



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCEEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences Agronomiques et des Forêts

-----0000000-----

MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER
EN AGRONOMIE
OPTION : AMELIORATION DE LA PRODUCTION
VEGETALE ET BIODIVERSITE

Réalisé par
BOUBLENZIA Ibtissem

Thème :

*Contribution à l'étude de multiplication du caroubier :
Ceratonia siliqua*

Soutenu publiquement le :
Devant le jury composé de :

M. AMRANI S.M.	Professeur	Université de Tlemcen	Président
M. MERZOUK A.	Maître de conférences	Université de Tlemcen	Examineur
M. EL HAITOUM A.	Maître de conférences (A)	Université de Tlemcen	Promoteur
M. CHIKH M.	Maître assistant (A)	Université de Tlemcen	Invité

Année universitaire 2011-2012



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCEEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences Agronomiques et des Forêts

-----0000000-----

MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER
EN AGRONOMIE
OPTION : AMELIORATION DE LA PRODUCTION
VEGETALE ET BIODIVERSITE

Réalisé par
BOUBLENZ A Ibtissem
Thème :

*Contribution à l'étude de multiplication du caroubier :
Ceratonia siliqua*

Soutenu publiquement le :
Devant le jury composé de :

M. AMRANI S.M.	Professeur	Université de Tlemcen	Président
M. MERZOUK A.	Maître de conférences	Université de Tlemcen	Examineur
M. EL HAITOUM A.	Maître de conférences (A)	Université de Tlemcen	Promoteur
M. CHIKH M.	Maître assistant (A)	Université de Tlemcen	Invité

Année universitaire 2011-2012

Dédicace
Je dédie ce travail

A mes chers parents

A ma grand-mère

A toute ma famille

A toute ma belle famille

A tous mes professeurs

A tous mes amis (es) !

A tous ceux dont amitié sincère m'est agréable

Remerciements

Je remercie en premier lieu Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Je remercie Monsieur **El Haitoum A.**, Maître de conférences à l'Université Aboubakr Belkaïd de Tlemcen, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils avisés, ses encouragements et son soutien. Je lui exprime, ici, ma profonde gratitude.

J'exprime mes profonds remerciements à Monsieur **Amrani M.**, Professeur, d'avoir accepté d'assurer le président du jury de mon mémoire et de magistère.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur **Merzouk A.**, Maître de conférences pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie également à Monsieur **Chikh M.**, Maître assistant.

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est originaire du pourtour méditerranéen. Il est robuste et rustique. Le caroubier est cultivé pour plusieurs intérêts.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à la multiplication de caroubier par deux méthodes : la multiplication par semis afin d'obtenir des francs et la multiplication par greffage (fente double et le placage), dans notre but améliorer notre variété.

Dans la première multiplication, nous avons récolté des graines de caroubier de différentes variétés et de différentes régions ensuite subir un traitement de scarification dans deux milieux différents (L'acide sulfurique et l'eau chaude). Ensuite, la germination s'est poursuivie respectivement dans le coton et dans le sol.

Les résultats obtenus pour le semis des graines traitées dans l'acide sulfurique germés dans le coton ont donné un taux de germination est de 90% et dans le sol, un taux de 87%, par contre les graines trempées dans l'eau chaude germés dans le coton le taux de germination est de 52% et dans le sol est 67%. Le trempage des graines dans l'acide sulfurique nous a permis d'accélérer la germination.

La deuxième opération est consacrée pour voir la meilleure technique de greffage appliqué au caroubier. Le taux de réussite a été de 20% pour la greffe en fente double, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%. Pour cela on encourage la multiplication du caroubier par placage pour un meilleur résultat.

Mots clés : Caroube, multiplication, semis, scarification, greffe en fente double, greffe en placage.

Abstract

The carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) is native to the Mediterranean. He is rugged and rustic. The carob tree is grown for various interests.

In our work, we examined the proliferation of carob by two methods: the multiplication by seeds to obtain frank and propagation by grafting (double slit and plating), in our goal to improve our range.

In the first multiplication, we collected seeds from different carob varieties from different regions and then subjected to a treatment of scarification in two different environments (Sulfuric acid and hot water). Then, germination continued respectively in cotton and soil.

The results for the sowing of treated seeds germinated in sulfuric acid in cotton gave a germination rate of 90% and soil, a rate of 87%, for against the soaked seeds germinated in hot water in cotton germination rate is 52% and in soil is 67%. Soaking seeds in sulfuric acid allowed us to speed up germination.

The second step is devoted to find the best grafting technique applied to the carob tree. The success rate was 20% for the double cleft grafting, while the veneer grafting percentage was much higher at around 90%. For this we encourage the multiplication of the carob tree by plating for best results.

Keywords: Carob, multiplication, planting, scarification, double cleft grafting, veneer grafting.

ملخص

شجرة الخروب (*Ceratonia siliqua L.*) هو مواطن لمنطقة البحر الأبيض المتوسط. هو وعرة وريفي. ويزرع شجرة الخروب لمختلف المصالح.

في عملنا ، قمنا بدراسة انتشار الخروب بواسطة طريقتين : الاكثار من خلال الحصول على البذور الصريح ونشر بواسطة التطعيم (الشق المزدوج والطلاء) ، وهدفنا لتحسين مجموعتنا.

في الضرب الأول ، جمعنا البذور من أصناف مختلفة الخروب من مختلف المناطق وتعرض بعد ذلك إلى معالجة تخدش في اثنين من بيئات مختلفة (حامض الكبريتيك والماء الساخن). ثم وصل الإنبات على التوالي في القطن والتربة. أعطى نتائج لبذر البذور المعالجة نبتت في حامض الكبريتيك في القطن بنسبة 90 ٪ من الإنبات والتربة، وبنسبة 87 ٪، لحد مصاصي بذور نبتت في الماء الساخن في القطن بنسبة 52 ٪ الإنبات في التربة و67 ٪. نفع البذور في حامض الكبريتيك سمح لنا لتسريع الإنبات.

وتكرس الخطوة الثانية للعثور على أفضل تقنية تطعيم تطبقها على شجرة الخروب. وكان معدل النجاح 20 ٪ للتطعيم المشقوق مزدوجة، في حين أن نسبة تطعيم القشرة كان أعلى بكثير في حوالي 90 ٪. لهذا فإننا نشجع الضرب من شجرة الخروب بواسطة الطلاء للحصول على أفضل النتائج.

الكلمات الرئيسية : الخروب، الانتشار، وزراعة، تخدش، فح مزدوجة ترقيع، ترقيع القشرة.

Table des matières

<i>Liste des abréviations</i>	i
<i>Liste des tableaux</i>	ii
<i>Liste des figures</i>	iii
<i>Liste des photos</i>	iv
<i>Liste des cartes</i>	v
Introduction	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	3
I. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen	3
II. Situation géographique de la commune de Tlemcen	3
III. Situation géographique de notre périmètre d'étude.....	4
IV. Relief et structure (géomorphologie).....	6
IV.1. Les monts de Tlemcen et de Sebdou.....	6
IV.2. Le bassin de Tlemcen.....	6
V. Aperçu géologique.....	6
VI. Hydrogéologie.....	7
VII. Le climat et le bioclimat	9
VII.1. Le climat.....	9
VII.1.1. Facteurs climatiques	9
VII.1.1.1. Les précipitations.....	9
VII.1.1.2. Les températures.....	11
VII.1.1.3. La neige	13
VII.1.1.4. Le vent.....	14
VII.2. Bioclimat	14
VII.2.1. La période sèche : Diagramme ombrothermique.....	14
VII.2.2. Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q ₂ ou Q ₃).....	16
VII.3. Conclusion.....	18
Chapitre II : Généralité sur le caroubier	19
I. Origine et répartition géographique	19
I.1. Ses origines.....	19
I.2. Sa répartition géographique dans le monde.....	19
I.3. Distribution géographique en Algérie	20
II. Botanique, biologie et physiologie	22
II.1. Systématique et classification botanique	22
II.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre.....	23
II.3. Biologie et physiologie du cycle de végétation	26

III. Les variétés	29
IV. Ecologie du caroubier	30
V. Multiplication du caroubier	31
V.1. Le semis.....	31
V.2. Le bouturage	31
V.3. Le greffage	31
V.4. La micropagation ou la culture in vitro du caroubier.....	34
VI. Intérêt et utilisations du caroubier	34
VII. Composition chimique du caroubier	36
VIII. Production du caroubier.....	36
IX. Ravageurs et maladies	38
Chapitre III : Matériel et méthodes.....42	
I. Analyse du sol.	42
I.1. Méthode d'étude sur le terrain	42
I.2. Méthode d'étude au laboratoire	42
I.2.1. Analyse physique	43
I.2.2. Analyses chimiques.....	45
II. Multiplication par semis et par greffage	49
II.1. Matériel végétal	49
II.2. Méthode d'étude le semis par deux traitements de scarification des graines	49
II.3. Méthode d'étude le greffage par deux techniques	53
III. Mensuration	57
III.1. Le taux de germination des graines.....	57
III.2. Le taux de greffe réussi en fente double et en placage	57
Chapitre IV : Résultats et discussion	
I. Analyse physico-chimique du sol	58
II. La pratique efficace utilisée pour la multiplication du caroubier	61
Conclusion	69

Références bibliographiques

Liste des abréviations

Abréviation	Signification (unités)
<i>al</i>	Collaborateurs
<i>A.N.A.T</i>	Agence national d'aménagement du territoire
AgNO_3	Nitrate d'argent
$^{\circ}\text{C}$	Degré Celsius
CaCl_2	Chlore de calcium
CaCO_3	Carbonate de calcium
Cl	Chlore
CO_2	Dioxyde de carbone
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
HCl	Acide chlorhydrique
K_2CrO_4	Potassium chromate
M	Température moyenne des maxima du mois le plus chaud
m	Température moyenne des minima du mois le plus froid
MO	Matière organique
N°	Numéro
P	Poids
P.H.E.A	Printemps, hiver, été et automne
pH	potentiel hydrogène
Tab	Tableau
V	Volume

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Caractéristiques de les stations météorologique de Saf Saf et de Zénata.....	9
Tableau N°02 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations	10
Tableau N°03 : Régime saisonniers des précipitations.....	11
Tableau N°04 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures.	12
Tableau N°05 : Moyenne des minima et maxima (en °C)	13
Tableau N°06 : Indice de continentalité de Debrach	13
Tableau N°07 : Quotients pluviothermiques d'EMBERGER et de STEWART	16
Tableau N°08 : Superficie occupée par le caroubier (FAOSTAT 2010)	36
Tableau N°09 : Production mondial de caroube (FAOSTAT 2010)	37
Tableau N°10 : Production mondial de caroube (2010-2011).....	37
Tableau N°11 : Données pédologiques de la zone d'étude.....	59
Tableau N°12 : Les graines traitées par l'eau chaude en fonction de temps.	62
Tableau N°13 : Les graines traitées par l'acide sulfurique en fonction de temps.....	62

Liste des figures

Figure N°01 : Diagramme ombrothermique de BAGNOLS et GAUSSEN	15
Figure N°02 : Climagramme pluviométrique du quotient d'EMBERGER	17
Figure N°03 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997).....	20
Figure N°04 : Répartition du caroubier en Algérie.....	21
Figure N°05 : Distribution du caroubier à Tlemcen	22
Figure N°06 : L'arbre du caroubier.....	23
Figure N°07 : La feuille du caroubier	24
Figure N°08 : Inflorescences du caroubier.....	25
Figure N°09 : Le fruit du caroubier.....	25
Figure N°10 : Les graines du caroubier.....	26
Figure N°11 : Stades de développement du fruit du caroubier.....	27
Figure N°12 : Fleurs femelles	28
Figure N°13 : Fleurs Males	29
Figure N°14 : L'analyse granulométrique.....	44
Figure N°16 : L'analyse sidimentometrique.....	44
Figure N°17 : Détermination de la teneur pondérale en matière organique d'un sol.....	47
Figure N°18 : Détermination des Chlorures.....	48
Figure N°19 : Semis dans le coton.	51
Figure N°20 : Semis dans le sol.....	52
Figure N°21 : Greffe en fente double.....	54
Figure N°22 : Greffe en placage.....	56
Figure N°23 : Diagramme de texture des sols étudiés.....	60
Figure N°24 : Le taux de germination des graines semées dans le coton en fonction des mois	63
Figure N°25 : Le taux de germination des graines semées dans le sol en fonction des mois. .	63
Figure N°26 : Résultats de semis les graines dans le coton.....	64
Figure N°27 : Germination des graines dans le sol.....	64
Figure N°28 : Germination des graines de caroubier.....	65
Figure N°29 : Greffe en fente double.....	67
Figure N°30 : Greffe en placage.....	67

Liste des photos

Photo N°01 : Les graines de caroubier avant le traitement.....	51
Photo N°02 : Traitement des graines avec l'eau chaude.....	51
Photo N°03 : Traitement des graines avec l'acide sulfurique.....	51
Photos N°04 : Résultat après les traitements.....	51
Photo N°05 : Mettre les graines dans le coton.....	51
Photos N°06 : Préparation du substrat.....	52
Photos N°07 : Remplissage des sachets avec du substrat et semis des graines de caroubier.....	52
Photos N°08 : Préparation du greffon.....	54
Photo N°09 : Porte greffe (arbre caroubier).....	54
Photo N°10 : Fente verticale sur 3 à 5 cm au centre.....	54
Photos N°11 : Pose des 2 greffons (fente double), ligature et masticage de la greffe.....	54
Photo N°12 : Arbre de caroubier greffé en fente double.....	54
Photos N°13 : Préparation du greffon (Un carré porte un œil).....	56
Photos N°14 : Prélèvement d'un carré sur le porte greffe.....	56
Photo N°15 : Insertion du carré prélevé de greffon dans l'entaille carré du porte-greffe ensuite ligaturer.....	56
Photos N°16 : Germination des graines traitées avec l'eau chaude.....	64
Photos N°17 : Germination des graines traitées avec l'acide sulfurique.....	64
Photo N°18 : Germination, des graines de caroubier.....	65
Photo N° 19 : Arbre greffé en placage.....	67
Photo N°20 : Formation bourgeon à bois.....	67
Photos N°21 : Croissance le rameau issu de la greffe en fente double.....	67
Photos N°22 : Croissance le rameau issu de la greffe en placage.....	67

Les photos prises par Melle BOUBLENZÀ

Liste des cartes

Carte N°1 : Carte de situation de la wilaya de Tlemcen

Carte N°2 : Carte de situation notre zone d'étude « Agadir »

Carte N°3 : Carte de situation notre zone d'étude « Zénata »

Carte N°4 : Carte géologique de Tlemcen (ANAT, 2006)



"On ne va jamais aussi loin que
lorsqu'on ne sait pas où l'on va"
Christophe Colomb

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L., Fabaceae Césalpinoïdæ) dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C. ; sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C.), sa longévité est considérable (jusqu'à 200 ans) ; il peut atteindre jusqu'à quinze mètres de hauteur (**Ait Chitt et al., 2007**). 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, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides. Les écosystèmes méditerranéens sont caractérisés par des précipitations rares irrégulières et par longues périodes estivales sèches. Ces contraintes climatiques combinées à une pression anthropique, conduisent généralement à une 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 rural, 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 (**Rajeb, 1995**).

Le caroubier fait partie de ces espèces à grand potentiel mais très peu utilisé dans les efforts de reboisement entrepris dans notre pays. Il 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 et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner et al., 2007**). Par ailleurs, cet arbre est d'une importance économique considérable ; ces gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont utilisées en industrie agro-alimentaire et pharmacologique, notamment comme anti diarrhéique (**Hariri et al., 2009**).

La production mondiale annuelle, essentiellement méditerranéenne, est estimée à 229 500 tonnes, dont une bonne partie est fournie par l'Espagne suivie de l'Italie, du Portugal du Maroc et de l'Algérie.

Le caroubier a été, depuis des siècles, propagé en culture par semis et plus tard par bouturage et greffage. Ainsi, les plantes choisies au hasard, dans les populations locales, ont été à la base de la sélection des cultivars et l'établissement des vergers commerciaux (**Batlle et Tous 1997**). De ce fait, le caroubier cultivé ne diverge pas beaucoup de son ancêtre sauvage (**Zohary, 1973**). Toutefois, les différents cultivars recensés actuellement dans le

monde se distinguent entre eux par leur vigueur, leur taille, leur qualité de gousses, leur graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (**Battle et Tous, 1997**).

Les modes de multiplication de caroubier peuvent être regroupés en deux catégories principales : la **reproduction sexuelle**, basée sur le développement des plantes à partir de graines, elle a l'avantage de produire des graines, lesquelles peuvent se disséminer et attendre, pour germer, que les conditions soient favorables (**Campbell et Reece, 2004**).

Bien que déconseillé pour la fidèle reproduction de nos variétés fruitières, par contre il permet l'obtention des « Francs », porte-greffes vigoureux, à enracinement profond, résistants à la sécheresse, généralement indemnes de virus (**Baillière, 1975**).

Et la **reproduction ou multiplication asexuée**, quant à elle, présente l'avantage, pour une plante adaptée à un milieu, de lui permettre de produire de copies d'elle-même (**Campbell et Reece, 2004**).

Ce mémoire est consacré à l'étude la multiplication sexuée de caroubier par deux traitements : trempage les graines dans l'eau chaude et dans l'acide sulfurique et la multiplication asexuée par le greffage en fente double et par le placage. Le but de la première multiplication est la recherche d'un traitement le plus efficace pour un taux de germination plus élevé dans le minimum de temps afin d'obtenir des francs ; et la deuxième multiplication dans le but de fixer la variété recherchée par la meilleur méthode.

Dans ce travail, nous aborderons en premier lieu, l'analyse du milieu physique et du climat. Une étude bibliographique sur généralité du caroubier, une partie expérimentale vient ensuite pour montrer les méthodes utilisées afin d'atteindre notre but. En dernier lieu, nous exposerons les résultats obtenus afin de les comparer à d'autres travaux cités dans la bibliographie.

Chapitre I

Présentation la zone d'étude

INTRODUCTION

Nous présentons dans ce chapitre l'ensemble des informations qui permettent de situer, de décrire et de comparer les observations géographiques, climatiques, et édaphiques qui ont été effectuées dans la région étudiée.

I. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen, se situe au Nord-Ouest du pays à la frontière Algéro-marocaine et occupant l'Oranie occidentale, elle est centrée sur le Chef-lieu d'autant que l'ancienne capitale du Maghreb Central, soit l'Etat ayant précédé l'Etat d'Alger, occupe une position éminemment stratégique

En effet, elle s'étend sur une superficie de 9017,69 km², située à environ 800 m d'altitude limitée par les coordonnées (longitude, latitude) suivantes

- Longitude : 1°16'12'' et 1°22'58'' Ouest.
- Latitude : 34°47'52'' et 34°52'58'' Nord.

