



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Biodiversité de la graine de caroube

Présenté par :

◆ Said BOUAOUINE

Encadré par :

- ◆ Dr. Laila SABLALOU (Société)
- ◆ Pr. Youssef KANDRI RODI

Soutenu Le 16 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr. Y. KANDRI RODI	FST
- Pr. Abds. BOUAYAD	FST
- Pr. A. OULMEKI	FST
-Dr. Laila SABLALOU	SBI

Stage effectué à Systems Bio-Industries

Année Universitaire 2010 / 2011

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents à qui je dois tout .Rien au monde ne pourrait compenser les sacrifices consentis et les efforts soutenus pour mon bien être afin de suivre mes études. Rien au monde ne pourrait compenser l'amour et la tendresse, que vous m'avez donnée, pour que je puisse surmonter tous les obstacles de la vie. Rien au monde ne saurait exprimer ce que je ressens envers vous.

Je dédie également à mes frères et sœurs en témoignage de ma profonde affectation et de mon attachement indéfectible, avec tous mes souhaits de bonheur, de santé et de réussite dans votre vie.

Sans oublier mes amis qui constituent ma seconde famille et que je les considère comme des frères.

Remerciement

Avant d’entamer la rédaction de ce rapport , je tiens à présenter mes sincères remerciements à mes formateurs de Faculté des Sciences et Techniques (FST) , à tous les professeurs du département Génie des Procédés pour leurs efforts continus, pour un apprentissage et une connaissance plus générale et une formation de haute qualité.

Je remercie le Directeur Générale Mr. Azzedine LAZRAK qui m’a offert l’opportunité d’effectuer ce stage technique au sein de la société Systems Bio-Industries Maroc(SBIM).

Je remercie également mes encadrants Mme Laila SABLAOU et Mr. KANDRI RODI Youssef pour leurs conseils et leurs aides durant toute la période de mon stage.

Mes remerciements aussi à tous le personnel du laboratoire : Mr. Jilali ZAFZOUF et Mr. Abderazzak AKAABOUNE, qui ont de fait leur mieux pour me faire apprendre leur savoir faire et leur expérience.

Sommaire

Introduction.....
.....	1

Partie I : présentation de SBI.....	2
1. Systems Bio-Industries.....	3
2. Fiche technique de l'entreprise.....	4
3. Description du laboratoire d'analyses physico-chimiques et bactériologiques.....	5
4. Les étapes de fabrication de la farine de caroube et la poudre de caroube.....	5
Partie II : Etude bibliographique.....	9
1. Situation du caroubier au Maroc.....	10
2. Description du caroubier.....	10
3. Les propriétés de la caroube et ses utilisations.....	12
a- La caroube.....	12
b- La composition et les utilisations des constituants de caroube.....	13
i- la pulpe de gousse de la caroube	13

ii- La farine des graines de
caroube.....14

iii- La protéine de germe de la
caroube.....15

Partie III : Biodiversité des graines de
caroube.....16

I- Matériels et
méthodes.....17

1. Détermination du pourcentage des constituants de la
graine.....
...17

a- Taux d'humidité des graines
brutes.....17

a-
1 .Principe.....17

a-
2 .Appareillage17

a-3 .Mode
opérateur17

b- Taux d'humidité des constituants de la
graine.....17

b-1.
Principe.....17

b-2.
Appareillage17

b-3. Mode opératoire.....
.....17

	2. Pourcentage de galactomannane dans la graine	
.....	20	
	2-1.	
principe.....	20	
	2-	
2.appareillage.....	20	
	2-3.Mode	
opérateur.....	20	
II- Résultats et		
discussion.....	21	
1 – pourcentage des constituants de la graine		
.....	21	
a- Humidité		
.....	21	
b- Extrait		
sec.....	22	
c- Pourcentage des		
constituants.....	24	
2 – pourcentage de galactomannane dans la		
graine.....	25	
Conclusion		
.....	28	

Principales abréviations

SBI	: Systems Bio-Industries
ha	: hectare
h	: heure
GB	: Graine Brute
T%	: Taux d'humidité
Mh	: Masse humide
Ms	: Masse sec
ES	: Extrait Sec
ES(constituant)	: Extrait Sec d'un constituant
ES(graine)	: Extrait Sec de la graine
%Constituant	: Pourcentage de constituant
%GPA	: le pourcentage de galactomannane.
PE	: le poids d'échantillon (split sec)
PC	: le poids du coagulum sec (galactomannane)

Introduction

Le caroubier est une espèce agro-sylvo-pastorale ayant d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques. Grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques (résistant à la sécheresse et adapté aux sols pauvres et salins), cet arbre s'installe, favorablement, dans les zones arides et semi-arides.

Au Maroc, la culture du Caroubier et l'industrialisation de ses produits ont connu un développement remarquable en raison des multiples utilisations de ces graines en industrie : agro-alimentaire (alcool, jus, chocolat), pharmaceutique, cosmétique, chimique, textile, papier et d'autres applications.

La société « Systèmes Bio-Industriel Maroc » nommée (SBIM), qui opère dans le secteur agro-alimentaire s'intéresse, essentiellement, à la production de la farine (la gomme) et la poudre de caroube.

Mon but, dans ce stage, est de bien étudier la diversité naturelle des graines de caroube pour certaines régions au Maroc, mon travail se base sur le calcul d'humidité et sur le calcul du pourcentage des constituants des graines de caroube et pourcentage de galactomannane.

Partie I

présentation de la société

Systems Bio-Industries

1. Systems Bio-Industries (SBI) :

Systems Bio-Industries Maroc, est une filiale du groupe CARGILL, la première société familiale privée Américaine. Elle emploie plus de 80 personnes et dispose de parc de machines important organisé d'une façon linéaire, permettant la transformation et la distribution de produits et des services agricoles.

