

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE DE TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre
et de l'Univers
Département d'agronomie



MEMOIRE

Présenté par

ABED HALIMA

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

En Agronomie

Spécialité : production végétal

Thème

Status agro-écologique du caroubier *cératonia siliqua L*
Possibilités d'amélioration.

Soutenu :15 septembre 2020 .

Devant le jury composé de :

Président : Mr. EL HAITOUM A.	Pr	– Univ. A.B.B. Tlemcen
Encadreur : Mr. GHEZLAOUI B-E.	Pr	– Univ. A.B.B. Tlemcen
Co-Encadreur : Mr.BENDI-DJELLOUL.	Pr	-Univ. A.B.B. Tlemcen
Examineur : Mr.BELKHATIR D.	Pr	– Univ. A.B.B. Tlemcen

2019-2020

ملخص

شجرة الخروب هي شجرة غابات البحر الأبيض المتوسط النموذجية و شجرة الفاكهة التي لها أهمية بيئية واجتماعية واقتصادية كبيرة. في السنوات الأخيرة.

أولت المندوبية السامية للمياه والغابات ومكافحة التصحر اهتماما كبيرا بزراعة شجرة الخروب والحفاظ عليها بفضل صلابتها ومقاومتها للجفاف وتحملها التربة الفقيرة، ولكن أيضاً لخصائصها الطبية والصيدلانية وأثارها المفيدة على صحة الإنسان

ركز العمل على دراسة الغطاء النباتي الطبيعي لمحطة الدراسة الواقعة في شمال غرب الجزائر (حمام بوغرارة) من أجل معرفة العلاقات التي تربط مجموعات *Ceratonia siliqua* بعوامل البيئة، على وجه الخصوص العوامل المناخية والعوامل الترابية **الكلمات الرئيسية** الخروب، سيغاتونيا سليكا، مقاومة، الحفاظ، العوامل المناخية.

RESUME

Le caroubier ou *Ceratonia siliqua* est un arbre typiquement méditerranéen forestier et fruitier qui possède une importance écologique et socio-économique considérable. Dans les dernières années, Les Haut-Commissariat Aux Eaux et Forêt et à la Lutte Contre la Désertification donne un grand intérêt à la plantation de l'arbre du caroubier et la conservation grâce à son rusticité, son résistance à la sécheresse et son tolérance aux sols pauvres, mais aussi à leurs propriétés médicinales et pharmaceutiques et ses effets bénéfiques sur la santé humaine.

le travail a porté sur l'étude d'une végétation naturelle de la station d'étude situé dans le Nord Ouest de l' Algérie(Hammam boughrara) afin de connaitre relations qui lient les groupements végétaux de *Ceratonia siliqua* L. aux facteurs du milieu, en particulier les facteurs climatiques et édaphiques.

MOTS CLES : caroubier, *Ceratonia siliqua*, résistance, conservation, les facteurs climatiques

ABSTRACT

The carob tree or *Ceratonia siliqua* is a typical Mediterranean forest tree and fruit tree which has considerable ecological and socio-economic importance. In recent years, the High Commission for Water and Forestry and the Fight Against Desertification has given great interest to the planting of the carob tree and conservation thanks to its hardiness, its resistance to drought and its tolerance to poor soils, but also for their medicinal and pharmaceutical properties and its beneficial effects on human health.

the work focused on the study of a natural vegetation of the study station located in the North West of Algeria (Hammam boughrara) in order to know the relations which link the plant groups of *Ceratonia siliqua* L. to the factors of the environment , in particular climatic and edaphic factors.

KEY WORDS: : carob tree ,*Ceratonia siliqua*, resistance , conservation, climatic factors

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes parents

Pour votre amour ...

Pour tous vos sacrifices...

Pour tous les enseignements que vous m'avez transmis...

À L'ensemble des personnes qui, de près ou de loin, ont permis l'avancée et
l'aboutissement de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau 01 : production mondiale de caroubier

Tableau 02 : Composition moyenne de la pulpe de caroube

Tableau 03 : Composition chimique de caroubier

Tableau 04 : Coordonnée géographiques des stations météorologiques

Tableau 05 : Moyenne mensuelle des précipitations. Hammam-Bouhrara (1924-1938) et (1978-2010)

Tableau06 : Moyenne mensuelle des précipitations. Zenâta (1913-1938) et (1980-2010)

Tableau07 : Les températures moyennes mensuelles. Station de « Hammam-Bouhrara »

Tableau08 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles. Station de « Zenâta »

Tableau09 : Moyennes des minima du mois le plus froid « m » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Bouhrara »

Tableau10 : Moyennes des minima du mois le plus froid « m » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta.

Tableau11 : Moyennes des maxima du mois le plus chaud « M » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Bouhrara »

Tableau12 : Moyennes des maxima du mois le plus chaud « M » pour L'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta.

Tableau13 : Amplitude thermique pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Bouhrara »

Tableau14 : Amplitude thermique pour l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta.

Tableau 15 : Nombre de variétés connues par pays et critères de sélection.

Tableau16 : Analyse des données relatives aux paramètres morphologiques des fruits.

Listes des figures

Figure 01 : Centre d'origine et distribution de caroubier dans le monde

Figure 02: Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques

Figure 03 : Distribution du caroubier à Tlemcen

Figure 04 : L'arbre du caroubier

Figure 05 : Les feuilles de caroubier

Figure 06 : Les fleurs de caroubier

Figure 07 : Inflorescence hermaphrodite du caroubier

Figure 08 : Inflorescence femelle du caroubier

Figure 09 : Inflorescence mal du caroubier

Figure 10 : les gousses Mûres et les grains

Figure 11 : Les gousses vertes

Figure 12 : Graines du caroubier

Figure 13 : A farine de la pulpe, b l'huile de caroubier C miel de caroubier

Figure 14 : Carte de situation de la wilaya de Tlemcen

Figure 15 : Situation géographique des stations d'étude

Figure 16 : Carte géologique du Nord-Ouest Algérien

Figure 17 : Comparaison des précipitations dans la région de Hammam-Boughrara entre les périodes (1924-1938) et (1978-2010).

Figure 18 : Comparaison des précipitations dans la région de Zenâta entre les périodes (1913-1938) et (1980-2010).

Figure 19 : Comparaison des températures entre les différentes périodes (1924-1938) et (1978-2010) dans la région de Hammam-Boughrara.

Figure 20 : Comparaison des températures entre les différentes périodes (1913-1938) et (1980-2010) dans la région de Zenâta.

Figure 21 : conservation des graines.

Sommaire

INTRODUCTION

CHAPITRE I :

1 .Terminologie et taxonomie.....	15
1. 1 Terminologie commune	15
2. Origine et distribution géographique.....	15
2.1 Origine du caroubier	15
2.2 Distribution géographique.....	16
2.2.1 Caroubier dans le monde	16
2.2.2 Caroubier en Algérie	18
3. Description botanique	20
3.1 Feuilles.....	20
3.2Fleurs	21
3.3 Fruits	23
3.4 Graines	24
4. reproduction biologique	24
5. multiplication	26
6. Écologie	27
7. Exigence édaphoclimatique	28
8. propriétés, Intérêts et utilisation du caroubier.....	29
8.1 Propriétés	29
8.2 Intérêts et utilisation	31

CHAPITRE II :

<i>1. Situation géographique de la willaya de Tlemcen</i>	<i>34</i>
<i>2. Situation géographique de la commune de Tlemcen.....</i>	<i>34</i>
<i>3. description de station</i>	<i>35</i>
<i>3.1 Station de Hammam-Bouhrara</i>	<i>35</i>
<i>3.2 Station de Zenâta</i>	<i>36</i>
<i>4. aperçu physic.....</i>	<i>37</i>
<i>5. géologie</i>	<i>37</i>
<i>6. géomorphologie</i>	<i>41</i>
<i>7. aperçu générales sur les les grands ensembles des sols de la région D'étude.....</i>	<i>42</i>
<i>8. environnement bioclimatiques</i>	<i>44</i>
<i>8.1 facteurs climatiques</i>	<i>44</i>
<i>8.2 facteurs hydriques.....</i>	<i>44</i>
<i>8.3 facteurs thermiques</i>	<i>47</i>
<i>9. amélioration génétique</i>	<i>54</i>
<i>10. conservation des ressources génétiques</i>	<i>55</i>
<i>Conclusion</i>	<i>58</i>
<i>Références bibliographiques</i>	<i>60</i>

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est une espèce agro-sylvo-pastorale ayant d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques, grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides des écosystèmes méditerranéens, qui sont caractérisés par des précipitations rares ou irrégulières et par des longues périodes estivales sèches. Ces contraintes climatiques combinées à une pression anthropique, conduisent généralement à une dégradation du couvert végétal et une érosion rapide des sols (**Gharnit et al., 2001 , 2006**).

Le caroubier présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe (**Aafi , 1996**). Le caroubier est le seul arbre à résister à la pollution atmosphérique drainée par les vents depuis certaines usines chimiques (**Gharnit , 2003**).

Le caroubier a été, et pendant longtemps, négligé sur le plan de la recherche scientifique et sur le plan cultural. Actuellement, on assiste à un regain d'intérêt pour cette espèce où plusieurs travaux de (**Konate, 2007**) au Maroc.

L'Algérie est au cœur des préoccupations mondiales en matière de conservation de la biodiversité menacée par une anthropisation croissante (**Errol Vela et Benhouhou, 2007**), qui se croise avec l'aridité du climat qui se traduit par une contrainte hydrique provoquant la salinisation des sols.

La flore est assez diversifiée et présente un grand intérêt pour toute étude scientifique, vue sa grande richesse floristique liée à plusieurs facteurs historiques, climatique, écologique et géologique. Ce qui suscite l'intérêt de différents chercheurs notamment botanistes, phyto-écologies on retient parmi les facteurs responsables de l'hétérogénéité de la flore, les plus importants en particulier le climat et la nature du substrat

L'étude de la flore et leur diversité dans l'Ouest algérien ont intéressé un certain nombre de chercheurs : **QUEZEL (1957)**, **AIDOU(1983)**, **AIMÉ (1991)** **KADI HANIFI (1997)**, **BENABADJI et BOUAZZA (2001)**.

La végétation de Tlemcen, présente un bon exemple d'étude de la diversité végétale et surtout une intéressante synthèse de la dynamique naturelle des écosystèmes depuis le littoral jusqu'aux steppes (**BOUAZZA et THINON, 2009**). Bien qu'elle subit pendant plusieurs années une continuelle régression due le plus souvent à une action

conjugée des facteurs climatiques, écologique et anthropiques tels que les incendies, les sécheresses prolongées, les difficultés des aménagements et de la restauration mal adaptés avec ces conditions et les mauvais systèmes d'exploitation.

Chapitre I

1 Terminologie et taxonomie

1.1 Terminologie commune

L'étymologie scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* vient du mot grec "Keras", qui signifie petite corne tandis que le nom d'espèce "Siliqua" désigne en latin une silique ou gousse, on se désignant à la dureté et la forme de la gousse. L'espèce *Ceratonia siliqua* dans différents pays et langues tire son nom à partir du nom arabe *Al kharroub* ou *kharroub*, comme le cas de *algarrobo* ou *garrofero* en espagnol (Albanell, 1990).

Par ailleurs, **Battle et Tous (1997)** mentionnent que son nom commun vient de l'hébreu *kharuv* donnant lieu à plusieurs dérivés tels que, *kharrub* en arabe, *algarrobo* en espagnol, *carrubo* en italien, *caroubier* en français, *garrofer* ou *garrover* en catalan...etc. En outre, les graines de caroube, vu leur uniformité, sont appelées 'carats' et ont servi pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carat = 205,3mg) (Rejeb, 1995).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des *Leguminosae (Fabaceae)* de l'ordre des rosales. Toutefois, cette position taxonomique reste litigieuse. Il est généralement placé dans la tribu des *Cassieae*, sous famille des *Cesalpinoïdæ*. Cependant, certains auteurs tels qu'**Irwin et Barneby (1981)** et **Tucker (1992a et b)**, ont émis des réserves en ce qui concerne la véracité de ce positionnement.

