

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE d'ORAN Mohamed Boudiaf



Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département de Biotechnologie
Laboratoire des productions et valorisations végétales et microbiennes



Spécialité : Biotechnologie Végétale

**Option : productions végétales
et microbiennes**

MEMOIRE

Présenté par

TEBIB Arbia

Pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Biotechnologie Végétale

Thème

**L'analyse biochimique de la gomme arabique exsudée
de l'*Acacia arabica* de l'USTO**

Soutenu le 5/03/2015 devant :

Qualité	Nom et prénom	grade	Etablissement
Président	Mr Kessas Rachid.	Pr.	USTO-MB
Encadreur	Mme Kaid Harche Mariem.	Pr.	USTO-MB
Examineur	Mr. Aoues Abdelkader.	Pr.	Univ. Oran
Examineur	Mr Djaber Abderrazak.	Pr.	USTO-MB
Invité	Mr Chaa Lahouari.	MCB	USTO-MB

Année universitaire : 2014/2015

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je remercie **ALLAH** tout puissant, maitre des cieux et de terre, qui ma permis de mener à bien ce travail.

Tout d'abord je souhaite adresser mes plus vifs remerciements à **Mme KAID HARCHE M.** qui m'apermis de réaliser ce travail sous sa direction.

Mes remerciements s'adressent également à :

MrKESSAS R.qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Mr AOUES A. et **Mr DJABER A.** pour avoir accepter d'examiner ce travail.

Mr CHAA L. pour leur aide, leur soutien et pour leur acceptation d'invitation.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à **Moussa** mon mari, à **Assia** et **Asmaa** mes filles, ma mère et ma belle-mère, à mon grande famille et mes proches qui m'ont rapportés le réconfort, les encouragements et le soutien sans lesquels ce mémoire n'aurait pas été réalisée avec autant de bonheur.*

A tous mes amies et a toute la promotion de magister 2009.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A toutes celles et à tous ceux qui m'aiment.

ARBIA

Résumé

Les études consacrées à l'espèce de l'*Acacia* sont nombreuses à cause de l'importance de cette espèce sur le plan écologique, économique et social dans plusieurs pays. Pour cela, l'objectif de notre travail est l'identification des constituants principaux de la gomme arabique exsude de l'*Acacia arabica* par des méthodes biochimiques (dosage, CCM et CLG).

Les résultats de cette étude révèlent une richesse de la gomme en sucres (galactose, arabinose et rhamnose)

L'étude de la composition protéique de la GA par CCM révèle la présence de quelques traces de leucine et de proline.

Ces résultats encouragent la recherche en vue d'une régénération des espèces menacées afin de les préserver et de les valoriser durablement dans les zones arides.

MOTS CLÉS:

Acacia arabica, gomme arabique, galactose, arabinose, rhamnose, leucine, proline, CCM et CLG.

دراسات الموجهة على أنواع السنت (أكاسيا) عديدة نظرا لأهمية هذا النوع على [REDACTED]

لبيئي والاقتصادي والاجتماعي في العديد من البلدان. لهذا، فإن الهدف من عملنا هو تحديد المكونات الرئيسية [REDACTED] بالطرق البيوكيميائية (المعايرة) [REDACTED]

وماتوغرافي على الطبقة الرقيقة و كروماتوغرافي [REDACTED] غازية.

نتائج هذه الدراسة تكشف عن وجود نسبة عالية من السكريات [REDACTED] ([REDACTED])

أغابينوز غامنوز).

أظهرت دراسة تكوين البروتين للصمغ بواسطة كروماتوغرافي على الطبقة الرقيقة وجود بعض آثار [REDACTED]ين والبرولين.

هذه النتائج تشجيع البحث عن تأهيل الاصناف المهددة من أجل الحفاظ عليها وتنميتها على نحو مستدام [REDACTED].

• 

على الطبقة الرقيقة و كروماتوغرافى الغازية.

Abstract

Studies on the species of *Acacia* are numerous because of the importance of this species on the ecological, economic and social plan in several countries. For this, the objective of our work is to identify the main component of arabic gum of *Acacia arabica* using biochemical methods (determination, TLC and GLC).

The results of this study reveal a high content of sugars in this gum; (galactose, arabinose and rhamnose)

The study of the protein composition of this gum by TLC showed the presence of some traces of leucine and proline.

These results encourage the search for rehabilitation of threatened in order to preserve and develop sustainably in arid species.

Keywords:

Acacia arabica, arabic gum, galactose, arabinose, rhamnose, leucine, proline, TLC and GLC.

Les abréviations

°C : Degré Celsius.

A: Acacia.

AAMHA : Association Africaine de Microbiologie et d'Hygiène Alimentaire.

AG : Arabinogalactane .

AGP : Arabinogalactane-protéin.

AIA : Acide indole 3-acétique.

AIDGUN : Association Internationale pour le Développement des Gommés Naturelles.

al: autres.

CCM : Chromatographie sur couche mince.

CIV : Culture in vitro.

CLG/ GC : Chromatographie Liquide-Gaz.

cm : Centimètre.

cm³: Centimètre cube.

E410 : Gomme de caroube.

E412 : Gomme guar.

E413 : Gomme adragante.

E414 : Gomme arabique.

E417 : Gomme de tara.

F.I.D: Détecteur à ionisation de flamme.

FAO: Food and Agriculture Organization (United Nations)

Fig : Figure.

GM :Galactomannane.

GP :Glycoprotéine

H₂SO₄ :Acidesulfurique

HCl :Acidechlorohydrique.

HCOOH: Acideformique.

JECFA: Expert Committee on Food Additives

m : Mètre.

M : Molaire.

M/G : Rapport mannose sur galactose.

mL : Millilitre.

N : Normale.

N₂ : Azote.

NaOH : Soude

N^{br} : Nombre.

nm : Nanomètre.

RF : Rapport de front.

Subsp : Sous -espèce

V : Volume.

µg : Microgramme.

µL : Microlitre.

Liste des Tableaux

Tableau.1 : Taxonomie de l'Acacia arabica.....	4
Tableau.2 : Sous-espèces de l'Acacia arabica, niveau de ploïdie et habitat géographique.	4
Tableau.3 : Principales gommés, leur provenance et leur utilisation.....	10
Tableau.4 : Rapport mannose sur galactose (M/G) des galactomannanes..	12
Tableau.5 : Gamme étalon de xylose à 1mg/ml	25
Tableau .6 : Composition de solvant de migration d'après (ADACHI, 1965) ..	27
Tableau.7 : Gamme étalon de BSA 0.1g/ml	30
Tableau.8 : Composition de la solution de Bradford	30
Tableau. 9 : Hydrolyse des protéines par l'HCl..	31
Tableau. 10 : Composition monosaccharidique (% molaire) de la gomme arabique de l'A arabica (CPG).....	37
Tableau.11 : Composition biochimique de la GA..	40

Liste des figures

Fig.1 : Aire de répartition du genre <i>Acacia</i> dans le monde.....	5
Fig.2 :Photo d'un <i>A. arabica</i> dans la nature	6
Fig.3 : Structure moléculaire des galactomannanes	12
Fig.4 : Astracantha	13
Fig.5 : GA de l'A senegal	14
Fig.6 : Schema de la structure glucidique proposée pour la gomme arabique.	15
Fig.7 : Modèle du « wattle bossom »	16
Fig.8 : Gomme d' <i>Acacia</i> , la principale source de revenus pour la population locale.	20
Fig.9 :GA exsudé par l' <i>Acacia arabica</i> cultivé à l'USTO	22
Fig.10 : <i>A. arabica</i> dans la serre de laboratoire des productions et valorisations végétales et microbiennes-département de Biotechnologie végétale- l'USTOMB.....	22
Fig.11 :Rotavapor , évaporation de l'acide formique	26
Fig.12 : Teneur en eau de la (GA) exsudée par l' <i>A. arabica</i>	34
Fig.13 : Teneur en sucres neutres de la GA.....	35
Fig.14 : Composition osidique de la gomme arabique	36
Fig.15 : CCM des acides aminés de la gomme arabique hydrolysée par HCl (8N, 6N et 4N) sans témoins de la GA.....	38
Fig.16 : CCM des acides aminés de la GA.....	39

Table des matières

Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Les abréviations	
Introduction	
Etude bibliographique	

Chapitre I : Etude bibliographique

1. Généralités sur l'acacia	3
1.1 Systématique(taxonomie)	4
1.2 Répartition géographique de l' <i>A arabica</i>	5
1.3 Description de l' <i>A arabica</i>	6
Description morphologique	6
1.4 Ecophysiologie d' <i>A arabica</i>	7
1.5 Intérêt et applications de l' <i>Acacia</i>	7
1.5.1 Ecologique et Ornementale	7
1.5.2 Fertilité des sols	8
1.5.3 Fourragère	8
1.5.4 Miel sauvage	9
1.5.5 Gomme	9
1.5.6 Tanins	9
1.5.7 Fibres	9
2. Gommages végétales	10
2.1 Introduction	10
2.2 Différents types des gommages	11

2.1.1 Galactomannanes.....	11
2.1.2 Gomme adragante E413	13
2.1.3 Gomme arabique E414	14
2.1.3.1 Structure de la gomme arabique	15
2.1.3.2 Utilisations de la gomme arabique	16
2.3 Biosynthèse de la gomme et la gommose.....	18
2.4 Influence du climat sur le volume d'exsudation et sur l'induction gommeuse	19
2.4.1 Pluviométrie	19
2.4.2 Intensité d'exsudation et degrés de défoliation	20
2.5 Récolte de la G A	20

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal	22
2. présentation de l'espece.....	22
3. Détermination de la teneur en eau.....	23
4. Détermination de la teneur en cendre	23
5. Etude quantitative et qualitative des sucres.....	24
5.1 Dosages colorimétriques	24
➤ Dosage des oses neutres	24
5.2 Analyses chromatographiques	25
5.2.1 Analyse par CCM.....	25
5.2.2 Détermination de la composition monosaccharidique par Chromatographie Liquide-Gaz (CLG)	28
6. Etude quantitative et qualitative des protéines.....	29
6.1 Dosage des protéines	29
6.2 Analyse des protéines par CCM	31

Chapitre III : Résultats et Discussions

1. Teneur en eau.....	34
2. Teneur en cendre totale	35
3. Etude qualitative et quantitative des sucres.....	35
3.1Teneur en sucres neutres.....	35
3.2 CCM des sucres	36
3.3 CLG des sucres	37
4. Etude qualitative et quantitative des protéines	38
4.1 Teneur en protéines totales.....	38
4.2 CCM des acides aminés	38
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	42

Introduction

L'*Acacia* est un arbre appartenant à la famille des Fabacées. Dans le langage usuel, les espèces de ce genre prennent les appellations : d'acacia, cassier, mimosa, mulga ou encore tamarin. (**TESSOURASSE, 2004**)

Acacia arabica ou DEBECH en langage locale (Adrar) joue un rôle socio-économique de première importance pour la population des régions désertiques algériennes, il fournit de l'ombre aux hommes et aux animaux. En plus, il procure (avec ces fruits en gousse) de la nourriture pour les animaux (par exemple, pour les chèvres et les dromadaires, deux espèces animales souvent domestiquées par la population locale). Il est aussi utilisé comme combustibles et matériaux de construction. Cet arbre peut aussi servir à construire des barrières de protection autour des villages et des champs. (**LEGESSE et MAAREL, 1990**)

De plus, cette espèce a une grande importance écologique en étant un foyer pour plusieurs espèces d'oiseaux. Il crée aussi un endroit propice pour que d'autres espèces de plantes viennent s'établir à proximité en fixant l'azote et en enrichissant le sol d'autres nutriments (**MIDGLEY et BOND, 2001**).

Plusieurs espèces d'*Acacia* exsudent de la gomme en saison sèche, suite à des blessures naturelles ou artificielles. Ce hydrocolloïde polysaccharidique est un produit naturel qui est consommé depuis des siècles dans les pays producteurs d'Afrique. Les avantages traditionnels de la gomme d'*Acacia* ont été confirmés par la science moderne. Il a également fait ressortir que des discussions sur la botanique, l'écologie, la chimie, l'économie, le commerce et les effets sur la santé de la gomme d'*Acacia* vont être extrêmement utiles pour démontrer tous les aspects bénéfiques de ce produit et pour identifier tous les domaines qui restent à explorer, en raison de ses propriétés émulsifiantes, stabilisantes et épaississantes. (**AAMHA, AIDGUN et FAO, 2001**).

Introduction

De nombreuses études concernant l'anatomie (**ACHOURI, 2008**), la biochimie (**TISSOURASSE, 2004, ABDOULLAHI** et **KANOU, 2004**) la physiologie (**BELGEER NOUT, 2002**) ; CIV (**SAHOULI, 2007**) et la cytologie (**DJALOULI, 2004**) sont faites sur cette *Acacia* au **LP2VM** de l'USTOMB.

Dans ce travail, nous nous sommes basés sur l'étude biochimique de la gomme exsude de l'*Acacia arabica*.

Le premier chapitre représente une synthèse bibliographique sur :

- La morphologie, l'écologie de l'*A arabica*.
- Les gommes.

Le deuxième chapitre est consacré à la partie expérimentale :

- La teneur en eau et en cendres.
- L'étude quantitative et qualitative des sucres et des protéines.

