

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

N°...../SNV/2017

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BENHASNA MOKHTAR

HADJAR MOHAMMED AMINE

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOLOGIE

Spécialité: valorisation des substances naturelles végétales

THÈME

Soutenue publiquement le **11 /06/2017**

DEVANT LE JURY

Président	SAIAH FARIDA	MCB U. Mostaganem
Encadreur	BENOURAD FOUZIA	MCB U. Mostaganem
Examineurs	DEBBA MOHAMMED BACHIR	MAA U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de Protection des Végétaux.

Remerciements

Je tiens à remercier cordialement

Mon encadreur Mme. BENOURAD pour son assistance et son aide.

Je remercie également

**les membres jury.*

**mes parents qui toujours encouragés et qui ont contribué à mes réussite.*

**mes frères qui ont toujours été derniers moi.*

**tous ceux qui m'ont aidée de prés ou de loin.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chères

- *à mon père et à ma mère pour leurs sacrifices et leurs prières*
- *à mes frères pour sa présence à mes côtés*
- *à ma belle mère*
- *à mes amis*

SOMMAIRE

Introduction Générale	01
1) Chapitre 01 : le gingembre.	
1.1. Historique.....	02
1.2. Introductio.....	02
1.3. La classification de gingembre.....	03
1.4. La plantation de gingembre.....	03
1.5. La récolte de gingembre.....	03
1.6. La division de gingembre.....	04
1.7. Caractéristique botanique.....	05
1.8. Composition chimique.....	05
1.9. Usage alimentaire.....	06
1.10. Propriétés médicinales de gingembre.....	07
1.10.1. Vertus et propriété médicinale	07
1.11. Précaution d'emploi de gingembre.....	08
1.12. Effet secondaire.....	08
1.13. Interaction avec des plantes médicinales ou des médicaments.....	09
1.14. Les bienfaits de gingembre.....	09
1.15. Effet indésirable.....	09
1.16. Forme de gingembre	09
1.16.1. En infusion.....	09
1.16.2. En décoction.....	10
1.16.3. En l'intégrant.....	10

2) Chapitre 02 : Généralités sur les huiles essentielles.

2.1. Historique.....	11
2.2. Définition	11
2.3. Localisation et répartition botanique	12
2.4. Domaines d'utilisations.....	12
2.5. Propriétés physico-chimique des huiles essentielles.....	13
2.6. Composition chimique des huiles essentielles (différents classes).....	13
2.6.1. Les terpénoïdes.....	13
2.6.2. Les phénylpropanoïdes.....	13
2.7. Biosynthèse des huiles essentielles	14
2.7.1. Voie des terpénoïdes.....	14
2.7.2. Voie des phénylpropanoïdes	16
2.8. Facteur influençant la composition (la qualité)	16
2.9. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	16
2.10. Méthodes d'extraction.....	17
2.10.1. Distillation à l'eau (hydro- distillation)	17
2.10.2. Principe.....	17
2.11. Distillation à l'eau et à la vapeur d'eau (Distillation à la vapeur humide)...	17
2.12. Distillation à la vapeur d'eau (distillation à la vapeur sèche)	17
2.13. Enfleurage	17
2.14. L'expression à froid	18
2.15. Extraction par solvant	18
2.16. L'extraction par le dioxyde de carbone (Co2).....	18

2.17. L'extraction assisté par micro – ondes	18
2.18. Les procédés d'entraînement à la vapeur d'eau	19
2.18.1. Le procédé eysseric ou distillation à bain – marie	19
2.18.2. Le procédé agraromes ou extraction HDF.....	19
2.18.3. Le procédé aromaprocess ou turbo distillation	19
2.19. Conservation des huiles essentielles	20
2.20. Caractérisation chimique des huiles essentielles.....	20
2.20.1. Chromatographie sur couche mince(CCM).....	20
2.20.2. Chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	21
2.20.3. Spectrométrie de masse (SM)	21
2.20.4. Le couplage chromatographie en phase gazeuse/ Spectrométrie de masse (CPG/SM)	21
2.20.5. Résonance magnétique nucléaire (RMN).....	21
3) Chapitre 03 : Matériel et méthode	
3.1. Matériel et Méthode	23
3.2. Objectif.....	23
3.3. Technique d'extraction	23
3.4. Matériel utilisés	24
3.5. Le protocole	25
3.5.1 Conduite de l'essaie.....	25
3.6. Calcul de rendement.....	25
3.7. Résultats et discussion.....	26
3.7.1. Hydromodule.....	26

3.7.2. Les durée d'extraction	27
3.7.3. La température.....	28_29
Conclusion.....	30
Références bibliographiques	

La liste des figures

Figure01 : Rhizome de gingembre (photo Originale 2017)

Figure02 : la récolte de gingembre en pot

Figure03 : la plantation de gingembre en pot

Figure04 : Vue macroscopique d'une tranche de gingembre fraîche

Figure05 : Gingembre confit

Figure 06 : Structure de la molécule d'isoprène

Figure 07 : Biosynthèse des isoprénoïdes à partir du diphosphate d'isopentényle (IPP)

Figure08 : Dispositif pour hydro distillation,(original 2017)

Figure09 : un rhizome de gingembre (original 2017)

Figure 10:une goutte d'huile essentielle (original 2017)

Figure11 : Influence de l'hydromodule sur le rendement d'extraction de Zingiber Officinale au début et a la fin de l'extraction

Figure12 : Influence de la température sur le rendement d'extraction de Zingiber Officinale au début et a la fin de l'extraction

Figure13 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport 25gr/500ml (P/V) en fonction de température

Figure14 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport (P/V) 50gr/500ml en fonction de température

Figure15 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport (P/V) 75gr/500ml en fonction de température

Liste des abréviations :

H E : huile essentielle.

RHe : rendement.

P : poids.

V : volume.

°C : degré Celsius.

% : Pourcentage.

g : Gramme.

ml: Mililitre.

h: Heur.

T° : température.

Résumé :

Ce travail a pour objet l'optimisation des paramètres influencent l'extraction de l'huile essentielle de *Zingiber officinale*. Par hydrodistillation, les principaux paramètres étudiés sont la température, l'hydromodule et la durée d'extraction. Les résultats des essais réalisés ont permis de constater une augmentation significative du rendement en huile pour une température 100°C, hydromodule de 75/500(p/v) après trois heures d'extraction. Hydromodule de 75/500 (p/v) après trois heures d'extraction.

Mots clés : zingiber officinale, huile essentielle, hydrodistillation, hydromodule, température.

Abstract:

His work aims at optimizing the parameters influencing the extraction of the essential oil of *Zingiber officinal*. By hydrodistillation, the main parameters studied are the temperature, hydromodule and duration of extraction. The results of the tests carried out made it possible to observe a significant increase in the oil yield at a temperature of 100°C and 75/500(w/v) hydromodule after three hours of extraction.

Keywords: zingiber officinal, essential oil, hydrodistillation, hydromodule, temperature.

Introduction

Les plantes aromatiques constituent une richesse naturelles très important dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur . Les activités potentielles des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Mailhebiau ,1994**).

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté a ces plantes n'a pas cessé de croitre au cours de ces dernières années. A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces de la famille des Zinberaceae : le gingembre, il est important de définir leur identité, connaitre leur composition chimique et rechercher leurs activités biologiques (**Bouhdid et al, 2006**).

Dans ces dernières années, Les recherches scientifiques s'intéressaient aux composés des plantes qui sont destinés à l'utilisation dans le domaine phytopharmaceutique. les molécules issues des plantes dites naturelles sont considérés comme une importantes source de médicaments, sachant que plus de 120 composées provenant de plantes sont aujourd'hui utilisé en médecine moderne, 75% d'entre eux sont appliqués selon leur usage traditionnelles (**Bérubé, 2006**). Actuellement l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime environ 80% des habitants de la planète en recours aux médecines traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**Bérubé, 2006**).

La contribution à l'optimisation des paramètres influençant l'hydrodistillation de zingiber officinale est très importante, dans le but d'avoir un rendement très élevé sachant qu'il s'agit d'une plante exotique a rendement très faible.

CHAPITRE 0 1 :

Généralité sur le Gingembre

1-1-Historique

Il était dénommé *zenj* par les marchands arabes, mot par lequel ils désignaient aussi les habitants de la côte est de l'Afrique et d'où vient le nom de « Zanzibar », où les Arabes allaient chercher le gingembre.