Par ailleurs, des études cytologiques ont révélé que le genre *Ceratonia*, qui possède un nombre total de chromosomes $2n=24$, est éloigné des autres membres des *Cassieae* dont le nombre de chromosomes est $2n=28$ (Goldblatt, 1981; Bureš et al., 2004). En plus, certains auteurs ont désigné *Ceratonia* comme étant l'un des genres les plus archaïques des légumineuses (Tucker, 1992a) et qui serait complètement isolé des autres genres de sa famille (Zohary, 1973).

La seconde espèce du genre, *Ceratonia oreothauma*, décrite par (Hillocoat et al., 1980) contient, selon leur origine, deux sous-espèces distinctes: la sous-espèce *oreothauma* qui est native d'Arabie (Oumane) et la sous-espèce *somalensis* qui est native du nord de la Somalie (Battle et Tous, 1997).

2. Origine et distribution géographique

2.1 Origine du caroubier

Il existe plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. **Vavilov (1951)**, situe l'origine du caroubier dans la région est de la méditerranée (Turquie, Syrie et Palestine), alors que d'autres études archéobotaniques basées sur des restes carbonisés de bois et de fruits ont révélé la présence du caroubier dans la

méditerranée orientale au néolithique (4000 ans av. J.-C.), période initiale de la domestication des espèces ligneuses (**Estrada et al., 2006**). Cependant, son origine peut être située dans la région Sud de l'Arabie du fait qu'elle a un caractère thermophile et ainsi sa présence sur les hauts plateaux du Yémen (**Lipshitz., 1987**).

La découverte de la nouvelle espèce de caroubier *Ceratonia oreoethauma* Hillc., Lewis and Verde., est considérée comme une espèce archaïque que *Ceratonia siliqua* et survivant dans les montagnes de l'Arabie (Oman) et de la Somalie (**Hillcoat et al.,1980**) confirme la dernière hypothèse.

D'un autre point de vue, (**Zohary 1973**) considère le caroubier comme une relique procédant de la flore Indo-Malaisienne dont sont aussi issus les groupes *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*, et *Chamaerops*.

2.2 Distribution géographique

2.2.1 Caroubier dans le monde

Selon **Hillcoat 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 méditerranée. Il a été disséminé par les grecs en Grèce et en Italie et par les arabes le long de la côte Nord de l'Afrique, au Sud et à l'Est de l'Espagne. Dès lors, il a été diffusé au Sud du Portugal et au Sud-Est de France (fig.1).

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran (**Evreinoff, 1947; Batlle et Tous, 1997**) (Fig.1).

Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (**Mitrakos, 1981**). En effet, l'espèce *C. oreoethauma* qui semble être plus sensible au froid a une répartition restreinte et limitée seulement à Oman et à la Somalie (**Hillcoat et al., 1980**). Dans les zones basses méditerranéennes (0-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (**Zohary et Orshan 1959**).



Figure 01: Centre d'origine et distribution de caroubier dans le monde (**Battle et Tous, 1997**)

Pays	Production en tonnes (2004)	Production en tonnes (2008)
Espagne	67000	72000
Italie	24000	31224
Maroc	40000	25000
Portugal	20000	23000
Grèce	19000	15000
Turquie	14000	12100
Chypre	7000	3915
Algérie	4600	3600
Liban	3200	2800
Tunisie	1000	1000
Total	182680	191167

Tableau 01 : production mondiale de caroubier (**Faostat 2010**)

2.2.2 Caroubier en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (**Quezel et Santa., 1962**). On le trouve à l'état naturel en association 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 80mm à 600mm/an (**Rbour ,1968**). Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie.

Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande-Isser, collines d'Oran et des intérieures (1054ha).

Il descend jusqu'à Boussaâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276ha) (**Lavallée,1962 ; Zitouni, 2010**).

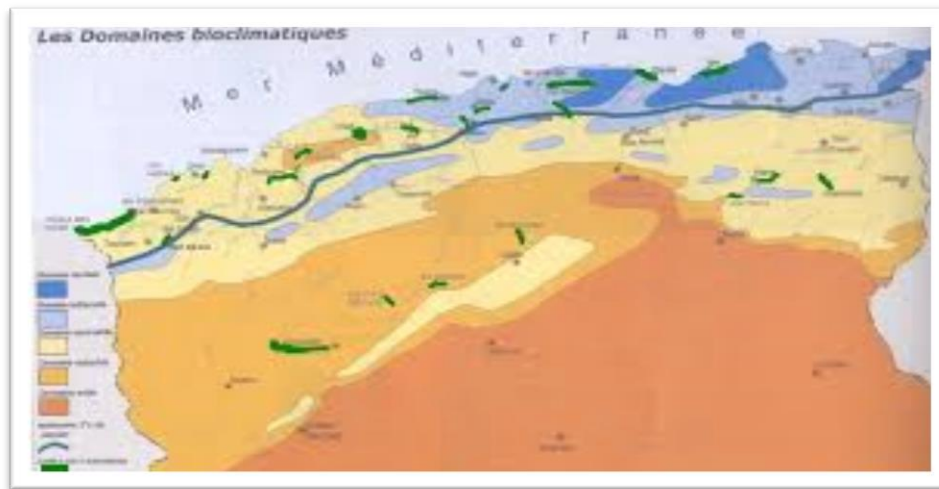


Figure 02 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques(**A.N.R.H, 2004**)

A Tlemcen, on trouve le caroubier dans les régions suivantes : Sidi M'djahed, Sabra, Henaya, Tlemcen, Ain Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben sekran, Ain Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi.

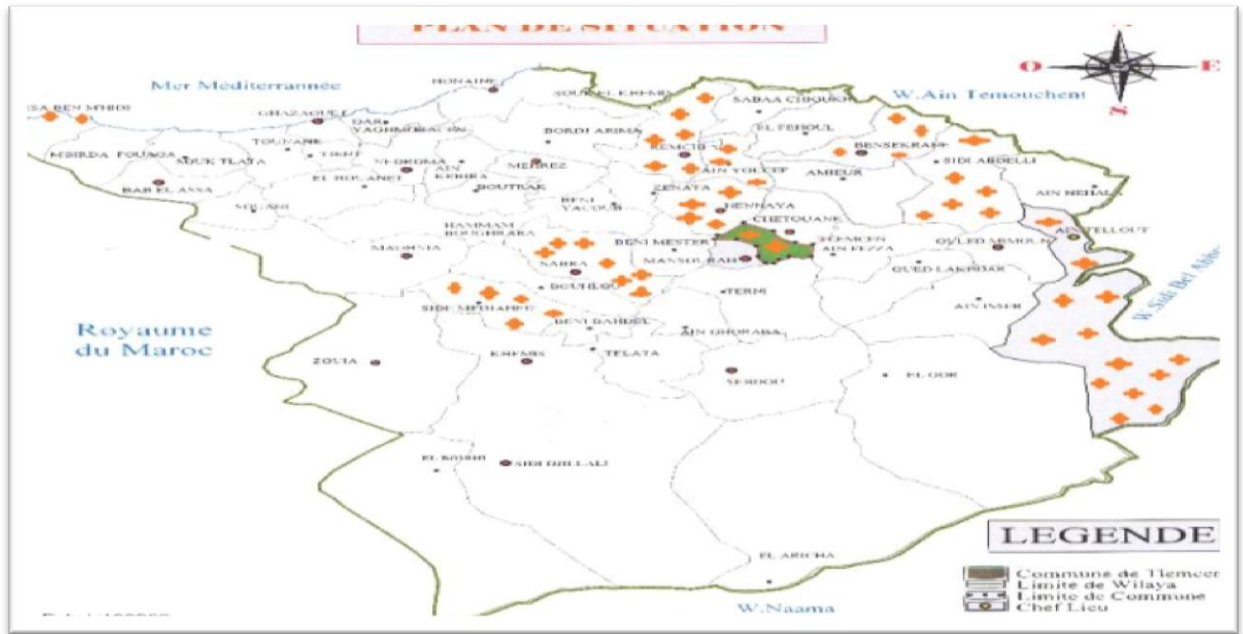


Figure 03 : Distribution du caroubier à Tlemcen (BOUBLENZIA , 2012).

3. Description botanique du caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*), appartenant à la grande famille des Légumineuses mesurant généralement cinq mètres de hauteur et pouvant atteindre Exceptionnellement quinze mètres, cultivé depuis longtemps qui peut vivre jusqu'à 500 ans, Pour ses produits dévers mais aussi pour sa résistance au manque d'eau donc le caroubier présente une bonne résistance à la sécheresse par ce qu'il a de fortes racines qui pénètrent dans le sol, pour atteindre une profondeur de 18 m ou même plus (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003) et une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune ; et brune et rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur.



Figure 04 : L'arbre du caroubier (Rejeb et al., 1991)

3.1. Feuilles

Les feuilles de caroubier sont composées, persistante, verte, luisantes sur la face dorsale, plus claires et mates sur la face ventrale, à folioles ovales entières légèrement échancrées au sommet, paripennée (Rejeb, 1995). Les feuilles persistantes, de 10 à 20cm de long, se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant 8 à 15 folioles opposées, de 3 à 7 cm (Ait Chitt et al , 2007 ; Sbay H., 2008). Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne mais seulement en juillet tous les deux ans, ces dernières sont partiellement renouvelées au printemps (mars - avril) (Gharnit, 2003).



Figure05 : Les feuilles de caroubier

3.2. Fleurs :

Les fleurs sont initialement bisexuées et au cours de leur développement, l'une des fonctions sexuelle male ou femelle est supprimée.

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille (6 à 16 mm de longueur), spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles sont développées (**Battle et Tous , 1997**).



Figure06 : Les fleurs de caroubier

On distingue trois formes des fleurs (fleurs males, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) qui sont portées sur différentes pieds.

- **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 couvertes par papilles .A la base , le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires . par contre la corolle est absente
- **Les fleurs males** : portent 5 étamines (**Aafi , 1996**).
- **Les fleurs hermaphrodites** : sont une combinaison des deux types, contenant un pistil et un complément de 5 étamines (**Ferguson, 1980**).

La morphologie florale du caroubier est très complexe selon la littérature, cinq types d'inflorescences se distinguent (**Battle et Tous, 1997**).

- **Inflorescence polygame** : composée des fleurs males, femelles et hermaphrodites.
- **Inflorescence hermaphrodite** : fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.
- **Inflorescence male** : fleurs avec des étamines courtes et un pistil non développé.
- **Inflorescence male** : fleurs à étamines longues et pistil non développé.
- **Inflorescence femelle** : avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires.



Figure 07 : Inflorescence hermaphrodite
Du caroubier



Figure08 : Inflorescence femelle du
Caroubier



Figure09 : Inflorescence mâle du caroubier

3.3.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 cm 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'intérieure par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (**Rejeb, 2008 ; Ait Chitt, 2007**).

Le développement du fruit est lent et nécessite généralement entre 9 à 10 mois pour arriver à maturité et donner un fruit brun foncé à noir entre juillet et septembre (**Rejeb et al, 2008 ; Batle et Tous, 2008**).



Figure 10 : les gousses Mûres et les grains



Figure 11 : Les gousses vertes

3.4 Graines

Les graines de caroube sont brunes, de forme ovoïde aplatie, biconvexes et très dures. Elle séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses. On en compte de quinze à vingt par gousse. La pulpe jaune pâle contenue dans les gousses est farineuse et sucrée à maturité.

Comestible, au goût chocolaté, elle est parfois consommée dans les pays pauvres.

La taille et le poids de ces graines étant assez réguliers, elles ont servi d'unité de mesure dans l'antiquité. Leur nom est à l'origine du carat (emprunté à l'arabe « qirat », qui représentait le poids d'une graine de caroube, fut chez les Romains le nom d'une unité valant 1/6 de scrupule. En Allemagne, les graines de caroube torréfiées sont utilisées en substitution du café. On peut aussi sucer les graines comme des bonbons (Rjeb et al, 2008).