Le troisième chapitre concerne les résultats et discussion.

Enfin, une conclusion générale suivis de quelques perspectives.

Chapitre I : Etude Bibliographique

1. Généralités sur l'*Acacia*

En 1754, le genre *Acacia* fut décrit pour la première fois par **Philip MILLER**, qui se basait sur *A. nilotica* (**ROSS, 1973**). Le nom *Acacia* dériverait du grec akazein (aiguiser), par allusion aux stipules épineuses de nombreuses espèces africaines et asiatiques (**ROSS, 1973**). La passionnante histoire de la taxonomie des *Acacia* avant **LINNE** a été retracée par (**ROSS, 1980**).

SHELTER et SKOG, (1978) et **ROSS, (1979)** préfèrent le nom de famille de Fabacées à celui de Légumineuses. En 1981, **JACOBS et PICKARD** en Australie rangent les *Acacias* dans la famille des Mimosacées, (**GREEN, 1981**) dans la famille des Légumineuses, sous-famille des Mimosoidae. La nouvelle Flore de l'Australie de (**GEORGE, 1981**), suivant en cela (**CRONQUIST, 1981**), place l'*Acacia* dans la famille des Mimosacées. Ces variations sont souvent dues à des préférences personnelles.

Une classification particulièrement importante avait été établie par (**BENTHAM, 1842**), puis révisée en 1875, et dans laquelle le genre *Acacia* était divisé en six séries: *Gummiferae*, *Vulgares*, *Filicinae*, *Phyllodinae*, *Botryocephalae* et *Pulchellae*, il s'est basé principalement sur les caractères du feuillage et des stipules, une moindre importance étant attribuée à l'inflorescence.

La plus récente tentative de subdivision du genre *Acacia* est celle de (**GUINET et VASSAL, 1978**). Ces auteurs prennent en considération, les caractères végétatifs (ex. morphologie des semis) ainsi que ceux de l'inflorescence, les caractères du pollen, la cytologie et les caractères de la graine et la gousse.

La classification de **BENTHAM** a été révisée, et trois sous-genres ont été proposés par **VASSAL**, qui sont:

- 1-Sous-genre ***Aculeiferum*, VASSAL** (inclut les séries *Vulgares* et *Filicinae* de **BENTHAM**)
- 2-Sous-genre ***Heterophyllum*, VASSAL** (inclut les séries *Phyllodinae*, *Botryocephalae* et *Pulchellae* de **BENTHAM**)
- 3-Sous-genre ***Acacia*** (correspond à la série *Gummiferae* de **BENTHAM**)

Chapitre I : Etude Bibliographique

1.1. Systématique (taxonomie):

D'après(MUGNIER, 2000)et(SEIGLER, 2003), ce genre comprend plus de **1350** espèces d'arbres et d'arbustes persistants, **500** espèces se trouvent dans les régions tropicales et sub-tropicales(BOULHOL, 1939).(MILLER *et al.*, 2003) ont trouvé**700**espèces en Australie. *Acacia arabica*(WILLD, 1806)appartient au taxon suivant (Tableau.1).

- Tableau.1 :Taxonomie de l'*Acacia arabica*(MUGNIER, 2000).

Règne	Végétal.
Emb	Phanérogames.
S. Emb	Angiospermes.
Classe	Dicotylédones.
S .Classe	Rosidées.
Ordre	Fabales.
Famille	Fabacées.
Genre	Acacia.
Espèces	arabica

Sous -espèces: Il s'agit d'un complexe polyploïde (FAGG, 1992) au sein duquel on distingue neuf sous-espèces(Tableau.2) dont les aires géographiques sont plus ou moins distinctes.

Tableau.2: Sous-espèces de l'*Acacia arabica*, niveau de ploïdie et habitat géographique.(BRENAN, 1983).

Sous-espèce	2n	Répartition
tomentosa	16x= 208	Afrique de l'Ouest, du Sénégal au Nigéria et au Niger, Soudan et Ethiopie
nilotica	8x = 104	Nigéria et Cameroun, vers l'est, en direction de l'Egypte et du Soudan
adstringens	4x = 52	Du Sénégal au Cameroun, vers l'est, en direction du Soudan et de l'Ethiopie
subalata	4x = 52	Afrique de l'Est, du Soudan et de l'Ethiopie en direction du sud, vers la Tanzanie
leiocarpa	4x = 52	Afrique de l'Est, de l'Ethiopie à la Tanzanie
kraussiana	4x = 52	Afrique australe, de la Tanzanie à l'Afrique du Sud
indica	4x = 52	Yémen, Oman, Pakistan, Inde, Myanmar
cupressiformis	4x = 52	Pakistan
hemispherica	4x = 52	Pakistan

Chapitre I : Etude Bibliographique

1.2. Répartition géographique de l'*Acacia arabica* :

Le genre *Acacia* est originaire d'Australie. On le trouve très répandu sur le littoral méditerranéen ou il colonise les sols siliceux (FOURNER, 1949), il pourrait être aussi originaire d'Amérique centrale (QUEZEL et SIMMONNEAU, 1963 et VASSEL, 1972).

L'espèce *arabica* c'est l'une des *Acacias* la plus répandue et la plus commune de l'Afrique tropicale sèche, de l'Arabie et de l'Inde (**DOMMERGUES** *et al.*, 1998). La (**Fig.1**) représente la répartition du genre *Acacia* dans le monde selon (MASLIN, 2003).

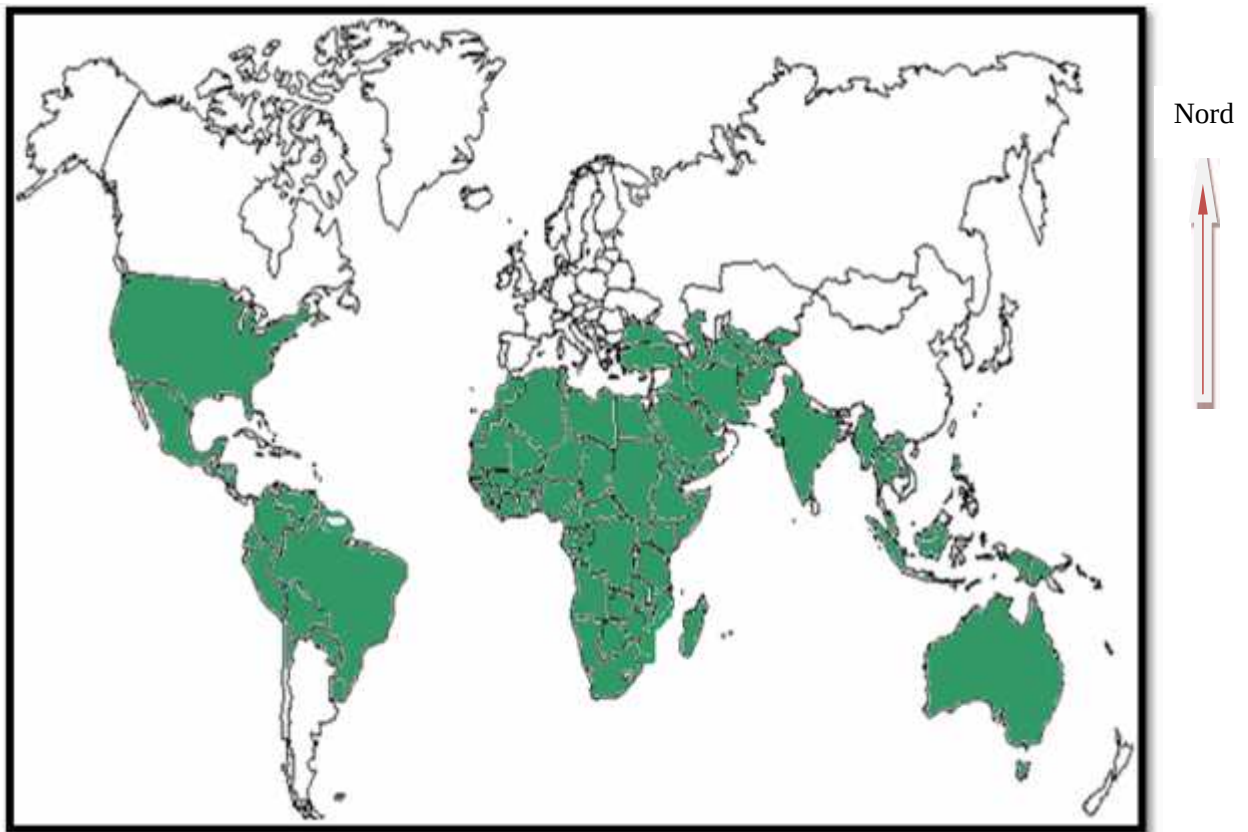


Fig.1 : Aire de répartition du genre *Acacia* dans le monde (MASLIN, 2003).

En Algérie, le genre *Acacia* constitue une chaîne de forêts reliant les hauts plateaux et les steppes dont la formation de Pistachier et de Jujubier (NONGONIERMA, 1977). Les espèces d'*Acacia* constituent ce que MAIRE nommait en 1940 la savane désertique épineuse.

Chapitre I : Etude Bibliographique

L'*Acacia arabica* se localise dans les grands oueds, Oasis, Hoggar, Tassili et dans le Sahara central (QUEZEL et SANTA, 1962).

1.3. Description de l'*Acacia arabica* :

➤ Description morphologique :

L'*Acacia arabica* (Fig.2) est un arbre d'une hauteur de 10 à 12 m au maximum, à écorce brunâtre ou grisâtre et à tige et rameaux chargés d'épines fines acérées blanches généralement nettement divergentes, insérées à la base de l'aisselle des feuilles.



Fig.2 :photo d'unA. *arabica* dans la nature. (1)

Feuilles :Elles sont composées de folioles de couleur verte persistante représentant une nervure linéaire et des nervures médianes.

Chapitre I : Etude Bibliographique

Fleurs: Elles sont de couleur jaune d'or en glomérules de 1, 5 à 2 cm de diamètre. Elles sont groupées sur des pédoncules courts assemblés en grappes axillaires ou terminales, elles sont hermaphrodites, actinomorphes, avec 5 pétales et 5 sépales et un nombre indéfini d'étamines (TISSOURASSE, 2004). L'ovaire est formé d'un seul carpelle qui se transforme en un fruit appelé gousse. Seulement 1% des fleurs donne des gousses. **(YVON et al., 1998).**

Les fruits : La longueur de la gousse est plus de 10cm et sa largeur est de 1,5cm. Elle présente des constriction (rétrécissement) entre les graines renfermant 8-14 graines.

Les graines sont ovoïdes, brun foncé, brillantes avec un tégument dure.

La racine est de type pivotant avec des racines secondaires susceptibles de puiser l'eau en profondeur et de fixer les sables.

1.4. Ecophysiologie d'*Acacia arabica*:

Les travaux réalisés sur l'écophysiologie des espèces sahariennes sont peu et très limités. Par ailleurs, le processus de germination de Fabacées en générale est bien étudié et approfondi. Par exemple les travaux de TISSOURASSE en 2004 ont montré que le trempage des graines de l'*A arabica* dans l'acide sulfurique pendant 15mn et 60mn pour l'*A raddianaa* respectivement donné un % de germination de 93% et 78%.

1.5. Intérêt et applications de l'*Acacia*:

1.5.1 Ecologique et Ornemental:

L'*Acacia* joue un rôle écologique et ornemental important dans les régions désertiques. leurs grandes capacités de résister aux conditions extrêmes de xéricité, et de croissance sur les sols squelettiques, leur permet d'occuper une place de premier choix dans les projets de reboisement et dans la lutte contre la désertification **(NADJAH et al., 2001)**. Par exemple les plantations intensives d'*A. nilotica*, *A. senegal*, *A. tortilis* et *albida* ont été effectuées, aux fins de fixer et de stabiliser les dunes de sable et de combattre l'érosion éolienne.

1.5.2 Fertilité des sols

Comme les Fabacées, l'*Acacia arabica* fixe l'azote atmosphérique grâce à la présence des nodosités dans leurs racines. Cette fixation représente des intérêts bénéfiques par rapport à l'utilisation artificielle des engrais azotés (**DUTTA et al., 2002;PINKARD, 2003**). Cette symbiose effectuée entre la racine et les bactéries fixatrices d'azote utilise l'énergie de la photosynthèse, elle n'est pas polluante et elle permet de fixer une quantité importante de l'azote atmosphérique, qui rend le sol plus riche en **azote organique** et plus fertile (**HU et al., 2002**). Par contre, les engrais azotés sont très coûteux, et représentent une énergie fossile épuisable. De plus **50%** de la quantité apportée aux plantes sont inexploités. Cette quantité d'**azote** chimique résiduelle influe sur la salinité des sols, et leur décomposition donne les nitrates, qui provoquent la pollution de la nappe phréatique lors de l'infiltration des eaux de pluie.

La dénitrification des nitrates donne l'oxyde de nitrate, ce gaz a un effet dangereux sur les plantes et la terre.

