

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Option : Production Végétale

Thème

**Etude de l'effet du genre sur la biométrie foliaire chez
Ceratonia siliqua L. dans les régions de Bouzeguène et
Boudjima, wilaya de Tizi-Ouzou.**

Réalisé par :

MEDJKOUH Hakima et IDEKKI Lydia

Devant le jury composé de :

Promoteur : Mr. AIT SAID Samir MCA (UMMTO)
Présidente : Mme KROUCHI Fazia Pr (UMMTO)
Examinatrice : Mme AMIRAT Yassina MAA (UMMTO)

Promotion 2020/2021

Remerciements

Nous remercions d'abord ALLAH, le puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la patience, la force nécessaire et la volonté pour bien mener ce travail.

Nous remercions notre promoteur M r AIT SAID Samir, maître de conférences classe « A » à l'UMMTO, de nous avoir acceptés tout au long de ce travail, sans oublier nos membres du jury composé de Mme KROUCHI Fazia, professeur à l'UMMTO, Mme AMIRAT Yassina, maitre assistante à l'UMMTO et l'ingénieure de laboratoire Mme TAIBI Zohra. Merci pour vos précieux temps, vos conseils et surtout pour vos remarques qui ont enrichi la présente recherche.

Nous remercions aussi nos chers parents Mohammed et Dahbia, Ahmed et Hedjila, nos frères et sœurs qui ont été toujours là pour nous.

Un merci particulier à Mlle OULD SAIDI Katia, notre collègue qui n'a jamais hésitée à nous aider, de nous conseiller et surtout pour sa sincère amitié.

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué matériellement ou moralement, de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire.

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

An : Année
ANOVA : Analyse de la variance
At : Aout
Avr : Avril
°C : Degré Celsius
Ca : Calcium
Cm : Centimètre
Cu : Cuivre
Dec : Décembre
E411 : Gomme de caroube
Fev : Février
F.A.O : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fe : Fer
Fig. : Figure
fo : Foliole
Jan : Janvier
Jun : Juin
Jul : Juillet
ha : Hectare
G : Gramme
K : Potassium
K : Degré Kelvin
Kg : kilogramme
Km : kilomètre
L.f : Longueur de la feuille
Lft : Longueur de la foliole terminale
lft : Largeur de la foliole terminale
lf : Largeur de la feuille
Lp : Longueur de pétiole
Lr : Longueur de rachis
Mi : Mai
Mar : Mars
M : Mètre
Mg : Magnésium
mm : Millimètre
Mn : Manganèse
Nov : Novembre
N : Nord
Na : Sodium
Oct : Octobre
O.N.M : Office national de la météorologie
P : Précipitation
PEG : Polyéthylène glycol
Ph : Potentiel hydrogène
Q2 : Indique climatique
Sept : Septembre
St : Station
T : Température
t : Tonne
Tab : Tableau

Liste des abréviations

T max : Température maximale

T min : Température minimale

W : West

X40 : Grossissement 400

Zn : Zinc

: Pourcentage

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure 01 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Battle et Tous, 1997).....	04
Figure 02 : Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (Rejeb, 1994).....	04
Figure 03 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (Les zones du caroubier en vert) (A.N.R.H, 2004)	05
Figure 04 : L'arbre du <i>caroubier</i> femelle (Medjkouh et Idekki, 2021 à Timizart).....	05
Figure 05 : Feuilles de <i>caroubier</i> (à gauche imparipennée (avec foliole terminale) et à droite paripennée (sans foliole terminale) (photo prise à Bounouh, 2021)	06
Figure 06 : Feuillage de caroubier (Feuille vert foncé pâle (B), Feuille vert foncé brillant (A), Foliole du caroubier : Face inférieur, Face supérieure (C) (Photos prise à Bounouh, 2021)...	07
Figure 07 : Fleur hermaphrodite à droite et à gauche inflorescence hermaphrodite (Photos, Internet)	07
Figure 08 : Inflorescence femelle du <i>caroubier</i> (Fleur de juillet à gauche et de à droite de décembre photo prise à Bounouh,2021).....	08
Figure 09 : Inflorescence mâle du <i>caroubier</i> (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh)	08
Figure 10 : Fruits du <i>caroubier</i> (Gousses verts à gauche et gousses murs à droite, Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh)	08
Figure 11 : Tronc du <i>caroubier</i> (A : l'écorce lisse et grise à l'âge juvénile, B : brune rugueuse à l'âge adulte, Medjkouh et Idekki, 2021à sahel)	09
Figure 12 : Graines du <i>caroubier</i> (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh)	10
Figure 13 : Racines de <i>caroubier</i> (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh)	10
Figure 14 : le cycle de maturation de <i>caroubier</i> (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).....	12
Figure 15 : multiplication sexuée de <i>caroubier</i> (le semis) (à droite prise à Bounouh, 2021 et à gauche photo, Internet).....	13
Figure 16 : multiplication végétative (bouturage) (photo, internet).....	13
Figure 17 : multiplication végétative (greffage) (photo, internet)	14
Figure 18 : multiplication végétative (vitro plants) (photo, internet).....	14
Figure 19 : Farine de la pulpe (A) ; Gomme de la graine (B) ; Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (chocolat, biscuits, confiture...etc) (C) (photos, Internet)	17
Figure 20 : Caroubier sauvages à droite, cultivées à gauche (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).....	17
Figure 21 : Carte géographique de la zone d'étude « Sahel ».....	18
Figure 22 : Carte de géographique de la zone d'étude « Boudjima ».....	19
Figure 23 : Variation des températures moyennes mensuelles, maxima et minima de la région de Tizi-Ouzou (2010.2020) (O.N.M.T.O., 2020).....	20
Figure 24 : Le diagramme Ombrothermique de la Wilaya de Tizi-Ouzou	21
Figure 25 : Climagramme pluviométrique du quotient d'EMBERGER.....	22
Figure 26 : variables biométriques foliaires mesurées chez <i>Ceratonia siliqua</i> L	23
Figure 27 : poids spécifique chez <i>Ceratonia siliqua</i> L	24
Figure 28 : Méthode de quantification des nombres des stomates.....	24
Figure 29 : variables biométrique foliaire mesurées chez <i>ceratonia siliqua</i> L. selon le genre	25
Figure 30 : variables biométrique foliaire mesurées chez <i>ceratonia siliqua</i> L. selon le genre dans l'ensemble des stations	28
Figure 31 : présence ou absence de la foliole terminale chez <i>ceratonia siliqua</i> selon le genre	29
Figure 32 : présence ou absence de la foliole terminale <i>ceratonia siliqua</i> selon le genre dans l'ensemble stations	30
Figure 33 : poids spécifique g. cm ⁻² chez les mâles et les femelles <i>ceratonia siliqua</i> Selon le genre	30

Liste des figures

Figure 34 : poids spécifique g. cm ⁻² chez les mâles et les femelles chez <i>ceratonia siliqua</i> dans l'ensemble des stations.....	31
Figure 35 : Observation au microscope d'une empreinte de la face inférieure d'une feuille de <i>Ceratonia siliqua</i> L. Gx400	32
Figure 36 : Nombres des stomates (St) chez <i>ceratonia siliqua</i> selon le genre.....	32
Figure 37 : Nombres des stomates (St) chez <i>ceratonia siliqua</i> dans l'ensemble des stations	33

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification taxonomique du genre <i>Ceratonia siliqua</i> L. (Sbay ,2008).....	03
Tableau 02 : La composition chimique du caroubier.....	15
Tableau 03 : Caractéristiques géographiques de Sahel et de Boudjima	19
Tableau 04 : Moyennes mensuelles et annuelles (mm) des précipitations de la station de Tizi-Ouzou (Période 2010.2020) (O.N.M.T.O., 2020)	20
Tableau 05 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de Tizi-Ouzou (Période 2010.2020) (O.N.M.T.O., 2020).....	20

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction générale.....	01
Chapitre I : Généralités sur le caroubier	03
I-1-Taxonomie et terminologie commune.....	03
I-2-Origine et distribution géographique.....	03
I-2-1- Origine du caroubier	03
I-2-2-Distribution géographique	04
I-2-2-1-Distribution géographique dans le monde	04
I-2-2-2-Distribution géographique en Algérie	05
I-3-Description botanique (Morphologique et la distribution des principales parties de l'arbre)	05
I- 3-1-Arbre	05
I-3-2- Feuilles	06
I-3-3-Fleurs.....	07
I-3-4-Gousses	08
I-3-5-Tronc	09
I-3-6- Bois	09
I-3-7-Graines	09
I-3-8-Racines	10
I-4-Écologie du caroubier.....	10
I-5-Production du caroubier	11
I-6-Reproduction biologique du caroubier	11
I-6-1-Floraison et fécondation.....	11
I-6-2-Fructification.....	11
I-7-Multiplication du caroubier	12
I- 7-1-Multiplication sexuée (semis)	12
I-7-2- Multiplication végétative	13
I-8-Composition chimique du caroubier	14
I-9-Intérêt et l'utilisation du caroubier	15
I-10-Types du caroubier	17
I-10-1-sauvage.....	17
I-10-2-cultivés	17
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	18
II -1- Description des sites étudiés	18
II-1-1-Situation géographique des périmètres d'études	18
II-1-2- Etude climatique	19
II-1-2-1- Précipitations	19
II-1-2-2- Températures	20
II-1-3 : Synthèse climatique	21
II-2-Récolte du matériel végétal.....	22
II-3-Mesures faites au laboratoire.....	23
Chapitre III : Résultats et discussion	25
III -1-Résultats.....	25
III-2- discussion.....	33
Conclusion générale	35
Références bibliographique	
Annexes	
Glossaire	

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre appartenant à la famille des Fabacées (Kaderi *et al.*, 2014). Il occupe le thermo méditerranéen aride supérieur à semi-aride supérieur, et fait preuve de qualités d'adaptation sur terrains (El Hajaji *et al.*, 2013). Il présente une bonne résistance à la sécheresse, mais il est sensible au froid (Biner *et al.*, 2007 in Sébastien *et al.*, 2013).

Le caroubier est une espèce agro-sylvo-pastorale possèdent d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques (Bouaziz *et al.*, 2013). Il est utilisé depuis des milliers d'années comme culture fourragère ou comme aliment pour la consommation humaine (Zohary, 2002). Récemment, cette espèce a attirée beaucoup d'attention et est devenue économiquement importante. Les gousses et les graines sont utilisées dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (Batista *et al.*, 1996 ; Vourdoubas *et al.*, 2002 ; Barracosa *et al.*, 2007 in Mahmoud Sidina *et al.*, 2009).

Cette espèce Originaire du Moyen-Orient (Kaderi *et al.*, 2014), grâce à sa capacité d'adaptation, elle est aujourd'hui répandue dans tout le bassin méditerranéen. On la trouve à l'état naturel principalement dans les pays suivants : Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Algérie, Tunisie, Égypte, et Chypre (Benmahioul *et al.*, 2011). La production mondiale en 2013 était de 145389t (FAOSTAT 2013 in Saidi *et al.*, 2016).

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croit dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type subhumide, semi-aride. Il est généralement en association avec l'olivier et le lentisque (Benmahioul *et al.*, 2011). Il constitue une véritable plus-value pour l'économie nationale, Selon la FAO (2013), il produit 7000 t / an dont 800 t de graines et 6200 t de gousses / an (Allouache *et al.*, 2013).

Dans notre pays, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement, ses variétés sont presque inconnues et ce, malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale et surtout régionale grâce à la perte de savoir-faire et la non maîtrise des techniques de cette culture.

D'après Koucherane (2021), la superficie cultivée de caroubier dans la Wilaya de Tizi Ouzou ne présente que 1 ha de la superficie nationale.

Le caroubier est une espèce dioïque, plusieurs travaux ont mis en avant les différences morphologiques, physiologiques et biochimiques entre les pieds mâles et les pieds femelles chez d'autres espèces dioïques (Chunyang Li, 2006 ; Xiao xu *et al.*, 2008, J.J.Midgley *et al.*, 2010). Toutefois, à nos connaissances aucun travail n'a été fait sur le dimorphisme sexuel chez *Ceratonia siliqua* L.

Notre travail porte sur l'étude de l'effet de genre sur la biométrie foliaire chez *Ceratonia siliqua* L. dans les régions de Bouzeguène et Boudjima, wilaya de Tizi Ouzou et ce en vue de mettre en évidence les clés de différenciation entre les pieds mâles et les pieds femelles de cette espèce.

Le présent travail est scindé en trois chapitres :

-Le premier chapitre est un rappel bibliographique sur la botanique, l'écologie et l'intérêt de *Ceratonia siliqua* L.

-La méthode d'échantillonnage, la description de la zone d'étude, les mesures sont expliquées dans le deuxième chapitre.

Introduction générale

-Dans le troisième chapitre, les résultats obtenus ont été présentés graphiquement et analysés par des outils statistiques. Ils sont discutés à la lumière d'autres travaux ayant une relation avec notre étude.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale suivie de perspectives.

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LE CAROUBIER

I-1-Taxonomie et terminologie commune

Le mot caroubier vient de l’arbre EL kharoub, il est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. (Benmahioul *et al.*, 2011). *Ceratonia* dérive du grec "Kera", qui se rapporte à la forme kératomorphe du fruit, et du mot latin "*Siliqua* "qui fait référence à la dureté des gousses et à sa forme (Papaefstathiou *et al.*, 2018). Il est aussi appelé Carouge, pain de Saint Jean –Baptiste, figuier d’Egypte, fève de Pythagore (Batlle et Tous, 1997 in Benmahioul *et al.*, 2011).

Il s’agit d’un arbre spontané ou cultivé (Kocherane *et al.*, 2019). Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* de la sous - famille des caesalpinioideae, de la famille des fabaceae (légumineuse), qui fait partie de l’ordre des Fabales (rosales), classe des Magnoliopsida (**Tab 01**) (Quezel et Santa, 1963 in Kaderi *et al.*, 2014).

Tableau 01 : Classification taxonomique du genre *Ceratonia* (Sbay, 2008).

Règne	Plantae
Sous –règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Legumineuses
Sous-famille	Caesalpinioideae
Sous-tribu	Ceratoninae
Genre	<i>Ceratonia</i>

I-2-Origine et distribution géographique

I-2-1- Origines du caroubier

D’après Batlle et Tous (1997), Le caroubier était connu dans le proche orient et les îles de la méditerranée. Cette espèce a été domestiquée depuis la néolithique (4000 ans avant J.C) et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C (Benmahioul *et al.*, 2011) (**Fig. 1**).

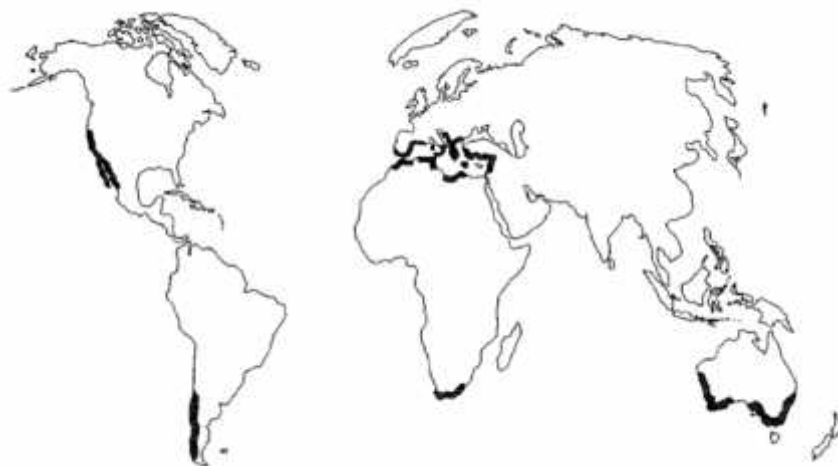


Figure 01 : Carte de distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous,1997).

