



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
Département : Génie Chimique

.....



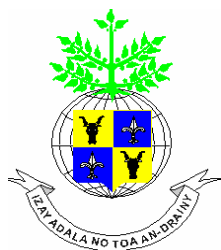
Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR DE GENIE CHIMIQUE

ETUDE DE L'EXTRACTION ET DE LA PRODUCTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE QUELQUES FRUITS ET PRODUITS AGRICOLES LOCAUX

Présenté par :

ANDRINIAINA Hery Mamitiana

Promotion 2007



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

Département : Génie Chimique

.....



Premier Partenaire des Professionnels

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR DE GENIE CHIMIQUE

ETUDE DE L'EXTRACTION ET DE LA PRODUCTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE QUELQUES FRUITS ET PRODUITS AGRICOLES LOCAUX

Présenté par :

ANDRINIAINA Hery Mamitiana

A Antananarivo le 15 Avril 2008

Président du Jury : Monsieur RANDRIANOELINA Benjamin, Professeur titulaire

Enseignant au Département de Génie Chimique de l'ESPA

Rapporteur : Monsieur ANDRIANARISON Edouard Ravalison, Maître de conférences,

Enseignant au Département de Génie Chimique de l'ESPA

Examineurs : Monsieur ANDRIANARY Philippe, Professeur

Chef de Département de Génie Chimique de l'ESPA

Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre, Maître de conférences,

Enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

Monsieur RAZAFIMANDEFITRA André, Assistant d'E.S.R.

Enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

Promotion 2007

Confie - toi en l'Eternel de tout ton cœur,

et ne t'appuie pas sur ton intelligence ;

Proverbes 3 : 5

REMERCIEMENTS

A priori, que la grâce soit rendue à Dieu le Créateur qui nous offre cette opportunité de nous réunir pour assister à ce mémoire, lequel n'a pu être réalisé sans son aide inestimable.

Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude s'adressent tout particulièrement :

- au Professeur RAMANANTSIZEHENA Pascal, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, qui nous a permis d'effectuer les études au sein de son établissement.
- au Professeur RANDRIANOELINA Benjamin, Ancien Directeur de l'ESPA, d'avoir bien voulu accepter de présider la soutenance de ce mémoire.
- au Professeur ANDRIANARY Philippe, Chef de Département de Génie Chimique de nous avoir permis de soutenir ce mémoire d'ingénieur.

Egalement toute ma reconnaissance à l'endroit de :

- Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre, Maître de conférences,
- et Monsieur RAZAFIMANDEFITRA André, Assistant d'Enseignement et de Recherche,

tous enseignants au Département de Génie Chimique qui, malgré leurs responsabilités, n'ont pas ménagé leur peine pour accepter de siéger parmi les membres de jury de ce mémoire.

A Monsieur ANDRIANARISON Edouard Ravalison, Maître de conférences, qui a œuvré davantage pour partager toutes ses connaissances et expériences dans tous les domaines tout au long de l'élaboration de ce travail, je lui adresse particulièrement mes plus vifs et sincères remerciements.

J'adresse pleinement toute ma gratitude à tous les enseignants du Département de Génie Chimique de l'E.S.P.A qui ont beaucoup contribué à la réussite de ma formation d'ingénieur au sein de ce département.

J'exprime mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce présent travail notamment Monsieur ANDRIAMALALA Mbola Prosper et à tous les personnels de laboratoire du Département de Génie Chimique de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.

Finalement, j'adresse mes cordiaux remerciements à mes parents, à mes frères, à ma sœur et à tous les membres de ma famille, aussi à mes collègues ainsi qu'à tous ceux qui m'ont soutenu aimablement pour réaliser ce mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PARTIE I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : HISTORIQUE DES CAROTENOIDES

CHAPITRE II : DESCRIPTION DES CAROTENOIDES

I-LES HYDROCARBURES

II-LES XANTHOPHYLLES

III-LES APOCAROTENOIDES

IV-LES EQUIVALANCES VITAMINIQUES DE CAROTENE

CHAPITRE III : ETUDES BOTANQUES DE QUELQUES PLANTES CAROTENOIDE

I- GENERALITE SUR LA CAROTTE

II- GENERALITE SUR LA MANGUE

III- GENERALITE SUR LA PAPAYE

IV- GENERALITE SUR LA PEAU DE MANDARINE

V- GENERALITE SUR LA COURGE

CHAPITRE IV: GENERALITE SUR LES METHODES

EXTRACTIVES

I-EXTRACTION PAR SOLVANT VOLATIL

II- EXTRACTION PAR GAZ SUPERCRITIQUE CO₂

III- METHODE ENZYMATIQUE

CHAPITRE V : GENERALITE SUR LES METHODES

D'ANALYSE DES CAROTENOIDES

I-METHODES QUALITATIVES

II-ANALYSE QUANTITATIVE PAR LE METHODE
MICROBIOLOGIQUE

CHAPITRE VI : GENERALITE SUR LES METHODES DE PURIFICATION

SOMMAIRE

I-METHODE DE FRACTIONNEMENT ET PURIFICATION
PAR LA CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE SUR COLONNE
(CLC)

II-METHODE DE PURIFICATION PAR VOIE CHIMIQUE

III- METHODE DE PURIFICATION PAR HIGH
PERFORMANCY LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

PARTIE II : ASPECTS EXPERIMENTAUX SUR

L'EXTRACTION DES CAROTENOIDES

CHAPITRE I : EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA CAROTTE

I-EXTRACTION

II-RESULTAT DE L'EXTRACTION

CHAPITRE II : EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA MANGUE

I-EXTRACTION

II-RESULTAT DE L'EXTRACTION

CHAPITRE III : EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA PAPAYE

I-EXTRACTION

II-RESULTAT DE L'EXTRACTION

CHAPITRE IV : EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA PEAU DE MANDARINE

I-EXTRACTION

II-RESULTAT DE L'EXTRACTION

CHAPITRE V : EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA COURGE

I-EXTRACTION

SOMMAIRE

II-RESULTAT DE L'EXTRACTION

CHAPITRE VI : ANALYSE PAR CCM DES FRACTIONS

OBTENUES

PARTIE III : ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES ET

ENVIRONNEMENTAUX

CHAPITRE I : ASPECT ECONOMIQUE DU PROJET

I-LES COUTS D'INVESTISSEMENT

II-LE FRAIS OPERATOIRE

III-LE FRAIS DE DEMARRAGE

IV-L'AMORTISSEMENT

V-MONTANT DES CHARGES FIXES

VI-COUT OPERATOIRE

VII-CHIFFRE D'AFFAIRE

IX-SEUIL DE RENTABILITE ET LE DELAI POUR ATTEINDRE LE
SEUIL

XI-INVESTISSEMENT GLOBAL

XII-BENEFICE BRUT ANNUEL

XIII-RESULTAT PREVISIONNEL DE LA PREMIERE ANNEE DE
FONCTIONNEMENT

XIV-RECAPITULATION GENERALE

CHAPITRE II : ASPECT ENVIRONNEMENTAL

CHAPITRE III : ASPECT SOCIAL

CONCLUSION GENERALE

ABREVIATIONS

ADN :	Acide désoxyribose nucléique
Ar :	Ariary
B :	Bénéfice brut annuel
CA :	Chiffre d'affaire
CCM :	chromatographie sur couche mince
CF :	Charge fixe
CLC :	Chromatographie liquide sur colonne
CO :	Cout Opératoire
EBE :	Excédent brut d'exploitation
ER :	Equivalents rétinol
FRI :	Fond de roulement interne
HPLC:	High Performancy Liquid Chromatography
HPTLC:	High Performancy Thin Layer Chromatography
IBR :	Impôt sur les Bénéfices
RB :	Résultat brut
RMVH :	Rendement d'extraction à Matière Végétale Humide
RMVS :	Rendement d'extraction à Matière Végétale Sèche
TMS :	Teneur en Matière Sèche

UNITES

°C :	degré Celsius
cm :	Centimètre
cv :	Chevaux
g:	gramme
Kg :	Kilogramme
KWh :	Kilowattheure
L :	litre
m³ :	mètre cube
ml :	millimètre
mn :	minute
MPa :	Méga-pascal
UI :	Unité International

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Photo de carotte	21
Figure 2: Photo de mandarinier	25
Figure 3: Diagramme de CO ₂ supercritique	29
Figure 4: Schéma d'appareillage d'extraction des caroténoïdes par CO ₂ supercritique	30
Figure 5: Schéma de principe de l'appareil d'analyse HPLC	34
Figure 6: Filtration par Büchner	41
Figure 7: Evaporateur rotatif	42
Figure 8: Schéma de principe du processus d'extraction par solvant	43
Figure 9: Plaque chromatographique CCM d'extrait de carotte (CA) et de quelques produits locaux	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3: Identité de prélèvement de la carotte étudiée	40
Tableau 4: Résultat d'extraction de la carotte.....	45
Tableau 5: Identité du prélèvement de mangue étudié.....	46
Tableau 6: Résultat d'extraction de la mangue.....	46
Tableau 7: Identité du prélèvement de papaye étudié.....	47
Tableau 8: Résultat d'extraction de la papaye.....	48
Tableau 9: Identité du prélèvement de mandarine.....	49
Tableau 10: Résultat d'extraction de la mandarine.....	49
Tableau 11: Identité du prélèvement de la courge étudiée.....	51
Tableau 12: Résultat d'extraction de la courge.....	52
Tableau 13: Coût des appareillages.....	59
Tableau 14: Coût de construction d'atelier et magasin de stockage.....	60
Tableau 15: Consommation des matières premières.....	61
Tableau 16: Consommation annuel des matières premières.....	62
Tableau 17: Organisation et charge en personnel.....	63
Tableau 18: Coût d'amortissement.....	64
Tableau 19: Montant de charge fixe.....	64
Tableau 20: Chiffre d'affaire annuel.....	65
Tableau 21: Résultat de l'exploitation.....	66
Tableau 22: Montant d'investissement global.....	67
Tableau 23: Résultat de la 1ère année d'extraction.....	68

INTRODUCTION

Selon le rapport de l'UNICEF établi en 1988, les carences en vitamine A sont responsables, chaque année, de la cécité de plus de 500 000 enfants dont plus de la moitié meurent en l'espace de quelques mois. La manque de vitamine A entraîne également la fréquence des infections diarrhéiques responsables de mortalité annuelle de 4 millions d'enfants. La carence en vitamine A est considérée comme l'une des causes majeures de malnutrition dans les populations pauvres des Pays du Sud et de manière générale, elle se traduit par le mal fonctionnement de presque tous les organes vivants.

Plusieurs programmes internationaux ont tenté de réduire la carence en vitamine A. En particulier à Madagascar, une Ministère de la Santé Publique et du planning familial, à travers l'Institut d'Hygiène Sociale, réalise le programme annuel de deux distributions de vitamine A aux enfants. A l'heure actuelle, la production mondiale et la distribution de vitamine A ne répondent pas encore aux besoins journaliers de l'homme.

La connaissance de ces problèmes et la tendance actuelle à l'utilisation de produits biologiques nous ont incité à l'étude de la valorisation des certains produits agricoles locaux par leur richesse en caroténoïdes. En effet, les caroténoïdes notamment l' α - et la β -carotène sont de précurseurs de vitamine A.

Madagascar regorge de nombreux produits agricoles, légumes et fruits riches en caroténoïdes mais restant mal maîtrisés sur les marchés locaux notamment à la conservation (produits pourrissables) et demeurant non encore industriellement valorisés.

Dans la présente étude intitulée « **ETUDE DE L'EXTRACTION ET DE LA PRODUCTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE QUELQUES FRUITS ET PRODUITS AGRICOLES LOCAUX** », notre principal objectif est de prendre part au développement du secteur primaire à Madagascar par la valorisation des produits locaux riches en carotènes et caroténoïdes comme la carotte, la mangue, la courge, etc. et contribuer à l'amélioration de la santé publique en produisant localement des carotènes, précurseurs de la vitamine A.

Dans la réalisation de ce projet, nos expérimentations ont été basées sur la méthode d'extraction par solvant volatil.

Le présent ouvrage comporte trois grandes parties :

- La première partie intitulée « études bibliographiques » est axée sur la description des carotènes et caroténoïdes, sur les méthodes extractives, sur les méthodes d'analyse et de purification.

- La deuxième partie est consacrée aux études expérimentales d'extraction des caroténoïdes.
- Dans la troisième partie, nous développons l'étude d'impacts socio-économique et environnemental de production de carotènes.

Nous terminons ce travail par une brève conclusion générale.

PARTIE I

ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I: HISTORIQUE DES CAROTENOIDES [1]

Les carotènes se trouvent dans tous les légumes et les fruits colorés en rouge, orange et jaune. Les carottes en sont les plus riches d'où la dénomination « carotènes ». Les légumes verts en renferment aussi mais plus irrégulièrement. Les produits laitiers en contiennent également mais en quantités variables selon les saisons et l'alimentation des vaches.

Les caroténoïdes sont des pigments naturels se trouvant dans les plantes et les algues. En particulier, ces pigments de couleur jaune, rouge ou orange sont extraits à partir des fruits (oranges, fraises, cerise, citron, abricots, pêches), des légumes (carottes, tomates), des champignons (girolle) et des fleurs (narcisse).

Cette famille de pigments contient au moins 600 membres. Parmi ceux-ci, environ une cinquantaine fait partie de notre alimentation et une vingtaine a été détectée dans le sang et les tissus.

Les premières activités de recherche de KARRER concernent les complexes métalliques, mais ses travaux les plus importants concernent les pigments végétaux, et en particulier les caroténoïdes jaunes. Il établit leur structure chimique et montre que certains de ces composés se transforment dans le corps humain en vitamine A. Son travail permet d'établir la formule chimique correcte du β -carotène, le principal précurseur de la vitamine A. C'est la première fois que la structure d'une vitamine ou de l'un de ses précurseurs a été établie. G. WALD, futur Prix Nobel de médecine en 1967, travailla dans le laboratoire de KARRER pour étudier le rôle de la vitamine A pour la rétine.

Dans le *Journal of the National Cancer Institute* (1989), le Docteur MICHIAKI MURAKOSHI a signalé que l'action protectrice de l' α -carotène contre le cancer est dix fois plus puissante que celle du bêta-carotène. Le Dr MURAKOSHI a conclu que tous les types de caroténoïdes devraient être mis à l'étude du fait qu'ils pourraient tous être bénéfiques pour la santé.

Une molécule de β -carotène est, selon l'article *The Journal of Clinical Nutrition* (janvier 1991), capable de neutraliser à elle seule plus de 1000 radicaux libres oxygène singulet et il est à peu près le seul piège de ce radical.

Selon un article paru en 1992 dans la publication *Cancer Research*, le Docteur MURAKOSHI, qui dirige une équipe de biochimistes à l'Université préfectorale de médecine de Kyoto au Japon, affirme que l' α -carotène a une puissante action protectrice contre le cancer du foie spontané et le cancer des poumons en deux stades chez les souris ; de plus, le fait encore plus important est qu'il protégerait aussi l'organisme humain contre la prolifération des cellules tumorales malignes.

Selon une étude publiée dans *The journal of American Medical Association* en Novembre 1994 sur l'utilisation de quelques caroténoïdes telles que la lutéine et la zéaxanthine ont le pouvoir de protéger les personnes âgées de la dégénération maculaire.

La majorité des caroténoïdes sont des précurseurs de la vitamine A. Nous en ingérons journalièrement une cinquantaine.

CHAPITRE II: DESCRIPTION DES CAROTENOIDES [2], [3]

Les caroténoïdes proviennent de la cyclisation, la déshydrogénation, ou l'oxydation d'un caroténoïde linéaire nommé « lycopène ».

Ce sont des composés polyisoprénoïdes synthétisés par les végétaux et certains microorganismes. Dans la majorité de ces molécules, le nombre de carbone est 40. Leur structure chimique est essentiellement composée d'enchaînement des unités isopréniques et présentent généralement en bout de chaîne un ou deux noyaux cycliques terminaux d' α -ionone et ou de β -ionone, substitués ou non par diverses fonctions organiques (fonction alcool, aldéhyde, cétone ou acide).

Le groupe des caroténoïdes comprend plusieurs centaines des molécules tétraterpéniques formées par l'enchaînement de huit unités isopréniques. Il compte au moins dix doubles liaisons conjuguées, ce qui explique leur coloration jaune ou orangée et leur très grande sensibilité à l'oxydation.

En raison de leurs nombreuses doubles liaisons conjuguées, ces molécules absorbent fortement la lumière visible et agissent comme antioxydants en désactivant des molécules d'oxygène activé par des substances photosensibilisantes et en réduisant des radicaux libres produits lors d'un stress oxydant. Les capacités antioxydantes des caroténoïdes semblent différer selon leur structure moléculaire, la pression d'oxygène et la présence concomitante d'autres nutriments antioxydants (comme la vitamine E). Il est possible que l'effet photoprotecteur résulte de ces propriétés.

Comme propriétés physico-chimiques, les caroténoïdes sont des composés liposolubles. Les préparations hydrodispersibles commercialisées sont réalisées :

- en formulant des suspensions colloïdales ;
- en les dispersant dans les colloïdes appropriés ;
- ou en émulsifiant des caroténoïdes.

La structure des caroténoïdes détermine leurs caractéristiques et leurs propriétés physicochimiques et, dans une certaine mesure, leur activité biologique

Les caroténoïdes sont classés en trois grandes familles :

- Les hydrocarbures pour lesquels la structure chimique ne contient pas d'oxygène.

Exemple : le β -carotène, l' α -carotène et le lycopène.

- Les xanthophylles : ce sont des hydrocaroténoïdes dont les noyaux cycliques terminaux possèdent des atomes d'oxygène.

Exemple : la lutéine, la violaxanthine.

- Les apocaroténoïdes : caroténoïdes dont les structures contiennent un nombre de carbone inférieure à 40.

Exemple : la bixine ou le β ,8-Apocarotenal.

I. LES HYDROCARBURES [2], [4], [5], [6]

I.1. Le bêta-carotène

Les caroténoïdes ayant un ou deux noyaux β -ionones non substitués (alpha et beta-carotène, beta-cryptoxanthine) sont des précurseurs de la vitamine A. Cependant le beta-carotène tout trans est le meilleur précurseur.

Le β -carotène peut être obtenu :

- soit par voie de synthèse chimique
- ou par extraction à partir des souches naturelles comme la carotte, l'épinard, la patate douce, le melon, la courge, l'abricot, le brocoli, la tomate, le poivron, la spiruline, l'algue *Dunaliella*, la luzerne et le maïs.