S.B.I.M s'intéresse au secteur agroalimentaire, elle est spécialisée dans la fabrication de la farine de gaine de la caroube de différentes qualités.

Elle a aussi des sous produits : le germe alimentaire et la pulpe. Elle est le deuxième producteur mondial de la gomme de caroube après l'Espagne. La quasi-totalité de la production est destinée à l'exportation. Elle dispose de deux sites : le premier à Fès, le deuxième à Essaouira.

En 2001 elle a obtenu la certification ISO9002 puis a évolué en 2003 vers la certification ISO9001 version 2008 « Système de Management de la Qualité ». Cette certification a permis à l'entreprise de convoiter de nouveaux clients. Après son acquisition par le géant américain CARGILL en 2006, S.B.I.M continue à multiplier ses efforts dans la conquête du développement, notamment l'amélioration de la qualité qui est un critère concurrentiel important dans son domaine d'activité (la fabrication et vente de la farine de caroube), et le développement des compétences. Ainsi, en 2007 les efforts de l'organisation furent récompensés par l'obtention d'une deuxième certification ISO22000 version 2005 « Système de Management de Sécurité des Denrées Alimentaires ».

2. Fiche technique de l'entreprise

- **Raison sociale : Société anonyme**
- **Date de création : 1985**
- **Activité : fabrication de gomme alimentaire à base de graine (E410)**
- **Capacité de production : 2500 TM /an.**
- **Capital social : 35 .750.300 DH**
- **Effectif : 82**
- **Cadres supérieurs : 1**
- **Cadres Moyens : 3**
- **Employés de bureau : 7**

3. Description du laboratoire d'analyses physico-chimiques et bactériologiques :

Le laboratoire d'analyses qui fait partie du service qualité de la société SBIM dans le quel j'ai effectué mon stage, représente un axe parallèle à la production, car là où s'effectuent toutes les analyses physico-chimiques et bactériologiques sur le produit semi-ouvré et sur le produit fini.

En cas de non-conformité de spécification, le produit subit un recyclage pour modifier l'anomalie remarquée.

4. Les étapes de fabrication de la Farine (la gomme) des graines de caroube et de la poudre de caroube :

SBI Maroc est une entreprise qui fabrique la farine de caroube après une transformation de la matière première, cette opération présente trois étapes :

a- Réception de la matière première et concassage :

La société reçoit la matière première (les gousses ou parfois des graines brutes) de différentes régions nationales ou étrangères.

Les gousses reçus passent par des broyeurs puis des séparateurs afin de séparer la pulpe des graines. Les graines sont récupérées dans des cyclones de stockage.

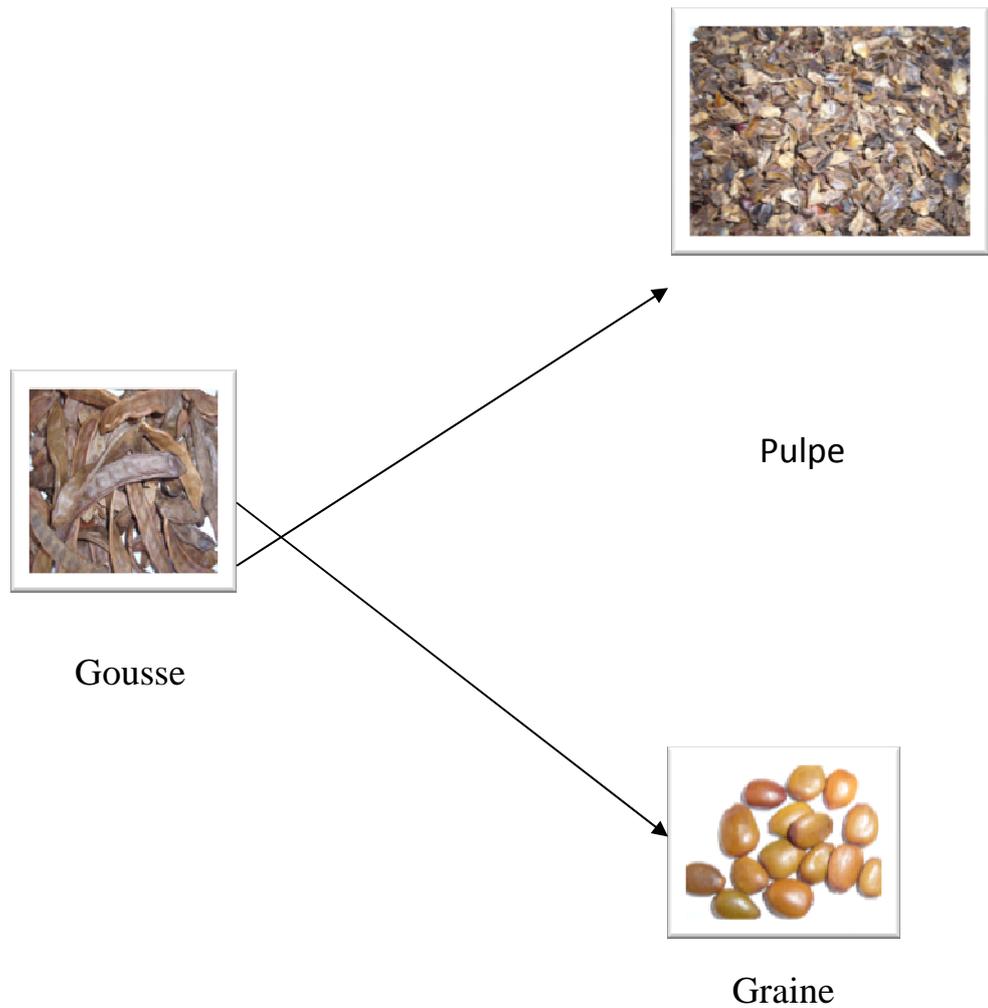


Figure 1: concassage de la gousse

Une partie de la pulpe de caroube est utilisée comme ingrédient pour un aliment des bétails, le reste va se transformer comme poudre de caroube (figure2).