La wilaya de Tlemcen s'étale sur le versant septentrional des monts éponyme, l'un des chaînons de l'Atlas Tellien dans sa terminaison occidentale extrême (A.S.P.E.W.I.T., 2008) ; limitée géographiquement par :

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Nord-Est par la wilaya d'Ain Témouchent ;
- A l'Est par la Wilaya de Sidi Bel-Abbès ;
- A l'Ouest par le Royaume du Maroc
- Au Sud par la Wilaya de Naâma.

II. Situation géographique de la commune de Tlemcen

La commune de Tlemcen est située au sud du groupement Tlemcen, elle est limitée administrativement par (Carte 01) :

- La commune de Chetouane et Hennaya au Nord ;
- La commune de Terni au Sud ;
- La commune d'Ain Fezza à l'Est ;
- La commune de Mansourah à l'Ouest.

Cette commune s'étend sur une superficie de 40,11 k

III. Situation géographique de périmètre d'étude

Notre zone d'étude s'étale sur deux périmètres :

- ✚ 1° périmètre d'Agadir ;
- ✚ 2° périmètres de Zénata.

Périmètre d'Agadir

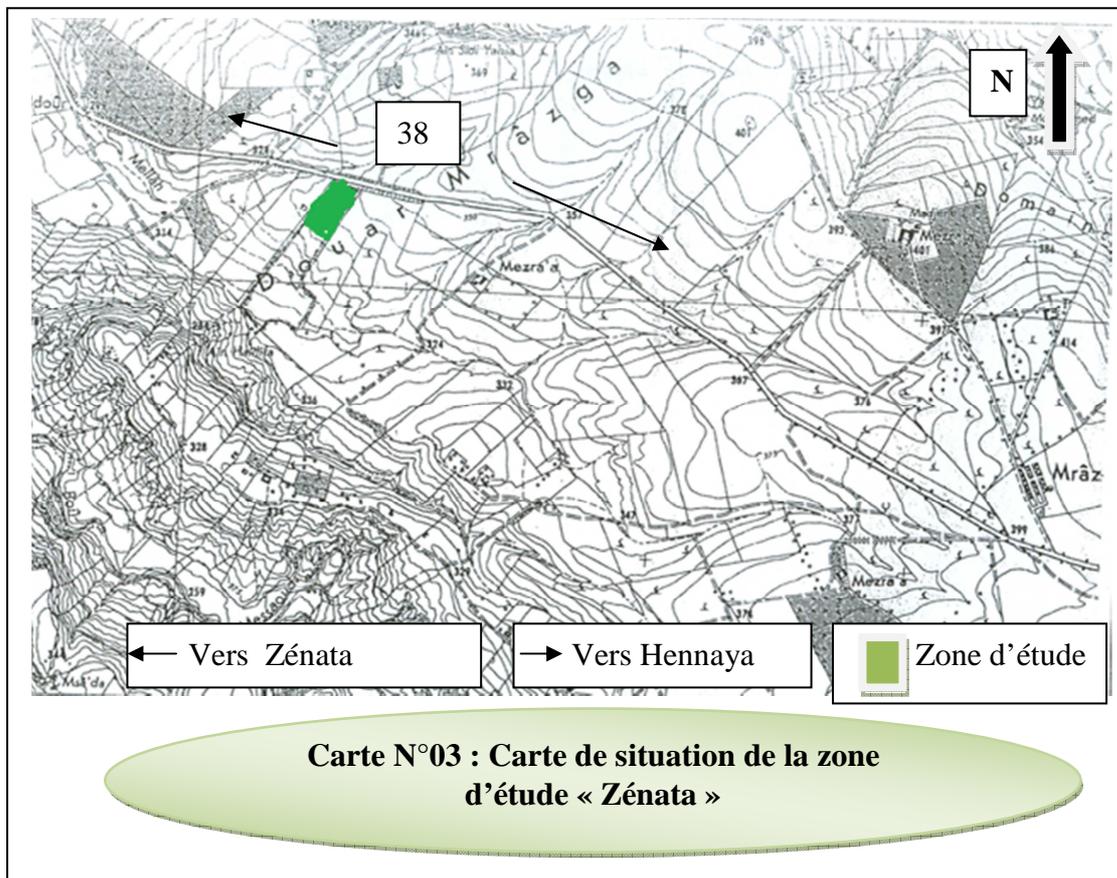
Agadir : (*Grenier* en tamazight), est l'ancien nom de la ville de Tlemcen en Algérie. La ville avait été fondée par les Ifrénides et était leur capitale (**Carte N°02**).

Notre zone d'étude est limitée :

- Au Nord par kassarine ;
- A l'Est par sidi Daoudi ;
- A l'Ouest par Sidi- Haloui ;
- Au sud par Riad El Hammar

Périmètre de Zenata

La zone d'étude se trouve dans la limite de Zénata vers le Sud et la limite de Hennaya vers le Nord. Il se caractérise par le passage de la route nationale (RN 38) du Sud vers le Nord (**Carte N°03**) :



IV. Relief et structure (géomorphologie)

De part sa situation géographique et sa richesse floristique, Tlemcen présente une grande variété de paysages, on peut la subdiviser en zones suivantes :

- ✚ Les monts de Tlemcen ;
- ✚ Le bassin de Tlemcen.

IV.1. Les monts de Tlemcen et de Sebdou

Ils représentent les gradins supérieurs du bourrelet atlasiques formés de plateaux Karstiques constitués de calcaires jurassiques plissés s'élevant rapidement en escalier, composé de pentes de plus de 20 %, le long de flexures et failles de 800 m (Tlemcen) à 1100 m (plateaux de Béni Ournid et des Béni-Snous) et 1300 m (plateau de Sebdou) jusqu'à des sommets atteignant 1800 m sur leur bordure méridionale dominant les Hautes Plaines Steppiques (monts de Tenouchfi). **(A.S.P.E.WI.T., 2008).**

IV.2. Le bassin de Tlemcen

Il est formé par les gradins intérieurs du bourrelet Nord des chaînes atlasiques, s'abaissant de 800 m au pied des monts de Traras : ce plan incliné est recouvert d'un épais manteau de dépôts alluviaux marins d'âge miocène, puis lacustre au Nord d'âge plus récent pliocène. Il a été fortement disséqué en lanières par les petits affluents de la Tafna venant heurter la chaîne côtière, et le traversant par des gorges, particulièrement illustrés par la trouvée en amont de Hadjrat el Gat (au carrefour de la RN 22Honaine) **(A.S.P.E.WI.T, 2008).**

V. Aperçu géologique

Tlemcen est géologiquement diversifiée avec une histoire reconnue depuis le début de l'ère phanérozoïque, bien marquée par une tectonique hercynienne et alpine et/ou atlasique, la diversité des réservoirs d'eau.

Les travaux de F. Doumergue (1990) ont contribué largement à faire progresser la géologie dans l'Oranais et surtout les Mont de Tlemcen qui sont en faites des causes à relief karstique. Un effort considérable a été réalisé par de nombreux géologues sur la situation des grandes unités géologiques **(Bendahmane, 2010).**

Guardia en 1975 à précisé dans ses travaux que la région de Tlemcen est sise principalement sur des couches géologiques d'ère Jurassique supérieur constitué de roches carbonatées (calcaires, dolomies) **(A.S.P.E.WI.T., 2008).**

Le jurassique supérieur est largement décrit dans les Monts de Tlemcen et dans les Traras et comporte à la base les argiles de Saïda recouvertes par les Grés de Boumediene qui se trouvent sous les dolomies.

Benest (1985) a montré que ses dolomies présentent de vastes affleurement dans tout le secteur de Tlemcen, se développant entre les transversales de laTafna–Magoura et Aïn Tellout.

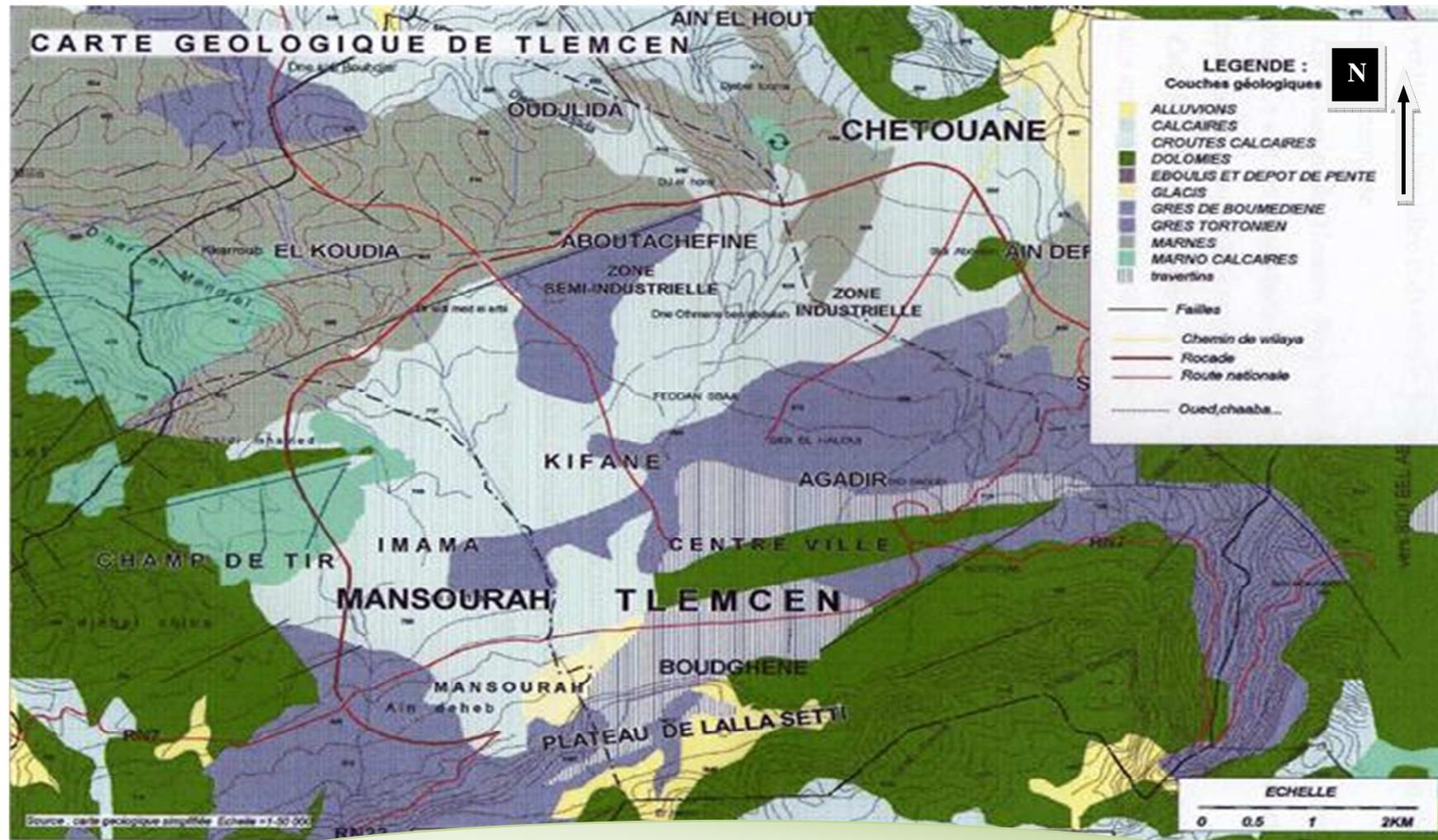
Le calcaire de Zarifet correspond aux calcaires bleus à géodes et perdent rapidement leurs individualités vers le Sud (**Benest, 1972**).

D'un point de vue lithologique, on distingue, les dolomies, calcaires dolomitiques jurassiques, les marno–calcaires, les conglomérats d'âge Eocène et d'âge indéterminé et le gypse (**Gardia, 1975**).

La tectonique évolue toujours par le déplacement continu de l'Afrique vers l'Europe et peut engendrer d'éventuels séismes. A cet effet, la surveillance sismique s'y est imposée depuis le tremblement d'Ain Témouchent (1999) car Tlemcen et sa région s'avère une région sensible au risque sismique, sans toutefois négliger les autres risques naturels tels que les glissements de terrain, les coulées boueuses et les désordres géotechniques (présence d'argiles gonflantes dans les sols) (**A.S.P.E.W.I.T, 2008**).

VI. Hydrogéologie

Le domaine tlemcenien est une région Karstique qui tient lieu de réservoir d'eau naturelle. L'exploitation des eaux est faite par l'utilisation des sources, des cours d'eau est superficiels (Ain Fouara, Ain Bendou, Ain Sebra,...etc.). La recherche et le captage par forages des eaux souterraines ont été notamment développés depuis 1984, Certains aquifères ont la particularité d'être limités géologiquement par des terrains imperméables (bassins de Ghar Boumâzza, bassin de Mefrouch, Bassins de Khémis....etc.) (**A.S.P.E.W.I.T, 2008**).



Carte N° 04 : Carte géologique de Tlemcen (ANAT, 2006)

VII. Le climat et le bioclimat

VII.1. Le climat

Le climat est un élément très important du milieu naturel, il agit directement comme facteur écologique et indirectement sur les autres facteurs de ce dernier.

A ce sujet, **EMBERGER (1939)** précise que les données écologiques, et, en particuliers bioclimatiques, influent considérablement sur l'individualisation de la végétation.

Le climat de la région de Tlemcen est du type méditerranéen et il est caractérisé par une sécheresse estivale marquée et une période hivernale pluvieuse caractéristique. Ceci a été confirmé par plusieurs auteurs et notamment : **EMBERGER (1930)**, **CORNAD (1943)**, **SAUVAGE (1961)**, **BORTELI et al. (1969)** et **LE HOUEROU (in DAGET, 1980)**.

Elle correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période de temps donnée.

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : températures, précipitations, ensoleillement, humidité et vitesse du vent.

Nous nous sommes référés aux données des stations météorologiques : Saf-Saf et Zénata, dont les caractéristiques sont résumées dans le (**Tab. N°01**).

Tableau N°01 : Caractéristiques de les stations météorologique de Saf Saf et de Zénata

Stations	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)	Wilaya
Saf-Saf	34°52'	1°17'	592	Tlemcen
Zénata	35°01'	1°27'	249	Tlemcen

VII.1.1. Facteurs climatiques

La pluie et la température sont la charnière du climat. C'est paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et donc de l'exposition.

VII.1.1.1. Les précipitations

DJEBAILI (1978) rappelle la définition de la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

a) Répartition mensuelles et annuelles des précipitations

Tableau N°02 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations

Stations	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	Précipitations annuelles (mm)
Saf-Saf (1980- 2008)	41.9	47.1	50.1	35.1	29.0	6.3	1.2	3.8	14.8	25.5	49.0	40.8	344.6
Zénata (1982- 2010)	43.3	42.9	43.4	31.1	26.7	3.6	1.13	3.8	16.4	25.2	46.2	37.4	321.13

(Source ONM)

Nos zones d'études reçoivent une tranche pluviométrique annuelle de l'ordre de 345 mm pour la station Saf–Saf et 325 mm pour la station de Zénata (**Tab. 02**). La période la plus arrosée s'étend de Novembre à Mars pour les deux stations, alors que la saison la moins arrosée s'étale de Juin à Aout. Les précipitations moyennes les plus élevées dans la période récente se situent au mois de Mars avec 50,1 mm pour la station de Saf–Saf, et Novembre avec 46,2 mm pour la station zénata. Les précipitations moyennes les plus basses se situent au mois de juillet avec 1,2 mm.

a) Régimes saisonniers des précipitations

C'est MUSSET (in CHAABANE, 1993) qui, le premier, a défini cette notion. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des stations par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par l'initiale P.H.E. ou A. ; désignant respectivement le printemps, l'hiver, l'été et l'automne.

Tableau N° 03 : Régimes saisonniers des précipitations

Stations	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Pluviosité annuelle	Régime pluvial
	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)		
Saf – Saf (1980-2008)	129,8	114,2	11,3	89,3	344,6	HPAE
Zénata (1982-2010)	123.6	101.2	8.53	87.8	321.13	HPAE

Dans les deux stations Saf-Saf et Zénata, on remarque que les précipitations les plus importantes sont celles qui tombent en hiver et au printemps, par rapport à celle de l'automne, bien que ces dernières constituent un rapport non négligeable. On a conclu que le régime saisonnier est de type (**HPAE**) caractéristique du climat méditerranéen de type semi-continental.

VII.1.1.2. Les températures

a) Les températures moyennes mensuelles et annuelles

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les formations végétales. Ce facteur a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable (**PEGUY, 1970**).

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins quatre variables qui sont :

- Les températures moyennes mensuelles [$(M+m)/2$],
- La température moyenne des maxima du mois le plus chaud « **M** »,
- La température moyenne des minima du mois le plus froid « **m** »,
- L'amplitude thermique « **M – m** » : Debrach (1953) en se basant sur l'amplitude thermique a pu définir quatre types de climat :
 - Climat insulaire,
 - Climat littoral,
 - Climat semi – continental,

➤ Climat continental.

Tableau N° 04 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M	m	Températures moyennes (C°)
Saf – Saf (1980- 2008)	9,1	10.1	12.0	14.1	16.8	19.2	22.1	22.2	19.7	17.2	13.5	9.7	31.2	2.9	15.47
Zénata (1982- 2010)	10.8	11.9	13.8	15.7	18.7	22.7	26.1	26.6	23.7	19.1	15.3	12.1	33.7	4.6	18.04

(Source : ONM)

Les dernières décennies ont connu une légère élévation de la température à cause du réchauffement climatique global qui est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années.

Dans notre zone d'étude, les moyennes mensuelles des températures les plus basses se situent au mois de Janvier pour les deux stations, avec 9,1°C pour la station de Saf-Saf et 10,8°C pour la station de Zénata, tandis que les moyennes les plus élevées se situent au mois d'Août avec 22,2°C pour la station de Saf-Saf et 26,6°C pour la station de Zénata (**Tab. N°04**).

b) Moyenne des minima du mois le plus froid « m »

L'analyse des données climatiques montre que la température minimale du mois le plus froid est enregistrée en mois de Janvier avec 2,9°C pour la station de Saf-Saf et 5,2°C pour la station de Zénata (**Tab. N°5**).

c) Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M »

Les températures les plus élevées sont enregistrées généralement au mois d'Août avec 31,2°C pour la station de Saf-Saf et 33,36°C pour la station de Zénata (**Tab. N°05**).

Tableau N°05 : Moyenne des minima et maxima (en °C)

Stations	Moyenne des minima (m) (Janvier)	Moyenne des maxima (M) (Août)
Saf – Saf (1980- 2008)	3	31,2
Zénata (1982- 2010)	5,2	33,36

(Source ONM)

d) Indice de continentalité

D'après Debrach (in Alcaraza, 1982, quatre types de climats peuvent être calculés à partir de **M** et **m**.

- Climat insulaire : $M - m < 15^{\circ}\text{C}$,
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M - m < 25^{\circ}\text{C}$,
- Climat semi – continental : $25^{\circ}\text{C} < M - m < 35^{\circ}\text{C}$,
- Climat continental : $M - m > 35^{\circ}\text{C}$.