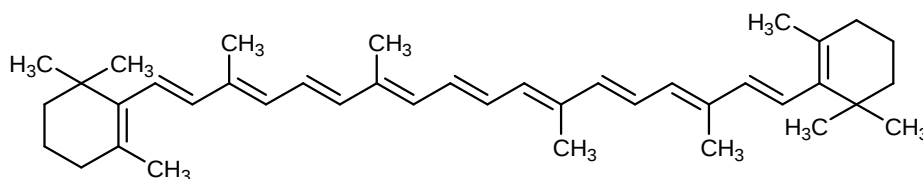
En première approximation, plus le fruit ou la feuille est coloré, plus il possède un taux de β -carotène élevé. Par exemple, une masse de 6 mg de bêta-carotène s'obtient en extrayant soit 60 g de carottes râpées ou 150 g d'épinards ou 250 g d'haricots verts ou 300g de choux verts ou 350 g de melon ou 400 g d'abricots.

Le bêta-carotène représente 80 % des caroténoïdes présents dans la spiruline. On trouve entre 700 et 1700 mg de bêta-carotène par kilogramme de spiruline sèche.

De nombreux aliments renferment le β -carotène : le beurre, la margarine, les huiles végétales comme l'huile de palmier, les soft drinks, les glaces, les yaourts sauces, etc.

I.1.1: Structure chimique

- Formule brute : $C_{40}H_{56}$
- Structure développée plane à deux cycles terminaux de β -ionone non substitués :



I.1.2: Propriétés physico-chimiques

Les caroténoïdes sont en majeure partie constitués de β -carotène.

Le β -carotène se présente sous forme de poudre cristalline rouge. Il est insoluble dans l'eau et dans l'éthanol. Il est très soluble dans le chloroforme. Le bêta carotène est sensible à l'air, la chaleur, la lumière. Sa longueur d'onde d'absorption dans le chloroforme est de $\lambda = 466 \text{ nm}$ et 496 nm .

I.1.3: Utilisations agro-alimentaires

Le β -carotène est utilisé dans le domaine alimentaire comme colorant pour la préparation de la margarine, pour les produits de boulangerie, les boissons gazeuses et les sucreries.

Le β -carotène est utilisé comme provitamine A ou comme complément vitaminé.

En alimentation animale, il est utilisé dans les aliments du poisson et du bétail. En effet, dans l'alimentation des poulets, le β -carotène améliore la couleur des jaunes d'œufs et l'apparence de la chair.

I.1.4: Vertus thérapeutiques

Dans le domaine pharmaceutique, il est incorporé à des certaines crèmes solaires en raison de ses propriétés d'agent filtrant contre les rayons solaires nocifs et protège ainsi contre le cancer de la peau.

C'est un antioxydant important. Principalement, les antioxydants luttent contre les radicaux libres et les empêchent d'endommager les membranes, de provoquer la mutation de l'ADN et d'oxyder les lipides (matières grasses) pouvant tous donner lieu aux affections dégénératives telles que la cataracte ou la dégénération maculaire des yeux, les cardiopathies ou le cancer.

Les études de COHORTES démontrent que les sujets consommant le plus de β -carotène auraient une mortalité cardio-vasculaire réduite par rapport à ceux qui en consomment le moins.

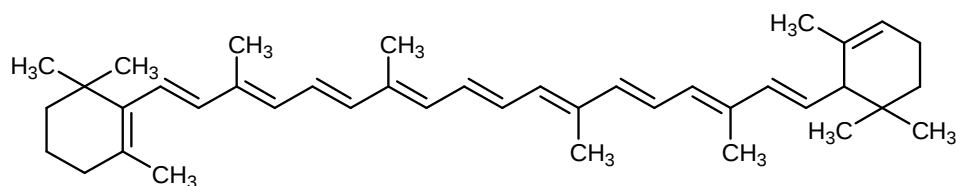
Au niveau des micelles mixtes intestinales, la biodisponibilité du β -carotène *trans* serait supérieure à celle de la forme *cis*. La régulation de ce métabolisme explique que la prise orale de doses importantes de β -carotène n'induit pas d'hypervitaminose A. En réalité, une grande partie de bêta-carotène ingéré n'est pas métabolisée en vitamine A.

Des expériences récentes montrent que des kératinocytes humains en cultures transforment le bêta-carotène en « rétinol », principe actif de la vitamine A. Ce phénomène s'observe également au niveau tissulaire. En effet, la peau humaine contient des caroténoïdes dont la forme principale est le β -carotène. Ce dernier se concentre principalement dans l'épiderme et l'hypoderme. Une consommation exceptionnellement élevée de β -carotène peut provoquer une altération de la peau appelée caroténémie : état qui donne à la peau un aspect doré mais ne posant aucun danger.

I.2. L'alpha-carotène

I.2.1: Structure chimique

- Formule brute : $C_{40}H_{56}$
- Structure développée plane possédant un cycle terminal de β -ionone et un autre cycle terminal non substitués :



I.2.2: Vertus thérapeutiques

L'alpha-carotène est un antioxydant très important.

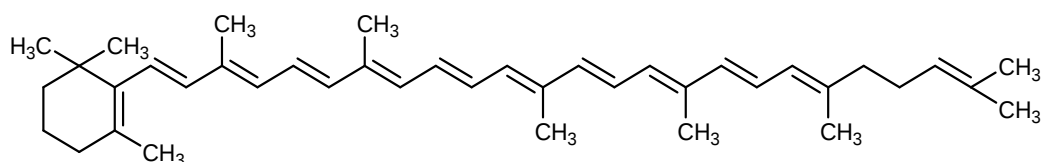
Dans le domaine pharmaceutique, il est également incorporé à des certaines crèmes solaires comme agent filtrant contre le soleil. Et aussi, l'alpha-carotène est associé à la santé oculaire, foie et pulmonaire.

Il protège aussi l'organisme humain contre la prolifération des cellules tumorales malignes.

I.3. Le Gamma-carotène

I.3.1: Structure chimique

- Formule brute $C_{40}H_{56}$
- Structure développée plane à ouverture d'un des deux cycles terminaux de β -ionone non substitués :



I.3.2: Vertus thérapeutique

Le γ -carotène est également un antioxydant contre les radicaux libres.

I.4. Le lycopène

Le lycopène est biodisponible dans les produits de tomate crue ou transformée (cuite). Par exemple, les quantités de lycopène contenues par portion de préparation de tomate sont :

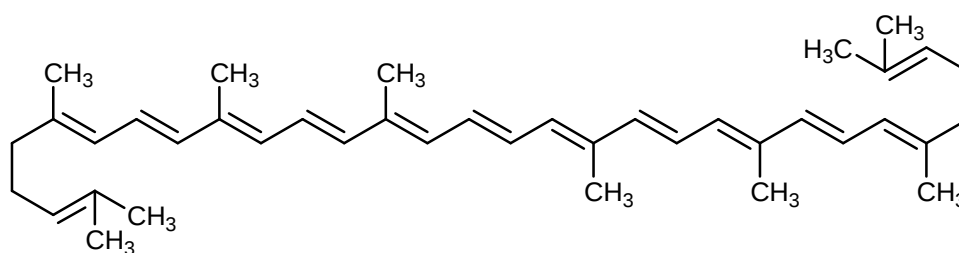
- 1 petite tomate mûre.....04 mg
- 1/2 tasse (125ml) de sauce tomate.....19 mg

- 30 ml de pâte de tomate.....08 mg

Les fruits mûrs renfermant du lycopène ont la couleur rouge : la tomate, la carotte, la citrouille, la pastèque, le pamplemousse rose, le melon d'eau et la goyave rose.

I.4.1: Structure chimique

- Formule brute $C_{40}H_{56}$
- Structure développée plane du lycopène à ouverture des deux cycles terminaux de β -ionone non substitués :



I.4.2: Propriétés physico-chimiques

Le lycopène se présente sous forme cristallisée en aiguilles longues, de couleur rouge foncé. Il est soluble dans le chloroforme et dans le benzène mais il est insoluble dans le méthanol et l'éthanol. Leur longueur d'absorption est de $\lambda_{\text{max}} = 446$ à 505 nm.

Le lycopène des tomates possède essentiellement la forme isomérique trans. Cependant dans ses tissus, les isomères cis représentent plus de 50% du lycopène total. Ce type de carotène se concentre principalement dans le plasma, la peau et les tissus adipeux.

I.4.3: Utilisations agro-alimentaires

Le lycopène a été depuis longtemps utilisé comme colorant par l'industrie agro-alimentaire.

I.4.4: Vertus thérapeutiques

Le lycopène diminue le risque de cancer de la prostate. Après l'opération des prostates, un apport supplémentaire de lycopène (15mg, 2 fois par jour) freine la progression du cancer de la prostate voire même entraîne la diminution du volume des tumeurs.

Ce caroténoïde possède aussi une action protectrice dans la prévention des maladies cardio-vasculaire, contre la cataracte.

Il est employé comme antioxydant contre les radicaux libres dont l'effet antioxydant est supérieur à celui du β -carotène. Toutefois, il n'a pas d'activité provitaminique A.

Le lycopène favorise la survie des cellules cutanées exposées aux agents stressants tels que le soleil, grâce à la puissance de ses activités antioxydant et anti-inflammatoire. Il est utilisé par l'organisme pour se défendre contre le rayonnement ultraviolet.

Le lycopène stimule les cellules contribuant à la formation osseuse et exerce un effet inhibant sur les cellules qui dégradent le tissu osseux (ostéoclastes).

II. LES XANTHOPHYLLES [2], [5]

II.1: La lutéine

La lutéine est obtenue par extraction par solvant volatil des souches naturelles des fruits et des plantes comestibles ainsi que des herbes, la marigold et de la luzerne.

Les principales matières colorantes sont constituées des caroténoïdes et en majeure partie de lutéine et de ses esters acides gras. Elle est responsable de la couleur jaune orangée des certaines plantes.

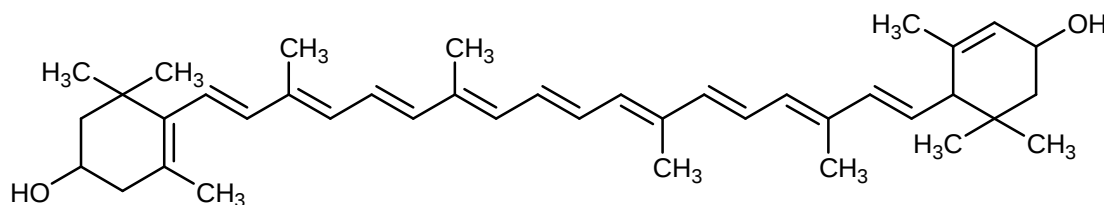
Les solvants suivants peuvent être utilisés pour l'extraction : méthanol, éthanol, propanol-3, hexane, acétone, méthyléthylcétone, dichlorométhane et dioxyde de carbone.

Leur biodisponibilité mesurée par la réponse postprandiale, quelques heures après le repas, ou par la réponse plasmatique à moyen terme, est en effet meilleure que celle des carotènes.

La lutéine est le principal caroténoïde présent dans la partie centrale de la rétine nommée la macula).

II.1.1: Structure chimique

- Formule brute $C_{40}H_{56}O_2$
- La structure développée plane de la lutéine renferme une fonction hydroxyle sur les deux cycles terminaux de β -ionone :



II.1.2: Propriétés physico-chimiques

Les caroténoïdes oxygénés comme la lutéine sont plus polaires et s'incorporent plus facilement dans les micelles mixtes intestinales que les carotènes tels le beta-carotène et le lycopène.

La lutéine possède une bonne stabilité à la température, à la lumière et au SO_2 servant aux traitements de protection des fruits. Elle est moins sensible à l'oxydation que les autres caroténoïdes.

II.1.3: Vertus thérapeutiques

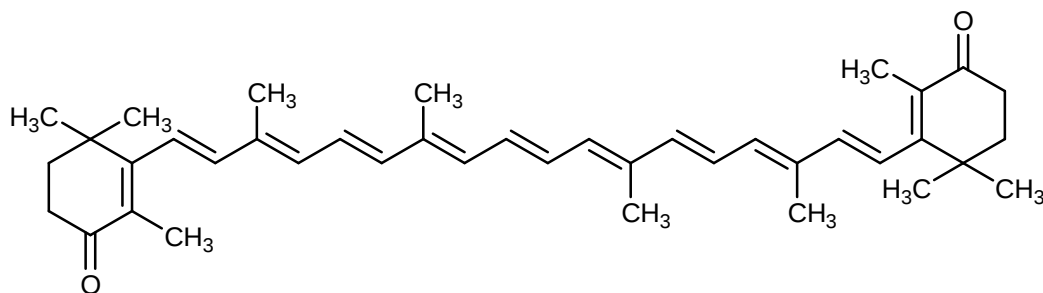
La lutéine est associée à la santé oculaire. Elle pourrait donc contribuer à protéger les yeux contre la dégénérescence maculaire liée à l'âge, principale cause de cécité chez les adultes âgés. Sa présence dans l'œil permet de filtrer une partie de la lumière bleue et des ultraviolets et aide à protéger la rétine des radicaux libres. Il s'agit donc d'un antioxydant important dans les cellules photoréceptrices de l'œil.

Dans le domaine alimentaire, elle est utilisée comme sauces salades.

II.2: La canthaxanthine

II.2.1: Structure chimique

- Formule brute $\text{C}_{40}\text{H}_{52}\text{O}_2$
- La structure développée plane de la canthaxanthine renferme une fonction cétone sur chaque cycle de β -ionone terminal :



II.2.2: Propriétés physico-chimiques

La canthaxanthine est un pigment naturel de couleur rouge, elle permettra de donner un rouge plutôt foncé, mais un peu « terne » et manquant de luminosité. Elle est insoluble dans l'eau mais elle est soluble dans l'huile en mélange avec du β -carotène. Leur longueur d'onde d'absorption maximale est de $\lambda_{\text{max}} = 468 - 472 \text{ nm}$ dans le cyclohexane.

Comme la canthaxanthine est d'origine biologique animale, les taux de canthaxanthine renfermés dans certains tissus ou organismes animaux sont les suivants : jaune d'œuf à 30 mg/kg, la peau grasse (tissu cible) chez les volailles à 2.5 mg/kg, le saumon à 10 mg/kg de chair et la truite à 5 mg/kg de chair.

II.2.3: Utilisation agro-alimentaire

La canthaxanthine est un colorant utilisé dans l'alimentation animale pour colorer les aliments d'origine animale.

II.2.4: Vertus thérapeutique

La canthaxanthine agit aussi comme un antioxydant.

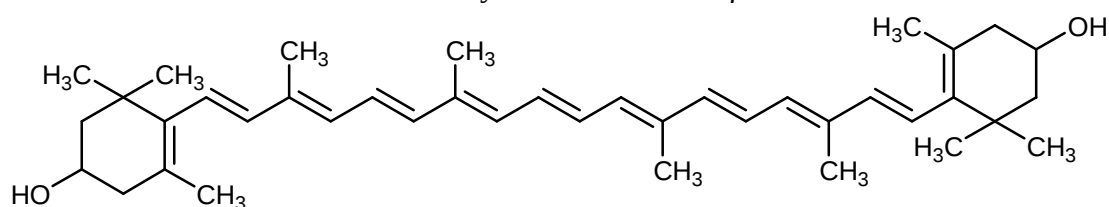
II.3: La Zéaxanthine

La zéaxanthine de couleur jaune est particulièrement concentrée dans la partie centrale de la rétine. Elle forme le pigment maculaire, couche protectrice qui absorbe la lumière bleue.

On trouve la zéaxanthine dans certaines plantes comme le tagète « *Tagetes erecta* » ainsi que dans d'autres sources alimentaires comme le maïs, le chou vert, les épinards ou encore la courge.

II.3.1: Structure chimique

- Formule brute $C_{40}H_{56}O_2$
- Structure développée plane de la zéaxanthine renferme une fonction hydroxyle de substitution sur les deux cycles terminaux de β -ionone :



II.3.2: Vertus thérapeutique

Dans le domaine pharmaceutique, sa présence dans l'œil lui permet de filtrer une partie de la lumière bleue et des ultraviolets. Elle aide à la protection de la rétine et les cellules photoréceptrices de l'œil dont la membrane extérieure est riche en acides gras polyinsaturés contre les radicaux libres. La zéaxanthine est associée donc à la santé oculaire. Elle contribue à protéger les yeux contre la dégénérescence maculaire liée à l'âge, principale cause de cécité chez les personnes âgées.

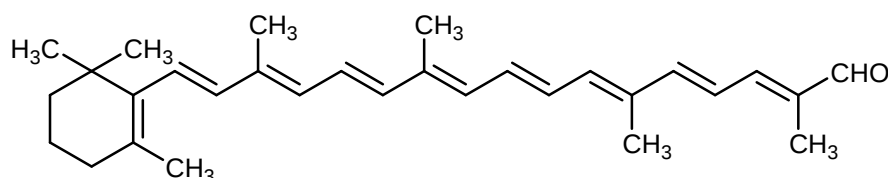
III. LES APOCAROTENOÏDES [2], [7]

III.1: Le β ,8-apocaroténal

Il est synthétisé naturellement. Les souches naturelles de β ,8-apocaroténal sont les agrumes, les légumes, et l'herbe.

III.1.1: Structure chimique

- Formule brute $C_{30}H_{40}O$
- Structure disposant d'un noyau de β -ionone et d'une fonction aldéhyde.



III.1.2: Propriété physico-chimique

Il se présente sous forme de poudre fine cristalline violette. Il est insoluble dans l'eau mais peu soluble dans l'éthanol et dans l'huile. Il est miscible avec le chloroforme. Il est sensible à la lumière, la chaleur, l'air et l'humidité. Il est plus sensible à la lumière que le bêta-carotène. Leur longueur d'onde d'absorption est de $\lambda_{\max} = 462 \text{ nm}$ dans le cyclohexane.

III.1.3: Vertus thérapeutiques

Il est utilisé souvent avec le bêta-carotène pour avoir une couleur orange plus soutenue.

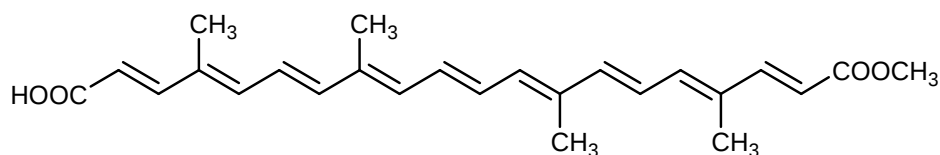
Il est un antioxydant important luttant contre les radicaux libres en les empêchant d'endommager les membranes.

III.2: La Bixine

Il s'agit de la constituante colorée de l'enveloppe des graines de rocou provenant du rocuyer (*Bixa orellana*). Il est cultivé dans les tropiques.

