



# TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MAPM/DERD

• Juin 2007 •

PNTTA

## Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier

### Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) 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, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides.

Les écosystèmes méditerranéens sont caractérisés par des précipitations rares ou irrégulières et par de longues périodes estivales sèches. Ces contraintes climatiques combinées à une pression anthropique, conduisent généralement à une dégradation du couvert végétal et à une érosion rapide des sols. Pour contrecarrer ce fléau, sauvegarder la fertilité des sols et améliorer le niveau de vie de la population rurale, l'utilisation des espèces arborescentes pionnières à usage multiple comme le caroubier, adaptées aux aléas climatiques et pouvant s'installer sur des terrains marginaux, dans les programmes de reboisement et de restauration des sols dégradés reste une bonne stratégie.

Le caroubier présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe. En 2003, le volume et la valeur des exportations du Maroc étaient:

• **flocons, semoules, et farines:** 11 350 tonnes soit 22 millions Dh;

• **caroubes y compris les graines:** 10 410 tonnes soit 192 millions Dh;

• **mucilage et épaississants de caroubes:** 2 040 tonnes soit 136 millions Dh.

Les importations pendant la même année s'élevaient à:

• **caroubes y compris les graines:** 897 tonnes soit 19 millions de Dh;

• **mucilage et épaississants du caroubes:** 55 tonnes soit 1,85 millions de Dh.

La balance commerciale du secteur est de 330 millions de Dh en faveur des exportations.

La demande mondiale pour la gomme correspond à environ 35 000 tonnes de graines.

### 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 chaude et tempérée. 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 Tafelgha et Aït Ishaq (province de Khénifra) entre 600 et 1000 m d'altitude, en association avec d'autres espèces forestières et abritée des vents et du froid.

La production du caroubier dépend essentiellement des précipitations. Elle est estimée à 16 000 T en gousses (4800 T en graines). Elle n'a pas cessé d'augmenter depuis une quinzaine d'années. La densité à l'hectare varie de 5 à 25 pieds. C'est une essence très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm de pluie) mais pas au froid. Elle tolère les sols pauvres, sablonneux, limoneux lourds, rocailloux et calcaires, des pH de 6,2 jusqu'à 8,6 mais craint les sols acides et humides.

### Utilisations du caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés. On tire de la caroube deux principaux produits. **La farine**, obtenue en séchant, torréifiant et mouvant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire et pour la production industrielle d'alcool par fermentation. **La gomme**, extraite de l'endosperme blanc et translucide de la graine, est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire, pharmaceutique (principalement contre les diarrhées), cinématographique, textile et cosmé-



### SOMMAIRE

n° 153

#### Caroubier

- Situation du caroubier au Maroc..... p.1
- Description morphologique du caroubier..... p.1
- Sélection clonale du caroubier..... p.2
- Multiplication du caroubier..... p.3
- Réalisation de vergers de caroubier..... p.4
- La caroube et ses utilisations..... p.4

tique. 100 kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche.

Le caroubier est aussi une plante mellifère et pastorale; son miel est de bonne qualité. Ses feuilles et la pulpe de ses fruits sont riches en unités fourragères, respectivement 0,29 et 0,6 à 0,9 UF/Kg de matière sèche.

Le caroubier est souvent utilisé pour lutter contre l'érosion des sols, comme brise vent et comme arbre ornemental compte tenu de sa couronne sphérique, et de son feuillage persistant, dense et brillant. Son bois est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage.

Les prix de vente des caroubes varient selon les mois (de 5 Dh/Kg au mois d'août - septembre jusqu'à 9 Dh au mois de Avril-juillet) et selon les régions (3 à 4 Dh dans le Rif, 5 à 9 Dh ailleurs). Les graines seules sont vendues entre 22 et 32 Dh.

Il existe au Maroc une vingtaine d'unités de concassage, de transformation et de production de la gomme dont la capacité dépasse les 80 000 tonnes. Actuellement, on distingue trois régions commerciales: Marrakech, Agadir et Fès.