Au XIII^e siècle, sainte Hildegarde écrivait au sujet du *Zingiber officinale Roscoe* : « Un homme en bonne santé n'a pas intérêt à en manger, car il le rend stupide, ignorant et lascif. Mais si on est sec et déjà bien affaibli, réduire du gingembre en poudre et en prendre... dans une boisson... on améliorera ainsi son état ». Au Moyen Âge, le gingembre était considéré comme une plante magique aphrodisiaque. (Grünwald et Jancke 2004)

1-2-Introduction :

Le gingembre (*Zingiber officinale*) est une espèce de plantes originaire d'Asie, du genre *Zingiber* et de la famille des *Zingiberaceae* dont on utilise le rhizome en cuisine et en médecine traditionnelle. Ce rhizome est une épice très employée dans un grand nombre de cuisines asiatiques, et en particulier dans la cuisine indienne. Il est aussi utilisé en Occident dans la confection du *ginger ale* et de desserts comme le pain d'épices (Marabout, 2013)



Figure01 : Rhizome de gingembre (photo Originale 2017)

1-3-La classification de gingembre :

Règne : planta

Sous-règne : tracheobionta

Classe : liliopsida

Sous – Classe : Zingiberidae

Ordre : Zingiberales

Famille : Zinberaceae

Genre : Zingibe

Nom scientifique : *Zingiber officinale*

Nom commun : gingembre

Nom anglais : *ginger*

Classification botanique : famille des zingibéracées (*Zingiberaceae*)

Formes et préparations : capsules, gingembre moulu, tisanes, gingembre frais, huiles essentielles, teintures. (Issue 1997)

1-4-La plantation de gingembre :

- La culture se fait des graviers ou des billes d'argile, contenant un substrat composé à parts égales de sable et de terreau de feuilles enrichi de deux poignées de compost.
- le rhizome – sain, ferme, est enfance à 2 ou 3 cm sous terre.et bien tassé

Une autre technique consiste à placer le rhizome trempant dans l'eau de moitié, afin qu'il fasse ses racines dans le liquide. Il est bon à mettre en terre quand les racines sont bien formées et les pousses sorties. (Couillet 2013.)

1-5-La récolte de gingembre :

Le signe qui permet de juger que le gingembre est bon à récolter est le jaunissement des tiges feuillées et leur flétrissement. On récolte les rhizomes de gingembre destinés à la conserverie avant maturité sinon ils deviennent trop fibreux et trop âcres.

Les rhizomes destinés à la production du gingembre sec ou en poudre sont récoltés à maturité : 9 à 10 mois. La récolte est faite très soigneusement à l'aide d'une bêche ou d'une fourche. Éviter de blesser les rhizomes. Il est indispensable de les nettoyer immédiatement et de les

débarrasser sans tarder des racines et de la terre adhérente. Lavage et séchage au soleil où rhizomes prennent cette couleur jaune claire qui leur est propre. (Illcox 2004.)



Figure02 : la récolte de gingembre en pot (Illcox 2004)



Figure03 : la plantation de gingembre en pot (Illcox 2004)

1-6-La division de gingembre :

Les tubercules du gingembre officinal restants après la récolte, sont entreposés dans un local frais et sombre, pour qu'ils rentrent en dormance. Ils seront remis en végétation en février mars, avec un apport de compost et des arrosages réguliers. C'est possible aussi tout récolter, et repartir en fin d'hiver avec un nouveau rhizome.

Les fragmentations des rhizomes destiné pour planter plusieurs pieds, est possible a condition au moins un bourgeon soit présent sur le fragment en question. (Dr. Duke,2003)

1-7-Caractéristique botanique :

Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée d'environ 0,90 m de haut issue d'un rhizome.

Les feuilles persistantes sont lancéolées, bisériées, longues et odorantes. Les fleurs sont blanches et jaunes ponctuées de rouge sur les lèvres, les bractées sont vertes et jaunes.

Après la floraison, un court épi axillaire renfermant les graines noires enfermées dans des capsules trivalves apparaît au bout d'une tige couverte d'écailles.

Il apprécie une exposition ensoleillée et une atmosphère humide. La croissance est rapide et la multiplication se fait par division des rhizomes. (Gérard 2011)

1-8-Composition chimique :

Le rhizome est très riche en amidon (60 %). Il contient des protéines, des graisses (10 %), de l'huile essentielle et une résine. Le gingembre est essentiellement riche en minéraux comme le manganèse, le phosphore et le magnésium, mais il contient aussi du calcium, du sodium et du fer.

-Il contient de la vitamine B3, et plus petites quantités des vitamines B1, B2.

-Le gingembre frais contient de la vitamine C, mais une fois séché, on ne trouve plus trace de cette vitamine.

À partir du rhizome du gingembre sont extraites une oléorésine (6 %) et une huile essentielle (1-3 %). L'oléorésine contient les composés chimiques à l'origine de la saveur piquante, tels que le gingérol (15 %). La composition de l'huile essentielle varie beaucoup suivant l'origine géographique mais on retrouve des composés odorants comme le zingiberène, le curcumène, le camphène, le bisabolène, le citral et le linalol⁵. Ces deux extraits sont destinés à l'aromatation des aliments, tandis que seule l'huile essentielle est utilisée dans la parfumerie.

L'huile essentielle de gingembre est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des rhizomes. Il faut environ 50 kg de rhizomes secs pour obtenir 1 kg d'huile essentielle. (Pittler 2000)

1-9-Usage alimentaires:

Les jeunes *racines* de gingembre (qui sont en fait des rhizomes, c'est-à-dire des tiges souterraines) sont juteuses et charnues avec un goût très doux. Les rhizomes mûrs sont fibreux, presque secs et ont un goût plus prononcé. Plus vieux, ils prennent un goût très fort.

.Les rhizomes sont souvent employés dans la cuisine chinoise pour couvrir les odeurs et saveurs fortes comme celles des poissons et fruits de mer, du poulet et du mouton Cette saveur épicée et malodorante est due à la zingerone.

Le gingembre est également utilisé en pâtisserie pour parfumer biscuits et gâteaux – ;par exemple dans la cuisine hongroise : le gâteau de gingembre frais, ainsi que sous la forme de gingembre confit.

Le gingembre sec, en poudre, est employé pour parfumer le pain d'épices et d'autres recettes. Il a alors un goût tout à fait différent de celui du gingembre frais, et ils ne peuvent se substituer l'un à l'autre.

- Les feuilles et les pousses issues du rhizome sont également comestibles.
- Le gingembre est utilisé pour aromatiser le thé dans les zones de culture swahilie et en Corée.



Figure04 : Vue macroscopique d'une tranche de gingembre fraîche (Carole,Minker 2013)



Figure05 : Gingembre confit (Carole ,Minker 2013)

Qu'il soit frais, en poudre ou confit, le gingembre, longtemps cantonné aux cuisines exotiques et devenu un indispensable. Dans les plats salés ou sucrés, le gingembre apporte sa note fraîche citronnée et plus ou moins relevée pour réveiller tous les plats. Si bien qu'on peut inventer ses propres recettes avec du gingembre. (Carole ;Minker 2013)

1-10-Propriétés médicinales du gingembre :

1-10-1-Vertus et propriété médicinale :

- _ Il aide à évacuer les gaz intestinaux.
- _ Il combat les insuffisances biliaires et pancréatiques.
- _ Il protège la muqueuse de l'estomac des brûlures désagréables.
- _ Il stimule l'appétit.

Outre ses bienfaits sur la digestion, le gingembre est efficace sur de nombreux troubles

- _ Il diminue le taux :
 - o de cholestérol ;
 - o de triglycérides, qui sont, comme le cholestérol, des composés lipidiques (graisses) de l'organisme , d'acides gras (Andurand 2006).

- _ Ses propriétés **anti-inflammatoires** en font un allié dans les douleurs et les symptômes des rhumatismes inflammatoires.
- _ Il soulage les **problèmes circulatoires**.
- _ Il fait baisser la fièvre.
- _ Il combat les douleurs.
- _ Il a des propriétés **antibactériennes et antivirales**.
- _ Il soulage la **toux**, soigne rhumes et états grippaux, angines et petits troubles respiratoires.
- _ Il est parfois utilisé pour arrêter les saignements d'une plaie.
- _ Il est un excellent **tonifiant et fortifiant de l'organisme**, permettant aux personnes affaiblies de mieux lutter contre les maladies.
- _ C'est un aliment anti cancer :

Ses propriétés anti-inflammatoires sont étudiées dans le cadre de la prévention contre le cancer.(François Fillon 2012)

1-11-Précautions d'emploi du gingembre:

Le gingembre peut être consommé par tous et à n'importe quel moment de la journée puisqu'il ne provoque pas de somnolence. Si l'on respecte les dosages thérapeutiques, il n'y a pas de précautions d'emploi particulières à suivre. (Mireille 2003)

1-12-Effets secondaire :

À haute dose, l'huile essentielle peut provoquer des irritations et des allergies de peau. En cas d'ingestion excessive, il peut déclencher des maux de ventre. La prise de gingembre ne doit pas dépasser 1,5 g par jour pour éviter ces désagréments. (Winssllon 2004)

1-13-Interactions avec des plantes médicinales ou des médicaments :

Certaines propriétés du gingembre (anticoagulant) peuvent annuler ou, au contraire, décupler les effets de certaines plantes (notamment l'oignon ou l'ail) ou compléments. Il est plus prudent de se renseigner auprès d'un professionnel avant de le prendre avec d'autres médicaments.