Figure 12 : Graines du caroubier

4. Reproduction biologique :

De nombreux aspects liés à la reproduction biologique du caroubier, tel que la floraison, la pollinisation, la compatibilité entre les différents sexes ou encore entre les cultivars, ainsi que la fructification, restent largement inconnus (Batlle et Tous, 1997). Le caroubier est considéré comme le seul arbre méditerranéen qui fleurisse en été : d'Aout à Octobre (Aafi, 1996) ou en automne : de Septembre à Novembre (Fournier, 1977). Cependant, le temps et la durée de période de la floraison dépendent des conditions climatique (Batlle et Tous, 1997).

a). Floraison et fécondation :

La floraison du caroubier apparait en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Les fleurs males apparaissent d'Aout 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 apparait à partir de juillet et est adaptée à une pollinisation aussi bien entomophile qu'anémophile. Les arbres hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateur et producteurs. (**Ait chitt, 2007**).

b). Pollinisation :

L'arrangement des arbres pour la pollinisation dans les verges a été traditionnellement négligé par les cultivateurs ; ceci peut être la cause d'une diminution du rendement ou même l'abondance de la récolte (**Battle et Tous, 1997**).

La pollinisation des fleurs du caroubier est principalement entomophile (**Retana et al., 1990, 1994 ; Rejeb et al., 1991 ; Ortiz et al., 1996**), la plus part du temps par les abeilles, mais également par des mouches et des mites (**Battle et Tous, 1997**).

La pollinisation peut également être anémophile (**Tous et Battle, 1990**), les trois types de fleur (male, femelle et hermaphrodite), secrètent des substances nectarifères dont la quantité et la teneur en sucre sont élevées dans la fleur femelle par rapport à son homologue male (**Ortiz et al., 1996**).

Selon (**Ait chitt, 2007**), un pied male est suffisant pour la pollinisation de 8 à 12 pieds femelles, et pour (**Qarro, 2007**), dans une plantation des arbres femelles, un male devrait être inclus pour chaque 25 à 20 femelles et pour (**Tous et Battle, 1990**), il serait suffisant de planter 1 pied male pour 8 pieds femelles.

Les pollinisateurs doivent être parsemés en modèle régulier, aux alentours et à l'intérieur du verger. Leurs proportions dans le verger dépendent vraisemblablement de l'activité des insectes et du vent, notamment durant la période de pollinisation, et aussi du pollen apte à germer (**Russo, 1954**).

Cette proportion varie de 4% selon (**Coit, 1949**) à 20% selon (**Merwin, 1981**).

Néanmoins, il serait suffisant de planter environ 12% d'arbres pollinisateurs, soit environ un pied male pour 8 pieds femelles (**Tous et Battle, 1990**).

c). 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 Aout. Ainsi, 60 à 90% des gousses tombent durant le premier stade de croissance au Printemps.

5. Multiplication

Par semis

C'est une méthode classique pour la multiplication du caroubier. Cependant, elle présente un certain nombre d'inconvénients, à savoir (**Ait Chitt et al., 2007**) :

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

Par bouturage

C'est une technique de multiplication végétative plausible, mais limitée dans la pratique. En effet, les travaux menés par **Ait Chitt et al. (2007)** ont démontré les limites techniques et Physiologiques du bouturage du caroubier. Les résultats varient en fonction des arbres (Génétique), la nature de la bouture et de la concentration en auxine (AIB).

Par culture in vitro

Il s'agit d'une technique prometteuse, mais qui n'est pas encore bien maîtrisée surtout au stade enracinement (**Ait Chitt et al., 2007**). Toutefois, il existe des études qui ont démontré qu'il était possible d'atteindre un pourcentage efficient d'enracinement (82,5% à 87,5%) avec une adéquate combinaison entre le milieu basal et les hormones d'inductions (**Saidi et al., 2007; Gharnit et Ennabili, 2009**).

Gonçalves et al. (2005) ont pu démontrer que l'enracinement in vitro des bourgeons du caroubier est meilleur dans un milieu contenant de faible concentration de N et K et une forte concentration de Ca et Mg.

Par greffage

La propagation par greffage est une technique efficace et dominée. Cette approche permet :

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

Ait Chitt et al. (2007), recommandent l'utilisation de la technique du greffage en fente apicale par rapport à l'écusson et cela pour les avantages suivants :

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

6. Écologie

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, rocailleux 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**).

7. Exigence édaphoclimatique

Climat

Les zones propices à la culture du caroubier doivent être caractérisées par un climat méditerranéen subtropical, avec des hivers doux, des printemps suaves à chauds et des étés chauds à très chauds et secs (**Batlle et Tous, 1997**).

Les arbres adultes ne nécessitent pas de froid hivernal, car ils peuvent être endommagés lorsque les températures chutent en deçà de - 2° C ou - 4° C selon les variétés. Le caroubier ne peut supporter des températures hivernales inférieures à - 7° C (**Batlle et Tous, 1997**) ; il est considéré comme une des espèces méditerranéennes les plus vulnérables aux dommages causés par les basses températures (**Albanell, 1990**).

Le caroubier est une espèce très sensible aux gelées, capables de détruire des plantations toutes entières comme en témoignent les importantes gelées de février 1956 et celles de janvier 1985, qui ont entraîné la mort de plusieurs arbres dans de nombreuses régions d'Espagne. Cependant, les arbres peuvent supporter en été des vents chauds et secs et des températures élevées allant de 40 à 45 ° C, voire jusqu'à 50° C, mais dans des conditions d'humidité suffisante (**Albanell, 1990**).

De 5000 à 6000 heures au-dessus de 9° C sont requises pour la maturité des fruits. Le caroubier est sensible aux vents forts, aux pluies d'automne qui coïncident avec la période de floraison et aux humidités élevées au printemps (**Batlle et Tous, 1997**).

Sol

Le caroubier est un arbre peu exigeant quant au type de sol qu'il nécessite. Ainsi, il a été Traditionnellement cultivé sur des terres marginales et cela grâce à sa capacité à produire dans des circonstances très défavorables et dans des endroits où il n'est pas possible de cultiver D'autres espèces faute de rentabilité (**Albanell, 1990**).

En général, le caroubier végète convenablement sur des sols pauvres, rocheux, sablonneux, Limoneux lourds, argileux tout en préférant les terrains calcaires avec une texture équilibrée accompagnés toujours d'un bon drainage ; il ne supporte ni les sols acides, ni les sols hydromorphes (risque d'asphyxie et de putréfaction du système racinaire) (**Albanell, 1990 ; Sbay et Abourouh, 2006**) et a tendance à affectionner les sols superficiels (**Aafi, 1996**).

Melgarejo et Salazar (2003) ont pu localiser (la zone du Levant Espagnol) des plantations du caroubier dans des zones où le carbonate de calcium a atteint les 60% avec des teneurs en calcaire actif pouvant dépasser les 22%, tout en observant que le caroubier de ces régions végète sans montrer d'évidents symptômes de chlorose ferrique qui serait normal chez d'autres espèces. À Chypre, une grande plantation de caroubier a été développée avec succès sur un sol calcaire avec un pH = 9 (**Morton, 1987**).

Eau

Le caroubier est un arbre xérophile, pouvant survivre sous des climats secs et sans irrigations ; il peut très bien s'adapter à des milieux présentant des pluviométries moyennes comprises entre 250 et 500 mm par an (**Batlle et Tous, 1997**). Bien qu'ils soient résistants à la sécheresse, les arbres ont besoin d'un minimum de précipitations moyennant les 550 mm afin de garantir une production rentable (**NAS, 1979**). Toutefois, de nombreux auteurs considèrent que des précipitations annuelles allant de 300 à 350 mm sont suffisantes pour une production acceptable (**Albanell, 1990 ; Batlle et Tous, 1997**).

8. Propriétés, Intérêts et utilisation du caroubier

8.1. Propriétés :

La gousse de caroube est le fruit du caroubier se compose principalement de la pulpe et les graines qui représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend, en générale, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (**Yousif et Alghzawi, 2000** ; **Calixto et Cañellas, 1982** ; **Albanell et al., 1991**).

La pulpe est très utilisée soit comme aliment diététique, soit comme remplaçant du chocolat, soit encore en alimentation animale. Elle est très riche en sucre en particulier, Saccharose, glucose, fructose et maltose (tableau2), mais pauvre en protéines et en lipides dont les acides aminés saturés et insaturés sont en proportions égales (**Puhan et Wielinga, 1996**). A partir d'extrait de gousses, cinq acides aminés, en concurrence, alanine, glycine, leucine, proline et valine, ont été isolés par (**Vardar et al.,1972**) et deux autres composés, tyrosine et phénylamine, ont été rapporté par (**Charalambous et Papaconstantinou ,1966**).

En plus, la pulpe présente également une teneur très élevée en fibres et une quantité non négligeable en tannins (18-20%), (**Puhan et Wielinga, 1996**) et des vitamines A, B, B2, B3 et D (**Saura- Calixto, 1987** ; **Puhan et Wielinga, 1996** ; **Makris et Kefalas, 2004**).

Par ailleurs, l'analyse minéralogique faite, par **(Puhan et Wielinga, 1996)**, sur la pulpe, a révélé une composition (en mg / 100g de pulpe) de : k =1100, Ca= 307, Mg= 42, Na= 13, Cu=0.23, Fe= 104, Mn= 0.4, Zn=0.59.

Constituants	Pourcentages %
Sucre totaux	48 – 50
Sucrose	32 - 38
Glucose	5 – 6
Fructose	5 – 7
Pintol	5 – 7
Tannins	18 – 20
Polysaccharides non amines	18
Cendre	2 – 3
Lipides	0.2 – 0.6

Tableau N 02 : Composition moyenne de la pulpe de caroube (Puhan et Wielinga, 1996 ; Batlle et Tous, 1997)

8.2.Utilisation et intérêt

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes sont utiles et particulièrement le fruit.

Arbre

Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Rejeb et al., 1991 ; Biner et al., 2007**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (**Battle et Tous, 1997**).

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

Fruit

Les gousses du caroubier ont été traditionnellement utilisées non seulement dans l'alimentation des ruminants (**Louca et Papas, 1973**) et des non ruminants (**Sahle et al., 1992**), mais aussi dans l'alimentation humaine. Une étude récente menée par (**Sánchez et al, 2010**) démontre que la gousse du caroubier est une matière première appropriée à la production de bioéthanol, en raison de sa forte teneur en sucre (50%) et la facilité de son extraction.

Pulpe

La farine élaborée à partir de la pulpe (figure 13) peut être utilisée comme ingrédient dans certains aliments, tels que les gâteaux, bonbons, crèmes glacées, boissons (**NAS, 1979**). De plus, elle est utilisée comme substituant du cacao dans la production du chocolat , car elle est moins calorifique et ne contient ni caféine ni théobromine (**Craig et Nguyen, 1984**). En Egypte, les sirops élaborés à partir de la caroube constituent une boisson populaire (**Battle et Tous, 1997**). **Lizardo et al. (2002)** ont démontré l'effet positif de la farine du caroubier sur la performance et la santé des animaux (porcelets) soumis à un régime alimentaire. De plus, elle joue un rôle effectif dans l'élimination des parasites intestinaux et dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles (**Serairi-Béji et al., 2000**).

graine

Les graines du caroubier sont utilisées dans le domaine industrielle et médicale, la gomme des graines 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 ; Dakia et al., 2007**).

La partie da la plante		Composants	Valeur
		Protéine	7,9 %
Feuille (Avallone <i>al.</i> , 1997 ; Biner <i>al.</i> , 2007).	Constituants		57 %
	Tannins condensés		0,7 %
	Sucres		48 - 56 %
Fruit (Owen <i>al.</i> , 2003 ; Makris et Kefalas, 2004).	Pulpe (90%)	Protéines	2 - 6 %
		Lipides	0,4 - 0,6 %
		Fibres	27 - 50 %
		Tannins	18 - 20 %
	Graine (10%)	Enveloppe tégumentaire	30 - 33 %
		Albumen	42 - 46 %
Embryon		20- 25 %	

Tableau 03 : Composition chimique de caroubier (Avallone *al.*, 1997 ; Biner *al.*, 2007 ; Owen *al.*, 2003 ; Makris et Kefalas, 2004).