### Description morphologique du caroubier

#### Arbre

Le caroubier est un arbre à feuillage abondant, persistant et très dense. Il peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de 7 à 10 m



et même 15 à 20 m en Orient, et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. C'est un arbre xérophytique, pérenne, sa longévité est considérable, jusqu'à 200 ans.

Le caroubier a des racines fortes qui pénètrent dans le sol pour atteindre une profondeur de 18 m ou même plus. Sa croissance est très lente, en particulier au début de sa croissance. Il peut émettre des rejets de souche avec vigueur et se caractérise par des branches solides et robustes.

## Feuille

Les feuilles persistantes, de longueur de 10 à 20 cm, se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant de 8 à 15 folioles, opposés, de 3 à 7 cm. Elles sont coriaces, entières, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées au sommet avec une couleur vert noir brillante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure.

Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne sauf en juillet chaque deux ans, lesquelles sont renouvelées au printemps de la même année, en avril et mai.

## Fleur

Les fleurs du caroubier sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, brièvement pédonculées.

Initialement, les fleurs sont bisexuelles; il y a suppression d'un axe durant le développement et le fonctionnement des cellules pour aboutir à des fleurs mâles ou femelles.

La morphologie florale est complexe et varie largement d'une référence à une autre, par exemple il existe des:

- inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines à longs filaments et à pistil non développé;
- Inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines courtes et un pistil non développé;
- Inflorescences hermaphrodites à fleurs avec des étamines et un pistil bien développés;
- Inflorescences femelles avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires;
- Inflorescences polygames comportant des fleurs femelles, des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites.

Les fleurs du caroubier marocain seraient plutôt unisexuées; la forme hermaphrodite reste rare dans la partie côtière méditerranéenne de l'Espagne.

## Fruit

Les caroubes sont les fruits du caroubier. Elles sont réunies en grappes simples. Elles sont de grande taille avec une longueur de 10 à 30 cm. Une largeur de 1,5 à 3,5 cm et une épaisseur de 1 à 2,5 cm; le poids est de 15 à 40 g.

Le fruit est indéhiscent, brun foncé à noir à maturité, aplati, allongé ou courbé, séparé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme des 5 à 16 graines brunes, soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de cultivar, du climat et de la conduite technique.

## Floraison et fécondation

La floraison du caroubier apparaît en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre et la durée d'émission du pollen semble dépasser celle de la réceptivité des stigmates. Certains ont observé des anthères mûres de juillet à décembre. Cette période de floraison dépend surtout des conditions climatiques, car dans certaines régions chaudes, la floraison peut avoir lieu même au mois de juin.

Concernant les sujets mâles, quatre points semblent importants à étudier:

- La quantité de pollen produit,
- La période d'émission,
- L'attraction à l'égard des insectes,
- Les qualités génétiques.

La fleur femelle apparaît à partir de juillet et est adaptée à une pollinisation aussi bien anémophile qu'entomophile. Dans les vergers, on rencontre trois modalités de pollinisateurs, à savoir 5 à 12 % d'arbres mâles disséminés, ou bien des branches mâles, provenant du porte greffe, qui ont été maintenues sur des pieds femelles, ou bien encore des greffes de branches mâles sur des pieds femelles. Les arbres hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateurs et producteurs.

## Fructification

Pour arriver à maturité, la caroube nécessite généralement entre 9 et 10 mois. Les inflorescences productives (femelles et hermaphrodites) portent plusieurs fleurs, mais seul un faible pourcentage porte plus de deux fruits. Ainsi, pour les deux cultivars espagnols "Negra" et "Rojal", 12 à 32% des fleurs peuvent donner des fruits.

Généralement, chez les cultivars italiens, portugais et espagnols, le pourcentage de fleurs qui donnent des fruits est de 3 à 5 %.

La chute des fleurs et des jeunes fruits a lieu en octobre, elle diminue en janvier et février, et devient presque nulle entre juin et août. Ainsi, 60 à 90 % des gousses tombent durant le premier stade de croissance au printemps.