Figure 2: La poudre de caroube

b- Traitement chimique :

Le traitement chimique des graines est une étape importante dans la fabrication de la farine de caroube, ce traitement passe par les étapes suivantes :

- Nettoyage : élimination des impuretés associées aux graines.
- Traitement acide : élimination de la peau des graines.
- Lavage et séchage : les graines sont ensuite lavées à l'eau, égouttées, séchées, puis refroidies jusqu'à obtenir des graines décortiquées propre.
- Tri optique : élimination des graines mal traitées durant l'étape chimique.

c- Broyage :

Les graines sont, ensuite, traitées dans un broyeur afin de séparer le **split** du **germe** des graines.

- Remarque : la graine décortiquée se compose de **split** et de **germe**

d- Mouture :

Le split est moulu puis tamisé pour obtenir la farine des graines de caroube(E410).



Figure 3: La farine des graines de caroube



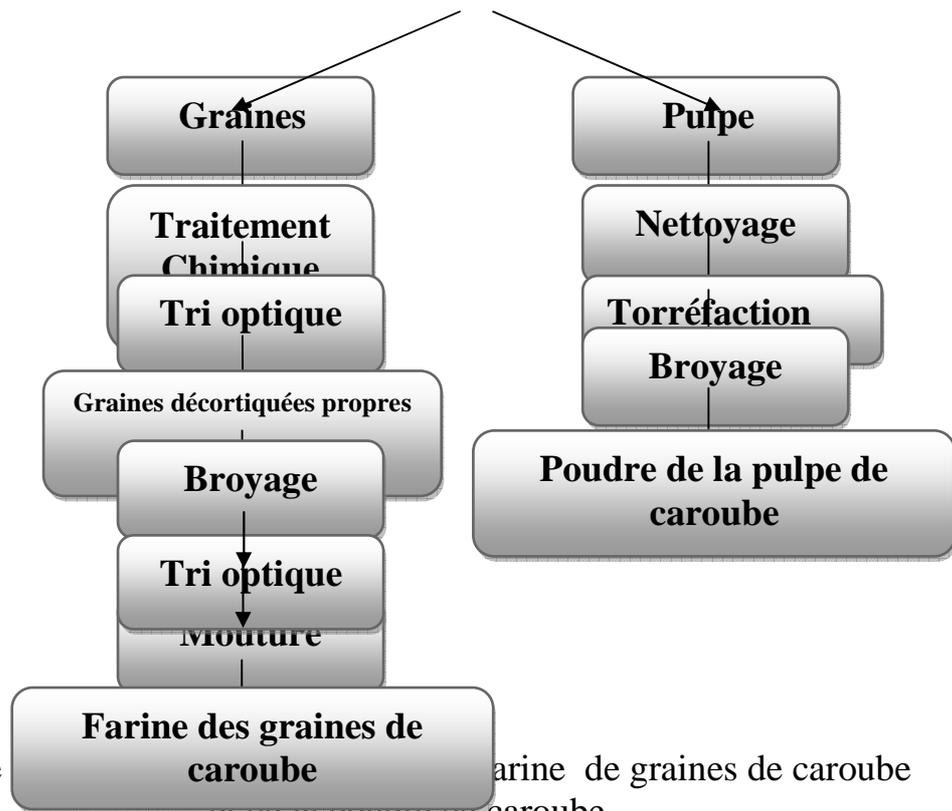


Figure 1. Schéma de fabrication de la farine de graines de caroube et de la poudre de caroube

Partie II

Etude bibliographique

1. Situation du caroubier au Maroc :

Au Maroc, le caroubier occupe une superficie de 30 000 ha. Il est localisé dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas et sous des bioclimats de type humide, sub-humide, semi-aride et aride côtier à variantes chaleur et température. Il est souvent en association avec l'olivier, le lentisque, le thuya ou l'arganier.

La principale population spontanée de caroubier est localisée dans les régions de Tafelna et Aït Ishaq (province de Khénifra) entre 600 et 1000 m d'altitude, en association avec d'autres espèces forestières et abritée du vent et du froid.

2. Description du caroubier :

- **Famille** : [Légumineuses](#) (sous-famille des Césalpiniacées, [Arbre de Judée](#), Caroubier, Cassia, [Chicot](#), [Févier](#), [Tamarinier](#))
- **Origine** : Arabie Saoudite, Somalie, Asie mineure et aujourd'hui répandu dans tout le bassin méditerranéen. Il est cultivé principalement en Sicile et en Espagne.
- **Taille** : De croissance lente, il peut mesurer de 8 à 15 m (vers 50 ans) et vivre 500 ans.
- **Écorce** : brune, rugueuse. Son bois dur et rougeâtre est très apprécié en ébénisterie.
- **Feuilles** : persistantes, grandes de 12 à 30 cm, paripennées, à 2-6 folioles ovales, larges, coriaces, vert sombre.

- **Fleurs** : Inflorescence cylindrique (mâle, femelle ou hermaphrodite) de 3 à 15 cm composée de 20 à 60 fleurs brunâtres peu décoratives, apparaisse de Juillet à Novembre.

Cultivé depuis l'Antiquité, le caroubier femelle doit être pollinisé par un arbre mâle pour donner, à partir de l'âge de 15 ans, des fruits comestibles et sucrés (en septembre/octobre) : les **caroubes**.

Le **caroubier** est un arbre, en pleine production, peut fournir entre 300 et 800 kg de caroubes par an.



Figure 5: Arbre de caroubier

Les caroubes sont des gousses indéhiscentes, de 10 à 30 cm de longueur sur 1,5 à 3cm de largeur, au début elles sont vertes, elles deviennent brunes foncés à maturité, en Juillet de l'année d'après.