III.2.1: Structure Chimique

- Formule brute $C_{25}H_{30}O_4$
- Sa structure développée présente une fonction acide et une fonction ester :



III.2.2: Propriété physico-chimique

La bixine est soluble dans les huiles et les graisses. Leur solubilité augmente avec le degré d'insaturation de l'huile. La bixine est facile à solubiliser dans le chloroforme, la pyridine et l'acide acétique glacial. Leur longueur d'onde d'absorption est de $\lambda_{\text{max}} = 443\text{-}475$ nm dans le cyclohexane et 509nm dans le chloroforme.

III.2.3: Utilisations agro-alimentaires

La bixine est utilisée dans l'agroalimentaire pour colorer uniformément les aliments comme la glace, le fromage à pâte molle et le yaourt.

III.2.4: Vertus thérapeutique

Elle est également utilisée comme un antioxydant.

IV. LES EQUIVALENCES VITAMINIQUES DES CAROTENES [8], [9], [10], [11], [12], [13]

IV.1: La Vitamine A

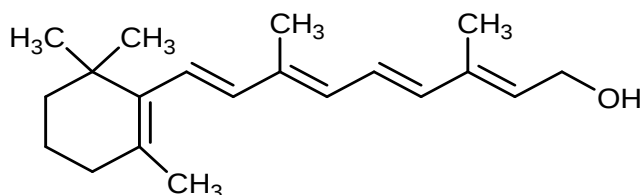
La vitamine A est une vitamine liposoluble. Elle est connue sous deux noms chimiques « rétinol » et « axérophtol ». La vitamine A provient :

- soit de vitamine A de synthèse chimique,
- soit de carotènes convertis en rétinol dans l'organisme par l'aide de la bile.

Elle s'agit d'un alcool provenant du métabolisme des carotènes. La vitamine A se trouve dans les produits animaux tels que l'huile de poisson et le foie. Ces aliments d'origine végétale contiennent un pigment jaune appelé carotène, dont une partie est convertie en vitamine A dans l'organisme, pour cela, il a besoin de matières grasses et de bile.

IV.1.1: Structure chimique

- Formule brute : $C_{20}H_{30}O$
- Structure disposant d'un noyau de β -ionone et d'une fonction alcool.



IV.1.2: Propriétés physico-chimiques

Dans sa forme cristalline, la vitamine A est une substance jaune-verte pâle, soluble dans la graisse mais insoluble dans l'eau, qui existe uniquement dans les produits d'origine animal.

Le rétinol est à la fois la forme principale et la forme active de vitamine A dans l'alimentation humaine. Il est véhiculé dans notre organisme sous forme d'esters d'acides gras.

Le foie régule le taux sanguin de vitamine A. Elle circule dans notre corps grâce à une protéine de transport. Un apport adéquat en protéines et en lipides est nécessaire à l'absorption de la vitamine A.

IV.1.3: Vertus thérapeutiques

La vitamine A est un antioxydant, élément qui protège contre les maladies en neutralisant les molécules d'oxygène instable, les radicaux libres, du corps. Cette vitamine est impliquée dans la vision nocturne car elle contribue à entretenir la muqueuse des yeux et elle est nécessaire pour la conversion de la lumière en un signal nerveux dans la rétine, la croissance, les différenciations cellulaires et la reproduction. Plus une femme enceinte séropositive est carencée en vitamine A, plus il est probable que son enfant se retrouve porteur du virus du SIDA.

Elle maintient aussi la santé de la peau (prévient l'acné et les dermatoses) et la surface des tissus, principalement ceux qui ont des membranes muqueuses. Les muqueuses sont les premières barrières de protection c'est pourquoi la vitamine A aide à lutter contre les coups de froid et les infections principalement au niveau des yeux, des oreilles, du nez, de la gorge, des

poumons, de l'estomac, de l'urinaire et de l'intestinale. Il semblerait qu'elle permette de prévenir des cancers du sein.

Précautions :

La vitamine A est une vitamine liposoluble, elle peut donc être stockée dans notre corps et être responsable d'hypervitaminoses. De trop importants apports en vitamine A peuvent provoquer des effets indésirables tels que des maux de têtes, des vomissements, des troubles de la vision, la perte des cheveux, des douleurs osseuses, l'hépatomégalie, les altérations cutanées et peut induire des anomalies congénitales pendant la grossesse.

IV.1.4: Teneur en vitamine A

Voici la teneur en vitamine A de 100 g quelques produits alimentaires d'origine animale :

- Huiles de poisson : 18 000 à 120 000 μg
- Foies de poisson : 3 000 à 300 000 μg
- Foies d'animaux : 3 000 à 12 000 μg
- Beurre : 700 μg .
- Jaune d'œuf : 570 μg
- Fromages : 200 à 300 μg
- Poissons gras : 200 à 800 μg .

IV.2: Equivalence

Les quantités de vitamines et minéraux sont habituellement exprimées en milligrammes (mg) ou microgrammes (μg). La vitamine A dans les aliments s'exprime et se mesure aujourd'hui en équivalents de rétinol (ER) plutôt qu'en unités internationales (UI) utilisées auparavant.

$$1 \text{ ER} = 1 \mu\text{g de rétinol} = 3,33 \text{ UI rétinol}$$

$$1 \text{ ER} = 6 \mu\text{g de } \beta\text{-carotène}$$

IV.3: Besoin journalier

Une carence de vitamine A se traduit par une sécheresse pathologique de l'œil aboutissant à une xérophtalmie et parfois une cécité. D'autres tissus épithéliaux peuvent être affectés ; la peau peut présenter une kératose folliculaire.

L'apport recommandé par la FAO et l'OMS est de 750 μg d'équivalent de rétinol par jour chez l'adulte ; une femme qui allaite doit augmenter l'apport de 50 pour cent, et un enfant le réduire. Cela est valable pour une alimentation diversifiée comportant à la fois de la vitamine A et du bêta-carotène.

Si l'alimentation est d'origine entièrement végétale, un apport plus important de bêta-carotène est recommandé pour compenser la faible conversion en vitamine A.

Les groupes suivants peuvent être particulièrement bénéfique pour inclure des sources naturelles de vitamine A dans leur régime alimentaire :

- Les végétariens qui peuvent avoir un apport limité de vitamine A provenant de produits laitiers, ou ceux qui ne consomment pas assez de légumes contenant du bêta-carotène.
- Ceux qui consomment trop d'alcool, étant donné que l'apport d'alcool peut épuiser les réserves de vitamine A de l'organisme.
- Les jeunes enfants d'âge préscolaire, y compris les enfants qui reçoivent des soins de santé inadéquats et ceux qui vivent dans des milieux comportant des carences nutritionnelles.
- Les personnes dont les intestins ont de la difficulté à digérer et à assimiler les matières grasses ou celle qui souffrent la diarrhée ou de grippe intestinale chronique.
- Ceux dont l'apport quotidien de protéines, de calorie et de zinc sont insuffisant, étant donné que ces nutriments sont nécessaires pour mobiliser la vitamine A du foie afin de faire parvenir à l'appareil circulatoire.

Les besoins journaliers en vitamine A se résument dans le tableau suivant :

GROUPE	AGE	BESOINS DE BASE	APPORT DE SECURITE
	(années)	(μ g d'équivalent rétinol/jour)	
Nourrissons	0-1	180	350
Enfants	1-6	200	400
	6-10	250	400
	10-12	300	500
	12-15	350	600
Garçons	15-18	400	600
Filles	15-18	330	500
Hommes	>18	300	600
Femmes	>18	270	500
Femmes enceintes		370	600
Femmes allaitantes		450	850

Tableau 1: Besoins journaliers en vitamine A

CHAPITRE III: ETUDES BOTANQUES DE QUELQUES PLANTES A CAROTENOIDES

I: GENERALITE SUR LA CAROTTE [14], [15], [16]

I.1: Origine et historique

La carotte est originaire d'Asie mineure et de l'Afghanistan où elle poussait à l'état sauvage voici déjà plus de deux millénaires.

Étant facile à cultiver, elle se répandit vers l'Ouest dans de très nombreux pays du monde : Europe et Etats- unis au XVIII^{ème} siècle. Ce légume possédait initialement l'aspect blanchâtre, la peau coriace et à cœur fibreux. Ce n'est qu'à partir du milieu du XIX^{ème} siècle que la carotte va prendre une couleur rouge orange et devenir un légume très tendre.

I.2: Description botanique

Nom scientifique : *Daucus carota.L*

Famille : apiaceae

Nom populaire : karaoty, carotte

« Herbe bisannuelle polymorphe, dressée ou diffuse, atteignant 1m de hauteur ; racine pivotante jaunâtre ou rougeâtre, charnue, aromatique. Feuilles de contour oblong, atteignant 15(-30) x 8 x (-20) cm, à segments ultimes linéaires à elliptiques, aigus, atteignant 5 x 3 mm ; pétiole atteignant 10cm de longueur, canalicule ; gaine bien distincte, à marges membraneuses. Ombelles convexes ou plutôt plates, devenant denses et concaves à la fructification ; pédoncules longs de 20-40cm, sulqués, hispides ; involucre bien développés, persistants, à bractées pennatiséquées, à lobes linéaires-subulés à oblongs, atteignant 3 cm de longueur ; rayons atteignant 5cm de longueur à maturité ; involucrelles formés de bractées linéaires, simples ou lobées, généralement à bords scarieux et ciliés. Fleurs blanches ou teintées de rose. Fruit oblong, 3 à 5 x 1,5 à 2,5mm ».

La racine contient de nombreux nutriments importants, parmi lesquels l' α -carotène et le β -carotène, les vitamines B, la vitamine A ainsi que le calcium, le fer, le potassium et plusieurs antioxydants tels que la lutéine.

Les graines de carotte sont très petites (environ 500 graines dans 1 gramme).

Les variétés :

Les variétés de carotte sont généralement classifiées en fonction de leur morphologie racinaire : longue, demi-longue, courte...

La variété demi-longue dont la racine est bien colorée et sa saveur douce et sucrée.



Figure 1: Photo de carotte

Récolte :

La carotte ne présente pas d'indice extérieur d'aptitude à la récolte. On se basera sur le calibre constaté sous le niveau du collet normalement apparent en culture et la longueur du cycle cultural annoncé pour la variété cultivée (dans le courant du 3^{ème} mois après le semis).

I.3: Distribution Géographique

A Madagascar, la carotte se cultive surtout sur Les Hautes Terres comme l'indique le tableau suivant :

Légume	Lieux de production			
	Antananarivo et ses Environs	Vakinankaratra	Itasy	Autres régions
Carotte	Ambohimambola Ambohidratrimo Sabotsinamehana	Antsirabe;Betafo; Ambano,Ambohibary; Ambatolampy Antanifotsy; Faratsiho	Soavinandriana Miarinarivo	Ankazobe; Anjozorobe Andramasina Manjakandriana Tsironimandidy

Tableau 2: Liste de producteur de carotte

II: GENERALITE SUR LE MANGUIER [16], [17], [18], [19],

II.1: Origine et historique :

La mangue existe depuis 4000 ans. Elle est originaire du pays Asie, des régions allant du sud de l'Himalaya au nord de la Birmanie.

II.2: Description botanique :

Nom scientifique : *Mangifera indica* L.

Famille : anacardiaceae

Nom populaire : manga

« Arbre de 5-10(-15) m de hauteur, généralement à tronc épais et à nombreuses branches. Feuilles lancéolées-elliptiques, acuminées, courtement cunées à la base, de 10-25(-50) cm de longueur et 2,5-8 (-13) cm de largeur, glabre, de teinte rougeâtre étant jeunes devenant vert foncé. Inflorescences dressées ou ascendantes, paniculées, atteignant 30 cm de longueur ou plus. Fleurs polygames, jaunâtres ; calice long d'environ 2,5 mm ; pétales 5, plus longs que le calice ; étamines 4-5. Fruit une drupe ellipsoïde à obliquement réniforme, longue de 5-15 cm, à pulpe comestible et noyau aplati, fibreux. »

Le manguier est une plante fructifère et peut atteindre 30m de haut.

La feuille du manguier est entière, ovidé-lancéolée a ovale ou elliptique et mesure de 15 à 40cm de long. La largeur varie entre 1,5cm et 4cm ; l'apex peut être acuminé, ou acuminé ou pointu, sur certaines variétés.

Les fleurs sont petites, environ 6 mm de diamètre. Le manguier comporte 2 types de fleurs : des fleurs hermaphrodites et des fleurs mâles.

Les fruits peuvent avoir des formes très diverses : oblongue, réniforme, elliptique, ovoïde, cordiforme ou aplatie. Leur grosseur varie énormément : 50g à plus de 2kg.

La peau ou épicarpe est assez mince mais coriace. Elle est verte, puis devient jaune à jaune verdâtre ou rouge violacée.

II.3: Distribution Géographique :

Le manguier est répandu sous les tropiques, du sud de l'Asie jusqu'à l'ouest de l'Amérique d'une région allant du sud de l'Himalaya au nord de la Birmanie. On peut aussi le trouver sur plusieurs à Madagascar. A la zone nord, la récolte est du mois novembre à décembre et les produits sont exportés. On considère la culture du manguier dans la zone hauts plateaux nord comme culture vivrières. Dans la zone nord ouest, centre ouest, moyen ouest, sud et sud ouest, la culture a classée de comme cultures fructifères.

III: GENERALITE SUR LE PAPAYER [16], [18], [19], [20], [21]

III.1: Origine et historique :

Le papayer est sans doute un des fruits le plus connus des tropiques.

L'origine de la papaye se situe probablement dans le sud du Mexique. Elle s'est ensuite répandue en Amérique tropicale. Un siècle environ avant que n'arrivent les espagnoles elle c'était déjà largement au Pérou ; les cultures chimu et nazca ont laissée des représentations qui témoignent de sa présence. Puis elle se dissémina à travers le globe à partir de la découverte du nouveau monde. Le papayer occupe une place importante dans les jardins des régions tropicales, tous spécialement d'ailleurs en Inde où il fut introduit dès le début du XVI^{ème} siècle. En Europe, les papayes sont connues depuis le XVII^{ème} siècle.

III.2: Description botanique :

Nom scientifique : *Carica papaya L.*

Famille : Caricaceae

Nom populaire : papay, papaye

« Arbre atteignant de 3 à 10 m de haut, dioïque ou polygame. Les inflorescences mâles ou polygames sont des racèmes ou des panicules grandes et pendantes. Feuilles alternes, grandes, longuement pétiolées, groupées au sommet d'une tige droite et régulière. Limbe palmatilobé ou palmatipartite pouvant atteindre de 50 à 70 cm de diamètre. Fleurs blanches ou jaunâtres, de 2 à 5 cm de long. Fruits sphériques ovoïdes ou oblongs, à 5 côtes longitudinales, jaunes ou vert-jaunâtre à maturité. Graines noires entourées d'un arille charnu. »

C'est un arbre généralement non ramifié à tronc unique, non ligneux et fortement marqué par les cicatrices foliaires, atteignant 3 à 7 m de haut.

Grandes feuilles palmées possédant sept lobes, groupées en couronne terminale au faite du tronc et longuement pétiolées sous lesquelles pendent les papayes groupées comme en grappes.

Les fleurs mâles apparaissent sur de longues panicules ramifiées à l'aisselle des feuilles, tandis que les fleurs femelles naissent isolées ou par groupe de 2 ou 3 sur la partie supérieure du tronc.

Il peut faire de 15 à 60 cm de long, être rond ou très allongé et peser de un jusqu'à 8-10 kg. La section du fruit (papaye) montre une cavité centrale remplie de petites graines noires. La chair est juteuse, de couleur jaune orange, parfumée, épaisse de 2 à 3 cm.

III.3: Distribution Géographique :

Le papayer est sans doute un des fruits le plus connus des tropiques. Plusieurs pays ont le rencontrée : Mexique, Inde, les pays européen et africain.

On le rencontre dans la zone hauts plateaux sud, nord ouest, centre ouest, moyen ouest, sud et sud ouest de Madagascar.

IV: GENERALITE SUR LE MANDARINIER : [16], [18], [19]

IV.1: Origine et historique :

Venues de Chine, les orangers et mandariniers ont été cultivés pendant plusieurs certaines d'années en Asie avant d'être introduites en Europe. Mais il a fallu attendre plus de 400 ans après l'introduction de l'orange pour connaître la mandarine en occident, en Grande Bretagne d'abord, puis pour en établir la culture ; les premiers mandariniers arrivèrent en 1805 et l'implantèrent en province au début du XIXème siècle. La culture démarra en Algérie en 1850, après une amélioration notable des espèces.

Le mandarinier a été introduit à Madagascar et aux Mascareignes, par le Cap, en 1880 et réintroduit depuis à plusieurs reprises.

IV.2: Description botanique :

Nom scientifique : *Citrus reticulata* Bl.

Famille : rutaceae

Nom populaire : voasary mandarinina, mandarine

Les mandariniers, sont des petits arbres plus ou moins épineux, a feuilles étroites a largement lancéolées de couleur vert fonce brillant. Les fleurs sont petites, blanches, a 5 pétales et éclosent en juin. Leur fruits globuleux de 3 a 6 cm de diamètre, souvent aplatis aux pôles, ont une peau fine, non adhérente, de couleur rouge orange a maturité. Sa pulpe est douce et savoureuse. Elle ne possède pas la fine peau blanche et amère qu'on trouve dans les oranges. La chair sucrée habituellement bien parfumée est très appréciée. Les pépins se particularisent par la couleur verte des embryons. La multiplication se fait par greffage et semis.

La mandarine se conserve environ une semaine à l'air libre et environ 2 semaines le bac à légumes du réfrigérateur.

Variétés :

Les mandarines ont plusieurs variétés :

La tangerine a vu le jour en Californie ; son apparence et son arôme laissant présager plus de saveur sous sa peau fine qu'elle n'en offre en réalité.

La clémentine, quant à elle n'a fait son apparition qu'en 1900, sur un arbre planté par un moine, le frère clément ; elle est née d'un croisement d'orange amère et de mandarine. Plus petite et quasiment sans pépins, elle a supplanté la mandarine.

La *satsuma* est une variété japonaise de mandarine, très précoce et sans pépins, acclimatée sur le pourtour méditerranéen ; un peu plus grosse, elle est de couleur plus claire et est moins parfumée.

Parmi les hybrides obtenus à partir de la mandarine ou de la tangerine, il faut signaler le *tangelo*.

Quant à l'*ortanique*, c'est une création exclusive des jamaïcains qui résulte d'un croisement entre l'orange et la tangerine ; il est parmi les agrumes, un de ceux qui ont la teneur la plus élevée en jus ; sa peau est assez facile à ôter.



Figure 2: Photo de mandarinier

IV.3: Distribution Géographique :

La majorité des mandarines sont cultivées en Espagne, Algérie, Tunisie, Maroc, Réunion et États-Unis. Mais à Madagascar, on aussi le trouver dans la zone nord, nord-est, moyen-est, sud-est et dans les Hauts Plateaux de la région d'Analamanga.