Les seules contre-indications du gingembre concernent certains médicaments avec lesquels il peut interagir à cause de ses propriétés anticoagulantes. Il faut donc prendre un avis médical, surtout en cas de problèmes de calculs biliaires, de cœur, de diabète ou de toutes maladies ayant un rapport avec le sang. (Debuigne, et Couplan 2009).

1-14-Les bienfaits de gingembre :

Il a un effet antiémétique (contre les nausées, les vomissements) qui est utilisé pour prévenir et traiter les nausées des femmes enceintes ou des personnes sujettes au mal des transports. On a pu constater également son efficacité pour éviter les vomissements après une chirurgie ou une chimiothérapie. Il a un effet bénéfique pour les troubles digestifs en général (flatulences, douleurs...) et favorise l'appétit. On lui trouve également des propriétés anti-inflammatoires, antibactériennes et antivirales qui permettent de soulager les douleurs et les effets d'une grippe comme ceux d'une arthrite ou d'une entorse. Enfin, il est plus généralement connu pour sa réputation d'aphrodisiaque qui est en fait liée plutôt à ses propriétés énergisantes. (Jacques Fleurentin 2013).

1-15-Effet indésirable :

Le gingembre avant une opération à cause de ses propriétés anticoagulantes. Il n'est pas expressément contre-indiqué aux femmes enceintes, mais il leur est recommandé de ne pas le consommer sur une trop longue période (World Checklist . 2011)

1-16-Forme de gingembre :

1-16-1- En infusion : Il suffit de râper quelques copeaux de gingembre ou de déposer un peu de poudre séchée dans de l'eau bouillante. Un gramme suffit car son goût est déjà piquant. Laisser infuser dans l'eau chaude 10 minutes puis filtrer avant de déguster une tasse.

1-16-2-**En décoction** : cette fois, on coupe le gingembre frais en rondelle et on le jette dans l'eau froide que l'on porte à ébullition durant 10 minutes. Filtrer et rajouter un peu de jus de citron et une cuillère de miel.

1-16-3- **En l'intégrant** : à certains plats en guise d'épice (sous forme de poudre) ou frais (râpé) en condiment pour donner plus de saveur au met préparé. Il s'intègre très bien dans les pâtisseries (pain d'épices, sablés) mais aussi les potages ou encore les viandes blanches (Claver 2015) .

CHAPITRE 02 :

Généralité sur les huiles essentielles

2-1- Historique :

L'homme utilise les plantes médicinales pour traiter les maladies depuis des millénaires. Il semble qu'il y a quelque 60 000 ans, les *Néandertaliens* appréciaient les vertus thérapeutiques des plantes. Les chercheurs ont pu tirer cette conclusion après avoir examiné un lieu de sépulture en *Iran* dans lequel ils ont trouvé du pollen de huit plantes médicinales (Solecki et Shanidar, 1975).

Les essences ne sont apparues que plus tard, à l'entour de l'an *mille* avant J-C., avec la première distillation en *Perse*. En fait, plusieurs civilisations se disputent amicalement la primeur de l'invention. Cette technique très innovante se répandit, largement, dans le bassin méditerranéen, en *Orient* et en *Proche-Orient* (Roux, 2008).

Aujourd'hui, la science confirme les différentes vertus des plantes aromatiques et de leurs huiles essentielles et leurs extraits bruts dont les domaines d'application sont très variés et qui sont très utilisés dans l'industrie alimentaire comme additifs, et dans les cosmétiques, les parfumeries, les industries de savon et de détergents en volume impressionnant. Elles rentrent également dans la composition de plusieurs médicaments, sous forme de crèmes, gélules et suppositoires. Leur utilisation s'appelle l'"*aromathérapie*", qui consiste à utiliser les huiles essentielles pour le traitement de diverses manifestations pathologiques (Yahiaoui, 2005).

2-2- Définition :

Les huiles essentielles (HEs) sont par définition des substances volatiles et odorantes. Elles sont des métabolites secondaires produits par certaines plantes (Sanon et *coll.*, 2002). Elles se trouvent dans de nombreuses parties de la plante : le bois, les feuilles, les fruits, les écorces, les graines et les racines (Elhaib, 2011). Elles sont obtenues par pression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau (Fanny, 2008).

La norme AFNOR définit les huiles essentielles comme étant « des produits obtenus, soit à partir de matières naturelles végétales par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicerie des Citrus, soit par distillation sèche. L'huile essentielle ainsi obtenue est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques. » (AFNOR NF T75-006, 2000).

2-3- Localisation et répartition botanique :

Les huiles essentielles sont largement réparties dans le règne végétal (Catier et Roux 2007). Certaines familles sont particulièrement riches en huiles essentielles comme: *Conifères*, *Myrtacées*, *Ombellifères*, *Labiées* et *Composées* (Sauvage, 1974 ; Boulos, 1983).

Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : feuilles, fleurs, écorces, bois, racines, rhizomes, fruits et graines. La synthèse et l'accumulation sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante : poils sécréteurs des Lamiacées (*Menthaspicata*), des poches sécrétrices des Myrtacées (*Eucalyptus leucoxydon*), canaux sécréteurs des Apiacées (*Daucus carota*) ou des Astéracées (*Anthemistomentosa*) (Garnero, 1991). Les trichomes glandulaires sont les sites primaires de la biosynthèse et la conservation d'huile essentielle. (Sharma et Maguer, 2003).

2-4- Domaines d'utilisation :

L'intérêt pour les huiles essentielles s'est accru, et la demande est de plus en plus forte. Beaucoup d'entre elles sont utilisées pour assaisonner et aromatiser les aliments. Elles ont aussi une grande importance économique comme saveurs, parfums et solvants. Elles sont utilisées dans les préparations des désodorisants. L'emploi des huiles essentielles est en particulier dans le domaine des antiseptiques externes, mais peuvent être destinées à l'aromatisation des médicaments administrés par voie orale. Elles constituent aussi le support d'une pratique de soins particulière: l'*Aromathérapie*. De même qu'elles sont utilisées dans l'industrie agro-alimentaire comme conservateurs (Benzaggouta, 2004).

Cependant, plusieurs activités sont attribuées aux huiles essentielles: cholérétique, cicatrisante, neurosédative, spasmolytique, digestive, stomachique, antimicrobienne, anti-inflammatoire, désinfectante du système respiratoire, antioxydant, acidifiante, tonicardiaque, oxydante des déchets du métabolisme, fluidifiante du sang, antivenimeuse, antispasmodique, pour la conservation tissulaire, pouvoir de protéolyse rapide, sédation épidermique locale, revitalisation par oxygénation et défloculation du sang. La propriété la plus importante des huiles essentielles est l'osmose facile au travers des tissus et leur élimination complète et rapide (Benzaggouta, 2004).

2-5- Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles :

Les huiles essentielles (HEs) sont incolores ou jaune pâle à l'état liquide et a température ordinaire. Toutes les HEs sont volatiles, odorantes et inflammables. Leur densité est le plus souvent inférieure à 1. Seules trois HEs officinales ont une densité supérieure à celle de l'eau, ce sont les HEs de *cannelle*, de *girofle* et de *sassafras* (Rhayour, 2002). Elles sont volatiles, soluble dans l'alcool et dans les huiles mais pas dans l'eau (Fanny, 2008). Elles sont altérables et très sensibles à l'oxydation (Jacques et Paltz, 1997).

2-6- Composition chimique des huiles essentielles (différentes classes) :

Les huiles essentielles, d'une plante quelconque, représentent un mélange complexe de molécules chimiques qui peuvent comporter plus de soixante composants différents, parmi lesquels deux ou trois sont des composants majeurs constituant de 20 à 70% du mélange comparativement aux autres qui se trouvent le plus souvent sous forme de traces. La plupart des composants des HEs sont inclus dans deux groupes : les *terpénoïdes* et les *phénylpropanoïdes*, les deux sont synthétisés à travers deux voies métaboliques séparées.