Tableau N°06 : Indice de continentalité de Debrach

Stations	Amplitude thermique	Type du climat
Saf – Saf (1980- 2008)	28,3	Semi - continental
Zénata (1982- 2010)	28,16	Semi - continental

VII.1.1.3. La neige

Les neiges, autrefois très fréquentes deviennent de plus en plus rares et restent variables selon les années.

D'une manière générale, en hiver, la neige fait son apparition à partir de 700 m d'altitude. Mais l'une des caractéristiques importantes des neiges en Algérie étant qu'elles soient humide et collantes, ce qui facilite leur adhésion aux feuilles persistantes de nombreuses espèces arborescentes sempervirentes.

Les neiges forment un manteau protecteur qui isole les arbres des grands froids hivernaux, mais elles ont aussi une action mécanique surtout pour les arbres dont le port est

fastigié ne se débarrassant pas facilement de cette charge et se cassent par la suite (**Bendahmane, 2010**).

VII.1.1.4. Le vent

La ville de Tlemcen connaît tout le long de l'année des vents de directions et d'intensités variables. En hiver, se sont les vents de directions Ouest et Sud – ouest ; en été, c'est le Sirocco soufflant depuis le Sud qui est le plus redoutable (**Bendahmane, 2010**).

VII.2. Bioclimat

Le climat méditerranéen est caractérisé par deux saisons bien distinctes, la première plus ou moins longue et sèche, la deuxième moyenne et humide cette dernière se caractérise par des variations pluviométriques irrégulières avec des chutes de pluies torrentielles.

VII.2.1. La période sèche : Diagramme ombrothermique de BAGHOULS et GAUSSEN

L'un des caractères typiques du climat méditerranéen est que l'alimentation en eau ne suit pas le même rythme saisonnier et qu'il y a un décalage dans l'année entre cette alimentation en eau et la température. On a donné un nom à ce décalage celui de **xérothène**, qui vient des deux mots grecs signifiant sec et long.

On peut le mettre en évidence par un diagramme ombrothermique de **BAGHOULS et GAUSSEN** qui nous permet de calculer la durée de la saison sèche sur un seul graphe.

Pour cela, ils ont imaginé de confronter des courbes de pluies (courbes ombriques) et température (courbes thermiques), il en est résulté les diagrammes ombrothermiques.

L'échelle de pluviométrie est double de la température : l'une humide et l'autre sèche. On parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures autrement dit lorsque $P \leq 2T$.

L'examen de diagramme ombrothermique (**Fig. N°01**) montre que notre station d'étude présente 6 mois de sécheresse ; généralement de Mai à octobre.

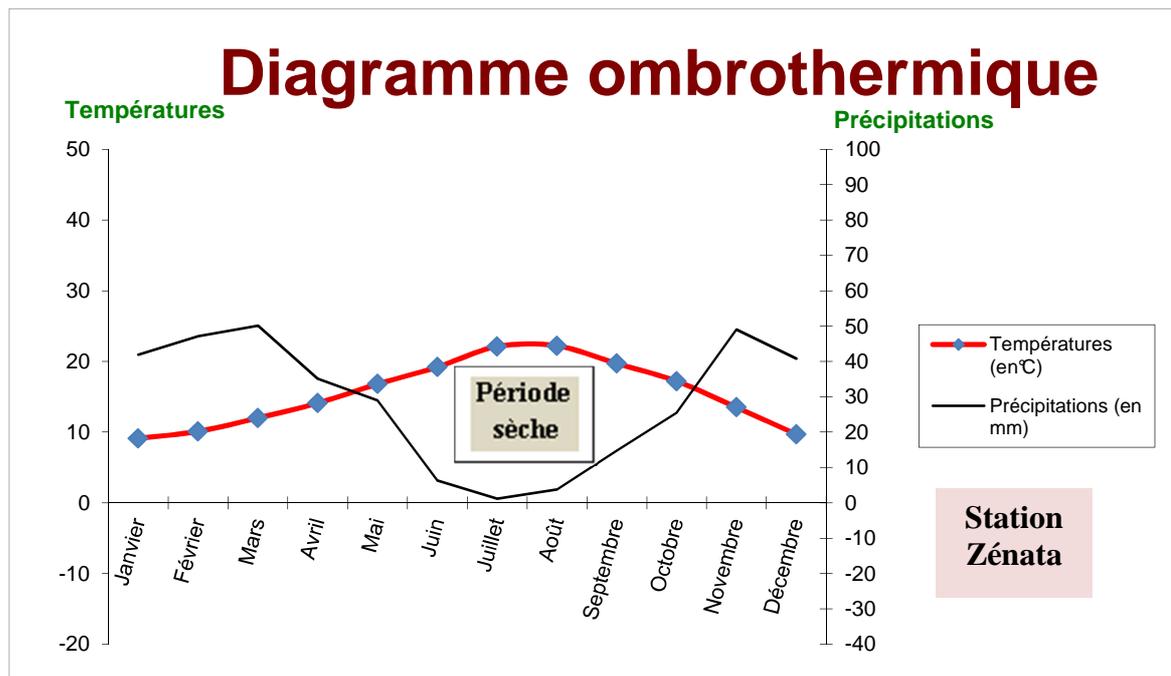
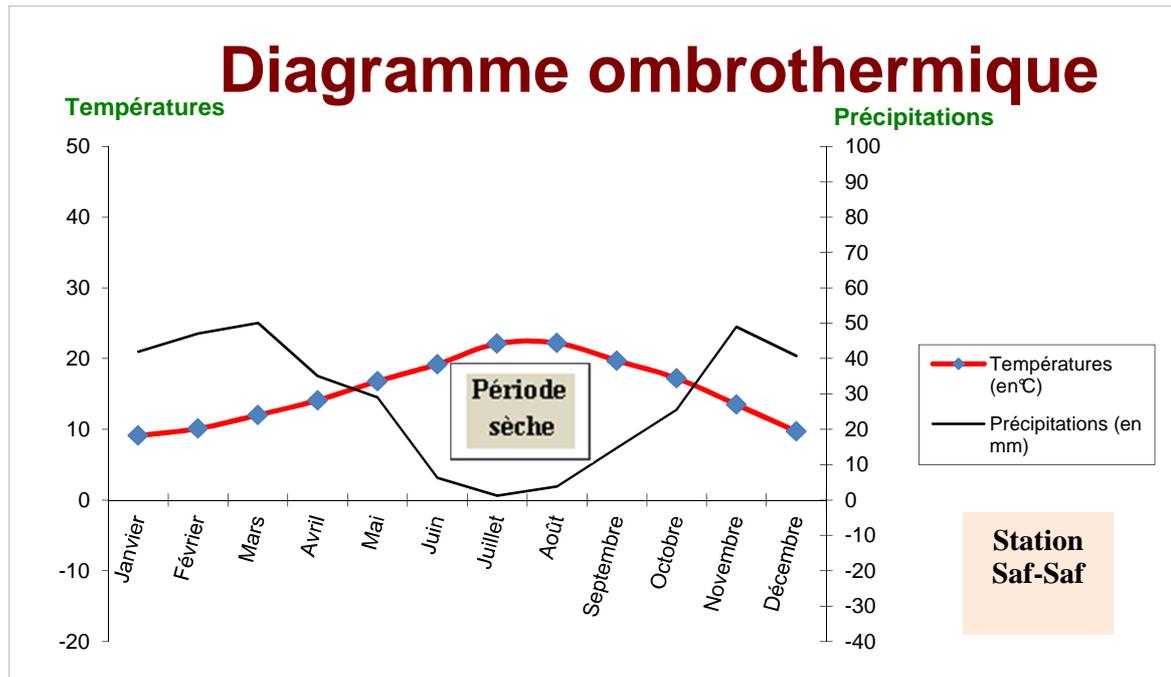


Figure N°01 : Diagramme ombrothermique de BAGNOLS et GAUSSEN

VII.2.2. Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2 ou Q_3)

Cet indice climatique est le plus fréquemment utilisé pour caractériser le bioclimat d'une région méditerranéenne, et notamment en Afrique du nord. Le quotient pluviométrique « Q_2 » ou « Q_3 » est déterminé par la formule établie par **EMBERGER**.

$$Q_2 = 2000. P / M^2 - m^2$$

Dont :

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm) ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ($t^{\circ}\text{C} + 273,2$) ;

m : Moyenne des minima du mois le plus froid ($t^{\circ}\text{C} + 273,2$).

Sur la base du quotient pluviométrique et la valeur de « m », EMBERGER a proposé une classification des climats méditerranéens en étages bioclimatiques (**Fig. N° 02**) et en leurs variantes thermiques (**Tab. N°07**).

Cette formule a été modifiée par STEWART en 1969, il se calcule par la formule suivante :

$$Q_3 = (P / M - m). 3,43$$

Tableau N°07 : Quotients pluviothermiques d'EMBERGER et de STEWART

Stations	Précipitation annuelles (mm)	Moyenne des minima m ($^{\circ}\text{C}$)	Moyenne des maxima M ($^{\circ}\text{C}$)	Q_2	Q_3	Etage bioclimatique
Saf-Saf (1980 – 2008)	334,6	3	31,2	40,76	40,55	Semi-aride moyen à hiver tempéré
Zénata (1982 – 2010)	321,13	5,2	33,36	39,01	39,11	Semi-aride moyen à hiver tempéré

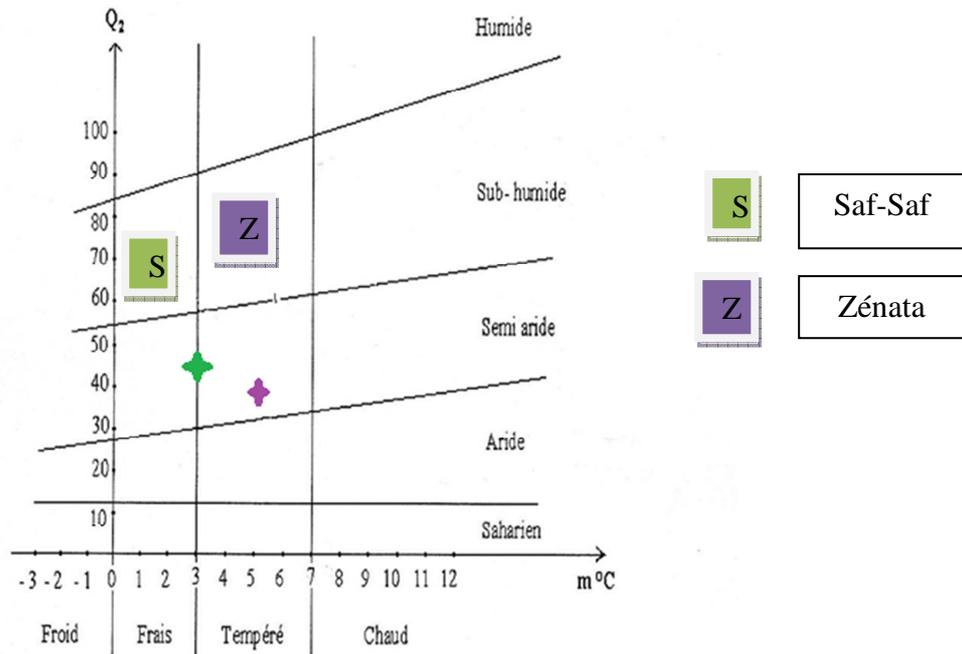


Figure N°02 : Climagramme pluviométrique du quotient d'EMBERGER

VII.3. Conclusion

Il ressort de cette synthèse climatique que le climat de Zone de Tlemcen de type méditerranéen semi – continental est caractérisé par :

- Une saison humide très courte qui ne dure que 4 à 5 mois, elle se caractérise par des précipitations très irrégulières et souvent mal réparties dans l'année. Les neiges autrefois fréquents deviennent de plus en plus rares et font leur apparition à partir de 700 m d'altitude.
- Une saison sèche s'étendant pendant 7 à 8 mois qui se caractérise par un déficit hydrique très important.

Du point de vue bioclimatique, la zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique semi-aride moyen à hiver tempéré.

Chapitre II

Généralité sur le caroubier

I. Origine et répartition géographique

I.1. Ses origines

Elles ne sont pas précises. Pour certains auteurs le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 200 ans avant J.C (**Battle et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003 ; Berrougui, 2007**). Il était connu dans le proche Orient et les îles de la méditerranée. En Egypte les pharaons ont utilisé la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVII^e siècle avant J.C). Les Numides s'en servaient pour l'alimentation des bêtes de valeur et, selon Gsell, il entrait dans la préparation de la nourriture humaine (**Lavallée, 1962**).

Au Moyen-Âge, le caroubier, le caroubier donnait lieu à un commerce important entre les provinces du Midi et du Nord, les Etats Germaniques et la Grande-Bretagne. Son bois était employé dans l'ébénisterie de l'époque et son fruit servait à la préparation des confitures (**Lavallée, 1962**).

Dans les vestiges de la civilisation mégarique du temps où Médine et la Mecque étaient de grandes villes au cœur d'un pays plantureux, on remarque que le caroubier donnait lieu à important négoce, et son fruit entrait dans la préparation de nombreux plats (**Lavallée, 1962**).

I.2. Sa répartition géographique dans le monde

Selon Thillot et al., (1980), le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen (**Konate, 2007**).

Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**), ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde (**Berrougui, 2007**) (**Fig. N°03**).



**Figure 03 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde
(Batlle et Tous, 1997)**

I.3. Distribution géographique en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (**Quezel et santa, 1963**). On le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea Europea* et *Pistacia Atlantica* dans les états semi-aride chaud, subhumide, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an (**Rebour, 1968**).

A Tlemcen, on trouve le caroubier dans les régions suivantes : Sidi M' djahed, Sabra, Henaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M' hidi (**Fig. N°05**).

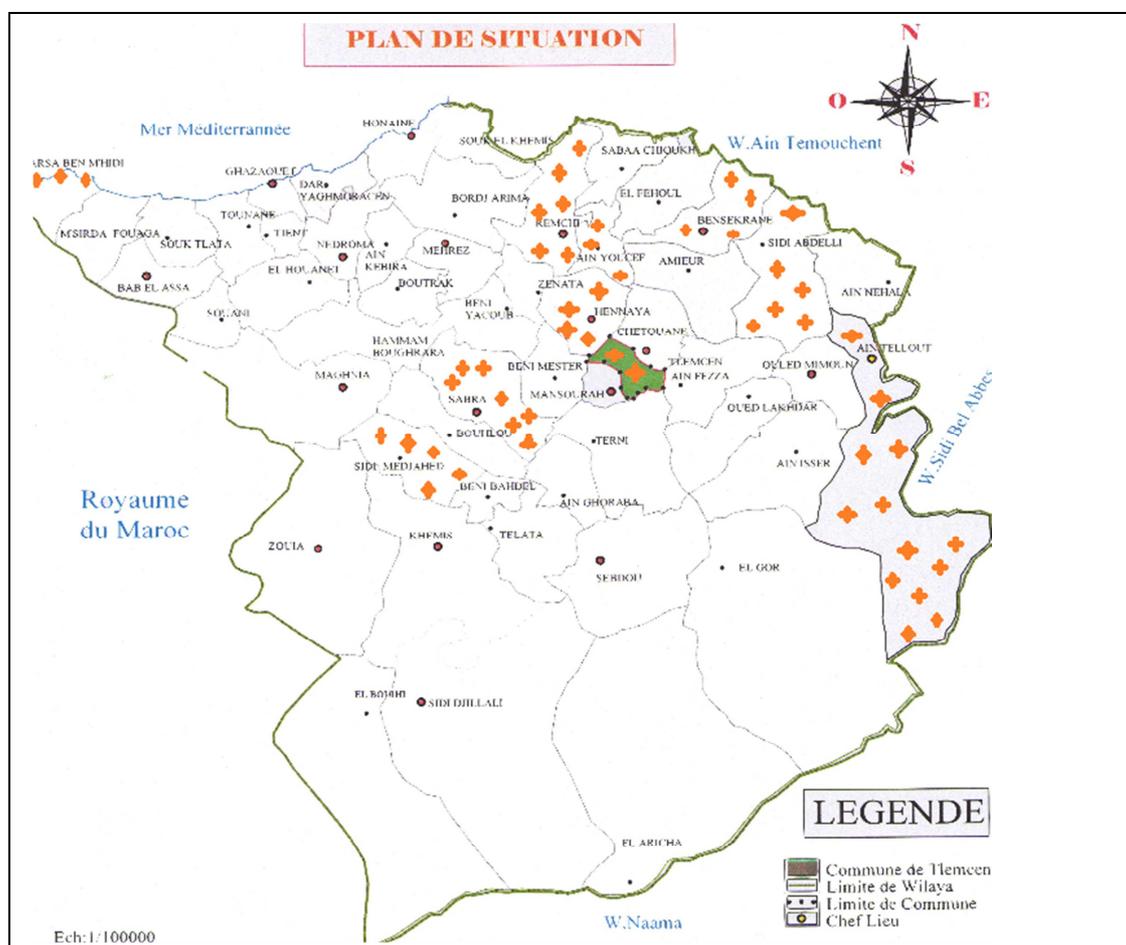


Figure N°05 : Distribution du caroubier à Tlemcen

II. Botanique, biologie et physiologie

II. 1. Systématique et classification botanique

Le mot "caroubier" venant de l'arabe *al kharroube*, est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. qui désigne en grec *keratia* (*Ceratonia*) signifiant petite corne et le nom d'espèce *siliqua*, désigne en latin une siliqua ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, Pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (**Batle et Tous, 1997**)...pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carras = 205,3 mg) (**Rajeb, 1995**).

Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* qui possède un nombre total du chromosome $2n = 24$ (Goldbalatt, 1981 ; Bures et al, 2004) de la sous-famille des *Caesalpinioideae*, de la famille des *Fabaceae* (Légumineuses), qui fait partie de l'ordre des *Fabales* (Rosales), Classe des *Magnoliopsida* (Boudy, 1950).

II.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre

a) Caractères généraux

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. Il est mellifère, son miel est bon. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007) (Fig. N°06)



Figure N°06 : L'arbre du caroubier

a) Le système racinaire

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).

b) Les organes aériens**• Les feuilles**

Les feuilles de *Ceratonia* de 10 à 20 cm de longueur, sont persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, avec ou sans foliole terminale. Les folioles ont de 3 à 7 cm de longueur, de forme ovale ou elliptique, opposées, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet (Fig.N°07).



Figure N°07 : La feuille du caroubier

• La fleur

Le caroubier est un arbre dioïque, parfois hermaphrodite et rarement monoïque (Linskens and Scholten, 1980; Batlle et Tous, 1988). Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995).

Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995). Les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents.

On distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) (fig. N°08) qui sont portées sur différents pieds.

Les fleurs sont groupées en grappes pédonculées, de couleur pourpre et parfois rougeâtre, qui apparaissent sur le vieux bois et parfois sur le tronc. Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7 mm) bi-carpelle. Les stigmates sont bilobés et couvertes par des papilles. A la base, le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires, par contre, la corolle est absente, et les fleurs mâles portent 5 étamines, à filets allongé (Aafi, 1996).