A



B



C

Figure13 : A farine de la pulpe ,b l'huile de caroubier ,c miel

Chapitre II

1. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen :

La wilaya de Tlemcen, se situe au Nord-Ouest du pays à la frontière Alger - Marocaine et occupant l'Oranie occidentale, elle est centrée sur le chef-lieu d'autant que l'ancien capital 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 9017,69km², située à environ 800m d'altitude limitée par les coordonnées suivantes :

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

Elle 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.WLT.2008**) ; limitée géographiquement par :

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Nord –est par la wilaya d'Ain T'émouchent ;
- A l'Est par la wilaya de sidi Bel Abbès ;
- A l'Ouest par le Royaume du Maroc ;
- Au Sud par la Wilaya de Naama

2. Situation géographique de la commune de Tlemcen :

La commune de Tlemcen est située au du groupement Tlemcen, elle est limitée administrativement par (carte n°01) :

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

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

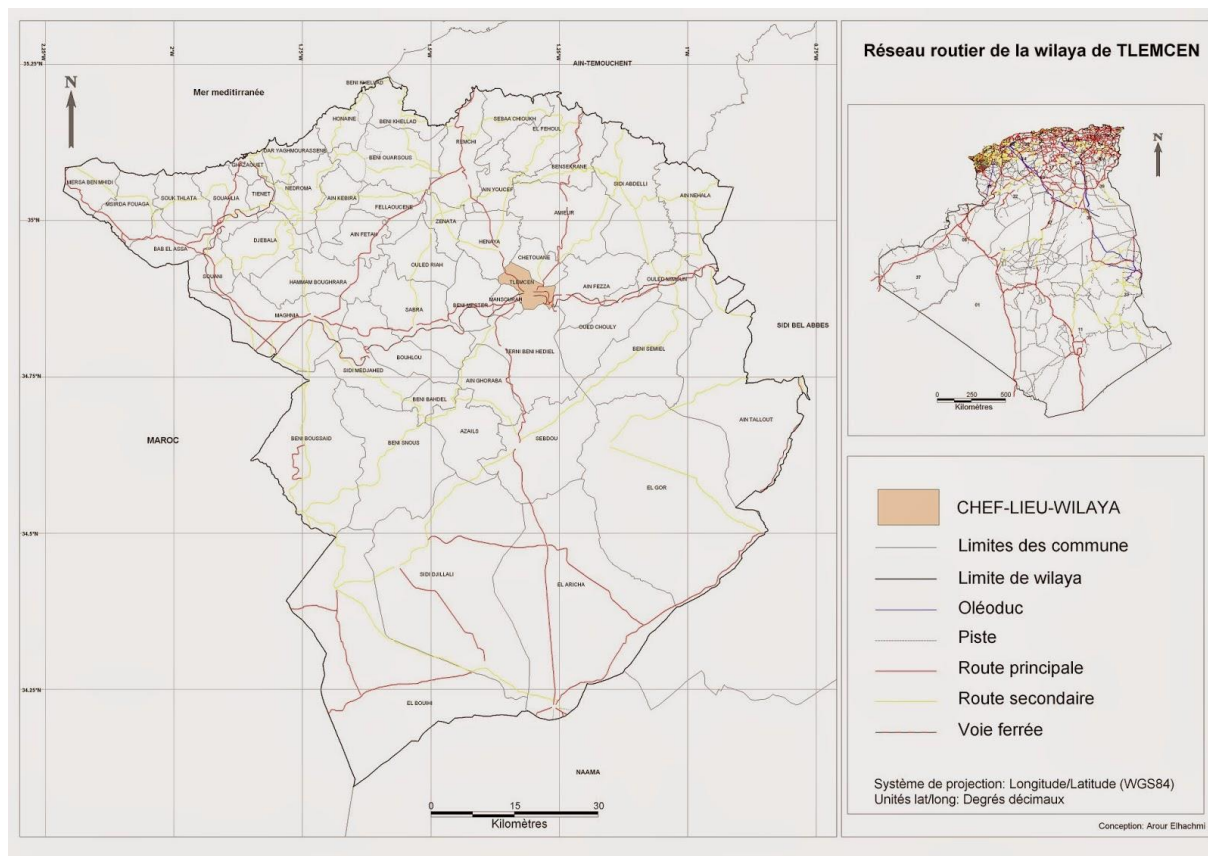


Figure 14: Carte de situation de la wilaya de Tlemcen

3. Description de station :

❖ 3.1. Station de « Hammam-Bouhrara »

Elle se localise à 3 km à l'Est du village de Hammam-Bouhrara. Elle est traversée par la route nationale n°35, reliant Remchi et Maghnia. La pente est assez forte (10%), avec un taux de recouvrement avoisinant les 30 à 40%, la végétation est dominée par les ligneux : *Tamarix gallica*, *Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata*.

❖ 3.2. Station de « Zenâta »

Cette station se trouve sur le long de l'axe routier qui relie Zenâta à Maghnia (RN 35). Elle s'élève à une altitude de 200m environ et présente les coordonnées Lambert suivantes :

- 1° 33' Longitude Ouest
- 35° 02' Latitude Nord

Dans cette station deux versants s'opposent d'une façon nette, l'un nord et l'autre sud. Ils forment un véritable talweg. La pente atteint 15 à 20% d'inclinaison. Le taux de recouvrement par la végétation diffère selon les versants. Au niveau du versant nord, celui-ci avoisine 30 à 40% en revanche au niveau du versant sud il est moins dense en végétation et atteint 15 à 20%.

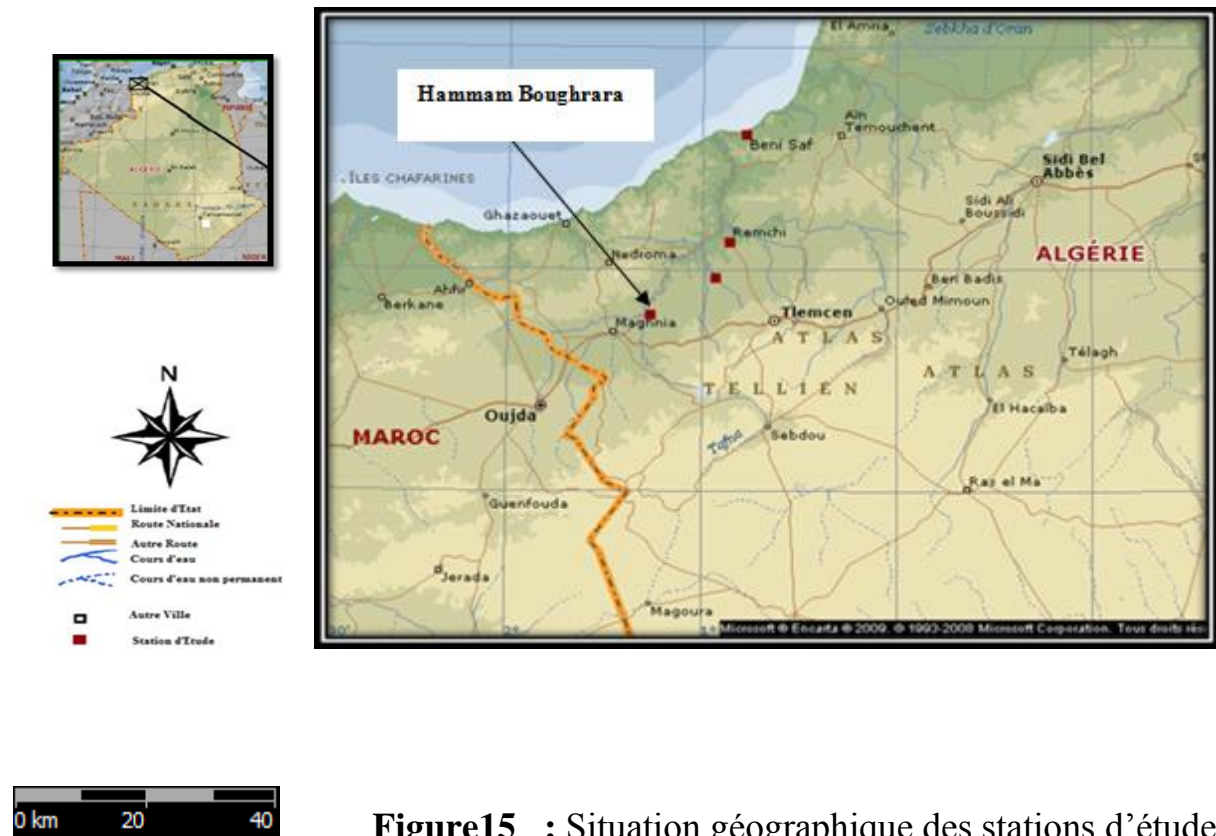


Figure15 : Situation géographique des stations d'étude

4. Aperçu physique :

Ce chapitre regroupe l'ensemble des informations géographiques qui permettent de situer et de décrire le milieu physique dans le contexte géologique, édaphologique et hydrologique. De nombreux auteurs ont effectués leurs travaux sur le tell Algérien, parmi les quels nous citons : (**Dalloni 1952, Lugas 1952, Gourinard 1952, Sadran 1952, Bellon et Guardia 1980**).

5. Géologie :

❖ Hammam-Bouhrara :

A) Amont

La région de Hammam-Bouhrara est caractérisée par les formations géologiques suivantes :
L'amont du bassin versant :

- Secondaire, représenté par le Jurassique.
- Tertiaire, représenté par le Miocène.
- Quaternaire.

Jurassique

Le jurassique est gréseux et argileux

- Les grés sont très fins à très fins, quartzeux au ciment calcaire, argileux et parfois siliceux.
- L'argile est gris verdâtre avec des inclusions des minéraux micacés.

En général, le Jurassique est fortement disloqué par un réseau compliqué des fractures et des fissures.

Tertiaire

Il est représenté par le Miocène, et sur le plan lithologique on distingue :

-Un Miocène inférieur caractérisé par une importante couche de marnes argileuses avec des niveaux gréseux.

-Un Miocène moyen avec des argiles et des tufs notamment une couche de tufs assez épaisse très caractéristique dans le paysage.

-Un Miocène supérieur avec des argiles où s'intercalent des couches de grés d'épaisseur variable.

Pliocène

Il s'agit d'un pouding hétérométrique dont l'épaisseur peut atteindre 50 mètre.

Quaternaire

Les dépôts du Quaternaires sont omniprésents à l'échelle du bassin-versant. Leur épaisseur est spécialement importante dans les vallées, les versants et les bas-fonds, ce ont essentiellement :

-Des alluvions sablo-graveleuses, sableuses et limoneuses.

-Des éboulis de pente discontinus.

-Colluvions limoneuses et argileuses.

Les limons sont dans leur majorité légèrement bruns et brun-rougeâtres avec inclusions de graviers jusqu'à 5 à 10%.

B)- Aval

Quaternaire

Il est représenté essentiellement par :

- Alluvions sablo-limoneuses plus ou moins argileuses.
- Sables dunaires anciens.

Tertiaire

Il est représenté essentiellement par :

- Des terrains marneux et gréseux du Miocène intercalés par des dépôts de tufs volcaniques, d'importantes coulées de basaltes et des scories correspondant à une période volcanique ayant eu lieu au Miocène moyen.
- Les grès Quartzeux et les argiles de l'Eocène supérieur

Secondaire

Il est représenté par :

- Argiles, marnes, calcaires et grés friables ainsi que du calcaire et des dolomies dures correspondant au Crétacé.
- Calcaires attribués au Jurassique
 - Argile irisées de cargneules de gypse et de calcaires dolomitiques attribués au Trias.

Primaire

Il est faiblement représenté dans l'espace, les conglomérats et les schistes attribués au Primaire, sont attribués à l'Est de la rive droite de l'oued Tafna (Djebel Skouna).

L'emprise du barrage se trouve dans les limites du même complexe des terrains, représenté par un massif intensément disloqué du Jurassique et un autre massif moins disloqué des marnes miocènes recouvertes des formations du Quaternaire.