1.5.3. Fourragère :

Le rôle de la végétation ligneuse d'*A.arabica*, *A.raddiana*, et *A.seyal* dans la production du fourrage peut être divisé en deux types de situation ; En saison sèche lorsqu'il n'y a pas de végétation herbacée, seuls les arbres et les arbustes peuvent fournir des aliments nécessaires au bétail, c'est un usage traditionnel de la végétation ligneuse dans les régions arides. Alors que si cette végétation n'existait pas, l'élevage pourrait être gravement affecté, car la population pauvre n'a pas les moyens de se procurer d'autre type d'aliments pour leur bétail. Par contre, celle qui a les moyens se procure du fion importé, ou la semoule ou l'orge pour subvenir à la nutrition du Cheptel. En sélection, On recherche des ressources fourragères pour la situation de pénurie est donc une activité vitale pour le maintien de la production animale dans les régions arides et semi-arides. La végétation ligneuse, entre autre les *Acacias* résistent aux variations climatiques et en particulier au

Chapitre I : Etude Bibliographique

déficit hydrique qui marque ces régions par période prolongée de sécheresse dépassant **5à6** ans successifs.

1.5.4. Miel sauvage :

Le fourrage tiré des *Acacias* n'est pas consommé par les seuls herbivores. Sur le plan local, un certain nombre d'espèces sont considérées comme une excellente source de pollen et de nectar pour les abeilles. Le miel sauvage est, pour une bonne part, recueilli dans les cavités naturelles des arbres, ou bien dans des ruches rudimentaires suspendues aux branches. Le miel d'*Acacia* est un aliment sous-exploité autant pour le marché local que l'exportation et sa production devrait être encouragée.

1.5.5. Gomme :

Des exsudats polysaccharides produits par un certain nombre d'espèces d'*Acacias* ont plusieurs usages domestiques; on s'en sert notamment pour faire de l'encre et des adhésifs, en artisanat, dans la préparation de produits cosmétiques, en confiserie et dans l'alimentation.

1.5.6. Tanins :

L'écorce et les gousses du genre *Acacia* sont connues comme source de tanin on estime cependant que plusieurs autres espèces pourraient servir au même usage. La plupart des tanins d'*Acacia* sont du type condensé, ils sont principalement utilisés dans les tanneries locales et l'on en exporte peu. **SIEGLER (1986).**

1.5.7. Fibres :

On trouvera des espèces d'*Acacias* dont on utilise le fût et les racines pour produire des fibres. Ces fibres trouvent divers emplois dans l'économie ménagère mais ne semblent pas présenter d'intérêt commercial. On estime généralement qu'on peut les obtenir à partir d'autres sources et que le genre *Acacia* ne constitue pas une source de fibres digne d'être exploitées.

Chapitre I : Etude Bibliographique

2. Gommages végétales :

2.1 Introduction :

Gommages végétales peuvent être définies comme des substances d'origine végétale qui sont obtenues comme exsudations de différents arbres vulgairement appelés gommiers spontanément ou après un traumatisme mécanique de l'écorce, ou après l'invasion par les bactéries ou champignons, ou bien de certaines graines et de différents tissus végétaux. Il a également été suggéré que la synthèse des gommages est un métabolisme de la plante normale. Les principales gommages et leur provenance rapportées dans le **Tableau.3**.

Les gommages sont des substances contenant du carbone amorphe, de l'hydrogène et l'oxygène, et elles sont les membres du groupe des glucides. Dans de nombreux cas, de petites quantités d'azote sont détectables.

Tableau. 3 : Principales gommages et leur provenance (**BESSOT, 2003**)

Appellation et synonyme	Origines		Provenance
	Familles	Espèces	
G arabique G acacia Additif E414	Fabacées	<i>Acacia Sénégal</i>	Sénégal Soudan Egypte
G adragante G tragacathe	Fabacées	<i>Astragalus</i>	Asie
G guar Additif E412	Fabacées	<i>Cyanopsis tetragonoloba</i>	Inde
G de caroube Additif E410	Fabacées	<i>Ceratonia siliqua</i>	

2.2 Différents types des gommes:

2.2.1 Galactomannanes:

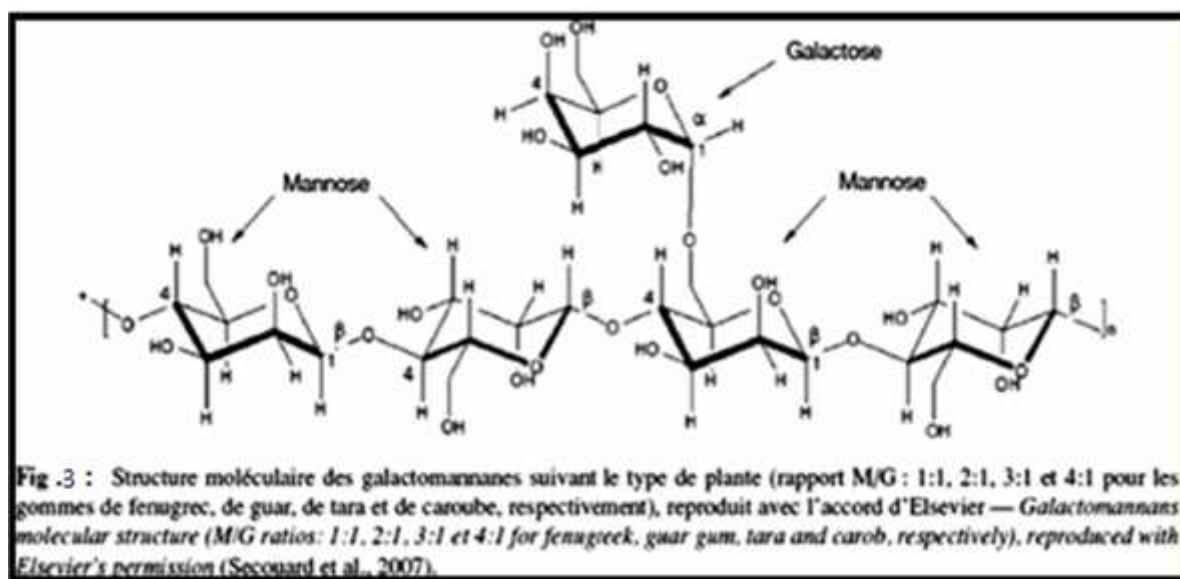
Les galactomannanes (GM) sont des polysaccharides hydrosolubles et neutres, isolés de l'endosperme de graines d'environ **70** espèces de Fabacées(**DEA et al., 1975**) et de la paroi cellulaire de certaines bactéries. Les galactomannanes sont connus pour leurs propriétés de liaison depuis l'Antiquité. Les Égyptiens employaient **la gomme de caroube** pour coller les bandages des momies. Cependant, c'est seulement au **20^{ème}** siècle que les galactomannanes sont devenus des produits industriels. Ils ont de nombreuses utilisations comme agent épaississant dans l'industrie alimentaire (crèmes glacées, mayonnaises, sauces, produits de boulangerie, etc.) et dans l'industrie non-alimentaire [imprimerie, photographie, béton, explosifs, fluide de forage (pétrole), peinture, encre, cirage, textiles, produits de beauté, produits antidiarrhéiques, etc.] (**MULTON, 1984 ; GOYCOOLA et al., 1995 ; STEPHEN et al., 1995 ; BATLLE et al., 1997 ; GARTI et al., 1997 ; PATMORE et al., 2003**).

Il existe donc plusieurs sources de galactomannanes. Ils ont tous une structure générale semblable (**Fig.3**), constituée d'une chaîne principale des unités de D-mannose liées en β - (1→4) avec des ramifications d'unité D-galactose liée en α - (1→6) à la chaîne principale de mannane (**SABATER de SABATES, 1979; MALLETT et al., 1987; MCCLEARLY et al., 1988; RICHARDSON et al., 1998**). Ils se distinguent dans leur teneur en unité galactose exprimée par le rapport mannose sur galactose (M/G) dans Le **Tableau.4**.(**FOX, 1992 ; AZERO et al., 2002**). Cette différence dans la « microstructure » influencerait fortement les interactions moléculaires (**DA SILVA et al., 1990 ; MAO et al., 2006**) et les propriétés rhéologiques des solutions de galactomannanes.

Chapitre I : Etude Bibliographique

Tableau. 4: Rapport mannose sur galactose (M/G) des galactomannanes. (GARCIA-OCHOA *et al.*, 1992; BATLLE *et al.*, 1997).

la gomme	La source	Le rapport (M/G)	Lieu de production
La gomme de caroube E410	<u>(Ceratoniasiliqua L)</u>	4:1	le pourtour méditerranéen
gomme de tara E417	<u>(Caesalpiniaspinosa</u> (Molina) Kuntze)	3:1	Pérou
la gomme guar E412	<u>(Cyamopsistetragonolobus</u> (L.) Taub.)	2:1	Inde, au Pakistan et aux USA



Chapitre I : Etude Bibliographique

2.2.2. Gomme adragante E413:

Gomme adragante est une exsudation séchée obtenue à partir des tiges et des branches d'espèces asiatiques d'*Astragalus* (**Fig.4**) (**WASHINGTON, 1974**).



Elle est utilisée comme stabilisateur, émulsifiant et épaississant dans les aliments, industries pharmaceutiques et produits cosmétiques. Elle est l'une des gommes plus acido-résistante et le plus efficace émulsifiant naturel pour les acides émulsions huile-dans-eau (**WEIPING et al., 2000**). La gomme adragante se compose de deux fractions principales: une soluble dans l'eau [**tragacanthine** et une petite quantité d'un **arabinogalactane**] et une fraction insoluble, mais gonflable à l'eau nommée **bassorine**.

L'acide Tragacanthique et bassorine sont insolubles dans l'éthanol, mais l'arabinogalactane est soluble dans un mélange d'éthanol-eau (**7:3**) (**NUSSINOVITCH, 1997**).

La structure chimique de la gomme adragante a été largement étudiée par plusieurs chercheurs. **ASPINALL et BAILLIE** ont réalisé l'étude la plus vaste enquête sur la structure des composants solubles dans l'eau de la gomme adragante. L'acide Tragacanthique s'est révélé contenir des résidus d'acide D-galacturonique, D-xylose, le L-fucose, le D-galactose et des traces d'acide D-glucuronique.

Chapitre I : Etude Bibliographique

Une étude de la structure de arabinogalactane établie que le polymère est composé de chaîne intérieure de résidus D-galactopyranose, dans lequel la majorité des unités sont reliées par liaisons **(1, 6)** et à un moindre degré par la liaison **(1,3)**. Ces chaînes de base ont des ramifications de chaînes extérieures, de L-arabinofuranose. L'étude rapportée que le polymère a une teneur élevée en résidus arabinose et de galactose (**ASPINALL et BAILLIE, 1963.**)

2.2.3 Gomme arabique E414:

La gomme arabique (GA, E 414) est un exsudat comestible, sec, gommeux des tiges et des branches de l'*Acacia sénégale* et *A.seyal* (**Fig. 5**) qui est riche en fibre soluble non-visqueuse (**WILLIAMS et PHILLIPS, 2000**). Selon (**AGALA, 2013**) le Tchad occupe le deuxième rang mondial après le Soudan dans la production de la gomme arabique.

Les gommes tirées d'espèces telles que *A. senegal*, *A. xanthophloea*, *A. karroo* et *A. nilotica*, qui contiennent des tanins ne sont plus autorisées dans l'alimentation et se vendent, par conséquent, moins cher. La présence du tanin est considérée comme cancérigène. (**ANDERSON, 1993**).



La gomme arabique est très soluble dans l'eau et forme des solutions sur une large gamme de concentrations sans devenir très visqueuse. La combinaison de ce comportement, de sa structure et la composition confère

Chapitre I : Etude Bibliographique

à la gomme arabique sa grande valeur émulsifiante, stabilisante, épaississante. **(AL-ASSAF et al., 2005)**.

2.2.3.1 Structure de la gomme arabique :

La gomme arabique est un complexe polysaccharidique. **(WHISTLER, 1993)**. La structure chimique et moléculaire diffère selon l'origine botanique de la gomme, et ces différences se reflètent dans certaines propriétés analytiques de la gomme. Les deux principales différences sont les masses molaires **(AL-ASSAF et al., 2005)** et la rotation optique spécifique **(BISWAS et PHILLIPS, 2003)**. Par conséquent, les propriétés fonctionnelles et les utilisations de la gomme arabique (et sa valeur commerciale) sont également très dépendant de son origine.