La morphologie florale du caroubier est très complexe, selon la littérature cinq types d'inflorescences se distinguent:

Inflorescence polygame, composée de fleurs mâle, femelle et hermaphrodite. **Inflorescence hermaphrodite** : fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.

Inflorescence mâle : fleurs avec des étamines courtes et un pistil non développé.

Inflorescence mâle : fleurs à étamines longues et à pistil non développé.

Inflorescence femelle avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires.



Figure N°08 : Inflorescences du caroubier

- **Le fruit**

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (Rejeb, 1995 ; Ait Chitt *et al.*, 2007) (Fig. N°09).



Figure N°09 : Le fruit du caroubier

- **La graine**

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (**Battle et Tous, 1997**) (**Fig. N°10**).



Figure N°10 : Les graines du caroubier

II. 3. Biologie et physiologie du cycle de végétation

a) Cycle végétatif annuel

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.

La fleur femelle apparaît à partir de juillet et est adaptée à une pollinisation aussi bien anémophile qu'entomophile.

Fructification

Pour arriver à maturité, la caroube nécessite généralement entre 9 et 10 mois.

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 (Source : Ilahi et Vardar, 1976) (**Fig. N°11**).



fruits du caroubier (a : fruits non mûres, b : fruits mûres).

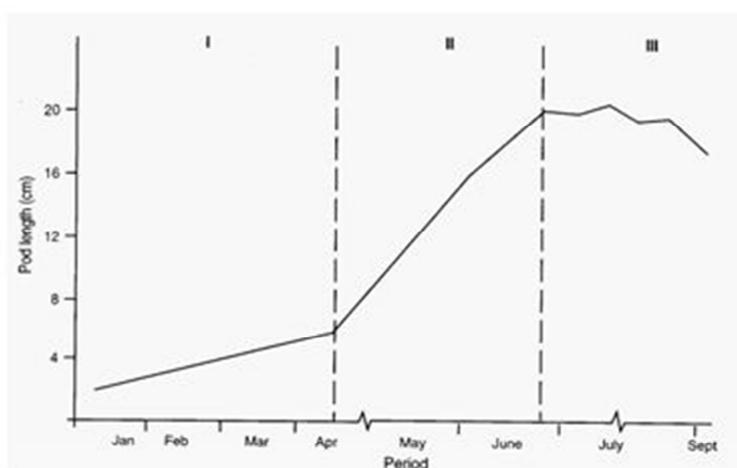


Figure N° 11 Stades de développement du fruit du caroubier (Ilahi et Vardar, 1976)

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 (Une année de forte production succède une année de récolte faible ou nulle, c'est un phénomène naturel mais il peut se produire à la suite d'accidents physiologiques). Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques et de stress ou des pratiques culturales inadéquates.

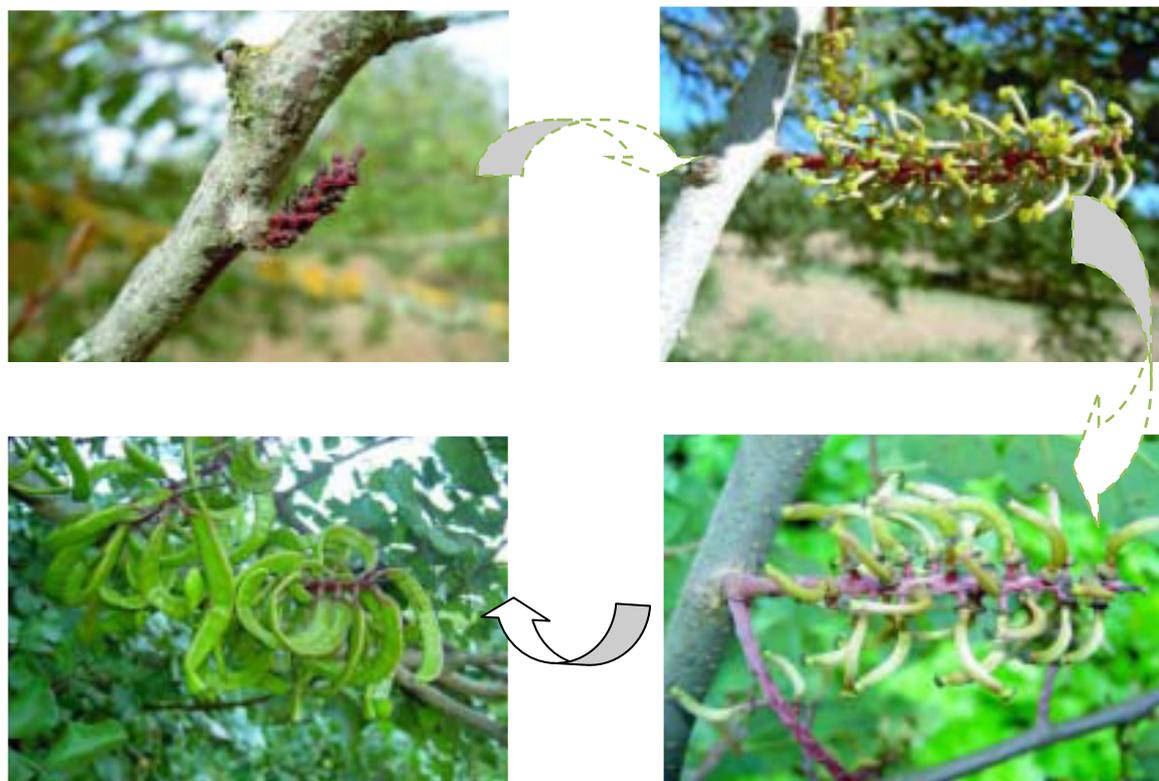


Figure 12 : Fleurs femelles

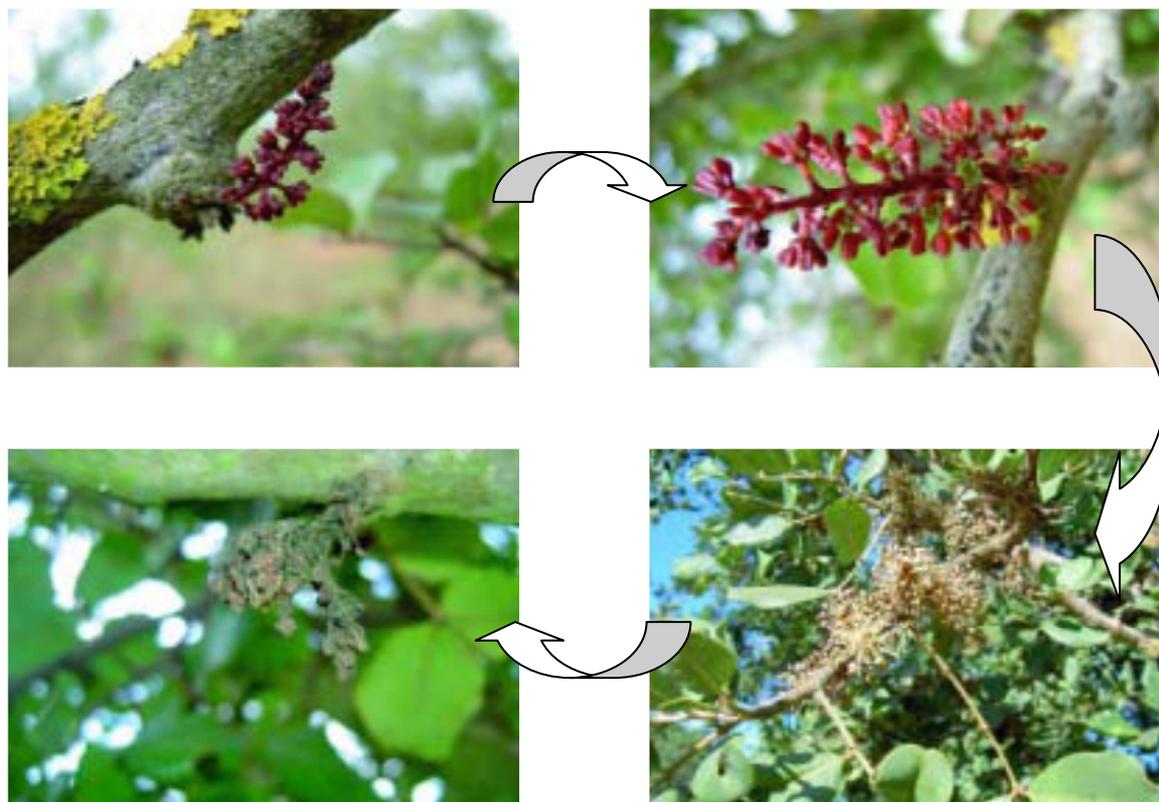


Figure N°13 : Fleurs mâles

III. Les variétés

De plus de 80 clones, 7 sélections faites par Coit ont été exposées au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 7 sont, brièvement:

«**Amele'**»-une ancienne variété commerciale de l'Italie. Les gousses de couleur marron clair, droites ou légèrement incurvées (14-16 cm) de long et (2-2.5 cm) de large; teneur en sucre de 53,8%. Bonne saveur.

«**Casuda'**»-un cultivar très ancien de l'Espagne. Les gousses de couleur brune, la plupart du temps sec; (12 cm) de long; (1,5 cm) de large, le sucre de 51,7%.

Arbre de la rue Clifford'- Arbre hermaphrodite. La gousse brun clair, légèrement incurvée, (13 cm) de long, (2 cm) de large; teneur en sucre de 52,9%.

«**Sfax'** de Menzel-bou Zelfa, Tunisie; la gousse rouge-brun, droites ou légèrement incurvées; (15 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 56,6%.

«**Santa Fe'**-semis de Santa Fe Springs, en Californie. Hermaphrodite, l'auto-fertile. La gousse brun clair, légèrement incurvée, souvent tordu, (18-20 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 47,5%. Excellente saveur.

Tantillo'-de Sicile;. Hermaphrodite. Gousse brun foncé, la plupart du temps sec; (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.

«**Tylliria'**-de Chypre; leur variété principal produit d'exportation; la gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 47,4% à Vista; 50,9% à Indio, 48,8% à Chypre. Bonne saveur. La pulpe contient 51% de sucre et les graines 49% de gomme.

Ces 7 remplacé certains cultivars anciens, y compris les «**Bolser '**, **Conejo '**, **Gabriel '**,

Horne»et«**Molino**»; tous les hermaphrodites. D'autres cultivars communs à Chypre sont les suivants:

«**Koundourka'**-un arbre avec des branches pleureuses; gousses mûres généralement inférieure à (17 cm) de long; ils se séparent facilement; des graines de 14,7% avec une teneur en gomme (58%) de haut.

«**Koumbota'**-un grand arbre à croissance "noueux "gousses avec un contenu faible production de graines. Les gousses contiennent 53% de sucre, les graines, 53% de gomme.

Types greffés sont classées comme «**Imera**. «**Apostolika** Le nom est un terme général pour les semis de qualité acceptable. Les types sauvages en tant que groupe sont appelés '**Agria**'.

Les différents cultivars recensés actuellement dans le monde se distinguent entre eux par leur vigueur, leur taille, leur qualité de gousse, leurs graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (**Batelle et Tous, 1997**).

IV. Ecologie du caroubier

Le caroubier, dont l'aire de répartition s'étend dans les secteurs des plateaux et en moyennes montagnes jusqu'à 1700 m d'altitude, est indifférent à la nature du substrat, Il tolère les sols pauvres, sableux, limoneux lourds, rocaillieux et calcaires, schisteux,

gréseux et des pH de 6,2 jusqu'à 8,6, mais il craint les sols acides et très humides (**Baum, 1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zouhair, 1996**). Le caroubier est une espèce typique de la flore méditerranéenne, bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi aride.

La sécheresse cyclique a révélé que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui lui sont associés. C'est une essence, très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm/an). Il joue un rôle important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification (**Zouhair, 1996**).

V. Multiplication du caroubier

Elle peut se faire par *semis*, *bouturage*, *greffage*, *marcottage*, ou par *micropropagation*.

V.1. Le semis

C'est une méthode classique la plus utilisée pour la multiplication du caroubier. En effet la germination par semis est facilement réalisable, mais elle est entravée par l'impossibilité de connaître le sexe de la plante avant la maturation et la production tardive, qui peut prendre plus de 8 ans (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**).

Les graines sont dotées d'une enveloppe tégumentaire épaisse et dure, ce qui nécessite une scarification préalable pour faciliter la germination. Un prétraitement avec de l'eau bouillante, l'acide sulfurique (H_2SO_4) ou l'acide gibberelline (AG_3) peut améliorer considérablement le taux de germination (**Batle et Tous, 1997**). Avec l'acide gibberelline la germination est spectaculaire (**Frutos, 1988**), mais la durée de scarification est variable en fonction des cultivars et des provenances des graines (**Konaté, 2001**).

V.2. Le bouturage est moins utilisé, car il demande des soins très minutieux et une température édaphique élevée (**Rejeb, 1995**). Le bouturage consiste à prélever des portions de rameaux dans des conditions précises leur permettant de former un bourrelet cicatriciel et de pouvoir émettre des racines (**Baillière, 1975**).

Le bouturage est une espèce difficile à bouturer (**Lee et al., 1977 ; Hartmann et Kaster, 1983**).

V.3. Le greffage

Il consiste à greffer les pieds mâles par les femelles. En effet il s'agit de transférer les bourgeons prélevés sur les pieds femelles et de les greffer sur les pieds mâles. Les 1^{ers} rameaux apparaissent au bout de la 3^{ème} semaine. Cette méthode permet aux arbres mâles

de donner des fruits à partir de la troisième année, de produire des races garantissant la fructification et la préservation de la conformité des caractères sélectionnés chez la plante mère (**Gharnit, 2003 ; Ait Chill et al., 2007**).

a) Préparation du porte-greffe

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 (**Ait Chitt et al., 2007**).

b) Prélèvement du greffon

Les baguettes à greffons sont prélevées sur le plan sélectionné pour la multiplication.

Son choix est sérieux : il doit posséder au moins un œil susceptible de se développer, sinon plusieurs (cas des greffes par rameau détaché). Il se prélève sur les parties jeunes durant la période de repos ou au départ de la végétation. La bonne préparation fait apparaître le cambium, partie de la tige où se trouvent les vaisseaux ascendants de la sève et qui sont mis en contact obligatoire avec les mêmes vaisseaux du sujet (**Giordano, 2008**). Elles sont ensuite enveloppées dans un tissu humide et utilisées le plus rapidement possible pour le prélèvement de greffons. Les baguettes doivent être les plus jeunes possibles (**Ait Chitt et al., 2007**).

c) Greffage des plants

Greffage en fente simple

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 (**Ait Chitt et al., 2007**).

Greffage des vieux arbres par couronne

Le greffage des vieux arbres qui ne portent pas de fruits ou des fruits de qualité inférieure, est appelé travail au sommet (top-working), (**Schwartzman, 1934**).

Pour greffer les vieux arbres, on emploie la greffe en couronne au mois de mai. Le plus grand soin doit être apporté dans le choix des greffons. Ils doivent être choisis sur des pieds hermaphrodites, quand on greffe des plants sauvages, on laisse en

place un greffon mâle. Mais il est préférable d'avoir quelques pieds mâles par plantation au lieu de conserver des greffons mâles sur chaque arbre (**Lavallée, 1962**).

Le greffage du caroubier est moins facile toute fois que celui de l'olivier mais avec quelques soins, la reprise est aisée.

Les conditions de la réussite

Elles sont au nombre d'une dizaine. Lorsqu'une greffe rate, la cause de l'échec réside dans le fait qu'une ou plusieurs de ces conditions n'ont pas été respectées. Il est important de s'efforcer de les suivre à lettre lors de l'exécution afin de mettre tous les atouts de la réussite dans son jeu (**Giordano, 2008**).

- ♣ **L'affinité** : Le greffon et le sujet doivent en principe appartenir à la même famille botanique.
- ♣ **La vigueur** : Il faut la rechercher sensiblement égale entre le sujet et le pied mère fournissant les greffons afin de ne pas provoquer un déséquilibre dans la circulation de la sève.
- ♣ **La propreté dans l'exécution** : La propreté concerne les mains, les outils, le porte-greffe et le greffon ; il est très important que les plaies pratiquées soient préservées de tout corps étranger et de la moindre poussière. En conséquence, il faut opérer avec des mains propres et veiller à la netteté des greffons et du porte-greffe.
- ♣ **L'utilisation de bons outils** : La qualité première, en dehors de la propreté, est leur tranchant. Il est important que le sécateur, la serpette et le greffoir fassent des coupes nettes, sans bavures qui pourraient s'introduire dans la plaie. Il faut utiliser des liens solides (raphia, laine, caoutchouc) non susceptibles de se briser durant l'opération.
- ♣ **L'époque d'entrée en végétation** : La végétation du greffon doit être en léger retard sur celle du sujet ; ainsi il est sûr d'être nourri sans attendre. Cela implique parfois la nécessité, dans les greffes par rameaux détachés, de prélever ceux-ci à l'avance pour retarder leur montée de sève, il est même conseillé de placer les greffons au réfrigérateur pour prolonger l'hiver.
- ♣ **Le contact des vaisseaux (transportant la sève)** : Le cambium du sujet et celui du porte-greffe doivent entrer en contact pour assurer le nourrissage.

- ♣ **La préservation de l'air et de l'eau :** L'air ainsi que l'eau ne doivent absolument pas pénétrer dans la plaie du sujet et surtout au niveau des deux cambiums, d'où la nécessité de ligatures suffisamment serrées et de l'engluement dans certaines greffes terminales avec du mastic spécial.
- ♣ **L'état sanitaire du greffon :** Le greffon doit provenir d'un arbre en bonne santé ; toute maladie véhiculée est inévitablement transmise au niveau sujet. Ses yeux doivent être bien formés et capables d'engendrer des tiges. Il faut veiller, par exemple, à ne pas greffer un bourgeon à fleur dans la greffe à l'écusson.

L'époque du greffage : Elle varie selon les espèces et les procédés de taille. On greffe en général au cours du printemps et de l'été. Il est possible de réussir certaines greffes à l'automne, mais avec un pourcentage.

V.4. La micropropagation ou la culture *in vitro* du caroubier

C'est une technique prometteuse, qui permet d'obtenir une plante conforme à la plante d'origine, elle a été réalisée à partir de plantules et de plantes adultes (**Sebastian et McComb, 1986 ; Batlle et Tous, 1997**), ainsi que de différents explants : nœuds prélevés des plantules issues de germination (**Belaizi et al., 1994**), **bourgeons axillaires...**(**Saidi et al., 2007**).

VI. Intérêt et utilisations du caroubier

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racine) sont utiles et particulièrement le fruit.

