

## 5. Indice de peroxyde

### a. Définition

L'indice de peroxyde est le nombre d'équivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras oxydant l'iodure de potassium avec libération de l'iode. (Achouri, Y ; charikh, K ; 2007). Plus l'indice est élevé plus la matière grasse est oxydée.

### b. Principe

Traitement d'une prise d'essai en solution dans de l'acide acétique et du Chloroforme par une solution d'iodure de potassium, titrage de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium (Aggaz, S ; hanifi, L ; 2008).

Réaction chimique de formation de peroxyde :



Réaction de l'iodure de potassium en milieu acide :



L'iode libéré est titré par le thiosulfate de sodium :



### c. Mode opératoire

On met 3g de échantillon dans un erlenmeyer , après on ajoute 10mL de chloroforme, 15mL d'acide acétique pur 1mL de KI saturé et on agite le mélanges. On le met à l'obscurité pendant 5min ensuite on ajoute pour 75mL d'eau distillée et on agite. A la fin on titre le mélange avec du thiosulfate de sodium 0,01N jusqu'à la disparition de la couleur avec prise de volume titré.

Les solutions utilisées lors de la manipulation sont préparées comme suit :

#### Préparation de KI saturé

On dissout de l'iodure de potassium (KI) dans 4mL d'eau distillée par petites quantités sous agitation continue jusqu'à saturation de la solution.

### Préparation de la solution thiosulfate de sodium (0,01N)

On calcule la masse de thiosulfate nécessaire pour préparer sa solution avec la formule suivant :

$$m = M \cdot V \cdot C$$

$$m = 248,18 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01$$

$$m = 0,24818 \text{g}$$

m : masse de thiosulfate de sodium en g.

M : masse molaire de thiosulfate de sodium en g /mole (M=248,18g /mole).

V : volume préparé en mL.

C : concentration de thiosulfate de sodium en mol /L.

On pèse m=0,24818g de thiosulfate de sodium et on ajusté jusqu'un 100ml avec l'eau distillée.

### 2.9 L'analyse sensorielle

Avant la commercialisation de chaque produit cosmétique, il doit d'abord passer par une analyse sensorielle. Cette analyse consiste à étudier les propriétés organoleptiques (vue, odorat, goût, toucher) d'un produit afin de pouvoir le décrire et l'améliorer d'une façon objective. Nous avons interrogé 25 personnes donner leur avis sur quelques perceptions qui sont : la texture, la facilité d'étalement la fraîcheur, l'effet collant, la présence éventuelle de particules ou de grumeaux, et l'odeur.

## **Chapitre II : Résultat et discussion**

## 1. Rendement

Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminée après évaporation du solvant, il est exprimé en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction. (Les résultats mentionnés dans le tableau 4.1)

La formule de calcul du rendement d'extraction est la suivante :

Le rendement de l'extrait (%) = (Quantité de l'extrait obtenue / Quantité de la plante ou de la matière première) × 100

**Tableau 4.1:** les résultats de rendement de chaque échantillons dans les deux modes d'extractions

Mode d'extraction	Echantillon	Rendement	Couleur
Classique	<i>Corchorus Olitorius</i>	31.10%	Vert foncé
	<i>Linum usitatissimum</i>	9.20%	Jaune
	Mixte	16.20%	Marron clair
Ultrasound	<i>Corchorus Olitorius</i>	20.4%	Vert foncé
	<i>Linum usitatissimum</i>	3.4%	Jaune
	Mixte	11.2%	Marron clair

Les rendements d'extraction obtenus dépendent à la fois de la plante étudiée et de la méthode d'extraction. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une différence claire entre les rendements de deux extractions.

► Les essais réalisés avec ces deux techniques nous ont permis de conclure l'influence des paramètres de la méthode d'extraction sur le rendement en extractibles. Donc, la méthode classique est la méthode qui permet l'obtention du meilleur rendement.

► Akrouf et *al.*, (2010), ont expliqué que le rendement varie selon le type d'espèce investiguée. Dans le même type varie considérablement et dépend de l'emplacement et la séparation géographique et la saison de récolte. L'hétérogénéité des rendements d'extraction est à la fois due aux plantes concernées et aux parties analysées mais aussi au protocole d'extraction utilisé

## 2. Les tests phyto-chimiques

Le dépistage phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence de métabolites secondaires dans les tissus végétaux de notre plante et d'avoir une bonne idée de ses activités pharmacologiques. Ces métabolites confèrent une protection contre les bactéries, les champignons et les attaques de pesticides, et sont donc responsables de l'activité antimicrobienne contre certains micro-organismes. (Marjorie, 1999).

La détection de ces composés chimiques s'appuie sur des tests de solubilité des composants, des réactions de précipitation et des changements de couleur. Les résultats des tests phytochimiques réalisés sur l'extrait de la plante sont présentés dans le tableau

**Tableau 4.2:** les résultats des testes phytochimiques

Test	Polyphénols	Flavonoïdes	Tanins	Saponines	Resultat et observation
Reactif	FeCl <sub>3</sub>	Mg <sup>++</sup>		Foam test	
<i>Corchorus olitorius</i> classique	++++	+	+++	+	
<i>Corchorus olitorius</i> Ultrasound	+++	+	+++	-	
<i>Linum usitatissimum</i> classique	++	+	-	+++	
<i>Linum usitatissimum</i> Ultrasound	++	+	-	-	

Tout changement de couleur ou formation de précipité a été utilisé comme indicateur d'une réponse positive à ces tests.

Les tests phytochimiques réalisés ont révélé la présence d'un groupe variée de composés secondaires

► Les polyphénols sont très existés dans les deux plantes et surtout dans l'extrait classique de corchorus .

► L'existence des flavonoïdes, dans *Corchorus olitorius* et les graines de *Linum usitatissimum*, dans les deux méthodes d'extraction est très faible .

► Cependant, les tanins étaient présents dans le *Corchorus olitorius* mais absents dans les graines de *Linum usitatissimum*.

► En revanche, les saponines étaient détectées par une faible mesure dans le *Corchorus olitorius* et avec une large et clair mesure dans les graines de *Linum usitatissimum*, lors de l'extraction classique, mais n'étaient pas présentes dans les extraits obtenus par la méthode d'ultrasound

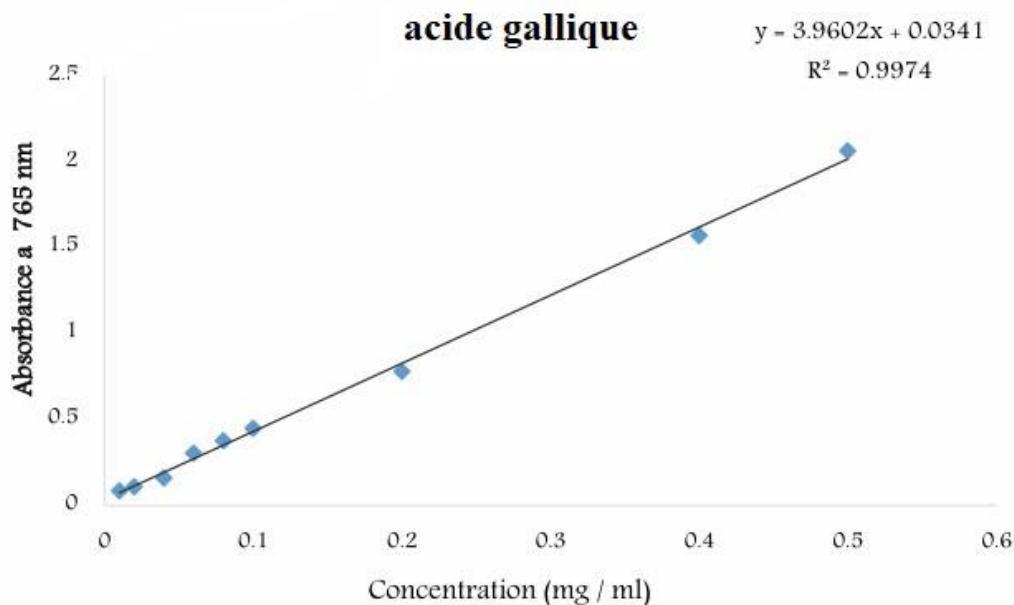
### 3. Estimation quantitative

#### 3.1 Polyphenol

**Tableau 4.3:** les concentrations des polyphénols totaux en mg/ml

Mode d'extraction	Echantillon	Concentration mg/ml
Classique	<i>Corchorus Olitorius</i>	0.086 ± 1.163
	<i>Linum usitatissimum</i>	0.053± 0.017
	Mixte	0.092 ± 0.024
Ultrasound	<i>Corchorus Olitorius</i>	0.096 ±0.020
	<i>Linum usitatissimum</i>	0.027 ± 0.009
	Mixte	0.077 ± 0.019

Les extraits hydroalcooliques ont été quantitativement analysés par spectrophotomètre pour déterminer leur teneur en polyphénols totaux à l'aide de la méthode de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/gE), calculés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage établie avec de l'acide gallique.



**Figure 4.1:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la détermination des phénols totaux.

### *Corchorus Olitorius*

Notre résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient légèrement entre les deux extraits de la plante de *Corchorus Olitorius*. L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.086 \pm 1.163$  mg EAG / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.096 \pm 0.0204$  mg EAG / gE.

► Ce résultat est inférieure à celui enregistré par (Meite et al., 2017), qui ont trouvé une teneur en polyphénol total compris entre  $866 \pm 15,3$  mg EAG /G de MS pour une concentration de 0.1 g /ml de *Corchorus Olitorius*. Deplus, les études d'Eseyin et al.,(2014) montrent que *Corchorus olitorius* contient une teneur très importante en polyphénol totaux compris entre  $0,100 \pm 6,84 \times 10^{-5}$  mg /ml par rapport aux autres plantes étudiées.

### *Linum usitatissimum*

Les résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient considérablement entre les deux extraits de la plante de *Linum usitatissimum*. L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.053 \pm 0.017$  EAG / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.027 \pm 0.009$ mg EAG / gE.

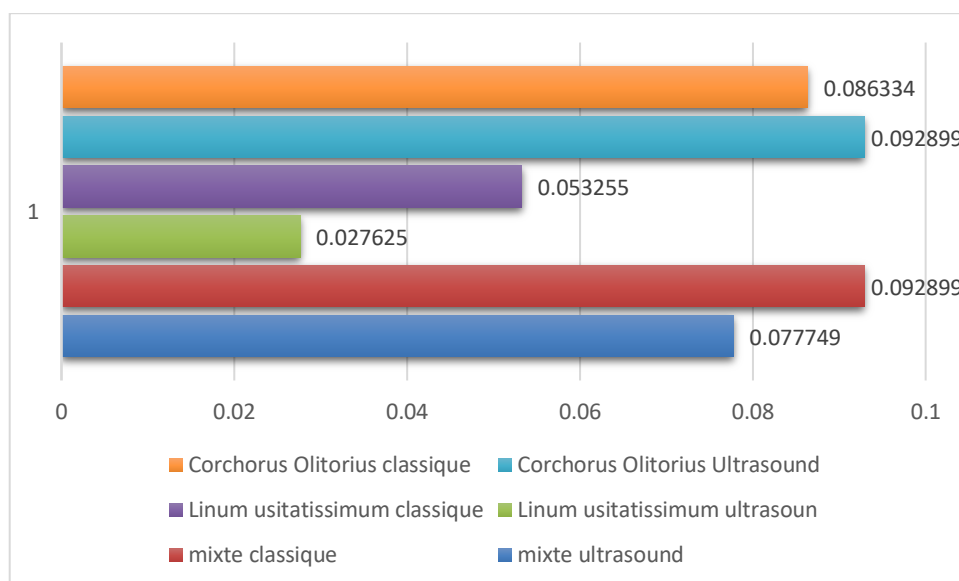
► Ces résultats sont plus moins par rapport à celui trouvé par El Abdali Youness en (2017) (**7,24** mg EAG/g d'extrait) et Veliouglu et al, en 1998 (**5** mg EAG/g) dans l'extrait hydrométhanolique 80% des graines de lin, alors que **3** mg EAG/g de polyphénols sont trouvés

par **Anwar et Przybylski (2012)** lorsque l'éthanol éthylique à 80% est utilisé. Ainsi que l'étude réalisée par **Acket (2015)** sur le dosage des polyphénols dans les graines de lin a donné une teneur estimée à 9 mg EAG/ 10g de matière sèche .

### Mixte

Les résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient légèrement entre les deux extraits de la mixte des plantes. L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.0928 \pm 0.024$  EAG / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.077 \pm 0.0190$  mg EAG / gE.

▪ Notre résultat peut être expliqué par la solubilité des composés phénoliques, car les polyphénols ont besoin de leur nature chimique dans la plante, qui varie de composés simples à fortement polymérisés et la polarité du solvant utilisé (**Garcia-Salas et al., 2010**) d'une part et d'autre part la teneur phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétique) et extrinsèques (conditions climatiques, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte et les conditions de stockage) (**Falleh et al., 2008 ; Podsdek, 2007**).



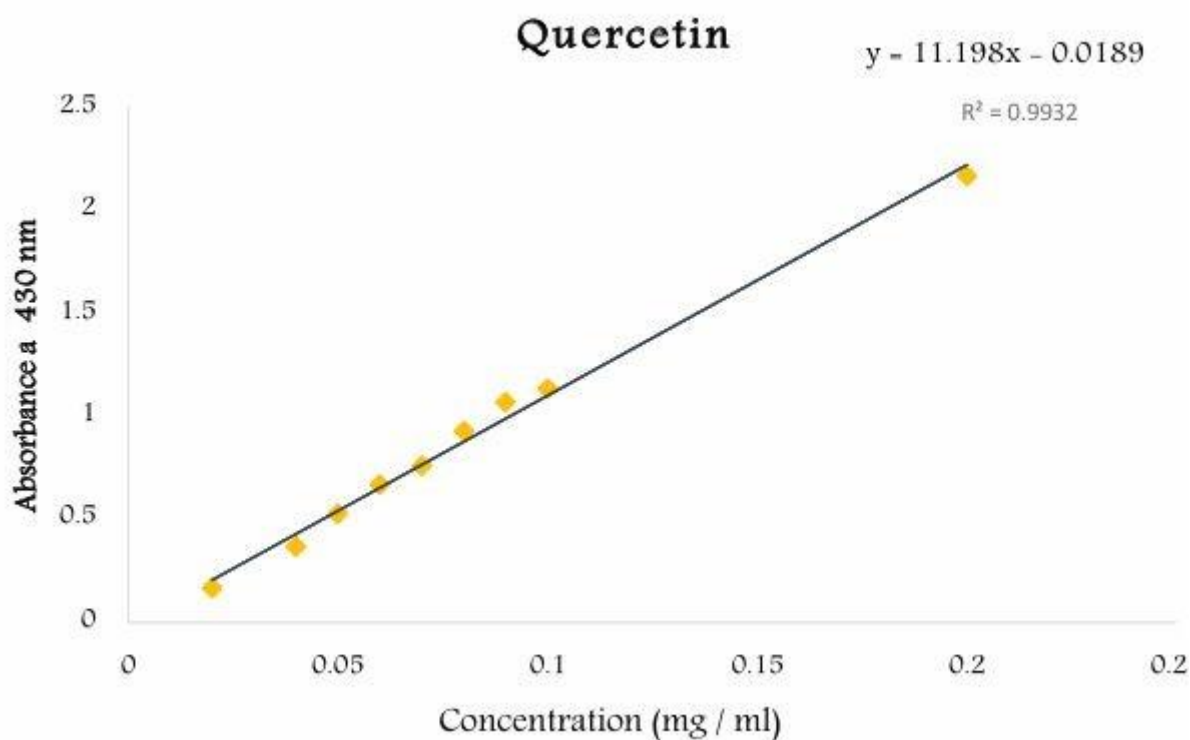
**Figure 4.2:** Évaluation des polyphénols totaux de chaque extrait par rapport le type d'extraction

### 3.2 Flavonoïdes

**Tableau 4.4:** les concentrations des flavonoïdes en mg/ml

Mode d'extraction	Echantillon	Concentration
Classique	<i>Corchorus olitorius</i>	0.0403 ± 0.008
	<i>Linum usitatissimum</i>	0.0217 ± 0.003
	Mixte	0.0316 ± 0.009
Ultrasound	<i>Corchorus Olitorius</i>	0.019 ± 0.0031
	<i>Linum usitatissimum</i>	0.018 ± 0.0037
	Mixte	0.059 ± 0.003

Les flavonoïdes ont été évalués en utilisant la méthode colorimétrique avec le chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>). Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent quercétine par gramme d'extrait (mg EQ / g E), en se basant sur l'équation de régression linéaire de la courbe standard de la quercétine.



**Figure 4.3 :** Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes

### *Corchorus olitorius*

Notre résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient considérablement entre les deux extraits de la plante de *Corchorus Olitorius*. L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.0403 \pm 0.008$  EQ / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.019 \pm 0.003$  mg EQ / gE.

► (Olaniyi et al., 2015) ont trouvés une teneur compris entre 1.650-1.880 mg EQ /g dans l'extrait méthanolique, on peut expliquer ce résultat par la différence du standard utilisé pour le dosage des flavonoïdes. (Barnham et al., 2004), ont trouvé que l'extrait phénolique possède des flavonoïdes avec un pourcentage égal à 54.1% et le reste (45.9%) représente autres composés.

### *Linum usitatissimum*

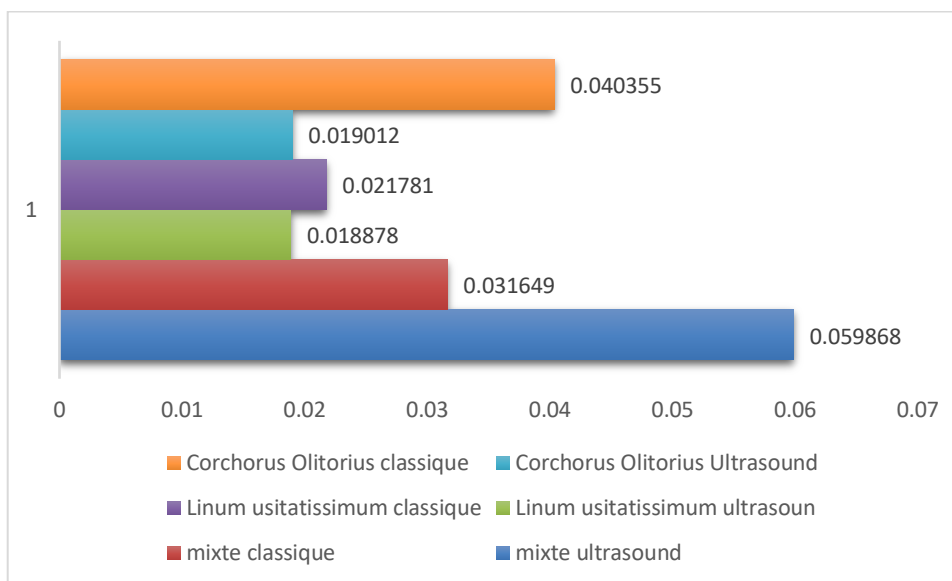
Notre résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient légèrement entre les deux extraits de la plante de *Linum usitatissimum*. L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.0217 \pm 0.003$  mg EQ / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.0188 \pm 0.003$  mg EQ / gE.

► Notre résultat est largement inférieur à celui trouvé par Oomah et al. (1996) variant de 0,302 à 0,835 mg /g EX. Anwar et Przybylski (2012) qui ont trouvé dans l'extrait méthanolique du lin des teneurs entre 1,9 et 4,8mg EC/g EX en utilisant la catéchine comme standard.

### Mixte

Les résultats montrent que les contenus des composés phénoliques varient considérablement entre les deux extraits de le mixte des plantes . L'extrait obtenu par extraction classique contient ( $0.0316 \pm 0.009$  EQ / gE), tandis que l'extrait obtenu par extraction par ultrasound se situe autour de  $0.059 \pm 0.003$  mg EQ / gE.