I-2-2- Distribution géographique du caroubier

I-2-2-1-Distribution géographique dans le monde

Le caroubier est un arbre essentiellement méditerranéen d'une grande importance écologique, industriel et ornemental indiscutable (Hariri *et al.*, 2009). On le rencontre à l'état naturel principalement en Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Algérie, Tunisie, Egypte, et le chypre. Il a été introduit aussi en Australie, en Afrique du sud, état –unis et en Amérique du sud (Sbay et Abourouh, 2006). Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *Ceratonia siliqua* L. et limitée par des stress liés aux froids (Mitrakos, 1981 in Kaderi *et al.*, 2014) (Fig. 2).



Figure 02 : Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (Rejeb, 1994).

I-2-2-2-Distribution géographique en Algérie

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croit dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type sub-humide, semi-aride et aride. Il est généralement en association avec l'olivier et le lentisque (Benmahioul *et al.*, 2011).

Les plantations en vergers sont moins fréquentes et plus localisées. Les principaux peuplements se rencontrent dans les régions bien ensoleillées du littoral (Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et vallée de la Soummam), à travers l'étage semi-aride chaud à Oued Isser, collines d'Oran et des coteaux de Mostaganem ainsi que dans les plaines de Bône, Mitidja et les vallées. Il descend jusqu'au Boussaâda, et dans la zone de Traras au nord de Tlemcen (Boussalem et Megri, 2020 in Lemradji *et al.*, 2021) (Fig. 3).

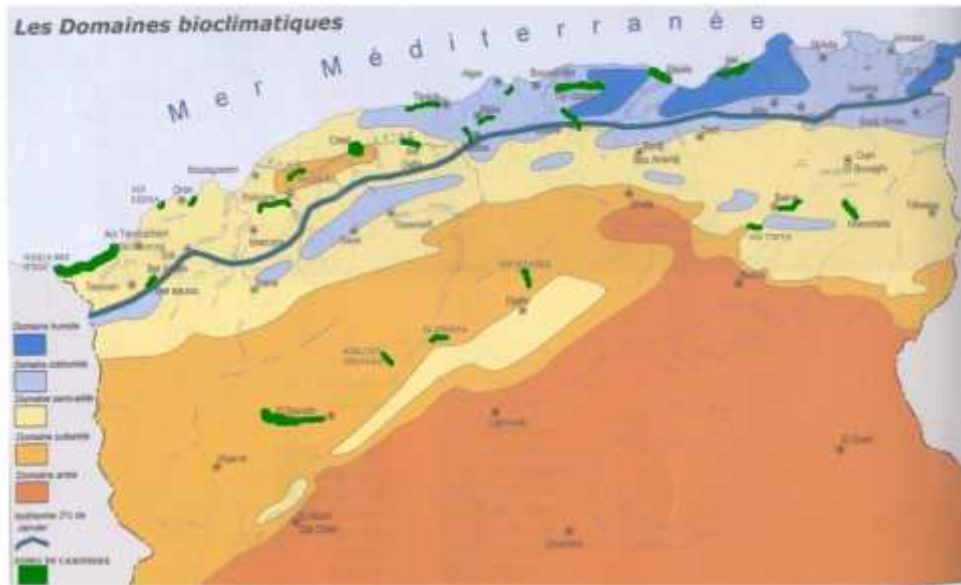


Figure 03 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (Les zones du caroubier en vert) (A.N.R.H, 2004).

I-3-Description botanique (Morphologie et la description des principales parties de l'arbre)

I-3-1- Arbre

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle, sempervirent, qui peut atteindre 7 à 10 m même 15 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m (Kaderi *et al.*, 2014). C'est un arbre xérophyte (El Hajaji *et al.*, 2013) peut vivre jusqu'à 200 ans (**Fig. 4**) (Ait Chitt *et al.*, 2007 in Kaderi *et al.*, 2014).



Figure 04 : L'arbre du caroubier femelle (Medjkouh et Idekki, 2021 à Timizart).

a) Les organes aériens

I-3-2-Feuilles

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) possède des feuilles composées et pennées (Vinterhalter *et al.*, 2001), persistantes, de 10 à 20 cm 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, elles sont coriaces, entière, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées (Ait Chitt *et al.*, 2007 in Kaderi *et al.*, 2014). De couleur verte luisante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure (**Fig. 05**) (Benmahioul *et al.*, 2011) alternes, avec ou sans foliole terminale (**Fig. 06**), veinées avec des bords légèrement ondulés, et les stipules sont minuscules (Batlle, 1997).

Les feuilles sont sclérophylles et possèdent un épiderme supérieur très épais et monocouche (Batlle, 1997). Elles sont riches en polyphénols et on flavonoïdes (Rasheed, 2006 in Rtibi *et al.*, 2017).

Les stomates ne sont présents que dans l'épiderme inférieur et sont disposées en grappes (Mitrakos, 1988 in Batlle, 1997). Ce sont des feuilles hypostomatées, pratiquement glabres, avec d'importants dépôts de cires (Rejeb, 1991).

Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne mais seulement en juillet et ce une année sur deux, et il ne renouvelle que partiellement ses feuilles au printemps (avril et mai) (Fletcher, 1997 in Rtibi *et al.*, 2017).

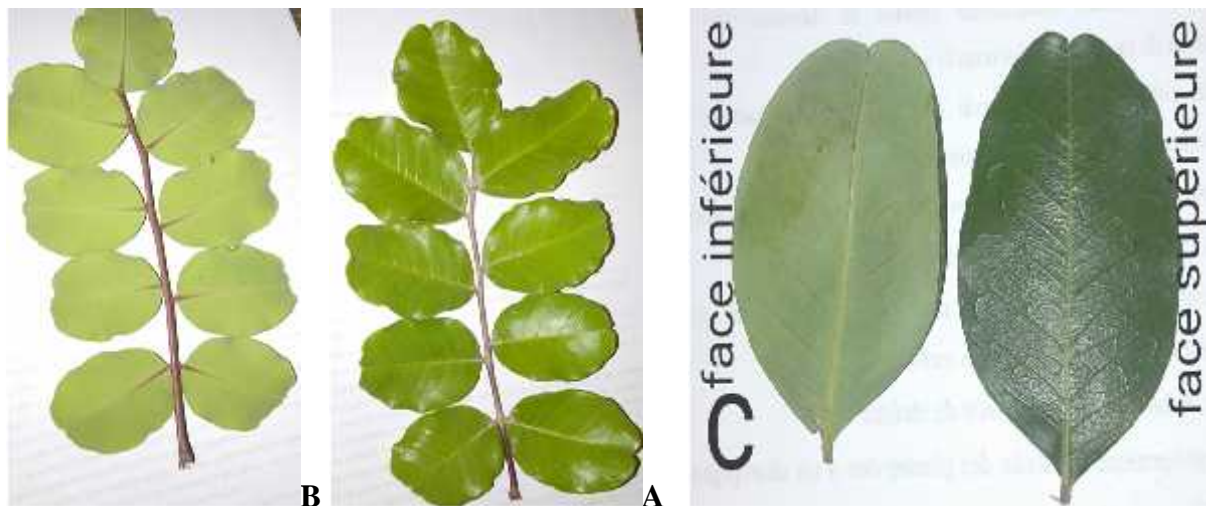


Figure 05 : Feuillage de caroubier (Feuille vert foncé pâle (B), Feuille vert foncé brillant (A), Foliolle du caroubier : Face inférieur, Face supérieure (C) (Photos prise à Bounouh, 2021).



Figure 06 : Feuilles de caroubier (à gauche imparipennée (avec foliole terminale) et à droite paripennée (sans foliole terminale) (photo prise à Bounouh, 2021).

I-3-3- Fleurs

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 elles se sont développées (Batlle et Tous, 1997 in Kaderi *et al.*, 2014).

Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7mm) bicarpellé. 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 (Aafi, 1996 in Kaderi *et al.*, 2014).

La trioésie est l'une des caractéristiques biologiques les plus remarquables du caroubier (Retana *et al.*, 1994). La morphologie florale chez cette espèce est très complexe. On peut distinguer :

- Des inflorescences hermaphrodites (**Fig. 07**).
- Des inflorescences femelles avec des étamines rudimentaires et occasionnellement (**Fig. 08**).
- Des inflorescences mâles avec des étamines courtes ou longues (**Fig. 09**) (Benmahioul *et al.*, 2011).

A l'état naturel, nous avons autant de pieds mâle que de pieds femelles (Condit, 1919; Batlle et Tous, 1997 in Saidi *et al.*, 2007).



Figure 07 : Fleur hermaphrodite à droite et à gauche inflorescence hermaphrodite (Photos, Internet).



Figure 08 : Inflorescence femelle du caroubier (Fleur de juillet à gauche et de à droite de décembre photo prise à Bounouh, 2021).



Figure 09 : Inflorescence mâle du caroubier (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

I-3-4- gousses (fruits)

Ce sont des gousses indéhiscentes, (Benmahioul *et al.*, 2011), épaisses, coriaces (Ghédira *et al.*, 2020) de grande taille : 10 à 30 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2 cm d'épaisseur. Chaque caroube pèse environ 15 à 30 grammes (Benmahioul *et al.*, 2011). Il est sinueux sur les bords, aplati (Rejeb, 1995 in Kaderi *et al.*, 2014).

La gousse est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme 12 à 16 graines brunes (Batlle et Tous, 1997 in Benmahioul *et al.*, 2011). Il est vert puis brun, et au moment de la maturité, brun foncé à noir (Kaderi *et al.*, 2014) (**Fig. 10**).

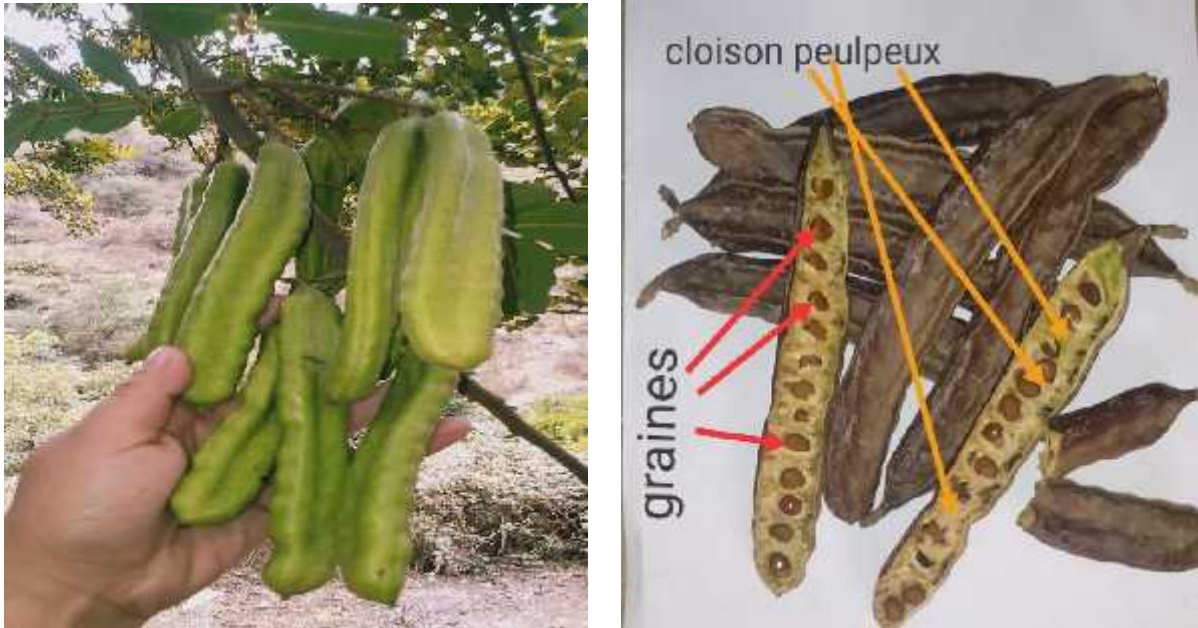


Figure 10 : Fruits du caroubier (Gousses verts à gauche et gousses murs à droite, Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

I-3-5- Tronc

Le tronc est épais, très crevassé, tortueux comme l'olivier, car le caroubier pousse aussi lentement et vit longtemps, jusqu'à 500 ans avec un tronc dont la base peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence.

Cette espèce ligneuse a une écorce lisse et grise à l'âge juvénile et brune, rugueuse à l'âge adulte (Benmahioul *et al.*, 2011) (**Fig. 11**).



Figure 11 : Tronc du caroubier (A : l'écorce lisse et grise à l'âge juvénile, B : brune rugueuse à l'âge adulte, Medjkouh et Idekki, 2021 à sahel).

I-3-6- Bois

Le bois du caroubier est blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune puis devient rose veiné et rouge foncé en vieillissant. Il est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie, charronnage et aussi pour la fabrication du charbon (Benmahioul *et al.*, 2011).

I- 3-7-Graines

La gousse renferme 12 à 16 graines brunes dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm (**Fig. 12**) (Batlle et Tous, 1997), de forme ovoïdes aplaties, biconvexes et très dures (Ghédira *et al.*, 2020) soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de cultivar et du climat (Rejeb, 1996 in Kaderi *et al.*, 2014).

Ces graines, toutes d'un poids identique devenant très dures à maturité, ont été utilisées par les anciens comme unité de mesure pour peser les pierres précieuses, d'où le mot « carat » (1 carat = 2 grammes) (Benmahioul *et al.*, 2011).

Les graines de caroube sont composées de trois couches : une enveloppe extérieure, l'endosperme et l'embryon (Fidan *et al.*, 2020).



Figure 12 : Graines du caroubier (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

b) Le système racinaire**I-3-8- racines**

Cet arbre développe un système racinaire pivotant (**Fig. 13**), qui peut atteindre 18 m de profondeur (Aafi, 1996 in Benmahioul *et al.*, 2011).



Figure 13 : Racines de caroubier (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

I-4-Ecologie de caroubier

Le caroubier est une essence méditerranéenne très plastique, héliophile, thermophile et très résistante à la sécheresse (200mm de pluie /an) mais pas au froid (0°C minimum). Il s'adapte à plusieurs types de sols pauvres, sablonneux, limoneux, lourds rocaillieux et calcaires, schisteux gréseux et des Ph de 6,2 jusqu'à 8,6, mais il craint des sols acides et hydromorphes (Baum 1989, Sbay et Abrouch, 2006 in Benmahioul *et al.*, 2011).

Avec *Pistacia lentiscus* L. et *Olea europea* L. var. *sylvestris*, cette espèce constitue l'une des associations les plus caractéristiques de la zone la plus basse de la végétation méditerranéenne et est donc considérée comme une communauté (*Olea ceratonion*) (Batlle et Tous, 1997 in Kocherane *et al.*, 2019).

I-5- Production du caroubier

Le caroubier est cultivé pour ses gousses, abondantes et riches en sucres à maturité. Un caroubier peut produire jusqu'à 800 kg de caroube par an (Konate, 2007 in Allouache *et al.*, 2013).