La gomme d'*Acacia sénégale* est un polysaccharide constitué de plusieurs sucres. Elle contient une petite quantité **(1-3%)** de la protéine en tant que partie intégrante de la structure. la structure des glucides se compose d'un noyau de β - (1,3) d'unités galactose liée avec un branchement vaste à la position **C6 (Fig. 6)**. Les branches se composent de galactose et arabinose et se terminent par le rhamnose et d'acide glucuronique. **(STEPHEN et CHURMS, 1995)**

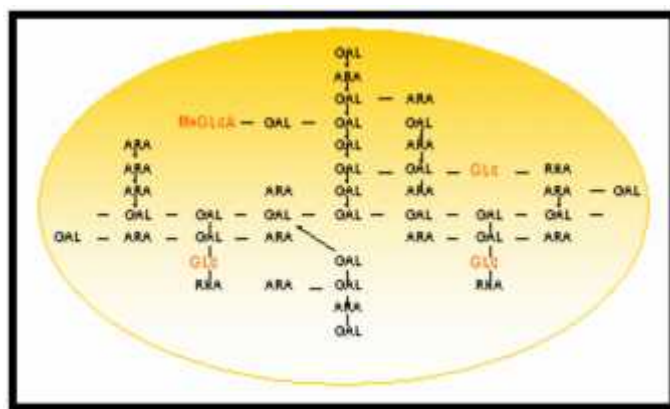


Fig.6 :Schéma de la structure glucidique proposée pour la gomme arabique. **(CONNOLLY et al., 1987)**

Chapitre I : Etude Bibliographique

Selon (**RANDALL *et al.*, 1988** et **WILLIAMS, 1989**) la GA se compose de trois grandes fractions moléculaires, qui diffèrent principalement dans leur taille et leur teneur en protéines. La plupart de la gomme (**~90%**) contient très peu de protéines et d'une masse moléculaire moyenne de (**~ 4.0×10^5**). Ceci est désigné comme **arabinogalactan (AG)**.

Une deuxième fraction (**~ 10% du total**) contient des protéines de (**~10%**) et a une masse moléculaire de (**$1-3 \times 10^6$**). Ils ont proposé un type de structure (**wattle-blossom**) ; où les blocs de glucides de masse moléculaire (**~ $3,5 \times 10^5$**) sont connectés à une chaîne commune de polypeptide. Il s'agit de la composante **arabinogalactan -protéine (AGP)**.

Ils ont démontré que l'**AGP** est responsable d'excellente capacité de la gomme pour stabiliser l'huile dans-eau.

La troisième fraction (**~2% du total**) contient jusqu'à **50%** de protéines et a une masse moléculaire de **~ 10^5** . Ceci est désigné comme **la glycoprotéine (GP)**. Le haut degré de ramification donne naissance à une structure moléculaire très compacte pour toutes les fractions et en résulte des solutions de faible viscosité.

La structure exacte de la gomme étant encore en discussion, un modèle a cependant été proposé : le « wattlebossom model » (**CONNOLLY *et al.*, 1987**). (**Fig.7**)

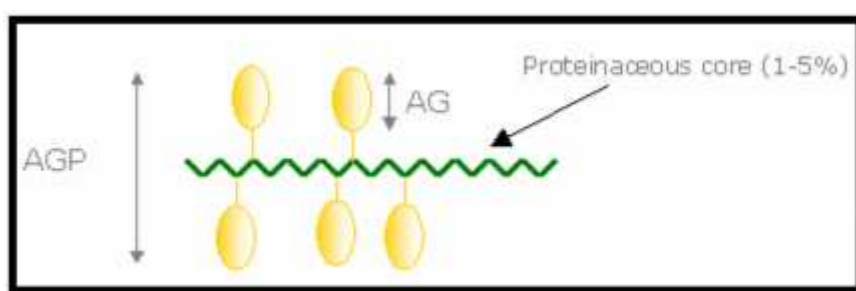


Fig.7 : Modèle du « wattlebossom » (**CONNOLLY *et al.*, 1987**).

Chapitre I : Etude Bibliographique

2.2.3.2 Utilisations de la gomme arabique:

La gomme arabique est utilisée dans l'alimentation, la fabrication de produits adhésifs et la préparation de médicaments.

➤ **L'industrie alimentaire :**

La gomme arabique est utilisée pour fixer les saveurs, comme agent émulsifiant, pour empêcher la cristallisation du sucre en confiserie, comme agent stabilisateur dans les produits laitiers surgelés. Sa viscosité et ses propriétés adhésives trouvent un emploi en boulangerie, dans la stabilisation des mousses et la boisson gazeuse.

➤ **Dans l'industrie pharmaceutique :**

Elle est utilisée dans la stabilisation des émulsions, comme agent liant et pour l'enrobage des comprimés; elle entre également dans la composition des gouttes et des sirops antitussifs.

➤ **En cosmétique :**

Enfin, elle sert d'agent adhésif dans la préparation de poudres et des masques faciaux et assure l'onctuosité des lotions.

➤ **Dans l'industrie :**

La gomme arabique est utilisée comme colle, comme colloïde protecteur et agent de conservation des encres. Elle sert à la sensibilisation des plaques lithographiques, au revêtement de certains papiers spéciaux et au raidissement de tissus. En métallurgie on s'en sert pour l'enrobage anticorrosif des métaux. Elle est également employée dans la fabrication d'allumettes et de céramiques (**COSSALTER, 1991**).

Chapitre I : Etude Bibliographique

2.3 Biosynthèse de la gomme et la gommose :

Des observations histologiques ont été effectuées par (**MOURET, 1987** et **VASSAL, 1992**) à partir de sections anatomiques effectuées sur des rameaux d'*A. sénégale* provenant de différentes régions (**Soudan, Mali, Niger, Sénégal**). Au niveau d'une blessure profonde, la gommose affecte tous les tissus : ceux-ci sont remplacés, éventuellement jusqu'à la moelle, par une substance gommeuse plus ou moins épaisse qui durcit progressivement au contact de l'air. Dans les tissus éloignés des blessures, les poches gommeuses se constituent initialement dans la partie subcambiale du phloème, plus particulièrement dans des strates de grandes cellules riches en tanins intercalées entre des paquets de fibres également stratifiés (**VASSAL et MOURET, 1992**).

Des lacunes s'édifient par dislocation et lyse progressive des cellules tannifères. Leur contenu amorphe acquiert peu à peu les caractères de la gomme caractérisable par des colorations sélectives (hématoxyline de Delafield, rouge de ruthénium). Les autres tissus libériens (conducteurs et fibres), de même que les rayons intra-libériens, sont peu à peu lysés et englobés dans des poches qui s'élargissent et s'étendent de façon centrifuge et tangentielle.

Certains vaisseaux du xylème et des cellules du parenchyme ligneux peuvent également contenir un produit de nature gommeuse. Les cellules du parenchyme ligneux renferment des réserves amylacées abondantes (notamment à proximité des vaisseaux), dont la densité décroît à proximité des blessures. Les colorations appropriées montrent une dégradation des réserves amylacées et leur remplacement par une substance gommeuse ainsi qu'une forte élévation de l'activité amylasique (**JOSELEAU et ULLMANN, 1990**).

La gomme des vaisseaux, non formée proviendrait des cellules parenchymateuses adjacentes par filtration à travers les ponctuations vasculaires.

La blessure, naturelle ou provoquée (« saignée »), constitue l'une des conditions nécessaires au déclenchement de l'exsudation. **MOURET (1987)** a mis en évidence une réduction des modifications gommeuses des cellules et

Chapitre I : Etude Bibliographique

de la taille des lacunes gummifères lorsqu'on s'éloigne des tissus superficiellement lésés. Ce degré d'induction gommeuse s'exprime à la fois tangentiellement et longitudinalement au-delà du niveau de blessure. Notons toutefois que certains arbres scarifiés ou blessés ne produisent pas de gomme, du moins en quantité sensible. D'autres conditions doivent donc être réunies pour que le processus de gommose s'effectue normalement. Certains auteurs ont ainsi anciennement invoqué l'influence inductrice de parasites tels que des champignons microscopiques ou diverses bactéries (**VASSAL** et **DIONE, 1993**). On considère plutôt aujourd'hui que champignons et bactéries constituent une microflore de la gomme sans rôle pathogène. Rappelons quelques tentatives récemment effectuées pour activer le processus de gommose par diverses applications chimiques : substances de croissance (AIA, cytokinines, gibbérellines), acide abscissique. Certains résultats positifs ont été obtenus mais méritent confirmation.

2.4 Influence du climat sur le volume d'exsudation et sur l'induction gommeuse (**VASSAL et al., 1992**) :

2.4.1 La pluviométrie :

Si l'on considère le poids moyen de gomme exsudée par arbre, on note que la production est étroitement corrélée à la pluviométrie (pluies) de l'hivernage précédant la production (**SENE 1988; DIONE 1989**) : une pluviométrie élevée correspond à une bonne récolte.

Il apparaît que, sur le sol sableux, la pluviométrie optimale est globalement comprise entre **300** et **500mm**.

Les pics de production de la gomme observés en **1989-1990** à la station expérimentale de **M'biddi**, au Nord du Sénégal, se situent en décembre. Ils succèdent à une chute brutale du degré hygrométrique (humidité) dès l'arrêt des pluies, c'est-à-dire en octobre-novembre. Les arbres sont alors soumis à un stress hydrique marqué qui joue vraisemblablement un rôle très important dans l'induction de gommose (**VASSAL, 1992**). Cette période octobre- novembre s'avère ainsi la plus favorable pour les saignées. Toutefois, si la pluviométrie d'hivernage est nettement inférieure à **300 mm**, les saignées seront globalement peu productives.

Chapitre I : Etude Bibliographique

2.4.2 Intensité d'exsudation et degrés de défoliation :

L'existence d'un parallélisme entre les étapes de production de la gomme et la perte progressive du feuillage en saison sèche est depuis longtemps reconnue. Aussi en partie sur le rythme phénologique que se fondent les exploitants de gommerais pour lancer les campagnes de saignées. On sait empiriquement que les meilleurs rendements sont obtenus si les arbres scarifiés ne conservent qu'environ un tiers de leur feuillage (**SENE, 1988; DIONE et VASSAL, 1993**).

2.5 Récolte de la G A :

Afin de pouvoir récolter facilement la gomme, on peut couper les branches externes des *Acacias*. Mais ces branches ne doivent pas être grosses. Il faut passer toutes les semaines sur le même arbre pendant toute la saison de récolte car le même arbre donne plusieurs fois la gomme et pendant environ **20** ans

➤ COMMENT RÉCOLTER LA GOMME (Fig.8) SANS TUER LES ACACIAS ?

La gomme arabique doit être récoltée sans détruire l'*Acacia* gommier. Il existe deux façons de bien récolter la gomme. Si les *Acacias* gommiers sont en savane, il faut simplement chercher la gomme sur les arbres. Elle sort seule. On peut la prendre avec les mains si elle n'est pas très loin. On peut aussi se servir d'un crochet simple en fer quand elle est en-haut de l'arbre. Ainsi, on ne détruit pas l'*Acacia* gommier.



Chapitre I : Etude Bibliographique

Fig.8 : Gomme d'*Acacia*, la principale source de revenus pour la population locale. (A) Tapping, (b) la récolte, et (c) de tri. ([THEVENET](#), 2012).

QU'EST-CE QU'UNE GOMME DE BONNE QUALITÉ ?

Une gomme de bonne qualité est :

1-Propre : elle est débarrassée de toutes les saletés (grains de sable, débris d'écorces, autres saletés) ;

2-Pure : elle ne doit pas être mélangée avec d'autres espèces de gomme ;

3- Sèche : la gomme ne doit plus coller. Elle doit être bien sèche ; elle doit se casser.

4-Translucide et brillante : elle doit être transparente comme le verre propre. Elle ne doit pas avoir à l'intérieur ou sur elle, des morceaux d'écorce, des grains de sable ou d'autres saletés.

5-Une petite taille: elle se présente comme des bonbons (1 à 2 cm de diamètre) ;

6-Bien conservée : il faut mettre la gomme dans des sacs Baba Gana neufs et dans un endroit propre et sec.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1-Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est la gomme (**Fig. 9**) exsudée de l'*Acacia arabica* (**Fig. 10**). Cet arbre vie dans la serre de département de Biotechnologie à l'USTO.



2-Présentation de l'espèce (Fig. 10) :



- (a) : Feuilles
- (a') : Fleurs (F') et Epine(E)
- (b) : Gousse
- (c) : Graines

Fig.10 : *A. arabica* dans la serre de laboratoire des productions et valorisations végétales et microbiennes-département de Biotechnologie végétale- l'USTOMB.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

3. Détermination de la teneur en eau :

a/ Principe

La teneur en eau est déterminée sur une partie aliquote de 2 g d'échantillon étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve, à la pression atmosphérique, à une température de 103°C.

b/ Mode opératoire

- * Sécher la capsule vide à l'étuve durant 15 mn à 103°C ;
- * Tarer la capsule après refroidissement dans un dessiccateur ;
- * Peser dans la capsule 2 g d'échantillon, et la placer dans l'étuve réglée à 103°C:
- * Retirer la capsule de l'étuve, la placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, la peser.

L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

La teneur en eau est égale à la perte de masse subie dans les conditions de la mesure (**AUDIGIE et al., 1978**).

Expression des résultats $\left[H\% = \frac{M_i - M_f}{P} \times 100 \right]$

H% : Teneur en eau ou humidité ;

M_i : Masse initiale « avant dessiccation » « Matière fraîche + capsule » ;

M_f : Masse finale « après dessiccation » « Matière sèche+ capsule » ;

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation suivante :

$$\text{Matière sèche}\% = 100\% - \%\text{Humidité}$$

4. Détermination de la teneur en cendre

a/ Principe :

Le dosage de cendre est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de la température élevée (**500°C**) (**LINDEN, 1981**).