▪ En ce qui concerne les flavonoïdes, ces composés peuvent empêchés les dommages oxydatifs par différentes mécanismes d'actions: soit par capture des radicaux hydroxyles, superoxydes, alkoxyles et peroxydes (Hoek et al., 2002). Soit par chélation des métaux (le fer et le cuivre) qui sont d'importance majeure dans l'initiation des réactions radicalaires; soit par l'inhibition des enzymes responsables de la génération des radicaux libres (Van Acker et al., 1996; Benavente-Garcia et al., 1997)

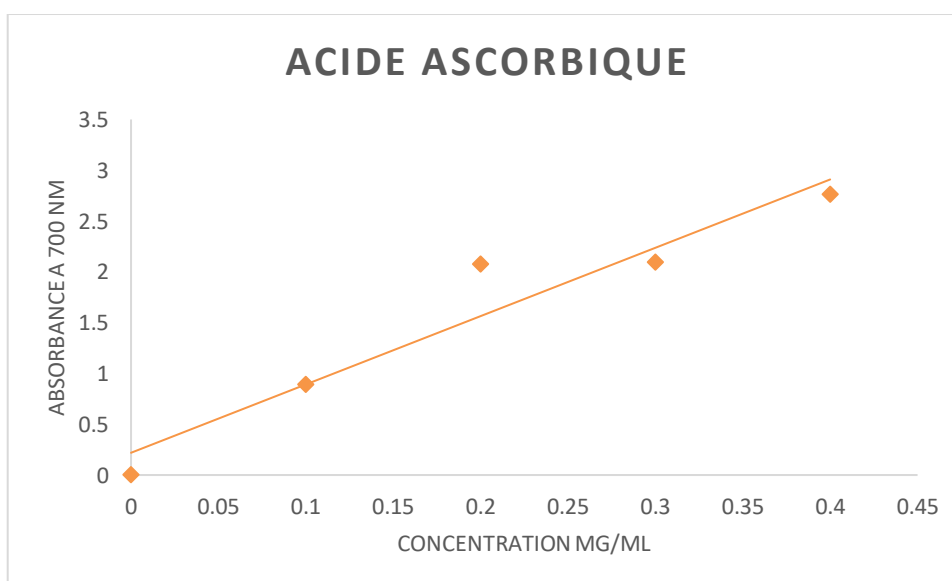


**Figure 4.4:** Évaluation des flavonoïdes de chaque extrait par rapport le type d'extraction

#### 4. Test antioxydant

Dans cette étude, le test de capacité antioxydante vise à évaluer l'efficacité des extraits végétaux comme agents antioxydants, nous avons décidé d'analyser les différents extraits méthanoliques. (Les résultats mentionnés dans le tableau)

Une courbe de calibration a été réalisée en utilisant de l'acide ascorbique. Les résultats sont exprimés en milligrammes (mg) .



**Figure 4.5:** Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le test FRAP

**Tableau 4.5:** Résultats de l'activité antioxydant évaluée par le test FRAP

Mode d'extraction	Echantillon	A 0.5 Concentration mg/ml
Classique	<i>Corchorus Olitorius</i>	0.327± 0.175
	<i>Linum usitatissimum</i>	0.225±0.1
	Mixte	0.782±0.166
Ultrasound	<i>Corchorus Olitorius</i>	0.842± 0.167
	<i>Linum usitatissimum</i>	1.185±0.154
	Mixte	0.747±0.164
	Acide ascorbique	0.041

### *Corchorus olitorius*

L'extrait de *Corchorus olitorius* obtenu par extraction par ultrasons présente l'effet antioxydant le plus significatif, d'une valeur de 0.842±0.167 mg/ g, suivi par l'extrait obtenu par la méthode classique, avec une valeur équivalente à 0.327±0.175 mg/ g.

► D'après (**Biswas A et al 2023**) les différentes parties de l'extrait ont également affecté de manière significative les capacités antioxydantes, notamment l'activité DPPH, ABTS et FRAP avec des valeurs d'inhibition de 22,03 à 79,46 %, 10,84 à 104,10 µmol TE/g DW et 10,84 à 104,10 µmol Fe<sup>2+</sup>/g DW respectivement pour *C. olitorius*, tandis que *C. capsularis* a démontré 14,03 à 70,97 % d'inhibition du DPPH, 9,16 à 95,60 µmol TE/g DW d'ABTS et 5,31 à 71,82 µmol Fe<sup>2+</sup>/g DW d'activité FRAP.

### *Linum usitatissimum*

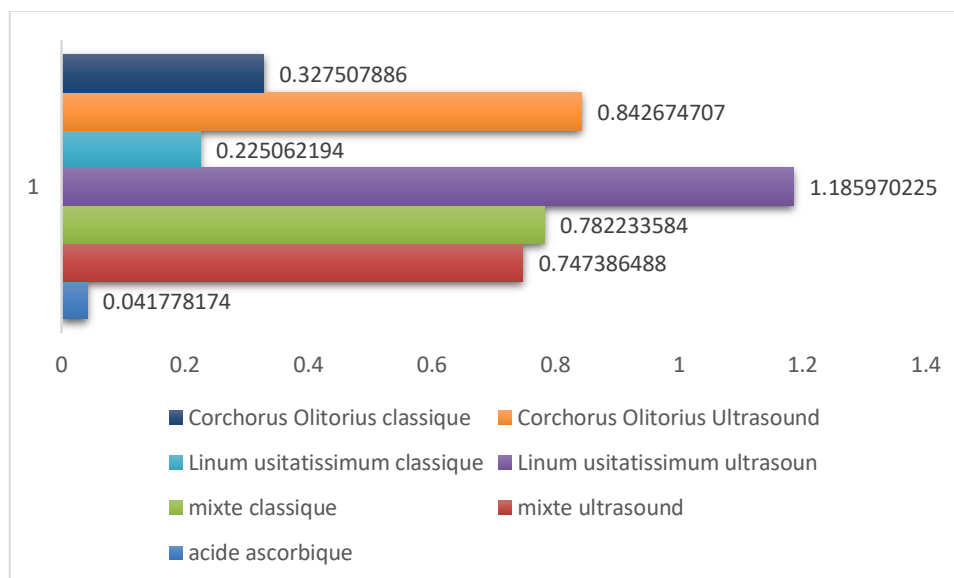
L'extrait de *Linum usitatissimum* obtenu par extraction par ultrasound présente l'effet antioxydant le plus significatif, d'une valeur de 1.185±0.154 mg/ g, suivi par l'extrait obtenu par la méthode classique, avec une valeur équivalente à 0.225±0.1 mg / g.

► Ainsi que l'étude réalisée par (**Brodowska et al 2014**) les résultats ont révélé que la capacité des extraits de graines de lin dégraissées à piéger le radical DPPH était au niveau de 19,7 à 76,1 %, tandis que la capacité de piégeage des extraits de graines de lin non dégonflés variait de 25,7 à 76,3 %. Parmi les extraits de graines de lin dégraissés et non dégraissés, le second a montré une réduction plus forte des ions ferriques. activité avec 0,062 ± 0,007 mmol TE/g d'extrait de graines de lin.

## Mixte

L'extrait des plantes obtenu par extraction selon la méthode classique présente une légère différence dans les résultats de l'effet antioxydant, avec une valeur de  $0.782 \pm 0.166$  mg / g, suivi par l'extrait obtenu par ultrasons, avec une valeur équivalente à  $0.747 \pm 0.164$  mg / g.

▪ Les variations de l'activité réductrice des radicaux libres sont en général, directement liées aux taux des composés phénoliques présents dans la plante récoltée (Yesilyurt *et al.*, 2008). L'activité antioxydante marquée des graines de lin qui peut être dû à la présence de polyphénols pouvant convertir les radicaux libres en produits plus stables et terminer la réaction en chaîne des radicaux libres (Amarowicz *et al.*, 2004). Anwar et Przybylski (2012) ont utilisé le test FRAP pour la détermination de l'activité antioxydante des extraits de graines de lin. Ils ont constaté que le pouvoir réducteur dépend de la concentration d'extrait utilise.



**Figure 4.6:** évaluation de l'activité antioxydant évaluée par le test FRAP

## 5. Analyse des composés phénoliques par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC)

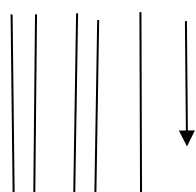
L'extraction de principes actifs à haute valeur ajoutée à partir de la matière végétale, notamment le cas des polyphénols, qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt grâce à leur pouvoir antioxydant, est une étape très importante dans l'isolement et l'identification des composés phénoliques. En conséquence, beaucoup d'auteurs ont étudié l'influence de différentes conditions d'extraction sur les rendements de composés phénoliques de source végétale (BONNAILLIE *et al.*, 2012 et JOKIC *et al.*, 2010).

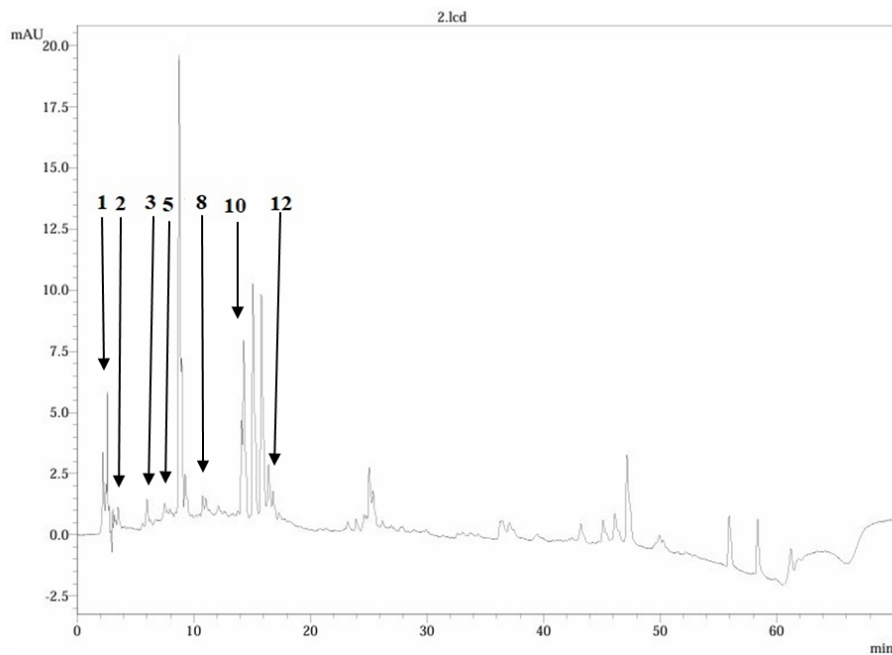
L'analyse par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) permet de quantifier les composants des différents échantillons injectés en se basant sur les courbes d'étalonnage de 15 étalons standards

Les étalons sont utilisés à une concentration de 1 mg/ml. L'identification et la quantification des composés phénoliques contenus dans les extraits se font par comparaison du temps de rétention (TR), des surfaces des pics des étalons utilisés par rapport à ceux obtenus en analysant les différents extraits (Tableau).

**Tableau 4.6:** les résultats d'analyse par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC)

	Nom du étalon	TR (min)	Area%
1	Acide ascorbique	2.469	21.885
2	Pyrocatechol	3.790	3.885
3	Pyrogallol	5.406	1.357
4	Salicine	6.764	0.215
5	Esculine	7.302	2.617
6	Acide chlorogénique	8.810	3.816
7	Catéchine	9.134	0.533
8	Caféine	9.679	6.420
9	Acide vanillique	11.239	23.953
10	Rutine	13.471	5.452
11	Vanilline	14.592	5.552
12	Acide caféique	17.314	0.390
13	Acide salicylique	19.581	0.625
14	Quercétine	21.425	5.042
15	Acide cinnamique	23.545	18.258

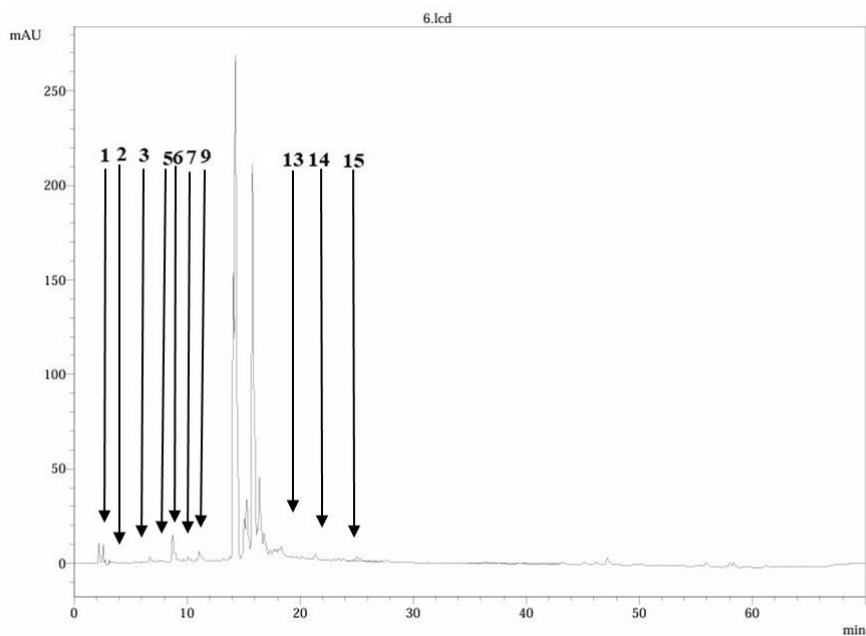




**Figure 4.7 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Corchorus Olorarius*

**1** Acide ascorbique **2** Pyrocatechol **3** Pyrogallol **5** Esculine

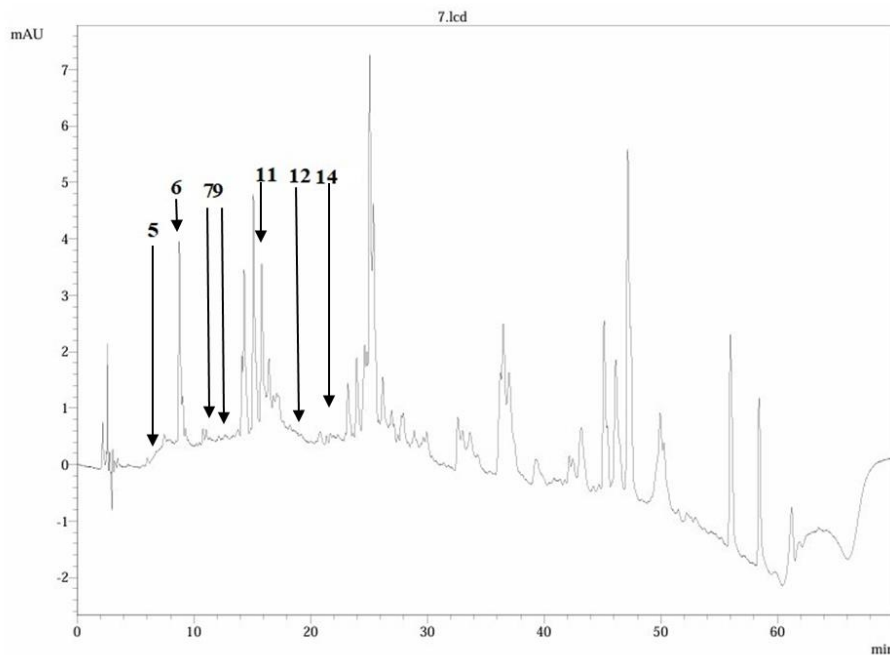
**8** Caféine **10** Rutine **12** Acide caféique



**Figure 4.8 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Corchorus olitorius* après la séparation par acétate

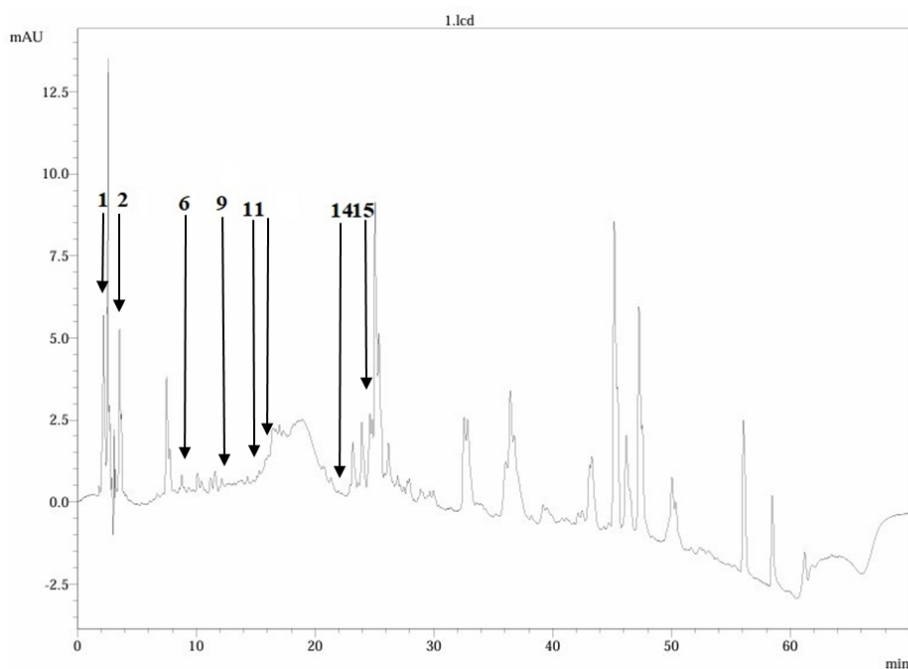
**1** Acide ascorbique **2** Pyrocatechol **3** Pyrogallol **5** Esculine **6** Acide chlorogénique

**7** Catéchine **9** Acide vanillique **13** Acide salicylique **14** Quercétine **15** Acide cinnamique



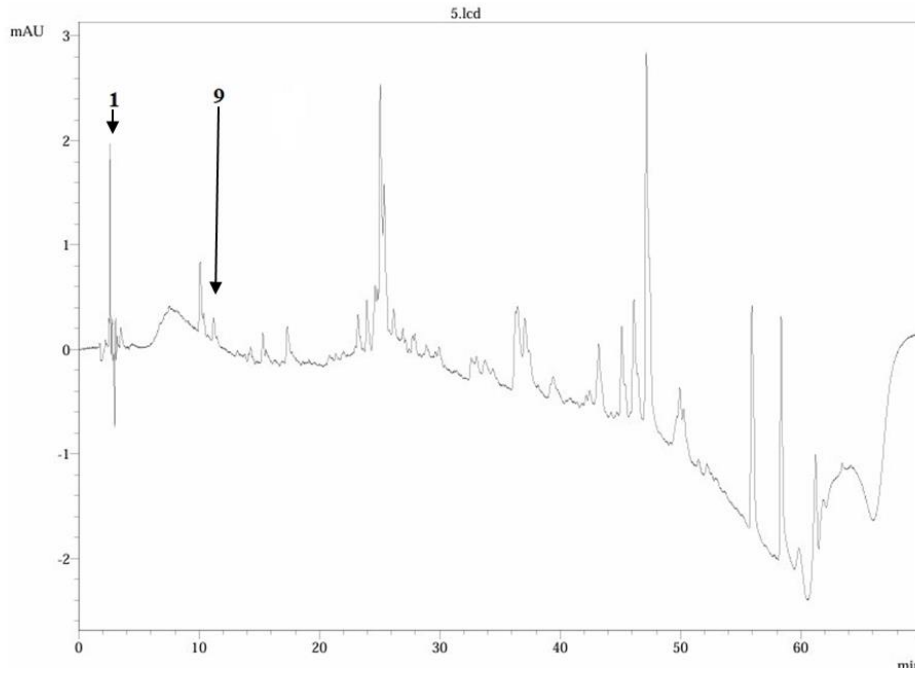
**Figure 4.9 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Corchorus olitorius* après la séparation par butanol

5 Esculine 6 Acide chlorogénique 7 Catéchine 9 Acide vanillique 11 Vanilline 12 Acide caféique 14 Quercétine



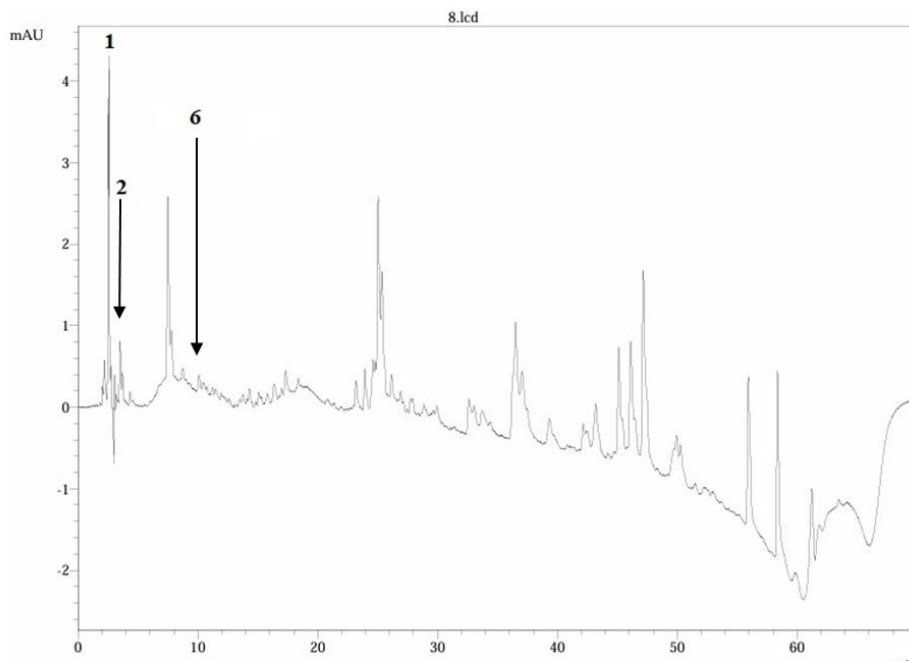
**Figure 4.10 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Linum usitatissimum*

1 Acide ascorbique 2 Pyrocatechol 6 Acide chlorogénique 9 Acide vanillique 11 Vanilline 12 Acide caféique 14 Quercétine 15 Acide cinnamique



**Figure 4.11 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Linum usitatissimum* après la séparation par l'acétate

**1** Acide ascorbique **9** Acide vanillique



**Figure 4.12 :** Chromatogramme HPLC d'extrait de *Linum usitatissimum* après la séparation par butanol

**1** Acide ascorbique **2** Pyrocatechol **6** Acide chlorogénique

**Tableau 4.7:** La quantification des principaux métabolites secondaires d'après HPLC

	%					
	L'extrait de <i>Corchorus Olitorius</i>	d'extrait de <i>Corchorus olitorius</i> après la séparation par l'acétate	L'extrait de <i>Corchorus olitorius</i> après la séparation par butanol	L'extrait de <i>Linum usitatissimum</i>	L'extrait de <i>Linum usitatissimum</i> après la séparation par l'acétate	L'extrait de <i>Linum usitatissimum</i> après la séparation par butanol
Acide ascorbique	6.118	2.101	-	31.377	9.0518	18.108
Pyrocatéchol	31.737	0.334	-	31.171	-	20.797
Pyrogallol	16.654	1.4	-	-	-	-
Salicine	-	-	-	-	-	-
Esculine	30.340	3.362	6.152	-	-	-
Acide chlorogénique	-	36.373	83.752	8.359	-	6.236
Catéchine	-	76.360	43.527	-	-	-
Caféine	1.3551	-	-	-	-	-
Acide vanillique	-	3.611	0.705	1.315	1.945	-
Rutine	2.256	-	-	-	-	-
Vanilline	-	-	58.519	2.197	-	-
Acide caféique	68.461	-	-	66.923	-	-
Acide salicylique	-	51.04	-	-	-	-
Quercétine	-	7.516	2.082	2.796	-	-
Acide cinnamique	-	1.073	-	9.426	-	-

Les principaux métabolites secondaires quantifiés dans les extraits sont consignés dans le tableau

Parmi les molécules identifiées par HPLC dans les extraits des *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum* selon différents solvants :

► On distingue tout d'abord, l'existence des composés phénoliques dans les deux plantes :

-L'acide ascorbique (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>), son existence est plus élevée dans le lin surtout dans l'extrait 31.377% ,tandis que sa teneur est 6.118% dans l'extrait de *Corchorus Olitorius*.