IV.4: Valeur nutritionnelle de la mandarine :

La mandarine augmente la résistance des capillaires sanguins. Sa forte teneur en vitamine C et en carotènes en fait un fruit important pour lutter contre les radicaux libres.

La peau d'orange surtout la peau de mandarine contenant beaucoup de bêta-carotène et aussi d'huile essentielle.

V: GENERALITE SUR LA COURGE : [16], [22]**V.1: Origine et historique de la plante :**

La courge est d'origine sud-américaine. Les autres espèces se sont différenciées dans la zone sud des Etats-Unis, Mexiques et Amérique centrale.

Toutes les plantes de la famille des Cucurbitaceae sont de robustes lianes, coureuses au ras du sol, ou capables de s'élever sur des supports.

V.2: Description botanique :

Nom scientifique : *Cucurbita maxima* Linn.

Famille : Cucurbitaceae

Nom populaire : voatavo, courge

Plante herbacée monoïque, rampante, à tiges cylindrique pouvant atteindre 2-4m de long, fortement sillonnées longitudinalement, couvertes de poils assez denses.

Feuille :

Feuilles a pétiole long de 12-19 cm et ayant jusqu'à 4-5 mm d'épaisseur, sillonne longitudinalement, portant deux sortes de poils, les uns fins et souples, les autres raides, épais, multicellulaires, unisériés.

Fleurs :

Fleurs mâles solitaires ; pédicelle hirsute, de 10-17cm de long. Fleurs femelles solitaires ; pédicelle accrescent, de 5-7 cm de long.

Fruit :

Les fruits sont en générales très grandes et de forme variées, arrondis, lisses, à pulpe plus ou moins fibreuse.

V.3: Distribution Géographique :

Espèce largement cultivée pour son fruit dans toutes les régions tropicales surtout près des villages. A Madagascar, on la trouve plutôt dans les régions assez sèches de l'île : zone hauts plateaux sud, zone moyen ouest.

CHAPITRE IV: GENERALITE SUR LES METHODES EXTRACTIVES

Les caroténoïdes peuvent être obtenus :

- ✓ Soit par voie d'extraction par solvant volatil
- ✓ Soit par gaz supercritique CO₂
- ✓ Et soit par méthode enzymatique.

I: EXTRACTION PAR SOLVANT VOLATIL : [23], [24], [25]

L'extraction a pour but d'extraire les caroténoïdes contenus dans la matière végétale.

I.1: Principe

Ce principe consiste à établir un contact intime entre les échantillons et le solvant volatil pendant un certain temps. Une filtration sous pression réduite fournit une solution de chargée en chloroplaste. Par distillation, on sépare le solvant volatil de manière à obtenir un concentré de chloroplaste.

I.2: Mode opératoire

Le processus d'extraction par solvant se compose de trois grandes étapes:

- Broyage-macération ;
- Filtration ;
- et évaporation.

Ce mode d'extraction s'effectue par procédé continu.

Les solvants couramment utilisés doivent être très volatils, donc faciles à évaporer comme l'acétone, l'éther de pétrole, l'acétate d'éthyle, l'hexane ou le cyclohexane.

Le choix de solvant utilisé dépend d'une part de sa sélectivité pour les caroténoïdes et d'autre part du coût d'exploitation.

I.2.1: Broyage-macération

Prélever une masse définie de matières végétales à extraire. Les découper en lambeaux de quelques cm² puis mettre les lambeaux dans un mortier et ajouter quelques pincées de sable de Fontainebleau (ou sable de rivière propre).

Mesurer la quantité de solvant pur suffisant à l'extraction dans une éprouvette graduée puis la verser sur la préparation et commencer le broyage. Au fur et à mesure que la solution

se colore en jaune, ajouter progressivement le reste de solvant. Continuer le broyage jusqu'à ce que le solvant d'extraction soit bien colorée en jaune foncé. Cette opération dure 1 heure.

I.2.2: Filtration

Laisser reposer 5 minutes le broyat en mélange avec le solvant organique puis filtrer en réalisant un vide léger au moyen d'une fiole à vide et d'un filtre Büchner et d'une trompe à eau, ou au moyen d'une pompe à vide résistante aux solvants organiques.

Les résidus cellulaires végétaux sont retenus par le filtre alors que les pigments chloroplastiques sont entraînés dans le filtrat de solvant organique.

I.2.3: Évaporation

Le solvant volatil renfermant les caroténoïdes dissous est ensuite évaporé :

- Soit à l'évaporateur rotatif sous pression réduite ;
- Soit en chauffant modérément au bain-marie.

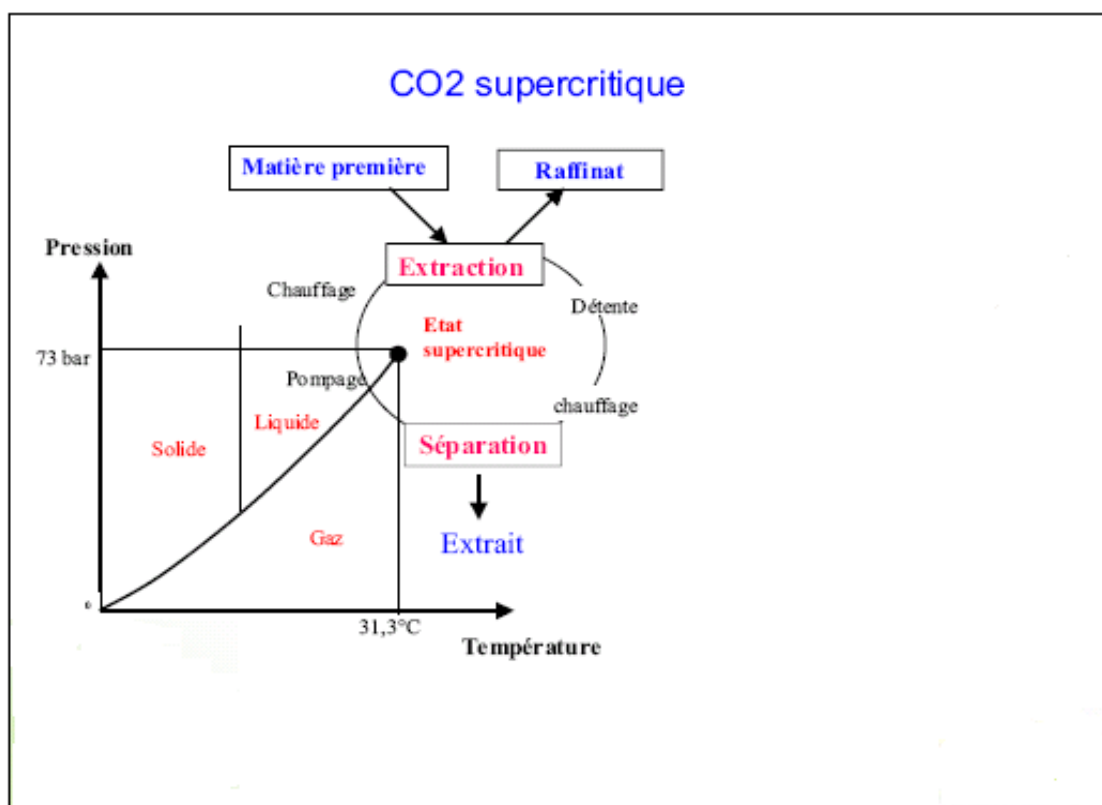
Dans cette deuxième méthode, l'évaporation peut alors être accélérée en soufflant un peu d'air à la surface de la solution à l'aide d'une pompe à air. On obtient une pâte jaune foncée qui sera conservée au frais dans une armoire frigorifique.

II: EXTRACTION PAR GAZ SUPERCRITIQUE CO₂ [26], [27], [28]

Cette méthode d'extraction permet de séparer les caroténoïdes d'un échantillon en utilisant comme solvant d'extraction un gaz supercritique comme l'anhydride carbonique CO₂ supercritique.

L'anhydride carbonique CO₂ est un dissolvant non-toxique, peu coûteux et facilement séparable. Donc, les caroténoïdes des produits naturels tels que β -carotène des carottes, des algues et de la paume-huile, la lycopène des tomates, la lutéine des fleurs, la capsanthine de paprika sont toutes extraites au moyen des fluides supercritiques.

La figure suivante représente le diagramme de phase de l'anhydride carbonique CO₂ dont l'état supercritique s'obtient à la température de 31,3°C et à la pression de 73 bars.

Figure 3: Diagramme de CO₂ supercritique

II.1: Principe

Ce principe consiste à sécher les échantillons à 60°C avant l'extraction puis à établir un contact intime entre les échantillons et le fluide supercritique CO₂ pendant un certain temps. Enfin, l'anhydride carbonique CO₂ est séparé par détente et évaporation simple.

Avant l'extraction supercritique, les matières végétales sont séchées à une teneur en humidité inférieure à 0,5%, sous vide à 60°C, durant 12 heures pour empêcher la décomposition thermique principale des caroténoïdes.

Pour l'extraction des caroténoïdes en utilisant l'anhydride carboxylique CO₂ supercritique, on distingue deux processus :

- le processus d'extraction à haute pression dont le principe est pratiquement similaire au processus d'extraction par solvant volatil c'est-à-dire en utilisant comme solvant le CO₂ supercritique ;
- et le processus combiné d'extraction-adsorption.

II.2: Processus combiné d'extraction-adsorption

Le processus combiné d'extraction-adsorption utilise le gel de silice comme adsorbant permettant une adsorption des xanthophylles alors que les carotènes (jaune) sont restés dans la phase supercritique et sont séparés à plus basse pression.

A titre d'exemple, l'extraction d'une masse de 0.5 kg de matières végétales sèches s'effectue en utilisant l'anhydride supercritique CO_2 à la température de 60°C et à la pression de 30 MPa. Le rapport de masse CO_2 -échantillon est de 80:1. Le débit d'entrée de CO_2 est de 10kg/h, correspondant à un temps de séjour de 2 mn.

Dans le processus utilisant le gel de silice comme adsorbant, les propriétés des caroténoïdes recueillis sont demeurées sans changement après l'adsorption, ce qui indique un processus physique d'adsorption.

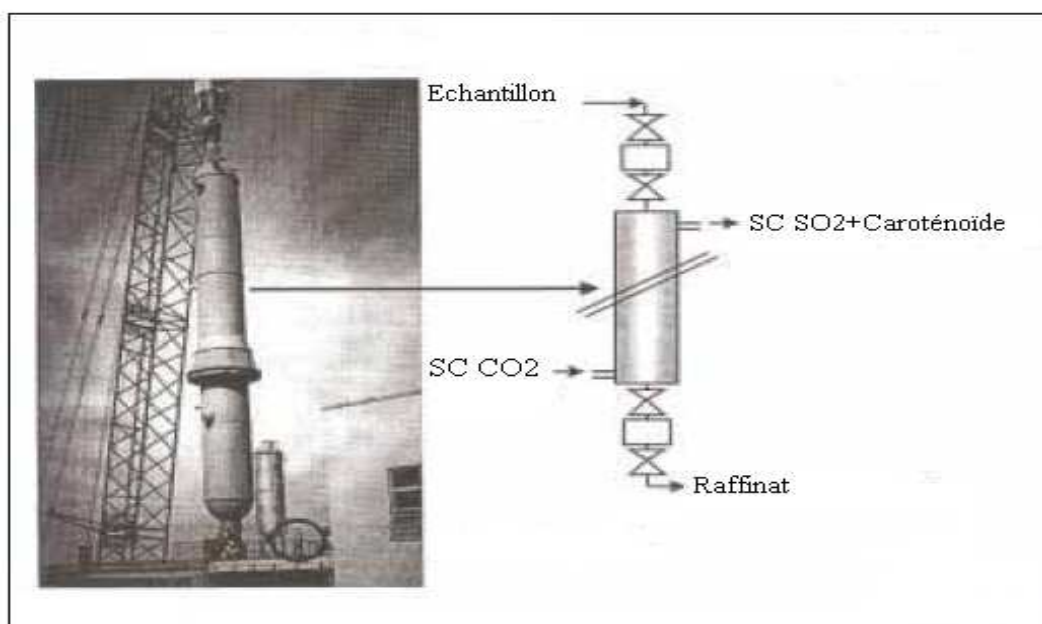


Figure 4: Schéma d'appareillage d'extraction des caroténoïdes par CO_2 supercritique

III: METHODE ENZYMATIQUE [29]

III.1: Principe

Le principe consiste à mettre en contact le broyat très fin de végétal avec une enzyme qui détruit les parois cellulaires des cellules végétales et qui libère alors les caroténoïdes contenus. Leur séparation s'obtient ensuite par centrifugation.

III.2: Mode opératoire

- Broyer l'échantillon frais. Ce premier broyat est soumis à un blanchiment par chauffage de 90°C à 100°C pendant 2 minutes, puis refroidi à 50°C.
- Réaliser alors un second broyage pour avoir une très petite fine de broyat.
- Ensuite, le broyat est acidifié avec une solution d'acide citrique 0.25% et d'acide ascorbique 0.05%. Ce mélange est agité à 50°C et à pH 4,5 pendant 3 heures avec 0.03% d'un mélange d'enzymes tel que de Pectinex Ultra SPL (NOVO NOROISK).
- Filtrer et alors le filtrat est traité thermiquement en subissant un chauffage à 90°C pendant une minute.
- Le filtrat est ensuite congelé à - 20°C puis décongelé rapidement à 4°C. Le surnageant est éliminé par une simple centrifugation.
- Avant conditionnement, on ajoute à l'extrait de caroténoïdes ainsi obtenu des additifs tels qu'antioxydants et acide citrique.

L'avantage de la méthode d'extraction enzymatique est d'augmenter le rendement d'extraction jusqu'à 95% et aussi de stabiliser les caroténoïdes durant leur conservation.

CHAPITRE V: GENERALITE SUR LES METHODES D'ANALYSE DES CAROTENOIDES

Les méthodes connues d'analyse des caroténoïdes sont :

- soit des méthodes chimiques et physicochimiques
- soit des méthodes microbiologiques

Conservation :

Le dosage peut se faire indifféremment sur sérum ou sur plasma. Les prélèvements ne doivent pas rester exposés à la lumière. Si l'analyse est différée, les sérums sont conservés à - 20 °C. Des études de conservation ont été faites sur des pools de sérums conservés plusieurs mois à - 20 °C. Donc, dans l'état d'expérimentation, on ne conserve pas plus de 9 mois.

Les extraits secs peuvent se conserver 24 h, mais pas au-delà.

I: METHODES QUALITATIVES

L'analyse qualitative des carotènes peut être réalisée par la chromatographie sur couche mince ou sur colonne à adsorbant, alors que les analyses quantitatives se réalisent par HPLC (High Performancy Liquid Chromatography) ou par HPTLC (High Performancy Thin Layer Chromatography)

I.1: Analyse qualitative par chromatographie d'adsorption sur couche mince (C.C.M) [23], [24]

I.1.1: Principe

Le principe consiste à déposer et à faire adsorber les caroténoïdes sur une plaque chromatographique à gel de silice, à gel d'alumine ou de cellulose puis à éluer les différents constituants chimiques par un solvant ou un système d'éluant donné. Ces derniers migrent alors sous forme de taches.

I.1.2: Processus

L'extrait pâteux obtenu par évaporation du solvant d'extraction contient différentes molécules, notamment les caroténoïdes et les chlorophylles. L'analyse sommaire de ce mélange peut être réalisée par chromatographie sur couche mince (CCM) en utilisant comme éluant le mélange de solvants : éther de pétrole /éther diéthylique (40/60 en volume).

Prendre une plaque chromatographique en couche mince (plaque d'aluminium, de verre ou de plastique) recouverte d'une fine couche de gel de silice, d'alumine ou de cellulose.

Enlever l'humidité résiduelle des plaques de silice en les mettant 2h dans une étuve à 60-80°C.

Découper la surface nécessaire (environ 10 cm pour 5 ou 6 échantillons).

Tracer une ligne de base à environ 1cm du bord inférieur et marquer d'une croix, au crayon de bois, les points au niveau desquels vont être déposés les extraits à analyser sans abîmer la couche de silice.

Dissoudre la pâte d'extrait obtenue précédemment dans quelques millilitres de dichlorométhane.

Tremper la pointe d'un capillaire ou d'une fine pipette propre dans la solution diluée et déposer une microgoutte de solution sur la croix. Laisser sécher et renouveler le dépôt trois ou plusieurs fois afin de concentrer la tache et donc augmenter l'intensité des couleurs après chromatographie.

Disposer l'éluant dans une cuve chromatographique sur une hauteur d'environ 0,5 cm, puis fermer la cuve avec son couvercle afin de la saturer en vapeur d'éluant avant la chromatographie pendant 15mm.

Déposer soigneusement la plaque CCM dans la cuve et laisser le solvant monter par capillarité jusqu'à environ 1cm du bord supérieur. Il est important de ne pas bouger le flacon jusqu'à la fin de l'élution. Le développement est assuré par migration du solvant par capillarité.

On sort la plaque et on marque le front de solvant à l'aide d'un trait au crayon de papier (endroit où s'est arrêté le solvant).

On observe les différentes taches sur la plaque CCM puis on mesure les distances frontales de chaque substance puis on en déduit leur rapport frontal R_f .

I.2: Analyse quantitative par HPLC (High Performancy Liquid Chromatography) [28]

Les colonnes chromatographiques utilisées sur la chaîne HPLC sont des colonnes à "phase inverse". Leur phase stationnaire est apolaire et le solvant d'élution utilisé est polaire. Le but de ce processus est de retenir les pigments de structure apolaire. Les pigments cibles sont des composés apolaires qui ont donc plus d'affinité avec la phase stationnaire que la phase liquide mobile. L'élution, la migration et la récupération des fractions de caroténoïdes sont détectées par spectroscopie UV et leur analyse globale peut alors se faire par une mesure spectrophotométrique directe à la longueur d'onde λ .

La préparation des standards internes et des étalons est complexe. Elle nécessite de vérifier la pureté du produit par HPLC et les concentrations réelles en utilisant les coefficients d'extinction molaire.