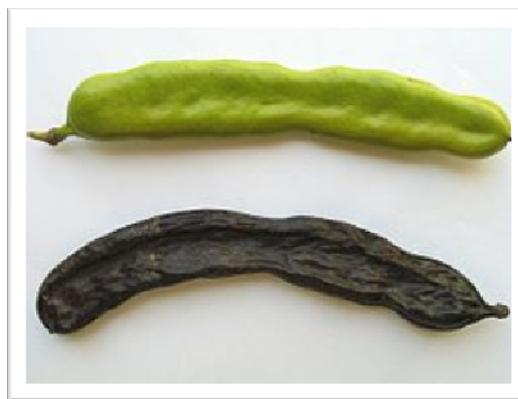


Figure 6: Représentation des caroubes
(les gousses) vertes et brunes

3. Les propriétés de la caroube et ses utilisations :

a- La caroube :

La gousse de caroube, fruit du caroubier, se compose d'une cosse - appelée pulpe de caroube – enveloppant des graines.

- Les **graines de caroube** sont brunes, de forme ovoïde aplatie biconvexes et très dures. Elles sont séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses. On en compte de quinze à vingt par **gousse**.

Il se compose de trois constituants importants :

- l'endosperme (split)
- tégument (La peau)
- Cotylédons (germe)

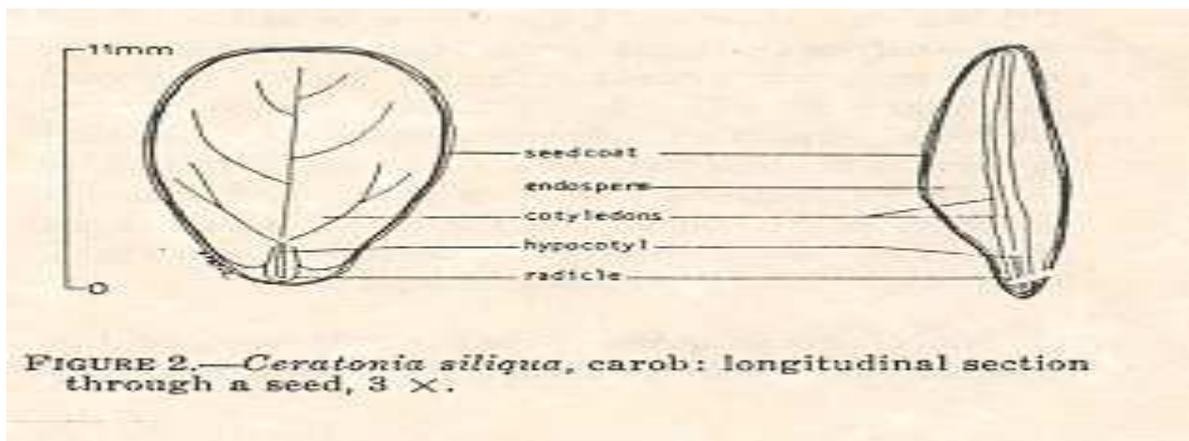


Figure 7: coupe longitudinale représentant la graine de la caroube

- La pulpe contenue dans les gousses est farineuse et sucrée à maturité. Comestible, au goût chocolaté, elle est parfois consommée dans les pays pauvres.



Figure 8: la pulpe et une graine

b- La composition et les utilisations des constituants de la caroube :

Les composants de la caroube présentent des sous-produits abondamment utilisés en alimentation humaine comme en alimentation animale: la farine de pulpe de caroube, la farine de graines de caroube et la protéine de germe de caroube.

i-La pulpe de gousse de la caroube :

Elle contient une forte proportion de sucre (glucose, saccharose, fructose), se situant entre 35% à 50% selon la région géographique de récolte: les gousses d'Espagne présentent un taux plus élevé que les autres.

De ces sucres, est issue une valorisation traditionnelle, communément consommée dans les pays de l'Orient tels que la Syrie et le Liban: la mélasse de caroube.

Elle est utilisée comme sirop en alimentation humaine et considéré comme produit énergisant en alimentation animale.

Des récentes recherches ont pu produire une mélasse transparente qui, après une transformation spécifique, génère un produit à forte valeur ajoutée: *le Pinitol*. Celui-ci est utilisé dans des traitements médicaux très spécifiques.

De cette même pulpe, lors du processus d'extraction des sucres, on obtient un produit résiduel, très prisé pour sa haute teneur en fibres, connu pour exercer un effet régulateur sur la fonction intestinale.

Cette fibre est particulièrement utilisée dans les cas de diarrhée ou de constipation chez les enfants. De nombreuses préparations sont offertes sur le marché, tant que produit de consommation courante, que médicament.

La pulpe de caroube est aussi utilisée, après un processus de torréfaction qui en change l'aspect, la couleur ainsi que son goût, comme un substitut au cacao. Contrairement à celui-ci, la pulpe de caroube ne contient ni *théobromine*, ni *caféine*, deux alcaloïdes à l'action excitante sur l'organisme. Elle contient, par contre, une quantité élevée de *polyphénols*, pour laquelle est très prisé le chocolat.

La pulpe est particulièrement recherchée dans les domaines des 'chocolats' à faible teneur en sucre biologique et à grande valeur ajoutée.

Elle est vendue sous forme de tablettes, de poudre ou de paillettes.

ii- La farine des graines de caroube :

L'usage de la caroube ne se limite pas à sa pulpe. En effet, la graine qui, initialement fut un résidu difficile à éliminer, renferme un *galactomanane* dont la structure des chaînes, en fait un épaississant très utilisé dans le domaine agro-alimentaire, connu sous le code normalisé **E 410**.