Arbre

En raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes de l'environnement, le caroubier est souvent utilisé, pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Boudy, 1950 ; Rejeb al., 1991 ; Biner et al., 2007**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (**Batlle et Tous, 1997**), les pieds mâles, qui ne fournissent pas de gousses sont les plus préférés dans le domaine d'ornementation (**Batlle et Tous, 1997**). Il peut être également utilisé en verger comme plantation homogène destinée à la production commerciale.

Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (**Aafi, 1996**).

b) Fruit

Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été, traditionnellement, utilisées non seulement en alimentation des animaux ruminants (**Louca et Papas, 1973**) ou non ruminants (**Sahle et al., 1992**), mais aussi en alimentation humaine. Après l'écrasement des gousses graines, les produits dérivés de ces deux éléments sont principalement utilisés dans plusieurs domaines

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employé depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliment comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**).

Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire humaine, grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques. Elle est également employée pour la production d'alcool (éthanol), d'acide citrique et comme substituant du cacao pour la fabrication de chocolat, car elle ne contient ni caféine ni théobromine (alcaloïdes). La farine de la pulpe entre dans la composition de plusieurs aliments comme, les biscuits, les farines lactée. (**Rejeb al., 1991 ; Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dokia et al., 2007**).

En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies comme la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer (**Crosi et al., 2002 ; Gharnit, 2003 ; Ait Chitt et al., 2007**).

Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile. (**Battle et Tous, 1997 ; Biner et al., 2007 ; Dokia et al., 2007**).

c) Les autres parties de l'arbre

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées, en effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube ou miel d'automne, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins. Le bois du caroubier, dur de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (**Rejeb al., 1991 ; Gharnit, 2003**).

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le

polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (Priolo et al., 2000), ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine 'traditionnelle' pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (Baytop, 1984); ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxique et antimicrobiennes (Kivçak et Mart, 2002).

VII. Composition chimique du caroubier

La gousse est riche en carbohydrates et particulièrement en sucres hydrolysables (sucrose 34%, D-glucose 6,4% et D-fructose 6%) qui représentent 40 à 55% du poids de la gousse et en protéines (6%), par contre elle présente une faible proportion en lipides (3%). La gousse du caroubier présente une valeur énergétique important (17,5 KJ/g de M.S) (Avallone *al.*, 1997 ; Biner *al.*, 2007).

Le caroubier contient également des composées phénoliques (2 à 20% de M.S) qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol..., différentes études ont montré que ces polyphénols sont essentiellement des tanins condensés (16 à 20%), des proanthocyanidines, des flavonoïdes, des ellagitanins... (Avallone *al.*, 1997 ; Owen *al.*, 2003 ; Makris et Kefalas, 2004).

La gousse du caroubier contient d'autres composées comme les éléments minéraux, les vitamines.

VIII. Production du caroubier

Selon les données du FAOSTAT (2010), l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 95 864ha (Tab N°09). La plus grande superficie, 77 876ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 921ha pour l'Algérie et 11 179ha pour les pays d'Afrique du Nord.

La production mondiale de caroube est estimée à 95 864 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, Italie, Maroc, Portugal, Grèce, Turquie, suivie de Chypre, Algérie, Liban, et en dernier la Tunisie (Tab. N°09).

Tableau N°08 : Superficie occupée par le caroubier (FAOSTAT 2010)

Pays	Superficie (ha) en 2004	Superficie (ha) en 2008	Superficie (ha) en 2009
Algérie	1 066	1 000	921
Afrique du Nord	13 526	13 460	11 179
Europe	92 218	83 574	77 876
Monde	112 711	10 2939	95 864

Pays	Production en tonne (2004)	Production en tonnes (2008)	Production en tonnes (2009)
Espagne	67 000	72 000	60 795
Italie	24 000	31 224	31 224
Maroc	40 000	25 000	19 472
Portugal	20 000	23 000	21 000
Grèce	19 000	15 000	15 822
Turquie	14 000	12 100	12 097
Chypre	7 000	3 915	6 519
Algérie	4 600	3 600	3 216
Liban	3 200	2 800	2 176
Tunisie	1 000	1 000	1 000
Monde	182 680	191 167	181 531

Tableau N°09 : Production mondial de caroube (FAOSTAT 2010)

Pays	Production en tonnes (2010)	Production en tonnes (2011)
Espagne	95 000	75 000
Italie	45 000	30 000
Maroc	75 000	40 000
Portugal	45 000	45 000
Grèce	12 000	10 000
Turquie	18 000	14 000
Algérie	18 000	7 000
Tunisie	5 000	35 000
Reste	5 000	5 000
Monde	318 000	229 500

Tableau N°10 : Production mondiale de caroube (2010-2011)

Durant le siècle dernier, la production mondiale de caroube a connu une chute dramatique, elle est passée de 650 000t en 1945 (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969**) à 229 500 t en 2011. La grande perte a été enregistrée en Espagne où la production a chuté de 75 000 t en 1930 à 60 795t en 2011 (**MAPA, 1994**).

Selon Batlle (1997), la régression accusée dans la production du caroubier a été principalement liée à la baisse des prix et aux programmes du développement des zones côtières au dépend des plantations de caroubier.

On remarque qu'en Algérie la production de caroube ainsi que la surface cultivée ont baissé par rapport aux données enregistrées en 2004, car il n'est plus utilisé comme plante fourragère pour l'aliment de bétails au profit de l'orge et c'est dû à son coût élevé et son rendement lent (10 à 15 ans après sa plantation).

IX. Ravageurs et maladies

Dans la région méditerranéenne, le principal ravageur est la teigne de caroube, *Ceratoniae myelois*. Les gousses de beaucoup de cultivars deviennent parfois infestées avec la petite et polyphage larve de la mite de caroube (*Myelois ceratoniae* Z.). En Août-Septembre, Il pond ses œufs sur les fleurs ou les gousses nouvellement formé et les larves pénètrent dans les gousses et les ruiner. Elle attaque également les caroubes stockées où elle peut être éliminée par la fumigation.



Larve de *Myelois ceratoniae*

En Espagne, l'insecte le plus préjudiciable est la larve polyphage de la mite de léopard (*Zeuzera pyrina* L.) qui attaque le bois du tronc et des branches, endommageant considérablement de jeunes arbres. (**Martorell 1987 ; Tous and Batelle 1990**). Dans les caisses d'isolement, il peut être commandé en présentant un fil dans les galeries pour détruire les larves ou en remplissant trous de pâte de pesticide.



**Zeuzère au stade larvaire
(Chenille)**

**Zeuzère au stade adulte
(Papillon)**

**Galerie typique
de la chenille**

Dégât causé par l'insecte Zeuzère sur l'écorce d'arbre

Les charançons font des dégâts importants sur les gousses de caroubier lorsqu'elles sont stockées, ils peuvent être détruits avec des produits-organo phosphorés (fumigation).

En Chypre, les arbres ont subi à des attaques de moucheron de caroube (*Asphondylia spp.*) sur des gousses. L'humidité élevée favorise la prolifération de cet insecte. Les larves d'un moucheron, *Asphondylia Gennadii*, causer le rabougrissement des gousses.

Certains des meilleurs cultivars sont résistants à ces ravageurs.



Asphondylia au stade adulte

Les maladies sont rares. La déformation des jeunes gousses peuvent être causées par le champignon *ceratoniae*. La maladie de rouille (*Oidium ceratoniae C.*) peut affecter des gousses, des feuilles et des brindilles, elle attaque dans différentes périodes de l'année, principalement au printemps et en automne. Ce champignon déforme des jeunes gousses, il provoque des taches blanches sur les tissus infectés (Goor et al. 1958 ; Graniti 1959 ; Martorell 1987 ; Tous and Batelle 1990). Elle peut aussi détruire des branches dans de vieux arbres.

Les jeunes caroubiers s'élevant dans des états de serre chaude ont montré la résistance à la putréfaction de racine causée par *Armillaria* (*A. mellea* and *A. obscura*) (Loreto et al.1993).



Les gousses de caroubier et ses feuilles sont attaquées par *Oidium ceratoniae*

D'autres parasites qui endommagent considérablement de temps en temps des vergers de caroube sont de petits rongeurs comme des Gophers (*Pitymys spp.*) et les Gopher de rats (*Rattus spp*) peuvent sévèrement endommager le système de racine de jeunes arbres. Ils sont les parasites importants, ils grimpent dans les arbres, se cachent parmi les branches, ronger l'écorce des branches jusqu'à la mort.



Pitymys



Rattus

Les gaufres sont très friands des racines de caroube, et les lapins et les cerfs broutent les jeunes arbres.

Chapitre III

Matériel et méthodes

Notre étude s'est effectuée en deux modes : la multiplication par semis et la multiplication par greffage (fente double et en placage). La première multiplication a été faite dans la station d'Agadir et la deuxième dans la station de Zénata.

Matériels et méthodes

Avant de traiter ce sujet on a fait une analyse édaphique deux stations

I. Analyse du sol

C'est pour mettre en évidence l'action des facteurs physico-chimiques du sol sur le comportement de la végétation ou bien une relation entre les associations végétales et les d'étude ont été prélevés.

I.1. Méthode d'étude sur le terrain

Deux échantillons sont prélevés dans des stations différentes. Ils ont été dirigés vers le laboratoire d'analyses des sols pour faire l'objet d'une analyse physico-chimique qui se rapporte à des prélèvements de sol effectués dans notre zone d'étude au cours de l'année 2011.

Au niveau de la station Zénata, le prélèvement a été effectué au niveau du système racinaire de caroubier.

Au niveau de la station d'Agadir, l'échantillon a été prélevé dans des endroits différents.

I.2 Méthode d'étude au laboratoire

Les échantillons prélevés ont été étudiés par les voies chimiques et physiques. Les analyses ont été réalisées au laboratoire des sols L. T. P. O (Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest) Abou Tachfin, Tlemcen.

Les analyses sont faites sur :

- Granulométrie (texture), méthode Casagrande ;
- Calcaire total, méthode au calcimètre de Bernard ;
- Carbone organique méthode Anne (1945) ;
- Matière organique déterminée par le rapport $MO / C = 1,72$;
- pH dans l'eau distillée, méthode électrométrique ;
- Coloration selon Munsell.

I.2.1. Analyse physique

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer le pourcentage des particules du sol (sables, limons, argiles), pour cela on a utilisé la méthode de Casagrande (Fig. N°14).

Pour ce faire et suivant les catégories des différents diamètres on procède par :

- Tamisage pour les particules de diamètres supérieurs à 0,08 mm,

Sédimentation pour celles inférieures à 0,08 mm.

➤ Principe

La méthode consiste à faire passer un échantillon préalablement étuvé à travers une série de tamis de diverses dimensions afin d'établir les différentes proportions.

➤ Matériel

- Broyeur manuel ;
- Tamis de différents diamètres ;
- Un couvercle et un fond ;
- Un agitateur électronique ;
- Une balance.

➤ But de sédimentométrie

Lorsque les particules ont une dimension inférieure à 80 mm, le tamisage n'est plus possible. La suspension est donc récupérée dans une éprouvette, une lecture des densités se fait à l'aide d'un densimètre à des temps préalablement fixés (Fig. N°15). Les particules sont classées selon une échelle internationale (Duchaufour, 1977) :

- Inférieur à 0,002 mm Argile ;
- Entre 0,002 et 0,02 mm limons fins ;
- Entre 0,05 et 0,2 mm sable fins ;
- Entre 0,2 et 2 mm sable grossiers.

L'ensemble des diamètres inférieurs à 2 mm sont appelés terre fine,

- Entre 2 et 20 mm graviers ;
- Entre 20 et 200 mm cailloux
- Entre 200 et 20 cm ce sont des éléments grossiers.



Lavage l'échantillon du sol a travers un tamis de 0,08 mm ;
Récouter le passant dans un bac pour l'essai de sédimentation.

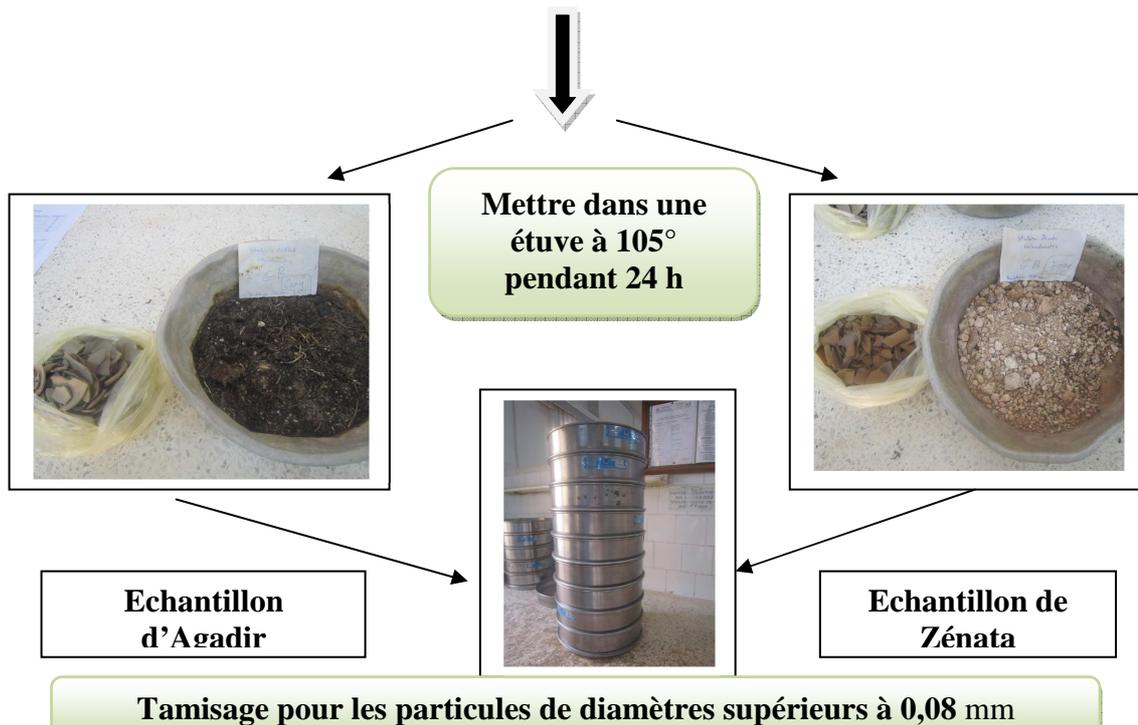


Figure N°14 : L'analyse granulométrique

- 1) Prendre 80g échantillon du sol.
- 2) Ajouter 10 ml d'hexamétaphosphate diluée à 5%.
- 3) Ajouter 500 ml de l'eau distillée.
- 4) Laisser imbiber pendant 15 mn.
- 5) Mélanger le tout par l'agitateur mécanique pendant 3 mn.



Figure N°15 : L'analyse sidimentometrique

- 6) Verser le mélange dans une éprouvette.
- 7) Compléter par de l'eau distillée jusqu'à 2000 cm³.
- 8) Retirer l'agitateur manuel et déclencher au même temps le chronomètre.
- 9) Plonger directement le densimètre.
- 10) faire la lecture la densité de la solution à 0,5-1-2 mn sans retirer le densimètre.
- 11) A partir la 3^{eme} la lecture, retirer le densimètre et le nettoyer après chaque lecture.

I.2. Analyses chimiques

Permis les caractéristique physico–chimiques d'un sol, l'acidité actuelle qui exprime la concentration en ion H^+ dissociés (libre) dans une solution de sol à un moment donnée.

$$pH = \log [H^+]$$

- Mode opératoire

En mélangeant 10g de terre séchée dans un bécher de 100 ml avec 25 ml d'eau distillée. Ce mélange doit être agité pendant 15 mn puis laissé au repos pendant 30 mn.

L'électrode est trempés dans la solution ; la valeur est affichée sur le cadran du pH – mètre.

- But de la mesure

Cette mesure sert à déterminer la basicité, l'acidité ou la neutralité d'un sol.

Appréciation et échelle du pH

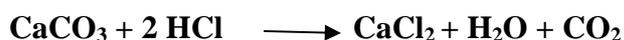
pH	Appréciation
< 3,5	Hyper acide
3,5 - 5	Très acide
5,0 – 6,5	Acide
6,5 – 7,5	Neutre
7,5 – 8,7	Basique
> 8,5	Très basique

➤ Dosage du calcaire total

Le dosage du calcaire total est réalisé à partir de la méthode volumétrique (Calcimètre de Bernard).

- Principe

Le principe de ce dosage est fondé sur la réaction entre l'acide chlorhydrique et le calcaire total du sol qui produit du dioxyde de carbone suivant la formule suivante :



Les valeurs obtenues sont exprimées en pourcentage de classes suivant une échelle conventionnelle.

% de carbonates	Charge en calcaire
< 0,3	Très faible
0,3 - 3	Faible
3 - 25	Moyenne
25 - 60	Forte
> 60	Très forte

➤ Dosage du carbone organique

La quantité globale de la matière organique est évaluée de manière approximative par le dosage du carbone organique (Méthode de Anne) qui est oxydé par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate doit être excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique.

L'excès de bichromate de potassium est tiré par une solution de sel de Mohr, en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert (**Fig. N°16**).

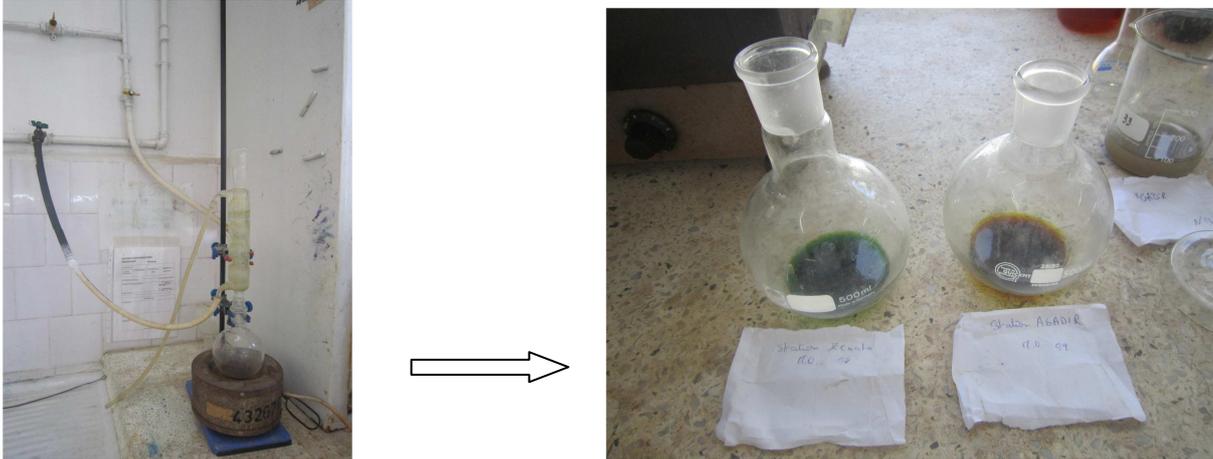
Le pourcentage de la matière organique est obtenu par la formule suivante :

$$\text{MO}\% = \% 104,5 * (\text{V}2 - \text{V}1) / \text{m}$$

V2 : Volume lu sur la burette après titrage ;

V1 : Volume de sulfate double d'ammonium et de fer versé ;

M : masse de terre fine.