▪ L'objet de l'invention est l'utilisation de l'acide ascorbique en tant qu'actif cosmétique pour déformer des fibres kératiniques, en particulier pour lisser ou friser des cheveux. L'invention concerne également une composition cosmétique capillaire pour le lissage ou le frisage de fibres kératiniques comprenant de l'acide ascorbique et un procédé cosmétique de déformation durable des cheveux. (M. H. Kwack, et al , 2010)

- On remarque la richesse des deux extraits de *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum* , en pyrocatéchol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) , dont les teneurs varient entre 31.737 % et 31.171% et l'acide caféique (C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) 68.461% et 66.923% respectivement .

▪ Le pyrocatéchol a déjà été utilisé comme oxydant dans les teintures pour cheveux (Winter, 2005) et comme antioxydant dans les parfums et les huiles essentielles (Ash et Ash, 2002).

▪L'acide caféique est un ingrédient cosmétique polyvalent largement utilisé dans les produits capillaires. Il est fréquemment incorporé dans les shampooings, les après-shampooings, les masques capillaires et les sérums capillaires. Cet ingrédient est apprécié pour ses propriétés bénéfiques pour les cheveux, comme sa capacité à renforcer et à protéger les follicules pileux, à favoriser la croissance des cheveux, à réduire les pointes fourchues et à améliorer la brillance des cheveux. Grâce à ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, l'acide caféique contribue également à maintenir un cuir chevelu sain et à prévenir les problèmes capillaires tels que les pellicules et les démangeaisons. (Emma et al 2009)

- La teneur la plus élevée en acide chlorogénique (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>O<sub>9</sub>) est celle de *Corchorus olitorius* surtout après la séparation par le butanol 83.752% , tandis que leur teneur dans le lin est beaucoup moins 8.359% dans l'extrait et 6.236% après la séparation par le butanol

▪L'acide chlorogénique est un acide-phénol, ester de l'acide caféique et de l'acide (L)-quinique ; on le retrouve ainsi sous les appellations de trans-5-O-caféoyl-D-quinique, ou acide

caféylquinique, ou 5-ACQ (ou 5-CQA en anglais). Il est produit par les plantes, comme le café et la pomme de terre, et il est chez certaines d'entre elles le précurseur de l'acide dicaféylquinique ou cynarine. Comme tous les composés polyphénoliques, il a une activité antioxydante. (Clifford, M. N., 1999)

-L'acide vanillique (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) a des teneurs très faible dans les deux plantes.

► L'existence des composés phénoliques dans le *Corchorus olitorius* seulement :

-le pyrogallol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) et l'esculine (C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O<sub>9</sub>) a des valeurs élevées dans l'extrait 16.654 % et 30.340 % successivement.

▪1832 (Henri Braconnot) : le pyrogallol est isolé, 1er colorant organique synthétique utilisé pour la coloration des cheveux.

▪L'esculine est utilisée en cosmétique, où elle est principalement utilisée pour ses propriétés antioxydantes. Elle est ainsi l'un des ingrédients naturels préférés dans les produits cosmétiques de soin et de rajeunissement tels que les crèmes pour les mains, le visage et le corps. (Julie Anthoni, 2007)

- la catéchine (C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>) a une teneur élevée après la séparation par l'acétate 76.360 % , et une pourcentage beaucoup moins après la séparation par le butanol 43.527 %

▪La catéchine et ses nombreux isomères sont de puissants antioxydants qui aident à prévenir les maladies inflammatoires et coronariennes. Ils sont également phytotoxiques et antibactériens. ( Bais HP et al, 2002)

-l'apparition de la pourcentage de vanilline (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) est trouvé après la séparation par le butanol seulement avec 58.519 %

▪Pour les cheveux, la vanilline est un excellent ingrédient pour renforcer les follicules pileux et stimuler la croissance des cheveux. Elle aide également à prévenir les pointes fourchues, à réduire l'apparence des frisottis et à donner de la brillance aux cheveux. En outre, la vanilline est également connue pour son action antioxydante qui protège les cheveux contre les dommages causés par les radicaux libres et les agresseurs environnementaux tels que la pollution. (Micard, V., et al 1995)

-l'acide salicylique (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) a une teneur élevée après la séparation par l'acétate 51.04%.

▪Les bienfaits de l'acide salicylique pour les cheveux. L'acide salicylique est aussi présent dans de nombreux soins capillaires. Il assainit le cuir chevelu et aide à éliminer les squames et pellicules éventuellement présentes. Il s'utilise également dans le traitement des cheveux ternes et cassés. Il nourrit et protège la fibre capillaire. Il apporte brillance et volume aux cheveux, les rendant plus soyeux et faciles à coiffer. On retrouve aussi cet actif dans des produits de soin pour cheveux gras, du fait de son action sur les sécrétions sébacées. (Alex M Murphy, et al 2020)

► Acide cinnamique (C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) a une valeur existante de 9.426% dans l'extrait de *Linum usitatissimum* seulement .

▪L'acide cinnamique, un composé de la cannelle, fait ses preuves pour stimuler la croissance des cheveux. Il pourrait devenir la base d'un traitement contre l'alopécie.(WaiShingWong , et al , 2005)

## 6. Caractérisation du masque lissant

Le tableau 4.8 présente les résultats des tests physicochimiques effectués sur le masque.

**Tableau 4.8:** les résultats des tests physicochimiques effectués sur le masque

Parametre	Masque
pH	6.14
Acidite	341.36 meq/kg
Humidite	12 .34 %
Extrait sec	87.66 %
Indice de peroxyde	<5 meq/kg

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'acidité est de 341.36 Meq/Kg, ce qui semble élevé, mais sans cadre de référence spécifique, il est difficile de juger de sa pertinence. De plus, le pH du masque est de 6.14. Un pH acide aide à fermer et resserrer les cuticules des cheveux. Lorsque les cuticules sont bien fermées et alignées, elles protègent le cortex des cheveux, prévenant ainsi la perte d'humidité et l'infiltration de facteurs environnementaux nocifs. En outre, des cuticules lisses et bien alignées reflètent mieux la lumière, ce qui donne aux cheveux un aspect plus brillant et lisse. Cependant, tout comme un pH trop alcalin peut être dommageable, un pH excessivement acide peut également poser des problèmes. Les produits

acides offrent plusieurs avantages pour les cheveux, notamment en resserrant et fermant les cuticules de la tige capillaire (**Centre Clauderer, 2024**).

La teneur en humidité peut être plus faible, à 12,34 %, mais avec une concentration plus élevée d'autres substances telles que des huiles et des extraits naturels.

L'indice de peroxyde est inférieur à 5 meq/kg, ce qui permet d'évaluer le degré d'oxydation des acides gras insaturés dans les matières grasses, qu'elles soient destinées à des usages alimentaires, cosmétiques ou autres. Un indice élevé indique une matière grasse oxydée. Cependant, cet indice ne représente qu'un indicateur initial de l'oxydation : il augmente pour atteindre un pic, puis diminue à mesure que l'oxydation progresse davantage (**Judde, 2004**).

### 7. Analyse sensorielle

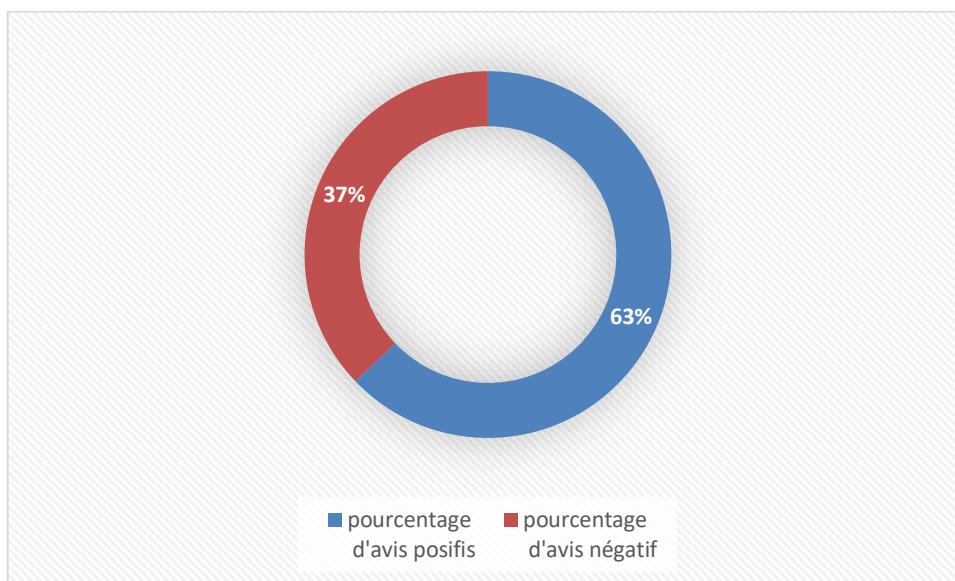
Après avoir interrogé 25 personnes, nous avons recueilli leurs avis objectifs sur plusieurs aspects du produit : la texture, la facilité d'étalement, la fraîcheur, l'effet collant, la présence éventuelle de particules ou de grumeaux, et l'odeur. Les réponses sont résumées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 4.9:** les résultats des tests physicochimiques effectués sur le masque

l'analyse sensorielle	Le nombre de personnes		Les pourcentages d'avis positifs (%)
	oui	non	
Texture homogène	24	1	96
Facile à étaler	22	3	88
Sensation de fraîcheur	18	7	72
Effet collant	15	10	60
Le produit présente-t-il des particules ?	6	19	76
Le produit présente-t-il des grumeaux ?	9	16	64
L'odeur est agréable	16	9	64

D'après l'avis de la majorité, notre masque possède une texture homogène, est facile à étaler, offre une sensation de fraîcheur, présente un effet collant minimal, est dépourvu de particules ou de grumeaux, et son odeur est agréable.

. La figure représente les pourcentages des avis positifs et négatifs.



**Figure 4.13:** les pourcentages des avis

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Le présent travail est consacré à l'étude de l'effet de la méthode d'extraction sur le rendement des deux plantes *Corchorus olitorius* et *Linum usitatissimum*. De ce fait, l'extraction assistée aux ultrasons a été appliquée en comparaison avec la macération comme méthode conventionnelle. Aussi nous avons fait des tests phytochimique, dosage de polyphénols et flavonoïdes, encore des tests antioxydants et HPLC, et on se trouve des résultats bien importants, avec cela, nous avons pu confirmer que le produit capillaire que nous préparons est très utile, et même les opinions des gens sur le masque ont été très positives jusqu'à présent.

Enfin, nous avons conclu de nos recherches qu'il y avait de nombreux points quelque peu difficiles, dont le plus important était le manque d'étude des deux plantes, notamment l'étude de leur mélange, que nous pouvons dire que nous avons été les premiers à étudier. À cela s'ajoute la difficulté de comparer notre travail avec des travaux similaires en raison de la différence dans la méthode de travail et l'utilisation des solutions. Nous espérons qu'il y aura une poursuite de notre étude dans le futur, que ce soit de notre part ou de la part d'autres chercheurs.

# Références

## Références

1. **Aberdam D., 2007-** Réparer ou régénérer, il faut choisir..., *Med Sci*, Paris, 23(10), p10.
2. **Achouri, Y ; charikh, K ;(2007).** Analyses physico-chimiques de deux huiles finies (Soja et Tournesol) au niveau de CO. G.B-Labelle / UP 07. Mémoire de master en contrôle de qualité et analyse des aliments, faculté des sciences de la nature et de la vie, université A Mira de Béjaia, page 27
3. **Acket S., Blondiaux M., Bouton S., Pageau K., Pau-Roblot C., Lequart M., Marcelo P., Fournet F. & Van Wuytswinkel O. (2011).** *Formation et structure du mucilage séminal chez le lin, Poster Réseaux Français des Parois (6-8 juin), Lille.*
4. **Adegoke, A. A., & Adebayo-Tayo, B. C. (2009).** Phytochemical composition and antimicrobial effects of *Corchorus olitorius* leaf extracts on four bacterial isolates. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(3), 155–159.
5. **Aggaz, S ; hanifi, L ; (2008).** Etude comparative entre le procédé chimique et le procédé enzymatique pour le raffinage de l'huile de soja. Mémoire de d'Ingénieur d'état en Contrôle de Qualité et analyse, faculté des sciences de la nature et de la vie, université A Mira de Béjaia, page 30.
6. **Ahmed F. (2021).** Nutraceutical potential of molokhia (*Corchorus olitorius* L.): A versatile green leafy vegetable. *Pharmacognosy Research*, 13(1),1-12.
7. **Akrout A, El jani H, Amouri S, Neffati M. (2010).** Screening of antiradical & antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba-alba* Asso. & *Thymus capitatus* Hoff et Link. Growing wild in the southern of Tunisia. *Journal of Recent Research Science & Technology*, 2: 29-39.
8. **Al Batran, R., Al- Bayaty, F., Ameen Abdulla, M., Jamil Al- Obaidi, M. M., Hajrezaei, M., Hassandarvish, P., Fouad, M., Golbabapour, S., & Talaei, S. (2013).** Gastroprotective effects of *Corchorus olitorius* leaf extract against ethanol- induced gastric mucosal hemorrhagic lesions in rats. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 28(8), 1321–1329.
9. **Alex M Murphy, Tao Zhou et John P Carr, 2020** « An update on salicylic acid biosynthesis, its induction and potential exploitation by plant viruses », *Current Opinion in Virology*, vol. 42, 1<sup>er</sup> juin 2020, p. 8–17
10. **Ali M, Ansari SH.1997,** Hair care and herbal drugs, *Indian Journal of Natural Products* 13, 3.

11. **Amarowicz R., Pegg R. B., Rahimi-Mohaddam P., Barl B. & Weil J. A. (2004).** Freeradical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairie. *Food Chemistry* **84**, 551- 562.
12. **Anonyme.2010**, Lin cultivé. L'encyclopédie libre Wikipédia. Consulté le 13 /06/12
13. **Anwar F. &Przybylski R. (2012).***Effect of solvents extraction on total phenolics and antioxidant activity of extracts from flaxseed (Linum usitatissimum L.).*ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria11(3), 293-302.
14. **Ash, M. et I. Ash (compilateurs). 2002.** *Handbook of Cosmetic and Personal Care Additives*. Série de deux volumes, 2e éd. Endicott (NY): Synapse Information Resources. p. 1456.
15. **Auteur anonyme.** Maladies et grands symptômes. Item n°288 : Troubles des phanères. *Ann Dermatol Venereol.* 2005; 132, 188-91.
16. **Auzou M., Melchior-Bonnet S., 2001** - Les vies du cheveux, Edition Découvertes Gallimard, p60-81.
17. **Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T. et al. 1996.** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittle Forshing.* 46(11): 1086-108
18. **Bais HP, Walker TS, Stermitz FR, Hufbauer RA, Vivanco JM,** « Enantiomeric-dependent phytotoxic and antimicrobial activity of (±) catechin. A rhizosecreted racemic mixture from spotted knapweed », *Plant Physiology*, vol. 128, no 4, 2002, p. 1173-1179 (DOI 10.1104/pp.011019)
19. **Barnham KJ, Masters CL, Bush AI. (2004).** Neurodegenerative diseases and oxidative stress. *Nat Rev Drug Discov*, Mar;3(3):205-14.
20. **Benamor, H ; Bouaoudia, A ;(2018).** Caractérisations physico-chimiques et activités antioxydantes de quelques échantillons de miel. Mémoire de master en qualité des produits et sécurité alimentaire, faculté des sciences de la nature et de la vie, université A Mira de Béjaia, page 20.
21. **Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Marin, F. R., Ortuno, A., & Del Rio, J. A. (1997).** Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4505–4515.
22. **Benor S., Demissew S., Hammer K., & Blattner F.R. (2012).** Genetic diversity and relationships in *Corchorus olitorius* (Malvaceae) inferred from molecular and morphological data. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(6), 1125-1146.

23. **Berglund DR. 2002**, Flax: New uses and demands. In Janick, J. and Whipkey, A, (Eds.). Trends in new crops and new uses, p. 358-360, Alexandria: ASHS Press
24. **Bernard B., 2006** - La vie révélée du follicule de cheveu humain, Med Sci, Paris, 22(2), p2
25. **Bernard Bruno A.** La vie révélée du follicule du cheveu humain. Medecine sciences. 2006 ; 22 : 138-43
26. **Biswas A, Dey S, Xiao A, Huang S, Birhanie ZM, Deng Y, Liu L, Li D.** Phytochemical content and antioxidant activity of different anatomical parts of *Corchorus olitorius* and *C. capsularis* during different phenological stages. Heliyon. 2023 May 20;9(6):e16494. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16494. PMID: 37274682; PMCID: PMC10238717.
27. **Blumenthal MA, Goldberg J et Brinckmann EDS.2000**, Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs, American Botanical Council, Austin, TX, USA, pp 85
28. **BONNAILLIE C., M. SALACS, E. VASSILIOVA ET I. SAYKOVA. 2012-** Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea L.*). Revue de génie industriel. Vol. 7. (2012). pp.35-45.
29. **Bonnet P. (2015).** *Corchorus olitorius* (PROTA). Plant Resources of Tropical Africa,1(529): 1-2
30. **Boon HS, Olatunde F et Zick SM.2007**, Trends in complementary/alternative medicine use by breast cancer survivors: comparing survey data from 1998 and 2005, BioMedCentral Womens Health;7:4,1-7, <http://www.biomedcentral.com/1472-6874/7/4>
31. **Borokini, T. I., & Omotayo, F. O. (2012).** Phytochemical and ethnobotanical study of some selected medicinal plants from Nigeria. J Med Plants Res, 6(7), 1106–1118.
32. **Bougandoura N., et Bendimerad N. 2012.** Effect Antifongique Des Extraits Aqueux et Methanolique de Satureja calamintha ssp. *Nepeta) briq*, Rev. des BioRessources (2) : 1-7.
33. **bouzred aicha maroua Damak Inès 2023** Etude préliminaire de l'activité antibactérienne d'une plante médicinale : *Corchorus olitorius L* Constantine
34. **Bozan, B.,and Temelli, F. (2008).** Chemical composition and oxidative stability of flax,safflower and poppy seed and seed oils. Bioresour Technol. 99, pp. 6354 6359.
35. **Brodowska, Katarzyna & Catthoor, Rik & Brodowska, Agnieszka & Symonowicz, Marzena & Lodyga-Chruscinska, Elzbieta. (2014).** A comparison of antioxidant properties of extracts from defatted and non-defatted flax (*Linum usitatissimum*) seeds. Albanian Journal of Agricultural Sciences. 13. 16-23. 10.13140/2.1.1305.4086.