La farine de graine de caroube est appréciée pour son effet épaississant à faible concentration et son effet de retardement de la viscosité lors de la préparation au moment de la cuisson.

Extrêmement employée dans la fabrication des glaces, dont elle améliore la texture, le maintient dans le temps, température, et acidité tout en réduisant les effets de cristallisation de l'eau. Grâce à la synergie qu'elle développe avec d'autres polysaccharides issus d'autres produits végétaux ou d'origine marine (carraghénanes, xanthane, tara, guar ...), cette gomme crée un gel dont elle améliore l'élasticité. De ce fait, elle est très utilisée dans le domaine des préparations de fruits, des sauces, de la boulangerie, des gels à l'eau,...

Elle est très utilisée dans d'autres applications industrielles telles que l'industrie du papier, les encres, le textile, la pharmacie, la cosmétique, etc, ...

Son coût rédhibitoire l'a fait éliminer de ces domaines.

iii- La protéine de germe de la caroube :

Lors de la préparation de la gomme de caroube, à partir de la graine, un sous-produit est généré, très riche en protéines: le germe.

Celui-ci, selon les régions, peut présenter de 35% à plus de 50% de taux de protéines. Il est très utilisé dans le domaine de l'alimentation de bétail au niveau mondial, au Maroc il est utilisé dans le domaine avicole.

Partie III

Biodiversité de la graine de caroube

L'étude de la biodiversité de la graine de caroube est effectuée sur 6 régions du Nord , Sud, et de Moyen du Maroc :

Sud :Fatouaka, Mramar .

Moyen : Immouizzer, Oulad Sehou.

Nord Est : Benfrassen, Sebt Ould Daoud.

Chaque région est caractérisée par des conditions topographiques et climatiques représentant la distribution de cette espèce au Maroc (figure 9).

Mon travail se base sur la détermination de l'humidité, le pourcentage des constituants de la graine de caroube (Split, Germe, La peau) et la détermination de galactomannane dans la graine.

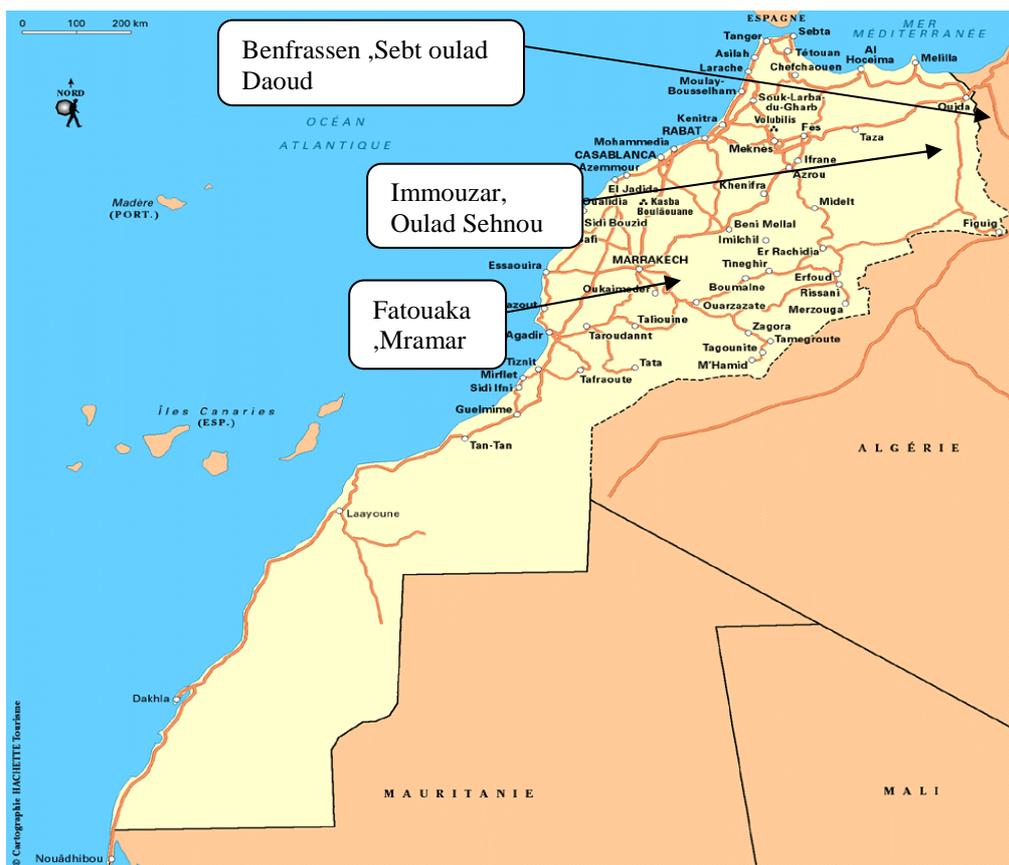


Figure 9:Localisation des régions de caroube étudiées

I- Matériel et méthodes :

1 .Détermination de pourcentage du constituant de la graine :

a- Taux d'humidité des graines brutes :

1. **Principe :**

Le principe est de calculer l'humidité des graines de 6 régions du Nord, sud, et de moyen du Maroc.

2. **Appareillage :**

- Capsules
- Etuve

3. **Mode opératoire :**

- Prise d'essai : 10 g des graines
- Séchage des graines dans l'étuve à une température de 105° C jusqu'à la stabilisation du poids à une durée de 5 heures
- Mesure de la masse sèche

b- Taux d'humidité des constituants des graines :

1 **.Principe :**

Calcul de taux d'humidité des constituants de la graine (Split, germe et la peau) de 6 régions du Nord, Moyen, Sud du Maroc.

2 **.Appareillage :**

- Plaque chauffante
- Capsules
- Etuve
- Béchers
- Spatule

3 **.Mode opératoire :**

- Mesure de 10 g des graines
- Mettre les graines dans l'eau bouillant et laisser gonfler pendant 15 min.