2-6-1-Les terpénoïdes : Ils représentent le groupe le plus diversifié des métabolites secondaires végétaux, plus de 15.000 composés différents sont décrits dans la littérature. Ils dérivent d'une structure de base à cinq carbones (C₅H₈), communément appelée *isoprène*. Selon le nombre répétitif de cette unité, les terpénoïdes sont classés en : monoterpénoïdes (C₁₀), sesquiterpénoïdes (C₁₅) et diterpénoïdes (C₂₀). Dans la composition de la plupart des huiles essentielles les monoterpénoïdes et les sesquiterpénoïdes forment la majeure partie.

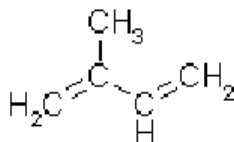


Figure 06 : Structure de la molécule d'isoprène

2-6-2-Les phénylpropanoïdes : Ils sont moins fréquents par rapport aux terpénoïdes. Néanmoins, certaines plantes possèdent ces composés avec des proportions significatives. Les

phénylpropanoïdes dérivent majoritairement de la phénylalanine. Ils sont constitués d'une chaîne carbonée liée à un noyau aromatique à six carbones (Khenaka, 2011).

2-7- Biosynthèse des huiles essentielles :

2-7-1- Voie des Terpenoïdes :

La biosynthèse végétale des terpènes prend son origine au niveau de l'acétyl coenzyme A (CH_3COSCoA). La voie mévalonique est la plus connue. Il existe, en particulier chez les bactéries et les plantes une voie dite « non mévalonique ». Pour la voie principale : La 1^{ère} étape est une condensation de type Claisen entre deux molécules d'acétyl-CoA pour conduire à l'acétoacétyl-CoA. La 2^{ème} étape est une réaction d'aldolisation entre une 3^{ème} molécule d'acétyl-CoA et l'acétoacétyl-CoA. Après hydrolyse et réduction par NADPH (Nicotine Adénine Dinucléotide Phosphate), il se forme l'acide mévalonique (Belloum, 2007).

Après pyrophosphorylation par l'ATP (Adénosine Triphosphate), la déshydratation et la décarboxylation par une élimination concertée permettent d'atteindre les 2 intermédiaires en C_5 , bio-précurseur des terpènes : le pyrophosphate d'isopentényle en équilibre, par simple transfert de proton, avec le pyrophosphate de diméthylallyle : Les deux intermédiaires en C_5 réagissent alors l'un sur l'autre pour conduire au pyrophosphate de géranyle point de départ de tous les monoterpènes et des autres précurseurs de terpenoïdes.

La condensation, suivant le même principe, entre un pyrophosphate d'isopentényle et le pyrophosphate de géranyle conduit au pyrophosphate de farnésyle, point de départ de tous les dérivés sesquiterpéniques. Par condensation d'un pyrophosphate de farnésyle avec un pyrophosphate d'isopentényle on obtient un géranyl-géranylpyrophosphate point de départ de tous les diterpènes. Par contre la formation des tri- et tétra-terpènes s'obtient par dimérisation réductive, à l'aide de NADPH, de deux unités pyrophosphate de farnésyle ou géranyl-géranylpyrophosphate (Belloum, 2007).

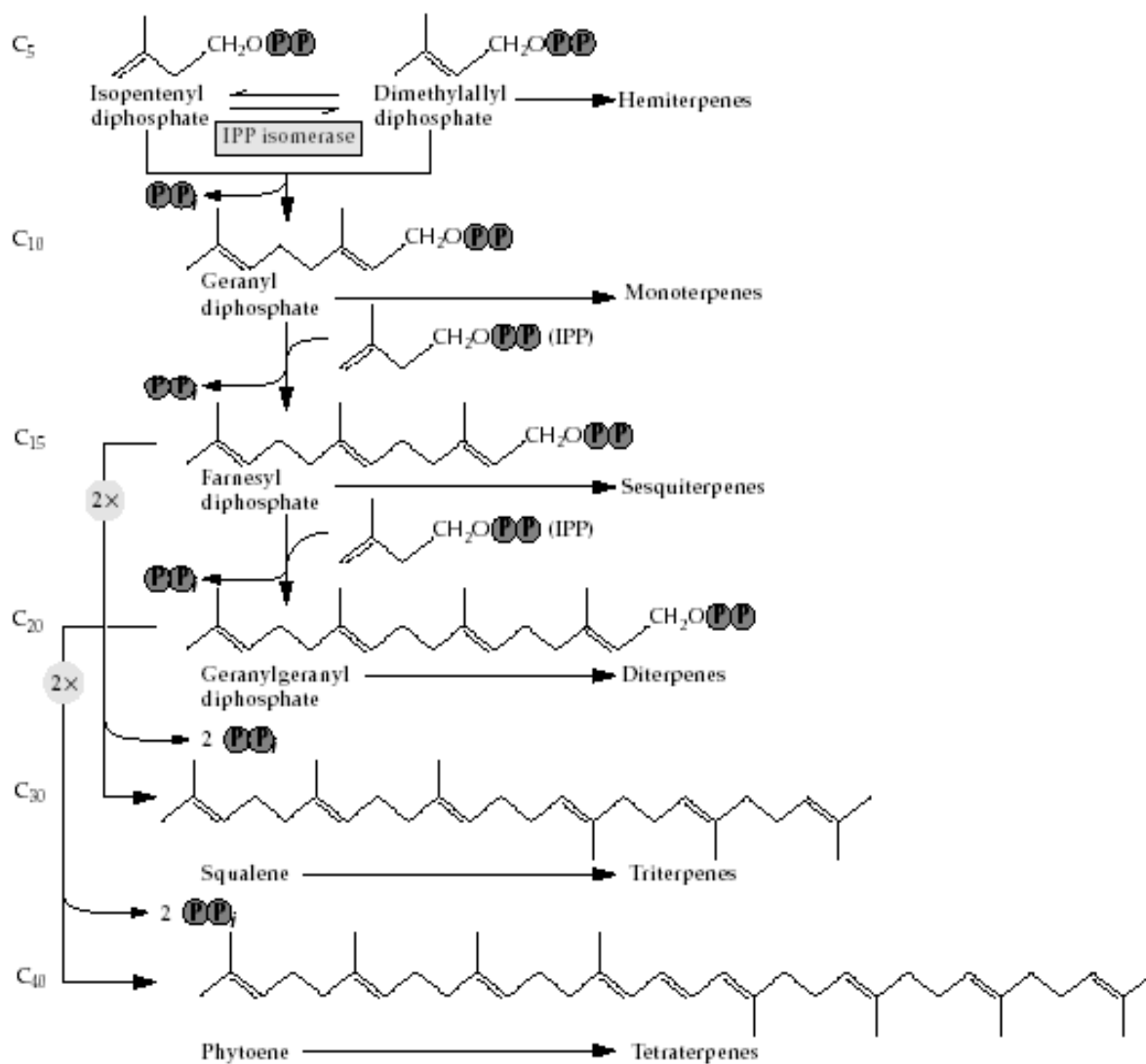


Figure 07 : Biosynthèse des isoprénoïdes à partir du diphosphate d'isopentényle (IPP).

2-7-3- Voie des Phenylpropanoïdes :

La synthèse des huiles essentielles par la voie des phenylpropanoïdes commence par le PEP (phosphoenolpyruvate). Elle aboutit à un très grand nombre de substances aromatiques, via une série d'acides, dont l'acide shikimique (d'où son nom, voie shikimique) et l'acide cinnamique. Les métabolites terminaux, importants en thérapeutique, sont les acides aromatiques suivants: acides salicylique, cinnamique et benzoïque et leurs esters dont le salicylate de méthyle, les cinnamates, les benzoates, certains phénols (eugénol) ainsi que les coumarines,... Quelques grandes familles chimiques de molécules non volatiles, comme les tannoïdes et les flavonoïdes, se trouvent incluse dans cette voie (Ntezurubanza, 2000).

2-8- Facteurs influençant la composition (qualité) :

La composition chimique, la qualité et la quantité extraite d'une huile essentielle dépendent de plusieurs paramètres à savoir :

- Intrinsèques: les facteurs génétiques, la localisation, le degré de maturité
- Extrinsèques : le sol, le climat, l'environnement
- Technologiques : type de culture, mode de récolte, mode d'extraction.

Par conséquent la composition chimique d'une huile essentielle peut varier au sein d'un même genre botanique. Parfois ces variations peuvent s'observer au sein d'une même espèce, on parlera alors de chémotypes : il s'agit d'un polymorphisme chimique (Himed, 2011).