La surface totale de production de caroube dans le monde est estimée à 200 000 ha, dont 74% soit 148 000 ha se trouvent dans les pays du sud de l'union européenne (Espagne, Portugal, Grèce et Italie). La production mondiale en 2013 était de 145389t, les principaux producteurs étant l'Espagne (40000t), le Portugal (23000t), la Grèce (22000t), le Maroc (20500t) et la Turquie (14261t) (FAOSTAT 2013 in Saidi *et al.*, 2016).

Selon les statistiques de FAOSTAT (2019), elle est cultivée sur 80 000 ha pour une production mondiale de 160 000t par année (Nardjes Mouas *et al.*, 2021).

L'Algérie, occupe le huitième rang des producteurs de caroubes à l'échelle mondiale avec une production de 3600t (FAOSTAT, 2010 in Mebirouk-Boudchiche *et al.*, 2015).

I-6--Reproduction biologique du caroubier

I-6-1- Floraison et fécondation

Chez le caroubier la floraison a lieu en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Cette espèce est considérée comme la seule dans la région méditerranéenne qui fleurisse en été. Les floraisons femelles apparaissent à partir de juillet, tandis que les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre. Les pieds femelles doivent être pollinés par des sujets mâles pour produire, à partir de l'âge de 15 ans, des fruits comestibles et sucrés : les caroubes.

La pollinisation est généralement anémophile (Passos de Carvalho, 1988), mais elle est assurée aussi par les insectes (entomophile) (Retana *et al.*, 1990, 1994; Rejeb *et al.*, 1991; Ortiz *et al.*, 1996). Les sujets hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateurs et producteurs (Benmahioul *et al.*, 2011).

I-6-2-Fructification

La fructification se situe entre juillet et décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars (Aafi, 1996 in Kaderi *et al.*, 2014).

La couleur de la caroube est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité (Benmahioul *et al.*, 2011). Pour arriver à maturité en été, il met généralement entre 9 et 10 mois (Kaderi *et al.*, 2014), la caroube pondant à trois stades de développement.

-le premier stade est caractérisé par une lente croissance en automne et en hiver.

- le second correspond à un développement actif et une croissance rapide des gousses au printemps.
- au dernier stade, la gousse mûrit et se durcit en juin-juillet.

Au mois de septembre, on procède au gaulage ; les caroubes sont ensuite ramassées rendement dépend de plusieurs facteurs, notamment des conditions du milieu, des cultivars, de l'année et des soins culturaux (Benmahioul *et al.*, 2011) (**Fig. 14**).

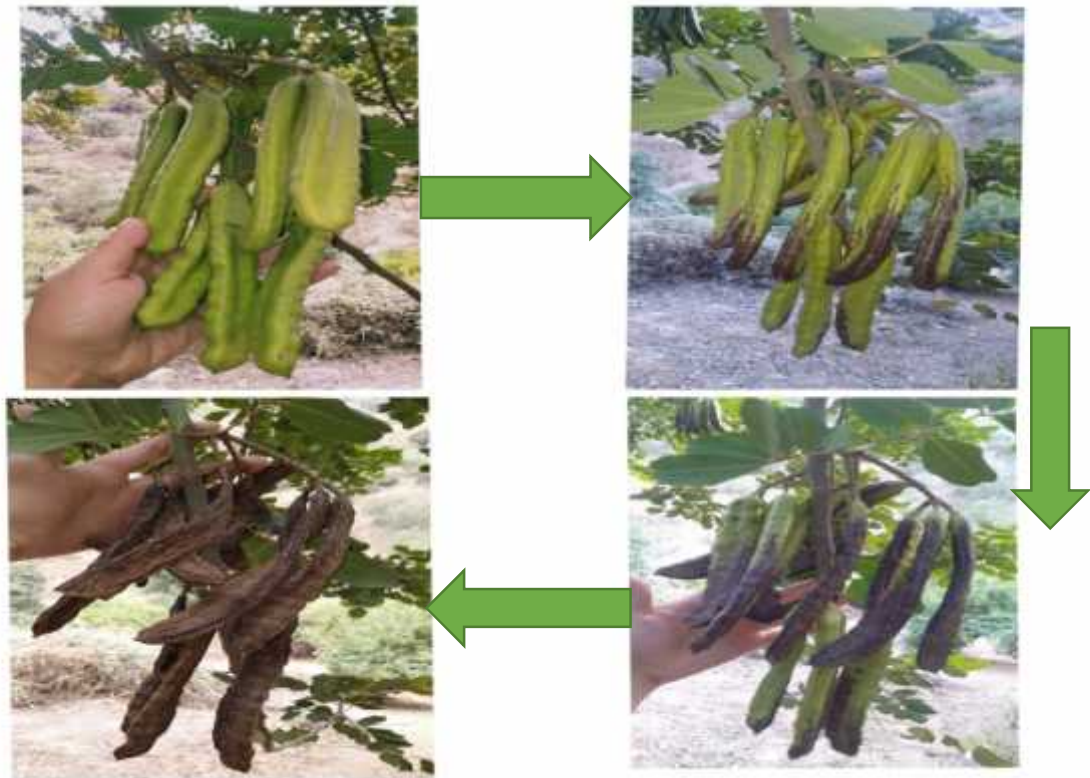


Figure 14 : le cycle de maturation de caroubier (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

I-7-Multiplication de *caroubier*

Le caroubier peut se produire par deux voies :

I-7-1 Multiplication sexuée (semis) :

La propagation traditionnelle du caroubier se fait par semis (**Fig. 15**), mais vu la dureté du tégument, une scarification se fait par l'eau bouillante est appliquée pour écourter la période de germination (Batlle et Tous, 1997; Ouchkif, 1988). Ce type de propagation présente deux inconvénients :

- le sexe de futur arbre n'est pas connu pour rationaliser la plantation des pieds mâles et femelles au sein d'un verger.
- les plantes issues de la production sexuée sont sujettes à des variabilités génétiques pouvant être négatives (Saidi *et al.*, 2016).

Quoique les graines de *Ceratonia siliqua* peuvent se maintenir intactes plusieurs années, il est conseillé d'utiliser celles issues de la récolte de l'année et de semer très tôt, généralement en printemps (Goor et Barney, 1968; Hong *et al.*, 1996 in Benmahioul *et al.*, 2011).



Figure 15 : multiplication sexuée de caroubier (le semis) (à droite prise à Bounouh, 2021 et à gauche photo, Internet).

I-7-2 Multiplication végétative

La multiplication végétative a l'avantage de fournir des copies reproduisant exactement les caractères de la souche mère (Benmahioul *et al.*, 2011).

Le bouturage

Caroubier était considéré comme une espèce ligneuse capricieuse, très difficile à enraciner et à bouturer. Ces potentiels d'enracinements adventifs sont jugés très faibles (Lee *et al.*, 1977 ; Hartmann et Kester, 1983 in Benmahioul *et al.*, 2011) (**Fig. 16**).



Figure 16 : multiplication végétative (bouturage) (photo, internet).

Le greffage

Le greffage est le mode de multiplication le plus répandu. Il est employé à la suite des semis pour surgreffer les pieds mâles par les femelles. Les plants sont greffés 1 ou 2 ans après leur germination dans une pépinière, puis transplantés dans les vergers (Batlle et Tous, 1997 in Benmahioul *et al.*, 2011) (**Fig. 17**).



Figure 17 : multiplication végétative (greffage) (photo, internet).

In vitro

La multiplication végétative in vitro (**Fig. 18**), appelée aussi micro propagation ou culture in vitro est une technique prometteuse, qui permet d'obtenir une plante conforme à la plante d'origine. Actuellement, la régénération du caroubier par culture in vitro est possible et de nombreux résultats encourageants ont été obtenus, portant principalement sur la micropropagation par bourgeonnement axillaire (Vinterhalter et Vinterhalter, 1992; Vinterhalter *et al.*, 1992; Belaizi *et al.*, 1994; Gharnit et Ennabili, 2009 in Benmahioul *et al.*, 2011).

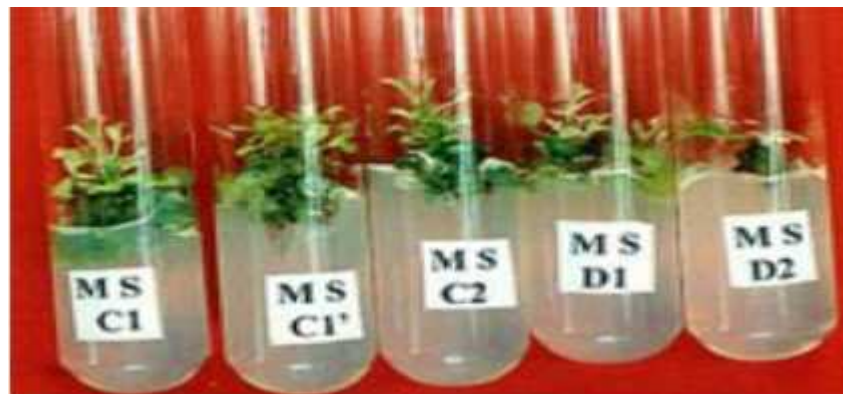


Figure 18 : multiplication végétative (vitro plants) (photo, internet).

I-8- Composition chimique du caroubier

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total (**Tab. 02**). Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (Albanell *et al.*, 1991 in Kaderi *et al.*, 2011).

Tableau 02 : La composition chimique du caroubier.

La pulpe 90%	La graine 10%	
-Saccharose 65 à 75% (Ayaz <i>et al.</i> , 2007; El Batal <i>et al.</i> , 2011) -Fibres 40% -Protéines 2à7% -Matières grasses 0 ,9 à 1, 3% (Ouchekif, 1988; Leroy, 1929; Khlifa <i>et al.</i> , 2013). -Tanins1.5% (Wurch, 1988; Loeb,1989inElBouzdoudi <i>et al.</i> , 2017) -Composés phénoliques 2 à 20% (Makris <i>et al.</i> , 2004; Owen <i>et al.</i> , 2003 in Fadel <i>et al.</i> , 2011).	Tégument (30-33%)	-Humidité 9% -Cendres 1% -Protéines 1% -Matières grasses 1,1% -Saccharose 0 ,4% -D- glucose fructose 0,1% -Amidon 0,1% -phénols 0,661% -Galactomannane. (Dakia <i>et al.</i> , 2007 in Fidan <i>et al.</i> , 2020)
	Endosperme (42-46%)	
-Minéraux (K= 1100, Ca= 307, Mg 42, Na= 13, Cu= 0.23, Fe= 104, Mn= 0.4, Zn= 0.59. Puhan et Wielinga ,1996 in Kaderi <i>et al.</i> , 2014).	Embryon ou germe (23-25%) Gharnit et alk, 2006 ; Neukom ,1988 in El Bouzdoudi et al., 2017).	Minéraux : des teneurs variables en potassium, sodium, phosphore, bore, sélénium, manganèse, fer, cuivre, zinc, soufre, magnésium et calcium (Gubbuk <i>et al.</i> , 2010 ; El hajaji et al. ,2013 ; Parrado et al., 2008 in El Bouzdoudi et al., 2007)

D'autres parties de l'arbre tel que la feuille (Whitely et Klufeld, 2000; Tahiri *et al.*, 2009) et l'écorce (Karim *et al.*, 2010) sont également riches en composés phénoliques (Fadel *et al.*, 2011).

I-9-Intérêt et utilisations du caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour l'alimentation humaine et animale, il connaît actuellement un regain d'intérêt puisque tous les constituants de l'arbre sont utilisables maintenant (El Hajaji *et al.*, 2013).

Le fruit

La gousse du fruit (contenant la pulpe sucrée) donne après enlèvement des graines, la poudre de caroube (Yousif et Alghazawi, 2000) (**Fig. 19A**) souvent utilisée comme substitut de chocolat ou de " cacao" (Nyerges, 1978 ; Brand, 1984 in Dakia *et al.*, 2006). Le cacao de caroube présente avantage par rapport au chocolat, car il contient moins de calories et ne contient ni caféine ni théobromine (Yahya Hadi *et al.*, 2017). Les Arabes fabriquent avec la pulpe une boisson alcoolisée et les Kabyles fabriquent à partir du fruit un plat appelé tomina (Bonnier, 1990 in Kaderi *et al.*, 2014).

Les extraits de gousses jouent un rôle dans la suppression des parasites intestinaux (Min et Hart, 2003), dans le traitement de la diarrhée (Serairi-Beji *et al.*, 2000), dans le traitement ou le contrôle de l'hyperlipidémie (taux élevé de cholestérol dans le plasma) (Sandolo *et al.*, 2007) et possèdent des propriétés antiprolifératives

(Roseiro *et al.*, 2013), antibactériennes (Meziani *et al.*, 2015), antioxydantes et anti-inflammatoires (Makris et Kefalas, 2004 in Kocherane *et al.*, 2019).

Nous signalons aussi que la pulpe est préconisée contre la tuberculose pulmonaire (Benmahioul *et al.*, 2011) et les affections des bronches (Kaderi *et al.*, 2014).

Les graines

Les graines recouvertes d'une enveloppe brune serrée, contient un endosperme blanc et translucide (contenant des galactomannanes), également appelée gomme de caroube (E411) (**Fig.19B**). Elle est utilisée dans la fabrication d'un grand nombre de denrées alimentaires comme les crèmes glaces, les soupes, les sauces, les biscuits, les tourtes, les confiseries, les produits de boulangerie et nourriture des animaux (**Fig.19C**) (Bouaziz *et al.*, 2013). Aussi comme épaississant et stabilisant (Rodriguez-Solana *et al.*, 2021) et additif dans la farine sans sucre, sans amidon pour les diabétiques (Wenzel *et al.*, 2003 in Kocherane *et al.*, 2019).

Selon Coit (1967), la gomme de caroube est utilisée en imprimerie, photographie, matière plastique, encre et cirage (in Kaderi *et al.*, 2014).

Les feuilles

Les feuilles sont utilisées pour l'alimentation des animaux (Kaderi *et al.*, 2014). Elles ont une activité antioxydante importante grâce à leurs richesses en métabolites secondaires, notamment en composés phénoliques, substances naturelles antioxydants a intérêt considérable en pharmacologie (El Hajaji *et al.*, 2010; El Hajaji *et al.*, 2011 in El Hajaji *et al.*, 2013).

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 cytotoxiques et antimicrobiennes (Kivçak et Mert, 2002 in Kaderi *et al.*, 2014).

L'arbre

Le caroubier est utilisé également comme arbre ornemental et comme brise-vent. En outre, cette espèce ligneuse joue un rôle vital dans la protection de l'environnement :

-protection des sols contre l'érosion.

-le caroubier protège par son ombre les autres plantes.

-dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage (Benmahioul *et al.*, 2011).

Les autres parties de l'arbre

-La fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube.

-L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins (Kaderi *et al.*, 2014).

-Le bois du caroubier, dur, de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (Hariri *et al.*, 2009 in Kaderi *et al.*, 2014).



A

B



Figure 19 : Farine de la pulpe (A) ; Gomme de la graine (B) ; Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (chocolat, biscuits, confiture...etc) (C) (photos, Internet).

I-10-Types du caroubier

On rencontre deux types de caroubier :

I-10-1- Sauvage

Ayant un rendement intéressant en graines que l'autre cultivé. L'abondance des graines dans les gousses d'une production de caroubier, est un caractère distinctif entre les types sauvages et cultivés. En effet, les types sauvages sont connus pour leur grande production de graines et leur faible teneur en pulpe et non charnues (Marakis *et al.*, 1988; Ouchkif, 1988; Di Lorenzo, 1991). De plus, ces graines types sauvages sont caractérisées par des péricarpes non charnues (Marakis *et al.*, 1988; Di Lorenzo, 1991; Tous *et al.*, 1995; Battle et Tous, 1997; Gharnit *et al.*, 2001).