36. **C. H. Yen, Y. S. Dai, Y. H. Yang, L. C. Wang, J. H. Lee and B. L. Chiang**, “Linoleic acid Metabolite Levels and Transepidermal Water Loss in Children with Atopic Dermatitis,” *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, Vol 100, No. 1, 2008, pp. 66-73.
37. **CABI, 2018** Centre for Agriculture and Biosciences International) Crop Protection Compendium. 2018. *Linum usitatissimum* datasheet. Disponible à l'adresse :<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/31053> [16 février 2018].
38. **Chen, J., Power, K. A., Mann, J., Cheng, A., and Thompson, L. U. (2007)**. Flaxseed alone or in combination with tamoxifen inhibits mcf-7 breast tumor growth in ovariectomized athymic mice with high circulating levels of estrogen. *Exp Biol Med*. 232, pp. 1071-80.
39. **Chikhoun, A ; (2011)**. Texture d'une margarine nouvellement formulée et effet des huiles incorporées (hydrogénées et interestérisées). Mémoire de magister en technologie alimentaire, université Mentouri – Constantine -Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires I.N.A.T.A.A., page 80-81.
40. **Chung, M. W., Lei, B., Li-Chan, E. (2005)**. Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMan flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chem*. 90, pp.271-279.
41. **Clifford, M. N.**, « Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence and dietary burden. », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, volume 79, 362–372, 1999 (DOI 10.1002)
42. **Daun, J., Barthet, V., Chornick, T., Duguid, S. (2003)**. Structure, composition and variety development of flaxseed. In: Thompson, L., Cunanne, S. edition. *Flaxseed in Human Nutrition*. 2nd edition Champaign, Illinois, pp. 1-40.
43. **De Souza Franco E, de Aquino CM, de Medeiros PL, Evencio LB, da Silva Goes AJ, de Souza Maia MB**. Effect of a Semisolid Formulation of *Linum usitatissimum* L. (Linseed) Oil on the Repair of Skin Wounds. *Evid Based Complement Alternat Med* 2012; 2012: 270752.
44. **Diederichsen A et Richards K. 2003**, Cultivated flax and the genus *Linum* L.: taxonomy and germplasm conservation, In Muir, A. D. and Westcott, N. D. (Eds). *Flax, The genus Linum*, p. 22-54. London: Taylor & Francis
45. **Diederichsen, A., Ulrich, A. 2009**. Variability in stem fibre content and its association with other characteristics in 1177 flax (*Linum usitatissimum* L.) gene bank accessions. *Ind Crop Prod*, 30 (1):33–39.

46. **Dolson, L. (2010, November 16).** Flax Seed: The Low Carb Whole Grain Nutrition, Health Benefits of Flax Seed. Retrieved from About.com:  
<http://lowcarbdiets.about.com/od/whattoeat/a/flaxinfo.htm>
47. **Dr Christophe, C., (2004).** Le glycérole un alcool pas comme les autres, édition Biofutur, page 15-17,240.
48. **Drassen, k ; Baghi, A ; & Bouhennache, N ;(2017).** L'effet préventif de la vitamine E vis-à-vis l'hématotoxicité induite par le paracétamol. Mémoire de master en toxicologie, faculté des sciences de la nature et de la vie, université des frères Mentouri Constantine, page 26-27.
49. **Dupasquier, C. M., Dibrov, E., Kostenuk, A. L., Cheung, P. K., Lee, K. G., Alexander, H. K.etal. (2007).** Dietary flaxseed inhibits atherosclerosis in the ldl receptor deficient mouse in part through anti-proliferative and anti-inflammatory actions. *AmJPhysiol Heart and Circulatory Physiol*.
50. **EgreM., Serres P., 1989 -** Les cahiers de médecine esthétique N°5 : les alopecies, Edition Solal, p 11-25.
51. **El Abdali Y. (2017).** *Caractérisation phytochimique et activité antioxydante et immunostimulante de Lavanduladentataet Linum usitatissimum. Mémoire de fin d'étude. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah ,Maroc.*
52. **Emma M.Marinova,A. Toneva, N. Yanishlieva,** « Comparison of the antioxidative properties of caffeic and chlorogenic acids », *Food Chemistry*, vol. 114, 2009, p. 1498-1502
53. **Eseyin O., Etiemmana G., Enobong M.,Ebong A.,Etim I.,UdobreS.,Johnson E.,Attih E.,Effiong A.(2014).**Evaluation des propriétés antioxydantes de certains légumes couramment consommés dans l'état d'AkwaIbon au Nigéria.*AnnualResearch&Review in Biology ; 5 (2) ,165-173*
54. **Estrade M., 2006 -** Conseil En Cosmétologie, 2èd, Edition Wolters Kluwer, France, p123-129 et p166-169.
55. **ESTRADE MN.** *Conseils en cosmétologie.* Pro-Officina, 2001, 291p
56. **Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C., 2008 :** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .*C. R. Biologies.* 331: 372-379.
57. **Fernald M. L. 1950.** Gray's Manual of Botany. Eighth edition (Corrected Printing, R.C. Rollins, 1970). D. Van No strand Company, New York, NY.

- 58. Fettah, A. (2019).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydante - antibactérienne) des extraits de la plante *Teucrium polium* L. sous espèce Thymoïdes de la région Beni Souik, Biskra. Thèse de Doctorat. Algérie, pp 120.
- 59. Fréchet P., 2009** - Perte de cheveux : les solutions, Edition Grancher, p47-51
- 60. Ganorkar PM et Jain RK. 2013,** Flaxseed – a nutritional punch: International Food Research Journal 20(2): 519-525
- 61. Garcia-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A. et Fernández-Gutiérrez, A. (2010).** Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples. *Molecules*, 15 : 8813-8826.
- 62. Garvin, C. (2011, August 22).** Flaxseed and Menstruation. Retrieved February 10, 2013, from Livestrong.com:  
<http://www.livestrong.com/article/523346-flaxseeds-and-menstruation/>
- 63. Gill, K. S. 1987.** Agronomy. In: Linseed. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India, pp.241–268.
- 64. Giro A. (2017).** Double role of *Corchorus olitorius* (L.) cultivated in floating system: New leafy vegetable for “ready to eat” industry or active food for developing country *Botanical Journal of the Linnean Society* ,17(1) :277-285.
- 65. Giro A. (2017).** Double role of *Corchorus olitorius* (L.) cultivated in floating system: New leafy vegetable for “ready to eat” industry or active food for developing country. Université de Milan, Italie 1-74.
- 66. Guedje NM, Tadjouteu F, Dongmo RF, Jiofack RBT, Tsabang N, Fokunang CN, Fotso S.2012,** *Medecine traditionnelle africaine (MTR) et phytomedicaments: Defis et strategies de developpement, Health Sciences and Disease* 12 (3): 1-25
- 67. Halligudi, N. (2012)** Pharmacological properties of flax seed: Review *Hygeia. Journal for drugs and medicines* 4 (2): 70 77.
- 68. Heli Jroy RD,** Shanna Lundy MS, Chad Eriksen BA et Beth K. 2007, Flaxseed : A Review of Health Benefits, *Pennington Nutrition* N°5, 4p
- 69. Hoek-Brown criterion 2002** edition R. Hammah, W. Bawden, J. Curran, M. Telesnicki (Eds.), *Mining and tunnelling innovation and opportunity, proceedings of the 5th North American rock mechanics symposium and 17th tunnelling association of Canada conference, University of Toronto, Toronto, Canada. Toronto (2002), pp. 267-273*  
[http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)60407-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206(10)60407-3).

70. <https://www.centre-clauderer.com/articles/ph-cheveux/> centre clauderer PH : QUELLE INCIDENCE SUR LA SANTÉ DE NOS CHEVEUX ? 2024
71. **Iserin P. 2001**, Encyclopedie des plantes médicinales, identification, préparation, soin, 2ème édition Ed Larousse/ VUEF, pp13- 16, p250, pp291- 296
72. **Islam M.M. (2013)**. Biochemistry, medicinal and food values of jute (*Corchorus capsularis* L. and *C. olitorius* L.) leaf: a review. International. Journal Enhanced Research ScienceTechnology Engineering, 2(11), 135-144.
73. **Islam M.T., de Freitas R.M., Sultana I., Hossain J.A., Mahmood A., & Kundu, A.K. (2013)**. Revision: Chemical and biological activities of *Corchorus olitorius* L. journal. American. Pharmaceutical Technology Research, 3, 337-348.
74. **Ito M., Yang Z., Andl T., 2007** - Wnt-dependent de novo hair follicle regeneration in adult mouse skin after wounding. Nature, 447(316), p20.
75. **Jean Laudereau**. Pour une meilleure connaissance du cheveu. 7ème édition. Italie ; 1995. ROBIN J. *Manuel pratique de cosmétologie*. Les nouvelles esthétiques, 2003, 113p. □1□□BOUHANNA P, REYGAGNE P. *Pathologie du cheveu et du cuir chevelu*. Traité médico-chirurgical et cosmétologique. Elsevier Paris, 1999, 340p.
76. **Jhala Amit J et Hall LM.2010**, Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications: Australian Journal of basic and Applied Sciences 4(9): 4304-4312
77. **JOKIC S., D. VELIC, M. BILIC, A. BUCIC-KOJIC, M. 2010-** PLAN INIC AND S.TOMAS. Modelling of the Process of Solid-Liquid Extraction of Total Polyphenols from Soybeans. J. Food Sci. vol. 28. (2010). pp. 206-212.
78. **Judde A (2004)** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique: mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ? [[archive](#)]. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 11(6), 414-418.
79. **Julie Anthoni**. Synthèse enzymatique, modélisation moléculaire et caractérisation d'oligomères de flavonoïdes. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2007. Français. ffNNT : 2007INPL097Nff. fftel-01752858f
80. **Jyotsna. (2012, January 8)**. 10 Foods That Help You Sleep Better. Retrieved February 10, 2013, from Healthy Top10.com: <http://healthytop10.com/10-foods-that-help-you-sleep-better/>
81. **K. Ohtani, K. Okai, U. Yamashita, I. Yuasa and A. Misaki**, "Characterization of an Acidic Polysaccharide Isolated from the Leaves of *Corchorus olitorius* (Moroheiya), "Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, Vol. 59, No. 3, 1995, pp. 378-381. <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.59.378>.

- 82. Kaithwas G, Mukerjee A, Kumar P, Majumdar DK 2011**, *Linum usitatissimum* (linseed/flaxseed) fixed oil: antimicrobial activity and efficacy in bovine mastitis, *InflammoPharmacology*. 19: 45-52
- 83. Kaithwas G, Mukherjee A, Chaurasia AK, Majumdar DK. 2011**, Anti inflammatory, analgesic and antipyretic activities of *Linum usitatissimum* L. (flaxseed/linseed) fixed oil, *Indian J. Exp. Biol* 49:932-938
- 84. KIEBRE M., BATIONO KANDO P., KIEBRE Z., SAWADOGO M., SAWADOGO N., SAWADOGO B., NANEMA R.K., TRAORE R.E. (2016)**. Evaluation agromorphologique d'accessions de corète potagère (*Corchorus olitorius*. L) du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 1 (14) : 198-209.
- 85. Kim H et Choi H.2005**, Stimulation of acyl-coA oxidase by  $\alpha$ -linolenic acid rich parilla oil lowers plasma triacylglycerol level in rats, *Life Sci* 77: 1293-1306
- 86. Kumar B, Vijayakumar M, Govindarajan R, Pushpangadan P. 2007**, Ethnopharmacological approaches to wound Healing. Exploring medicinal plants of India, *Journal of Ethnopharmacolgy (114): 103–113*.
- 87. Labalette F, Landé N, Wagner D, Roux-Duparque M, Saillet E. 2011**. La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 18(3), 113-122.
- 88. Lehmann H. 2013**, Le médicament à base de plantes en Europe : statut, enregistrement, contrôles. *Thèse de docteur en ès Sciences Pharmaceutiques. Université de Strasbourg Faculté de Pharmacie. 341P*
- 89. Li, C.-J., Huang, S.-Y., Wu, M.-Y., Chen, Y.-C., Tsang, S.-F., Chyuan, J.-H., & Hsu, H.-Y(2012)**. Induction of apoptosis by ethanolic extract of *Corchorus olitorius* leaf in human hepatocellular carcinoma (HepG2) cells via a mitochondria-dependent pathway. *Molecules*, 17(8),9348–9360.
- 90. LOUMEREM M., ALERCIA A. (2016)**. Descriptors for jute (*Corchorus olitorius*L). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 63: 1103-1111.
- 91. M. H. Kwack, J. S. Ahn, M. K. Kim, J. C. Kim, Y. K. Sung, Preventable effect of L-threonate, an ascorbate metabolite, on androgen-driven balding via repression of dihydrotestosteroneinduced dickkopf-1 expression in human hair dermal papilla cells, BMB Reports, 2010, vol. 43(10), p. 688–692,**

- 92. M. M. McCusker and J. M. Grant-Kels**, “Healing Fats of the Skin: The Structural and Immunologic Roles of the Omega-6 and Omega-3 Fatty Acids,” *Clinics In Dermatology*, Vol. 28, No. 4, 2010, pp. 440-451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clindermatol.2010.03.020>
- 93. Madhusudhan, B. (2009)**. Potential Benefits of Flaxseed in Health and Disease - A Perspective. *Agric Conspec Sci*. 2(67-72).
- 94. Mahapatra B.S., Mitra S., Ramasubramanian T., & Sinha M.K. (2009)**. Research on jute (*Corchorus olitorius* and *C. capsularis*) and kenaf (*Hibiscus cannabinus* and *H. sabdariffa*): Present status and future perspective. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 79(12), 951-967.
- 95. MAHBOUB Nasma 2018**, Effet de différents modes de séchage de quelques plantes sahariennes à caractère médicinales sur leur contenu phénolique et leurs activités biologiques THESE En vue de l’obtention du diplôme de Doctorat ès sciences en Biologie Université Kasdi Merbah – Ouargla, pp 25
- 96. Mahmoud, A. S., Thao, N., & Mario, A. (2016)**. *Corchorus olitorius* Linn: a rich source of  $\Omega$ 3-fatty acids. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 7(6).
- 97. Marandi, R. R., & Britto, S. J. (2015)**. Medicinal properties of edible weeds of crop fields and wild plants eaten by Oraon tribals of Latehar district, Jharkhand. *Life*, 50, 10.
- 98. Meit Souleymane., Adouka Edith Agbo.,Ahou Honorine Koffi., Allico Joseph Djaman.,Jean David N’Guessan.(2017)**.Study of antioxidant activity leaves of *Corchorus Olitorius* and solanum macrocarpon. Pasteur Institute of Cote d’Ivoire., Department of Biochemistry Basic and Clinical Unit of Toxicology, Phytochemistry and Metabolomics European journal of pharmaceutical and medical research [www.ejpmr.com](http://www.ejpmr.com) ;2394-3211 ejpmr
- 99. Methenni, Kawther & Abdallah, Mariem & Nouairi, Issam & Smaoui, Abderrazak & ben ammar, Wided & Zarrouk, Mokhtar & Ben Youssef, Nabil. (2018)**. Salicylic acid and calcium pretreatments alleviate the toxic effect of salinity in the Oueslati olive variety. *Scientia Horticulturae*. 233. 349-358. [10.1016/j.scienta.2018.01.060](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.060).
- 100. Micard, V., Renard, C. M. G. C., Thibault, J. F. et Lesage-Meesen, L. (1995)**, *Est-il possible d’obtenir de la vanilline naturelle à partir de pulpes de betterave ?*, Colloque Inra, 149-149.
- 101. Millam s, Bohus O et Anna P.2005**, Plant cell and biotechnology studies in *Linum usitatissimum* - A review, *Plant Cell Tissue Organ Cult* 82: 93-103
- 102. Morris, D.H. 2003**, Flax: A health and nutrition primer, 3rd ed, p.11 Winnipeg: Flax Council of Canada Downloaded from <http://www.jitinc.com/flax/brochure02.pdf> verified on 4/6/12

- 103.Mouellet, M., 2005** « Screening phytochimique de deux espèces de plantes : crotalia retusa L (Papilionaceae) et hallea ciliata Aubrev & Pellegr. (Rubiaceae) récoltées au Gabon», thèse de doctorat. Université de Bamako, Mali.
- 104.Muir, A., and Westcott, N. (2003).** Flaxseed constituents and human health. In: Muir AD, Westcott ND, editors. Flax: the genus Linum. London: Taylor & Francis, pp. 243–251.
- Muir, A., Westcott, N., Aubin, A. (1996). Detection of lignans in "Linolenic acid enriched eggs. In 11th Ann. meeting Canadian Section. American Oil Chemical. Society, Saskatoon AOCS, 25
- 105.N’Guessan, K., Kadja, B., Zirihi, G., Traoré, D., & Aké-Assi, L. (2009).** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d’Ivoire). *Sciences & Nature*, 6(1), 1- 15.
- 106.Nawaz R, Rathor HR, Bilal H, Hassan S, Khan IA.** Adulticidal Activity of Olea vera, Linum usitatissimum and Piper nigera against Anopheles stephensi and Aedes aegypti under Laboratory Conditions. *Iran J Arthropod Borne Dis* 2011; 5(2): 2
- 107.Newkirk, D. R. (2008).** Flax Feed Industry Guide. Canada: Flax Canada 2015.
- 108.Noubissié E. (2015).** Spéciation des composés organométalliques (Hg, Sn, Pb) dans les sols des cultures maraîchères et dans trois espèces de plantes cultivées à Ngaoundéré (Cameroun). Doctoral dissertation Pau. Edition Eyrolles, 223p.
- 109.Noui, Y ;(2007).** Caractérisation physico-chimique comparative des deux principaux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla. Mémoire de Magister en technologie alimentaire, faculté des sciences de l’ingénieur, université M’Hamad Bougara-Boumerdes, Page 26.
- 110.Olaniyi, O. M., Arulogun, O. T., Omidiora, E. O. & Okediran, O.O. (2015).** Implementing Generic Security Requirements in E-Voting Using Modified Stegano-Cryptographic Approach, 7(1),. *International Journal Of Information and Computer Security (IJICS)*, 7(1), 64-90.
- 111.Oomah B. 2003,** Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignin, In: Thompson, L., Cunnane, S. Editores. Flaxseed in Human Nutrition. 2nd. Edn. Champaign, Illinois. 363-386
- 112.Oomah B. D., Mazza G. & Kenaschuk E. O. (1996) .** *Flavonoid content of the flaxseed, influence of cultivar and environment. Euphytica* 90, 163-167.
- 113.Oomah BD.2001,** Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agricultural, J. Sci. Food Agr* 81(9): 889-894
- 114.Oyaizu M. (1986).** Studies on products of browning reactions : antioxidative activities of Browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese journal of nutrition*, (44) : 307-31

- 115. Patil D.K., & Jain, A.P. (2019).** Extraction, qualitative and quantitative determination of secondary metabolites of *Corchorus olitorius*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(1), 252-255.
- 116. Patil SM, Sapkale GN, Surwase US et Bhombe BT. 2010,** Herbal medicines as an effective therapy in hair loss – a review, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 2(1):773-781
- 117. Podsedek, A., 2007:** Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*. 40:1-11.
- 118. POILS ET CHEVEUX** Canalblog: [storage.canalblog.com/39/52/626667/41278181.pdf](http://storage.canalblog.com/39/52/626667/41278181.pdf)
- 119. Prost-Squarcioni C, Heller M, Freitag S.** Histologie et histophysiologie de la peau et de ses annexes. *Ann Dermatol Venereol* 2005 ; 132 : 8S5-48.
- 120. Renouard, 2011.** Régulation transcriptionnelle de la biosynthèse des lignanes du lin (*linum usitatissimum* et *linum flavum*) et amélioration de l'extraction de Lignanes. Science du vivant, Thèse de doctorat (Université d'Orléans)
- 121. Ribéreau-Gayon, J. and Peynaud, E. (1968)** Les composés phénoliques des végétaux, Traité d'oenologie. Edition Dunod, Paris.
- 122. Ross J., Kasum C. (2002).** Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects and Safety. *Annual Review of Nutrition*, 22, 19-34
- 123. Rubilar M, Gutiérrez C, Vedugo M, Shene C et Sineiro J. 2010,** Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of Soil Science, Plant Nutrition* 10 (3): 373–377
- 124. S. Zeghichi, S. Kallithraka and A. P. Simopoulos,** “Nutritional Composition of *Molokhia* (*Corchorus olitorius*) and
- 125. Saffidine K. 2018.** *Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de carthamus caeruleus L. et de plantago major L* (Doctoral dissertation).
- 126. Savoie, 2008.** Etude multi-échelles de la séparation solide-liquide dans la trituration du lin oléagineux, Thèse de doctorat (Université de Technologie, Compiègne),
- 127. Schéma de la tige pileaire** Site internet du Dr SARFATI H. <http://www.docteur-sarfati.com/index.html> Consulté le 15 septembre 2013.
- 128. Singh S et Majumdar DK. 1997,** Evaluation of anti-inflammatory activity of fatty acids of *Ocimum sanctum* fixed oil. *Indian Journal of Experimental Biology* 35:380–383
- 129. Site Centre capillaire Parisien :** [www.centre-clauderer.com](http://www.centre-clauderer.com)
- 130. Soro L. C., Atchibri L. O., Kouadio K. K., et Kouamé C. 2012.** Evaluation de la composition nutritionnelle des légumes feuilles. *J. Appl. Biosci* (51) : 3567-3573