2-9-Méthodes d'extraction des huiles essentielles :

De nombreuses techniques permettent d'extraire les huiles essentielles des plantes et de préserver leurs composés volatiles. Ces techniques d'extraction évoluent dans le but d'améliorer le rendement d'extraction ainsi que la qualité des huiles essentielles obtenues (Nguemtchouinmbouga, 2012).

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première : son état originel et ses caractéristiques, sa nature proprement dite. Ce choix conditionne les caractéristiques des

HEs, en particulier : la viscosité, la couleur, la solubilité, la volatilité, l'enrichissement ou l'appauvrissement en certains constituants, les utilisations et les applications (Afssaps, 2008).

2-10-Méthodes d'extractions

2-10-1-Distillation à l'eau (Hydrodistillation)

2-10-2-Principe :

Consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotrope (eau + huile essentielle). (Asma ;2011)

2-11-Distillation à l'eau et à la vapeur d'eau (Distillation à la vapeur humide)

Dans ce procédé amélioré un grillage sépare la matière première à traiter de l'eau portée à ébullition au fond du réacteur. La vapeur d'eau en traversant le matériau emporte avec elle l'essence recherchée. Le mélange vapeur essence est ensuite récupéré par condensation. (Saika ; 2001)

2-12-Distillation à la vapeur d'eau (Distillation à la vapeur sèche)

L'huile essentielle est obtenue par distillation des bois, écorces ou racines, sans addition d'eau ou de vapeur d'eau. C'est le procédé d'extraction le plus sophistiqué est celui basé sur l'utilisation de la vapeur générée dans un réacteur séparé. A cet effet le réacteur est muni d'une plaque perforée en dessous de laquelle un anneau perforé est monté pour l'admission de vapeur. (Saika, 2001)

2-13-Enfleurage

Cette technique consiste à faire infuser dans des graisses pures les fleurs à une température de 60° environ. Après une agitation de deux heures, les fleurs sont enlevées à l'aide d'une passoire plate et remplacées par des fleurs fraîches. L'opération est alors répétée jusqu'à concentration de leur odeur dans la graisse (+/- 10 fois). La pâte parfumée obtenue après séparation des fleurs était ensuite fondue et décantée par traitement éthylique dans une batteuse (dissolution des molécules odorantes dans l'alcool). Une fois le mélange refroidi, la

graisse est enlevée par filtration. L'alcool est éliminé par distillation sous vide, en général à froid, et « l'essence absolue » est récupérée. (Projet de coopération ULB-OU ,2009)

2-14-L'expression à froid

Une extraction sans chauffage réservée aux agrumes. Le principe de ce procédé mécanique est fondé sur la rupture des péricarpes riches en huiles essentielles. L'huile essentielle ainsi libérée est entraînée par un courant d'eau. Une émulsion constituée d'eau et d'essence se forme. L'essence est alors isolée par décantation. (Asma, 2010)

2-15-Extraction par solvant

Les huiles essentielles ont la propriété de se solubiliser dans la plupart des solvants organiques en particulier les hydrocarbures aliphatiques (*n*-pentane, *n*-hexane). Les solvants, purs ou en mélange sont choisis en fonction de leurs propriétés, entre autre, la polarité, la température d'ébullition, la réactivité, la possibilité d'être recyclés. L'extraction directe des plantes par des solvants organiques entraîne divers constituants avec les huiles essentielles. L'extrait récupéré est appelé concrète, il contient des pigments, des matières grasses et d'autres composés. Le traitement à froid de la concrète par l'alcool absolu, et la distillation fractionnée, permettent d'obtenir, la phase dite « absolue » qui contient la majeure partie des composés volatils. (Nguemtchouimnbouga, 2012)

2-16-L'extraction par le dioxyde de carbone(Co2)

La technique est fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état supercritique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide (supercritique) et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, puis le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant. (El haib ; 2011)

2-17-L'extraction assistée par micro-ondes

Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite

recupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation. Ce procédé permet un gain de temps (temps d'extraction divisé par 5 à 10) et d'énergie (température plus basse) considérable. (Piochon ;2008)

2-18-Les procédés d'entraînement à la vapeur d'eau

2-18-1-Le procédé eysseric ou distillation à bain marie

Ce procédé a été breveté et mis sur le marché par la société EYSSERIC (France). L'unité à "bain-marie" basse pression, comporte une cuve de distillation, placée dans un bain-marie. Il s'agit de deux enceintes concentriques. Celle de l'intérieur représente l'alambic où s'effectue le chargement du matériel végétal et sa distillation. Celle de l'extérieur, servant de générateur de vapeur et donc remplie d'eau à ébullition, sert en même temps de bain-marie pour la première. (Manuelle de présentation des équipements société eysseric Ses fils ; France)

2-18-2-Le procédé agraromes ou extraction HDF

Ce procédé dit "distillation par hydro diffusion" (HDF) comme l'appelle le constructeur est breveté et commercialisé par la société AGRAROMES (SUISSE). En général, la production des huiles essentielles est basée sur un principe de distillation où la matière végétale est soumise à un courant de vapeur la traversant de bas en haut. Dans l'extracteur HDF la vapeur traverse le végétal de haut en bas, en utilisant la pesanteur comme force de déplacement de la vapeur.(Manuelle de présentation des équipements société eysseric agraromes ;suisse)

2-18-3-Le procédé aromaprocess ou turbo distillation

Dans ce procédé, le matériel végétal est d'abord traité par un puissant dispositif de broyage humide. Le matériel végétal ainsi broyé, est entraîné en continu, grâce à un tapis roulant vers l'enceinte d'entraînement à la vapeur d'eau. Dans celle-ci, le matériel végétal est entraîné à l'aide d'une vis sans fin. La vapeur produite par le générateur de vapeur, arrive dans l'enceinte d'extraction d'huile essentielle à contre-courant du matériel végétal. Celui-ci forme à l'entrée de l'enceinte un bouchon suffisamment compact pour empêcher l'échappement de vapeur chargée d'huile essentielle. Celle-ci est collectée dans une conduite menant au système de réfrigération. C'est un système fonctionne en continu.(Manuelle de présentation société aroma proess ;France)

2-19- Conservation des huiles essentielles :

Toutes les propriétés spécifiques aux huiles essentielles exigent des méthodes de conservation adéquates : flacons colorés, bouchés hermétiquement et stockés à basse température (4°C), ce qui assure leur maintien à l'abri de l'air et de la lumière, évitant ainsi une polymérisation éventuelle ainsi qu'une resinification (Nguemtchouinmbouga, 2012).

2-20-caractérisation chimique des huiles essentielles :

Si aujourd'hui les méthodes d'identification des molécules présentes dans les huiles essentielles sont précises, rapides et fiables, il n'en était pas de même au début du XX^{ème} siècle. En effet, les seuls moyens connus étaient : l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, la densité, le pH, l'absorption UV/visible que l'on associait aux différentes méthodes de contrôles chimiques tel que l'indice de carbonyle, d'ester, d'acide, d'alcool et de phénol.

Par contre, les nouvelles techniques de séparation, en particulier la chromatographie en phase gazeuse (CPG), sont les mieux adaptées à l'analyse des constituants volatils dans les extraits aromatiques. La CPG peut être couplée à des méthodes spectrales, telles que l'infrarouge ou la spectrométrie de masse qui est de loin la plus utilisée. La RMN (*Résonance Magnétique Nucléaire*) peut être couplée ou non à une CPG, mais une des difficultés majeures de cette technique est l'obtention d'une quantité de composé pur de l'ordre de 10 à 100 mg.

la CPG a été couplée à des détecteurs de type ICP (*Inductively Coupled Plasma*) qui permettent l'analyse des constituants d'une molécule par choix d'un atome particulier (Gilles, 2007).

2-20-1- Chromatographie sur Couche Mince (CCM) :

La chromatographie sur couche mince (CCM) repose principalement sur des phénomènes d'adsorption : la phase mobile est un solvant, ou mélange de solvant, qui progresse de long d'une plaque de verre ou sur une feuille semi-rigide de matière plastique ou d'aluminium. Après que l'échantillon ait été déposé sur la phase stationnaire, les substances migrent à une vitesse qui dépend des différences d'affinité pour le solvant et pour la phase stationnaire (Rheum, 2009).

2-20-2- Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) :

La CPG est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. C'est la technique de séparation la plus utilisée dans le domaine des huiles essentielles, car elle permet d'effectuer l'individualisation des constituants à partir d'échantillons de l'ordre du milligramme voire du microgramme. Les progrès technologiques réalisés dans le domaine des colonnes capillaires, des phases stationnaires et des détecteurs (FID) ont contribué à rendre la CPG incontournable pour l'analyse des huiles essentielles (Julien, 2005).