I-10-2- Cultivés

Les gousses sont plus charnues et plus riches en sucre et sont largement utilisées comme matière première pour la production de sirops (Roseiro, Giro, et Collaco, 1991). Par conséquent, les entreprises qui produisent le sirop de caroube ou de la poudre de caroube préfèrent les types cultivés (**Fig. 20**). La domestication de certains arbres sauvages non cultivés a été pratiquée dans le but d'augmenter le rendement des graines et de la qualité de gomme pour l'exploitation industrielle. (Batista *et al.*, 1996; Makris and Kefalas, 2004 in Ghoul et Hamieh, 2013).



Figure 20 : caroubier sauvages à droite, cultivées à gauche (Medjkouh et Idekki, 2021 à Bounouh).

CHAPITRE II
MATERIEL ET METHODES

II -1- Description des sites étudiés

II-1-1- Situation géographique des périmètres d'études

➤ Village Sahel

Le village Sahel, qui signifie « plaine » en Kabyle est situé dans la région de la grande Kabylie à environ 70 km de la ville de Tizi Ouzou (Algérie) au sud-ouest de Bouzeguène à 5 Km en allant vers Illoula -Oumalou qui abrite une population de plus de 3000 habitants. Il est bordé au nord par Ath-Wizgan, à l'est par Tawrirt, au sud par Hidjeb et il s'étend sur 50 ha (**Fig. 21**).

Au niveau de village Sahel, le caroubier se rencontre avec les arbres comme l'olivier, le frêne, le chêne vert, le lentisque avec des espèces ligneuses de petite taille telle que le genêt ou des lianes telles que la ronce. Près des cours d'eau, il côtoie aussi le roseau et le grenadier. De même en le retrouve avec des espèces introduites et naturalisées telle que le cactus qui produit des figues de barbarie (Hadim et Habbi, 2019).

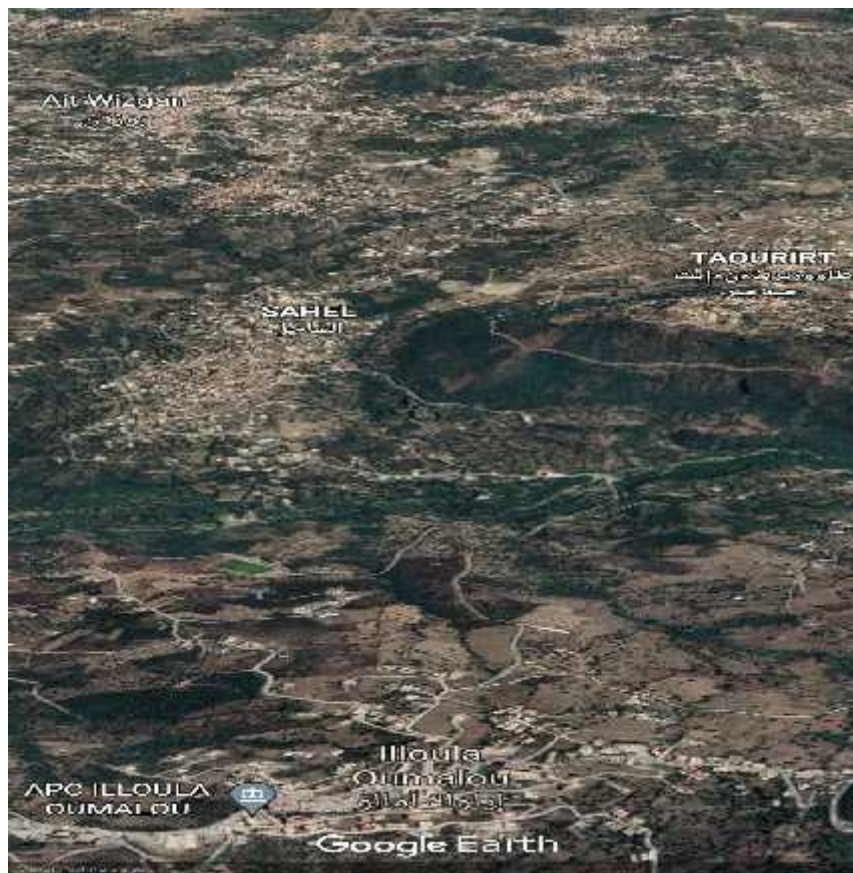


Figure 21 : Carte géographique de la zone d'étude « Sahel ».

➤ Commune Boudjima

La commune Boudjima est située à 21 km au nord - est de la ville de Tizi Ouzou (Algérie) dans l'aarch des Ath Ouagnoun avec plus de 15000 habitants. Elle est bordée au nord par Tizirt, à l'est par Timizart, au sud par Ouaguenoune et à l'ouest par Makouda (**Fig. 22**).

Boudjima est connue par l'énorme rocher d'Azru Myazen situé au sud de villageTarihant qui existe depuis la nuit des temps (<https://fr.m.wikipedia.org>).

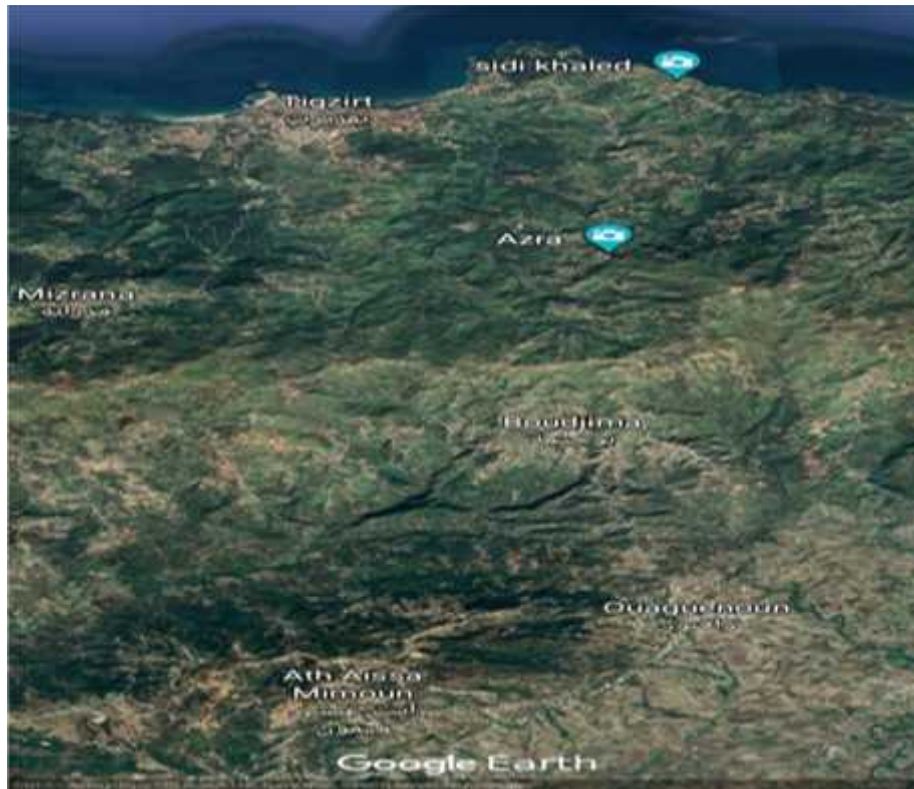


Figure 22 : Carte de géographie de la zone d'étude « Boudjima ».

Les données géographiques des deux stations Sahel et Boudjima sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 03 : Caractéristiques géographiques de Sahel et de Boudjima.

Station	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)
Sahel	36°37'00''	4°28'47''	395
Boudjima	36°48'50''	4°9'32''	400

II-1-2- Etude climatique

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée.

La nature du climat joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques écosystèmes. Considéré comme facteur prépondérant, le climat à une importante influence sur le comportement des espèces, notamment méditerranéennes. Ceci dit, pour étudier les paramètres climatiques (pluies et températures) des deux sites, nous avons été obligés d'utiliser les données climatiques de la station météorologique de l'O.N.M de Tizi-Ouzou en raison de l'absence de celles de Sahel et Boudjima.

II-1-2-1-Les précipitations

Les précipitations représentent un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres, car elles conditionnent avec la température, la structure et la productivité primaire de ces écosystèmes. Les valeurs mensuelles de précipitations (mm) enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou durant les années 2010 et 2020 sont présentées dans le (Tab. 04).

Tableau 04 : Moyennes mensuelles et annuelles (mm) des précipitations de la station de Tizi-Ouzou (Période 2010.2020) (O.N.M., 2020)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mi	Jun	Jul	At	Sept	Oct	Nov	Dec	Total	Moyen
P (mm)	123.2	113.2	105.5	76.2	51.5	17.6	1.8	6	26.9	63.3	129.8	98.1	715	59.58

II-1-2-2-Les températures

Les températures représentent un facteur limitant, car elles contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionnent, de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère. Les valeurs mensuelles des températures (°C) enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou durant les années 2010 et 2020 sont présentées dans le (Tab 05).

Tableau 05 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de Tizi-Ouzou (Période 2010.2020) (O.N.M.T.O., 2020).

Mois	Jav	Fev	Mar	Avr	Mi	Jun	Jul	At	Sept	Oct	Nov	Dec	Total	Moyen
M (°C)	11.43	11.25	14.14	17.11	18.29	24.08	27.64	28.7	24.46	21.43	16.05	12.67	227.25	18.94
m (°C)	8.13	7.95	10.84	13.81	14.99	20.78	24.34	25.4	21.16	18.13	12.75	9.37	187.29	15.60
(M+m)/2 (°C)	9.78	9.6	12.49	15.145	16.64	34.47	25.99	27.05	22.81	19.78	14.31	11.02	219.085	18.26

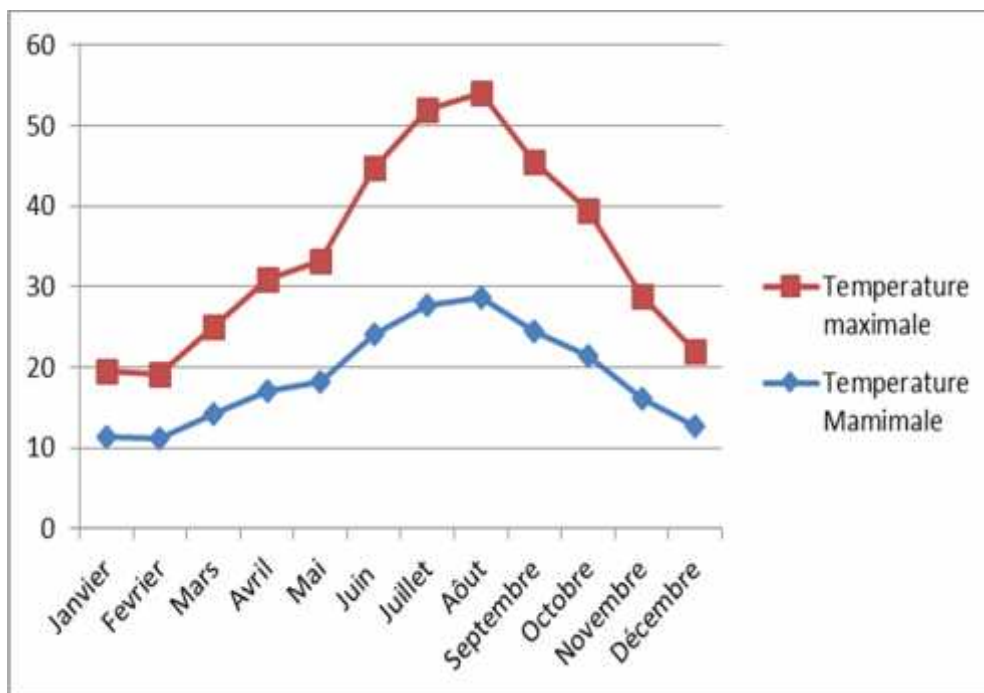


Figure 23 : Variation des températures moyennes mensuelles, maxima et minima de la région de Tizi-Ouzou (2010.2020) (O.N.M., 2020).

D'après la figure 23, le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds pour la région de Tizi-Ouzou, avec une température moyenne mensuelle de 28.7°C pour la station de basse

altitude, et de 25.4°C pour celle haute altitude. Alors que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne mensuelle de 11,43°C à Tizi-Ouzou et de 8,13 °C.

II-1-3- Synthèse climatique

a. Diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson, 1953 consiste à déterminer la durée et l'intensité de la saison sèche.

Selon ces auteurs, la saison sèche est définie comme étant une période où les précipitations moyennes mensuelles sont inférieures ou égales au double des températures moyennes mensuelles (P <= 2T).

Le diagramme consiste à reporter en ordonnée les précipitations exprimées en (mm) et les températures en °C, en abscisses sont reportées les mois de l'année.

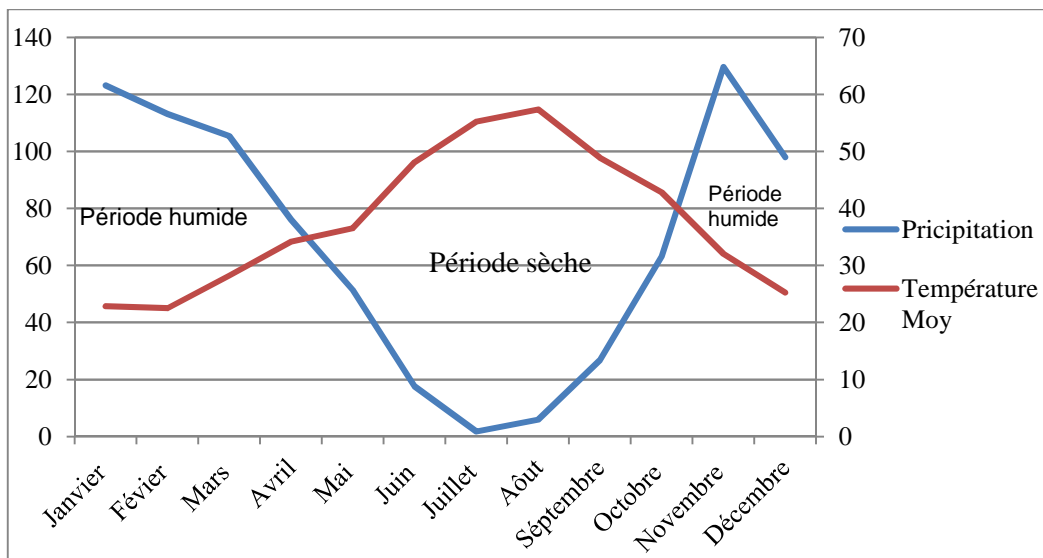


Figure 24 : Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Le diagramme Ombrothermique (**Fig.24**) montre que dans la Wilaya de Tizi-Ouzou est caractérisée par une saison sèche de 5 mois qui s'étale du début mai, jusqu'à la fin du mois de septembre.

La période humide quant à elle, commence en mois de janvier jusqu'à la fin Avril ou elle est interrompue par une période de sécheresse qui dure 5 mois puis elle reprend de nouveau vers mi-septembre.