La croissance de la caroube n'est pas rapide, elle passe par trois stades de développement suivant une courbe de croissance, comme la plupart des espèces fruitières.

Ainsi ces stades sont bien distingués:

- Le **premier stade** correspond à une croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids.

● Le **deuxième stade** correspond à une croissance rapide entre avril et août caractérisé par une période d'activité de la gousse en début printemps.

● Au **troisième stade** la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en juin, change de la couleur verte en brun. Ainsi, la gousse devient mûre après dix mois.

Le caroubier est un arbre alternant. Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques et de stress ou des pratiques culturales inadéquates.

## Production et récolte

Pour des densités de 45 à 100 arbres par ha, les productions moyennes sont de l'ordre de 2 à 3,5 tonnes par hectare. Des exemplaires adultes isolés peuvent produire plusieurs centaines de kilogrammes de fruits; une production de 300 Kg n'étant pas rare. On cite des arbres exceptionnels ayant produit une tonne de caroube. Un verger de 50 arbres par hectare, produisant en moyenne à l'âge adulte 70 Kg/plant, fournit 3,5 tonnes par hectare. Avec une production unitaire de 100 Kg, on pourrait espérer une production de 5 tonnes pour un verger bien entretenu.

Le caroubier présente une irrégularité de production très marquée dont on attribue généralement la cause à une mauvaise pollinisation, à des déficiences en soins culturaux et aux conditions de climat.

Au mois de septembre, on effectue le gaulage des arbres de façons à provoquer la chute des fruits qui ne se sont pas encore détachés par abscission naturelle; les caroubes sont ensuite ramassées.

## Sélection clonale

Le caroubier est une espèce dioïque et les populations spontanées sont d'une grande diversité génétique. Avant tout programme de multiplication, il est donc important de sélectionner les individus élites à multiplier.

En dehors de ses qualités de rusticité pour lesquelles il a toujours été multiplié par les forestiers, l'intérêt agronomique majeur réside dans sa graine.

Les critères de sélection les plus importants sont:

- Rendement en fruit,
- Rendement en graine (pourcentage de graines par rapport au fruit),
- Alternance de production.
- D'autres critères de sélection peuvent être pris en considération tels que la résistance à *l'oidium* pour des plantations en zones côtières; le port de l'arbre si l'on veut augmenter les densités de plantation et le pouvoir d'abscission des fruits mûrs pour faciliter la récolte.

Fleur femelle



Fleur mâle



## Multiplication du caroubier

### Le semis, une méthode classique pour la multiplication du caroubier

Au niveau national, la seule méthode utilisée jusqu'à présent pour multiplier le caroubier est le semis. Cette technique, par voie sexuée, présente un certain nombre d'inconvénients, à savoir:

- Le caroubier est une espèce dioïque, et par conséquent le semis donne des plants avec un ratio de 50% de femelles et 50% des mâles improductifs;
- La non conformité génétique liée à l'hétérozygotie de l'espèce, et donc une grande hétérogénéité de la descendance.
- Entrée en production très tardive, qui peut prendre plus de 8 ans.

### Le bouturage, une technique végétative possible mais limitée en pratique

Les travaux menés sur le bouturage au Domaine El Bassatine démontrent les limites techniques et physiologiques du bouturage du caroubier. Les résultats varient en fonction des arbres (génétique), de la nature de la bouture et de la concentration en auxine (AIB).

### La culture in vitro, une technique prometteuse

La multiplication de cette espèce n'est pas encore bien maîtrisée surtout au stade enracinement. Cette approche ne sera valable économiquement que lorsque le matériel végétal ne permet pas de procéder au greffage.

### Multiplication par greffage, une technique efficace et maîtrisée

La technique mise au point au Domaine El Bassatine est maintenant utilisée comme routine pour la propagation du caroubier. Cette approche permet:

- La préservation de la conformité du plant produit par rapport au plant mère sélectionné par ses caractéristiques de production et de qualité.
- La conservation des avantages offerts par le plant issus de semis (racines profondes, rusticités, résistances aux maladies) en utilisant comme porte greffe.