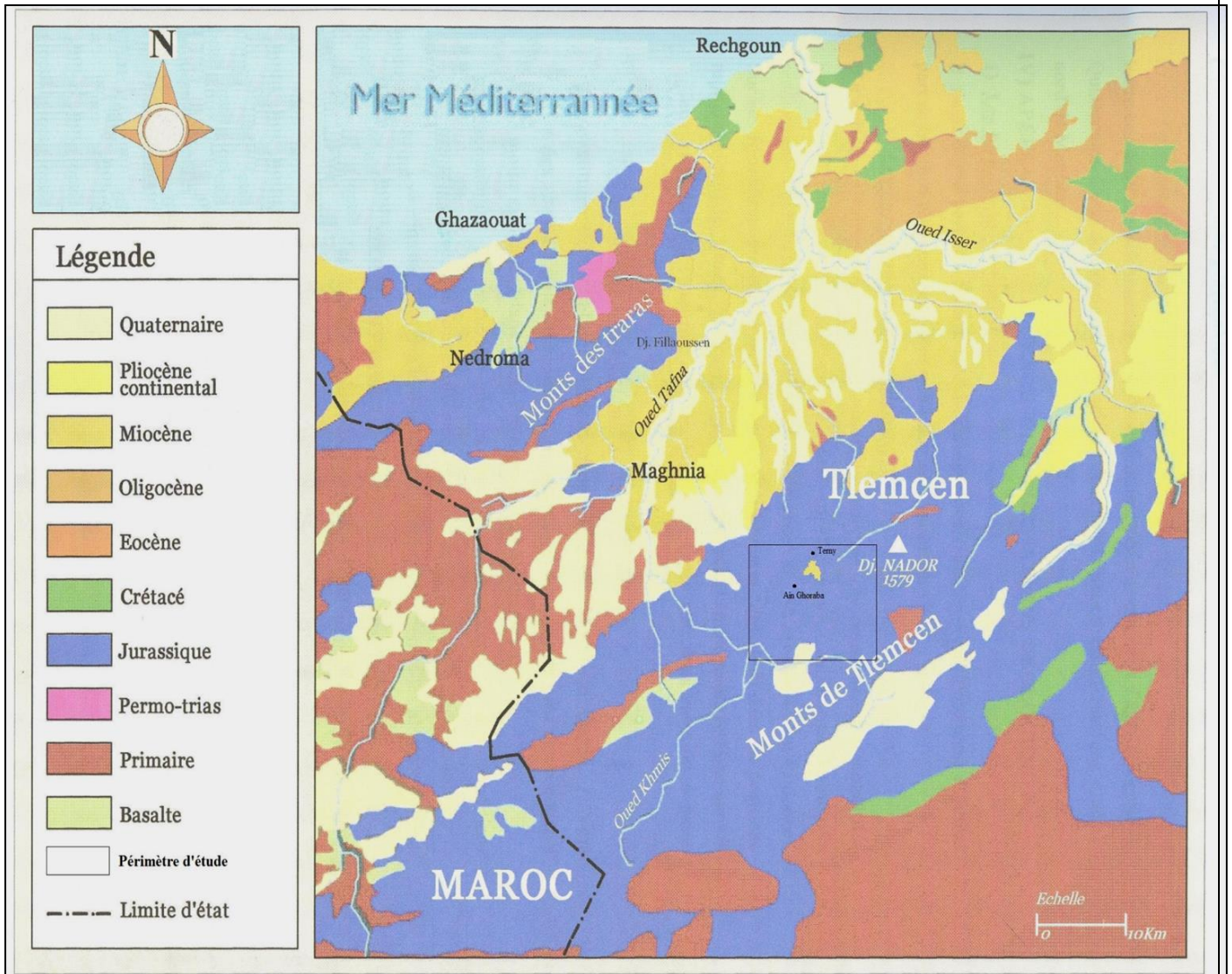


Fig16: Carte géologique du Nord-Ouest Algérien (Cornet, 1952)

6. Géomorphologie et réseaux hydrographiques :

❖ Station de « Hammam-Bouhrara » :

La géomorphologie est considérée comme une expression synthétique de l'intersection entre les facteurs climatiques et géologiques (Adi 2001).

Les accidents montagneux sont séparés par des dépressions importantes sillonnées par des cours d'eau. Ces dépressions sont occupées par des terrains tertiaires et principalement par les affleurements néogènes. Elles sont groupées et définies de la façon suivante :

➤ La vallée de la « Moyenne Tafna » :

Cette dépression tertiaire est comprise entre le massif secondaire des monts de Tlemcen, au Sud, le massif des Traras et moitié de la chaîne des monts du Tessala (principalement les collines de Sebaa Chioukh).

Au Nord. Cette vallée est en majorité formée par des terrains miocènes, argileux d'âge Serravalien.

Les terrains les plus récents forment des plateaux et des plaines ainsi que des parties basses sillonnées par les cours d'eau. Tels sont les plateaux de Remchi dont altitude moyenne et de 300m y compris la plaine de Lalla Maghnia. Cette dépression est parcourue par les deux principaux cours d'eau de la région : la Tafna et son affluent l'Oued Isser. L'Oued de Tafna est considéré comme une unité hydrographique importante de l'Algérie occidentale. L'Oued Isser, afflué de la Tafna, traverse le secteur d'étude d'Est en Ouest en délimitant deux zones, le secteur Nord et le secteur Sud. D'orientation Nord-Sud, les nombreuses Chaabat s'alimentent par des précipitations occasionnelles et constituent, à leur tour, les principaux affluents de l'Oued Tafna.

➤ La vallée de la « Basse Tafna » :

La partie la plus occidentale de la chaîne du Tessala (Dj. Sebaa Chioukh, Dj. Adjer...) sépare la région de la « Moyenne Tafna » de la vallée de la « Basse Tafna » compris entre le massif de Traras, à l'Ouest, et la région volcanique d'Ain Témouchent, à l'Est. La « Basse Tafna » est caractérisée à la fois par ces terrains tertiaires et surtout, par le développement de laves et de tufs basaltiques des volcans qui s'étalent de part et d'autre de l'embouchure de l'Oued.

Aperçu général sur les grands ensembles des sols de la région

D'étude :

L'approche édaphologique réalisée dans la région d'étude a permis de déceler la présence des types suivants :

▪ Sols rouges méditerranéens :

Le trait le plus caractéristique des sols méditerranéens est la fertilisation qui correspond, en relation avec la décarbonisation (**Bottner, 1982**) à un ensemble de processus d'altération et de migration des composés de fer dans le sol d'où la coloration rouge caractéristique.

Ces sols ont une profondeur moyenne, leur texture est plus ou moins équilibrée ; ils se développent au niveau de plaine où la croûte calcaire est parfois présente.

Ce type de sol connaît en fait son extension maximale dans les milieux où l'humidité est suffisamment grande pour favoriser l'altération.

Les terres à envoutement fixées particulièrement dans la plaine de Maghnia et le plateau d'Ouled-Riah, elles sont fersialitiques riches en fer et silice.

Plusieurs pédologues (**Bottner 1982 , Duchauffour 1983**) considèrent que la répartition des sols fersialitiques rouges coïncident avec le climat méditerranéen humide et subhumide et avec les séries du chêne vert et du chêne liège.

▪ Sols d'alluvions :

Ils sont assez profonds, leur texture est équilibrée (limono-sableuse), ils constituent les terrasses récentes des Oueds, on les trouve au niveau des plaines de Hennaya, Nédroma et de Sebdou.

▪ Sols caillouteux :

C'est une zone complexe constituée essentiellement de colluvionnements en provenance de monts de Tlemcen et de la chaîne de Trara, donnant naissance à des sols peu profonds, leur texture est déséquilibrée avec la présence d'une croûte calcaire rigide.

▪ Sol marneux :

Il s'agit des formations recouvrant des zones très vastes, telle que la région de Bab-El-Assa et Ghazaouet.

▪ Sols salsodiques (Halomorphes) :

Ces sols sont généralement profonds et localisés dans les Chotts et les Sabkhas. Ils sont pauvres en matière organique ; leur salinité est chlorurée, sulfatée, sodique et magnésienne (Sari Ali, 2004).

Les sols salsodiques se différencient les uns des autres par leurs compositions chimiques donc on distingue trois types :

- Les sols salins à complexe calcique.
- Les sols salins à complexe sodique.
- Les sols à structure dégradée.

8. Environnement bioclimatique

Le but de cette analyse bioclimatique c'est de déterminer une étroite comparaison entre l'ancienne et la nouvelle période de la région d'études, mais aussi il s'agit de mettre en évidence les relations qui existent entre la végétation et les facteurs climatiques.

Elle repose sur deux niveaux d'analyse, le premier est un examen des paramètres analytiques, températures, précipitations et le vent, le deuxième est synthétique ou des Indices bioclimatiques et des représentations graphiques sont utilisés.

Le climat régional peut être défini à l'aide de l'exploitation des données climatiques des diverses stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude. L'étude a donc été réalisée sur ces stations de référence qui sont celles de : Hammam-Bouhrara, Zenâta (Tableau N04).

Tableau 04 : Coordonnée géographiques des stations météorologiques(O.N.M)

Stations	Latitudes	Longitudes	Altitudes	Wilaya
Zenâta	35°01'	1°27'	200m	Tlemcen
Hammam-Bouhrara	34°54'	1°37'	400m	Tlemcen

8.1. Facteurs climatiques :

Le climat joue un rôle très important dans la répartition de la végétation. Dans le cadre de notre étude, nous avons pris en considération comme paramètres climatiques, pluviosité et les températures qui sont d'une part, les données les plus disponibles et d'autre part, les variables les plus influentes sur la végétation.

Ces paramètres varient en fonction de :

- ✓ L'altitude.
- ✓ L'orientation des chaînes de montagnes.
- ✓ De l'exposition.

8.2. Facteurs hydriques :

L'eau est l'élément le plus important pour la vie des êtres vivants. L'eau est un facteur limitant de la production végétale son rôle apparaît le plus manifestement dans la distribution écologique des végétaux.

Précipitations

La pluviosité est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface dont elle représente la seule source hydrique pour la végétation naturelle des milieux terrestres.

L'étude des précipitations est très importante car en région méditerranéennes, le principal facteur limitant est l'eau, mais il n'est pas le seul (**De Martonne, 1926**), car celles là exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (**Le Houerou et al., 1977**). Aussi (**Djebaili 1978**) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat ; 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.

La région au Nord du bassin méditerranéen connaît des maxima de précipitations en automne ou au printemps.

La diminution des pluies a touché l'ensemble de l'Algérie, mais elle a été surtout sensible dans sa partie occidentale (**Hadjadj, 1991**).

Pour **Le Houerou (1995)**, la variabilité des pluies elle-même, peut expliquer certaines limites de végétation, tel le passage entre la végétation forestière et la végétation steppique.

Du point de vue quantitatif la pluviosité est exprimée par la pluviosité moyenne annuelle. En effet quand la pluviosité diminue, l'évapotranspiration et la durée de la saison sèche augmente (**Le Houerou, 2000**).

L'un des traits originaux du climat en méditerranée s'exprime par l'irrégularité des pluies le long de l'année : abondantes en Automne et en Hiver et parfois en Printemps et presque nulles en été (**Aubert et Monjauze , 1946**).

Cependant , le développement n'est pas lié uniquement à la quantité d'eau disponible mais aussi à la qualité et la fréquence de sa répartition au cours de son cycle (**Ferouani , 2001**). (Tableau 05).

Les régimes pluviométriques mensuels se distinguent par deux maxima pluviométriques variant selon les stations :

- **Hamмам-Bougrara (1924-1938)** : Mars (49mm) et Février (52mm).
(1978-2010) : Mars (33mm) et Février (41mm).
- **Zenâta (1913-1938)** : Mars (49mm) et Février (65mm).
(1980-2010) : Mars (46mm) et Février (43,2mm).

Tableau05 : Moyenne mensuelle des précipitations.