- 131.Stammagathi** (Cichorium spinosum),” World Review of Nutrition & Dietetics, Vol. 91, 2003, pp. 1-21. <http://dx.doi.org/10.1159/000069924>
- 132.Stene J.J.** La physiologie du cheveu. Revue médicale de Bruxelles. 2004 : A263-265
- 133.Stephanie.** (2009, October 14). Flax Seed Benefits. Retrieved benefits February 10, 2013, from Bubble and Bee: <http://bubbleandbee.blogspot.in/2009/10/flax-seeds>
- 134.Thomé O. W. (1905)** Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz. Gera, Reuss
- Toro-Vazquez J. F., Infante-Guerrero R. (1993) Regressional models that describe oil absolute viscosity. Journal of the American Oil Chemists Society, 70, 11, pp. 1175-1119.
- 95.Turpault, 2015,** un grand fournisseur de lin en France
- 135.Tlili, M.L. (2015).** Contribution à la caractérisation physico-chimique et biologique des extraits de *Pergularia tomentosa* issue de quatre sites sahariens différents (Sahara septentrional). Thèse de Magister. Universite Kasdi Merbah – Ouargla, pp 86.
- 136.Uzoma, K. (2011, July 29).** Ground Flaxseed for acne. Retrieved February 10, 2013, from Livestrong.com: <http://www.livestrong.com/article/505221-ground-flaxseed-for-acne/>
- 137.Vaisey-Genser M et Morris DH.2003,** Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed, In Muir, A. D. and Westcott, N. D. (Eds). Flax: The genus Linum. p. 1-2. London: Taylor & Francis
- 138.Van Acker SA, Tromp MN, Griffioen DH, Van Bennekom WP, Van Der Vijgh WJ, Bast A.** Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. Free Radical Biology and Medicine. 1996;20(3):331-42.
- 139.Van Zeist ET Bakker-Heeres, 1975.** Evidence for linseed cultivation before 6000 BC. J. Archaeological Sci. 2, 215–219
- 140.Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L. & Oomah B. D. (1998).** *Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products.*Journal of agricultural and food chemistry 46(10), 4113-4117.
- 141.Vijaimohan KM, Jainu KE, Sabitha S, Subramaniyam C, Aandhan CS et Shyamala D.2006,** Beneficial effects of alpha linolenic acid rich flaxseed oil on growth performance and hepatic cholesterol metabolism in high fat diet fed rats, Life Sci 79 (5): 448-454
- 142.Voyage 3D au cœur du cheveu** web site – URL : [www.hair-science.com](http://www.hair-science.com)
- 143.WaiShingWong, Di Guo, XiaoLi Wang, ZhiQi Yin, Bing Xia, Ning Li,** « Study of ciscinnamic acid in Arabidopsis thaliana », Plant Physiology and Biochemistry, vol. 43, 2005, p. 929-937

- 144. Waldschläger, J., Bergemann, C., Ruth, W., Effmert, U., Jeschke, U., Richter, D. et al. (2005).** Flaxseed extracts with phytoestrogenic effects on a hormone receptor receptor positive tumour cell line. *Anticancer Res* 25, pp. 1817-1822.
- 145. Weill P et Maïress G. 2010,** Le lin, son huile, sa graine, et notre santé Article de synthèse. *Phytothérapie* 8: 1–5
- 146. Westcott N. A., Muir A. D. 2003.** Flax seed lignan in disease prevention and health promotion. *Phytochem Rev* 2:401–417.
- 147. Winter, R. 2005.** *A consumer's dictionary of cosmetic ingredients: complete information about the harmful and desirable ingredients found in cosmetics and cosmeceuticals.* New York: Three Rivers Press, p. 433.
- 148. Yakoub, A. R. BEN, & Ferchichi, A. (2016).** Aperçu bref sur la culture de la corète potagère (*Corchorus olitorius* L.) dans l'oasis de Chenini à Gabès. *Journal of Bioresources Valorization*, 40.
- 149. Yanishlieva-Maslarova, N.V.. (2001).** Inhibiting oxidation. *Antioxidants in Food: Practical Applications.* 22-70. 10.1533/9781855736160.1.22.
- 150. Yazdani, Morteza & Zaraté, Pascale & Zavadskas, Edmundas & Turskis, Zenonas. (2018).** A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision.* 57. 10.1108/MD-05-2017-0458.
- 151. Yesilyurt V., Halfon B., Öwtürket M. & Topçu G. (2008).** Antioxidant potential and phenolic constituents of *Salvia cedronella*. *Food chemistry* **108**, 31-39

# **Annexes**

## Annexe 01

### Matériel chimique

La liste des produits chimiques et biochimiques utilisés dans notre étude est illustré dans la tableau XXX.

**Tableau XXX : Produits chimiques et biochimiques utilisés**

<b>Les produits</b>	<b>La forme</b>	<b>La formule chimique</b>
<b>Trichlorure d'aluminium</b>	Poudre	AlCl <sub>3</sub>
<b>L'hydroxyde d'ammonium</b>	Poudre	NH <sub>4</sub> OH
<b>Acide ascorbique</b>	Poudre	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>
<b>Catéchine</b>	Poudre	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>
<b>Chloroforme</b>	Liquide	CHCl <sub>3</sub>
<b>Folin-Ciocalteu</b>	Liquide	/
<b>Acide gallique</b>	Poudre	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>
<b>Acide hydrochlorique</b>	Liquide	HCl
<b>Copeaux de magnésium</b>	/	Mg
<b>Méthanol</b>	Liquide	CH <sub>3</sub> OH
<b>Ferricyanure de potassium</b>	Liquide	K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>
<b>Chlorure de sodium</b>	Poudre	NaCl
<b>Acide sulfurique</b>	Liquide	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Acide trichloroacétique (TCA)</b>	Liquide	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>

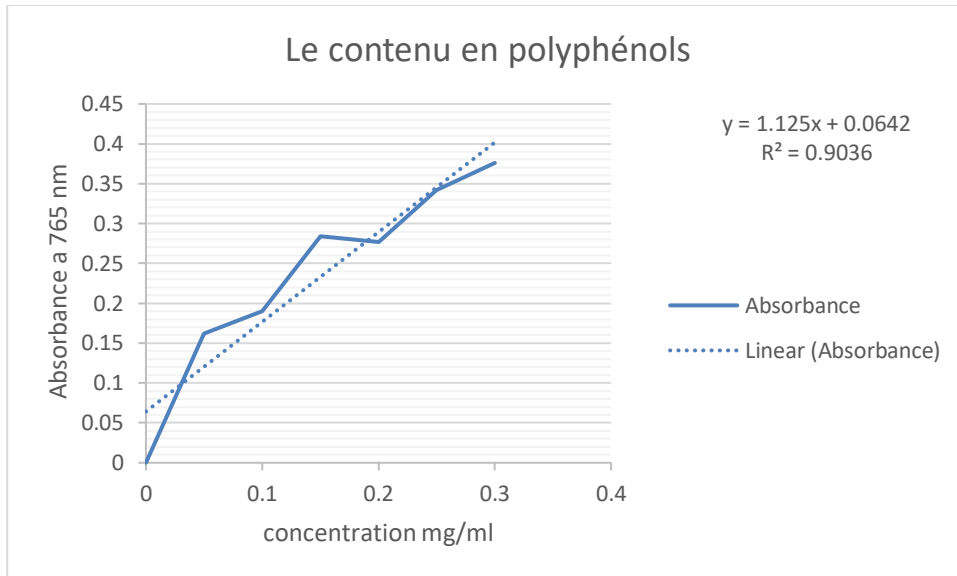
### Equipment de laboratoire

- Bain ultrasonique
- Balance de précision
- Etuve
- Entonnoir
- Micropipette
- Tube à essai
- Agitateur
- Rota vapeur de type Bauchi R-200

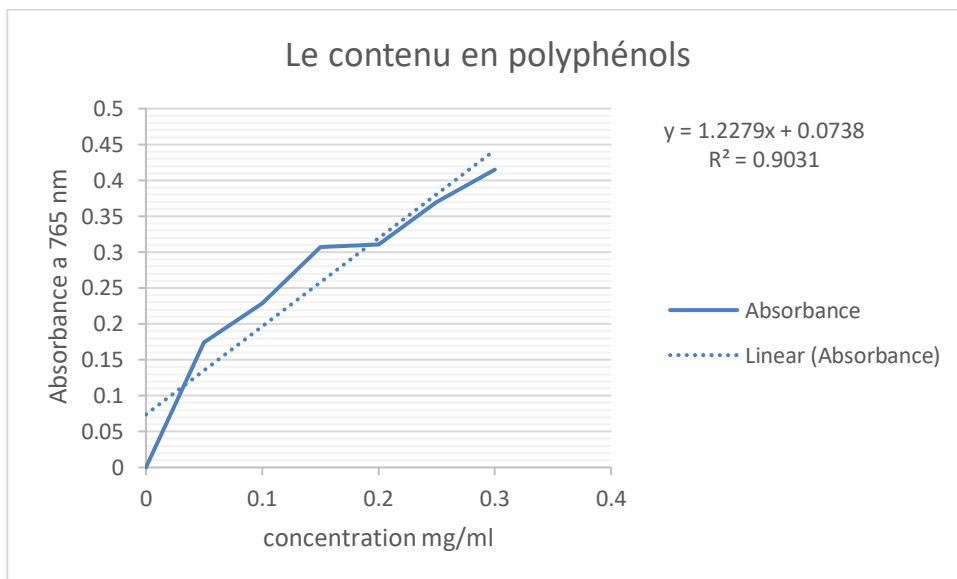
- Plaque chauffante
- Papier filtre
- Porte-tube à essai
- Spatule cuillère
- Erlenmeyer
- éprouvette graduée
- Bécher
- spectromètre
- cuve de spectromètre
- bouteilles en verre
- Agitateur vortex
- Cristalliseur
- Pissette
- Autoclave
- Réfrigérateur
- Centrifugeuse
- écouvillon stérile
- Hotte
- Disques vide stériles
- Pince stérilisée
- Embout de micropipette
- Pipettes pasteur stériles
- Seringue
- Passoire
- ampoule à décanter
- Chromatographie liquide
- filtre de seringue

## Annexe 02

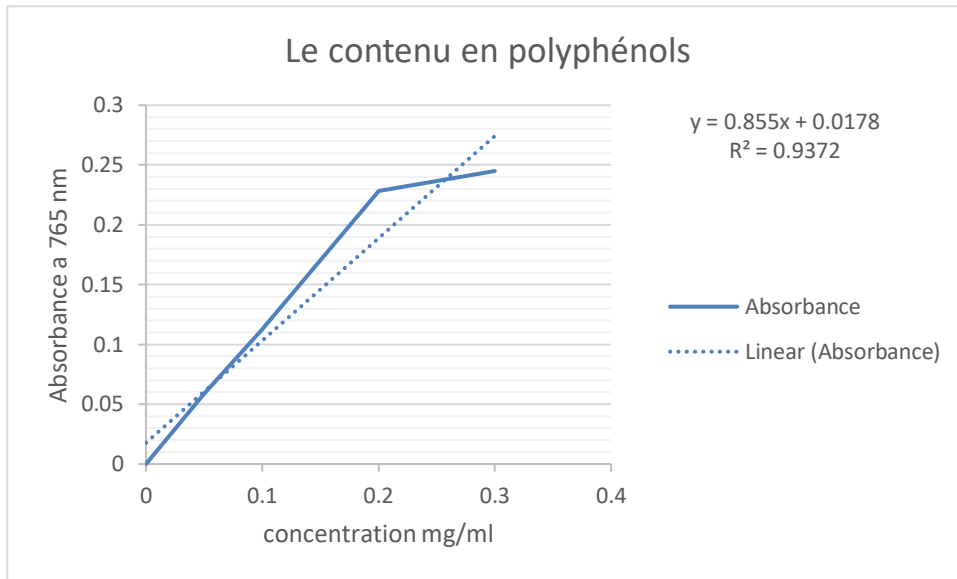
### Polyphénols



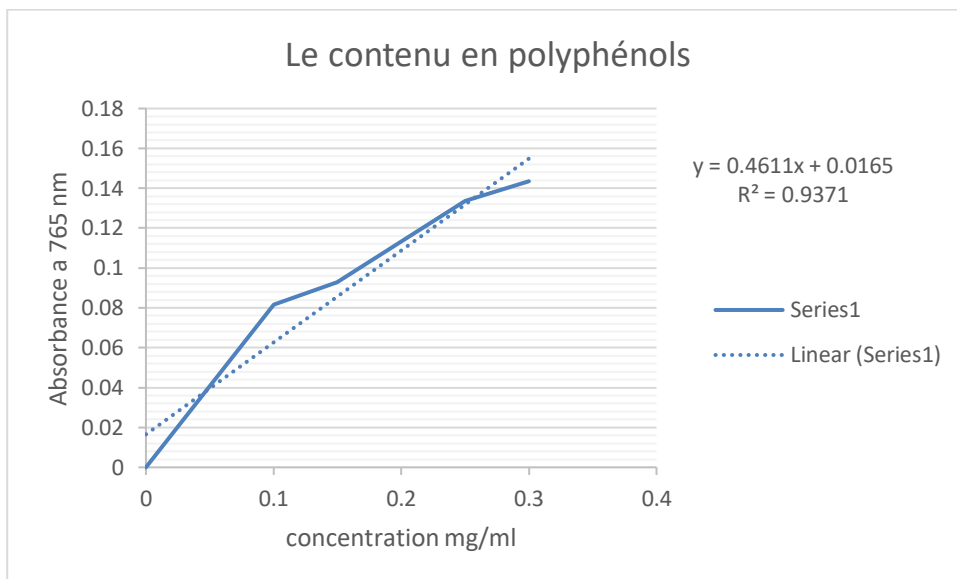
Courbe d'étalonnage des polyphénols *Corchorus olitorius* classique



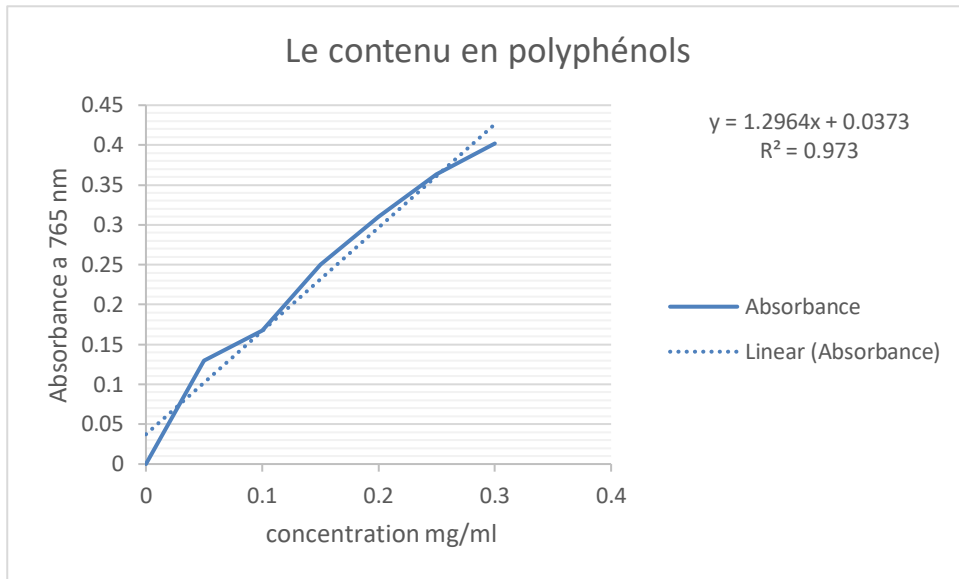
Courbe d'étalonnage des polyphénols *Corchorus olitorius* Ultrasound



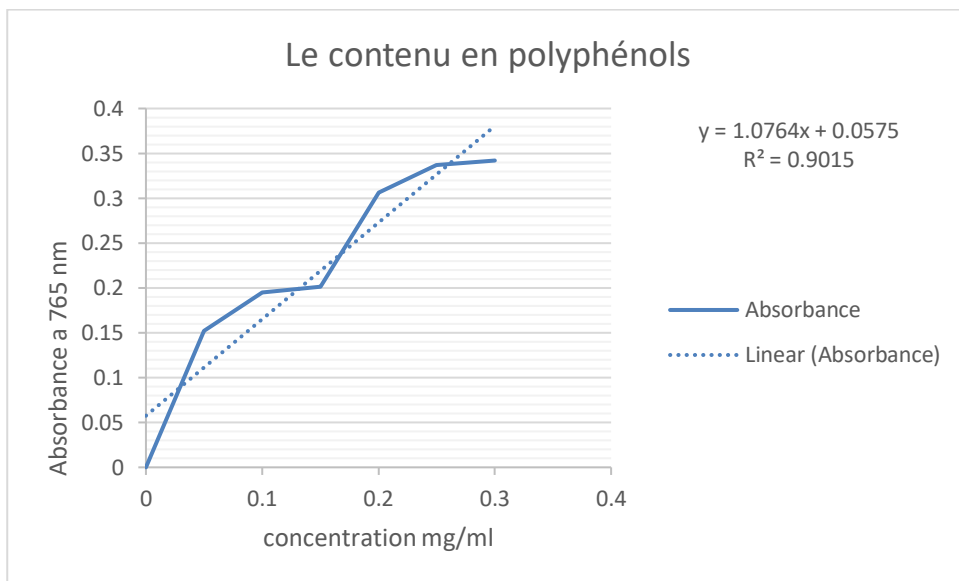
Courbe d'étalonnage des polyphénols *Linum usitatissimum* classique