Les régions Bouzeguène et Sahel sont incluses dans la Wilaya de Tizi-Ouzou, elles sont dans une zone à climat méditerranéen avec une saison sèche chaude en été et humide fraîche en hiver.

b. Climagramme d'Emberger

Pour la détermination du type de bioclimat de Wilaya de Tizi-Ouzou, nous avons eu recours au calcul quotient pluviothermique d'Emberger, défini par la formule suivante

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

P : précipitations annuelles exprimées en (mm).

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré Kelvin (°K).

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré Kelvin (°K).

Q₂ : indice climatique d’Emberger.

Pour convertir du degré Celsius au degré Kelvin :

$$[K] = [^{\circ}C] + 273.15.$$

Le Quotient pluviométrique (Q₂) d’Emberger pour Tizi-Ouzou pour une période de 10 ans sera donc :

$$Q_2 = (59.58+273.15) \times 2000 / [(28.7+273.15) + (7.95+273.15)] =$$

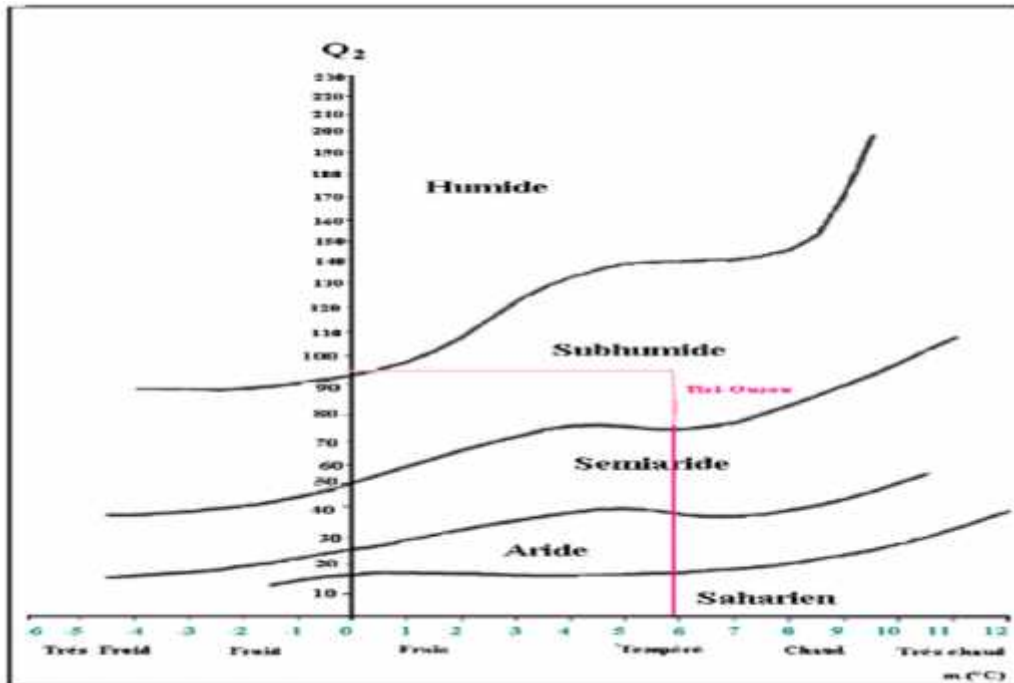


Figure 25 : Climagramme pluviométrique du quotient d’EMBERGER

La wilaya de Tizi-Ouzou est située dans l’étage bioclimatique subhumide à variante tempérée (hiver) (Fig. 25).

II-2-Récolte du matériel végétal

Nous avons échantillonné durant l’année 2021 des feuilles âgées du caroubier dans deux stations dans la wilaya de Tizi Ouzou. La première station (Sahel) est située dans la commune de Bouzeguène qui est à 395m d’altitude. Quant à la deuxième station, elle est située dans la commune de Boudjima et elle est à 400m d’altitude.

Pour chaque station, nous avons échantillonné un nombre de 12 arbres, 4 arbres sont mâles et 8 sont femelles dans la station de Sahel. Par contre dans l’autre station (Boudjima), nous avons retenu 3 arbres mâles et 9 arbres femelles.

Pour chaque arbre, nous avons échantillonné 7 feuilles dans les quatre directions, soit un total de 168 feuilles pour l’ensemble des arbres.

Les feuilles sont mises en herbier pour des études biométriques ultérieures.

II-3-Mesures faites au laboratoire

Biométrie foliaire

A l'aide d'un pied coulisse électronique, nous avons mesuré pour chaque feuille les variables biométriques suivantes : la longueur (**Lf**) et la largeur (**lf**) de feuille, la longueur du rachis (**Lr**) et du pétiole (**Lp**), ainsi que la longueur (**Lft**) et la largeur de la foliole terminale (**lft**), représentées dans la figure 26.

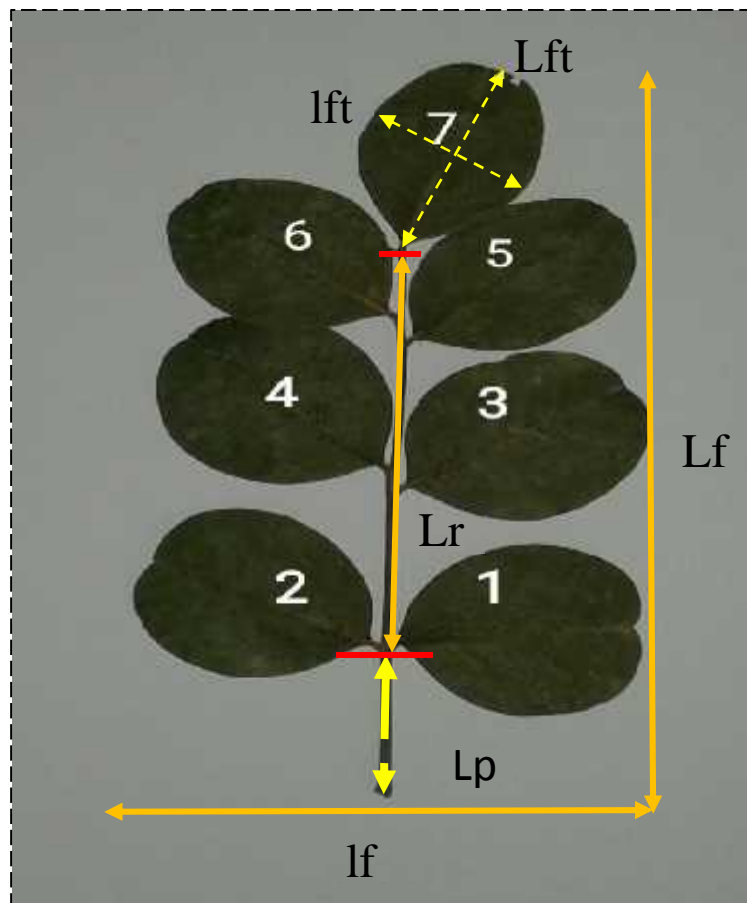


Figure 26 : variables biométriques foliaires mesurées chez *Ceratonia siliqua* L.

Aussi, nous avons calculé le poids spécifique de 3 feuilles par arbre. Pour cela, nous avons séché nos feuilles jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Nous avons prélevé une surface de 1 cm² au niveau de même partie médiane de la foliole puis pesée à l'aide d'une balance de précision. Le poids spécifique (g/cm²) = poids sec de la foliole/ surface de la foliole (**Fig. 27**).

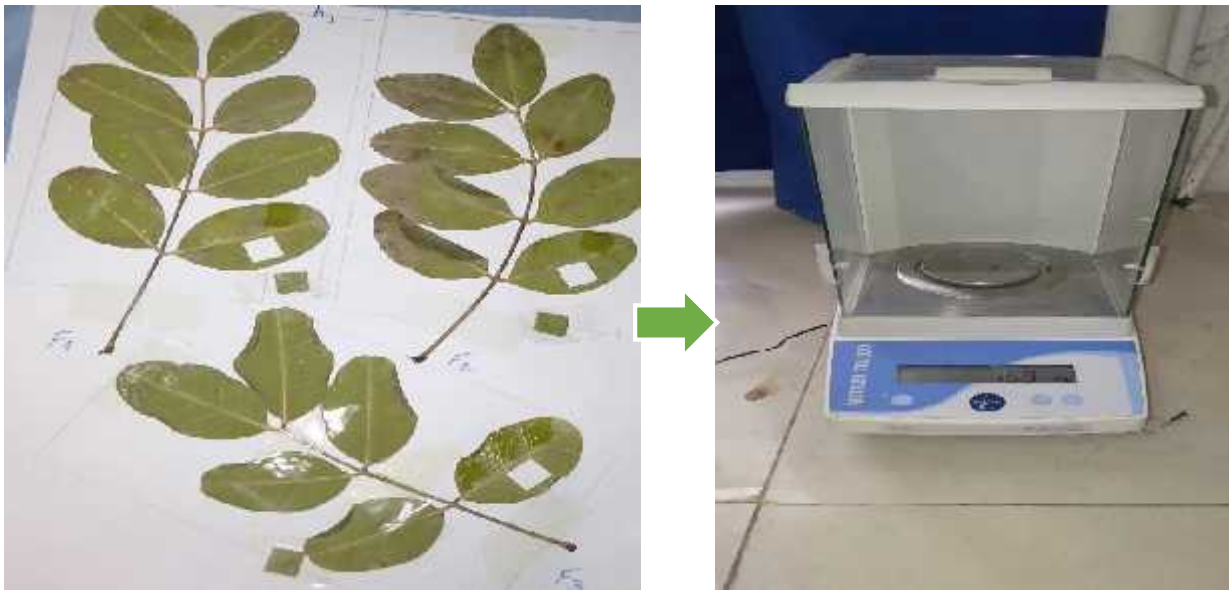


Figure 27 : poids spécifique chez *Ceratonia siliqua* L.

La densité stomatique a aussi fait objet de mesures. Le principe est basé sur l'obtention des empreintes foliaires (foliole basale droite) en étalant quelques gouttes de vernis à ongle transparent sur l'épiderme inférieur de la feuille. Après dessèchement, les empreintes sont extraites par un ruban adhésif transparent puis placées entre lame et lamelle pour des observations photoniques. A défaut de la disponibilité d'un micromètre oculaire, nous avons calculé le nombre de stomates contenus dans un champ de vision (Fig. 28).



Figure 28 : Méthode de quantification des nombres des stomates.

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III : Résultats et discussions

III-1-Résultats

Biométrie foliaire

Les données obtenues de la biométrie foliaire chez *ceratonia siliqua* L. des deux stations étudiées et en tenant compte du genre de l'espèce sont représentées dans la (Fig. 29).

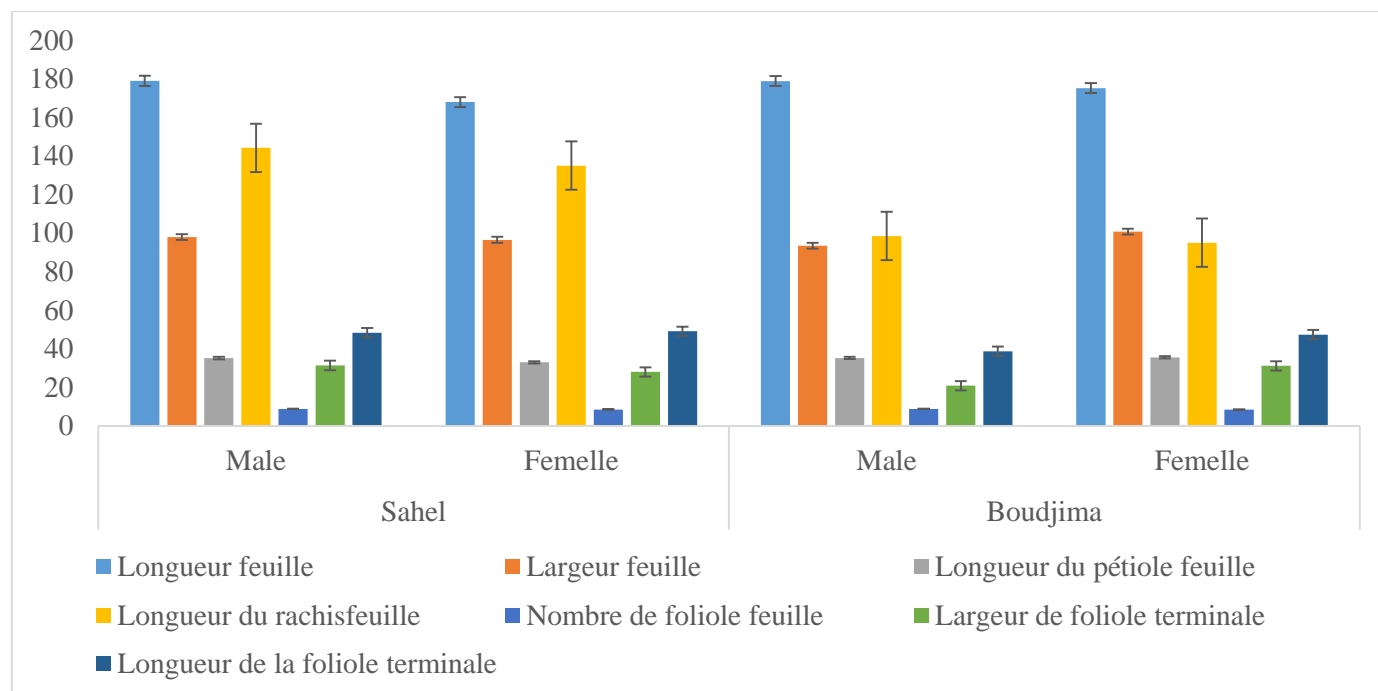


Figure 29: variables biométrique foliaire mesurées chez *ceratonia siliqua* L. selon le genre.

Longueur de la feuille

Il ressort des résultats obtenus que dans la station sahel, la longueur moyenne des feuilles est de 179.05mm chez les pieds mâles et de 175.32mm chez les femelles. Chez les pieds mâles, la longueur minimale est de 132.52 et la valeur maximale est de l'ordre de 236.81mm. Par contre chez les arbres femelles, les valeurs varient entre 115.94 et 277.99mm.

Dans la station Boudjima, la longueur des feuilles est en moyenne de 179.13 mm chez les pieds mâles et de 168.10 mm chez les femelles. Chez les mâles, les valeurs varient entre 96.8 et 258.6mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 82.12mm et la valeur maximale est de 275.81mm.

En regroupant les deux stations, il ressort que : la longueur de la feuille est en moyenne de 173.71 mm, la valeur minimale de la longueur de la feuille est de 82.12 mm et la valeur maximale est de 277.99 mm

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que L'effet de station est non significatif pour la longueur de la feuille avec une probabilité ($p = 0.383$).

Largeur de la feuille

Dans la station sahel, la largeur des feuilles est en moyenne de 93.61 mm chez les pieds mâles et de 100.85 mm chez les femelles. Chez les mâles, la feuille la moins large est de 65.5 et la plus large est de 133.02mm. Chez les femelles, la valeur minimale est 67.95 et la valeur maximale est de 143.12mm.

Chapitre III : Résultats et discussions

Dans la station Boudjima, la largeur moyenne des feuilles est de 97.99 mm chez les pieds mâles et de 96.61 mm chez femelles. Chez les mâles, la valeur minimale est de 69.98 et la valeur maximale est de 138.01mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 55.97 et la valeur maximale est de 194.35mm.

A l'ensemble des deux stations, les résultats montrent que la moyenne de la largeur de la feuille est de 97.70mm. La valeur minimale de la largeur de la feuille est de 55.97mm et la valeur maximale est de 194.35mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de station est non significatif pour la largeur de la feuille avec une probabilité ($p = 0.617$).