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Mode opératoire :

*Peser **0,5 -1 g** de matière sèche dans une capsule préalablement tarée ;

*Faire passer la capsule au four à température de **500°C** pendant **5 heures** ;

*Après refroidissement retirer la capsule ;

Expression des résultats : $\left[M \% = \frac{M - M'}{P} \times 100 \right]$

Soit :

MO%: Teneur en matière organique ;

Mi: Masse initiale « avant incinération » « Matière sèche + capsule » ;

Mf : Masse finale « après incinération » « Cendres + capsule » ;

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendre est égale à :

$$\text{Cendres \%} = 100 \% - \text{MO \%}.$$

5. Etude quantitative et qualitative des sucres.

5.1 Dosages colorimétriques.

➤ Dosage des oses neutres (Dubois *et al.*, 1956).

a/ Principe.

Sous l'action de l'acide sulfurique concentré, les polysaccharides sont hydrolysés en oses neutres (pentoses et hexoses) et en acides uroniques à **100°C** durant **5 minutes**. Les oses neutres libérés sont transformés en dérivés furfurals qui se condensent avec le phénol pour donner une coloration jaune. L'intensité de la coloration dépend de la concentration et de la nature du monosaccharide.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Mode opératoire.

A **200 μL** de solution de la GA à doser, on ajoute **200 μL** d'une solution aqueuse de phénol à **5%**. Le mélange est homogénéisé au vortex, puis **1 mL** d'acide sulfurique concentré est rapidement introduit dans le milieu réactionnel. Après homogénéisation, le mélange est porté au bain-marie à **100°C** durant **5** minutes. Les tubes sont refroidis et placés à l'obscurité pendant **30** minutes.

Une coloration jaune apparaît. La lecture des absorbances est réalisée à **490 nm (LINDEN, 1981)**.

Les quantités de sucres en solution peuvent être établies en comparaison avec une gamme étalon de xylose de concentrations **25, 50 et 100 $\mu\text{g.mL}^{-1}$** . (**Tableau.5**)

Tableau.5 : Gamme étalon de xylose à 1mg/ml pour les sucres neutres (**Méthode Dubois**)

Quantité de xylose en μl	0	25	50	100	200
Eau distillée en μl	1000	975	950	900	800
Concentration en $\mu\text{g / ml}$	0	25	50	100	200
Densité optique	0	0.4	0.8	1.6	1.5

5.2 Analyses chromatographiques.

5.2.1 Analyse par CCM:

La chromatographie sur couche mince CCM est utilisée pour déterminer la composition qualitative en oses polysaccharidiques. Cette technique a été utilisée par (**RANDERATH, 1971**). A cet effet, des chromatographies monodimensionnelles ont été effectuées sur des plaques en gel de silice **60 G** polygram (Merk) de **0,25mm** d'épaisseur. Avant d'être analysés, les polysaccharides de la gomme arabique ont subi à l'hydrolyse.

a/ Hydrolyse acide de la G A:

Une première étape de l'analyse consiste à hydrolyser la gomme pour transformer en sucres simples les polysacchrides.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Cette hydrolyse doit être suffisamment efficace pour être tout à fait complète mais assez modérée pour ne pas dégrader les sucres formés.

1/ La plupart des polysaccharides sont hydrolysés par l'acide sulfurique dilué (H_2SO_4 1N) selon la méthode de **(REIS, 1975)** :

On a essayé tout d'abord l'acide H_2SO_4 , on a utilisé les conditions retenues habituellement par l'isolation des sucres de bois. Dans un tube à vis contenant **1ml** de la solution de la gomme à **0,1 g/ml** de concentration et **50** microlitres d' H_2SO_4 (1N). Ce tube est bien fermé et placé pendant **4** heures soit au bain marie soit à l'étuve à **100°C**. La solution est neutralisée par le Carbonate de Strontium, puis gardée à une température de **0°C** au réfrigérateur jusqu'à l'analyse.

2/ l'hydrolyse des sucres par l'acide formique (HCOOH) : **(DOAT, 1974)**. Nous avons utilisé l'acide formique. Cet acide qui présente l'avantage d'être volatil, peut en effet être facilement éliminé par évaporation successives.

1g de la gomme et **50 ml** d' HCOOH à **(25%)** sont introduits dans un tube a vis. Ce dernier est fermé et placé pendant **5** heures soit au bain marie soit à l'étuve à **100°C**. Le mélange est évaporé sous vide ; reperer dans l'eau puis évaporé à nouveau jusqu'à l'élimination des restes d'acide. Le mélange est gardé au réfrigérateur jusqu'à l'analyse.



Fig.11 : Rotavapor ; évaporation de l'acide formique

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Préparation des sucres témoins:

Les sucres témoins-disponible au laboratoire- sont utilisés à une concentration de **0.1 mg/mL** en solution, dans l'eau distillée. Il s'agit du D-glucose; D-galactose; L-rhamnose; D-xylose et D-arabinose

c/ Préparation du solvant de migration:

Le solvant de migration (**Tableau .6**) utilisé est choisi en fonction de la polarité des substances à séparer, c'est un mélange de trois solvants de polarités différentes (Acétate d'éthyle, Acide acétique et Méthanol) pour donner une meilleure séparation des spots.

Tableau .6 : Composition de solvant de migration d'après (**ADACHI, 1965**) :

Composants	Formules chimiques	Quantité (ml)
Acétate d'éthyle	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	60
Acide acétique	CH_3COOH	15
Méthanol	CH_3OH	15
Eau distillée	H_2O	10

d/ Préparation du révélateur des sucres:

Le révélateur utilisé est l'aniline diphénylamine **DPA** acide phosphorique **72 % (GIRI et NIGAM, 1953)**, dont la composition est la suivante :

-Solution A: **2%** d'aniline dans l'acétone (CH_3COCH_3).

-Solution B: **2%** de DPA dans l'acétone.

Les solvants A et B (V/V) plus 10ml d'acide phosphorique à 72 % sont mélangés dans le même ordre au moment de l'emploi sous hotte.

e/ Mode opératoire pour analyse CCM :

-Le dépôt des échantillons s'effectue sur des repères distants à l'aide d'une micropipette **P20**, qui permet de déposer des gouttes qui ne dépassant pas **2mm** de diamètre;

-les dépôts sont séchés à l'aide d'un sèche-cheveux;

Chapitre II : Matériel et Méthodes

-les plaques sont placées verticalement sans remous à l'aide d'une pince dans la cuve qui contient le solvant de migration.

-la migration ne doit pas dépasser le front de la plaque.

-après le séchage des plaques à l'air libre, les oses sont révélées par un passage très bref dans un bac contenant le révélateur, les plaques sont séchées à l'air libre; et mis à l'étuve à une température de **100°C** pendant **10-15mn**; les spots des témoins et des échantillons sont entourés d'un crayon.

f/ Interprétation des chromatogrammes:

La connaissance des différents sucres constitutifs des échantillons se fait par comparaison de leur R_f (rapport de front) et/ou de leur coloration avec celles des substances témoins ayant subi le même traitement (**RANDERATH, 1971**). Les R_f de chaque sucre sont calculés selon la formule suivante :

$$R_f = d/D$$

d: distance parcourue par les substances (cm).

D: distance parcourue par le solvant (cm) depuis la ligne de dépôts

5.2.2 Détermination de la composition monosaccharidique par Chromatographie Liquide-Gaz (CLG).

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Glycobiologie et Matrice Extracellulaire Végétale de l'Université de Rouen, sous la direction du Pr. Patrice Lerouge.

a / Présentation de la méthode:

La chromatographie liquide-gaz est une technique d'analyse rapide, qui du fait de sa grande sensibilité et de sa capacité à séparer des mélanges complexes, se révèle être la technique la plus adaptée à l'analyse de la composition monosaccharidique des différents polysaccharides végétaux. Notons que cette méthode nécessite au préalable la dérivation des méthylglycosides, issus de la méthanolyse, en composés plus volatils.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Préparation de l'échantillon:

Entre **0,5** et **2 mg** d'échantillons sont placés dans les vials adaptés au passeur automatique d'échantillons. Avant chaque analyse, les fractions sont lyophilisées en présence de **50µL** d'une solution d'inositol **2mM**, utilisé comme témoin interne. L'échantillon est repris dans **250 µL** de méthanol-HCl 1M et placé pendant **16h** dans une étuve à **80°C**. Ce traitement clive les polysaccharides pour les convertir en méthylglycosiles libres. Le méthanol-HCl est ensuite évaporé sous rampe à air et l'échantillon est lavé **2** fois dans **250 µL** de méthanol et séché de nouveau sous air afin d'éliminer toute trace d'acide.

Les fractions sont silylées en ajoutant **200µL** de réactifs hexaméthylidisilazane/triméthylchlorosilane/pyridine (3/1/9), puis chauffées à **110°C** pendant **20 min**, afin de dériver les méthylglycosides en triméthylsilyl glycosides. L'agent de silylation est ensuite évaporé doucement sous un flux d'air. Après évaporation et **2** lavages au cyclohexane, les dérivés sont solubilisés dans **1 mL** de cyclohexane.

c/Analyse:

Un volume de **1µL** d'échantillon est prélevé par le passeur d'échantillon (équipé d'une seringue Hamilton de **10 µL**) et injecté en CPG pour l'analyse de son contenu en monosaccharides. La chromatographe en phase Gaz est un appareil Varian 3800, équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (F.I.D.).

6. Etude quantitative et qualitative des protéines :

6.1 Dosage des protéines :

L'estimation de la concentration des protéines solubles de la gomme arabique de l'*A. arabica* est déterminée selon la méthode de (**BRADFORD, 1976**).

a/ Principe :

Cette technique est basée sur la formation d'un complexe coloré entre la protéine et le bleu de Coomassie **G-250**. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des protéines et le maximum d'absorption est située à **λ=595nm**.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Mode opératoire :

➤ Réalisation de la courbe d'étalonnage :

Pour les dosages, il faut établir une courbe d'étalonnage. Elle est réalisée à partir du sérum bovine albumine (BSA) dont la solution mère est de **1mg/mL**. A partir de cette dernière, une série de solutions diluées est préparée. (**Tableau.7**)

Tableau.7: Gamme étalon de BSA à 0.1g/mL pour les protéines.

Solution mère de BSA (µL)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Eau distillée (µL)	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500

Le témoin (le blanc) est constitué de **100 µL** d'eau distillée avec **2 mL** de la solution de Bradford.

A chaque dilution, on ajoute **2mL** du réactif de Bradford (**Tableau 8**) puis la lecture se fait au spectrophotomètre à une longueur d'onde **λ=595nm**.

Tableau .8: Composition de la solution de Bradford

Bleu de Coomassie G250	10mg
Acide orthophosphorique 85	10mL
Ethanol 95	5mL
Eau distillée	100mL

Pour déterminer la concentration en protéines solubles dans la solution de la gomme arabique, nous prenons **100µL** de la solution de la GA, puis on ajoute **2mL** du réactif de **Bradford**. Après agitation au vortex puis un temps de repos, la lecture se fait à **λ=595nm** contre le blanc de la gamme. Les quantités de protéines solubles en solution peuvent être établies en comparaison avec une gamme étalon de BSA de différentes concentrations. (**Tableau.7**)

Chapitre II : Matériel et Méthodes

6.2 Analyse des protéines par CCM

Cette technique a été utilisée par (**RANDERATH, 1971**). Des chromatographies monodimensionnelles ont été effectuées sur des plaques en gel de silice **60 G** polygram (Merk) de **0,25mm** d'épaisseur, support aluminium.

- Avant d'être analysés, les acides amines de la gomme arabique ont subi à l'hydrolyse.

a/ Hydrolyse des protéines par l'acide chlorhydrique (HCl):

Dans des tubes à vis contenant **0.5g** de la GA et **1 mL** d'HCl (de différentes concentrations). Ces tubes sont bien fermés et placés pendant plusieurs heures (**24-36h**) soit au bain marie soit à l'étuve à **100°C**. Les solutions sont neutralisées par le NaOH (1N), puis gardées à une température de **0°C** jusqu'à l'analyse.

Le **Tableau .9** indique l'hydrolyse des protéines de l'GA par les différentes concentrations de l'HCl.

Tableau 9: Hydrolyse des protéines par l'acide chlorhydrique (HCl):

normalité d'HCl	durée d'ébullition (heures)	Aspe de la solution
12 N	24	bruler
8N	36	bruler
8 N	24	claire
6 N	36	bruler
6 N	24	claire
4 N	36	claire
4 N	24	claire

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b/ Préparation des acides aminés témoins:

Les acides aminés -disponible au laboratoire- sont utilisés à une concentration de **0.1%** en solution, dans l'eau distillée. Il s'agit de L- Proline; L- Hydroxy-proline; L- Serine; L-Arginine ; L- Leucine et L- Thréonine.

c/ Préparation de l'éluant

On utilise un solvant contenant (en pourcentage volumique) : butanol : **40%**; acide acétique pur : **10%** et eau : **50%**;

-Verser de ce solvant dans la cuve sur une hauteur de **2-3 mm**. Recouvrir la cuve.

d/ Préparation du révélateur des acides amines :

Le révélateur utilisé est la ninhydrine à **0.2%** dans le mélange (éthanol-acide acétique **4V/1V**). Dans ce cas **0.4g** dans **160ml** éthanol et **40ml** acide acétique.

e/ Dépôts

*Prendre la plaque dans le sens vertical;

*Tracer au crayon sur la plaque une ligne de dépôt horizontale à environ **1 cm** du bas;

*Réaliser à l'aide d'une micropipette **P20**, qui permet de déposer des gouttes qui ne dépassant pas **2mm** de diamètre, les dépôts d'acides aminés témoins et l'échantillon;

*Placer la plaque dans la cuve et laisser migrer l'éluant jusqu'à **1 cm** du bord supérieur ;

*Sortir la plaque ;

*tracer au crayon la ligne de front du solvant;

*Sécher le papier, éventuellement à l'aide d'un sèche-cheveux;

*Pulvériser la ninhydrine sous la hotte ;

*Placer la plaque à l'étuve à **80°C** pendant quelques minutes;

*Analyser le chromatogramme obtenu, identifier les constituants du mélange et calculer le Rapport frontal de chaque tache de migration (R_f = distance

Chapitre II : Matériel et Méthodes

parcourue par la substance (au centre de la tache) / distance parcourue par le solvant).