Le choix de la greffe en fente apicale par rapport à l'écusson a été guidé par les avantages suivants:

- Il permet de greffer sur des francs très jeunes (9-10 mois) par rapport au greffage en écusson qui demande un diamètre de porte greffe plus grand (donc une durée d'élevage plus longue).
- Il permet d'avoir une bonne soudure greffon - porte greffe.

## Préparation du porte-greffe

### Germination des graines

Avant leur semis, les graines subissent une stratification qui consiste en un trempage dans l'acide sulfurique suivie d'un rinçage abondant et d'une submersion dans l'eau durant 24 heures.

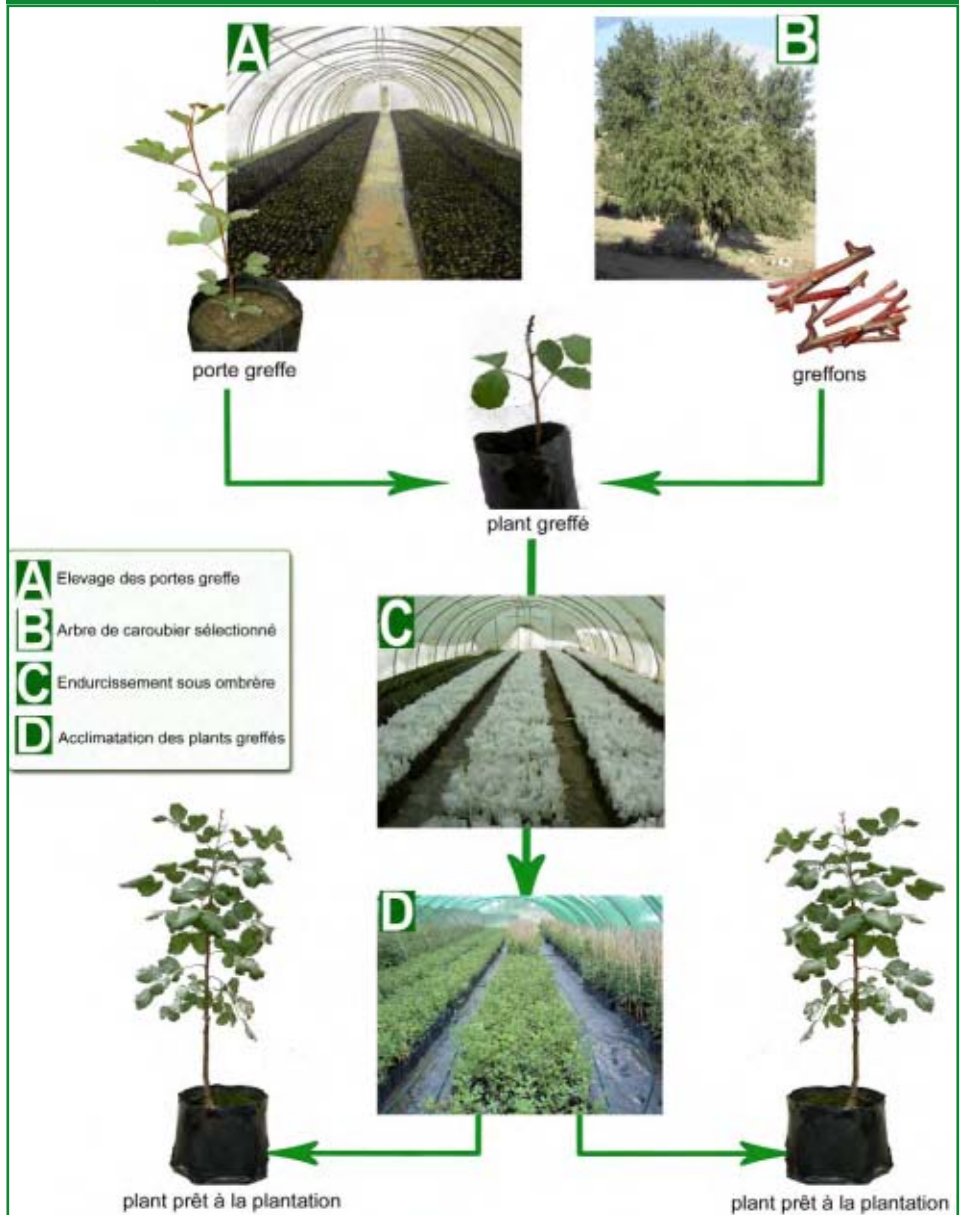
Le substrat, qui doit être léger et drainant, est un mélange de sable et de terre (2/3 - 1/3).