2-20-3- Spectrométrie de masse (SM) :

La spectrométrie de masse (SM) est une technique physique d'analyse permettant d'identifier des molécules intéressantes par mesure de leur masse, et de caractériser leur structure chimique. Son principe réside dans la séparation en phase gazeuse de molécules chargées (ions) en fonction de leur rapport masse/charge (m/z). Avec un spectromètre de masse on peut détecter tous les composés inorganiques et organiques (Herizo, 2012).

2-20-4- Le couplage Chromatographie en Phase Gazeuse/Spectrométrie de Masse (CPG/SM) :

Les premiers appareils de routine CPG/SM à colonnes capillaires datent de 1975. Depuis, cette méthode de couplage n'a cessé d'évoluer et a trouvé de nombreuses applications dans les domaines de l'agroalimentaire (aliments, eau), des produits pétroliers (carburants, matières synthétiques), des produits naturels (parfumerie, cosmétique, médecine), etc. Dans le secteur particulier des huiles essentielles, le couplage CPG/SM est, aujourd'hui, la technique de référence (Julien, 2005).

2-20-5- Résonance magnétique nucléaire (RMN) :

C'est la technique de choix pour la caractérisation des molécules organiques; elle permet accès à des informations concernant le squelette et la fonctionnalisation des molécules. Dans cette optique les données de la littérature constituent une base intéressante permettant la comparaison avec les valeurs des déplacements chimiques du carbone 13 des composés absents de nos bibliothèques de données, mais aussi elles proposent les valeurs de

déplacements chimiques de molécules « modèles » à partir desquelles des reconstitutions de spectres sont possibles (Djabou, 2012).

CHAPITRE 03 :

Matériel et méthode

3-1-Matériel et méthodes :

3-2-Objectif

Le but de ce travail est d'optimiser certains facteurs influençant le rendement de l'extraction de l'huile essentielle de *zingiber officinale*, permis le quels :

1-La température

2-La durée de contact

3-l'hydromodule (rapport matière /solvant).

3-3-Technique d'extraction :

Hydro distillation TYPE clevenger

Il s'agit de la méthode la plus simple et plus anciennement utilisée. Le procédé consiste à immerger la matière première végétale (**gingembre**) dans un ballon rempli d'eau placé sur une source de chaleur. le tout est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité (figure8).

La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influence non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait.

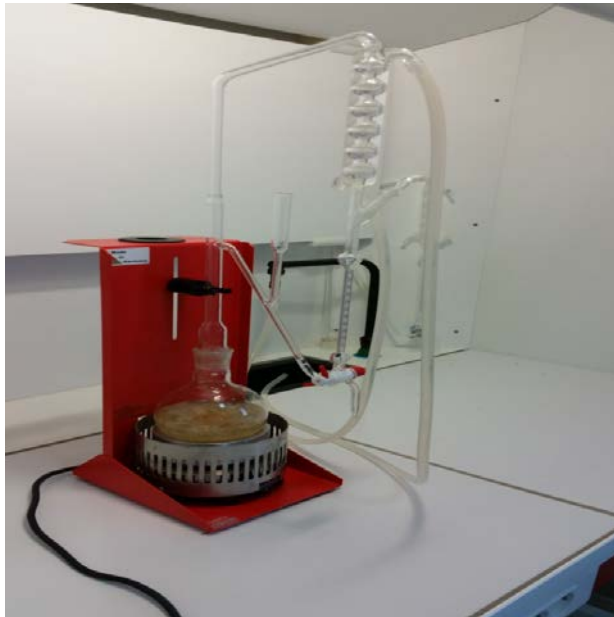


Figure08 : Dispositif pour hydrodistillation, (original 2017)

3-4-matériel utilisé :

La matière végétale, et utilisé dans cette étude le gingembre « *Zingiber officinale* » il est procuré du marché local.



Figure09 : un rhizome de gingembre (original 2017)

3-5-Le protocole :

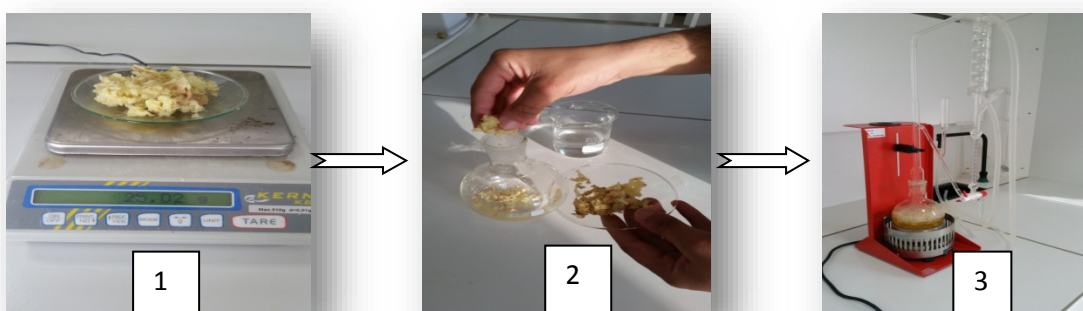
3-5-1-Protocole d'extraction :

L'hydrodistillation du gingembre officinal a été accomplie à l'aide d'un dispositif de type Clevenger (AZOUG M 2008). Ce système permet d'effectuer des prélèvements horaires sur les phases aqueuse et organique destinés aux mesures de la cinétique d'hydrodistillation. (Figure8)

3-5-2-Conduite de l'essai :

Préparation de l'échantillon et la pesé

1. Remplissage du ballon avec prise en considération le rapport matière/solvant
2. Mise en marche le dispositif d'extraction par hydrodistillation



_ 25gr (gingembre)	25gr dans un Ballon 1L	Température 50° ; duré 1h
_ 50gr (gingembre)	50gr dans un Ballon 1L	Température 75° ; duré 2h
_ 75gr (gingembre)	75gr dans un Ballon 1L	Température 100° ; duré 3h

3-6-Calcul du rendement :

$$R = (P_{He} / P_P) \times 100$$

P_{He} : poids d'huile

P_P : poids de plants

3-7- résultat et discussions :

D'une manière générale, et d'après les résultats obtenus les trois paramètres : température, durée d'extraction et l'hydromodule influent directement sur le rendement d'extraction



Figure 10:une goutte d'huile essentielle (original 2017)

3-7-1-Hydromodule :

Au début d'extraction à une température de 50°C le rendement pour un rapport (matière/solvant) de 25/500(gr/ml) est de l'ordre de 0,01% et de 0,04% pour un rapport de 50/500(gr/ml).

Le rendement a augmenté jusqu'à 0,07% pour le rapport 75/500. Le rendement augmente en général avec l'hydromodule. Selon (bendriss, 2003)

L'hydromodule influence sur le taux d'extraction

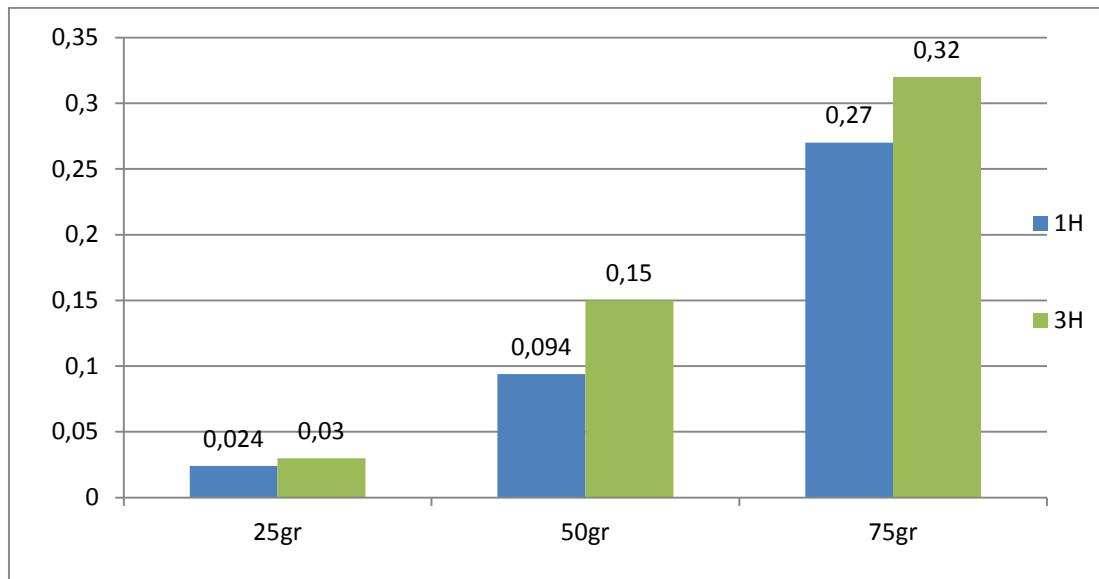


Figure11 : Influence de l’hydromodule sur le rendement d’extraction de Zingiber Officinale au début et a la fin de l’extraction

3-7-2-Les durée d’extraction :

Pour la cinétique d’extraction, le rendement augmente légèrement pour les deux températures 50°C et 75°C entre la 1^{er} et la 3^{eme} heures d’extraction avec quelque variation entre les deux température .Par contre, pour une température de 100°C, l’écart est bien claire entre une extraction à 50°C et à 100°C dès le début d’extraction pour atteinte le maximum (0,32%) après 3heurs d’extraction.