- 1) Etuver l'échantillon de sol à 50° pendant 1 à 8 jours ;
- 2) Recueillir les éléments passants au tamis de 0,315 mm ;
- 3) Prélever une masse comprise entre 0,1 et 1g (Echantillon d'Agadir : P = 0,2g et Zénata : P = 0,1g) ;
- 4) Ajouter à la prise d'essai contenue dans un ballon 10 cm³ de solution de dichromate de potassium (4%), puis 15 cm³ d'acide sulfurique concentré ;
- 5) Mettre le ballon sur un chauffe-ballon ;
- 6) Chauffer modérément et maintenir une ébullition franche et douce pendant 5mn après condensation et chute la première goutte d'évaporation ;
- 7) Après refroidissement, ajouter 200cm³ d'eau distillée, 7 à 8 cm³ d'acide orthophosphorique concentré et 5 à 10 gouttes de diphénylamine ;
- 8) Placer le contenu sur agitateur magnétique, et le titrer par la solution de sulfate double d'ammonium et de fer (0,2 mol/l) ;
- 9) La teinte passe du brun au violet, au bleu puis au vert émeraude.

Figure N°16 : Détermination de la teneur pondérale en matière organique d'un sol

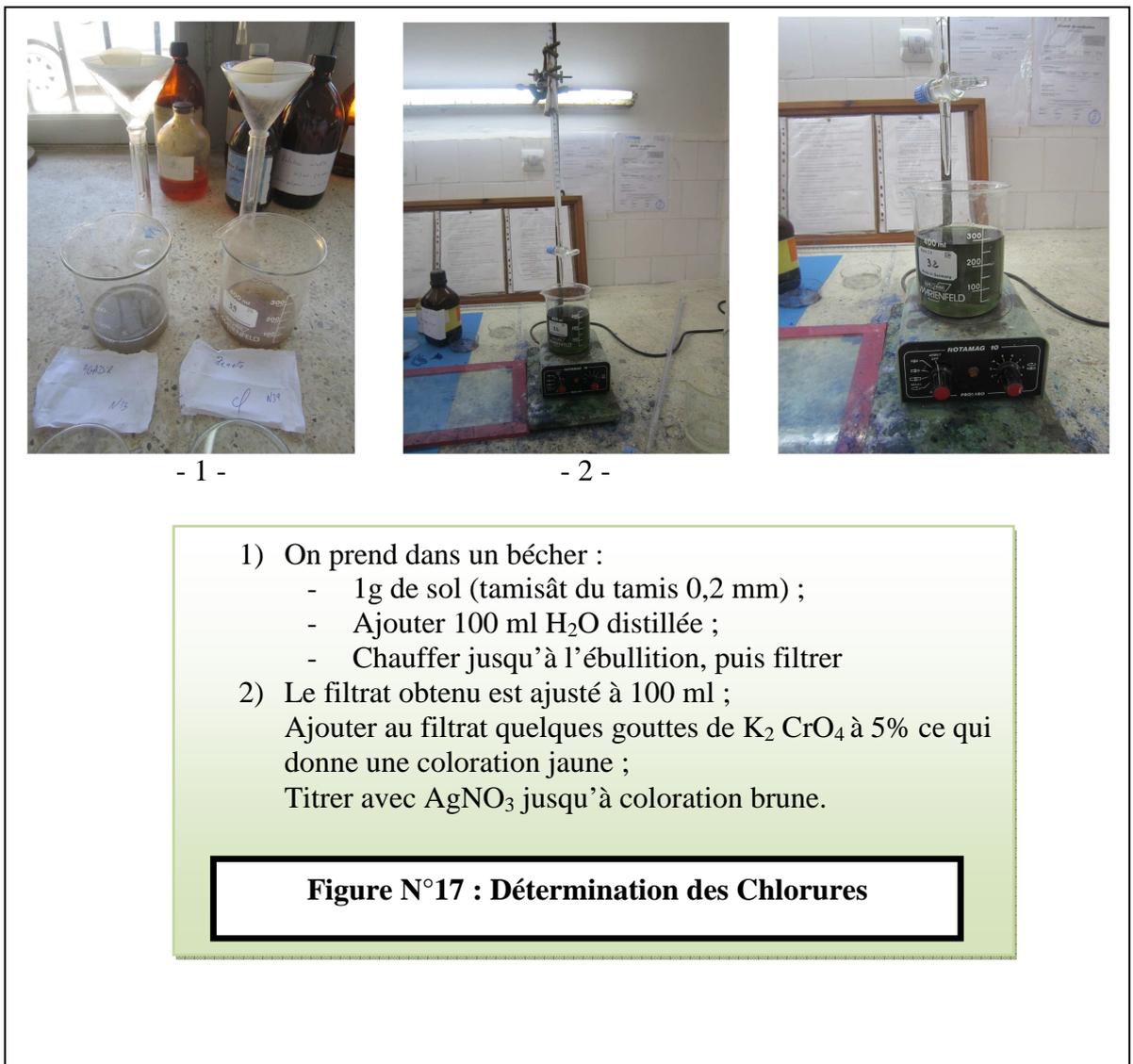
➤ **Détermination des chlorures**

En mélangeant 1g sol (tamisé du tamis 0,2 mm) avec 100 ml H₂O distillée, chauffer jusqu'à l'ébullition, puis filtrer. Après filtration on ajoute quelques gouttes de K₂CrO₄ ce qui donne une coloration jaune. Titrer avec AgNO₃ jusqu'à coloration brune (**Fig. N°17**).

Le pourcentage de chlorure est obtenu par la formule suivante :

$$\% \text{ Cl} = T \cdot 0,355$$

Soit **T** : le titre d'AgNO₃



➤ La couleur

La couleur d'un sol est déterminée par référence à un code international de couleur : le code de (Munsell Soil Color Chart).

II. Multiplication par semis et par le greffage

II.1. Matériel végétal

a) Pour le semis

Le matériel végétal utilisé dans ce travail expérimental appartient à l'espèce *Ceratonia siliqua*. La récolte de la graine a été effectuée sur des sujets d'origine algérienne issue de différentes variétés.

Les semences ont été récoltées durant la fin Août-Septembre 2010. Elles ont été conservées dans un endroit aéré jusqu'au moment de semis.

Le matériel utilisé : Boîtes de pétries et de yaourt, coton, l'eau, acide sulfurique, sachets en plastiques et les étiquettes.

b) Pour les greffages

Préparation les greffons : Sont récoltés sur un arbre de 12 ans situé à Remchi, déjà productif d'une bonne variété.

Portes greffes : Sont des francs de 4 ans issus de semis dont l'origine parentale n'est pas connue.

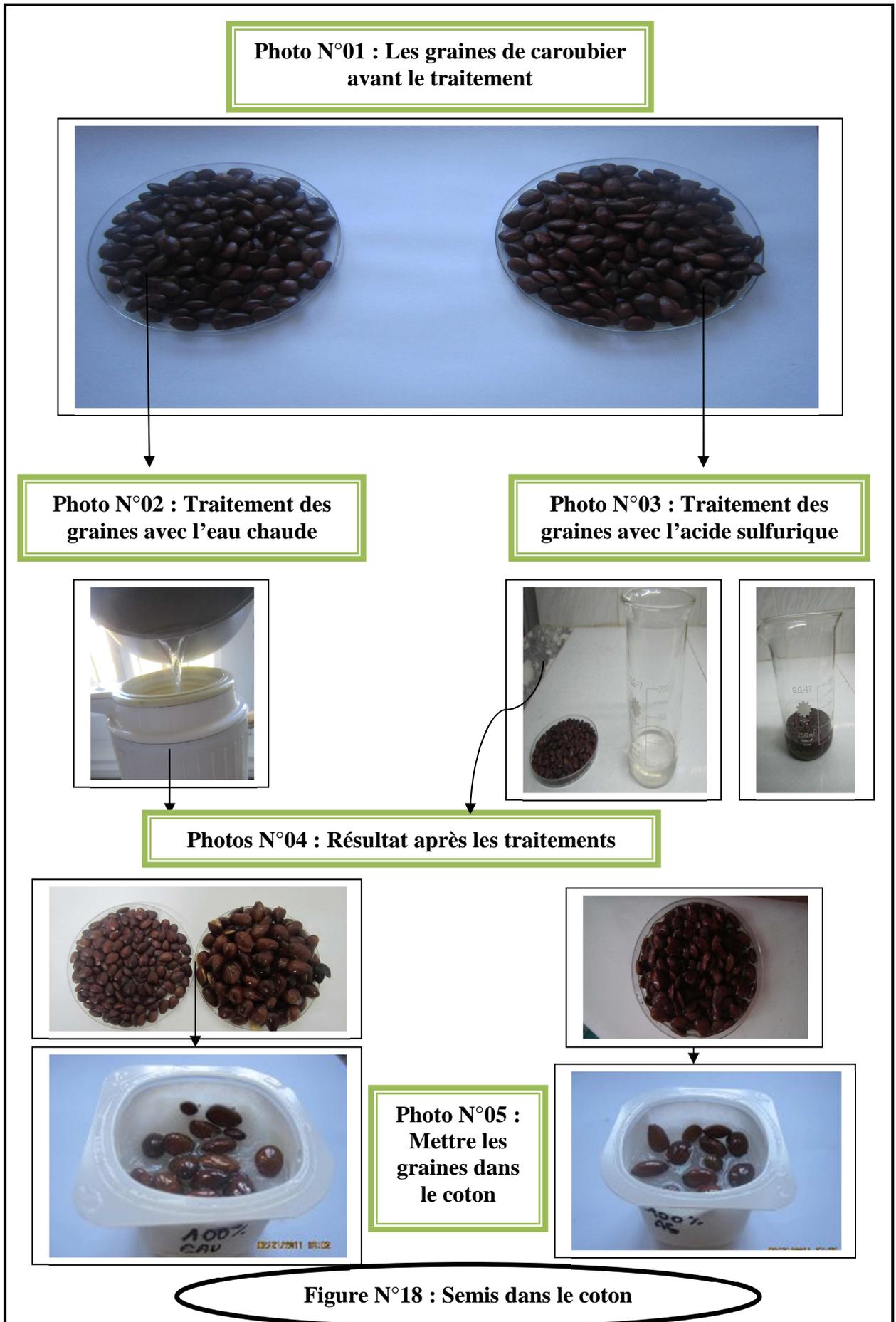
Le matériel utilisé : serpette, mastic, le papier collant élastique.

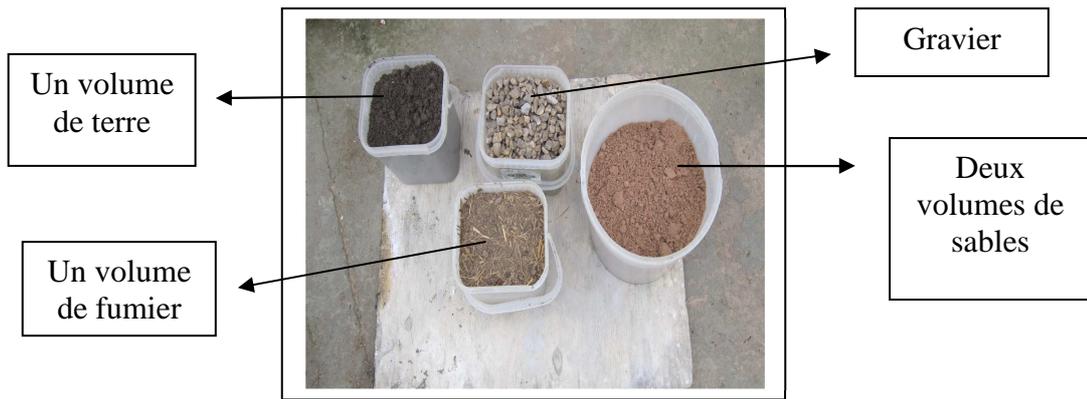
II.2. Méthode d'étude le semis par deux traitements de scarification des graines

On a commencé notre travail par le rinçage des graines de caroubier ayant une peau dure, on a utilisé une technique de scarification par trempage 150 graines dans l'eau chaude pendant 48 h et 150 graines dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré pendant 1h puis dans l'eau pendant vingt-quatre heures pour la coque se ramollisse et que la germination soit plus facile. Cette expérience est réalisée le 12 février 2011 (**Fig. N°18**).

50 graines sont mises dans les boîtes de pétri contenant du coton pour les deux étapes et 100 graines sont mises directement dans des sachets polyéthylène perforés. Ces sachets sont remplis par une couche de gravier et une couche de substrat de mélange (un volume de terre, un volume de fumier, deux volumes de sable). Ce dernier on a fait l'analyse Cette étape a été effectuée le 14 février 2011. On met 3 graines de caroubier dans un sachet à un ou deux centimètres de la surface (**Fig. N°19**).

L'arrosage de semis se fait à l'aide d'un arrosoir de jardinier, cette technique est répétée selon les besoins. Les gouttelettes d'eau doivent être fines pour ne pas risquer de faire ressortir les graines.





Photos N°06 : Préparation du substrat



Photos N°07 : Remplissage des sachets avec du substrat et semis des graines de caroubier.



Figure N°19 : Semis dans le sol

II.3. Méthode d'étude le greffage par deux techniques

a) Greffage en fente double

Les greffons sont récoltés le 23 février 2011, Ils sont conservés dans un papier journal et humidifié.

On a réalisé la méthode en fente double le 25 février 2011 sur 5 sujets.

- On taille les greffons portant 2 yeux, on incise en double biseau (lame de couteau).
- Le sujet est rabattu ensuite il est rafraîchi à la serpette, puis fendu verticale sur trois à cinq cm de haut au centre à l'aide de scie égoïne.
- Les greffons sont introduits incomplètement à chaque extrémité de la fente du sujet.
- La greffe est ligaturée et le mastique liquide y est appliqué à titre préventif contre les maladies (**Fig. N°20**).



Photos N°08 : Préparation du greffon



Photo N°09 : Porte greffe (arbre caroubier)



Photo 10 : Fente verticale sur 3 à 5 cm au centre



**Photos N°11 : Pose des 2 greffons (fente double),
ligature et masticage de la greffe**

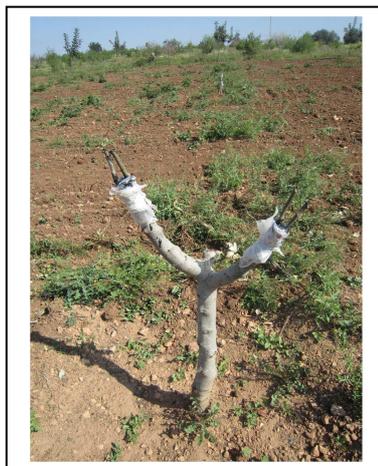


Photo N°12 : Arbre de caroubier greffé en fente double

Figure N°20 : Greffe en fente double

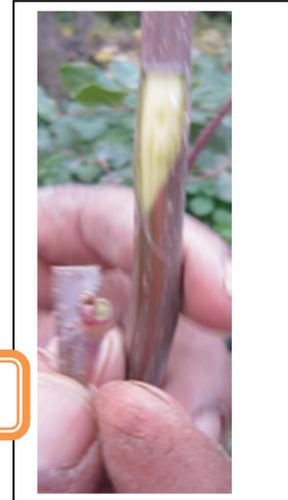
b) Greffage en placage

Les greffons sont prélevés le 15 juin 2011 peu de temps avant le greffage, afin d'éviter qu'ils se dessèchent. Une entaille horizontale de forme carrée pourvu en son centre d'un bourgeon à bois est prélevée du greffon.

Lorsque l'on prélève le bourgeon, plutôt que de décoller le carré en le soulevant ou le tirant, il vaut mieux le faire glisser lentement pour ne pas abîmer le dessous de l'œil (**Fig. N°21**).

- Sur une partie lisse située entre deux nœuds du tronc du porte-greffe. On prélève un carré d'écorce de 2 à 3 cm de côté.
- Insertion le carré prélevé de greffon dans l'entaille carré du porte-greffe, il faut que les carrés soient de même dimension.
- Ligaturer solidement en laissant l'œil découvert.

Le même jour on a réalisé cette méthode sur 44 sujets.



Photos N°13 : Préparation du greffon (Un carré porte un œil)



Photos N°14 : Prélèvement d'un carré sur le porte greffe



Photo N°15: Insertion du carré prélevé de greffon dans l'entaille carré du porte-greffe ensuite ligaturer

Figure N°21 : Greffe en placage

III Mensuration**III.1. Le taux de germination des graines par le semis**

On calcule le taux de germination qui est le nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines semées, exprimé en pourcentage.

$$\text{T.G} = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100$$

III.2. Le taux de greffe réussi en fente double et en placage

On calcule le pourcentage de réussite

$$\% \text{ Taux de greffes réussies} = \frac{\text{Nombre d'arbre réussis}}{\text{Nombre total d'arbres}} \times 100$$

Chapitre IV

Résultats et discussion

Concernant l'analyse du sol

Après l'analyse notre échantillons de sol on a obtenu des résultats suivant (**Tab. N°11**) :

I. Analyse physico – chimique du sol

Les sols étudiés de notre Zone d'étude renferment des éléments grossiers en quantité élevée pour la station de Zénata et faiblement pour la station d'Agadir.

La teneur en sable est très élevé dans la station Agadir para port à la station de Zénata. La fraction limoneuse est presque identique pour les deux stations.

Le triangle de texture place nos stations dans l'aire limono – sableux à texture limoneux. Ce sont des sols légers et très perméables favorisant ainsi le développement et l'installation l'espèce.

○ La matière organique

Les résultats obtenus (**Tab. N°11**) indiquent que la teneur en matière organique diminue d'une fraction significative avec l'augmentation du sable. Le sol de Zénata est trop riche en matière organique para port a la station d'Agadir afin de l'abondance des animaux.

○ pH

Les échantillons analysés, leur pH est entre 6 et 8. Pour la station Agadir, le sol est neutre (pH=6,89). Par contre Zénata, le sol est alcalin (pH=7,74).

○ Le CaCO_3

Les substrats sont généralement riches en carbonate de calcium, cette forte teneur se trouve liée à la nature de la roche mère qui est souvent calcaire.

Elément nécessaire à l'étape de photolyse de l'eau dans la photosynthèse ; rôle dans l'équilibre hydrique.