Courbe d'étalonnage des polyphénols *Linum usitatissimum* Ultrasound

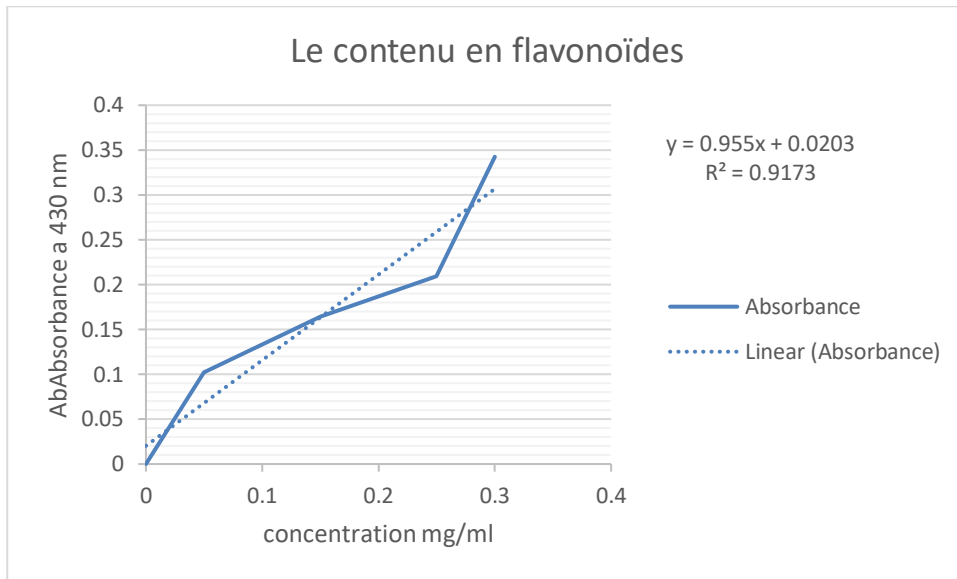


Courbe d'étalonnage des polyphénols mixte classique

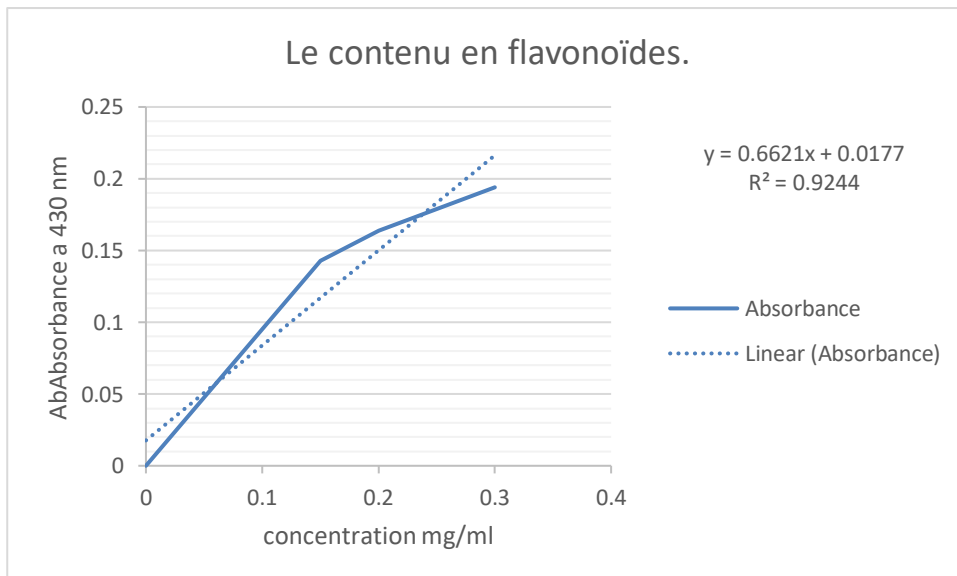


Courbe d'étalonnage des polyphénols mixte ultrasound

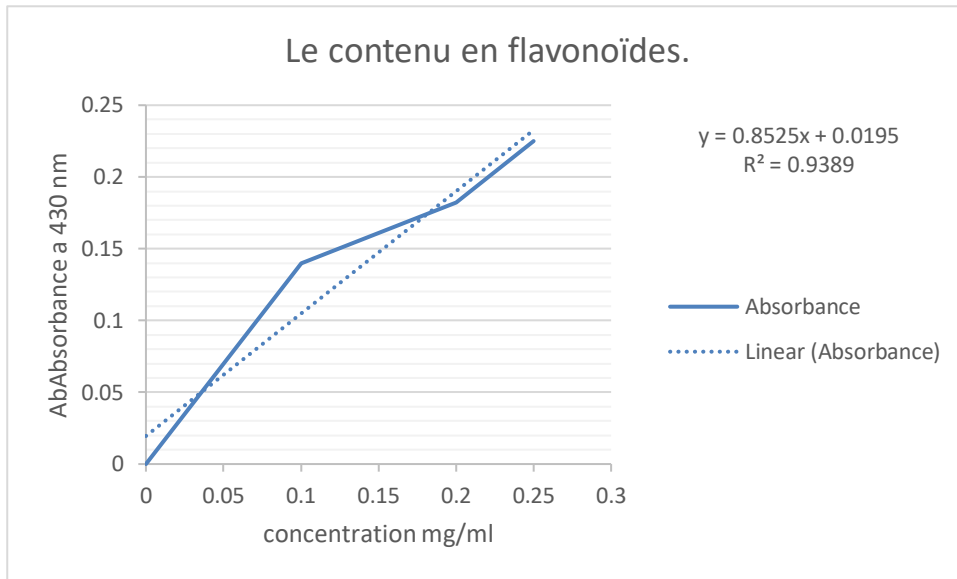
## Flavonoïdes



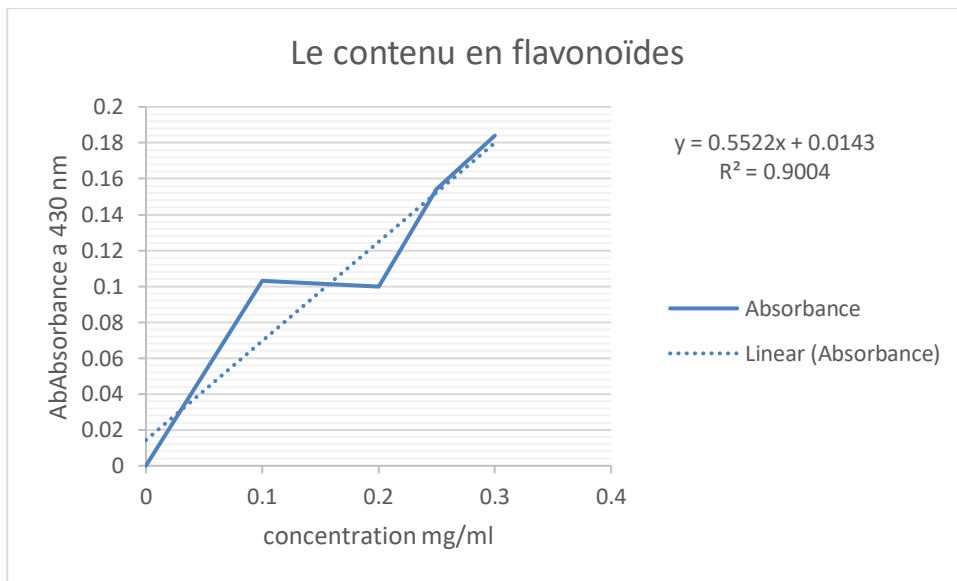
Courbe d'étalonnage des flavonoïdes *Corchorus olitorius* Classique



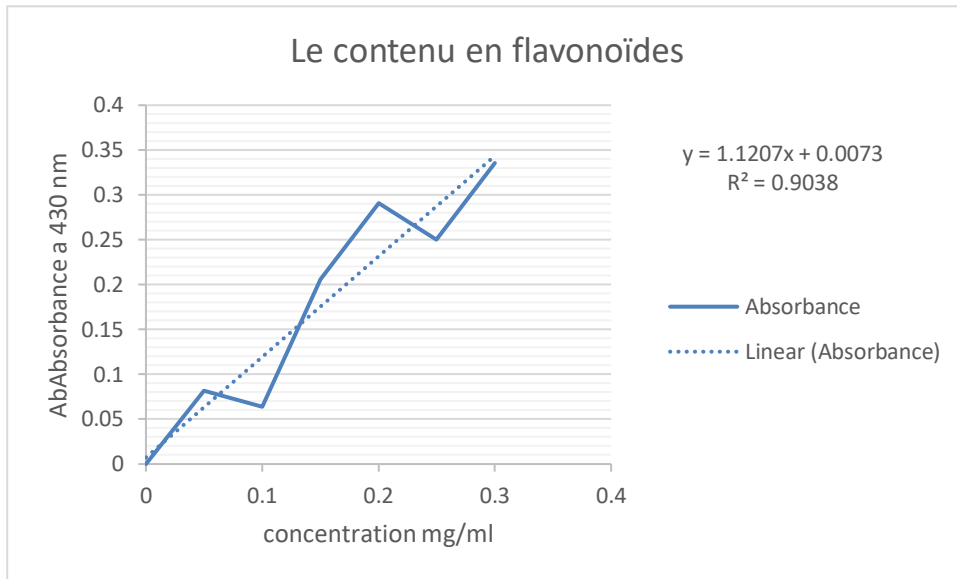
Courbe d'étalonnage des flavonoïdes *Corchorus olitorius* Ultrasound



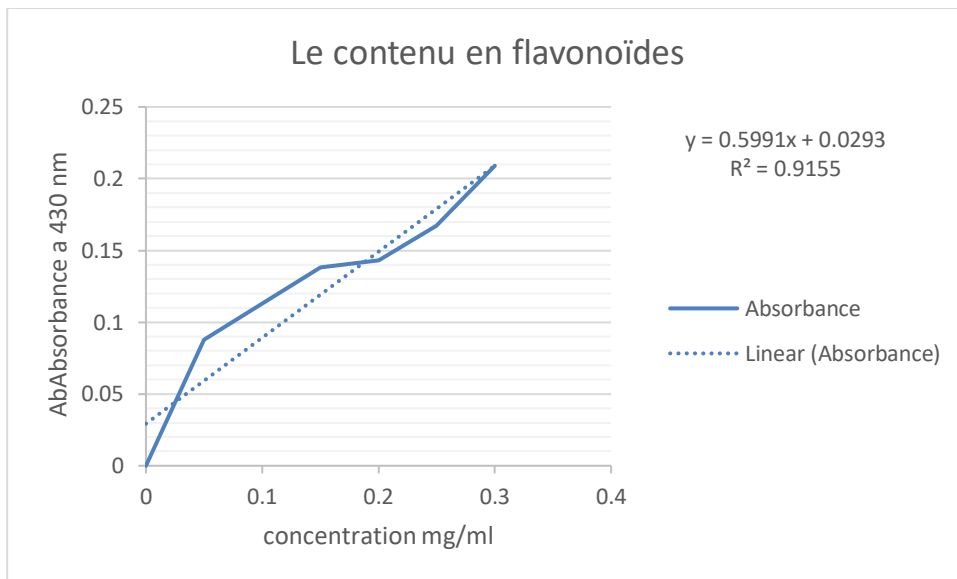
Courbe d'étalonnage des flavonoïdes *Linum usitatissimum* classique



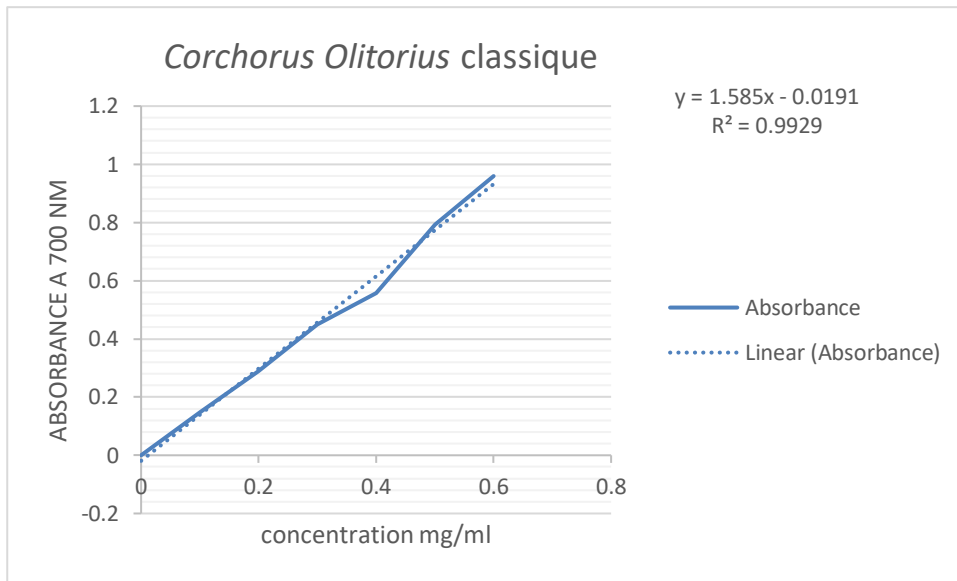
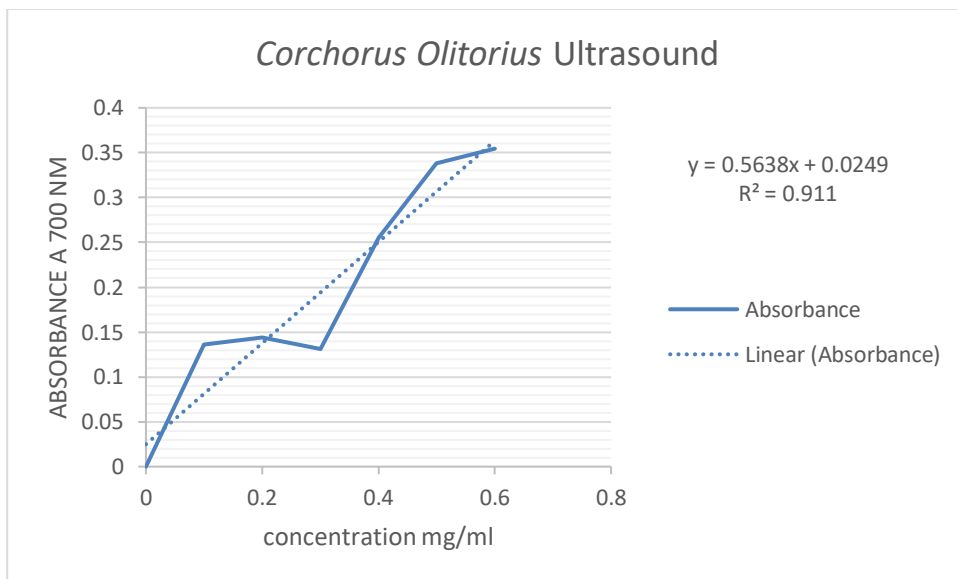
Courbe d'étalonnage des flavonoïdes *Linum usitatissimum* Ultrasound

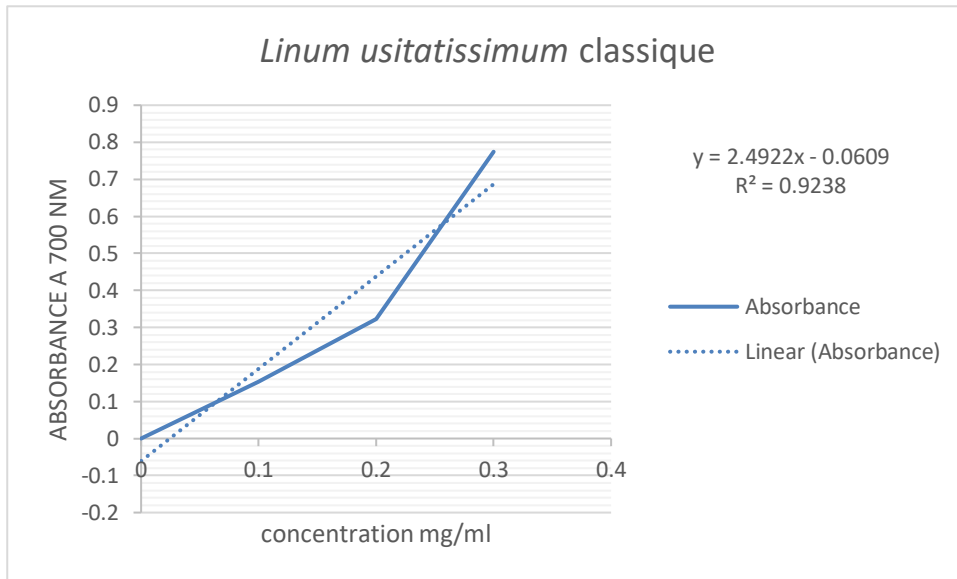


Courbe d'étalonnage des flavonoïdes mixte classique

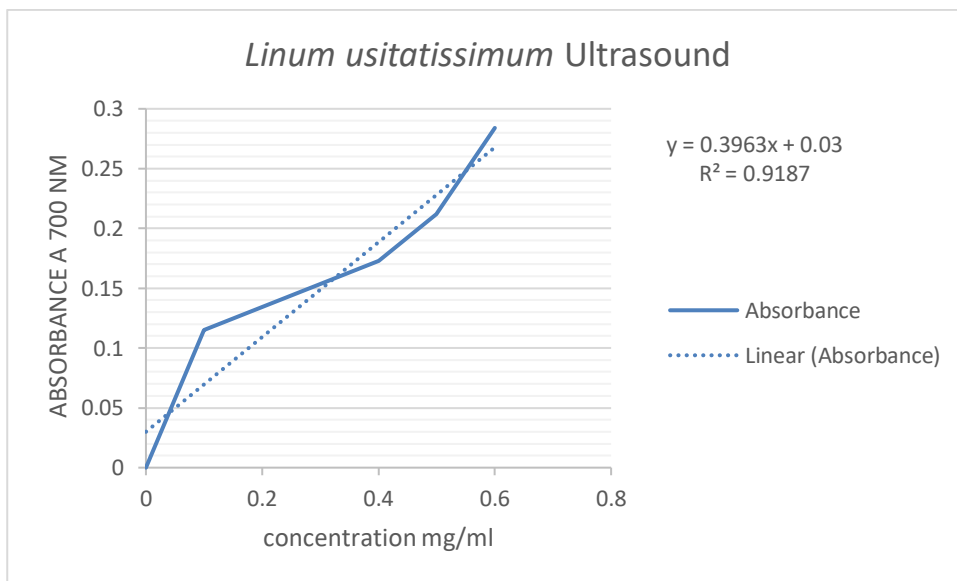


Courbe d'étalonnage des flavonoïdes Mix ultrasound

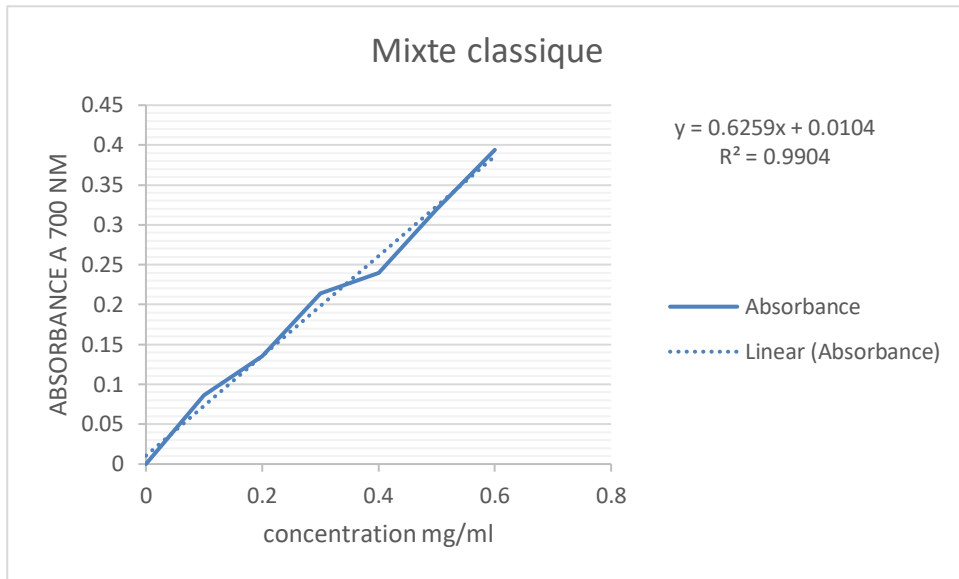
**Test Antioxydant**Courbe d'étalonnage de test antioxydant *Corchorus olitorius* ClassiqueCourbe d'étalonnage de test antioxydant *Corchorus olitorius* Ultrasound



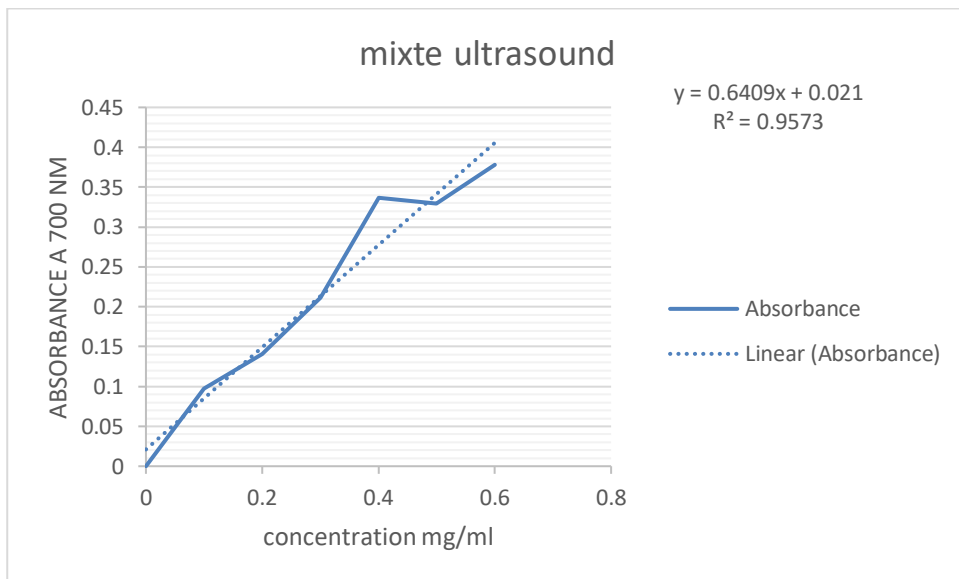
Courbe d'étalonnage de test antioxydant *Linum usitatissimum* classique



Courbe d'étalonnage de test antioxydant *Linum usitatissimum* Ultrasound



Courbe d'étalonnage de test antioxydant mixte classique



Courbe d'étalonnage de test antioxydant mixte ultra

## Annexes 03

### CRAPC Ouargla



#### Sample Information

Acquired by	: Bellaoueur Ibtissem	Method Filename	: methode.lcm
Sample Name	: CP	Batch Filename	: Batch.lcb
Injection Volume	: 10 uL	Date Acquired	: 25/01/2024 08:53:27
Data Filename	: Melange CP.lcd	Processed by	: HPLC (SHUMADZU)

#### Method

##### <<Data Acquisition>>

LC Stop Time : 70.00 min  
 PDA Detector Name :  
 PDA PDA Sampling  
 Frequency : 1.5625 Hz  
 PDA Start Time :  
 0.00 min  
 PDA End Time : 70.00 min  
 PDA Time Constant : 0.640 sec

(Low pressure gradient!)=)