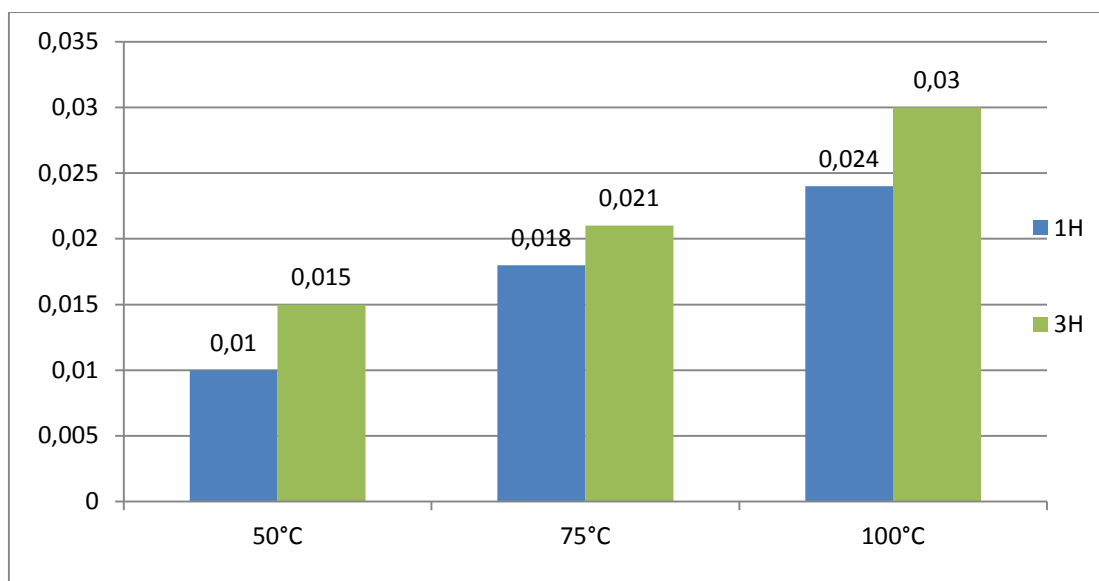


Figure12 : Influence de la température sur le rendement d’extraction de Zingiber Officinale au début et a la fin de l’extraction

3-7-3-Température :

Pour le rapport matière /solvant de (25/500)(gr/ml) et après une heure d'extraction à 50°C le rendement est de l'ordre de 0,01%, et il a augmenté de 0,018% a 0,024% pour la température 75°C et 100°C respectivement

_ Pour ce même paramètre et après 3heurs d'extraction, le rendement varie entre 0,015% pour une température de 50°C et 0,030 pour 100°C.

_ La température élevée favorise généralement la solubilité de certains constituants dans les matières végétale, mais dans plusieurs cas elle provoque la formation de produits secondaire.(bendriss2003)

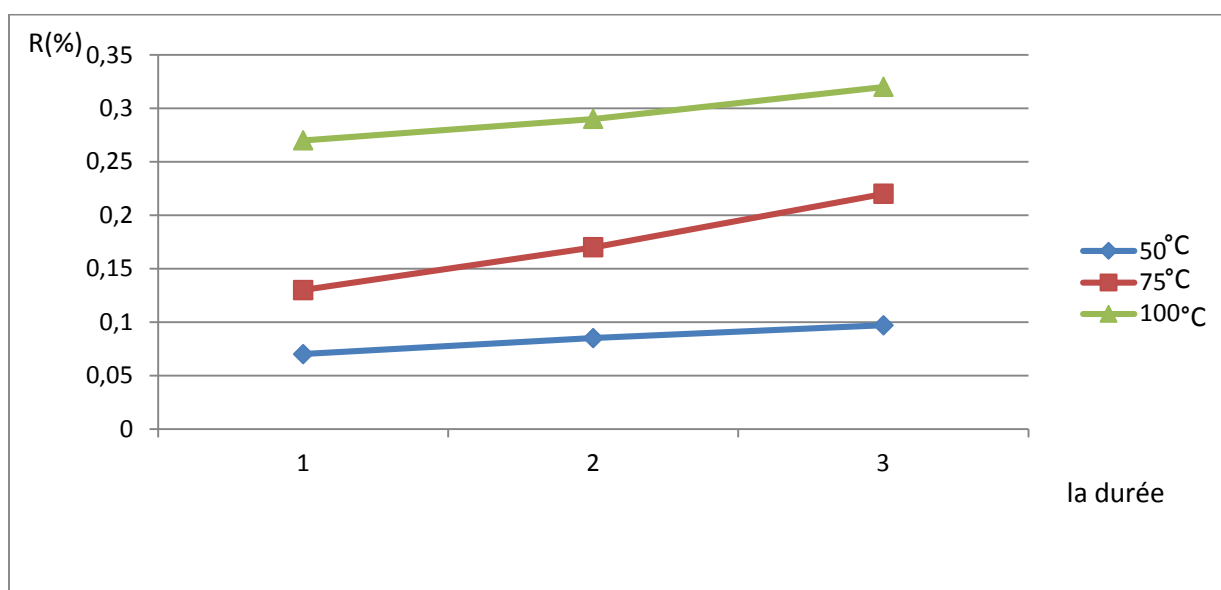


Figure13 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport 25gr/500ml (P/V) en fonction de température

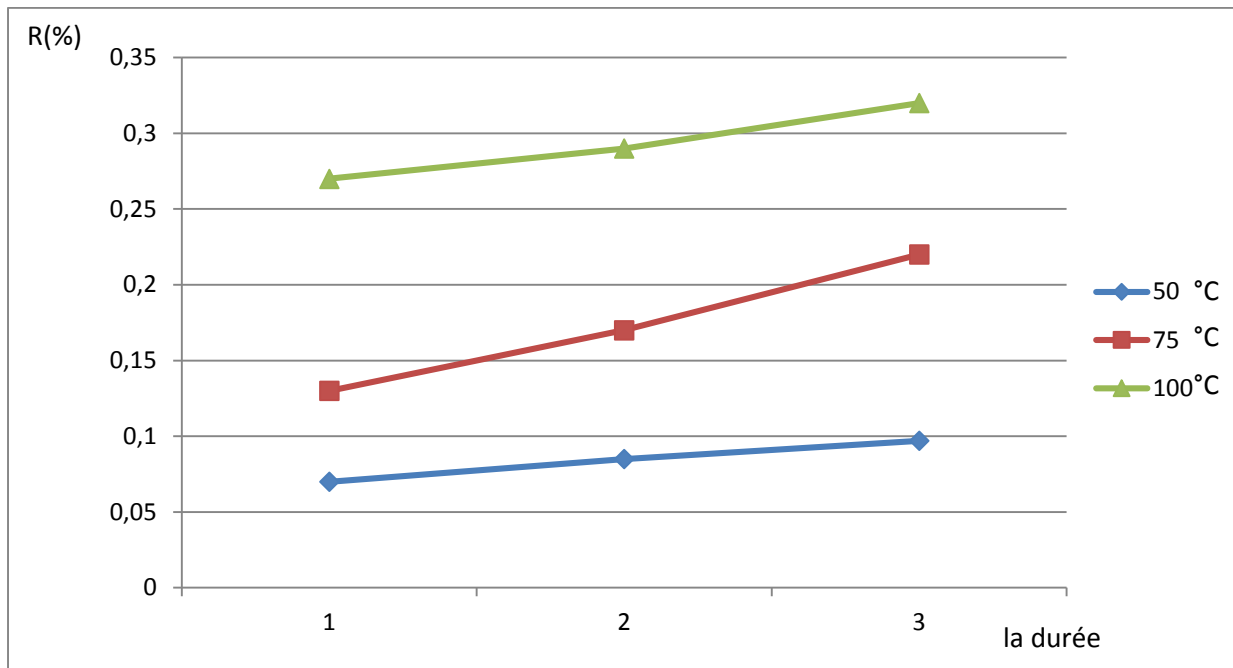


Figure14 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport (P/V) 50gr/500ml en fonction de température