Le rapport frontal R_f est caractéristique d'une substance donnée dans un solvant de migration donné.

Chapitre III : Résultats et Discussions

1. Teneur en eau :

Le calcul du taux d'humidité a permis de déterminer la teneur en matière sèche de l'échantillon par rapport au poids initial, ainsi que le taux des différents constituants (% par rapport à la matière sèche). D'après nos résultats, la teneur en eau de la GA, utilisée dans notre étude, est de **31.13%** (**Fig. 12**). Elle est plus élevée que celle trouvée par (**IDRIS et al., 1998**) sur l'*A. sénégale* (**16%**) et celle donnée par (**OROZCO et al., 2003**) sur la gomme Mesquite de *Prosopis laevigata* avec **10.6%**.

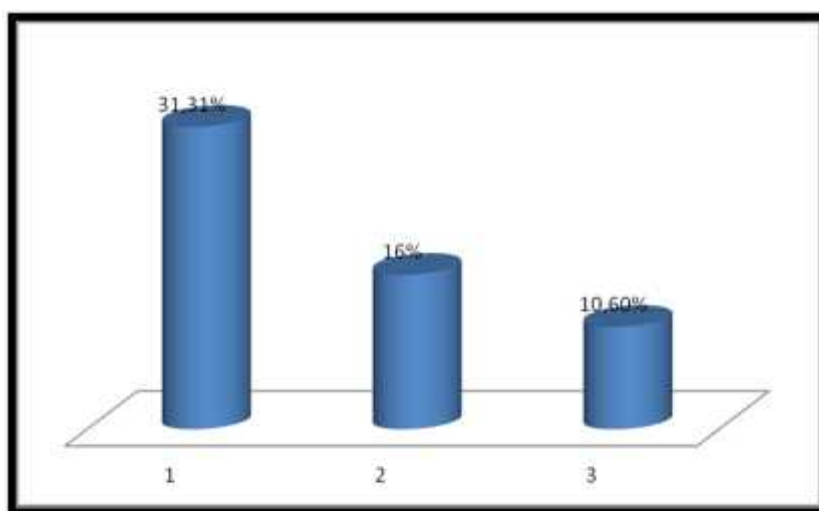


Fig.12 : Teneur en eau de la gomme arabique (GA) exsudée par l'*A. arabica*

1. La GA de l'*A. arabica* de l'**USTO**.
2. La GA de l'*A. senegal* (**Idris et al. 1998**)
3. La G Mesquite de *Prosopis laevigata* (**OROZCO et al ; 2003**)

Ces résultats permettent d'avancer que la teneur en eau est liée aux caractères botaniques de la plante. Ces caractères peuvent être influencés par les facteurs environnementaux de l'*Acacia*. **AL-ASSAF et al** en **2005** ont montré que la composition chimique de la gomme arabique peut varier selon la source, l'âge de l'arbre, les conditions climatiques et la nature de sol.

Chapitre III : Résultats et Discussions

2. Teneur en cendre totale :

La teneur en cendres, représentant la quantité totale en sels minéraux présents contenus dans notre échantillon, est de **3.92 %** du poids sec (**Fig.13**). Ce taux avoisine celui rencontré chez l'*A.sénégal*, avec des valeurs respectives de **3.9%** et **3.3%** par rapport au poids sec (**ANDERSON** et **KARAMALLA**, 1966 ; **DOAT**, 1974).

3. Etude quantitative et qualitative des sucres

3.1 Teneur en sucres neutres:

La teneur en oses neutres de notre échantillon, déterminée par dosage colorimétrique (**Dubois** et *al*, 1956), est de **46.80%** du poids sec. Ce taux est faible, par rapport à celui rencontré chez la gomme arabique de l'*Asenegal* (**SCHMITT** et *al*, 1999) et chez la gomme ghatti (**KANG** et *al*, 2011), avec des teneurs respectives de **58%** et **78.36%** par rapport au poids sec.

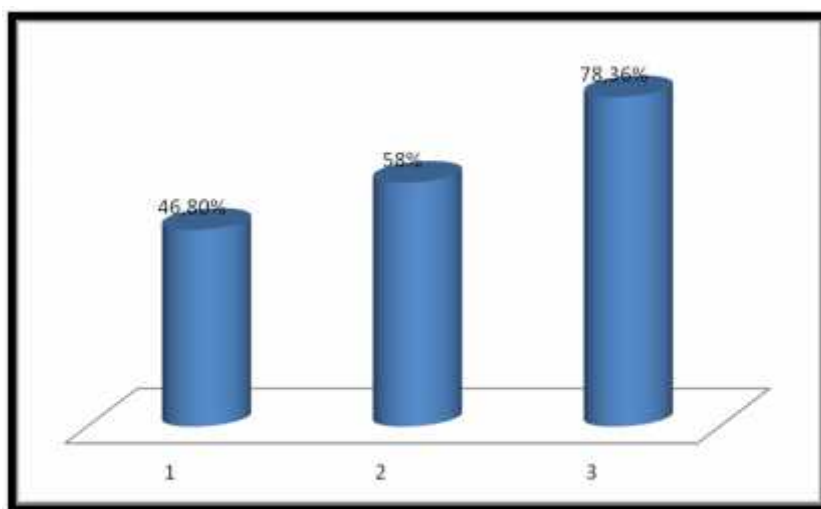


Fig. 13 : Teneur en sucres neutres de la GA exsudée par l'*A arabica*

1. La GA de l'*A. arabica* l'USTO
2. La GA de l'*A.senegal* SCHMITT et *al*, 1999
3. La gomme ghatti (KANG et *al.*, 2011)

Chapitre III : Résultats et Discussions

3.2 CCM des sucres :

Le profil de la chromatographie sur couche mince (**Fig. 15**) révèle la présence de cinq spots correspondant au **Rhamnose, Arabinose et au Galactose**. Des résultats similaires ont été trouvés chez l'*A arabica*, et l'*A nilotica* de Soudan(**FENYO et al, 1991**).

Le profil chromatographique montre la présence d'une fraction de haut poids moléculaire restée au niveau de la ligne de dépôt, des deux échantillons **GA1** et **GA2**. Cette dernière pourrait correspondre à une fraction non hydrolysée.

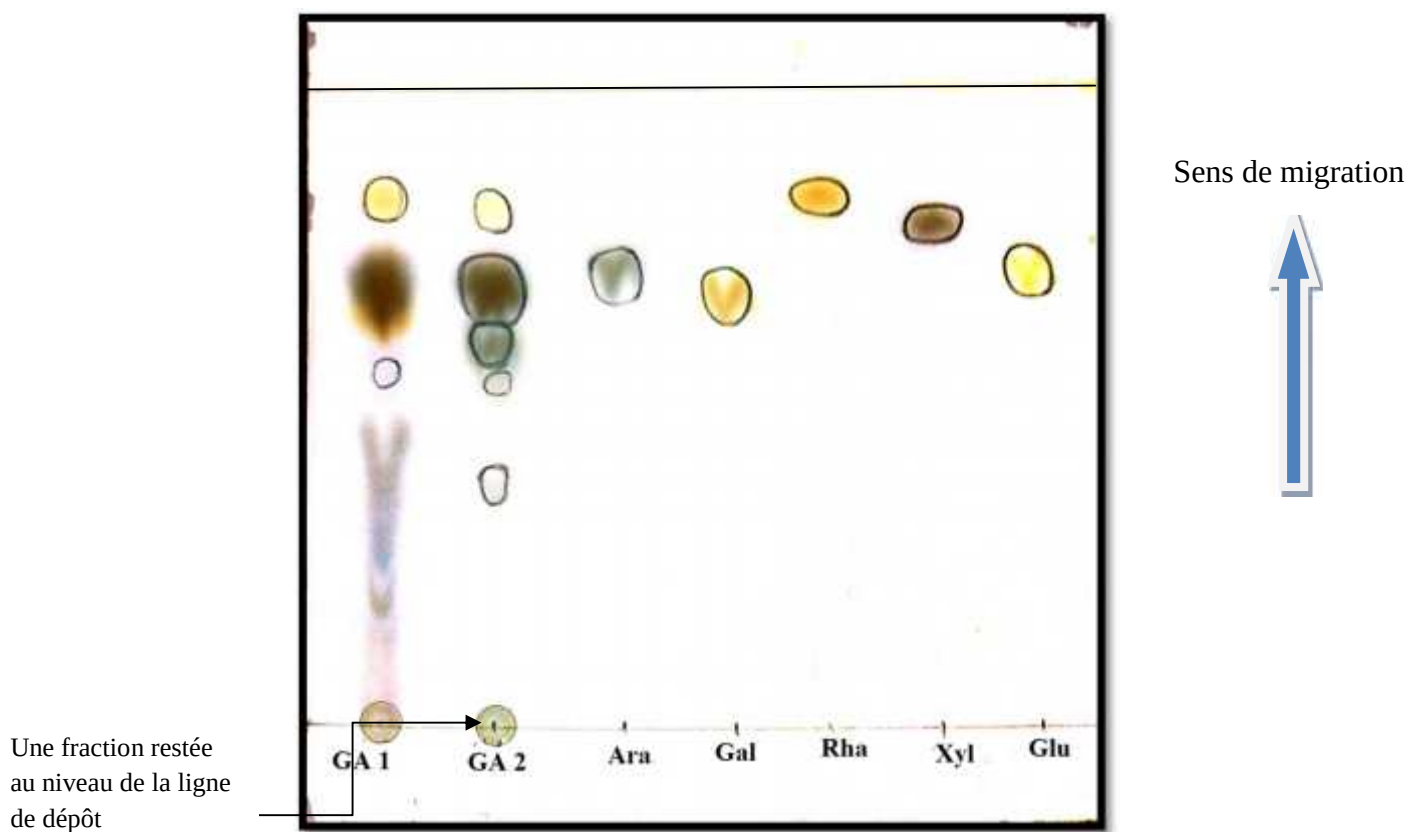


Fig.14 : Composition osidique de la gomme arabique

GA 1: la GA hydrolysée par le H_2SO_4 ;

GA 2: la GA hydrolysée par l'acide formique ;

Ara: D-arabinose; **Gal**: D-galactose; **Rha**: L- rhamnose;

Xyl: D-xylose; **Glu**: D-glucose;

Chapitre III : Résultats et Discussions

3.3 Chromatographie Liquide-Gaz (CLG) des sucres :

L'analyse chromatographique qualitative et quantitative de la composition monosaccharidique (**Tableau10**), montre que l'ose majoritaire est le galactose (**41.1%**), suivi de l'arabinose avec (**36.3%**). Ces résultats sont presque similaires à ceux trouvés par **OROZCO et al., (2003)**, sur la gomme Mesquite de *Prosopis laevigata*, avec des valeurs respectives de **43.3%** et **40,4%**, pour le galactose et l'arabinose. Dans le cas de la GA de l'*Aseyal*, le taux de galactose était plus faible (**27,33%**), avec une teneur en arabinose de 35,48% (**NIE et al., 2013**). Concernant le rhamnose, le taux rencontré, au niveau de nos échantillons, avoisine les **3,7%**. Cette teneur est plus importante que celle rencontrée chez GA de L'*A seyal* **1.79%** et sur la gomme Mesquite **1.3%** (**OROZCO et al., 2003**). La teneur de glucose trouvé dans l'échantillon (**13.9%**) est supérieure à celle rencontrée chez la GA de L'*A senegal* **3%** (**ULLMAN, 1983**), qui représente la seule gomme dans la quelle, la présence de glucose a été signalée.

Nous signalons aussi, la présence de xylose et de mannose, avec des teneurs respectives de **3,2%** et **1,8%**.

Cette composition, nous permet de dire que nous sommes en présence d'une fraction **d'arabinogalactane**.

Tableau10: Composition monosaccharidique (% molaire) de la gomme arabique de l'*A arabica* (CLG)

Les monosaccharides	(%) molaire
Galactose	41.1%
Arabinose	36.3%
Rhamnose	3.7%
Glucose	13.9%
Xylose	3.2%
Mannose	1.8%

Chapitre III : Résultats et Discussions

4. Etude quantitative et qualitative des protéines :

4.1 Teneur en protéines totales:

La teneur en protéine totale est de **0.92%** du poids sec. Cette valeur est relativement faible par rapport aux valeurs trouvées sur la GA de l'A.sénégal(**2.6%**) (**IDRIS *et al.*, 1998**). Elle est relativement identique aux résultats trouvés par (**SIDDIG *et al.*, 2004**) sur la GA de l'A.seyal(**0.93%**).