- Décorticages manuel des graines pour avoir le split (endosperme), germe et la peau (figure 10).



Germe



Split



La peau

Figure 10: Les constituants de la graine

- Mesure de la masse humide de chaque constituant
- Séchage des constituants des graines dans l'étuve à une température de 105° C jusqu'à stabilisation du poids
- Mesure de la masse sèche.

⇒ Les résultats obtenus sont calculés selon les formules suivantes :

- Taux d'humidité :

$$T\% = (Mh - MS) / Mh \times 100$$

Avec :

Mh : masse humide

MS : masse sèche

T% : Taux d'humide

- Extrait sec

$$ES = Mh - (Mh \times T\%)$$

Avec :

ES : Extrait sec



Pourcentage du constituant de la graine :

$$\text{Constituant}\% = \left(\frac{\text{ES}(\text{constituant})}{\text{ES}(\text{graine})} \right) \times 100$$

2 - Pourcentage de galactomannane:

L'endosperme(Split) est essentiellement constitué de gomme ou galactomannane, qui est une molécule polysaccharidique composée de deux unités de sucre, mannose et galactose.

Ce polysaccharide naturel est doté de diverses propriétés importantes, à savoir une haute viscosité dans l'eau, même à température et à pH variables, une capacité de former, à partir d'une solution très diluée, de stable solution visqueuse et une haute potentialité de réagir avec d'autres polysaccharides induisant ainsi un effet de synergie.

1 .Principe :

La gomme de caroube est une galactomannane qui, doit être soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, c'est pour cela on peut calculer le pourcentage de galactomannane qui est précipité dans l'alcool isopropylique pour la caroube de différentes régions étudiées du Maroc.

2 .Appareillage :

- | | |
|-----------|-----------------|
| -Béchers | -Bain marie. |
| -Etuve. | -Capsule. |
| -Spatule. | -Papier filtre. |

3 .Mode d'opérateur :

- on met dans un bécher de 250 ml, 80 ml de l'eau distillée.
- On pèse PE de split sec, puis on note le poids (de bécher+échantillon).

- On met le bécher au bain marie pendant 6 h, après on pèse le bécher et on réajuste le poids, on l'agite pendant une heure jusqu'à solubilisation totale de l'échantillon.
- Dans un bécher de 600 ml, on verse 200 ml d'alcool isopropylique Sur la solution en agitant.
- On observe la coagulation du galactomannane, on filtre, et on met le filtrat dans une capsule, on met le coagulum dans l'étuve, ensuite on le pèse, et on note PC.

⇒ Les résultats obtenus de différentes régions, permettent de calculer les pourcentages de galactomannane dans l'alcool :

$$\%GPA = (PC / PE) \times 100$$

%GPA : le pourcentage de la gomme précipitable dans l'alcool.

PE : le poids d'échantillon (split) sec

PC : le poids du coagulum sec

II- Résultats et discussion :

1 – Pourcentage des constituants de la graine :

a-Humidité :

Le tableau ci-dessous représente l'humidité des graines brutes (GB) et des constituants des graines, en appliquant la formule suivante :

$$T\% = (Mh - MS) / Mh \times 100$$

		humidité%				
	Region	GB	Essais	%Split	% Germe	% Croute
Nord	Ben frassen	9,74	1	41,00	34,31	59,00

			2	39,61	28,46	51,27
			3	40,56	31,38	54,30
			4	40,06	31,80	57,62
			5	45,45	35,98	55,32
			1	43,54	34,80	50,60
	Sebt oulad daoud	13,27	2	32,60	25,80	42,02
			3	50,75	40,76	50,30
			4	37,36	32,29	45,23
			5	38,97	38,93	50,31
			1	51,10	29,00	30,00
Moyen	Immouzar	7,95	2	42,68	34,66	49,40
			3	44,13	39,80	51,53
			4	42,92	32,90	50,00
			5	70,73	24,59	39,17
			1	39,05	27,79	45,73
	Ouled sehnoun	9,40	2	37,74	27,41	51,30
			3	48,32	38,94	57,70
			4	40,23	31,92	54,43
			5	44,74	34,30	54,47
			1	35,90	26,26	40,21
Sud	Fatouaka	10,00	2	35,46	28,03	47,27
			3	41,42	31,89	47,57
			4	35,88	29,63	48,83
			5	42,48	32,70	52,60
			1	42,12	33,16	45,94
	Mramar	8,80	2	40,90	31,30	46,20
			3	43,16	31,46	53,82
			4	41,59	33,94	50,78
			5	51,09	39,87	58,85

b- Extrait sec :

Le tableau ci-dessous représente l'extrait sec des graines brutes(GB) et

des constituants des graines en appliquant la formule suivante sur les résultats précédents :

$$ES = Mh - (Mh \times T\%)$$

extrait sec en (g)

	Region	GB	Essais	Split	Germe	Peau
Nord	Ben frassen	9	1	5,0	1,9	1,6
			2	4,4	1,9	2,1
			3	4,7	2,0	2,1
			4	4,6	1,9	2,0
			5	4,6	1,9	2,0
	Sebt oulad daoud	8,9	1	4,6	1,8	1,6
			2	4,8	1,9	1,9
			3	4,9	1,9	1,8
			4	4,7	1,7	1,8
			5	4,8	1,7	1,6
Moyen	Immouzar	9,2	1	5,2	2,1	2,4
			2	4,2	1,7	1,7
			3	4,4	1,7	1,7
			4	4,9	1,9	1,8
			5	3,8	1,4	1,5
	Oulad sehnou	9,1	1	5,0	1,9	1,9
			2	5,1	1,9	1,9
			3	4,9	1,9	1,7
			4	5,2	1,9	1,8
			5	4,9	1,8	1,7
Sud	Fatouka	9	1	4,4	1,4	1,7
			2	5,3	1,7	1,7
			3	5,0	1,8	1,6
			4	5,0	1,9	1,8
			5	4,9	1,9	1,7
	Mramar	9,1	1	5,4	1,9	1,7
			2	4,3	1,6	1,5
			3	4,8	1,8	1,6
			4	4,8	1,8	1,6
			5	5,1	1,8	1,6