Longueur de pétiole

Dans la station sahel, La longueur moyenne de pétiole des feuilles est de 35.28 mm chez les pieds mâles et de 35.61 mm chez les femelles. Chez les mâles, le pétiole le plus court est de 22.44 et le plus long est de 70.67mm. Chez les femelles, La valeur minimale est 21.4 et la valeur maximale est de 70.67mm.

Dans la station Boudjima, la longueur de pétiole est en moyenne de 35.20mm chez les pieds mâles et de 32.98 mm chez femelles. Chez les mâles, la longueur de pétiole varie entre 14.89 et 55.05mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 17.23 et la valeur maximale est de 55.62mm.

En regroupant les deux stations, il ressort que : la longueur de pétiole est en moyenne 34.52mm. La valeur minimale de la longueur de pétiole est 14.89 et le maximal est de 70.67mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de station est non significatif pour la longueur de pétiole avec une probabilité ($p = 0.206$).

Longueur du rachis

Dans la station sahel, La longueur moyenne du rachis des feuilles est de 98.58mm chez les pieds mâles et de 95.09 mm chez les femelles. Chez les mâles, la valeur minimale est de 43.55 et la valeur maximale est de 143.55mm. Chez les femelles, La valeur minimale est de 171.75 et la valeur maximale est de 57.88mm.

Dans la station Boudjima, la moyenne est de 144.36 mm chez les pieds mâles et de 135.12 mm chez femelles. Chez les mâles, la longueur du rachis varie entre 80.87 et 204.02mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 64.89 et la valeur maximale est de 222.39mm.

A l'ensemble des deux stations, il ressort que : la moyenne de la longueur 116,84mm. La valeur minimale de la longueur de rachis est de 43.55 et la valeur maximale est de 222.39mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de station est très hautement significatif pour la longueur du rachis avec une probabilité ($4.7e-16$).

Chapitre III : Résultats et discussions

Nombre de folioles

Dans la station sahel, la feuille comporte en moyen 8.82fo chez les pieds mâles et de 8.43fo chez les femelles. Chez les mâles, le nombre varie entre 7 et 10fo. Chez les femelles, la valeur minimale est de 5fo et la valeur maximale est de 12fo.

Dans la station Boudjima, la moyenne est de 8.86fo chez les pieds mâles et 8.52fo chez femelles. Chez les mâles, le nombre varie entre 6 et 12fo. Chez les femelles, La valeur minimale est de 4fo et la valeur maximale est de 12fo.

En regroupant les deux stations, il ressort que : le nombre moyen de folioles est de 8.58. La valeur minimale de 4 et la valeur maximale est de 12fo.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que L'effet de genre est non significatif pour le nombre des folioles avec une probabilité ($p = 0.6804$).

Longueur / largeur de la foliole terminale

Longueur de la foliole terminale

Dans la station sahel, la longueur moyenne de la foliole terminale est 38.74mm chez les pieds mâles et de 47.40 mm chez les femelles. Chez les mâles, la valeur minimale est de 26.77 et la valeur maximale est de 52.95mm. Chez les femelles la longueur des folioles varie entre 34.8 et 60.47mm.

Dans la station de Boudjima, la longueur de la foliole terminale est en moyen de 48.39mm chez les pieds mâles et de 49.13 mm chez les femelles. Chez les mâles la longueur de la foliole varie entre 43.48 et 53.23mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 31.09 et la valeur maximale est de 70.77mm.

A l'ensemble des deux stations, il ressort que : la longueur de la foliole terminale est en moyenne de 47.61mm. La valeur minimale de la longueur de la foliole terminale est de 26.77 et la valeur maximale est de 70.77mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que L'effet de station est non significatif pour la longueur de la foliole terminale avec une probabilité ($p = 0.345$).

La largeur de la foliole terminale

Dans la station sahel, la largeur moyenne de la foliole terminale est de 20.87 mm chez les pieds mâles et de 31.15mm chez les femelles. Chez les mâles, la valeur minimale est de 14.26 et la valeur maximale est de 26.93mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 21.33 et la valeur maximale est de 42mm.

Dans la station de Boudjima, La largeur moyenne de la foliole terminale est de 31.36 mm chez les pieds mâles et de 28 mm chez femelles. Chez les mâles, la largeur varie entre 30.63 et 32.06mm. Chez les femelles, la valeur minimale est de 17.57mm et la valeur maximale est de 40.6mm.

En regroupant les deux stations, il ressort que : la largeur de la foliole terminale est en moyenne de 28.83mm. La valeur minimale est de 14.26 et la valeur maximale est de 42mm.

Chapitre III : Résultats et discussions

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de station est non significatif pour la longueur de la feuille avec une probabilité ($p = 0.978$).

Dans l'ensemble des stations, Les résultats obtenus de la biométrie foliaire chez *ceratonia siliqua* L. en regroupant les mâles et les femelles sont représentées dans la (fig. 30).

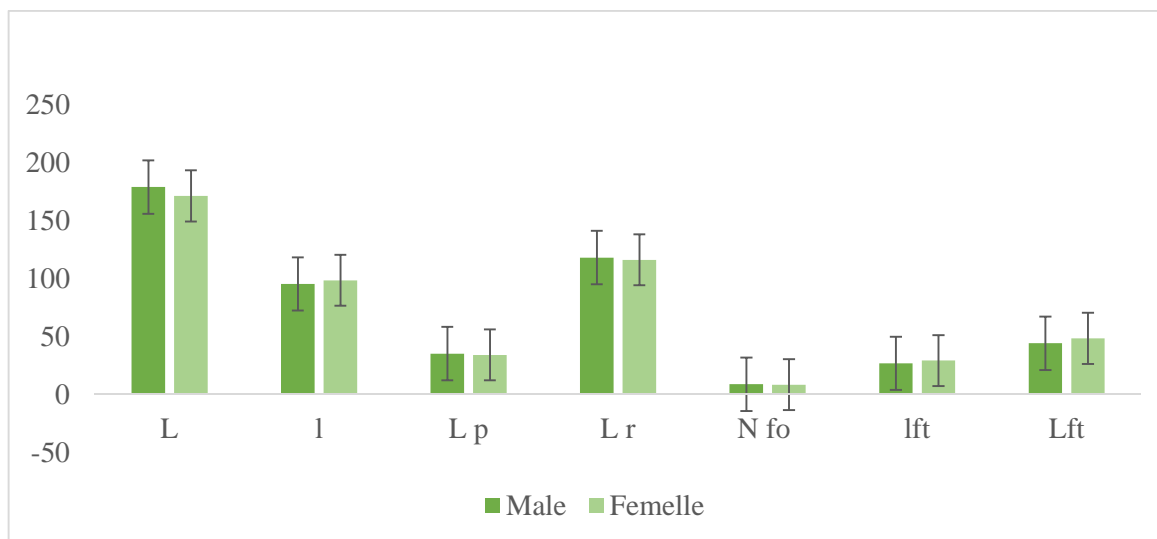


Figure 30: variables biométrique foliaire mesurées chez *ceratonia siliqua* L. selon le genre dans l'ensemble des stations.

Longueur de la feuille

La longueur moyenne des feuilles chez les mâles est de 179.08mm avec une valeur minimale de 96.8 et maximale de 258.6mm. Chez les femelles, la moyenne est de 171.50mm, la longueur varie entre 82.12 et 277.99mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la longueur de la feuille avec une probabilité ($p = 0.239$).

Largeur de la feuille

La largeur de la feuille est en moyenne de 95.48 mm chez les mâles, varie entre 65.5 et 138.01mm. Chez les femelles, la moyenne est de 98.61mm avec une valeur minimale de 55.97 et une valeur maximale de 194.35mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la longueur de la feuille avec une probabilité ($p = 0.418$).

Longueur de pétiole

La longueur de pétiole est en moyenne de 35.25 mm chez les mâles, le pétiole le plus court est de 14.89 et le plus long est de 70.67mm. Chez les femelles, la moyenne est de 34.21 mm qui varie entre 17.23 et 70.67mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la longueur de pétiole avec une probabilité ($p = 0.529$).

Longueur du rachis

La longueur moyenne du rachis est en moyenne de 118.20mm chez les mâles, le rachis le plus court est de 43.55 et le plus long est de 204.02mm. Chez les femelles, la moyenne est de 116.28mm qui varie entre 57.88 et 222.39mm.

Chapitre III : Résultats et discussions

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la longueur du rachis avec une probabilité ($p = 0.706$).

Nombre de folioles

Le nombre moyen des folioles chez les mâles est de 8.84fo, le nombre le plus petit est de 6 et le plus élevé est de 12fo. Chez les femelles, la moyenne est de 8.48fo avec une valeur varie entre 4et 12fo.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour le nombre des folioles avec une probabilité ($p = 0.0863$).

Largeur / longueur de foliole terminale

Largeur de foliole terminale

La largeur moyenne de la foliole terminale est de 26.86mm chez les mâles avec une valeur minimale de 14.26 et maximale de 32.06mm. Chez les femelles la moyenne est de 29.30 mm avec une valeur qui varie entre 17.57et 42mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la largeur de la foliole terminale avec une probabilité ($p = 0.449$).

Longueur de la foliole terminale

La longueur de la foliole terminale est en moyenne de 44.26mm chez les mâles, varie entre 26.77et 53.23mm. Chez les femelles la moyenne est de 48.42 mm avec une valeur minimale de 31.09 et maximale de 70.77 mm.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que l'effet de genre est non significatif pour la longueur de la foliole terminale avec une probabilité ($p = 0.337$).

La Présence ou l'absence de la foliole terminale (Imp /Par)

Le diagramme ci-dessous nous montre le pourcentage de la présence ou absence de la foliole terminale chez *Ceratonia siliqua* des deux stations étudiées et en tenant compte du genre de l'espèce sont représentées dans la (fig. 31).

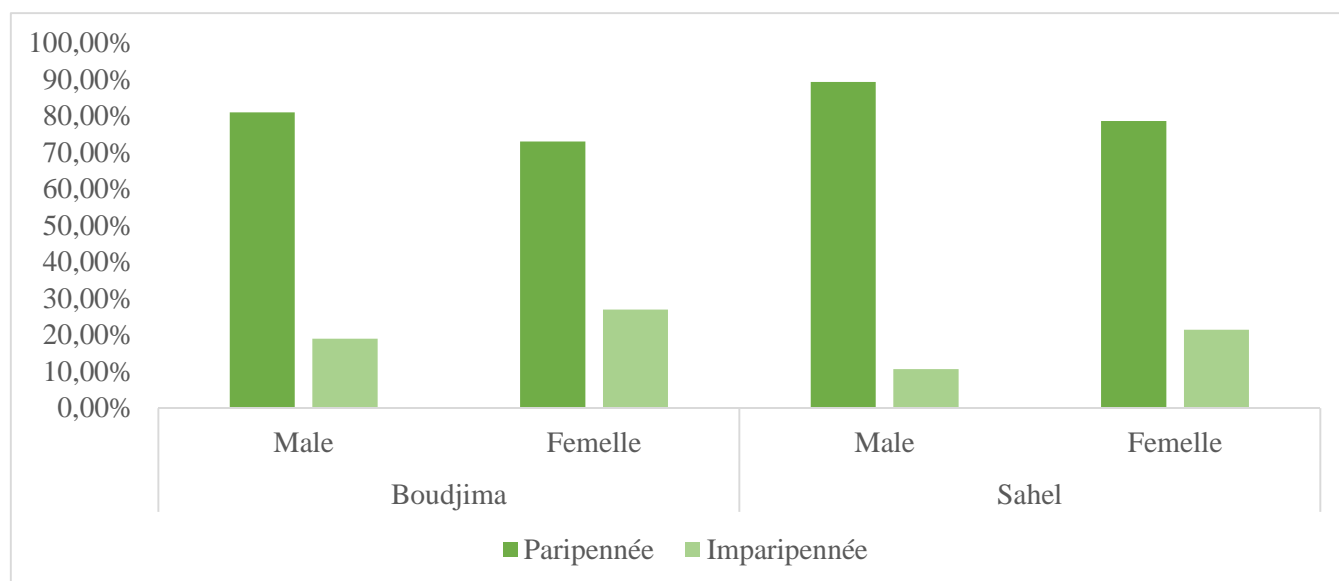


Figure 31 : présence ou absence de la foliole terminale chez *ceratonia siliqua* selon le genre.

Chapitre III : Résultats et discussions

Dans la station Sahel, chez les pieds mâles le pourcentage de la présence de la foliole terminale (imparipennée) est de 10.01% et le pourcentage de l'absence de la foliole terminale (paripennée) est de 89.28%. Par contre chez les femelles, le pourcentage des feuilles imparipennées est de 21.42% et de 78.51% pour les feuilles paripennées.

Dans la station Boudjima, chez les mâles le pourcentage des feuilles imparipennées est de 19.04% et le pourcentage des feuilles paripennées 80.95%.

Par contre chez les femelles le pourcentage des feuilles imparipennées est de 26.98 % et de 73.01 % pour les feuilles paripennées.

Dans l'ensemble des stations, Les résultats obtenus de la présence ou absence de la foliole terminale chez *ceratonia siliqua* L. en regroupant les mâles et les femelles des deux stations sont représentées dans la (fig. 32).

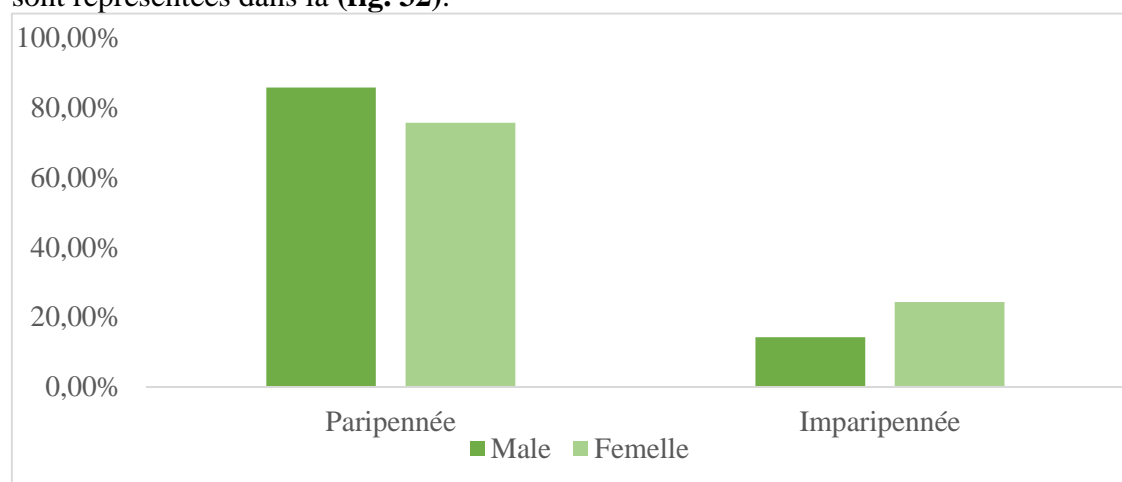


Figure 32 : présence ou absence de la foliole terminale *ceratonia siliqua* selon le genre dans l'ensemble stations.

Chez les mâles, le pourcentage des feuilles imparipennées est de 14.28 % et le pourcentage des feuilles paripennées est de 85.71%.

Chez les femelles le pourcentage des feuilles imparipennées est de 24.36 % et le pourcentage de feuilles paripennées est de 75.63%.