##### <<Pump>>

Mode : Low pressure gradient  
 Pump A : LC-20ADXR  
 Total Flow : 1.0000 mL/min  
 B Conc. : 10.0 %  
 PressMax : 40.0 MPa  
 PressMin : 0.0 MPa

##### <<LC Time Program>>

Time	Module	Command	Value	Comment
0.01	Pumps	Solvent B Conc.	10	
0.01	Pumps	Solvent D Conc.	90	
55.00	Pumps	Solvent B Conc.	100	
55.00	Pumps	Solvent D Conc.	0	
60.00	Pumps	Solvent B Conc.	10	
60.00	Pumps	Solvent D Conc.	90	
70.00	Controller	Stop		

##### <<Autosampler>>

Autosampler Model :  
 SIL-20ACXR Enable  
 Autosampler :  
 Use

##### <<Oven>>

Oven Model : CTO-20A  
 Enable Oven : Use  
 Oven Temperature : 30 C  
 Maximum Temperature : 90 C

##### <<PDA>>

PDA Model : SPD-M20A  
 Lamp : D2&W  
 Start Wavelength : 190 nm  
 End Wavelength : 800 nm  
 Use Cell Temp. : Use

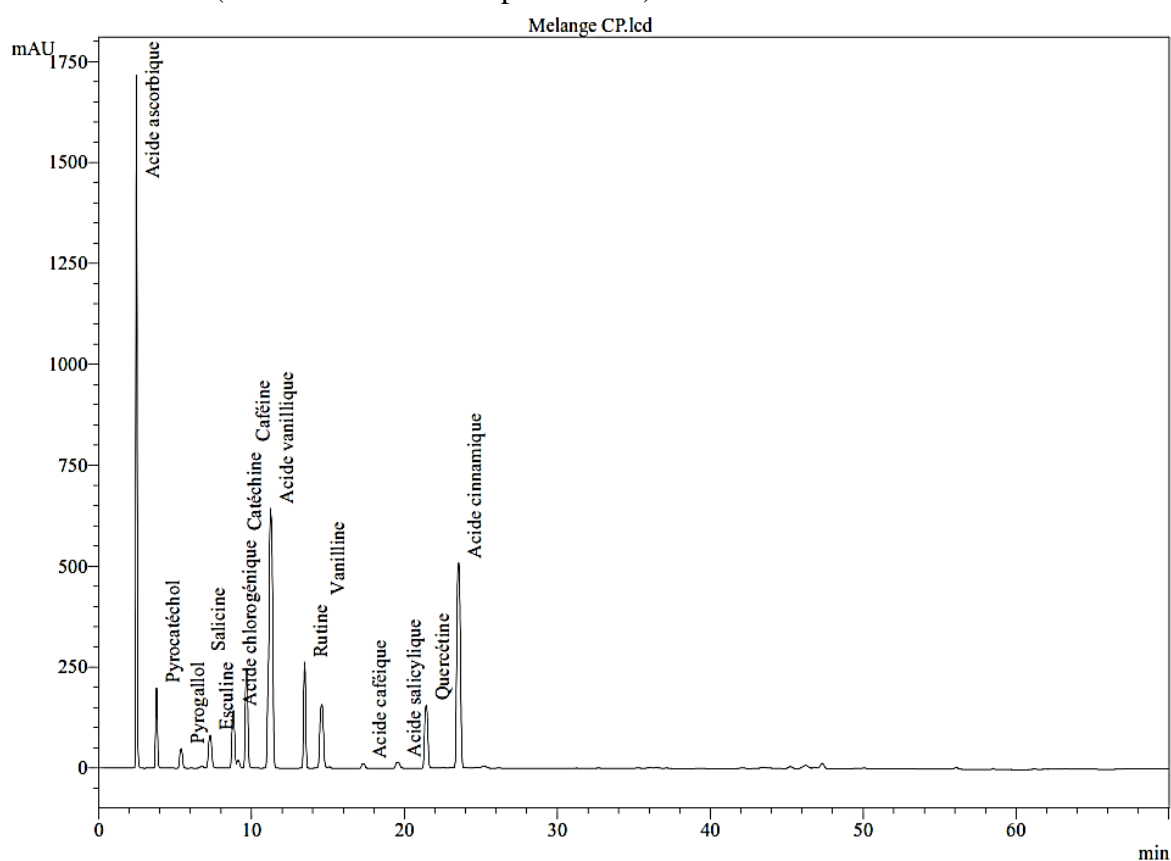
Cell Temp. : 30 C  
 Slit Width : 1.2 nm  
 Reference Correction : Not Used  
 Channel 1 Wavelength : 250 nm  
 Channel 1 Bandwidth : 4 nm  
 Channel 1 Output Range : 1.0 AU/V

## &lt;&lt;Column Information&gt;&gt;

Column Name : Ultra C18  
 Column ID : 250 x 4.6 mm  
 Particle Size: 5 um

## &lt;&lt;Mobile Phase Name&gt;&gt;

Mobile Phase : B (Acetonitrile)  
 D (1% Acetic acid/Ultra-pure Water)



PDA Ch1 254nm

Peak#	Name	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	Acide ascorbique	2.469	10009958	1715563	21.885
2	Pyrocatechol	3.790	1776794	199065	3.885
3	Pyrogallol	5.406	620584	48758	1.357
4	Salicine	6.764	98148	5321	0.215
5	Esculine	7.302	1197043	81136	2.617
6	Acide chlorogénique	8.810	1745586	143373	3.816
7	Catéchine	9.134	243648	18966	0.533
8	Caféine	9.679	2936592	248416	6.420
9	Acide vanillique	11.239	10955414	643954	23.953
10	Rutine	13.471	2493551	261394	5.452
11	Vanilline	14.592	2539286	157906	5.552
12	Acide caféique	17.314	178485	12121	0.390
13	Acide salicylique	19.581	285981	15252	0.625
14	Quercétine	21.425	2305955	156193	5.042
15	Acide cinnamique	23.545	8350959	508561	18.258
Total			45737984	4215978	100.000



## Annexes 04



### Sample Information

Acquired by	: Bellaoueur Ibtissem	Method Filename	: methode.lcm
Sample Name	: 1-43	Batch Filename	: Batch 2.lcb
Injection Volume	: 10 uL	Date Acquired	: 07/03/2024 14:19:43
Data Filename	: 13.lcd	Processed by	: HPLC (SHUMADZU)

### Method

#### <<Data Acquisition>>

LC Stop Time	: 70.00 min
PDA Detector Name	: PDA
PDA Sampling Frequency	: 1.5625 Hz
PDA Start Time	: 0.00 min
PDA End Time	: 70.00 min
PDA Time Constant	: 0.640 sec

#### (Low pressure gradient!)

#### <<Pump>>

Mode	: Low pressure gradient
Pump A	: LC-20ADXR
Total Flow	: 1.0000 mL/min
B Conc.	: 10.0 %
PressMax	: 40.0 MPa
PressMin	: 0.0 MPa

#### <<LC Time Program>>

Time	Module	Command	Value	Comment
0.01	Pumps	Solvent B Conc.	10	
0.01	Pumps	Solvent D Conc.	90	
55.00	Pumps	Solvent B Conc.	100	
55.00	Pumps	Solvent D Conc.	0	
60.00	Pumps	Solvent B Conc.	10	
60.00	Pumps	Solvent D Conc.	90	
70.00	Controller	Stop		

#### <<Autosampler>>

Autosampler Model	:
SIL-20ACXREnable Autosampler	:
Use	:

#### <<Oven>>

Oven Model	: CTO-20A
Enable Oven	: Use
Oven Temperature	: 30 C
Maximum Temperature	: 90 C

#### <<PDA>>

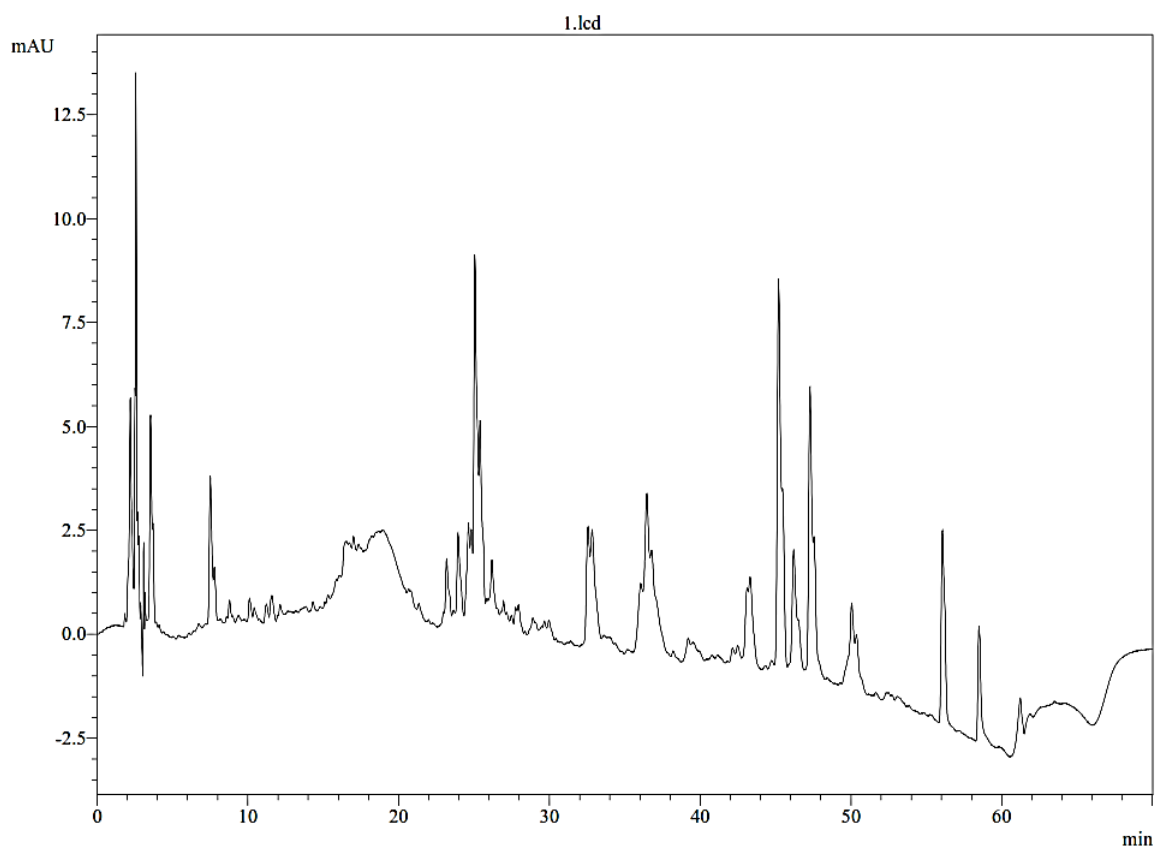
PDA Model	: SPD-M20A
Lamp	: D2&W
Start Wavelength	: 190 nm
End Wavelength	: 800 nm
Use Cell Temp.	: Use
Cell Temp.	: 30 C
Slit Width	: 1.2 nm
Reference Correction	: Not Used
Channel 1 Wavelength	: 250 nm
Channel 1 Bandwidth	: 4 nm
Channel 1 Output Range	: 1.0 AU/V

#### <<Column Information>>

Column Name	:
Ultra C18 Column ID	: 250 x 4.6 mm
Particle Size	: 5 um

#### <<Mobile Phase Name>>

Mobile Phase	: B (Acetonitrile)
	D (1% Acetic acid/Ultra-pure Water)



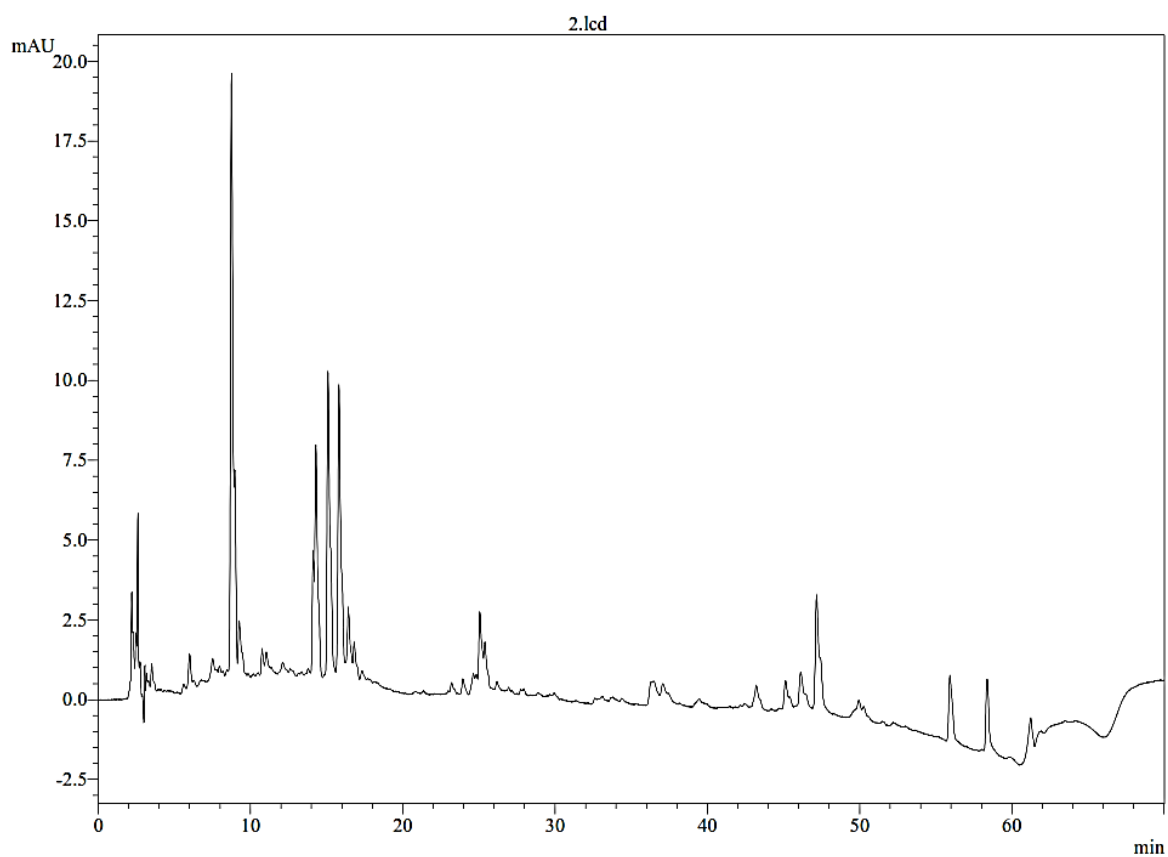
## PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	1.834	3159	413	0.173
2	2.205	76910	5945	4.204
3	2.577	125622	14102	6.867
4	2.896	4116	743	0.225
5	3.082	12290	3173	0.672
6	3.195	11849	1878	0.648
7	3.542	65899	5867	3.602
8	3.705	22156	3131	1.211
9	3.936	4411	569	0.241
10	4.128	3565	334	0.195
11	7.508	40782	3541	2.229
12	7.782	12465	1312	0.681
13	8.565	1100	138	0.060
14	8.780	5841	543	0.319
15	10.112	6445	559	0.352
16	10.414	4336	330	0.237
17	11.236	5771	448	0.315
18	11.596	9261	634	0.506
19	12.137	3361	318	0.184
20	14.313	2229	217	0.122
21	15.316	1557	171	0.085
22	15.840	3532	252	0.193
23	16.043	3360	262	0.184
24	16.546	18244	828	0.997
25	16.757	8329	680	0.455
26	16.998	9408	711	0.514
27	17.349	4769	349	0.261

## Annexes

---

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
28	17.536	1172	143	0.064
29	18.197	1256	119	0.069
30	20.662	3776	171	0.206
31	21.334	2584	207	0.141
32	22.965	2091	278	0.114
33	23.181	23248	1560	1.271
34	23.644	3213	297	0.176
35	23.938	33478	2121	1.830
36	24.635	31486	2331	1.721
37	24.823	20859	2164	1.140
38	25.054	128432	8767	7.021
39	25.394	66767	4750	3.650
40	25.861	4220	453	0.231
41	26.182	22339	1349	1.221
42	26.571	1170	155	0.064
43	26.955	1967	293	0.108
44	27.477	1407	175	0.077
45	27.756	4073	434	0.223
46	27.948	7062	567	0.386
47	28.896	7627	432	0.417
48	29.109	3242	333	0.177
49	29.440	4061	250	0.222
50	29.656	5100	418	0.279
51	29.971	7608	461	0.416
52	32.556	40006	2778	2.187
53	32.832	56867	2689	3.109
54	36.056	32169	1663	1.759
55	36.456	79980	3834	4.372
56	36.783	68831	2466	3.763
57	38.206	1362	133	0.074
58	39.209	3763	290	0.206
59	42.154	5488	365	0.300
60	42.487	7876	455	0.431
61	43.122	27401	1887	1.498
62	43.309	41424	2166	2.265
63	44.740	3100	203	0.169
64	45.200	139555	9381	7.629
65	45.461	46232	4357	2.527
66	46.205	53232	2878	2.910
67	46.517	12804	1205	0.700
68	47.282	99564	6865	5.443
69	47.549	42558	3293	2.327
70	50.049	46008	2047	2.515
71	50.374	24349	1342	1.331
72	56.062	76195	4647	4.165
73	58.489	42578	2786	2.328
74	61.226	18910	1031	1.034
Total		1829255	134433	100.000

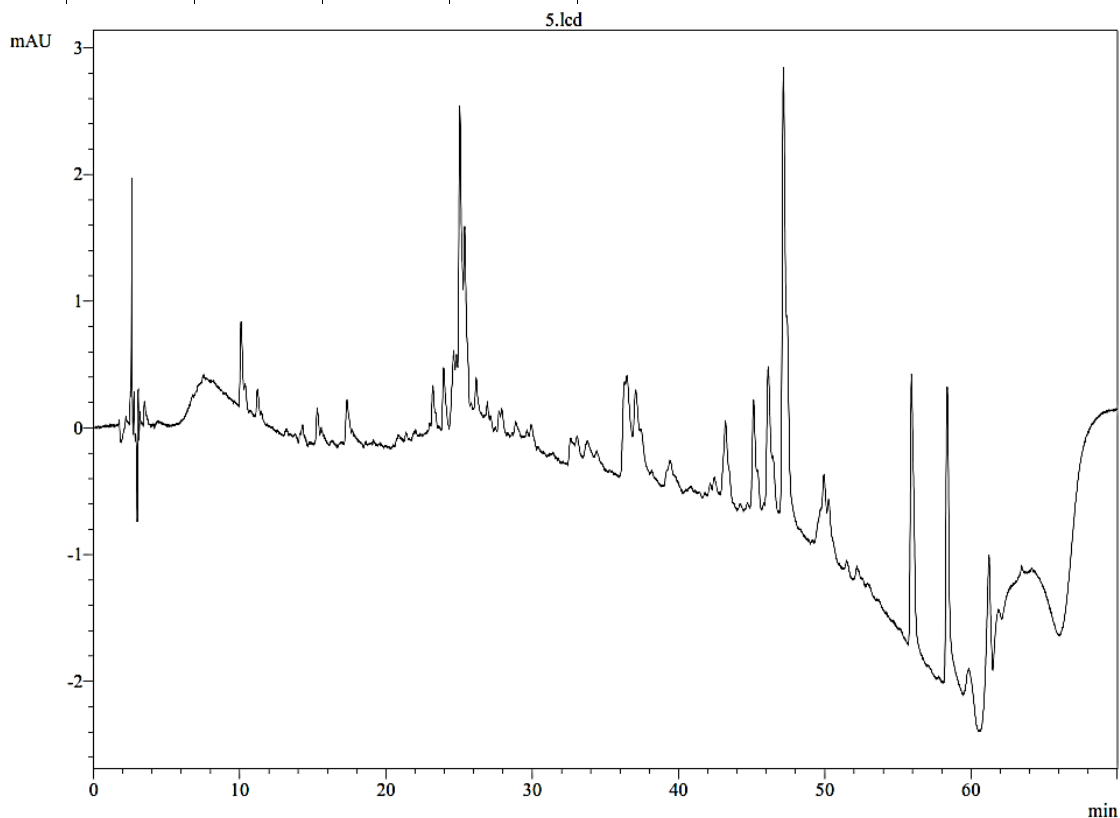


## PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	2.204	38779	3552	3.027
2	2.483	17151	2446	1.339
3	2.599	32160	6281	2.510
4	2.752	9543	1723	0.745
5	2.889	4517	806	0.353
6	3.058	7471	1692	0.583
7	3.185	10438	1311	0.815
8	3.328	5963	906	0.465
9	3.515	15802	1224	1.233
10	5.615	2894	244	0.226
11	5.997	13218	1130	1.032
12	6.283	2338	235	0.182
13	7.511	10179	693	0.794
14	7.787	3204	335	0.250
15	7.967	5095	441	0.398
16	8.181	2483	275	0.194
17	8.476	3148	299	0.246
18	8.748	200318	18966	15.635
19	8.964	51558	6546	4.024
20	9.257	26681	1808	2.082
21	9.842	1113	132	0.087
22	10.759	7973	804	0.622
23	11.035	8704	672	0.679
24	12.116	4310	324	0.336
25	12.616	2303	147	0.180
26	13.345	1573	143	0.123
27	13.780	2733	257	0.213
28	14.108	33002	3982	2.576