La méthode d'analyse par HPLC peut se résumer par la figure ci-dessus :

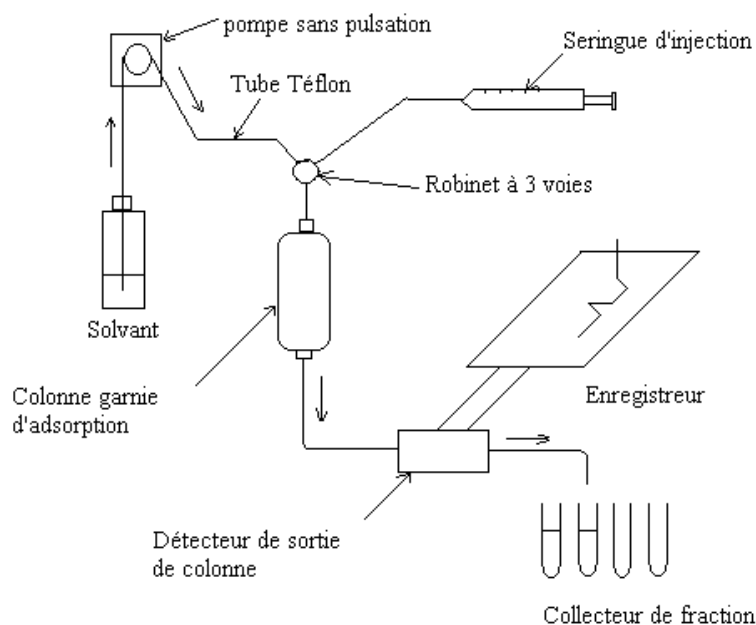


Figure 5: Schéma de principe de l'appareil d'analyse HPLC

II: ANALYSE QUANTITATIVE PAR LES METHODES MICROBIOLOGIQUES [30]

Un microorganisme dont le métabolisme et la croissance dépendent de la présence et de la concentration de la vitamine recherchée est mis en présence d'un extrait de la denrée ou de la matière végétale à examiner. L'intensité du rendement métabolique ou de la croissance est mesurée (titrimétrie, gravimétrie ou turbidimétrie) puis comparée avec les résultats obtenus avec une série de standards de concentrations différentes. Cette méthode, très sensible et très spécifique est principalement utilisée pour doser la vitamine telle que la vitamine A.

CHAPITRE VI: GENERALITE SUR LES METHODES DE PURIFICATION

Les carotènes et la chlorophylle A sont tous constitués uniquement de carbone et d'hydrogène, donc ils sont très apolaires. Les xanthophylles contiennent en plus des atomes d'oxygène, ils sont polaires. Et aussi, les composés contenant d'oxygène sont polaires.

La purification des carotènes peut être réalisée par la chromatographie sur colonne, par HPLC, par HPTLC (High Performance Thin Layer Chromatography) ou encore par voie chimique.

I: METHODE DE FRACTIONNEMENT ET PURIFICATION PAR LA CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE SUR COLONNE [23], [24], [31], [32]

Les différents constituants de l'extrait de caroténoïdes de plante sont séparés grâce à la chromatographie liquide sur colonne.

I.1: Principe

Le principe de base repose sur l'adsorption des caroténoïdes sur un support chromatographique solide ou phase solide fixe constitué principalement de gel silice, de gel d'alumine, de cellulose, de sucre glace, colonne de sable ou autres puis à éluer les différents constituants chimiques par une phase liquide mobile composée d'un solvant apolaire ou d'un système de gradient de solvant.

I.2: Protocole expérimental

La chromatographie liquide sur colonne (CLC) nécessite l'emploi d'une colonne de verre d'une longueur d'une trentaine de centimètres et munie d'un robinet à son extrémité inférieure (si la colonne ne dispose pas de robinet, on peut fixer à son extrémité un tuyau muni d'une pince de Mohr).

- Remplir la colonne d'adsorbant solide (sucre glace ou gel de silice, etc.) sur environ 20cm de hauteur.
- vider la colonne et placer un peu de coton en bas de cette colonne puis le recouvrir d'une couche environ 1cm de sable.
- Ajouter environ 10cm de l'éluant (éther de pétrole/éther diéthylique : 60/40 en volume ou autre système de solvant).
- Ajouter environ 200 ml d'éluant dans le bécher contenant l'adsorbant. Bien agiter pour obtenir un gel légèrement visqueux.

- Verser doucement ce gel dans la colonne et chasser les bulles d'air en tapotant légèrement la colonne à l'aide d'un objet quelconque en caoutchouc.
- Prélever la solution d'extrait de la plante carotène dans le dichlorométhane à l'aide d'une pipette et la déposer sur tout le pourtour interne de la paroi.
- Laisse couler le solvant en rajoutant régulièrement de l'éluant en haut de colonne afin que celle-ci ne soit jamais sèche.
- Récupérer les différentes fractions dans le récipient en verre, en fonction de la couleur du coton en bas de colonne. On obtient ainsi les carotènes, les chlorophylles et les xanthophylles.
- Evaporer le solvant, on obtient des solutions concentrées de ces molécules.

II: METHODE DE PURIFICATION PAR VOIE CHIMIQUE [23]

Une purification par voie chimique est souvent utile pour séparer les caroténoïdes obtenus à partir du premier fractionnement.

II.1: Principe

Le principe consiste à séparer les pigments contenus dans l'extrait brut de la matière végétale par solvant sélectif ensuite procéder à un traitement chimique éventuel permettant de séparer les différents chloroplastes de l'extrait par absorption liquide.

II.2: Protocole expérimental

Le processus de purification par voie chimique se résume en étapes principales :

- Séparation des pigments
- puis la purification des pigments.

II.2.1: Séparation des pigments

L'échantillon frais à analyser est de 10g, le solvant d'extraction est l'acétone (50 ml). Les pigments sont séparés de la façon suivante :

- Ajouter à la solution acétonique de pigments 50 ml d'éther de pétrole et agiter très doucement (ampoule A).
- Ajouter ensuite 70 ml d'eau distillée et agiter. Deux phases apparaissent : la phase supérieure en vert foncé contient les pigments dissous dans l'éther de pétrole ; la phase inférieure sera éliminée.
- Laver la solution contenant les pigments, ajouter 50 ml d'eau distillée et comme précédemment éliminer la phase inférieure. Effectuer par deux fois ce lavage.

- Ajouter ensuite 50 ml d'alcool méthylique à 92 % à la solution de pigments ; agiter puis laisser reposer. Deux phases apparaissent :
 - la phase supérieure, formée par l'éther de pétrole contenant la chlorophylle a et les carotènes ;
 - et la phase inférieure formée par le méthanol contenant la chlorophylle b et les xanthophylles.
- Transférer la phase inférieure dans une deuxième ampoule à décanner (ampoule b).
- Ajouter 50 ml d'éther éthylique et agiter ; verser ensuite de l'eau distillée jusqu'à ce qu'il apparaisse deux phases. La phase supérieure de l'éther éthylique contenant les pigments verts ; la phase hydroalcoolique, plus lourde, incolore, sera éliminée.

II.2.2: Purification des pigments

Ajouter au contenu de chaque ampoule (A et B) 20 ml d'une solution de potasse alcoolique (KOH à 30 % dans du méthanol à 92%). Agiter puis laisser reposer.

Pour favoriser le passage des chlorophylles en milieu hydroalcoolique, ajouter au contenu de chacune des deux ampoules 15 à 20 ml d'eau distillée ; agiter de nouveau.

Dans l'ampoule A :

Une phase supérieure colorée en jaune pale contenant les carotènes dissous dans l'éther de pétrole.

Une phase inférieure hydroalcoolique colorée en vert bleute contenant la chlorophylle.

Dans l'ampoule b :

Une épiphase colorée en jaune vif contenant les xanthophylles en solution dans l'éther éthylique.

Une hypophase hydroalcoolique colorée en vert jaune contenant la chlorophylle b.

III: METHODE DE PURIFICATION PAR HPLC (HIGH PERFORMANCY LIQUID CHROMATOGRAPHY) [33], [34]

C'est la méthode la plus efficace permettant de purifier les molécules organiques contenues dans les extraits des matières végétales. Les méthodes HPLC donnent de très bons résultats en purification de routine.

Elle consiste à effectuer une chromatographie sur colonne à phase inverse et à moyenne pression en utilisant un solvant d'élution apolaire. Principalement, la triéthylamine

améliore la séparation de la lutéine et de la zéaxanthine d'une part, de lycopène, de l' α - et du β -carotène d'autre part. Elle améliore aussi la séparation β -carotène trans et ses isomères cis.

La purification des caroténoïdes impose l'utilisation de longues colonnes et possédant une grande surface spécifique. Les propriétés physicochimiques différentes des caroténoïdes peuvent être à l'origine d'artefacts. Il peut y avoir absorption des caroténoïdes par la phase stationnaire.

Dans cette technique de purification, l'appareil d'analyse HPLC est équipé d'un détecteur à barrette de diodes permettant de réaliser des séparations à des longueurs d'onde spécifiques de 292 nm (alpha-tocophérol), 325 nm (rétinol), 450 nm (lutéine, zéaxanthine, beta-cryptoxanthine, alpha et beta-carotène) et 473 nm (canthaxanthine, lycopène).

Les limites de cette technique restent toutefois le temps d'analyse relativement assez long et le coût des analyses par l'usage de grande quantité des solvants (adoption d'un système de recyclage de solvant pour abaisser le coût).

PARTIE II

ASPECTS EXPERIMENTAUX SUR L'EXTRACTION DES CAROTENOIDES

CHAPITRE I: EXTRACTION DES CAROTENOÏDES A PARTIR DE LA CAROTTE

I: EXTRACTION

Dans notre pratique, nous avons adopté la méthode d'extraction par solvant. L'extraction est réalisée sur la carotte fraîche. La grande sensibilité des caroténoïdes à la lumière et à la chaleur exige de réaliser toutes les manipulations à température ambiante et l'évaporation de solvant à 40°C à l'abri du soleil. Les concentrés obtenus sont conservés au congélateur entre 5°C et 10°C.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de prélèvement des carottes étudiées dans nos expérimentations.

Organe	Origine	Date de récolte	Date d'extraction	Mode d'extraction
Partie souterraine (racine)	Ambohidratrimo	23/10 /2007	24/10/2007	Extraction par solvant

Tableau 1: Identité de prélèvement de la carotte étudiée

La méthode d'extraction dont nous avons adopté est l'extraction par solvant volatil.

Les quatre opérations principales composant le processus d'extraction sont le broyage, la macération-décantation, la filtration et l'évaporation de solvant.

I.1: Broyage

Broyer à l'aide de « mixer » la carotte fraîche découpée en 1mm d'épaisseur. Prélever alors 250g d'échantillon broyé.

I.2: Macération-décantation

Disposer cette masse dans l'ermeneyer puis ajouter 500ml d'éther de pétrole. Laisser macérer pendant une heure tout en mélangeant au moyen d'agitateur magnétique.

I.3: Filtration

Laisse reposer 5 mn et récupérer de filtrat à l'aide de filtre Büchner. Les débris cellulaires sont retenus par le filtre ; le filtrat renferme les pigments chloroplastiques en solution de l'éther de pétrole. Les débris cellulaire sont passés par la deuxième macération dans 300ml d'éther de pétrole pendant une nuit et ensuite verser la préparation sur un filtre Büchner. On obtient le deuxième filtrat.



Figure 6: Filtration par Büchner

I.4: Évaporation

Combiner les deux filtrats et évaporer de solvant a l'évaporateur rotatif en chauffant modérément de 40 °C. On obtient un concentré de couleur jaune foncée.

Répéter trois fois les mêmes opérations de macération-filtration-évaporation sur le même échantillon de manière à assurer l'effectivité de l'extraction.



Figure 7: Evaporateur rotatif

Rajouter de quantité de solvant dans l'extrait sec et conserver dans une armoire frigo.

Le schéma de principe du processus d'extraction par solvant est donné par la figure ci-dessous.

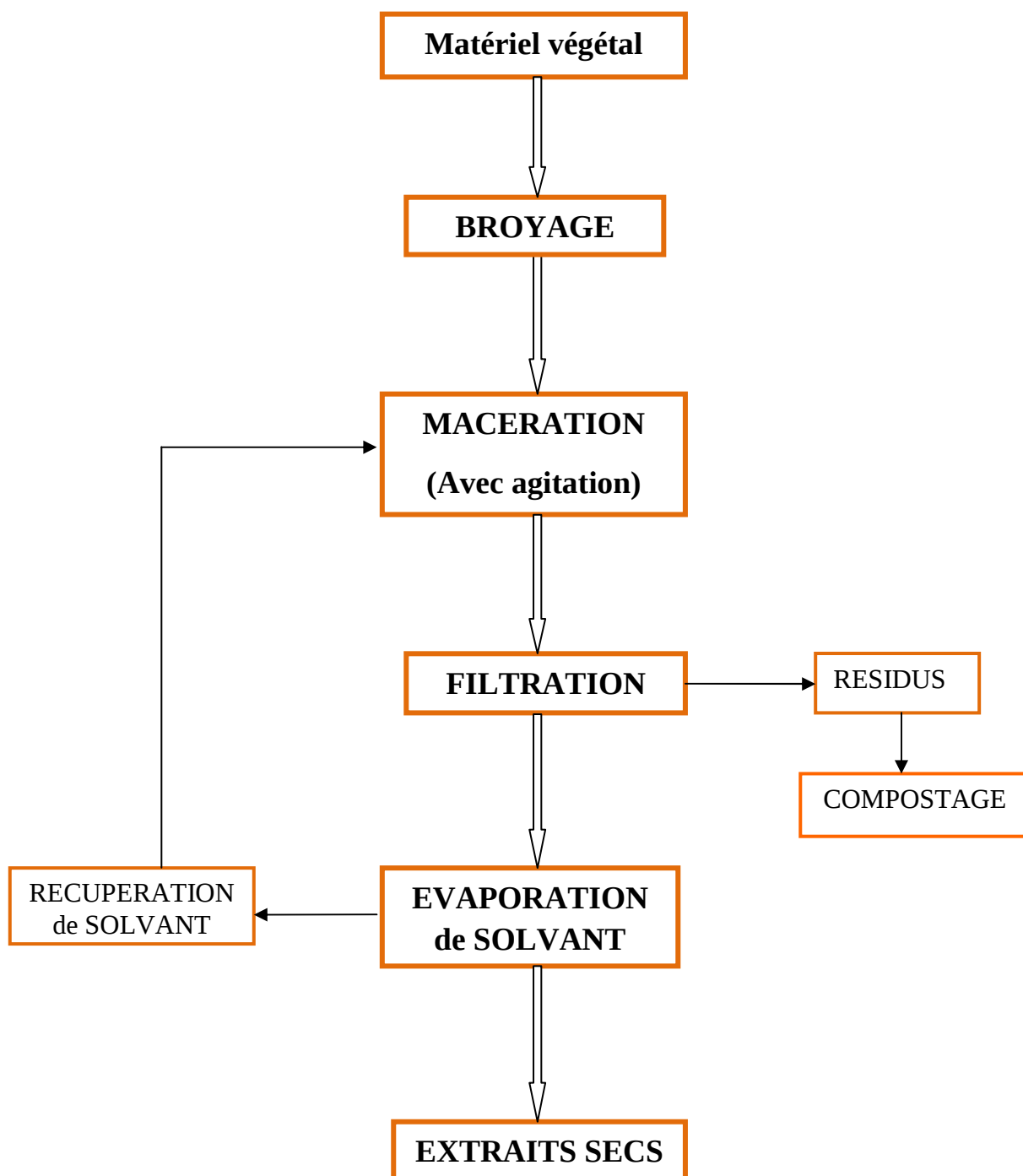


Figure 8: Schéma de principe du processus d'extraction par solvant

II: RESULTATS D'EXTRACTION ET ANALYSE CHIMIQUE

La teneur en matière sèche est déterminée à partir de formule suivante :

$$\text{T.M.S.} = \frac{M_2}{M_1}$$

Le rendement d'extraction rapporté à la matière végétale humide (%) R_{MVH} est déterminé par la formule suivante :

$$R_{MVH} = \frac{m}{M_1}$$

Rendement d'extraction rapporté à la matière végétale sèche (%) R_{MVS} :

Pour déterminer la masse de matière végétale sèche M_2 , il faut mettre l'échantillon dans une étuve à température de 100°C à 110°C jusqu'à l'obtention de masse constante.

$$R_{MVS} = \frac{m}{M_2}$$

Avec,

m = masse de l'extrait brut obtenu après évaporation sous pression réduite

M_1 = masse d'échantillon ou matière végétale humide étudiée

M_2 = masse de matière végétale sèche

T.M.S. = teneur en matières sèches de la matière végétale fraîche (%)

M.V.F. = matière végétale fraîche

M.V.S. = matière végétale sèche

R_{MVH} = rendement d'extraction rapporté à la matière végétale humide (%)

R_{MVS} = rendement d'extraction rapporté à la matière végétale sèche (%)

m (g)	TMS (%)	R _{MVF} (%)	R _{MVS} (%)
250	12	0,41	3,44

Tableau 2: Résultat d'extraction de la carotte

Caractéristiques organoleptiques :

- Couleur rouge
- Aspect huileux

Conclusion :

Comme notre travail a été réalisé avec de la carotte fraîche, le débris cellulaire forme une pâte très visqueuse rendant difficile la filtration. Le rendement brut d'extraction à l'éther de pétrole par rapport à la carotte fraîche est de 0.41%.

CHAPITRE II: EXTRACTION DU CAROTENOÏDE A PARTIR DE LA MANGUE

I. METHODE D'EXTRACTION

Dans notre pratique, la méthode d'extraction est par solvant.

Le tableau 5 suivant résume les caractéristiques de prélèvement des carottes étudiées dans nos expérimentations.

Organe	Origine	Date de récolte	Date d'extraction	Mode d'extraction
Fruit mûr	Tsaratanàna	Novembre 2007	07/11/2007	Extraction par solvant

Tableau 3: Identité du prélèvement de mangue étudié.

- Masse de mangue étudiée à l'extraction : 300 g.
- Solvant d'extraction : 450 ml d'éther de pétrole et acétone (50/50).

II. RESULTAT D'EXTRACTION :

m (g)	TMS (%)	R _{MVF} (%)	R _{MVS} (%)
300	18	0,32	1,778

Tableau 4: Résultat d'extraction de la mangue.

Caractéristiques organoleptiques :

- Couleur rouge
- Aspect huileux

Conclusion :

La pulpe de fruit de mangue étudiée est fraîche. Alors le débris cellulaire forme de pâte très visqueuse si elle est broyée très fine. En outre, elle contient des substances agglutinantes, qui empêchent le passage de filtrat à travers le papier filtre. Cette difficulté cause la perte de temps et la perte de solvant d'extraction pendant l'étape de filtration. Le rendement d'extraction à l'éther de pétrole et acétone (50/50 en volume) par rapport à la matière végétale fraîche est de 0,32 %.

CHAPITRE III: EXTRACTION DU CAROTENOÏDE A PARTIR DE LA PAPAYE

I: METHODE D'EXTRACTION :

Dans notre pratique, la méthode d'extraction est par solvant.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de prélèvement de la papaye fraîche étudiée dans nos expérimentations.