Après la germination des graines, et au fur et à mesure de leur croissance, les jeunes plants sont ébourgeonnés pour les conduire en un seul axe.

### Prélèvement du greffon

Les baguettes à greffons sont prélevées sur le plant sélectionné pour la multiplication. Il s'agit de pousses de l'année encore tendres. Ces dernières sont immédiatement effeuillées pour éviter leur dessèchement puis ficelées en botte avec une étiquette. Elles sont ensuite enveloppées dans un tissu humide et utilisées le plus rapidement possible pour le prélèvement de greffons. Les baguettes

## Cycle de production d'un plant greffé de caroubier



tes doivent être les plus jeunes possibles. Comme le caroubier donne peu de repousses, le nombre de greffons pouvant être prélevés sur un même arbre est assez limité.

### Greffage des plants

Le porte-greffe est étêté à 15 cm du collet et la tige fendue sur 4 mm en son centre. Un bourgeon est prélevé sur la baguette sélectionnée (2 à 3 cm) et son extrémité taillée en biseau sur 4 mm environ. Le greffon ainsi taillé est introduit dans la fente effectuée sur la tige du porte-greffe et le tout est ligaturé pour permettre un bon contact entre greffon et porte greffe et éviter la dessiccation de ce dernier. Une meilleure soudure sera assurée si le greffon et le porte greffe sont de même section. Un sachet plastique transparent est mis sur le plant greffé pour maintenir une humidité suffisante autour de la greffe pendant que se fait la soudure. Ce dernier devra être enlevé dès le démarrage du greffon pour éviter le développement de pourritures.

### Entretien du plant greffé

Le porte-greffe qui a été étêté aura tendance à développer des bourgeons à sa base. Ces derniers devront être supprimés pour favoriser le greffon. Les greffages tardifs (juin) seront plus soumis au problème de dessiccation et les plants devront donc être sous une serre ombragée (filet de 70%). Alternativement, le plastique de la serre pourra être tout simplement badigeonné à la chaux.



↑ Ports d'arbres ↓



## Réalisation de vergers de caroubier

### Densité de plantation

Le caroubier et un arbre méditerranéen exigeant en lumière et ne supporte donc pas les fortes densités. Les densités utilisées varient de 100 (10x10) à 200 arbres/ha (8x6 m).

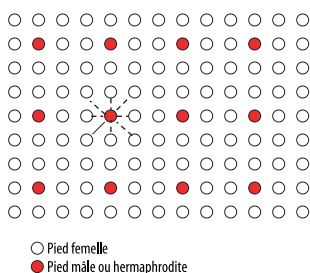
Selon notre propre observation, sur la seule plantation en ligne faite au Maroc (SBI Khémiset), nous conseillons une densité de 156 arbres à l'hectare (8x8).

La densité de plantation sera aussi fonction de la disponibilité en eau et du port de l'arbre, qui est très variable selon les "clones".

### Dispositif de plantation

Le caroubier est une espèce dioïque. Ainsi, pour assurer la pollinisation et la fructification des pieds femelles, il est nécessaire d'avoir un ratio adéquat de pollinisateurs par rapport aux plants femelles. Nous recommandons un pied mâle pour 8 à 12 pieds femelles.