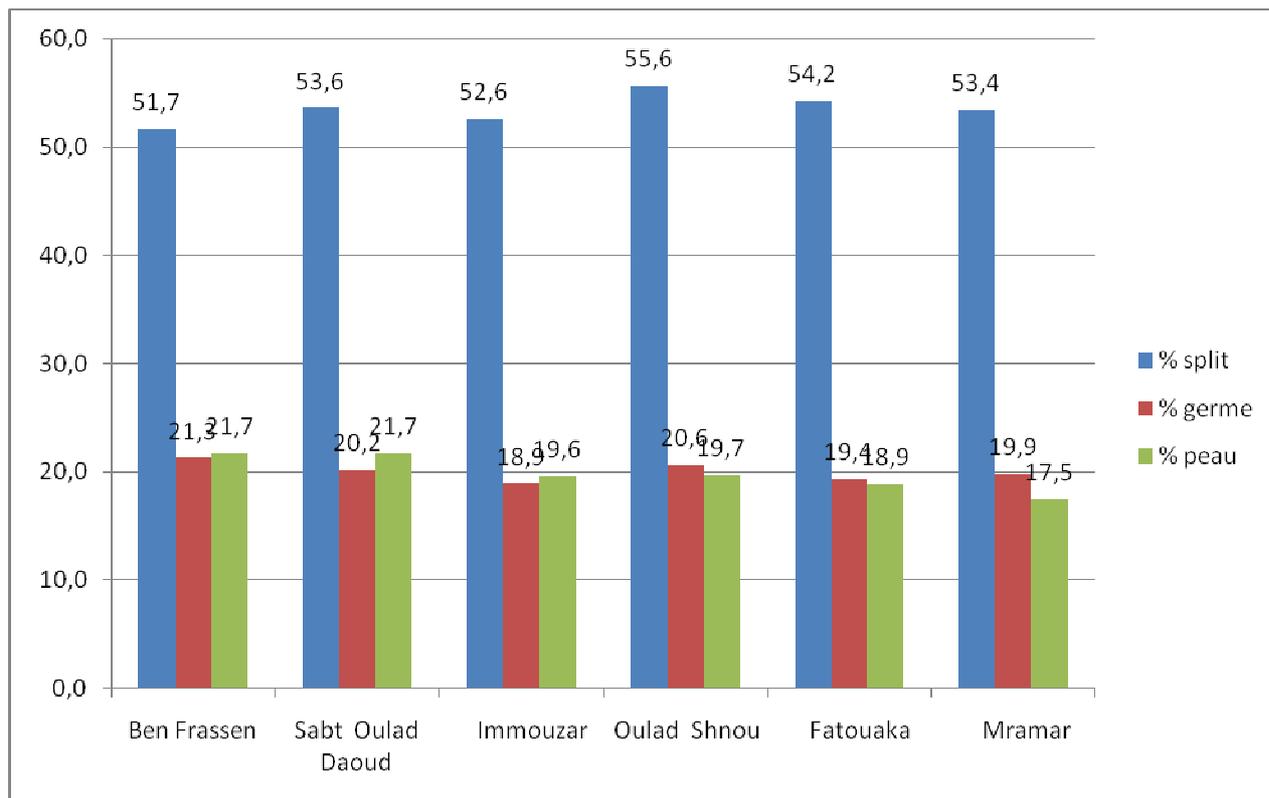
c- Pourcentage des constituants :

Le tableau ci-dessous représente les résultats du pourcentage des constituants des graines, en appliquant la formule suivante sur les résultats précédents :

$$\text{Constituant}\% = \left(\text{ES}(\text{constituant}) / \text{ES}(\text{graine}) \right) \times 100$$

		% des constituants			
	Region	% split	% germe	% peau	Totale
Nord	Ben Frassen	55,8	21,1	17,7	94,6
		48,8	20,6	23,4	92,7
		52,1	22,0	23,5	97,6
		51,1	21,3	22,5	94,8
		50,5	21,5	21,6	93,6
	Sebt oulad daoud	52,0	20,1	18,5	90,6
		54,5	21,1	21,9	97,5
		55,0	21,0	20,0	96,1
		52,7	19,4	20,1	92,2
		53,8	19,2	18,2	91,2
moyen	Immouzar	56,5	22,4	26,2	94,6
		45,1	17,8	18,2	81,1
		48,2	18,9	18,9	86,0
		53,3	20,3	19,0	92,6
		41,3	15,2	15,8	72,3
	Oulad sehnou	55,3	20,6	21,0	96,9
		56,7	20,8	20,8	98,2
		54,3	20,4	18,2	92,9
		57,4	21,2	19,9	97,5
		54,5	20,0	18,5	93,1
Sud	Fatouka	48,4	16,2	18,9	83,5
		58,4	19,1	19,3	96,9
		53,9	19,2	18,0	91,1
		56,0	21,1	19,4	96,6
		54,4	21,1	18,9	94,4
	Mramar	59,3	21,3	19,0	99,6
		46,9	17,6	16,5	80,9
		52,7	20,8	17,2	90,0
		52,3	19,9	17,3	89,7
		56,0	19,8	17,6	93,3

Le graphique ci-dessous montre les résultats des pourcentages constituants des graines de la caroube des régions étudiées :



Ces résultats montrent que Split représente un pourcentage élevé (53 % en moyenne) dans la masse de la graine pour toutes les régions, par rapport à le germe et la peau.