Organe	Origine	Date de récolte	Date d'extraction	Mode d'extraction
Fruit mûr	Arivonimamo	Octobre 2007	08/10/2007	Extraction par solvant

Tableau 5: Identité du prélèvement de papaye étudié.

Procédés d'extraction :

Broyage : broyer à l'aide de mixer la pulpe de la papaye frais. Et peser 238 g à partir d'échantillon broyé.

Macération : ajouter le dans l'erenmeyer contenant de 200 ml d'acétone et on procède par macération avec agitation dans une heure. L'erenmeyer est ferme à l'aide d'un papier aluminium pour éviter le dégagement de solvant.

Filtration : laisse reposer 5 mn et récupérer de filtrat à l'aide de filtre Büchner. Les débris cellulaires sont retenus par le filtre ; le filtrat renferme les pigments chloroplastiques en solution de l'acétone.

Élimination de débris cellulaire et de l'eau :

✓ Verser la solution acétonique contenant les pigments dans une ampoule à décantation et réaliser la séparation de la façon suivante :

Ajouter délicatement à la solution acétonique de pigment 70 ml d'éther de pétrole et agiter très doucement en inclinant l'ampoule fermée et en ouvrant le robinet d'écoulement.

Ajouter ensuite 50 ml d'eau distillée en la laissant couler le long de la paroi de l'ampoule. L'eau facilitera le passage dans l'éther de pétrole agiter très délicatement et attendre quelques minutes que les couches se séparent.

La phase supérieure jaune contient les pigments dissous dans l'éther de pétrole ; la phase inférieure est constituée par l'eau, l'acétone et les débris cellulaire. Éliminer la phase inférieure par décantation.

Pour laver la solution d'éther de pétrole contenant les pigments ajoute d'eau distillée et comme précédemment éliminer par décantation. Effectuer par deux fois ce lavage en éliminant toujours la phase aqueuse.

Évaporation : évaporer de solvant a l'évaporateur rotatif en chauffant modérément de 40 °c. On obtient une pate jaune orange.

II: RESULTATS D'EXTRACTION :

m (g)	TMS (%)	R _{MVF} (%)	R _{MVS} (%)
238	12	0,132	1,1

Tableau 6: Résultat d'extraction de la papaye.

Caractéristiques organoleptiques :

- Couleur rouge
- Aspect huileux

Conclusion :

L'échantillon utiliser ici est frais, donc contenant beaucoup de quantité d'eau difficile à évaporer. Pour faciliter l'extraction, de préférence, on a utilisé l'acétone, solvant miscible à l'eau. Puis, on procède au partage avec l'éther de pétrole, solvant non miscible à l'eau qui extrait alors les caroténoïdes. Le rendement d'extraction par rapport à la matière végétale fraîche est assez faible (0,132%).

CHAPITRE IV: EXTRACTION DU CAROTENOÏDE A PARTIR DE LA PEAU DE MANDARINE

I: METHODE D'EXTRACTION :

Dans notre pratique, la méthode d'extraction est par solvant.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de prélèvement des peaux ou zestes de mandarine étudiées dans nos expérimentations.

Organe	Origine	Date de récolte	Date d'extraction	Mode d'extraction
Zeste de fruit	Andina Ambositra	02/02 /2008	10/02/2008	Extraction par solvant

Tableau 7: Identité du prélèvement de mandarine.

Procédées d'extraction :

Broyage : broyer à l'aide de mixer la carotte frais découpe de 1mn d'épaisseur. Et peser 250g d'échantillon a broyé.

Macération : ajouter le dans l'erenmeyer contenant de 500ml d'éther de pétrole et on procède par macération avec agitation dans une heure.

Filtration : laisse reposer 5 mn et récupérer de filtrat à l'aide de filtre Büchner. Les débris cellulaires sont retenus par le filtre ; le filtrat renferme les pigments chloroplastiques en solution de l'éther de pétrole. Les débris cellulaire sont passes par la deuxième macération dans 300ml d'éther de pétrole pendant une nuit et ensuite verser la préparation sur un filtre Büchner. On obtient le deuxième filtrat.

Évaporation : combiner les deux filtrats et évaporer de solvant à l'évaporateur rotatif en chauffant modérément de 40 °C. On obtient une pate jaune foncée.

II: RESULTATS D'EXTRACTION :

m (g)	TMS (%)	R _{MVF} (%)	R _{MVS} (%)
120	23,86	2,72	11,4

Tableau 8: Résultat d'extraction de la mandarine.

Caractéristiques organoleptiques :

- Couleur rouge
- Aspect huileux

Conclusion :

Le zeste de mandarine est séché à l'air libre et à la lumière, donc elle est difficile à broyer ; par contre les opérations d'agitation et de filtration sont faciles. Elle ne contient que de peu de quantité d'eau facilitant en conséquence l'extraction dont le rendement par rapport à la matière fraîche s'élève à 2,72 %. L'extrait obtenu contient encore des huiles essentielles.

CHAPITRE V: EXTRACTION DU CAROTENOIDE A PARTIR DE LA COURGE

I: METHODE D'EXTRACTION DU CAROTENOIDE

Dans notre pratique, la méthode d'extraction est par solvant.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de prélèvement des fruits de courge étudiés dans nos expérimentations.

Organe	Origine	Date de récolte	Date d'extraction	Mode d'extraction
Partie aérien (fruit)	Ambohidratrimo	Novembre 2007	08/10/2007	Extraction par solvant

Tableau 9: Identité du prélèvement de la courge étudiée.

Procédés d'extraction :

Broyage : broyer à l'aide de mixer la pulpe fraîche. Et peser 200 g à partir d'échantillon broyé.

Macération : ajouter le dans l'erlenmeyer contenant de 200 ml d'acétone et on procède par macération avec agitation dans une heure. L'erlenmeyer est fermé à l'aide d'un papier alumine pour éviter le dégagement de solvant.

Filtration : laisse reposer 5 mn et récupérer le filtrat à l'aide de filtre Büchner. Les débris cellulaires sont retenus par le filtre ; le filtrat renferme les pigments chloroplastiques en solution de l'acétone.

Elimination de débris cellulaire et de l'eau, même méthode que dans le papayer.

Evaporation : évaporer le solvant à l'évaporateur rotatif en chauffant modérément de 40 °C. On obtient un extrait pâteux de couleur jaune.

II: RESULTATS D'EXTRACTION :

m (g)	TMS (%)	R _{MVF} (%)	R _{MVS} (%)
200	12	0,10	0,85

Tableau 10: Résultat d'extraction de la courge.

Caractéristiques organoleptiques :

- Couleur rouge
- Aspect huileux

Conclusion :

La pulpe de fruit de courge utilisée ici est fraîche, donc contenant beaucoup de quantité d'eau difficile à évaporer et rendant l'extraction difficile. L'acétone est le meilleur solvant d'extraction du carotène, mais, elle est miscible à l'eau. Alors, on procède au partage avec l'éther de pétrole, solvant non miscible à l'eau. Nous avons obtenu un assez faible rendement d'extraction par rapport à la pulpe fraîche de 0,10%.

CHAPITRE VI: ANALYSE PAR CCM DES FRACTIONS OBTENUES

Des analyses préliminaires par chromatographie sur couche sont nécessaires pour identifier les caroténoïdes et évaluer leur vitesse de migration à travers des colonnes chromatographiques de fractionnement.

Dans nos analyses par CCM, nous avons utilisé de préférence des plaques à gel d'alumine sur support en verre qui possède plus d'affinité pour les caroténoïdes que les plaques à gel de silice. La distance de rétention ou rapport frontal R_f de migration d'une substance chimique, par rapport à la ligne de base de dépôt, se définit par la relation :

$$R_f = \frac{\text{distance parcourue par le centre de la tache de la substance } (d_x)}{\text{distance parcourue par le front de solvant } (d_s)}$$

Dimensions de la plaque :

- Largeur : 5 cm
- Longueur : 10 cm

Solvant d'élution : Hexane et acétone de rapport volumique 50/50

Dimensions de la cuve chromatographique : volume de la cuve est égale à 350 ml.

I: ANALYSE DE LA PLAQUE :

Dans cette analyse, nous n'avons pas utilisé de révélateur chimique puisque les carotènes possèdent déjà la couleur caractéristique jaune orange. Toutefois, nous avons observé la plaque de CCM aux rayons UV 254-365 nm qui indiquent alors, pour la carotte, la présence d'une tache fluorescente à $R_f = 0,75$ par examen aux UV 365nm.

En haut de la plaque près du front de solvant, nous remarquons la présence d'une grosse tache jaune orange correspondant aux carotènes. D'autres taches jaunes relatives aux xanthophylles apparaissent plus basses.

L'analyse sur CCM montre de façon simple l'évidence de la présence de plusieurs molécules dans les extraits. A échelle très réduite, la CCM permet la séparation des molécules organiques dans les substances naturelles. A plus grande échelle, le principe de technique de séparation chromatographique reste identique mais l'obtention de grosses fractions de substances s'acquiert en utilisant la technique de chromatographie liquide sur colonne. Les résultats d'analyse par CCM montrent que les carotènes sortiront nécessairement de la colonne en premier.

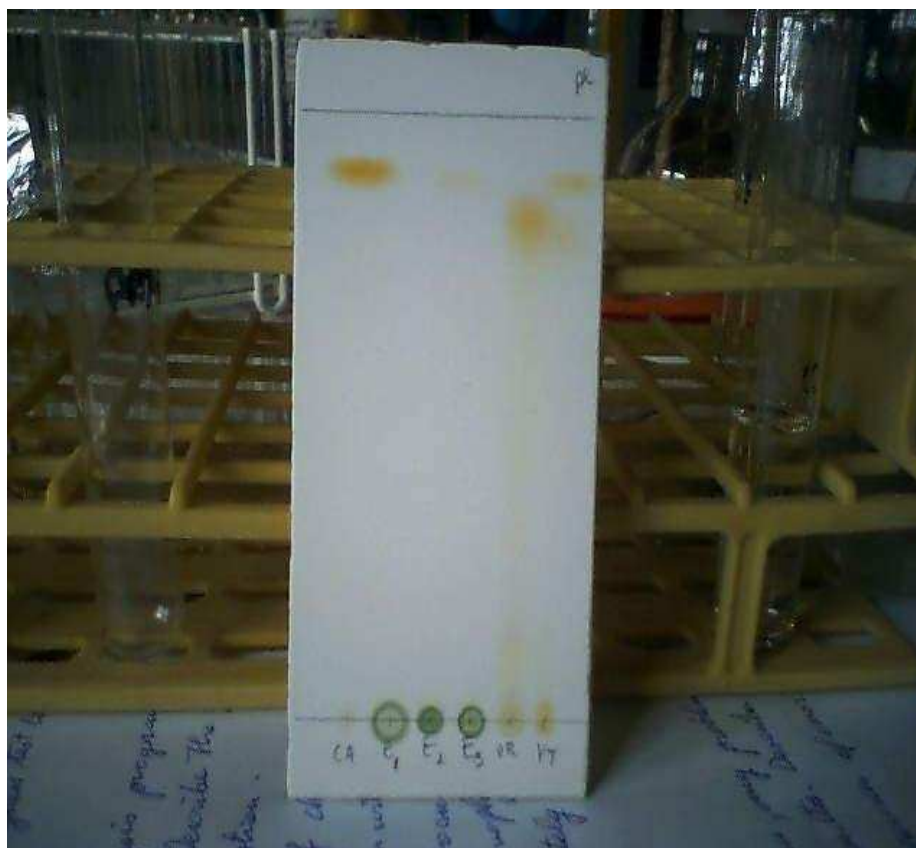


Figure 9: Plaque chromatographique CCM d'extrait de carotte (CA) et de quelques produits locaux.

La figure 7 ci-dessus nous montre la photo de la plaque chromatographique d'analyse sur couche mince de quelques extraits de produits locaux selon la légende suivant :

- CA : carotte
- VT : courge
- E1-E2-E3 : épinard
- OR : zeste de mandarine

II: INTERPRETATION DU RESULTAT :

Près du front de solvant marqué au crayon en ligne continue, nous observons les taches de migration relatives aux carotènes à rapport frontal $R_f = 0,90$ dans les extraits de carotte, d'épinard et de courge. En particulier, nous constatons une grosse tache très remarquable pour l'extrait de carotte, qui indique alors que ce dernier est essentiellement composé de carotènes.

Nous pensons avoir trop exposé à la lumière et au soleil le zeste de mandarine durant leur séchage, ce qui aurait entraîné l'oxydation des liaisons éthyléniques. Cela pourrait être

l'origine du léger retard de migration de la tache concentré en jaune correspondant aux carotènes du zeste de mandarine par rapport à celles de la carotte et de la courge ($R_f < 0,90$).

Conclusion :

Pour conclure, nous constatons que les végétales fraîches entraînent des difficultés au niveau de la filtration. Et aussi, la méthode d'extraction par solvant ne récupère totalement les caroténoïdes contenant dans l'échantillon, les résidus sont de couleur jaune. Les rendements d'extractions sont en fonction de la nature des végétaux et du solvant d'extraction.

L'analyse par CCM montre que presque les échantillons contiennent les carotènes, mais le cas de zeste de mandarine, l'exposition au soleil, entraîne l'oxydation de la liaison éthylénique, donc, retard de la migration de tache jaune concentré.

PARTIE III

ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Le but de la troisième partie de cet ouvrage est d'avoir un aperçu sur l'impact de notre recherche sur les aspects socio-économique et environnemental.

Après cette estimation économique préliminaire, dans la mesure où il sera décidé de poursuivre l'étude considérée, de nouvelles estimations seront effectuées périodiquement et serviront d'informations pour confirmer la valeur de l'idée au fur et à mesure de l'avancement du projet.

CHAPITRE I: ASPECT ECONOMIQUE DU PROJET [35]

Selon un rapport de l'UNICEF établi en 1988, les carences en vitamine A sont responsables, chaque année, de la cécité de plus de 500 000 enfants dont plus de la moitié meurent en l'espace de quelques mois. De plus, ce rapport mentionne également que le manque de vitamine A semble influencer la fréquence des infections diarrhéiques responsables chaque année du décès de 4 millions d'enfants.

L'Institut d'Hygiène Sociale précise que le Ministère de la Santé Publique du Gouvernement Malgache réalise un programme national de deux distributions annuelles de vitamine A aux enfants, du mois d'Avril au mois d'Octobre.

Du mois d'Avril 2007 au mois d'Octobre 2007, la statistique montre le nombre de population cible suivant à Madagascar :

- ✓ Nombre d'enfants de 6 à 11 mois : 362.110 (capsule bleu de 100.000 UI).
- ✓ Nombre d'enfants de 12 à 59 mois (5 ans) : 2873807 (capsule de 200.000 UI).
- ✓ Nombre de mères nouvellement accouchées (dans 2 mois) : 138.197 (capsule de 200.000 UI).

Cependant, la totalité de vitamine A partagé à Madagascar est importée au CANADA (fabriqué par Banner Pharmacaps, Canadian International Development Agency).

Dans le but de diminuer cette importation et aussi pour éviter la perte de fruits et légumes à carotène pendant la saison de récolte, nous envisageons de réaliser une unité pilote de production de carotènes selon le procédé d'extraction par solvant volatil à partir de la carotte, suivi d'étapes de purification par voie chimique. Il s'avère alors utile d'effectuer en ce sens une étude de faisabilité de notre projet.

Dans notre estimation économique, nous suggérons de monter une usine pilote à capacité de traitement de 250 tonnes de carotte permettant la production annuelle de 15 kg de carotènes.

La production de carotènes par la méthode d'extraction par solvant volatil nécessite les opérations unitaires suivantes :

- Broyage
- Macération (avec agitation)
- Essorage (filtration sous vide) ou centrifugation
- Distillation (récupération de solvant).

Ainsi, pour la réalisation de ce projet, notre unité de production doit nécessairement disposer des matériels cités ci-dessous :

- broyeur
- cuve de macération avec système d'agitation mécanique
- unité de filtration à centrifugation
- unité de récupération de solvant (distillation)
- armoire réfrigérateur
- pompe à vide
- balance
- cuve de stockage

I: LES COUTS D'INVESTISSEMENT :

I.1: Les coûts des appareillages :

Désignation	Nombre	PU (Ar)	PT (Ar)	Caractéristiques
Broyeur	1	1.400.000	1.400.000	Puissance : 1,8 CV Charge : 400kg/h
Cuve de macération avec système d'agitation mécanique	1	1.618.000	1.618.000	Capacité : 650 L Charge : 600 L Moteur de puissance : 2CV

Unité de filtration à centrifugation	5	1.200.000	6.000.000	Capacité : 40 L Charge : 30 L / 15 mn Moteur de puissance : 2CV
Unité de récupération de solvant	1	4.597.000	4.597.000	Capacité : 650 L Charge : 600 L Débit de vapeur : 100 L / h
Armoire réfrigérateur	1	1.600.000	1.600.000	Capacité : 500 L
Pompe à vide	1	1.200.000	1.200.000	
Balance :- à pesée de portée 50 kg	1	1.933.200	1.933.200	Portée max : 60 Kg
- de précision	1	1.560.000	1.560.000	Portée max : 500 g Ordre de précision : 10^{-3} g
Cuve de stockage	2	1.600.000	3.200.000	Capacité : 2 m ³

Tableau 11: Coût des appareillages.

Coût total des appareillages :

T = 23.108.200 Ar

I.2: Divers accessoires et verrerie

- o Verrerie de purification : 5.600.000 Ar
- o Thermomètre :
 - Utiliser à la distillation de portée de – 10°C à 150°C : 44.880 Ar
 - à salle, de portée de – 10°C à 110°C : 28.560 Ar
- o Climatiseur de portée de 200 m³: 1.000.000 Ar
- o Extincteur, de poids P = 5 kg : 320.000 Ar

TOTAL = 6.993.440 Ar

I.3: Coûts de construction d'atelier et magasin de stockage des matières premières :

Désignations	Unité	Quantité	P.U. (Ar)	Total (Ar)
Terrain	m ²	112	10.000	1.120.000
Construction	-	-	-	40.000.000
TOTAL				41.120.000

Tableau 12: Coût de construction d'atelier et magasin de stockage.

I.4: Coût total d'investissement en matériel principal : I₁

Coût total d'investissement en matériel principal est la somme de coût de construction et coût des appareillages : $I_1 = 23.108.200 + 6.993.440 + 41.120.000$

I₁ = 71.221.640 Ar

I.5: Coût de transport et d'installation : I₂

La Région du Vakinankaratra est le premier producteur de carotte, ainsi pour diminuer le coût de transport, nous projetons d'y implanter notre unité de production. Le coût de transport (Tanà-Antsirabe) et d'installation à Antsirabe s'élève à 2.000.000 Ar.

I₂ = 2.000.000 Ar.