Le dispositif suivant peut être adopté:



### Confection des trous de plantation

Les trous de plantation doivent être confectionnés bien avant l'arrivée des plants. Les dimensions des trous sont au mieux de 1m x1m de profondeur (si le terrain le permet). Ces dimensions permettraient un développement rapide et vigoureux du système racinaire, ce qui favorise la survie et la croissance rapide du jeune plant et permet aux plants de mieux supporter la sécheresse.

### Période de plantation

Les plants étant livrés en sachets, ils pourraient être plantés théoriquement à n'importe quelle époque de l'année pour peu qu'ils puissent être irrigués. D'une façon générale, il faut éviter les chaleurs d'été et les froids d'hiver. La période idéale serait fin hiver-début printemps (Février-Mars).

### Plantation

Le trou de plantation doit être irrigué juste après plantation pour constituer des réserves en eau pour le plant. Il faut veiller à irriguer les plants encore en sachets avant la plantation pour garder une motte adhérente.

Un mulching en paille aide à protéger contre le gel et permet de limiter l'évaporation en été si l'eau n'est pas disponible. Sur de grandes étendus et en l'absence de brise vents, il est conseillé de protéger les jeunes caroubiers (avec un cylindre en osier par exemple).

### Entretien

Il faut éliminer les rejets qui se développent au niveau du tronc. Cette opération débutera dès la deuxième année de plantation et se fera chaque fois que nécessaire. Le caroubier doit se développer et se maintenir sur un seul tronc. Il faut surtout éviter que des branches démarrent des portes greffes au détriment de la variété ■.

**Dr. M. AIT CHITT, Mr H. BELMIR**

Domaine El Bassatine, Meknès, bassatine@menara.ma

**Mr A. LAZRAK**, Cargill-SBI Maroc, Fès

## La caroube et ses utilisations

La gousse de caroube, fruit du caroubier, se compose d'une cosse - appelée pulpe de caroube - enveloppant une graine, qui servirait d'étalon de mesure pour les joailliers et les orfèvres dans les précédents siècles et qui est à l'origine du fameux 'carat'.

Ces deux composants 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.

### La pulpe de gousse de 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 présentant 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 entre comme produit énergisant en alimentation animale.

De récentes recherches ont pu produire une mélasse transparente, qui ensuite 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, sort 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 en produit de consommation courante qu'en produit médicamenteux.

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 lesquels est très prisé le chocolat.

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

Dans le commerce, elle est vendue sous forme de tablettes, de poudre ou de paillettes.

### La farine de 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, la tenue dans le temps à la température, la tenue à l'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 fut très utilisée aussi, par le passé, dans d'autres applications industrielles telles que l'industrie du papier, les encres, le textile, la pharmacie, la cosmétique, etc, ...

Son coût réducteur l'a éliminé de ces domaines.

### La protéine de germe de caroube

Lors de la préparation de la gomme de caroube, à partir de la graine, est généré un sous-produit 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, et très particulièrement dans le domaine avicole, dans le cas du Maroc.

Un usage dans l'alimentation humaine est déjà en cours et présente de nouveaux développements, tout particulièrement pour son absence en gluten ■.

Production mondiale de gousses et de graines de caroube (en tonnes)

Pays	1997		2007			
	Production	%	Gousses	%	Graines	%
Espagne	300 000	73	90 000	36	9 000	28
Maroc	24 000	6	60 000	24	12 000	38
Italie	19 000	5	25 000	10	2 500	8
Portugal	15 000	4	25 000	10	2 500	8
Grèce	20 000	5	19 000	8	1 900	6
Turquie	14 000	4	14 000	6	1 400	4
Chypre	7 000	2	7 000	3	700	2
Algérie	4 500	1	10 000	4	1 000	3
Liban	3 000	<1	1 000	<1	100	<1
Tunisie	1 000	<1	3 000	1	300	1
Autres pays	1 000	<1	1 000	<1	100	<1
<b>Total</b>	<b>408 500</b>	<b>100</b>	<b>250 000</b>	<b>100</b>	<b>31 500</b>	<b>100</b>