Poids spécifique (Poids en matière sèche par unité de surface)

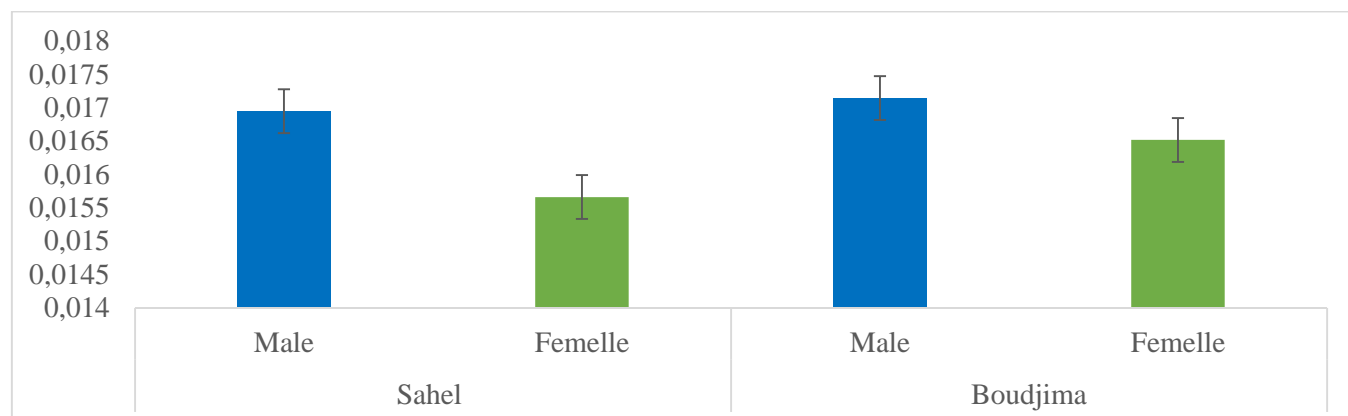


Figure 33 : poids spécifique g. cm⁻² chez les mâles et les femelles *ceratonia siliqua* Selon le genre.

Chapitre III : Résultats et discussions

Dans la station Sahel, le poids spécifique est en moyenne de $0.0170 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ chez les pieds mâles et de $0.0157 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ chez les pieds femelles. Chez les mâles, la valeur minimale est de $0.0126 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ la valeur maximale est de $0.0221 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$. Chez les femelles, Le poids spécifique varie entre $0.0115 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ et $0.0236 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Dans la station Boudjima, le poids moyen d'un centimètre carré de matière sèche est de $0.0171 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ chez les pieds mâles et de $0.0165 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ chez les pieds femelles. Chez les mâles, le poids spécifique le moins petit est de $0.0136 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ et le plus élevé est de $0.0212 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$. Chez les femelles, le poids spécifique le moins petit est de $0.011 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ et le plus grand est de $0.0206 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

En regroupant les deux stations, il ressort que : le poids spécifique est en moyenne de $0.0164 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$. Valeur minimale est de $0.011 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ et la valeur maximale est de $0.0236 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

L'analyse de la variance revele que l'effet de station est non significatif pour le poids spécifique avec des probabilité ($p = 0.197$).

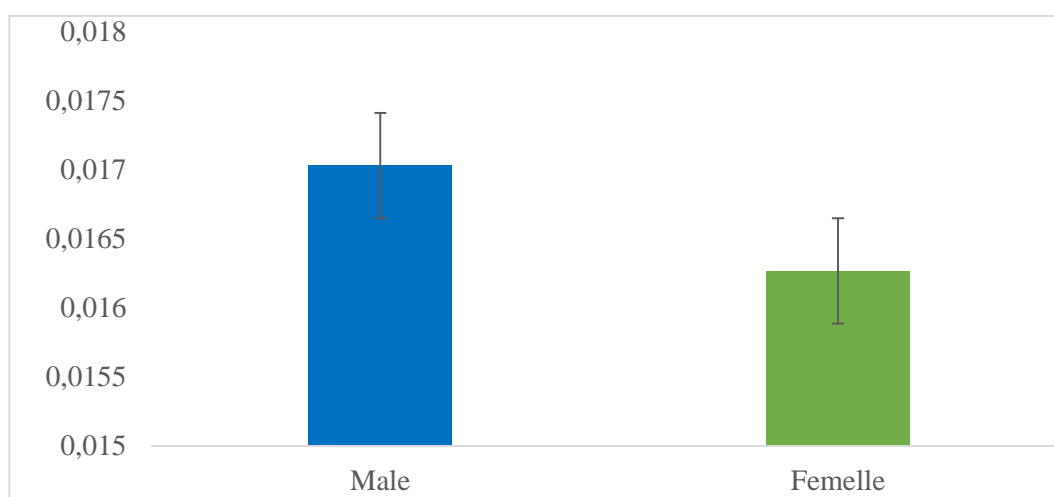


Figure 34 : poids spécifique $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ chez les mâles et les femelles chez *ceratonia siliqua* dans l'ensemble des stations.

Dans l'ensemble des stations le diagramme montrent que chez les pieds mâles, le poids spécifique est en moyenne de $0.0170 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ avec une valeur minimale de 0.0126 et une valeur maximale de $0.0221 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Chez les pieds femelles, le poids spécifique est en moyenne de $0.0163 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ avec une valeur minimale de 0.011 et une valeur maximale de $0.0236 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

L'analyse de la variance revele que l'effet de genre est non significatif pour le poids spécifique avec des probabilité ($p = 0.304$).

Nombre stomatique

L'observation au microscope photonique des feuilles chez *ceratonia siliqua* L. nous montrent que les stomates sont présents uniquement sur la face inférieure.

Chapitre III : Résultats et discussions

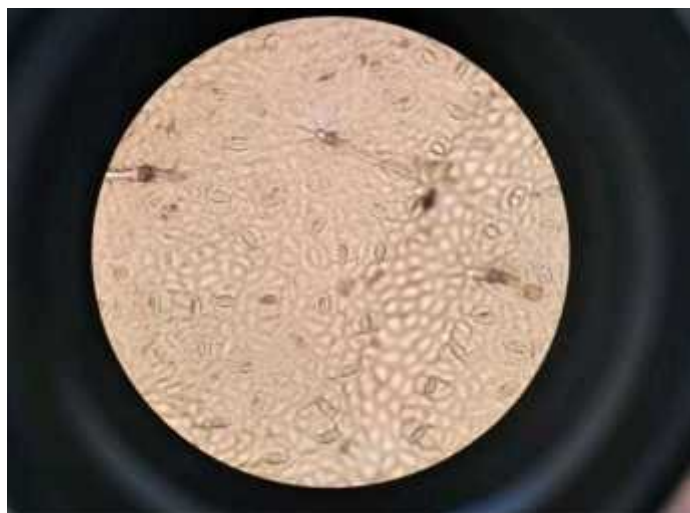


Figure 35 : Observation au microscope d'une empreinte de la face inférieure d'une feuille de *Ceratonia siliqua* L. Gx400.

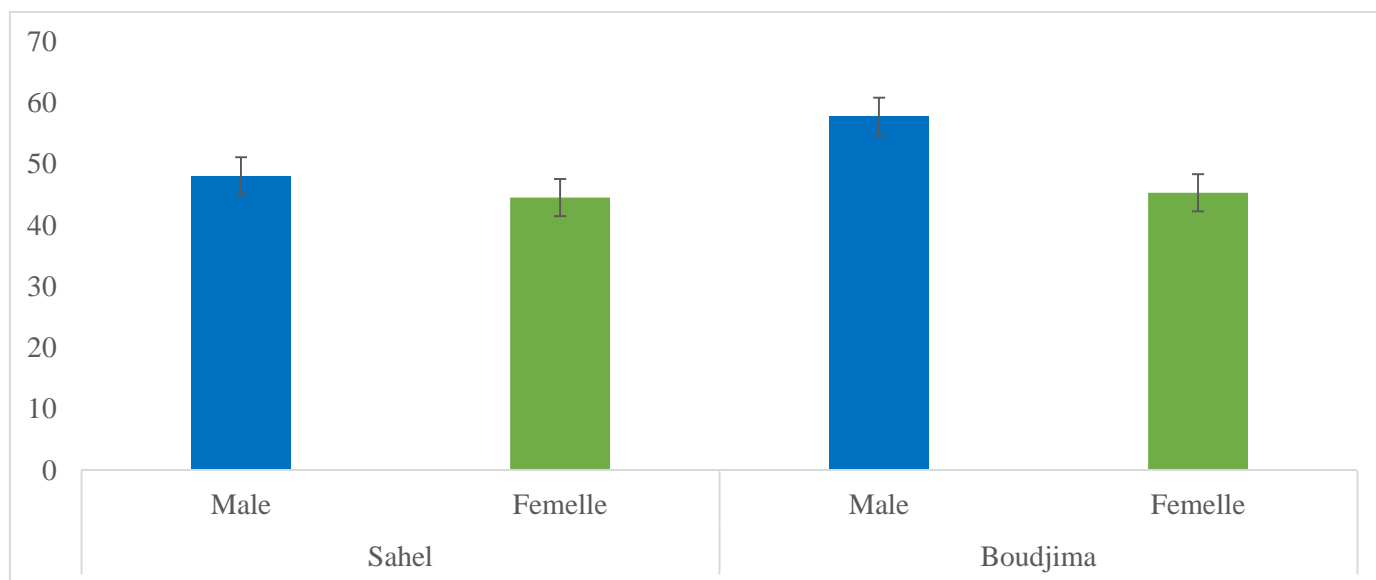


Figure 36 : Nombres des stomates (St) chez *ceratonia siliqua* selon le genre.

Dans la station Sahel, le nombre moyen des stomates est de 48.08St chez les pieds mâles et de 44.54St chez les pieds femelles. Chez les mâles, le nombre des stomates le plus petit est de 34 et le plus élevé est de 65St. Chez les femelles, le nombre varie entre 26 et 76St.

Dans la station Boudjima, le nombre moyen des stomates est de 57.78St chez les pieds mâles et de 45.33 St chez les pieds femelles. Chez les pieds mâles, le nombre des stomates le plus petit est de 26 et le plus élevé est de 84St. Chez les femelles, La valeur minimale est de 17St la valeur maximale est de 70St.

En regroupant les deux stations, il ressort que : le nombre moyen des stomates est de 47.08St. La valeur minimale est de 17St et la valeur maximale est de 84St.

L'effet de station est non significatif pour le nombre des stomates avec une probabilité ($p = 0.2769$).

Chapitre III : Résultats et discussions

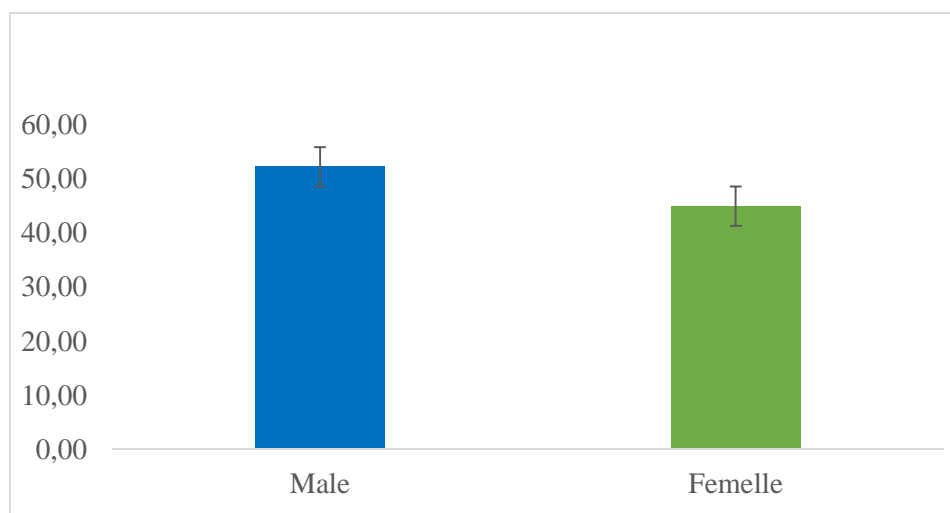


Figure 37 : Nombres des stomates (St) chez *ceratonia siliqua* dans l'ensemble des stations.

Chez les mâles, le nombre des stomates est en moyenne de 52.24 St avec une valeur minimale de 26 et une valeur maximale de 84 St. Chez les femelles, le nombre des stomates est en moyenne de 44.96 St qui varie entre 17 et 76 St.

L'effet de genre est significatif pour le nombre des stomates avec une probabilité ($p = 0.0335$).

III-2-Discussion des résultats

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la longueur moyenne globale de la feuille du caroubier pour les deux stations étudiées est de l'ordre de 173.71 mm et la largeur est de l'ordre de 97.70 mm. La valeur moyenne de la longueur du pétiole est de 4.52 mm et le nombre de foliole est de 8,50. En ce qui concerne la foliole terminale, la valeur moyenne de sa longueur est de 47.61 mm et sa largeur de 28.83 mm.

L'étude comparative faite par Kocherane (2021) sur 7 provenances du caroubier en Algérie permet de regrouper les différentes provenances étudiées en fonction de leur ressemblance aussi bien en tenant compte des caractères foliaires mais aussi ceux en relation avec les organes reproducteurs. Les valeurs de la longueur de la feuille obtenues dans notre cas sont proches à celles de Blida (17.40) et Tlemcen (16.80 cm). Quant aux valeurs de la largeur des feuilles, nos provenances sont plutôt proches à celles d'Annaba. En se basant sur la longueur du pétiole, nos valeurs sont proches à celles obtenues chez les provenances de Jijel (3.65 cm). La feuille comporte en moyenne 8.50 fo, elle est concordante avec Rélizane (8.56 fo) et proche de Tipaza (8.95 fo). La longueur de la foliole terminale est proche à celle d'Annaba (4.71 cm) et Jijel (4.87 cm). La foliole terminale est de 28.83 mm de large, elle est presque similaire à celle obtenue par cet auteur chez les provenances de Tipaza (2.81 cm) et celles de Sétif (3.05 cm). Cependant, les résultats obtenus dans notre cas ne corroborent pas à ceux obtenus par Gharnit et al. (2005).

Les résultats de l'analyse statistique montrent un effet significatif du genre sur la densité stomatique et un effet hautement significatif de la station sur la longueur du rachis. En effet, chez les mâles, le nombre de stomates par champ de vision est plus élevé chez les pieds mâles (52.24) comparés aux pieds femelles dont la valeur moyenne est de (44.96).

Concernant l'effet de la station, la longueur du rachis est plus élevée dans la station Boudjima (137.43 mm) comparé à Sahel (96.25 mm).

Chapitre III : Résultats et discussions

L'espèce *Ceratonia siliqua* à des feuilles soit avec foliole terminale (imparipennées) soit sans foliole terminale (paripennées), dans l'ensemble des deux stations, les résultats obtenus révèlent l'existence d'une différence significative entre les mâles et les femelles. Pour le caractère « feuilles paripennées », il est prédominant chez les mâles (85.71 %) comparés aux arbres femelles (24.36 %).

D'autres études sur le dimorphisme sexuel révèlent d'autres différences chez d'autres espèces dioïques. En effet, chez *Populus cathayana*, les pieds femelles montrent des valeurs plus élevées de la surface foliaire, la croissance en hauteur, le diamètre et le nombre total des feuilles (Xiao xu et al., 2008). Chez les espèces de *Leucadendron* (Proteaceae), les sujets mâles montrent plutôt des feuilles de petite taille (Midgley, 2010). Des résultats inverses sont obtenus chez d'autres espèces dioïques (Scott, 2012). Chez *Hippophae rhamnoides* L., la surface foliaire spécifique, densité stomatique, la longueur stomatique et le nombre des stomates sont plutôt élevés chez les pieds femelles (Chunyang, 2006).