I.6: Frais d'ingénierie :

Ce frais d'ingénierie est de 10 % des investissements en limite des unités de fabrication : $I_3 = 0,1 \times (I_1 + I_2) = 7.322.164 \text{ Ar}$

I₃ = 7.322.164Ar

II: LE FRAIS OPERATOIRE :

II.1: Charge variable

II.1.1: Matières premières :

- Consommation de matières premières

L'étude économique estimer ici est basé par l'obtention des caroténoïdes par voie d'extraction par solvant et suivie par la méthode de purification par voie chimique. Durant cette opération, l'utilisation est comme le suivant :

- o Extraction : Acétone
- o Purification : Ether de pétrole, alcool méthylique et potasse caustique KOH

La consommation de matière première pour chaque une opération d'extraction est indique dans le tableau ci-dessus.

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (Ar)	Montant (Ar)
Carotte	kg	204	100	20.400
Acétone	L	204	5512	1.124.448
Ether de pétrole	L	204	5.000	1.020.000
Alcool méthylique	L	256	7950	2.035.200
KOH	kg	48	5.000	240.000
TOTAL				4.397.600

Tableau 13: Consommation des matières premières.

- Consommation annuelle des matières premières

On effectue 5 opérations dans une journée et 250 jours ouvrables par an.

Désignation	Quantité	Valeur (Ar)
Carotte	255.000 kg	25.500.000
Acétone	255.000 L	1.405.560.000
Ether de pétrole	255.000 L	1.275.000.000
KOH	60.000	300.000.000

Alcool méthylique	320.000	2.544.000.000
TOTAL		5.550.060.000

Tableau 14: Consommation annuel des matières premières.

Finalement, nous pouvons donc calculer l'investissement dû aux charges initiales :

$$I_4 = 5.550.060.000 \text{ Ar}$$

II.1.2: Fourniture de bureau :

1.000.000 Ar

II.1.3: Utilités :

L'utilité est la consommation en énergie utilisée pendant l'opération.

- o Gaz oil pour la motopompe : elle consomme 5.020.000 Ar par an.
 - o Electricité : la consommation d'électricité annuelle en Ariary pour les différents appareils est citée ci-dessous
 - chaudière : 3.000.000 Ar
 - broyeur : 291.250 Ar.
 - moteur de l'agitation : 646.944 Ar.
 - Un appareil de filtration : 4.043.400 Ar.
 - Congélateur : 200.000 Ar / an.
 - Climatiseur et éclairage : 500.000 Ar / an.
 - o Consommation d'eau en Ariary : 177.500 Ar.
- TOTAL = 13.879.094 Ar

Donc, la somme de charge variable est :

$$\text{CV} = 5.564.939.094 \text{ Ar}$$

II.2: Organisation et charge en personnel :

Personnel	Salaire mensuel (Ar)	Effectif	Salaire annuel (Ar)
Gérant	450.000 Ar	1	5.400.000
Chef d'Atelier	200.000 Ar	1	2.400.000
Ouvriers	100.000 Ar	6	7.200.000
TOTAL	630.000 Ar		15.000.000
Charges patronales (sociale)= 18%			2.700.000
Masse salariale			17.700.000

Tableau 15: Organisation et charge en personnel.**III: FRAIS DE DEMARRAGE :**

Les frais de démarrage sont composés par les frais dus aux produits et réactifs utilisés pendant les premiers mois de la production, ceux dus aux utilités (eau, vapeur et électricité) consommés pendant cette période, ainsi que les salaires du personnel de production et de maintenance.

$$I_5 = (\text{Charge variable} / 12) + (\text{main d'œuvre} / 12) = 463744924 + 1.475.000$$

$$I_5 = 465.219.924 \text{ Ar}$$

IV: L'AMORTISSEMENT :

Le capital amortissable est la somme de tous les investissements :

- Appareil : 30.101.640 Ar
- Construction : 41.120.000 Ar
- Ingénierie : 7.322.164 Ar
- Frais de démarrage : 465.219.924 Ar
- Transport et installation : 2.000.000 Ar

Nous estimons que la durée de vie probable sera respectivement :

- installation d'équipement = 5 ans
- atelier et magasin = 20 ans

Ainsi, nous avons deux taux d'amortissement :

- 20% pour les appareillages et frais de démarrage
- et 5% pour la construction.

Coût de l'amortissement annuel

Désignation	Coût de l'immobilisation (Ar)	Taux (%)	Montant d'amortissement (Ar)
Frais de démarrage	465.219.924	20	93.043.984
Ingénierie	7.322.164	20	1.464.432
Appareil	30.101.640	20	6.020.328
Transport et installation	2.000.000	20	400.000
Construction	41.120.000	5	2.056.000
TOTAL	545.763.728		102.984.744

Tableau 16: Coût d'amortissement.

Cette somme 545.763.728 sera empruntée auprès de la banque avec un taux d'intérêt de 20 %. L'intérêt à payer pour la première année d'exercice est :

Intérêt à payer pour la première année d'exercice = 109.152.745 Ar

V: MONTANT DES CHARGES FIXES :

Valeur totale des charges fixes (CF) par an.

Désignation	Montant (Ar)
Rémunération des personnels	17.700.000
Amortissement	102.984.744
TOTAL	120.684.744

Tableau 17: Montant de charge fixe.

VI: COUT OPERATOIRE :

Le coût opératoire CO comprend les charges fixes, ainsi que l'ensemble des charges variables.

$$CO = CF + CV = 120.684.744 + 5.564.939.094 = \mathbf{5.685.623.838 \text{ Ar}}$$

VII: CHIFFRE D'AFFAIRE : (CA)

D'après l'étude bibliographique, nous avons relevé le prix de carotène suivant sur le marché international : 1 mg de carotène coûte 0,43 Euro. En convertissant en Ariary, comme 1 Euro vaut environ 2.630 Ar, le carotène sur le marché international se vend alors à 1.130.900 Ar par gramme.

Le rendement d'extraction en carotènes à partir de carotte fraîche est de 1 /17.000 en masse. Pour atteindre la production annuelle de 15 kg de carotènes, il faut 255 tonnes de carotte fraîche.

Nous proposons, à titre indicatif selon notre procédé de production, de vendre sur le marché local à 410.000 Ariary le gramme de carotène (à peu près 1/3 du prix européen).

D'où le chiffre d'affaire annuel récapitulé dans le tableau suivant :

Chiffre d'affaire annuel

Quantité annuelle des carotènes (gramme)	15.000
Prix de vente pour 1 g (Ar)	410.000
Chiffre d'affaire annuelle (Ar)	6.150.000.000

Tableau 18: Chiffre d'affaire annuel.

VIII: SEUIL DE RENTABILITE ET LE DELAI POUR ATTEINDRE CE SEUIL :

Calcul de la marge sur coût variable (MCV) et le résultat d'exploitation

Rubriques	Montant (Ar)
Chiffre d'affaire (CA)	6.150.000.000
Charges variables (CV)	5.564.939.094

Marge sur coût variable (MCV) MCV = CA – CV	585.060.906
Charge fixe (CF)	120.684.744
Résultat de l'exploitation (RN) RN = MCV – CF	464376162

Tableau 19: Résultat de l'exploitation.

Seuil de rentabilité (SR) :

$$S R = \frac{(C A \times C F)}{M C V}$$

$$S R = \frac{6.150.000.000 \times 120.684.744}{585.060.906} = 1.268.604.974 \text{ Ar}$$

$$S R = 1.268.604.974 \text{ Ar}$$

$$\text{Délai pour atteindre le seuil de rentabilité} = \frac{S R \times \text{Temps d'activité}}{\text{Chiffre d'affaire}}$$

Temps d'activité = 12 mois

$$\text{Délai pour atteindre le seuil de rentabilité} = 2 \text{ mois et } 14 \text{ jours}$$

IX: INVESTISSEMENT GLOBAL :

Il se détermine par la formule :

Investissement globale I_0 = Immobilisation + Fond de roulement interne (FRI).

Le fond de roulement interne est prévu pour assurer les dépenses pendant deux mois.

Donc, $FRI = 2 \times I_5 = 2 \times 465.219.924 \text{ Ar}$

$FRI = 930.439.848 \text{ Ar}$

Nous obtenons ainsi de l'investissement global.

Montant d'investissement global.

Désignation	Montant (Ar)
Immobilisation	545.763.728
Fond de roulement interne	930.439.848
TOTAL	1.476.203.576

Tableau 20: Montant d'investissement global.

**X: RESULTAT PREVISIONNEL DE LA PREMIERE ANNEE DE
FONCTIONNEMENT :**

Tableau : Résultat prévisionnel de la première année d'exploitation

Désignation	Valeurs (Ar)
Chiffre d'affaire (CA)	6.150.000.000
Total des charges (Rémunération et charge variable)	5.582.639.094
Excédent brute d'exploitation (EBE) (CA – total des charges)	567.360.906
Amortissement	102.984.744
Intérêt	109.152.745
Bénéfice fiscal (EBE – amortissement – intérêt)	355.223.417
Impôt sur les bénéfices (IBS) 30 % du bénéfice fiscal	106.567.025
Cash flow (Benefice fiscal – IBS + Amortissement)	351.641.136

Tableau 21: Résultat de la 1ère année d'extraction.

XI: RECAPITULATION GENERALE :

$\text{Rentabilité commerciale} = \frac{\text{Résultat (Excédent brute d'exploitation)}}{\text{Chiffre d'affaires}}$
--

A.N : Rentabilité commerciale = $567.360.906 / 6.150.000.000 = 0,92$

Rentabilité commerciale = 9,2 %

$\text{Rentabilité économique} = \frac{\text{Résultat}}{\text{Capital investi}}$
--

A.N : Rentabilité économique = $567.360.906 / 5.685.623.838 = 0,1$

Rentabilité économique = 10 %

Conclusion : Ces résultats de calcul économique montre donc que le projet est intéressant.

CHAPITRE II: ASPECT ENVIRONNEMENTAL [36]

L'environnement d'une manière simple se définit comme l'ensemble des être vivants et des matières inertes entourant l'homme, exerçant une influence sur la santé, sa vie économique, morale, culturelle et sur lequel l'homme agit en tant qu'élément de cet ensemble. Cet ouvrage permet en l'occurrence aux paysans d'avoir les motivations sur l'amélioration de culture des légumes et des fruits, d'où la conservation du sol contre l'érosion.

Pour ne pas perdre trop des solvants, notre unité de production adopte un système de recyclage des solvants d'extraction notamment dans les résidus secs d'extraction provenant de la filtration. Ces derniers sont traités au compostage pour obtenir des engrais biologiques.

I- EFFET SUR LA SANTE ET SECURITE :

La manipulation de solvants volatils risque souvent de présenter quelques effets indésirables sur la santé :

- ✓ par contact, ils peuvent provoquer des irritations ou des dégâts à la peau.
- ✓ une exposition prolongée peut entraîner une perte de connaissance.
- ✓ en cas d'inhalation de vapeurs de solvants, on risque d'avoir des irritations des muqueuses pulmonaires.
- ✓ à forte dose d'inhalation de vapeurs, plusieurs effets peuvent être observés : céphalées, salivation, nausées, vomissements, vertige, narcose, possibilité de coma.
- ✓ en cas de contact avec les yeux, il y a danger d'opacification de la cornée.
- ✓ en cas d'ingestion, des troubles gastro-intestinaux, céphalées, salivation, nausées, vomissements, vertige, narcose et coma peuvent survenir.

II- LES SOLUTIONS AU PROBLEMATIQUE :

- ✓ En cas d'inhalation : faire respirer de l'air frais. Le cas échéant, pratiquer la respiration artificielle.
- ✓ En cas de contact avec la peau : laver abondamment à l'eau. Enlever les vêtements souillés.
- ✓ En cas d'ingestion : faire boire beaucoup d'eau, ne pas tenter de faire vomir (danger d'aspiration). Consulter un médecin. Addition de : charbon actif (20 à 40 g en suspension à 10%). Laxatif : sulfate de sodium (1 cuillère à soupe par 250 ml). Pas de lait. Pas d'huiles digestives.

III- MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE :

- ✓ Moyens d'extinction appropriés : eau, poudre, mousse.
- ✓ Danger spécifiques : Combustible. Vapeur plus lourde que l'air.

Risque de formation de mélanges explosifs au contact de l'air. Prendre des mesures contre l'accumulation de charges électrostatiques.

IV- MESURES EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE :

Procédure de nettoyage / d'absorption : Récupérer avec un absorbant pour liquides. Evacuer pour élimination. Nettoyer à l'eau la zone contaminée.

CHAPITRE III: ASPECT SOCIAL

La production des carotènes à partir des produits locaux engendre une nouvelle entreprise contribuant à la création des nouveaux emplois et à la diminution du taux chômage touchant les jeunes de notre pays.

Dans notre projet pilote de production de 15 kg des carotènes par an, la contribution directe en ressources humaines s'élève à 8 personnes. De plus, la culture des plantes à carotènes, leur collecte, leur transport et leur vente peuvent mobiliser des nombreuses autres personnes de manière indirecte surtout dans la masse paysanne.

Au niveau national, l'exportation des carotènes nous rapportera déjà un certain volume des devises et notre monnaie nationale gagnera alors quelques points sur le marché. Ce mouvement engendre une augmentation du revenu national à la suite d'une diminution du déficit de la balance de paiement. En conséquence, la réalisation de cette unité pilote de production des carotènes ne sera que bénéfique pour notre économie nationale et aura une répercussion positive sur notre produit intérieur brut (PIB).

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons procédé à l'extraction des carotènes à partir des quelques légumes et fruits locaux. Pour y arriver, d'abord nous avons commencé par l'étude bibliographique pour rassembler les données concernant les carotènes et caroténoïdes, l'analyse, l'extraction et la purification de l'extrait concentré des caroténoïdes.

La bibliographie indique que les carotènes et les caroténoïdes possèdent plusieurs utilisations thérapeutiques. Ainsi, nos produits locaux, source biologique des caroténoïdes, des carotènes et notamment de β -carotène peuvent devenir des ressources pécuniaires très importantes à nos paysans producteurs en profitant de l'extraction et de la vente sur le marché international des extraits des carotènes d'origine biologique ou semi-biologique.

De plus, plusieurs variétés des végétaux présentent de bonnes teneurs en carotènes. La production agricole de plusieurs milliers de tonnes de carotte de la Région de Vakinankaratra ainsi que de quantité notable de courge, de papaye des paysans de la région d'Itasy ou de mangue des régions de Boina et du Menabe méritent d'être mieux exploité que la vente sur les marchés agroalimentaires locaux qui n'arrivent pas souvent à consommer les stocks de production alors que ces produits sont pourrissables causant alors la perte aux paysans producteurs.

La connaissance de technique d'extraction acquise à partir de l'étude bibliographique nous a servi de référence à l'extraction des caroténoïdes et carotènes.

Nous avons effectué l'étude expérimentale d'extraction des caroténoïdes qui aurait dû être purifié pour l'obtention des carotènes.

Nous envisageons la production locale d'extraits concentrés des caroténoïdes puis des carotènes à partir de carotte, de courge, de papayer, de peau de mandarine et mangue. Dans cette étude, nous avons présenté le processus d'extraction par solvant volatil de la matière fraîche après par broyage de l'échantillon. Nous proposons d'adopter deux méthodes de purification pour l'obtention des carotènes : la purification par la chromatographie liquide sur colonne et la méthode de purification par voie chimique.

Nos résultats expérimentaux donnent les rendements d'extraction en caroténoïdes de 0,41% dans la carotte fraîche, 0,32% dans la mangue, 0,13% à partir des fruits de papaye et 0,10% dans la courge.

D'après, notre étude économique, nous avons pu montrer que notre projet de production des carotènes semi-biologiques à partir de carotte s'avère toujours rentable malgré le coût élevé des solvants organiques d'extraction. Nous trouvons un taux de rentabilité économique de 10% à la première année de production.

Dans l'avenir, nous souhaitons continuer nos travaux de laboratoire afin d'améliorer notre procédé d'extraction et de diminuer le coût de production locale d'extrait des carotènes par d'autre procédés par voie chimique ou par voie enzymatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. « SUNYATA-RAPPORT TECHNIQUE »
info@FoodForTruth.com.
- [2]. BOURLES ERWAN : « CAROTENOIDE », Document réalisé au sein de l'IUP
Innovation en Industries Alimentaires, Quimper, France.
<http://iup-iaa.Univ-brest.fr>.
- [3] : BRUNETON Jean : « Pharmacognosie-Phytochimie-Plante médicinale », 3^{ème} Edition,
Editions Tec et Doc, Paris,1999.
- [4]. DEWETTINCK.K, ANTHIERENS.K, VERBEKEN.D, VANCAMP.J et
HUYGHEBERERT.A : « Etude bibliographique sur les bénéfices nutritionnels des
légumes prêts à l'emploi.
<http://www.legumes-infos.com>.
- [5]. BOUDENE.C, COLLAS.E. et JENKINS.C. : Recherche et dosage de divers toxiques
minéraux dans les algues spirulines de différentes origines et évaluation de la toxicité à
long terme chez le rat d'un lot d'algues Spirulines de provenance mexicaine, 1975.
Ann.Nutr.Aliment.
<http://www.cder.dz/download/bio.9pdf>.
- [6]. BOISSEL J.P. : « L'information thérapeutique » Masson, 2000.
- [7]. PIERRE-ARNAUD-CHOUVY : « Des plantes magiques au développement
économique », Mémoire de D.E.A de l'université de Paris X, Nanterre.
pachouvy@yahoo.com.
- [8] : THE AIM COMPANIES : « JUST CARROTS », Publié à titre d'information aux Etats-
Unis, 2005.
www.theaimcompanies.com.
- [9] : Direction des produits de santé naturels, Vol I, No.5-février 2006.
<http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/prodnatur/activit/education/list/index-f.html>.
- [10] ZANIN.V : « Un nouveau Concept nutritionnel pour l'homme. L'extrait foliaire de
luzerne », Octobre 1998.
- [11] LIVERNAIS, SEATTEL : « Vitamine A ou Rétinol », 2000.
<http://www.maville.online.com>.
- [12]. « Apports nutritionnels de référence Définition »
<http://www.cdc.gov/nchs/about/major/nhanes/growthcharts/clinical-charts.htm>.
- [13]. IVERNAIS – SAETTEL, « Vitamine A ou Rétinol », 2000
<http://www.maville.online.com>.