➤ **Hamмам-Bougrara** : (1924-1938) et (1978-2010)

		Moyenne mensuelle des précipitations												
Zone d'étude		J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Moy
H.Bougrara (1924-1938)	P(mm)	60	52	49	41	37	10	1	4	22	3	49	58	418
H.Bougrara (1978-2010)	P(mm)	28	41	33	33	33	9	2	6	7	31	31	46	300

Résultat concernant les précipitations de la région Hamмам-Bougrara:

Les valeurs des moyennes mensuelles des précipitations à Hamмам-Bougrara pour l'ancienne période (1924-1938) montrent que le mois de Janvier est le plus arrosé, suivi du mois Décembre, les mois de Juillet, Aout et Octobre sont les plus secs avec une moyenne annuelle de 418mm et pour la nouvelle période (1978-2010) le mois Décembre représente une valeur très importante des précipitations mensuelles suivi par Février, le mois le plus secs est de Juillet avec une moyenne annuelle de 300mm.

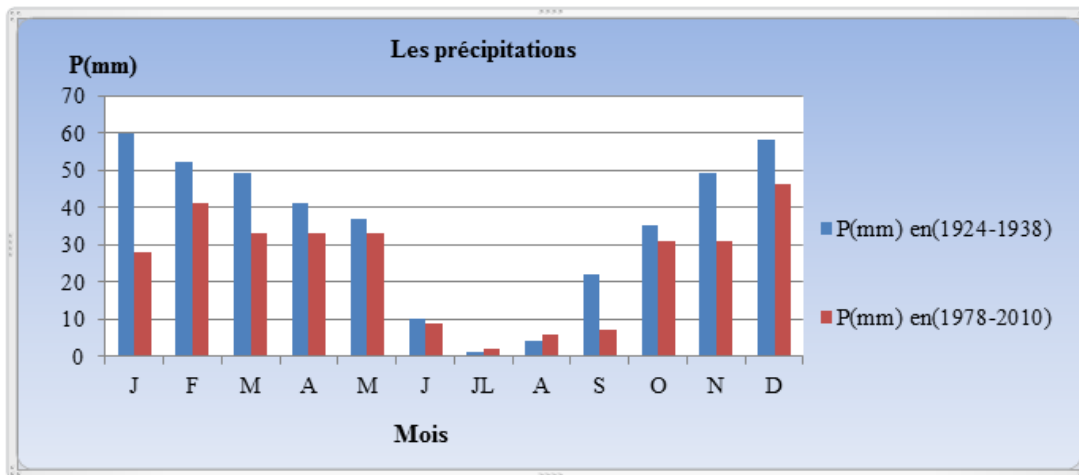


Figure17 : Comparaison des précipitations dans la région de Hammam-Bougrara entre les périodes (1924-1938) et (1978-2010).

Tableau06: Moyenne mensuelle des précipitations. (Données climatologiques d'après O.N.M.)

➤ **Zenâta** : (1913-1938) et (1980-2010)

		Moyenne mensuelle des précipitations												
S M		J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Moy
Zenâta (1913-1938)	P(mm)	65,0	62,0	49	44	38	11	01,0	04,0	23,0	42,0	68,0	67,0	474,0
Zenâta (1980-2010)	P(mm)	38.5	43.2	46.0	32.2	26.6	5.8	1.1	3.5	13.6	23.4	45.0	37.5	380

Résultat concernant les précipitations de la région de Zenâta :

Les valeurs des moyennes mensuelles des précipitations de la région de Zenâta pour l'ancienne période (1913-1938) montrent que le mois Novembre est le plus arrosé, suivi du mois Décembre, les mois de Juillet et Aout et sont les plus secs avec une moyenne annuelle de 474mm et pour la nouvelle période (1980-2010) le mois Mars représente une valeur très

importante des précipitations mensuelles suivi par Février, le mois le plus secs est de Juillet avec une moyenne annuelle de 380mm.

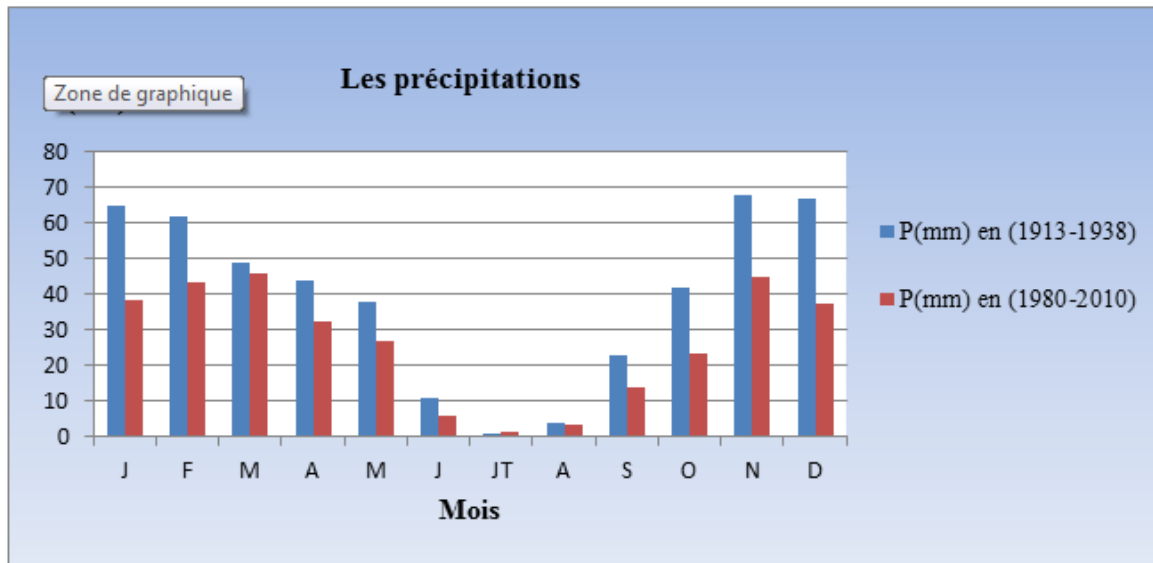


Figure18 : Comparaison des précipitations dans la région de Zenâta entre les périodes (1913-1938) et (1980-2010).

8.3. Facteurs thermiques

Les températures :

La température est un facteur essentiel y compris la pluviosité, notamment dans le déroulement de tous les processus biologiques selon des modalités diverses, elle contrôle la croissance, la survie, la reproduction et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (**Soltner, 1992**).

L'élément température est utilisé en phytoécologie pour rendre compte de l'apport d'énergie à la végétation à défaut des observations du rayonnement (**Halimi, 1980**).

La température agit sur les vitesses de croissance comme sur tout processus organique. La répartition spatiale des températures dépend de très nombreux facteurs généraux et locaux ; certains sont périodiques, et l'effet bioécologique de la température aura toujours un triple aspect : effet de la température moyenne, effet des valeurs extrêmes, effet des périodicités (**Frontier et al., 1998**).

La température est définie par **Peguy (1970)** comme une qualité de l'atmosphère et non comme une grandeur physique mesurable.

Les plantes sont le siège des réactions biochimiques dont la vitesse de réaction croît exponentiellement avec la température (**Chartier, 1967**).

Emberger (1955) a porté son attention sur les extrêmes thermiques qui jouent un rôle écologique fondamental sur l'activité des êtres vivants :

- « M » : La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°C).
- « m » : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°C).
- « M-m » : L'amplitude thermique qui exprime la continentalité.
- La température moyenne (T°C).

Les températures moyennes annuelles :

Les températures moyennes annuelles sont plus élevées pour la nouvelle période par rapport à l'ancienne, sont variées d'une station à l'autre, elles étaient de 15,90°C pour Zenâta et 23,44°C pour Hammam-Bouhrara alors on note pour la nouvelle période 20,3°C ; 16,89°C respectivement aux stations suivantes Zenâta et Hammam- Bouhrara.

Les températures moyennes mensuelles :

Selon nos données des moyennes mensuelles des températures confirment que Janvier est le mois le plus froid avec 16,4°C, 9,6°C pour l'ancienne et la nouvelle période de la région de Hammam-Bouhrara et avec 9,9°C, 12,4°C pour l'ancienne et la nouvelle période de la région de Zenâta.

L'étude des deux périodes montre que les températures les plus élevées sont enregistrées au mois d'Août pour les deux stations de nos études.

Tableau 07 : Les températures moyennes mensuelles.

➤ **Station de « Hammam-Bougrara »**

Station période	Températures moyennes mensuelles et annuelles												T°C.moy .ann
	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	
Hammam-Bougrara 1924-1938	16,4	17,5	19,3	20,8	25,4	21,2	33,9	34	30,7	25,2	20,4	16,5	23,44
Hammam-Bougrara 1978-2010	9,6	11,2	12,8	14,6	16,9	21,9	25,2	25,3	22,8	17,9	13,5	11	16,89

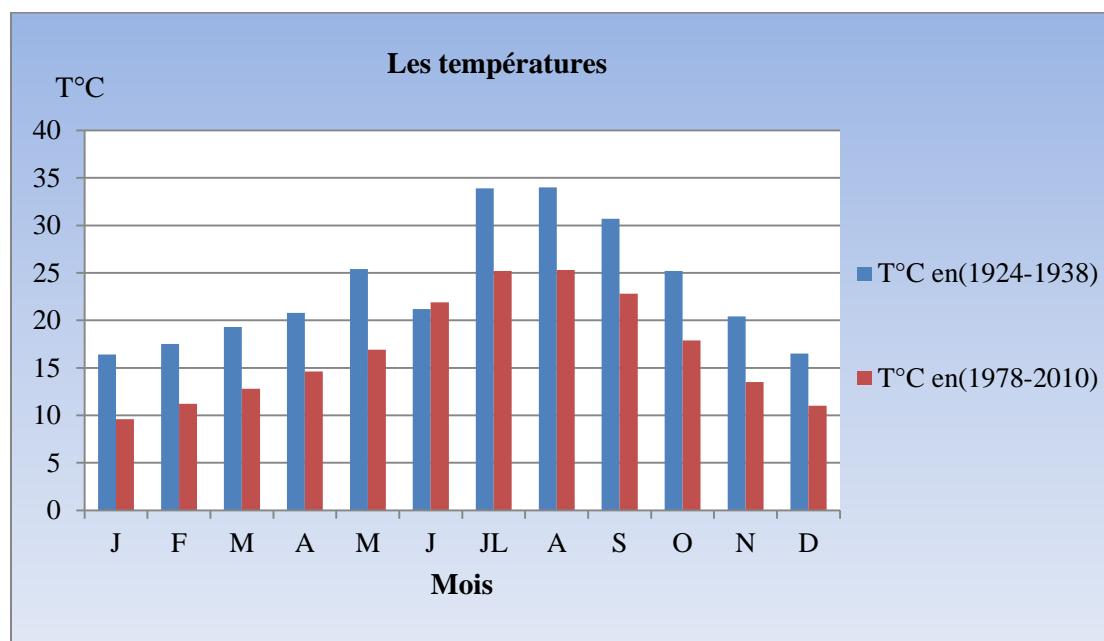


Figure 19 : Comparaison des températures entre les différentes périodes (1924-1938) et (1978-2010) dans la région de Hammam-Bougrara.

Tableau 08: Températures moyennes mensuelles et annuelles.