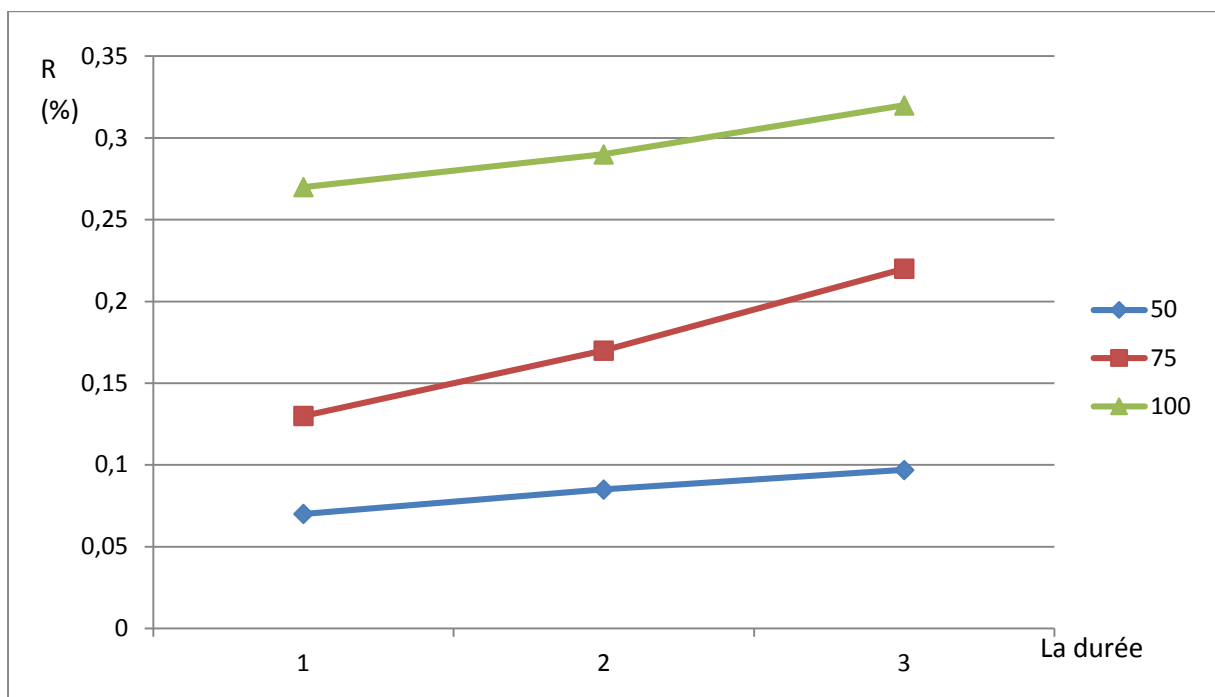


Figure15 : cinétique d'extraction par hydrodistillation d'un rapport (P/V) 75gr/500ml en fonction de température

Conclusion

Le gingembre (*Zingiber officinale*) est une plante à rhizomes, en usage depuis l'antiquité dans plusieurs pharmacopées (africaine, chinoise, européenne et indienne). Il est utilisé comme antitussif, antipyrétique, antiémétique, anti-inflammatoire, antalgique, analgésique et stimulant de nombreuses fonctions physiologiques.

Cette plante exotique produit une quantité très faible en huile essentielle, la vérification et l'optimisation des paramètres qui influent directement sur le rendement est très importante, vu l'importance de cette plante et ses pouvoirs et l'activités biologiques très intéressante.

Les résultats obtenus montrent que les trois paramètres, température, hydromodule et la durée d'extraction influent positivement sur le rendement. Dans nos conditions expérimentales la valeur maximale est enregistrée pour une température de 100°C et un hydromodule de 75/100(p/v) après 03 heures d'extraction.

Cette étude, loin d'être achevée, ouvre la voie à de futures recherches, aussi bien dans le domaine des sciences appliquées que fondamentales, en vue de la valorisation des huiles essentielles, surtout de cette plante exotique *Z. Officinale* sur le plan quantitatif et qualitatif.

Références bibliographiques

- Grûnwald et ,Jancke .2004-** Historique sur le gingembre.
- Marabout, 2013-** Introduction.
- Issue. 1997-** La classification de gingembre.
- Couillet 2013-** La plantation de gingembre.
- Illcox 2004-** La récolte de gingembre.
- Dr. Duke,2003-** La division de gingembre.
- Gérard 2011-** Caractéristique botanique.
- Pittler 2000-** composition chimique.
- Carole ;Minker 2013-** Usage alimentaires.
- François Fillon 2012 et Andurand 2006-** Propriétés médicinales du gingembre.
- Mireille 2003-** précaution d'emploi du gingembre.
- Winsllon 2004-** Effets secondaire.
- Debuigne, et Couplan 2009-** Interactions avec des plantes médicinales ou des médicaments.
- Jacques Fleurentin 2013-** Les bienfaits de gingembre.
- World Checklist . 2011-** Effet indésirable.
- Claver 2015-** Forme de gingembre.
- Solecki et Shanidar, 1975 et yahiaoui 2005-** Historique sur les huiles essentielles.
- Afnor nf t75-006,2000-** Définition.
- Sharma et Maguer, 2003-** Localisation et répartition botanique.
- Benzaggouta, 2004-** Domaines d'utilisation.
- Jacques et Paltz, 1997-** Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.
- Khenaka, 2011-** Composition chimique des huiles essentielles (différentes classes).

Références bibliographiques

Belloum, 2007- Biosynthèse des huiles essentielles.

Ntezurubanza, 2000- Voie des Phenylpropanoïdes.

Himed, 2011- Facteurs influençant la composition (qualité).

Nguemtchouimbouga, 2012 et Afssaps, 2008- Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Asma ;2011- Méthodes d'extractions , Distillation à l'eau (Hydro-distillation).

Saika ;2001- Distillation à l'eau et à la vapeur d'eau (Distillation à la vapeur humide).

Saika, 2001- Distillation à la vapeur d'eau (Distillation à la vapeur sèche).

Projet de coopération ULB-OU ,2009- Enfleurage.

Asma, 2010- L'expression à froid.

Nguemtchouimbouga, 2012- Extraction par solvant

El haib ; 2011- L'extraction par le dioxyde de carbone(CO₂)

Piochon ;2008- L'extraction assistée par micro-ondes.

Manuelle de présentation des équipements société eysseric Ses fils ; France- Les procédés d'entraînement à la vapeur d'eau.

Manuelle de présentation des équipements société eysseric agraromes ;suisse- Le procédé agraromes ou extraction HDF.

Manuelle de présentation société aroma proess ;France- Le procédé aromaprocess ou turbo distillation.

Nguemtchouimbouga, 2012- Conservation des huiles essentielles.

Gilles,2007- caractérisation chimique des huiles essentielles.

Rheum, 2009- Chromatographie sur Couche Mince (CCM).

Julien, 2005- Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG).

Herizo, 2012- Spectrométrie de masse (SM).

Références bibliographiques

Julien, 2005- Le couplage Chromatographie en Phase Gazeuse/Spectrométrie de Masse (CPG/SM).

Djabou, 2012-Résonance magnétique nucléaire (RMN).

bendriss, 2003-Hydromodule

Les annexes

Poids	température	La duré	rendement
25 gr	50°	1h	0,01%
25gr	50°	2h	0,012%
25gr	50°	3h	0,015%
25gr	75°	1h	0,018%
25gr	75°	2h	0,020%
25gr	75°	3h	0,021%
25gr	100°	1h	0,024%
25gr	100°	2h	0,026%
25gr	100°	3h	0,030%

poids	température	La duré	rendement
50gr	50°	1h	0,040%
50gr	50°	2h	0,046%
50gr	50°	3h	0,054%
50gr	75°	1h	0,071%
50gr	75°	2h	0,079%
50gr	75°	3h	0,087%
50gr	100°	1h	0,094%
50gr	100°	2h	0,10%
50gr	100°	3h	0,15%

poids	température	duré	rendement
75gr	50°	1h	0,070%
75gr	50°	2h	0,085%
75gr	50°	3h	0,097%
75gr	75°	1h	0,13%
75gr	75°	2h	0,17%
75gr	75°	3h	0,22%
75gr	100°	1h	0,25%
75gr	100°	2h	0,29%
75gr	100°	3h	0,32%