Annexes

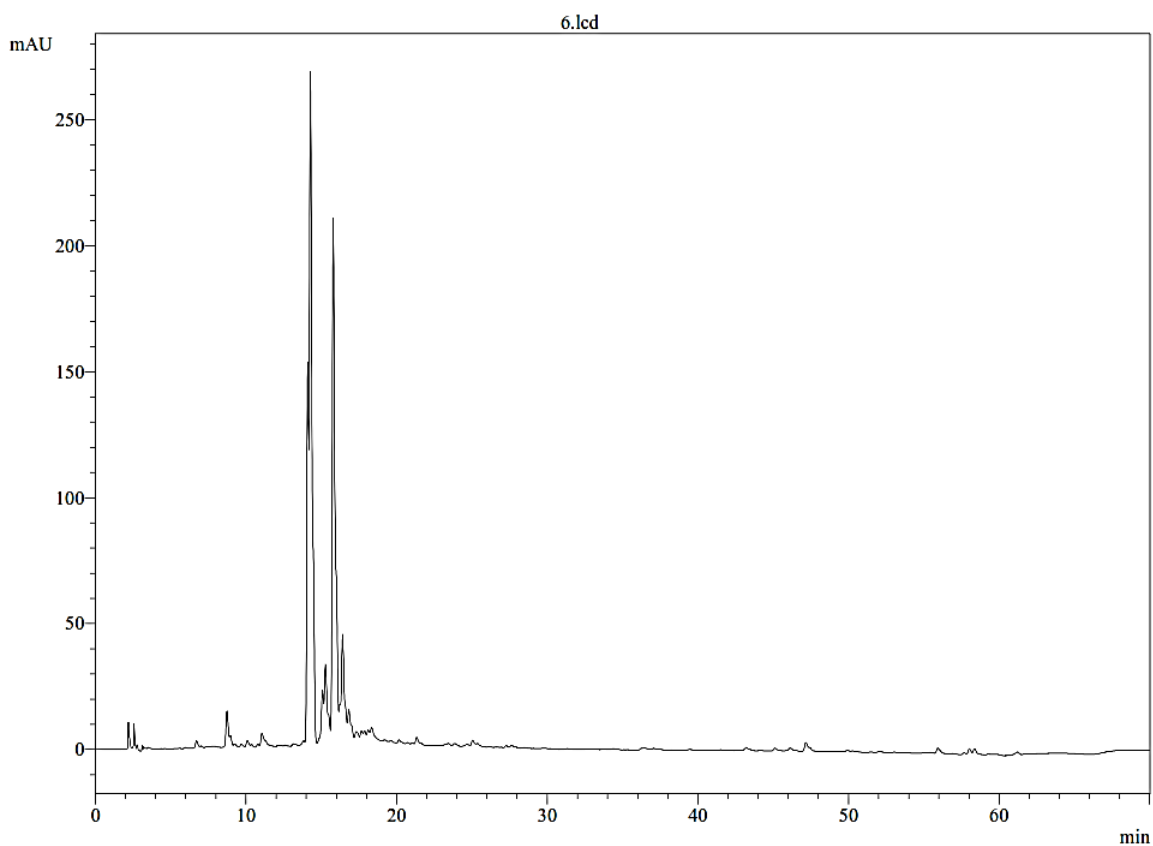
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
29	14.295	92283	7267	7.203
30	15.086	133371	9580	10.410
31	15.805	128342	9162	10.017
32	16.424	33748	2225	2.634
33	16.802	14879	1149	1.161
34	17.329	3426	266	0.267
35	23.205	4093	341	0.319
36	23.943	6671	488	0.521
37	24.634	7864	620	0.614
38	24.824	5435	563	0.424
39	25.055	35251	2485	2.751
40	25.387	20237	1493	1.580
41	26.178	3052	262	0.238
42	27.943	3379	186	0.264
43	29.952	1016	110	0.079
44	36.470	19016	631	1.484
45	37.065	5845	385	0.456
46	39.483	3351	157	0.262
47	42.443	1259	95	0.098
48	43.215	14350	697	1.120
49	45.129	13079	869	1.021
50	45.429	2934	326	0.229
51	46.137	17179	1075	1.341
52	46.475	5321	402	0.415
53	47.175	51700	3567	4.035
54	47.424	19233	1651	1.501
55	49.664	4908	269	0.383
56	49.944	9547	585	0.745
57	50.251	6903	418	0.539
58	50.645	1305	110	0.102
59	55.931	32978	2062	2.574
60	58.375	34918	2277	2.725
61	61.229	19682	1072	1.536
Total		1281204	110218	100.000



## PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	2.616	8393	2017	1.981
2	2.769	1343	364	0.317
3	3.057	5104	973	1.204
4	3.188	5120	657	1.208
5	3.494	7337	390	1.732
6	10.097	7744	680	1.828
7	10.379	1965	208	0.464
8	11.209	1976	205	0.466
9	15.300	2485	250	0.586
10	17.331	4285	313	1.011
11	23.205	3279	323	0.774
12	23.943	6695	490	1.580
13	24.628	7978	584	1.883
14	24.825	4836	523	1.141
15	25.047	34044	2457	8.034
16	25.381	19550	1461	4.614
17	26.156	2820	251	0.666
18	27.712	1895	170	0.447
19	27.920	2087	199	0.493
20	29.931	1577	110	0.372
21	36.277	9816	709	2.317
22	36.476	15027	774	3.546
23	37.067	13695	648	3.232
24	37.472	5486	323	1.295
25	39.437	3210	141	0.757
26	43.209	12862	603	3.035
27	45.127	12453	857	2.939
28	45.419	2795	304	0.660

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
29	46.135	18026	1099	4.254
30	46.475	4809	406	1.135
31	47.177	54263	3542	12.806
32	47.424	16175	1599	3.817
33	49.696	4351	278	1.027
34	49.948	9519	588	2.246
35	50.260	8565	427	2.021
36	55.930	34921	2153	8.241
37	58.370	36225	2339	8.549
38	59.857	6190	236	1.461
39	61.228	19014	1057	4.487
40	61.845	5816	251	1.373
Total		423727	30959	100.000



## PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	1.750	1088	127	0.010
2	2.191	76255	11039	0.677
3	2.574	51905	10517	0.461
4	2.777	11149	2253	0.099
5	3.101	8258	2214	0.073
6	3.204	11385	1695	0.101
7	3.349	3980	842	0.035
8	3.481	15710	1109	0.140
9	3.936	1474	109	0.013
10	4.604	1441	155	0.013
11	5.332	2135	168	0.019
12	5.583	2302	212	0.020
13	5.976	4497	435	0.040

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
14	6.714	34314	2900	0.305
15	7.021	9936	846	0.088
16	7.378	9961	576	0.088
17	7.739	8572	675	0.076
18	7.945	9187	674	0.082
19	8.213	3078	297	0.027
20	8.729	156318	14271	1.388
21	8.959	45777	4803	0.407
22	9.239	19523	1430	0.173
23	9.684	16322	1384	0.145
24	10.083	33311	2610	0.296
25	10.372	10497	1059	0.093
26	10.786	10962	1090	0.097
27	11.054	97403	5429	0.865

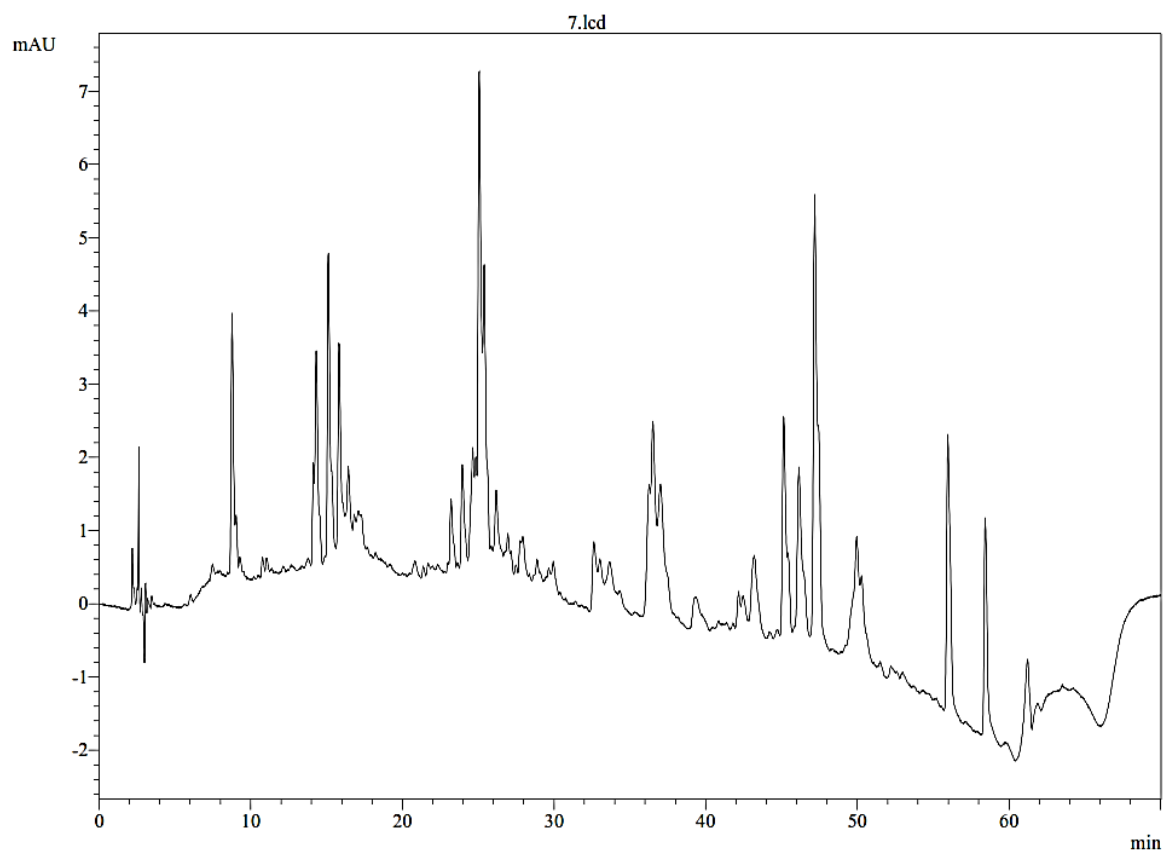
## Annexes

---

28	11.563	6975	674	0.062
29	12.598	3010	319	0.027
30	13.171	19771	1018	0.176
31	13.826	29829	2145	0.265
32	14.089	1267890	152468	11.260
33	14.275	3374467	267772	29.969
34	15.079	258749	22260	2.298
35	15.278	475575	32418	4.224
36	15.784	2962214	209743	26.308
37	16.224	4773	1066	0.042
38	16.408	656902	44168	5.834
39	16.823	249097	14346	2.212
40	17.334	96806	5648	0.860
41	17.657	77783	5837	0.691
42	17.872	67187	6014	0.597
43	18.099	75181	6226	0.668
44	18.342	172427	7194	1.531
45	19.201	65322	2262	0.580
46	19.644	35945	1893	0.319
47	19.904	9754	1146	0.087
48	20.153	46504	2263	0.413
49	20.718	18122	1118	0.161
50	21.041	12691	1046	0.113
51	21.327	42692	3151	0.379
52	21.600	8521	890	0.076
53	22.970	3845	316	0.034
54	23.429	22035	1080	0.196
55	23.885	19426	1058	0.173
56	24.644	16868	887	0.150
57	25.035	37362	2559	0.332
58	25.366	18506	1412	0.164
59	26.158	2415	237	0.021
60	26.651	3137	197	0.028
61	26.976	1260	136	0.011
62	27.271	10603	869	0.094
63	27.634	16087	1139	0.143
64	27.915	4538	469	0.040
65	28.309	1785	190	0.016
66	28.495	3459	290	0.031
67	31.331	3384	287	0.030
68	33.775	2334	152	0.021
69	34.382	5619	402	0.050
70	34.720	1194	138	0.011
71	36.288	9579	716	0.085
72	36.476	14953	777	0.133
73	37.068	13126	629	0.117

## Annexes

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
74	37.493	4240	263	0.038
75	39.463	4466	258	0.040
76	41.152	1570	98	0.014
77	41.519	4574	352	0.041
78	41.812	2299	189	0.020
79	42.133	1874	120	0.017
80	42.400	2755	141	0.024
81	42.805	2773	213	0.025
82	43.216	26649	1318	0.237
83	45.115	17240	1133	0.153
84	45.387	3023	395	0.027
85	46.124	17668	1107	0.157
86	46.464	4589	368	0.041
87	47.172	69001	3475	0.613
88	49.685	2701	170	0.024
89	49.936	6625	459	0.059
90	50.269	3622	287	0.032
91	52.042	5926	313	0.053
92	53.046	3586	249	0.032
93	55.051	7095	304	0.063
94	55.447	8127	457	0.072
95	55.926	40750	2260	0.362
96	56.917	4414	243	0.039
97	57.673	8798	738	0.078
98	58.023	32568	2393	0.289
99	58.362	37134	2338	0.330
100	59.282	2116	234	0.019
101	59.751	4631	181	0.041
102	61.218	22569	1163	0.200
Total		11259826	897167	100.000





## Annexes

---

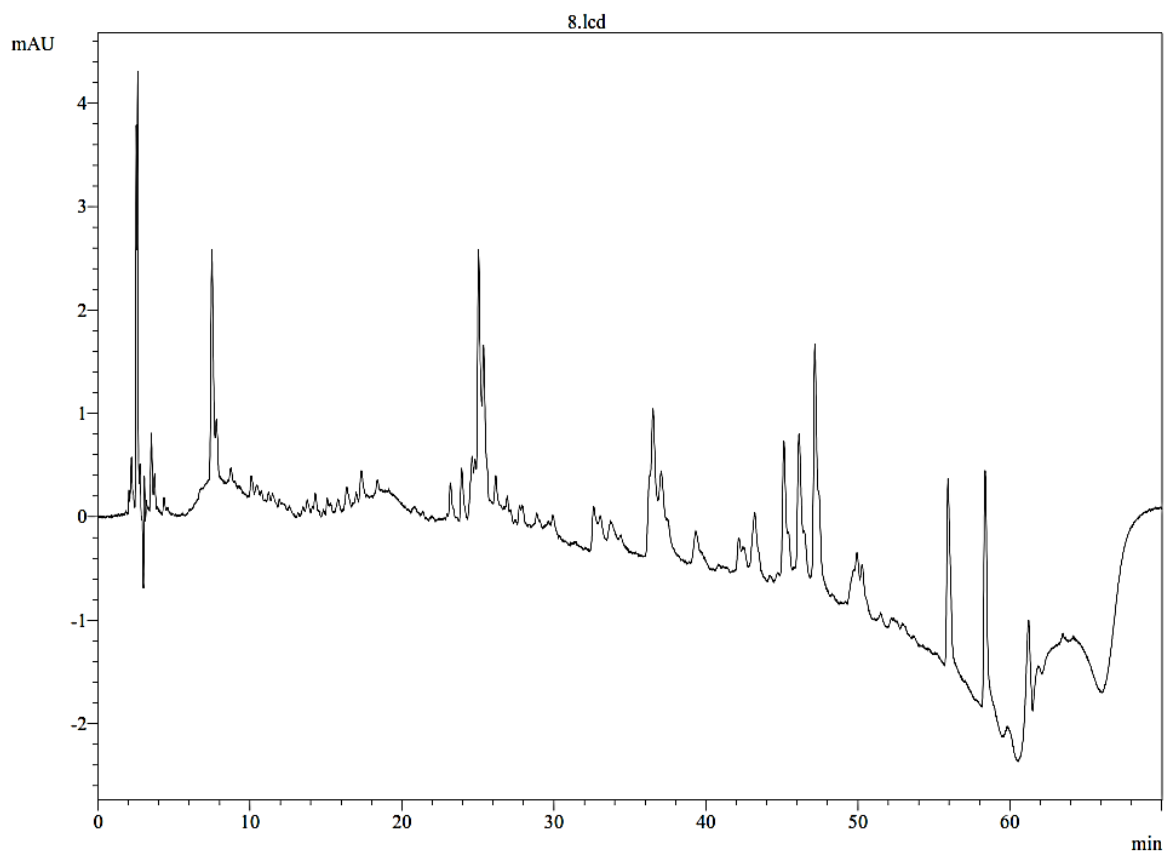
### PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	2.191	5887	825	0.493
2	2.507	1856	316	0.155
3	2.612	7142	2238	0.598
4	2.791	4809	504	0.402
5	3.057	6185	1007	0.518
6	3.212	5161	598	0.432
7	3.467	3846	300	0.322
8	7.468	1920	170	0.161
9	8.764	38191	3559	3.196
10	9.037	7506	820	0.628
11	9.277	2769	259	0.232
12	10.783	2464	253	0.206
13	11.054	2025	210	0.169
14	14.127	11117	1406	0.930
15	14.317	38827	2927	3.249
16	15.113	59369	4230	4.969
17	15.823	43154	2970	3.612
18	16.434	24710	1267	2.068
19	16.820	6804	604	0.569
20	17.106	9194	634	0.769
21	17.312	8114	562	0.679
22	17.728	1105	100	0.092
23	20.802	3131	187	0.262
24	21.368	1260	145	0.105
25	23.205	13803	997	1.155
26	23.950	20438	1413	1.710
27	24.639	22588	1595	1.890
28	24.837	14539	1466	1.217

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
29	25.063	91885	6706	7.690
30	25.388	61463	4058	5.144
31	26.185	13944	926	1.167
32	26.952	1915	256	0.160
33	27.494	1307	136	0.109
34	27.755	5328	472	0.446
35	27.946	6386	532	0.534
36	28.877	3822	298	0.320
37	29.653	1808	160	0.151
38	29.952	4847	339	0.406
39	32.620	13966	846	1.169
40	33.032	7347	449	0.615
41	33.677	5337	314	0.447
42	36.268	26777	1791	2.241
43	36.517	51086	2654	4.275
44	37.019	53154	1778	4.448
45	39.348	8527	340	0.714
46	42.165	6507	504	0.545
47	42.461	9263	473	0.775
48	43.204	31633	1068	2.647
49	44.683	1014	79	0.085
50	45.144	43841	2970	3.669
51	45.440	11422	1093	0.956
52	46.148	48817	2215	4.085
53	47.188	123020	6070	10.295
54	49.958	40880	1578	3.421
55	50.278	21687	1094	1.815
56	55.970	62620	3780	5.241
57	58.427	43963	2986	3.679
58	61.220	23421	1075	1.960

## Annexes

Total	1194898	78602	100.000
-------	---------	-------	---------



### PDA Ch1 254nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
1	2.039	1410	293	0.272
2	2.204	9233	726	1.784
3	2.514	20508	4153	3.963
4	2.602	21581	4731	4.170
5	2.767	10592	1053	2.047
6	3.052	5785	1032	1.118
7	3.194	6057	674	1.170
8	3.510	12343	1050	2.385
9	3.721	4180	484	0.808
10	4.346	1173	147	0.227
11	7.493	25123	2221	4.855
12	7.786	5663	570	1.094
13	8.745	1230	131	0.238
14	10.102	1961	185	0.379
15	14.287	1397	156	0.270
16	15.081	1451	161	0.280
17	16.373	3117	206	0.602
18	17.328	3744	279	0.724
19	18.388	1150	114	0.222
20	23.190	3283	323	0.634
21	23.927	6440	501	1.245
22	24.610	7798	566	1.507
23	24.812	4727	517	0.914
24	25.040	33449	2518	6.464
25	25.369	21087	1556	4.075
26	26.173	3008	280	0.581
27	27.917	3571	178	0.690
28	29.932	1413	119	0.273

## Annexes

---

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area%
29	32.623	6634	405	1.282
30	33.047	5361	267	1.036
31	36.520	36111	1414	6.978
32	37.055	18843	787	3.641
33	37.515	4764	290	0.920
34	39.336	4577	253	0.884
35	42.167	2312	209	0.447
36	43.209	12642	560	2.443
37	45.126	18215	1284	3.520
38	45.440	4159	381	0.804
39	46.129	21400	1326	4.135
40	46.496	5383	408	1.040
41	47.173	43095	2288	8.327
42	49.696	6939	360	1.341
43	49.935	8568	546	1.656
44	50.263	9138	459	1.766
45	55.931	27778	1807	5.368
46	58.368	39223	2338	7.579
47	61.234	19881	1030	3.842
Total		517497	41338	100.000