4.2 CCM des acides aminés :

Après avoir testé une méthode d'hydrolyse des protéines par HCl à différentes concentrations (**12N**, **8N**, **6N** et **4N**) et pendant différents temps (**24h** et **36h**) à **100°C**, seule l'hydrolyse par HCl **8N** a permis d'obtenir le meilleur résultat par CCM. (**Fig.15**).

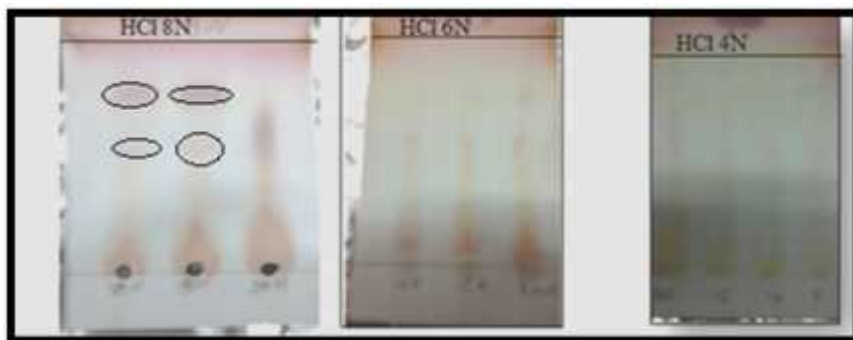


Fig.15 : CCM des acides aminés de la gomme arabique hydrolysée par HCl (8N, 6N et 4N) sans témoins

Chapitre III : Résultats et Discussions

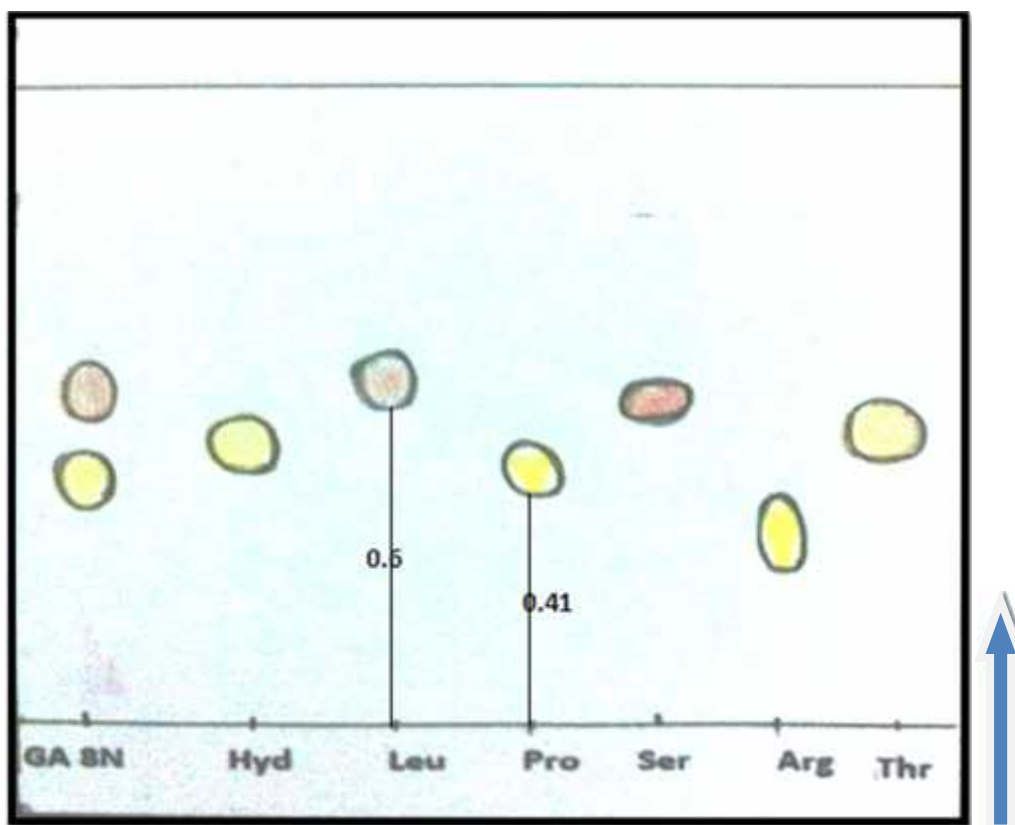


Fig.16 : CCM des acides aminés de la gomme arabique

GA 8N: la gomme arabique hydrolysée par HCl 8N.

Hyd: L- hydroxy-proline; **Leu**: L- Leucine ; **Pro**: L- proline;

Ser: L- serine; **Arg**: L-Arginine ; **Thr**: L- Thréonine.

La **Fig.16** montre que l'hydrolyse par HCl de la GA révèle la présence de deux spots, de ($R_f = 0.6$) et l'autre ($R_f = 0.41$) correspondent aux R_f des acides aminés témoins **Leucine** et **Proline**, ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus sur la GA de l'A *senegal*. (**ISLAM et al., 1997**) dont l'acide amine majoritaire est hydroxyproline, serine et proline.

Toutefois, nous avons notés quelques variations relatives aux pourcentages des principaux constituants et à l'existence d'un certain nombre de composés était sous forme de trace. Ces différences peuvent provenir de plusieurs sources, entre autres (**ANDERSON et al., 1968; ISLAM et al., 1997; IDRIS et al., 1998; AL-ASSAF et al., 2005**) :

- ❖ L'espèce botanique ;
- ❖ L'origine géographique ;

Chapitre III : Résultats et Discussions

- ❖ L'âge de l'arbre ;
- ❖ Les conditions climatiques.

A titre d'information, la GA de l'A *arabica* en Algérie n'a jamais été étudié et vu ces résultats importants, il est souhaitable de poursuivre les recherches afin de les valoriser sur le plan pharmaceutique et agro-alimentaire.

Les résultats relatifs à l'analyse biochimique de la gomme arabique sont présentés dans le **Tableau.11**:

Tableau.11: Composition biochimique de la GA.

Les composants.	La teneur
Teneur en eau	31.13%
Cendres	3.90%
Sucres neutres	46.80%
Protéines	0.92%
Autres	---

Conclusion

CONCLUSION GENERALE

L'étude biochimique de la gomme arabique de l'*A. arabica* à été établie grâce à l'utilisation conjointe des méthodes chromatographiques. L'analyse des fractions polysaccharidiques par la CPG a permis d'obtenir les résultats suivants : une teneur en galactose de **41.1%**, en arabinose de **36.3%**, et en rhamnose **3.7%**, ces résultats ont été confirmés par la CCM (après une hydrolyse acide par l'acide formique). Cette composition, nous permet de dire que nous sommes en présence d'une fraction d'arabinogalactane.

L'étude de la composition protéique de la GA par CCM (après une hydrolyse acide par l'acide chlorhydrique) révèle la présence de quelques traces de **leucine** et de **proline**.

Nous signalons aussi, la présence d'un taux d'humidité et de cendres, avec des teneurs respectives de **31,13%** et **3,92%**.

Les études sur *l'A.arabica* méritent d'être poursuivies en vue de propager l'espèce dans son milieu naturel et dans d'autres aires des zones arides, et il faut caractériser mieux la gomme arabique.

Références Bibliographiques

A

- AAMHA** (Association Africaine de Microbiologie et d'Hygiène Alimentaire),
AIDGUN (Association Internationale pour le Développement des Gommés Naturelles) et **FAO.**, **2001**. Rapport sur le symposium international sur la Gomme d'Acacia. Tunisie.
- ADACHI**, **1965**. In **MOUSSA S**, **2010**. Dosage et caractérisation des composés carbonés des raquettes d'*Opuntia ficus indica* L. à différents stades de développement. Mémoire de master Univ. USTOMB.p.15.
- AGALA. A**, **2013**. (Coordonateur du Projet d'Appui à la Filière Gomme Arabique (PAFGA). In un article sur tchadinfos.com : [Le Tchad néglige la filière Gomme Arabique | Tchadinfos.com | Portail d'information sur l'actualité tchadienne et internationale](#).
- AL-ASSAF S., PHILLIPS G. O. et WILLIAMS P. A.**, **2005**. Studies on Acacia exudates gums: part II. Molecular weight comparison of the Vulgares and Gummiiferae series of Acacia gums. Food Hydrocolloids, 19(4), 661-667.
- ANDERSON D. M. W et KARAMALLA K. A**, **1966**. In **FENYO J. C ; SERVANT-DUVALLET, S et VANDEVELDE M. C**. Identifications chimique et physico-chimique des exsudats d'Acacia. Constances et variabilité; Chimiotaxonomie.p.335.
- ANDERSON D. M. W., KARAMALLA K. A et SMITH J.H**, **1968**. In **RIDACKER A., DRAYER E., PAFADNAM C., JOLY H et BORY G**, **1991**. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. P 284.
- ASPINALL G. O. et BAILLIE J.**, **1963**. Gum tragacanth. Part I. Fractionation of the gum and the structure of tragacanthic acid. J. Am. Chem. Soc., p. 1714.
- AUDIGIE D., DUPONT G., ZONZAIN T.**, **1978**. Manipulation d'analyse biochimique. Ed. Doin. Paris, p: 27 – 74.

Références Bibliographiques

AZERO E. G. et ANDRADE C. T., 2002. Testing procedures for galactomannan purification. *Polymer Testing*, 21(5), 551-556.

B

BATLLE I. et TOUS J., 1997. Properties Agronomy: processing. In: Carob tree, *Ceratonia siliqua L.* Roma: IPGRI, CGIAR, 24-29, 61-62.

BENTHAM G., 1842. Notes on Mimosaceae, with a synopsis of species. London J.Bot.1, 494-528.

BESSOR J. C., 2003. Allergènes végétaux non polliniques Plant derived-allergens (excluding pollen) Service de pneumologie, hôpital Lyautey, Hôpitaux universitaires de Strasbourg, B.P. 426, 67091 Strasbourg cedex, France Volume 43, Issue 1, P 40-52

BISWAS B. et PHILLIPS G. O., 2003. Computation of specific optical rotation from carbohydrate composition of exudate gums Acacia Senegal and Acacia seyal, *Food Hydrocolloids* 17, p. 177-189.

BOULHOT P., 1939. Les acacias épineux de sud marocain. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc. Rabat. 73-93. Carbohydrate Research, 123(2), 267-279.

BRADFORD M. M., 1976. In **DAHEUR Badia., 2008.** Extraction, dosage et analyse des protéines foliaires d'*Argania spinosa*. Univ. USTO. P 67.

BRENAN J. P. M, 1983. In **WICKENS G. E, SEIF EL DIN A. G, GUINKO S et IBRAHIM N., 1996.** Rôle des acacias dans l'économie rurale des régions sèches d'Afrique et du Proche-Orient Quatrième partie: Quelques espèces choisies d'acacias 4.1 *Acacia nilotica* . FAO.

C

CONNOLLY S., FENYO J.C., et VANDEVELDE M.C., 1987. Effet de pronase sur la composition en acides aminés de la gomme arabique. CR science biologique , 181: p. 683-687.

Références Bibliographiques

- COSSALTER, C., 1991.** Acacia senegal: gum tree with promise for agroforestry. NTF Highlights, 91-02. Nitrogen Fixing Tree Association, Hawaii.
- COSTES, 1981.** In **BACHA A., 2007.** Production et étude de l'activité de l'invertase produite par la levure ; *saccharomyces cerevisiae* sur substrat a base de datte. Mémoire de magister. Batna.P.49.
- CRONQUIST A. J., 1981.** In **DORAN J. C., BOLAND D. J., TURNBULL J. W., et GUNN B. V., 1983.** Guide des semences d'acacias des zones sèches. 2.21 Classification-passée et actuelle. FAO.
- D**
- DA SILVA J. A. L. et GONÇALVES M. P., 1990.** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. Food Hydrocolloids, 4, 277-287.
- DEA I. C. M. et MORRISON A., 1975.** Chemistry and interactions of seed galactomannans. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem., 31, 241-242.
- DIONE M., 1989.** In **DIONE M et VASSAL J., 1993.** Les acacias gommiers au Sahel: Exsudation gommiers et production perspectives. Natural Resources and Social Conflicts. P. 189.
- DOAT J, 1974.** Application de la chromatographie sur couche mince à l'analyse des gommes et des bois tropicaux, Revue Bois et Forêts des Tropiques, n° 156. P.69.
- DOMMERGUES Y. R. DUHOUX E et DIEM H. G., 1998;** les arbres fixateurs d'azot. Chapitre :8 principales espèces de légumineuses ligneuses fixatrices d'azote. Acacias. P. 246
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., ROBERS P.A. et SMITH F., 1956.** In **CHAA. L, 2008.** Caractérisation et valorisation des hémicelluloses des tissus foliaires d'*Aristida pungens* (Poacées) Thèse de Doctorat. p. 46.

Références Bibliographiques

DUTTA R., RAMAN K. et AGRAWA M., 2002. Effect of tree plantation on the soil characteristics and microbial activity of coal mine spoil land. Tropical Ecology. 43, (2). 315-324.