➤ Station de « Zenâta »

Station période	Températures moyennes mensuelles et annuelles												T°C.moy.ann
	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	
Zenâta 1913- 1938	9.9	10	10.5	13	15	21	24	26	21.5	17	13	10	15.90
Zenâta 1980- 2010	12.4	13.5	15.7	17.6	27.1	24.6	28	28.3	25.3	21.3	16.8	13.6	20.3

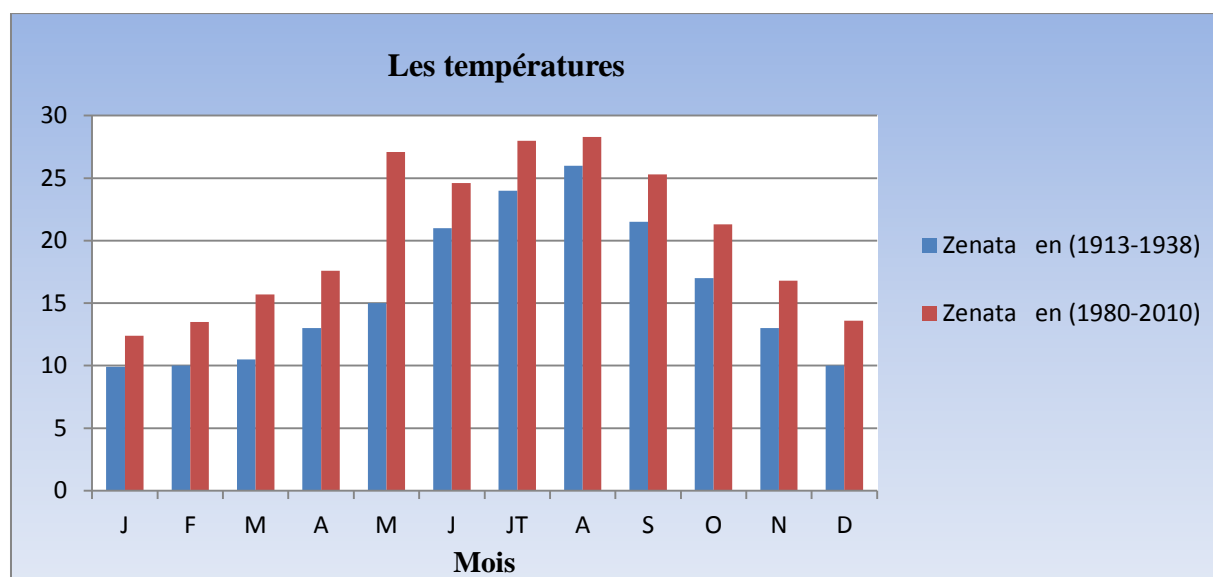


Figure20 : Comparaison des températures entre les différentes périodes (1913-1938) et (1980-2010) dans la région de Zenâta.

Les températures moyennes des minima du mois le plus froid « m » :

Le minima thermique « m » exprime le degré et la durée de la période critique des gelées (Emberger, 1930). De même que Sauvage (1961) souligne l'importance pour la végétation de la valeur $m = -3^{\circ}\text{C}$ en dessous de laquelle débute le repos hivernal.

Tableau 09 : Moyennes des minima du mois le plus froid « m » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Boughrara »

➤ **Station de « Hammam-Boughrara »**

Station	période	m (°C)
Hammam-Boughrara	1924-1938	9,3
	1980-2009	3,2

Tableau 10 : Moyennes des minima du mois le plus froid « m » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta.

➤ **Station de « Zenâta »**

Station	période	m (°C)
Zenâta	1913 -1938	6.7
	1980-2010	4.3

Les températures moyennes des maxima du mois le plus chaud « M » :

Le maxima thermique « M » c'est une valeur du mois le plus chaud de l'année, elle est aussi importante que « m » puisque elle représente un facteur limitant pour certains végétaux.

Pour nos stations d'étude les températures sont assez élevées durant la saison sèche, elles varient de 23,16 pour Hammam Boughrara et 33,6 pour Zenâta.

Tableau 11 : Moyennes des maxima du mois le plus chaud « M » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Boughrara »

➤ **Station de « Hammam-Boughrara »**

Station	période	M (°C)
Hammam-Boughrara	1924-1938	34
	1980-2009	23,16

Tableau 12 : Moyennes des maxima du mois le plus chaud « M » pour l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta.

➤ **Station de « Zenâta »**

Station	période	M (°C)
Zenâta	1913 -1938	23.04
	1980-2010	33.6

Amplitude thermique (M-m)

Debrach (1953) en se basant sur l'amplitude thermique a pu définir quatre types de climat :

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

Tableau 13 : Amplitude thermique pour l'ancienne et la nouvelle période de la station « Hammam-Bougrara »

➤ **Station de « Hammam-Bougrara »**

Station	Périodes	« M »	« m »	Amplitudes thermiques M-m	Type de climat
Hammam-Bougrara	1980-2009	23,16	3,2	19,96	Littoral
	1924-1938	34	9,3	24,7	Semi continental

Tableau 14 : Amplitude thermique pour l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zenâta

➤ **Station de « Zenâta »**

Station	Périodes	« M »	« m »	Amplitudes thermiques M-m	Type de climat
Zenâta	1913 -1938	23.04	6.7	16,34	Littoral
	1980-2010	33.6	4.3	29,3	Semi-continentale

D'après les tableaux ci-dessus et selon nos données climatiques, les stations de Zenâta et Hammam-Bougrara sont soumises à un climat de type littoral pour l'ancienne période alors que la nouvelle période est présentée par un type de climat Semi-continentale.

Résultat

Les stations étudiées sont caractérisées par un climat sec et se trouvent essentiellement dans l'étage bioclimatique aride supérieur ou bien aride inférieur à hiver frais.

L'exploitation des données météorologiques met en évidence deux saisons, la première longue et sèche, la deuxième brève et humide.

Les températures moyennes maximales du mois le plus chaud se situe au mois d'Août dans la plus part des stations. Les températures moyennes minimales du mois le plus froid se situent en général au mois de Janvier.

L'étude bioclimatique nous a permis de déduire que les deux variables météorologiques (pluies et températures) contribuent à des modifications des bio-composants écologiques, telles que la salinité ect... Ces facteurs sont considérés comme déterminants pour la répartition spatio-temporelle de différentes espèces végétales.

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

9. Amélioration génétique

Les principaux défis à surmonter pour l'amélioration génétique du caroubier sont :

la réduction de la période végétative,

l'adaptation et l'augmentation du rendement.

Toutefois les autres critères tels que la vigueur, la taille des gousses, la qualité de la gomme et la pulpe restent aussi importants. Le système de reproduction, en particulier les mécanismes de pollinisation et l'expression du sexe en réponse aux conditions environnementales, reste inconnu. (VonHaselberg,1996).

L'utilisation des marqueurs moléculaires pour la détermination des sexes des plantes en pépinière serait d'une grande utilité pour la sélection précoce. La variabilité clonale dans les anciens vergers peut être exploitée pour la sélection des meilleurs clones ayant accumulés des traits adaptatifs.

L'objectif global dépend de l'utilisation envisagée des produits issus des variétés sélectionnées. Les critères de sélection les plus importants (tableau 15) sont :

- ✓ le rendement en fruit et surtout le pourcentage de graines par rapport au fruit,
- ✓ la quantité et la qualité de la gomme,
- ✓ l'alternance de fructification ,
- ✓ la résistance aux maladies et le pouvoir d'abscission des fruits mûrs pour faciliter la récolte (Batlle et al.,2002).

Parmi les principales variétés utilisées on peut citer; «Negra» et «Matalafera» en Espagne, «Gibiliana» et «Racemosa» en Italie, «Mulata» et «Aida» au Portugal, «Hemere» et «Tylliria» en Grèce et à Chypre, «Sisam» en Turquie, «Sfax» en Tunisie, «Santa Fe» et «Bolser» en Californie, et «Bath» et «Princess» en Australie.

Pays	Nombre de variétés connues	Caractéristiques
ESPAGNE	19	
PORTUGAL	13	• Adaptation
ITALIE	5	• Sexe
CHYPRE	3	• Pourcentage de graines et de pulpes
TUNISIE	1	• Résistance aux maladies
USA	?	• Taux de sucre
MAROC	?	• Quantité et qualité de la gomme

Tableau 15 : nombre de variétés connues par pays et critères de sélection

Par ailleurs, toute culture d'une variété améliorée réduit la richesse génétique de la population sauvage dont elle est issue. L'action de l'améliorateur ne peut donc se limiter à la fourniture du matériel végétal performant et adapté, elle comprend aussi, de façon tout aussi importante, une activité de conservation.

L'amélioration génétique s'accompagne donc obligatoirement d'un travail de protection et de conservation pour éviter l'appauvrissement du capital génétique, l'abâtardissement d'écotypes et pour gérer la population d'amélioration indispensable à la pérennité d'un programme d'amélioration.

10. Conservations des ressources génétiques

DESCRIPTION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

La diversité génétique est décrite à l'aide des marqueurs génétiques, biochimiques et moléculaires. Ces derniers apportent les connaissances nécessaires pour construire rapidement une typologie génétique des populations et permettent d'asseoir sur des bases plus objectives et plus rigoureuses les schémas de sélection et les programmes de conservation des ressources génétiques. Très peu de travaux ont été menés et publiés sur le caroubier :

En Tunisie,

une étude de la diversité génétique à l'aide des isozymes, chez 17 populations réparties dans quatre zones bioclimatiques, a révélé une grande diversité génétique et un niveau substantiel d'endogamie chez ces populations. (**Afif et al. 2006**)

Au Portugal

, la diversité génétique chez 15 cultivars âgés de 7 ans plantés dans une parcelle expérimentale, a été évaluée en utilisant 12 caractères phénotypiques de la gousse et de la graine. Les valeurs des traits morphologiques obtenus par cultivar ont été comparées à celles des cultivars d'autres pays du bassin méditerranéen. Des différences significatives ont été trouvées entre les cultivars pour tous les caractères étudiés, ce qui indique une diversité génétique élevée (**Albanell. 2007**).

Au Maroc

, des approches morpho-métriques et moléculaires (RAPD) ont permis de révéler une importante variabilité génétique entre 10 accessions de caroubier (**Konaté et al. 2007**). L'analyse des critères morphologiques des fruits sur 104 provenances issues de différentes régions du Maroc a permis de révéler une grande variabilité génétique entre ces populations étudiées (**Sbay et al., 2008**).

Les provenances de l'oriental ont eu les meilleures performances en terme de poids de graines. Les dix meilleures provenances sont présentées sur le (tableau 16). Le pourcentage du poids des graines par rapport au poids des gousses varie entre 11,81 My Driss et 27,88 pour

Ourika. Toutefois, les observations faites en plantations expérimentales, dans des conditions rigoureuses de comparaison des génotypes sont indispensables à la connaissance objective de la variabilité génétique.

Ville	Provenance	Poids de 50 gousses	Pgraines	%
Elhoceima	Beni Boufrah	757,20	134,10	17,71
Taza	Ain Mediouna	538,30	125,40	23,30
Nador	Arkaman-Karia	615,20	123,10	20,01
Midar	Mouly Driss	1011,50	119,50	11,81
Tetouan	Talonkmt	558,90	111,90	20,02
Chaouen	Laâchaiche	626,20	103,20	16,48
Sefrou	Besabisse	470,00	103,20	21,96
Agadir	Taznakht,	373,10	98,20	26,32
	Mesguina			
Marrakech	Ourika	326,80	91,10	27,88
Khémisset	Oued Beht	406,10	90,40	22,26

Tableau16 : Analyse des données relatives aux paramètres morphologiques des fruits

CONSERVATION IN-SITU ET EX-SITU

Les objectifs de conservation peuvent concerner soit des populations ayant des caractéristiques particulières soit le maintien d'un échantillon de populations représentatives de l'aire naturelle du pays soit les deux à la fois. Lorsque la régénération naturelle est possible et que les pressions d'origine anthropique sont maîtrisables, une priorité élevée doit être accordée à la conservation in-situ, des populations menacées (Sbay, 2008).

Dans le cas contraire, on s'oriente vers la conservation ex-situ. En fonction de l'état des peuplement set des connaissances acquises, une liste des populations prioritaires devra être établie de façon à assurer leur pérennité. La conservation ex-situ est à réserver aux cas où les populations sont vouées à une disparition rapide. Elle peut être dynamique (plantations conservatoires, parcs à clones) ou dans les cas les plus urgents statique. Les collections des ressources génétiques conservées ex-situ sont couramment appelées «banques de gènes », bien quel 'on n'y conserve pas les gènes eux-mêmes, mais des génotypes (figure 21)



Figure21 : conservation des graines

La mise à jour de l'inventaire des peuplements naturels permettra de déterminer les peuplements les plus menacés en raison de leur faible taille et/ou de leur mauvais état de végétation . Des plantations conservatoires de ces peuplements constitueraient une assurance supplémentaire de sauvegarde du patrimoine génétique. Limitées en surface, ces plantations doivent être de préférence situées près des peuplements naturels correspondants. Pour les sujets intéressants, des conservatoires de clones sont à envisager. Il faut souligner la nécessité d'intégrer au maximum les préoccupations de la conservation des ressources génétiques dans les plans d'aménagements des forêts où le caroubier est présent.