Chez d'autres espèces dioïques, des différences physiologiques entre les pieds mâles et les pieds femelles sont mis en avant. En effet, les pieds mâles montrent une meilleure capacité photosynthétique comparé aux femelles notamment chez *Pistacia lentiscus* (Ait Said et al., 2013) ou chez *Populus cathayana* (Xiao xu et al., 2008). D'autres différences chimiques sont aussi obtenus par Gourine et al., (2009) chez *Pistacia atlantica* Desf.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation du caroubier, essence ligneuse d'une grande importance, recherché aussi bien pour ses performances écologiques que pour son importance économique pour les populations rurales.

Les caractères morphologiques étudiés ne peuvent pas être utilisés comme marqueurs de différenciation entre les arbres mâles et les pieds femelles.

En perspectives, pour une meilleure connaissance de l'espèce, l'effet de genre et de station sur sa biométrie foliaire, il est intéressant de compléter ce travail sur un nombre important des pieds afin d'avoir une meilleure estimation des caractères étudiés et d'élargir l'étude à d'autres régions.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Ait said, S., Torre, F., Derridj, A., Gauquelin, T., Mevy, J.P., 2013. Gender, mediteranean drought, and seasonality: photosystem II photochemistry in *Pistacia lentiscus* L. *Photosynthetica* 51(4), p 552-564.

Allouache, M., Aziza, M.A and Ahmed Zaid, T., 2013. Analyse de cycle de vie du bioéthanol. *Revue des énergies renouvelables* vol. 16, pp 357-364.

Battle, I., 1997. Carob tree: *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 17. Biodiversity International. IPGRI, Rome Italy, p78.

Benmahioul, B., Ka d-Harache, M and Daguin, F., 2011. La caroube, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne* t. XXXII, pp 51-58.

Bouaziz, A., Zidi, I and Mnif, W., 2013. La gomme de caroube : trésor industriel ? *Microbiol. Hyg. Alim* Vol 25, mars, pp 20-23.

Dakia, P.A., Wathelet, B and Paquot, M., 2007. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food chemistry*. 102, pp 1368-1374.

El bouzdoudi, B., Saidi, R., Embarch, K., El mzibri, M., Nejjar El Ansari, Z., El Kbiach, M.L, B., Badoc, A., Patrick, M and Lamarti, A., 2017. Mineral composition of mature carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pod. *International journal of food science and nutrition engineering*. pp 91-103.

El Hajaji, H., Farah, A., Ennabili, A., Bousta, D., Greche, H., El Bali, B and Lachkar, M., 2013. Etude comparative de la composition minérale des constituants de trois catégories de *Ceratonia siliqua* L. (Comparative study of the mineral composition of the constituents of three varieties of *Ceratonia siliqua* L.). *J. Mater. Environ. Sci.* 4. pp 165-170.

Fadel, F., Fattouch, S., Tahrouch, S., Lahmar, R., Benddou, A and Hatimi, A., 2011. The phenolic compounds of *Ceratonia siliqua* pulps and seeds (Les composés phénoliques des pulpes et des graines de *Ceratonia siliqua*). *J. Mater. Environ. Sci.* 2, pp 285-292.

Fidan, H., Stankov, S., Petkova, N., Petkova, Z., Ileiv, A., Stoyanova, M., Ivanova, T., Zhelyazkov, N., Ibrahim, S., Stoyanova, A and Ercisli, S., 2020. Evaluation of chemical composition, antioxidant potential and functional properties of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds.

Hadim, D and Habbi, M., 2020. Contribution à l'analyse de l'état de conservation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) au village Sahel, commune Bouzeguène, wilaya de Tizi Ouzou. *Mémoire de master en agronomie*. p15-16.

Gharnit, N., El Mtili, N., Ennabili, A and Sayah, F., 2005. Caractérisation foliaire du caroubier (*Cetatonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). *J.Bot.Soc. France* 31. pp75-84.

Ghédira, K and Goetz, P., 2020. *Caroubier : Ceratonia Siliqua* (Fabaceae). *Phytothérapie*.

Références bibliographiques

Ghoul, M and Hamieh, T., 2013. L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse en cotutelle, spécialité : Procédés Biotechnologie et Alimentaires, Université de Lorraine (France).

Gourine, N., Yousfi, M., Bombarda, I., Nadjemi, B and Gaydou, E., 2009. Seasonal variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oil from *Pistacia atlantica* Desf. Journal of the american oil chemists society, pp157-166.

Kaderi, M., Ben Hamouda, G., Zaeir, H and Hanana, M and Hamrouni, L., 2014. Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Ceratonia siliqua* (L.). Ethnobotanical and phytopharmacological notes on *Ceratonia siliqua* (L.). Phytothérapie, Lavoisier, p4.

Kocherane, R., Krouchi, F and Derridj, A., 2019. Genetic resoueces of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). in Algeria: Insight from pod and seed morphology. Agrobiologia 9, pp 1581-1600.

Kocherane, R., 2021. Caractérisation morpho-écologique et phytochimique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Algérie. These Doctorat en science agronomiques. p 124.

Lemradji, F., Belouahem, D., Benani, D and Sbabdji, M., 2021. Diagnostic sur les plantations du caroubier dans la region de Blida : production, état des lieux. Ann.Rech.For Algérie.11, pp21-30.

Li, C., Xu, G., Zang, R., Korpelainen, H and Berninger, F., 2006. Sex –related differences in leaf morphological reponses in *Hippophae rhamnoides* L. along an altitudinal gradient. Tree physiology, pp399-406.

Mahmoud Sidina, M., El hansali, M., Wahid, N., Outmane, A., Boulli,A and Haddioui, A., 2009. Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Marocco .Scienta horticulturae 123, elsevier, pp 110-116.

Mebirouk-Boudechiche, L., Bouhedja, N., Boudechiche, L and Miroud, K., 2015. Essai d'une complementation alimentaire au flushing et au steaming de brebis Ouled Djellal par la caroube. Archivos de Zootecnia univercidad de cordoba, Espana, pp 449-455.

Midgley, J.J., 2010. Causes of secondry sexual differences in plants- evidence from extreme leaf dimorphism in *Leucadendron* (proteaceae). elsevier, south african journal of Botany, pp588-592.

Nardjes Mouas, T., Kabouche, Z and Boufoula, R., 2021. *Ceratonia siliqua* L. A promoting functional food for chronicle diseases related to gastriontestinal system: Diabetes, and lactose intolerance. Preceedings, IECA, 6p.

O.N.M, 2010-2020. Office national de la météorologie.

Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S and kokkinofta, R., 2018. Nutritional characterization of carobs and traditional carob. Wiley food science et nutrition, pp2151-2161.

Rejeb, M.N., Laffray, D and Louguet, p., 1991. Modification de la conductance stomatique de diverses origines tunisiennes de caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) soumises à une contrainte

Références bibliographiques

hydrique prolongée. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. aupelf-uref. John Libbey Eurotext. Paris, pp. 149-158.

Retana, J., Ramoneda, J., Garacia Del Pino, F and Bosch, J., 1994. Journal of horticultural science 69, pp 97-103.

Rodriguez-Solana, R., Romano, A and Moreno-Rojas, J.M., 2021. Carob pulp: A nutritional and functional by-product worldwide spread in the formulation of different food products and beverages. Processes MDPI ,45 p.

Rtibi, K., Selmi, S., Grami,D., Amri, M., Eto,B.,El-benna, J., Sebai, H and Marzouki, L., 2017.Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods leaves(*Ceratonia siliqua* L.) on the gastrointestinal tract.: a review Biomedicine et Pharmacotherapy 93. Elsevier Masson France, pp522-528.

Saidi, R., El bouzdoudi, B., El kbiach, M.B., Maouni, A., Badoc, A and Lamarti, A., 2016. Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons cotylédonaire.J. Mater.Environ. Sci7, pp4850-4859.

Saidi, R., Lamarti, A and Badoc, B. A., 2007. Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua*) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull, Soc, Pharm, Bordeaux 146, pp 113-129.

Sbay, H., 2008. Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir. Centre de recherche forestiere, 47p.

Sébastien, G., Simon, M., Paquot, M and Richel, A., 2014. Synthèse bibliographique de l'influence du procédé d'extraction et de purification sur les caractéristiques et les propriétés d'une gomme de caroube. Biotechnol. Agron. Soc. *Environ.* 18, pp 97 -107.

Scott, S and W. Aarssen, L., 2012.Leaf size versus leaf numbertrade-offs in dioecious angiosperms. Journal of plant ecology, pp29-235.

Vinterhalter, B; Vinterhalter, D and Neškovi , M., 2001.Effet de l'irradiation, des sucres et de l'azote sur la taille des feuilles de *Ceratonia Siliqua* L.cultivées in vitro. Biologia Plantarum 44, pp185-188.

Xu, X., Yang, F., Xiao, X., Zhang, S., Korpelainen, H and Li, C., 2008. Sex –specific reponses of *Populus cathayana* to drought and elevated températures. plant cell and environnement, 850-860 pp.

Yahya Hadi, M., Hadi Hameed, I and Adnan Ibrahim, Israa., 2017.*Ceratonia siliqua*: Characterization, pharmaceutical products and analysis of bioactive compounds. Research journal of pharmacy and technology. 10, 1827-1831pp.

Yousif, A.K and Alghzawi, H.M., 2000. Processing and characterization of carob powder. Food Chemistry. 69, 283-287pp.

Site web: <https://Fr.m.wikipédia.org>.

GLOSSAIRE

Glossaire

Antioxydant : un antioxydant est un agent qui empêche ou ralentit l'oxydation en neutralisant des radicaux libres.

Arborescent : se dit d'une plante herbacée dont ses tiges ou rameaux prennent la consistance de ceux des arbres.

Cendre : désigne l'ensemble des résidus de toute combustion ou de l'incinération de matières organiques, en particulier de bois.

Dioïque : se dit des espèces végétales composées de pieds mâles et de pieds femelles séparés.

Disque nectarifère : est un organe glandulaire situé sur le réceptacle floral et sécrétant un nectar qui attire les insectes.

Étamines : est l'unité de l'appareil reproducteur mâle chez les plantes à fleurs.

Embryon : un très jeune organisme animal ou végétal vivant encore à l'état enclos, nourri soit par l'organisme maternel, soit à partir des réserves nutritives, et n'ayant pas encore tous les organes nécessaires à une vie libre.

Feuille composée : une feuille qui est formée de plusieurs folioles attachées à un pétiole commun.

Feuille pennée : se dit d'une feuille composée divisée en folioles disposées des deux côtés du pétiole.

Feuille persistante : se dit des feuilles qui subsistent en toutes saisons.

Hermaphrodite : se dit d'une fleur ayant à la fois étamines et pistil, d'un individu végétal ou animal, d'une espèce ou d'un être humain présentant les caractères de l'hermaphroditisme.

Héliophile : dit d'une plante qui apprécie l'exposition au soleil et à ses rayonnements.

Hémicellulose : substance contenue dans la membrane des cellules végétales, soluble dans les alcalis et souvent associée à des gommes ou des mucilages.

Imparipennée : se dit des feuilles composées pennées qui comportent un nombre impair de folioles, dont une seule terminale.

Indéhiscents : se dit d'un fruit qui ne s'ouvrent pas spontanément.

Galactomannane : est une fibre végétale soluble et acalorique présente dans les graines et sert de réservoir de sucre lors de la germination.

Pollinisation Anémophile : est un mode de pollinisation dans lequel les gamètes mâles et femelles des végétaux se rencontrent transportés par le vent.

Pollinisation Entomophile : est un mode de pollinisation dans lequel des insectes participent au transport de pollen.

Paripennées : se dit des feuilles pennées qui se terminent au sommet par deux folioles opposées.

Pétiole : partie de la feuille généralement rétrécie, qui unit le limbe à la gaine chez les plantes dicotylédones (c'est la queue de la feuille. Les feuilles sans pétiole sont dites sessiles).

Pistil : est l'unité de l'appareil reproducteur femelle chez les plantes à fleurs.

Polysaccharide : désigne des macromolécules formées par la polymérisation de glucides simples ou oses, les polysaccharides sont des biomolécules formées par l'union d'un grand nombre de monosaccharides.

Phénols : des composés chimiques aromatiques portant une fonction hydroxyle-OH.

Rachis : un axe supportant de part et d'autre des organes entiers, fleurs, folioles, plumes, etc. Il est un axe supportant les plumes des frondes, les folioles des feuilles ou les fleurs de certaines inflorescences (grappe).

Sclérophylle : se dit d'une plante dont ses feuilles sont coriaces, à cuticule épaisse et cireuse, adaptées à la sécheresse.

Sempervirent : se dit des plantes qui portent des feuilles vertes toute l'année.

Thermophile : une plante qui affectionne les stations chaudes (plus de 30° C).

Tannins : substance amorphe très répandue dans le bois, l'écorce, les feuilles et/ou les racines de nombreux végétaux, apte à transformer la peau en cuir.

Glossaire

Tégument : enveloppe entourant l'ovule puis la graine. Xérophyte : il s'agit d'une plante qui peut vivre dans une ambiance sèche puisqu'ils sont prévus pour résister à la sécheresse.

Résumé :

Notre travail porte sur l'étude comparative de quelques paramètres de la biométrie foliaire entre les pieds mâles et femelles chez l'espèce dioïque *ceratonia siliqua* L. dans les régions Bouzeguène et Boudjima, Wilaya Tizi-Ouzou.

L'échantillonnage a été réalisé au mois de printemps de l'année 2021. Douze arbres de caroubier ont été retenus par chaque station dont, 4 pieds mâles et 8 femelles pour la station Bouzeguène, 3 pieds mâles et 9 femelles pour la station Boudjima. Des feuilles matures sont récoltées en périphérie dans les quatre directions de l'arbre à raison de 7 feuilles/arbres soit un total de 168 feuilles échantillonnées, conservée en herbier pour notre étude.

L'analyse de la variance à deux facteurs, station/genre, montre un effet significatif du genre sur la densité stomatique et effet station sur la longueur du rachis.

Mots clés : *Ceratonia siliqua* L., Bouzeguène, Boudjima, biométrie foliaire, mâle, femelle, genre.

Abstract:

Our work concerns the comparative study of some parameters of leaf biometry between male and female plants in the dioecious species *ceratonia siliqua* L. in the regions Bouzeguène and Boudjima, Wilaya Tizi-Ouzou.

Characters such as leaf length, leaf width, rachis length and petiole length, number of leaflets, specific weight and number of stomata were measured.

Sampling was conducted in the spring between May and June 2021. Twelve carob trees were selected by each station including, 4 male and 8 female plants for the Bouzeguène station, 3 male and 9 female plants for the Boudjima station. Mature leaves were collected from the periphery in the four directions of the tree at a rate of the tree at a rate of the tree at a rate of 7 leaves/tree, a total of 168 sampled leaves, kept in the herbarium for our study.

The analysis of variance (ANOVA) with two ways, station/gender, shows that the gender effect is significant for the measured parameter (number of stomata) and the station effect is highly significant for the parameter (length of rachis)

Key words: *Ceratonia siliqua* L, Bouzeguène, Boudjima, leaf biometry, male, female.