La concentration de chlore dans nôtres échantillons est trop légère. Pour la station d'Agadir le pourcentage de chlore est 0,195% ; et la station de Zénata le pourcentage de chlore est de 0,248%

Stations	Granulométrie en %				Texture	pH	CaCO ₃ %	Matière organique	Cl	Couleur
	Gravier	Sable	Limon	Argile						
Agadir	8	50	35	7	Limono - sableux	6,89	41,56	12	0,195	2,5YR5/3
Zénata	31	31	37	11	Limoneux	7,74	21,87	29	0,248	10R5/4

Tableau N°11 : Données pédologiques de la zone d'étude

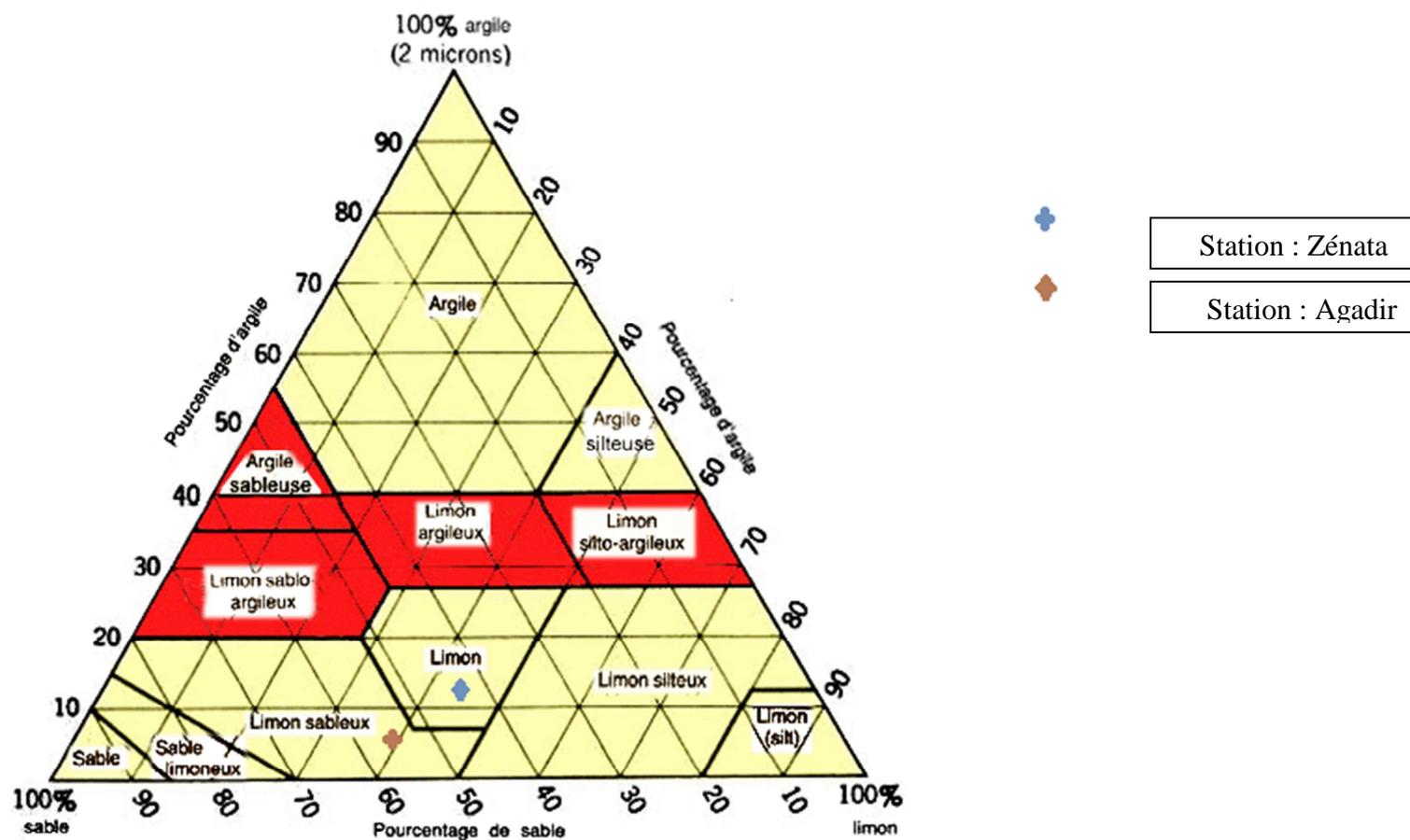


Figure N° 22: Diagramme de texture des sols

Les sols de la zone d'étude sont assez hétérogènes et leurs caractéristiques suivent la nature du substrat et la topographie.

L'ensemble des caractères physico-chimiques des échantillons montre une texture limoneux-sableux à limoneux ; un taux de matière organique très élevé pour les deux stations ; les quantités de calcaire total sont effectivement plus importantes dans les deux stations ; Cl est généralement présent en faible concentration qui sont souvent inférieure à 1mg/l.

II. La pratique efficace utilisée pour la multiplication du caroubier

Pour le semis des graines dans le coton

Nous constatons après un mois de semis que le taux de germination des graines qui se trouve traitées à l'eau chaude a atteint un taux de 34% et 78% pour les graines traitées à l'acide sulfurique concentré.

En deuxième mois le taux de germination augmente progressivement avec le temps, pour les graines trempées à l'acide sulfurique le taux de germination atteint une valeur maximale de 82% et les graines trempées dans l'eau chaude atteignent 40% (**Fig. N°23**).

Après le troisième mois de suivi, le taux de germination est atteint son rapport le plus élevé est de 90% pour les graines trempées dans l'acide sulfurique, et de 52% pour les graines trempées à l'eau chaude (**Tab. N°12**).

Pour le semis des grains dans le sol, on constate :

Après deux mois, le taux de germination pour les graines traitées par l'eau chaude et 40%, et 64% pour les graines traitées par l'acide sulfurique.

Le taux de germination augmente progressivement avec les mois pour les deux traitements il atteint un taux maximum 87% pour les graines traitées en acide sulfurique et 67% pour les graines trempées dans l'eau chaude (**Fig. N°24**).

➡ Les graines traitées par l'eau chaude

Traitements	Coton		Sol	
Mois	Nombre de graines germées	Taux de germination (%)	Nombre de graines germées	Taux de germination (%)
Mars	17	34	Mars 0 Avr 40	Mars 0 40
Avril	20	40	Mai 49	49
Mai	26	52	Juin 58	58
Juin	0	0	Juil 67	67

Tableau N°12 : Les graines traitées par l'eau chaude en fonction de temps

➡ Les graines traitées par l'acide sulfurique

Traitements	Coton		Sol	
Mois	Nombre de graines germées	Taux de germination (%)	Nombre de graines germées	Taux de germination (%)
Mars	39	78	Mars 0 Avr 64	Mars 0 64
Avril	41	82	Mai 71	71
Mai	45	90	Juin 87	87
juin	0	0	Juil 87	87

Tableau N°13 : Les graines traitées par l'acide sulfurique en fonction de temps

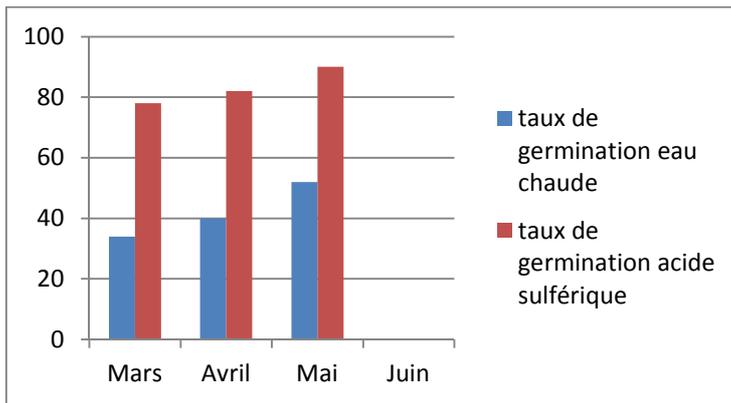


Figure N°23 : Le taux de germination des graines semées dans le coton en fonction des mois

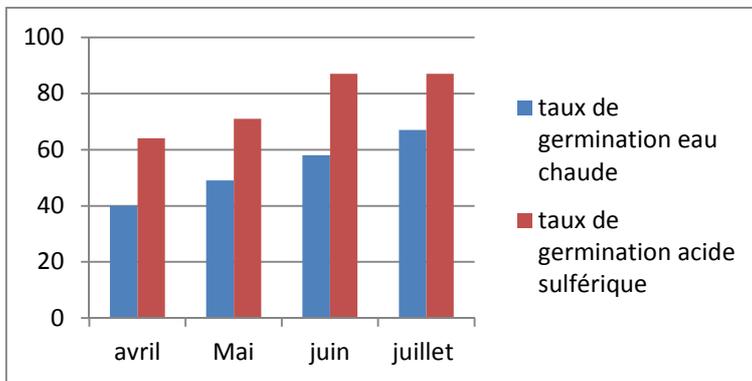


Figure N° 24 : Le taux de germination des graines semées dans le sol en fonction des mois



Photos N°16 : Germination des graines traitées avec l'eau chaude



Photos N°17 : Germination des graines traitées avec l'acide sulfurique

Figure N°25 : Résultats de semis les graines dans le coton



Figure N°26 : Germination des graines dans le sol

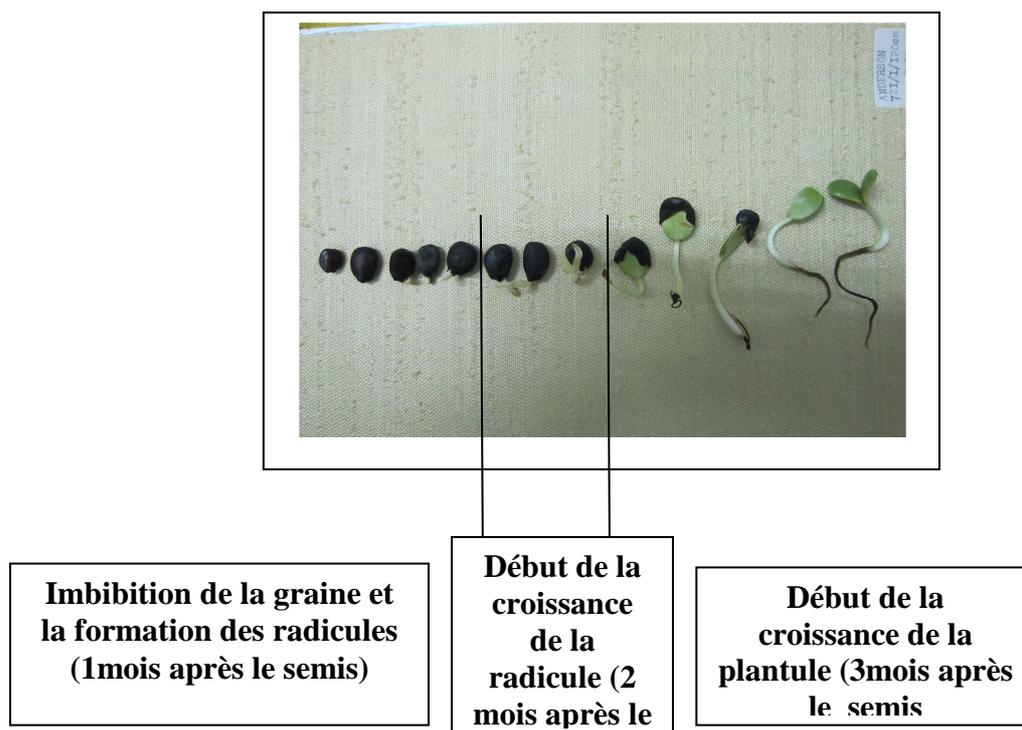


Photo N°18 : Germination, des graines de caroubier

Comme il est indiqué sur les tableaux, l'effet de traitement de l'acide sulfurique sur les graines de caroubier est plus efficace que le traitement par l'eau chaude.

Les résultats obtenus concernant la multiplication des graines de caroubier par des traitements à travers l'eau chaude se rapprochent de ceux **Maman Kouadri** qui a travaillé sur la germination de l'arganier.

Par contre les résultats obtenus concernant la multiplication des graines de caroubier par traitements à l'acide sulfurique de ceux obtenus par **Konate (2001)** qui a travaillé sur les différentes variétés de la caroube et il a trouvé que pour une durée idéale de trempage des graines dans l'acide sulfurique, Il a enregistré plus de 70% de germination juste après 3 jours d'incubation et ceci pourrait être dû à la sélection des graines ce qu'il n'est pas le cas pour nous. Selon **Bajpai et Totawat (1976)**, l'accélération de la germination due au traitement à l'acide sulfurique est généralement attribuée à ramollissement du tégument de la graine par oxydation, ce qui augmente sa perméabilité à l'air et à l'eau. Chez le caroubier, la durée de traitement sulfurique a été, selon les auteurs, très variable.

➤ Pour le greffage

Traitements	Nombre de greffe réussi	Taux de réussite en (%)
Mode de greffage		
Greffage en fente double	1	1/5 (20%)
Greffage en placage	35	89,74%

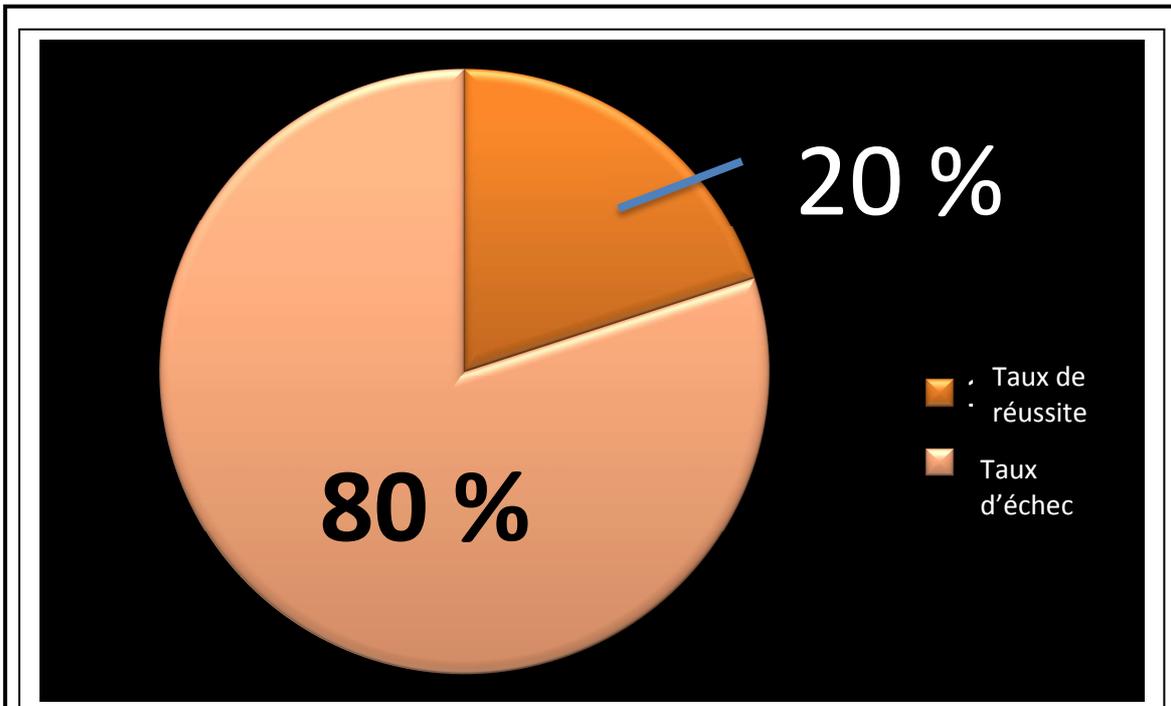


Figure N°27 : Taux de réussite du greffage en fente

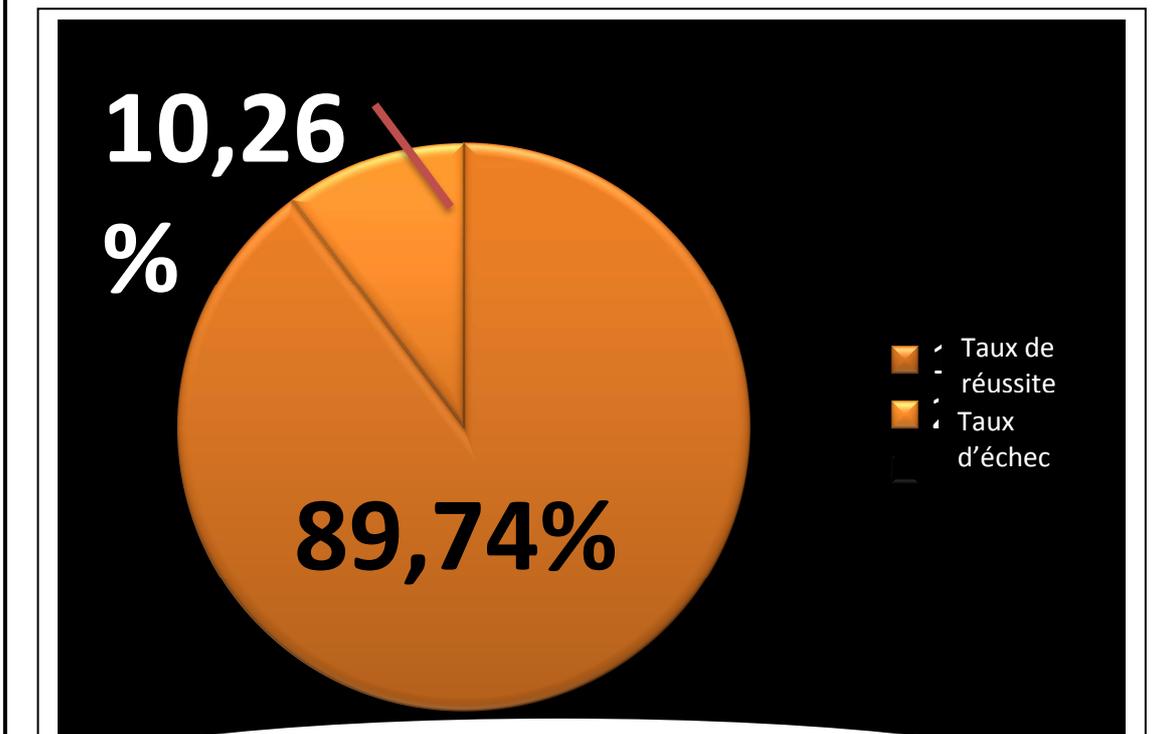


Figure N°28 : Taux de réussite du greffage en placage



Photo N° 19 : Arbre greffé en placage



Photos 21 : Croissance le rameau issu de la greffe en fente double



Photo 20 : Formation bourgeon à bois

Figure N°29 : Greffe en fente double



Photos 22 : Croissance le rameau issu de la greffe

Figure N°30 : Greffe en placage

Les greffes ont été réalisés par deux greffons. Le résultat est sans équivoque.

Les résultats obtenus pour le greffage en fente double étaient de 20%, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%.

La greffe en placage a réussi par contre nous pouvons considérés que la greffe par fente double est un échec Selon la recherche d'activité INRA (2008), la réussite du greffage est obtenue sur des plants de caroubier de 3 années d'âge associé à la technique de greffe en fente à partir du mois de mai.

Nous estimons que le greffeur que nous avons choisi n'est pas professionnel, par contre le greffon qui a fait la greffe en plaque est un homme de valeur comme il est rare d'en trouver aujourd'hui.