La région Oulad Shnoun a un pourcentage en endosperme de 55,6 % qui est plus élevé par rapport aux autres régions. Pour Mramar et Sebt Oulad Daoud, le pourcentage d'endosperme est presque le même, alors que le pourcentage de germe, la peau est plus élevé chez Ben Frassen par rapport aux autres régions.

3 - Pourcentage de galactomannane de la graine:

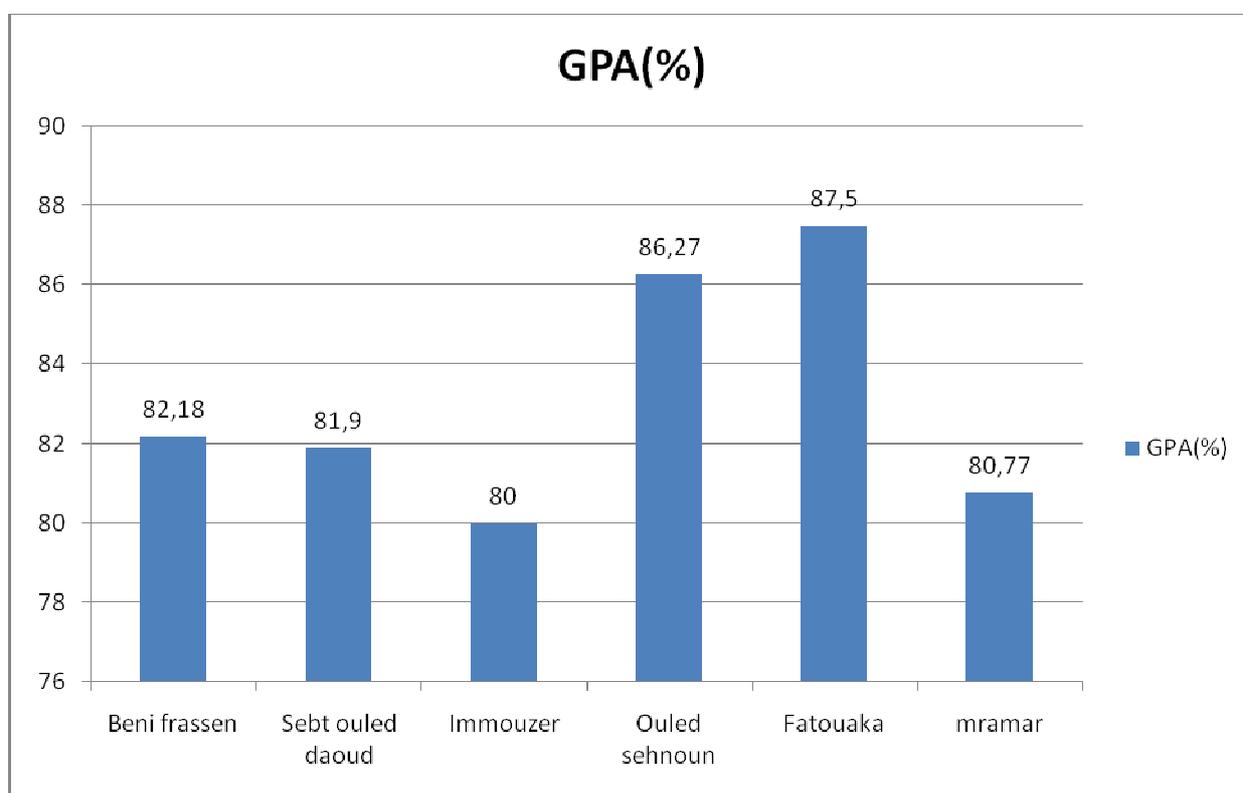
Le tableau ci-dessous représente le pourcentage galactomannane dans la graine dans les différentes régions en appliquant la formule suivante :

$$\%GPA = (PC / PE) \times 100$$

Régions	PC(g)	PE(g)	GPA(%)
Beni Frassen	0,83	1,01	82,18

Sebt Ouled Daoud	0,86	1,01	81,9
Immouzer	0,8	1	80
Ouled Sehnoun	0,88	1,02	86,27
Fatouaka	0,91	1,04	87,5
Mramar	0,84	1,04	80,77

Le graphique ci-dessous montre les résultats du pourcentage des constituants de la graine de caroube des régions étudiées :



Ces résultats montrent que le galactomannane représente un pourcentage élevé entre 80 % et 87 % dans la masse de split pour toutes les régions.

Le pourcentage de galactomannane dans les régions de Fatouaka et Ouled Sahnoun est un peu plus élevé par rapport aux autres, il est de 86,5 % à 87,5 %. La région Immouzer et Mramar ont presque le même pourcentage de galactomannane.

Conclusion

A la lumière des résultats obtenus, à partir des moyennes calculées, on distingue quatre régions (Ben Frassen, Sebt Oulad Daoud, Immouzzar, Mramar) qui ne représentent pas une différence importante au niveau du pourcentage des constituants de la graine et du pourcentage de galactomannane.

Cependant la région Fatouaka et la région Oulad Sahnoun présentent une différence remarquable au niveau du pourcentage de galactomannane et au niveau du pourcentage des constituants de la graine par apport aux autres régions.

Le but de ce stage était de déterminer la diversité naturelle des graines de caroube pour une orientation d'étude statistique. Faute de temps, d'une part et de manque des acquis (outils statistiques) d'autre part, je n'ai pas pu exploiter complètement mes résultats. J'espère que ce projet pourrait être complété pour d'autres régions pour que la société SBI MAROC assure une amélioration de ses prestations ainsi qu'un développement continu à l'échelle mondiale.

J'espère qu'au terme de ce stage, j'ai pu acquérir une bonne expérience au sein de la société SBI MAROC et de pouvoir élargir mes connaissances dans le domaine d'analyse et de travail de groupe.