CONCLUSION

Le Caroubier, *Ceratonia siliqua* L. est une angiosperme, dicotylédone appartenant à l'ordre des rosales, famille des Fabacées. C'est un arbre naturel agro-sylvopastoral de l'étage thermophile de la région méditerranéenne. (Aït Chitt et al., 2007).

Le caroubier, dont l'aire de répartition s'étend dans les secteurs des plateaux et en moyennes montagnes jusqu'à 1700m d'altitude est indifférent à la nature du substrat. Il tolère les sols pauvres, sableux, limoneux lourds, rocailleux et calcaires, schisteux dont le pH de 6,2 jusqu'à 8,6, mais il craint les sols acides (Baum, 1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zohair, 1996).

Le caroubier est une espèce ayant d'importants intérêts socio-économiques et écologiques (résistant à la sécheresse et adapté aux sols pauvres et salins). La sécheresse a révélé que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le Chêne vert, le Thuya et l'Oléastre qui lui sont associés. Il joue un rôle important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification dans les zones arides et semi-arides (Zohair, 1996).

Le caroubier est utilisé dans diverses industries : agro-alimentaire (alcool, jus, chocolat), pharmaceutique, cosmétique, chimique, textile, papier etc.

Les relations entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes sont devenues un thème d'actualité en écologie.

Le présent travail a porté sur l'étude d'une végétation naturelle de la station d'étude située dans le Nord Ouest de l'Algérie (Hammam bouhrara) afin de connaître sa richesse floristique, sachant que cette région a subi depuis longtemps des contraintes climatiques sévères et une action anthropique intense qui sont fréquemment responsables de la salinisation des sols et de l'apparition des végétaux halophiles (Benabadji et al., 2004).

L'étude bioclimatique montre une diminution des précipitations et une augmentation des températures de la nouvelle période (1978-2010) de la station d'étude dont le quotient pluviothermique d'Emberger classe cette station dans laquelle l'espèce *Ceratonia siliqua* L. s'évit, dans l'étage Semi-aride, donc la sécheresse résulte ainsi d'une baisse accidentelle de la pluviométrie dont les conséquences peuvent être catastrophiques sur les écosystèmes naturels, anthropisés.

Référence

Bibliographique

- **Aafi A, 1996.** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Centre Nationale de la recherche Forestière, Rabat (Maroc), pp. 10.
- **Aidoud , 1983.** contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud oranais phytomasse, productivité primaire et applications pastorales .Thèse Doct. D'Etat, U.S.T.B.H. Alger, 250p
- **AIME, 1991.** Etude écologique de la transition entre les bioclimats subhumides et arides dans l'étage thermo méditerranées du tell Oranais (Algérie-occidentale).thèse doct Fac.Sci.et tech .St-Jérôme, Marseille, pp :185-194.
- **Ait Chitt M Et al ,2007.** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N° 153, IAV Rabat, pp.1-4.
- **Albanell E., 1990.** Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L,) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
- **Albanell E., Caja G. & Plaixats J., 1991.** Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. Options Méditerranéennes. 16 : 135 136.
- **Ali K. Yousif , H.M.,Alghzawi. 2000.** Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry.* 69 283-287.
- **A.N.R.H, 2004.** « L'atlas pratique de l'Algérie », Edition populaire de l'armée(EPA).pp.116
- **A.S.P.E.WI.T, 2008.** Atlas de l'environnement de la wilaya de Tlemcen. 228 p. + annexe.

- **ANAT** : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire. Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et de la ville. Algérie.
- **Battle I. et Tous J, 1997.** Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy 1-97.
- **Baum N, 1989** . Arbres et arbustes de l'Égypte ancienne, pp. 354
- **Benabadji et Bouazza ,2001.**L'impact de l'homme sur le foret dans la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). forêt méditerranéenne XXII, n°3 Novembre .274-297
- **Biner B. et al., 2007.** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratoniasiliqua*L.) in Turkey. Food Chem., 100, 1453-1455
- **Boublenza 2012.**contribution à l'étude de multiplication du caroubier (*ceratonia siliuqa*, L.) 21-31
- **Calixto F.S. and Canellas.J. 1982.** Components of nutritional interest in carobPods *Ceratoniasiliqua*. Journal of the Science of Food Agriculture, N°33, pp.1319– 1323.
- **Craig W.J. & Nguyen T.T., 1984.** Caffeine and theobromine level in cocoa and carob products. *J. Food Sci.* 49: 302-305.

- **Dakia, P. A., Wathelet, B., and Paquot, M. 2007.** Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102, 1368-1374.
- **Djebili , 1978.**Recherche phytosociologie sur la végétation des hautes plaines steppiques dans les formation steppiques du sud oranais .Biocénose 1 ;19-59.
- **Emberger , 1939.** « Aperçu général sur la végétation du Maroc ». Verof. Geobot. Inst. Rübel Zurich, 14PP:40-157.
- **Errol Vela et Benhouhou , 2007.** Evaluation d'un nouveau point de la biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord).CR.Bio.330 :589-605.
- **Estrada et al, 2006.**fruticultura de secano .El Algarrobo.In :Labrador.J,Porcuna.JLetBello.A(Cords),Manualdeagriculturayganaderiaecologica .Eumedia .España,pp.186-195.
- **Evreinoff , 1947.** dans **BATLLE et TOUS, 1997.**carob tree certonia siliuqa L.Promoting theconservation and use of underutilized and neglected crops .17, Gaterleben: institute of plant Geneticsand crop plant Research, Rome: international plant Genetic Resources Institute, pp.92
- **FAO.** Data from the FAOSTAT Statistical data base. See www.fao.org.
- **Ferguson , 1980.**the pollen morphology of ceratonia (leguminosae : caesalpinioideae).Kew Bull.35:273-277.
- **Folchi Guillen R., 1981.** La vegetació dels Països Catalans. Ed. Ketres, Barcelona.
- **Gharnit et al., 2006,** Importance socio-économique du caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.)dans la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). Rev. Tela Botanica Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France BDNFF, VOL.4.02 N°33.

- **Gharnit N. et Ennabili A., 2009.** Essais préliminaires de culture in vitro du caroubier (*Ceratonia siliqua*) originaire du nord-ouest du Maroc. Biomatec Echo. 3: 18-25.
- **Goldblatt P., 1981.** Cytology and phylogeny of the leguminosea. In: Polhill R.M & Raven P.H., (Eds). Advances in Legume Systematic. Vol. 2. Royal Botanic Gardens, Kew, England, pp. 237-464.
- **Hadjaji , 1991.** Les peuplements de *tetraclinis articulata* sur le littoral d'Oran (Algérie). Ecologie Méditerrané XVII. 63-76.
- **Hillcoat et al., 1980.** A new species of *ceratonia* (Leguminosae-caesalpinoideae) from Arabia and the Somali republic; *kew bull.* 35 (2):261-639.
- **Houerou , 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'AFRIQUE ; Diversité biologique développement durable et désertification, CIHEAM option méditerranéennes , série B ; N°10 Montpellier ; France ; 396p.
- **LE Houerou , 2000.** Use of fodder trees and shrubs (trubs) in the arid and semi- arid zones of west. Asia and North Africa .Proceeding of workshop on native and exotic fodder shrubs in arid and semiarid zones, 27 October- two November 1996. Hammamet, Tunisia I.C.A.R.D.A, Aleppo (Syria). Vol.I:9-53.
- **Irwin H.S. et Barneby R.C., 1981.** Cassieae. In: Polhill R.M & Raven P.H., (Eds). Advances in Legume Systematic. Vol. 1. Royal Botanic Gardens, Kew, England, pp. 97-106
- **Kadi Hanifi , 1997.** Caractéristiques édaphiques des formations à *Stipa tenacissima* L. Rev. Ecol. Med. N°23 :33-43.

- **Konaté , 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. 196p
- **Lavalée ,1962.** «Le caroubier son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie »Alger .47p.
- **Liphschitz N., 1987.** *Ceratonia siliqua* L. in Israel: An ancient element or a newcomer?.*IsraelJ.Bot.*36:191-197.
- **Lizardo R., Cañellas J., Mas F., Torrallardona D. & Brufau J., 2002.** L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. *Journées de la Recherche Porcine.* 34: 97-101.
- **Louca A. et Papas A., 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.
- **Makris D.P. et Kefalas P., 2004.** Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidant. *Food Technol. Biotechnol.* 42: 105-108.
- **Melgarejo P. et Salazar D.M., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas.Vol.II.Mundi-Prensa.España,pp.19-162.
- **Merwin M.L., 1981.** The culture of carob (*Ceratonia siliqua*) for food. Fooder and fuel insemi-arid environments. *International Tree Crops* Institute USA Inc., California.

- **Mitrakos K., 1981.** Temperature germination responses in three mediterranean ever green sclerophylls. In: Margaris N.S. & Mooney H.A., (Eds). Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects. Dr.W. Junk Publishers ,The Hague/Boston/London. pp. 277-279.
- **Morton J., 1987.** Carob. In: Morton Julia F. Fruits of warm climates. pp. 65-69. MiamiFloride, Etats-Unis.
- **Pequy , 1970.** « Précis de climatologie. Ed. Masson et cie, 444 P.
- **Quezel et Santa (1962-1963).**Nouvelle Flore de Algérie et des régions désertiques méridionales, Paris, C.N.R.S. Vol(2).1170p
- **Quezel , 1957,** Peuplement végétal des hautes montagnes de l’Afrique du Nord .Paris 170p
- **Quezel et Santa, 1963,** « Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 1). Edition du centre national de la recherche scientifique, 557 p
- **NAS. 1979.** Tropical Legumes: Resources for the Future. National Academy of Sciences.WashingtonDC,USA,pp.109-116.
- **ONM : Office National de Météorologie. 2013.** Ministère des Transports. Algérie.
- **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

- **Rejeb et al ., 1991.**Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie, in Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, group d'Etude de l'Arbre, Paris, France, pp.417-426.
- **Rejeb , 1995** –le caroubier en Tunisie : situations et perspectives d'amélioration Dans : pour avenir pour l'amélioration des plantes Edit. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, pp.79-85
- **Rébour H., 1968**, fruit méditerranéen, la maison rustique Paris.330
- **Retana, J., Ramoneda J. et García del Pino F., 1990.** Importancia de los insectos en la polinización del algarrobo. Bol. San. Veg. Plagas. 16: 143-150.
- **SAUVAGE, 1961** « Recherches géobotaniques sur le chêne liège au Maroc ». Th. Doc.Etat, Montpellier, Trav.Inst.Sci.Chérifien, Série Botanique, PP.21-462.
- **Sahle M., Coleon J. et Haas C., 1992.** Carob pod (*Ceratonia siliqua*) meal in geese diets. *Brit.PoultrySci.*33:531-541.
- **Saidi R., Lamarti A. et Badoc A., 2007.** Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua*) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux.146:113-129.
- **Sbay H. et Abourouh M., 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.
- **SOLTNER 1992.** Les bases de la production végétale .Tome 2.Ed .Sci.et Tech .Agr.49310.Sainte Gén. Loire France.

- **Tous J., Batlle I. et Romero A., 1995.** Prospección de variedades de algarrobo en Andalucía. Información Técnica Económica Agraria (ITEA) 91V (3), 164-174.
- **Tucker S.C., 1992a.** The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Ceasalpinoideae: Cassieae). *Am. J. Bot.* 79: 367-327.
- **Tucker S.C., 1992b.** The role of floral development in studies of legume evolution. *Can.J.Bot.*70:692-700.
- **Vavilov N.I., 1951.** The Origin, Variation, Immunity, and Breeding of Cultivated Plants [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co., New York.
- **Zitouni 2010.** monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratoniasiliqua*) en Algerie. Th.Ingagn,IN,EL-Harrach.201
- **Zohary M. & Orshan G., 1959.** The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israel. *Palest. J. Bot.*Jerusalem.8:385-397.
- **Zohary M., 1973.** Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart.
- **Zouhair O., 1996.** Le caroubier: situation actuelle et perspectives d'avenir. Document interne, Eaux et forêts, Maroc ,pp22.