- [14]. « La carotte », Association des Producteurs de Fruits et Légumes Biologiques de Bretagne 22, rue Joseph Pinvidic- Espace liaison -29400 LANDIVISIAU.
E-mail : Apflbbf@wanadoo.fr, Site internet : www.biobreizh.org.
- [15]. CHAN TON Ludovic « Techniques de production de quelques espèces potagères à développer sur la côte-Est de Madagascar ». Tome 2, Culture spéciales.
- [16]. CALANDRIER AGRICOLE : Mars 2001.
- [17]. LAROUSSILHE.FD : Le Manguier, Technique agricoles et production tropicale.
- [18]. Mémento de l'Agronome-République Française-Ministère de la coopération.
- [19]. Diary VALY : Agenda Agricole 1993-1994. Culture fruitière.
- [20]. KROLL.R : Les petits fruits. Edition MAISON NEUVE ET LAROSE.
- [21]. MARIE-PIERRE BONNASSIEUX : Tous les fruits comestibles du monde-BORDAS.
- [22] HEDGE.I.C, CLEMENT.R.A, PATON.A.J α PHILIPSON.P.B : « Flore de Madagascar et des Comores », Muséum National d'histoire naturelle, Laboratoire de Phanérogamie Paris, 1998.
- [23] WILLIAM ERB. : « La chlorophylle »
[http://www.Science amusante : net/wiki/index.php ?](http://www.Scienceamusante.net/wiki/index.php)
- [24].AUDIGIE.CL, DUPONT.G, ZONS ZAIN.F : « Principes des méthodes d'analyse biochimique » tome 1, PARIS, N°60096-JUIN 1989.
- [25]. RANDRIANTSARA RAPHAËL : « Extraction d'acide citrique du citron par méthode sulfurique et par méthode par solvant, Mémoire E.S.P.A, Antananarivo 2002.
- [26]. A. AMBROGIL D.A CARDARELLIR ET R.EGGERSL : « Séparation des colorants normaux en utilisant un processus à haute pression combiné d'extraction adsorption ». [Mailto:dcardareilli@mg.unrc.edu.ar](mailto:dcardareilli@mg.unrc.edu.ar).
- [27]. GEORGE A. SPANOS, HAO CHEN et SCHWARTZ de STEVEN J. : Extraction supercritique au CO₂ de β-Carotène des patates douces. Journal des sciences de l'alimentation 58:4, 817–820 (1993).
<http://www.atypon.com>.
- [28]. Dr BERNARD MOMPON : « Procédés d'extraction et de purification » -VANNES, France, 9 Mars 2006-Québec, Canada.
<http://www.plantesmedicinalesqc.ca/colloques/2006/presMonpon.pdf>.
- [29]. “METHOD FOR CONCENTRATING AND STABILISING CAROTENOIDS FROM VETETABLES OR FRUITS”
<http://www.wips.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=wo2002053530&DISPLAY=STATUS>.
- [30]- <http://www.epsic.ch/Branches/chimie/denrees/27valnu>.

- [31]. ANDRIANARISON EDOUARD RAVALISON, « Etude de purification et d'isolement de molécules actives contenues dans une amaranthacées de Madagascar », Rapport de stage, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, 2004.
- [32]. D.MORABITO : « Les pigments chloroplastiques »
<http://www.univ-orleans.fr/sciences/BIOLOGIE/ressources/TPPV/TPdoc/Pigments.chloroplastiques.htm>.
- [33]. STEGHENS.J.-P, LYAN.B, LE MOEL.G, GALABERT.C, FAYOL.V, GROLIER.P, CHERIBI.N, DUBOIS.F, NABET.F : « Dosage des caroténoïdes par chromatographie liquide haute performance.
<http://www.john.Libbey-eurotext.fr>.
- [34]. BETTY AMELINEAU. « Détermination de la flore phytoplanctonique du canal du Mozambique d'après l'analyse des pigments par HPLC », Projet de fin d'études, Février-Septembre 2005.
- [35]. RAKOTOARIMANANA.A : « Etude de l'activation du rouissage des écorces de tige de l'*Hibiscus cannabinus* L (kenaf) », Mémoire d'ingénieur, Département de Génie Chimique, Ecole Supérieure Polytechnique, Université d'Antananarivo, 2005.
- [36] « ACETONE »
<http://www.ac.nancy-metz.fr/enseign/physique/chim/FDS/FDS33.htm#acetet00>.

ANNEXES

Sources alimentaires végétariennes

Le bêta-carotène se trouve en abondance dans les fruits et les légumes de couleurs jaune, orange, rouge et verte foncée.

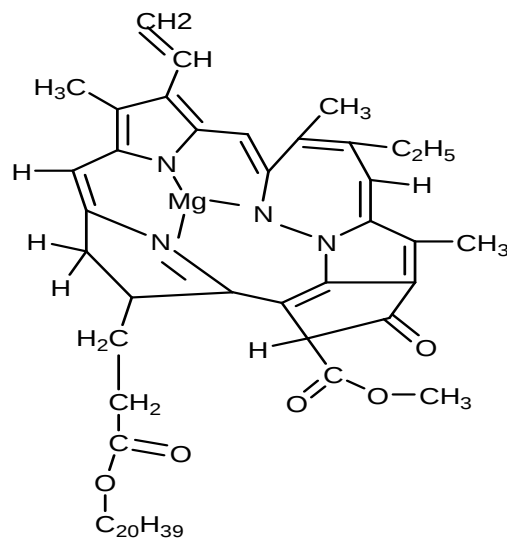
Aliments	ER pour 100 grammes
Légumes	
Carottes crues	2574
Carottes cuites	2455
Epinards crus	674
Epinards cuits	743
Patates douces cuites	2180
Potimarron cuit	714
Pissenlit cru	1400
Poivron rouge cru	580
Poivron rouge cuit	558
Mâche crue	708
Fruits	
Mangue fraîche	523
Abricots secs	730
Abricots frais et dénoyautés	260
Melon	322
Autres	
Germe de blé	160
Spiruline	28333
Nori	4895

Kombu	1623
Dulse	266
Aonori	150

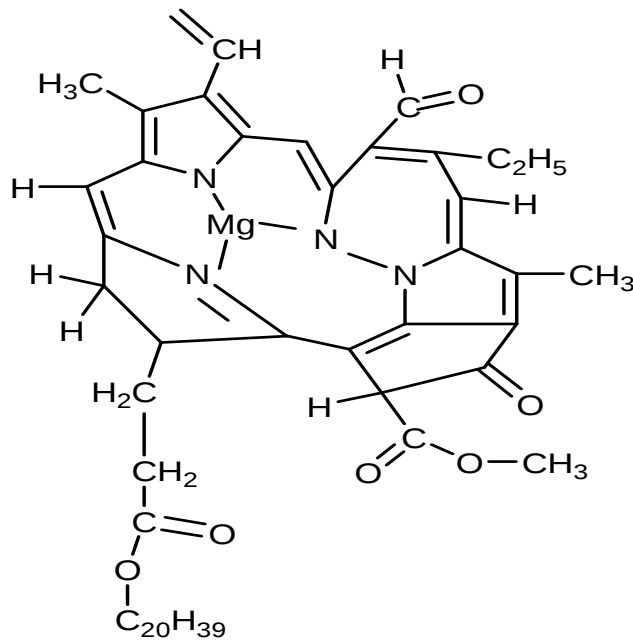
Les facteurs environnementaux d'augmentation de la charge des radicaux libres

La pollution de l'air, les rayons UV, la cigarette, les radiations (champs électromagnétiques, ordinateurs, micro-ondes...), le stress, l'exercice excessif et l'alimentation en termes de quantité (on mange trop) et de qualité (pesticides, herbicides, colorants, additifs, etc.) sont tout des facteurs qui augmentent la charge de radicaux libres à neutraliser.

Structure chimique développée des Chlorophylles



Chlorophylle a



Chlorophylle b

Radicaux libres

On les nomme “radicaux libres” ; il leur manque un électron sur leur couche extérieure, ce qui les rend très instable et extrêmement réactif pour retrouver leur électron manquant. C’est cette quête de l’électron manquant qui est à l’origine de tous leurs dommages. Ils s’attaqueront :

- ☐ aux lipoprotéines du sang : on connaît maintenant le rôle du LDL-cholestérol oxydé dans l’étiologie de l’athérosclérose ;
- ☐ aux membranes cellulaires : leur richesse en acides gras polyinsaturés les rend très vulnérables ;
- ☐ aux mitochondries de toutes cellules : leur altération amène une réduction de l’énergie disponible ;
- ☐ aux lysosomes de toutes cellules : leur altération inhibe la synthèse des protéines ;
- ☐ à l’ADN causant altération, modification et cassure des gènes.

TABLE DES MATIERES

ABREVIATIONS	I
UNITES	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
INTRODUCTION	1
PARTIE I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	
CHAPITRE I: HISTORIQUE DES CAROTENOIDES	4
CHAPITRE II: DESCRIPTION DES CAROTENOIDES	6
I. LES HYDROCARBURES	7
I.1. Le bêta-carotène	7
I.1.1: Structure chimique	7
I.1.2: Propriétés physico-chimiques	7
I.1.3: Utilisations agro-alimentaires	8
I.1.4: Vertus thérapeutiques	8
I.2. L'alpha-carotène	8
I.2.1: Structure chimique	8
I.2.2: Vertus thérapeutiques	9
I.3. Le Gamma-carotène	9
I.3.1: Structure chimique	9
I.3.2: Vertus thérapeutique	9
I.4. Le lycopène	9
I.4.1: Structure chimique	10
I.4.2: Propriétés physico-chimiques	10
I.4.3: Utilisations agro-alimentaires	10
I.4.4: Vertus thérapeutiques	10
II. LES XANTHOPHYLLES	11
II.1: La lutéine	11
II.1.1: Structure chimique	11
II.1.2: Propriétés physico-chimiques	12
II.1.3: Vertus thérapeutiques	12
II.2: La canthaxanthine	12
II.2.1: Structure chimique	12
II.2.2: Propriétés physico-chimiques	12
II.2.3: Utilisation agro-alimentaire	13

II.2.4: Vertus thérapeutique	13
II.3: La Zéaxanthine	13
II.3.1: Structure chimique	13
II.3.2: Vertus thérapeutique	13
III. LES APOCAROTENOÏDES.....	14
III.1: Le β ,8-apocaroténal	14
III.1.1: Structure chimique	14
III.1.2: Propriété physico-chimique	14
III.1.3: Vertus thérapeutiques	14
III.2: La Bixine	14
III.2.1: Structure Chimique	15
III.2.2: Propriété physico-chimique	15
III.2.3: Utilisations agro-alimentaires	15
III.2.4: Vertus thérapeutique	15
IV. LES EQUIVALENCES VITAMINIQUES DES CAROTENES	15
IV.1: La Vitamine A	15
IV.1.1: Structure chimique	16
IV.1.2: Propriétés physico-chimiques	16
IV.1.3: Vertus thérapeutiques	16
IV.1.4: Teneur en vitamine A	17
IV.2: Equivalence	17
IV.3: Besoin journalier	18
CHAPITRE III: ETUDES BOTANIQUES DE QUELQUES PLANTES CAROTENOÏDES	20
I: GENERALITE SUR LA CAROTTE.....	20
I.1: Origine et historique.....	20
I.2: Description botanique.....	20
I.3: Distribution Géographique.....	21
II: GENERALITE SUR LE MANGUIER.....	22
II.1: Origine et historique :.....	22
II.2: Description botanique :	22
II.3: Distribution Géographique :.....	22
III: GENERALITE SUR LE PAPAYER	23
III.1: Origine et historique :	23
III.2: Description botanique :	23
III.3: Distribution Géographique :	24
IV: GENERALITE SUR LE MANDARINIER :	24

IV.1:	Origine et historique :	24
IV.2:	Description botanique :	24
IV.3:	Distribution Géographique :	25
IV.4:	Valeur nutritionnelle de la mandarine :	25
V:	GENERALITE SUR LA COURGE :	26
V.1:	Origine et historique de la plante :	26
V.2:	Description botanique :	26
V.3:	Distribution Géographique :	26
CHAPITRE IV: GENERALITE SUR LES METHODES EXTRACTIVES		27
I:	EXTRACTION PAR SOLVANT VOLATIL :	27
I.1:	Principe	27
I.2:	Mode opératoire	27
I.2.1:	Broyage-macération	27
I.2.2:	Filtration	28
I.2.3:	Évaporation	28
II:	EXTRACTION PAR GAZ SUPERCRITIQUE CO ₂	28
II.1:	Principe	29
II.2:	Processus combiné d'extraction-adsorption	30
III:	METHODE ENZYMATIQUE	30
III.1:	Principe	30
III.2:	Mode opératoire	31
CHAPITRE V: GENERALITE SUR LES METHODES D'ANALYSE DES CAROTENOIDES		32
I:	METHODES QUALITATIVES	32
I.1:	Analyse qualitative par chromatographie d'adsorption sur couche mince (C.C.M) ...	32
I.1.1:	Principe	32
I.1.2:	Processus	32
I.2:	Analyse quantitative par HPLC (High Performancy Liquid Chromatography)	33
II:	ANALYSE QUANTITATIVE PAR LES METHODES MICROBIOLOGIQUES ..	34
CHAPITRE VI: GENERALITE SUR LES METHODES DE PURIFICATION.....		35
I:	METHODE DE FRACTIONNEMENT ET PURIFICATION PAR LA CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE SUR COLONNE	35
I.1:	Principe	35
I.2:	Protocole expérimental	35

II: METHODE DE PURIFICATION PAR VOIE CHIMIQUE	36
II.1: Principe	36
II.2: Protocole expérimental.....	36
II.2.1: Séparation des pigments.....	36
II.2.2: Purification des pigments	37

III: METHODE DE PURIFICATION PAR HPLC (HIGH PERFORMANCY LIQUID CHROMATOGRAPHY)	37
---	-----------

PARTIE II :ASPECTS EXPERIMENTAUX SUR L'EXTRACTION DES CAROTENOIDES

CHAPITRE I: EXTRACTION DES CAROTENOIDES A PARTIR DE LA CAROTTE	40
I: EXTRACTION.....	40
I.1: Broyage	40
I.2: Macération-décantation.....	40
I.3: Filtration	41
I.4: Évaporation.....	42
II: RESULTATS D'EXTRACTION ET ANALYSE CHIMIQUE	44
CHAPITRE II:EXTRACTION DU CAROTENOIDE A PARTIR DE LA MANGUE	46
I. METHODE D'EXTRACTION.....	46
II. RESULTAT D'EXTRACTION :	46
CHAPITRE III:EXTRACTION DU CAROTENOIDE A PARTIR DE LA PAPAYE	47
I: METHODE D'EXTRACTION :	47
II: RESULTATS D'EXTRACTION :	48
CHAPITRE IV: EXTRACTION DU CAROTENOIDE A PARTIR DE LA PEAU DE MANDARINE.....	49
I: METHODE D'EXTRACTION :	49
II: RESULTATS D'EXTRACTION :	49
CHAPITRE V: EXTRACTION DU CAROTENOIDE A PARTIR DE LA COURGE	51
I: METHODE D'EXTRACTION DU CAROTENOIDE	51
II: RESULTATS D'EXTRACTION :	52
CHAPITRE VI: ANALYSE PAR CCM DES FRACTIONS OBTENUES.....	53
I: ANALYSE DE LA PLAQUE :.....	53

II:	INTERPRETATION DU RESULTAT :	54
PARTIE III :ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX		
CHAPITRE I:	ASPECT ECONOMIQUE DU PROJET.....	57
I:	LES COUTS D'INVESTISSEMENT :	58
I.1:	Les coûts des appareillages :	58
I.2:	Divers accessoires et verrerie.....	59
I.3:	Coûts de construction d'atelier et magasin de stockage des	60
I.4:	Coût total d'investissement en matériel principal : I_1	60
I.5:	Coût de transport et d'installation : I_2	60
I.6:	Frais d'ingénierie :	60
II:	LE FRAIS OPERATOIRE :	61
II.1:	Charge variable.....	61
II.1.1:	Matières premières :	61
II.1.2:	Fourniture de bureau :	62
II.1.3:	Utilités :	62
II.2:	Organisation et charge en personnel :	63
III:	FRAIS DE DEMARRAGE :	63
IV:	L'AMORTISSEMENT :	63
V:	MONTANT DES CHARGES FIXES :	64
VI:	COUT OPERATOIRE :	65
VII:	CHIFFRE D'AFFAIRE : (CA).....	65
VIII:	SEUIL DE RENTABILITE ET LE DELAI POUR ATTEINDRE CE SEUIL :...	65
IX:	INVESTISSEMENT GLOBAL :	67
X:	RESULTAT PREVISIONNEL DE LA PREMIERE ANNEE DE FONCTIONNEMENT :	68
XI:	RECAPITULATION GENERALE :	69
CHAPITRE II:	ASPECT ENVIRONNEMENTAL	70
I-	EFFET SUR LA SANTE ET SECURITE :	70
II-	LES SOLUTIONS AU PROBLEMATIQUE :	70
III-	MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE :	71
IV-	MESURES EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE :	71
CHAPITRE III:	ASPECT SOCIAL	72

Conclusion générale	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	i
ANNEXES	iv

Nom : ANDRINIAINA

Prénoms : Hery Mamitiana

Téléphone : 0331273975

Email : ahmamitian@yahoo.fr

**Titre : ETUDE DE L'EXTRACTION ET DE LA PRODUCTION DES CAROTENOIDES
A PARTIR DES QUELQUES FRUITS ET PRODUITS AGRICOLES LOCAUX**

Nombre de pages : 70

Nombre de figures : 09

Nombre de tableaux : 23

RESUME

La carence en vitamine A est considérée comme l'une des causes majeures de malnutrition. Elle se traduit par le mal fonctionnement de presque tous les organes vivant de l'homme. L'utilisation des caroténoïdes semi biologiques comme substitue de vitamine A, contribue l'inhibition des plusieurs maladies.

Pendant l'étude théorique et expérimentale faites, les caroténoïdes bruts sont extraits à partir des fruits et des légumes locaux par solvant volatil. La substance obtenue doit être purifiée par un procédé chimique afin d'obtenir la séparation des carotènes et d'autres caroténoïdes.

L'étude économique du projet nous montre que la production du carotène contribue au développement économique et social de notre pays.

Mots-clés : Fruit et légume; carotène; caroténoïde; vitamine A; extraction par solvant.

SUMMARY

The deficiency in vitamin A is considered like one major reason of malnutrition. It results in the pain working of nearly all organs living the man. The use of the carotenoids semi biologic as substitutes vitamin A, contribute the inhibition of several illnesses.

During the experience survey, the raw carotenoids are extracted to leave fruits and of the local vegetables by volatile solvent. The gotten substance must be purified by a proceeded chemical in order to get the separation of the carotenes and other carotenoids.

The survey economic of the project shows us that the production of the carotene contributes to the development economic and social of our country.

Keywords: Fruit and vegetable; carotene; carotenoid; vitamin A; extraction by solvent.

Encadreur: Monsieur ANDRIANARISON Edouard Ravalison, Maître de conférences,
Enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.