F

FAGG C.W., 1992. In **WICKENS G.E, SEIF EL DIN A.G, GUINKO S et IBRAHIM N., 1996.** Rôle des acacias dans l'économie rurale des régions sèches d'Afrique et du Proche-Orient. Quatrième partie: Quelques espèces choisies d'acacias. FAO.

FENYO J. C., DUVALLET S., VANDEVELDE M.C., 1991. Identification chimique et physico-chimique des exsudats d'acacias Constances et variabilité ; chimiotaxonomie.

FOURNER ., 1949 . In **TSSOURAS F., 2004.**Caractérisation biométrique des gousses et des graines ; extraction et identification des polysaccharides pariétaux et des huiles de deux légumineuses ligneuses 'A arabica et a raddiana' des zones arides Algériennes. Univ. USTOMB.P.5.

FOX J.E., 1992. In **PATRICK A. D, BERNARD W et MICHEL P., 2009.** Influence de la teneur en galactose sur les interactions moléculaires et sur les propriétés physico-chimiques des galactomannanes en solution. [. Introduction.](#) p 1.

G

GARCIA-OCHOA F. et CASAS J.A., 1992. Viscosity of locust bean (Ceratonia siliqua) gum solutions. J. Sci. Food Agric., 59, 97-100.

GARTI N., MADAR Z., ASERIN A et STERNHEIM B., 1997. Fenugreek galactomannans as food emulsifiers.Lebensm. Wiss. Technol., 30(3), 305-311.

Références Bibliographiques

GEORGE A.S. (Editor)., 1981. Flora of Australia. 1. Introduction. (Aust. Govt Pub. Serv.: Canberra). FAO

GIRI et NIGAM, 1953. In. **MAHTOUGUI A. 2008.** Extraction et analyses qualitatives et quantitatives des polysaccharides pariétaux des raquettes des deux variétés d'*Opuntia ficus indica* L. Mémoire de magister Univ. USTOMB. p. 41.

GOYCOOLA F.M., MORRIS E.R. et GIDLEY M.J., 1995. Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of “hyperentanglement” in solution. Carbohydr. Polym., 27, 69-71.

GREEN J.W., 1981. In **DORAN J. C., BOLAND D. J., TURNBULL J. W., et GUNN B. V., 1983.** Guide des semences d'acacias des zones sèches. 2.21 Classification-passée et actuelle. FAO.

GUINET PH., et VASSAL J., 1978. Hypotheses on the differentiation of the major groups in the genus *Acacia* (Leguminosae). Kew Bull. 32, 509–27.

H

HU B., DUAN C., WANG Z., ZHANG S., et QUI L., 2002. Effect of vegetation rehabilitation measures on soil fertility and soil enzymatic activity in degraded ecosystem Environmental Science. China. Turang Xuebao, 39 (4), 604-608.

I

IDRIS O. H. M., WILLIAMS, P. A., PHILLIPS, G. O., 1998. In **BADRELDIN H. A, ZIADA A, BLUNDEN G, 2008.** Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. P.2.

ISLAM A. M., PHILLIPS G.O., SLJIVO M.J., WILLIAMS P.A., 1997. A review of recent developments on the regulatory, structural and functional aspects of gum arabic. Food Hydrocoll. 11, 493–505.

J

Références Bibliographiques

JACOBS, S.W.L., et PICKARD, J. (1981). In **DORAN, J.C. BOLAND, D.J. TURNBULL, J.W. ET GUNN B.V., 1983.** Guide des semences d'acacias des zones sèches. 2.21 Classification-passée et actuelle. FAO.

JOSELEAU J. P., ULLMANN G., 1990. Biochemical evidence for the site of formation of gum arabic in *Acacia senegal*. *Phytochem.*, 29 : 3401 - 3405.

K

KANG J; STEVE W. C; CHEN J; PHILLIPS G.O; YING W; WANG Q., 2011. New studies on gum ghatti (*Anogeissus latifolia*) part I. Fractionation, chemical and physical characterization of the gum.

L

LINDEN, 1981. In **BACHA A, 2007.** Production et étude de l'activité de l'invertase produite par la levure ; *saccharomyces cerevisiae* sur substrat a base de datte. Mémoire de magister. Batna.P.50.

M

MAIRE R., 1933. Etude sur la flore et la végétation du Sahara Central. Menl. Soc. Hist. Nat. Afr. Du N. Mission Hoggar II, (3), 433 p.

MALLET I., MCCLEARY B. V et MATHESON N. K., 1987. Galactomannan changes in developing *Gleditsia triacanthos* seeds. *Phytochemistry*, 26(7), 1889-1894.

MAO C. F. et CHEN J. C., 2006. Interchain association of locust bean gum in sucrose solutions: an interpretation based on thixotropic behavior. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 730-739.

MASLIN B.R., 2003. In Diversité interspécifique d'efficience d'utilisation de l'eau des acacias sahéliens et australiens. Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy-I. P25

MCCLEARY B.V., 1988. Carob and guar galactomannans. *Methods Enzymol.*, 160, 523-527.

MILLER J. T., ANDERW R. et BAYER R. J., 2003. Molecular phylogenetics of the Australian acacias of subg. *Phylodineae* (Fabaceae:

Références Bibliographiques

Mimosoideae) based on the trn K intron. Australian Journal of Botany, 51 (2), 167-177.

MOURET M., 1987. Les Acacias gommiers. Essais expérimentaux – Recherches histologiques sur la gommose. These Univ. P Sabatier, Toulouse, P.234.

MUGNIER J., 2000. La nouvelle classification des plantes à fleurs pour la science. 52-59.

MULTON J. L., 1984. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris: Lavoisier.

N

NADJAH I. et al., 2001. In **TSSOURAS F., 2004.** Caractérisation biométrique des gousses et des graines ; extraction et identification des polysaccharides pariétaux et des huiles de deux légumineuses ligneuses 'A arabica et A raddiana' des zones arides Algériennes. Univ. USTOMB. P. 10.

NIE S.P., WANG. C., CUI. S. W., QI WANG, XIE M.Y., PHILLIPS G.O., 2013. [The core carbohydrate structure of Acacia seyal var. seyal \(Gum arabic\)](#)

NONGONIERMA A., 1977. Contribution à l'étude bio systématique du genre Acacia Miller en Afrique occidentale. II : Caractères des inflorescences et des fleurs. Bull. I. F. A. N, 38, 487-642.

NUSSINOVITCH A., 1997. Hydrocolloid Applications, Blackie Academic and Professional, Glasgow.

O

OROZCO V. J., CRUZ S. F., PONCE A. E., VERNON C. E.J., 2003.

Mesquite gum: fractionation and characterization of the gum exuded from *Prosopis laevigata* obtained from plant tissue culture and from wild trees.

P

PATMORE J. V., GOFF H. D. et FANDES S., 2003. Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. Food Hydrocolloids, 17(2), 161-169.

Références Bibliographiques

PINKARD E. A., 2003. Growth and physiological responses of Blackwood (*Acacia melanoxylon*) growing with a *Pinus radiata* nurse crop following application of nitrogen and phosphorus. *Forestry Tasmania Trees* (Heidelberg, Germany), 17 (4), 325-335.

Q

QUEZEL et SEMMONNEAU., 1963. Les peuplements d'*Acacia* du Sahara nord occidental. *Trav. Int. Rech. Sahara. Alger.* 20,79-121.

QUEZEL P. et SANTA S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I C. N. R. S. Paris. p.565.

R

RANDALL R. C., PHILLIPS G. O. et WILLIAMS P. A., 1988. The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 2(2), 131-140.

RANDERATH, 1971. In **MOUSSA S, 2010.** Dosage et caractérisation des composés carbonés des raquettes d'*Opuntia ficus indica* L. à différents stades de développement. Mémoire de master Univ. USTOMB.p.14.

REIS, 1975. In **MOUSSA S, 2010.** Dosage et caractérisation des composés carbonés des raquettes d'*Opuntia ficus indica* L. à différents stades de développement. Mémoire de master Univ. USTOMB.p.14.

RICHARDSON P. H., WILLMER J. et FOSTER T. J., 1998. Dilute properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions. *Food Hydrocolloids*, 12, 339-348.

ROBERTSON G., 1948. Les représentants Ouest africains du genre *Acacia* dans les herbiers genevois. *Candollea.*, 11. 113-174.

ROSS J.H., 1973. Towards a classification of the African acacias. *Bothalia* 11 (1 and 2), 107-13.

ROSS J.H., 1979. A conspectus of the African *Acacia* species. *Memoirs of the Botanical Survey of South Africa* 44, 1-155.

ROSS J.H., 1980. A survey of some of the pre-Linnean history of the genus *Acacia*. *Bothalia* 13 (1 and 2), 95-11

S

Références Bibliographiques

- SABATER DE SABATES A., 1979.** Contribution à l'étude des relations entre caractéristiques macromoléculaires et propriétés rhéologiques en solution aqueuse concentrée d'un épaississant alimentaire : la gomme de Caroube. Thèse de doctorat : ENSIA, Massy (France).
- SCHMITT et al., 1999.** In **SANCHEZ, C., RENARD, D., ROBERT, P., SCHMITT, C., & LEFEBVRE, J. (2002).** Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. *Food Hydrocolloids*, 16, 257–267.
- SEIGLER D. S. SEILHEIMER S. KEESY J. et HUANG H. F., 1986.** Tannins from four common Acacia species of Texas and Northeastern Mexico, *Economic Botany* 40:220-232.
- SEIGLER D. S., 2003.** Phytochemistry of *Acaccia sensulato*. *Biochemicals Systematics and Ecology*, 31(8), 845-873.
- SENE A., 1988.** Recherches sur la productivité gommier d'Acacia Sénégal dans le nord-Ferlo (Sénégal). Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, p 243.
- SHETLER S. G et SKOG L. E., 1978.** In **DORAN, J.C. BOLAND, D.J. TURNBULL, J.W. et GUNN B.V., 1983.** Guide des semences d'acacias des zones sèches.FAO.In *
- SIDDIG N.E., OSMANA M.E., AL-ASSAFA S., PHILLIPSA G.O et WILLIAMSA P.A., 2004.** Studies on *Acacia* exudates gums, part IV. Distribution of molecular components in *Acacia seyal* in relation to *Acacia Senegal*.
- STEPHEN A. M. et CHURNS S. C., 1995.** Introduction. In: **STEPHEN A.M.,** ed. Food polysaccharides and their application. New York, USA: Marcel Dekker, 1-18.

T

- THEVENET NEXIRA F. 2012,** Acacia Gum; Polymers for a Sustainable Environment and Green Energy Volume 10.Rouen, France P 205–212.
- TISSOURAS F., 2004.** Caractérisation biométrique des gousses et des graines ; extraction et identification des polysaccharides pariétaux et des huiles de deux légumineuses ligneuses 'A arabica et A raddiana' des zones arides Algériennes. Univ. USTO. P.5

Références Bibliographiques

TRAN et **CAVANAGH 1979**. Effet of microwave energy on *Acacia Logifolia*. J. microwave Power. 14, 17-21.

U

ULLMAN., 1983. In **FENYO. J** et *al.*, **1991**. Gommose et propriétés de la gomme d'*Acacia senegal*. p284

V

VASSAL J., 1992. État des connaissances sur l'induction de gommose chez *Acacia senegal*. In Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre Ed., Paris : 271 -276.

VASSAL J., DIONE M., 1993. Les Acacias gommiers au Sahel : exsudation gommière et production. Perspectives. In Natural Resources and Social Conflicts in the Sahel. Proceedings of the 5th Sahel Workshop, Sondeborg, Danemark, 180-1 92.

VASSAL J., MOURET M., 1991. Etapes histologiques du processus de gommose chez *Acacia senegal*. In Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre Ed., Paris : 277-281.

VASSAL J., SALL P. N., DIONE M., FENYO J. C., VANDEVELDE M. C., SERVANT-DUVALLET S., CHAPPUIS A., 1992. Modélisation du comportement de populations artificielles d'acacias gommiers (*Acacia senegal*) dans le Ferlo sénégalais. Compte rendu de fin de programme MRT, France, p 75.

W

WASHINGTON F.D.A., 1974 .Fed. Register 39 (185), p. 34207.

WEIPING W., BRANWELL A., 2000. In **PHILLIPS G.O.and WILLIAMS P.A., 1963**. Editors, Handbook of Hydrocolloids, Wood head publishing Ltd., Cambridge, p. 231-246. G.O. Aspinall and J. Baillie, J. Am. Chem. Soc., p. 1702.

WHISTLER R. L., 1993. In **WHISTLER R. L., et BEMILLER J. N.** (Eds.), Industrial gums: Polysaccharides and their derivatives. San Diego.p. 318-337.

Références Bibliographiques

WILLD., 1806. In BRENAN, J. P. M., 1983. Manuel sur la taxonomie des espèces d'acacias. (iii) Description, synonymie et répartition des sous-espèces. FAO. Rome.

BIBLIONET

(1).http://www.acaciagardencenter.com/index.php?route=product/product&product_id=249

(2). <http://pigmentsrecettes.com/Gommes.html>

(3)<http://www.befair.be/fr/content/la-gomme-arabique-soudanaise-bient>.

***.**<http://www.fao.org/docrep/006/Q2190F/Q2190F08.htm#ch8>