Conclusion

Le caroubier qui est connu par le nom de KHARROUB en Algérie, se trouve dispersé à l'état sauvage dans presque toutes les régions septentrionales du pays et il ne forme des peuplements que sur le littoral, et l'étage méditerranéen semi-aride et sub-humide, en association avec l'olivier, le thuya.

Le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement et ce, malgré les différentes études et résultats qui ont montré que cette espèce est très intéressante aussi bien du point de vue écologique, que économique, que pour la protection (conservation des sols)

L'utilisation des espèces rustiques comme le caroubier d'intérêt pastoral, fourrager et mellifère, dont la production est recherchée permettra non seulement de préserver le milieu mais d'améliorer nettement le revenu des populations et de sa réintégration dans les pratiques locales du pays.

Le sujet abordé dans ce mémoire s'inscrit dans une étude globale sur la multiplication du caroubier par deux méthodes : la multiplication par semis afin d'obtenir des francs et la multiplication par greffage (en fente double et en placage) afin de permettre d'améliorer notre variété. Il était indispensable de pratiquer ce travail sur le terrain et d'observer l'évolution des greffages au cours du temps et voir les taux de réussite de chaque pratique.

Dans la première partie, notre travail a été consacré sur l'étude de la germination des graines de caroubier à l'aide de deux solutions : l'eau chaude et l'acide sulfurique dans au cours du temps. Les résultats obtenus par le semis des graines traitées dans un acide sulfurique germés dans le coton ont donné un taux de germination est de 90% et dans le sol, un taux de 87%, par contre les graines trempées dans l'eau chaude germés dans le coton le taux de germination est de 52% et dans le sol est 67%.

Le trempage à l'acide sulfurique est une technique, qui nous permet d'aboutir à un nombre suffisamment important de plants en un temps record, cette méthode mérite d'être prise en considération par l'ensemble des pépiniéristes et les techniciens qui travaillent sur cette espèce. A travers cette technique on peut garantir un pourcentage de germination assez appréciable dans une durée bien précise.

Dans la deuxième partie, la pratique était effectuée sur la multiplication de caroubier en deux modes de greffage (en fente double et en placage),

Les résultats obtenus pour le greffage en fente double, le taux de réussite était de 20%, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%.

Pour cela on encourage la multiplication du caroubier par placage pour meilleur production.

Par conséquent le caroubier a un impact :

- Un impact écologique c'est un arbre vert toute l'année dans un pays où la désertification avance chaque année 5km. Il ya lieu de développer le reboisement par le caroubier, l'olivier, et le figuier qui peuvent créer de nombreuses emplois depuis la collecte jusqu'à la consommation finale.
- Un impact social : la récolte de la caroube entière concerne les populations les plus déshérités qui habitent les zones les plus déshérités du pays.
- Un impact économique : les dérivés de la caroube sont exportés, ce qu'ils contribuent au développement des exportations hors hydrocarbures.
- Enfin un impact scientifique : la présente étude est un exemple de la contribution de l'université algérienne de développement national.

Cependant il reste de nombreuse d'étude à faire à savoir :

En premier lieu : l'étude sur des variétés de caroubier qui existent en Algérie ;

Deuxième lieu : l'étude sur le caryotype de *Ceratonia siliqua* des arbres pour pouvoir distinguer l'arbre femelle par apport l'arbre mâle ;

En troisième lieu : l'étude pharmaceutique de la dérivé de caroubier.

BIBLIOGRAPHIE

A

- Aafi A.**, 1996. « Note technique sur la caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Centre Nationale de la recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10p.
- Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrek A.**, 2007. « Production des plantes sélectionnées et gréffées du caroubier ». Transfert de technologie en Agriculture. N° 153. IAV Rabat, pp. 1-4.
- Alcaraz C.**, 1982. « La végétation de l'Ouest Algérien. Thèse d'Etat, Univ. Perpignan, 415 p + annexe.
- Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A.**, 1997. « Determination of chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua* L.): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of food composition and analysis», Vol. 10, pp. 166-172.
- A.S.P.E.W.I.T.**, 2008. « Atlas de l'environnement de la wilaya de Tlemcen ». 228 p. + annexe.

B

- Bagnouls F. et Gausсен H.**, 1953. « Saison sèche et indice xérothermique ». Doc. Cart. Prod. Veg. Serv. Gen. II, 1, art. VIII, Toulouse, 47 p. + carte.
- Baird W. V., Ballard R. E., Rajapakse S. and Addott A. G.**, 1996. «Progress in *Prunus* mapping and application of molecular to germplasm improvement». *HortScience*. 31:1099-1106.
- Battle I. and Tous J.**, 1988. « Lineas de investgati3n sobre el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el IRTA, Cataluna (Espana) ». In: Brito de Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investiga3o de Alfarroba. AIDA, Oeiras: AIDA, 92-104.
- Battle I. et Tous J.**, 1997. « Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institue of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Ressources Institue. Rome. Italy. 97 p.
- Baum N.**, 1989. «Arbres et arbustes de l'Egypte ancienne», pp. 354.
- Baytop T.**, 1984. « Thrapy with medicinal plant in Turkey (Past and present)», Publication of the Istanbul University, pp 3255, Istanbul.
- Bendahmane I.**, 2010. « Propositions d'aménagement des espaces verts du Second Pôle Universitaire de la ville de Tlemcen ». Th. Ing., Agrn., 48 p.
- Benest M.**, 1985, « Evolution de la plate forme de l'Ouest Algérien et du Nord- Est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie,

milieu de dépôt et dynamique sédimentaire », Th.Doct.Lyon (1984).Docum.Lab.Géol., 485p.

Berrougui G., 2007. « Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5 », N° 9.

Biner B, Gubbuk H, Karhan M, Akus M. et Pekmezei M., 2007. «Sugar profiles of the pods cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey». Food chemistry 100: pp. 1453-1455.

Blaizi M., Bolein M. R. et Boxus P., 1994. « Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) », in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp : 227-232.

Boudy P., 1950. « Economie forestière Nord-Africain (tomeII) : Monographie et traitement des essences forestière ». Ed. Larose, Paris, pp.443-445.

Boulaine J., 1948. « Sur quelques sols rouges à carapace calcaire ». Bull. Asso. Fr. Sol pp : 130-134.

Bures P., Pavliček T., Horová L. and Nevo E., 2004. «Microgeographic genome size differentiation of the carob tree, *Ceratonia siliqua*, at 'Evolution Canyon'». Israel. *An. Bot.* 93: 529-535.

C

Campbell. N et Reece J., 2004. « Biologie ». Ed. De Boeck Université, 1364 p.

Chaabane A., 1993. « Etude de la végétation du littoral septentrional de la Tunisie : Typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement ». Th. Doc. Es. Sci. Univ. Aix-Marseille III ; 338 p.

Casagrande A., 1934. « Die Aräometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Boden and andern Materialien. Springer. Ed., Berlin, 66 p.

Cornad V., 1943. « Usual formulas of continentaly and their limits of validity». Frans. Ann. Geog-Union, XXVII, 4pp : 663-664

D

- Daget PH., 1980-A-** « Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : le climat ». Nat. Mons. H.S. pp : 101-126.
- Daget PH., 1980-B-** « Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. (Cas des thérophytes) ». Ing : Bartbault R., Blandin p. et Mayer J.A (eds), Recherche d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Maloinés, Paris-pp : 89-114.
- Dakia P.A, B. Wathelet and M. Paquot., 2007.** «Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed germ food Chemistry Vol. 102, N°4, pp. 1368-1374.
- Djebaïli S., 1978.** « Recherche phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des (rhautes plaines steppiques de l'atlas saharien Algérien. Thèse. Doct. Univ. Sci. Et Tech. du Languedoc, Montpellier, 299 p+annexes.
- Dresch J., 1960.** « Les changements du climat et les mouvements du solen Afrique du Nord au Plio – quaternaire ». Inform. Géo, 3, 107-113.
- Doumergue G., 1910.** « Carte géologique détaillée de l'Algérie au 1/50 000. Feuille de Terni n°3000.
- Duchaufour Ph., 1997.** « Pédologie. Tome I, Pédogenèse et classification ». Ed. Mass. Et Cie., Paris 477 p.
- Durand J.h., 1958.** «Contribution à l'étude des sols formés sur roches éruptives de l'Oranie occidentale ». Bull. Hist. Afr. Nord., Alger, 49 : XX, 115 p.

E

- Emberger L., 1930.** « La végétation de la région méditerranéenne ». Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Géo. Bot. 42pp: 341-404.
- Emberger L., 1939.** « Aperçu général sur la végétation du Maroc ». Verof. Geobot. Inst. Rübel Zurich, 14PP: 40-157.

G

- Gardia P., 1975.** « Géodynamique da la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Occidentale, relations structurale et paléogéographique entre le rie extérieur, le tell et l'avant pays atlassique ».
- Gaucher G., 1947.** « Premières observation sur la plaine des Triffa. Multig., 66 p.
- Gharnit N., 2003.** « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

Giordano L., 2008. «Taille et greffe». Ed. Hachette, Paris, 122p.

Goldblatt P., 1981. «Cytology and phylogeny of the leguminosea». Pp. 427-464 in Advances in legume systematic. Vol. 2 (R. M. Polhill and P. H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, England.

Goor A., R. J. Ticho and Y.G. Garmi., 1958. «The carob. Agric. Publications Section, Ministry of agriculture. Tel Aviv, Israel, 72 Pp. (in Jewish with 4 pages English Summary).

Graniti A., 1959. « La nebbia del carrubo ». Iform. Fitopatologico 9 :317.

H

Halitim A., 1985. «Contribution à l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sols dans la genèse et le comportement des sols. Th. Doc. Etat, Univ. Rennes. 183 p.

Hartmann H. T., Kester D. E., 1983. «Plant propagation, principales and practices ». 4th Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffts, N.J.

K

Kivçak B. and Mert T., 2002. «Antimicrobial and cytotoxic activities of (*Ceratonia siliqua* L.) ». extracts. Turk J. Biol., vol. 26, pp.197-200.

Konate I., 2007. « Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries endophytes qui lui sont associées ». Université Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat, thèse de doctorat.

L

Lavallée P., 1962. « Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie ». Alger, 47p.

Lee C. L., Paul J., Hackett W. P., 1977. «Promoting of rooting in stem cuttings of several ornamental plants by pretreatment with acid or Base». -*HortScience*, 12 (1): pp. 41-42.

Linskens H. and Scholten W., 1980. « The fower of carob ». Pptug. Acta. Bilo. (A) XVI (1-4): pp. 95-102.

Loreto F., H.H. Burdsall and A. Tirro., 1993. «Armillaria infection and water stress influence gasexchange properties of Mediterranean trees». Hort Science 28 (3):222-224.

Louca A, and A. Papas., 1973. «The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats., Anim. Prod. 17:139-146.

M

- Maamar Kouadri K.**, «Etude de la germination des graines d'*Argania spinosa* traitées à l'eau chaude et l'eau froide, semées en pépinière ». I.N.R.F- Station Ténès
- Makris D. P. et P. Kefalas.**, 2004. « Carob pod as a source of polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol », vol. 42, N°2, pp. 105-108.
- Mapa.**, 1994. «Ministerio de Agricultura, pesca Y Alimentation ». Anuario de Estadística Agraria. Ed . Secretaria General Técnica, Madrid, Spain.
- Martorell J.**,1987. « Elalgarrobo, victim del llamado desarrollo agrario». Pp. 62-84 in Congreso Int. de Tecnologia de Alimentos Naturales Y Biologicos. Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentacion (MAPA), Madrid.
- Merzouk A.**, 2010. « Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements Végétaux halophiles de la région Occidentale de l'Oranie (Algerie). Th. Doc. Ecol., Tlemcen, p 261.

O

- Orphanos P. I. and Papaconstantinou J.**, 1962. «The carob varieties of Cyprus», Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of agriculture and Natural Resource, Nicosia
- Owen R. W., R. Haubner, W. E. Hull, G. Erben, B. Spiegelhalder, H. Bartsch and B. Haber.**, 2003. «Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, Food and chemical Toxicology», Vol. 41, N°12, pp. 1727-1738.

P

- Peguy Ch. P.**, 1970. « Précis de climatologie ». Ed. Masson et cie, 444 P.
- Pouget M.**, 1980. « Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroise ». Th. Doc. Etat Aix-Marseille III, 555 p.

Q

- Quezel P. et Santa. S.**, 1963. « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome 1). Edition du centre national de la recherche scientifique, 557 p.

R

- Rebour H.**, 1968. « Fruits Méditerranéen ». La maison rustique Paris : pp 330.
- Rejeb M. N.**, 1995. « Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration, in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : pp. 79-85.
- Rejeb M. N., Laffray D. and Louget P.**, 1991. «Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.)» en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides ». Group d'Etude de l'arbre, Paris, France : pp. 417-426.
- Ruellan A.**, 1971. « Les sols à profils calcaire différenciées des plaines de la basse Moulouya (Maroc oriental) ». Mem. O.R.S.T.O.M., 54, 302 p.

S

- Sahle M., J. Coleon and C. Haas.** 1992. «Carob pod (*Cratonia siliqua* L.) meal in geese diets. Brit. Poultry Sci. 33:531-541.
- Saidi R., Lamarti A., Badoe A.**, 2007. « Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146 : pp. 113-129.
- Sauvage CH.**, 1941. « Recherches géobotaniques sur la chêne liège au Maroc ». Th. Doc. Etat, Montpellier, Trav. Inst. Sci. Chérifien, Série Botanique, PP. 21-462.
- Sbay H. E et M. Abourouh.**, 2006. « Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier », Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la désertification, Rabat, pp. 1-9.
- Schartzman.**, 1934. «The carob tree and its cultivation in Palestine, "le caroubier et sa culture en Palestine"».
- Sebastian K. T. and Mc Comb J. A., 1986.** «A micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.)». *Scientia Hort.* 28:127-131.
- Sebastien K.T et Mc Comb J.A., 1986.** «A micropogation system for carob (*Cratonia siliqua* L.) scientia horticulturae», 28 : pp. 127-131 Elsevier science Publishers B.V., Amesterdam.
- Simoneau P.**, 1961. « Les centres d'études d'irrigation du Sahara occidental. Essais et études de la campagne 1957-1958, 1958-1959, 1959-1960 ». Trav. Sect. Ped. Agr., 5-6 (Pub. Serv. Etudes scientifiques).

Stewart P., 1969. « Quostient pluviothermique et dégradation biosphérique ». Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59, pp. 23-36.

T

Tous J. and Batlle I., 1990. Elgarrobo ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Y

Yousif A. K. et Alghazawi H.M., 2000. « Processing and caracterezation of carob powder, Food chemistery », Vol. 69, N°3, pp. 283-287.

Z

Zitouni A., 2010. « Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algerie. Th. Ing. Agrn., INA, El-Harrach, 201 p.

Zohair O., 1996. « Le caroubier, situation actuelle et perspectives d'avenir », Document interne, Eaux de Forêt, Maroc, pp 22.

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est originaire du pourtour méditerranéen. Il est robuste et rustique. Le caroubier est cultivé pour plusieurs intérêts.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à la multiplication de caroubier par deux méthodes : la multiplication par semis afin d'obtenir des francs et la multiplication par greffage (fente double et le placage), dans notre but améliorer notre variété.

Dans la première multiplication, nous avons récolté des graines de caroubier de différentes variétés et de différentes régions ensuite subir un traitement de scarification dans deux milieux différents (L'acide sulfurique et l'eau chaude). Ensuite, la germination s'est poursuivie respectivement dans le coton et dans le sol.

Les résultats obtenus pour le semis des graines traitées dans l'acide sulfurique germés dans le coton ont donné un taux de germination est de 90% et dans le sol, un taux de 87%, par contre les graines trempées dans l'eau chaude germés dans le coton le taux de germination est de 52% et dans le sol est 67%. Le trempage des graines dans l'acide sulfurique nous a permis d'accélérer la germination.

La deuxième opération est consacrée pour voir la meilleure technique de greffage appliqué au caroubier. Le taux de réussite a été de 20% pour la greffe en fente double, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%. Pour cela on encourage la multiplication du caroubier par placage pour un meilleur résultat.

Mots clés : Caroube, multiplication, semis, scarification, greffe en fente double, greffe en placage.

Abstract

The carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) is native to the Mediterranean. He is rugged and rustic. The carob tree is grown for various interests.

In our work, we examined the proliferation of carob by two methods: the multiplication by seeds to obtain frank and propagation by grafting (double slit and plating), in our goal to improve our range.

In the first multiplication, we collected seeds from different carob varieties from different regions and then subjected to a treatment of scarification in two different environments (Sulfuric acid and hot water). Then, germination continued respectively in cotton and soil.

The results for the sowing of treated seeds germinated in sulfuric acid in cotton gave a germination rate of 90% and soil, a rate of 87%, for against the soaked seeds germinated in hot water in cotton germination rate is 52% and in soil is 67%. Soaking seeds in sulfuric acid allowed us to speed up germination.

The second step is devoted to find the best grafting technique applied to the carob tree. The success rate was 20% for the double cleft grafting, while the veneer grafting percentage was much higher at around 90%. For this we encourage the multiplication of the carob tree by plating for best results.

Keywords: Carob, multiplication, planting, scarification, double cleft grafting, veneer grafting.

ملخص

شجرة الخروب (*Ceratonia siliqua L.*) هو مواطن لمنطقة البحر الأبيض المتوسط. هو وعرة وريفي. ويزرع شجرة الخروب لمختلف المصالح. في عملنا ، قمنا بدراسة انتشار الخروب بواسطة طريقتين : الاكثار من خلال الحصول على البذور الصريح ونشر بواسطة التطعيم (الشق المزدوج والطلاء) ، وهدفنا لتحسين مجموعتنا.

في الضرب الأول ، جمعنا البذور من أصناف مختلفة الخروب من مختلف المناطق وتعرض بعد ذلك إلى معالجة تخدش في اثنين من بيئات مختلفة (حامض الكبريتيك والماء الساخن). ثم واصل الإنبات على التوالي في القطن والتربة. أعطى نتائج لبذر البذور المعالجة نبتت في حامض الكبريتيك في القطن بنسبة 90 ٪ من الإنبات والتربة، وبنسبة 87 ٪، لحد مصاصي بذور نبتت في الماء الساخن في القطن بنسبة 52 ٪ الإنبات في التربة و67 ٪. نقع البذور في حامض الكبريتيك سمح لنا لتسريع الإنبات.

وتكرس الخطوة الثانية للعثور على أفضل تقنية تطعيم تطبيقها على شجرة الخروب. وكان معدل النجاح 20 ٪ للتطعيم المشقوق مزدوجة، في حين أن نسبة تطعيم القشرة كان أعلى بكثير في حوالي 90 ٪. لهذا فإننا نشجع الضرب من شجرة الخروب بواسطة الطلاء للحصول على أفضل النتائج.

الكلمات الرئيسية : الخروب، الانتشار، زراعة، تخديش، فلح مزدوجة ترقيع، ترقيع القش